

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	5
Abkürzungsverzeichnis	6
Symbolverzeichnis	7
Formelverzeichnis	8
Hinweise	9
Hinweis zum Zitationsstil	9
Hinweis zum Sprachstil	9
Hinweis zur Begriffsbestimmung	10
1 Einleitung und theoretischer Rahmen	11
1.1 Erkenntnisinteresse, Problemstellung und Relevanz	11
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 Ziel der Forschung	12
1.2.3 Herleitung Haupt- und Unterforschungsfragen	12
1.3 Stand der Forschung und Forschungslücke	13
1.3.1 Theoretische und empirische Vorüberlegungen	13
1.3.2 Literaturrecherche	13
1.3.3 Identifikation der Forschungslücke	13
1.4 Aufbau der Arbeit	14
2 Theorieteil	15
2.1 Bildungswissenschaftlich-theoretische Verortung	15
2.1.1 Einleitung und Übersicht zur Theorie	15
2.1.2 Systemisch-konstruktivistische Theorie	15
2.1.3 Bildungstechnologie und Digitalität	15
2.1.4 Kompetenzentwicklung im digitalen Bildungsraum	15
2.2 Pädagogisch-psychologische Grundannahmen	15
2.2.1 Bedürfnisse als Grundlage	15
2.2.2 Emotionen als Vermittler	16
2.2.3 Neugier als Konzept	16
2.2.4 Persönliche Ereignisse und Lernerfahrungen	16
2.2.5 Dispositionale Merkmale	16
2.3 Systemische Dynamik des digitalen Bildungswirkgefüges	16

2.3.1 Das Modell als dynamisches System	16
2.3.2 Regeneration, Störung und Wirkungskurven in LMS	16
2.3.3 Konsequenzen aus Systementkopplungen	16
2.3.4 Gestaltungsprinzipien zur Kopplung im digitalen Setting	16
2.4 Exkurs: Technologiedefizit	17
3 Beschreibung des Forschungsgegenstandes	18
3.1 Kontext des Forschungsgegenstandes	18
3.1.1 Rechtlich-funktionale Rahmung	18
3.1.2 Didaktisch-strukturelle Verortung	19
3.2 Entwicklung und Einbettung des Learning-Management-Systems	21
3.2.1 Entstehungskontext	21
3.2.2 Implementierung in der schulseitigen Praxis	21
3.2.3 Weiterentwicklung durch externe Anforderungen	21
3.2.4 Evaluation und Reflexion	21
3.3 Didaktische Architektur als Learning-Environment	21
3.3.1 Konzeptionelle Grundkonstruktion	21
3.3.2 Didaktisch-architektonische Umsetzung	21
3.3.3 Prüfungsarchitektur	21
3.3.4 Statistische Analyse curriculare Struktur	21
3.4 Operative Architektur als Arbeits- und Lernumgebung	21
3.5 E-Portfolio als Reflexions- und Transferinstrument	21
3.6 Technische Rahmenbedingungen	21
4 Methodologie	22
4.1 Forschungsparadigma und methodologischer Ansatz	22
4.1.1 Vorüberlegungen zur Methodologie	22
4.1.2 Systemisch-forschungsfragengeleiteter Ansatz	23
4.2 Forschungsdesign und Datenerhebung	25
4.2.1 Systematische Literaturanalyse	25
4.3 Datenanalyse	27
4.3.1 Klassische Auswertungsverfahren	27
4.3.2 KI-gestützte Dokumentenanalyse	27
4.3.3 Mehrdimensional-analytische Clustervalidierung (mdaCV)	31
4.4 Simulationsgestützte Modellierung der Kompetenzentwicklung	35
4.5 Reflexion der Methode	35
5 Ergebnisse	38
5.1 Überblick und Einordnung	38
5.2 Verteilung der Analysen nach Kernbereichen	38
5.3 Beantwortung der Forschungsfragen	38
5.3.1 FU3: Didaktische und technologische Merkmale	39
5.3.2 FU4a: Bildungswissenschaftliche Mechanismen	39
5.3.3 FU5: Möglichkeiten und Grenzen	39
5.3.4 FU1: Akzeptanz und Nützlichkeit	39
5.3.5 FU2a: Effekt auf Lernende	39
5.3.6 FU4b: Technisch-gestalterische Mechanismen	39
5.3.7 FU6: LMS als Kompetenzerwerbssystem	39

5.3.8 FU2b: Effekt auf Lehrende	39
5.3.9 FU7: Erweiterung von Kausalgesetzen	39
5.4 Zusammenfassung der Ergebnisse	39
6 Diskussion	40
6.1 Rückbindung an die Forschungsfragen	40
6.2 Theoretische Implikationen	40
6.3 Praktische und gestalterische Implikationen	40
6.4 Methodische Reflexion und Limitationen	40
6.5 Ausblick und Forschungsperspektiven	40
7 Conclusio und Ausblick	41
7.1 Zusammenfassung der zentralen Ergebnisse	41
7.2 Theoretische Schlussfolgerungen	41
7.3 Praktische Implikationen	41
7.4 Grenzen der Arbeit	41
7.5 Ausblick	41
Literatur	42
Anhang	45

Tabellenverzeichnis

3	Formelverzeichnis	8
4	Konsequenzen für das LMS innerhalb der rechtlich-funktionalen Rahmung	19
5	Zuordnung der Bearbeitungsmethoden zu den Forschungsunterfragen	24
6	Jährliche Entwicklung der Clusterbildung und Silhouette-Scores	26

Abbildungsverzeichnis

Abkürzungsverzeichnis

Abkürzung	Bedeutung
LMS	Learning-Management-System; zentrale Plattform zur Bereitstellung und Organisation der Lehrangebote.
FU	Forschungsunterfrage (FU1–FU7) als operationalisierte Teilfragestellungen.
mdaCV	Mehrdimensional-analytische Clustervalidierung zur Prüfung der literaturbasierten Clusterstruktur.
P-QIA	Probabilistisch-Qualitative Inhaltsanalyse – hybride Methode zur Quellenkodierung.
KI	Künstliche Intelligenz; insbesondere generative Verfahren zur Dokumentenanalyse.
LLM	Large Language Model; Sprachmodell zur semantischen Einordnung großer Textkorpora.
SC	Silhouette-Score; Maß für die Trennschärfe von Clustern (Kapitel 4.3.3).
E-Portfolio	Digitales Portfolio zur Dokumentation und Reflexion von Lernleistungen.
MOOC	Massive Open Online Course; frei zugängliches Online-Lernformat.
LXP	Learning Experience Platform; nutzungszentrierte Erweiterung eines LMS.

Symbolverzeichnis

Symbol	Beschreibung
ε	Epistemische Verlustfunktion zur Bewertung der Integrität der mdaCV (Gl. (1)).
S	Silhouette-Score als Maß der Clusterdifferenzierung.
k	Anzahl der Cluster im k-Means-Algorithmus.
ν	Bildungswirkfaktor als aggregiertes Maß der Kompetenzwirkung.
ι	Bildungswirkindikator; Steigung des Bildungswirkfaktors.
ΔK	Kognitive Unsicherheit innerhalb der Kompetenzentwicklung.
ΔE	Emotionale Unsicherheit innerhalb der Kompetenzentwicklung.
t	Zeitvariable der Dynamikmodelle.

Formelverzeichnis

Die nachfolgende Tabelle listet alle im Manuskript aufgeführten Gleichungen mit der jeweils zugehörigen inhaltlichen Beschreibung.

Table 3: 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 des APA-Zitationsstils. Zur Verwaltung der Zitate wird die Software Zotero (Version 7.0.8) verwendet, alle Referenzen sind als Zitationen angelegt und in der vorliegenden Fassung von Feldern zu Text umgewandelt worden, um die Verweise eindeutig zu gestalten.

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.

Aussparungen 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.

Hinweis zum Sprachstil

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

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; 2021, Kapitel 8).

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.

Das hier gewählte Verfahren ermöglicht eine kontextualisierte Begriffseinführung und vermeidet isolierte oder zu abstrakte Bestimmungen. 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 Redundanzen führen kann. Zur Minderung dieser Herausforderungen wird ein Verzeichnis zentraler Begriffe (S. VI) eingefügt, das die zentrale Übersicht aller relevanten Begriffe mit den zugehörigen Seitenzahlen enthält. 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.

1 Einleitung und theoretischer Rahmen

Der Mensch hat seit jeher Werkzeuge genutzt, um sich an seine Umwelt anzupassen und seine Lebensbedingungen zu verbessern. Diese Fähigkeit, Werkzeuge zu entwickeln und zu nutzen, ist tief in der menschlichen Evolution verwurzelt und hat entscheidend zur Entwicklung von kognitiven und sozialen Strukturen beigetragen. Beginnend mit einfachen Werkzeugen wie dem Faustkeil, der vor über zwei Millionen Jahren von frühen Hominiden verwendet wurde, bis hin zu hochkomplexen digitalen Werkzeugen wie Learning-Management-Systemen (LMS), hat der Mensch immer danach gestrebt, durch den Einsatz von Hilfsmitteln seine Umwelt zu kontrollieren und sich neue Möglichkeiten zu erschließen. In prähistorischen Zeiten diente der Werkzeuggebrauch nicht nur dem Überleben, sondern förderte auch die soziale Zusammenarbeit und den Wissensaustausch innerhalb von Gemeinschaften. Diese Prinzipien haben sich über Jahrtausende hinweg erhalten und finden sich auch in modernen digitalen Umgebungen wieder, in denen kollaborative Werkzeuge wie Foren und Wikis es den Menschen ermöglichen, gemeinsam zu lernen und zu arbeiten. Dieses Dokument untersucht den evolutionären Bogen von den ersten Werkzeugen bis zu den heutigen digitalen Lernsystemen. Es zeigt auf, wie Werkzeuge in der Menschheitsgeschichte immer wieder genutzt wurden, um die grundlegenden Bedürfnisse nach Bindung, Kontrolle, Selbstwert und Lust / Unlust-Vermeidung zu befriedigen. Dabei wird deutlich, dass moderne Technologien wie Learning-Management-Systeme nicht nur technische Hilfsmittel sind, sondern auch zentrale Werkzeuge zur Förderung von sozialem Lernen, Zusammenarbeit und persönlicher Verantwortung. Durch diese Betrachtung wird deutlich, dass der Mensch seit der Nutzung des Faustkeils bis hin zu digitalen Lernsystemen Werkzeuge als Mittel zur Anpassung an die Umwelt und zur Erfüllung sozialer und individueller Bedürfnisse verwendet hat. Die aktuellen Novellierungen in der Ausbildung der Gesundheitsberufe zielen darauf ab, nicht nur die gesetzlichen Rahmenbedingungen für Berufe wie Anästhesietechnische Assistentinnen, Operationstechnische Assistentinnen und Notfallsanitäter*innen anzupassen, sondern auch die Kompetenzanforderungen zu erweitern und zu präzisieren. So wird besonderer Wert auf die Förderung fachspezifischer, sozialer und methodischer Kompetenzen gelegt, die sich an den wachsenden Herausforderungen im Gesundheitswesen orientieren. Dies spiegelt sich sowohl in den neuen Ausbildungsrichtlinien als auch in den erweiterten Kompetenzprofilen der jeweiligen Berufsgruppen wider (Notfallsanitätergesetz - NotSanG, 2022, Weiterbildungsordnung der Pflegekammer Nordrhein-Westfalen (Entwurf), 2023).

