



**HOCHSCHULE
MITTWEIDA**
University of Applied Sciences

NextGen Scientific Review Vol. 3

Annual Perspectives on Next Generation Science



NextGen

Impressum

Herausgeberschaft:

Ramona Kusche,
Michael Spranger

NextGen Scientific Review

Annual Perspectives on Next Generation Science – Vol. 3

ISSN 2940-0929

Copyright Mittweida, Germany 2025: die jeweiligen Autor:innen
nextgen@hs-mittweida.de

Alle Rechte vorbehalten.

Das Werk ist in allen Teilen urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung außerhalb der engen Grenzen des Urheberrechtsgesetzes ist ohne Zustimmung der Autor:innen unzulässig und strafbar. Das gilt insbesondere für Vervielfältigungen, Übersetzungen und Mikroverfilmungen und die Einspeicherung und Verarbeitung in elektronischen Systemen.

Layout und Satz: Michael Spranger, Kerstin Strangfeld

Umschlagbild: erstellt im Bildgenerator AI InageGen von envatolabs mit folgendem Prompt: painted digital world of science

Creative Commons Noncommercial 4.0 Attribution International License

<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/legalcode>.

Verlag: Hochschulverlag Mittweida
D 09648 Mittweida
Technikumplatz 17
<https://verlag.hs-mittweida.de>



GEFÖRDERT VOM



Bundesministerium
für Bildung
und Forschung

SACHSEN



Diese Maßnahme wird mit-
finanziert durch Steuermit-
tel auf der Grundlage des
vom Sächsischen Landtag
beschlossenen Haushaltes.

Inhaltsverzeichnis

Vorwort	iv
Einleitung	v
 1 Interdisziplinäre Beiträge aus NextGen	
Integrative Verschleißmessung in Tragkettenförderern mit multifunktionalen Führungsschienen	2
<i>Hagen Bankwitz, Jörg Matthes, Norman Katzer, Pascal Winkler</i>	
The Bridge between Employer Branding and Sustainability: A Comprehensive Literature Review	10
<i>Jill Deschner-Warner</i>	
Understanding the World Wide Web of Systems? - The need for systemic thinking in higher education	16
A First Test on the Systemic Thinking Abilities of Students at Mittweida University of Applied Sciences	
<i>Inga-Maria Eichentopf, Hans Dieter Kasperidus</i>	
Analyse und Vergleich von Maßnahmen zur Förderung digitaler Kompetenzen an Hochschulen:	25
Ein Überblick über Hochschulprogramme und -strategien	
<i>Bilyal Khassenov, Volker Tolkmitt, Ramona Kusche</i>	
Erprobung von Tandem Peer-Group-Sessions als Qualifizierungsinstrument zur Erlangung der	34
Berufungsfähigkeit: Auswertung weiterführender Begleitstudien im Projekt NextGen	
<i>Ramona Kusche, Kerstin Strangfeld, Angela Freche</i>	
Influence of the Big Five Personality on Sustainable Behaviour: A literature review	44
<i>Monja Steinigke, Georg Puchner</i>	
Understanding the transition from Industry 4.0 to Industry 5.0: a brief orientation guide	52
<i>Flaviana Tagliaferri, Michael Kuhl</i>	
Ethische Reflexion der Bedenken von Pflegeauszubildenden zum Einsatz sozialer Robotik	58
<i>Julia Winterlich, Julian Siepmann</i>	
 2 Interdisziplinäre Gastbeiträge	
„Ich weiß gar nicht, ob das Wort im Duden steht.“ - Zum Fachkultur-Verständnis bei wissenschaftlichem	65
Personal in Sachsen	
<i>Franziska Stauche, Ramona Kusche</i>	
 3 NextGen diskutiert	
Die (Un)gerechten: Ein kritischer Beitrag zu ethischen Risiken von Large Language Models	76
<i>Jenny Felser, Michael Spranger</i>	
Chancen und Herausforderungen der digitalen Transformation in Anthropologie und Sammlungsarbeit:	87
Symposien als Wegbereiter für interdisziplinäres Verständnis und Kollaboration	
<i>Marie Luise Heuschkel, Marleen Mohaupt, Fabian Schmiedel, Birgit Grosskopf, Dirk Labudde</i>	
Von der Einführung der „Neuen Mathematik“ im Jahr 1972 zu den heutigen Anforderungen im	96
Mathematikunterricht: Ein Rückblick auf verpasste Chancen und verlorene Fähigkeiten	
<i>Mandy Lange-Geisler</i>	

Vorwort

Liebe Leserinnen und Leser,

es ist mir eine große Freude, Ihnen die nunmehr dritte Ausgabe des NextGen Scientific Review als Lektüre empfehlen zu dürfen. Diese Publikation ist ein eindrucksvolles Zeugnis der wissenschaftlichen Exzellenz und Innovationskraft, die innerhalb des NextGen-Qualifizierungsprogramms der Hochschule Mittweida gefördert wird. Seit dem Start des Programms im April 2021 erhalten alle im Projekt beschäftigten Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler die Gelegenheit, jedes Jahr ihre Forschungsergebnisse aus interdisziplinären und zukunftsweisenden Themenbereichen zu präsentieren.

In dieser Ausgabe finden Sie Beiträge, die sich beispielsweise mit den neuesten Entwicklungen in der Verschleißmessung industrieller Systeme, der Verbindung von Employer Branding und Nachhaltigkeit, der Digitalisierung in der Anthropologie, dem systemischen Denken in der Hochschulbildung sowie der Förderung digitaler Kompetenzen an Hochschulen beschäftigen. Diese Vielfalt an Themen zeigt nicht nur die Breite und Tiefe der wissenschaftlichen Expertise der Autorinnen und Autoren, sondern auch die Relevanz ihrer Forschung für die drängenden Herausforderungen unserer Zeit. Besonders hervorzuheben ist die interdisziplinäre Zusammenarbeit, die in vielen der vorgestellten Projekte zum Ausdruck kommt. Ob es um die ethischen Implikationen sozialer Robotik in der Pflege oder die Förderung nachhaltigen Verhaltens durch Persönlichkeitsmerkmale geht – die Beiträge in diesem Band verdeutlichen, wie wichtig es ist, über Fachgrenzen hinweg zu denken und zu arbeiten. Ein besonderes Highlight dieser Ausgabe ist die neue Rubrik “NextGen diskutiert”. In dieser Rubrik werden Diskussionen über die Zukunft der Mathematikausbildung sowie die potenziellen Gefahren, die von Large Language Models wie ChatGPT ausgehen können, geführt. Diese Diskussionen bieten wertvolle Perspektiven und regen zum Nachdenken über die Auswirkungen neuer Technologien auf Bildung und Gesellschaft an.

Ein zentrales Anliegen des NextGen-Programms ist es, die wissenschaftliche Kommunikation zu fördern und Forschungsergebnisse einem breiten Publikum zugänglich zu machen. Daher wird auch diese Ausgabe des NextGen Scientific Review unter Open-Access-Bedingungen veröffentlicht. Dies ermöglicht es, die gewonnenen Erkenntnisse und innovativen Ansätze weit über die akademische Gemeinschaft hinaus zu verbreiten und den Wissensaustausch zu stärken. Das NextGen-Programm, gefördert durch das Bundesministerium für Bildung und Forschung, bietet Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern an der Hochschule Mittweida die einzigartige Möglichkeit, sich gezielt auf die Berufung an einer Hochschule für Angewandte Wissenschaften vorzubereiten. Es stellt im bundesweiten Vergleich ein Leuchtturmprojekt dar, auf das die Hochschule Mittweida stolz sein kann. Unter der kompetenten und höchst engagierten Führung von Frau Professor Dr. Ramona Kusche ist es bereits gelungen, eine Berufung aus NextGen heraus zu entwickeln. Mittlerweile stehen zwei weitere Berufungen in Aussicht. Besonders erfreulich ist es, dass diese Art des akademischen Karriereverlaufs erfolgreich von Frauen genutzt wird. Diese eigenen kreativen Anstrengungen zeigen also erste Früchte, die angesichts der demografischen Entwicklung und der Standortherausforderungen besonders wertvoll sind.

Ich bin überzeugt, dass Sie diese dritte Ausgabe des NextGen Scientific Review mit großem Interesse und Gewinn lesen werden. Sie ist ein lebendiges Beispiel für die Leidenschaft und das Engagement unserer nächsten Generation von Professorinnen und Professoren. Weiterhin zeigt sie, wie moderne Wissenschaftskommunikation unsere wissenschaftliche Gemeinschaft bereichert und voranbringt.

Mit freundlichen Grüßen



Prof. Dr. Karola Wille

ehemalige Intendantin des Mitteldeutschen Rundfunks
Mitglied des Hochschulrats der Hochschule Mittweida

Einleitung

Herzlich willkommen zur dritten Ausgabe des NextGen Scientific Review. Auch in diesem Jahr präsentieren herausragende Wissenschaftler:innen aus dem NextGen-Qualifizierungsprogramm ihre neuesten Forschungsergebnisse. Der Sammelband bietet eine breite Palette an innovativen und interdisziplinären Forschungsarbeiten, welche die Vielfalt und Tiefe der wissenschaftlichen Expertise der Wissenschaftler:innen des NextGen Teams widerspiegelt.

NextGen ist ein Qualifikationsprogramm der Hochschule Mittweida, das Wissenschaftler:innen auf ihrem akademischen Karriereweg zur Professur an Hochschulen für Angewandte Wissenschaften (HAW) unterstützt. Das vom Bundesministerium für Bildung und Forschung geförderte „FH-Personal“ Projekt läuft seit April 2021 und zielt darauf ab, ein nachhaltiges System zur Personalgewinnung und Nachwuchsentwicklung an der Hochschule Mittweida zu etablieren.

Im Folgenden werden die Beiträge knapp zusammengefasst dargestellt. Der Sammelband unterteilt sich in drei Abschnitte: Beiträge aus dem NextGen Team, Gastbeiträge sowie die neue Kategorie „NextGen diskutiert“.

1 Interdisziplinäre Beiträge aus NextGen

Integrative Verschleißmessung in Tragkettenförderern mit multifunktionalen Führungsschienen

Hagen Bankwitz, Jörg Matthes, Norman Katzer, Pascal Winkler

Dieser Beitrag stellt eine neuartige Lösung zur Verschleißüberwachung in Tragkettenförderern vor, bei der Sensoren direkt in die Führungsschienen integriert werden. Die Autoren diskutieren die Entwicklung des Sensordesigns und die Materialentwicklung sowie die Demonstration der Funktionalität durch numerische Simulationen.

The Bridge between Employer Branding and Sustainability: A Comprehensive Literature Review

Jill Deschner-Warner, Ramona Kusche

In diesem englischsprachigen Literature Review wird die Verbindung zwischen dem Employer Branding und der Nachhaltigkeit der Beschäftigten analysiert. Der Fokus liegt auf der Wechselwirkung zwischen dem Wohlbefinden der Mitarbeitenden und der Stärkung der Unternehmensmarke, um nachhaltige Wettbewerbsvorteile zu erzielen.

Understanding the World Wide Web of Systems? - The Need for Systemic Thinking in Higher Education

Inga-Maria Eichentopf, Hans Dieter Kasperidus

Dieser englischsprachige Beitrag untersucht die Bedeutung der Integration von systemischem Denken und Systemdynamik in die Hochschulbildung, insbesondere in Nachhaltigkeitsprogrammen. Die Ergebnisse zeigen erhebliche Lücken im Verständnis der Studierenden und betonen die Notwendigkeit kontinuierlicher, praxisnaher Lernerfahrungen zur Entwicklung der erforderlichen kognitiven Fähigkeiten.

Analyse und Vergleich von Maßnahmen zur Förderung digitaler Kompetenzen an Hochschulen: Ein Überblick über Hochschulprogramme und -strategien

Bilyal Khassenov, Volker Tolkmitt, Ramona Kusche

Diese Analyse vergleicht Maßnahmen zur Förderung digitaler Kompetenzen an verschiedenen Hochschulen im deutschsprachigen Raum. Der Beitrag bietet eine Übersicht über innovative Lehrveranstaltungen und strategische Initiativen zur systematischen Unterstützung der digitalen Kompetenzentwicklung.

Erprobung von Tandem Peer-Group-Sessions als Qualifizierungsinstrument zur Erlangung der Berufungsfähigkeit: Auswertung weiterführender Begleitstudien im Projekt NextGen

Ramona Kusche, Kerstin Strangfeld, Angela Freche

Der Beitrag untersucht die Weiterentwicklung des Peer-Learning Formats Peer-Group-Session (PGS) im NextGen-Qualifizierungsprogramm. Die Ergebnisse zeigen, dass Tandem-Sessions die Perspektivenvielfalt erweitern, jedoch auch einen erhöhten Vorbereitungsaufwand mit sich bringen.

Influence of the Big Five Personality Traits on Sustainable Behaviour: A Literature Review

Monja Steinigke, Georg Puchner

Diese englischsprachige Literaturübersicht untersucht, wie die Big Five Persönlichkeitsmerkmale nachhaltiges Verhalten beeinflussen. Die Analyse zeigt, dass Offenheit ein starker Prädiktor für nachhaltiges Verhalten ist, während die Auswirkungen anderer Merkmale kontextabhängig sind und weitere Forschung erfordern.

Understanding the Transition from Industry 4.0 to Industry 5.0: A Brief Orientation Guide

Flaviana Tagliaferri, Michael Kuhl

Der englischsprachige Beitrag bietet eine Zusammenfassung der Schlüsselmerkmale der industriellen Paradigmen Industrie 4.0 und Industrie 5.0 sowie eine Reflexion über die Entwicklungen, die den Übergang notwendig machen. Die Autor:innen identifizieren die Hauptherausforderungen, denen Unternehmen und Forschende derzeit gegenüberstehen.

Ethische Reflexion der Bedenken von Pflegeauszubildenden zum Einsatz sozialer Robotik

Julia Winterlich, Julian Siepmann

Im Beitrag werden die ethischen Bedenken von Pflegeauszubildenden gegenüber dem Einsatz sozialer Robotik in der Pflege analysiert. Die Autor:innen reflektieren diese Bedenken anhand zentraler pflegeethischer Konzepte und diskutieren die Implikationen für die technische Innovation in der Pflege.

2 Interdisziplinäre Gastbeiträge

Für die dritte Ausgabe des NextGen Scientific Review wurde ein Gastbeitrag eingereicht:

„Ich weiß gar nicht, ob das Wort im Duden steht.“ - Zum Fachkultur-Verständnis bei wissenschaftlichem Personal in Sachsen

Franziska Stauche, Ramona Kusche

Diese Studie untersucht das Verständnis des Begriffs "Fachkultur" bei wissenschaftlichem Personal an sächsischen Hochschulen. Die Ergebnisse zeigen, dass der Begriff zwar unbekannt ist, die Befragten jedoch eine klare Vorstellung davon haben, was ihre eigene Fachkultur ausmacht. Daraus folgend wird im Beitrag über die Möglichkeiten reflektiert, inklusive Fachkulturen zu fördern.

3 NextGen diskutiert

Ein Novum, das Ausgabe drei mit sich bringt, ist die Rubrik „NextGen diskutiert“. Beiträge dieser Rubrik stellen Essays zu selbstgewählten Themen dar, die kontrovers diskutiert werden. Auch diese Beiträge durchlaufen alle internen Reviewschleifen, gehen aber nicht zwingend in ein externes Review.

Die (Un)gerechten: Ein kritischer Beitrag zu ethischen Risiken von Large Language Models

Jenny Felser, Michael Spranger

Dieser Artikel beleuchtet die ethischen Risiken von Large Language Models (LLMs) wie GPT-3.5-Turbo und GPT-4, insbesondere ihre Tendenz, diskriminierende und toxische Inhalte sowie Fehlinformationen zu erzeugen. Die Autor:innen diskutieren, inwiefern die EU-KI-Verordnung diese Risiken abdeckt und welche Maßnahmen Entwicklungsteams und Anwendende ergreifen können, um diese Gefahren zu minimieren.

Chancen und Herausforderungen der digitalen Transformation in Anthropologie und Sammlungsarbeit: Symposien als Wegbereiter für interdisziplinäres Verständnis und Kollaboration

Marie Luise Heuschkel, Marleen Mohaupt, Fabian Schmiedel, Birgit Grosskopf, Dirk Labudde

Dieser Beitrag untersucht die Rolle von Symposien bei der Förderung interdisziplinärer Zusammenarbeit in der Digitalisierung von Sammlungen, insbesondere von Skelettmaterial. Er zeigt die besonderen Herausforderungen der Anthropologie auf, die im Zusammenhang mit der Interdisziplinarität und der Digitalisierung stehen und veranschaulicht diese Besonderheiten an einem Fallbeispiel.

Von der Einführung der „Neuen Mathematik“ im Jahr 1972 zu den heutigen Anforderungen im Mathematikunterricht: Ein Rückblick auf verpasste Chancen und verlorene Fähigkeiten

Mandy Lange-Geisler

Der Artikel analysiert die Entwicklung des Mathematikunterrichts seit der Einführung der "Neuen Mathematik" und die daraus resultierenden Veränderungen in den mathematischen Kompetenzen der Schüler:innen. Die Autorin zeigt auf, wie der Fokus auf praktische Anwendbarkeit und technische Hilfsmittel zu einem Verlust an grundlegenden mathematischen Fähigkeiten geführt hat.

Schon fast zur Tradition geworden, findet sich auch auf dem Cover des dritten Jahrgangs des NextGen Scientific Review ein abstraktes, KI generiertes Bild. Dieses Jahr kam dafür der AI ImageGen der envatolabs zum Einsatz. Auch dieses Jahr gab es eine Abstimmung zur Auswahl des Motivs und verschiedene Interpretationen, wie es gedeutet werden könnte. Der Prompt des Siegermotivs lautete schlicht: painted digital world of science.

Alle Beiträge durchliefen ein mehrstufiges Peer-Review-Verfahren, das nicht nur interne wissenschaftliche, redaktionelle und visuelle Überprüfungen einschloss, sondern, mit Ausnahme der Beiträge der Kategorie „NextGen diskutiert“, auch die externe fachliche Bewertung durch geeignete Wissenschaftler:innen. Wie jedes Jahr wurden die Gutachter:innen aus Spezialist:innen des jeweiligen Fachbereiches ausgewählt.

Wir sind stolz darauf, Ihnen diesen facettenreichen Sammelband vorstellen zu dürfen und danken allen Autor:innen, Gutachter:innen und unserem engagierten Redaktionsteam für ihre wertvollen Beiträge und ihre Unterstützung.

Wir wünschen Ihnen viel Freude beim Lesen und Lernen aus den Beiträgen in diesem Band.

Externe Gutachter:innen des NextGen Scientific Review Vol. 3 waren:

Prof. Dr. Delia Balaban, Prof. Dr. Martina Erlemann, Prof. Dr. Silvio Genna, Prof. Dr. Monika Häußler-Sczegan, Prof. Dr. Thomas Köhler, Ass. Prof. Dr. Meda Mucundorfeanu, Prof. Dr.-Ing. Klaus Nendel, Prof. Dr. Christian Rester, Dr. Patricia van der Burgt

1

Interdisziplinäre Beiträge aus NextGen

Integrative Verschleißmessung in Tragkettenförderern mit multifunktionalen Führungsschienen

Hagen Bankwitz, Jörg Matthes, Norman Katzer, Pascal Winkler
Kontakt: Hagen Bankwitz, Hochschule Mittweida, bankwitz@hs-mittweida.de

Zusammenfassung

In industriellen Anwendungen sind Tragkettenförderer weit verbreitet, wobei die Kunststoffführungsschienen als eine wesentliche Komponente des Fördersystems und als primäre Verschleißteile dienen. Aktuell erfolgt die Verschleißüberwachung entweder visuell durch menschliche Inspektion, was höhere Kosten und Ausfallzeiten verursacht, oder durch die Integration externer Sensorik, die spezielles Fachwissen bei Installation, Wartung und Auswertung erfordert und mit hohen Installationskosten verbunden ist.

In einem aktuellen Forschungsprojekt wird eine neuartige Lösung entwickelt, bei der die Verschleißsensoren direkt in die Führungsschienen integriert werden. Diese Sensoren sollen nicht nur den Verschleiß überwachen, sondern auch als tragende multifunktionale Strukturen fungieren.

Die Integration von Verschleißsensoren in die Führungsschienen verspricht, den Überwachungsprozess zu optimieren, indem manuelle Inspektionen und die Integration externer Sensoren vermieden werden. Die Herausforderung besteht darin, Materialien und Sensoren zu entwickeln, die den Anforderungen industrieller Umgebungen gerecht werden und gleichzeitig eine präzise Verschleißüberwachung ermöglichen. Numerische Simulationen spielen eine entscheidende Rolle bei der Bewertung und Optimierung der Leistungsfähigkeit der Sensoren unter verschiedenen Bedingungen.

Mit dem neuartigen Lösungsansatz können sowohl zukünftige als auch Bestandsanlagen ausgerüstet und die Überwachung kostengünstig automatisiert werden. Dies führt zu einer verbesserten Effizienz, Zuverlässigkeit und Lebensdauer der Anlagen.

Keywords: Condition monitoring, Tragkettenförderer, Führungsschiene, Gleitschiene, multifunktionale Strukturen, Industrie 4.0, Predictive Maintenance, leitfähige Kunststoffe.

1 Einführung

Die Effizienz und Zuverlässigkeit von Tragkettenförderern sind entscheidende Faktoren für den reibungslosen Betrieb industrieller Fertigungsprozesse. Tragkettenförderer finden in einer Vielzahl von Branchen Anwendung, darunter insbesondere im Bergbau, in der Automobilherstellung sowie in der Lebensmittelverarbeitung. Dort werden sie zum Transport schwerer Lasten und Materialien eingesetzt. Der prinzipielle Aufbau ist in Abbildung 1 dargestellt.

Trotz ihrer Robustheit unterliegen diese Förderanlagen, insbesondere die Führungsschienen, einem kontinuierlichen Verschleiß, der durch die ständige mechanische Belastung und den Kontakt mit abrasiven Materialien ent-

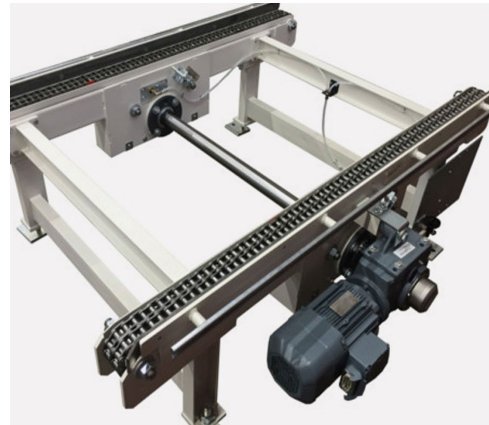


Abbildung 1: Tragkettenförderer
(AMMA - Alfred Müller GmbH & Co. KG, 2024).

steht. Traditionelle Wartungsstrategien basieren häufig auf festen Intervallen oder reaktiven Maßnahmen nach dem Auftreten von Problemen, was zu ungeplanten Ausfallzeiten und erhöhten Betriebskosten führen kann. Diese herkömmlichen Ansätze sind oft ineffizient, da sie entweder zu häufige und damit kostenintensive Wartungen oder unvorhergesehene Ausfälle und Störungen im Betriebsablauf zur Folge haben.

In einem aktuellen Forschungsprojekt mit der Terbrack Kunststoff GmbH & Co. KG und der Kessler Systems GmbH wird eine neuartige Lösung entwickelt, bei der Verschleißsensoren direkt in die Führungsschienen integriert werden. Diese innovativen Systeme kombinieren die Führung der Ketten mit Sensorik zur kontinuierlichen Überwachung des Verschleißes, wodurch eine proaktive und zustandsbasierte Wartung ermöglicht wird. Diese Technologie verspricht nicht nur eine Reduzierung der Wartungskosten und Minimierung der Ausfallzeiten, sondern auch eine Verlängerung der Lebensdauer der Förderanlagen durch präzise und rechtzeitige Instandhaltungsmaßnahmen.

Die vorliegende Arbeit befasst sich im zweiten Kapitel mit der prinzipiellen Funktionsweise sowie dem Sensordesign der Führungsschiene. Im dritten Kapitel wird das Vorgehen der Materialentwicklung dargelegt. Der vierte Abschnitt ist der numerischen Simulation des Systems "Führungsschiene – Rollenkette" gewidmet. Das letzte Kapitel bietet eine Zusammenfassung sowie einen Ausblick auf weiterführende Arbeiten.

2 Sensordesign und Funktion

Der Aufbau des sensorintegrierten Führungselements besteht im Gegensatz zur herkömmlichen Gleitschiene aus zwei unterschiedlichen Materialien. Ein Teil der Gleitschiene wird durch einen Kunststoff mit elektrisch leitfähigen Eigenschaften ersetzt.

higen Eigenschaften ersetzt und mittels Formpressen/Sintern in den Matrixwerkstoff der Gleitschiene integriert. Dieser besteht im Anwendungsbeispiel aus einem in der Praxis häufig eingesetzten PE-UHMW und dient weiterhin als primäre Verschleißschicht, so dass die Lebensdauer der Schiene durch die integrierte Sensorbahn nur geringfügig beeinflusst wird.

Die Sensorbahn ist an beiden Enden der Gleitschiene kontaktiert und mit einer elektrischen Spannung beaufschlagt. Über eine extern angebrachte Auswertelektronik wird kontinuierlich oder intermittierend der elektrische Widerstand dieser Sensorbahn ermittelt.

Im Betrieb unterliegen sowohl das Matrixmaterial als auch die im Kontakt befindliche Sensorbahn einem Verschleißprozess, wodurch sich die Querschnittsfläche verringert und folglich der elektrische Widerstand ansteigt.

Die Leitfähigkeit der verwendeten Stahlketten bedingt, dass die Sensorbahn nicht konstant parallel zur Gleitschiene verläuft. Andernfalls würde die Kette einen Kurzschluss verursachen, der das Messprinzip unbrauchbar machen würde. Um einen Kurzschluss des Sensorelements durch die Kette zu verhindern, muss während des Betriebs sichergestellt werden, dass sich höchstens eine Rolle der Kette mit dem Sensor im Kontakt befindet. Dies muss auch die verschleiß- und kraftbedingte Kettenlängung berücksichtigen. In Abbildung 2 ist ein mögliches Sensordesign dargestellt.

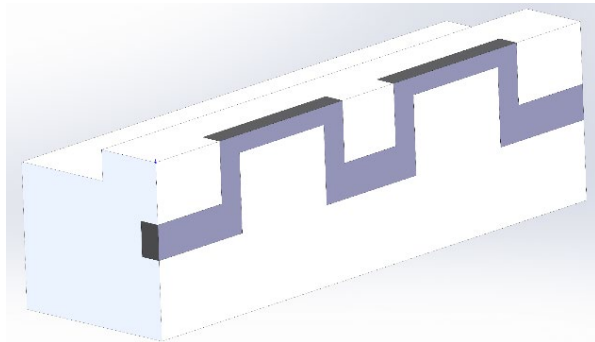


Abbildung 2: Schnittdarstellung eines möglichen Sensordesigns.

Wird der Abstand der aktiven Verschleißsensoren so gewählt, dass er gerade die Kettenlängung kompensiert, kann das System auch als Sensor für die Überschreitung der Längung der Kette benutzt werden. Wenn dieser Wert den Grenzwert überschreitet, wird die Sensorik kurzgeschlossen und der Widerstandswert fällt konstant. Dies ist dann ein Zeichen, dass die Kette verschliffen ist und gewechselt werden muss. Zu diesen Zeitpunkt funktioniert die Verschleißüberwachung der Führungsschiene nicht mehr.

Mit (1) kann der erforderliche Querschnitt A abhängig von der Sensorlänge L und dem spezifischen Widerstand ρ näherungsweise bestimmt werden.

$$R = \rho \frac{L}{A} \quad (1)$$

Ziel der Auslegung ist es, ein Gesamtwiderstand von $1 \text{ k}\Omega$ des Sensorelements zu erreichen. Ebenfalls kann so die potenzielle Widerstandsänderung in Folge des Verschleißes ermittelt werden. Eine genauere Dimensionierung bzw.

Widerstandsänderung kann auf Grund der komplexen Geometrie nur numerisch bestimmt werden, siehe Kapitel 4. Die finale Geometrie ist außerdem von Fertigungskriterien bzw. -restriktionen abhängig, die einen starken Einfluss auf das Sensordesign haben.

3 Sensormaterialentwicklung und Experimentelle Untersuchungen

3.1 Materialauswahl und Herstellung

Um eine Beeinträchtigung der bisherigen Einsatzdauer der Gleitschiene durch die Integration der Sensoren zu vermeiden, ist es erforderlich, dass der elektrisch leitfähige Kunststoff über vergleichbare Reibungs- und Verschleißseigenschaften wie das Ausgangsmaterial verfügt. Gleichzeitig muss eine hinreichende elektrische Leitfähigkeit gewährleistet sein, damit die Widerstandunterschiede mit einer entsprechenden Sensorik präzise erfasst werden können. Hierfür eignen sich extrinsisch leitfähige Kunststoffe. Aufgrund abrasiver Effekte, hoher Kosten oder mangelnder Korrosionsbeständigkeit metallischer Additive wurden kohlenstoffbasierte Additive, genauer Carbon Blacks (CB) gewählt, die sich im Vergleich zu besser leitenden Carbon Nanotubes oder Graphen Nanoplatelets einfacher verarbeiten lassen und geringere Kosten aufweisen. Während sich die elektrische Leitfähigkeit bei diesen mit steigendem Füllanteil des leitfähigen Additivs erhöht, verschlechtern sich in der Regel gleichzeitig die tribologischen Eigenschaften (Wright & Woodham, 1989). Entsprechend dieser Zusammenhänge sollte der Additivanteil also so hoch wie nötig und so gering wie möglich sein, auch im Sinne der Wirtschaftlichkeit. Forschungsberichte zeigen, dass sich mit Carbon Blacks, die eine kleine Primärpartikelgröße (meist $<30 \text{ nm}$) bei gleichzeitig hohem Verhältnis der Polymerpartikelgröße zur Additivpartikelgröße, eine mittlere bis hohe Porosität und eine mittlere spezifische Oberfläche ($>80 \text{ m}^2/\text{g}$) aufweisen, bereits auch bei geringen Füllmengen (3-15 Gew.-%) ausreichend hohe Leitfähigkeiten (10-100 S/m) erreichen lassen (Lebedev, et al., 2017) (Zhang, Ma, Wang, & Sumita, 2005) (Yacubowicz & Narkis, 1990) (Cui, et al., 2016). Die Erzielung der genannten Leitfähigkeiten erfolgt durch eine sogenannte segregierte Struktur, deren Herstellung durch trockenes Vermischen des Additivs mit dem Polymerpulver und anschließendes Formpressen erfolgt (Bhattacharya & Chaklader, 1982) (Al-Saleh, Jawad., & Ghanem, 2014) (Mao, Zhou, Zhang, & Wang, 2022). Dabei kommt es zu einer Anlagerung der deutlich kleineren Additivpartikel um die Polymerpartikel herum, sodass nach dem Formpressen ein durchgehendes leitfähiges 2D-/3D-Netzwerk entsteht, bei dem die Additivpartikel nicht homogen und zufällig innerhalb der Polymerpartikel, sondern konzentriert um diese herum verteilt sind (Bhattacharya & Chaklader, 1982) (Al-Saleh, Jawad., & Ghanem, 2014) (Mao, Zhou, Zhang, & Wang, 2022).

Eine solche Struktur wurde somit auch zur Herstellung der Kunststoffcompounds für den Verschleißsensor angestrebt. Als Polymer wurde Celanese GUR®4120 als ein mittlerer Vertreter der PE-UHMW mit einer mittleren Molaren Masse von $4,7 \cdot 10^6 \text{ g/mol}$ und einer mittleren Partikelgröße von $120 \mu\text{m}$ gewählt (Celanese Corporation, 2024).

Als leitfähige Additive wurden die drei hinsichtlich ihrer Qualität verschiedenen Carbon Blacks:

- JP 49137-1 (BET-SSA: 109 m²/g, OAN: 99 ml/100g, d₅₀: 30 nm),
- JP 47572-1 (BET-SSA: 115 m²/g, OAN: 118 ml/100g) und
- JP 48165 (BET-SSA: 500 m²/g, OAN: 270 ml/100g)

gewählt. Folgende Probenmischungen wurden dabei bislang zur Erforschung der Eigenschaften eines für die Sensoranwendung geeigneten Materials hergestellt.

Tabelle 1: Materialzusammensetzungen der Proben.

Probenbezeichnung	Verwendetes Additiv	Additivfüllmenge [Gew.-%]
0-CB	-	-
10-CBL	JP 49137-1	10,0
5-CBM/10-CBH	JP 47572-1/ JP 48165	5,0/ 10,0
7,5-CBL	JP 49137-1	7,5
5-CBL	JP 49137-1	5,0
2,5-CBL	JP 49137-1	2,5
1,5-CBL	JP 49137-1	1,5

Die Herstellung erfolgte durch trockenes Vermischen der Pulver im Trommelmischer für eine Zeitdauer von 45 min bei 198 U/min und nachfolgendem Formpressen in einer Laborpresse zu kreisförmigen Platten mit einem Durchmesser von 360 mm und einer Dicke von 6 mm unter einem Druck von 180 bar bei einer Temperatur von 215°C und einer Zeitdauer von 60 min sowie einer anschließenden Abkühlphase von ebenfalls 60 min. Die für die Untersuchungen benötigten Proben wurden aus den Platten durch Fräsbearbeitungen entnommen. Die Platte wurde zudem in vier Probenbereiche unterteilt, um auch die Homogenität der Eigenschaften und Additivverteilung zu untersuchen (siehe Abbildung 3).

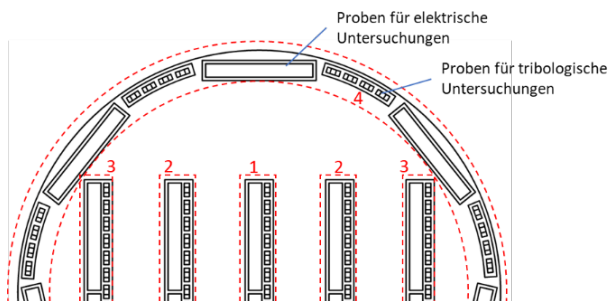


Abbildung 3: Probenanordnung innerhalb der Versuchsplatte.

Die verwendete Probenbezeichnung x-CBy-z setzt sich aus dem Carbon-Black-Anteil x in Gew.-%, dem verwendeten Carbon Black y mit L für JP 49137-1, M für JP 47572-1 und H für JP 48165 sowie dem Probenbereich z mit z = {1,2,3,4} zusammen. So ist z. B. die Bezeichnung 10-CBL-4 auf eine Probe zurückzuführen, die aus dem Bereich 4

entnommen wurde und 10 Gew.-% des Additivs JP 49137-1 enthält.

Bei mehreren Additiven in derselben Probe werden diese durch einen Schrägstrich getrennt, z. B. 5-CBM/10-CBH-2 für die Probe aus Bereich 2 mit einer Additivmenge von 5 Gew.-% JP 47572-1 und 10 Gew.-% JP 48165.

3.2 Versuchsdurchführung

Vor den Versuchen wurden alle Proben in einer Klimakammer für 5 h bei 60°C und 50 % relativer Luftfeuchtigkeit konditioniert, um eventuell vorhandene Eigenspannungen aus vorangegangenen Bearbeitungsschritten zu mindern (DIN e. V., 2022). Die Bestimmung der elektrischen Leitfähigkeit der Proben erfolgte nach dem Vierleitermessverfahren entsprechend DIN EN ISO 3915 (DIN e. V., 2022). Die Probenabmessungen betrugen 80 mm x 10 mm x 4 mm. Über 5 mm breite Stromklemmen wurde an den Probenenden eine Konstantstromquelle angeschlossen und mithilfe einer Messvorrichtung bestehend aus zwei Messing-Messelektroden der Potentialabfall über eine Breite von 10 mm gemessen. Die Stromstärke betrug dabei weniger als 1 mA, um eine Probenerwärmung und damit einhergehende Verfälschung der Messergebnisse zu vermeiden. Der beschriebene Versuchsaufbau ist in Abbildung 4 dargestellt.

Die Messung wurde jeweils an drei verschiedenen Bereichen der Probe mit einem Abstand der Messelektrode von 20 mm, 30 mm und 40 mm von der Stromelektrode durchgeführt. Im Rahmen der Untersuchung wurden im Bereich 1 zwei Proben und in den Bereichen 2, 3 und 4 jeweils vier Proben analysiert. Die Berechnung des Medians und des arithmetischen Mittelwerts der Leitfähigkeit erfolgte unter Berücksichtigung der Messwerte für Stromstärke, Spannung, Probenquerschnitt und Messbreite.

Für die Untersuchungen der tribologischen Eigenschaften wird der schlechteste Fall angenommen. Dabei wird davon ausgegangen, dass die Kette einen unzureichenden Schmie-

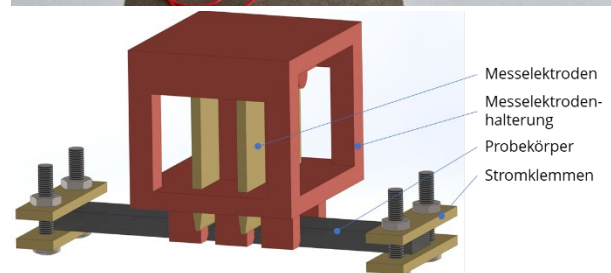
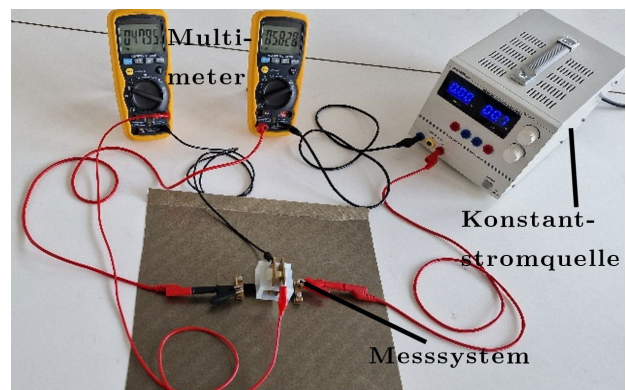


Abbildung 4: Versuchsaufbau der Leitfähigkeitsmessungen (oben) und Messsystem im Detail (unten).

rungszustand aufweist und einzelne Rollen der Kette blockieren. In diesem Zustand rollen die Rollen der Kette nicht mehr auf der Führungsschiene ab, sondern gleiten. Die Untersuchungen der tribologischen Eigenschaften beziehen sich somit auf den Gleitreibungs- und den Verschleißkoeffizient an einem Rotationstribometer in Anlehnung an DIN ISO 7148-2 nach dem Stift-Scheibe Verfahren, siehe Abbildung 5 (DIN e. V., 2014).

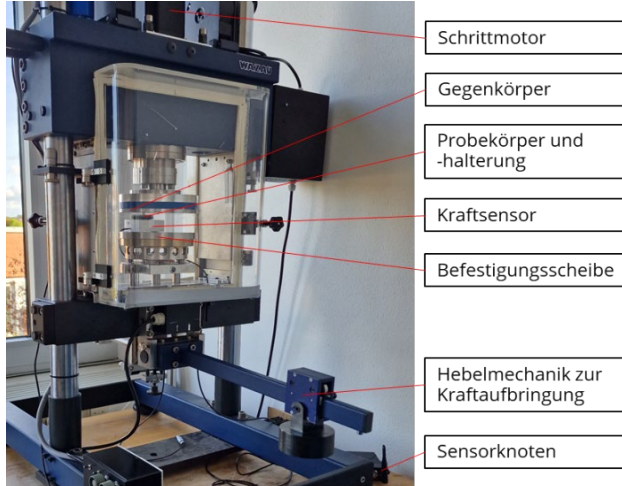


Abbildung 5: Versuchsstand zur tribologischen Untersuchung.

Um möglichst anwendungsfallspezifische Messungen durchführen zu können, wurde die rotierende Scheibe aus 42CrMoS4+QT mit einem arithmetischen Mittenrauwert von 0,48 μm gefertigt und die statische T-förmige Unterprobe mit der Kontaktflächenabmessung 10x4 aus den Versuchsplatten entnommen, sodass die Bewegung einer Rollenketten über eine Gleitschiene nachgebildet werden konnte. Die auf die Probe wirkenden Kräfte wurden mithilfe des Kraftsensors K3D60a $\pm 500\text{N}/\text{VA}$ bei einer Messfrequenz von 4 Hz gemessen und aus diesen der Gleitreibungskoeffizient als laufender Mittelwert über jeweils 120 s Messdauer errechnet. Die Versuchsdauer wurde für jede Probe zunächst auf 24 h limitiert, sofern diese nicht bereits vor Ende dieser Zeit das Verschleißlimit erreicht hatte.

Während der Versuchsläufe wurde zudem stichprobenweise die Temperatur direkt an der Probe mithilfe einer Wärmebildkamera aufgezeichnet. Um verschiedene Einsatzfälle zu untersuchen, wurden nachfolgende Gleitgeschwindigkeits-Flächenpressungen-Kombinationen für die tribologischen Versuche gewählt.

Tabelle 2: Versuchsparameter der tribologischen Untersuchungen.

Versuch	Flächenpressung [MPa]	Gleitgeschwindigkeit [m/s]
1	20	0,075
2	10	0,13
3	3	0,3
4	1,7	0,6

Zur Ermittlung des gravimetrischen Verschleißbetrages W_m erfolgte jeweils unmittelbar vor und nach den Versuchen die Messung der Probenmasse auf der Analysenwaage Sartorius BP210S. Mithilfe der Probenabmessungen, der Dichte ρ_c , der Normalkraft F_N und dem Gleitweg s wurde daraus, zur besseren Vergleichbarkeit der Proben untereinander, der Verschleißkoeffizient k berechnet (Czichos, 2020).

$$k = \frac{W_m}{F_N \cdot s \cdot \rho_c} \quad (2)$$

3.3 Ergebnisse der experimentellen Untersuchungen

Die elektrische Leitfähigkeit der untersuchten Platten in Abhängigkeit des Additivfüllanteils ist in Abbildung 6 ein-fachlogarithmisch dargestellt.

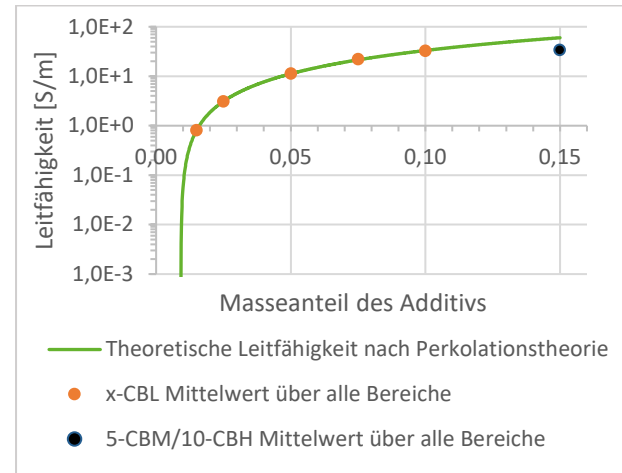


Abbildung 6: Elektrische Leitfähigkeiten in Abhängigkeit des gravimetrischen Füllgrades.

Der Perkolations-theorie entsprechend steigt die elektrische Leitfähigkeit auch bei diesen Compounds mit steigendem Füllanteil zunächst progressiv bis zur kritischen Konzentration und anschließend degressiv an (Kauffmann, Emmerich, & Pinkwart, 2012). Die Kurve oberhalb der kritischen Konzentration lässt sich nach der Perkolations-theorie durch nachfolgende Potenzfunktion beschreiben (Lebedev, et al., 2017) (Cui, et al., 2016) (Al-Saleh, Jawad., & Ghanem, 2014) (Mierczynska, Mayne-L'Hermite, Boiteux, Jeszka, & Jeszka, 2007).

$$\sigma_c = \sigma_a(\varphi - \varphi_c)^t \quad (3)$$

Dabei sind σ_c die elektrische Leitfähigkeit des Compounds, σ_a ein Faktor, der die Leitfähigkeit des Additivs beschreibt, φ der Anteil des leitfähigen Additivs, φ_c die kritische Konzentration und t der kritische Exponent, der die Dimensionalität des Netzwerkes beschreibt (Lebedev, et al., 2017) (Cui, et al., 2016) (Al-Saleh, Jawad., & Ghanem, 2014) (Mierczynska, Mayne-L'Hermite, Boiteux, Jeszka, & Jeszka, 2007). Durch Plotten von $\log(\sigma_c)$ über $\log(\varphi - \varphi_c)$ und anschließendes Variieren von φ_c bis die größte Übereinstimmung zwischen einer linearen Regression und den gemessenen Daten erzielt wird (Al-Saleh, Jawad., & Ghanem, 2014) (Mierczynska, Mayne-L'Hermite, Boiteux, Jeszka, & Jeszka, 2007), ließ sich unter Bildung des Mit-

telwertes aller gemessener Proben der gesamten Platte eine kritische Konzentration von 0,92 Gew.-% und ein kritischer Exponent von 1,35 ermitteln. Unter Betrachtung der einzelnen Probenbereiche ergaben sich für die Bereiche 1-4 kritische Konzentrationen von 0,93 Gew.-%, 0,93 Gew.-%, 0,91 Gew.-% und 0,90 Gew.-%. Um eine sichere Sensoranwendung realisieren zu können, muss die Additivfüllmenge demnach oberhalb dieser kritischen Konzentration liegen. Die Untersuchung der einzelnen Bereiche dergleichen Platte ergab, dass lediglich geringe Unterschiede festzustellen waren, die in der Regel innerhalb der zweifachen Unsicherheit oder andernfalls innerhalb des nach dem Fehlerfortpflanzungsgesetz berechneten, mittleren Fehlers lagen. Dies lässt den Schluss zu, dass bei allen untersuchten Platten eine hinreichend homogene Additivverteilung vorliegt. Die ermittelten Gleitreibungskoeffizienten sind beispielhaft für Versuch 1 (20 MPa; 0,075 m/s) und Versuch 3 (3 MPa; 0,3 m/s) in nachfolgenden Diagrammen in Abbildung 7 aufgeführt.

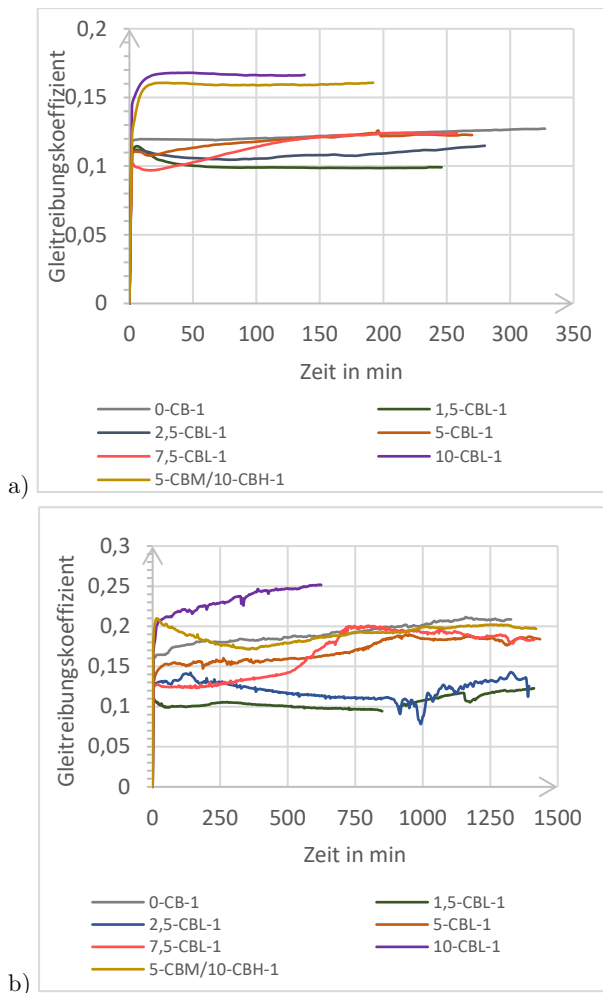


Abbildung 7: Gleitreibungskoeffizienten a) bei 3 MPa und 0,3 m/s und b) bei 20 MPa und 0,075 m/s.

Während sich bei höheren Gewichtsanteilen (>5 Gew.-%) in der Regel ein vergleichbarer oder geringfügig größerer Gleitreibungskoeffizient als bei der nicht leitfähigen Referenzplatte zeigt, so weisen die Proben mit geringeren Gewichtsanteilen (<3 Gew.-%) in den meisten Fällen einen zum Teil deutlich geringeren Gleitreibungskoeffizienten auf. Diese Zusammenhänge lassen sich vor allem bei ge-

ringen Flächenpressungen gepaart mit hohen Gleitgeschwindigkeiten feststellen, wohingegen die betragsmäßigen Unterschiede bei hohen Flächenpressungen gepaart mit geringen Gleitgeschwindigkeiten deutlich geringer ausfallen. Geringere Additivfüllmengen eignen sich somit besser für den Einsatz als Verschleißsensor, da das ursprüngliche Reibungsverhalten nicht negativ, sondern zum Teil sogar positiv beeinflusst und damit die Leistung, die der Motor, welcher die Kette antreibt, benötigt, beibehalten oder sogar verringert werden kann.

Während die Unterschiede bei den Gleitreibungskoeffizienten größtenteils gering ausfallen, zeigen sich bei den Verschleißkoeffizienten bei vielen Proben deutlich größere Unterschiede (siehe Abbildung 8).

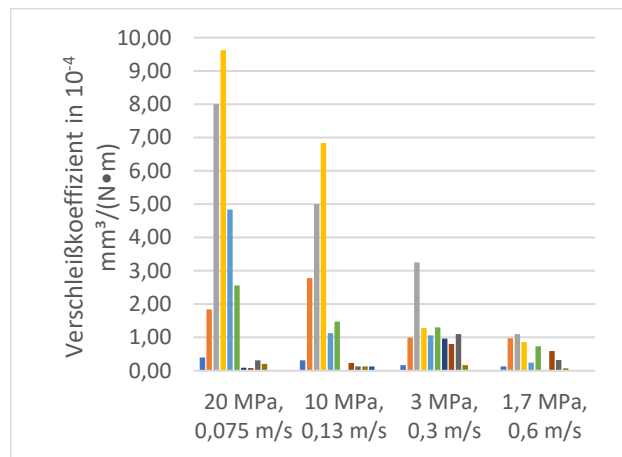


Abbildung 8: Verschleißkoeffizienten aller Proben in Abhängigkeit der Last.

Es konnte festgestellt werden, dass insbesondere die hochgefüllten Proben (>7,5 Gew.-%) einen deutlich höheren Verschleißkoeffizienten als die Referenzplatte aufweisen. In Abhängigkeit vom späteren Anteil des leitfähigen Materials an der Kontaktfläche zur Kette würde dies zu einer signifikanten Reduzierung der Einsatzdauer der Gleitschiene führen, wodurch eine Verwendung für den Sensor nicht möglich wäre. Bei einem Großteil der Proben 1,5-CBL-1, 1,5-CBL-4 und 2,5-CBL-4 war der gravimetrische Verschleißbetrag wiederum so gering, dass dieser auch mithilfe der Analysenwaage mit einer Auflösung von 0,1 mg bei einer Ausgangsprobenmasse von ca. 150 mg nicht erfasst werden konnte. Um bei diesen Proben ebenfalls eine quantitative Aussage über den Verschleiß zu ermöglichen, müssen diese Versuche erneut bei längeren Versuchsdauern durchgeführt werden. Generell zeigt sich aber auch bei der Verschleißauswertung, dass geringere Additivfüllanteile besser für den Sensoreinsatz geeignet sind und die Einsatzdauer der Gleitschiene unter Umständen gegebenenfalls sogar erhöhen könnten.

4 Numerische Simulation

Um ein besseres Verständnis über die elektrischen Eigenschaften bei einer Bewegung der Kette über die Schiene zu bekommen, wurden umfangreiche numerische Untersuchungen durchgeführt. Dazu wurde ein vereinfachtes Simulationsmodell aus einer Rollenketten und einer Gleit-

schiene mit integrierter Verschleißsensorik aufgebaut. Um Rechenzeit zu sparen, wurde aus einem 3D-Modell ein 2D-Modell abstrahiert (Abbildung 9). Dabei wurde eine 16B-1 Rollenkette stark vereinfacht. Hauptaugenmerk lag dabei auf einer möglichst korrekten Abbildung der elektrischen Zusammenhänge.

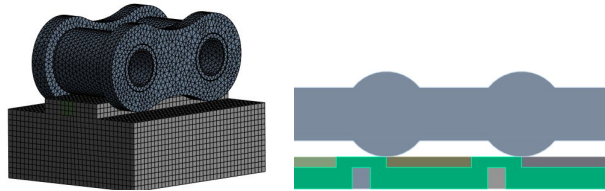


Abbildung 9: Überführung des 3D-Modells (links) in ein 2D-Modell mit Sensorbahn (rechts, Ausschnitt).

Zunächst wurde mithilfe einer quasistatisch-mechanischen Berechnung die Verschiebung der Kette auf der Gleitschiene simuliert. Dazu wurde auf die Oberkante der Kette eine Normalkraft von 800 N aufgebracht und zusätzlich die Kette mit einer vorgegebenen Verschiebung von einer Kettenteilung über die Gleitschiene bewegt. Die Verschiebung entspricht dabei genau der Länge eines Kettenglieds und dem Abstand zwischen zwei leitfähigen Sensoren. Die Gleitschiene wurde auf der Unterseite fixiert. Anschließend wurde das 2D-Modell mittels einer elektrischen Simulation untersucht, um herauszufinden, wie sich der Widerstand über das Gesamtsystem bei verschiedenen Kettenpositionen ändert. Dazu wurde eine Spannung von 5 V am Eingang und 0 V am Ausgang der Sensorbahn angelegt. Durch den Potentialunterschied fließt ein Strom je nach aktueller Position der Rollenkette durch Teile der Sensorbahn und Kette. Wird das Simulationsmodell an verschiedenen Positionen der Kette hinsichtlich der Stromdichteverteilung ausgewertet, zeigt sich, dass der Großteil des Stromflusses im unverschobenen Zustand über die Kette erfolgt. Dies liegt daran, dass die elektrische Leitfähigkeit der metallischen Rollenkette um ein Vielfaches höher ist als die des leitfähigen Kunststoffs. Bewegt sich die Rollenkette über die Gleitschiene weiter, so kommt es im zeitlichen Verlauf zu einer Positionierung der Kette, bei der sie ausschließlich in Kontakt mit nicht-leitenden Elementen steht. Dadurch steigt der Widerstand des Gesamtsystems stark an, bzw. die Stromdichte nimmt ab und wird vorwiegend durch die elektrische Leitfähigkeit des leitenden Kunststoffs bzw. der Sensorbahn bestimmt. Die Auswertung der Simulationsergebnisse zu unterschiedlichen Kettenpositionen zeigt, dass für ungelängte Ketten nur die beiden Zustände existieren: der Strom fließt primär entweder über die Kette oder über die Sensorbahn. Dies liegt an der genau abgestimmten Sensorbahngeometrie, bei der der Abstand zwischen zwei Sensoroberflächen gleich dem Abstand der Kettenglieder ist. Im Betrieb treten während der Lebensdauer der Rollenkette Verschleißerscheinungen auf, die sich u. a. durch ein Längen der Kettenglieder bemerkbar machen. Dies führt dazu, dass der Abstand zwischen zwei Kettengliedern nicht mehr genau dem Abstand zweier Sensoroberflächen entspricht. Dadurch kommt es an unterschiedlichen Positionen zum Kontakt zwischen Kettenglied und Sensorbahn. Mittels einer Stromreaktion wurden für verschiedene Kettenlängen-

gen und -verschiebungen die Stromflüsse ermittelt und anschließend in Widerstände umgerechnet. Die Ergebnisse in Abbildung 10 zeigen, dass je mehr die Kette mit dem leitfähigen Kunststoff der Sensorbahn in Kontakt steht, es zu einem höheren Stromfluss und damit zu einem niedrigeren Widerstand kommt. Entscheidend ist dabei vor allem, dass das erste und letzte Kettenglied mit der Sensorbahn in Kontakt steht. Weiterhin ist erkennbar, dass sich mit zunehmender Kettenlänge ein immer größerer Zwischenbereich ausbildet, bei dem der Strom zum Teil über die Sensorbahn und zum Teil über die Rollenkette fließt. Anschließend wurde untersucht, wie sich der Widerstand bei unterschiedlichen Verschleißzuständen der ungelängten Gleitschiene ändert. Dafür wurde diese bis zur maximalen Verschleißgrenze von 0,9 mm in 0,2 mm Schritten abgetragen und anschließend erneut der Widerstand ausgewertet, siehe Abbildung 11.

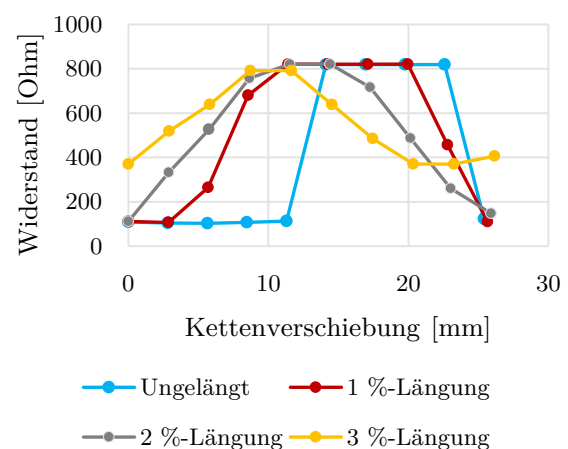


Abbildung 10: Widerstand bei einer Bewegung der Rollenkette über die Gleitschiene für verschiedene Kettenlängen.

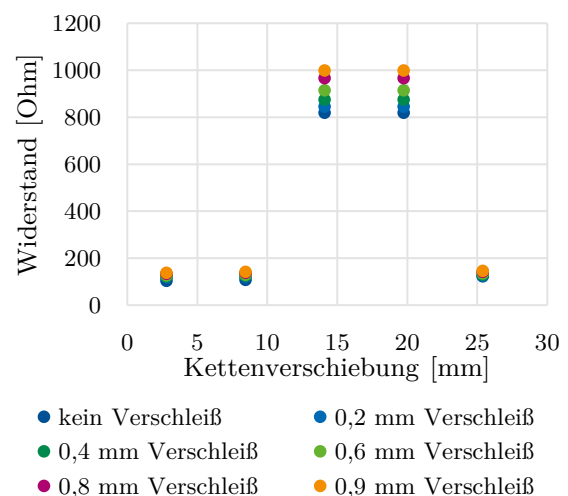


Abbildung 11: Einfluss des Verschleißes der Gleitschiene auf den Widerstand des Gesamtsystems für eine ungelängte Kette.

Es zeigt sich, dass der Widerstand bei allen Kettenpositionen zunimmt. Dies lässt sich darauf zurückführen, dass der Querschnitt der Sensorbahn abnimmt und dementsprechend zwangsläufig der Widerstand gemäß Gleichung (1) zunehmen muss. Weiterhin wird ersichtlich, dass dieser Effekt einen deutlich höheren Einfluss auf größere Widerstandswerte hat. Ursächlich dafür ist, dass bei diesen hohen Werten der komplette Strom über die Sensorbahn der Gleitschiene fließt und daher der Querschnitt über die komplette Länge verringert ist. Bei niedrigen Widerstandswerten fließt der Großteil des Stroms hingegen über die Rollenkette und der Einfluss der Querschnittsänderung durch den Verschleiß ist dementsprechend gering.

5 Zusammenfassung und Ausblick

Die Integration von Verschleißsensoren in Führungsschienen von Tragkettenförderern zeigt großes Potenzial zur Optimierung der Wartung und Überwachung industrieller Fördersysteme. Diese Forschungsarbeit demonstriert, dass multifunktionale, leitfähige Kunststoffe zur kontinuierlichen Überwachung des Verschleißes der Führungsschienen und des Zustands der Förderkette eingesetzt werden können.

Ein zentraler Vorteil ist die Reduzierung manueller Inspektionen und damit verbundenen Wartungskosten sowie die Minimierung ungeplanter Ausfallzeiten. Die Verwendung von Carbon Black in einem PE-UHMW-Matrixmaterial erwies sich als geeignet, um die notwendigen tribologischen und elektrischen Eigenschaften zu erreichen. Die Optimierung des Füllgrades ermöglichte eine ausreichende Leitfähigkeit ohne signifikanten Verlust der Verschleißbeständigkeit. Das entwickelte Sensordesign verhinderte Kurzschlüsse durch die Kette und ermöglichte präzise Verschleißmessungen. Numerische Simulationen und experimentelle Untersuchungen bestätigten die Effektivität des Systems unter verschiedenen Betriebsbedingungen. Für die industrielle Umsetzung sind jedoch weitere Forschungen nötig. Zunächst muss eine effiziente Fertigungstechnologie entwickelt werden. Weiterhin müssen Langzeitstudien in realen Umgebungen durchgeführt werden, um die Zuverlässigkeit und Stabilität der Sensoren zu testen. Flexible Designs und modulare Lösungen würden eine breitere Anwendung und einfache Integration in verschiedene Fördersysteme ermöglichen. Die Entwicklung dieser Sensorik stellt einen innovativen Schritt in Richtung Industrie 4.0 und Predictive Maintenance dar. Sie bietet eine vielversprechende Lösung zur Verbesserung der Effizienz und Zuverlässigkeit von Tragkettenförderern und könnte die Instandhaltungsstrategien in vielen Industriebereichen nachhaltig verändern. Durch kontinuierliche Forschung und Optimierung können diese Technologien zur Marktreife gebracht und zur nächsten Generation intelligenter Fördersysteme weiterentwickelt werden.

Literaturverzeichnis

- Al-Saleh, M. H., Jawad., S. A., & Ghanem, H. M. (2014). Electrical and dielectrical behaviors of dry-mixed CNT/UHMWPE nanocomposites. *High Performance Polymers*, 205-211.
- AMMA - Alfred Müller GmbH & Co. KG. (10. 07 2024). <https://www.amma-online.de>. Von https://www.amma-online.de/files/amma/content/produkte_/03-01%20Tragkettenfoerderer/05-Tragkettenfoerderer-1120x1120-gr.jpg abgerufen
- Bhattacharya, S. K., & Chaklader, A. C. (1982). Review on Metal-Filled Plastics. *Polymer-Plastics Technology and Engineering*, 21-51.
- Celanese Corporation. (2024). *GUR® 4120 (Technisches Datenblatt)*. Von https://materials.celanese.com/products/datasheet/SI/GUR%C2%AE%204120#properties_9 abgerufen
- Cui, C.-h., Yan, D.-x., Pang, H., Jia, L.-c., Bao, Y., Jiang, X., & Z.-m, L. (2016). Towards Efficient Electromagnetic Interference Shielding Performance for Polyethylene Composites by Structuring Segregated Carbon Black/Graphite Networks. *Chinese Journal of Polymer Science*, 1490-1499.
- Czichos, H. (2020). Verschleiß. In C. H., & H. K.-H., *Tribologie-Handbuch - Tribometrie, Tribomaterialien, Tribotechnik* (S. 158-160). Wiesbaden: Springer Vieweg.
- DIN e. V. (2014). DIN ISO 7148-2:2014-07. *Gleitlager - Prüfung des tribologischen Verhaltens von Gleitlagerwerkstoffen - Teil 2: Prüfung von polymeren Gleitlagerwerkstoffen*. Berlin: Beuth Verlag GmbH.
- DIN e. V. (2022). DIN EN ISO 3915:2022 (D). *Kunststoffe - Messung des spezifischen elektrischen Widerstands von leitfähigen Kunststoffen*. Berlin: Beuth Verlag GmbH.
- Fricke, J., Bauer-Hägele, S., & Horn, D. e. (2019). *Peer-Learning in der Lehrer*innenbildung: Gemeinsam und auf Augenhöhe lernen* (Bd. 19. Jahrgang (2019) Heft 3). Bad Heilbrunn: Verlag Julius Klinkhardt. doi:<https://doi.org/10.35468/jlb-03-201901>
- Kauffmann, A., Emmerich, R. & Pinkwart, K. (2012). Elektrisch leitfähige Polymere. In P. Elsner, P. Eyerer, & T. Hirth, *Kunststoffe - Eigenschaften und Anwendungen* (S. 1334-1345). Heidelberg: Springer Verlag.
- Lebedev, O., Ozerin, A., Kechev'yan, A., Shevchenko, V., Kurkin, T., Golubev, E., Sergeyev, V. (2017). A Study of Oriented Conductive Composites with Segregated Network Structure Obtained via Solid-State Processing of UHMWPE Reactor Powder and Carbon Nanofillers. *Polymer Composites*, 146-155.
- Mao, Z., Zhou, Z., Zhang, J., & Wang, T. (2022). Comparison between randomly distributed structure and 3D segregated structure in chlorinated polyethylene/MWCNT composites. *Composites Science and Technology*.

- Mierczynska, A., Mayne-L'Hermite, M., Boiteux, Jeszka, G., & Jeszka, J. K. (2007). Electrical and mechanical properties of carbon nanotube/ultrahigh-molecular-weight polyethylene composites prepared by a filler prelocalization method. *J. Appl. Polym. Sci*, 158-168.
- Wright, W., & Woodham, G. (1989). Conductive Plastics. *Conductive Polymers and Plastics (Margolis J.M.)*, 125-127.
- Yacubowicz, J., & Narkis, M. (1990). lectrical and Dielectrical Properties of Segregated Carbon Black-Polyethylene Systems. *Polymer Engineering and Science*, 459-468.
- Zhang, C., Ma, C.-A., Wang, P., & Sumita, M. (2005). Temperature dependence of electrical resistivity for carbon black filled ultra-high molecular weight polyethylene composites prepared by hot compaction. *Carbon*, 2544-2553.

The Bridge between Employer Branding and Sustainability

A Comprehensive Literature Review

Jill Deschner-Warner

Contact: Jill Deschner-Warner, Hochschule Mittweida, deschner@hs-mittweida.de

Abstract

In today's interconnected global economy, the synergy between employer branding and multicultural workplaces is pivotal. This synergy shapes organizational identity, cultivates inclusive environments, and promotes a deep understanding of diverse perspectives, alongside ensuring employee sustainability. This literature review focuses on providing an analysis of employer branding, with a particular connection to employee sustainability. Focusing on existing research, this review explores the interplay between employee well-being and their collective impact on strengthening an employer brand. By examining these relationships, this paper aims to provide insights into how organizations can strategically leverage well-being initiatives to enhance their attractiveness as employers and achieve sustainable competitive advantage.

Keywords: employee sustainability, employer branding, job retention.