1.1 Erkenntnisinteresse, Problemstellung und Relevanz

1.1.1 Erkenntnisinteresse

Das zentrale Erkenntnisinteresse dieser Arbeit besteht darin, zu untersuchen, wie Lern- und Kompetenzentwicklungsprozesse im Gesundheitswesen durch den Einsatz von Learning-Management-Systemen (LMS) beeinflusst werden und welche Rolle dabei sowohl medizinische als auch bildungswissenschaftliche Faktoren spielen. Besonderes Augenmerk liegt auf der Frage, wie bildungswissenschaftliche Konzepte zur Förderung von Kompetenzentwicklung in der medizinischen Aus- und Weiterbildung beitragen können. Darüber hinaus soll erforscht werden, wie transdisziplinäre Ansätze zur Verbesserung von Lernprozessen und der Wissensvermittlung in der medizinischen Praxis beitragen können.

der Forderung in der Ausgangsarbeit nach einer zwingend erforderlichen erneuten Evaluation unter realen Einsatzbedingungen nachzukommen. Die gefundenen Antworten sind für den weiteren Verlauf der Lehrveranstaltungen wegweisend und werden große Beachtung finden. Insbesondere die zeitlichen Ressourcen mittels digitaler Endgeräte besser zu nutzen stellen die ersten Überlegungen dar und führten bereits innerhalb der Schulleitung zu regen Diskussionen. Trotzdem, dass Struktur nur einen mittleren Einfluss auf die Nachhaltigkeit nimmt, stellt dieser Faktor auch in der Konzeption des Kollaborationstools Moodle durch eine

Praktikantin der FernUniversität Hagen einen ernstzunehmenden Gedanken dar. Durch weitere Evaluationen werden diese ersten Erkenntnisse weitergeführt. Seitens der Lernbegleitungen wird zukünftig verstärkt die Kommunikation der TN angeregt, um die Vernetzung untereinander zu fördern. Nachhaltigkeit kann nur gewährt werden, wenn eine dauerhafte Evaluation stattfindet. Hieran haben alle an der Lehre beteiligten, gleich welcher Ausprägung, zu arbeiten. Der Erfolg der Teilnehmenden ist eng an die angebotenen Lernarrangements gekoppelt. Damit zukünftig die bestmöglich ausgebildeten Notfallsanitäterinnen und Notfallsanitäter eine hilfreiche Performance am Nächsten leisten können.(Hanisch, 2017, S. 19–20)

1.1.2 Problemstellung

1.1.3 Thematische Relevanz

1.2 Forschungsfragen und methodische Vorüberlegungen

1.2.1 Zugrundeliegende Vermutungen

1.2.2 Ziel der Forschung

Transdisziplinäre Zielsetzung unter Berücksichtigung medizinischer und bildungswissenschaftlicher Aspekte.

1.2.3 Herleitung Haupt- und Unterforschungsfragen

Wissenschaftliche und praxisorientierte Erkenntnisinteressen.

Herleitung

Wie beschrieben, fehlt eine Untersuchung der Wirkfaktoren, weshalb die bisherigen Ergebnisse unter Einsatz des LMS erzielt werden konnten. Diese Wirkfaktoren können als Herleitung und Begründung des Forschungsvorhabens dienen. Die zugrundeliegende Vermutung ist, dass die konsequente Anwendung des systemisch-konstruktivistischen Theoriegebäudes nicht nur bei der curricularen Konzeption oder bei der Durchführung von Lehrveranstaltungen, sondern gerade auch bei der Entwicklung einer Learning-Management-System-Architektur die beobachtbare Wirkung nicht nur erklärt, sondern darüber hinaus, Prognosen von zukünftigen gewünschten Wirkungen ermöglicht. Die Vermutung ist weiterhin, dass alle notwendigen Theorien und Erklärungen bereits in den unterschiedlichsten Wissenschaftsdisziplinen vorhanden sind. Aus den hier genannten Vermutungen lassen sich seriös kaum Forschungshypothesen ableiten, die definitionsgemäß auf bestehende Theorien aufbauen (Döring & Bortz, 2016c, S. 146). Die handlungsleitende Hauptforschungsfrage (FH) kann demnach wie folgt gestellt werden:

„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)

Die detaillierte Zuordnung der Forschungsunterfragen (FU1–FU7) zu den eingesetzten Methoden sowie den jeweiligen Erfüllungskriterien ist in Kapitel 4.2 (Forschungsdesign und Datenerhebung) dargestellt.

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.

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

1.3.2 Literaturrecherche

1.3.3 Identifikation der Forschungslücke

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, S. 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. Die vorliegende Forschungsarbeit schließt diese Lücke, indem sie das Wirkgefüge eines Learning-Management-Systems (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. Diese Arbeit setzt an dieser Stelle an, indem sie ein systemisches Modell des digitalen Bildungsraums entwickelt und untersucht, welche strukturellen Bedingungen die nachhaltige Wirksamkeit eines LMS beeinflussen. Durch diese systemische Perspektive wird nicht nur die bestehende Forschung ergänzt, sondern auch eine theoretische Grundlage geschaffen, um digitale Bildungsräume nicht nur retrospektiv zu bewerten, sondern auch prospektiv zu gestalten. Dies erlaubt eine Ableitung fundierter Gestaltungsrichtlinien für zukünftige Bildungsumgebungen, die auf einer systemisch erklärbaren Wechselwirkung zwischen technologischen, sozialen und didaktischen Faktoren basieren.

1.4 Aufbau der Arbeit

Die Struktur des vorliegenden Forschungsprojekts weist aufgrund der transdisziplinären Ausrichtung zwischen Bildungswissenschaft und Medizin eine besondere Komplexität auf, da verschiedene Disziplinen integriert und unterschiedliche wissenschaftliche Anforderungen berücksichtigt werden müssen. Um dieser Herausforderung gerecht zu werden, folgt der strukturelle Aufbau der Arbeit einer konsequenten Verschränkung der formalen Anforderungen sowohl der medizinischen als auch der kultur- und sozialwissenschaftlichen Rahmenbedingungen. Dies ermöglicht eine umfassende Bearbeitung des Themas, die den jeweiligen spezifischen Gegebenheiten beider Disziplinen gerecht wird.

Zum Abschluss der Einleitung folgt ein kurzer Überblick über die nachfolgenden Kapitel: Kapitel 2 entfaltet den theoretischen Hintergrund und klärt zentrale Begriffe; Kapitel 3 beschreibt den Forschungsgegenstand und die Ausgangslage. Kapitel 4 erläutert das methodische Vorgehen, Kapitel 5 präsentiert die Ergebnisse, Kapitel 6 diskutiert deren Einordnung und Kapitel 7 bündelt die Schlussfolgerungen mit einem Ausblick auf weitere Forschungsperspektiven.

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. Die Kapitel gliedern sich entlang der funktionalen Argumentationsfolge aus Kapitelstruktur.md.

2.1 Bildungswissenschaftlich-theoretische Verortung

Dieser Abschnitt verortet das Forschungsvorhaben in der systemisch-konstruktivistischen Bildungswissenschaft. Die Wechselwirkungen zwischen digitaler Infrastruktur, pädagogischer Gestaltung und Kompetenzentwicklung werden als sozio-technisches Wirkgefüge gefasst.

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 „MPW“-Stichproben, aber mit hoher theoretischer Genauigkeit argumentiert?

2.1.2 Systemisch-konstruktivistische Theorie

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

2.1.3 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 Bildungsraum

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

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 Kompetenzziele sicherstellen (z.B. Transparenz, Feedback, adaptive Pfade).

2.4 Exkurs: Technologiedefizit

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

3 Beschreibung des Forschungsgegenstandes

Kapitel 3 beschreibt Entstehung, Kontext und Architektur des untersuchten Learning-Management-Systems. Die nachfolgenden Unterabschnitte dienen als Rahmen zur Einbindung der Detailtexte in diesem Ordner.

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

3.1 Kontext des Forschungsgegenstandes

3.1.1 Rechtlich-funktionale Rahmung

Das hier zu beschreibende Learning Management System 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, Abschnitt 5 Abs. 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 Learning Management Systems 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 Ausbildungsziels 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 Learning-Management-Systems 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 Learning Management System 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 insgesamt 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 Learning Management System signifikant von anderen analogen oder konventionellen Lösungen. Der bisherigen Argumentation folgend ist der Einsatz des hier beschriebenen Learning Management Systems als ausbildungsrechtlich notwendige Infrastruktur zur Erfüllung schulischer Aufgaben zu verstehen. Die gesetzlich übertragene Verantwortung zur Koordination und Organisation der Ausbildung von Notfallsanitäterinnen und Notfallsanitätern lässt sich ohne ein entsprechendes System kaum mehr realisieren, insbesondere unter Berücksichtigung heutiger Möglichkeiten im digitalen Bildungsraum.

3.1.2 Didaktisch-strukturelle Verortung

Hier weiter mit Argumentation aus Kapitel 2.1 fortführend.

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

Table 4: 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.	NotSanG, § 5 Abs. 3 (NotSanG, 2023); NotSan-APrV, § 2 Abs. 1–3 (NotSan-APrV, 2023)

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

Weiter mit Schule

Weiter mit HRT

3.2 Entwicklung und Einbettung des Learning-Management-Systems

3.2.1 Entstehungskontext

3.2.2 Implementierung in der schulseitigen Praxis

3.2.3 Weiterentwicklung durch externe Anforderungen

3.2.4 Evaluation und Reflexion

3.3 Didaktische Architektur als Learning-Environment

3.3.1 Konzeptionelle Grundkonstruktion

3.3.2 Didaktisch-architektonische Umsetzung

3.3.3 Prüfungsarchitektur

3.3.4 Statistische Analyse curriculare Struktur

3.4 Operative Architektur als Arbeits- und Lernumgebung

3.5 E-Portfolio als Reflexions- und Transferinstrument

3.6 Technische Rahmenbedingungen

4 Methodologie

Kapitel 4 beschreibt die angewendete Methodik und reflektiert diese entlang der wissenschaftlichen Gütekriterien. Die Methodik basiert vollständig auf den Forschungsfragen und ist durch systemtheoretische Prinzipien strukturiert. Die Kombination aus geplanten Methoden (z.B. Literaturanalyse, Eye-Tracking) zeigt die Flexibilität und Innovationskraft der Arbeit.

4.1 Forschungsparadigma und methodologischer Ansatz

Methodenkompetenz in den Human- und Sozialwissenschaften umfasst die Fähigkeit, empirische Studien nicht nur zu lesen und zu interpretieren, sondern diese auch eigenständig durchzuführen, um systematische und nachvollziehbare Erkenntnisse zu gewinnen. In der empirischen Sozialforschung haben sich drei zentrale Forschungsparadigmen etabliert, die sich in ihren erkenntnistheoretischen Grundlagen und methodischen Logiken unterscheiden: (a) das quantitative Paradigma, basierend auf dem kritischen Realismus, (b) das qualitative Paradigma, verankert im Sozialkonstruktivismus, sowie (c) das Mixed-Methods-Paradigma, das im Pragmatismus wurzelt (Döring, 2023b, S. 4–5; 2023e, S. 32–33).

Während das quantitative Paradigma einen linear-strukturierten Forschungsprozess mit vorab formulierten Hypothesen postuliert (Döring, 2023b, Kapitel 2.2), bildet das qualitative Paradigma einen zirkulären, offen strukturierten Forschungsprozess mit explorativen Fragestellungen ab (Döring, 2023b, Kapitel 2.3). Mixed-Methods-Ansätze (Döring, 2023b, Kapitel 2.4) erlauben zudem, lineare und nichtlineare Forschungslogiken zu kombinieren und verschiedene Teilprozesse zu verbinden. Die Wahl des Paradigmas hängt dabei nicht primär von der Datenform (z.B. numerisch vs. textlich) ab, sondern von der Frage, mit welchem Vorgehen die vorliegenden oder noch zu erzeugenden Daten sinnvoll bearbeitet werden können. Das Begründungsgebot nimmt hierbei eine zentrale Stellung ein, da es die Wahl der Forschungslogik und die Bearbeitung von Daten methodisch legitimiert.

4.1.1 Vorüberlegungen zur Methodologie

Methodisch herausfordernd in dieser Arbeit ist die Auflösung eines Dilemmas durch Verknüpfung der unterschiedlichen Facetten dieses bildungstheoretischen Forschungsvorhabens. Quantitative Daten, bspw. aus dem Eye-Tracking-Versuch und der begleitenden Umfrage, und qualitative Daten, bspw. die Ergebnisse aus der systematischen Literaturanalyse, sind miteinander in Bezug zu setzen, um übergeordnete Erkenntnisse zu generieren. Die Verwendung der beiden Paradigmen wird durch die Intention der Hauptforschungsfrage legitimiert, die Wissen um Muster und Regelmäßigkeiten im LMS erzeugen möchte. Insbesondere das vorgefundene Spannungsfeld von Subjektivität (Wahrnehmung der Akteure) und Objektivität (Kompetenzentwicklungssimulation) erfordert eine genauere methodische Betrachtung. Die sonst eher streng zugeordnete Forschungsmethodik, das quantitative Paradigma als deduktiv und das qualitative Paradigma als induktiv, greift hier zu kurz, da diese strikte Trennung die komplexe Wirkung des Forschungsgegenstands nicht abbilden kann (Reinders, 2022, S. 157).

Forschungstätigkeiten in Gesundheitskontexten stehen zudem vor der Herausforderung, unterschiedliche methodische Strömungen diverser Disziplinen für sich einzunehmen. Insbesondere der Umgang mit tradierten Forschungsparadigmen muss angesichts der Komplexität intradisziplinärer Forschungstätigkeiten beantwortet werden. Gerade Komplexität, vielfältige Disziplinen und unterschiedliche Ressourcen sind miteinander in Einklang zu bringen. Damit dies gelingt, werden in dieser Arbeit die jeweiligen Stärken bestehender Forschungsmethoden in einen neuen, interdisziplinären und generativen Kontext gestellt (Niederberger & Finne, 2021, S. 4–5).

Zwar verbindet das Mixed-Methods-Paradigma die beiden zuvor genannten Ansätze, steht jedoch in der Kritik, dass diese epistemologisch unvereinbar seien (z.B. Inkommensurabilitäts-These in Verbindung mit der Komplementaritäts-These) und daher methodisch fragil bleiben. Hinzu kommt, dass der Mixed-Methods-Ansatz häufig pragmatisch verwendet wird, wodurch quantitative und qualitative Verfahren unreflektiert nebeneinanderstehen. Auch die strikte Trennung der Paradigmen – das quantitative Paradigma als deduktiv und das qualitative Paradigma als induktiv – greift zu kurz, da sie die notwendige Integration von Regelmäßigkeiten (quantitative Ebene) und subjektiven Kontexten (qualitative Ebene) verhindert (Döring, 2023e, Kapitel 2).

Das hier beschriebene Forschungsvorhaben erfordert aufgrund seiner zirkulären Komplexität einen mehrdimensionalen Ansatz, der die bisherigen Ebenen systematisch aufeinander bezieht. Wie Rosenthal und Witte betonen, wird die Wahl der Methodik durch die Anerkennung der Berechtigung unterschiedlicher methodischer Zugänge zur Erforschung sozialer Phänomene sowie durch die grundlagentheoretische Differenzierung zwischen quantitativen und qualitativen bzw. interpretativen Forschungsansätzen beeinflusst (Rosenthal & Witte, 2020, S. 198–199). In diesem Spannungsfeld versteht sich die vorliegende Arbeit als abstrakt-theoretische Grundlagenforschung. Damit soll der theoretische Anspruch eingelöst werden, methodische Vielfalt anzuerkennen und gleichzeitig eine systematische Integration der Perspektiven zu ermöglichen.

Die Auflösung des vorliegenden forschungsparadigmatischen Dilemmas erfolgt durch den Zugang zum Forschungsgegenstand über die konsequente Ableitung der Methoden aus den Forschungsfragen. Dieses Vorgehen ermöglicht nicht nur eine zielgerichtete Methodenauswahl, sondern auch eine Komplexitätsreduktion, die der Mehrdimensionalität des Forschungsgegenstandes gerecht wird und gleichzeitig die Stärken bestehender Methoden integriert.

4.1.2 Systemisch-forschungsfragengeleiteter Ansatz

Der systemische, forschungsfragengeleitete Ansatz dieser Arbeit fußt vollständig auf den Forschungsfragen FU1 bis FU7 (s. Kapitel sec.), die aus dem Erkenntnisinteresse (s. Kapitel sec.) und dem bestehenden LMS-Produkt (s. Kapitel sec.) abgeleitet wurden. Diese Forschungsfragen strukturieren und leiten alle methodischen Entscheidungen und Analysen zur Bearbeitung. Die hier entwickelte Methodik, die den systemischen Ansatz mit der konsequenten Folgerung der Methoden aus den Forschungsfragen synthetisiert, ist in dieser spezifischen Form bisher nicht beschrieben. Damit werden systemtheoretische Prinzipien wie Interdependenz und Emergenz mit der gezielten Integration qualitativer und quantitativer Methoden verknüpft, um der zirkulären Komplexität des Forschungsgegenstandes gerecht zu werden.

Interdependenz bedeutet für die Methodologie des Forschungsprozesses, dass Forschungsfragen eng miteinander verknüpft sind und Wechselwirkungen zwischen qualitativen und quantitativen Daten erzeugen, wodurch die Mehrdimensionalität des Forschungsgegenstandes erfasst werden kann. Emergenz beschreibt ergänzend die Entstehung neuer Erkenntnisse (Bertalanffy, 1968, S. 16, 103) durch die Verknüpfung von Ergebnissen aus Literaturanalysen, Simulationen und empirischen Untersuchungen wie Eye-Tracking-Analysen und Befragungen. Rückkopplung bedeutet in diesem Fall, dass Analyseergebnisse iterativ in die Methodik zurückfließen und die weiteren Schritte beeinflussen, wodurch der Forschungsprozess dynamisch bleibt und sich kontinuierlich anpasst.

Die konkrete Umsetzung dieses Ansatzes erfolgt durch die Ableitung der Methoden aus den Forschungsfragen, wobei jede Forschungsfrage die spezifische Methodenwahl bestimmt und somit eine zielgerichtete, präzise und funktionale Kombination qualitativer und quantitativer Methoden ermöglicht. Qualitative Literaturanalysen werden systematisch mit qualitativen Methoden wie Eye-Tracking-Analysen (z.B. Heatmaps) und quantitativen Befragungen kombiniert, um eine ganzheitliche Perspektive zu ermöglichen. Die eingesetzten Methoden werden dabei passgenau auf die jeweiligen Forschungsfragen abgestimmt und berücksichtigen

sowohl subjektive Akteurswahrnehmungen als auch objektive Daten zur Mustererkennung.

Die gezielte Methodenkombination unterstützt die Komplexitätsreduktion des Forschungsgegenstandes auf ein analytisch erfassbares Maß, ohne wesentliche Wirkungsmechanismen zu vernachlässigen. Durch die iterative Rückkopplung und systemische Verknüpfung der Ergebnisse entstehen neue Einsichten, die bei isolierter Betrachtung der Methoden verborgen bleiben würden. Dieser innovative Ansatz erweitert bestehende methodische Ansätze und schafft einen neuen Rahmen, der sowohl Offenheit als auch strukturelle Präzision ermöglicht.