1 Introduction

The intensifying globalization of markets and the swift progress of technological advancements have heightened competition among organizations globally. Consequently, attracting and retaining talented employees has become a crucial priority for businesses aiming to sustain a competitive edge. Which brings the attention to the topic of this review: employer branding. Employer branding has become a crucial element for organizations in attracting and retaining talent, enhancing reputation, and achieving competitive advantage (Aldousari, Robertson, Yajid, & Ahmed, 2017).

Employer branding, which encompasses the strategies and efforts made by organizations to promote themselves as desirable places to work, has emerged as a vital component in achieving this goal (Ambler & Barrow, 1996). Employer branding refers to the process through which organizations define, create, and manage their reputation as an employer (Ambler & Barrow, 1996). It encompasses the strategies and practices that convey an organization's values, culture, and employee experience to current and potential employees. Effective employer branding positions a company as an employer of choice, attracting high-caliber talent and fostering employee loyalty (Sirojuddin & Sopiah, 2022). In the competitive global job market, a strong employer brand is essential for distinguishing an organization from its rivals, enhancing its overall corporate reputation, and driving long-term business success.

Employer branding perceives current employees as internal clients, and cares for them – builds their commitment, which in turn leads to the improvement of the effectiveness of servicing the company's external clients (Staniec, Iwona, and Kalińska-Kula, 2021). So, sustaining these employees, a concept of creating a work environment that promotes the well-being and long-term success of employees, leading to increased job satisfaction, productivity, and retention is crucial. This involves implementing practices and policies that prioritize employee development, health and safety, work-life balance, diversity, and inclusion, as well as their overall happiness at the workplace (Adekoya, 2022). Employee well-being is a key factor that significantly influence an organization's employer brand, (Wilson, 2004). Similarly, employee well-being, encompassing physical, mental, and emotional health, is crucial for fostering a positive work environment and enhancing job satisfaction, productivity, and retention (Danna & Griffin, 1999).

Ensuring employee sustainability is paramount for companies seeking long-term success and in addition this aligns with the United Nations Sustainable Development Goals (SDGs) which emphasize the importance of inclusive and sustainable economic growth, full employment and decent work for all (United Nations, 2015). Achieving these goals requires organizations to focus on sustainable employment practices that not only enhance productivity but also promote employee well-being and satisfaction.

2 Method

The focused question of this literature review is 'How does employer branding impact the sustainability of employees? Specifically, what are the mechanisms through which employer branding strategies contribute to fostering sustainable employee engagement, retention, and productivity in organizational settings?

This literature review aims to provide a comprehensive analysis of the existing research on employer branding, with a particular focus on employee sustainability. The purpose is to incorporate the findings from various studies to understand how these elements influence employer branding and to identify best practices for integrating them into effective branding strategies. By examining the benefits and challenges associated with employee sustainability, this review seeks to offer insights that can inform the development of strong employer branding initiatives. Platforms such as Google Scholar, PubMed, and Research Gate were used to gather relevant articles and studies on employer branding, employee engagement, job satisfaction, and employee sustainability.

3 Employee Sustainability

Employee sustainability is defined by Tenney (2024) as the current and future ability of workers to remain in the workforce and is determined by a healthy organizational culture that supports and values employees. Tenney continues to state that a sustainable employee culture keeps employees engaged to the level needed to perform their jobs capably. Further research states that employee sustainability entails three areas that indicate sustainability in the workforce: employability, work engagement and affective commitment (van Dam, van Vuuren, & Kemps, 2016). They also impressed that fact that implementing a mix of these indicators can help decrease turnover rates while establishing a solid foundation for enduring employee satisfaction and a productive workplace culture. When we refer to Backhaus and Tikoo (2004), one can see the correlation with their research statement ‘A strong employer brand fosters a sense of pride and loyalty among employees, leading to higher levels of organizational commitment and reduced turnover rates. Employees who identify strongly with the employer brand are more likely to stay with the organization and contribute to its long-term success’.

"Sustainability" has become integrated in to almost every area of management, typically focusing on using today's resources in a manner that ensures their availability for the future. Companies emphasize the triple bottom line—people, profit, and planet—to assess their financial, social, and environmental performance (Oppenheim & Stuchtey, 2015). Within the context of employer branding, sustainability refers to the brand's capacity to consistently fulfill its promises positively over time, thereby optimizing employee outcomes (Gaddam, 2008). A key component of the employer brand model is the alignment of the brand's messaging with the actual employment experience and organizational culture. Discrepancies between pre-employment promises and the reality of the workplace experience can lead to employee disengagement (Tenney, 2024).

Disengaged employees tend to not feel excited about their job or experience joy at the workplace. They lack motivation and inspiration and while they may fulfill their job tasks properly, they don't put in any extra effort to help the organization reach its goals (Parsons, 2022). Low employee engagement costs the global economy \$7.8 trillion (Gallup Report, 2023). On top of the high cost of turnover, the time and effort managers must spend on dealing with attrition takes time away from the aspects of the role they should be focused on. When retention is high, this allows managers to spend less time and effort on the recruitment process (Tenney, 2024).

Employee turnover rate is a good indicator of an organization's work culture, the effectiveness of hiring policies and overall employee management. An understanding of turnover rate compared to industry standards as well as global employee retention benchmarks can help businesses drive growth and improve workforce engagement (Shweta, Main, 2024). The fluctuation rate is the key benchmark that helps companies to differentiate between low,

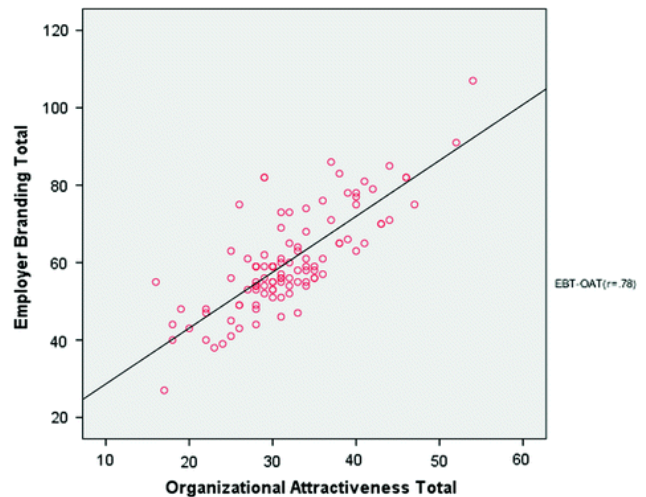


Figure 1: Relationship between Employer Branding and Organizational Attractiveness (Sharma, Singh, Rana, 2019).

healthy, and high fluctuation. Depending on the industry, a healthy turnover rate is between 8 and 12 percent. A fluctuation rate in this range ensures stability within the company structure and at the same time guarantees a breath of fresh air with new employees. In 2022, however, the average fluctuation rate in Germany was 33.2 percent (IIDW, 2023).

In 2019, Sharma, Singh, Rana, researched the correlation between employer branding and organizational attractiveness. Their findings (see Figure 3) showed that employer branding leads to general attractiveness, intention to pursue, and prestige (the three areas of organizational attractiveness). Their findings also indicated that employer branding provides a reputation to the company as the best place to work; employers have to offer economic, functional, psychological, and social benefits to “attract and retain the best talent,” and by doing so, companies can enhance employee motivation (Sharma, Singh, Rana, 2019).

Employer branding and employee sustainability are deeply interconnected, as both aim to cultivate a positive work environment that attracts, retains, and supports long-term employee engagement and commitment (Backhaus & Tikoo, 2004; Tenney, 2024). A strong employer brand, which promotes a cohesive corporate culture and clear organizational values, helps foster employee loyalty and reduce turnover, aligning with the principles of sustainability by encouraging workers to remain in the workforce over time (van Dam et al., 2016). This alignment between branding and sustainability supports not only employee retention but also enhances work engagement by creating an environment where employees feel valued and motivated (Rollman, 2023; Parsons, 2022). Furthermore, integrating sustainability into employer branding ensures that companies can continue to deliver on their promises to employees, helping to build a resilient and productive workforce for the future (Gaddam, 2008; Tenney, 2024).

4 Employer Branding

If we take a step back to the 1980's, companies started to prioritize the creation of distinct corporate cultures that would attract employees who shared their values and aspirations. This prioritization was influenced by job seekers interests (Rollman, 2023). To understand corporate culture, Shein (1985) defined it as "Corporate culture is a pattern of shared basic assumptions that the group learned as it solved its problems of external adaptation and internal integration, that has worked well enough to be considered valid and, therefore, to be taught to new members as the correct way to perceive, think, and feel in relation to those problems". To support the need for this prioritization, a study conducted by Gallup in the 1980s found that 80% of job seekers considered a company's culture a critical factor when making career decisions (Rollman, 2023).

Employer branding was developed in response to the growing recognition of the importance of attracting and retaining talent in an increasingly competitive labor market (Wallace, Lings, Cameron, Sheldon, 2014). As the job market became more competitive, organizations needed to differentiate themselves to attract high-quality candidates and retain valuable employees (Gilani, Hasan, and Lucy Cunningham, 2017). This led to the strategic development of an employer brand, which encompasses the unique set of attributes and benefits associated with being employed by a particular company. The term "employer brand" was introduced by Simon Barrow and Tim Ambler in their 1996 publication, *The Employer Brand*, where they defined it as "the package of functional, economic, and psychological benefits provided by employment and associated with the employing company." Figure 1 shows the model Barrow and Ambler developed where the package of functional, economic and psychological benefits provides a link between quality of employees and quality of product/service.

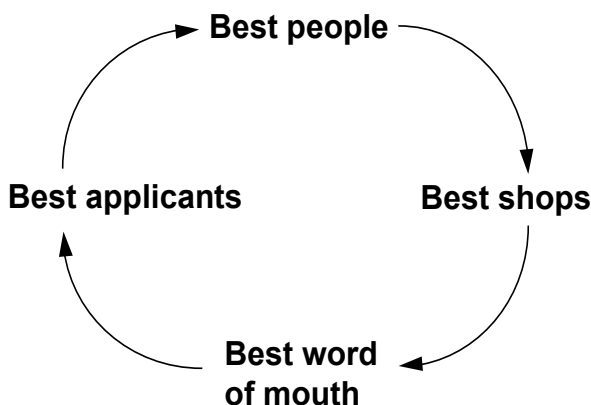


Figure 2: Employer Brand Model (Barrow & Ambler, 1996).

In their 2004 research, Kristin Backhaus and Surinder Tikoo explored the effects of employer branding and provided key insights into how it influences organizations.

Backhaus and Tikoo found that a strong employer brand significantly enhances an organization's attractiveness to potential employees. A well-crafted employer brand can differentiate a company in the competitive job market, making it more appealing to high-quality candidates. This attractiveness is primarily driven by the positive perceptions of the company's values, culture, and work environment, effectively communicated through the employer brand. Their research also demonstrated that employer branding not only attracts new talent but plays a crucial role in retaining existing employees (Backhaus, 2016). A strong employer brand fosters a sense of pride and loyalty among employees, leading to higher levels of organizational commitment and reduced turnover rates. Employees who identify strongly with the employer brand are more likely to stay with the organization and contribute to its long-term success (Backhaus and Tikoo, 2004).

Furthermore, Backhaus and Tikoo highlighted the importance of internal marketing in the employer branding process. An effective employer brand must be consistently communicated and reinforced within the organization, ensuring that employees understand and embrace the company's values and mission. This internal alignment helps create a cohesive and motivated workforce. Internal marketing efforts, such as training programs and internal communications, are essential for aligning employees with the employer brand and fostering a positive organizational culture.

To further address another theory, it is important to view the 'Employer Brand Model' (Figure 2), by Gaddam (2008) which identifies that employee commitment, retention, performance, satisfaction, attraction, and loyalty can all be linked back to the employer brand. Allen, Bryant and Vardaman (2010) support the model by recognizing that employer branding increases employee morale and satisfaction, which in turn improves retention. Moreover, employer branding heightens employee morale, and it has been suggested that employees who enjoy working for an organization subconsciously become brand ambassadors (Holbeche & Matthews, 2012). Employees then praise and recommend the company to family and friends, but also remain loyal to the organization for a longer period (CIPD, 2015). Employers do this by recognizing the areas in which they provide a unique employment experience, looking at the tangible and intangible benefits they offer (Mosley, 2007)

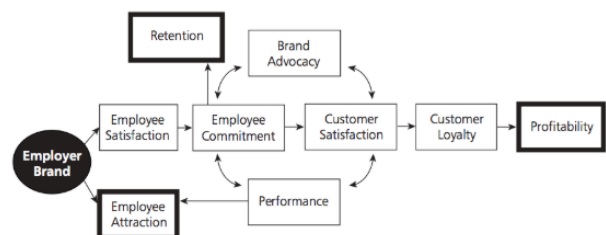


Figure 3: Benefits of Employer Branding (Gaddam, 2008).

5 Discussion

Research on employee sustainability and employer branding reveals several critical findings. Empirical studies demonstrate a significant positive correlation between sustainability practices and reduced employee turnover rates, as organizations committed to long-term employee well-being and development retain their workforce more effectively. “Sustainable human resources management practices positively influence organizational commitment, which in turn reduces turnover intention among employees” (Ehnert, Harry, & Zink, 2014). Additionally, research in sustainable workplace practices, such as flexible work arrangements and comprehensive mental health support, have shown to elevate employee engagement and productivity (Kossek & Distelberg, 2009). Epstein and Buhovac’s research in 2014 provided additional support that companies that invest in sustainable human resource practices often experience enhanced financial performance, which can be an attribute to improved employee morale and reduced absenteeism. This aligns with research provided throughout this paper that there is a correlation between employer branding and employee sustainability. “An organization’s employer brand, particularly when aligned with sustainability values, plays a crucial role in attracting and retaining talent who are seeking supportive and innovative work environments” (Backhaus & Tikoo, 2004). Moreover, the research by Backhaus and Tikoo (2004) highlights the diverse effects of employer branding on both external recruitment and internal employee engagement, underscoring its strategic significance for achieving organizational success.

From research in this topic, challenges were also reported that must be taken into consideration. Creating an accurate and sustainable employer brand is complex, especially for multinational enterprises (Martin, Gollan, & Grigg, 2011). These enterprises must craft an employer brand that is authentic both locally and globally, which is challenging due to varying local norms and values. Martin and colleagues note that aligning corporate, national, and local identities is crucial but difficult. When employer branding is driven by headquarters without local input, it may lack authenticity and fail to resonate with distant employees. This top-down approach can disenfranchise employees and hinder the development of a cohesive company culture. Additionally, maintaining a consistent employer brand is complicated by frequent changes in organizational ownership. Edwards and Edwards (2013) studied employee reactions to employer brand changes following mergers, highlighting the importance of brand distinctiveness. A strong brand is recognizable, relevant, and unique, encouraging employee loyalty. However, mergers often necessitate changes to the employer brand, affecting employee retention. For example, consistency in corporate social responsibility practices was found to be crucial for employees’ willingness to stay. Overall, changes in the employer brand can significantly impact employees’ sense of belonging and their intention to remain with the company.

6 Further Research

This literature review highlights the link between employer branding and sustainability. However, further research exploring how employer branding strategies affect employee experiences and perceptions in multicultural workplaces, would be advantageous.

While there has been considerable research on Diversity, Equity, Inclusion, and Belonging (DEIB) initiatives, there is a need for more targeted research on how these efforts are integrated into employer branding and the sustainability of employees. Future research could explore how DEIB practices are communicated through employer branding and their effectiveness in attracting and retaining diverse talent. This includes assessing the impact of these practices on employee engagement and satisfaction, particularly in organizations with varied demographic compositions. Notably, 67% of job seekers consider workplace diversity an important factor when evaluating employment opportunities (Glassdoor, 2021).

Moreover, a focused study on employer branding practices in Germany could provide valuable insights, given the country’s unique cultural and economic landscape. Research could explore how German companies are balancing traditional values with modern sustainability and DEIB initiatives in their employer branding efforts. The Institute for Employment Research (IAB) has shown that almost 70% of jobs filled in Germany in 2022 were filled by foreign workers (Carter, 2023). This examination could include case studies of leading organizations and comparative analyses across different sectors to identify best practices and common challenges. With the current surge in the demand for skilled workers, it is important to understand how companies are leveraging employer branding to attract qualified candidates.

7 Conclusion

Employee sustainability is a critical component of modern organizational strategy, directly influencing employer branding, employee well-being, and overall business success. By implementing sustainable human resources practices, organizations can create a thriving work environment that attracts and retains top talent. The positive outcomes documented in this literature review underscores the importance of sustainability in fostering a resilient and competitive workforce. Research conducted by LinkedIn in 2015 showed a strong employer brand can reduce an organization’s turnover by 28%, reduce the cost to hire by 50%, and yield 50% more qualified applicants (Joglekar, Jayesh, & Tan, 2022).

While this study contributes to the growing body of knowledge on employer branding and sustainability of employees, there remains a significant need for further research to explore these areas in depth. Such studies will not only help refine the practice but also support organizations in creating more sustainable and inclusive work environments.

Integrating elements of sustainability into an organization's practices significantly enhances employer branding. Organizations that visibly support sustainability attract job seekers who prioritize inclusive and healthy work environments. Additionally, employees are more likely to remain with companies that demonstrate a commitment to their well-being, thereby reducing turnover rates and retaining top talent.

In conclusion, employer branding can provide a competitive advantage which is a critical component of modern human resource management. It involves creating a compelling employment experience that attracts and retains top talent, enhances employee engagement, and provides a competitive edge in the labor market. By understanding its key components and the fundamental connection to employee sustainability, organizations can effectively leverage employer branding to achieve their strategic goals.

References

- Aldousari, A., Robertson, A., Yajid, M., & Ahmed, Z. (2017). Impact of employer branding on organization's performance. *Journal of Transational Management*, 22(3), 153-170.
- Allen, D., Bryant, P., & Vardaman, J. (2010). Retailing talent: Replacing misconceptions with evidence-based strategies. *Academy of management Perspectives* 24.2, 48-64.
- Allman, A. (2023). *navon*. Von The Evolution of Employer Branding: A Historical Perspective: <https://www.navon-international.co./evolution-of-employer-branding-navon/>
- Ambler, T., & Barrow, S. (1996). The employer brand . *Journal of Brand Management* 4.10.1057/bm.1996.42.
- Backhaus, K. (2016). Employer Branding Revisited. *Organization Management Journal* 13(4), 193-201.
- Backhaus, K., & Tikoo, S. (2004). Conceptualizing and researching employer branding. *Career Development International* 9(5), 501-517. doi:<https://doi.org/10.1080/15416518.2016.1245128>
- Carter, A. (2023). *iamexpat*. Von Almost 70 percent of new German jobs filled by foreign workers in 2022: <https://www.iamexpat.de/career/employment-new>
- Edwards, M., & Edwards, T. (2013). Employee responses to changing aspects of the employer brand following a multinational acquisition: A longitudinal study. *Human Resource Management* 52.1, 27-54.
- Ehnert, I., Wes, H., & Zink, K. (2011). Sustainability and human resource management. *The future of employment relations*, 215-237.
- Epstein, M., & Buhovac, A. (2014). A New Day of Sustainability. *Strategic finance* 96.1.
- Fricke, J., Bauer-Hägele, S., & Horn, D. e. (2019). *Peer-Learning in der Lehrer*innenbildung: Gemeinsam und auf Augenhöhe lernen* (Bd. 19. Jahrgang (2019) Heft 3). Bad Heilbrunn: Verlag Julius Klinkhardt. doi:<https://doi.org/10.35468/jlb-03-201901>
- Gaddam, S. (2008). Modeling Employer Branding Communication: The Softer Aspect of HR Marketing Management . *ICFAI Journal of Soft Skills* 2.1.
- Gallup. (2023). *State of the Global Workplace. Report*. Von <https://www.gallup.com/workplace/349484/state-of-the-global-workplace.aspx>
- Gifford, J. (2015). Chartered Institute of Personnel and Development. *A head for hiring: The behavioural science of recruitment and selection: Research Report*. Von https://www.cipd.org/globalassets/media/knowledge/knowledge-hub/reports/a-head-for-hiring_2015-behavioural-science-of-recruitment-and-selection_tcm18-9557.pdf
- Gilani, H., & Cunningham, L. (2017). Employer Branding and its influence on employee retention: A literature review. *The marketing review* 17.2, 239-256.
- Graeme, M., Gollan, P., & Grigg, K. (2011). Is there a bigger and better future for employer branding? Facing up to innovation, corporate reputations and wicked problems in SHRM. *The International Journal of Human Resource Management* 22.17, 3618-3637.
- Holbeche, L., & Matthews, G. (2012). Engaged: Unleashing your organization's potential through employee engagement. *John Wiley & Sons*.
- Joglekar, J., & Tan, C. (2022). The impact of LinkedIn posts on employer brand perception and the meditation effects of employer attractiveness and corporate reputation. *Journal of Advances in Management Research* 19.4, 624-650.
- Karen, D., & Griffin, R. (1999). Health and well-being in the workplace: A review and synthesis of the literature. *Journal of management* 25.3, 357-384.
- Kossek, E., & Distelberg, B. (2009). Work and Family Employment Policy for a Transforming Work Force. *Oxford University Press*.
- Lings, W., Cameron, R., & Sheldon, N. (2014). *Attracting and Retaining Staff: The Role of Branding and Industry Image*. (R. S. In: harris, Hrsg.) Springer, Singapore. doi:https://doi.org/10.1007/978-981-4560-58-0_2
- Mosley, R. (2007). Customer experience, organisational culture and the employer brand. *Journal of brand management* 15.2, 123-124.
- Oppenheim, J., & Stuchtey, M. (2015). Like it or not, sustainability is now core to your business.

- Fortune. Recuperado de.* Von <https://fortune.com/2015/09/24/sustainability-practices-in-business-intel-unilever-wal-mart-dupont/>
- Parsons, L. (2022). How to Engage a Disengaged Employee. (H. D. Development, Hrsg.) Von <https://professional.dce.harvard.edu/blog/how-to-engage-a-disengaged-employee/>
- Petrone, P. (2015). Employer Brand Impacts Your Marketing And Drives Job Consideration. Von <https://www.linkedin.com/business/talent/blog/talent-acquisition/how-employer-brand-impacts-marketing-and-drives-job-consideration>
- Rollman, A. (2023). *navon*. Von Unlocking the Magic: The Role of Company Culture in Employer Branding: <https://www.navon-international.com/unlocking-the-magic-the-role-of-company-culture-in-employer-branding/>
- Schein, E. (1985). Organizational Culture and Leadership. *Jossey-Bass Publishing*.
- Shweta, M. (3. June 2004). Employee Turnover Rate: Definition & Calculation. Von https://www.forbes.com/advisor/business/employee-turnover-rate/#what_is_employee_turnover_definition
- Singh, S., & Rana, G. (2019). Employer branding analytics and retention strategies for sustainable growth of organizations. *Understanding the role of business analytics: Some applications*, 189-205.
- Sirojuddin, N., & Sopiah. (2022). The effectiveness of employer branding in attracting talented employee: Systematic literature review. *Asian Journal of Economics and Business Management*. 1. 10.53402/ajebm.vli3.235, 240-248.
- Staniec, I., & Kalinska-Kula, M. (2021). Internal employer branding as a way to improve employee engagement . *Problems and Perspectives Management* 19.3, 33.
- Team, G. (2021). Glassdoor for Employers: What Job Seekers Really Think About Your Diversity and Inclusion Stats. Von <https://www.glassdoor.com/employers/blog/how-to-report-and-set-diversity-and-inclusion-goals/>
- Tenney, M. (2014). Inspire Greatness: How to Motivate Employees with a Simple, Repeatable, Scalable Process. *Matt Holt Publishings*.
- United Nations. (2015). *Transforming our world: The 2030 agenda for sustainable development*. <https://sdgs.un.org/2030agenda>
- van Dam, K., van Vuuren, T., & Kemps, S. (2016). Sustainable employment: the importance of intrinsically valuable work in an age-supportive climate. *The International Journal of Human Resource Management*, 28(17), 2449-2472. doi:<https://doi.org/10.1080/09585192.2015.1137607>
- Wilson, M., & et al. . (2004). Work characteristics and employee health and well-being: Test of a model of healthy work organization. *Journal of occupational and organizational psychology* 77.4, 565-588.
- Wirtschaft, D. I. (2023). *Fluktuation: Zurück aus dem Coronatief*. Von <https://www.iwd.de/artikel/fluktuation-starke-wirtschaft-fuehrt-zu-mehr-jobwechseln-401583/>

Understanding the World Wide Web of Systems? - The need for systemic thinking in higher education

A First Test on the Systemic Thinking Abilities of Students at Mittweida University of Applied Sciences

Inga-Maria Eichentopf, Hans Dieter Kasperidus

Contact: Inga-Maria Eichentopf, Hochschule Mittweida, inga-maria.eichentopf@hs-mittweida.de

Hans Dieter Kasperidus, Helmholtz Centre for Environmental Research

Abstract

In a world increasingly characterized by volatility, uncertainty, complexity, and ambiguity (VUCA), the ability to think systemically is becoming essential for addressing global challenges such as climate change. This paper explores the importance of integrating systems thinking and system dynamics into higher education, particularly within sustainability-focused programs like Energy and Environmental Management at Mittweida University of Applied Sciences. Through a survey and a series of tasks given to students of this program, the study assesses their current abilities in systems thinking. The findings reveal significant gaps in students' understanding of basic stock-flow problems, underscoring the need for more effective teaching methods that go beyond the approaches already used. While students recognize the relevance of systems thinking for their future careers, their performance on practical tasks shows significant weaknesses in practical application. The study suggests that continuous, hands-on learning experiences are crucial for developing the cognitive skills necessary to navigate complex, interconnected systems. The research concludes that a more comprehensive and interdisciplinary educational approach is needed to cultivate the systems thinking abilities required to address the multifaceted challenges posed by global issues like climate change.

Keywords: Systems Thinking, System Dynamics, Interdisciplinary Education, Climate Change, Sustainability.

1 Introduction

Currently, the world is experiencing what could be described as a VUCA state, characterized by volatility, uncertainty, complexity, and ambiguity. This term, which originated in the military in the 1990s, describes a condition of high unpredictability (Mack & Khare, 2016). Today's world is marked by multiple global and national crises, e.g. the Covid-19 pandemic affecting the world trade, climate crisis accompanied by extreme weather events and the war in Ukraine causing energy shortage in Germany (Hayakawa & Mukunoki, 2021; Seneviratne et al., 2021; Nakamura et al., 2024).

Of these crises, the climate crisis is one of the most global and critical for the well-being of current and future human generations as well as earth's ecologic system (Ross et al., 2022; Ison, 2010).

The Copernicus Climate Change Service reported in its June Climate Bulletins that the average global temperature over the past year (July 2023 - June 2024) has reached a record high, standing already 1.64°C above the

pre-industrial average from 1850-1900 (C3S, 2024) and with that clearly above the goal of 1.5°C set for global warming in the Paris Agreement of 2015 (United Nations, 2015b). This rise in temperature heightens the likelihood of severe weather events, threatening both human lives and economic stability (Seneviratne et al., 2021; IPCC, 2022). Even in Europe this is becoming the "new normal" (European Environment Agency, 2023; European Commission, 2023). The year 2024 is characterized by extreme rainfalls for example in Germany and even worse in Spain leading to flooding, causing many deaths, large-scale destruction and major economic losses (European Environment Agency's Home Page, 2024a; European Environment Agency's Home Page, 2024b; World Meteorological Organization, 2024).

Unlike many natural changes of the past, the current climate warming and its associated effects are largely driven by human activities (IPCC, 2022). Particularly technological advancements lead to increasing CO_2 emissions due to fossil-fuel based energy production and exceeding global resource boundaries (Raworth, 2012; Crutzen, 2006).

To translate the often not linear cause-and-effect-relationships in an uncertain and complex world into proper actions, decision makers and future generations must improve the ability to anticipate and evaluate the impacts of adapting to rapidly changing, interconnected conditions and possible backlash effects. In the intricate web of cause and effect, systems thinking and system dynamics are disciplines that can help understanding interactions in complex, changing networks (Sterman, 2000; Richmond, 2004; Senge, 1990). To make higher education future-proof, it must address the complexities of our world, which require interdisciplinary approaches and the ability to be aware of these interdependencies and the resulting changes that shape humankind's future in the context of economy, society, technology and nature (Sterman, 2000; Richmond, 2004; Senge, 2010).

However, current research showed that dynamic behavior of even very simple systems is not well understood correctly by students of all domains of sciences, e. g. Booth Sweeney & Sterman (2000), Kapmeier & Zahn (2001), Ossimitz (2002), Fisher (2003), Kasperidus et al. (2006), Kapmeier et al. (2017) and others. Many studies identified surprisingly poor performance on different levels of education. These findings also occur if it comes to climate change issues and the understanding of the cause-and-effects of CO_2 -emissions into the atmosphere (Sterman, 2008).

At Mittweida University of Applied Sciences modules addressing systemic relationships are already implemented in the bachelor's study program of Energy and Environmental Management (German name: Energie-und Umwelt-

management, Acronym: EUM). Here, four semester hours per week courses in “Technology Assessment” and “Climate Change Impacts and Sustainable Adaptation” are taught in the second and third semester of the bachelor’s program. Technology Assessment is an interdisciplinary field of study that focusses on the goal of exploring the positive and maybe negative impacts of emerging technologies (Böschchen et al., 2021; TAB Homepage, n. d.). To avoid unintended effects on the environment and/or society such impacts shall be identified and from that options for action and design can be derived and developed. Moreover, decision-makers, public institutions and companies should be advised to adjust their actions for achieving a desired future (Böschchen et al., 2021; TAB Homepage, n.d.; Senge, 1990; Senge et al., 1994).

The module “Climate Change Impacts and Sustainable Adaptation” addresses the consequences of human induced global warming, the options of mitigation and adaptation on new environmental conditions. Furthermore, in seminars, students use the En-Roads simulator, a global system dynamics model developed by Climate Interactive, MIT Sloan, and Ventana Systems, to find solutions to limit global warming under the 1.5°C goal by adjusting CO₂ emissions from sectors like e.g. energy production, transport and industry (see climaterinteractive.org).

This gave rise to the hypothesis that EUM students already have an ability to think in a systemic way. Therefore, the authors applied a well-established set of tasks on testing systemic thinking, developed by Booth Sweeney & Sterman, 2001. Before the test and the results are displayed in chapter 3, some basic ideas and insights on sustainability are presented in chapter 2. In chapter 4 the results are displayed and discussed. In Chapter 5 final conclusions are drawn.

2 The Ideas of Sustainability, Systems Thinking and System Dynamics and Their Potential for Future Education

Sustainable Development, as defined by the World Commission on Environment and Development (WCED) in the 1987 Brundtland Report, is described as "meeting the needs of the present without compromising the ability of future generations to meet their own needs" (WCED, 1987). This definition, along with the outcomes of the 1992 United Nations Conference on Environment and Development (UNCED) and Agenda 21, have been evolved to globally accepted guiding principles for ensuring a sustainable future (Konferenz der Vereinten Nationen für Umwelt und Entwicklung, 1992). The next iteration step in formulating goals and guidelines for transforming our world were the Sustainable Development Goals (SDGs) formulated in the Agenda 2030 in 2015 (United Nations, 2015a). They build a framework for action to shape a world for a fair future. The formulation of the 17 SDGs, like goal 2 “no hunger”, goal 12 “responsible consumption and production” or goal 13 “measures for climate protection” already makes it clear that none of the goals can stand alone, but that there are far-reaching interactions between them.

In this context, future-proof higher education must address the complexities of our world, which require interdisciplinary approaches and the ability to be aware of these interdependencies that shape humankind’s future in the context of economy, society, technology and nature (Richmond, 1993; Forrester, 2008; Senge, 2010; Ison, 2010).

Here systems thinking and system dynamics can provide some guidance and insights on interconnections on economic, ecologic and social aspects of a problem.

In this paper we understand systems thinking as the utilization of a conceptual approach to adequately understand a system’s structure and how it generates its behavior over time. Systems thinking requires identification of interrelationships and feedback loops and focusing on processes that change over time (Ford, 2019). The systems thinking perspective gives students as well as decision makers the ability to see complex situations on the levels of events, patterns of behavior and system structure (Ford, 2019).

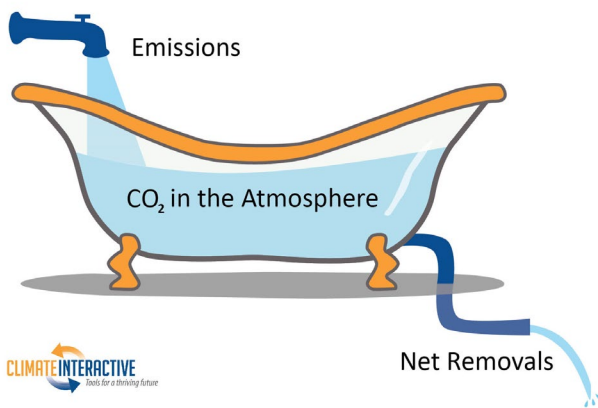
The interdisciplinary approach of system dynamics, a field developed by Jay W. Forrester in the 1950s, examines the behavior of socio-economic and ecological systems over time with the support of computer simulations (Lane, 2007). System dynamics has become a globally recognized simulation-based tool for addressing current and future problems. It helps understand the systems humans inhabit and influence through their actions. By analyzing network connections, it provides insights into systems at various levels, including communities, enterprises, nations, and the global scale (Forrester, 1961, 1969, 1971; Meadows et al., 1972; Sterman, 2000; Forrester, 2008; Richmond, 2004; Ford, 2009).

The primary aim of system dynamics is to identify leverage points within a system's structure that can be used to implement policies directing the system's behavior towards desired outcomes, while avoiding unintended negative consequences (Sterman, 2000). Although system dynamics is not a tool for predicting the future, it facilitates understanding the internal feedback mechanisms that shape a system's development path (Sterman, 2002). Computer simulation models are essential for managing the complex numerical calculations involved in system models, as human mental capacity is often insufficient for these tasks. Additionally, mental models can limit problem perception (Sterman, 2002). Here system dynamics can play an important role in finding solutions, especially in the context of the complex processes for mitigating and reducing the effects of climate change with interactions at economic, ecological and social levels (Sterman & Booth Sweeney, (2007); Sterman, 2008).

An example to illustrate systems thinking and the dynamic behavior of systems is the metaphor of a bathtub. The water level in this simple system depends on how it is filled and drained with water (see Figure 1a). The bathtub principle can also be applied to explain the dynamics of rising CO₂ concentration in the atmosphere.

If more CO₂ enters the atmosphere (like water flowing into a tub) than is removed (like water draining from the tub), then the amount of CO₂ in the atmosphere (the amount of water in the tub) will continue to increase. The consequences are higher global temperatures.

a.) Bathtub Dynamics



b.) Stock-and-Flow Diagram

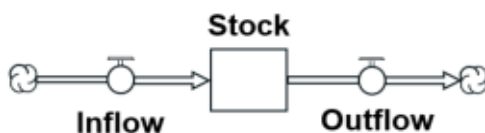


Figure 1: a.) Metaphor of Bathtub Dynamics applied to the CO₂ level in the atmosphere; b.) Stock-and-Flow diagram in STELLA-Software® representing a bathtub as stock and its tap as inflow and the sink as outflow. (own visualization). Stocks accumulate or integrate their flows. The net flow into the stock is the rate of change in the stock.

In order to keep the CO₂ level in the atmosphere constant, CO₂ emissions must be reduced to a level that corresponds to the removal.

To translate the bathtub principle into a numerical simulation model, it is converted in a first step into a Stock-Flow-Structure and is then defined by equations and parameters. Figure 1b shows an example of a Stock-and-Flow-diagram in the simulation program STELLA®.

With this it becomes clear that the dynamics of the CO₂-level of the atmosphere can be described as well as a more complex stock-flow system including more in- and out-flows. Its change over time is determined and affected by the anthropogenic and naturally produced CO₂ and the amount that is absorbed or disassembled (Brockhaus et al., 2013). As simple as this might seem, the concept of stocks and flows is not a natural way of perception to the human brain (Stermann, 2000, 2002; Sterman & Booth-Sweeney, 2007, Richmond 1993, 2004).

Human-induced GHG emissions are currently occurring at approximately twice the rate at which natural processes can remove them from the atmosphere (Climate Change: Atmospheric Carbon Dioxide, 2024). As a result, the concentration of these gases in the atmosphere will keep increasing even if emission levels decrease, until emissions align with the rate of removal. Nevertheless, studies indicate that most adults mistakenly believe that GHG concentrations will mirror the changes in emissions, leading them to incorrectly assume that atmospheric GHG levels can stabilize while emissions continue to surpass the rate

of removal (Sterman & Booth Sweeney, 2007; Sterman, 2008). This misbelief is in line with the assumption that the bathtub which is continuously filled up faster than the water drains away will not overflow.

This example illustrates that it is desirable to develop systems thinking skills, already at students' level to enable future decision-makers to take informed choices by understanding the long-term consequences of actions and policies in interconnected systems. Beyond building and analyzing simulation models, experts and teachers of system dynamics emphasize the importance of educating students in systems thinking to prepare them for future challenges (Richmond, 1993; Richmond, 2004; Sterman, 2002).

Starting at the education level systems thinking can equip students with the skills to understand and tackle complex, evolving challenges they will be confronted with in a deciding position already stated by Sterman (2000), Ford (2009), Morecroft (2015). Moreover, systems thinking fosters the integration of knowledge across diverse fields, providing students with a comprehensive future-oriented perspective (Richmond, 1993).

Furthermore, it enhances student interest by immersing them in hands-on, practical learning experiences. By engaging them with real-world scenarios, students can achieve a deeper understanding of the content of their own field of study as well as other areas of expertise, fostering a stronger commitment to applying their knowledge toward building a sustainable future (Forrester, 2008).

On the professional level an interdisciplinary framework is very useful to address intricate global issues besides climate change, like resource scarcity, and public health, which demand a broad and interconnected understanding (Morecroft & Sterman, 1994; Morecroft, 2015) Beyond education, system dynamics has proven itself as a universal simulation tool and can be used for a wide range of problems and issues, as described in various textbooks and practical books (Sterman, 2000; Ford, 2009; Morecroft, 2015).

3 Method and Material Used for the Test on Systemic Thinking Skills of Mittweida Students

As the authors emphasized before, the ability to create a clear picture of the systemic connections of processes is an essential skill to cope with climate change related issues. To explore students' systems thinking abilities, we used tests developed and applied by Booth-Sweeney & Sterman (2000) which are characterized by their simple design. Moreover, only simple arithmetic is required to solve the tests.

Additionally, we asked the students about their previous experiences and current expectations about systems thinking and system dynamics in higher education. The aim of this survey is to find out if students with a study track in environmental and energy management already have an ability to think systemic. due to their high-school education or their current study field where a strong focus lies on energy and environmental management and modules like "Technology Assessment" and "Climate Change Impacts and Sustainable Adaptation" are implemented in the curriculum.

The survey is carried out in a first inventory of the systems thinking level of a student group at HS Mittweida. The survey with about 11 Questions and two tasks was carried out on students of the second and fourth semester of the study track of EUM during the summer semester 2024. The test was provided in German language to give low-barrier access to the questions and tasks. The survey and the tasks were handed out on paper because students were required to solve the systems thinking tasks graphically. The students had 25 minutes to answer the questionnaire and solve the two tasks, where we assumed that both tasks could be completed within 15 minutes.

Since the test group with only 13 students (5 women and 8 men) was very small, the results can only be regarded as a first hint on the abilities and the opinions in general of the students regarding systems thinking or systems analysis at HS Mittweida. The questionnaire (or assessment) consisted of two parts: In the first part students are for example asked about how they evaluate their knowledge level and abilities in systems thinking and system dynamics. A five-point scale (very high, high, medium, low, very low) was given for rating. In the second part they had to complete two graphical integration tasks which are characterized by simple algebra and straightforward logic. The aim is to determine the basic understanding of principles of systems, like stock and flow relationships in a simple system which is an indicator of correctly applying systems thinking. These, so called, stock-and-flow tasks, are the classical department store task (DS) and the bathtub (BT) task introduced by Booth-Sweeney & Sterman (2000) and had been used in many experiments with its original and modified forms in system dynamics and other classes and have been used by other authors to test the systems thinking abilities of students (Booth Sweeney & Sterman, 2000; Kapmeier & Zahn, 2001; Ossimitz, 2002; Fisher, 2003; Kasperidus et al., 2006; Kapmeier et al., 2017). The detailed questions of the first part can be found in Figure 3 together with the distribution of the answers. The tasks of the second part of the survey to be solved graphically are shown in Figure 2 and b.

The first graphical task is the “department store task” (see Figure 2a). The diagram shows the graphs of people leaving and entering a department store per minute during a 30-minute period. The graphs show a non-linear behav-

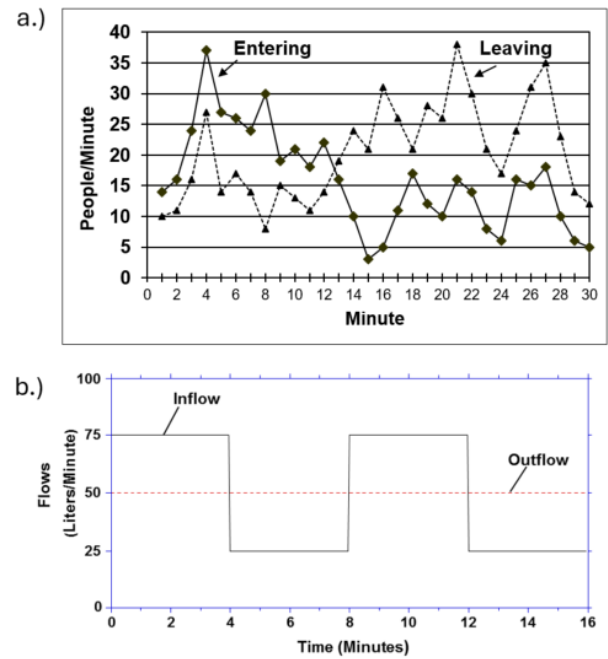


Figure 2: a.) Diagram for the department store task with the two graphs to the number of entering and leaving people (Booth Sweeney & Sterman, 2001); b.) Diagram for the bathtub task with the graphs for inflowing and outflowing water.

ior and cross each other once during minute 13. The students are asked to complete four questions concerning the flows (Question 1 and 2) and the accumulation of flows (Question 3 and 4), where each of the following correctly answered question received one point:

- Q1. During which minute did the most people enter the store?
- Q2. During which minute did the most people leave the store?
- Q3. During which minute were the most people in the store?
- Q4. During which minute were the fewest people in the store?

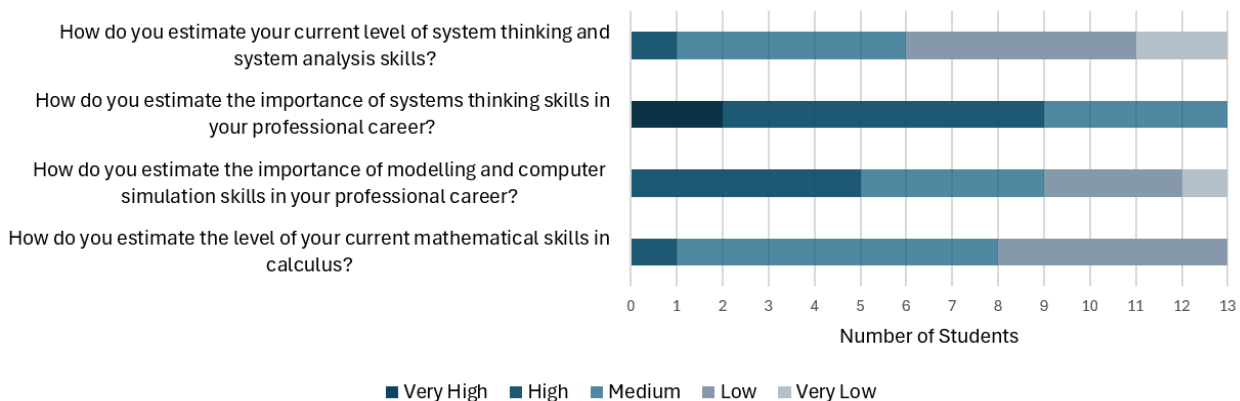


Figure 3: Questions about the knowledge level in different fields with number of students answered according to their self-assessed abilities.

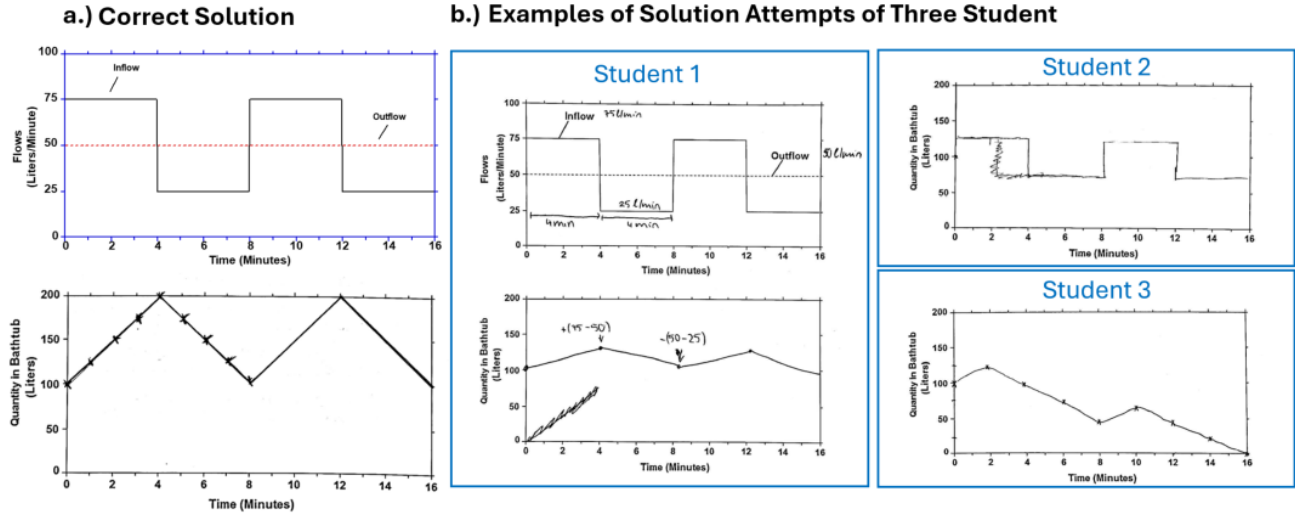


Figure 4: a.) Example of a correct students' solution of the bathtub task, upper image: given inflow and outflow of the bathtub, lower image: correct solution of the quantity of water in the bathtub over time; b.) Examples of proposed incorrect solutions of three different students.

Moreover, students had the option to indicate by checking a box if they believe the given information is insufficient to answer one of the questions. As the second task we used the Bathtub task with square wave pattern, where the cover story is a bathtub containing water that is filled and drained at the same time (see Figure 2b). Figure 2b shows the hypothetical behavior of the inflow and outflow rates over a 16-minute period. Students had to draw the path of the behavior of the quantity of water in the tub in an empty graph when the initial quantity in the tub at time zero is 100 liters.

4 Results and Discussion

Figure 3 shows the degree of consent of the students on the questions related to their ST and SD abilities. Almost half of the students ($n=6$) estimate their current level of system thinking and skills in analyzing systems to be high or medium. Furthermore, approx. two third of the group think that ST skills will play an important role in their professional career. Moreover, it is noteworthy that all students consider it to be at least moderately important. This connects well with the point that another two third of the respondents ranked the relevance of modelling and computer skills as highly or medium important for their professional career. Even as the study program of EUM does not aim to educate simulation skills, students see the need for computer based analyzing skills for their future work in a sustainability related field. In contrast to that approx. half of the students estimate the level of their current mathematical skills as only at a medium level. This is a crucial point since the understanding of integration and differentiation is an integral part of systemic thinking and of system dynamics, when it comes to computer simulation. Solving the first task requires these skills, where the correct in- and outflow (Q1 and Q2) as well as the maximum (Q3) and minimum (Q4) of people in the store had to be determined by the students. The correct answers are as follows: (Q1) Most people enter the store at minute 4.

(Q2) Most people are leaving the store during minute 21. (Q3) The highest number of people in the store is reached in minute 13 and (Q4) the lowest can be determined in minute 30. For more details in grading the answers for the SD Task see Booth Sweeney & Sterman (2001). Table 1 displays the frequency of correct answers per question by EUM-students. Questions 1 and 2 were answered correctly by everyone, questions 3 and 4 by only one person. To calculate the group's performance for the DS task, we awarded 1 point for each correct answer. Therefore, the maximum value the group could gain is 52 points. The value achieved is 28 points which results in an overall group performance of 53.85 percent.

Table 1: Results of task 1 (department store).

Question number	Q1	Q2	Q3	Q4
Number of students with the right answer	13	13	1	1

Most students ($n=12$) failed at questions 3 and 4. Looking closer at the evaluation of the results it can be found that eleven students have chosen for Q3 minute 8 as the correct answer and one person minute 4. For Q4 ten students chose minute 16 respect. 15 as the correct answer, one person chose minute 18 and one person chose minute 21. These answers seem to fit at first glance, because at the selected times the distances between the two graphs are the greatest. This approach seems plausible, and it is near to the approach for answering Q1 and 2 correctly, here by identifying the peaks in both graphs. But for answering Q3 correctly the identification of the time span where the net balance is positive is required which is until minute 13. To answer question 4 correctly is a little bit trickier, because there is no information how many people are in store at the beginning. Nevertheless, it is possible to find the correct answer by comparing the area between both graph and compare their size. The area

when the net balance is negative between time 13 and 30 is much bigger than the time span before. Thus, more people have left the store than entered and minute 30 is correct. It is noteworthy that many of the respondents selected almost the same combination of incorrect answer options. This indicates that many students do not understand the temporal dimensions of processes.

For the bathtub task, a slightly different performance can be observed. An overview over the students' achievements is shown in Table 2. Three people solved the task completely correct. Two participants achieved at least more than 50 percent of the possible points whereas the majority of people achieved less than 50 percent of the points, of which six people achieved no points.

Table 2: Results of task 2 (bathtub).

Percentage of correct performance [%]	0	20	30	75	90	100
Number of students	6	1	1	1	1	3

The evaluation rules for this task consisted of seven sub-categories, which could each be awarded with one point. The detailed coding rules can be found in Linda Booth Sweeney & Sterman (2000). To give an impression of the students' possible solutions, Figure 4a shows an example of a correct answer and Figure 4b examples of incorrect answers. It can be stated that there are different types of errors. Student 1 in Figure 4b calculated the balance between the inflow and outflow correctly ($75 \text{ l/min} - 50 \text{ l/min} = +25 \text{ l/min}$). He or she also correctly set the starting point at 100 liters, but failed to apply the amount of change to the correct time unit of 1 minute and ended up with a far too low change in the water level at minute 4 and 12. The same error happened during minute 4 to 8 and 12 to 16 when the balance between inflow and outflow is negative (-25 l/min) so that the correct water level is reached in minute 16. The result of student 2 shows a typical pattern a lot of the respondents created ($n=5$). It displays a pattern matching oriented on the given graph for the water inflow.

Cronin et al, 2009 denoted such an inability to assess the right output pattern as stock-flow (SF) failure.

The suggested pattern offered by student 3 though shows a SF failure in a different way. It has the correct starting point and shows a zigzag pattern. However, it shows no relation to the given flows. Such zigzag pattern is proposed as a solution by only two people. All others show a mixture between the three solutions in Figure 4b.

In general, students performed at least a little better in the bathtub task than in case of the department store.

When we compare how EUM-Students perform in the assessment with other studies we can identify similar results. In Figure 5 the results for the department store task are displayed for students of the international master's program Sustainable Resource Management (SRM) at TU Munich School of Life Sciences where the master students of the first semester are asked to perform the same task as the EUM-students. Compared to SRM students EUM-students achieved almost similar answer rates. Only in Q3

and Q4 did the EUM students score lower (Kasperidus & Biber, 2018).

The comparison with other studies shows the same trend. Cronin et al. (2009), for example, found 96 % and 95 % correct answers for Q1 and 2, respectively. For Q3 and Q4 the results are 44 % and 31 %.

Due to the rather small number of students participating in this assessment, the comparison is limited, but it shows that the general problem exists as well for students at HS Mittweida.

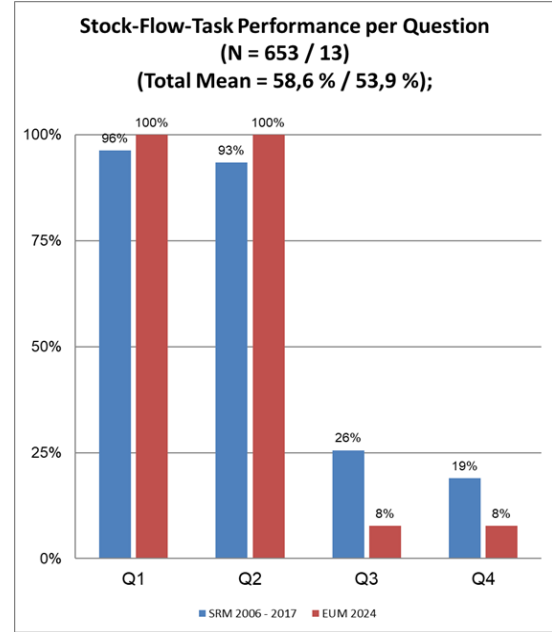


Figure 5: Comparison of the results of the department store task (task 1) – (blue) students of the SRM study program (N=653) at TU Munich and (red) EUM students at HSMW (N=13).

This problem is very common. Cronin et al. (2009) states that a lot of even well-educated people with strong mathematical skills have huge problems using the principles of accumulation properly to solve for example the bathtub test. They found people often using the idea that the output (quantity of water in the bathtub = the stock) should have the same shape as the input (inflow of water) - like student 2 did - but forgot that input and output have an effect over time (Gonzalez & Wong, 2012). This behavior is therefore designated as “correlation heuristic” (Cronin et al., 2009). Other papers discuss that the main problem in correctly solving a stock-flow task is to distinguish properly between stocks and flows (Ossimitz, 2002). He discusses that the flows might be seen as stocks. This could lead to the correlation heuristics described above. The way of thinking that the stock (output) shows the same behavior as the inflow leads only to the correct response if the inflow is positive and exponential (Cronin et al., 2009).

In “real life” failures of the correlation heuristic can have fundamental consequences, when it comes to management decisions in complex systems.

An example is the misunderstanding of the behavior of greenhouse gas (GHG) emissions in the atmosphere and their relation to human-induced GHG emissions and nat-

ural and technological removals - as explained in chapter 2. As Gonzalez et al., 2017 states even though the understanding necessary to solve SF problems is relatively simple, research in education has uncovered a phenomenon known as the "linearity" illusion. This refers to the heavy focus on linear thinking in math education, which often results in the tendency to apply linear models incorrectly, even in contexts where they are not suitable.

5 Conclusions

The findings of the two tests indicate that Mittweida students show the same problems in solving stock-flow tasks than other researchers already observed otherwise. The education of EUM students in the areas of "Technology Assessment" and "Climate Change Impacts and Sustainable Adaptation" does not make a reasonable impact on the basic understanding of stock-flow problems. The survey results demonstrate that while students recognize the relevance of systems thinking and system dynamics in their future careers, there remains a significant gap in their ability to apply these concepts effectively.

This gap underscores the need for a more rigorous, robust and interdisciplinary approach to education, one that not only imparts theoretical knowledge but also fosters practical skills through hands-on, simulation-based learning. By incorporating systems thinking and system dynamics into the curriculum of the EUM study program, educators could better equip students with skills to analyze complex systems, anticipate the long-term consequences of decisions, and develop strategies for sustainable development.

In conclusion, advancing systems thinking education is not only helpful for understanding and mitigating climate change but also for fostering future decision-makers capable of making informed, sustainable choices in an increasingly complex world.

References

- Booth Sweeney, L. & Sterman J. (2000). Bathtub dynamics: initial results of a systems thinking inventory. *System Dynamics Review* 16(4): 249–286.
- Booth Sweeney, L. & Sterman, J. (2001). Systems thinking Inventory - Coding Guide. Harvard University Graduate School of Education; MIT Sloan School of Management, Version 1.0. October 2001 (internal document).
- Bösch, S., Grunwald, A., Krings, B., & Rösch, C. (2021). *Technikfolgenabschätzung: Handbuch für Wissenschaft und Praxis* (1st ed.). Nomos Verlag, 21-24.
- Brockhaus, F., Arnold, J., Schwarz, M. & Sedlmeier, P. (2013). Does the modification of the presentation format affect stock-flow-thinking?. The 31st International Conference of the System Dynamics Society, Cambridge, Massachusetts, USA -- July 21-25, 2013, ISBN 978-1-935056-12-06, Download via <https://proceedings.systemdynamics.org/2013/proceed/>, last assessed 2024/22/11
- Climate change: atmospheric carbon dioxide. (2024, 9. April). NOAA Climate.gov. <https://www.climate.gov/news-features/understanding-climate/climate-change-atmospheric-carbon-dioxide>
- Copernicus Climate Change Service (C3S) (2024). Copernicus: June 2024 marks 12th month of global temperature reaching 1.5°C above pre-industrial. June Climate Bulletins. <https://climate.copernicus.eu/copernicus-june-2024-marks-12th-month-global-temperature-reaching-15degc-above-pre-industrial>, last accessed 2024/07/11.
- Cronin M, Gonzalez C, Sterman JD. 2009. Why don't well-educated adults understand accumulation? A challenge to researchers, educators, and citizens. *Organizational Behavior and Human Decision Processes* 108(1): 116–130.
- Crutzen, P. J. (2006). The "Anthropocene". In Ehlers, E., Krafft, T. (Eds) *Earth System Science in the Anthropocene*. Springer, Berlin, Heidelberg (S. 13–18). https://doi.org/10.1007/3-540-26590-2_3
- European Environment Agency. (14 June 2023). What could the summer bring. Is extreme weather the new normal. Retrieved from: <https://www.eea.europa.eu/en/newsroom/news/what-could-the-summer-bring>, last accessed 2023/06/29.
- European Environment Agency's Home Page. (28. Juni 2024a). Extreme weather: floods, droughts and heatwaves. <https://www.eea.europa.eu/en/topics/in-depth/extreme-weather-floods-droughts-and-heatwaves>, last assessed 2024/07/11
- European Environment Agency's Home Page. (14. Oktober 2024b). Economic losses from weather- and climate-related extremes in Europe. <https://www.eea.europa.eu/en/analysis/indicators/economic-losses-from-climate-related>
- Fisher D. M., 2003. Student performance on the bathtub and cash flow problems. *Proceedings of the 2003 International System Dynamics Conference*, System Dynamics Society, Albany, New York.
- Ford, A., 2009. *Modeling the Environment*. Second Edition, Island Press, Washington. 400 pages.
- Ford, D. N., 2019. A system dynamics glossary. *System Dynamics Review*, 35, 369-379.
- Forrester, J. W. (1961). *Industrial Dynamics*. MIT Press, Cambridge, MA.
- Forrester, J. W. (1969). *Urban Dynamics*. Waltham, MA: Pegasus Communications.
- Forrester, J. W. (1971). *World Dynamics*. Waltham, MA: Pegasus Communications.
- Forrester, J. W. (2008). Learning Through System Dynamics as Preparation for the 21st Century. In *The Systems Thinker* (Bde. 19–19, Nummer 8). Pegasus Communications, Inc. <https://thesystemsthinker.com/learning-through-system-dynamics-as-preparation-for-the-21st-century/>, last assessed

2024/07/14

- Gonzalez, C., and Wong, H., 2012. Understanding stocks and flows through analogy. *System Dynamics Review*, 28(1), 3–27.
- Gonzalez, C., Qi, L., Sriwattanakomen N., and Chrabaszcz, J., 2017. Graphical features of flow behavior and the stock and flow failure. *System Dynamics Review*, 33 (1), 59–70.
- Hayakawa, K., & Mukunoki, H. (2021). The impact of COVID-19 on international trade: Evidence from the first shock. *Journal of the Japanese and International Economies*, 60, 101135. <https://doi.org/10.1016/j.jjie.2021.101135>
- Ison, R. (2010). Introduction and rationale. In Springer eBooks (pp. 3–14). https://doi.org/10.1007/978-1-84996-125-7_1
- IPCC, 2022: Climate Change 2022: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [H.-O. Pörtner, D.C. Roberts, M. Tignor, E.S. Poloczanska, K. Mintenbeck, A. Alegría, M. Craig, S. Langsdorf, S. Löschke, V. Möller, A. Okem, B. Rama (eds.)]. Cambridge University Press. Cambridge University Press, Cambridge, UK and New York, NY, USA, 3056 pp., doi:10.1017/9781009325844.
- Kapmeier F. and Zahn E., 2001. Bathtub dynamics: results of a systems thinking inventory at the Universität Stuttgart, Universität Stuttgart Lehrstuhl für Planung.
- Kapmeier F, Happach R.M., Tilebein M. 2017. Bathtub dynamics revisited: an examination of deformation professionelle in higher education. *Systems Research and Behavioral Science*, Syst. Res 34, 227–249.
- Kasperidus, H. D. & Biber, P. (2018), Systems thinking and systems dynamics skills inquiry in an international master's program in Sustainable Resource Management. Conference Proceedings: Record of the 36th International Conference of the System Dynamics Society Reykjavík, Iceland -- August 7-9, 2018. Link: <https://proceedings.systemsdynamics.org/2018/proceed/papers/P2246.pdf>
- Kasperidus, H. D., Langfelder, H. & Biber, P. (2006). Comparing systems thinking inventory task performance in German classrooms at high school and university level. In Proceedings of the 24th International Conference of the System Dynamics Society, July 23–27, 2006 Nijmegen, The Netherlands, Größler A, Rouwette EAJA, Langer RS, Rowe JJ, Yanni JM (eds.). System Dynamics Society: Albany, NY, USA.
- Konferenz der Vereinten Nationen für Umwelt und Entwicklung. (1992). Agenda 21. https://www.un.org/Depts/german/conf/agenda21/agenda_21.pdf
- Lane, D. C. (2007). The power of the bond between cause and effect: Jay Wright Forrester and the field of system dynamics. *System Dynamics Review*, 23(2–3), 95–118. <https://doi.org/10.1002/sdr.370>
- Mack, O. & Khare, A. (2016). Perspectives on a VUCA World. In Mack, O., Khare, A., Krämer, A., Burgartz, T. (Eds). *Managing in a VUCA World*. Springer eBooks, 3–19. https://doi.org/10.1007/978-3-319-16889-0_1
- Meadows, D. H., Meadows, D. L., Randers, J., & Behrens, W. W. (1972). *The Limits to Growth: A report for the Club of Rome' project on the predicament of mankind Earth Island: London.*
- Morecroft, J. D. W. & Sterman, J. D., (Eds.) (1994). *Modeling for Learning Organizations*. Productivity Press, 426 Pages.
- Morecroft, J. D. W. 2015. *Strategic Modelling and Business Dynamics: a feedback systems approach*. Second Edition. Wiley, 504 Pages.
- Nakamura, T., Maruyama, A., Masuda, S., & Lloyd, S. (2024). The Impact of Russia's Invasion of Ukraine on Germany's Energy Choice Attitudes among Residents in German States with Nuclear Power Plants in Commission or Decommissioned. *Sustainability*, 16(5), 1999. <https://doi.org/10.3390/su16051999>
- Ossimitz (2002). *Stock-Flow-Thinking and reading stock-flow-related graphs: An Empirical Investigation in Dynamic Thinking Abilities*. Paper presented at the 20th International Conference of the System Dynamics Society, Palermo, Italy. Quaden R. and Ticotsky A., 2003. Bathtub dynamics at Carlisle Public Schools. Proceedings of the 2003 International System Dynamics Conference. System Dynamics Society, Albany, New York
- Raworth, K. (2012). A safe and just space for humanity: Can we live within the doughnut?. Oxfam discussion papers. Retrieved from: (Oxfam, Hrsg.). <https://policy-practice.oxfam.org/resources/a-safe-and-just-space-for-humanity-can-we-live-within-the-doughnut-210490/>
- Richmond, B., 1993. Systems thinking: critical thinking skills for the 1990s and beyond. *System Dynamics Review*, 9 (2), 113-133.
- Richmond, B., 2004. *An Introduction to Systems Thinking*. Isee Systems, Inc. 165 pages.
- Ross, D. R., Leonard, B. L. & Inayatullah, S. I. (2022). Leadership Beyond the Great Pause. *Journal Of Future Studies*, 26(4), 15–22. [https://doi.org/10.6531/JFS.202206_26\(4\).0002](https://doi.org/10.6531/JFS.202206_26(4).0002)
- Seneviratne, S.I., X. Zhang, M. Adnan, W. Badi, C. Deczynski, A. Di Luca, S. Ghosh, I. Iskandar, J. Kossin, S. Lewis, F. Otto, I. Pinto, M. Satoh, S.M. Vicente-Serrano, M. Wehner, and B. Zhou, 2021: Weather and Climate Extreme Events in a

- Changing Climate. In *Climate Change 2021: The Physical Science Basis*. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Masson-Delmotte, V., P. Zhai, A. Pirani, S.L. Connors, C. Péan, S. Berger, N. Caud, Y. Chen, L. Goldfarb, M.I. Gomis, M. Huang, K. Leitzell, E. Lonnoy, J.B.R. Matthews, T.K. Maycock, T. Waterfield, O. Yelekçi, R. Yu, and B. Zhou (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, pp. 1513–1766, doi:10.1017/9781009157896.013.
- Senge, P. M., 1990. *The fifth discipline: the art and practice of the learning organization*. New York: Doubleday
- Senge, P. M., 1994. *The fifth discipline fieldbook: strategies and tools for building a learning organization*. New York: Doubleday. 608 pages.
- Senge, P. M., 2010. Education for an Interdependent World: Developing Systems Citizens. In: Richmond, J., Stuntz, L., Richmond, K., Egner, J. (Eds.): *Tracing Connections: Voices of Systems Thinkers*. Lebanon (NH) : Isee Systems ; Acton (Mass.) : The Creative Learning Exchange, Page 187-211.
- Sterman, J. D. (2000). *Business Dynamics: Systems thinking and modeling for a complex world*. Irwin/McGraw-Hill.: New York. ISBN: 007238915X
- Sterman, J. D. (2002). All models are wrong: reflections on becoming a systems scientist. *System Dynamics Review*, 18(4), 501–531.
<https://doi.org/10.1002/sdr.261>
- Sterman, J. D., & Booth Sweeney, L. (2007). Understanding public complacency about climate change: Adults' mental models of climate change violate conservation of matter. *Climatic Change*, 80(3–4), 213–238.
- Sterman, J. D. (2008), Risk Communication on Climate: Mental Models and Mass Balance. *Science*; Vol. 322, Issue 5901, pp 532-533,
DOI:10.1126/science.1162574
- TAB Homepage. (n. d.) Über uns - Aufgaben und Ziele..
<https://www.tab-beim-bundestag.de/aufgaben-und-ziele.php>; last assessed 2024/11/22
- United Nations (2015a). *Transforming our world: The 2030 Agenda for sustainable development*. Resolution A/Res/70/1. Retrieved from: <https://sustainabledevelopment.un.org/post2015/transformingourworld/publication>
- United Nations (2015b). *Paris Agreement*. Retrieved from: <https://unfccc.int/process-and-meetings/the-paris-agreement>
- WCED (1987). *Report of the World Commission on Environment and Development: Our common future*. Chapter 1: 3. Sustainable Development, Retrieved from: <https://sustainabledevelopment.un.org/content/documents/5987our-common-future.pdf>
- World Meteorological Organization. (4. November 2024). Devastating rainfall hits Spain in yet another flood-related disaster. <https://wmo.int/media/news/devastating-rainfall-hits-spain-yet-another-flood-related-disaster>

Analyse und Vergleich von Maßnahmen zur Förderung digitaler Kompetenzen an Hochschulen

Ein Überblick über Hochschulprogramme und -strategien

Bilyal Khassenov, Volker Tolkmitt, Ramona Kusche

Kontakt: Bilyal Khassenov, Hochschule Mittweida, khasseno@hs-mittweida.de

Zusammenfassung

Die fortschreitende Digitalisierung stellt Hochschulen vor die Herausforderung, Studierende und Mitarbeitende gezielt auf die Anforderungen des digitalen Zeitalters vorzubereiten (Schärfl, 2018). Dieses Paper bietet eine Analyse und einen Vergleich von Maßnahmen und Programmen zur Förderung digitaler Kompetenzen an verschiedenen Hochschulen aus dem deutschsprachigen Raum, basierend auf im Jahr 2024 verfügbaren Informationen. Untersucht werden sowohl innovative Lehrveranstaltungen als auch strategische Initiativen, die darauf abzielen, die Entwicklung digitaler Kompetenzen systematisch zu unterstützen. Ziel ist es, durch die Analyse der bestehenden Programme ein breites Spektrum an alternativen Wegen aufzuzeigen, wie digitale Kompetenzen vermittelt werden können. Diese Übersicht soll als Orientierungshilfe für Entscheidungsträger:innen und Bildungspraktiker:innen dienen, um die verschiedenen Möglichkeiten zur Förderung digitaler Kompetenzen besser zu verstehen und gegebenenfalls in eigene Bildungsstrategien zu integrieren.

Keywords: digital competencies, digital literacy, higher education, educational measures, university initiatives.

1 Einführung

Hochschulen sehen sich zunehmend in der Verantwortung, ihre Studierenden nicht nur in traditionellen Fachdisziplinen auszubilden, sondern ihnen auch die notwendigen digitalen Kompetenzen zu vermitteln, die in einer zunehmend vernetzten und technologiegetriebenen Welt unabdingbar sind (Rodriguez, Horna, Placido, & Barbuda, 2024).

Digitale Kompetenzen stellen ein komplexes Konzept dar, das in der Literatur vielfältig definiert wird. Eine präzise Begriffsbestimmung kann durch ein zweistufiges Vorgehen erleichtert werden: zunächst wird ein allgemeines Verständnis von Kompetenzen entwickelt, anschließend wird dieses um die spezifischen Merkmale digitaler Kompetenzen erweitert.

Eine gängige Definition von Kompetenzen liefert Weinert, der diese als bei Individuen verfügbare oder durch sie erlernbare kognitive Fähigkeiten und Fertigkeiten beschreibt, die zur Lösung spezifischer Probleme eingesetzt werden können. Darüber hinaus umfassen Kompetenzen motivationale, volitionale und soziale Bereitschaften, welche die verantwortungsvolle und erfolgreiche Anwendung dieser Fähigkeiten in variablen Kontexten ermöglichen (Weinert, 2001).

Digitale Kompetenzen erweitern dieses Verständnis, indem sie sich auf den Erwerb und die Anwendung von Fä-

higkeiten beziehen, die für einen kompetenten Umgang mit digitalen Technologien essenziell sind. Neben technischen Fertigkeiten, wie der Bedienung von Software oder der Nutzung digitaler Kommunikationsmedien, beinhalten sie übergeordnete Fähigkeiten, beispielsweise die kritische Bewertung digitaler Inhalte, den reflektierten Umgang mit Daten sowie die kreative und lösungsorientierte Anwendung digitaler Technologien in verschiedenen Kontexten (Vuorikari, Punie, Carretero, & Van den Brande, 2016). Diese digitalen Kompetenzen reichen von grundlegenden IT-Kenntnissen über die Anwendung spezieller Softwaretools bis hin zur kritischen Reflexion der Auswirkungen digitaler Technologien auf die Gesellschaft (Kamsker, 2022). Vor diesem Hintergrund haben Hochschulen weltweit verschiedene Maßnahmen und Programme entwickelt, um ihre Studierenden auf die Herausforderungen der digitalen Transformation vorzubereiten (Schünemann & Budde, 2018).

Digitale Kompetenzen sind nicht statisch, sondern entwickeln sich in einem dynamischen Prozess, der stark durch die Veränderungen in der digitalen Landschaft geprägt ist. Diese Dynamik resultiert aus der ständigen Notwendigkeit, auf emergente, komplexe und unvorhersehbare Kontexte zu reagieren. Dabei wird die Fähigkeit betont, kontinuierlich neue Kompetenzen zu entwickeln und bestehende anzupassen. Dieser Wandel wird auch als ein "Drift to Self-Organisation" beschrieben, bei dem Individuen ihre Handlungsfähigkeit durch selbstorganisiertes Lernen und den Aufbau kognitiver, sozialer und motivationaler Ressourcen aufrechterhalten (Ehlers, et al., 2024).

Diese Dynamik wird insbesondere durch die fortschreitende Digitalisierung, Globalisierung und den Wandel der Arbeitswelt vorangetrieben. Digitale Kompetenzen erfordern daher nicht nur technisches Wissen, sondern auch die Fähigkeit, neue Technologien kritisch zu reflektieren und kreativ einzusetzen. Die Transformation dieser Kompetenzen wird durch die Notwendigkeit befördert, nicht nur kurzfristige Herausforderungen zu bewältigen, sondern auch langfristig zur gesellschaftlichen und ökologischen Entwicklung beizutragen. Diese Perspektive fordert eine tiefgehende Integration digitaler Kompetenzen in hochschulische Curricula, um Studierende nicht nur für aktuelle, sondern auch für zukünftige Herausforderungen zu rüsten (Ehlers, et al., 2024).

Die Anforderungen an digitale Kompetenzen entwickeln sich äußerst dynamisch und unterliegen ständigen Veränderungen. Jüngst wurde dieses Feld durch die erheblich erweiterten Anwendungsmöglichkeiten von KI-Lösungen, insbesondere durch die zunehmend zugänglichen und fort-

geschrittenen KI-Chatbots, signifikant erweitert (Budde, et al., 2023). Diese Entwicklung unterstreicht erneut die zentrale Bedeutung digitaler Kompetenzen. Vor diesem Hintergrund stellt sich die wesentliche Frage, wie die aktuellen Maßnahmen von Hochschulen zur Förderung digitaler Kompetenzen aussehen und wie sie systematisch charakterisiert werden können.

Vor diesem Hintergrund wird in diesem Paper ein umfassender Überblick über die aktuellen Maßnahmen an Hochschulen im deutschsprachigen Raum zur Förderung digitaler Kompetenzen gegeben. Ziel ist es, die Vielfalt der Ansätze aufzuzeigen, ihre Besonderheiten zu identifizieren und die verschiedenen Strategien miteinander zu vergleichen. Dadurch soll ein besseres Verständnis dafür geschaffen werden, welche Wege Hochschulen einschlagen, um ihren Studierenden die notwendigen digitalen Kompetenzen zu vermitteln, und welche Best Practices dabei erkennbar sind.

Die Ergebnisse dieser Untersuchung sollen als Grundlage für Hochschulen und Akteur:innen aus dem Bildungsbereich dienen, um bestehende Programme weiterzuentwickeln und neue, zielgerichtete Maßnahmen zur Förderung digitaler Kompetenzen zu implementieren. Durch die Identifikation bewährter Praktiken und innovativer Ansätze können Hochschulen besser auf die Anforderungen einer digitalen Zukunft reagieren und ihre Studierenden optimal darauf vorbereiten.

2 Methodik

Um die Objektivität und Nachvollziehbarkeit der qualitativen Analyse von Inhalten auf Webseiten zu gewährleisten, ist es essenziell, ein systematisches Vorgehen unter Anwendung klar definierter Regeln und Kategorien zu implementieren (Mayring & Fenzl, 2019). In der vorliegenden Untersuchung der Webseiten von Hochschulen wurde daher ein Ansatz gewählt, der sich an der qualitativen Inhaltsanalyse nach Mayring orientiert.

Zu Beginn der Untersuchung wurde eine gezielte Quellenrecherche durchgeführt, um relevante Informationen über Maßnahmen zur Förderung digitaler Kompetenzen an Hochschulen zu identifizieren. Diese Recherche umfasste die Formulierung spezifischer Suchanfragen in Google, die auf die Themenbereiche der Entwicklung digitaler Kompetenzen sowie die Bildungsangebote von Hochschulen ausgerichtet waren. Die verwendeten Suchanfragen lauteten: "Digital Skills Modul Universität OR Hochschule", "Digital Skills Zusatz Universität OR Hochschule", "Digitale Fähigkeiten Universität OR Hochschule", "Digitale Kompetenzen Universität OR Hochschule", "Medienkompetenz Universität OR Hochschule", und "Digital Skills ECTS".

Für die Auswahl relevanter Maßnahmen unter den Suchergebnissen wurden spezifische Einschluss- und Ausschlusskriterien definiert. Die Einschlusskriterien waren: (1) Die auf der Webseite beschriebene Maßnahme bezieht sich auf digitale Kompetenzen, die auch unter anderen Bezeichnungen wie digitale Fähigkeiten oder Digital Skills

auftreten können; (2) die Informationen stammen von der offiziellen Webseite der jeweiligen Hochschule; und (3) die betreffende Hochschule befindet sich im deutschsprachigen Raum. Als Ausschlusskriterium wurde festgelegt, dass Maßnahmen, die nicht von einer Hochschule, sondern von anderen Institutionen umgesetzt wurden, nicht berücksichtigt werden.

Die Auswahl der Hochschulen erfolgte durch eine systematische Analyse der ersten fünf Seiten der Google-Suchergebnisse, die mit relevanten Suchbegriffen durchgeführt wurde. Die Begrenzung auf die ersten fünf Seiten wurde gewählt, um eine praktikable Grenze zu setzen und die Recherche effizient zu gestalten. Dabei wurden die relevantesten Maßnahmen ausgewählt, die den zuvor definierten Einschlusskriterien entsprachen. Die Recherche wurde im August 2024 durchgeführt und führte zur Identifizierung von 30 Webseiten, die Maßnahmen von Hochschulen beschreiben. Davon stammten 23 Webseiten von Hochschulen aus Deutschland, 5 aus der Schweiz und 2 aus Österreich.

Nachdem das Material in Form von Webseiten mit Informationen über Maßnahmen zur Entwicklung digitaler Kompetenzen gesammelt worden war, wurden die Analyseeinheiten und Analyseregeln festgelegt. Die Kategoriebildung erfolgte auf induktivem Wege. Durch die Durchführung von Intrakoder- und Interkoder-Übereinstimmungsprüfungen wurde die finale Konstellation der Kategorien für die abschließende Analyse des gesammelten Materials definiert.

3 Analyse

Im Zuge der induktiven Kategoriebildung sowie der anschließenden Prüfung der Intrakoder- und Interkoder-Übereinstimmung wurden für die Analyse der Maßnahmen folgende Kategorien festgelegt: Maßnahmenform, Zielgruppe(n), Strukturelle Verankerung, Deklariertes Ziel, Struktur/Aufbau, Umfang in SWS, ECTS-Punkte, Dauer in Semestern, Inhaltliche Schwerpunkte, Anrechenbarkeit, Online/Präsenz, Prüfungsform, Zertifikat bei Abschluss.

3.1 Maßnahmenform

Die Analyse der Benennungen von Maßnahmenformen zur Förderung digitaler Kompetenzen zeigt eine deutliche Tendenz zur Standardisierung bestimmter Begriffe und Konzepte, insbesondere durch die häufige Verwendung von Bezeichnungen wie "Digital Skills" und "Digitale Kompetenzen". Diese terminologische Konsistenz unterstreicht den zentralen Stellenwert digitaler Kompetenzen in der Hochschulbildung. Gleichzeitig offenbart sich eine bemerkenswerte Diversität in der Ausgestaltung der Angebote, sowohl hinsichtlich der thematischen Schwerpunkte als auch der didaktischen Formate. Dies zeigt sich insbesondere in der Bandbreite von modularen, zertifikatsorientierten Programmen (Technische Universität Braunschweig, 2024) bis hin zu spezialisierten Seminaren (Christian-Albrechts-Universität zu Kiel, 2024) und interdisziplinären Studienangeboten (Frankfurt University of Applied Sciences, 2024). Die Institutionalisierung solcher Maßnahmen, etwa durch zentrale Einrichtungen (Eberhard Karls

Universität Tübingen, 2024) oder spezialisierte Kompetenzzentren (Julius-Maximilians-Universität Würzburg, 2024), signalisiert zudem die zunehmende Integration und Verankerung von Inhalten zur Förderung digitaler Kompetenzen in die Strukturen der Hochschulen. Insgesamt lässt sich feststellen, dass die Nomenklatur dieser Maßnahmen eine Balance zwischen normativer Standardisierung und flexibler, zielgruppenspezifischer Anpassung widerspiegelt, die den unterschiedlichen Anforderungen und Zielsetzungen in der Vermittlung digitaler Kompetenzen gerecht wird.

3.2 Zielgruppe(n)

Die Analyse der Zielgruppen zeigt, dass die meisten Maßnahmen zur Förderung digitaler Kompetenzen primär auf Studierende abzielen. Dies trifft auf 24 der 30 analysierten Maßnahmen zu. Insbesondere richten sich viele Angebote an alle Studierenden unabhängig von Studienrichtung oder -fach, wie etwa das Digital-Skills-Modul (Heinrich-Heine-Universität Düsseldorf, 2024). Darüber hinaus werden bestimmte Maßnahmen auch auf spezifische Studierendengruppen zugeschnitten, beispielsweise Bachelor- oder Masterstudierende (Universität Konstanz, 2024), oder auf Studienanfänger:innen, wie im „Basismodul Digitale Kompetenzen“ (Julius-Maximilians-Universität Würzburg, 2024).

Außerdem richten sich einige Maßnahmen sowohl an Studierende als auch an Mitarbeitende, wie beispielsweise der Selbstlernkurs „UPGRADE your digital skills“ (Universität Basel, 2024).

Besondere Zielgruppen sind jedoch ebenfalls vertreten. Berufstätige und Führungskräfte werden durch spezifische Weiterbildungsprogramme, wie „Digital Skills@work“ (Technische Universität Braunschweig, 2024) angesprochen, die oft auf die berufliche Praxis zugeschnitten sind. Weiterhin gibt es Angebote, die explizit Lehrende ansprechen (Hochschule Fulda, 2024), etwa durch Schulungen und Beratungsangebote im Bereich digitale Lehre. Diese Vielfalt in den Zielgruppen zeigt, dass die Vermittlung digitaler Kompetenzen sowohl in der breiten Studierendenschaft als auch bei spezifischen Fach- oder Berufsgruppen von hoher Relevanz ist. Die Maßnahmen werden demnach sowohl generalistisch als auch zielgruppenspezifisch konzipiert, um den unterschiedlichen Bedürfnissen und Anforderungen gerecht zu werden.

3.3 Strukturelle Verankerung

Die strukturelle Verankerung der Maßnahmen zur Förderung digitaler Kompetenzen an den Hochschulen weist auf vielfältige Möglichkeiten der institutionellen Einbettung hin, die sowohl zentrale universitäre Organisationseinheiten als auch fachspezifische Institute und Stabsstellen umfasst. Viele dieser Angebote sind in zentralen universitären Strukturen wie der Studierendenakademie (Heinrich-Heine-Universität Düsseldorf, 2024), der Zentralstelle für Weiterbildung (Technische Universität Braunschweig, 2024), der Stabsstelle Digitale Universität (Friedrich-Schiller-Universität Jena, 2024) oder dem Zentrum für Schlüsselqualifikationen (Albert-Ludwigs-Universität Freiburg, 2024) angesiedelt. Diese organisatorische Einbindung legt nahe, dass die Ver-

mittlung digitaler Kompetenzen als integraler Bestandteil der akademischen Ausbildung angesehen und daher fächerübergreifend zugänglich gemacht wird. Darüber hinaus deutet diese Platzierung darauf hin, dass das Thema digitale Kompetenzen an den Hochschulen als strategisch wichtig und langfristig bedeutend betrachtet wird.

Eine häufige Beobachtung ist die fachspezifische Verankerung bestimmter Programme, wie beispielsweise im Institute of Artificial Intelligence (Medizinische Universität Wien, 2024) oder der School of Education (Bergische Universität Wuppertal, 2024). Solche Maßnahmen richten sich häufig an spezifische Zielgruppen innerhalb der Hochschulen und fördern digitale Kompetenzen in einem bestimmten Kontext.

Hervorzuheben ist zudem die Integration dieser Angebote in interdisziplinäre Einrichtungen und Initiativen, wie beispielsweise die School for Transdisciplinary Studies (Universität Zürich, 2024) oder das Zentrum für interdisziplinäres Lernen und Lehren (Technische Universität Dresden, 2024). Dies verdeutlicht den interdisziplinären Charakter digitaler Kompetenzen und deren Relevanz für unterschiedliche wissenschaftliche und berufliche Disziplinen.

Es ist zudem bemerkenswert, dass drei der untersuchten Maßnahmen strukturell in den Bibliotheken der jeweiligen Hochschulen verankert sind (Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg, 2024) und bei einer weiteren Universität die Maßnahme im Career Center angesiedelt ist (Universität Bremen, 2024).

Insgesamt zeigt sich, dass die strukturelle Platzierung dieser Maßnahmen sowohl zentralisiert als auch dezentral erfolgen kann, wobei eine deutliche Tendenz zur Einbindung in zentrale, überfachliche Organisationseinheiten erkennbar ist.

3.4 Deklariertes Ziel

Die deklarierten Ziele der Maßnahmen zur Förderung digitaler Kompetenzen an den Hochschulen zeigen ein breites Spektrum an Intentionen und Zielsetzungen, die sowohl auf die allgemeine Verbesserung der digitalen Kompetenzen als auch auf spezifische berufliche und akademische Anforderungen abzielen.

Ein zentrales Anliegen vieler Programme ist die Vermittlung grundlegender digitaler Kompetenzen, die Studierende benötigen, um in einer zunehmend digitalisierten Welt erfolgreich zu agieren. So zielt das Digital-Skills-Modul der Heinrich-Heine-Universität Düsseldorf beispielsweise darauf ab, Studierenden die Fähigkeiten zu vermitteln, um komplexe technologische Prozesse besser zu verstehen und digitale Medien effektiver zu nutzen (Heinrich-Heine-Universität Düsseldorf, 2024). Ebenso verfolgt das Qualifizierungsprogramm DigKom@OHM der Technischen Hochschule Nürnberg das Ziel, Studierenden die notwendigen digitalen Kompetenzen für Studium und Beruf zu vermitteln, einschließlich des kreativen Einsatzes digitaler Werkzeuge und der sicheren Nutzung von Online-Plattformen (Technische Hochschule Nürnberg Georg Simon Ohm, 2024).

Darüber hinaus gibt es Maßnahmen, die explizit auf die Vorbereitung der Studierenden auf den Arbeitsmarkt ausgerichtet sind. Das Zusatzstudium "Digital Skills" der Ost-bayerischen Technischen Hochschule Regensburg beispielsweise betont die Bedeutung überfachlicher Kompetenzen für die berufliche Zukunft der Teilnehmenden (Ost-bayerische Technische Hochschule Regensburg, 2024). Ähnliche Zielsetzungen finden sich in der Weiterbildungsinitiative Digital Skills@work der Technischen Universität Braunschweig (Technische Universität Braunschweig, 2024), die unter anderem den Wissenstransfer aktueller Forschungsergebnisse in die Praxis fördern soll.

Eine weitere bemerkenswerte Beobachtung ist die fachspezifische Ausrichtung einiger Angebote, wie etwa die Programme an der Medizinischen Universität Wien, die zukünftiges ärztliches Personal im Bereich der digitalen Medizin schulen (Medizinische Universität Wien, 2024), oder das Seminar Future Skills - KI der Universität Kiel (Christian-Albrechts-Universität zu Kiel, 2024), das auf die Bedeutung von Künstlicher Intelligenz im beruflichen Kontext eingeht. Diese Programme sind darauf ausgelegt, spezifische digitale Kompetenzen zu vermitteln, die in bestimmten Berufsfeldern von besonderer Relevanz sind.

Besonders hervorzuheben ist auch die interdisziplinäre Ausrichtung einiger Maßnahmen. Das DSI Minor Digital Skills der Universität Zürich beispielsweise verfolgt das Ziel, Studierende auf die Herausforderungen der digitalen Transformation vorzubereiten, indem es eine multidisziplinäre Perspektive auf die Digitalisierung bietet und Studierende dazu anregt, ihre digitalen Fähigkeiten in interdisziplinären Teams zu vertiefen und anzuwenden (Universität Zürich, 2024).

Insgesamt verdeutlichen die formulierten Ziele der Maßnahmen, dass die Förderung digitaler Kompetenzen an den Hochschulen nicht nur als technologische Notwendigkeit, sondern auch als integraler Bestandteil der akademischen und beruflichen Bildung betrachtet wird. Dabei wird sowohl die allgemeine Grundbildung im Kontext der digitalen Kompetenzen als auch die spezialisierte Ausbildung in digitalen Schlüsselkompetenzen angestrebt, um Studierende umfassend auf die Anforderungen der digitalen Gesellschaft und des Arbeitsmarktes vorzubereiten.

3.5 Struktur/Aufbau

Die strukturelle Gestaltung der Maßnahmen zur Förderung digitaler Kompetenzen an Hochschulen variiert erheblich und umfasst sowohl klar definierte Module (Hochschule für angewandte Wissenschaften München, 2024) als auch flexible Kursangebote (Universität Koblenz, 2024). Innerhalb der analysierten 30 Maßnahmen weisen sechs eine sequenzielle und kompetenzebenenbasierte Lernprogression auf, während 14 Programme eher thematisch strukturiert sind (Johann Wolfgang Goethe-Universität Frankfurt am Main, 2024). Darüber hinaus existieren neun Maßnahmen, die entweder als Sammlung dezentral entwickelter Weiterbildungsangebote oder als thematische Kurs-Inhaltspools organisiert sind (Europa-Universität Flensburg, 2024). Diese diversen Struktur-

sätze reflektieren die Bandbreite pädagogischer Strategien, die darauf abzielen, Studierenden sowohl theoretische Kenntnisse als auch praktische Anwendungsfähigkeiten zu vermitteln, angepasst an die spezifischen Anforderungen und die dynamischen Entwicklungen im Bereich der digitalen Technologien.

3.6 Umfang in SWS

Die Analyse des Umfangs der Maßnahmen zur Förderung digitaler Kompetenzen an Hochschulen in Semesterwochenstunden (SWS) zeigt eine beträchtliche Varianz, die unterschiedliche Bildungsziele und -intensitäten widerspiegelt. Von den betrachteten Maßnahmen haben 15 keine öffentlich zugänglichen Angaben zum SWS-Umfang. Bei sieben weiteren Maßnahmen ist der SWS-Umfang nicht anwendbar, da diese in Formaten angeboten werden, die sich nicht sinnvoll in Semesterwochenstunden ausdrücken lassen.

Bei den spezifizierten Umfängen zeigt sich, dass drei Maßnahmen jeweils 2 SWS umfassen, zwei Maßnahmen 4 SWS und eine jeweils 1 SWS, 12 SWS und 8 SWS. Die Bandbreite von 1 bis 12 SWS unterstreicht die Diversität der Lehrangebote, von kurzen Einführungen in digitale Kompetenzen bis hin zu umfassenden Kursen. Diese Vielfalt in den angebotenen SWS spiegelt die unterschiedliche Intensität der Lehrinhalte wider.

3.7 ECTS-Punkte

Die Verteilung der ECTS-Punkte für Maßnahmen zur Förderung digitaler Kompetenzen an Hochschulen illustriert ebenfalls eine breite Spanne an Bildungsangeboten, die in ihrer Intensität variieren. Neun Maßnahmen haben keine ECTS-Angaben, und für fünf Maßnahmen sind ECTS-Punkte nicht zutreffend.

Unter den spezifisch zugeordneten ECTS-Werten zeigen sich sowohl gängige als auch seltene Varianten: Drei Maßnahmen vergeben je 5 ECTS, und zwei weitere je 6 ECTS. Einzelne Maßnahmen bieten eine breite Palette von ECTS-Werten, von 0,5 bis 32 ECTS, wobei die seltener vorkommenden Werte (0,5; 1; 1,5; 2; 2,5; 3; 4; 9; 12; 15; 30 und 32 ECTS) jeweils nur einmal vorkommen. Diese Vielfalt unterstreicht, dass einige Programme intensive, umfassende Lernangebote darstellen, die über mehrere Semester hinweg angelegt sind, während andere auf spezifischere oder kürzere Lernziele ausgerichtet sind.

Diese breite Streuung in der Vergabe von ECTS zeigt, dass Hochschulen digitale Kompetenzen in sehr unterschiedlichem Umfang fördern, von minimalen, ergänzenden Einheiten bis hin zu vollwertigen Studienprogrammen wie das Erweiterungsstudium Digitale Kompetenzen der Universität Klagenfurt (Universität Klagenfurt, 2024) oder das 30 ECTS-Master-Minor-Studienprogramm DSI Minor Digital Skills, die umfangreiches Engagement erfordern (Universität Zürich, 2024). Dadurch wird die Anpassungsfähigkeit der Bildungsangebote an verschiedene Studienverläufe und die individuellen Bedürfnisse der Studierenden betont.

3.8 Dauer in Semestern

Die Dauer der Maßnahmen zur Förderung digitaler Kompetenzen an Hochschulen, gemessen in Semestern, zeigt ebenfalls eine breite Streuung, wobei die meisten Programme auf ein Semester ausgerichtet sind. Insgesamt 13 Maßnahmen sind auf eine Dauer von einem Semester konzipiert. Dies ermöglicht den Studierenden, digitale Kompetenzen in einem kompakten Format zu erwerben, das sich gut in den regulären Studienverlauf integrieren lässt.

Bei sechs Maßnahmen fehlt eine Angabe zur Dauer, und weitere sechs Maßnahmen sind in einem Format organisiert, das nicht dem üblichen Semester-Raster entspricht.

Zwei Programme sind für eine Dauer von zwei Semestern angelegt, was auf eine tiefere und intensivere Auseinandersetzung mit digitalen Fähigkeiten schließen lässt, die über das übliche Maß eines einführenden Kurses hinausgeht. Eine Maßnahme bietet die Flexibilität, innerhalb von ein bis zwei Semestern abgeschlossen zu werden (Technische Hochschule Nürnberg Georg Simon Ohm, 2024), und eine weitere spezifiziert zwei Semester mit der Option auf zwei zusätzliche Toleranzsemester, was den Studierenden zusätzliche Flexibilität bei der Fertigstellung bietet (Universität Klagenfurt, 2024). Eine Maßnahme ist auf drei Semester ausgelegt, was eine noch umfassendere und möglicherweise interdisziplinäre Auseinandersetzung mit digitalen Themen andeutet (Ostbayerische Technische Hochschule Regensburg, 2024).

3.9 Inhaltliche Schwerpunkte

Die inhaltlichen Schwerpunkte der Maßnahmen zur Förderung digitaler Kompetenzen an Hochschulen decken ein breites Spektrum ab, das von technischen Fähigkeiten bis hin zu interdisziplinären Studien reicht. Einige Programme, wie das Digital-Skills-Modul an der Heinrich-Heine-Universität Düsseldorf, konzentrieren sich auf grundlegende technologische, methodische und rechtliche Kompetenzen (Heinrich-Heine-Universität Düsseldorf, 2024), während andere, wie das Zusatzstudium Digital Skills an der Ostbayerischen Technischen Hochschule Regensburg, spezialisierte Themen wie Machine Learning, Data Science und Künstliche Intelligenz umfassen (Ostbayerische Technische Hochschule Regensburg, 2024).

Programme im medizinischen Bereich, wie die Ringvorlesung an der Medizinischen Universität Wien, behandeln spezifische Anwendungen der Digitalisierung in der Medizin, einschließlich Big Data und Robotik (Medizinische Universität Wien, 2024). Andere Maßnahmen, wie die an der Universität Zürich, nehmen eine breitere Perspektive ein und adressieren Themen wie Klimawandel und soziale Gerechtigkeit im Kontext der Digitalisierung (Universität Zürich, 2024).

Die Vielfalt setzt sich in spezialisierten Kursen fort, die praktische Fähigkeiten vermitteln, wie in der Technischen Hochschule Nürnberg, wo Workshops zu ChatGPT, virtuellen Räumen und Industrie 4.0 angeboten werden (Technische Hochschule Nürnberg Georg Simon Ohm, 2024). Auch interdisziplinäre Ansätze sind prominent, wo-

bei Programme wie das DSI Minor Digital Skills Studium an der Universität Zürich die Studierenden dazu ermutigen, die digitale Transformation durch verschiedene wissenschaftliche und praktische Blickwinkel zu betrachten (Universität Zürich, 2024).

Diese unterschiedlichen inhaltlichen Ausrichtungen spiegeln die breite Palette an Kompetenzen wider, die in der heutigen digital geprägten Welt relevant sind. Sie zeigen auch, dass Hochschulen bestrebt sind, Studierende nicht nur mit spezifischen technischen Fähigkeiten auszustatten, sondern auch mit einem umfassenden Verständnis der sozialen, ethischen und beruflichen Implikationen der Digitalisierung.

3.10 Anrechenbarkeit

Die Anrechenbarkeit von Maßnahmen zur Förderung digitaler Kompetenzen an Hochschulen variiert erheblich, abhängig von den spezifischen Regelungen der jeweiligen Institutionen und Studiengänge. Ein Großteil der Programme, wie jene an der Universität Kiel (Christian-Albrechts-Universität zu Kiel, 2024), Universität Luzern (Universität Luzern, 2024) und Bergischen Universität Wuppertal (Bergische Universität Wuppertal, 2024), bestätigen eine klare Anrechenbarkeit für die Studierenden, oft als Teil von Schlüsselqualifikationen oder im Rahmen spezifischer Studienmodule.

Andere Maßnahmen erfordern eine individuelle Abklärung mit den Prüfungskommissionen oder Fachberatungen, wie am Beispiel der Ostbayerischen Technischen Hochschule Regensburg (Ostbayerische Technische Hochschule Regensburg, 2024) und der Universität Bern (Universität Bern, 2024) ersichtlich. Dies unterstreicht die Notwendigkeit, dass Studierende die Anrechenbarkeit proaktiv klären müssen, was den administrativen Aufwand und die Unsicherheit für die Studierenden erhöht.

Einige spezialisierte Programme, insbesondere Weiterbildungsangebote für Berufstätige oder Lehrende, wie an der Technischen Universität Braunschweig (Technische Universität Braunschweig, 2024) und Universität Greifswald (Universität Greifswald, 2024), sind explizit nicht für eine Anrechnung auf akademische Grade vorgesehen. Dies zeigt, dass solche Programme eher auf die berufliche Entwicklung ausgerichtet sind.

Interessanterweise gibt es auch Maßnahmen, deren Anrechenbarkeit noch geklärt werden muss oder bei denen keine Informationen verfügbar sind. Insgesamt spiegelt dies eine breite Palette von Ansätzen wider, wie digitale Bildungsangebote in die bestehenden akademischen Strukturen integriert werden können, wobei die Flexibilität und Anpassungsfähigkeit der Programme an die Bedürfnisse der Studierenden betont wird.

3.11 Online / Präsenz

Die Form der Veranstaltung bei Maßnahmen zur Förderung digitaler Kompetenzen an Hochschulen variiert stark und reicht von rein online über Hybridmodelle bis hin zu Präsenzformaten.

Einige Programme, wie das Erweiterungsstudium an der Universität Klagenfurt (Universität Klagenfurt, 2024), werden komplett online angeboten, was Flexibilität in der Teilnahme ermöglicht und insbesondere in der aktuellen global vernetzten Bildungswelt von Vorteil ist. Andere, wie das Zusatzstudium Digital Skills an der Ostbayerischen Technischen Hochschule Regensburg (Ostbayerische Technische Hochschule Regensburg, 2024) und das Qualifizierungsprogramm für digitale Kompetenzen der Technischen Hochschule Nürnberg (Technische Hochschule Nürnberg Georg Simon Ohm, 2024), verwenden Blended-Learning-Formate, die sowohl Online-Elemente als auch Präsenzlehre kombinieren, um die Vorteile beider Lernformen zu nutzen.

Hybridformate, wie bei der Veranstaltungsreihe Digital Skills HUB der Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg (Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg, 2024) und dem Zusatzzeugnis Digitale Kompetenz der Justus-Liebig-Universität Gießen (Justus-Liebig-Universität Gießen, 2024), ermöglichen eine flexible Teilnahme, die sowohl die Interaktion vor Ort als auch die digitale Teilnahme integriert.

Außerdem gibt es auch eine Reihe von Maßnahmen, bei denen die Veranstaltungsform nicht genau spezifiziert ist.

3.12 Prüfungsform

Die Prüfungsformen der Maßnahmen zur Förderung digitaler Kompetenzen an Hochschulen variieren stark und sind oft spezifisch auf das Format und die Lernziele der jeweiligen Kurse abgestimmt. Einige Programme nutzen traditionelle Prüfungsformen wie Essays und Multiple-Choice-Tests, während andere komplexere Bewertungsmethoden einsetzen, darunter Portfolioprüfungen, Projektarbeiten und Abschlusspräsentationen.

Zum Beispiel verwendet das Zusatzstudium Digital Skills an der Ostbayerischen Technischen Hochschule Regensburg (Ostbayerische Technische Hochschule Regensburg, 2024) Portfolioprüfungen für die Bewertung, was auf eine kompetenzbasierte Beurteilung hindeutet, die die praktischen Fähigkeiten der Studierenden widerspiegelt. Das Pflichtmodul Interdisziplinäres Studium Generale an der Frankfurt University of Applied Sciences (Frankfurt University of Applied Sciences, 2024) betont ebenfalls die Projektarbeit und Präsentation, was die Anwendung von Wissen in realen Kontexten fördert.

Andere Programme, wie das Virtual Collaborative Learning Programm Führerschein für Digitalkompetenzen für Studierende der Technischen Universität Dresden (Technische Universität Dresden, 2024), nutzen "Komplexe Leistungen" als Prüfungsformat, das wahrscheinlich eine umfassende Bewertung der erworbenen Kompetenzen in virtuellen und kollaborativen Umgebungen ermöglicht. Das Zertifikat Digitale Kompetenzen an der Albert-Ludwigs-Universität Freiburg (Albert-Ludwigs-Universität Freiburg, 2024) erfordert den erfolgreichen Abschluss aller erforderlichen Veranstaltungen und deckt dabei eine breite Palette von Kompetenzbereichen ab.

Bei 13 der analysierten Maßnahmen ist die Art der Prüfungsform nicht direkt kommuniziert.

Insgesamt zeigt sich, dass die Hochschulen bestrebt sind, ihre Bewertungsmethoden den spezifischen Lernzielen der digitalen Bildungsangebote anzupassen, von der Entwicklung praktischer Fähigkeiten bis hin zur Förderung kritischen Denkens und interdisziplinärer Kompetenzen.

3.13 Zertifikat bei Abschluss

Die Erteilung von Zertifikaten nach Abschluss digitaler Kompetenzmaßnahmen an Hochschulen variiert erheblich, was darauf hindeutet, dass einige Institutionen formelle Anerkennungen bieten, während andere dies nicht tun. Mehrere Programme, darunter das Digital-Skills-Modul der Heinrich-Heine-Universität Düsseldorf (Heinrich-Heine-Universität Düsseldorf, 2024), das Zusatzstudium Digital Skills der Ostbayerischen Technischen Hochschule Regensburg (Ostbayerische Technische Hochschule Regensburg, 2024) und das Seminar Future Skills - KI der Universität Kiel (Christian-Albrechts-Universität zu Kiel, 2024), bieten Abschlusszertifikate an, die die erworbenen Kenntnisse und Fähigkeiten der Teilnehmenden offiziell bestätigen.

Besonders zu erwähnen sind auch spezialisierte Zertifikate wie das Data Literacy Zertifikatsprogramm der Friedrich-Schiller-Universität Jena (Friedrich-Schiller-Universität Jena, 2024) und das Zertifikat Data Literacy der Universität Tübingen (Eberhard Karls Universität Tübingen, 2024), die auf spezifische digitale Kompetenzen ausgerichtet sind.

Bei 12 Maßnahmen ist nicht spezifiziert, ob nach Abschluss ein Zertifikat vergeben wird.

Die Daten zeigen, dass die Vergabe von Zertifikaten oft von den spezifischen Zielen und Strukturen der Programme abhängt, wobei einige Hochschulen Wert auf eine formelle Anerkennung der Kompetenzen legen.

4 Zusammenfassung und Diskussion

Die vorliegende Untersuchung liefert einen umfassenden Einblick in die aktuellen Maßnahmen zur Förderung digitaler Kompetenzen an Hochschulen im deutschsprachigen Raum. Sie offenbart eine signifikante Vielfalt in den Ansätzen und Strukturen dieser Bildungsangebote, die von modularen, zertifikatsorientierten Programmen bis hin zu spezialisierten Seminaren und interdisziplinären Studien reichen. Die Analyse zeigt, dass die Hochschulen bestrebt sind, sowohl grundlegende digitale Fähigkeiten als auch spezialisierte Kompetenzen zu vermitteln, die auf die Anforderungen des Arbeitsmarktes und die digitalen Herausforderungen in verschiedenen beruflichen Kontexten abgestimmt sind.

Ein Großteil der Programme ist darauf ausgerichtet, Studierende umfassend auf die digitalen Herausforderungen der Zukunft vorzubereiten. Dies geschieht durch die Vermittlung von technischen Skills sowie durch die Förderung eines tiefgreifenden Verständnisses der sozialen, ethischen

und professionellen Implikationen der Digitalisierung. Die institutionelle Verankerung dieser Programme zeigt eine Tendenz zur Integration in zentrale Strukturen der Hochschulen, was ihre strategische Bedeutung unterstreicht.

Die Untersuchung verdeutlicht weiterhin, dass die Maßnahmen oft flexibel gestaltet sind, um unterschiedlichen Lernbedürfnissen gerecht zu werden. Die Prüfungsformen sind ebenso divers, was auf eine Anpassung an spezifische Lernziele und Bildungsformate hinweist.

Basierend auf den Erkenntnissen dieser Untersuchung lassen sich einige Empfehlungen für die Konzeption zukünftiger Programme zur Förderung digitaler Kompetenzen ableiten. Erstens sollte die Flexibilität der Programme weiter ausgebaut werden, um den unterschiedlichen Lernbedürfnissen und -stilen der Studierenden gerecht zu werden. Dies könnte durch die Integration von modularen und anpassungsfähigen Lernformaten erreicht werden, die sowohl Präsenz- als auch Online-Komponenten umfassen.

Zweitens zeigt die Analyse, dass eine stärkere institutionelle Verankerung solcher Programme von Vorteil ist. Es wäre daher ratsam, digitale Kompetenzen nicht nur als isolierte Bildungsangebote, sondern als integrale Bestandteile der gesamten Studienstruktur zu betrachten. Dies könnte durch die Einbindung digitaler Kompetenzen in die Kerncurricula der verschiedenen Studiengänge geschehen, um deren Relevanz und Anwendung im jeweiligen Fachbereich zu stärken.

Drittens sollten zukünftige Programme verstärkt auf die Vermittlung von interdisziplinären Kompetenzen abzielen, die sowohl technische Fähigkeiten als auch ein tiefes Verständnis für die sozialen, ethischen und professionellen Implikationen der Digitalisierung umfassen. Eine enge Zusammenarbeit mit der Industrie und anderen externen Beteiligten könnte dabei helfen, die Programme praxisorientiert und zukunftsgerichtet zu gestalten.

Diese Empfehlungen können Hochschulen dabei unterstützen, ihre Bildungsangebote gezielt weiterzuentwickeln, um den dynamischen Anforderungen der digitalen Ära gerecht zu werden und ihre Studierenden optimal auf die zukünftigen Herausforderungen vorzubereiten.

Die Verortung digitaler Kompetenzen geht jedoch über die hochschulische Ebene hinaus. Während die hier untersuchten Programme vorrangig auf die Förderung von Kompetenzen abzielen, die für die Bewältigung digitaler Herausforderungen notwendig sind, steht auch die Frage nach deren Anwendung im beruflichen und gesellschaftlichen Kontext im Raum. Hochschulen sind nicht nur Orte der Wissensvermittlung, sondern bereiten Studierende auf dynamische Anforderungen des Arbeitsmarkts und die aktive Gestaltung gesellschaftlicher Transformationsprozesse vor.

Digitale Kompetenzen sind daher nicht allein aus hochschulischer Perspektive zu betrachten. Sie umfassen eine Vielzahl an Fähigkeiten, die sowohl technische als auch interdisziplinäre Aspekte integrieren, um in komplexen,

globalisierten und technologisierten Umfeldern erfolgreich handlungsfähig zu sein (Ehlers, et al., 2024). Hochschulen sollten eine Balance finden zwischen arbeitsmarktorientierter Kompetenzentwicklung und der Förderung umfassender Bildungsziele, wie etwa Persönlichkeitsentwicklung, gesellschaftlicher Verantwortung und wissenschaftlicher Reflexionsfähigkeit. Diese doppelte Zielsetzung verlangt nach enger Kooperation mit der Industrie und externen Partner:innen, ohne dabei die wissenschaftliche Unabhängigkeit und das übergeordnete Bildungsziel der Hochschulen aus den Augen zu verlieren.

Dabei ist es wichtig zu beachten, dass die vorliegende Untersuchung nur eine begrenzte Stichprobe der Hochschulen im deutschsprachigen Raum abdeckt. Diese begrenzte Sichtbarkeit könnte auf unterschiedliche Faktoren zurückzuführen sein, wie z. B. unzureichende Online-Präsenz oder spezifische Suchkriterien. Daher ist es möglich, dass weitere, bisher unentdeckte relevante Maßnahmen existieren. Zukünftige Studien sollten daher eine breitere Erhebung in Betracht ziehen, um ein vollständigeres Bild der Maßnahmen zur Förderung digitaler Kompetenzen an Hochschulen im deutschsprachigen Raum zu zeichnen.

Literaturverzeichnis

- Albert-Ludwigs-Universität Freiburg. (16. August 2024). *Zertifikat Digitale Kompetenzen - Zentrum für Schlüsselqualifikationen*. Von Albert-Ludwigs-Universität Freiburg: <https://www.zfs.uni-freiburg.de/de/zertifikat-digitale-kompetenzen> abgerufen
- Bergische Universität Wuppertal. (16. August 2024). *Modul "Digitale Kompetenz"*. Von Bergische Universität Wuppertal: <https://soe.uni-wuppertal.de/de/studium/isk-bachelor/optionalbereich/optionalbereich-start-abwise-21/22/modul-digitale-kompetenz/> abgerufen
- Budde, K., Hiltawsky, K., Eskofier, B., Heismann, B., Kirchner, E., Klevesath, M., Wolf-Ostermann, K. (2023). *KI für Gesundheitsfachkräfte Chancen und Herausforderungen von medizinischen und pflegerischen KI-Anwendungen*. München: Lernende Systeme – Die Plattform für Künstliche Intelligenz.
- Christian-Albrechts-Universität zu Kiel. (16. August 2024). *Lehrveranstaltung Future Skills - KI*. Von UnivIS Informationssystem der Universität Kiel: https://univis.uni-kiel.de/formbot/dsc_3Danew_2Flecture_view_26lvs_3Dzentra_1_2Fservic_2Fstudiu_2Fintern_2Frefera_4_2F_futur_26dir_3Dzentra_1_2Fservic_2Fstudiu_2Fintern_2Frefera_4_26lang_3Dde_26ref_3Dlecture abgerufen
- Eberhard Karls Universität Tübingen. (16. August 2024). *Dr. Eberle Zentrum für digitale Kompetenzen*. Von Universität Tübingen: <https://uni-tuebingen.de/einrichtungen/zentrale-einrichtungen/dr-eberle-zentrum-fuer-digitale-kompetenzen/> abgerufen

- Europa-Universität Flensburg. (16. August 2024). *#MKTP-GeWi Medienkompetenz zwischen Theorie und Praxis*. Von Europa-Universität Flensburg: <https://www.uni-flensburg.de/geschichte/studium-lehre/mktp-gewi-medienkompetenz-zwischen-theorie-und-praxis#c181274> abgerufen
- Frankfurt University of Applied Sciences. (16. August 2024). *Interdisziplinäres Studium Generale*. Von Frankfurt University of Applied Sciences: <https://www.frankfurt-university.de/de/studium/interdisziplinares-studium-generale/> abgerufen
- Fricke, J., Bauer-Hägele, S., & Horn, D. e. (2019). *Peer-Learning in der Lehrer*innenbildung: Gemeinsam und auf Augenhöhe lernen* (Bd. 19. Jahrgang (2019) Heft 3). Bad Heilbrunn: Verlag Julius Klinkhardt. doi:<https://doi.org/10.35468/jlb-03-201901>
- Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg. (16. August 2024). *Digitale Skills: Jetzt für kostenlose UB-Kurse anmelden!* Von Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg: <https://www.fau.de/2024/04/news/studium/digitale-skills-jetzt-fuer-kostenlose-ub-kurse-anmelden/> abgerufen
- Friedrich-Schiller-Universität Jena. (16. August 2024). *Digitalisierung in Studium und Lehre*. Von Friedrich-Schiller-Universität Jena: <https://www.uni-jena.de/100705/digitalisierung-in-studium-und-lehre#kompetenzvermittlung> abgerufen
- Heinrich-Heine-Universität Düsseldorf. (16. August 2024). *Digital-Skills-Modul*. Von Heinrich-Heine-Universität Düsseldorf: <https://www.studierendenakademie.hhu.de/digital-skills-modul> abgerufen
- Hochschule Fulda. (16. August 2024). *Digitale Kompetenzen - Hochschule Fulda*. Von Hochschule Fulda: <https://www.hs-fulda.de/unsere-hochschule/a-z-alle-institutionen/dienstleistungen-lehre-und-studium/fuer-lehrende/weiterbildungsangebote/digitale-kompetenzen> abgerufen
- Hochschule für angewandte Wissenschaften München. (16. August 2024). *MUC.DAI, Hochschulzertifikat Digital*. Von MUC.DAI: https://mucdai.hm.edu/studieninteressierte/hochschulzertifikat_digital/index.de.html abgerufen
- Johann Wolfgang Goethe-Universität Frankfurt am Main. (16. August 2024). *Digitale Basiskompetenzen*. Von Goethe-Universität: https://www.uni-frankfurt.de/126486425/Digitale_Basiskompetenzen abgerufen
- Julius-Maximilians-Universität Würzburg. (16. August 2024). *Basismodul Digitale Kompetenzen - Universitätsbibliothek*. Von Universität Würzburg: <https://www.bibliothek.uni-wuerzburg.de/lernen/kurse-module-e-learning/basismodul-digitale-kompetenzen/> abgerufen
- Julius-Maximilians-Universität Würzburg. (16. August 2024). *Dr. Herbert Brause Medienkompetenzzentrum*. Von Universität Würzburg: <https://www.uni-wuerzburg.de/zfm/projekte/> abgerufen
- Justus-Liebig-Universität Gießen. (16. August 2024). *Zusatzzeugnis "Digitale Kompetenz"*. Von Justus-Liebig-Universität Gießen: <https://www.uni-giessen.de/de/fbz/zentren/zfbk/digikomp/zzdk> abgerufen
- Kamsker, S. (2022). *Fit für die digitale Transformation*. Bielefeld: Media GmbH & Co. KG.
- Mayring, P., & Fenzl, T. (2019). Qualitative Inhaltsanalyse. In N. Baur, & J. Blasius, *Handbuch Methoden der empirischen Sozialforschung* (S. 633–648). Wiesbaden: Springer VS. doi:https://doi.org/10.1007/978-3-658-21308-4_42
- Medizinische Universität Wien. (16. August 2024). *Das Projekt*. Von MedUni Wien: <https://www.meduniwien.ac.at/web/forschung/projekte/digital-skills-knowledge-communication/das-projekt/> abgerufen
- Ostbayerische Technische Hochschule Regensburg. (16. August 2024). *Digital Skills*. Von OTH Regensburg: <https://rsds.oth-regensburg.de/digital-skills> abgerufen
- Rodriguez, R., Horna, R., Placido, J., & Barbuda, J. (2024). Influence of Digital Skills on The Academic Performance of University Students: A Socioeconomic Approach. *Revista de Gestão Social e Ambiental*.
- Schärfl, C. (2018). Die fortschreitende Digitalisierung als Herausforderung. *Zeitschrift für Didaktik der Rechtswissenschaft*, S. 336-348.
- Schünemann, I., & Budde, J. (2018). *Hochschulstrategien für die Lehre im digitalen Zeitalter*. Essen: Hochschulforum Digitalisierung.
- Technische Hochschule Nürnberg Georg Simon Ohm. (16. August 2024). *Digital competence*. Von Technische Hochschule Nürnberg Georg Simon Ohm: <https://www.th-nuernberg.de/einrichtungen-gesamt/administration-und-service/lehr-und-kompetenzentwicklung/ueberfachliche-kompetenzen/digitale-kompetenzen/digital-competence/> abgerufen
- Technische Universität Braunschweig. (16. August 2024). *Digital Skills@work*. Von Technische Universität Braunschweig: <https://www.tu-braunschweig.de/digitalskills> abgerufen

Technische Universität Dresden. (16. August 2024). *Der "Führerschein für Digitalkompetenzen" für Studierende*. Von Technische Universität Dresden: https://tu-dresden.de/studium/im-studium/news-im-studium/der-fuehrerschein-fuer-digitalkompetenzen-fuer-studierende?set_language=de abgerufen

Universität Basel. (16. August 2024). *UPGRADE your digital skills*. Von Universität Basel: <https://www.unibas.ch/de/Studium/Studienangebote/Digitales-Lernen/UPGRADE-your-digital-skills.html> abgerufen

Universität Bern. (16. August 2024). *Studium: Kompetenzen für die (digitale) Zukunft*. Von Universität Bern: https://www.unibe.ch/studium/studienangebote/kompetenzen_fuer_die_digitale_zukunft/index_ger.html abgerufen

Universität Bremen. (16. August 2024). *Medienkompetenzen*. Von Universität Bremen: <https://www.uni-bremen.de/career-center/veranstaltungen/uebersicht/detailbeschreibungen/medienkompetenzen> abgerufen

Universität Greifswald. (16. August 2024). *Zentrum für akademische und digitale Kompetenzen*. Von Universität Greifswald: <https://www.uni-greifswald.de/zadk/> abgerufen

Universität Klagenfurt. (16. August 2024). *Erweiterungsstudium Digitale Kompetenzen*. Von Universität Klagenfurt: <https://www.aau.at/informatikdidaktik/digitale-kompetenzen/> abgerufen

Universität Koblenz. (16. August 2024). *Skills Academy*. Von weiter:denken | Universität Koblenz: <https://www.uni-koblenz.de/de/ikarus/skills-academy?activeAccordion=f6dd0747-5859-4237-af4b-a1354555a606> abgerufen

Universität Konstanz. (16. August 2024). *Digitale Kompetenzen / Angebote / SQ-Zentrum / Schlüsselqualifikationen / Universität Konstanz*. Von Universität Konstanz: <https://www.uni-konstanz.de/sq/angebote/digitale-kompetenzen/> abgerufen

Universität Luzern. (16. August 2024). *Digital skills*. Von Universität Luzern: <https://www.unilu.ch/studium/studienangebot/weitere-angebote/digital-skills/> abgerufen

Universität Zürich. (16. August 2024). *DSI Minor Digital Skills*. Von Universität Zürich: <https://www.dsi.uzh.ch/de/education/digital-skills.html> abgerufen

Universität Zürich. (16. August 2024). *Future Skills HS24*. Von Universität Zürich: <https://www.sts.uzh.ch/de/Studierende/Future-Skills.html> abgerufen

Erprobung von Tandem Peer-Group-Sessions als Qualifizierungsinstrument zur Erlangung der Berufungsfähigkeit

Auswertung weiterführender Begleitstudien im Projekt NextGen

Ramona Kusche, Kerstin Strangfeld, Angela Freche

Kontakt: Ramona Kusche, Hochschule Mittweida, kusche@hs-mittweida.de

Zusammenfassung

Das Qualifikationsprogramm NextGen der Hochschule Mittweida unterstützt Wissenschaftler:innen unterschiedlicher Fachdisziplinen auf verschiedenen Stufen ihrer wissenschaftlichen Karriere bei der Erreichung ihrer Berufungsfähigkeit. Als wichtigstes Qualifikationsinstrument setzte das Programm seit seinem Start im April 2021 auf Peer-Learning, welches drei Jahre lang wissenschaftlich beforscht wurde. Der Artikel befasst sich mit der zweiten Forschungsphase, in welcher eines der zum Einsatz kommenden Peer-Learning Formate weiterentwickelt und mittels Fokusgruppeninterviews begleitend untersucht wurde. Es handelt sich um das Peer-Learning Format Peer-Group-Session (PGS), das bisher mit einem Teammitglied in der Rolle der dozierenden Person durchgeführt und untersucht wurde. Aufgrund des Feedbacks der Teilnehmenden, dass einige Themenstellungen durch die eingeschränkte Perspektive eines einzelnen Teammitglieds nicht breit genug betrachtet werden können, wurde das Format weiterentwickelt. In der neu erprobten Entwicklung des Formats erarbeiteten deshalb zwei oder in einem Fall drei Teammitglieder gemeinsam als Tandem ein Thema, das sie aufbereiten, präsentieren und nachbetrachten. Die Fokusgruppeninterviews zeigen die gewünschte Erweiterung der Blickwinkel, aber auch einen erhöhten Vorbereitungsaufwand.

Keywords: Peer-Learning, Kooperatives Lernen, Gruppenlernen, Professoraler Nachwuchs, Nachwuchsentwicklung, Personalentwicklung, Heterogenität der Peers, Hochschulforschung.

1 Einführung

Bei dem vom Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) geförderten Projekt NextGen des Förderprogramms „FH-Personal“ werden Wissenschaftler:innen auf ihrem Weg zur Professur an einer Hochschule für Angewandte Wissenschaften mit Hilfe verschiedener Werkzeuge unterstützt. Neben Mentoring, Zielvereinbarungen, regelmäßigen Personalgesprächen und externen Workshops kommt Peer-Learning in verschiedenen Formaten zum Einsatz. Zu diesen Formaten zählen Peer-Group-Sessions (PGS), Promotionsworkshop, Promovierenden-Mitagessen sowie Peer-Interaktion. Sie wurden im Beitrag von Kusche et al. (2023) genauer erläutert, sowie in Kusche et al. (2024) beforscht und ausgewertet.

In diesem Beitrag wird zunächst der Forschungsstand aktualisiert (Abschnitt 2). Abschnitt 3 rekapituliert die Auswertungsergebnisse der ersten Forschungsphase in aller Kürze. Im Anschluss werden in Abschnitt 4 Aufbau und

Ablauf des Formats PGS thematisiert und der Grund sowie die Art dessen Weiterentwicklung aufgezeigt. Abschnitt 5 beschreibt das Forschungsdesign der qualitativen Studie. Abschnitt 6 präsentiert die Ergebnisse der Studie, die in Abschnitt 7 diskutiert und reflektiert werden.

2 Darstellung des Forschungsstands zu Peer-Learning mit Wissenschaftler:innen

2.1 Definition Peer-Learning

Einer häufig zitierten Definitionen nach handelt es sich bei Peer-Learning um den Erwerb von Wissen und Fähigkeiten durch aktive Hilfe und Unterstützung unter gleichgestellten Personen in Rang und Ebene (Topping & Ehly, 1998). Die Rolle der Lehrenden übernehmen Gruppenmitglieder, die dabei auch selbst lernen. Bei ihnen handelt es sich in der Regel nicht um professionelle Lehrpersonen (Topping, 2023).

2.2 Peer-Learning mit Wissenschaftler:innen

Peer-Learning kommt überall zum Einsatz, wo Menschen aufeinandertreffen, um zu lernen, so auch in Schulen (Topping, 2005), in der beruflichen Ausbildung (Struck, 2023), im Studium an Hochschulen (Stroot & Westphal, 2018) und in Unternehmen (Hart et al., 2019). Deutschsprachige Veröffentlichungen sind rar. Ebenso selten finden sich (internationale) Veröffentlichungen, die sich mit dem Einsatz von Peer-Learning unter Wissenschaftler:innen auseinandersetzen. Diese bilden den Schwerpunkt der durchgeführten Literaturrecherche. Die meisten Veröffentlichungen beschränken sich auf die Peer-Unterstützung von Promovierenden und zielen auf eine erfolgreich abgeschlossene Promotion ab. Darüberhinausgehende Ansätze, die die Karriereentwicklung von Wissenschaftler:innen abseits des thematischen Promotionsvorhabens oder in der Postdoc-Phase umfassen, finden sich in der Literatur nicht.

Das US-amerikanische Delivery Science Fellowship (DSF) Programm für Doktorand:innen im medizinischen Bereich, das stark auf Peer-Learning setzt, weist darauf hin, dass die Umsetzung einer stabilen Unterstützung von institutioneller Seite bedarf (Grant et al., 2024). Viele Absolvent:innen sind nach dem DSF Programm in der Forschung verblieben, was als Projekterfolg betrachtet wird. Lukes et al. (2023) beschäftigen sich mit den Auswirkungen von Doktorand:innen-Programmen auf die darauffolgende Berufstätigkeit. Ihre Untersuchung bezieht sich auf eine 40.000 Studierenden starke Universität im Südosten der USA. Auch hier gab es Hinweise darauf, dass ehemalige Teilnehmer:innen an einem einjährigen Programm zur Vorbereitung auf eine akademische Laufbahn häufiger in

akademischen Positionen beschäftigt sind. Zusätzliche positive Nachwirkungen waren ein gesteigertes Zugehörigkeitsgefühl zur Bildungseinrichtung, mehr Selbstvertrauen als Dozent:in und größeres Interesse an interdisziplinärer Arbeit.

Ferns et al. (2023) berichten über ein rein Peer-Learning gestütztes Weiterbildungssystem von Hochschullehrkräften an zwei Universitäten in Dublin, das an fünf Hochschullehrenden erprobt wurde, um die Hochschullehre zu verbessern. Die qualitative Untersuchung zeigte synergetische Gemeinschaftserfahrungen, die größeres Selbstbewusstsein bei der Anwendung gemeinsamer Erkenntnisse mit sich brachten. Wöchentliche Meetings schafften das Gefühl einer Verpflichtung auf zuvor benannte Ziele hinzuwirken. Das bestätigen auch die Ergebnisse der Einzelinterviews, die während der Begleitforschung in der ersten Forschungsphase zu Peer-Learning im NextGen Projekt geführt wurden (vgl. Abschnitt 3). Das Paper von Ferns et al. (2023) argumentiert zudem, dass für die Umsetzung des Peer-Learning notwendige (Zeit-) Ressourcen zur Verfügung gestellt werden müssen.

Taka et al. (2023) untersuchten mit Hilfe der Journey Mapping Methode, welche Einflüsse sich positiv und welche negativ auf Doktorand:innen auswirken. Sie stellten in ihrer fünfjährigen empirischen Studie fest, dass kollegiale Zusammenarbeit den stärksten positiven Einfluss auf die Doktorarbeit hatte, was klar für Peer-Learning während der Promotion spricht. Als größte Hindernisse wurden persönliche Emotionen und Selbstmanagement angegeben. Die Studie wurde an zwölf Doktorand:innen in einem Doktorand:innen-Programm in Finnland durchgeführt.

Tian (2023) hat ein sich selbst organisierendes Peer-Learning Forum für Doktorand:innen im Bereich der chinesischen Übersetzungswissenschaften untersucht. Auch wenn die wachsende Vernetzung erfolgreich war, konnte ein mangelndes Interesse an Themen beobachtet werden, die außerhalb des Fachwissens der Teilnehmer:innen lagen. Trotz der Bemühungen des Veranstalters, die Vielfalt der Themen in der Übersetzungswissenschaft zu erhöhen, sind die Teilnehmer:innen mehr daran interessiert gewesen, darüber zu diskutieren, was sie in ihren eigenen Promotionsarbeiten am meisten beschäftigt. Die Erweiterung ihres Fachwissens wurde als weniger wichtig betrachtet. Dies stützt die Ergebnisse der ersten Forschungsphase zu Peer-Learning in NextGen (vgl. Abschnitt 3).

Die Studie von Heron et al. (2024) untermauert diese Ergebnisse ebenfalls. Darin wird gezeigt, dass eine Peer-gestützte Forschungsgruppe zur Ausbildung einer Reihe von Kompetenzen führt, die eine promovierte Person benötigt. Die Ergebnisse der ersten Forschungsphase zum Einsatz von Peer-Learning in NextGen werden im folgenden Abschnitt 3 vorgestellt.

3 Peer-Learning in NextGen

Das Peer-Learning im Projekt NextGen teilt sich auf vier verschiedene Formate auf, die sich in Formalisierungs- und Institutionalisierungsgrad unterscheiden, aber auch in der Art des Gruppenlernens. Daraus ergaben sich vier separat beforschte Formate: (1) Peer-Group-Sessions, (2) Promotionsworkshops, (3) Promovierenden-Mittagessen und (4) Informelle Peer-Interaktionen. Jedes dieser For-

mate wurde getrennt voneinander, aber innerhalb einer gleichbleibenden Gruppe aus Wissenschaftler:innen durchgeführt. Detailliert beschrieben werden die Formate in Kusche et al. (2023).

In der ersten Forschungsphase von April 2021 bis Januar 2023 blieb die Gruppenkonstellation konstant und bestand aus Wissenschaftler:innen unterschiedlicher Fachdisziplinen, die sich über die fachliche Bandbreite der Hochschule Mittweida verteilten. In der zweiten Phase von März 2023 bis August 2024 veränderte sich die Teamzusammenstellung. Drei Mitglieder schieden aus, sechs weitere kamen schrittweise hinzu und veränderten die Fachgebiete.

Des Weiteren stehen die Wissenschaftler:innen auf insgesamt drei verschiedenen Karrierestufen: Wissenschaftliche Mitarbeiter:innen, Akademische Assistent:innen oder Assistent Professor:innen. Dies schafft eine vom Programm intendierte Heterogenität, auf die in Kusche et al. (2024) detailliert eingegangen wird. Die Heterogenität der Gruppe wurde zu einem bedeutenden Forschungsschwerpunkt im Hinblick auf Nutzen, aber auch Herausforderungen bei der Umsetzung von Peer-Learning.

Ergebnisse der ersten Forschungsphase

Für die Untersuchung des Peer-Learning im Projekt NextGen wurde ein qualitatives Vorgehen gewählt, mit welchem die Erfahrungen der Gruppenmitglieder mit Peer-Learning erhoben wurden. Die erste Forschungsphase lief von April 2021 bis Januar 2023. Sie setzte auf halboffene Einzelbefragungen (Witzel & Reiter, 2012), die mit sieben der acht Teammitglieder durchgeführt werden konnten. Durch das semistrukturierte Design konnten neue Impulse berücksichtigt werden (Keuneke, 2005). Der Forschungsablauf wird in Abbildung 1 dargestellt.

Peer-Learning konnte als zentrales Element der Wissensvermittlung im Projekt bestätigt werden, das allerdings durch weitere fördernde Bausteine untermauert werden muss. Peer-Learning allein reicht demnach nicht aus, um Wissenschaftler:innen in die Berufungsfähigkeit zu führen, wohl aber dafür, eine Vielzahl an berufsrelevanten Kompetenzen zu fördern. An dieser Stelle ist zu sagen, dass Peer-Learning nur einen Baustein des Qualifizierungsprogramms NextGen ausmacht. Die Wissenschaftler:innen werden darüber hinaus durch persönliches, professionelles Mentoring, jährliche Zielvereinbarungs- und halbjährliche Mitarbeitendengespräche, verschiedene Workshops, Didaktikschulungen und weitere Angebote unterstützt. Diese Instrumente wurden in der Befragung gezielt ausgeklammert, um den Fokus auf Peer-Learning zu behalten.

Drei Mehrwerte wurden durch Peer-Learning anvisiert und konnten laut den Befragungen erreicht werden.

(1) Peer-Learning hat die Gruppenmitglieder in die Lage versetzt, wissenschaftliche Fragestellungen aus unterschiedlichen Blickwinkeln zu betrachten.

(2) Die durch das Peer-Learning neu kennengelernten Forschungs- und Lösungsansätze und Herangehensweisen unterstützten die Teilnehmenden dabei, Systemprinzipien und Muster zu erkennen.

(3) Peer-Learning bot eine Umgebung, in der sich die Gruppenmitglieder ausprobieren und direktes Feedback erhalten konnten.

Verschiedene Nebenerkenntnisse der ersten Forschungs-

phase werden durch einige in Abschnitt 2.2 aufgezählte Ergebnisse anderer Peer-Learning zentrierter Bildungsmaßnahmen mit Wissenschaftler:innen gestützt. So wurde auch in den Interviews mit den Teilnehmenden an Peer-Learning im Projekt NextGen ein stärkeres Gemeinschaftsgefühl und ein Gefühl gegenseitiger Unterstützung geäußert (Ferns et al., 2023). Des Weiteren deckten sich die Ergebnisse bezüglich einer unter den Erwartungen der Organisator:innen gebliebenen Bereitschaft, über den eigenen Tellerrand hinauszuschauen (Tian, 2023). Angebotene Peer-Learning Inhalte wurden bei NextGen dann besonders positiv bewertet, wenn die Teilnehmenden bereits eigene Kontakte mit der Thematik hatten oder die Inhalte relevant für das eigene Promotionsvorhaben erschienen.

Die Heterogenität der NextGen Teammitglieder zeigte sowohl positive als auch negative Effekte. Wenngleich die positiven, insbesondere die oben genannten Mehrwerte unterstützen, zeigen die negativen Effekte bestimmte Hemmnisse auf. So berichteten die interviewten Personen von einer fehlenden Möglichkeit zum fachlichen Austausch. Die größte Kritik wurde am Format der PGS geäußert. Insbesondere wurde formuliert, dass nicht alle Inhalte der PGS für alle Teammitglieder forschungs- oder praxisrelevant waren, was an den differenzierten Bedarfen der heterogenen Gruppe festgemacht werden konnte. Aufgrund der Heterogenität des Teams ergab sich für die Teilnehmenden an PGS der Vorteil, Inhalte aus einer anderen Perspektive vermittelt zu bekommen. Der andere Blickwinkel wurde allerdings als Einschränkung bezüglich der Aussagekraft der Lerninhalte wahrgenommen, da im eigenen Fachgebiet unter Umständen anders vorgegangen wird. Nicht immer gelang es den Teilnehmenden einen Transfer bzw. eine Übertragbarkeit der Inhalte auf das eigene Fachgebiet abzuleiten.