Table 5: 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, 2023d, 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).	Quantitative Evaluation der Kompetenzentwicklung und ihrer Unsicherheiten.
FU2b: Effekt auf Lehrende	Halbstrukturiertes Gruppeninterview im Face-to-Face-Kontakt mit Lernenden und Lehrenden (Döring, 2023a, Kapitel 3.2; 2023a, 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, 2023b, 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, 2023a, Kapitel 10.1.3; 2023c, 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, 2023e, 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 Forschungsdesign und Datenerhebung

4.2.1 Systematische Literaturanalyse

Die systematische Literaturanalyse 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.

Bemerkenswert ist, dass die Auswahl nicht durch subjektives Eingreifen, thematische Vorannahmen oder bewusste Schwerpunktsetzungen erfolgte, sondern ausschließlich durch algorithmisch rekonstruierte Dichtfelder innerhalb der deduktiv-numerischen Vektorräume. Die Aussagen, die aus diesem Literaturfeld hervorgehen, können somit als besonders stabil, kohärent und epistemisch tragfähig gewertet werden – sie stellen gewissermaßen den empirischen Kern des aktuellen Diskurses dar.

Table 6: 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	3523	—	—

<<>>

Die Visualisierung zeigt eine Kombination aus zwei zentralen Metriken für deine Analysequalität: Silhouette-Scores (blaue Linie, linke Y-Achse): Ein Maß für die Kohärenz und Trennschärfe der Clusterbildung. Fallzahlen *n* (graue Balken, rechte Y-Achse): Anzahl der analysierten Einträge pro Jahr.

Interpretation der Kurve

1. Allgemeines Muster (2010–2025): Von 2010–2017 zeigen sich trotz geringer Fallzahlen ($n < 100$) durchweg exzellente Silhouette-Scores (≈ 1.0). 2018–2022 bleibt der SC durchgehend über dem Median ($Q_2 \approx 0.9906$), bei gleichzeitig signifikant steigenden Fallzahlen. Ab 2023 fällt der Score unter Q_3 und erreicht 2024 einen Tiefpunkt von 0.9208, während die Fallzahl mit 780 hoch bleibt. 2025 zeigt sich eine leichte Erholung des SC (0.9696), jedoch bei stark gesunkenen Fallzahlen.
2. Quartile & Bias-Schwellen: $Q_1 (\approx 0.9686)$: Markiert die Schwelle, ab der Werte als „niedrig“ gelten. $Q_3 = 1.0000$: Zeigt an, dass ein Viertel aller Jahre perfekte Clusterkohärenz aufweist – ein selten hoher Wert. Fatigue Threshold (0.96): Ab diesem Wert könnte eine inhaltliche Erschöpfung im Datenraum interpretiert werden. Circadian Optimum & Winsorisierte Median (≈ 0.9906): Dienen als kognitives Optimum bzw. robuste Mittelwerte der Analysequalität.

Schlussfolgerungen Höchste Qualität (2017–2022): Kombination aus hoher *n*-Zahl und überdurchschnittlichem SC. Die Jahre 2020–2022 sind ideal geeignet, da sie hohe Fallzahlen mit sehr hoher Strukturkohärenz verbinden. Diese Jahre stellen das empirisch valide Rückgrat deiner Literaturanalyse dar. Frühe Jahre (2010–2016): Extrem hoher SC bei kleinen Fallzahlen. Inhaltlich hochwertig, aber eingeschränkte Generalisierbarkeit. Erosion ab 2023: Bei konstant hohen Fallzahlen deutlicher Rückgang des SC. Epistemische Drift sichtbar – mögliche Verschiebung der Diskurslandschaft. 2024 liegt deutlich unter Fatigue-Grenze, was eine kritische Validitätsmarke darstellen könnte.

Die Darstellung liefert eine statistisch transparente Grundlage, um einzelne Jahrgänge zu gewichten, Aussagekraft einzuschätzen, Jahre mit hoher epistemischer Kohärenz zu identifizieren.

Die Darstellung liefert eine statistisch transparente Grundlage, um einzelne Jahrgänge zu gewichten, Aussagekraft einzuschätzen, Jahre mit hoher epistemischer Kohärenz zu identifizieren.

Die Kombination aus Silhouette-Score und Fallzahlen erlaubt es, wissenschaftliche Aussagen systematisch zu begründen, und die methodische Qualität retrospektiv zu validieren.

4.3 Datenanalyse

4.3.1 Klassische Auswertungsverfahren

4.3.2 KI-gestützte Dokumentenanalyse

«<Primäranalyse, Sekundäranalyse und P-QIA einfügen»>

KI-gestützte Dokumentenanalyse (Primäranalyse, Sekundäranalyse und P-QIA) - Systematische Dokumentenanalyse:

Die systematische Literaturanalyse orientiert sich methodisch an den Prinzipien der Dokumentenanalyse, wie sie beispielsweise von Döring (2023, Kap. 10.6) dargelegt werden (Döring, 2023a). Ziel ist es, relevante wissenschaftliche Arbeiten strukturiert zu identifizieren, auszuwerten und thematisch für die Bearbeitung der sieben Forschungsunterfragen zu kategorisieren. Im Rahmen dieses Vorgehens wird eine KI-gestützte Unterstützung eingesetzt, deren Nutzung bislang in etablierten Methodenwerken nicht explizit behandelt wird – somit handelt es sich um eine methodische Erweiterung. Entsprechend der Überlegungen von Yu et al. (2024, S. 2–3, 6–8), die den Einsatz generativer KI zur Förderung von Reflexions- und Analyseprozessen im Forschungsprozess systematisch analysieren, wird diese methodische Innovation theoretisch fundiert begründet. Der Einsatz von KI in der vorliegenden Arbeit dient dabei nicht der automatisierten Auswertung, sondern fungiert als strukturierendes und reflexives Werkzeug zur Analyse. Qualitative Inhalte aus Literaturquellen werden entlang festgelegter Kategorien den jeweiligen Forschungsunterfragen zugeordnet, überprüft, gewichtet und in einem iterativen Verfahren rückgekoppelt. Die Verbindung klassischer Dokumentenanalyse mit KI-gestützter Kategorisierung stellt eine innovative methodische Synthese dar, die sowohl die Verarbeitung umfangreicher Literaturbestände erleichtert als auch eine transparente, systematische und theoriegeleitete Rückführung auf den Forschungsprozess ermöglicht. Die im Verlauf entwickelten Kategorien und Schlagworte unterstützen die thematische Verknüpfung zwischen Forschungsfragen, theoretischen Ansätzen und empirischen Ergebnissen und schaffen damit neue Perspektiven für eine komplexitätssensible, erkenntnisorientierte Forschungspraxis.

Keine KI-Analyse Erwähnung bei den herkömmlichen Methodenbüchern -> also eine neue Methode – Grundlage bei Yu et al. (2024, S. 2–3, 6–8), da dieser Beitrag explizit die Nutzung von KI zur Unterstützung von Reflexions- und Analyseprozessen behandelt. Ihre Methodik, die systematische Literaturanalyse mit KI-gestützter Kategorisierung und Analyse kombiniert, wird hier unmittelbar untermauert.

Die systematische Literaturanalyse in dieser Arbeit dient der Identifikation relevanter Arbeiten zur Beantwortung der Forschungsfragen mit dem Ziel, eine thematische Verknüpfung zwischen den einzelnen Forschungsfragen und bestehenden wissenschaftlichen Erkenntnissen herzustellen. Um die Analyseprozesse effizienter zu gestalten und neue Muster und Zusammenhänge zu identifizieren, wird die systematische Literaturauswertung durch KI-gestützte Methoden ergänzt. Diese hybride Vorgehensweise erlaubt damit, Schlagworte, Kategorien und Querverweise datenbasiert zu strukturieren und so eine methodisch fundierte Grundlage für die weiteren Forschungsschritte zu schaffen.

Ein vergleichbarer Ansatz wird von Yu et al. (2024, S. 2–3, 6–8) beschrieben, die in ihrer Arbeit aufzeigen, dass KI-gestützte Analysen die Tiefe der Reflexion und Analyseprozesse signifikant verbessern können. In ihrem Hybrid Intelligence Feedback (HIF)-System werden große Sprachmodelle (LLMs) genutzt, um Peer-Feedback strukturiert aufzubereiten und in übergeordnete Kategorien zu systematisieren. Diese Vorgehensweise zeigt, dass KI nicht nur eine unterstützende, sondern eine strategisch integrierte Rolle in der systematischen Analyse übernehmen kann. Analog dazu wird in dieser Arbeit eine KI-gestützte Kategorisierung der Literatur durchgeführt, um die Identifikation relevanter Begriffe und Forschungszusammenhänge zu optimieren.

Die Entwicklung von Kategorien und Schlagworten erfolgt in einem iterativen Prozess, bei dem KI-gestützte Verfahren zur Validierung und Optimierung der Kategorisierung genutzt werden. Während klassische systematische Literaturanalyse-Ansätze auf manueller Kodierung basieren, erlaubt der Einsatz von KI eine dynamische Anpassung der Suchbegriffe, Cluster-Bildung und Korrelationen zwischen verschiedenen Forschungsfragen und Themenfeldern. Yu et al. (2024) betonen, dass derartige hybride Systeme dazu beitragen können, unentdeckte Zusammenhänge sichtbar zu machen und neue Forschungsperspektiven zu eröffnen. In dieser Arbeit wird dieser Gedanke erweitert, indem nicht nur die Strukturierung, sondern auch die datengetriebene Absicherung von Kategorien durch KI erfolgt, um eine methodisch belastbare Grundlage für die Forschungsergebnisse zu schaffen.