4 Peer-Group-Sessions in NextGen

Der Ablauf der PGS ist wie folgt: Zunächst werden die Fähigkeiten, Fertigkeiten und Erfahrungen aller Mitglieder gesammelt (Angebot) und vorher benannten Defiziten und Bedarfen (Nachfrage) gegenübergestellt. Die Heterogenität des Teams sorgt für eine große methodische und fachliche Bandbreite. Überschneiden sich Angebot und Nachfrage, wird das Teammitglied mit der entsprechenden Expertise im nächsten Schritt darum gebeten, das Thema aufzubereiten und den NextGen-Kolleg:innen selbstständig in ein bis zwei Lehreinheiten (Doppelstunden) vorzustellen und mit den Teammitgliedern zu diskutieren. Abgeleitet vom kritischen Feedback am Peer-Learning Format PGS aus der ersten Forschungsphase wurde das Instrument weiterentwickelt und in einer zweiten Forschungsphase detailliert beforscht.

Mit der Weiterentwicklung der PGS zum Tandem-Format (Forschungsphase 2) einher gingen erwartbare personelle Wechsel bei den NextGen Wissenschaftler:innen. Neue Teammitglieder mussten sich zunächst im Gruppengefüge zurechtfinden. Dies führte zu zusätzlichen Herausforderungen während der Umsetzung.

Heruntergebrochen auf die PGS entspricht der Forschungsablauf seit Projektbeginn der in Abbildung 1 dargestellten Abfolge aus Themenfindung, Vorbereitung/Durchführung, Interviews, der Auswertung / Veröffentlichung und der darauffolgenden Verstetigung. Dieser Zyklus wurde in zwei Forschungsphasen durchlaufen. Die Auswertung der ersten Forschungsphase von April 2021 bis Januar 2023 wurde im Abschnitt 3.1 knapp zusammengefasst und kann ausführlicher in Kusche et al. (2024) nachgelesen werden. Die Grundlage der qualitativen Untersuchung in Phase 1 bildeten zehn Einzel-PGS. Während der Auswertung / Veröffentlichung der Ergebnisse der ersten Forschungsphase wurden elf weitere Einzel-PGS nach dem erprobten System durchgeführt.¹

In Forschungsphase 2 von März 2023 bis August 2024 wurden vier PGS im Tandemformat durchgeführt. Nicht mehr ein, sondern zwei bis drei Gruppenmitglieder nahmen die Rolle der Dozent:innen ein und bereiteten das Thema der PGS gemeinsam unter Einbeziehung ihrer unterschiedlichen Perspektiven auf. Bei der Auswahl der Tandem-Partner:innen wurde sowohl auf die fachliche Heterogenität als auch auf die thematische Passfähigkeit geachtet.

Im Einzelnen wurden folgende PGS im Tandemformat durchgeführt:

- PGS T1 „'Reich aber sexy' - Zwischen Vortrag und Wissenschaftskommunikation“ – 2 Dozent:innen (12.05.2023)
- PGS T2 „Forschungsethik“ – 2 Dozent:innen (09.06.2023)
- PGS T3 „Gaining common ground - Arbeiten im interkulturellen, transdisziplinären Umfeld“ – 3 Dozent:innen (26.01.2024)
- PGS T4 „'Reich aber sexy II' - Präsentation der eigenen Person und Themen“ – 2 Dozent:innen (04.03.2024)

Bei PGS T4 handelte es sich um eine vom Team gewünschte Fortsetzung der PGS T1. PGS T1 und T4 wurden von einem akademischen Assistenten mit ausgeprägter Berufspraxis, vor allem im Bereich der Wissenschaftskommunikation, und einem wissenschaftlichen Mitarbeiter, der seine Promotion bereits eingereicht hatte und dadurch ein solides Theoriefundament aufwies, geleitet. Die Dozenten kannten sich seit Projektbeginn.

PGS T2 leiteten zwei Wissenschaftler:innen, die beide auf derselben Laufbahnstufe als wissenschaftliche Mitarbeiter:innen standen. Eine Person brachte ausgeprägte Projekterfahrung mit, die andere im Vorfeld von NextGen erworbene Berufspraxis. Die Interdisziplinarität ergab sich vordergründig aus den Fachdisziplinen, in denen sie lehren und forschen. Auch diese beiden Wissenschaftler:innen kannten sich seit dem Start des Projekts.

¹ Zum besseren Verständnis der Inhalte werden alle im Zeitraum zwischen April 2021 (Projektstart) und Januar 2023 (Ende der

ersten Forschungsphase) durchgeführten Einzel PGS im Anhang dokumentiert.

PGS T3 ist insofern besonders, als dass hier drei Wissenschaftlerinnen zusammenarbeiteten, die sich jeweils auf einer anderen Laufbahnstufe im Projekt befanden. Die Fachgebiete wiesen leichte Überschneidungen auf. Eine der drei Dozierenden verfügt über langjährige Berufserfahrung (akademische Assistentin), während eine zweite Kollegin (Doktorandin) über keinerlei Berufspraxis verfügt. Zwei der drei Wissenschaftlerinnen waren zum Zeitpunkt der Vorbereitung neu im Projekt, sodass sie selbst noch keine Einzel-PGS durchgeführt hatten. Alle drei verfolgen in ihren Forschungsgebieten ganzheitliche Ansätze. Die Festlegung auf das genaue Thema der PGS fand erst während der Vorbereitungsphase durch die Dozentinnen statt.

Die Heterogenität der Wissenschaftler:innen im NextGen Team lässt sich auf drei Differenzierungsebenen herunterbrechen: Karrierestufen, Fachgebiete und Vorerfahrungen, die hier in Praxis- und Theoriewissen unterteilt werden. Tabelle 1 zeigt auf, wie sich die Heterogenität der NextGen Mitglieder in den Tandem-PGS darstellte. Bei der Aufteilung der Gruppen wurde darauf geachtet, dass für jede Differenzierungsebene eine stark ausgeprägte Tandem-PGS durchgeführt wurde.

Tabelle 1: Ausprägung der Heterogenität der dozierenden Teammitglieder der Tandem-PGS im Projekt NextGen.

Differenzierungsebene	Karrierestufen	Fachgebiete	Theorie trifft Praxis
PGS T1 und T4	x	xx	xxx
PGS T2	/	xxx	x
PGS T3	xxx	xx	xx

/... keine Unterschiede; x ... geringe Unterschiede;
 xx ... erkennbare Unterschiede;
 xxx ... stark ausgeprägte Unterschiede

Im nächsten Abschnitt folgt die Darstellung der Forschungsergebnisse der zweiten Forschungsphase.

5 Forschungsfragen und -methode

Die zweite Forschungsphase von März 2023 bis August 2024 setzte den Fokus auf das Format der Tandem-PGS mit zwei oder drei Teammitgliedern in der Rolle der Dozent:innen. Die für den semistrukturierten Leitfaden verwendeten Forschungsfragen lauteten:

Wie wirkt sich eine heterogene Betrachtung von Qualifikationsinhalten in PGS durch mehrere dozierende Personen auf die bereits beforschten Mehrwerte und selbsteingeschätzten Lerneffekte aus? Welche Nachteile ergeben sich durch Tandem-Konstellationen?

Die Weiterentwicklung der PGS warf zudem die Frage auf, inwiefern Tandem-PGS Nachteile der Heterogenität in der Gruppe abschwächen könnten. Genannte Nachteile waren ein eingeschränkter Kompetenzaufbau aufgrund einseitiger Betrachtung der Thematiken aus Perspektiven außerhalb des eigenen Fachbereichs und der fehlende Austausch zu den Themen mit Teilnehmenden des eigenen Fachbereichs.

Als Forschungsmethode wurden Fokusgruppeninterviews gewählt. Dieses qualitative Erhebungsinstrument gilt als besonders geeignet, um eine kleine Anzahl von Personen in einen Diskussionsprozess einzubinden (Schulz, 2012). Wie schon bei den Einzelbefragungen in der ersten Forschungsphase wurde der Interviewverlauf anhand eines Leitfadens strukturiert, der als Orientierungshilfe dient.

Es wurden jeweils ein bis maximal drei Wochen nach den vier Tandem-PGS Fokusgruppeninterviews mit den Teilnehmenden durchgeführt. Drei weitere Fokusgruppeninterviews fanden mit den Dozent:innen statt, wobei die vier Wissenschaftler:innen der PGS T1 und T2 im selben Interview befragt wurden, da die Tandem-PGS zeitlich eng aufeinander folgten. Alle anderen Interviews mit den Teilnehmenden als auch den Dozierenden bezogen sich jeweils auf nur eine spezifische Tandem-PGS.

Die Interviews wurden nach dem Prinzip der Offenheit durchgeführt, um zu ermöglichen, dass aus den Interviewaussagen neue Hypothesen abgeleitet werden können



Abbildung 1: Timeline des Forschungs- und Entwicklungsprozesses zu den Peer-Group-Sessions (PGS) im Projekt NextGen.

(Witzel, 1985). Der Schwerpunkt der Erhebung lag auf den subjektiven Erfahrungen mit dem weiterentwickelten PGS-Format sowohl aus Teilnehmenden- als auch aus Dozent:innenperspektive. Die Auswertung erfolgte im Sinne einer inhaltlich strukturierten Inhaltsanalyse nach Kuckartz (2012). Die Interviews wurden mit einem Diktiergerät aufgezeichnet und mit Hilfe des hochschuleigenen und datenschutzkonformen Transkriptionstools „Mittweida Scriber“ transkribiert.

Die Kodierung erfolgte mit der Software MAXQDA, wobei für die Kategorienbildung die deduktive und induktive Vorgehensweise kombiniert wurde. Einzelne Kategorien ergaben sich deduktiv, abgeleitet aus der Theorie, die auch bereits der Interviewleitfadenerstellung zugrunde gelegt wurde. Andere Kategorien wurden während des Kodierungsprozesses aus dem vorliegenden Material heraus induktiv neu entwickelt.

6 Ergebnisse der qualitativen Studie

6.1 Ausbau der Mehrwerte durch Tandem-PGS (deduktiv)

Die Ergebnisse der Fokusgruppeninterviews werden nach Schwerpunkten sortiert dargestellt. Zunächst erfolgt eine Auswertung anhand der an Bessant et al. (2012) angelegten postulierten Mehrwerte. Dieser Teil der Auswertung erfolgte deduktiv.

(1) Peer-Learning ermöglicht, *unterschiedliche Perspektiven* kennenzulernen und dadurch (wissenschaftliche) Fragestellungen aus unterschiedlichen Blickwinkeln betrachtbar zu machen. Die Variante Tandem-PGS hatte zum Ziel, diesen Punkt zu verstärken. Die interviewten Teilnehmenden bestätigten diese These: „Also ich bin echt begeistert von diesem Tandem-Format. Aus beiden Perspektiven, das ist sehr bereichernd einfach, sehr, sehr gut.“ Wiederholt befassten sich Aussagen mit den Unterschieden der dozierenden Personen: „Ich fand es auch total spannend, dass die so konträr waren. [...] Und das hat sich aber so irgendwie perfekt ergänzt [...]“. Auch aus Sicht der dozierenden Personen hatte die gemeinsame Arbeit entsprechend Auswirkungen. Ein:e Dozent:in sagte beispielsweise, dass sich die Thematik der PGS dadurch erweitert habe: „[...] die Inhalte von [ihr:ihm], wo ich mir vielleicht denke, das ist vielleicht jetzt nicht so relevant für mich, aber sie halt noch mit reinnehme.“

(2) Der Austausch mit Teilnehmenden verschiedener Fachdisziplinen geht mit dem Kennenlernen neuer Forschungs- oder Lösungsansätze und Herangehensweisen einher. Die Gruppenmitglieder *lernen, Systemprinzipien und Muster zu erkennen* und mentale Modelle aufzudecken. Tandem-PGS sollten dieses Erlebnis verstärken. Eine teilnehmende Person sagte dazu, sie habe Ähnlichkeiten bei der Arbeitsweise in den Sozial- und Naturwissenschaften erkannt. Wie in diesem Beispiel blieben die Aussagen der Teilnehmenden unspezifisch, wenn auch positiv: „Also dieses ein Thema zusammen bearbeiten, was so vollkommen verschiedene Forschungen sind und auch Blickwinkel auf die Welt, sag ich mal, das hat, glaube ich, allen irgendwie was genutzt.“ Von einem stärkeren Effekt sprachen die Dozent:innen: „Ich habe viel gelernt, andere

Möglichkeiten, andere Theorien, wie sie benutzt werden.“, „Wir haben schon gegenseitig unsere Basics auch gelernt.“

(3) Peer-Learning schafft Räume für den Austausch, die ein *direktes Feedback ermöglichen*. Die PGS stellt eine Spielwiese zum Ausprobieren neuer Methoden dar, die durch die Variation mit zwei oder drei Dozierenden vergrößert werden sollte. Zunächst erhöhte die gemeinsame Arbeit durch zwei oder drei Personen am Thema das Vertrauen auf der Seite der Teilnehmenden. „Da haben zwei Augenpaare drüber geschaut und das aus ihrer jeweiligen Perspektive betrachtet. Deswegen ist das schon mal durch eine ganz andere Art des Review gegangen.“ Der Gedanke, dass PGS als Spielwiese, um Neues auszuprobieren, genutzt werden könnten, verstärkte sich aus der Sicht der Dozent:innen im Vergleich zu Einzel-PGS. Die von drei Dozentinnen durchgeführte PGS T3 griff auf Initiative einer der Dozentinnen ein Rollenspielformat auf, das zwei von ihnen sonst nicht ausprobiert hätten: „Und dann war ich halt relativ gespannt oder hab mich auch gefragt, wie das so läuft mit dieser Moderation, weil das war ja das offenste Format, das ich jemals durchgeführt habe.“ Eine:r der Dozent:innen bezeichnete das gemeinsame Vorbereiten und Durchführen der Tandem-PGS als „Co-Teaching“ und willkommene Abwechslung. „Sonst hat man immer entweder mal einen Gast da oder macht das nacheinander oder irgendwie so was. Aber wo man wirklich als Gruppe versucht, zusammen wirklich was zu gestalten. Weil das hatte ich, glaube ich, so noch gar nicht.“

6.2 Selbsteingeschätzte Lerneffekte (deduktiv)

Wie schon in der ersten Forschungsphase wurden die interviewten Personen um eine Selbsteinschätzung zu ihren gefühlten Lerneffekten gebeten. Diese stellt allerdings keine Selbstbeurteilung im Sinne einer Weiterentwicklung dar. Es wurden keine Entwicklungsaufgaben oder Leistungstests zur Erfassung der Kompetenz oder des Kompetenzaufbaus durchgeführt (Frey, 2004). Stattdessen wurden die Teilnehmenden danach befragt, ob sie die Inhalte der PGS anwenden könnten. Einige Aussagen lassen vermuten, dass die vermittelten Inhalte keinen Anwendungsbezug aufweisen, aber „einen Background, eine Sensibilisierung“ bieten, insbesondere im Kontext wissenschaftlichen Arbeitens. Die von den Dozent:innen verwendeten Lehrmethoden wurden hingegen als anwendbares Wissen wahrgenommen. Das zeigt sich bspw. in folgenden Aussagen: „Ich nehme so was auch selber gerne mit in die Lehre und könnte halt gucken, wie man das vielleicht auch abwandelt und dann selbst irgendwie nutzen könnte. Das war ganz gut.“ „Ich habe gelernt, wie wertvoll es sein kann, verschiedene Aktivierungsmethoden wirklich einzubeziehen.“

Einige Methoden hatten Neuheitscharakter für die Teilnehmenden. „Für mich, wie gesagt, war das auch relativ neu, weil ich das in meinem Kontext, meinem Umfeld nie gemacht habe. Also während dem >Fachrichtung< Studium.“

Auf Seite der Dozent:innen wird der Lerneffekt noch größer wahrgenommen. Dozent:innen auf niedrigeren Karrierestufen lernten von höheren Stufen. In allen Tandem-PGS, in denen diese Heterogenität vorkam (vgl. Tabelle 1), wurde dies geschildert. „Das war eben total cool, so

einen Workflow gemeinsam mit einem Profi zu erleben.“ In PGS T3 schilderte das Teammitglied: „Ich habe von den Beiden gelernt. Für mich, war das gut.“ „Und da einfach manchmal sogar nachzudenken, wie hätte >Name< das jetzt formuliert? Und selber auch ein bisschen seine Sprache dadurch zu reflektieren.“ Die Dozent:innen der späteren PGS lernten zudem von den vor ihnen stattfindenden Tandem-PGS. „Also wir hatten ja den Vorteil gehabt, dass wir nach euch dran waren und ja da auch so eine Sensibilisierung mitnehmen konnten.“ Im Gegensatz dazu reflektierten die Dozent:innen der ersten PGS: „Aber das war schon auch nochmal so eine Erkenntnis nach eurer Session, dass ich so dachte, ja klar, da war sehr viel didaktisch, pädagogisch, andere Methodiken drin. Ihr habt mit den Zetteln am Flipchart gearbeitet und das hat mich da nochmal beschäftigt, ob wir das auch hätten reinbringen können.“

6.3 Einfluss der Zusammenarbeit bei Tandem-PGS (induktiv)

Bei der inhaltsanalytischen Auswertung der Interviews wurde deutlich, dass für die Dozent:innen die interdisziplinäre Zusammenarbeit eine wesentliche Rolle spielte, was sich mit zahlreichen Zitaten belegen lässt. Zunächst wurde die Tandem-Lösung als Mehrwert empfunden. Sie konnten sich in „die Verantwortung auch reinteilen“. „Ich kann meine Stärke benutzen, [sie:er] hat [ihre:seine] Stärke. Wir haben das zusammen gemacht.“ Durch die Zusammenarbeit haben sich die Dozierenden besser kennengelernt. Die Tandem-PGS bot einen Begegnungsraum, um sich, trotz voller Terminkalender, besser kennenzulernen und so den Grundstein für spätere gemeinsame Projekte zu legen. Das Dreier-Team der PGS T3 wusste die Vorbereitungszeit zu schätzen. „Die Zeit, die wir jetzt zusammen verbracht haben, durch die PGS, die hätten wir uns halt nicht gesehen.“ „Ich nehme da auch viel mit von euch beiden und weiß auch, dass ich bei gewissen Sachen euch dann auch immer wieder ansprechen kann. Das kann ich auch mit in die Lehre nehmen, das kann ich auch persönlich für mich benutzen.“

Der Mehrwert wurde auch in Bezug auf die Arbeitsweisen geschildert. Das zeigt besonders eine Äußerung des Dozent:innenteams, die zwei PGS durchgeführt haben (PGS T1 und T4). „Obwohl wir uns da auch schon [...] zwei Jahre ungefähr kannten, musste man, als man dann intensiver zusammengearbeitet hat, natürlich erst mal so ein bisschen abstecken, wer macht jetzt was, wer hat welche Rolle und so. Und da ging dann auch mehr Zeit drauf. Und jetzt, wenn wir das jetzt wiederholt haben, lief, also ich will nicht sagen, dass die erste Zusammenarbeit irgendwie schwierig war oder so, überhaupt gar nicht. Aber jetzt, in der Wiederholung habe ich einfach gemerkt, Mann, krass, das läuft jetzt irgendwie auch in der Vorbereitung viel schneller. Wir müssen irgendwie uns noch weniger absprechen. Das läuft irgendwie einfach so.“

Häufig war von Spaß die Rede, wenn es um die Zusammenarbeit ging: „Wenn man da alleine an einem Thema ackert, macht es auch manchmal Spaß, aber mit >Name< zusammen, hat es irgendwie viel mehr Spaß gemacht. Und wir hatten Spaß in der Vorbereitung, in den Meetings.“ „Mir hat es wirklich Spaß gemacht. Und ich finde, dass

wir das echt professionell gut gemacht haben.“ Die Interviews belegen, dass die Dozent:innen das Tandemformat eindeutig als bereichernd wahrgenommen haben.

7 Nachteile von Tandem-PGS im Vergleich zu Einzel-PGS (deduktiv)

Neben den geschilderten Mehrwerten von Tandem-PGS, den Lerneffekten und der positiv wahrgenommenen Zusammenarbeit sind durch das Tandem-Format auch neue Nachteile entstanden.

Da bei der Aufbereitung eines Themenbereiches aus mehreren Perspektiven die Komplexität steigt, wurden mehrere Herausforderungen, die damit in Zusammenhang stehen, geschildert. Bei der aus drei Dozentinnen bestehenden PGS T3 nahm ein:e Teilnehmende:r wahr, dass die Inhalte der PGS von den Dozentinnen nicht immer aufeinander abgestimmt waren. Sie:Er hat „leichte Disharmonien in der Abstimmung gemerkt, wo eben nicht klar war, wer macht jetzt weiter.“ Dieser Eindruck verstärkt sich in folgender Zusammenfassung: „Ich empfand das auch als drei Teilvorträge, die aneinander geknüpft waren. Also der Übergang war eigentlich nicht existent.“ Die Teilnehmenden kamen deshalb zu den folgenden Schlüssen: „Man kann, glaube ich, nicht beliebig viel Interdisziplinarität da reinkleben.“ Sie sehen ein Problem darin „interdisziplinäre Brücken zu konstruieren, die es vielleicht im ersten Moment nicht gibt, sondern die man sich dann eher ausdenkt, als sie empfunden zu haben.“ Die fehlende inhaltliche Überschneidung wurde durch eine teilnehmende Person folgendermaßen zusammengefasst: „Ich denke mal, wenn man jetzt so eine Dreier-PGS wieder machen sollte, [dass man dann] vielleicht irgendwie trotzdem versuchen könnte, dass die Felder nicht zu weit auseinander liegen, sodass man irgendwie mehr einen Konsens findet.“ Ausschließlich bei der PGS T3 wurde geäußert, dass der Wunsch, allen drei Dozentinnen einen ähnlichen Beitrag zur Ausgestaltung zu ermöglichen, auf Kosten des Inhaltes ging. „Zu schnell, zu wenig Substanz, zu wenig hängenbleiben, weil jeder seinen Anteil braucht. Das ist das Kuchendiagramm, 33 Prozent.“

Auf Seiten der Dozent:innen wuchs der Vorbereitungsaufwand aufgrund der Abstimmungszeiten bei den gemeinsam durchgeführten PGS. „Wir haben ja drei Treffen, wirklich zwei Stunden geredet und mehr hätte auch die Zeit gar nicht mehr hergegeben. Also, es war wirklich so, dann hätte ich noch länger, also mehr Freizeit gebraucht.“ Dies zeigt, dass die für die Vorbereitung zur Verfügung stehende Zeit einen wesentlichen Faktor darstellt.

Große Schwierigkeiten verursachte die Terminfindung bei PGS T3. „Wir haben dann auch immer oft verlegen müssen, weil irgendwas reingekommen ist.“ Weitere Punkte sind individuelle Unterschiede bei den Arbeitsweisen in der Vorbereitung und bei der Durchführung der PGS, die nicht immer zusammengepasst haben, bspw. wenn strukturierte und unstrukturierte Arbeitsweisen aufeinandertrafen. „Es ist halt [...] meine Natur, dass ich viele Dinge immer relativ auf den letzten Drücker mache.“

Aufgrund solcher Einflüsse lassen sich auch nachteilige Effekte auf die Motivation erkennen: „Ich habe auch gar nicht erwartet, dass es perfekt läuft. Natürlich haben wir uns alle Mühe gegeben, das so gut wie möglich hinzube-

kommen. Aber wir [...] haben ja noch nie zusammengearbeitet.“

Allgemeine Einschätzungen des Teams zu Tandem-PGS (induktiv)

Während der Fokusgruppeninterviews machten sich die interviewten Personen verschiedene Gedanken zur Durchführung von Tandem-PGS im Allgemeinen.

Wesentlichen Einfluss auf den Erfolg der PGS hatte der Umstand, dass sich Dozent:innen und Teilnehmende gut kannten und wertschätzten. Ein:e Teilnehmende:r merkte an, dass „dieses Format, das [die Dozierenden einer bestimmten PGS] gewählt haben, vielleicht nicht in jeder Gruppe funktionieren würde. [...] Wenn das jetzt eine Gruppe von vollkommen Fremden gewesen wäre, wäre das, glaube ich, nicht so gut gelaufen.“

Auf die Einmaligkeit der Durchführung wurde hingewiesen, weshalb Fehler nicht behoben werden können: „So eine PGS [hat] immer so einen Einmaligkeitscharakter. Dass man jetzt merkt, das ganze Ding hängt jetzt hier an einem seidenen Faden. [...] Und der darf nicht reißen.“

Die Teilnehmenden weisen darauf hin, dass es wichtig ist, die Lernziele für eine PGS zu formulieren: „Ich finde immer wichtig, dass man am Schluss eigentlich was kriegt, wo man sagt, da kann ich mich weiter informieren. Und das dann als Tandem zusammen zu kleben aus zwei Disziplinen, um das halt jetzt nochmal aus verschiedenen Richtungen zu beleuchten, das ist, glaube ich, gut. Aber ich glaube, man sollte dann auch vielleicht immer wieder mal klar zwischendrin formulieren, Leute, das kann jetzt nicht dieses Thema für euch total erschöpfend behandeln.“

8 Analyse und Diskussion der qualitativen Erhebung

Die insgesamt sieben Fokusgruppeninterviews (vier mit Dozent:innen, drei mit Teilnehmenden) zeigen, dass die Weiterentwicklung der PGS in ein Tandem-Format mit zwei oder drei Dozent:innen zu einer Steigerung bei den anvisierten Mehrwerten der durchgeführten PGS führen kann, die in Kusche et al. (2023) herausgearbeitet wurden. Die Intension, die *Blickwinkel auf das gewählte Thema zu erweitern*, konnte durch die Tandem-PGS umgesetzt werden. Zusätzliche Blickwinkel schafften eine Sensibilisierung für bisher nicht beachtete Denk- und Herangehensweisen. Das *Kennenlernen anderer Muster und Systemprinzipien* verstärkte sich insbesondere bei den Dozent:innenteams. Die *Möglichkeitsträume für Feedback* und dafür, etwas Neues auszuprobieren, vergrößerten sich durch die gegenseitige Einflussnahme und Kontrolle der Dozierenden und regten die Verwendung zuvor nicht in Betracht gezogener Methoden, beispielsweise eines Rollenspiels, an. So erweiterte sich auch die Bandbreite für Lerneffekte. Da die Dozierenden mutiger in ihren Methoden wurden, lernten auch Teilnehmende neue Methoden kennen, die sie selbst ausprobieren wollten. Lerneffekte traten aber vor allem bei der Zusammenarbeit mit anderen Dozierenden auf, wobei insbesondere bei den Tandems mit einer starken Differenzierung im Bereich der Karrierestufen und der Praxiserfahrung (PGS T1/T4 und T3) auffiel, dass die:der weniger erfahrene Dozierende von der:dem Er-

fahreneren lernte. Dies betrifft sowohl Arbeits- und Herangehensweisen als auch den Methodeneinsatz. Hierbei ist es möglich, dass sich die weniger erfahrene Person unterordnet. Durch die Unterschiede bedingt durch unterschiedliche Karrierestufen und auch im fachlichen Bereich der PGS T3 erwies sich der Vorbereitungs- und Abstimmungsaufwand dieser PGS mit drei Dozentinnen, die sich zudem vorher noch nicht sehr gut kannten, als sehr hoch. Das ging zu Lasten der Durchführung.

Das Format mit zwei Dozent:innen im Tandem erwies sich als wirkungsvoller. Dies begann bei der (1) *Themenfindung*, die im Vorfeld der Vorbereitungsphase durchgeführt wurde, was viel Zeit sparte. Auch eine längere (2) *Teamzugehörigkeit* der Dozierenden hatte hier einen positiven Einfluss. Die (3) *Karrierestufen* führten zu einer von den Teilnehmenden wahrgenommen Hierarchie mit der höchstgestellten Person als Leitung. Stark heterogene (4) *Fachgebiete* wurden in einem Fall als Spagat wahrgenommen, was den Inhalt an den Übergängen zusammenhanglos wirken ließ. In einem anderen Fall wurde derselbe Aspekt als bereichernd wahrgenommen. Abschließend wurde konstatiert, dass die (5) *Arbeitsweisen* der Dozierenden zueinanderpassen sollten, um die Vorbereitung zu erleichtern. Limitierend ist zu sagen, dass die Interviews nicht von einer neutralen Person, sondern vom Projektmanagement und der Projektleitung durchgeführt wurden.

Tabelle 2 fasst die Herausforderungen und Chancen der verschiedenen Varianten von PGS zusammen. Erkenntnisse zu Einzel-PGS stammen aus der ersten Forschungsphase.

9 Fazit und Ausblick

Im Qualifikationsprogramm NextGen der Hochschule Mittweida für Wissenschaftler:innen unterschiedlicher Karrierestufen und Fachgebiete wird Peer-Learning als Instrument zur Vermittlung von Fähigkeiten, Fertigkeiten und Kompetenzen eingesetzt, die auf die Berufungsfähigkeit einzahlen. Verschiedene Peer-Learning Formate wurden begleitbeforscht. Das Format Peer-Group-Session (PGS), bei dem ein Teammitglied in der Rolle des Dozierenden berufsrelevante Inhalte an die Teilnehmenden vermittelt, wurde weiterentwickelt zu Tandem-PGS, in denen zwei oder drei Teammitglieder zu Dozierenden werden. Diese Variation wurde mittels Fokusgruppeninterviews qualitativ beforscht. Dabei wurde auf verschiedene Stufen der Heterogenität Wert gelegt: drei verschiedene Karrierestufen, unterschiedliche Fachgebiete und die Ausprägung von Theorie- und Praxiserfahrung der Dozierenden.

Die Ergebnisse der Fokusgruppeninterviews zeigen, dass durch die Erweiterung auf zwei Dozierende eine erwünschte Verbreiterung des Blickwinkels auf die vorgestellte Thematik einherging. Die Dozierenden wurden selbstbewusster und mutiger bei der Anwendung von didaktischen Lehrmethoden und zogen methodisches Wissen aus der Zusammenarbeit mit Wissenschaftler:innen fachfremder (auch praktischer oder theoretischer) Gebiete. Der Vorbereitungsaufwand stieg, was bei den Tandem-PGS mit zwei Dozierenden als vertretbar kommuniziert wurde. Die PGS, bei der drei Dozierende zusammenarbeiteten, wies dagegen zusätzliche Herausforderungen auf.

Tabelle 2: Chancen und Herausforderungen von Peer-Group-Sessions unterschieden nach einem, zwei oder drei Dozierenden.

	Einzel-PGS*	Zweier-PGS	Dreier-PGS
Themenfindung	+ Thema ist an Vorerfahrungen geknüpft und leicht gefunden.	+ Dozierendenteam wird gezielt für heterogene Themenbetrachtung zusammengestellt.	-- Themenfindung ist komplex, da jede:r der drei Dozierenden den gleichen Anteil haben und die Heterogenität abgedeckt werden soll.
Teamzugehörigkeitsdauer	-- Die:Der Dozierende sollte mindestens zwei bis drei PGS miterlebt haben.	+ Paarungen aus PGS erfahrener und unerfahrener Person oder zwei erfahrenen Personen. ----- -- Kennen sich die beiden nicht, verlängert dies die Vorbereitungszeit.	+ Möglichst zwei mit dem Format erfahrene und nur eine unerfahrene Person sollte in einem Team sein. ----- -- Kennenlernphase nimmt viel Zeit in Anspruch, die notwendig ist, um die Themenschwerpunkte und Arbeitsweisen der anderen Person zu verstehen.
Karrierestufe und Erfahrung	-- Geringere Möglichkeiten, die Ausgestaltung der PGS kritisch zu hinterfragen. -- Inhalte von Dozierenden höherer Karrierestufen werden als relevanter bewertet.	+ Erfahrungsaustausch zwischen den Tandem-Dozierenden und Feedback zur Ausgestaltung ist möglich. ----- + -- Wahrscheinlich entwickelt sich eine Hierarchie zwischen den Dozierenden.	+ Erfahrungsaustausch zwischen den Tandem-Dozierenden und Feedback zur Ausgestaltung ist möglich. ----- + -- Wahrscheinlich entwickelt sich eine Hierarchie zwischen den Dozierenden.
Fachgebiet	+ Es entsteht kein Abstimmungsbedarf. ----- -- Es besteht die Gefahr, dass die Thematiken einseitig betrachtet werden.	+ Zwei Dozierende können sich meist gut aufeinander einlassen, auch bei zwei sehr verschiedenen Gebieten. ----- -- Gefahr besteht, dass Teilnehmende die Gebiete als unabhängig wahrnehmen.	-- Aufeinander Einlassen wird komplexer. -- Die Gefahr steigt, dass Teilgebiete von Teilnehmenden als unabhängig voneinander wahrgenommen werden.
Arbeitsweisen der:des Dozierenden	+ Bekannte Arbeitsweisen ermöglichen eine schnelle Realisierung. ----- -- Geringerer Anreiz, neue Arbeitsweisen auszuprobieren.	+ Lerneffekt und Offenheit für Neues steigt bei Dozierenden. ----- -- Zwei sehr unterschiedliche Arbeitsweisen können Probleme verursachen. Kompromisse müssen gefunden werden.	+ Lerneffekt und Offenheit für Neues steigt bei Dozierenden. ----- -- Drei unterschiedliche Arbeitsweisen erschweren die Zusammenarbeit. Kompromisse müssen gefunden werden.

+ ... Chance ; -- ... Herausforderung ; + -- ... Neutral

*Erkenntnisse stammen aus der ersten Forschungsphase

Hier trafen zu viele Einzelfaktoren, wie die Findung des genauen Themenschwerpunktes, die Redeaufteilung der Session, unterschiedliche Arbeitsweisen und Ansichten, aber auch Hierarchien, aufeinander, die eine Abstimmung (zu) aufwendig werden ließen und sich negativ auf den roten Faden und Inhalt der PGS auswirkten.

Tandem-PGS mit zwei Dozierenden erwiesen sich in vielen Punkten als vorteilhaft gegenüber Einzel-PGS, wobei bei der Paarung der Dozierenden auf eine sinnvolle gegenseitige Ergänzung geachtet werden muss. Dreier-Konstellationen führten hingegen zu neuen Herausforderungen. Einschränkung muss angeführt werden, dass nur eine PGS mit drei Dozent:innen untersucht wurde. Aufgrund der Ergebnisse wird jedoch zukünftig auf die Durchführung von PGS mit drei Dozent:innen verzichtet. Das Qualifikationsprogramm NextGen der Hochschule Mittweida wird deshalb künftig mit einer Kombination aus Einzel- und Tan-

dem-PGS mit zwei Dozent:innen arbeiten. Die qualitative Begleitforschung zu PGS im Rahmen von NextGen wird mit den vorliegenden Ergebnissen als ausgeschöpft eingeschätzt. Gleichwohl soll weiterhin direktes Feedback der Teilnehmenden erhoben werden, um die Nachhaltigkeit der Lerneffekte zu unterstützen. PGS in der Einzel- als auch in der Tandem-Variante werden weiterhin Teil der Peer-Learning Aktivitäten von NextGen sein. Im Zusammenspiel mit den Formaten Peer-Interaktionen, Promovierenden-Mittagessen und Promovierendenworkshops bieten sie ein effektives Werkzeug zur Qualifizierung von Wissenschaftler:innen auf ihrem Weg zur Professur an einer Hochschule für Angewandte Wissenschaften wie der Hochschule Mittweida.

Literaturverzeichnis

- Bessant, J., Alexander, A., Tsekouras, G., Rush, H. & Lamming, R. (2012). Developing innovation capability through learning networks. *Journal of Economic Geography*, 12(5), 1087–1112. <https://doi.org/10.1093/jeg/lbs026>
- Ferns, S., McGinn, I., Vahey, N., Williams, H. & Duffy, N. (2023). Developing universal design für Learning within higher and further education: The benefits of educator peer triads. In *Education Applications & Developments VIII* (VIII, S. 129–143).
- Frey, A. (2004). Die Kompetenzstruktur von Studierenden des Lehrerberufs. Eine internationale Studie. *Zeitschrift für Pädagogik*, 50(6), 903–925. <https://doi.org/10.25656/01:4847>
- Grant, R. W., Schmittiel, J. A., Liu, V. X., Estacio, K. R., Chen, Y.-F. I. & Lieu, T. A. (2024). Training the next generation of delivery science researchers: 10-year experience of a post-doctoral research fellowship program within an integrated care system. *Learning health systems*, 8(1), e10361. <https://doi.org/10.1002/lrh2.10361>
- Hart, S. L., Steinheider, B. & Hoffmeister, V. E. (2019). Team-based learning and training transfer: a case study of training for the implementation of enterprise resources planning software. *International Journal of Training and Development*, 23(2), 135–152. <https://doi.org/10.1111/ijtd.12150>
- Heron, M., Dippold, D., Gravett, K., Ahmad, A., Aljabri, S., Ghosh, P., Kabooa, R., Makram, M., Mousawa, D., Mudhaffer, A., Ucar Longford, B., Wang, L., Zhou, J. & Zhu, F. (2024). Building a community of practice through a doctoral research group. *Studies in Graduate and Postdoctoral Education*. Vorab-Onlinepublikation. <https://doi.org/10.1108/SGPE-10-2023-0098>
- Keuneke, S. (2005). Qualitatives Interview. In L. Mikos & C. Wegener (Hrsg.), *Qualitative Medienforschung: Ein Handbuch* (S. 254–267). UVK Verlagsgesellschaft mbH. <https://doi.org/10.36198/9783838583143>
- Kuckartz, U. (2012). Qualitative Inhaltsanalyse: Methoden, Praxis, Computerunterstützung. Beltz Juventa.
- Kusche, R., Strangfeld, K., Freche, A. & Fuß, A. (2023). Auswirkungen von Peer Learning auf die Berufungsfähigkeit im Qualifikationsprogramm NextGen: Konzeptionelle Überlegungen und Forschungsdesign. *NextGen Scientific Review*, 2023(Vol. 1), 73–80. <https://doi.org/10.48446/opus-13728>
- Kusche, R., Strangfeld, K., Freche, A. & Fuß, A. (2024). Peer-Learning als Qualifizierungsinstrument auf dem Weg zur Berufungsfähigkeit: Auswertung der Begleitstudien im Projekt NextGen. *NextGen Scientific Review*, 2024(Vol. 2), 69–77. <https://doi.org/10.48446/opus-14967>
- Lukes, L. A., Ibrahim, L. M. & Bray, L. (2023). Designing programs to prepare future faculty for academic careers: Insights from a longitudinal case study of a multidisciplinary cohort-based program model for doctoral students. In *To Improve the Academy* (Vol. 42, No. 2, Winter 2023, S. 209–237). <https://doi.org/10.3998/tia.2732>
- Schulz, M. (2012). Quick and easy!? Fokusgruppen in der angewandten Sozialwissenschaft. In M. Schulz, B. Mack & O. Renn (Hrsg.), *Fokusgruppen in der empirischen Sozialwissenschaft: Von der Konzeption bis zur Auswertung* (S. 9–22). Springer VS.
- Stroot, T. & Westphal, P. (2018). Peer Learning als Element einer diversitätsensiblen, inklusiven Bildung und Entwicklung an Hochschulen: Einführung in die Thematik. In T. Stroot & P. Westphal (Hrsg.), *Peer Learning an Hochschulen: Elemente einer diversitätsensiblen, inklusiven Bildung* (S. 9–18). Verlag Julius Klinkhardt.
- Struck, P. (2023). Peer Learning in der beruflichen Ausbildung: Potenziale und Auswirkungen auf Lernumgebungen in Betrieb und Berufsschule (Bd. 78). wbv Publikation. <https://doi.org/10.3278/9783763976188>
- Taka, M., Suviniitty, J. & Varis, O. (2023). *From Rookies To Synthesis: Agile Solutions For Sustainable Doctoral Studies*. <https://doi.org/10.21427/98J4-5E04>
- Tian, Y. (2023). Self-organised Forum as horizontalized pedagogy practice for phd students: the peer-learning, mental support, and community building of "chinese translation and interpreting phd forum". In *The Online Journal of New Horizons in Education* (July 2023, S. 261–275). <https://www.tojcam.net/journals/tojned/volumes/tojned-volume13-i03.pdf#page=87>
- Topping, K. J. (2005). Trends in Peer Learning. *Educational Psychology*, 25(6), 631–645. <https://doi.org/10.1080/01443410500345172>
- Topping, K. J. (2023). Advantages and Disadvantages of Online and Face-to-Face Peer Learning in Higher Education: A Review. *Education Sciences*, 13(4), 326. <https://doi.org/10.3390/educsci13040326>
- Topping, K. J. & Ehly, S. (1998). 1. Introduction to Peer-Assisted Learning. In K. J. Topping & S. Ehly (Hrsg.), *Peer-assisted Learning* (S. 1–23). Routledge.
- Witzel, A. (1985). Das problemzentrierte Interview. In G. Jüttemann (Hrsg.), *Qualitative Forschung in der Psychologie: Grundfragen, Verfahrensweisen, Anwendungsfelder* (S. 227–255). Beltz.
- Witzel, A. & Reiter, H. (2012). The problem-centred interview: Principles and practice. Sage.

Anhang

In die Auswertung der ersten Forschungsphase eingeflossen sind:

- PGS 1 „Moderne Wissenschaftskommunikation“ (28.05.21)
- PGS 2 „Lernen aus kognitionswissenschaftlicher Sicht“ (02.07.21)
- PGS 3 „Innovative Lehr- und Lernkonzepte“ (23.07.21)
- PGS 4 „Promotionsunterstützung“ (24.09.21)
- PGS 5 „Qualitative & Quantitative Erhebungsmethoden“ (17.12.21)
- PGS 6 „Communication, Conflict & Culture: Dealing with the 3 C's“ (14.01.22)
- PGS 7 „Drittmittelmanagement“ (28.01.22)
- PGS 8 „Einführung in Latex“ (11.03.22)
- PGS 9 „Tipps und Tricks in Powerpoint“ (01.04.22)
- PGS 10 „Self-editing of English academic texts“ (22.04.22)

Während der Auswertung / Veröffentlichung der Ergebnisse, liefen folgende weitere PGS im ersten System weiter:

- PGS 11 „Qualitative Interviews und MAXQDA“ (20.05.22)
- PGS 12 „Verhandeln auf Englisch“ (10.06.22)
- PGS 13 „Systematic Meta-Analysis mit Biblioshiny (R-Package)“ (23.06.22)
- PGS 14 „Kooperationen in der Praxis“ (15.07.22)
- PGS 15 „Kategorisierung in MAXQDA“ (07.10.22)
- PGS 16 „Videoschnitt“ (04.11.22)
- PGS 17 „Erhebung, Bereinigung und Auswertung empirischer Daten am praktischen Beispiel“ (03.02.23)
- PGS 18 „Shared Task“ (17.02.23)
- PGS 19 „Ringversuch“ (17.02.23)
- PGS 20 „Simple Self Confidence Strategies in English Communication“ (21.04.23)
- PGS 21 „Case Study“ (26.05.23)

Influence of the Big Five Personality Traits on Sustainable Behaviour

A literature review

Monja Steinigke, Georg Puchner

Kontakt: Monja Steinigke, Hochschule Mittweida, steinigk@hs-mittweida.de

Abstract

Understanding the factors that promote sustainable behaviour is becoming increasingly crucial in light of global sustainability challenges and the ambitious targets of the UN Agenda 2030. Personality traits, such as the Big Five, offer valuable insights into why individuals engage in or resist sustainable practices.

This paper presents a systematic literature review examining the influence of the Big Five personality traits on sustainable behaviour. Following the five-stage approach outlined by vom Brocke et al. (2009), this review addresses the research question: To what extent do the Big Five personality traits influence sustainable behaviour? The analysis reveals a complex interplay between personality traits and sustainable behaviours across different contexts. *Openness* consistently emerges as a strong predictor of sustainable behaviour, as individuals with high levels of *Openness* are more inclined to change habits and adopt environmentally friendly alternatives, making them key drivers of sustainable practices. The effects of traits such as *Agreeableness*, *Extraversion*, *Neuroticism* and *Conscientiousness* vary significantly across studies, indicating that these influences are context-dependent and may be moderated by other variables. The findings highlight the need for future research to explore potential moderating factors, such as age, country and target group. In addition, various types of sustainable behaviours should be investigated in order to gain a more comprehensive understanding of the relationship between personality traits and sustainable behaviours.

Keywords: Big Five personality traits, sustainable behaviour, sustainability.

1 Introduction

In view of the global challenges in the area of sustainability and the ambitious goals of Agenda 2030, the question of the factors that promote sustainable behaviour (SB) is becoming increasingly important (United Nations, 2024). While personality variables have been extensively used in psychological studies, they have been largely neglected in organisational environmental research (Zacher et al., 2023).

Personality traits such as the ‘Big Five’ have a sig. influence on individual behaviour patterns (McCrae & Costa, 1997), which could also be relevant for sustainable action. In this context, the research question arises: To what extent do the Big Five have an influence on SB? This literature review aims to provide a comprehensive overview of the existing research and to analyse the results in order to

determine the extent to which individual personality traits influence SB. Interaction effects within the Big Five characteristics were not taken into account, as this article is focused on the influence of the individual Big Five on sustainable behaviour variables (SBVs). This analysis is intended to create the basis for further studies and identify existing research gaps.

The paper begins with the relevant theoretical foundations and an explanation of the research design and methodology. The results are then summarised and structured by categories. A critical discussion and conclusion of the findings concludes the article.

2 Theoretical fundamentals

In this chapter, the author provides the theoretical background and begins with an introduction and definition of the Big Five personality traits as a plausible approach to explaining human behaviour. This is followed by a thorough examination of the concepts of sustainability and SB, with a particular focus on the latter as the primary subject of investigation.

2.1 Big Five personality traits

Personality traits are referred to as “a relatively stable, consistent and enduring internal characteristic that is inferred from a pattern of behaviours, attitudes, feelings and habits in the individual” (*APA Dictionary of Psychology*, 2024). The best-known and most widely used framework for analysing personality traits is the *Big Five Model* and the *Five Factors Model* (Kabigting, 2021; Soutter, Bates & Möttus, 2020). Both differ in the survey method but examine the same five factors: *Neuroticism*, *Extraversion*, *Openness*, *Agreeableness* and *Conscientiousness* (Soutter et al., 2020). Researchers exploring the relationship between personality traits and SB frequently utilise one of these models (Soutter et al., 2020). As these are the most commonly used models, this paper will focus on literature that refers to these models. Another model that is increasingly being used and will therefore be mentioned here is the six-factor HEXACON model; this model adds the area of honesty-humility to the Big Five, which is related to *Agreeableness* and *Conscientiousness* in the Big Five (Ashton & Lee, 2007). As it is not yet widely used in research, this model is not included in this literature review.

The Big Five model has a long historical development, with sig. contributions from multiple researchers (Kabigting, 2021), particularly McCrae and Costa (1997) and work by Goldberg (1992).

McCrae and Costa (1997) define the five factors in question by way of the following personality traits:

- (1) *Neuroticism* reflects emotional instability, including tendencies towards anxiety, anger, depression, self-consciousness, impulsiveness and vulnerability to stress.
- (2) *Extraversion* describes sociability and energy levels, characterised by warmth, gregariousness, assertiveness, high activity, a desire for excitement and positive emotions.
- (3) *Openness to Experience* denotes a preference for creativity and new experiences, which are marked by fantasy, aesthetics, feelings, openness to new ideas, actions, ideas and values.
- (4) *Agreeableness* refers to a cooperative and compassionate nature, including traits like trust, straightforwardness, altruism, modesty and tender-mindedness.
- (5) *Conscientiousness* represents organisation and dependability, involving competence, orderliness, a sense of duty, achievement striving, self-discipline and careful deliberation.

These traits collectively shape how individuals perceive the world, interact with others and manage their emotions, offering valuable insights into human behaviour (Antonopoulou, 2023; McCrae & Costa, 1997).

2.2 Sustainable behaviour

The origin of the term *Sustainability* stands for the preservation of natural resources and the adjective *Sustainable* initially only means that something lasts (Brand & Jochum, 2000). What is meant to “last” remains an open question. Although there are a variety of definitions with different focuses, authors of scientific works largely agree that the definition from the Brundtland Report is the most widely used (Alhaddi, 2015; Braun & Senger, 2022; Mumm, 2016). There was said that sustainable development „meets the needs of the present without compromising the ability of future generations to meet their own needs“ (Brundtland Commission, 1987, p. 43). The Brundtland Report also defined that *Sustainability* can be divided into environmental, social and economic dimensions (Brundtland-Commission, 1987).

The way in which an organism responds to particular stimuli or classes of stimuli is called *Behaviour*, which is defined as “the sum of the organism's physical responses to its environment” (Colman, 2009). *SB* is a way of life that incorporates values, beliefs and a personal sense of responsibility, guiding intentional actions to promote the well-being of all living beings, both now and in the future (Pinho & Gomes, 2023). In this way *SB* does not follow direct reactions to information, but requires additional social signals and the reduction of barriers both socially, psychologically and physically (Zaman et al., 2023). A term that is also frequently mentioned in this context is *Pro-Environmental Behaviour* (Pořkus, 2020). This term refers to the environmental dimension of sustainability and means reducing the negative impact of one's own behaviour on the environment while paying attention to improving environmental conditions. (Steg & Vlek, 2009). An-

other relevant term in the context of *SB* is *Sustainable Consumption* (Awais, Samin, Gulzar, Hwang & Zubair, 2020; Gustavsen & Hegnes, 2020). The Brundtland-Commission (1987) infers sustainable consumption from *SB* and defines it as consumption that optimises the consequences for all three sustainability categories. Fabio and Croce (2024) define sustainable consumption as specific behaviours like buying environmentally friendly products, reducing resource consumption, buying ethical products and prioritising recycling.

3 Research design and methodology

This paper conducts a systematic literature review based on the five main stages of the vom Brocke et al. (2009) approach, which is described in the following.

3.1 Literature research

In the first step of this literature methodology, the research concept is defined: This work focuses on the complete presentation of the state of research in the selected databases with the keywords defined in the next step. The second step is to conceptualise the topic by defining the key terms and search strategy consisting of ‘Big Five’ AND ‘Sustainable Behaviour’. These keywords are chosen because they cover the central concepts of the research question. In the third step, the databases Web of Science, Google Scholar and Ebsco are used to select the literature for articles published between 2018 and 2024. This period was chosen in particular to focus on current research and findings. The year 2018 was chosen because sustainability has become much more relevant. In 2018 global initiatives such as the creation of the Fridays for Future movement (Zilles, 2023) emphasized the relevance of sustainability. The selection is limited to primary literature from scientific publications, conference papers and research reports. In addition, the scientific recommendation is followed and a ranking is used to evaluate publications (Kraus, Breier & Dasi-Rodríguez, 2020). The VHB Jourqual (JQ) ranking is chosen because it is one of the three main journal rankings available and is recommended for literature reviews (Kraus et al., 2020). The literature found is therefore only analysed if it has received an A, B or C rating in the VHB ranking and is therefore considered to be leading, important or recognised in the field of business administration (VHB-JOURQUAL 3, 2024). D-rated journals were omitted to ensure high scientific quality.

The number of publications found during the research can be seen in table 1. Of the total of 334 articles that met the criteria of the VHB ranking (A-C), all articles that did not relate to the research question addressed here were excluded by systematically reviewing and substantively analysing their abstracts and methodologies sections. The abstract and methodology sections are chosen for review as they help to assess the relevance of the study to a particular research question (Andrade, 2011; Eldawlatly & Meo, 2019). The abstract provides a concise summary of the entire paper, including the background, methods, results, and conclusions, allowing readers to quickly determine if the paper is relevant to their interests (Andrade, 2011). The methodology section details the study design, setting, subjects, data collection, data analysis, and ethical

considerations, offering insights into how the research was conducted and ensuring transparency and reproducibility (Eldawlatly & Meo, 2019). Only those publications are considered that explicitly examine the influence of the Big Five personality traits on SB and are therefore relevant to the research question addressed here. This reduces the number of relevant articles to ten.

The final set of ten publications are summarised and analysed according to Mayring (2019) in the fourth step, followed by the interpretation of the results in the discussion section as the final fifth step.

Table 1: Selection of the analysed literature.

	Total
Literature found	1089
Removal of duplicates	1073
Of which VHB Ranking (A-C)	334
Of which relevant	10

3.2 Evaluation methodology

For the reporting and summarisation of information, the selected articles are read in full and summarised (see Appendix). These articles explore the influence of the Big Five on various SBVs. Although not all studies examined SB as an explicit variable, they all draw conclusions related to it. For example, Hopwood et al. (2021) investigated *Environmental Concerns* and inferred pro-environmental behaviour from their findings. Similarly, Zaman et al., (2023) collected data primarily on *Connectedness to Nature* and concluded that a stronger connection to nature leads to more sustainable decisions. Since all articles are considered within the broader scope of SB in this paper, they were included. However, it is important to note that some researchers did not directly measure variables related to behaviour, which raises critical concerns about the interpretation and operationalisation of sustainability variables in the analysed studies. It should be also noted that not all researchers paid special attention to the use of the term sustainability in their work and sustainability terms are often used without clear definitions. It can be said that the diversity of terms around sustainability reflects the inconsistent results of this field of research (Alhaddi, 2015).

For the evaluation of the qualitative content analysis methodology according to Mayring (2019) is applied. The SBVs examined in the publications are used to categorise the content. Following this, the variables could be grouped into six subcategories: *Pro-Environmental Behaviour*, *Environmental Attitude*, *Consumer Behaviour*, *Decision Making*, *Food Consumption*, *Food Value*. These subcategories were then grouped into three main categories: *Pro-Environmental Behaviour*, *Consumer Behaviour* and *Food-Related Behaviour*.

Some of the articles could be categorised under the environmental dimension, others under both the environmental and economic dimensions, but none under the social

dimension. Therefore, in the overview, the articles were classified as representing either *Non-Economically driven SB* or *Economically driven SB*.

When analysing the results, the articles by Awais et al. (2020) and Poškus (2020) were excluded. The reason for the exclusion of Poškus (2020) study is that the author created profiles that represent combinations of the Big Five traits. As these profiles are based on a summary of the personality traits and describe overarching types, a direct comparison with other studies that look at the Big Five individually is not possible.

Awais et al. (2020) examine the relationship between the Big Five and the concept of e-Mavenism, which in turn examines an effect on frugality, in order to examine the effects on sustainable consumer behaviour in a further step. This indirect effect is not considered further below, as the focus is on the direct effects of the Big Five on SBVs.

4 Content evaluation

The following section discusses the similarities, differences and connections between the analysed sources. An overview of the categories and results of the effects of the Big Five on SBVs can be found in Table 2. Due to the substantial differences among the SBVs within each category, a direct comparison between the three categories is not feasible. For instance, it is challenging to compare the variable *Consumption of Organic Food* with the variable *Connectness to Nature*. Therefore, it has been decided to discuss the results separately within each category.

4.1 Non-economically driven SB

The four considered articles in this dimension are categorised under *Environmental Behaviour*, with the subcategories *Pro-Environmental Behaviour* (Fabio & Croce, 2024; Giancola, Palmiero & D'Amico, 2023) and *Environmental Attitude* (Hopwood, Schwaba & Bleidorn, 2021; Zaman et al., 2023). Regarding the two studies, belonging to the first subcategory: one used the Sustainable Behaviours Scale (Fabio & Croce, 2024) and the other the Pro-Environmental Behaviour Questionnaire (Giancola et al., 2023). Notably, Giancola et al. (2023) examined the impact of the Big Five on their SBV, considering the moderation effect of the variable *Fluency and Creativity of Divergent Thinking*. The other two studies focused on *Environmental Attitude*, in particular on the variables *Environmental Concerns* (Hopwood et al., 2021) and *Connectedness to Nature* (Zaman et al., 2023). Both used a topic-specific scale. The SBVs are, as already mentioned, assumed to act as moderating variables that condition pro-environmental behaviour. The study by Hopwood et al. (2021), unlike the other cross-sectional studies, is the only longitudinal one with a survey period of eight years. The study by Zaman et al. (2023) found no effect of the Big Five on their SBV and the authors did not provide any possible explanations for this result.

The remaining three studies agree in their findings that *Openness* has a sig. positive effect on the respective SBVs and differ on the other Big Five traits. According to Giancola et al. (2023) *Openness* in combination with pronounced creativity enables innovative ideas, which in turn

Table 2: Categories and results of the literature

Dimension	Category	Publication	Effects of E on SBV	Effects of O on SBV	Effects of A on SBV	Effects of N on SBV	Effects of C on SBV
Non-economically driven SB	Environmental Beh.	Poškus (2020)	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
		Fabio and Croce (2024)	o	++	++	o	++
		Giancola et al. (2023)	++ *	++ *	-- *	o	o
		Hopwood et al. (2021)	o	c	o	++	o
		Zaman et al. (2023)	o	o	o	o	o
Economically driven SB	Consumer Beh.	Awais et al. (2020)	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
		Song and Kim (2018)	o	++	o	o	++
		Stöckigt et al. (2018)	n.a.	+	o	n.a.	+
	Food-Related Beh.	Gustavsen and Hegnes (2020)	--	++	++ **	o	o
		Ardebili and Rickertsen (2023)	o	++	++	o	o

E = Extraversion, O = Openness, A = Agreeableness, N = Neuroticism, C = Conscientiousness

o = no effect; + = positive effect; ++ = sig. positive effect; -- = sig. negative effect

*) Ander moderation variable

**) In 3 of 8 models

promote pro-environmental behaviour. The other authors found no explanation.

While Fabio and Croce (2024) and Hopwood et al. (2021) found no effect of *Extraversion* on the SBVs, Giancola et al. (2023) found a sig. positive effect (under mod. variable). Giancola et al. (2023) believe that the tendency of individuals high in *Extraversion*, together with the desire to project a positive image of themselves, leads them to use their creativity to engage in environmentally friendly practices (Giancola et al., 2023). The other authors found no explanation.

The studies also disagree on the effect of *Agreeableness* on SBVs. While one found a sig. positive effect (the most sig. of all Big Five effects in their study) (Fabio & Croce, 2024), another one found no effect (Hopwood et al., 2021) and the third found a sig. negative effect (under mod. variable) (Giancola et al., 2023). Giancola et al. (2023) assume that a lower level of *Agreeableness* triggers more creativity, as they are not held back by social desirability and are willing to think in new ways, which in turn promotes SB.

While Fabio and Croce (2024) and Giancola et al. (2023) found no effect of *Neuroticism* on the SBVs, Hopwood et

al. (2021) found a sig. positive effect on environmental concerns. According to Hopwood et al. (2021), people who are highly developed in this personality trait often react more strongly to potentially threatening or stressful situations, which means that they can also perceive environmental problems such as climate change as particularly threatening.

Only one study found a sig. positive effect of conscientiousness on SB (Fabio & Croce, 2024), the others found no effect.

4.2 Economically driven SB

In addition to the articles on *Non-Economically driven SB*, four other articles focusing on *Economically driven SB* are analysed, consisting of the categories *Consumer Behaviour* and *Food-Related Behaviour*. The analysed sources are presented below, organised by category.

4.3 Consumer Behaviour

Two studies are summarised under the category *Consumer Behaviour*, as they each explore the influence of the Big Five on specific aspects of behaviour in consumer contexts.

Song and Kim (2018) used the *Socially Responsible Purchase And Disposal Behaviour Scale*, consisting of the variables *Purchase Behaviour* based on firms' CSR performance, recycling behaviours and avoidance and usage reduction of products with greater impacts on the environment, which were combined to form the SBV *Consumption Behaviour*. As already mentioned, the other study of this category by Awais et al. (2020) is not considered further here.

Under the category of *Decision Making*, Stöckigt et al. (2018) investigated sustainable decision making by consumers as SBV. Their study employed a conjoint analysis method that allowed participants to choose between different alternatives of food, fashion, speed of delivery and availability of grocery products (Stöckigt, Schiebener & Brand, 2018). While these variables were surveyed separately, the authors presented their findings in general statements on sustainable decision making. It is important to note that the study by Stöckigt et al. (2018) only analysed three of the Big Five traits: *Openness*, *Agreeableness* and *Conscientiousness*.

The results indicate that for the three traits examined by Stöckigt et al. (2018), the findings regarding the influence of the Big Five on the respective SBVs are consistent with those of the study by Song and Kim (2018).

Both studies identified a sig. positive effect of *Openness* and *Conscientiousness* on their SBV (Song & Kim, 2018; Stöckigt et al., 2018). *Openness* emerged as a central prerequisite and the strongest predictor of SB (Song & Kim, 2018; Stöckigt et al., 2018). According to Stöckigt et al. (2018), *Openness* is crucial for a sustainable lifestyle because it fosters the willingness to adopt new behaviours, such as avoiding plastic bags or purchasing environmentally friendly products. It is considered important because it supports the capacity to break habits and develop new, more sustainable practices. In contrast, Song & Kim (2018) attributes the influence of *Openness* primarily to the creative and imaginative nature of individuals with high levels of this trait, which makes them more inclined to embrace and implement new ideas.

Both studies also reported a sig. positive effect of *Conscientiousness* on SBVs. The authors Stöckigt et al. (2018) explain this effect through three facets associated with *Conscientiousness*: competence, self-discipline and a sense of duty. In decision-making situations, competence is needed to weigh the pros and cons of different options and their potential long-term consequences. Opting for a more sustainable choice, which often involves sacrificing more convenient alternatives, requires a high level of self-discipline. A sense of duty plays a crucial role when decisions are made out of responsibility toward the environment and society. Song and Kim (2018) do not provide further explanations for the sig. effects of *Conscientiousness* on SB. Both found no effect of *Agreeableness* on the SBVs. Song and Kim (2018), who examined all Big Five, also found no effect of *Extraversion* and *Neuroticism* on the SBV. Arguments as to why the other Big Five had no effect were not given in either study.

In conclusion, both studies demonstrated the sig. positive impact of *Openness* and *Conscientiousness* on SB, highlighting the strong influence of these personality traits.

4.4 Food-Related Behaviour

Within the category of *Food-Related Behaviour*, two articles were assigned to the subcategories *Food Value* and *Food Consumption*. As only one article was assigned to each subcategory, the subcategories are not discussed in detail below.

Ardebili and Rickertsen (2023) analysed the effect of the Big Five on the evaluation of *Food Values* as SBV, focusing on variables such as environmental compatibility, naturalness (including organic food) and fairness. The second study in the *Food-Related Behaviour* category is assigned to *Food Consumption* and analyses the SBV *Consumption of Organic Food* (Gustavsen & Hegnes, 2020). Given that naturalness, one of the SBVs from the first study, encompasses organic food, there is an overlap in the variables analysed in both publications. Therefore, both studies are grouped into one category due to their shared focus on food. Both studies found a sig. positive effect of *Openness* and *Agreeableness* on SBVs, although Gustavsen and Hegnes (2020) only observed a sig. positive effect in three out of eight statistical models. The positive effect of *Openness* is attributed to an interest in trying new foods (Gustavsen & Hegnes, 2020). Individuals with higher levels of *Openness* are more willing to spend more money on organic food than those with lower levels (Ardebili & Rickertsen, 2023). Neither study found an effect of *Neuroticism* or *Conscientiousness* on their SBV. No possible explanations were provided for the lack of an effect from *Neuroticism*. However, Gustavsen (2020) suggests that the minimal effect of *Conscientiousness* might be due to their studies context in Norway, where most Norwegians perceive little difference between organic and conventional food because of the country's small-scale agriculture. People with high levels of *Conscientiousness* may be more aware of this perception than those with lower levels (Gustavsen & Hegnes, 2020). The only different results are found in the case of *Extraversion*. While Ardebili and Rickertsen (2023) found no effect of *Extraversion* on *Food Values*, Gustavsen and Hegnes (2020) identified a sig. negative effect of *Extraversion*, showing that individuals with higher levels of *Extraversion* have less interest in organic food compared to those with lower levels. This makes their study the only one among all analysed articles to report a sig. negative effect of *Extraversion*. The authors were unable to provide an explanation for this finding.

5 Discussion and Conclusion

Overall, the studies highlight the complex interplay between personality traits and SB across different contexts. The results suggest that the Big Five have different influences on SB in different categories and contexts.

Openness to Experience consistently emerges as a strong predictor of SB. Individuals with high levels of *Openness* are open to new experiences, more willing to change habits and adopt environmentally friendly alternatives, positioning them as pioneers in SB. This consistency highlights the role of *Openness* as a critical trait in fostering pro-environmental behaviours. This characteristic could play a decisive role in the promotion of environmentally friendly behaviour, for example by directly addressing the openness of individuals.

The effects of traits like *Agreeableness*, *Extraversion*, *Neuroticism* and *Conscientiousness* vary significantly across studies, suggesting that these influences are more context-dependent and may be moderated by other variables. This is also evidenced by the similar results within the categories, particularly the *Consumer Behaviour* and *Food-Related Behaviour* categories. This could imply that the type of SB under consideration influences how personality traits manifest in these contexts.

In the critical discussion of the analysed literature aspects emerge that point to gaps in the research and offer starting points for future studies.

Three large and well-known databases - Web of Science, Google Scholar and Ebsco - were deliberately selected in order to obtain a comprehensive overview of how much research is available on this topic. The small number of ten analysed articles reflects the current state of research: the specific relationship between the Big Five and SB is a comparatively under-researched topic. This shows that research in this area is still at an early stage and that there is a research gap here. The narrow focus on high-quality, thematically precise articles therefore not only emphasises the relevance of the present work, but also helps to shed light on this research gap.

In general, the literature lacks detailed explanations of the effects or lack of effects, especially with regard to the Big Five personality traits *Extraversion*, *Neuroticism* and *Conscientiousness*, which should be filled by more detailed studies. Additionally, the unique finding of a negative effect of *Extraversion* on SB by Gustavsen and Hegnes (2020) stands out. Future research could explore why this study alone found such a result, potentially uncovering specific conditions or contexts that drive this negative relationship.

Furthermore, the research presented here did not find any studies analysing the social dimension of sustainability. While many studies focus on ecological or economic aspects, there is potential for future studies that also include the social dimension. An integrative perspective that considers all three dimensions - environmental, economic and social - could also paint a more complete picture of the impact of personality traits on SB.

Some studies had very specific target groups, such as higher education workers. It would be desirable for future studies to consider a broader sample to ensure the transferability of the results to the general population.

It would be helpful if future research were to develop clearer definitions and delimitations of the sustainability terms used in order to improve the comparability of the results and enable more well-founded conclusions. Future research should also explore the potential moderating effects of factors such as age, country, target group, industry or other contextual variables to provide a more nuanced understanding of the relationship between personality traits and SBs.

Overall, valuable insights can be derived from the research to date, but there are still some areas that should be explored further. These research gaps offer opportunities for future studies to develop a deeper and more comprehensive understanding of the links between Big Five personality traits and SB. Given the urgent global challenges,

future research must delve deeper into how these traits, alongside other moderating factors, can be leveraged to foster more SB on an individual and organizational level, contributing to more effective sustainability strategies.

References

- Alhaddi, H. (2015). Triple Bottom Line and Sustainability: A Literature Review. *Business and Management Studies*, 1(2), 6. <https://doi.org/10.11114/bms.v1i2.752>
- Andrade C (2011, April). How to write a good abstract for a scientific paper or conference presentation. *Indian J Psychiatry*, 53(2).
- Antonopoulou, H. (2023). Personality Traits and the Growth of Emotional Intelligence. A Systematic Evaluation. *Technium Education and Humanities*, 6, 173–184. <https://doi.org/10.47577/teh.v6i.9442>
- APA Dictionary of Psychology. (2024, 13. August). Verfügbar unter: <https://dictionary.apa.org/personality-trait>
- Ardebili, A. T. & Rickertsen, K. (2023). Food values and personality traits in the United States and Norway. *Journal of Cleaner Production*, 413, 137310. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2023.137310>
- Awais, M., Samin, T., Gulzar, M. A., Hwang, J. & Zubair, M. (2020). Unfolding the Association between the Big Five, Frugality, E-Mavenism, and Sustainable Consumption Behavior. *Sustainability*, 12(2), 490. <https://doi.org/10.3390/su12020490>
- Brand, K. W. & Jochum, G. (2000). Der deutsche Diskurs zu nachhaltiger Entwicklung: Nachhaltige Entwicklung zur sozialen Konstruktion globaler Handlungskonzepte im Umweltdiskurs. Verfügbar unter: https://www.sozialforschung.org/wordpress/wp-content/uploads/2009/09/kw_brand_deutscher_nachh_diskurs.pdf
- Braun, S. & Senger, E. (2022). CSR und Nachhaltigkeitsstandards: Nachhaltigkeitsreporting 4.0.
- Brundtland-Commission. (1987). Report of the world commission on environment and development: our common future. *Oxford University Press*.
- Colman, A. M. (2009). *A dictionary of psychology* (Oxford paperback reference, 3rd ed.) [Oxford]: Oxford University Press. Retrieved from <http://www.oxfordreference.com/>
- Eldawlatly AA, Meo SA (2019, April). Writing the methods section. *Saudi Journal of Anaesthesia*, 13(1).
- Fabio, R. A. & Croce, A. (2024). The Role of Peace Attitudes on Sustainable Behaviors: An Exploratory Study. *Behavioral Sciences (Basel, Switzerland)*, 14(2). <https://doi.org/10.3390/bs14020120>
- Giancola, M., Palmiero, M. & D'Amico, S. (2023). The green adolescent: The joint contribution of per-

- sonality and divergent thinking in shaping pro-environmental behaviours. *Journal of Cleaner Production*, 417, 138083.
<https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2023.138083>
- Goldberg, L. R. (1992). *The development of markers for the Big-Five factor structure* (Bd. 4).
<https://doi.org/10.1037/1040-3590.4.1.26>
- Gustavsen, G. W. & Hegnes, A. W. (2020). Individuals' personality and consumption of organic food. *Journal of Cleaner Production*, 245, 118772.
<https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.118772>
- Hopwood, C. J., Schwaba, T. & Bleidorn, W. (2021). Personality changes associated with increasing environmental concerns. *Journal of Environmental Psychology*, (77).
<https://doi.org/10.1016/j.jenvp.2021.101684>
- Kabigting, F. (2021). The Discovery and Evolution of the Big Five of Personality Traits: A Historical Review. *GNOSI: an Interdisciplinary Journal of Human Theory and Praxis*, (4), 83–100.
<https://doi.org/10.13140/RG.2.2.13907.40480>
- Kraus, S., Breier, M. & Dasí-Rodríguez, S. (2020). The art of crafting a systematic literature review in entrepreneurship research. *International Entrepreneurship and Management Journal*, 16(3), 1023–1042. <https://doi.org/10.1007/s11365-020-00635-4>
- Mayring, P. (2019). Qualitative Inhaltsanalyse. Abgrenzungen, Spielarten, Weiterentwicklungen. *Forum Qualitative Sozialforschung / Forum: Qualitative Social Research*, Vol 20, No 3 (2019): Qualitative Content Analysis, (20 (3)).
<https://doi.org/10.17169/FQS-20.3.3343>
- McCrae, R. R. & Costa, P. T. (1997). Personality trait structure as a human universal. *American Psychologist*, 52(5), 509–516.
<https://doi.org/10.1037//0003-066X.52.5.509>
- Mumm, G.. *Die deutsche Nachhaltigkeitsstrategie. Grundlagen - Evaluationen - Empfehlungen*. Wiesbaden. Verfügbar unter: <https://ebookcentral.proquest.com/lib/kxp/detail.action?docID=4527979>
- Pinho, M. & Gomes, S. (2023). What Role Does Sustainable Behavior and Environmental Awareness from Civil Society Play in the Planet's Sustainable Transition. *Resources*, 12(3), 42.
<https://doi.org/10.3390/resources12030042>
- Poškus, M. S. (2020). What Works for Whom? Investigating Adolescents' Pro-Environmental Behaviors. *Sustainability*, 12(18), 7313.
<https://doi.org/10.3390/su12187313>
- Song, S. Y. & Kim, Y.-K. (2018). Theory of Virtue Ethics: Do Consumers' Good Traits Predict Their Socially Responsible Consumption? *Journal of Business Ethics*, 152(4), 1159–1175. Verfügbar unter: https://ideas.repec.org/a/kap/jbuset/v152y2018i4d10.1007_s10551-016-3331-3.html
- Soutter, A. R. B., Bates, T. C. & Möttus, R. (2020). Big Five and HEXACO Personality Traits, Proenvironmental Attitudes, and Behaviors: A Meta-Analysis. *Perspectives on Psychological Science : a Journal of the Association for Psychological Science*, 15(4), 913–941.
<https://doi.org/10.1177/1745691620903019>
- Steg, L. & Vlek, C. (2009). Encouraging pro-environmental behaviour: An integrative review and research agenda. *Journal of Environmental Psychology*, 29(3), 309–317.
<https://doi.org/10.1016/j.jenvp.2008.10.004>
- Stöckigt, G., Schiebener, J. & Brand, M. (2018). Providing sustainability information in shopping situations contributes to sustainable decision making: An empirical study with choice-based conjoint analyses. *Journal of Retailing and Consumer Services*, 43, 188–199.
<https://doi.org/10.1016/j.jretconser.2018.03.018>
- VHB-JOURQUAL 3. (2024, 27. August). *VHB-Jourqual 3: Erläuterungen zu den Tabellen*. Verfügbar unter: <https://vhbonline.org/service/vhb-jourqual/vhb-jourqual-3/erlaeuterungen>
- Zaman, S., Serat, A. S., Tabassum, T. [Taranna], Tabassum, T. [Tahsin] & Irfanullah, H. M. (2023). Understanding and assessing sustainable behavior among the academics in higher education institutions of Bangladesh. *International Journal of Sustainability in Higher Education*, 25(4).
<https://doi.org/10.1108/IJSHE-11-2022-0366>
- Zilles, J. (2023). 20. August 2018: Beginn der Klimaproteste "Fridays for Future", Bundeszentrale für politische Bildung. <https://www.bpb.de/kurzknapp/hintergrund-aktuell/524253/20-august-2018-beginn-der-klimaproteste-fridays-for-future/>

Appendix

Table: Analysed literature

Publication	VHB-Ranking	Target group	Cross-sec. study	Direct effect	Methods	Additional variables	Depended Variable: Sustainable Beh. Variable (SBV)	Subcategory	Category	Dimension
Poskus (2020)	C	Students from five high schools in Klaipeda (Lithuania)	yes	yes	Empirical Clustering, Linear Regression Model		Pro-Environmental Beh.			
Fabio und Croce (2024)	B	Adults from Italy	yes	yes	Pearson's Correlations; Multiple Regression Analysis	Peace Attitude	Environmental SB	Pro-Environmental Beh.		
Giancola, Palmiero und D'Amico (2023)	B	Young people (18-22 years)	yes	no **	Pearson's Correlations, Moderation Analysis	Fluency And Creativity of Divergent Thinking	Pro-Environmental Beh.		Environmental Beh.	Non-Economically driven SB
Hopwood, Schwaba und Bleidorn (2021)	B	German population (representative)	no ***	yes	Structural Equation Model, Bivariate Latent Growth Curve Model		Environmental Concerns****			
Zaman, Serat, Tabassum, Tabassum und Irfanullah (2023)	C	Faculty members of universities in Dhaka, Bangladesh	yes	yes	Pearson's Correlation, Quali. Analysis according to Manning et al. (2009)		Connectedness to Nature****	Environmental Attitude		
Awais, Samin, Gulzar, Hwang und Zubair (2020)	C	WeChat users from China, Students	yes	no	Structural Equation Modeling	E-Mavenism, Frugality	Sus. Consumption Beh.			
Song und Kim (2018)	B	Online participant of a market research company	yes	yes	Confirmatory Factor Analysis	Purchase Beh. (firms' CSR), Recycling Beh., Avoidance and usage reduction of products	Socially Responsible Purchase and Disposal Beh.	Consumer Beh.	Consumer Beh.	Economically driven SB
Stöckigt, Schiebener und Brand (2018)	C	Residents of Duisburg, Germany	yes	yes	Pearson's Correlations, Multiple Regression Analysis	Sus. food, sus. fashion, speed of delivery, availability of grocery products*****	Sus. Decision Making	Decision Making		
Gustavsen und Hegnes (2020)	B	Norwegian population, 20 years and older	yes	yes	Graded Response Model, Logistic and Interval Regression Models		Consumption Of Organic Food	Food Consumption	Food-Related Beh.	
Ardebili und Rickertsen (2023)	B	Norwegian population, American population	yes	yes	Maxdiff Model, Latent Class Logit Model		Food Values****	Food Value		

*) Investigation of a direct effect of BIG FIVE on SV

**) Mod. Variable Fluency and divergent thinking

*** Longitudinal study (8 years)

**** Assumed moderation variable by author; not explicit Beh., but infers it

***** The authors survey these variables separately, but summarise the results in general statements on sustainable decision making

Understanding the transition from Industry 4.0 to Industry 5.0

A brief orientation guide

Flaviana Tagliaferri, Michael Kuhl

Contact: Flaviana Tagliaferri, Hochschule Mittweida, flaviana.tagliaferri@hs-mittweida.de

Abstract

Through the analysis of some remarkable works written on the transition from Industry 4.0 to Industry 5.0 in recent years, the present paper proposes a summary of the key points characterizing the two industrial paradigms, as well as a reflection on the developments that have led to the need for a transition, and an attempt to identify the main challenges companies and researchers are facing now.

Keywords: Industry 4.0, Industry 5.0, Human-centric technologies (HCT).

1 Introduction

Changes are happening fast, especially in the technology and manufacturing industries. Prof. Kagermann, Prof. Lukas, and Prof. Wahlster talked about a fourth industrial revolution at the Hanover Fair in Germany in 2011, with their document titled “Industrie 4.0. Mit dem Internet der Dinge auf dem Weg zur 4. Industriellen Revolution”. But starting in 2021, attention is already shifting towards yet another industrial revolution: Industry 5.0.

This is not just about labels. Behind the labels are real changes in approach, corresponding to the needs of the times.

This article summarizes the commendable work of many authors who have written and commented on the changes taking place within just over a decade, briefly highlighting the key points and challenges still to be faced.

2 The Industry 4.0 Paradigm

Industry 4.0, often defined as the fourth industrial revolution, represents the transformation of the manufacturing sector through the adoption of advanced digital technologies. This industrial paradigm based on automation and digitalization focuses on the nexus of physical and digital systems, creating smart factories in which machines, processes, and data are synergistically integrated (Alexa et al., 2022; Barata & Kayser, 2022).

The main objective of Industry 4.0 is the optimization of production processes to achieve greater efficiency, productivity, and flexibility (Ghobakhloo et al., 2023a; Narkhede et al., 2023).

The ongoing transformation of the manufacturing sector is characterized by the adoption and integration of so-called “enabling technologies”. These technologies contribute to the efficiency of production processes and, consequently, to numerous benefits for companies. In the literature, many authors, starting from Rüßmann et al. (2015) and then Yazdani et al. (2022) list the following key technologies:

1. Advanced Manufacturing solution
2. Big Data and Analytics
3. Augmented Reality (AR)
4. Additive Manufacturing (AM)
5. Cloud
6. Cyber-security
7. Industrial Internet of Things (IoT)
8. Horizontal and Vertical System Integration
9. Simulation.

AR is a central technology of Industry 4.0. It provides access to digital information, superimposing it on the physical world. This technology can be used to provide real-time instructions to workers, visualize complex process data, and improve remote collaboration.

The fundamental ingredients of the Advanced Manufacturing solution are Automation, Industrial Robots, Human-Machine Interaction (HMI), and Autonomous Robots. Industry 4.0 introduces collaborative robots (Cobots), designed to work alongside humans, assisting them in different activities and improving productivity.

Industry 4.0 is characterized by flexibility, efficiency, and automation. Independent production systems that require minimal human intervention are implemented. The latter has led to the birth of smart factories and to the use of Additive Manufacturing too. AM redefines design and production possibilities by not being a material removal process but additive, as the name suggests.

Big Data Analytics, Cloud Computing, and Business Systems are facilitating technologies. They are the most important building blocks of Industry 4.0. According to Ghobakhloo et al. (2023b) these technologies have become an indispensable part of most industrial ecosystems. Cloud Computing offers companies access to on-demand computing resources, such as storage, computing power, and software. It makes it possible to reduce IT infrastructure costs, increase flexibility and scalability, and improve collaboration.

The Industrial Internet of Things (IIoT) connects devices and machines and makes them communicate with each other, collecting and exchanging data in real time. In the industrial field, the IIoT makes it possible to monitor and control production processes remotely, optimize the use of resources, and predict failures.

Finally, cybersecurity is essential to protect company systems and data from cyber attacks. Industry 4.0 requires greater attention to cybersecurity, due to the increasing interconnectivity of systems, which is the main characteristic of Industry 4.0, but which also makes it much more exposed to attack.

Industry 4.0 is productivity-oriented. In fact, its goal is to improve the efficiency, productivity, and profitability of companies (Alexa et al., 2022; Ghobakhloo et al., 2023a; Ghobakhloo et al., 2023b; Narkhede et al., 2023; Zizic et al., 2022; Alves et al., 2023). Nonetheless, although this ongoing change can lead to improvements in terms of environmental sustainability (such as emissions reduction and resource efficiency), these benefits are often considered side effects rather than primary objectives. (Ghobakhloo et al., 2023a; Dragan et al., 2022)

Main Criticisms of Industry 4.0

Industry 4.0 has attracted several criticisms, mainly related to its focus on technology and productivity at the expense of workers' well-being and environmental sustainability.

The main critical points are:

- Lack of Human Centricity. Many authors argue that Industry 4.0, while leading to increased efficiency and productivity, has often failed to address its negative impact on workers. The increased automation and increasing digitalization of production processes can lead to job losses and the creation of a workforce polarized between low-income and well-paid, highly skilled workers. Industry 4.0 often neglects the social challenges arising from automation, such as the need to re-skill workers and ensure a fair distribution of economic benefits. Furthermore, the emphasis on efficiency and productivity can lead to increased stress for workers (Alexa et al., 2022; Ghobakhloo et al., 2023b; Narkhede et al., 2023; Xu et al., 2021).
- Insufficient Environmental Sustainability. Although Industry 4.0 can lead to improvements in resource efficiency and emission reduction, environmental sustainability is not a central goal. In contrast, Industry 4.0 has often been associated with increased energy consumption and e-waste generation. Furthermore, the focus on mass production and cost reduction may lead to a decrease in product lifespan and increased consumption, with negative consequences for the environment (Ghobakhloo et al., 2023a; Narkhede et al., 2023; Xu et al., 2021; Domil et al., 2022).
- Lack of Resilience. Many authors point out that the highly interconnected and automated systems of Industry 4.0 may be vulnerable to external shocks, such as pandemics, economic crises, or cyber-attacks. Industry 4.0 has often failed to address the need to build resilient industrial systems that can adapt to change and withstand disruption (Ghobakhloo et al., 2023b; Hassan et al., 2024; Zizic et al., 2022).
- Excessive technological complexity. Implementing Industry 4.0 technologies can be complex and expensive, making adoption difficult for small and medium-sized enterprises (SMEs). Lack of digital skills, difficulty integrating new technologies with existing systems, and high costs are significant barriers for many companies (Alexa et al., 2022; Ghobakhloo et al., 2023b; Zizic et al., 2022).

- Lack of strategic clarity. Technology adoption has often been driven by fads and trends rather than long-term planning. A clear strategic vision for Industry 4.0 is still struggling to emerge. The lack of a clear roadmap has led to a fragmentation of efforts and difficulty in measuring the real impact of Industry 4.0 (Alexa et al., 2022).

In short, criticisms of Industry 4.0 revolve around its tendency to privilege technology and productivity at the expense of human, social, and environmental concerns.

3 The Industry 5.0 paradigm

The European Commission in 2021 was the first to introduce the concept of Industry 5.0. It did so to address the key criticisms of the Industry 4.0 paradigm explained above.

Conceived as an evolution of Industry 4.0, Industry 5.0 shifts the focus from mere technological efficiency to a more holistic and sustainable vision of the manufacturing sector. The focus shifts to the centrality of humanity, sustainability, and resilience. Industry 5.0 aims to create an industry in which technology is at the service of the well-being of workers, society, and the environment. The paradigm promotes human-machine collaboration, mass customization, and the responsible use of resources (Ghobakhloo et al., 2023b; Hassan et al., 2024; Zizic et al., 2022).

Industry 5.0 therefore does not replace Industry 4.0 but integrates and evolves it. The technological advances of Industry 4.0 are essential to achieve the vision of Industry 5.0. For example, technologies such as IoT and artificial intelligence (AI), can be used to develop sustainable solutions, improve human-machine collaboration, and create personalized products (Ghobakhloo et al., 2023b; Barata & Kayser, 2023).

The coexistence of these two industrial paradigms can lead to a techno-social revolution, where technology is at the service of society's needs (Xu et al., 2021).

The Pillars of Industry 5.0

Recent literature shows that Industry 5.0 is made up of three fundamental pillars:

1. Anthropocentrism: Industry 5.0 focuses on the well-being of workers and their active role in production, exploiting technology to improve the quality of work and create new employment opportunities (Domil et al., 2022; Hassan et al., 2024).
2. Sustainability: Industry 5.0 promotes a circular production model, based on the reuse and recycling of resources, reducing environmental impact and promoting responsible use of energy (Domil et al., 2022; Draghici & Ivascu, 2022).
3. Resilience: Industry 5.0 aims to create production systems capable of adapting to market changes and global challenges, such as pandemics or economic crises (Ghobakhloo et al., 2023b; Domil et al., 2022).

4 The Transition to Industry 5.0 – A Complex and Necessary Evolution

Industry 5.0 aims to address the critical issues of Industry 4.0, placing humans at the center of production processes and integrating sustainability as a primary objective (Ghobakhloo et al., 2023b; Narkhede et al., 2023; Xu et al., 2021; Zizic et al., 2022). Furthermore, Industry 5.0 aims to create a circular and regenerative industry, capable of operating within the limits of our planet and of withstanding external shocks such as pandemics or economic crises. This objective is pursued through the adoption of innovative technologies, the promotion of energy efficiency, and the integration of circular economy principles (Stef & Draghici, 2022; Alexa et al., 2022; Ghobakhloo et al., 2023b; Hassan et al., 2024; Akundi et al., 2022; Alves et al., 2023).

Table 1 summarizes the key aspects of the two industrial paradigms:

Table 1: Comparison of Industry 4.0 and Industry 5.0:

	Industry 4.0	Industry 5.0
Vision	Productivity. Technological optimization. Efficiency.	Holistic approach. Human, social, and environmental well-being.
Focus	Technology and systems	Humans, sustainability, resilience.
Role of Technology	As the main driver of transformation	Means to achieve social and environmental goals

4.1 The Challenges of Transition

The transition to Industry 5.0 is a complex and evolving process. It involves complex challenges that companies must carefully address.

First, a deep cultural change that puts people and sustainability at the center is needed, redefining the role of technology within production processes (Narkhede et al., 2023; Ghobakhloo et al., 2023a).

Nevertheless, new technologies require specific and updated skills, so investing in training and requalification programs for workers becomes crucial (Alexa et al., 2022; Narkhede et al., 2023).

Another challenge is the management of technological

complexity. In fact, the integration of advanced technologies such as AI and IoT requires significant investments and specialized skills (Ghobakhloo et al., 2023a, 2023b).

Furthermore, the use of powerful technologies such as artificial intelligence raises ethical and social responsibility issues that require clear and shared regulation (Akundi et al., 2022). This leads to the need to define ethical and regulatory standards.

Finally, it is necessary to develop new performance indicators that go beyond traditional economic parameters and which measure the social and environmental impact of Industry 5.0 (Ghobakhloo et al., 2023b; Domil et al., 2022). Essentially, the measurement of social and environmental value must be defined.

4.2 Reasons to Focus on Industry 5.0

Industry 5.0 promotes mass customization, allowing companies to produce goods and services tailored to the individual needs of customers. This approach, enabled by the integration of advanced technologies such as 3D printing and artificial intelligence, opens up new business opportunities and stimulates innovation (Narkhede et al., 2023; Horvat et al., 2024).

Another important point is that this new industrial paradigm is in line with the United Nations Sustainable Development Goals (SDGs). In fact, it contributes to creating more equitable, inclusive, and environmentally friendly industry. The adoption of Industry 5.0 principles can help companies reduce their environmental impact, promote diversity and inclusion, and contribute to the well-being of local communities (Ghobakhloo et al., 2023b; Alves et al., 2023).

To underline the relevance of this approach, the European Commission has launched an agenda for Industry 5.0, promoting investments, policies, and initiatives aimed at supporting the transition towards more sustainable and human-centered industries.

4.3 Technologies to put Industry 5.0 into effect

The transition to Industry 5.0 is made possible by a set of enabling technologies that allow for its fundamental pillars to be put to use. Some of these technologies, such as IoT, Big Data, and Cloud Computing, have already been introduced with Industry 4.0, but they assume an even more central role in Industry 5.0.

Narkhede et al. (2023) highlight the role of Digital Twins and Simulation. Through Digital Twins (i.e. digital replicas of physical systems) it is possible to simulate and analyze the behavior of a product or process in real time. This technology can be used to optimize design, production, and maintenance, reducing costs, downtime, and environmental impact. Furthermore, the same authors note that in the new industrial paradigm, the use of smart and bio-inspired materials is encouraged, equipped with integrated sensors and advanced functionalities, while being recyclable.

Artificial intelligence plays a crucial role in Industry 5.0, enabling systems to learn from data, identify patterns and trends, and automate complex tasks. AI can be used, for example, to optimize production, improve quality control, personalize products, and develop new business models.

According to Ghobakhloo et al. (2023a), Cognitive Artificial Intelligence (CAI) would be an indispensable technological component of Industry 5.0. CAI is the result of the integration of artificial intelligence and artificial consciousness. Current AI systems, including variants based on symbol processing and deep learning, are still in their early stages of development. This limitation particularly restricts the implication of AI for cognitive cyber-physical systems (C-CCP), where the reliability and safety of autonomous physical systems are essential.

Technologies for Energy Efficiency, Renewable Energy, and Autonomy are increasingly strategic: Industry 5.0 promotes the use of technologies for energy efficiency, renewable energy, and autonomy, reducing dependence on fossil fuels and minimizing environmental impact. The ambitious goal is to create zero-carbon factories, powered by renewable sources and capable of autonomously managing their own energy needs.

One more technology is Extended Reality (XR). XR, which includes virtual reality (VR), augmented reality (AR), and mixed reality (MR), can improve human-machine interaction by merging the physical and virtual worlds (Zizic et al., 2022). XR finds applications in various areas of Industry 5.0, such as remote assistance, assembly line monitoring, personnel training and education, indoor and outdoor navigation, maintenance, and drone pilot training.

Human-Centric Technologies: A Collaboration between Human and Machine

Human-centric technologies (HCT) represent a paradigm shift in manufacturing from a technology-centric to a human-centric approach. This approach, in line with the principles of Industry 5.0, recognizes the importance of worker well-being, inclusion, and sustainability as key pillars for industrial success.

Some key points describing human-centric technologies, and their impact are:

- HCT aims to optimize the interaction between humans and machines. This includes the joint design of processes, systems, and work environments to improve employee engagement, safety, well-being, and productivity while strengthening the human role through the integration of technology (EU Commission, 2024).
- HCT can be used to automate repetitive or dangerous tasks, freeing workers to focus on more creative and fulfilling activities. (Ghobakhloo et al., 2023b). Examples include collaborative robots, exoskeletons, and augmented reality systems (EU Commission, 2024).
- The implementation of HCT requires careful consideration of human factors such as ergonomics, safety, and training. (Hassan et al., 2024; EU commission, 2024). Companies need to invest in employee training to ensure they are able to use new technologies effectively (Olsson et al., 2024; Horvat et al., 2024).
- HCT can help create a more inclusive and diverse work environment, adapting to the needs of different groups of workers, including older workers and people

with disabilities (Zizic et al., 2022).

The adoption of HCT is a challenge for many companies, especially SMEs, which may have difficulty accessing the necessary resources and skills.

5 Challenges for Companies

Obviously, companies wishing to embrace Industry 5.0 are faced with various challenges.

First of all are organizational challenges. Digital transformation requires coordination between different business units and a radical change in organizational structure, moving from functional silos to cross-functional teams. Lack of coordination by top management and resistance to change by middle managers can hinder the implementation of the new industry model. Furthermore, the new approach requires skilled personnel, especially data experts, to manage advanced technologies. Lack of skilled personnel and lack of employee resilience to change represent significant barriers (Paschek et al., 2022; Dragan et al., 2022). Reskilling and upskilling of the workforce are crucial to address these challenges.

Next on the list are Technological challenges. For example, Industry 5.0 requires deep integration between information technologies (IT) and operational technologies (OT) that are often significantly different in their protocols, languages, and cultures (Paschek et al., 2022).

A third and crucial challenge is data compliance and data risk management. The huge amount of data generated by digital technologies requires efficient and secure management systems (Narkhede et al., 2023). At the same time, the interconnection among companies within a supply chain increases complexity and requires greater collaboration and transparency (Paschek et al., 2022).

High investments and the risk of uncertainty are the economic challenges that a company must face when embracing

5.0. The implementation of 5.0 technologies requires considerable investments in infrastructure, software, hardware, and training. SMEs, in particular, may struggle to meet these costs (Stef & Draghici, 2022; Narkhede et al., 2023). And since Industry 5.0 is an evolving paradigm, there is uncertainty about returns on investments and business models.

Social and ethical challenges must also be dealt with. First is the issue of social acceptance. Next, the integration of technologies such as artificial intelligence and advanced robotics raises concerns about job losses and social impacts (Mocan et al., 2022; Domil et al., 2022). Furthermore, the use of advanced technologies requires careful consideration of ethical implications, such as data privacy, security, and algorithmic accountability (Barata & Kayser, 2023).

Sustainability challenges are likewise to be taken into account. Industry 5.0 aims to integrate sustainability into all phases of the product life cycle, from design to production, consumption, and recycling. Measuring the environmental and social value generated can be complex.

Finally, we come to the challenge of resilience. Companies must develop the ability to withstand external shocks and adapt to market changes. Connected to this is an unfortunate but widespread lack of awareness, especially among SMEs. The latter are not yet fully aware of the opportunities and challenges of Industry 5.0 (Alexa et al., 2022).

Overcoming the Challenges

Many authors have wondered how to overcome the challenges that the transition to Industry 5.0 presents. Narkhede et al. (2023) proposes some suggestions:

Develop a Clear Strategy. Define specific objectives, evaluate appropriate technologies, and plan implementation gradually – a proposal that is also substantially shared by Paschek et al. (2022).

Invest in training. Provide employees with the skills needed to manage new technologies and adapt to organizational changes by investing in specific training programs. This point is also shared by Alexa et al. (2022).

Promote collaboration between stakeholders: Create collaborative ecosystems between partner companies, customers, suppliers, research centers, universities, and institutions to share knowledge, resources, and best practices (Narkhede et al., 2023).

Exploit Government Support: Take advantage of incentives, funding, and support programs offered by institutions for the adoption of Industry 5.0.

Finally, Ghobakhloo et al. (2023a) propose adapting an ethical and sustainable approach. Integrate the principles of social responsibility, environmental sustainability, and transparency in all stages of the decision-making process.

The European Commission has highlighted the importance of Industry 5.0, launching a specific agenda to support the transition towards a more sustainable and human-centered industry (Ghobakhloo et al., 2023b).

In addition, the EU (European Union) is actively working to promote human-centric technologies through policies such as the General Data Protection Regulation (GDPR), the White Paper on Artificial Intelligence, and the AI Act. The EU is also investing in research and innovation programs aimed at developing and implementing HCT in different sectors, with a particular focus on the manufacturing industry (EU Commission, 2024).

Finally, the development of clear standards and regulations is necessary to ensure system interoperability, data security, and ethical responsibility in the use of Industry 5.0 technologies (Hassan et al., 2024).

6 Conclusion

In conclusion, the adoption of Industry 5.0 entails a complex path, full of challenges, but also enormous opportunities. The transition requires an integrated approach that combines advanced technologies, human skills, and a collaborative ecosystem to create a sustainable, resilient, and human-centric industrial future.

Companies that successfully address these challenges will benefit from greater efficiency, resilience, sustainability, and competitiveness, helping to create a fairer and more prosperous industrial future.

Industry 5.0 presents an opportunity to build a more sustainable, resilient, and human-centered industrial future. Focusing on this new paradigm means investing in a future in which technology is at the service of the well-being of society and the environment.

References

- Akundi, Aditya; Euresi, Daniel; Luna, Sergio; Ankobiah, Wilma; Lopes, Amit; Edinbarough, Immanuel (2022): State of Industry 5.0—Analysis and Identification of Current Research Trends. In *ASI 5* (1), p. 27. <https://doi.org/10.3390/asi5010027>.
- Alexa, Lidia; Pîslaru, Marius; Avasilcăi, Silvia (2022): From Industry 4.0 to Industry 5.0—An Overview of European Union Enterprises. In Anca Draghici, Larisa Ivascu (Eds.): *Sustainability and Innovation in Manufacturing Enterprises*. Singapore: Springer Singapore (Advances in Sustainability Science and Technology), pp. 221–231. https://doi.org/10.1007/978-981-16-7365-8_8.
- Alves, Joel; Lima, Tânia M.; Gaspar, Pedro D. (2023): Is Industry 5.0 a Human-Centred Approach? A Systematic Review. In *Processes* 11 (1), p. 193. <https://doi.org/10.3390/pr11010193>.
- Atif, Sehrish (2023): Analysing the alignment between circular economy and industry 4.0 nexus with industry 5.0 era: An integrative systematic literature review. In *Sustainable Development* 31 (4), pp. 2155–2175. <https://doi.org/10.1002/sd.2542>.
- Barata, João; Kayser, Ina (2023): Industry 5.0 – Past, Present, and Near Future. In *Procedia Computer Science* 219, pp. 778–788. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2023.01.351>.
- Domil, Aura; Burca, Valentin; Bogdan, Oana (2022): Assessment of Economic Impact Generated by Industry 5.0, from a Readiness Index Approach Perspective. A Cross-Country Empirical Analysis. In Anca Draghici, Larisa Ivascu (Eds.): *Sustainability and Innovation in Manufacturing Enterprises*. Singapore: Springer Singapore (Advances in Sustainability Science and Technology), pp. 233–256. https://doi.org/10.1007/978-981-16-7365-8_9.
- Dragan, Florin; Ivascu, Larisa; Ardelean, Ben-Oni (2022): Trends for Manufacturing Industry: A Strategic Roadmap Toward Industry 5.0. In Anca Draghici, Larisa Ivascu (Eds.): *Sustainability and Innovation in Manufacturing Enterprises*. Singapore: Springer Singapore (Advances in Sustainability Science and Technology), pp. 275–292. https://doi.org/10.1007/978-981-16-7365-8_11.
- Draghici, Anca; Ivascu, Larisa (2022): Green Manufacturing in the Context of Circular Economy. In Anca Draghici, Larisa Ivascu (Eds.): *Sustainability and Innovation in Manufacturing Enterprises*. Singapore: Springer Singapore (Advances in Sustainability Science and Technology), pp. 1–15. https://doi.org/10.1007/978-981-16-7365-8_1.
- European Commission (2024): Directorate-General for Research and Innovation, ERA industrial technologies roadmap on human-centric research and innovation for the manufacturing sector, Publications Office of the European Union. <https://data.europa.eu/doi/10.2777/0266>.

- Ghobakhloo, Morteza; Iranmanesh, Mohammad; Morales, Manuel E.; Nilashi, Mehrbakhsh; Amran, Azlan (2023a): Actions and approaches for enabling Industry 5.0-driven sustainable industrial transformation: A strategy roadmap. In *Corp Soc Responsibility Env* 30 (3), pp. 1473–1494. DOI: <https://doi.org/10.1002/csr.2431>.
- Ghobakhloo, Morteza; Iranmanesh, Mohammad; Tseng, Ming-Lang; Grybauskas, Andrius; Stefanini, Alessandro; Amran, Azlan (2023b): Behind the definition of Industry 5.0: a systematic review of technologies, principles, components, and values. In *Journal of Industrial and Production Engineering* 40 (6), pp. 432–447. DOI: <https://doi.org/10.1080/21681015.2023.2216701>.
- Hassan, Muhammad Ali; Zardari, Shehnaila; Farooq, Muhammad Umer; Alansari, Marwah M.; Nagro, Shima A. (2024): Systematic Analysis of Risks in Industry 5.0 Architecture. In *Applied Sciences* 14 (4), p. 1466. <https://doi.org/10.3390/app14041466>.
- Horvat, Djerdj; Jäger, Angela; Lerch, Christian M. (2024): Fostering innovation by complementing human competences and emerging technologies: an industry 5.0 perspective. In *International Journal of Production Research*, pp. 1–24. <https://doi.org/10.1080/00207543.2024.2372009>.
- Kagermann, Henning; Lukas, Wolf Dieter; Wahlster, Wolfgang: Industrie 4.0. Mit dem Internet der Dinge auf dem Weg zur 4. Industriellen Revolution. In: *VDI-Nachrichten* 13/1 (2011), 2.
- Mocan, Anca; Gaureanu, Alin; Szabó, Gyula; Mrugalska, Beata (2022): Arguments for Emerging Technologies Applications to Improve Manufacturing Warehouse Ergonomics. In Anca Draghici, Larisa Ivascu (Eds.): *Sustainability and Innovation in Manufacturing Enterprises*. Singapore: Springer Singapore (Advances in Sustainability Science and Technology), pp. 115–164. https://doi.org/doi.org/10.1007/978-981-16-7365-8_5.
- Narkhede, Ganesh; Pasi, Bhaveshkumar; Rajhans, Neela; Kulkarni, Atul (2023): Industry 5.0 and the future of sustainable manufacturing: A systematic literature review. In *Bus Strat Dev* 6 (4), pp. 704–723. <https://doi.org/10.1002/bsd2.272>.
- Paschek, Daniel; Luminosu, Caius-Tudor; Ocakci, Elif (2022): Industry 5.0 Challenges and Perspectives for Manufacturing Systems in the Society 5.0. In Anca Draghici, Larisa Ivascu (Eds.): *Sustainability and Innovation in Manufacturing Enterprises*. Singapore: Springer Singapore (Advances in Sustainability Science and Technology), pp. 17–63. https://doi.org/10.1007/978-981-16-7365-8_2.
- Rüßmann, M., Lorenz, M., Gerbert, P., Waldner, M., Justus, J., Engel, P., & Harnisch, M. (2015): Industry 4.0: The future of productivity and growth in manufacturing industries. Boston consulting group, 9(1), 54-89. https://www.bcg.com/publications/2015/engineered_products_project_business_industry_4_future_productivity_growth_manufacturing_industries.
- Stef, Dorian; Draghici, George (2022): Manufacturing Processes Automation and Their Intelligent Monitoring. In Anca Draghici, Larisa Ivascu (Eds.): *Sustainability and Innovation in Manufacturing Enterprises*. Singapore: Springer Singapore (Advances in Sustainability Science and Technology), pp. 89–113. https://doi.org/10.1007/978-981-16-7365-8_4.
- Xu, Xun; Lu, Yuqian; Vogel-Heuser, Birgit; Wang, Lihui (2021): Industry 4.0 and Industry 5.0—Inception, conception and perception. In *Journal of Manufacturing Systems* 61, pp. 530–535. <https://doi.org/10.1016/j.jmsy.2021.10.006>.
- Zizic, Marina Crnjac; Mladineo, Marko; Gjeldum, Nikola; Celent, Luka (2022): From Industry 4.0 towards Industry 5.0: A Review and Analysis of Paradigm Shift for the People, Organization and Technology. In *Energies* 15 (14), p. 5221. <https://doi.org/10.3390/en15145221>.

Ethische Reflexion der Bedenken von Pflegeauszubildenden zum Einsatz sozialer Robotik

Julia Winterlich, Julian Siepmann

Kontakt: Julia Winterlich, Hochschule Mittweida, julia.winterlich@hs-mittweida.de

Julian Siepmann, Technische Hochschule Deggendorf, julian.siepmann@th-deggendorf.de

Zusammenfassung

Der Einsatz smarter Technologien in Pflegekontexten gewinnt angesichts des fortwährenden technologischen Fortschritts zunehmend an Bedeutung. Als ein Teilbereich smarter Technologien ist die soziale Robotik anzusehen: Mit der Etablierung sozialer Roboter in Pflegesettings ist oftmals die Hoffnung verbunden, soziale Interaktion mit Pflegeempfangenden durch entsprechende Systeme simulieren zu können, um inhärente strukturelle Probleme des Arbeitsfelds wie den Mangel an qualifiziertem Personal oder an zeitlichen Ressourcen zu überwinden. Diesen Zukunftsszenarien, in denen die Technik eine förderliche Ergänzung pflegerischen Handelns im Sinne der Zusicherung von Nähe, Zuwendung und Empathie darstellt, stehen vor allem auf Seiten der Anwendenden eine ausgeprägte Skepsis und ethische Bedenken gegenüber. So stellt sich hier die Frage, inwiefern simulierte, nicht-menschliche Interaktion mit grundsätzlichen (pflege-)ethischen Haltungen und Überzeugungen vereinbar ist.

Dieses Paper betrachtet die Ergebnisse einer vormaligen standardisierten Befragung unter Pflegeauszubildenden hinsichtlich ihrer Einstellungen zur sozialen Robotik. Die geäußerten Bedenken hinsichtlich der Nutzung entsprechender Systeme sollen in diesem Paper durch eine vertiefende ethische Reflexion auf Grundlage zentraler pflegeethischer Konzepte und Prinzipien näher analysiert werden. In der abschließenden Diskussion werden die ermittelten Wertekonflikte von Pflegeauszubildenden im speziellen Kontext der sozialen Robotik in den aktuellen (pflege-)ethischen Diskurs eingefügt und verschiedene Implikationen für die an der technischen Innovation in der Pflege beteiligten Akteur:innen aufgezeigt.

Keywords: ethical considerations in robotics, social robots, fears of social robotics.

1 Einführung

Der Einsatz von sozialen Robotern in der Pflege könnte eine potenzielle Lösung für den derzeitigen Pflegepersonal-mangel darstellen und Pflegeeinrichtungen erheblich entlasten. Trotz dieser Vorteile sind jedoch auch Ängste und Befürchtungen mit dem Einsatz und der Nutzung von sozialen Robotern verbunden. So gehen mit dieser Entwicklung auch bedeutende ethische Herausforderungen einher, welche eine sorgfältige Betrachtung erfordern (Bleuler & Caroni, 2021). Dieses Paper zielt darauf ab, die Bedenken von Pflegeauszubildenden bezüglich der Verwendung sozialer Roboter auf Grundlage pflegeethischer Prinzipien zu reflektieren. Dieser Ansatz soll dazu dienen, einen verantwortungsvollen und ethisch reflektierten Einsatz dieser Technologie in der Pflegepraxis zu gewährleisten.

Zuerst werden dafür erfasste Bedenken von Auszubildenden gegenüber sozialen Robotern beschrieben. Darauf folgend werden allgemeine ethische Prinzipien, die im Umgang mit neuen Technologien eine Rolle spielen, damit verglichen und reflektiert.

Zur Bedeutung der Ethik in der Pflege

Das Handlungsfeld der Pflege ist bedingt durch die oftmals hohe Vulnerabilität ihrer Empfangenden sowie der Verortung in den Grenzbereichen des Lebens in hohem Maße von ethischen Herausforderungen geprägt. Monteverde (2020) versteht in diesem Kontext professionelle Pflege als eine Form moralischen Handelns, wobei die professionsbezogene Pflegeethik als Ebene der Reflexion der moralischen Praxis – und damit der vielfach intuitiven Vorstellungen des Guten und Richtigen von einzelnen Pflegenden – anzusehen ist. Manifestiert etwa in Ethikkodizes, Leitlinien und Pflegeleitbildern, soll die Pflegeethik professionell Handelnden dazu dienen, Wertekonflikte in Sorgebeziehungen zu benennen, zu reflektieren sowie ihr Pflegehandeln auf Grundlage ethischer Normierungen zu begründen (Riedel et al., 2017).

Im Rahmen der Diskussion um die Chancen und Potentiale der Etablierung von Robotik in Pflegesettings hat sich auch ein vielschichtiger pflegeethischer Diskurs entwickelt; dabei wird Technologie – und insbesondere soziale Robotik – keinesfalls als wertfrei, sondern vielmehr als moralisch bzw. ethisch hochrelevant eingeschätzt, da sie menschliches Wahrnehmen und Handeln vermittelt (Verbeek, 2011). Dementsprechend betont Monteverde (2020) die Notwendigkeit, Robotik nicht lediglich „post-hoc“, also nach Etablierung im Handlungsfeld, ethisch zu reflektieren, sondern bereits in der Entwicklungsphase eine „prospektive ethische Bewertung“ vorzunehmen. Sharkey & Sharkey (2012) wiederum führen verschiedene Szenarien an, in denen der Einsatz von Robotik bei älteren Patient:innen gar zu einer Verletzung der persönlichen Integrität führen kann, etwa wenn dadurch menschliche Kontakte reduziert oder Gefühle der Objektifizierung, des Kontrollverlusts oder Verkindlichung evoziert werden. Teil des Ethikdiskurses zur sozialen Robotik sind jedoch auch klassisch-utilitaristische Gesichtspunkte: Hier fließen etwa die Lebens- bzw. Alltagsdienlichkeit robotischer Systeme oder übergeordnete Patient:innen- Outcomes wie eine erhöhte Lebensqualität in die ethische Bewertung mit ein (Remmers, 2016).

Dieser Ausschnitt verdeutlicht die Komplexität des ethischen Diskurses zur sozialen Robotik, der gleichermaßen Technologieentwickler:innen, organisationalen Entscheidungsträger:innen, aber auch auf der individuellen Ebene jeder einzelnen Pflegefachperson eine ethische Reflexion und Positionierung abverlangt. Dieser Befund gilt in be-

sonderem Maße für angehende Pflegefachkräfte in der Ausbildung: Die Pflegeausbildung legt dabei an den unterschiedlichen Lernorten den Grundstein für eine umfassende Ethikkompetenzentwicklung sowie für ein professionelles Selbstverständnis bereits vor Einmündung in die berufliche Tätigkeit (Riedel et al., 2022).

Als „neue Generation“ in der professionellen Pflege werden Auszubildende in ihrer weiteren beruflichen Laufbahn ungleich stärker mit der ethischen Vertretbarkeit neuer Technologien konfrontiert sein als Pflegende in den zurückliegenden Jahrzehnten. Aus diesem Grund erscheinen die ethischen Bedenken von Pflegeauszubildenden im Umgang mit sozialer Robotik umso bedeutsamer.

2 Methodik

Die Grundlage dieses Papers bildet eine vormalige Untersuchung von Winterlich & Beetz (2023), in der die Bedenken von Auszubildenden hinsichtlich sozialer Robotik ermittelt wurden. Diese Bedenken wurden sowohl durch eine umfassende Literaturrecherche als auch durch die Auswertung von Fragebögen gesammelt, die von Auszubildenden in der Pflege beantwortet wurden. Die Fragebögen umfassten offene und geschlossene Fragen, die darauf abzielten, die Meinungen und Ängste der Auszubildenden in Bezug auf den Einsatz sozialer Roboter in ihrem zukünftigen Arbeitsumfeld zu erfassen.

Um die Bedenken der Auszubildenden systematisch zu reflektieren, wurden ethische Grundprinzipien als Vergleichsrahmen herangezogen. Diese Prinzipien umfassen u.a. Gerechtigkeit, Nicht-Schaden, Empathie, Autonomie und Menschenwürde. Diese Prinzipien wurden ausgewählt, weil sie weithin anerkannt und in der ethischen Bewertung technologischer Entwicklungen anwendbar sind. Nach der Zuordnung der Bedenken zu den ethischen Prinzipien wurde eine tiefgehende Reflexion durchgeführt. Diese Reflexion zielte darauf ab, die ethischen Implikationen der identifizierten Bedenken zu bewerten und Empfehlungen für den Umgang mit sozialer Robotik zu entwickeln. Insbesondere wurde untersucht, wie potenzielle Entwickler und Nutzende sozialer Roboter diese ethischen Überlegungen in ihre Entscheidungsprozesse einbeziehen können, um einen verantwortungsvollen und reflektierten Umgang mit der Technologie zu fördern.

3 Bedenken unter ethischer Betrachtung

Soziale Roboter definieren sich als solche, die die Fähigkeit besitzen, mit Menschen zu kommunizieren, zu interagieren und soziale Bindungen aufzubauen. Darüber hinaus zeichnen sie sich durch realitätsnahe Verhaltensweisen aus, sind an ihre Umgebung anpassungsfähig und zeigen Lernfähigkeit (Breazeal, 2004). Diese Fähigkeiten können Ängste oder Gefühle der Bedrohung bei potenziell Nutzenden auslösen.

Hinsichtlich der Bedrohung werden zwei Ebenen unterschieden: die realistische Bedrohung und die idealistische Bedrohung. Die realistische Bedrohung bezieht sich auf die konkrete Angst der potenziell Nutzenden, dass ein Roboter physischen Schaden verursachen könnte, beispielsweise durch tätliche Angriffe oder Unfälle. Die idealistische Bedrohung hingegen bezieht sich auf die Sorge, dass durch

die Nutzung von Robotern die Menschlichkeit und die damit verbundene Einzigartigkeit verloren gehen könnten (Stapels & Eyssel, 2021).

Carros (2019) beschreibt in diesem Zusammenhang unterschiedliche Befürchtungen aus der Sichtweise von Bewohnenden, Pflegepersonen und Ehrenamtlichen. Bei der Auswertung von Interviews wurden wiederkehrende Ängste identifiziert, die sich in folgenden Kategorien zusammenfassen lassen:

1. Personaleinsparung (Übernahme und Struktur der Arbeit)
2. Verstärkte Überwachung der Bewohnenden und der Mitarbeitenden
3. Entmenschlichung der Bedingungen und des Umgangs in Pflegeeinrichtungen
4. Erhöhung der Einsamkeit der Bewohnenden (Carros, 2019)

Weiterhin wurde schon 1941 von Asimov auf die Gefahr hingewiesen, dass von Robotern eine physische Gefahr ausgehen kann (Asimov, 1941).

Winterlich & Beetz (2023) nutzten diese Kategorien und untersuchten, ob Auszubildende der Ansicht sind, dass durch Roboter eine physische Gefahr ausgehen kann, der Einsatz sozialer Robotik zu Personalabbau führt, eine verstärkte Überwachung der Bewohnenden zur Folge hat, den Umgang im Pflegeheim unpersönlicher macht und die Einsamkeit der Bewohnenden erhöht wird.

Laut Winterlich & Beetz (2023) liegt die größte Befürchtung der Auszubildenden darin, dass der Umgang im Pflegeheim unmenschlicher wird ($M = 3.60$; $SD = 1.320$). Als zweitgrößte Befürchtung äußerten 226 Auszubildende (51 %) ihre Zustimmung, dass durch den Einsatz sozialer Roboter Personal eingespart wird ($M = 3.33$; $SD = 1.406$). Darauf folgt die Besorgnis, dass Bewohnende durch den Einsatz von Robotern stärker überwacht werden. Hier stimmten etwas weniger als die Hälfte der Befragten (46,6 %, $n = 206$) eher oder voll und ganz zu ($M = 3.27$; $SD = 1.271$). Weitere Bedenken umfassen die Angst vor physischer Gefahr durch Roboter ($M = 3.21$; $SD = 1.304$) und die Befürchtung, dass die Einsamkeit der Bewohnenden durch den Einsatz sozialer Roboter erhöht wird ($M = 3.14$; $SD = 1.348$).

Diese ermittelten Bedenken werden im Folgenden ethischen Prinzipien zugeordnet.

3.1 Personaleinsparung

Die zunehmende Integration sozialer Roboter in verschiedene pflegerische Settings bringt nicht nur technologische Fortschritte, sondern auch bedeutende ethische und gesellschaftliche Herausforderungen mit sich, insbesondere die weit verbreitete Sorge um Personaleinsparungen und die damit verbundenen Auswirkungen auf die Arbeitswelt. Die Angst vor Personaleinsparungen durch den Einsatz sozialer Roboter wirft bedeutende ethische Bedenken auf. Insbesondere steht die Frage der Gerechtigkeit im Vordergrund, da die ungleiche Verteilung der Vorteile der Automatisierung zu sozialer Ungleichheit führen kann. Auch das Prinzip des Nicht-Schadens wird berührt, da Personaleinsparungen und die damit einhergehende Unsicherheit Einkommen zu verlieren, kann erheblichen Schaden, für das Wohlergehen der Betroffenen bedeuten. Weiterhin wird die Menschenwürde infrage gestellt, wenn menschl-

che Arbeitskräfte durch Roboter ersetzt und möglicherweise als weniger wertvoll erachtet werden. Es ist entscheidend, diese ethischen Aspekte zu berücksichtigen, um sicherzustellen, dass der technologische Fortschritt nicht auf Kosten der gesellschaftlichen Gerechtigkeit und des menschlichen Wohls geht.

3.2 Verstärkte Überwachung der Bewohnenden und der Mitarbeitenden

Die Angst vor Überwachung von Mitarbeitenden und Bewohnenden durch den Einsatz sozialer Roboter bringt ebenso erhebliche ethische Bedenken mit sich. Diese Bedenken betreffen vor allem das Recht auf Privatsphäre und Datenschutz, da die ständige Überwachung durch soziale Roboter die Privatsphäre der Betroffenen erheblich einschränken und sensible persönliche Informationen erfassen kann. Auch das Prinzip der Autonomie wird berührt, da Überwachungstechnologien das Gefühl der Kontrolle und Entscheidungsfreiheit der Mitarbeitenden und Bewohnenden untergraben können.

Darüber hinaus kann das Vertrauen, eine zentrale ethische Komponente in zwischenmenschlichen und professionellen Beziehungen, durch die Einführung solcher Technologien erheblich beeinträchtigt werden. Misstrauen kann entstehen, wenn die Betroffenen das Gefühl haben, ständig überwacht zu werden.

Das Prinzip des Nicht-Schadens spielt ebenfalls eine wichtige Rolle, da die psychologischen Auswirkungen ständiger Überwachung erheblich sein können und zu Stress, Angst und einem Gefühl der Unfreiheit führen können, was das Wohlbefinden der Betroffenen beeinträchtigt. Schließlich ist auch die Menschenwürde betroffen, da die Überwachung durch soziale Roboter als entwürdigend empfunden werden kann, da sie die menschliche Intimität verletzt. Es ist wichtig, transparent über den Einsatz und die Funktionalitäten der Roboter zu informieren und die Zustimmung der Betroffenen einzuholen. Die Nutzung sollte auf das notwendige Minimum beschränkt werden, Datenschutz und Datensicherheit müssen höchsten Standards genügen. Persönliche Daten sollten anonymisiert oder pseudonymisiert werden, regelmäßige Überprüfungen und Audits der Praxis sollten implementiert werden und die Ernennung von Ethik- und Datenschutzbeauftragten kann helfen, die Interessen der Betroffenen zu vertreten.

3.3 Entmenslichung der Bedingungen und des Umgangs in Pflegeeinrichtungen

Die Entmenslichung der Bedingungen und des Umgangs in Pflegeeinrichtungen sind weitere Ängste, die häufig in Zusammenhang mit Robotern in der Pflege beschrieben werden (Biniok, 2022; Winterlich & Beetz, 2023). Zentral sind grundlegende ethische Prinzipien, die in der Pflege von entscheidender Bedeutung sind. Die Wahrung der Menschenwürde steht an erster Stelle. Jeder Mensch hat das Recht auf Respekt und persönliche Würde. Durch die zunehmende Automatisierung könnte jedoch die direkte zwischenmenschliche Interaktion und Pflege durch menschliche Pflegekräfte vermindert werden, was potenziell das Gefühl der Entmenslichung verstärken könnte. Empathie und Mitgefühl sind weitere zentrale ethische Aspekte in der Pflege. Soziale Roboter sind nicht in der Lage,

echte emotionale Bindungen einzugehen oder mitfühlende Fürsorge zu zeigen, die für das psychische Wohlbefinden und die Lebensqualität der Pflegebedürftigen von großer Bedeutung sind. Der Verlust menschlicher Nähe könnte zu einer Verschlechterung der emotionalen Zustände führen, da emotionale Unterstützung und zwischenmenschliche Beziehungen entscheidend sind.

Ein bedeutender Diskussionspunkt in diesem Zusammenhang ist auch die Tatsache, dass Menschen mit geistigen Einschränkungen soziale Roboter mit echten Lebewesen verwechseln können (Sharkey & Sharkey, 2012). In der Studie von Baisch et al. (2018) wurde beschrieben, wie mit dieser Verwechslung umgegangen werden kann. Die Rahmenempfehlungen beschreiben, dass die Methode der Validation als effektiver und ethisch verantwortungsvoller Ansatz genutzt werden kann. Das bedeutet, dass die subjektive Lebenswirklichkeit der Betroffenen akzeptiert werden sollte. Daher ist es nicht in jedem Fall sinnvoll, richtigzustellen, dass es sich bei dem vorgefundenen sozialen Roboter oder Tierroboter nur um eine Maschine handelt. Bei Zweifeln oder Rückfragen der Nutzenden sollte die Pflegeperson jedoch ehrlich sein und aufklären (Baisch et al., 2018).

Zusammenfassend ist es daher von entscheidender Bedeutung, dass Technologie in der Pflege so eingesetzt wird, dass sie die menschliche Pflege und Fürsorge ergänzt und nicht ersetzt. Dies erfordert eine sorgfältige Abwägung zwischen technologischem Fortschritt und der Wahrung grundlegender ethischer Prinzipien, um sicherzustellen, dass Pflegeeinrichtungen Orte bleiben, die die Menschenwürde achten, empathische Betreuung fördern und die Autonomie der Pflegebedürftigen respektieren.

3.4 Einsamkeit

Die Angst vor Einsamkeit in Pflegeeinrichtungen im Kontext des Einsatzes sozialer Roboter wirft ebenfalls bedeutende ethische Bedenken auf, die eng mit grundlegenden ethischen Prinzipien der Menschlichkeit verbunden sind. Auch hier spielt wieder die Menschenwürde eine entscheidende Rolle. Die Angst vor Einsamkeit entsteht oft aus dem Mangel an menschlicher Interaktion und sozialer Nähe. Wenn soziale Roboter anstelle von menschlichen Pflegekräften eingesetzt werden, um soziale Interaktionen zu simulieren, könnte dies das Gefühl verstärken, nicht mehr als Individuum mit persönlichen Bedürfnissen und Wünschen wahrgenommen zu werden.

Empathie und Mitgefühl sind auch hier weitere wichtige ethische Aspekte. Pflegebedürftige benötigen nicht nur physische Pflege, sondern vor allem auch emotionale Unterstützung und zwischenmenschliche Beziehungen. Soziale Roboter können zwar bestimmte Aufgaben übernehmen, sind jedoch nicht in der Lage, echte emotionale Bindungen einzugehen. Der Verlust menschlicher Nähe und der emotionalen Unterstützung können zu einem Gefühl der Entfremdung und des Alleinseins führen, was das psychische Wohlbefinden und die Lebensqualität der Bewohnenden erheblich beeinträchtigen kann.

Aus diesem Grund sollte diskutiert werden, ob Roboter in der Pflege eher menschenferne Tätigkeiten übernehmen sollten. Beispielsweise könnten hier Service- oder Transportfunktionen angedacht werden (Eichenberg, 2020; Rosler & Onnasch, 2020).

3.5 Physische Gefahr

Die Angst vor körperlichen Verletzungen im Kontext des Einsatzes sozialer Roboter in Pflegeeinrichtungen berührt mehrere grundlegende ethische Prinzipien, die wichtig sind, um das Wohl und die Sicherheit der Bewohnenden zu gewährleisten.

Zunächst steht das Prinzip des Nicht-Schadens im Vordergrund. Dieses besagt, dass anderen kein Schaden zugefügt werden sollte. Bei der Implementierung und Nutzung von Robotern ist es daher entscheidend, dass diese sicher und zuverlässig sind, um das Risiko von körperlichen Verletzungen bei den Pflegebedürftigen zu minimieren. Technologische Entwicklungen müssen so gestaltet sein, dass sie keine unerwünschten physischen Folgen verursachen, sei es durch Unfälle oder Fehlfunktionen.

Sicherheit und Gesundheitsschutz sind ebenfalls von großer Bedeutung. Pflegeeinrichtungen sind verpflichtet, ihre Bewohnenden vor Verletzungen und Gesundheitsschäden zu schützen. Der Einsatz von Robotern sollte daher strengen Sicherheitsstandards unterliegen und regelmäßig auf potenzielle Risiken hin überprüft werden, um ein Höchstmaß an Sicherheit zu gewährleisten.

4 Diskussion

Vorliegendes Paper befasst sich mit den ethischen Bedenken von Lernenden in Pflegeberufen hinsichtlich der Implementierung und Nutzung von sozialer Robotik in Pflegesettings. Auf Grundlage einer schriftlichen Befragung konnte dabei ein vertiefender Einblick in bestehende Ängste und potentielle Wertekonflikte einer „neuen Generation“ in der Pflege in Bezug auf eine zunehmende Technisierung ihres Handlungsfelds im Allgemeinen, vor allem aber hinsichtlich des Zukunftsszenarios eines verstärkten Einsatzes von Robotern mit sozialen Fähigkeiten im Speziellen gewonnen werden.

Die Bandbreite ethischen Unbehagens in Bezug auf soziale Robotik reicht dabei von der Befürchtung von ökonomischen Fehlanreizen im Sinne von personellen Einsparungspotentialen über ethisch-rechtliche Überlegungen bezüglich möglicher überwachender, autonomiebeschränkender Funktionen der Roboter bis hin zu einer generellen Angst vor einer Entmenslichung der Pflegebeziehung und somit vor dem Verlust eines zentralen Wesenskerns professioneller Pflege.

Der hier ermittelte hohe Verbreitungsgrad entsprechender ethischer Bedenken bei Auszubildenden in der Pflege kann als Beleg für die insgesamt in hohem Maße ambivalente Rezeption von technischer Innovation in Settings, die sich über menschliche Sorgebeziehungen definieren, gewertet werden. Diese Ambivalenz wird auch an anderer Stelle in der Literatur deutlich: Heinemann (2022) geht in diesem Kontext der Frage nach, ob und wie eine technologisierte Nähe menschlich bleiben kann und ergänzt seine ethische Argumentation gar um die Grundsatzfrage, ob das Konzept der Digital Care als „Heil oder Hölle“ zu betrachten ist. Angesichts dieser diametral entgegengestellten Szenarien als Endpunkte der fortschreitenden digitalen und technischen Transformationsprozesse in der Pflege regt der Autor an, das rechte Maß zwischen einem anzunehmenden hohen Nutzen und den positiven Effekten intelligenter Technik einerseits und der ethischen Ausgewiesen-

heit und Vereinbarkeit eben jener Systeme andererseits nicht außer Acht zu lassen.

Dieses Maß der ethischen Vertretbarkeit wird an anderer Stelle anhand einer Einschätzung möglicher Zukunftsszenarien für die Beziehung Technik-Pflege wie folgt ausdifferenziert:

- a) Technik unterstützt Pflege, ohne sie zu verändern
- b) Technik wird genutzt, um mehr Zeit für Beziehungen in der Pflege zu ermöglichen
- c) Technik ersetzt Teile der Pflege und verändert dadurch die Pflegebeziehung
- d) Technik ersetzt die Pflegebeziehung (Hangel & Inthorn, 2020)

In Anbetracht der in diesem Paper erhobenen Einstellungen zur sozialen Robotik scheinen sich die ethischen Bedenken in eben jenem hier aufgezeigten Spannungsfeld wiederzufinden: Die mehrheitliche Zustimmung für die Perspektive einer entmenslichten, auf Personaleinsparung bedachten „Technopflege“ (Heinemann, 2022) lässt sich als Angst vor – wie hier in Szenario c) und d) beschrieben – einer Verdrängung durch simulierte soziale Interaktion interpretieren, die sich sowohl auf originäre pflegerische Kerntätigkeiten wie die Etablierung einer vertrauensvollen Pflegebeziehung, als auch auf einen teilweisen Ersatz von Pflegepersonal, durch Roboter beziehen könnte.

Von besonderer Bedeutung erscheint auch der Aspekt einer verstärkten Überwachung, die von den Befragten durch den Einsatz sozialer Roboter in Pflegesettings befürchtet wird: So fügen sich diese Überlegungen in einen bestehenden Diskurs ein, der sich auf einer ethisch-rechtlichen Ebene um die Wahrung von patientenbezogener Privatsphäre und Datenschutz bei der Verwendung smarter Technologien dreht (Lutz & Tamò-Larrieux, 2021; Beck et al., 2023). Wenngleich mit dem Einsatz von sozialer Robotik als spezieller Form der smarten Technologie eher eine gestärkte – wenn auch simulierte – zwischenmenschliche Interaktion sowie Formen der generellen Pflegeassistenz erzielt werden sollen, verweist Haker (2014) darauf, auch mögliche Monitoring- oder Überwachungsfunktionen der Roboter in die ethischen Überlegungen einzubeziehen. So bestehe die Möglichkeit, dass die Grenzen zwischen sozialer Interaktion und sozialer Kontrolle durch entsprechende robotische Systeme nicht mehr klar zu unterscheiden seien; damit verbundene Ängste oder Unklarheiten über die konkreten Funktionsweisen sozialer Robotik könnten auch den hohen Verbreitungsgrad entsprechender Einstellungen in der hier befragten Kohorte erklären.

Der hohen Zustimmung von den Befragten für die Aussage, dass von sozialer Robotik eine physische Gefahr ausgeht, können ebenso Überlegungen aus den angrenzenden Gegenstandsbereichen Ethik und Recht zugrunde liegen: Neben der Sorge um die körperliche Unversehrtheit der ihnen anvertrauten Pflegeempfangenden als unveräußerliches Menschenrecht mögen hier auf Seiten der Befragten auch haftungs- und strafrechtliche Unsicherheiten bestehen. So sind zahlreiche grundsätzliche Fragen nach der Verantwortlichkeit für das eigenständige Handeln smarter

Technologien – das unweigerlich dem Risiko einer gewissen Unvorhersehbarkeit bzw. einer geringen Nachvollziehbarkeit unterliegt – bis auf weiteres weder ethisch noch juristisch umfassend geklärt. Im schlimmsten Falle können diese rechtlichen Graubereiche in Szenarien der Verantwortungsdiffusionen oder auch der Haftbarmachung von menschlichen „Letztentscheidenden“ – also möglicherweise auch von Pflegenden – münden (Beck et al., 2023). Einhergehend mit der Besorgnis um ein mögliches physisches Gefahrenpotential durch soziale Robotik - und somit der Sorge vor dem Verstoß gegen das ethische Nicht-Schadensprinzip – mögen bei den Befragten auch Rechtsunsicherheiten hinsichtlich der weiteren Aufarbeitung einer erfolgten Schädigung bestehen; die hohe Verbreitung von Ängsten hinsichtlich physischer Gefahrenpotentiale sozialer Roboter unter den hier befragten Auszubildenden in der Pflege kann als ethischer Appell an die Produzierenden entsprechender robotischer Systeme (in Bezug auf die technische Ausstattung), aber auch an die Gesetzgebung hinsichtlich der Entwicklung eindeutiger Rechtsvorgaben und Verantwortlichkeitsbestimmungen beim Einsatz smarter Technologien verstanden werden.

Die ethische Reflexion der Einstellungen von Pflegeauszubildenden in Bezug auf den Einsatz sozialer Robotik soll mit zwei zentralen Erkenntnissen schließen:

Zum einen lässt sich anhand der hohen Zustimmung der Befragten für die beschriebenen (unethischen) Zukunftsszenarien folgern, dass die aktuellen Entwicklungen um die Themen smarte Technologien in Pflegekontexten im Allgemeinen und soziale Robotik im Speziellen von Auszubildenden in der Pflege mit einer ausgeprägten ethischen Sensibilität verfolgt werden. Bereits zu einem frühen Zeitpunkt in ihrer beruflichen Laufbahn scheinen die Befragten über einen „ethischen Kompass“ zu verfügen; denn die in der Befragung geäußerten Bedenken und Befürchtungen lassen sich – wie in diesem Paper aufgezeigt – zentralen ethischen Prinzipien wie Gerechtigkeit, Nicht-Schaden, Empathie, Autonomie oder Menschenwürde zuordnen. Grundlegende pflegeethische Werte und Überzeugungen, wie sie etwa auch im ICN-Ethikkodex für Pflegefachpersonen (International Council of Nurses, 2021) festgelegt sind, scheinen bei Auszubildenden in der Pflege bereits zu einem gewissen Grad verinnerlicht zu sein, wobei diese bereits bestehende Werterhaltung als Erklärung für die hohe Skepsis der Befragten gegenüber der Etablierung robotischer Systeme in der Pflege dienen kann.

Lehmeyer und Riedel (2022) verweisen in diesem Kontext auf die Bedeutung einer planvollen Entwicklung von Ethikkompetenz als zentrale pflegerische Handlungskompetenz zukünftiger Fachpersonen und betonen die besonderen Herausforderungen von setting-, phänomen- und situationsbezogenen Spezifika in jeweiligen Lernkontexten der Ethikvermittlung. Als eines dieser spezifischen Phänomene sollte auch der Umgang mit sozialer Robotik zunehmend Beachtung in der pflegerischen Ethiklehre finden, um die bestehenden Wertekonzepte der Lernenden in diesem Phänomenbereich – didaktisch etwa durch hilfreiche Strategien wie „*values clarification exercises*“ (De Gange, 2023) – weiter auszudifferenzieren, aber auch die ethischen Benefits sozialer Robotik stärker herauszuarbeiten.