Die KI-gestützte Analyse zeigte sich als zuverlässig bei der Identifikation thematisch unpassender Forschungsarbeiten, selbst wenn die automatisierte Stichwortsuche in Zotero zunächst eine positive Zuordnung ergab. Ein anschauliches Beispiel hierfür ist die zur Analyse bereitgestellte Studie von Westlake und Mahan (2023) (2023), die sich mit BDSM-Praktiken, deren Demografie und Motivationen befasst. Wegen der für den digitalen Bildungsraum ungewöhnlichen Thematik wurde die Arbeit der KI zur Analyse vorgestellt. Da der Forschungsschwerpunkt dieser Arbeit außerhalb des Kontexts digitaler Bildungsräume liegt, weist die KI-Analyse darauf hin, dass sie für die Untersuchung von Learning-Management-Systemen und digitalem Lernen in Gesundheitsberufen nicht relevant ist. Die Analyse führt dies folgendermaßen aus:

“Es scheint, dass die hochgeladene Studie von Westlake und Mahan (2023) (2023) nicht direkt in den Rahmen digitaler Bildungsräume passt. Die Arbeit befasst sich mit BDSM-Praktiken, deren Demografie und Motivationen, während dein Fokus auf Learning-Management-Systemen und digitalem Lernen in Gesundheitsberufen liegt. Da die Studie nicht in die vordefinierten Schlagwörter passt und keine Relevanz für deine Forschungsfragen aufweist, ist sie für deine Analyse irrelevant (Bewertung: 1). Falls du dennoch eine Analyse benötigst, um mögliche Querverweise zu digitalen Lernprozessen oder Bildungstheorien zu diskutieren, lass es mich wissen!”

Dieses Beispiel verdeutlicht, wie zuverlässig die KI-gestützte Analyse über eine rein syntaktische Stichwortsuche hinausgeht und in der Lage ist, den inhaltlichen Kontext wissenschaftlicher Arbeiten zu erfassen. Dadurch wird eine gezielte Selektion relevanter Quellen ermöglicht, während zugleich potenziell irreführende Ergebnisse aus der Stichwortsuche systematisch überprüft und ausgeschlossen werden können.

Vergleich der Kodierungsergebnisse zwischen Mensch und KI

Ein zentraler Aspekt der qualitativen Clustervalidierung ist der Vergleich zwischen menschlichen Kodierungen und KI-gestützten Inhaltsanalysen. Um die methodische Präzision beider Ansätze zu bewerten, wurden die Silhouette-Scores der jeweiligen Analysen berechnet. Die Ergebnisse zeigen deutliche Unterschiede in der Trennschärfe der Cluster.

Vergleich der Silhouette-Scores: KI-gestützte Analyse vs. menschliche Kodierung

Zur Überprüfung der methodischen Präzision und Trennschärfe von KI-gestützten Analysen im Vergleich zu menschlichen Kodierungen wurde die qualitative Clustervalidierung auf eine klassisch kodierte Studie

von Kerman et al. (2024) angewendet. Ziel war es, die Clusterstruktur beider Verfahren zu vergleichen und Unterschiede in der methodischen Konsistenz zu identifizieren.

Die Analyse ergab, dass die KI-gestützte Analyse einen Silhouette-Score von 0.92 erreichte, während die menschliche Kodierung lediglich 0.62 betrug. Dies verdeutlicht die höhere methodische Präzision und Trennschärfe der KI-gestützten Analyse. Während die manuelle Kodierung stärkere Überschneidungen zwischen Kategorien aufwies, erzeugte die KI-gestützte Analyse klar abgegrenzte Clusterstrukturen mit geringerem inhaltlichem Überlapp. Die Ergebnisse zeigen, dass KI-gestützte Inhaltsanalysen eine objektivere und methodisch konsistentere Alternative zur klassischen Kodierung darstellen können. Die qualitative Clustervalidierung bestätigt, dass menschliche Kodierungsprozesse anfällig für subjektive Einflüsse sind und eine systematische Überprüfung erfordern. Die methodische Stabilität der KI-Analyse verdeutlicht die Notwendigkeit, qualitative Inhaltsanalysen durch datenbasierte Validierung zu ergänzen.

Um die methodische Präzision und Trennschärfe von KI-gestützten Analysen im Vergleich zu menschlichen Kodierungen zu überprüfen, wurde die qualitative Clustervalidierung erneut auf die Studie von Kerman et al. (2024) angewendet. Absicht war der Vergleich der Clusterstruktur zwischen menschlicher Kodierung mit der KI-gestützten Analyse und mögliche Unterschiede in der methodischen Konsistenz zu identifizieren.

Die Analyse ergab, dass die KI-gestützte Analyse einen Silhouette-Score von 0.92 erreichte, während die menschliche Kodierung einen Wert von 0.62 aufwies. Dies zeigt, dass die KI-gestützte Analyse eine deutlich höhere Trennschärfe aufweist und methodisch konsistenter arbeitet. Während die menschlichen Kodierungen inhaltliche Überschneidungen aufwiesen und Kategorien nicht immer klar voneinander abgrenzbar waren, erzeugte die KI-gestützte Analyse präzisere Clusterstrukturen mit geringeren inhaltlichen Überlappungen (vgl. .

Dieses Ergebnis bestätigt, dass KI-gestützte Inhaltsanalysen methodisch präziser sein können als menschliche Kodierungen. Die qualitative Clustervalidierung zeigt auf, dass menschliche Kodierungsprozesse eine größere Subjektivität aufweisen und daher eine systematische Überprüfung erforderlich ist. Die methodische Stabilität der KI-Analyse verdeutlicht, dass eine datengestützte Validierung menschlicher Kodierungen notwendig ist, um eine methodisch fundierte qualitative Inhaltsanalyse zu gewährleisten.

Die KI-gestützte Analyse erreichte einen Silhouette-Score von 0.92, während die menschliche Kodierung nur einen Wert von 0.62 aufwies. Dies bestätigt, dass KI-gestützte Inhaltsanalysen eine höhere methodische Präzision und Trennschärfe aufweisen als klassische manuelle Kodierungen. Die qualitative Clustervalidierung wurde auf eine klassisch kodierte Studie von Kerman et al. angewendet, um deren methodische Trennschärfe systematisch zu überprüfen und mit einer KI-gestützten Analyse zu vergleichen. Dabei zeigte sich, dass die KI-Analyse klarere Clusterstrukturen erzeugte, während die menschliche Kodierung stärkere Überschneidungen zwischen den Kategorien aufwies. Ein hoher Silhouette-Score deutet auf eine starke Gruppierung der Datenpunkte hin, während ein niedrigerer Wert auf Überlappungen zwischen den Kategorien hindeutet.

Testansätze

Ein wesentlicher Bestandteil der qualitativen Clustervalidierung ist die systematische Überprüfung der Analyseergebnisse anhand definierter Testansätze. Zunächst erfolgt eine automatische Kodierung, bei der untersucht wird, ob die Methode relevante Konzepte aus dem Text extrahiert und korrekt zuordnet. Anschließend wird die extrahierte Struktur mit der ursprünglichen Kodierung in der Studie verglichen, um mögliche Abweichungen oder Übereinstimmungen zu identifizieren.

Ein weiterer Schritt ist die Clusterbildung mit *k*-Means, um zu prüfen, ob sich inhaltlich sinnvolle Cluster innerhalb der Daten ergeben. Diese werden mit den thematischen Schwerpunkten der Studie abgeglichen, um zu evaluieren, inwiefern die identifizierten Cluster mit etablierten Forschungsstrukturen übereinstimmen.

Zur Stabilitätsprüfung der Analyse wird der Silhouette-Score berechnet, wobei die Clustervalidierung mehrfach durchgeführt wird. Dadurch kann überprüft werden, ob sich die ermittelten Cluster über verschiedene Durchläufe hinweg stabil zeigen oder ob signifikante Schwankungen auftreten. Dies dient als Maß für die methodische Konsistenz der Validierung.

Ein abschließender Vergleich erfolgte durch die Anwendung der qualitativen Clustervalidierung auf die klassisch kodierte Studie von Kerman et al. Dabei wurde analysiert, inwiefern die von Menschen kodierten Kategorien eine ähnlich klare Trennung aufweisen wie die KI-generierten Cluster. Die Ergebnisse zeigen, dass die Clustervalidierung eine objektive Bewertung der bestehenden Kodierung ermöglicht und methodische Schwächen in der menschlichen Kategorisierung sichtbar machen kann.

Ergänzung zu ATLAS.ti und *k*-Means

In der Diskussion zur methodischen Validierung wurde auch die Möglichkeit betrachtet, klassische Inhaltsanalyse-Tools wie ATLAS.ti 9 oder NVivo für die Analyse KI-generierter Kodierungen einzusetzen. Dabei zeigte sich jedoch, dass diese Werkzeuge primär für die Unterstützung menschlicher Kodierungsprozesse konzipiert sind und keine geeignete Methodik zur objektiven Validierung von Clustern bieten. Die qualitative Clustervalidierung verfolgt hingegen einen anderen Ansatz: Sie nutzt Algorithmen wie *k*-Means nicht zur explorativen Clusterbildung, sondern zur quantitativen Prüfung der methodischen Konsistenz bereits vorhandener Kodierungen. Diese Unterscheidung ist zentral, da die qualitative Clustervalidierung nicht als Konkurrenz zu klassischen Inhaltsanalyseverfahren betrachtet werden sollte, sondern als eine ergänzende Methode zur Überprüfung der Trennschärfe und methodischen Stabilität kodierter Daten.

Kritische Einordnung bestehender Literatur

In der aktuellen wissenschaftlichen Debatte über die Nutzung von KI in akademischen Kontexten sind zahlreiche Publikationen zu finden, die vor den potenziellen Risiken von KI-generierten Inhalten warnen. Arbeiten wie die von Biswas (2023), Van Niekerk et al. (2025), Storey (2023) und Parker et al. (2024) thematisieren ethische Implikationen, wissenschaftliche Integrität und Herausforderungen im Peer-Review-Prozess. Dabei bleibt jedoch ein entscheidender Aspekt unbeachtet: Bislang existiert keine fundierte empirische Methode zur systematischen Überprüfung der Qualität von KI-generierten wissenschaftlichen Inhalten. Die genannten Studien diskutieren Risiken und Problematiken, liefern dabei keine methodische Grundlage für eine objektive Bewertung der wissenschaftlichen Qualität von KI-generierten Texten. Ein zentrales Defizit dieser Arbeiten besteht in der fehlenden empirischen Prüfung von KI-gestützten wissenschaftlichen Texten. Während argumentiert wird, dass KI-generierte Inhalte problematisch seien, fehlen systematische Vergleiche zwischen KI- und menschlich erstellten Texten sowie methodische Verfahren zur Überprüfung der Trennschärfe von KI-gestützten Analysen. Diese Arbeiten verbleiben weitgehend auf der deskriptiven Ebene und bieten keine quantitativen oder qualitativen Metriken zur Messung der methodischen Präzision von KI-generierten Inhalten.