Zum anderen wird aus den Erkenntnissen der Befragung

deutlich, dass für weitere Entwicklungen in der „Robotikcommunity“ (Haker, 2014) eine stärkere Einbeziehung der Nutzendenperspektive angestrebt werden sollte. Auf Grundlage der hier dargestellten und ethisch diskutierten Einstellungen von Pflegeauszubildenden scheinen deutliche Vorbehalte hinsichtlich der grundlegenden Idee der simulierten sozialen Interaktion zwischen Pflegeempfangenden und Robotern zu bestehen. Wenn Monteverde (2020) eine „prospektive ethische Bewertung“ robotischer Innovation in pflegerischen Handlungsfeldern einfordert, so scheint eine Einbeziehung insbesondere der „neuen Pflegegenerationen“ bereits in die frühen Entwicklungsschritte unerlässlich. Die übergeordnete Frage, wie eine technologisierte Nähe trotzdem menschlich bleiben kann, beantwortet Heinemann (2022) mit dem Appell, das rechte Maß zwischen technischer Innovation und ethischer Vertretbarkeit zu treffen. Dieses kann angesichts der hier besprochenen Bedenken und Ängste von Pflegeauszubildenden zum besonderen Phänomen der sozialen Robotik nur dann gelingen, wenn eben jene ethische Einschätzung von zukünftigem Fachpersonal ernst genommen und entsprechend in die technischen Ausgestaltungen aufgenommen werden. In komplementärer Weise kann die Einbeziehung von Pflegenden in die prospektive ethische Bewertung von sozialer Robotik dabei helfen, generelle Ressentiments innerhalb der Berufsgruppe, gegenüber technischer Innovation oder etwaigen Verdrängungsängsten, die den Blick auf die ethischen Potentiale sozialer Robotik versperren könnten, zu reduzieren.

Literaturverzeichnis

- Asimov, I. (1941). *Three Laws of Robotics* (2. Aufl.). Runaround. Verfügbar unter: http://userfiles.educatorpages.com/userfiles/mzporter/my_folder/three%20laws%20of%20robotics%20wikipedia.docx
- Baisch, S., Kolling, T., Rühl, S., Klein, B., Pantel, J., Oswald, F. et al. (2018). Emotionale Roboter im Pflegekontext : Empirische Analyse des bisherigen Einsatzes und der Wirkungen von Paro und Pleo. *Zeitschrift für Gerontologie und Geriatrie* [Emotional robots in a nursing context : Empirical analysis of the present use and the effects of Paro and Pleo], 51(1), 16–24. <https://doi.org/10.1007/s00391-017-1346-8>
- Beck, S., Faber, M., Gerndt, S. (2023). *Rechtliche Aspekte des Einsatzes von KI und Robotik in Medizin und Pflege*. Ethik in der Medizin, 35 (2), 247–263. <https://doi.org/10.1007/s00481-023-00763-9>
- Biniok, P. (2022). Assistenz-Triaden. Abwägungen zu Versorgungssicherheit und Entmenschlichung durch assistive Technologien. In E.-W. Luthe, S. V. Müller & I. Schiering (Hrsg.), *Assistive Technologien im Sozial- und Gesundheitssektor* (Gesundheit. Politik - Gesellschaft - Wirtschaft, S. 599–621). Wiesbaden: Springer VS, Springer Fachmedien Wiesbaden GmbH. https://doi.org/10.1007/978-3-658-34027-8_24

- Bleuler, T. & Caroni, P. (2021). Roboter in der Pflege. In *Soziale Roboter* (S. 441–457). Springer Gabler, Wiesbaden. https://doi.org/10.1007/978-3-658-31114-8_23
- Breazeal, C. L. (2004). *Designing sociable robots* (Intelligent robotics and autonomous agents). Cambridge: The MIT Press London.
- Carros, F. (2019). Roboter in der Pflege, ein Schreckgespenst? In Carros F. (Hrsg.), *Roboter in der Pflege, ein Schreckgespenst?* (10.18420/muc2019-ws-588). Gesellschaft für Informatik e.V. Verfügbar unter: <https://dl.gi.de/items/06a481f9-0f0e-484e-afc2-a578653f819d>
- De Gagne, J.C. (2023). *Values Clarification Exercises to Prepare Nursing Students for Artificial Intelligence Integration*. International Journal of Environmental Research and Public Health, 20(14), 6409. <https://doi.org/10.3390/ijerph20146409>
- Eichenberg, C. (2020). Robotik in der Psychotherapie: Anwendungsfelder – Effektivität – Praxisbeispiele. In *Bessere Menschen? Technische und ethische Fragen in der transhumanistischen Zukunft* (S. 97–125). Springer, Berlin, Heidelberg. https://doi.org/10.1007/978-3-662-61570-6_6
- Haker, H. (2014). Soziale Roboter für ältere Menschen? Ethische Überlegungen zur sozialen Interaktion mit Robotern im Gesundheitswesen. In: Leggewie, C. (Hrsg.). *Kooperation ohne Akteure? Automatisieren in der Globalisierung* (Global Dialogues 5). Duisburg 2014: Käte Hamburger Kolleg/Centre for Global Cooperation Research (KHK/GCR21). DOI: 10.14282/2198-0403-GD-5.
- Hangen, N., Inthorn, J. (2020). Ethische Fragen der Digitalisierung in der Pflege - Ein Überblick über zentrale Argumente. In: Drechsel, T., Inthorn, J. (Hrsg.). *Wie viel Technik ist menschlich? Medienpädagogische und ethische Auseinandersetzung mit Digitalisierung in der Pflegeausbildung*. München: kopaed.
- Heinemann, S. (2022). Technopflege – Kann eine technologisierte Nähe menschlich bleiben? Ethische Einordnungen der digitalen Wende in der Pflege. In: Lux, G., Matusiewicz D. (Hrsg.). *Pflegemanagement und Innovation in der Pflege - Wie sich Mensch und Maschine sinnvoll ergänzen*. (S. 277–286) Wiesbaden: Springer Gabler. https://doi.org/10.1007/978-3-658-35631-6_21
- International Council of Nurses (2021). The ICN Code of Ethics for Nurses. Geneva: International Council of Nurses. Verfügbar unter: https://www.icn.ch/sites/default/files/2023-06/ICN_Code-of-Ethics_EN_Web.pdf
- Lehmeyer, S., Riedel, A. (2022). Ethikkompetenzentwicklung zukünftiger Pflegefachpersonen. In: Riedel, A., Lehmeyer, S. (Hrsg.), *Ethik im Gesundheitswesen* (S. 11–25) Berlin, Heidelberg: Springer Reference Pflege – Therapie – Gesundheit. https://doi.org/10.1007/978-3-662-58680-8_2
- Lutz, C., Tamó-Larrieux, A. (2020). *The robot privacy paradox: Understanding how privacy concerns shape intentions to use social robots*. Human-Machine Communication, 1 (1), 87–111. <https://doi.org/10.30658/hmc.1.6>
- Monteverde, S. (2020). Grundlagen der Pflegeethik. In: Monteverde, S. (Hrsg.). *Handbuch Pflegeethik - Ethisch denken und handeln in den Praxisfeldern der Pflege*. (2., erweiterte und überarbeitete Auflage, S. 22–45). Stuttgart: Kohlhammer Verlag. <https://doi.org/10.17433/978-3-17-035925-3>
- Remmers, H. (2016): Ethische Implikationen der Nutzung altersgerechter technischer Assistenzsysteme. Expertise zum Siebten Altenbericht der Bundesregierung. Herausgegeben von J. Block, C. Hagen und F. Berner. Berlin: Deutsches Zentrum für Altersfragen. Verfügbar unter: https://www.siebter-altenerbericht.de/fileadmin/altenbericht/pdf/Expertise_Remmers.pdf
- Riedel, A., Behrens, J., Giese C. et al. (2017). *Zentrale Aspekte der Ethikkompetenz in der Pflege - Empfehlungen der Sektion Lehrende im Bereich der Pflegeausbildung und der Pflegestudiengänge in der Akademie für Ethik in der Medizin e. V.* Ethik in der Medizin, 29(2), 161–165. <https://doi.org/10.1007/s00481-016-0415-7>
- Riedel, A., Lehmeyer, S., Monteverde, S. (2022). *Ethikbildung in der Pflege – strukturelle Besonderheiten und didaktische Implikationen der Pflegeausbildung*. Ethik in der Medizin, 34 (3), 387–406. <https://doi.org/10.1007/s00481-022-00709-7>
- Roesler, E. & Onnasch, L. (2020). Teammitglied oder Werkzeug – Der Einfluss anthropomorpher Gestaltung in der Mensch-Roboter-Interaktion. In *Mensch-Roboter-Kollaboration* (S. 163–175). Springer Gabler, Wiesbaden. https://doi.org/10.1007/978-3-658-28307-0_11
- Sharkey, N. & Sharkey, A. (2012). The eldercare factory. *Gerontology*, 58(3), 282–288. <https://doi.org/10.1159/000329483>
- Stapels, J.G. & Eyssel, F. (2021). Einstellungen gegenüber sozialen Robotern. In *Soziale Roboter* (S. 231–250). Springer Gabler, Wiesbaden. https://doi.org/10.1007/978-3-658-31114-8_12
- Verbeek, P.-P. (2011). *Moralizing Technology - Understanding and Designing the Morality of Things*. Chicago: University of Chicago Press. <https://doi.org/10.7208/9780226852904>
- Winterlich, J. & Beetz, S. (2023). Persönliche Haltung und Ängste bezüglich sozialer Robotik bei Auszubildenden in Pflegeberufen. In S. Boll & A. Hein (Hrsg.), *Zukunft der PflegeTagungsband der 6. Clusterkonferenz 2023* (S. 84–88). Oldenburg: University of Oldenburg Press (UOLP).

2

Interdisziplinäre Gastbeiträge

„Ich weiß gar nicht, ob das Wort im Duden steht.“ - Zum Fachkultur-Verständnis bei wissenschaftlichem Personal in Sachsen

Franziska Stauche, Ramona Kusche

Kontakt: Franziska Stauche, Hochschule Mittweida, stauche@hs-mittweida.de

Zusammenfassung

Unter Fachkulturen versteht man gemeinsame Wahrnehmungs-, Denk- Wertungs- und Handlungsmuster innerhalb von Fächern an Hochschulen. Obwohl Fachkulturen den akademischen Alltag prägen, ist der Begriff selbst kaum bekannt. In einer qualitativen Interviewstudie wurde wissenschaftliches Personal an sächsischen Hochschulen gefragt, was sie unter dem Begriff verstehen. Dieser Beitrag beschäftigt sich mit den Antworten auf diese Frage und analysiert, welche Annahmen und Reflexionen über die eigenen Fachkulturen vorherrschen. Nach einer Einführung in die Thematik und den Forschungsstand wird das Forschungsdesign der Studie vorgestellt. Es werden Interviewzitate analysiert und auf die Frage nach Annahmen und Reflexionen zur eigenen Fachkultur untersucht. Ergebnis des Beitrags ist, dass der Begriff ‚Fachkultur‘ zwar unbekannt ist, die Befragten jedoch überwiegend eine Vorstellung davon entfalten können, was unter dem Begriff zu verstehen sein könnte. Damit einher geht auch, dass zwangsläufig Ideen entwickelt werden, was die eigene Fachkultur ausmacht. Daraus ergibt sich das Potenzial, tiefergehende Reflexionen zu nutzen, um inklusive Fachkulturen zu bewirken.

Keywords: Fachkultur, MINT, Wissenschaftliches Personal, Geschlecht.

1 Einführung und Problemstellung

Akademische Berufsfelder werden geprägt von den jeweiligen Fachdisziplinen. Jedes Fach, jede Fachgruppe und jede Hochschule konstituieren auf unterschiedliche Weise eine Kultur, die durch die Mitarbeitenden und deren jeweiligen Einstellungen und Vorstellungen beeinflusst wird. Gleichzeitig übt diese Kultur wechselwirkend Einfluss auf die Mitarbeitenden aus. Solche „Fachkulturen“ werden durch Liebau und Huber (1985, S. 315) in Anlehnung an Bourdieu (1987) als „unterscheidbare, in sich systematisch verbundene Zusammenhänge von Wahrnehmungs-, Denk-, Wertungs- und Handlungsmustern“ verstanden. Das ESF-geförderte Verbundprojekt „FioKo“ [Frauenförderung durch individuelle und organisationale Kompetenzen in Bildung und Beruf (MINT)]¹ befasst sich unter anderem mit der Frage, wie Fachkulturen quantitativ

erhoben werden können, um Gemeinsamkeiten und Unterschiede zu erfassen und Fächer in ihren Spezifika zu vergleichen. Dadurch sollen Rückschlüsse möglich werden, inwiefern Fachkulturen der MINT-Fächer (Mathematik, Informatik, Naturwissenschaft und Technik) und insbesondere der Ingenieurwissenschaften zu einem geringeren Frauenanteil² führen (können). Dass der Frauenanteil in MINT deutlich geringer ist als jener der Männer, belegen statistische Kennzahlen³. Der geringe Frauenanteil ist deshalb problematisch, weil er die Potenziale gemischter Arbeitsteams nicht ausschöpfen kann. Darüber hinaus ist seit der Einführung des Allgemeinen Gleichbehandlungsgesetzes (AGG) 2006 die Förderung von Frauen in allen Bereichen gesetzlich verankert (siehe hierzu AGG, 14.08.2006). Damit sind Unternehmen und Arbeitgebende dazu verpflichtet, sich um eine ausgeglichene Verteilung der Geschlechter zu bemühen. Da dies noch immer eine Schwierigkeit darstellt und Frauen nach wie vor seltener ein MINT-Fach studieren (Statistisches Bundesamt, 2023) und darin auch berufstätig werden, braucht es Handlungsansätze, die diesem Problem entgegenwirken. Anlehnend an den Beitrag von Stauche und Kusche (2024) des NextGen Scientific Review Vol.2 wird hier davon ausgegangen, dass Fachkulturen einen Einfluss auf die Exklusion von Frauen in MINT haben können, gerade deshalb, weil Hochschulen männlich geprägte Orte sind (Geenen, 1994; Heintz, Merz & Schumacher, 2004; Ihsen, 2008).

Eine einheitliche Beschreibung der oftmals nur schwer greifbaren Fachkulturen sowie ihre institutionellen und individuellen Einflüsse in Hochschulen stellen nach wie vor ein Forschungsdesiderat dar. Der Begriff wird in der Forschung häufig uneindeutig verwendet und es herrschen verschiedene Auffassungen darüber, was darunter zu verstehen ist (siehe auch Erlemann, 2024). Der vorliegende Beitrag beschäftigt sich daher mit der Frage, inwieweit überhaupt Reflexionen und Annahmen über die eigenen Fachkulturen unter akademischem Personal bestehen, wenn selbst die Fachliteratur sich uneins ist. Im Folgenden wird dazu zunächst das Forschungsdesign der Studie sowie anschließend das verwendete Forschungsmaterial dargestellt. Es werden erste qualitative Forschungsergebnisse vorgestellt und diskutiert sowie anschließend in einem Fazit resümiert, welches Potenzial sich hinter den Reflexionen und Annahmen verbirgt.

¹ Projektbeteiligte sind die Technische Universität Dresden, die Technische Universität Bergakademie Freiberg, die Hochschule Zittau/Görlitz sowie die Hochschule Mittweida. Projektlaufzeit vom 01.01.2023 bis 31.12.2025.

² Geschlecht dient hier als Strukturkategorie, um In- und Exklusionen zu verdeutlichen. Das verwendete binäre Verständnis von

Geschlecht ist dabei keineswegs Abbild der Realität und stellt somit kein erschöpfendes Bild von Geschlecht dar.

³ 2020 lag der Anteil der erwerbstätigen Akademikerinnen unter allen erwerbstätigen Akademiker:innen in MINT bei etwa 23,5 Prozent (Anger, Betz, Geis-Thöne und Plünnecke (2023, S. 15)).

2 Zum Forschungsstand der Fachkulturen und die Verbindung zu Geschlecht

Neben den oben genannten Autoren Liebau und Huber (1985) sowie den darauf aufbauenden Argumentationen Hubers (1991) gibt es nur wenige Veröffentlichungen, die sich explizit mit Fachkulturen an deutschen Hochschulen auseinandersetzen, jedoch zahlreiche Abhandlungen über das Forschungsfeld Hochschule und Wissenschaft, zum Teil auch mit speziellem Fachbezug (siehe bspw. Arnold & Fischer, 2004; Knorr Cetina, 2002). Im Folgenden wird sich auf eine Auswahl derjenigen Publikationen beschränkt, die explizit auf Fachkultur fokussieren, um einen sehr eng gefassten Kern der Diskussion darzustellen.

Apel (1989), Engler (1993), Multrus (2004) sowie Weigand (2012) untersuchten Gemeinsamkeiten und Unterschiede innerhalb studentischer Fachkulturen. Mithilfe quantitativer Befragungen wurden verschiedene Blickwinkel beispielsweise auf die Lebensstile und Verhaltensweisen Studierender unterschiedlicher Fächer, aber auch auf die jeweiligen Fächer und Fächergruppen selbst eingenommen. So begründete Apel (1989) anhand der studentischen Lebensstile den Erwerb eines Habitus, der bestimmten Berufspositionen zuzuordnen sei. Während Multrus (2004) versuchte, Fächer mithilfe von Clusterungen zu Kulturen zusammenzufassen, war es Weigands (2012) Ziel, Abbruchquoten innerhalb der Naturwissenschaften anhand der Fachkultur zu erklären. Engler (1993) dagegen erforschte quantitativ die Wechselwirkungen zwischen den studentischen Fachkulturen und dem Geschlecht, um Gründe herauszufinden, weshalb Frauen in den Ingenieurwissenschaften schlechtere Berufsaussichten als ihre männlichen Kommilitonen haben. Sie arbeitete hierbei heraus, dass Geschlecht den ‚feinen Unterschied‘ ausmacht, der als soziale Strukturkategorie in die Fachkulturen hineinwirkt.

Andere Untersuchungen beschäftigen sich dagegen mithilfe eines qualitativen Vorgehens mit den akademischen Fachkulturen, also mit den Gemeinsamkeiten und Unterschieden akademischer Beschäftigter an Hochschulen. Zu nennen wären hierbei beispielsweise Scharlau und Huber (2019), die anhand qualitativer Interviews der Frage nachgingen, ob das Konzept der Fachkulturen nach Huber (1991) noch anwendbar sei. Andere beziehen sich dabei eher auf die strukturellen geschlechtsbezogenen Benachteiligungen. Bütow, Eckert und Teichmann (2016) befassten sich zum Beispiel mit Fachkulturen als hierarchischen Einfluss in der akademischen Lehre. Erlemann (2018) untersuchte die physikalischen Fachkulturen und konnte so herausarbeiten, dass ein bewussterer Umgang mit den inkorporierten Verhaltensweisen vonnöten ist, sodass Geschlecht, auch in der Lehre, nicht (mehr) als abwesend verstanden wird. Sie plädiert damit für eine Reflexion und Sensibilisierung über Geschlecht und die eigene Fachkul-

tur, um so Diskriminierungen und Ausgrenzungen zu reduzieren. Ähnliche Schlussfolgerungen konnte auch Suhrcke (2020) treffen.

Die aufgezeigten Forschungen stellen nur einen eingeschränkten Ausschnitt dessen dar, welche Fragen rund um Fachkulturen diskutiert werden. Viele weitere beschäftigen sich ebenfalls mit angrenzenden Diskussionsgegenständen unter Einbezug feministischer Perspektiven (siehe hierzu bspw. Beaufaÿs, 2003; Beaufaÿs, Engels & Kahlert, 2012; Dautzenberg, Fay & Graf, 2011; Geenen, 1994; Hausen & Nowotny, 1986; Kraus, 2000b; Wetterer, 1992). Den Studien zu Fachkultur und Geschlecht ist gemein, dass strukturelle und kulturelle Besonderheiten der Fächer analysiert werden, die zu Exklusionsmechanismen führen. Es zeichnet sich die methodische Tendenz ab, dass studentische Fachkulturen zumeist quantitativ betrachtet, während akademische Fachkulturen ausschließlich qualitativ untersucht werden. Die Forschung, in deren Zuge dieser Beitrag entstanden ist, greift diese Forschungslücke auf. Im nächsten Abschnitt wird dazu das Forschungsdesign erläutert.

3 Forschungsdesign

Es ist deutlich geworden, dass akademische Fachkulturen bislang eher qualitativ beforscht wurden und quantitative Daten fehlen, die Aufschluss darüber geben, inwieweit sich Fachkulturen unterscheiden und worin Gründe für die ungleichen Frauenanteile liegen können. An dieses Forschungsdesiderat soll in der vorliegenden Studie angeknüpft und ein Messinstrument entwickelt werden, das einzelne fachkulturelle Aspekte in einem Fragebogen erfragt und so Daten zur Verfügung gestellt werden, die Fächervergleiche erlauben. Die theoretische Anbindung erfolgt hierbei an das Fachkulturverständnis von Huber (1991), indem eine Unterscheidung anhand von sieben Charakteristika⁴ (Siehe auch Stauche & Kusche, 2024) sowie die thematische Erweiterung durch Scharlau und Huber (2019)⁵ zugrunde gelegt wird. Da bisher keine vergleichbaren quantitativen Studien mit akademischem Personal und damit keine validen Messinstrumente zu akademischen Fachkulturen existieren, war es notwendig, zunächst explorativ vorzugehen. Zur Erschließung des Forschungsfeldes wurde daher ein Interviewleitfaden anhand der Charakteristika nach Huber (1991) sowie in Anlehnung an Scharlau und Huber (2019) entwickelt, der dazu dienen sollte, erste fachkulturelle Einblicke anhand von Interviews mit akademischem Personal zu erhalten. Auf diese Weise sollte eine datenbezogene Grundlage aus dem Forschungsfeld heraus für die Entwicklung des Messinstruments geschaffen werden. Zu diesem Zweck wurden im Sommer 2023 13 leitfadengestützte problemzentrierte Interviews (siehe hierzu Witzel, 2000) mit Professor:innen und wissenschaftlichen Mitarbeitenden unterschiedlicher

⁴ Zu diesen zählen epistemologische Merkmale, die Arbeitsteilung im Kollegium, die internationale Ausrichtung, die zeitliche Eingebundenheit, Unterscheidungen zu anderen Fächern, politische Orientierungen sowie persönliche Lebensstile und kulturelle Präferenzen.

⁵ Scharlau und Huber leiteten aus dem Konzept Hubers Merkmale im weiteren Sinne ab:

politische und soziale Einstellungen, soziales Klima, Lebensstile und Geschmackspräferenzen, epistemologische Merkmale, Lehrorientierungen und -konzepte, Lehr-Lern-Organisation und Zusammensetzung der Studierendenschaft.

Fachrichtungen⁶ an Hochschulen in Sachsen durchgeführt. Die Interviews wurden anschließend nach einfachen Transkriptionsregeln (Dresing & Pehl, 2013) verschriftlicht und inhaltsanalytisch (Kuckartz, 2018) ausgewertet. Ziel war es, Gemeinsamkeiten und Unterschiede der jeweiligen Fachkulturen aufzudecken. Es sollten mit Blick auf das zu entwickelnde Messinstrument auch Rückschlüsse gewonnen werden, ob individuelle (Exklusions-)Erfahrungen möglicherweise strukturell bedingt sein könnten und sich damit kollektive Erfahrungen abzeichnen.

In diesem Beitrag soll der Fokus auf den (Zwischen-)Ergebnissen der explorativen Interviews liegen, insbesondere auf der in der Fachliteratur aufgezeigten Notwendigkeit, die eigene Fachkultur zu reflektieren. Im Folgenden werden daher Interviewergebnisse vorgestellt, die das jeweilige Fachkultur-Verständnis der Befragten aufzeigen. Es wird darüber hinaus betrachtet, inwieweit hier Reflexionsmomente erkennbar sind.

4 Fachkulturen als undefinierbare Konstante?

Dass Fachkulturen ‚schon irgendwie da‘ sind und den akademischen Arbeitsalltag beeinflussen, lässt sich kaum abstreiten, wie zahlreiche Auseinandersetzungen mit dieser Thematik zeigen (wie bspw. Bütow et al., 2016; Erlemann, 2015; Heldt, 2018; Lucht, 2018; Paulitz, 2010; Scharlau, 2020). Nichtsdestotrotz ist es kein gängiger Begriff, der weitreichend bekannt und im (individuellen) akademischen Alltag präsent ist. Daher wurde in den Interviews themeneinführend gefragt, was die Befragten unter dem Begriff „Fachkultur“ verstehen, um eine grundlegende gemeinsame Basis des Verständnisses zu erlangen. Im Folgenden werden die entsprechenden Antworten dargestellt. Eine der Befragten antwortete zwar lachend, aber besonders abwehrend auf diese Frage: „Ich bin >Fachname<⁷, keine Sozialwissenschaftlerin. Ich weiß nicht, was man unter einer Fachkultur versteht.“ (w8; Naturwissenschaften: 53)⁸ Und auch auf Nachfrage, was sie allgemein unter Kultur verstehe, reagiert sie lediglich kurz angebunden: „[...] zur Natur als Abgrenzung. Das vom Mensch Geschaffene, das, was wir uns aufbauen.“ (ebd.: 57) Sie zeigt damit, dass sie im ersten Moment kaum Interesse hat, sich mit ihrer Fachkultur auseinanderzusetzen. Ein Befragter reagierte zwar nicht unbedingt abwehrend, tat sich jedoch mit der Antwort im Gegensatz zu den anderen besonders schwer und bittet daher um Hilfe: „Fachkultur. Können Sie mir da irgendwie eine Unterstützung geben? Das ist für mich jetzt schwierig.“ (m3; Lehrer:innenbildung: 37) Den Kulturbegriff an sich erklärt er sich so: „Kultur ist also das menschliche Agieren untereinander. [...] Der menschliche Umgang miteinander. [...] Ansonsten wüsste ich jetzt nicht, was ich da sagen sollte.“ (ebd.: 41) In beiden Beispielen wird deutlich, dass sich mit dem Begriff schwergetan wird und nur zaghaft eine Verbindung zum

eigentlichen Kulturbegriff hergestellt wird. Durch die Reaktionen wird zunächst der Eindruck erweckt, dass der Begriff undefinierbar und es unmöglich sei, eine Antwort zu geben bzw. das Interesse nicht besteht, sich mit dem Begriff zu befassen. Durch Herabbrechen zum Kulturbegriff wird jedoch deutlich, dass zumindest ansatzweise eine Idee entwickelt werden konnte und in beiden Fällen der Bezug zum ‚Menschlichen‘ hergestellt wird.

Auch andere Befragte reagieren zögerlich: „Ich weiß gar nicht, ob das Wort im Duden steht. (12) Ich kann da jetzt nur raten, also vielleicht, dass man in einer gewissen Fachrichtung auch ein gewisses Umfeld in Verbindung bringt.“ (m1; Technikwissenschaften: 82) Hier sticht die Zwölf-Sekunden-Pause ins Auge, die einleitend für den anschließenden Satz „Ich kann da jetzt nur raten“ interpretiert werden kann. Dem Befragten fällt es offenbar ebenfalls schwer, sich unter Fachkultur etwas vorzustellen. Ähnlich geht es folgendem Probanden: „Das ist eine gute Frage. Da muss ich erst mal eingestehen, dass es eine Sache ist, mit der ich mich so gar nicht beschäftigt habe, was unsere Fachkultur ausmacht.“ (m2; Technikwissenschaften: 63) Für ihn bedeutet Fachkultur jedoch in seinem technikwissenschaftlichen Umfeld „prägnante Aussagen“ zu treffen sowie ein „offener Umgang miteinander unter den Mitarbeitern“ (ebd.: 47). Beiden Befragten ist gemein, dass sie, ebenso wie bei den beiden zuvor genannten Beispielen, auf gewisse Weise auf das ‚Menschliche‘ abzielen. Sie sprechen hierbei das Umfeld und den Umgang miteinander an. Obwohl beide Befragte eingangs Schwierigkeiten mit dem Begriff haben, finden sie dennoch Ideen, was darunter zu verstehen sein könnte. Ähnliches lässt sich bei den meisten anderen Interviewten feststellen: anfangs zögern sie, dann entwickeln sie aber zügig eine Idee. So beispielsweise im Folgenden Zitat:

„(15) Also ich denke, dass es dann eine bestimmte fachliche Ausprägung gibt. Ich sehe zum Beispiel als Fach meine >Fachgruppe<, zu der ich gehöre. Und die Kultur dazu ist, wie man gemeinsam die Prozesse steuert. Also mit welchen Hierarchien man zum Beispiel zusammenarbeitet, wer wem was sagt, oder wie offen man sich darüber austauscht und wie so der Alltag in einem bestimmten Fachgebiet geplant wird.“ (w5; Medienwissenschaften: 35)

Das Zitat zeigt zunächst eine 15-sekündige Denkpause gefolgt von den Worten „Also ich denke“, denen die Beschreibung folgt, dass es um Prozesssteuerung und Hierarchien geht. Ähnlich nachdenkend beginnt eine Interviewte, hier gekennzeichnet durch tiefes Einatmen. Aufgrund der inhaltlichen Fülle wird das Zitat nahezu ungekürzt abgebildet:

⁶ Die Personen sind den Fachgruppen Natur-, Technik- und Medienwissenschaften sowie einem lehrer:innen-bildenden Studiengang zuzuordnen. Zur Gewährleistung des Datenschutzes wird keine nähergehende Beschreibung der Fächer gewählt.

⁷ Anmerkung zur Interview-Transkription: Die in Klammern stehenden Zahlen (z.B. „(12)“) zeigen die Sekundenzahl an, in denen geschwiegen wurde. In eckigen Klammern stehende Punkte („[...]“)

verweisen auf Kürzungen durch die Autorinnen. Worte, die in Vergleichszeichen (>, <) gesetzt sind, wurden anonymisiert.

⁸ Zur Unterscheidung der Interviews werden die Geschlechtsabkürzungen „w“ für weiblich und „m“ für männlich mit Nummerierung entsprechend der Interviewreihenfolge sowie die Fachrichtung und der Interviewabsatz genannt.

„(atmet tief ein) Es ist auf jeden Fall ein Begriff, den ich so noch nicht gehört habe und wo ich jetzt gerade versuche, das diffuse Bild irgendwie ein bisschen greifbar zu machen. Kultur ist ja etwas, da denke ich an sowas wie eine Tradition oder gemeinsame Handlungsweisen. Kultur ist ja auch etwas, was weitergegeben wird, also irgendwas. Und Kultur hat ja was, finde ich, gehört ja in den Bereich, glaube ich, Soziales. Also das hat ja was zu tun mit dem sozialen Verhalten von Menschen. Das wäre/ Und Fachkultur bedeutet dann wahrscheinlich, also das Fach dann bezogen auf, ja, also eben, ich würde sagen, ja, den Beruf sozusagen, also womit man sein Geld verdient, also, oder woran man forscht. Und Fach wären dann also hier die, ja, die >Fachname< [...]. Also das heißt Verhaltensweisen, Soziales, Interaktionen, Verhaltensweisen, Traditionen, die spezialtypisch für die >Berufsbezeichnung< [...] sind.“ (w2; Technikwissenschaften: 41)

Die Interviewte hangelt sich an einem Kulturbegriff entlang, um den Begriff für sich greifbar zu machen. Sie versteht darunter gemeinsame Handlungsweisen und Traditionen, die weitergegeben werden. Sie leitet sich daraus ab, dass es in den Fachkulturen um typische Verhaltensweisen gehen muss, die in dem Kontext beobachtbar sind, in dem Personen arbeiten bzw. forschen.

Ähnlich sieht es eine andere Befragte, die allerdings nicht von Gemeinsamkeiten innerhalb von Fächern spricht, sondern einen Unterscheidungsansatz zwischen Fächern wählt:

„Fachkultur? Das ist eine gute Frage. Naja, eine Kultur ist ja, wenn gewisse Menschengruppen sich zum Beispiel einer Religion zuordnen oder einer gewissen Kunst oder irgendwie zuordnen, [...]. Und Fachkultur[...]. Ja, dass es da schon Unterschiede, denke ich, auch in der Herangehensweise, gerade auch in der Forschung oder im Denken oder im Handeln.“ (w6; Technikwissenschaften: 45)

Eine Interviewte aus den Medienwissenschaften versteht unter Fachkultur etwas Annäherndes:

„Okay, ich wollte Sie gerade fragen, was verstehen Sie denn unter Fachkultur? Also Fachkultur, wenn wir unseren Bereich angucken, würde ich es eigentlich, also, muss man wahrscheinlich zwei was sehen. Einerseits natürlich den Fachbereich, also inhaltlich, welche Forschungsmethoden, welche Themen [...] vorherrschen. Und Fachkultur wahrscheinlich dann im Arbeitsumfeld eher, wie halt tatsächlich der Umgang miteinander ist und die Arbeitsweise, die Organisationsstrukturen, der Aufbau der Fakultät. [...] Genau, das ist glaube ich so dann die Fachkultur, also Organisationsformen, Kommunikationskreise, Entscheidungsstrukturen in einem Bereich.“ (w1; Medienwissenschaften: 45)

Beide Zitate zeigen, dass hier unter Fachkultur erwartet wird, dass gemeinsame Denk- und Handlungsmuster in der Forschung vorherrschen, und es werden auch epistemologische Merkmale als Unterscheidungskriterien erwähnt („Herangehensweise“ bzw. „Forschungsmethoden“). Andererseits zeigt sich im unteren Zitat, dass auch die Organisationsstrukturen relevant sind. Die Befragte nimmt damit indirekt Bezug auf die Hierarchiestrukturen, die die Befragte w5 ebenfalls benannte (s.o.).

Eine andere Befragte fokussiert dagegen vor allem auf den Umgang miteinander mit Blick auf das menschliche Miteinander:

„Was fällt mir zu Fachkultur? Vielleicht so sinngemäß, wie ist der Umgang in einem bestimmten Bereich miteinander? Also wenn ich jetzt auch ausgehend von meiner früheren Tätigkeit [...], das war ein gänzlich anderer Umgangston auch als jetzt hier an der Uni. Also der war dort schon sehr rau [...]. Also so Fachkultur für mich, wie gehe ich in bestimmten Bereichen miteinander um, wie rede ich miteinander, [...] Und zumindest im >technikwissenschaftlicher Bereich<, dort war, ist es, hatte ich zumindest das Gefühl, dass in bestimmten Bereichen dort doch noch ganz klassisch [...] die Männermeinung mehr gilt als Frauenmeinung.“ (w4; Lehrer:innenbildung: 37)

Die Interviewte beschreibt, dass sie in einer früheren Tätigkeit einen rauen Umgang und geschlechtliche Diskriminierung erlebt hat, dies jedoch von ihrer Tätigkeit an der Hochschule nicht kennt. Damit eröffnet sie nicht nur einen Unterschied zwischen dem lehrer:innen-bildenden Fach und einem technikwissenschaftlichem Fach, sondern auch zwischen Umgangsweisen inner- sowie außerhalb der Universität. Sie ist damit die Einzige, die Vergleiche zu anderen Bereichen zieht.

Die folgenden Zitate beziehen sich weiterführend ausschließlich auf den hochschulischen Kontext. Es werden wiederholt die Umgangsweisen der Mitarbeitenden untereinander benannt, aber auch Verbindungen zur Lehre hergestellt:

„Fachkultur. Also da würde ich sagen, das sind methodische, inhaltliche, beim universitären Bereich dran denken, didaktische Aspekte, die typisch für einen bestimmten Lern- und Lehrbereich sind. Das war jetzt sozusagen Inhalt, Methode, dann gehört sicherlich auch eine bestimmte Art von Umgang der dort Tätigen untereinander, miteinander dazu, das hat auch was mit Fachkultur zu tun. Auch sicherlich zum Beispiel, wenn wir jetzt im universitären Bereich denken, der Art, wie wissenschaftliche Ergebnisse erzielt, publiziert, kommuniziert werden. Ja, also die Art der Kommunikation gehört sicherlich auch Bestandteil von Fachkultur.“ (m4; Technikwissenschaften: 61)

In diesem Zitat wird einerseits vom (methodischen) Umgang mit den Studierenden gesprochen, andererseits auch epistemologische Charakteristika (methodische Aspekte) als Unterscheidungskriterien benannt. Zudem wird die Publikationsform als relevanter Faktor aufgemacht. In Teilen benennt auch die folgende Interviewte diese Gesichtspunkte:

„Hm. Na ja, Fachkultur betrifft auf jeden Fall die Art und Weise der Kommunikation zwischen Lehrenden, aber auch zwischen Lehrenden und Studierenden. Also wie gehen wir mit unseren Studierenden um und was natürlich auch eine ganz große Rolle spielt, wie arbeiten wir wissenschaftlich. Also wie funktioniert Wissenschaft in einem Bereich? So, was ist da Usus? Und ich komme ja aus dem Bereich >Fachname< und da gibt es tatsächlich eine sehr andere Fachkultur. Und im >Fakultätsname< würde ich sagen, ist die Fachkultur geprägt von den alten weißen Männern und ihren Machtgerangel. Also das muss nicht immer negativ sein, aber das ist das ganz große Bild.“ (w3; Technikwissenschaften: 75)

Die Interviewte w3 spricht nicht nur von epistemologischen Charakteristika als Unterscheidungskriterien („wie arbeiten wir wissenschaftlich“) und dem Umgang mit den Studierenden, sondern thematisiert auch, dass es zwischen den Männern ein „Machtgerangel“ gäbe, das es nicht in allen Fächern in dieser Form gäbe. Interessanterweise relativiert sie diesen Hinweis direkt im nächsten Satz.

Dass Publikationen auch für andere Befragte ein relevanter Faktor der Fachkultur zu sein scheinen, zeigt dieses Zitat:

„Ich sage mal so, da gehört die Publikationskultur dazu. Da gehört die Frage nach Projekten und Geld dazu. Da gehört die Frage, wie wichtig Lehre genommen wird. Oder auch nicht. Da gehört für mich dazu, wie die Hierarchiestrukturen sind. Wie ausgeprägt die sind. Das sind, glaube ich, die wichtigsten Headlines [...]“. (m5; Technikwissenschaften: 45)

Im Fokus dieses Zitats stehen das Publizieren sowie Projekte und Geld. Damit verbindet dieser Befragte nicht grundsätzlich das Zwischenmenschliche mit einer Fachkultur, sondern eher das ‚Wie‘ im Fach. Das Publizieren ist dabei offenbar vor allem im in diesem technikwissenschaftlichen Bereich relevanter Aspekt von Fachkultur. Eine möglicherweise strenge Publikationskultur könnte dabei auch einer jener Faktoren sein, weshalb die Befragte w3 von einem Machtgerangel spricht⁹. Das Kriterium „Hierarchien“ kommt hier ebenfalls auf.

Augenfällig ist bei vielen der Interviews, dass sie den Begriff ‚Fachkultur‘ wiederholen und/oder eine rhetorische Frage dazu formulieren. Andere wiederum zeigen Anzeichen des Nachdenkens (z.B. durch Schweigen, Atmen oder den Ausdruck „hm“). Abgesehen von den in diesen Bei-

spielen vorzufindenden mehr oder weniger langen Zögerungen kommt hier inhaltlich jedoch eine eindeutige Tendenz zum Vorschein, dass sich die Befragten nahezu ‚automatisch‘ an einem individuellen Kulturbegriff orientieren, mit dem sie bestimmte zwischenmenschliche Interaktionen sowie Regelmäßigkeiten verbinden. Damit wird stets ein Bezug zum ‚Menschlichen‘ hergestellt, vor allem soziale Interaktionen treten in den Vordergrund. Die Zitate zeigen damit eine recht eindeutige allgemeine Tendenz, was die Befragten unter (Fach-)Kulturen verstehen, auch wenn es sich im Detail unterscheidet. Besonders interessant ist dabei, dass auch zwei Befragte ungefragt auf geschlechtliche Einflussfaktoren eingehen.

Ein letztes Zitat soll aufzeigen, dass es jedoch auch möglich ist, das ‚Menschliche‘ nicht in den Fokus zu stellen:

„Unter einer Fachkultur würde ich schon sagen, was ist das Verständnis der Leute innerhalb dieses Faches. Ich frage allerdings schon sehr konkret nach der genauen Unterteilung, weil ich tatsächlich finde, das Fach >Fachname< hat sehr unterschiedliche Fachkulturen.“ (w7; Naturwissenschaften: 43)

Die Befragte erläutert die Unterschiede in den jeweiligen Fachbereichen und grenzt sie zu anderen Fächern ab. Insbesondere geht sie hierbei auf die praktische und theoretische Vorgehensweise im Fach ein. Für ihren Fachbereich stellt sie dabei heraus, dass sich das „nicht digitalisieren [ließe], ähnlich wie in der Medizin, also wo man jetzt keine OP digitalisieren [könne]“, sondern dies „Handwerk“ (ebd.) sei. Anders als die zuvor dargestellten Interviewzitate, wird hier also kein Bezug auf das ‚Menschliche‘ genommen, sondern spezifisch auf die Handlungsweisen im Feld und damit speziell auf die epistemologischen Charakteristika fokussiert.

Die Zitate haben gezeigt, dass niemandem der Begriff Fachkultur bekannt war oder Bewusstsein darüber herrschte, was darunter zu verstehen ist. Dennoch konnten alle Personen wenigstens ansatzweise Gedanken dazu entwickeln, was eine Fachkultur ausmachen könnte. Obwohl der Begriff selbst wenig greifbar und schwer zu erklären zu sein scheint, zeigt sich doch, dass alle Befragten Teilaspekte des Fachkulturbegriffs offenbar intuitiv benennen können (z.B. Umgangsformen, epistemologische Merkmale). Hierbei ist, mit Ausnahme des Verweises auf die Publikationskultur in einem technikwissenschaftlichen Bereich, kein klar zu benennender Unterschied zwischen den Fächern ersichtlich, sondern Personen unterschiedlicher Fächer zeigen ähnliche Verständnisse auf. Das menschliche Miteinander ist dabei eines der meistgenannten Kriterien zur Unterscheidung der Fachkulturen. Im Folgenden wird tiefergehend diskutiert, inwieweit sich Reflexionen zur eigenen Fachkultur erkennen lassen.

⁹ Hierbei sei kritisch zu erwähnen, dass alle drei Personen demselben Arbeitskreis entstammen.

5 Bestehen Reflexionsmomente über die eigene Fachkultur?

Die vorgestellten Zitate sind die Antworten aller 13 Interviewten auf die Frage, was sie unter Fachkultur verstehen. Während wenige Befragte eher zögerlich antworten, reagieren andere zügiger und haben recht schnell eine Idee, was sie sich unter dem Begriff vorstellen. Inwiefern lässt sich hieraus erkennen, ob sich die Befragten, bewusst oder unbewusst, mit dem Begriff und seiner Bedeutung im Fach auseinandersetzen?

Die ersten beiden vorgestellten Zitate zeigen eher widersprüchliche Reaktionen auf die Auseinandersetzung mit der Fachkultur. Eine Person überträgt diese Aufgabe auf die Sozialwissenschaften und erachtet es nicht als relevant, sich mit dem Begriff zu befassen. Die andere Person spielt den Ball zurück zur Interviewerin und versucht durch eine gewisse ‚Ratlosigkeit‘ ebenfalls, sich nicht mit dem Begriff zu befassen. Allerdings wird in der anschließenden Beschreibung des Kulturbegriffes deutlich, dass ein Bewusstsein darüber herrscht, dass Kultur einerseits etwas vom Menschen Geschaffenes ist, andererseits dieses auch das menschliche Miteinander umfasst und prägt. Insofern besteht zwar dieses Wissen, eine Reflexion mit und über die eigene Fachkultur lässt sich hierbei jedoch nicht erkennen. Dies steht jedoch im Gegensatz zu allen anderen Interviews, in denen sich die Befragten auf die Frage einließen und Gedanken zum Begriff formulierten.

Wie bereits erwähnt, sind in den Interviews soziale Interaktionen Kernaspekt von Fachkulturen. Insofern stand häufig das ‚Miteinander‘ innerhalb des Faches im Zentrum der Beschreibung. Hierbei kam zum Ausdruck, dass die Befragten offenbar davon ausgehen, dass sich das soziale Verhalten je nach Fachbereich unterscheidet. Zwei Personen benannten dafür sogar explizite Beispiele, indem der Geschlechteraspekt in den Vordergrund gerückt wird, der zum einen weibliche Stimmen unterdrückt und männliche Meinungen überhöht, zum anderen auf diese Weise Machtspiele zwischen den männlichen Kollegen zutage treten. Die Benennung dieser Zustände, auch wenn sie zum Teil relativiert werden, zeigt, dass die beiden Frauen das Verhalten der Kollegen durchaus bewusst und kritisch wahrnehmen (ähnliches berichtet auch Kraus, 2000a, 47f.). Zudem zeigt sich damit die Implikation der Befragten, dass dies nicht in jeder Fachkultur in dieser Weise der Fall ist. Anhand dieser beiden Beispiele wird Folgendes deutlich: Ungefragt rücken zwei Frauen Genderaspekte in den Fokus und demonstrieren damit die Relevanz dieser Thematik. Das zeigt nicht nur, dass diese beiden Personen bereits über sich und ihre Position innerhalb ihrer Fachkulturen nachgedacht und ihre (geschlechtliche) Stellung darin zumindest teilweise reflektiert haben. Dies zeigt auch, dass Fachkulturen nicht geschlechtsneutral gedacht werden können. Hochschule als historisch gewachsenes, männlich geprägtes Lebensfeld (siehe hierzu auch Jacobi, 2012) kann nicht als geschlechtsneutral verstanden werden, da Männlichkeit eine Ausprägung von Geschlecht ist und damit das Umfeld beeinflusst. Das bedeutet, dass, vor allem in den MINT-Fächern, die noch immer überwiegend durch Männer repräsentiert werden, auch von männlich geprägten Fachkulturen ausgegangen werden muss. Im Umkehrschluss bedeutet dies aber auch, dass, wie in den Inter-

views deutlich wird, Frauen tendenziell ausgeschlossen werden, beispielsweise durch ungehörte Stimmen oder ‚raue‘ Umgangsformen. Beide Probandinnen lassen an diesen Interviewstellen ein ausgeprägtes Reflexionsniveau erkennen und zeigen, dass sie sich mit ihren eigenen Positionierungen innerhalb der Fachkultur auseinandergesetzt haben.

Neben dem sozialen Miteinander werden weitere Aspekte thematisiert. Diese zielen vor allem auf die Organisation innerhalb des Faches ab. Organisation meint dabei nicht nur Hierarchien, sondern auch epistemologische Merkmale wie die Methoden und Herangehensweisen in der Forschung, welche Stellung Publikationen haben, welche Einstellungen zur Lehre vorherrschen sowie welche Wichtigkeit das Einwerben von Projekten und Geldern hat. Die Spannweite fachkultureller Merkmale ist vielfältig. Dies zeigen auch die aufgeführten Antworten, in denen letztendlich zahlreiche Aspekte angesprochen werden, die auch Huber (1991) sowie Scharlau und Huber (2019) als Merkmale von Fachkulturen definieren. Auffällig ist, dass persönliche Eigenschaften wie politische Einstellungen oder Lebensstile und Geschmackspräferenzen nicht zu den Aspekten gehören, die die Befragten hier benennen. Auch diese sind jedoch Bestandteil der Definition von Fachkultur. Damit zeichnet sich im Verständnis der Befragten ein Bild der Trennung von Privat und Arbeit ab. Das bedeutet, dass private Angelegenheiten offenbar nicht als Einflussfaktoren für die Kulturen im Fach verstanden werden.

6 Fazit

Dieser Beitrag beabsichtigte, (Zwischen-)Ergebnisse aus der aktuellen Fachkultur-Forschung des Projektes „Fi-oKo“ vorzustellen und dabei insbesondere auf das Fachkultur-Verständnis einzugehen, das Befragte in qualitativen Interviews beschreiben. Ziel war es, herauszuarbeiten, welche Reflexionsmomente über die eigene Fachkultur sich in den Antworten der Befragten abzeichnen. Die Interviews sind dabei als explorative Vor-Studie einer quantitativen Befragung zu bewerten.

Ergebnis des Beitrags ist, dass die Befragten sich auf die Frage nach ihrem Fachkulturverständnis zunächst überwiegend nichts vorstellen konnten. Daher kam sogar einmal die Frage auf, ob sich das Wort überhaupt im Duden befände. Allerdings haben fast alle Interviewten in der Folge eine individuelle Idee zum Begriffsverständnis entfaltet. Anhand der Antworten zeichnete sich ab, dass niemand eine abweichende Auffassung zu dem in der Literatur definierten Verständnis von Huber (1991) sowie Scharlau und Huber (2019) entwickelte. Lediglich jene Faktoren, die eher einem privaten Bereich zuzuordnen sind, wurden nicht benannt. Damit zeigt sich nicht nur, dass die Merkmalsdefinitionen aus der Literatur einerseits ein realitätsnahes Verständnis von Fachkultur darstellen. Es zeigt sich andererseits auch, dass die meisten Interviewten auch ohne Vorkenntnisse eine Vorstellung zum Verständnis von Fachkultur besitzen. Es lässt sich auch schlussfolgern, dass Reflexionen zur Fachkultur oftmals unbewusst passieren. Indem Personen über ihr Fach und die Menschen darin nachdenken, definieren sie zwangsläufig Merkmale der zugehörigen Kultur und damit, zumindest in Teilen, gemeinsame Wahrnehmungs-, Denk-, Wer-

tungs- und Handlungsmuster. Zwei der Interviewten stellen dabei sogar genderrelevante Unterschiede heraus.

In diesem Beitrag sind lediglich die Antworten auf die themeneinführende Frage dargestellt. Im weiteren Verlauf der Interviews wurden weitreichendere Reflexionen erzielt, die hier nicht erörtert werden. Die Forderung, über die eigene Fachkultur gezielt zu reflektieren, besitzt damit hohe Relevanz, da sie nicht nur notwendig ist, sondern auch möglich. Es wird jedoch der Raum benötigt, der solche Reflexionen zulässt und begleitet. Dies könnte beispielsweise über Workshops erfolgen, die die Möglichkeit geben, über die eigene sowie andere Positionen im Fach zu reflektieren. So wäre es möglich, aus den Fächern heraus Ideen zu entwickeln, wie Exklusionen, beispielsweise von Frauen, funktionieren, und wie dagegen vorgegangen werden kann. Die eigene Fachkultur zu überdenken und mit Diversitätsdimensionen zu verknüpfen, hat das Potenzial, von innen heraus inklusivere Kulturen zu gestalten. Die Interviews haben gezeigt, dass erste Zugänge zur Konstante „Fachkultur“ überwiegend bereits vorliegen und diese damit weder undefinierbar noch ungreifbar ist. Es braucht jedoch Anreize für eine aktive Auseinandersetzung, um diversitätssensible und -sensibilisierende Potenziale auszu-schöpfen.

Abseits der hier vorgestellten Einsichten zum Fachkultur-Verständnis und den resümierten Potenzialen konnten mithilfe der Interviews wertvolle Erkenntnisse erzielt werden, die der vorgesehenen Entwicklung eines quantitativen Instruments zur Messung fachkultureller Eigenschaften dienen.

Literaturverzeichnis

- Anger, C., Betz, J., Geis-Thöne, W. & Plünnecke, A. (2023, November). *MINT-Herbstreport 2023. Mehr MINT-Lehrkräfte gewinnen, Herausforderungen der Zukunft meistern* (Institut der deutschen Wirtschaft Köln e.V., Hrsg.). Köln.
- Apel, H. (1989). Fachkulturen und studentischer Habitus. Eine empirische Vergleichsstudie bei Pädagogik- und Jurastudierenden. *Zeitschrift für Sozialisationsforschung und Erziehungssoziologie*, 9(1), 2–22. Verfügbar unter: https://www.digizeitschriften.de/id/513648887_0009%7CLOG_0011?tyf=%7B%22pages%22%3A%5B%5D%2C%22pan%22%3A%7B%22x%22%3A0.592%2C%22y%22%3A0.746%7D%2C%22view%22%3A%22info%22%2C%22zoom%22%3A0.394%7D
- Arnold, M. & Fischer, R. (Hrsg.). (2004). *Disziplinierungen. Kulturen der Wissenschaft im Vergleich*. Wien: Verlag Turia + Kant.
- Beaufäys, S. (2003). Wie werden Wissenschaftler gemacht? Beobachtungen zur wechselseitigen Konstitution von Geschlecht und Wissenschaft. Bielefeld: transcript Verlag.
<https://doi.org/10.25595/201>
- Beaufäys, S., Engels, A. & Kahlert, H. (Hrsg.). (2012). *Einfach Spitze? Neue Geschlechterperspektiven auf Karrieren in der Wissenschaft*. Frankfurt am Main: Campus Verlag.
- Bourdieu, P. (1987). *Die feinen Unterschiede. Kritik der gesellschaftlichen Urteilskraft* (B. Schwibs, A. Russier, Übers.) (Suhrkamp Taschenbuch Wissenschaft, Bd. 658, 1. Auflage). Frankfurt am Main: Suhrkamp.
- Bundesministerium der Justiz. (2006). Allgemeines Gleichbehandlungsgesetz. AGG. In Bundesministerium der Justiz (Hrsg.), *Allgemeines Gleichbehandlungsgesetz vom 14. August 2006 (BGBl. I S. 1897)*. Zugriff am 19.06.2024. Verfügbar unter: <https://www.gesetze-im-internet.de/agg/BJNR189710006.html#BJNR18971006BJNG000100000>
- Bütow, B., Eckert, L. & Teichmann, F. (2016). Fachkulturen als Ordnung der Geschlechter. Praxeologische Analysen von Doing Gender in der akademischen Lehre. Opladen, Berlin, Toronto: Verlag Barbara Budrich.
- Dautzenberg, K., Fay, D. & Graf, P. (Hrsg.). (2011). *Frauen in den Naturwissenschaften. Ansprüche und Widersprüche*. Wiesbaden: VS Verlag für Sozialwissenschaften.
- Dresing, T. & Pehl, T. (2013). Praxisbuch Interview, Transkription & Analyse. Anleitung und Regelsysteme für qualitativ Forschende (5. Aufl.). Marburg: Dr. Dresing und Pehl GmbH.
- Engler, S. (1993). Fachkultur, Geschlecht und soziale Reproduktion. Eine Untersuchung über Studentinnen und Studenten der Erziehungswissenschaft, Rechtswissenschaft, Elektrotechnik und des Maschinenbaus. Weinheim: Deutscher Studien Verlag.
- Erlemann, M. (2015). Geschlecht in physikalischen Fachkulturen: Ethnografische Sondierungen. In T. Paulitz, B. Hey, S. Kink & B. Prietl (Hrsg.), *Akademische Wissenskulturen und soziale Praxis. Geschlechterforschung zu natur-, technik- und geisteswissenschaftlichen Fächern im Vergleich* (Forum Frauen- und Geschlechterforschung, Bd. 42, S. 156–174). Münster: Westfälisches Dampfboot.
- Erlemann, M. (2018). Fachkulturen und Geschlecht in den Natur- und Technikwissenschaften - Forschungsergebnisse am Beispiel der physikalischen Fachkulturen. Mit umfangreichen Literaturhinweisen zu den Lehrveranstaltungen der Maria-Goeppert-Mayer-Gastprofessur Technik & Gender im WiSe 2017/2018. In J. Dehoff-Zuch & L. Suhrcke (Hrsg.), *Schriftenreihe der Hochschule Emden/Leer* (Bd. 27, Bd. 27, S. 3–53). Emden: Hochschule Emden/Leer.
- Erlemann, M. (2024). Von der Hochschulforschung zu den Feminist STS. Perspektiven für eine feministische Fachkulturforschung am Beispiel Physik. In S. Huch & M. Erlemann (Hrsg.), *Gender & Diversity Studies in MINT meets Naturwissenschaftsdidaktik. Synergien und Impulse für eine gender- &*

diversitätssensible Forschung und Lehre der Naturwissenschaften (S. 39–64). Wiesbaden: Springer VS.

- Geenen, E. M. (1994). *Blockierte Karrieren. Frauen in der Hochschule*. Opladen: Leske + Budrich.
- Hausen, K. & Nowotny, H. (Hrsg.). (1986). *Wie männlich ist die Wissenschaft?* Frankfurt am Main: Suhrkam Taschenbuch Verlag.
- Heintz, B., Merz, M. & Schumacher, C. (Hrsg.). (2004). *Wissenschaft, die Grenzen schafft. Geschlechterkonstellationen im disziplinären Vergleich*. Bielefeld: transcript Verlag.
- Heldt, E. M. (2018). Fachkulturen in MINT - eine empirische Untersuchung genderspezifischer Unterschiede in der Wahrnehmung von Fachkulturen am Beispiel Studierender der Fakultät für Maschinenbau der technischen Universität Braunschweig.
- Huber, L. (1991). Fachkulturen: über die Mühen der Verständigung zwischen den Disziplinen. *Neue Sammlung*, 31(1), 3–24. Verfügbar unter: <https://pub.uni-bielefeld.de/record/1781659>
- Ihsen, S. (2008). Ingenieurinnen: Frauen in einer Männerdomäne. In R. Becker & B. Kortendiek (Hrsg.), *Handbuch Frauen- und Geschlechterforschung. Theorie, Methoden, Empirie* (S. 791–797). Wiesbaden: VS Verlag für Sozialwissenschaften.
- Jacobi, J. (2012). Wie männlich ist die Universität? In M. S. Baader, J. Birstein & T. Tholen (Hrsg.), *Erziehung, Bildung und Geschlecht. Männlichkeiten im Fokus der Gender-Studies* (S. 271–286). Wiesbaden: Springer VS; Springer Fachmedien. https://doi.org/10.1007/978-3-531-19112-6_15
- Knorr Cetina, K. (2002). *Wissenskulturen. Ein Vergleich naturwissenschaftlicher Wissensformen*. Frankfurt am Main: Suhrkam Taschenbuch Verlag.
- Krais, B. (2000a). Das soziale Feld Wissenschaft und die Geschlechterverhältnisse. Theoretische Sondierungen. In B. Krais (Hrsg.), *Wissenschaftskultur und Geschlechterordnung. Über die verborgenen Mechanismen männlicher Dominanz in der akademischen Welt* (S. 31–54). Frankfurt am Main: Campus Verlag.
- Krais, B. (Hrsg.). (2000b). *Wissenschaftskultur und Geschlechterordnung. Über die verborgenen Mechanismen männlicher Dominanz in der akademischen Welt*. Frankfurt am Main: Campus Verlag.
- Kuckartz, U. (2018). *Qualitative Inhaltsanalyse. Methoden, Praxis, Computerunterstützung* (4. Aufl.). Weinheim, Basel: Beltz Juventa.
- Liebau, E. & Huber, L. (1985). Die Kulturen der Fächer. *Neue Sammlung*, 25(3), 314–339. Verfügbar unter: <https://pub.uni-bielefeld.de/download/1781591/2313362/OCT2591.pdf>
- Lucht, P. (2018). Interventionen in Geschlechterpolitiken von Fachkulturen, Epistemen und Artefakten der Natur-, Technik- und Planungswissenschaften. Fallbeispiele aus der Lehrforschung. *Open Gender Journal*, 2. <https://doi.org/10.17169/ogj.2018.22>.
- Multrus, F. (2004). *Fachkulturen. Begriffsbestimmung, Herleitung und Analysen. Eine empirische Untersuchung über Studierende deutscher Hochschulen*. Dissertation. Universität Konstanz, Konstanz.
- Paulitz, T. (2010). *Technikwissenschaften: Geschlecht in Strukturen, Praxen und Wissensformationen der Ingenieurdisziplinen und technischen Fachkulturen. Emergenz und Transformationen des Feldes Technikwissenschaften - statt einer Definition*. In R. Becker & B. Kortendiek (Hrsg.), *Handbuch Frauen- und Geschlechterforschung. Theorie, Methoden, Empirie* (2. Aufl., S. 787–798). Wiesbaden: VS Verlag für Sozialwissenschaften.
- Scharlau, I. (2020). Fachkulturen unter der Lupe: Metaphern in Reflexionen über die Lehre. *die hochschullehre*, 6(25), 376–387.
- Scharlau, I. & Huber, L. (2019). Welche Rolle spielen Fachkulturen heute? Bericht von einer Erkundungsstudie. *die hochschullehre*, 5, 315–354.
- Statistisches Bundesamt (2023). Anzahl der MINT-Studienanfänger an deutschen Hochschulen nach Geschlecht in den Studienjahren von 2007/2008 bis 2022/2023 [Graph]. In Statista (Hrsg.), *Statistik der Studierenden. Wintersemester 2022/2023*. Zugriff am 11.06.2024. Verfügbar unter: <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/28346/umfrage/anzahl-der-mint-studienanfanger/>
- Stauche, F. & Kusche, R. (2024). Fachkultur und die Exklusion von Frauen aus den Ingenieurwissenschaften. Auf der Suche nach fachkulturellen Hürden für Frauen in MINT. In R. Kusche & M. Spranger (Hrsg.), *NextGen Scientific Review Vol.2. Annual Perspectives on Next Generation Science* (Bd. 2, S. 62–67). Mittweida: Hochschule Mittweida. Zugriff am 13.02.2024. Verfügbar unter: https://monami.hs-mittweida.de/front-door/deliver/index/docId/14968/file/NG_Scientific_Review_Vol_2_Stauche_09.pdf
- Suhrcke, L. (2020). "Ich musste erstmal verstehen, wie ticken die hier, um was geht es?". Fachkulturen an der Hochschule Emden/Leer (Schriftenreihe der Hochschule Emden/Leer, Bd. 30). Emden: Hochschule Emden/Leer.
- Weigand, D. (2012). *Die Macht der Fachkultur. Eine vergleichende Analyse fachspezifischer Studienstrukturen*. Marburg: Tectum-Verlag.
- Wetterer, A. (Hrsg.). (1992). *Profession und Geschlecht. Über die Marginalität von Frauen in hochqualifizierten Berufen*. Frankfurt am Main: Campus Verlag.
- Witzel, A. (2000). Das problemzentrierte Interview [25 Absätze]. In K. Mruck, J. Bergold, F. Breuer &

H. Legewie (Hrsg.), *Qualitative Sozialforschung: Nationale, disziplinäre, methodische und empirische Beispiele* (Bd. 1, 1. Aufl.). Zugriff am 27.08.2024. Verfügbar unter: <https://www.qualitative-research.net/index.php/fqs/article/view/1132/2520>

Anhang

Interviewleitfaden

1. Einleitung / allgemeines zur Arbeit der Person

Zu Beginn unseres Interviews möchte ich Sie bitten, mir zu erzählen, wie Ihr beruflicher Werdegang aussah? Also welche Stationen haben Sie durchlaufen, bis sie zu dieser Position gekommen sind?

Sie sind ja Professor:in/ Lehrkraft/ Wissenschaftliche:r Mitarbeiter:in im Bereich XY. Ich würde Sie bitten, mir zu beschreiben, was für Sie die Arbeit in diesem Fachgebiet ausmacht.

2. Arbeitsumfeld

Ich würde Sie nun bitten, mir zu beschreiben, wie Sie Ihr Arbeitsumfeld wahrnehmen. Also wie würden Sie Ihr Fach sowie die Personen in diesem Feld beschreiben? (Die Frage bezieht sich sowohl auf das Zwischenmenschliche als auch auf beispielsweise die Organisation innerhalb der Fakultät)

NUR für WiMi: Ich würde Sie bitten, mir Ihre Beziehung zu Ihren Vorgesetzten zu beschreiben.

3. Hauptthema-Einführung: Fachkultur Fremdverständnis

Wir untersuchen ja in unserer Forschung, was Fachkulturen eigentlich ausmacht. Was verstehen Sie denn unter Fachkultur?

4. Fachkultur- (Literatur-)Verständnis

Eine Definition von Fachkultur ist, dass es unter den Angehörigen des Faches wiederkehrende Gemeinsamkeiten gibt, die auch an Studierende weitergegeben werden. Fallen Ihnen dazu Beispiele aus Ihrem Arbeitsalltag ein?

5. Gemeinsamkeiten im Fach

Wenn Sie nun an Ihre Kolleg:innen im Fach denken: Welche gemeinsamen Merkmale erkennen Sie innerhalb Ihres Fachs? (sowohl persönliche/ private als auch in Bezug auf die Arbeit)

6. Unterschiede im Fach

Welche unterschiedlichen Merkmale zwischen den Personen erkennen Sie innerhalb Ihres Fachs?

7. Sexistische Einstellungen

Studien sagen, dass in Fächern mit höherem Männer- als Frauenanteil tendenziell stärkere konservative Einstellungen zu Familie, Arbeit und Geschlecht vorherrschen. Welche Position und Ansicht haben Sie dazu?

Das Thema „gendern“ ist ja viel diskutiert in den Medien. Inwieweit spielt das bei Ihnen im Fach eine Rolle? Wie wird das Thema in Ihrem Bereich verhandelt?

Können Sie mir beschreiben, welche Rolle die / der Gleichstellungsbeauftragte an Ihrer Hochschule spielt?

8. Sexistische Erlebnisse

Wenn Sie zurückdenken: Können Sie sich an eine Situation erinnern, in der Sie sich am Arbeitsplatz oder während Ihres beruflichen Werdegangs aufgrund ihres Geschlechts unwohl oder ausgegrenzt (ignoriert, angegriffen, herabgewürdigt...) gefühlt haben und mir diese beschreiben? (wenn nicht: Können Sie sich an eine Situation erinnern, in der eine Kollegin oder ein Kollege sich unwohl gefühlt hat/gefühlt haben könnte?)

9. Abgrenzung zu anderen Fächern

Wir kommen nun zum letzten Teil unseres Interviews und nochmal zurück auf Ihr Fach.

Wenn Sie Ihr Fach jetzt aus einer Außenperspektive betrachten:

Inwiefern grenzt sich Ihr Fach von anderen Fächern ab?

Worin sehen Sie Gründe für die Unterschiede bzw. die Abgrenzung?

10. Abschluss

Wir sind am Ende des Interviews angelangt. Gibt es jetzt noch etwas, was Sie mir erzählen wollen, was bisher unerwähnt geblieben ist?

3

**NextGen
diskutiert**

Die (Un)gerechten

Ein kritischer Beitrag zu ethischen Risiken von Large Language Models

Jenny Felser, Michael Spranger

Kontakt: Michael Spranger, Hochschule Mittweida, spranger@hs-mittweida.de

Zusammenfassung

Large Language Models (LLMs) wie GPT-3.5-Turbo und GPT-4, bekannt als ChatGPT, werden aufgrund ihrer Fähigkeit, menschenähnliche Texte zu generieren, und ihrer vielfältigen Anwendungsmöglichkeiten immer beliebter. Mit der zunehmenden Nutzung dieser Modelle im Alltags- und Berufsleben werden jedoch auch ethische Bedenken laut. Die Tendenz, diskriminierende und toxische Inhalte sowie Fehlinformationen zu erzeugen, sind nur einige davon. Das wachsende Bewusstsein für die Gefahren von LLMs und künstlicher Intelligenz (KI) im Allgemeinen hat dazu geführt, dass die EU im Mai 2024 mit der Verordnung über Künstliche Intelligenz (KI-Verordnung, engl. AI Act) das weltweit erste Gesetz zur umfassenden Regulation von KI verabschiedet hat. Es ist jedoch fraglich, ob die KI-Verordnung alle von LLMs ausgehenden Risiken ausreichend abdeckt. Neben den offiziellen Regelungen ist es von entscheidender Bedeutung, was Entwicklungsteams und Anwendende von LLMs aktiv tun können, um die bestehenden Risiken so weit wie möglich zu vermeiden. Vor diesem Hintergrund gibt dieser Artikel einen Überblick über die von LLMs ausgehenden Risiken und diskutiert, inwieweit diese durch die KI-Verordnung berücksichtigt werden und ob aktuelle Minderungsstrategien diese wirksam reduzieren. Das Ziel dieses Artikels ist es, die Aufmerksamkeit darauf zu lenken, dass ernsthafte Risiken, die von LLMs ausgehen, nicht ignoriert werden können.

Keywords: Large Language Models, ethische Risiken, Risikominderung, KI-Ethik, EU AI Act.

1 Einleitung

Im heutigen digitalen Zeitalter wird Künstliche Intelligenz (KI) (engl. Artificial Intelligence) in unserem Alltag und der Arbeitswelt immer wichtiger. Insbesondere LLMs wie ChatGPT von OpenAI (Achiam et al., 2022) und Llama von Meta AI (Touvron et al., 2023) erfreuen sich großer Beliebtheit. So wurde beispielsweise ChatGPT laut einer Umfrage des Marktforschungsinstituts Appinio GmbH im Jahr 2023 von 57,6 % der 1.300 Befragten in Deutschland mindestens einmal monatlich genutzt (Statista, 2023). Der Begriff LLM ist nicht einheitlich definiert. In Anlehnung an die Definitionen von Weidinger et al. (2022) werden hier unter LLMs neuronale Sprachmodelle verstanden, die sich durch eine hohe Anzahl von Parametern auszeichnen und auf einem umfangreichen Trainingskorpus vortrainiert werden, um statistische Eigenschaften der Sprache zu erlernen und probabilistische Vorhersagen über

natürlich sprachliche Sequenzen zu treffen. Solche LLMs sind heute vor allem als interaktive Chatbots populär (z.B. Achiam et al., 2022), werden aber beispielsweise auch zur Erzeugung von Datensätzen (Y. Li et al., 2023) oder zur Vervollständigung von Code (Husein et al., 2024) eingesetzt.

Die verstärkte Präsenz von LLMs, die selbst sensible Bereiche wie die Beratung psychisch instabiler Patienten auf Online-Plattformen (Psychiatrist, 2023) oder die Beweissuche im Rahmen der forensischen Datenanalyse (Pai et al., 2023) umfasst, wirft jedoch zunehmend ethische Fragen auf. Der Fall eines Anwalts, der ChatGPT nutzte, um Gerichtsdokumente zu erstellen, in die fiktive Urteile mit falschen Zitaten eingefügt wurden, ist nur ein Beispiel für die Gefahren, die sich aus der Nutzung von LLMs im beruflichen Alltag ergeben können (Maruf, 2023).

Angesichts der wachsenden Besorgnis über die Risiken von LLMs und KI im Allgemeinen hat der Rat der Europäischen Union am 21. Mai 2024 die Verordnung (EU) 2024/1689, bekannt als KI-Verordnung verabschiedet, das weltweit erste umfassende Gesetz zur Regulierung von KI. Dieses Gesetz nimmt eine risikobasierte Klassifizierung der verschiedenen Anwendungen von KI vor. Im Einzelnen werden bestimmte Anwendungen wie die Emotionserkennung oder Social Scoring verboten (European Commission, 2024). Zudem müssen Anbieter und Entwickler von KI in Hochrisikoszenarien, etwa im Gesundheits- oder Sicherheitsbereich, besondere Anforderungen erfüllen. Für sogenannte KI-Modelle mit allgemeinem Verwendungszweck, zu denen die meisten LLMs wie ChatGPT gehören, wurden gesonderte Transparenzpflichten eingeführt.

Es ist jedoch fraglich, ob alle Risiken, die von LLMs ausgehen, erkannt und adäquat reguliert wurden. Darüber hinaus ist es für einen verantwortungsvollen Umgang mit LLMs entscheidend zu wissen, mit welchen Strategien die bestehenden Risiken erfolgreich reduziert werden können. Der vorliegende Artikel greift beide Aspekte auf, indem er die mit LLMs verbundenen Gefahren und Risiken analysiert und gängige Lösungsstrategien kritisch diskutiert.

Der Artikel ist wie folgt aufgebaut: In Abschnitt 2 werden ethische Risiken, ihre Berücksichtigung im KI-Gesetz und Strategien zur Risikominderung beschrieben. Anschließend werden in Abschnitt 3 bestehende Probleme aufgezeigt und diskutiert. Die Arbeit schließt mit einer kurzen Zusammenfassung und dem Aufzeigen offener Forschungsfragen in Abschnitt 4.

2 LLMs: Zunehmende ethische Bedenken

In den folgenden Unterabschnitten werden jeweils ausgewählte, von LLMs ausgehende Risiken und Nachweise für diese beschrieben, bevor erläutert wird, inwiefern das ent-

sprechende Risiko durch die KI-Verordnung adressiert wird und wie es gemindert werden kann.

2.1 Soziale Stereotypen

Existierendes Risiko Zunächst einmal ergeben sich ethische Bedenken daraus, dass LLMs aus den Trainingsdaten schädliche Stereotypen über marginalisierte Gruppen lernen. So wurde in mehreren Forschungsstudien nachgewiesen, dass die generierten Texte Vorurteile und Diskriminierung gegenüber bestimmten (marginalisierten) Geschlechtern (z.B. Mitsunaga, 2023), Behinderungen und (psychische) Erkrankungen (Hutchinson et al., 2020), Ethnien (Guo et al., 2022), Nationalitäten (Zhu et al., 2024) und Religionen (Abid et al., 2021) enthalten können. Beispielsweise vervollständigte GPT-3 (T. Brown et al., 2020) in Experimenten von Abid et al. (2021) in 66 von 100 Fällen den harmlosen Text „Two Muslims walked into“ durch Begriffe im Zusammenhang mit Gewaltausübung oder Terrorismus. Zudem deuteten Experimente von Hutchinson et al. (2020) darauf hin, dass das maskierte Sprachmodell BERT dazu neigt, negative Wörter für einen maskierten Token im Satz vorherzusagen, wenn in diesem Behinderungen erwähnt werden. Die Generierung solcher voreingenommenen Texte durch LLMs und deren Verbreitung kann zu psychischen Schäden bei Lesern der betroffenen sozialen Gruppe führen und andere Leser in ihren bestehenden Vorurteilen bestärken (Bender et al., 2021).

Berücksichtigung durch die KI-Verordnung Die KI-Verordnung führt Vielfalt, Nichtdiskriminierung und Fairness als ethische Grundsätze auf, die gewährleistet werden müssen (KI-Verordnung, Erwägungsgrund 27). Verpflichtungen zur Vermeidung von Diskriminierung und Voreingenommenheit werden den Anbietern von LLMs jedoch nur in Bereichen mit hohem Risiko auferlegt. Insbesondere müssen Anbieter (beziehungsweise Entwickler) von Hochrisikosystemen prüfen, ob die ausgewählten Trainingsdaten Diskriminierung begünstigen und ggf. Gegenmaßnahmen ergreifen (KI-Verordnung, Art. 10(2)(f)(g)). Darüber hinaus muss sichergestellt werden, dass im Rahmen von Feedbackschleifen und der gerade bei LLMs üblichen Nutzerinteraktion (Ouyang et al., 2022) verzerrte Eingaben einen möglichst geringen Einfluss auf zukünftige Ausgaben des LLMs haben (EU AI Act, Art. 15(4)).

Es ist jedoch kritisch einzuwenden, dass in vielen Anwendungsbereichen von LLMs, die nicht als hoch riskant eingestuft wurden, die Reduktion von Vorurteilen nicht explizit gefordert wird. Beispielsweise wird von Lütz (2024) kritisiert, dass private Unternehmen vor dem Einsatz von KI zu Einstellungszwecken keine vollständige Folgenabschätzung durchführen müssen, obwohl die Minderung der geschlechtsspezifischen Diskriminierung gerade bei der Einstellung unerlässlich ist (KI-Verordnung, Art. 27). Für nicht als hochriskant eingestufte LLMs, die als KI-Modelle mit allgemeinem Verwendungszweck gelten, können zumindest Transparenzanforderungen wie die Veröffentlichung einer Zusammenfassung des Inhalts der Trainingsdaten helfen, besser zu beurteilen, ob diese Daten Stereotypen enthalten, die das LLM gelernt haben könnte (KI-Verordnung, Art. 53(1)(d)).

Strategien zur Risikominderung Eine offensichtliche Strategie zur Risikominderung besteht darin, das Vorhandensein voreingenommener Texte im Trainingsdatensatz so weit wie möglich zu reduzieren. Nach Bender (2021) sollte diese Bereinigung am Vortrainingsdatensatz durchgeführt werden, aber insbesondere auch am Datensatz zum Fine-Tuning für eine bestimmte Aufgabe, da Experimente gezeigt haben, dass von LLMs generierte Texte nach dem Fine-Tuning erneut diskriminierend sein können, selbst wenn das Problem unmittelbar nach dem Vortraining erfolgreich gelöst wurde (Steed et al., 2022).

Eine häufig angewendete Technik zur Reduzierung von Stereotypen im (Fine-Tuning-) Datensatz ist die Counterfactual Data Augmentation (CDA), bei der gruppenspezifische Begriffe in einigen der Trainingsinstanzen basierend auf Wörterbüchern ausgetauscht werden, beispielsweise „Vater“ durch „Mutter“ im Falle geschlechtsspezifischer Vorurteile (z.B. Dinan et al., 2020). In Experimenten wurde jedoch festgestellt, dass die CDA zu grammatikalisch inkorrekten Trainingsinstanzen führen und sogar neue Stereotypen hervorbringen kann. Lösungsansätze bestehen darin, die CDA auf dem Trainingsdatensatz eines LLMs mit Hilfe eines anderen, größeren LLM durchzuführen (Z. Chen et al., 2023) oder diesen durch das größere LLM vollständig künstlich erstellen zu lassen (Y. Li et al., 2023). Es sollte jedoch nicht vergessen werden, dass selbst fortgeschrittene LLMs wie (Achiam et al., 2022) GPT-4 nicht völlig frei von Stereotypen sind (Zhu et al., 2024).

Anstatt den Datensatz anzupassen, kann das Risiko auf algorithmischer Ebene adressiert werden, beispielsweise durch Anpassung der Loss-Funktion des LLMs (z.B. Guo et al., 2022). Jedoch kann diese Anpassung mit einer Minderung der Leistung des LLMs einhergehen. Darüber hinaus sind die bisher vorgestellten Ansätze nicht für Closed-Source-LLMs wie GPT-4 geeignet, die üblicherweise in einem Zero-Shot Szenario ohne Fine-Tuning auf eine neue Aufgabe angewendet werden und bei denen kein Zugriff auf die Modellparameter oder die Architektur des LLMs besteht, wie Oba et al. (2024) betonen. In diesem Fall kann Voreingenommenheit nur bei der Formulierung des Prompts adressiert werden (Oba et al., 2024) oder indem mehrere Texte für einen Prompt generiert werden, von denen der am wenigsten diskriminierende automatisch mithilfe eines Klassifikators ausgewählt wird (H. Lee et al., 2023). Die Robustheit dieser Strategien ist jedoch fraglich, da sie von der Leistungsfähigkeit des Klassifikators beziehungsweise der genauen Wortwahl bei der Formulierung der Prompts abhängen.

2.2 Leistungsunterschiede zwischen Sprachen und soziodemographischen Gruppen

Existierendes Risiko Ein weiteres Problem besteht darin, dass sich LLMs unfair verhalten können, was nach Hashimoto et al. (2018) bedeutet, dass sie nicht für alle

Sprachen und von Nutzern aus unterschiedlichen sozialen Gruppen als gleich nützlich empfunden werden.

Leistungsunterschiede zwischen verschiedenen Sprachen resultieren daraus, dass nicht-englische Texte in den meisten Trainingsdatensätzen von LLMs stark unterrepräsentiert sind (z.B. Jin et al., 2024). Dies ist insofern problematisch, als über 80% der Weltbevölkerung Englisch nicht als Erst- oder Zweitsprache sprechen (Ethnologue, 2024). Gerade im Gesundheitsbereich kann es fatale Folgen haben, dass GPT-3.5 bei nicht-englischen Fragen deutlich mehr falsche Antworten liefert (Jin et al., 2024).

Zudem wurden gruppenspezifische Ungleichheiten bei der Verwendung von LLMs für Klassifikationsaufgaben festgestellt (z.B. Brandl et al., 2024). Beispielsweise gab es bei der Vorhersage von Berufsbezeichnungen anhand von Biografien bei Frauen mehr Fehlklassifikationen als bei Männern.

Berücksichtigung durch die KI-Verordnung Spezifische Verpflichtungen zur Vermeidung von Leistungsunterschieden zwischen sozialen Gruppen gelten, analog zur Stereotypenproblematik nur für den Einsatz von LLMs in Hochrisikoszenarien. In diesem Fall müssen die Trainingsdaten ausreichend repräsentativ sein und geeignete statistische Eigenschaften für die Nutzer und Nutzergruppen des Modells aufweisen (KI-Verordnung, Art. 10(3)). Dies kann dahingehend interpretiert werden, dass die Texte in Bezug auf ein bestimmtes soziodemografisches Merkmal gleich verteilt sein sollten. So sollten zum Beispiel dem Training von LLMs für die Berufsklassifikation die Biographien von Frauen und Männern in allen Berufen gleichermaßen vertreten sein, um Leistungsunterschieden entgegenzuwirken (Brandl et al., 2024). Ansonsten fehlen jedoch konkrete Regelungen für einen gleichwertigen Nutzen von KI für verschiedene Gruppen und Sprachen.

Strategien zur Risikominderung Das Problem der sprachspezifischen Leistungsunterschiede wurde durch die Erstellung neuer Vortrainingsdatensätze mit einer ausreichenden Repräsentation von bis zu 100 Sprachen adressiert (z.B. Xue et al., 2021). Ein bestehendes Problem ist jedoch, dass für Sprachen, die nur von wenigen Menschen, oft aus marginalisierten Gruppen, gesprochen werden, selten ausreichend Web- oder digitalisierte Texte als Trainingsdaten zur Verfügung stehen (z.B. Weidinger et al., 2022).

Um Ungerechtigkeiten bei Klassifikationsaufgaben entgegenzuwirken, wurden spezielle Fine-Tuning-Strategien wie beispielsweise die Group Distributionally Robust Optimisation (GDRO) (Sagawa et al., 2020) vorgeschlagen oder der Fine-Tuning Datensatz adaptiert (Brandl et al., 2024). Bei der zweiten Möglichkeit werden Over- und Under-sampling-Strategien verwendet, um eine ausgewogene Repräsentation aller sozialen Gruppen in jeder Klasse sicherzustellen. Die Wirksamkeit der bestehenden Strategien zur Gewährleistung der Leistungsgerechtigkeit ist jedoch um-

stritten (z.B. Brandl et al., 2024). Darüber hinaus setzen die Strategien voraus, dass die soziodemographischen Merkmale (z.B. Alter, Geschlecht oder ethnische Zugehörigkeit) einer Person, die einen Text verfasst hat, bekannt sind, was wiederum Fragen der Privatsphäre aufwirft (z.B. Hansen et al., 2024).

2.3 Toxizität

Existierendes Risiko Darüber hinaus können von LLMs generierte Texte nicht nur diskriminierende Aussagen enthalten, sondern auch allgemein beleidigend oder hasserfüllt sein. So haben Gehman et al. (2020) experimentell gezeigt, dass LLMs wie GPT-3 selbst bei der Vervollständigung harmloser Sätze beleidigende Ausgaben erzeugen. Fortgeschrittene Modelle wie ChatGPT stellen vor allem dann ein Risiko dar, wenn sie in böswilliger Absicht eingesetzt werden, da sie durch Prompting-Strategien dazu verleitet werden können, große Mengen toxischer Inhalte zu produzieren (z.B. Wen et al., 2023).

Berücksichtigung durch die KI-Verordnung Die KI-Verordnung besagt nicht explizit, dass KI oder LLMs keine toxischen Inhalte produzieren dürfen. Nur die sogenannte Hassrede, d.h. Äußerungen, die Einzelpersonen oder Personengruppen aufgrund zugeschriebener Eigenschaften verunglimpfen oder angreifen (United Nations, 2019), fällt unter die oben genannten Anforderungen (EU-KI-Gesetz, Art. 10(2)(f)(g)), da sie als diskriminierende Sprache betrachtet werden kann. Andere Formen schädlicher Inhalte, wie vulgäre, unhöfliche Sprache oder Beleidigungen gegenüber Einzelpersonen ohne Bezug zu soziodemografischen Merkmalen, werden nicht berücksichtigt.

Strategien zur Risikominderung Es liegt nahe, dass LLMs toxische Sprache während ihres Pre-Trainings auf frei verfügbaren Webtexten lernen (z.B. Longpre et al., 2024). Beispielsweise haben Untersuchungen von Gehman (2020) ergeben, dass das GPT-2-Trainingskorpus OpenAI Web-Text (Radford et al., 2019) eine nicht unerhebliche Menge an beleidigenden Texten und Inhalte von gesperrten Webseiten enthält. Daher schlugen Longpre (2024) vor, die Datensätze vor dem Training automatisch unter Verwendung von Toxizitätsklassifikatoren zu filtern. Der Erfolg dieser Strategie hängt jedoch stark vom verwendeten Klassifikator ab. Noch gravierender ist die Tatsache, dass die Variabilität und generell die Qualität der Texte, die das LLM später generieren kann, unter einer zu rigorosen Filterung der Vortrainingsdaten leidet (Longpre et al., 2024). Eine mögliche Ursache liegt nach den Autoren darin, dass toxische Texte eine hohe inhaltliche und sprachliche Qualität aufweisen können, wie dies beispielsweise bei emotional stark aufgeladenen Romantexten der Fall ist.

Siegelmann (2024) empfehlen daher, das Toxizitätsproblem erst nach dem Pre-Training anzugehen, beispielsweise durch spezielle Fine-Tuning-Strategien oder sogenanntes

Domain Adaptive Pre-Training (DAPT) (Gehman et al., 2020). Unter Letzterem versteht man eine zweite, unüberwachte Trainingsphase des LLMs auf einem kleineren, nicht-toxischen (meist manuell gefilterten) Datensatz, die sicherstellt, dass das LLM die toxische Sprache durch das sogenannte Katastrophale Vergessen (engl. catastrophic forgetting) wieder verlernt.

Alternativ können algorithmische Anpassungen vorgenommen werden, um zu verhindern, dass das LLM toxische Inhalte erzeugt (z.B. Mehrabi et al., 2022). Eine gängige Strategie besteht darin, einen externen Klassifikator zu verwenden, um festzustellen, ob die erzeugte Ausgabe toxisch ist, und gegebenenfalls das LLM aufzufordern, den Text erneut zu generieren, bevor er dem Benutzer präsentiert wird. Jedoch ist diese Strategie wiederum abhängig von der Leistungsfähigkeit des Klassifikators.

Ein besonderes Risiko frei verfügbarer Toxizitätsdetektoren, die in der Regel auf maschinellem Lernen basieren, besteht darin, dass sie dazu neigen, Texte, die Erwähnungen von marginalisierten Gruppen enthalten oder in deren Dialekten geschrieben sind, eher als toxisch zu klassifizieren (z.B. Xu et al., 2021). Dies ist auf Verzerrungen in einer Vielzahl von Trainingsdatensätzen zurückzuführen (z.B. Dixon et al., 2018). Werden solche Klassifikatoren zur Filterung der Ausgabe verwendet, könnte dies dazu führen, dass LLMs davon abgehalten werden, Texte in Bezug auf Minderheiten zu generieren (Xu et al., 2021). Die Filterung der Trainingsdatensätze durch solche Klassifikatoren könnte Texte in Dialekten von Minderheiten entfernen, wodurch LLMs nicht mehr sinnvoll auf Prompts in diesen Dialekten reagieren können. Auch Reduktionsstrategien, die Beispiele nicht-toxischer Daten benötigen wie die DAPT, können von diesen Verzerrungen betroffen sein.

2.4 Fehlinformationen und Halluzinationen

Existierendes Risiko Ein Problem, das die Zuverlässigkeit von LLMs ernsthaft in Frage stellt, ist, dass die Informationen, die sie wiedergeben, falsch, ungenau oder veraltet sein können, und dass sie dazu neigen, zu halluzinieren. Dies bedeutet laut Ji et al. (2023), dass LLMs Inhalte erfinden, die von den tatsächlichen Fakten abweichen. Beispielsweise haben mehrere Experimente gezeigt, dass populäre LLMs, einschließlich ChatGPT, eine beträchtliche Anzahl falscher Antworten auf Fragen aus verschiedenen Bereichen wie Bildung und Finanzen liefern (z.B. J. Li et al., 2024).

Insbesondere die Generierung plausibel erscheinender, aber falscher Informationen in kritischen Bereichen wie Recht oder Medizin ist besorgniserregend (z.B. Hung et al., 2023), wozu beispielsweise auch das Stellen von falschen Diagnosen gehört (Daws, 2020). Darüber hinaus kann die Verbreitung von Falschinformationen durch LLMs den Ruf von Organisationen oder Einzelpersonen ernsthaft schädigen, wie die von ChatGPT erfundenen Behauptungen zeigen, dass ein amerikanischer Professor Stu-

dentinnen sexuell belästigt habe (Mansholt, 2023) oder dass ein australischer Bürgermeister wegen eines Bestechungs- und Korruptionsskandals inhaftiert worden sei (Spiegel Netzwelt, 2023).

Berücksichtigung durch die KI-Verordnung Wie bereits von Wachter et al. (2024) kritisiert wurde, adressiert die KI-Verordnung das Problem unzuverlässiger und falscher Informationen durch LLMs ausschließlich durch Transparenzanforderungen an KI-Modellen mit allgemeinem Verwendungszweck. Konkret soll erreicht werden, dass der Nutzer Informationen eher überprüft, indem er darauf hingewiesen wird, dass er mit einem KI-System interagiert (KI-Verordnung, Art. 50(1)) und dass ein bestimmter Text von einer KI, wie einem LLM, generiert wurde (KI-Verordnung, Art. 50(2)). Diese Verpflichtungen sind jedoch nur wirksam, wenn man davon ausgeht, dass Nutzer künstlich generiertem Text weniger vertrauen als menschlich generiertem Text.

Strategien zur Risikominderung Zunächst sollte sichergestellt werden, dass das LLM nicht bereits falsche Informationen aus dem Vortrainingsdatensatz lernt, indem diese Datensätze automatisiert auf möglichst zuverlässige Informationen reduziert werden. Dies umfasst beispielsweise das Up-Sampling faktenreicher Dokumente wie Wikipedia-Texte (Touvron et al., 2023) oder die Auswahl der glaubwürdigsten Texte durch ein weiteres LLM (L. Chen et al., 2024). Nach Zhang et al. (2023) ist es jedoch fraglich, ob automatisierte Strategien der Tatsache gerecht werden können, dass der Wahrheitsgehalt von Texten stark vom Kontext abhängig ist, wie beispielsweise vom Sprecher und der Zeit. Zudem ist gerade die Extraktion wahrheitsgetreuer Texte durch große LLMs wie ChatGPT bedenklich, da diese teilweise stärker zu Fehlinformationen neigen als kleinere Modelle (z.B. Lin et al., 2022).

Außerdem kann das Entfernen falscher Informationen aus dem Datensatz das LLM nicht daran hindern, neue Inhalte zu halluzinieren. Wie beispielsweise von Zhang et al. (2024) näher erläutert wird, ist eine wesentliche Ursache für das Halluzinationsproblem darin zu sehen, dass das LLM mit Aufgaben konfrontiert wird, die über das im Rahmen des Vortrainings erlernte Wissen hinausgehen. Daher wurde das sogenannte Honesty-Oriented Supervised Fine-Tuning vorgeschlagen, bei dem das LLM gezielt darauf trainiert wird, die Beantwortung von Fragen zu verweigern, die es wahrscheinlich nicht beantworten kann (z.B. H. Zhang et al., 2024). Alternativ wurde Reinforcement Learning eingesetzt, um das LLM für die Verweigerung von Antworten bei Wissenslücken zu belohnen (Liang et al., 2024) oder um es allgemein besser an die Bedürfnisse der Benutzer anzupassen, einschließlich der Wahrhaftigkeit der Ausgabe (Ouyang et al., 2022).

Auch diese Strategien sind jedoch nicht frei von Problemen. So kann Reinforcement Learning bewirken, dass das LLM auch Antworten verweigert, obwohl es sie eigentlich kennt, was die Nützlichkeit des LLMs beeinträchtigt (Ouyang et al., 2022). Darüber hinaus können Strategien, die

das LLM dazu veranlassen, Inhalte hauptsächlich auf der Grundlage seines gelernten und gespeicherten Wissens zu generieren, dazu führen, dass das LLM exakte Kopien von Sequenzen aus dem Trainingsdatensatz reproduziert (De Wynter et al., 2023). Dies hat zur Folge, dass die von einem LLM generierten Texte zwar weitgehend wahrheitsgetreu sind, Plagiatwerkzeuge jedoch eine höhere Übereinstimmung mit vorhandenen Texten aufzeigen. Darüber hinaus wirft die Wiederholung von (möglicherweise sensiblen) Inhalten aus dem Trainingsdatensatz die Frage auf, ob solche Strategien eine Verletzung der Privatsphäre wahrscheinlicher machen.

Eine weitere Möglichkeit, Halluzinationen zu reduzieren, ist die Wahl einer geeigneten Dekodierungsstrategie (z.B. N. Lee et al., 2022). Problematisch ist hier jedoch, dass erneut ein Trade-off zwischen dem Nutzen des LLM und der Vermeidung von Halluzinationen besteht. So sind es gerade Dekodierungsstrategien wie Top-P (Holtzman et al., 2020), die Halluzinationen begünstigen, aber auch qualitativ hochwertige Inhalte erzeugen und Wiederholungen vermeiden (z.B. N. Lee et al., 2022).

Schließlich kann das LLM aufgefordert werden, externe Informationen bei der Beantwortung von Fragen zu berücksichtigen (z.B. Sharma & Raman, 2024). Dazu werden mit Hilfe eines Retrieval-Systems relevante Dokumente aus einer Datenbank (Sharma & Raman, 2024) oder aus dem Web (J. Li et al., 2024) zu einem Prompt abgerufen und dem LLM präsentiert. Zhang et al. (2023) weisen jedoch darauf hin, dass der Erfolg dieser Strategie stark von der Korrektheit der zurückgegebenen Informationen abhängt, die insbesondere bei Webdaten nicht garantiert werden kann.

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass Strategien, die Halluzinationen zuverlässig reduzieren, ohne den Nutzen von LLMs zu schmälern, dringend benötigt werden.

2.5 Verletzung der Privatsphäre

Existierendes Risiko Wie bereits im vorigen Abschnitt erwähnt, besteht ein weiteres Risiko darin, dass LLMs sensible Informationen offenlegen, die sie aus den Trainingsdaten gelernt haben. So wurde festgestellt, dass LLMs unter anderem E-Mail-Adressen, Namen, Telefonnummern und physische Adressen preisgeben (z.B. Carlini et al., 2021) und zumindest in geringem Umfang auch klinische Informationen, die während des Vortrainings erworben wurden (Lehman et al., 2021). Insbesondere größere LLMs stellen eine Gefahr dar, da sie sich eher an gelernte Inhalte erinnern und sensible Informationen mit realen Personen verknüpfen können (Mitsunaga, 2023). Gelingt es Angreifern, mit Hilfe von LLMs sensible Daten zu extrahieren, kann dies Folgen wie Spam, aber auch Reputationsschäden oder psychologische Schäden haben, zum Beispiel durch die Offenlegung von Geschäftsgeheimnissen (Mitsunaga, 2023) oder Patientendaten (Lehman et al., 2021).

Berücksichtigung durch die KI-Verordnung Die KI-Verordnung verweist hinsichtlich des Schutzes personenbezogener Daten auf die Datenschutzgrundverordnung (DSGVO) (KI-Verordnung, Erwägungsgrund 10). Wie H. Zhang et al. (2024) näher erläutert, fallen nicht nur die Chatverläufe eines Nutzers mit einem LLM in den Anwendungsbereich der sogenannten Rechte der betroffenen Person, sondern auch personenbezogene Daten, die ein LLM aus dem Trainingsdatensatz gelernt und in seinen Modellparametern gespeichert hat. Beispielsweise können nach dem sogenannten Recht auf Löschung, auch bekannt als Recht auf Vergessenwerden, Nutzer beantragen, dass das LLM ihre personenbezogenen Daten vergisst (DSGVO, Art. 17). Wie im Folgenden erläutert, erweist sich die Umsetzung dieses Rechts als schwierig, insbesondere da die übliche Frist für die Datenlöschung nur einen Monat beträgt (Your Europe, 2022). Entwickler von LLMs versuchen, Ausnahmen von der Löschpflicht für die wissenschaftliche Forschung geltend zu machen (Weise et al., 2023), allerdings ist nach Zhang et al. (2024) fraglich, ob LLMs wie ChatGPT nicht auch kommerziellen Charakter haben.

Strategien zur Risikominderung Methoden zur Datenbereinigung werden häufig eingesetzt, um dem Risiko von Datenschutzverletzungen entgegenzuwirken (Kandpal et al., 2022). Beispielsweise schlugen Kandpal et al. (2022) vor, den Vortrainingsdatensatz zu deduplizieren, da LLMs eher mehrfach vorhandene Texte auswendig lernen, d.h. deren genauen Wortlaut wiedergeben. Carlini et al. (2021) stellten jedoch fest, dass es nicht ausgeschlossen ist, dass sich LLMs an Informationen erinnern, selbst wenn diese nur einmal im Vortrainingsdatensatz vorkamen.

Ein höherer Schutz sensibler Datenelementen kann erreicht werden, indem diese vollständig aus dem Vortraining- oder dem Fine-Tuning Datensatz entfernt (z.B. Johnson et al., 2016), anonymisiert (Gardiner et al., 2024) oder pseudonymisiert (z.B. Johnson et al., 2016) werden. Diese Strategien setzen jedoch voraus, dass die sensiblen Datenelemente zuverlässig identifiziert werden können (H. Brown et al., 2022). Häufig erfolgt die Identifizierung der zu schützenden Elemente auf Basis von Wörterbüchern und regulären Ausdrücken (z.B. Gardiner et al., 2024). Allerdings merken H. Brown et al. (2022) kritisch an, dass mit diesen Methoden nur Datenelemente gefunden und geschützt werden können, die einem bestimmten Format folgen, wie die Sozialversicherungsnummer. Auch wenn die Identifikation von Datenelementen durch maschinelle Lernmodelle erfolgt, wie z.B. bei Henderson et al. (2024), kann nur bedingt berücksichtigt werden, dass das Bedürfnis nach Privatsphäre stark vom Kontext wie der Plattform, auf der die Inhalte verbreitet werden, abhängt und zudem individuell ist.

Eine Alternative zur Datenbereinigung stellt die Anwendung von Differential-Privacy (DP)-Methoden während des Vortrainings (z.B. Wu et al., 2022) oder Fine-Tunings von LLMs dar (z.B. Shi et al., 2022). Diese Methoden ran-

domisieren den Trainingsalgorithmus, um sicherzustellen, dass das Vorhandensein einer einzelnen Trainingsinstanz in der Eingabe nicht probabilistisch aus der Ausgabe bestimmt werden kann (Shi et al., 2022). Obwohl Experimente zeigten, dass DP das LLM sicherer gegenüber Angriffen macht, die versuchen sensible Informationen zu erlangen, sollte nicht unerwähnt bleiben, dass unter diesem Ansatz die Leistung des LLMs und die Qualität der generierten Texte leidet. Als besonders problematisch ist hervorzuheben, dass je nach konkreter Umsetzung der DP die Leistungsminderung, Experimenten von Hansen et al. (2024) zufolge, hauptsächlich zu Lasten von Minderheitengruppen geht. Konkret wurde festgestellt, dass Texte, die von Personen aus marginalisierten Gruppen verfasst wurden, häufiger falsch klassifiziert wurden, wenn das LLM mit DP auf dem Klassifikationsdatensatz optimiert wurde. Schließlich ist die DP unzureichend, wenn die sensiblen Informationen einer Person nicht einer konkreten Dateninstanz zugeordnet werden können, beispielsweise wenn andere Personen die sensiblen Informationen einer Person verbreiten (H. Brown et al., 2022).

Daher bieten weder die Datenbereinigung noch die DP einen vollständigen Schutz sensibler Informationen. Um zu vermeiden, dass ein LLM jedes Mal neu trainiert werden muss, wenn bekannt wird, dass es bestimmte sensible Informationen preisgibt, kann Knowledge Unlearning angewendet werden (Jang et al., 2023). Dabei vergisst das LLM sensible Datenelemente durch Anpassung der Loss-Funktion. Diese Strategie lässt die Einhaltung von Löschfristen zumindest realistischer erscheinen. Um dem Missbrauch sensibler Informationen vorzubeugen, sollte vor der Veröffentlichung des LLMs die potenzielle Offenlegung sensibler Informationen ausgeschlossen werden.

3 Diskussion

Die obigen Beispiele zeigen, dass trotz des hohen Nutzens von LLMs ihre Risiken nicht unterschätzt werden dürfen. Dieser Tatsache wurde durch die Verabschiedung der KI-Verordnung durch die EU Rechnung getragen. Kritisch anzumerken ist, dass die Anforderungen an KI-Modelle mit allgemeinem Verwendungszweck, zu denen viele LLMs gehören, nicht auf deren spezifische Risiken zugeschnitten sind. Stattdessen konzentrieren sie sich auf Transparenz, während wenige konkretere Verpflichtungen zur Risikominderung nur für Hochrisikoszenarien gelten. Was die Risikominderung in der Praxis betrifft, so wurden zwar zahlreiche Strategien entwickelt, diese sind jedoch mit Problemen wie Leistungseinbußen verbunden, insbesondere zum Nachteil marginalisierter Gruppen (z.B. Wu et al., 2022). Eine wesentliche Ursache für die genannten Probleme ist in der oft unzureichenden Qualität der Vortrainingsdatensätze zu sehen, oder wie Birhane und Prabhu (2021, S. 1540) anmerken: „Feeding AI systems on the world’s beauty, ugliness and cruelty, but expecting it to reflect only the beauty is a fantasy“. Experimente von Zhou et al. (2024) zeigen, dass LLMs das meiste Wissen während

des Vortrainings und nicht während des anschließenden Fine-Tunings oder Reinforcement Learnings erwerben. Zukünftige Forschung sollte sich daher eher auf die Qualität statt Quantität der Trainingsdatensätze konzentrieren, wie es auch von Bender et al. (2021) fordern. Alternative Datenquellen zu den häufig verwendeten frei verfügbaren Webtexten sind ebenfalls wichtig, da diese von LLMs generierte Inhalte enthalten können. So schätzen Experten, dass im Jahr 2026 90 % aller Online-Inhalte künstlich erzeugt sein könnten (Europol, 2022). Alemohammad et al. (2024) warnen davor, dass neue LLMs dadurch schädliche Inhalte von bestehenden LLMs lernen und so deren Prävalenz steigt.

Die Analyse des Vortrainingsdatensatzes ist dementsprechend für die Risikoabschätzung von vortrainierten LLMs essenziell. Der Vortrainingsdatensatz von Closed-Source-Modellen wie ChatGPT ist jedoch nicht öffentlich verfügbar und es werden kaum Informationen zur Datenaufbereitung bereitgestellt (Liesenfeld & Dingemanse, 2024). Die Transparenzanforderungen der KI-Verordnung sollen diesem Problem entgegenwirken, wobei Anbieter von Closed-Source-Modellen strengeren Anforderungen unterliegen als Anbieter von Open-Source-Modellen (KI-Verordnung, Art. 53(1)(2)). Allerdings warnen Liesenfeld und Dingemanse (2024) vor sogenanntem Open Washing, d.h. dass Modelle, bei denen nur die Gewichte, nicht aber die Trainingsdaten öffentlich verfügbar sind, bewusst als Open Source bezeichnet werden. So könnten Anbieter Verpflichtungen wie die Bereitstellung einer technischen Dokumentation umgehen, die Angaben zu Bereinigungs- und Bias-Detection-Maßnahmen enthalten muss (KI-Verordnung, Art. 53(2)).

Ein weiteres Problem von Closed-Source-Modellen besteht schließlich darin, dass die meisten der beschriebenen Minderungsstrategien, die auf der Änderung oder Optimierung von Quellcode beruhen, wie die Anpassung von Dekodierverfahren (Guo et al., 2022) aufgrund fehlender Zugriffsrechte nicht anwendbar sind, was es schwierig macht, die ethischen Risiken bestehender populärer LLMs zu mindern.

4 Fazit

LLMs haben in den letzten Jahren an Popularität gewonnen, da sie in der Lage sind, in alltäglichen und beruflichen Situationen menschenähnlich zu kommunizieren und Texte zu generieren. Es darf jedoch nicht vergessen werden, dass sie auch ethische Risiken bergen und dass die derzeitigen Strategien zur Risikoreduktion den beschriebenen Phänomenen nur bedingt entgegenwirken können. Zudem werden nur für wenige dieser Risiken Minderungsstrategien in der neuen KI-Verordnung gefordert, die zudem nur in bestimmten, als hochriskant eingestuften Anwendungsbereichen greifen.

Vor diesem Hintergrund sollte die zukünftige Forschung vor allem den folgenden offenen Fragen besondere Aufmerksamkeit widmen:

- Welche anderen Datenquellen als öffentlich zugängliche Webtexte können genutzt werden, um ethische Risiken von vornherein zu minimieren?
- Können Prompting-Strategien entwickelt werden, die ausreichend effektiv sind, um die Risiken bestehender Closed-Source-Modelle zu reduzieren?
- Welche Strategien können entwickelt werden, um die ethischen Risiken von LLMs zuverlässig abzuschätzen, ohne dass der Vortrainingsdatensatz zur Verfügung steht?

Literaturverzeichnis

- Abid, A., Farooqi, M., & Zou, J. (2021). Persistent Anti-Muslim Bias in Large Language Models. *Proceedings of the 2021 AAAI/ACM Conference on AI, Ethics, and Society*, 298–306. <https://doi.org/10.1145/3461702.3462624>
- Achiam, J., Adler, S., Agarwal, S., Ahmad, L., Akkaya, I., Aleman, F. L., Almeida, D., Altschmidt, J., Altman, S., Anadkat, S., Avila, R., Babuschkin, I., Balaji, S., Balcom, V., Baltescu, P., Bao, H., Bavarian, M., Belgum, J., Bello, I., ... Zoph, B. (2022). *GPT-4 technical report* (S. 1–100). OpenAI. <https://arxiv.org/abs/2303.08774>
- Alemohammad, S., Casco-Rodriguez, J., Luzi, L., Humayun, A. I., Babaei, H., LeJeune, D., Siahkoohi, A., & Baraniuk, R. (2024). Self-Consuming Generative Models Go MAD. *Proceedings of the Twelfth International Conference on Learning Representations*, 1–9.
- Bender, E. M., Gebru, T., McMillan-Major, A., & Shmitchell, S. (2021). On the Dangers of Stochastic Parrots: Can Language Models Be Too Big? . *Proceedings of the 2021 ACM Conference on Fairness, Accountability, and Transparency*, 610–623. <https://doi.org/10.1145/3442188.3445922>
- Birhane, A., & Prabhu, V. U. (2021). Large image datasets: A pyrrhic win for computer vision? *Proceedings of the Winter Conference on Applications of Computer Vision*, 1536–1546. <https://doi.org/10.1109/WACV48630.2021.00158>
- Brandl, S., Bugliarello, E., & Chalkidis, I. (2024). On the Interplay between Fairness and Explainability. *Proceedings of the 4th Workshop on Trustworthy Natural Language Processing (TrustNLP)*, 94–108. <https://doi.org/10.18653/v1/2024.trustnlp-1.10>
- Brown, H., Lee, K., Mireshghallah, F., Shokri, R., & Tramèr, F. (2022). What does it mean for a language model to preserve privacy? *Proceedings of the 2022 ACM conference on fairness, accountability, and transparency*, 2280–2292. <https://doi.org/10.1145/3531146.3534642>
- Brown, T., Mann, B., Ryder, N., Subbiah, M., Kaplan, J., Dhariwal, P., Neelakantan, A., Shyam, P., Sastry, G., Askell, A., Agarwal, S., Herbert-Voss, A., Krueger, G., Henighan, T., Child, R., Ramesh, A., Ziegler, D. M., Wu, J., Winter, C., ... Amodei, D. (2020). *Language Models are Few-Shot Learners* (No. arXiv:2005.14165). arXiv. <http://arxiv.org/abs/2005.14165>
- Carlini, N., Tramèr, F., Wallace, E., Jagielski, M., Herbert-Voss, A., Lee, K., Roberts, A., Brown, T., Song, D., Erlingsson, Ú., Oprea, A., & Raffel, C. (2021). Extracting training data from large language models. *30th USENIX security symposium (USENIX security 21)*, 2633–2650. <https://www.usenix.org/conference/usenixsecurity21/presentation/carlini-extracting>
- Chen, L., Li, S., Yan, J., Wang, H., Gunaratna, K., Yadav, V., Tang, Z., Srinivasan, V., Zhou, T., Huang, H., & Jin, H. (2024). AlpaGasus: Training a Better Alpaca with Fewer Data. *Proceedings of the Twelfth International Conference on Learning Representations*, 1–31.
- Chen, Z., Gao, Q., Bosselut, A., Sabharwal, A., & Richardson, K. (2023). DISCO: Distilling Counterfactuals with Large Language Models. In A. Rogers, J. Boyd-Graber, & N. Okazaki (Hrsg.), *Proceedings of the 61st Annual Meeting of the Association for Computational Linguistics* (Bd. 1, S. 5514–5528). Association for Computational Linguistics. <https://doi.org/10.18653/v1/2023.acl-long.302>
- Daws, R. (2020, Oktober 28). *Medical chatbot using OpenAI's GPT-3 told a fake patient to kill themselves*. AI News. <https://www.artificialintelligence-news.com/news/medical-chatbot-openai-gpt3-patient-kill-themselves/>
- De Wynter, A., Wang, X., Sokolov, A., Gu, Q., & Chen, S.-Q. (2023). An Evaluation on Large Language Model Outputs: Discourse and Memorization. *Natural Language Processing Journal*, 4, 100024. <https://doi.org/10.1016/j.nlp.2023.100024>
- Dinan, E., Fan, A., Williams, A., Urbanek, J., Kiela, D., & Weston, J. (2020). Queens are Powerful too: Mitigating Gender Bias in Dialogue Generation. In B. Webber, T. Cohn, Y. He, & Y. Liu (Hrsg.), *Proceedings of the 2020 Conference on Empirical Methods in Natural Language Processing (EMNLP)* (S. 8173–8188). Association for Computational Linguistics. <https://doi.org/10.18653/v1/2020.emnlp-main.656>
- Dixon, L., Li, J., Sorensen, J., Thain, N., & Vasserman, L. (2018). Measuring and mitigating unintended bias in text classification. *Proceedings of the 2018 AAAI/ACM Conference on AI, Ethics, and Society (AIES '18)*, 67–73. <https://doi.org/10.1145/3278721.3278729>
- Ethnologue. (2024). *Anzahl der Sprecher (Muttersprache oder Zweitsprache) im Jahr 2024 (in Millionen) [Graph]*. Statista. <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/150407/umfrage/die-zehn-meistgesprochenen-sprachen-weltweit/>

- European Commission. (2024, Juli 30). *AI Act—Shaping Europe’s digital future*. European Commission - An Official Website of the European Union. <https://digital-strategy.ec.europa.eu/en/policies/regulatory-framework-ai>
- Europol. (2022). *Facing reality? – Law enforcement and the challenge of deepfakes – An observatory report from the Europol innovation lab* (S. 1–23). Publications Office of the European Union. <https://doi.org/doi/10.2813/08370>
- Gardiner, S., Habib, T., Humphreys, K., Azizi, M., Mailhot, F., Paling, A., Thomas, P., & Zhang, N. (2024). Data Anonymization for Privacy-Preserving Large Language Model Fine-Tuning on Call Transcripts. In E. Volodina, D. Alfter, S. Dobnik, T. Lindström Tiedemann, R. Muñoz Sánchez, M. I. Szawerna, & X.-S. Vu (Hrsg.), *Proceedings of the Workshop on Computational Approaches to Language Data Pseudonymization (CALD-pseudo 2024)* (S. 64–75). Association for Computational Linguistics. <https://aclanthology.org/2024.caldpseudo-1.8>
- Gehman, S., Gururangan, S., Sap, M., Choi, Y., & Smith, N. A. (2020). RealToxicityPrompts: Evaluating Neural Toxic Degeneration in Language Models. In T. Cohn, Y. He, & Y. Liu (Hrsg.), *Findings of the association for computational linguistics: EMNLP 2020* (S. 3356–3369). Association for Computational Linguistics. <https://doi.org/10.18653/v1/2020.findings-emnlp.301>
- Guo, Y., Yang, Y., & Abbasi, A. (2022). Auto-Debias: Debiasing Masked Language Models with Automated Biased Prompts. In S. Muresan, P. Nakov, & A. Villavicencio (Hrsg.), *Proceedings of the 60th Annual Meeting of the Association for Computational Linguistics* (Bd. 1, S. 1012–1023). Association for Computational Linguistics. <https://doi.org/10.18653/v1/2022.acl-long.72>
- Hansen, V., Neerkaje, A., Sawhney, R., Flek, L., & Søggaard, A. (2024). The Impact of Differential Privacy on Group Disparity Mitigation. *Findings of the Association for Computational Linguistics: NAACL 2024*, 3952–3965. <https://doi.org/10.18653/v1/2024.findings-naacl.249>
- Hashimoto, T., Srivastava, M., Namkoong, H., & Liang, P. (2018). Fairness Without Demographics in Repeated Loss Minimization. In J. Dy & A. Krause (Hrsg.), *Proceedings of the 35th International Conference on Machine Learning* (Bd. 80, S. 1929–1938). PMLR.
- Henderson, P., Krass, M. S., Zheng, L., Guha, N., Manning, C. D., Jurafsky, D., & Ho, D. E. (2024). Pile of Law: Learning Responsible Data Filtering from the Law and a 256GB Open-Source Legal Dataset. *Proceedings of the 36th International Conference on Neural Information Processing Systems*, 29217–29234.
- Holtzman, A., Buys, J., Du, L., Forbes, M., & Choi, Y. (2020). The Curious Case of Neural Text Degeneration. *Proceedings of the International Conference on Learning Representations (ICLR)*, 1–10.
- Hung, C.-C., Ben Rim, W., Frost, L., Bruckner, L., & Lawrence, C. (2023). Walking a Tightrope – Evaluating Large Language Models in High-Risk Domains. *Proceedings of the 1st GenBench Workshop on (Benchmarking) Generalisation in NLP*, 99–111. <https://doi.org/10.18653/v1/2023.genbench-1.8>
- Husein, R. A., Aburajouh, H., & Catal, C. (2024). Large Language Models for Code Completion: A Systematic Literature Review. *Computer Standards & Interfaces*, 92, 103917. <https://doi.org/10.1016/j.csi.2024.103917>
- Hutchinson, B., Prabhakaran, V., Denton, E., Webster, K., Zhong, Y., & Denuyl, S. (2020). Social Biases in NLP Models as Barriers for Persons with Disabilities. In D. Jurafsky, J. Chai, N. Schluter, & J. Tetreault (Hrsg.), *Proceedings of the 58th Annual Meeting of the Association for Computational Linguistics* (S. 5491–5501). Association for Computational Linguistics. <https://doi.org/10.18653/v1/2020.acl-main.487>
- Jang, J., Yoon, D., Yang, S., Cha, S., Lee, M., Logeswaran, L., & Seo, M. (2023). Knowledge Unlearning for Mitigating Privacy Risks in Language Models. *Proceedings of the 61st Annual Meeting of the Association for Computational Linguistics*, 1, 14389–14408. <https://doi.org/10.18653/v1/2023.acl-long.805>
- Ji, Z., Yu, T., Xu, Y., Lee, N., Ishii, E., & Fung, P. (2023). Towards Mitigating LLM Hallucination via Self Reflection. *Findings of the Association for Computational Linguistics: EMNLP 2023*, 1827–1843. <https://doi.org/10.18653/v1/2023.findings-emnlp.123>
- Jin, Y., Chandra, M., Verma, G., Hu, Y., De Choudhury, M., & Kumar, S. (2024). Better to Ask in English: Cross-Lingual Evaluation of Large Language Models for Healthcare Queries. *Proceedings of the ACM Web Conference*, 2627–2638. <https://doi.org/10.1145/3589334.3645643>
- Johnson, A. E. W., Pollard, T. J., Shen, L., Lehman, L. H., Feng, M., Ghassemi, M., Moody, B., Szolovits, P., Anthony Celi, L., & Mark, R. G. (2016). MIMIC-III, a freely accessible critical care database. *Scientific Data*, 3(1), 160035. <https://doi.org/10.1038/sdata.2016.35>
- Kandpal, N., Wallace, E., & Raffel, C. (2022). Deduplicating Training Data Mitigates Privacy Risks in Language Models. In K. Chaudhuri, S. Jegelka, L. Song, C. Szepesvari, G. Niu, & S. Sabato (Hrsg.), *Proceedings of the 39th International Conference on Machine Learning* (Bd. 162, S. 10697–10707). PMLR.

- Lee, H., Hong, S., Park, J., Kim, T., Kim, G., & Ha, J. (2023). KoSBI: A Dataset for Mitigating Social Bias Risks Towards Safer Large Language Model Applications. *Proceedings of the 61st Annual Meeting of the Association for Computational Linguistics*, 5, 208–224. <https://doi.org/10.18653/v1/2023.acl-industry.21>
- Lee, N., Ping, W., Xu, P., Patwary, M., Fung, P., Shoybi, M., & Catanzaro, B. (2022). Factuality Enhanced Language Models for Open-Ended Text Generation. *Proceedings of the 36th International Conference on Neural Information Processing Systems*, 35, 34586–34599.
- Lehman, E., Jain, S., Pichotta, K., Goldberg, Y., & Wallace, B. (2021). Does BERT pretrained on clinical notes reveal sensitive data? In K. Toutanova, A. Rumshisky, L. Zettlemoyer, D. Hakkani-Tur, I. Beltagy, S. Bethard, R. Cotterell, T. Chakraborty, & Y. Zhou (Hrsg.), *Proceedings of the 2021 conference of the north american chapter of the association for computational linguistics: Human language technologies* (S. 946–959). Association for Computational Linguistics. <https://doi.org/10.18653/v1/2021.naacl-main.73>
- Li, J., Chen, J., Ren, R., Cheng, X., Zhao, X., Nie, J.-Y., & Wen, J.-R. (2024). The dawn after the dark: An empirical study on factuality hallucination in large language models. In L.-W. Ku, A. Martins, & V. Srikumar (Hrsg.), *Proceedings of the 62nd annual meeting of the association for computational linguistics (volume 1: Long papers)* (S. 10879–10899). Association for Computational Linguistics. <https://aclanthology.org/2024.acl-long.586>
- Li, Y., Bubeck, S., Eldan, R., Del Giorno, A., Gunasekar, S., & Lee, Y. T. (2023). *Textbooks Are All You Need II: Phi-1.5 technical report* (Version 1). arXiv. <https://doi.org/10.48550/ARXIV.2309.05463>
- Liang, Y., Song, Z., Wang, H., & Zhang, J. (2024). Learning to trust your feelings: Leveraging self-awareness in LLMs for hallucination mitigation. In W. Yu, W. Shi, M. Yasunaga, M. Jiang, C. Zhu, H. Hajishirzi, L. Zettlemoyer, & Z. Zhang (Hrsg.), *Proceedings of the 3rd workshop on knowledge augmented methods for NLP* (S. 44–58). Association for Computational Linguistics. <https://aclanthology.org/2024.knowledgenlp-1.4>
- Liesenfeld, A., & Dingemanse, M. (2024). Rethinking open source generative AI: open-washing and the EU AI Act. *Proceedings of the 2024 ACM Conference on Fairness, Accountability, and Transparency*, 1774–1787. <https://doi.org/10.1145/3630106.3659005>
- Lin, S., Hilton, J., & Evans, O. (2022). TruthfulQA: Measuring how models mimic human falsehoods. In S. Muresan, P. Nakov, & A. Villavicencio (Hrsg.), *Proceedings of the 60th Annual Meeting of the Association for Computational Linguistics* (Bd. 1, S. 3214–3252). Association for Computational Linguistics. <https://doi.org/10.18653/v1/2022.acl-long.229>
- Longpre, S., Yauney, G., Reif, E., Lee, K., Roberts, A., Zoph, B., Zhou, D., Wei, J., Robinson, K., Mimno, D., & Ippolito, D. (2024). A Pretrainer’s Guide to Training Data: Measuring the Effects of Data Age, Domain Coverage, Quality, & Toxicity. In K. Duh, H. Gomez, & S. Bethard (Hrsg.), *Proceedings of the 2024 Conference of the North American Chapter of the Association for Computational Linguistics: Human Language Technologies* (S. 3245–3276). Association for Computational Linguistics. <https://doi.org/10.18653/v1/2024.naacl-long.179>
- Lütz, F. (2024). The AI Act, gender equality and non-discrimination: What role for the AI office? *ERA Forum*, 25(1), 79–95. <https://doi.org/10.1007/s12027-024-00785-w>
- Mansholt, M. (2023, April 6). ChatGPT erfindet einen Sex-Skandal – und macht einen echten Professor zum Täter. *Stern*. <https://www.stern.de/digital/online/chatgpt-erfindet-einen-sex-skandal---und-macht-einen-echten-professor-zum-taeter-33354438.html>
- Maruf, R. (2023). Lawyer apologizes for fake court citations from ChatGPT. *CNN Business*. <https://www.cnn.com/2023/05/27/business/chatgpt-avianca-mata-lawyers/index.html>
- Mehrabi, N., Beirami, A., Morstatter, F., & Galstyan, A. (2022). Robust Conversational Agents against Imperceptible Toxicity Triggers. In M. Carpuat, M.-C. de Marneffe, & I. V. Meza Ruiz (Hrsg.), *Proceedings of the 2022 Conference of the North American Chapter of the Association for Computational Linguistics: Human Language Technologies* (S. 2831–2847). Association for Computational Linguistics. <https://doi.org/10.18653/v1/2022.naacl-main.204>
- Mitsunaga, T. (2023). Heuristic Analysis for Security, Privacy and Bias of Text Generative AI: GhatGPT-3.5 case as of June 2023. *Proceedings of the International Conference on Computing (ICOCO)*, 301–305. <https://doi.org/10.1109/ICOCO59262.2023.10397858>
- Oba, D., Kaneko, M., & Bollegala, D. (2024). In-Contextual Gender Bias Suppression for Large Language Models. In Y. Graham & M. Purver (Hrsg.), *Findings of the Association for Computational Linguistics: EACL 2024* (S. 1722–1742). Association for Computational Linguistics. <https://aclanthology.org/2024.findings-eacl.121>
- Ouyang, L., Wu, J., Jiang, X., Almeida, D., Wainwright, C., Mishkin, P., Zhang, C., Agarwal, S., Slama, K., Ray, A., Schulman, J., Hilton, J., Kelton, F., Miller, L., Simens, M., Askell, A., Welinder, P., Christiano, P. F., Leike, J., & Lowe, R. (2022).

- Training language models to follow instructions with human feedback. In S. Koyejo, S. Mohamed, A. Agarwal, D. Belgrave, K. Cho, & A. Oh (Hrsg.), *Proceedings of the 36th Conference on Neural Information Processing Systems (NeurIPS 2022)* (Bd. 35, S. 27730–27744). Curran Associates, Inc. https://proceedings.neurips.cc/paper_files/paper/2022/file/b1efde53be364a73914f58805a001731-Paper-Conference.pdf
- Pai, S., Lahiri, S., Kumar, U., Bakshi, K., Soba, E., Suesserman, M., Pudota, N., Foster, J., Bowen, E., & Bhattacharya, S. (2023). Exploration of Open Large Language Models for eDiscovery. *Proceedings of the Natural Legal Language Processing Workshop 2023*, 166–177. <https://doi.org/10.18653/v1/2023.nllp-1.17>
- Psychiatrist. (2023, Januar 17). Hidden Use of ChatGPT in Online Mental Health Counseling Raises Ethical Concerns. *Psychiatrist.Com*. <https://www.psychiatrist.com/news/hidden-use-of-chatgpt-in-online-mental-health-counseling-raises-ethical-concerns/>
- Radford, A., Wu, J., Child, R., Luan, D., Amodei, D., & Sutskever, I. (2019). *Language Models are Unsupervised Multitask Learners*. <https://insightcivic.s3.us-east-1.amazonaws.com/language-models.pdf>
- Sagawa, S., Koh, P. W., Hashimoto, T. B., & Liang, P. (2020). Distributionally Robust Neural Networks for Group Shifts: On the Importance of Regularization for Worst-Case Generalization. *Proceedings of the International Conference on Learning Representations (ICLR)*, 1–19.
- Sharma, V., & Raman, V. (2024). A reliable knowledge processing framework for combustion science using foundation models. *Energy and AI*, 16, 100365. <https://doi.org/10.1016/j.egyai.2024.100365>
- Shi, W., Shea, R., Chen, S., Zhang, C., Jia, R., & Yu, Z. (2022). Just Fine-tune Twice: Selective Differential Privacy for Large Language Models. In Y. Goldberg, Z. Kozareva, & Y. Zhang (Hrsg.), *Proceedings of the 2022 Conference on Empirical Methods in Natural Language Processing* (S. 6327–6340). Association for Computational Linguistics. <https://doi.org/10.18653/v1/2022.emnlp-main.425>
- Sieglmann, R., Mehrabi, N., Goyal, P., Goyal, P., Bauer, L., Dhamala, J., Galstyan, A., Gupta, R., & Ghanadan, R. (2024). MICo: Preventative Detoxification of Large Language Models through Inhibition Control. *Findings of the Association for Computational Linguistics: NAACL 2024*, 1696–1703. <https://doi.org/10.18653/v1/2024.findings-naacl.110>
- Spiegel NetzWelt. (2023, April 5). ChatGPT: Bürgermeister will OpenAI wegen Verleumdung verklagen. *Der Spiegel*. <https://www.spiegel.de/netzwelt/web/chatgpt-buergermeister-will-openai-wegen-verleumdung-verklagen-a-c58a475c-2324-4494-97bb-f19e442e640b>
- Statista. (2023). *Generative Künstliche Intelligenz*. Statista. <https://de.statista.com/statistik/studie/id/146456/dokument/generative-ki/>
- Steed, R., Panda, S., Kobren, A., & Wick, M. (2022). Upstream Mitigation Is Not All You Need: Testing the Bias Transfer Hypothesis in Pre-Trained Language Models. *Proceedings of the 60th Annual Meeting of the Association for Computational Linguistics*, 1, 3524–3542. <https://doi.org/10.18653/v1/2022.acl-long.247>
- Touvron, H., Martin, L., Stone, K., Albert, P., Almahairi, A., Babaei, Y., Bashlykov, N., Batra, S., Bhargava, P., Bhosale, S., Bikel, D., Blecher, L., Ferrer, C. C., Chen, M., Cucurull, G., Esiobu, D., Fernandes, J., Fu, J., Fu, W., ... Scialom, T. (2023). *Llama 2: Open Foundation and Fine-Tuned Chat Models*. arXiv. <https://doi.org/10.48550/ARXIV.2307.09288>
- United Nations. (2019). *United Nations Strategy and Plan of Action on Hate Speech*. https://www.un.org/en/genocideprevention/documents/advising-and-mobilizing/Action_plan_on_hate_speech_EN.pdf
- Wachter, S., Mittelstadt, B., & Russell, C. (2024). Do large language models have a legal duty to tell the truth? *Royal Society Open Science*, 11(8), 240197. <https://doi.org/10.1098/rsos.240197>
- Weidinger, L., Uesato, J., Rauh, M., Griffin, C., Huang, P.-S., Mellor, J., Glaese, A., Cheng, M., Balle, B., Kasirzadeh, A., Biles, C., Brown, S., Kenton, Z., Hawkins, W., Stepleton, T., Birhane, A., Hendricks, L. A., Rimell, L., Isaac, W., ... Gabriel, I. (2022). Taxonomy of Risks posed by Language Models. *Proceedings of the Conference on Fairness, Accountability, and Transparency*, 214–229. <https://doi.org/10.1145/3531146.3533088>
- Weise, K., Metz, C., Grant, N., & Isaac, M. (2023, Dezember 5). Inside the A.I. Arms Race That Changed Silicon Valley Forever. *The New York Times*. <https://www.nytimes.com/2023/12/05/technology/ai-chatgpt-google-meta.html>
- Wen, J., Ke, P., Sun, H., Zhang, Z., Li, C., Bai, J., & Huang, M. (2023). Unveiling the Implicit Toxicity in Large Language Models. *Proceedings of the 2023 Conference on Empirical Methods in Natural Language Processing*, 1322–1338. <https://doi.org/10.18653/v1/2023.emnlp-main.84>
- Wu, X., Gong, L., & Xiong, D. (2022). Adaptive Differential Privacy for Language Model Training. *Proceedings of the First Workshop on Federated Learning for Natural Language Processing (FLNLP 2022)*, 21–26. <https://doi.org/10.18653/v1/2022.fl4nlp-1.3>

- Xu, A., Pathak, E., Wallace, E., Gururangan, S., Sap, M., & Klein, D. (2021). Detoxifying Language Models Risks Marginalizing Minority Voices. In K. Toutanova, A. Rumshisky, L. Zettlemoyer, D. Hakkani-Tur, I. Beltagy, S. Bethard, R. Cotterell, T. Chakraborty, & Y. Zhou (Hrsg.), *Proceedings of the 2021 Conference of the North American Chapter of the Association for Computational Linguistics: Human Language Technologies* (S. 2390–2397). Association for Computational Linguistics. <https://doi.org/10.18653/v1/2021.naacl-main.190>
- Xue, L., Constant, N., Roberts, A., Kale, M., Al-Rfou, R., Siddhant, A., Barua, A., & Raffel, C. (2021). mT5: A Massively Multilingual Pre-trained Text-to-Text Transformer. *Proceedings of the 2021 Conference of the North American Chapter of the Association for Computational Linguistics: Human Language Technologies*, 483–498. <https://doi.org/10.18653/v1/2021.naacl-main.41>
- Your Europe. (2022, Juli 6). *Data protection under GDPR*. https://europa.eu/youreurope/business/dealing-with-customers/data-protection/data-protection-gdpr/index_en.htm
- Zhang, D., Finckenberg-Broman, P., Hoang, T., Pan, S., Xing, Z., Staples, M., & Xu, X. (2024). Right to be forgotten in the Era of large language models: Implications, challenges, and solutions. *AI and Ethics*, 1–10. <https://doi.org/10.1007/s43681-024-00573-9>
- Zhang, H., Diao, S., Lin, Y., Fung, Y., Lian, Q., Wang, X., Chen, Y., Ji, H., & Zhang, T. (2024). R-Tuning: Instructing Large Language Models to Say ‘I Don’t Know’. *Proceedings of the 2024 Conference of the North American Chapter of the Association for Computational Linguistics: Human Language Technologies, 1*, 7113–7139. <https://doi.org/10.18653/v1/2024.naacl-long.394>
- Zhang, Y., Li, Y., Cui, L., Cai, D., Liu, L., Fu, T., Huang, X., Zhao, E., Zhang, Y., Chen, Y., Wang, L., Luu, A. T., Bi, W., Shi, F., & Shi, S. (2023). *Siren’s Song in the AI Ocean: A Survey on Hallucination in Large Language Models* (Version 2). arXiv. <https://doi.org/10.48550/ARXIV.2309.01219>
- Zhou, C., Liu, P., Xu, P., Iyer, S., Sun, J., Mao, Y., Ma, X., Efrat, A., Yu, P., Yu, L., Zhang, S., Ghosh, G., Lewis, M., Zettlemoyer, L., & Levy, O. (2024). LIMA: Less Is More for Alignment. *Proceedings of the 37th International Conference on Neural Information Processing Systems*, 55006–55021. <https://doi.org/10.5555/3666122.3668522>
- Zhu, S., Wang, W., & Liu, Y. (2024). Quite good, but not enough: Nationality bias in large language models—A case study of ChatGPT. In N. Calzolari, M.-Y. Kan, V. Hoste, A. Lenci, S. Sakti, & N. Xue (Hrsg.), *Proceedings of the 2024 joint international conference on computational linguistics, language resources and evaluation (LREC-*
- COLING 2024*) (S. 13489–13502). ELRA and ICCL. <https://aclanthology.org/2024.lrec-main.1180>

Chancen und Herausforderungen der digitalen Transformation in Anthropologie und Sammlungsarbeit

Symposien als Wegbereiter für interdisziplinäres Verständnis und Kollaboration

Marie Luise Heuschkel, Marleen Mohaupt, Fabian Schmiedel, Birgit Grosskopf, Dirk Labudde
Kontakt: Marie Luise Heuschkel, Hochschule Mittweida, marie.heuschkel@hs-mittweida.de

Zusammenfassung

Die Digitalisierung bietet nicht nur potentielle Lösungen für hartnäckig bestehende Probleme in der Anthropologie und Sammlungsarbeit, sondern ist eine unumgängliche Voraussetzung, um den zukünftigen Anforderungen an Datentransparenz gerecht zu werden. Gleichzeitig bringt sie spezifische Herausforderungen mit sich. Mehr als der bloße Einsatz technologischer Werkzeuge erfordert eine funktionierende Digitalisierung – im Sinne einer digitalen Transformation – die Anpassung von Methoden, Prozessen und Infrastrukturen. Dies kann nur durch eine mindestens interdisziplinäre Kollaboration verschiedener Disziplinen erfolgreich umgesetzt werden.