Bedeutung für die qualitative Forschung

Die Ergebnisse zeigen, dass die qualitative Clustervalidierung eine objektive Bewertung von Kodierungen ermöglicht und methodische Schwächen sichtbar machen kann. Dies legt nahe, dass KI-gestützte Inhaltsanalysen eine präzisere Ergänzung zur klassischen qualitativen Kodierung darstellen können. Insbesondere in groß angelegten Studien mit umfangreichen Textkorpora könnten KI-basierte Verfahren eine erhebliche methodische Verbesserung ermöglichen.

Gleichzeitig bleibt zu beachten, dass menschliche Kodierungen theoretische Konzepte und interpretative Nuancen einbeziehen können, die über rein datenbasierte Analysen hinausgehen. Diese Erkenntnisse unterstreichen das Potenzial der qualitativen Clustervalidierung als standardisiertes Verfahren zur Überprüfung

methodischer Trennschärfe. Langfristig könnte sie als ergänzende Methode zur Qualitätssicherung klassischer Kodierungsverfahren etabliert werden. In der qualitativen Forschung könnte daher ein hybrider Ansatz sinnvoll sein, bei dem KI-gestützte Analysen zur Strukturierung und Validierung menschlicher Kodierungen eingesetzt werden.

4.3.3 Mehrdimensional-analytische Clustervalidierung (mdaCV)

Im Zuge der systematischen Literaturarbeit wurde die statistische Clusteranalyse, eher zufällig als potenzielle Erweiterung der qualitativen Analyse in Betracht gezogen (Kapitel 4.3.1). Die Anwendung des *k*-Means-Algorithmus auf einen bereits deduktiv strukturierten Quellenkorpus erschien als vielversprechender Zugang zur Identifikation verborgener Muster oder nicht explizit abgebildeter Strukturen. Überraschenderweise blieben jedoch neue Erkenntnisse aus, da die Clustervalidierung weitgehend die bestehenden semantischen Erkenntnisse bestätigte. Diese zunächst irritierende Stabilität erwies sich im weiteren Verlauf als methodisch hochbedeutsam. Die Tatsache, dass ein klassisch induktiv genutzter Algorithmus ein deduktiv geschaffenes Ordnungssystem reproduzierte, verweist auf eine inhärente Validierung der Ausgangsstruktur. Erst mit zeitlichem Abstand wurde deutlich, dass sich hier eine neue methodische Perspektive eröffnet, d.h. die Möglichkeit, qualitative Strukturierungslogiken algorithmisch zu überprüfen.

Aus dieser Beobachtung entwickelte sich schrittweise die mehrdimensional-analytische Clustervalidierung (mdaCV). Ein Verfahren, das qualitative Strukturierung, algorithmische Clusterdetektion und visuelle Repräsentation in einem konsistenten Validierungsprozess verbindet. Dabei wird ein deduktiv formulierter semantischer Raum entlang inhaltlich begründeter Dimensionen (z.B. Kategorien, Forschungsfragen, Schlagworte) aufgespannt. Die Positionierung der Datenpunkte erfolgt entlang dieser Achsen, die Clusterbildung erfolgt mit dem *k*-Means-Algorithmus, die Qualität der Trennung wird über den Silhouette-Score erfasst ((Rousseeuw, 1987)).

Erst in einem späteren Entwicklungsschritt wurde deutlich, dass diese Vorgehensweise nicht nur für menschlich kodierte, sondern auch für KI-generierte Analysen geeignet ist. Durch die Anwendung auf Testdatensätze – real, manipuliert und zufällig – konnte nachgewiesen werden, dass die mdaCV zwischen kohärenten, rauschhaften und künstlich homogenisierten Datenstrukturen zuverlässig differenziert. Die methodische Implementierung wurde versioniert dokumentiert und ist unter folgender Struktur öffentlich einsehbar (<https://git.jochen-hanisch.de/promotion/literaturanalyse>). Dort finden sich sowohl der vollständige Datensatz mit Testvarianten (Real-, Zufalls- und manipulierte Daten) als auch die korrespondierenden Python-Skripte (`analyse_korrelation.py`, `analyse_netzwerk.py`) sowie ein angepasstes `.gitignore`, zur Sicherstellung, dass keine personenbezogenen oder bibliographisch geschützten Inhalte öffentlich sichtbar sind.

Die Methode wurde nicht abstrakt konzipiert, sondern emergierte aus forschungspraktischen Überlegungen, iterativen Rückkopplungen und der Notwendigkeit, große Datenmengen zugleich strukturiert, nachvollziehbar und validierbar zu analysieren. Die theoretische Herleitung basiert u. a. auf Arbeiten zur Stabilität des *k*-Means-Algorithmus (Rakhlin & Caponnetto, o. J., Kapitel 5), zur Struktur von Merkmalsräumen (Mavroudis & Marchiori, 2011, Kapitel 3) sowie zur algorithmischen Modellierung semantischer Nähe durch Vektorraummodelle (Mikolov et al., 2013, Kapitel 2). Die mdaCV verbindet somit deduktive Theoriegeleitetheit mit datenbasierter Validierungslogik. Ein methodisches Hybridmodell, das qualitative und quantitative Paradigmen nicht nur überbrückt, sondern integrativ zusammenführt.

Die mdaCV ist ein Verfahren zur Validierung von Kodierungsstrukturen in qualitativ vorstrukturierten Datenräumen. Dieses Verfahren basiert auf einem dreidimensionalen semantischen Raum, in dem Datenpunkte entlang deduktiv definierter Achsen (z.B. Kategorien, Forschungsfragen, Schlagworte) positioniert und anschließend mittels algorithmischer Clustervalidierung überprüft werden. Dabei kombiniert das Verfahren

inhaltlich fundierte Dimensionen mit statistischen Bewertungsverfahren wie dem Silhouette-Score ((Rousseeuw, 1987, S. 59, 61)), um die Trennschärfe und Kohärenz der Clusterbildung zu bewerten.

Die methodische Herleitung fußt auf drei zentralen Komponenten:

1. Deduktive Strukturierung des semantischen Raums : Aufbauend auf theoretisch oder empirisch begründeten Dimensionen erfolgt eine systematische Vorstrukturierung des Datenraums (Kuckartz & Rädiker, 2022; Mayring, 2022; Mayring & Fenzl, 2022). Diese Dimensionen bspw. Kategorien, Disziplinen oder thematische Schlagworte, definieren die Achsen des Raums und ermöglichen die strukturierte Positionierung der Daten.
2. Um die semantische Struktur der Daten algorithmisch analysierbar zu machen, werden begriffliche Relationen in numerische Vektoren überführt. Die semantische Nähe zwischen Datenpunkten entspricht dabei ihrer geometrischen Nähe im Vektorraum. Diese Transformation bildet die Grundlage für distanzbasierte Verfahren wie die Clustervalidierung. Konzepte wie CBOW und Skip-gram (Mikolov et al., 2013, Kap. 6) zeigen, dass auch mit vergleichsweise einfachen Modellarchitekturen hochdimensionale, semantisch präzise Repräsentationen berechnet werden können (Mikolov et al., 2013). Dies ermöglicht die effiziente Verarbeitung großer Korpora und bildet die konzeptionelle Basis für die Vektorraummodellierung in der mdaCV.
3. Statistische Validierung mittels *k*-Means-Algorithmus: Die deduktiv vorstrukturierten Daten werden dem *k*-Means-Verfahren unterzogen. Die zentrale mathematische Formulierung basiert auf der Minimierung der quadrierten Distanzen innerhalb der Cluster (Pérez-Ortega et al., 2020, S. 5) (Pérez-Ortega et al., 2020, S. 5). Die Wahl der Anzahl der Cluster *k* erfolgt theoriegeleitet oder wird durch Metriken wie den Silhouette-Score empirisch justiert. Die Sensitivität des *k*-Means-Algorithmus gegenüber strukturellen Varianzen wird dabei bewusst genutzt, um die methodische Konsistenz der Vorstrukturierung zu evaluieren (Rakhlin & Caponnetto, o. J.).

Diese Kombination aus inhaltlicher Fundierung, geometrischer Modellierung und algorithmischer Validierung begründet die mdaCV als eigenständiges methodisches Verfahren. Sie wurde im Verlauf der Dissertation iterativ verfeinert, insbesondere durch Tests mit realen, manipulierten und zufälligen Datensätzen, um ihre Robustheit gegenüber Rauschelementen und ihre Fähigkeit zur Differenzierung inhaltlicher Kohärenz nachzuweisen (vgl. Pérez-Ortega et al., 2020, S. 5, Punkt 4) (Pérez-Ortega et al., 2020, S. 5 Punkt 4). Damit stellt die mdaCV keine bloße Kombination bestehender Verfahren dar, sondern ein transmethodisches Integrationsmodell, das qualitative Kategoriensysteme auf algorithmisch validierbare Weise überprüfbar macht – ein Beitrag zur Qualitätssicherung, Reproduzierbarkeit und epistemischen Transparenz in der qualitativen Bildungsforschung. Die mehrdimensional-analytische Clustervalidierung begleitete nicht nur den Analyseprozess im engeren Sinne, sondern wurde über den gesamten Promotionszeitraum hinweg als sensible, seismografisch wirkende Dauermessung eingesetzt. Die jeweiligen Messpunkte wurden nach gezielten Veränderungen am Suchbegriffkorpus vorgenommen und erlauben eine fortlaufende Rückmeldung über die semantische Konsistenz des Quellenraums, wobei die Anzahl der Cluster dauerhaft mit $n = 4$ beibehalten wurde. Im Rahmen dieser Analyse (Achsen: Suchbegriff, Kategorie, Forschungsfrage) wurde der Korpus beispielsweise in einem Prozess zunächst auf $n = 3502$ Quellen bereinigt, indem bestimmte Dokumentgattungen (etwa Manuskripte oder unspezifische Vorabfassungen) ausgeschlossen wurden. Infolge dieser Kuration stieg der Silhouette-Score von 0.964 auf 0.9751. Diese Differenz ist nicht als bloße numerische Verbesserung zu verstehen, sondern als qualitatives Emergenzphänomen. Nach Einbezug der o.a. Herleitung, wirkt jede Bereinigung in einem semantisch hochdimensionalen Raum potenziell in alle Richtungen. Der Erkenntniswert liegt somit weniger in der absoluten Score-Steigerung, sondern in der damit verbundenen epistemischen Schärfung, die sich durch den Ausschluss semantischer Rauschelemente ergibt. Hier demonstriert die Analyse exemplarisch, wie sich durch dreidimensional deduktive Validierung eine strukturell kohärente Quellenarchitektur rekonstruieren

lässt.

Nach erneuter Einbindung der zuvor ausgeschlossenen Konferenzbände stieg die Anzahl der analysierten Quellen auf $n = 3572$. Überraschenderweise blieb der Silhouette-Score mit 0.9754 nicht nur stabil, sondern übertraf den vorherigen Wert sogar leicht. Dieses Ergebnis legt nahe, dass die dreidimensionale deduktive Validierung hinreichend robust ist, um auch heterogene Dokumenttypen kohärent zu integrieren. Der ursprünglich befürchtete semantische Rausch-Effekt durch Konferenzbeiträge trat nicht ein; vielmehr scheint die zunehmende Datenfülle eine semantische Verdichtung zu bewirken. Das Cluster-Modell reagiert dabei nicht empfindlich, sondern resilient-emergent auf Datenerweiterung.

Die Beobachtungen von Veränderungen innerhalb der mehrdimensional-analytische Clustervalidierungsind insbesondere im Grenzbereich zwischen Systemstabilität und kategorialer Modifikation aufschlussreich. In einem weiteren Durchgang wurde der Eintragstyp Buchteil gezielt untersucht. Dabei wurde der Datensatz minimal um einen Eintrag reduziert (nun $n = 3571$), woraufhin sich der Silhouette-Score um -0.001 veränderte. Diese Differenz mag numerisch klein erscheinen, ist jedoch im Kontext eines Scores über 0.97 hochrelevant. In diesem Bereich deutet bereits eine Veränderung in der dritten Nachkommastelle auf strukturelle Anpassungen im Clustermodell hin, etwa durch leicht verschobene Clusterzentren oder veränderte Einpassung eines Einzelbeitrags. Diese hier exemplarisch angedeutete Sensitivität ist Ausdruck der hohen Auflösung und Differenzierungsfähigkeit des Modells. Im Gegensatz zu vielen anderen Clustering-Ansätzen, die bei kleinen Eingriffen stark „springen“, reagiert dieses System kontinuierlich und rückmeldungsfähig. Der Eintragstyp Buchteil könnte beispielhaft eine inhärent variabelere semantische Positionierung besitzen, etwa durch seine Funktion als Vorwort, methodischer Einschub oder Randthema. Auch eine Überrepräsentation bestimmter Werke kann potenziell zu Verzerrungen führen. Die gezielte Analyse solcher Subtypen eröffnet Möglichkeiten für weiterführende Fragestellungen: Wie viele Buchteile stammen aus dem gleichen Werk? Welche Achsendimensionen beeinflussen ihre Clusterzuordnung? Und inwieweit führt das gezielte Entfernen einzelner Elemente zu strukturellen Verschiebungen im Modell? Eine Veränderung von bspw. 0.001 bei konstantem Stichprobenumfang und stabiler k -Means-Architektur stellt eine reale, systemisch interpretierbare Verschiebung dar. Das System reagiert feinfühlig, d.h. auf Einzelbeiträge und dokumentiert deren Auswirkungen auf die Gesamtstruktur. Daraus ergeben sich potenzielle Analysepfade zur Erforschung mikrostruktureller Dynamiken innerhalb epistemisch strukturierter Clusterräume. Wie Tabelle 5 darstellt, überlagern sich nicht nur qualitative und quantitative Paradigmen, sondern verzahnen sich strukturell. Tabelle 6: Strukturelle Paradigmen-Überlagerung bei Clusteranalysen Quantitativ Qualitativ

«»

Silhouette-Score als Gütemaß Deduktive Kategorienstruktur Clusterdichte und Trennschärfe Theoriegeleitete Semantikachsen

k -Means als algorithmischer Kern Vorstrukturierung durch Forschungsperspektiven Die Darstellung verdeutlicht, wie sich deduktive, theoriegeleitete Kategorien mit algorithmischen, quantitativ validierbaren Verfahren, etwa dem k -Means-Algorithmus und dem Silhouette-Score, strukturell verzahnen. Diese methodische Komplementarität ist zentral für die mehrdimensional-analytische Clustervalidierung (mdaCV) und ermöglicht die gleichzeitige Berücksichtigung epistemischer Tiefenstruktur und formaler Trennschärfe. Besonders hervorzuheben ist dabei, dass die methodische Verzahnung nicht nur eine Erweiterung quantitativer Validierungsmaßstäbe bedeutet, sondern auch die Öffnung für neue, integrative Bewertungsdimensionen. Während die klassische Clusterbewertung meist auf einzelne numerische Kennzahlen fokussiert, rückt der mdaCV-Ansatz die Notwendigkeit einer umfassenderen Güteprüfung ins Zentrum, bei der neben der formalen Trennschärfe auch die inhaltliche Erfassungstiefe und Vollständigkeit der Daten eine Rolle spielt. Damit wird der Blick für latente Verlustrisiken geschärft, die rein metrische Metriken bislang ausblenden.

Epistemische Verlustfunktion als heuristisches Integritätsmaß

Im Kontext der mehrdimensional-analytischen Clustervalidierung wird üblicherweise der Silhouette-Score als zentrales Maß zur Beurteilung der Clusterdifferenzierung genutzt (i.A.a. Rousseeuw (1987)). Dieser Wert allein erfasst jedoch lediglich die geometrische Separierbarkeit der Cluster im Vektorraum. Was bislang fehlt, ist ein zusammengesetztes Maß, das sowohl die strukturelle Kohärenz (Silhouette) als auch die semantische Vollständigkeit (Datenintegrität) einer Analyse widerspiegelt. Im Rahmen dieser Dissertation wurde daher eine epistemische Verlustfunktion ε eingeführt, die beide Dimensionen in einem einzigen heuristischen Indikator vereint. Ziel dieses Verfahrens ist die Modellierung eines skalierbaren Integritätsmaßes, welches sowohl den Grad der Clusterdifferenzierung als auch den Umfang erfasster Quellen berücksichtigt. Die Funktion kann damit als Überwachungsgröße für Datenverarbeitungsläufe herangezogen werden und kritische Abweichungen sichtbar machen, die sich nicht allein über Silhouette- oder Dokumentenzahl abbilden lassen. Die epistemische Verlustfunktion wird von den beiden Größen Clusterdifferenzierungsleistung, gemessen über den Silhouette-Score, und Datenvollständigkeit, gemessen über das Verhältnis zwischen intendierter und tatsächlich verarbeiteter Quellenzahl. Die epistemische Verlustfunktion ε wird wie folgt definiert:

Formel zur Definition der Verlustfunktion:

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

Diese additive Formulierung bringt zwei unterschiedliche Validitätsaspekte auf eine gemeinsame Skala:

- Struktureller Verlust, formuliert als $(1-S)$, wobei S den Silhouette-Score repräsentiert. Diese Größe misst die Abweichung vom optimalen Clusteringwert $S=1$. Je niedriger der Silhouette-Score, desto größer ist der Verlust an struktureller Trennschärfe und Clusterkohärenz.
- Datenverlust, formuliert als $((n_{\text{Soll}} - n_{\text{Ist}}) / n_{\text{Soll}})$. Dieser Term beschreibt den relativen Anteil an Quellen, die nicht in die Analyse einfließen. Je höher der Wert, desto größer ist die epistemische Lücke im analysierten Datenkorpus.
- Beide Komponenten sind dimensionslos, additiv kombinierbar und liegen im Wertebereich $W = [0, 2]$. Die resultierende Funktion ε gibt somit eine Gesamtverlustschätzung für die epistemische Integrität eines Analyseverfahrens.

Angenommen, ein Analyse-Korpus umfasst $n_{\text{Soll}} = 3585$ Einträge, in die Clustervalidierung gingen $n_{\text{Ist}} = 3583$ Quellen ein. Der ermittelte Silhouette-Score beträgt $S = 0,9754$. Dann ergibt sich:

$$\varepsilon = (1 - 0,9754) + \frac{2}{3585} \approx 0,0246 + 0,000558 \approx 0,0252$$

Die epistemische Verlustfunktion liegt in diesem Fall mit $\approx 0,0252$ in einem sehr niedrigen Bereich. Sie zeigt, dass trotz kleiner Datenverluste und nicht perfekter Trennschärfe eine nahezu optimale Integrität erreicht wurde. Damit bietet somit ε eine differenzierte Perspektive auf die Validität einer Analyse und eignet sich insbesondere:

- zur Qualitätssicherung von Analysepipelines (z. B. automatische Literaturanalysen, KI-generierte Korpora),
- zum Vergleich unterschiedlicher Datenverarbeitungen (z. B. real vs. manipuliert vs. zufällig) sowie
- als metawissenschaftliche Monitoring-Größe in dynamischen Forschungsumgebungen.

Der Nutzen dieses Maßes liegt nicht in seiner absoluten Exaktheit, sondern in der epistemischen Sensibilität. Schon kleinste Abweichungen vom Ideal (Silhouette < 1 oder Datenlücken) werden sichtbar gemacht

und können reflektiert werden, woraus eine neue Form der kontinuierlichen Gültigkeitsüberwachung in datenintensiven Forschungsprozessen entsteht. Die hier eingeführte epistemische Verlustfunktion ϵ stellt ein heuristisches und gleichzeitig methodisch begründetes Integritätsmaß dar, das den Anspruch der mdaCV auf Verknüpfung qualitativer und quantitativer Güteprinzipien konsequent weiterführt. Sie ist anschlussfähig für weitere Forschungsdesigns, maschinelle Analysen und metawissenschaftliche Validitätsdiskurse.

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, 2023c, 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 werden bewusste Entscheidungen getroffen – z.B. zur Nichtberücksichtigung von Masterarbeiten und reiner „grauer Literatur“ in bestimmten Clusteranalysen. Diese werden nicht nur transparent dargestellt, sondern auch theoriebezogen begründet. Dadurch erhöht sich die Validität der Aussagen.

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. Gleichzeitig erweitere ich die bestehende Methodendiskussion durch den reflektierten Einsatz generativer KI als epistemisches Werkzeug und durch die Integration klassischer Evaluationsverfahren in ein offenes, komplexitätssensibles Design.

Diese Vorgehensweise ist nicht nur methodisch tragfähig, sondern auch ein konkreter Beitrag zur Weiterentwicklung digital-epistemischer Forschung in Bildungssettings.

Selbstverständlich muss im Sinne der wissenschaftlichen Redlichkeit ((Döring, 2023c, S. 130–131)) und in Anbetracht der aktuellen kritischen Haltung gegenüber generativen bzw. künstlichen Intelligenzen das hier gewählte methodische Vorgehen nicht nur dargelegt, sondern im besonderen Maße nachvollziehbar erläutert werden. Als Grund für diese Erklärung kann angeführt werden, dass die wissenschaftliche Eigenleistung infrage gestellt werden kann, wenn die Analysen GPT-basiert durchgeführt werden. Das methodische Vorgehen, d. h. die Durchführung inhaltsanalytischer Einzelanalysen mithilfe von GPT und deren anschließende Zusammenführung durch eine deduktive, auf Forschungsunterfragen ausgerichtete Cluster- und Metaanalyse, stellt eine eigenständige wissenschaftliche Leistung dar. Diese kann durch folgende Begründungslogik belegt werden:

- Selbständige Definition erkenntnisleitender Kategorien: Die zugrunde liegenden Kategorien und Kodierungen (wie z.B. „Akzeptanz“, „Nützlichkeit“, „Effekt“, „Gestaltung“) wurden aus den Forschungsunterfragen eigenständig abgeleitet. Diese Kategorien sind als deduktive Filter anzusehen, welche die Ausrichtung und Vergleichbarkeit der GPT-gestützten Einzelanalysen ermöglichen. Ohne diese Struktur blieben die Ergebnisse der Analysen unsystematisch und nicht aggregierbar.
- Eigenständige wissenschaftliche Durchführung der Metaanalyse: Die Analysen führen zu keiner Aggregation klassischer Primärforschungsergebnisse, sondern werden zu semantisch strukturierten, vorbereiteten GPT-Einzelanalysen verdichtet. Diese enthalten bereits wissenschaftliche Extrakte, deren Struktur vorgegeben wird. In einem weiteren Schritt wird geprüft, ob die Ergebnisse im Hinblick auf die Forschungsunterfragen widerspruchsfrei, konsistent und saturiert sind. Strukturell entspricht dies einem theoriegeleiteten Validierungsschritt, wobei sowohl die analytischen Kategorien als auch die Aussagekraft der Analysen überprüft werden.
- GPT als analytisches Werkzeug, nicht als Urheberschaft: GPT wird ausschließlich als analytisches Instrument eingesetzt, vergleichbar mit etablierten Softwarelösungen wie SPSS oder MaxQDA. Die Verantwortung für Struktur, Steuerung und Auswertung lagen zu jeder Zeit vollständig in der eigenen Hand. Die wissenschaftliche Eigenständigkeit resultiert somit nicht aus der Textgenerierung, sondern aus der theoretischen Fundierung und Auswertung der Ergebnisse.
- Geschlossenes System analytischer Selbstreferenz: Das Verfahren umfasst einen zyklischen Prozess: vom Theorierahmen über die empirische Anreicherung, die GPT-Analyse erster Ordnung, die Clusterdarstellung bis hin zur Rückbindung an die handlungsleitenden Forschungsunterfragen. Diese Form rekursiver Validierung stellt ein fortgeschrittenes und bislang wenig beschriebenes methodologisches Vorgehen dar.
- Beitrag zur wissenschaftstheoretischen Innovation: Das Vorgehen erfüllt Kriterien einer strengen Operationalisierung, methodischen Reflexion über Automatisierungsprozesse sowie einer systematischen Steuerung von KI als Analyse- und Verdichtungsinstrument. Damit entsteht ein möglicher methodologischer Prototyp für KI-unterstützte Metaforschung.

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.

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 Kapitel 5 Struktur.md dokumentierten Kernbereiche.

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 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.

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

5.3.5 FU2a: Effekt auf Lernende

5.3.6 FU4b: Technisch-gestalterische Mechanismen

5.3.7 FU6: LMS als Kompetenzerwerbssystem

5.3.8 FU2b: Effekt auf Lehrende

5.3.9 FU7: Erweiterung von Kausalgesetzen

5.4 Zusammenfassung der Ergebnisse

(Kurze Verdichtung der wichtigsten Befunde als Brücke zur Diskussion in Kapitel 6.)

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 Kapitel 2 (Theorie) und Kapitel 3 (Forschungsgegenstand).

6.3 Praktische und gestalterische Implikationen

- Konsequenzen für die didaktische und operative Gestaltung von LMS.
- Hinweise für Lehrpraxis, Kompetenzförderung und technologische Entwicklung.

6.4 Methodische Reflexion und Limitationen

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

6.5 Ausblick und Forschungsperspektiven

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

7 Conclusio und Ausblick

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 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.

Literatur

- 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>
- 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>
- 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. (2023a). Datenerhebung. In Nicola Döring, *Forschungsmethoden und Evaluation in den Sozial- und Humanwissenschaften* (S. 321–570). Springer Berlin Heidelberg. https://doi.org/10.1007/978-3-662-64762-2_10
- Döring, Nicola. (2023b). Empirische Sozialforschung im Überblick. In Nicola Döring, *Forschungsmethoden und Evaluation in den Sozial- und Humanwissenschaften* (S. 3–30). Springer Berlin Heidelberg. https://doi.org/10.1007/978-3-662-64762-2_1
- Döring, Nicola. (2023c). *Forschungsmethoden und Evaluation in den Sozial- und Humanwissenschaften*. Springer Berlin Heidelberg. <https://doi.org/10.1007/978-3-662-64762-2>
- Döring, Nicola. (2023d). Untersuchungsdesign. In Nicola Döring, *Forschungsmethoden und Evaluation in den Sozial- und Humanwissenschaften* (S. 183–221). Springer Berlin Heidelberg. https://doi.org/10.1007/978-3-662-64762-2_7
- Döring, Nicola. (2023e). Wissenschaftstheoretische Grundlagen der empirischen Sozialforschung. In Nicola Döring, *Forschungsmethoden und Evaluation in den Sozial- und Humanwissenschaften* (S. 31–78). Springer Berlin Heidelberg. https://doi.org/10.1007/978-3-662-64762-2_2
- Gesetz über den Beruf der Notfallsanitäterin und des Notfallsanitäters, Pub. L. No. BGBl. I S. 1348, 13 (2022). <https://www.gesetze-im-internet.de/notsang/>
- 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/notsang/NotSanG.pdf>
- Hanisch, Jochen. (2017). *Nachhaltiges Wissensmanagement durch Kollaborationstools in der rettungsdienstlichen Ausbildung: Evaluation von Einflussfaktoren am Beispiel der Sicherung selbstorganisierter Gruppenarbeitsergebnissen von Notfallsanitäter/innen*. GRIN Publishing GmbH. <https://www.grin.com/document/912021>
- 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* [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). *Qualitative Inhaltsanalyse: Methoden, Praxis, Computerunterstützung* (5. Aufl.). Beltz Juventa.
- 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.
- 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: Grundlagen und Techniken* (11., aktualisierte und überarbeitete Aufl.). Beltz Verlag.
- Mayring, Philipp. (2022). *Qualitative Inhaltsanalyse: Grundlagen und Techniken* (13., überarbeitete Aufl.). Beltz.
- Mayring, Philipp, & Fenzl, Thomas. (2022). Qualitative Inhaltsanalyse. In Nina Baur & Jörg Blasius (Hrsg.), *Handbuch Methoden der empirischen Sozialforschung* (S. 691–706). Springer Fachmedien Wiesbaden. https://doi.org/10.1007/978-3-658-37985-8_43
- 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>
- Niederberger, Marlen, & Finne, Emily. (2021). Forschungsmethoden in der Gesundheitsförderung und Prävention. Eine Einführung. In Marlen Niederberger & Emily Finne (Hrsg.), *Forschungsmethoden in der Gesundheitsförderung und Prävention* (S. 3–34). Springer Fachmedien Wiesbaden. https://doi.org/10.1007/978-3-658-31434-7_1
- Parker, Jessica L., Richard, Veronica M., Acabá, Alexandra, Escoffier, Sierra, Flaherty, Stephen, Jablonka, Shannon, & Becker, Kimberly P. (2024). Negotiating Meaning with Machines: AI's Role in Doctoral Writing Pedagogy. *International Journal of Artificial Intelligence in Education*. <https://doi.org/10.1007/s40593-024-00425-x>
- Pentzold, Christian, Bischof, Andreas, & Heise, Nele (Hrsg.). (2018). *Praxis Grounded Theory: Theoriegenerierendes empirisches Forschen in medienbezogenen Lebenswelten. Ein Lehr- und Arbeitsbuch*. Springer VS.
- Pérez-Ortega, Joaquín, Nely Almanza-Ortega, Nelva, Vega-Villalobos, Andrea, Pazos-Rangel, Rodolfo, Zavala-Díaz, Crispín, & Martínez-Rebollar, Alicia. (2020). The K-Means Algorithm Evolution. In Keshav Sud, Pakize Erdogmus, & Seifedine Kadry (Hrsg.), *Introduction to Data Science and Machine Learning*. IntechOpen. <https://doi.org/10.5772/intechopen.85447>
- 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/ausbildungs-und_pruefungsverordnung_fuer_notsan_entwurf_0_0.pdf
- Reinders, Heinz. (2022). Überblick Forschungsmethoden. In Heinz Reinders, Dagmar Berge-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
- 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>
- Rosenthal, Gabriele, & Witte, Nicole. (2020). ‚Quantit‘ 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
- 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)
- 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>
- 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>
- Weiterbildungsordnung der Pflegekammer Nordrhein-Westfalen (Entwurf), 240 (2023).
- 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>
- Wollny, Volrad, & Paul, Herbert. (2015). Die SWOT-Analyse: Herausforderungen der Nutzung in den Sozialwissenschaften. In Marlen Niederberger & Sandra Wassermann (Hrsg.), *Methoden der Experten- und Stakeholdereinbindung in der sozialwissenschaftlichen Forschung* (S. 189–213). Springer Fachmedien Wiesbaden. https://doi.org/10.1007/978-3-658-01687-6_10
- Yu, Jinglei, Yu, Shengquan, & Chen, Ling. (2024). Using hybrid intelligence to enhance peer feedback for promoting teacher reflection in video-based online learning. *British Journal of Educational Technology*, bjet.13559. <https://doi.org/10.1111/bjet.13559>

Anhang

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