Die Grundlage für eine solche Zusammenarbeit muss aktiv geschaffen werden. Als ein konkretes Mittel dazu wird in diesem Beitrag das Symposium als spezifisches partizipatorisches Austauschformat vorgestellt, das gezielt den interdisziplinären Dialog fördern, Verständnis und Synergien zwischen Disziplinen ermöglichen und so die Basis für langfristige interdisziplinäre und transdisziplinäre Kollaboration legen kann.

Als Fallbeispiel dient das Symposium „Digital bis ins Mark?!“, das die Digitalisierung von Sammlungsmaterial – insbesondere Skelettmaterial – umfassend beleuchtete. Dabei wurden ethische, technische und logistische Aspekte aus den Perspektiven verschiedener Fachrichtungen wie Anthropologie, Archäologie, Forensik, Informatik sowie Objekt- und Sammlungswissenschaften diskutiert. Ein besonderer Schwerpunkt lag auf der praktischen Anwendung digitaler Technologien für Dokumentation, Forschung und Präsentation. Das Symposium führte zu einem vertieften Diskurs über den digitalen Wandel und zu konkreten Ansätzen für die nachhaltige Integration digitaler Technologien in die wissenschaftliche Praxis. Damit ein Symposium wie dieses nachhaltig wirken kann, bedarf es einer langfristigen Verankerung des interdisziplinären Austauschs und der kontinuierlichen Weiterentwicklung der identifizierten Ansätze. Dafür ist auch eine effektive Verbreitungsstrategie erforderlich, um die Ergebnisse in die Wissenschaftsgemeinde zu tragen.

Keywords: Human Skeletal Remains, Scientific Collections, Curation, Digital Transformation, Interdisciplinary Networking, Anthropology, Interdisciplinarity, Transdisciplinarity, Scientific Transfer.

1 Einführung

1.1 Erfordernis eines Wandels zur Digitalisierung in der anthropologischen Skelettforschung

Ein Schwerpunkt der Anthropologie in Deutschland liegt auf der Untersuchung menschlichen Skelettmaterials aus Skelettsammlungen und Serien (Grupe et al., 2015). Diese Forschung an Skelettsammlungen bietet wertvolle Erkenntnisse für wissenschaftliche Fragestellungen, die von naturwissenschaftlichen bis hin zu kulturhistorischen Themen reichen. Sie trägt dazu bei, sowohl die Vergangenheit als auch die Gegenwart besser zu verstehen und biologische Informationen sowie geschichtliche, kulturelle als auch soziale Zusammenhänge zu rekonstruieren (Heuschkel et al., 2024).

Allerdings sieht sich die Praxis mit erheblichen Herausforderungen konfrontiert, wie etwa Materialverlust, unzureichender Erschließung, beschränktem Zugang sowie im Wesentlichen einem Mangel an etablierten Standards für die Datenvereinheitlichung und Dokumentation (Heuschkel et al., 2021). Besonders betroffen sind Sammlungen und Serien mit Skelettmaterial, die aufgrund lückenhafter Dokumentation sowie mangelnder personeller und finanzieller Ressourcen unsicher im Umgang sind. Dies führt häufig zur Abkapselung, anstatt zu der dringend notwendigen wissenschaftlichen, ethischen, dokumentarischen und jeder weiteren Form der Aufarbeitung (Heuschkel et al., 2020).

Dabei kann der Untersuchungsgegenstand, das Knochenmaterial, nur so gut ausgewertet werden, wie auch der Kontext erschlossen werden kann. Das Lesen der Spuren an den Knochen ist nur in Nuancen möglich, weshalb eine umfassende Kontextualisierung unerlässlich ist (Heuschkel et al., 2021; Heuschkel et al., 2024). Aspekte wie der Erhaltungszustand und eine nachvollziehbare Dokumentation spielen dabei eine grundlegende Rolle. In dieser Situation gestaltet sich ein effizientes Forschungsdatenmanagement als besonders schwierig umzusetzen (Heuschkel et al., 2024).

Diese Herausforderungen bestehen hartnäckig fort (Heuschkel et al., 2020). Sie nehmen sogar weiter an Komplexität zu, da die Klärung des Erwerbskontexts und der Herkunftsgeschichte von Sammlungen, die Einhaltung ethischer Standards (Lechner, 2021a) sowie Forderungen nach Restitution und Repatriierung zunehmend an Bedeutung gewinnen (Heuschkel et al., 2020).

Moderne Digitalisierungs- und Informationstechnologien eröffnen effiziente Wege, diese Herausforderungen nachhaltig zu bewältigen (Heuschkel et al., 2024). Im Umgang mit Forschungsdaten bergen sie ein enormes Potenzial,

das die Möglichkeiten analoger Methoden deutlich übersteigt (ibid.). Durch digitale Werkzeuge können Daten effizienter erfasst, analysiert und vernetzt werden, wodurch die Qualität der anthropologischen Forschung erheblich gesteigert werden kann (Heuschkel et al, 2020). Die Digitalisierung des Skelettmaterials ist zudem entscheidend, da sie nicht nur die Verfügbarmachung ermöglicht, sondern auch ein wichtiges Instrument zur Erforschung der Provenienz darstellt (Heuschkel et al, 2021).

Der Einsatz digitaler Werkzeuge zeigt sich bereits im Teilgebiet "Virtual Anthropology", einem multidisziplinären Ansatz zur Untersuchung von 3D-Darstellungen anatomischer Daten hominider Spezies (Weber, 2015). In diesem Beitrag wird Digitalisierung jedoch weiter gefasst betrachtet, und geht über die reine Untersuchung hinaus. Der Begriff umfasst sowohl die Rahmenbedingungen als auch die notwendigen Infrastrukturen für die Forschung. Der Schwerpunkt liegt folglich auf allen Aspekten der Erfassung, Verwaltung und Analyse von Datenmengen, da ein effektives Datenmanagement entscheidend für den Fortschritt in der interdisziplinären Forschung ist (Heuschkel et al, 2024).

1.2 Anwendungsbeispiele für den Einsatz von Digitalisierung in der Anthropologie und der Forschung an Sammlungen und -serien

1.2.1 AnthroWorks 3D und die Digitalisierung der Skelettserie Rödelheim

Ein Beispiel für den zielführenden Einsatz der Digitalisierung in der anthropologischen Forschung ist das Projekt, welches zur Entwicklung von AnthroWorks3D führte (Heuschkel et al, 2020).

Im Jahr 2016 begann das Anthropologische Institut mit der Erforschung einer Sammlung von 204 Skeletten von Soldaten der napoleonischen Armee, die 1813 im Zuge einer Typhusepidemie im heutigen Frankfurt-Rödelheim starben (Flux, 2023). Dieses Skelettkollektiv ist aufgrund seiner demografischen Zusammensetzung - männliche Individuen verschiedener geografischer Herkunft - und ihres guten Erhaltungszustands von großem wissenschaftlichem Wert (Flux, 2023). Die geplante Wiederbestattung der Skelette im Jahr 2022 gefährdete jedoch die weitere Forschung. Eine Lösung zur Bewahrung der Daten stellte die Digitalisierung der Überreste dar (Heuschkel et al, 2020). Diese wurde in einem interdisziplinären Forschungsprojekt zwischen dem Johann Friedrich Blumenbach-Institut für Zoologie und Anthropologie der Universität Göttingen und dem Forensic Science Investigation Lab (FoSIL) der Hochschule Mittweida realisiert. Mithilfe von Know-how aus der Videospielentwicklung zielte das Projekt darauf ab, hochauflösende 3D-Modelle der Skelette zu erstellen und eine anwendungsfreundliche Software zu entwickeln, die die Analyse und Annotation der Modelle mit anthropologischen Methoden ermöglicht (ibid.). So entstand AnthroWorks3D, ein Tool, das eine Photogrammetrie-Pipeline zur Generierung hochauflösender 3D-Modelle sowie eine Softwareanwendung umfasst, mit der diese Modelle osteometrisch und morphologisch analysiert und annotiert werden können (Fritzsche et al., 2021a).

Das Projekt bot zahlreiche Anknüpfungspunkte zur weiteren Ausrichtung. Es wurde jedoch deutlich, dass eine kontinuierliche Weiterentwicklung mehr Ressourcen und eine fachlich vielfältigere Expertise erfordern würde, als zur Verfügung stand. Diese Herausforderungen sind nicht einzigartig für AnthroWorks3D, sondern betreffen viele ähnliche Projekte, die häufig auf institutionelle Grenzen stoßen oder aufgrund fehlender Mittel für eine kontinuierliche Wartung stagnieren. AnthroWorks3D fügt sich in eine Reihe bereits existierender Entwicklungen und Projekte ein, die trotz ähnlicher Ausrichtung unterschiedliche Herangehensweisen und Schwerpunkte aufweisen.

Die langfristige Weiterentwicklung solcher Projekte erfordert daher eine gezielte Bündelung von Expertise aus unterschiedlichen Disziplinen. Eine interdisziplinäre oder sogar transdisziplinäre Zusammenarbeit ist entscheidend, um digitale Transformationsprozesse erfolgreich zu gestalten und langfristige Nachhaltigkeit sicherzustellen. Die Komplexität der Projekte und die Vielzahl an Herausforderungen können nur durch einen gemeinsamen Ansatz überwunden werden, der den Austausch zwischen Fachbereichen fördert und die Ressourcen gezielt einsetzt.

1.2.2 Datentransparenz als Imperativ zukünftiger Forschung

Die rasanten Entwicklungen in der Informationstechnologie haben zu einem Wandel im Forschungsprozess geführt, bei dem die effektive Nutzung von Daten im Mittelpunkt steht. Die zunehmende Bedeutung digitaler Forschung setzt neue Standards in der wissenschaftlichen Kommunikation (Palmer & Fenlon, 2017). Offener Zugang zu Publikationen, Daten und methodischen Vorgehensweisen wird immer mehr zur Norm, was die Art und Weise, wie Forschung durchgeführt und geteilt wird, grundlegend verändert (ibid.). Dies erfordert die Entwicklung bzw. den Einsatz geeigneter technischer Infrastrukturen gemäß den Prinzipien guter wissenschaftlicher Praxis, die den offenen Austausch fördern und gleichzeitig die Rechte der beteiligten Personen wahren.

Digitalisierung bedeutet demnach die digitale Transformation einer Disziplin. Deren Umsetzung wird nur in einem mindestens interdisziplinären Rahmen erst möglich.

1.3 Essenz, Bedeutung und Notwendigkeit von Interdisziplinarität und Transdisziplinarität

Eine Disziplin umfasst nicht nur einen spezifischen Forschungsgegenstand sowie die theoretischen und methodischen Werkzeuge zu dessen Untersuchung (Lawrence, 2010). Sie ist auch ein Interaktionsfeld von Menschen und zeichnet sich durch eine eigene Kultur und Sprache aus (Lawrence, 2010; Rousseau et al., 2019). Diese kulturellen und sprachlichen Elemente entwickeln sich im Zusammenspiel von Interessen, Zielen und Fragestellungen (Pohl et al., 2017).

Inter- und Transdisziplinarität als Forschungsansätze entziehen sich einer einheitlichen Definition (Lawrence, 2010). Sie unterliegen vielmehr einem kontinuierlichen Wandel (Klein, 2017), da sie stark von den jeweiligen Zielen, Problemen und Anwendungsfeldern abhängen, welche

den Grad und die Form der fachübergreifenden Zusammenarbeit bestimmen. Weitgehend Einigkeit besteht darüber, dass Interdisziplinarität mit der Integration von Wissen und Methoden verschiedener Disziplinen beginnt (Lawrence, 2010). Am anderen Ende des Kontinuums steht die Transdisziplinarität, die sich durch das Bearbeiten besonders komplexer und heterogener Fragestellungen, welche die gesamte Gesellschaft betreffen, sowie durch die Einbindung diesbezüglich Handelnder und gesellschaftlicher Interessengruppen auszeichnet (Lawrence, 2010; Pohl et al., 2017). Der Unterschied zwischen beiden Ansätzen liegt in der graduellen Zunahme der Komplexität und Reichweite der behandelten Frage- und Problemstellungen sowie der verstärkten Einbeziehung Agierender.

Bereits die Interdisziplinarität ist somit mehr als die bloße Summe ihrer Teile. Sie bedeutet nicht nur die Beteiligung mehrerer Disziplinen, sondern setzt bereits das Überschreiten disziplinärer Grenzen voraus. Beide Ansätze, Inter- und Transdisziplinarität, erfordern die Schaffung einer gemeinsamen Grundlage, auf der die beteiligten Disziplinen zusammenarbeiten können. Dies umfasst das gegenseitige Verständnis der disziplinspezifischen Elemente sowie deren Übersetzung und Koordination im neuen Kontext – sowohl fachlich als auch in der jeweiligen Situation. Ziel ist es, ein neues gemeinsames Rahmenwerk zu schaffen, das die Beteiligten befähigt, sich in der Sprache eines breiteren Spektrums von Disziplinen zu verständigen (Bammer, 2017; Lawrence, 2010).

Dieser Prozess wird von Interpretationen, Wahrnehmungen, sozialen Dynamiken, strukturellen Gegebenheiten und allgemeinen Rahmenbedingungen geprägt, die im Kollaborationsprozess (Kozar, 2010) thematisiert und verstanden werden müssen (Boix Mansilla et al., 2016). Es handelt sich um einen bewusst gesteuerten, menschenzentrierten Prozess, der keineswegs automatisch abläuft. Es wird sogar argumentiert, dass es einer eigenen Disziplin bedarf, um inter- und transdisziplinäre Zusammenarbeit effektiv zu ermöglichen (Bammer, 2017; Hall et al., 2017). Diese Art der Forschung erfordert mehr Ressourcen, Zeit und Aufwand als einzel- oder multidisziplinäre Ansätze (s. 1.3.1), bietet jedoch auch ein größeres Innovationspotenzial und die Möglichkeit zu einem ganzheitlichen Erkenntnisgewinn. Der kontinuierliche Austausch und Wissenstransfer bilden die Grundlage für erfolgreiche inter- und transdisziplinäre Forschung. Besonders in den initialen Phasen sind diese Elemente zentrale Werkzeuge: zur Identifizierung eines gemeinsamen Forschungsgegenstandes, zur Bildung eines Forschungsrahmens, zur Schaffung von Synergien und zur Konzeption von Forschungsvorhaben (Pohl et al., 2017).

1.3.1 Praktische Herausforderungen der Interdisziplinarität

Interdisziplinäre Forschung steht vor erheblichen praktischen Herausforderungen, die oftmals aus den bestehenden Strukturen der Wissenschaft selbst resultieren. Da Einzelwissenschaften historisch zuerst etabliert wurden, muss sich die Interdisziplinarität nachträglich ihren Weg durch das vorherrschende, weitgehend monodisziplinär organisierte System bahnen. Interdisziplinarität als Phänomen wird zwar hochgehalten (Leahey, 2018), das Verständnis

der vollen Bedeutung und die Umsetzung (Cumming & Wong, 2012) ist in der Praxis noch immer nicht ausreichend gegeben. Dies führt zu Hürden und Kosten für interdisziplinär Forschende (.). Die Konsequenz ist immer ein erhöhter Aufwand an Zeit und Ressourcen für die Forschenden sowie eine Minderung der Produktivität (ibid.). Nähe und Distanz (Rousseau et al., 2019; Siedlok & Hibbert, 2014) zwischen den beteiligten Disziplinen wirken sich maßgeblich auf die interdisziplinäre Praxis aus, wobei kognitive Unterschiede eine besonders wichtige Rolle spielen (Boix Mansilla et al., 2016; Leahey, 2018; Rousseau et al., 2019). Die Kosten und Hürden steigen, und damit sinken die Erfolgsaussichten wie auch die Würdigung (Yegros-Yegros et al., 2015) in der Wissenschaftsgemeinde, je größer die kognitiven Unterschiede zwischen den Fachwelten sind. Dies betrifft sowohl den direkten Forschungsgegenstand als auch den gesamten fachlichen Kontext - sei es sozial, strukturell oder prozessbezogen (Rousseau et al., 2019).

Das Überbrücken der Unterschiede ist kognitiv fordernd und braucht dementsprechend mehr Zeit (Leahey, 2018) sowie kontinuierlichen Einsatz durch aktives Lernen über ein oberflächliches Engagement zu gehen, auch wenn dies nicht automatisch erwidert wird (Rousseau et al., 2019). Mit der kognitiven Distanz einher geht oft der Mangel an Unterstützung, da Gleichgesinnte fehlen. Auch müssen interdisziplinär Forschende ihre Arbeit immer wieder als legitim und relevant darstellen (Leahey, 2018), weil eine gemeinsame Grundlage oft nicht vorhanden ist (Burggren et al., 2017).

Zusätzliche Herausforderungen umfassen die erheblichen Investitionen für den Aufbau und die Aufrechterhaltung eines interdisziplinären Teams (Rousseau et al., 2019).

1.3.2 Institutionelle und wissenschaftliche Rahmenbedingungen

Um interdisziplinäre Forschung nachhaltig zu fördern, müssen auch die institutionellen Strukturen (Leahey, 2018; Pfirman & Martin, 2017; Rousseau et al., 2019; Siedlok & Hibbert, 2014), die Peer-Review-Prozesse und die Vergabemechanismen für Fördermittel gezielt auf diese Art der Zusammenarbeit ausgerichtet werden. Dies bedeutet, dass nicht nur die Projektbeteiligten ein tiefes, wechselseitiges Verständnis für die jeweils andere Disziplin sowie deren Kontext entwickeln, sondern auch Entscheidungstragende in den Bereichen der Fördermittelvergabe und Publikation (Zhang & Wang, 2024) ein solches Verständnis benötigen. Oft sind in Institutionen strukturelle Barrieren vorhanden, die disziplinäre Forschung begünstigen und interdisziplinäre Ansätze behindern (Leahey, 2018; Rousseau et al., 2019).

Besonders die Begutachtung interdisziplinärer Forschungsanträge und Publikationen erfordert spezifische Expertise, um eine fundierte Bewertung sicherzustellen und Vorurteile gegenüber nicht-traditionellen Ansätzen zu vermeiden. Da interdisziplinäre Forschung tendenziell eine geringere Publikationsrate (Zhang & Wang, 2024), jedoch – wenn auch abhängig von der kognitiven Distanz zwischen den Disziplinen (Yegros-Yegros et al., 2015) - höhere Zitationszahlen aufweist, braucht es eine Anpassung der

Bewertungskriterien, um dem wissenschaftlichen Wert angemessene Rechnung zu tragen.

Kommunikation und Austausch bilden daher eine der wesentlichen Säulen erfolgreicher interdisziplinärer Zusammenarbeit. Sie ermöglichen es den Beteiligten, ihre unterschiedlichen Perspektiven, Methoden und Denkweisen nicht nur zu teilen, sondern auch ein tiefgreifendes Verständnis füreinander zu entwickeln.

1.3.3 Digitale Transformation als komplexes Problem

Die Digitalisierung von Disziplinen bedeutet mehr als nur den Einsatz digitaler Technologien. Es geht darum, digitale Methoden für den neuen Anwendungskontext kompatibel zu machen und sie in diesem Sinne zu kombinieren, anzupassen oder neu auszurichten. Diese Prozesse sind äußerst komplex und erfordern daher mindestens eine interdisziplinäre Zusammenarbeit (Schmitt et al., 2023).

Eine grundlegende Schwierigkeit liegt darin, dass diese Verständnisgrundlage oft unterschätzt (Burggren et al., 2017) und Digitalisierung generell als rein technischer Prozess missverstanden wird. Tatsächlich bedeutet hier Integration eine Übersetzung von Methoden und Inhalten in einen neuen Rahmen, beispielsweise die Adaption einer Methode auf ein anderes Objekt oder mit einer Zielstellung, für die sie ursprünglich nicht konzipiert wurde. Um wissenschaftliche Methoden erfolgreich in neuen Kontexten anzuwenden, muss man sowohl die spezifischen Anforderungen der Methode als auch die Besonderheiten des neuen Anwendungsbereichs verstehen, um sinnvolle Verbindungen zu schaffen oder erforderliche Zusätze oder Anpassungen zu erkennen (Heuschkel & Labudde, 2024).

Damit bestätigt sich der in Kapitel 1.2.1 angeführte transformative Charakter der Digitalisierung.

Eine der größten Herausforderungen bei der Förderung interdisziplinärer Zusammenarbeit besteht in der Notwendigkeit, gemeinsame kognitive und emotional-interaktionale Strukturen zu schaffen, die es ermöglichen, über Disziplinengrenzen hinweg zu kommunizieren, verschiedene Perspektiven effektiv zu integrieren und so synergetische Effekte zu erzielen, die ohne echte Inter- oder Transdisziplinarität nicht erreicht werden können. Studien zu erfolgreichen interdisziplinären Netzwerken (Mansilla et al., 2015) zeigen, dass solche Rahmenwerke, die das gegenseitige Verständnis und den Respekt fördern, entscheidend sind, um Widerstände zu überwinden und die Zusammenarbeit zu intensivieren (Flowers, 2018). Diese gemeinsamen Strukturen sind besonders wichtig, wenn es darum geht komplexe Probleme wie die Integration der Digitalisierung in der Anthropologie anzugehen, die eine koordinierte, interdisziplinäre Herangehensweise erfordern.

1.4 Symposien als Instrument in der inter- und transdisziplinären Forschung

Partizipatorische Formate im Allgemeinen und Symposien als kleinere, auf ein bestimmtes Thema fokussierte Konferenzen (Hornby, 2003) im Besonderen spielen eine zentrale Rolle in der inter- und transdisziplinären Forschung, weil sie ein effektives Mittel darstellen, um den interdisziplinären Dialog zu fördern (Kalmár & Stenfert, 2020). Sie schaffen eine wirksame Plattform, auf der verschiedene

Disziplinen zusammenkommen, um offen zu diskutieren. Durch den direkten Dialog können Herausforderungen identifiziert, Missverständnisse vermieden, sowie ein durchdringendes Verständnis der unterschiedlichen Ansätze gefördert und eine gemeinsame Basis für künftige Zusammenarbeit geschaffen werden (Hein et al., 2018). Neben der Vernetzung dienen sie dem Austausch von Wissen, Methoden und Perspektiven und insbesondere Erfahrungen aus der täglichen Praxis oder mit den vorherrschenden Rahmenbedingungen, die in traditionellen Publikationen oft nur unzureichend dargestellt werden. Besonders in Bereichen wie der Digitalisierung von Skelettsammlungen und anthropologischen Daten, bei denen Anthropologie, Informatik und Sammlungswissenschaften zusammenarbeiten, sind solche Veranstaltungen aufgrund ihres partizipativen Ansatzes unverzichtbar. Neben der Einbeziehung vielfältiger Perspektiven bieten Symposien die Möglichkeit, nicht allein positive Ergebnisse und Best Practices, sondern auch Herausforderungen und unerwartete Schwierigkeiten zu thematisieren, und darüber hinaus offen zu diskutieren. Dies ermöglicht es, Lehren zu ziehen, tatsächliche Bedarfe zu erkennen und Potenziale auszuschöpfen. Symposien fördern so nicht nur das gegenseitige Verständnis für andere Disziplinen, sondern auch für den jeweilig geltenden Kontext einer Disziplin, die Forschungsfragen, etc. Auf diese Weise helfen sie, Ressourcen effizienter zu nutzen und Synergien zu schaffen.

2 Das Symposium „Digital bis ins Mark?!“ als Fallbeispiel

2.1 Zum Kontext des Symposiums „Digital bis ins Mark?!“

Vor dem oben dargestellten Hintergrund ist das Symposium „Digital bis ins Mark?!“ (Labudde & Grosskopf, 2021) als Fallbeispiel zu sehen. 2021 von der Forschungsgruppe FoSIL der Hochschule Mittweida und der Forschungsgruppe der Historischen Anthropologie und Humanökologie der Universität Göttingen veranstaltet, thematisierte es die Digitalisierung von Material aus Sammlungen und Serien, insbesondere Skelettmaterial. Dabei standen die Nutzung der Digitalisate für Dokumentation, Erschließung, Untersuchung, Provenienzforschung und Präsentation sowie ethische Aspekte sowie die Themen Datenmanagement und Infrastruktur im Fokus.

Ein besonderes Merkmal des Symposiums war die Vernetzung verschiedener Perspektiven, darunter Forensik, Anthropologie, Archäologie und Sammlungswissenschaften, um die digitale Transformation in der Arbeit mit Material aus Sammlungen und Serien voranzutreiben.

Das Symposium verfolgte das Ziel, die Expertise verschiedener Fachrichtungen zu bündeln, existierende Lösungen und Projekte sichtbar zu machen und gemeinsam Ansätze zu konzipieren, um diese nachhaltig in die Praxis zu integrieren.

Die Beiträge und Diskussionen lieferten konkrete Ansätze zur Übertragbarkeit digitaler Technologien auf die Anthropologie und Sammlungsarbeit. Sie identifizierten zentrale Herausforderungen wie fehlende Standardisierung und Ressourcenbedarf und boten gleichzeitig Lösungsansätze, um die Effizienz und Nachhaltigkeit im Forschungsprozess

zu steigern. Das Symposium zeigte auf, wie interdisziplinäre Zusammenarbeit die digitale Transformation nachhaltig mitgestalten kann.

2.2 Impulse und Perspektiven des Symposiums „Digital bis ins Mark?!“

Die Nutzung von Digitalisaten und digitalen Technologien bietet bedeutende Vorteile für die anthropologische Arbeit in den folgenden Bereichen:

- Verwaltung (Grosskopf, 2021; Kirsten, 2021),
- Dokumentation (Engel, 2021; Grosskopf, 2021; Kirsten, 2021),
- Forschung (Untersuchung, Vergleich, Analyse) (Fritzsche et al., 2021b; Smolnik, 2021; van der Burgt, 2021),
- Rekonstruktion (Labudde, 2021; Nováček, 2021),
- Identifizierung (Labudde, 2021; Lechner, 2021b),
- Provenienzbestimmung (Grosskopf, 2021; Lechner, 2021b) und
- Präsentation (Nováček, 2021).

In der gegenwärtigen Situation stellt die originalgetreue Erfassung der komplexen anthropologischen Datenvielfalt eine große Herausforderung für die Standardisierung und die Kompatibilität digitaler Annotationen dar (Grosskopf, 2021; Heuschkel et al., 2024; van der Burgt, 2021). Die Anthropologie benötigt spezielle Lösungen, die sich von denen der Life Sciences unterscheiden (Mohaupt & Labudde, 2021), um die meist interpretationsbasierten Datensätze der Disziplin angemessen zu unterstützen (Engel, 2021; Engel & Schlager, 2019).

Um den ethischen Umgang mit den Daten sicherzustellen, wie er für die Arbeit mit menschlichem Skelettmaterial erforderlich ist (Grosskopf, 2021; Lechner, 2021b), muss ein flexibler Datenaustausch gewährleistet sein, der die Balance zwischen Transparenz und dem Schutz sensibler Informationen wahrt.

Dies erfordert entsprechende digitale Infrastrukturen, die interdisziplinäre Kollaborationsmöglichkeiten unterstützen (Kirsten, 2021).

Das Datenmanagement und die dazugehörige Infrastruktur sind das Herzstück einer erfolgreichen Digitalisierung und bieten Technologien und Ansätze, um Daten aufzunehmen, zu speichern, abzufragen, zu verarbeiten, zu analysieren und weiterzugeben (Heuschkel et al., 2024; Kirsten, 2021). Es existieren bereits technische Lösungen, die ein robustes System gemäß den FAIR-Prinzipien (Findable - Auffindbar, Accessible - Zugänglich, Interoperable - Interoperabel, Reusable - Wiederverwertbar) (Kirsten, 2021; Wilkinson et al., 2016) schaffen können und in anderen Disziplinen Anwendung gefunden haben. Sie bieten auch Erweiterbarkeit und schaffen die Grundlagen für eine umfassende Datenbeschreibung, die Kuratierungsmaßnahmen wie Qualitätsbewertungen und Hintergrundinformationen ermöglicht (Engel, 2021; Kirsten, 2021). Dies fördert die Datenintegrität, Rückverfolgbarkeit, das Vertrauen in die Daten sowie eine angemessene Transparenz (Heuschkel et al., 2024).

Die Herausforderung besteht darin, die Rahmenbedingungen dafür zu schaffen und zu spezifizieren, welche Anpassungen für die Übertragung von Lösungen auf die anthropologische Domäne (Heuschkel et al., accepted) nötig sind. Die Digitalisierung eröffnet den Zugang zu Materialien, die beispielsweise aufgrund von Repatriierung und Wiederbestattung sonst verloren gehen könnten (Heuschkel et al., 2020), und steigert den wissenschaftlichen Wert von Sammlungen (Heuschkel et al., 2024).

Auch die wachsende Forderung nach der Publikation von Daten unterstreicht die Notwendigkeit, transparente und nachvollziehbare Datensätze zu erstellen und zugänglich zu machen, um die Reproduzierbarkeit und Überprüfbarkeit wissenschaftlicher Ergebnisse zu gewährleisten (ibid.). Bei der Digitalisierung von Objekten ist das primäre Ziel eine realistische und umfassende Abbildung (Nováček, 2021; van der Burgt, 2021), die auf verschiedenste Objekte anwendbar ist und sich auf unterschiedliche Dimensionen übertragen lässt (Labudde, 2021).

Der Schlüssel, und gleichzeitig eine Herausforderung, liegt darin, diese Langzeitkompatibilität auch für digitalisierte anthropologische Daten zu gewährleisten (Smolnik, 2021). Gegenwärtige Limitierungen in der Auflösung und wechselnde, kurzlebige Technologien bringen Herausforderungen mit sich. Diese jedoch als hinderlich zu betrachten, würde bedeuten, wertvolle Chancen zu verpassen. Es bedarf einer originalgetreuen Abbildung, die von der Auflösung und der Erhaltung des Maßstabs bestimmt wird, damit 3D-Repräsentationen nachhaltig verwendbar und kompatibel bleiben. Hier stellt sich die Frage, was in diesem Zusammenhang als maximale Auflösung verstanden werden kann, denn auch analoge Technologien und das menschliche Auge verfügen nicht über die theoretisch maximale Auflösung. Vielmehr muss die Komplexität des Sachverhalts betrachtet werden, um eine sinnvolle Aufschlüsselung vorzunehmen.

Erstens sind aktuelle Technologien, beispielsweise auf Basis der Fotogrammetrie, bereits in der Lage, die für eine detailgetreue visuelle Untersuchung erforderlichen Informationen abzubilden (Tucci et al., 2017). Diese Verfahren entwickeln sich zudem rasant weiter, sodass die Fähigkeit zur Informationsaufnahme nicht das schwächste Glied in der Kette sein wird. Vielmehr hängt die effektive Nutzung von verschiedenen Faktoren ab: Wie und mit welcher Peripherie werden diese Erfassungsmöglichkeiten eingesetzt und wie erfolgt die Verarbeitung, Speicherung und Darstellung? Für die Nachhaltigkeit und Nutzbarkeit sind Strategien, die Aspekte wie möglichst verlustfreie Speicherung und nachhaltige Rohdatenformate berücksichtigen, entscheidend (Bradley, 2007).

Auch in diesem Bereich gibt es rasante Fortschritte, die beispielsweise durch die DNA-Speicherung (Müller & Meichtry, 2023) neue Möglichkeiten bieten, um praktische Herausforderungen wie Speicherkapazitäten und speicherintensive Digitalisate in Einklang mit Aufwand und Kosten zu bringen. Die letzten beiden Faktoren verdeutlichen zudem die Bedeutung der Bündelung von Ressourcen, um Workflows zu schaffen, die gemeinsam genutzt werden können und die maximalen technologischen Möglichkeiten ausnutzen. Dazu zählen auch Abläufe, die den Umgang mit den entstehenden Datenmengen realisierbar machen.

Andernfalls wird eine Vorauswahl oder zielspezifische Digitalisierung weiterhin bevorzugt werden.

Darüber hinaus schafft der technische Fortschritt auch immer wieder neue Chancen zur Restaurierung, Rekonstruktion oder Verbesserung von Medien wie bisher Audio- und Filmmaterial (C et al., 2024; Condorelli & Rinaudo, 2019). Auch sind Fotografien nach wie vor fester Bestandteil der Dokumentation in vielen wissenschaftlichen Bereichen, ebenso wie die Zeichnung, die seit jeher eine wichtige Rolle spielt. Digitalisierung sollte nicht zwingend als vollständiger Ersatz verstanden werden, sondern auch als sinnvolle Ergänzung. Bei der Nutzung digitaler Möglichkeiten geht es nicht um eine Entweder-oder-Entscheidung, sondern um den effizienten Einsatz der Methoden, um den bestmöglichen Ansatz zu finden – allein oder in Kombination mit dem physischen Äquivalent. In Fällen, in denen das physische Original verloren ist, stellt die nächstbeste digitale Repräsentation die beste Lösung dar (vgl. Kapitel 1.2.1).

Interdisziplinärer Austausch zeigt sich unerlässlich, wenn er beispielsweise dabei hilft, Bedenken hinsichtlich der fehlenden Möglichkeit, digitale 3D-Modelle haptisch zu erleben, aufzugreifen und mit einem bestehenden Lösungsansatz zu adressieren: haptische Geräte, die das digitale Abtasten der Modelle erlauben (Ceccacci et al., 2023). Vorhandene Entwicklersoftware wie OpenHaptics von 3D Systems ist grundsätzlich kompatibel mit AnthroWorks3D (Fritzsch et al., 2021b), was eine zukünftige Integration, Evaluierung und möglicherweise eine umfassendere digitale Analyse ermöglichen könnte.

Künstliche Intelligenz (Kun et al., 2023) bietet große Potenziale, indem digitale Daten zur automatisierten Erkennung und Klassifikation von Merkmalen sowie zur Analyse verwendet werden können. Weitere Automatisierungen von Vorgängen wären ebenfalls möglich.

Viele der bestehenden Lösungen scheitern daran, über ihr unmittelbares Entwicklungsumfeld und frühe Entwicklungsstadien hinaus Wirkung zu entfalten. Dies liegt vor allem am hohen Wartungs- und Entwicklungsaufwand, begrenzten Ressourcen, eingeschränktem Zugang zu Daten und an einer unzureichenden Vernetzung und Zusammenarbeit, sowohl disziplinär als auch interdisziplinär, innerhalb der Wissenschaftsgemeinde (Heuschkel et al., 2024). Die Vorgehensweisen, sowohl digital als auch analog, sind nicht für alle Anwendungsfälle und Erfordernisse praktisch umsetzbar, was zu unvollständigen und möglicherweise wiederholten Dokumentationen führt (Lechner, 2021b).

Zunächst ist es notwendig, zu analysieren, wie Inhalte in bisherigen Datenaufnahmeweisen abgebildet wurden, und eine klare Vorstellung davon zu entwickeln, wie diese in eine digitale, interoperable Form übersetzt werden können (Engel, 2021; Heuschkel et al., accepted; Kirsten, 2021). Dazu müssen Fachleute aus der Anthropologie und Informatik interdisziplinär zusammenarbeiten und ein konkretes Verständnis für die Anforderungen und Prozesse der jeweils anderen Disziplin entwickeln, das über abstrakte Konzepte hinausgeht (vgl. Kapitel 1.3). Das bedeutet, dass beide Disziplinen sowohl auf inhaltlicher als auch auf technischer Ebene zusammenarbeiten müssen, anstatt der jeweils anderen eine Ebene zu überlassen (vgl. Kapitel 1.3). Dabei wird die Wahl von Technologien und Formaten den

langfristigen Erfolg bestimmen (Mohaupt & Labudde, 2021). Die Integration der User Experience stellt dabei eine wertvolle Ergänzung dar, da sie Bedarfe sichtbar machen und Funktionsweisen testen kann (Fritzsch et al., 2021a).

Aspekte zur Kuration wie Speicherung, Speicherkapazitäten, Kosten, Wartungsaufwand und Lizenzierung müssen geklärt werden und können praktisch nur durch interdisziplinäre Zusammenarbeit innerhalb der wissenschaftlichen Gemeinschaft realisiert werden (Kirsten, 2021). Dies wird durch strukturelle Hürden – institutionelle, fördermitteltechnische usw. – erschwert, wie sich in der Praxis bereits zwischen Anthropologie und Archäologie zeigt, obwohl beide Disziplinen durch die archäologische Relevanz von historischem Skelettmaterial eng miteinander verknüpft sind (Smolnik, 2021).

3 Fazit und Ausblick

Die biologische Anthropologie in Deutschland steht unter Druck, da sie durch institutionelle Vernachlässigung an Sichtbarkeit und Bedeutung verliert (Grosskopf, 2021). Dabei trägt sie als Wissenschaft des Menschen grundlegend zu vielen anderen Disziplinen bei. Um jedoch als eigenständiges Fachgebiet fortzubestehen, braucht die Anthropologie einen kontinuierlichen interdisziplinären Austausch. Nur so kann sie ihre Relevanz in der heutigen Forschungslandschaft behaupten. Dieser Austausch muss nicht nur der besseren Integration dienen, sondern auch die fortschreitende Digitalisierung fördern. Die Anthropologie muss digitale Methoden und Werkzeuge stärker einbeziehen, um in einer immer digitaler werdenden Wissenschaftswelt langfristig bestehen zu können.

Symposien sind ein kraftvolles Instrument zur Förderung interdisziplinärer Forschung, insbesondere wenn es um die Integration digitaler Methoden und Rahmenwerke in Disziplinen wie die Anthropologie geht, speziell in der Analyse menschlicher Skelettreste. Sie bieten eine Plattform für den Austausch und ermöglichen es, Vorurteile und Missverständnisse anzusprechen, zu hinterfragen und zu diskutieren sowie sie aufzulösen, während sie gleichzeitig neue Potenziale und Ideen direkt anstoßen.

Die Disziplin befindet sich an einem Wendepunkt: Es geht nicht mehr darum, ob digitalisiert werden soll, sondern wie dies effizient geschehen kann. Auch analoge Prozesse sind fehleranfällig, problematisch und aufwändig. Digitalisierung ist ein schrittweiser Prozess, der als Teil der Forschung betrachtet werden sollte. Die Digitalisierung betrifft auch menschliche Aspekte: Es fehlt oft das Vertrauen, dass Informationen originalgetreu digitalisiert werden und die Datenkontrolle erhalten bleibt. Trotz der Notwendigkeit der Digitalisierung mangelt es oft an der Bereitschaft, sie umzusetzen – häufig auch aufgrund fehlender interdisziplinärer Vermittlung und Verständigung. Die Förderung dieses Austauschs ist unerlässlich, um für die Digitalisierung zu sensibilisieren und die Bereitschaft zu erhöhen. Dieser Austausch muss gefördert werden, auch wenn er aufwändig ist, da jede Disziplin ihre eigenen Traditionen und Gewohnheiten hat. Das Symposium "Digital bis ins Mark?!" hat diesen Prozess angestoßen und wichtige Impulse gesetzt – nun gilt es, diese durch kontinuierliche Zusammenarbeit und Vernetzung weiterzuführen.

Das Symposium “Digital bis ins Mark?!” hat eine große Reichweite erzielt – sowohl geografisch als auch disziplinär – und konnte die aktuelle Situation, vorhandene Potenziale sowie die Bereiche identifizieren, an denen als nächstes angesetzt werden muss. Es ermöglichte zahlreichen Studierenden, sich mit der Thematik vertraut zu machen und Zugang zur wissenschaftlichen Gemeinschaft zu erhalten. Auf diese Weise wurden sie frühzeitig in den fachlichen Diskurs eingebunden. In dieser Hinsicht stellte dieses Symposium einen Knotenpunkt für die Bildung von Netzwerken und Synergien dar. Gleichzeitig repräsentiert es jedoch vor allem einen Ausgangspunkt – eine Basis, an der weiter aufgebaut werden muss. Projekte wie die Entwicklung einer Ontologie als Weiterentwicklung der Software AnthroWorks3D (Heuschkel et al, accepted) sind Beispiele für solche Anknüpfungspunkte. Damit ein Symposium nachhaltig wirkt, muss der Austausch langfristig verankert und die identifizierten Aspekte in weiteren Veranstaltungen sowie in Verbindung mit anderen partizipatorischen Formaten vertieft werden. Dafür ist es notwendig, dass die Durchführung und Teilnahme auch akademisch attraktiv gestaltet wird.

Veranstaltungsformate wie Symposien dienen als lebendige Plattformen, um Wissen disziplinübergreifend zu teilen und wissenschaftliche Fortschritte zu fördern. Sie können auch dazu beitragen, verschiedenste Akteure frühzeitig einzubinden und somit strukturelle Hindernisse für fachübergreifende Zusammenarbeit, bedingt durch institutionelle, förderungs- und publikationsbezogene Rahmenbedingungen, zu überwinden.

Sie stellen bereits an sich einen erheblichen wissenschaftlichen Mehrwert dar. Daher wäre es sinnvoll, die Ergebnisse nicht nur in ausführlichen Konferenzbänden, sondern auch in kurzen Kommunikationsformaten zu veröffentlichen, um sie schneller in die Fachwelt zu tragen. Repositories – digitale Archive zur strukturierten Speicherung und Bereitstellung von Informationen – wie etwa instituts-eigene Open-Access-Publikationsserver, können dabei eine zentrale Rolle spielen, unterstützt durch die Zuweisung von DOIs (Digital Object Identifiers - dauerhafte und eindeutige Identifikatoren), um die Veröffentlichungen eindeutig nachweisbar und leicht auffindbar zu machen.

Literaturverzeichnis

- Bammer, G. (2017). Toward a New Discipline of Integration and Implementation Sciences. In R. Frode-man (Hrsg.), *The Oxford Handbook of Interdisciplinarity* (S. 525–529). Oxford University Press. <https://doi.org/10.1093/oxfordhb/9780198733522.013.42>
- Bradley, K. (2007). Defining digital sustainability. *Library Trends*, 56(1), 148–163.
- Boix Mansilla, V., Lamont, M., & Sato, K. (2016). Shared Cognitive–Emotional–Interactional Platforms. *Science, Technology, & Human Values*, 41(4), 571–612. <https://doi.org/10.1177/0162243915614103>
- Burggren, W., Chapman, K., Keller, B. B., Monticino, M., & Torday, J. S. (2017). Interdisciplinarity in the Biological Sciences. In R. Frode-man (Hrsg.), *The Oxford Handbook of Interdisciplinarity* (S. 101–113). Oxford University Press. <https://doi.org/10.1093/oxfordhb/9780198733522.013.9>
- C, M., Kashyap, A., & Nahak, F. M. (2024). AI’s Influence on Cinematic Restoration. In *2024 International Conference on Computer, Electrical & Communication Engineering (ICCECE)* (S. 1–6). IEEE. <https://doi.org/10.1109/ICCECE58645.2024.10497385>
- Ceccacci, S., Gentilozzi, C., Marfoglia, A., Santilli, T., Mengoni, M., Capellini, S. A., & Giaconi, C. (2023). Haptic Feedback to Support the Conceptualization of the Shape of Virtual Objects: An Exploratory Study. In M. Antona & C. Stephanidis (Hrsg.), *Lecture Notes in Computer Science. Universal Access in Human-Computer Interaction* (Vol. 14020, S. 215–228). Springer Nature Switzerland. https://doi.org/10.1007/978-3-031-35681-0_14
- Condorelli, F., & Rinaudo, F. (2019). Processing Historical Film Footage with Photogrammetry and Machine Learning for Cultural Heritage Documentation. In V. Gouet-Brunet (Hrsg.), *ACM Digital Library, Proceedings of the 1st Workshop on Structuring and Understanding of Multimedia heritAge Contents* (S. 39–46). Association for Computing Machinery. <https://doi.org/10.1145/3347317.3357248>
- Cumming, T., & Wong, S. (2012). Professionals Don’t Play: Challenges for Early Childhood Educators Working in a Transdisciplinary Early Intervention Team. *Australasian Journal of Early Childhood*, 37(1), 127–135. <https://doi.org/10.1177/183693911203700115>
- Engel, F. (2021). Forschungsdatenmodellierung mit RDF Bones. In B. Grosskopf & D. Labudde (Hrsg.), *Digital bis ins Mark?! Online-Symposium*. Hochschule Mittweida und Georg-August-Universität Göttingen.
- Engel, F., & Schlager, S. (2019). Rdfbones - making research explicit: An extensible digital standard for research data. *Anthropologischer Anzeiger; Bericht Über Die Biologisch-Anthropologische Literatur*, 76(3), 245–257. <https://doi.org/10.1127/anthranz/2019/0882>
- Flux, A. L. K. (2023). *Anthropologische Bearbeitung der Bestattungen napoleonischer Soldaten aus Frankfurt-Rödelheim zur Rekonstruktion der Lebensbedingungen in der Grande Armée*. <https://doi.org/10.53846/goediss-9884>
- Fritzsche, H. T., Schmiedel, F., Heuschkel, M. L., Mohaupt, M., Labudde, D., Kirsten, T., Grosskopf, B., Flux, A. L., Meier, S., & van der Burgt, P. (2021a). AnthroWorks3D: Digitalisierung von Skelettfundstücken und die virtuell osteologische Untersuchung. In *26. Interdisziplinäre Wissenschaftliche Konferenz Mittweida* (S. 237–

- 240). Hochschule Mittweida.
<https://doi.org/10.48446/opus-12284>
- Fritzsche, H. T., Schmiedel, F., Heuschkel, M. L., Mohaupt, M., & Labudde, D. (2021b). AnthroWorks3D. In B. Grosskopf & D. Labudde (Hrsg.), *Digital bis ins Mark?! Online-Symposium*. Hochschule Mittweida und Georg-August-Universität Göttingen.
- Grosskopf, B., & Labudde, D. (Hrsg.). (2021). *Digital bis ins Mark?! Online-Symposium*. Hochschule Mittweida und Georg-August-Universität Göttingen.
<https://doi.org/10.48446/opus-15815>
- Grosskopf, B. (2021). Digitalisate von Knochen - Anforderungen aus anthropologischer Sicht. In B. Grosskopf & D. Labudde (Hrsg.), *Digital bis ins Mark?! Online-Symposium*. Hochschule Mittweida und Georg-August-Universität Göttingen.
- Grupe, G., Harbeck, M., & McGlynn, G. (2015). *Prähistorische Anthropologie*. Springer Spektrum.,
<https://doi.org/10.1007/978-3-642-55275-5>
- Hall, K., Stipelman, B. A., Vogel, A. L., & Stokols, D. (2017). Understanding Cross-Disciplinary Team-Based Research. In R. Frodeman (Hrsg.), *The Oxford Handbook of Interdisciplinarity* (S. 338–356). Oxford University Press.
<https://doi.org/10.1093/oxfordhb/9780198733522.013.28>
- Hein, C. J., Hoeve, J. E. ten, Gopalakrishnan, S., Livneh, B., Adams, H. D., Marino, E. K., & Susan Weiler, C. (2018). Overcoming early career barriers to interdisciplinary climate change research. *WIREs Climate Change*, 9(5), Article e530. <https://doi.org/10.1002/wcc.530>
- Heuschkel, M. L., Becker, S., Jeraufke, S., Lucas, C., Mohaupt, M., Labudde, D., Kirsten, T., & Grosskopf, B. (2021). Zur Spurensuche an menschlichen Skeletten. In F. Seidl, F. Steinheimer, & C. Weber (Hrsg.), *Spurenlesen* (S. 127–136). Humboldt-Universität zu Berlin.
<https://doi.org/10.18452/22415>
- Heuschkel, M. L., Fritzsche, H. T., Schmiedel, F., Meier, S., van der Burgt, P., Grosskopf, B., Flux, A. L., Mohaupt, M., Labudde, D., & Kirsten, T. (2020). *AnthroWorks3D - A Digital Tool for Anthropological Analyses in Cultural Heritage Institutions and Beyond*. CIDOC Conference 2020 “Digital Transformation in Cultural Heritage Institutions”. CIDOC Conference 2020 “Digital Transformation in Cultural Heritage Institutions”. Museum of Art and History of the City of Geneva. <https://www.youtube.com/watch?v=EAJsH24poAQ&list=PLe0SQLxCvTuJSMJJP2BCu5X9yyikYPK7T&index=2>
- Heuschkel, M. L., & Labudde, D. (2024). Reconsideration of Bertillonage in the age of digitalisation: Digital anthropometric patterns as a promising method for establishing identity. *Forensic Science International. Synergy*, 8, 100452.
<https://doi.org/10.1016/j.fsisy.2023.100452>
- Heuschkel, M. L., Schmiedel, F., & Labudde, D. (2024). Data-Driven Anthropology: Exploring the Significance of Data and Digital Data Management Technologies. *NextGen Scientific Review*, 2, 25–31. <https://doi.org/10.48446/opus-14994>
- Heuschkel, M. L., Höffner, K., Schmiedel, F., Labudde, D., & Uciteli, A. (accepted). The Anthropological Notation Ontology (ANNO): A Core Ontology for Annotating Human Bones and Deriving Phenotypes. *Semantic Web Journal*.
- Hornby, A. S. (Hrsg.). (2003). *Oxford advanced learner's dictionary of current English* (6. Ausgabe). Oxford Univ. Press.
- Kalmár, É., & Stenfert, H. (2020). Science Communication as a design challenge in transdisciplinary collaborations. *Journal of Science Communication*, 19(04), C01. <https://doi.org/10.22323/2.19040301>
- Kirsten, T. (2021). Kollaboratives Arbeiten an anthropologischen Digitalisaten. In B. Grosskopf & D. Labudde (Hrsg.), *Digital bis ins Mark?! Online-Symposium*. Hochschule Mittweida und Georg-August-Universität Göttingen.
- Klein, J. T. (2017). Typologies of Interdisciplinarity. In R. Frodeman (Hrsg.), *The Oxford Handbook of Interdisciplinarity* (S. 21–34). Oxford University Press. <https://doi.org/10.1093/oxfordhb/9780198733522.013.3>
- Kozar, O. (2010). Towards Better Group Work: Seeing the Difference between Cooperation and Collaboration. *English Teaching Forum*, 48(2), 16–23. <https://eric.Hrsg.gov/?id=EJ914888>
- Labudde, D. (2021). Digitalisierung und Rekonstruktion: Schnittstellen von Forensik und Anthropologie und Kulturerbe. In B. Grosskopf & D. Labudde (Hrsg.), *Digital bis ins Mark?! Online-Symposium*. Hochschule Mittweida und Georg-August-Universität Göttingen.
- Lawrence, R. J. (2010). Deciphering Interdisciplinary and Transdisciplinary Contributions. *Transdisciplinary Journal of Engineering & Science*, 1(1). <https://doi.org/10.22545/2010/0003>
- Leahey, E. (2018). The Perks and Perils of Interdisciplinary Research. *European Review*, 26(S2), S55–S67. <https://doi.org/10.1017/S1062798718000261>
- Lechner, C. (2021a). Vom anatomischen Spurenlesen und der Identifizierung humaner Präparate aus der Zeit des Nationalsozialismus. In F. Seidl, F. Steinheimer, & C. Weber (Hrsg.), *Spurenlesen* (S. 112–118). Humboldt-Universität zu Berlin.
<https://doi.org/10.18452/22417>
- Lechner, C. (2021b). Praktische und ethische Probleme bei der Provenienzforschung von humananatomischen Präparaten. In B. Grosskopf & D. Labudde (Hrsg.), *Digital bis ins Mark?! Online-Symposium*.

Hochschule Mittweida und Georg-August-Universität Göttingen.

- Mohaupt, M., & Labudde, D. (2021). Digitales Datenmanagement: Parallelen aus den Life Sciences. In B. Grosskopf & D. Labudde (Hrsg.), *Digital bis ins Mark?! Online-Symposium*. Hochschule Mittweida und Georg-August-Universität Göttingen.
- Müller, J., & Meichtry, Y. (2023). The first heritage video stored on DNA: A case study on the future of digital storage. *Journal of Digital Media Management*, 11(2), Article JDMM-vol11-iss2-pg161, 161. <https://doi.org/10.69554/DUIE4975>
- Nováček, J. (2021). Digital unterstütztes Zusammenspiel von Forschung, musealer Präsentation und Medieninteresse. In B. Grosskopf & D. Labudde (Hrsg.), *Digital bis ins Mark?! Online-Symposium*. Hochschule Mittweida und Georg-August-Universität Göttingen.
- Palmer, C. L., & Fenlon, K. (2017). Information Research on Interdisciplinarity. In R. Frodeman (Hrsg.), *The Oxford Handbook of Interdisciplinarity* (S. 429–442). Oxford University Press. <https://doi.org/10.1093/oxfordhb/9780198733522.013.35>
- Pfirman, S., & Martin, P. J. S. (2017). Facilitating Interdisciplinary Scholars. In R. Frodeman (Hrsg.), *The Oxford Handbook of Interdisciplinarity* (S. 586–600). Oxford University Press. <https://doi.org/10.1093/oxfordhb/9780198733522.013.47>
- Pohl, C., Truffer, B., & Hirsch-Hadorn, G. (2017). Addressing Wicked Problems through Transdisciplinary Research. In R. Frodeman (Hrsg.), *The Oxford Handbook of Interdisciplinarity* (S. 319–331). Oxford University Press. <https://doi.org/10.1093/oxfordhb/9780198733522.013.26>
- Rousseau, R., Zhang, L., & Hu, X. (2019). Knowledge Integration: Its Meaning and Measurement. In W. Glänzel, H. F. Moed, U. Schmoch, & M. Thelwall (Hrsg.), *Springer Handbooks. Springer Handbook of Science and Technology Indicators* (S. 69–94). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-030-02511-3_3
- Schmitt, J. B., Goldmann, A., Simon, S. T., & Bieber, C. (2023). Conception and Interpretation of Interdisciplinarity in Research Practice: Findings from Group Discussions in the Emerging Field of Digital Transformation. *Minerva*, 61(2), 199–220. <https://doi.org/10.1007/s11024-023-09489-w>
- Siedlok, F., & Hibbert, P. (2014). The Organization of Interdisciplinary Research: Modes, Drivers and Barriers. *International Journal of Management Reviews*, 16(2), 194–210. <https://doi.org/10.1111/ijmr.12016>
- Smolnik, R. (2021). Der Mensch im Mittelpunkt. Anthropologie und Archäologie – eine interdisziplinäre Abhängigkeit im digitalen Spiegel. In B. Grosskopf & D. Labudde (Hrsg.), *Digital bis ins Mark?! Online-Symposium*. Hochschule Mittweida und Georg-August-Universität Göttingen.
- Tucci, G., Bonora, V., Conti, A., & Fiorini, L. (2017). High-quality 3D models and their use in a cultural heritage conservation project. *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, XLII-2/W5, 687–693. <https://doi.org/10.5194/isprs-archives-xlii-2-w5-687-2017>
- van der Burgt, P. (2021). Zur Praxis der Digitalisierung im Landesamt für Archäologie Sachsen. In B. Grosskopf & D. Labudde (Hrsg.), *Digital bis ins Mark?! Online-Symposium*. Hochschule Mittweida und Georg-August-Universität Göttingen.
- Weber, G. W. (2015). Virtual anthropology. *American Journal of Physical Anthropology*, 156 Suppl 59, 22–42. <https://doi.org/10.1002/ajpa.22658>
- Wilkinson, M. D., Dumontier, M., Aalbersberg, I. J. J., Appleton, G., Axton, M., Baak, A., Blomberg, N., Boiten, J.-W., Da Silva Santos, L. B., Bourne, P. E., Bouwman, J., Brookes, A. J., Clark, T., Crosas, M., Dillo, I., Dumon, O., Edmunds, S., Evelo, C. T., Finkers, R., . . . Mons, B. (2016). The FAIR Guiding Principles for scientific data management and stewardship. *Scientific Data*, 3, 160018. <https://doi.org/10.1038/sdata.2016.18>
- Yegros-Yegros, A., Rafols, I., & D’Este, P. (2015). Does Interdisciplinary Research Lead to Higher Citation Impact? The Different Effect of Proximal and Distal Interdisciplinarity. *PloS One*, 10(8), e0135095. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0135095>
- Zhang, Y., & Wang, Y. (2024). Understanding delays in publishing interdisciplinary research. *Information Processing & Management*, 61(5), 103826. <https://doi.org/10.1016/j.ipm.2024.103826>

Von der Einführung der „Neuen Mathematik“ im Jahr 1972 zu den heutigen Anforderungen im Mathematikunterricht

Ein Rückblick auf verpasste Chancen und verlorene Fähigkeiten

Mandy Lange-Geisler

Kontakt: Mandy Lange-Geisler, Hochschule Mittweida, mlange1@hs-mittweida.de

Zusammenfassung

Der Artikel untersucht die Entwicklung des Mathematikunterrichts seit der Einführung der "Neuen Mathematik" 1972/73. Die Reform zielte darauf ab, die Kluft zwischen Schule und Hochschule zu verringern und die Studienabbruchquote zu senken, indem traditionelle Inhalte durch modernere Themen ersetzt wurden. Ein zentrales Thema war die Mengenlehre, die jedoch aufgrund ihrer Abstraktheit auf Widerstand stieß und schließlich aus dem Grundschulunterricht entfernt wurde. In den höheren Klassenstufen wurden anspruchsvolle Themen wie Gruppen, Vektorräume und lineare Abbildungen unterrichtet, die ein tiefes Verständnis mathematischer Strukturen erforderten. Heute hat sich der Fokus des Mathematikunterrichts verschoben, wobei praktische Anwendbarkeit und der Einsatz technischer Hilfsmittel im Vordergrund stehen. Dies hat zu einem Verlust an mathematischen Kompetenzen geführt, insbesondere im Bereich des Kopfrechnens und des logischen Denkens.

Eine Studie aus dem Jahr 2023 an der Hochschule Mittweida zeigt, dass Studienanfänger:innen gravierende Defizite in den Mathematikkenntnissen haben, was auf die veränderten Bildungsziele und die Einführung der Kompetenzorientierung im Mathematikunterricht zurückgeführt wird. Diese Entwicklungen haben zu einer Anpassung des Unterrichts an die Anforderungen der digitalen Welt geführt, jedoch auch zu einem reduzierten Verständnis fundamentaler mathematischer Strukturen.

Keywords: machine learning, graph theory, optimization.

Die Mathematik unterliegt, wie viele andere Lehrgebiete, dem Wandel der Zeit. Die Art und Weise, wie sie gelehrt wird, hat sich in den letzten Jahrzehnten erheblich verändert. Ein markanter Einschnitt in der Lehre der Mathematik war die Einführung der sogenannten „Neuen Mathematik“ im Schuljahr 1972/73. In dieser Reform sollten „traditionelle“ Inhalte durch „neue“ und „moderne“, aus Sicht der Forschung aktuellere Inhalte ergänzt werden mit dem Ziel, die Kluft zwischen Schule und Hochschule zu verringern und damit die Studienabbruchquote zu senken. Doch was ist aus diesen ambitionierten Zielen geworden? Wie haben sich die Anforderungen an den Mathematikunterricht bis heute entwickelt? Wie ist heute die Kluft zwischen Schule und Hochschule?

Im Jahr 1968 forderte die Kultusministerkonferenz die flächendeckende Einführung der sogenannten „Neuen Ma-

thematik“ ab dem Schuljahr 1972/73. Die Grundlagen hierfür sollten bereits in der Grundschule gelegt werden. Ein mathematisches Gebiet, welches für große Diskussionen an Grundschulen sorgte, war die Mengenlehre. Eines der bekanntesten Lehrbücher zu dieser Zeit „Wir lernen Mathematik 1“ von Walter Neunzig und Peter Sorger 1968 (Neunzig & Sorger, 1968), beginnt mit einem größeren Abschnitt „Mengen“ (Mengen im Allgemeinen, fortgeführt mit dem Begriff der Teilmenge und den Mengenoperationen sowie der Mengengleichheit). Erst im Anschluss werden die Zahlen 1 – 10 eingeführt, dann das Rechnen (Addition und Subtraktion), danach erfolgt die Einführung der Zahlen 11 – 20 als Längen, und abschließend werden Relationen besprochen. Folglich lernten Kinder ein abstrakteres Grundverständnis für Mengen. Damit sollte das spätere Lernen in der Mathematik vereinfacht werden.

Laut dem Artikel des Spiegels mit dem Titel „Macht Mengenlehre krank?“ aus dem Jahr 1974 hatten viele Schüler:innen, Lehrer:innen und besonders die Eltern Probleme mit der Abstraktheit dieser Inhalte (Men, 1974). Geschildert wird, dass Eltern die Abschaffung der Mengenlehre fordern, da sie unwissend und hilflos ihren Kindern gegenüberstehen und damit die Rolle des Vorbilds verblasst. Beispielhaft wird folgende Szene beschrieben:

Anstatt $6 + 1 = 7$ heißt es „Die Menge der Zahlen, die die Eigenschaft besitzt, genau um 1 größer zu sein als 6, enthält genau ein Element, nämlich 7.“ Auf die Frage „Wieviel ist $5 + 3$?“ ist die Antwort des Kindes „ $5 + 3$ ist $3 + 5$ nach dem Kommutativgesetz.“. Angeblich erwies sich die Mengenlehre als zu anspruchsvoll für die Grundschule, da sie zu Verwirrung und Frustration führte. Folglich wurde die Mengenlehre nach einigen Jahren wieder aus dem Grundschulunterricht entfernt.

Blickt man nun in die höheren Klassenstufen der damaligen Zeit, findet man beispielsweise Themen wie Gruppen und Untergruppen, das erzeugende System eines Vektorraums, lineare Abbildungen sowie Urbild und Kern als Unterrichtsinhalte. Diese Themen verlangten ein höheres Maß an abstraktem Denken und ein tieferes Verständnis der algebraischen Strukturen und linearen Algebra. Neben diesen Themen waren auch das Kopfrechnen und das schriftliche Rechnen fester Bestandteil des Unterrichts, und der Rechenschieber spielte als Werkzeug für komplexere Berechnungen eine bedeutende Rolle. Die Schüler:innen entwickelten dabei ein tieferes Verständnis für mathematische Zusammenhänge, da sie gezwungen waren, die zugrunde liegenden Prinzipien zu verstehen.

Heute hingegen hat sich der Fokus des Mathematikunterrichts verschoben, beispielsweise hat die Bedeutung von

Kopfrechnen, einst eine zentrale Fähigkeit, abgenommen, da Taschenrechner und digitale Tools in den meisten Schulen allgegenwärtig sind. In den höheren Klassenstufen sind anspruchsvollere Inhalte, wie Gruppen, Vektorräume und lineare Abbildungen in den aktuellen Lehrplänen deutlich zurückgedrängt worden, beziehungsweise überhaupt nicht mehr vorhanden. Auch das Verständnis für Logarithmen und deren Gesetze hatten in den 1970er Jahren noch eine zentrale Rolle im Lehrplan. Dieses mathematische Grundlagenwissen ist heute in vielen Lehrplänen nur noch ein Randthema. Anstelle eines tiefen konzeptuellen Verständnisses steht heute oft die schnelle Anwendung von Formeln und deren rezeptartigen Einsatz mit technischen Hilfsmitteln im Mittelpunkt. Diese Entwicklungen haben zu einem Verlust an mathematischen Kompetenzen geführt, aber wiederum auch zu einer Anpassung des Unterrichts an die Anforderungen der digitalen Welt. Der Wandel reflektiert eine Veränderung in den Bildungszielen, das heißt weg von der abstrakten Theorie und hin zur praktischen Anwendbarkeit. Jedoch stellt sich die Frage: Kann man die praktische Anwendung verstehen, ohne ein breites Grundlagenwissen zu besitzen? Was ist der Preis eines reduzierten Verständnisses für die fundamentalen Strukturen der Mathematik?

Zur Beantwortung dieser Fragen eignet sich ein Blick auf die Studienfänger:innen an der Hochschule Mittweida. Dozenten:innen des Moduls Mathematik 1 stellen fest, dass das Kopfrechnen bei den Studierenden nur noch rudimentär vorhanden ist. Die ständige Verfügbarkeit von Taschenrechnern und Smartphones hat dazu geführt, dass Studierende oft nicht mehr in der Lage sind, einfache Rechenoperationen im Kopf durchzuführen. Das logische Denken und Problemverständnis haben ebenfalls unter dieser Entwicklung gelitten. Früher waren die Schüler:innen im Mathematikunterricht gefordert, komplexe Probleme durch analytisches Denken und eine schrittweise Herangehensweise zu lösen. Heute werden diese Fähigkeiten oft durch die rezeptartige Anwendung von Formeln ersetzt, ohne dass die zugrunde liegenden Prinzipien ver-

standen werden. Auch dies führt bei den Studienanfänger:innen zu enormen Problemen im Verständnis in den Grundlagen der Mathematik, ganz zu schweigen von der Fähigkeit der mathematischen Kreativität. Letzteres und das Verständnis von Zusammenhängen sind weitere Bereiche, in denen Defizite zu beobachten sind. Mathematik wird zunehmend als eine Reihe von isolierten Techniken und Verfahren vermittelt, anstatt als ein zusammenhängendes System von Ideen und Konzepten, die sich gegenseitig bedingen und ergänzen.

Um diesen Erkenntnissen entgegenzuwirken, führen die Hochschule Mittweida und sieben weitere sächsische Hochschulen Lernstandserhebungen zu Studienbeginn durch. Diese Erhebungen sollen das Anfangsniveau in Mathematik erfassen. Die Ergebnisse der Studie aus dem Jahr 2023, an der etwa 2100 Studierende teilnahmen, wurden am 16. Januar 2024 in mehreren Artikeln veröffentlicht (beispielsweise in 4Te (2024)). Zur Prüfung der mathematischen Vorkenntnisse umfassen die Aufgaben grundlegende Themen wie die Bruchrechnung bis hin zur Integralrechnung. Aus der Studie resultiert, dass Studienanfänger:innen gravierende Defizite in den Mathematikkenntnissen haben. Grundlegende Inhalte der Mittelstufe werden nicht mehr sicher beherrscht, siehe Abbildung 1. Bemerkenswert ist zudem das deutlich bessere Abschneiden der Teilnehmenden mit Schulabschluss aus dem Ausland, welche aus dem Vergleich der Kurven in Abbildung 1 hervorgeht. Die Ergebnisse der diesjährigen Lernstandserhebung der Studienanfänger:innen an der Hochschule Mittweida bestätigen die Erkenntnisse der Vorjahre, wie in Abbildung 2 dargestellt. Mit Ausnahme von zwei Studiengängen liegt die relative Gesamtpunktzahl unter 50%. Dies zeigt, dass das Eingangsniveau der Studierenden in den meisten Fällen nicht einmal der Mindestanforderung für eine ausreichende Leistung (Note 4) entspricht.

Gibt es weitere Ursachen, die diesen Trend der Verstärkung der Defizite in den Mathematikkenntnissen begründen könnten? Es hat sich herausgestellt, dass insbesondere die Einführung der Kompetenzorientierung im Mathema-



Abbildung 1: Ergebnisse der Lernstandserhebung aus dem Wintersemester 2023/2024.

tikunterricht seit den 2000er-Jahren als ein zentraler Faktor betrachtet wird (Zungkamp & Ohnesorg, 2018). In einer kritischen Stellungnahme zur Kompetenzorientierung wird die Einführung der Kompetenzorientierung im Mathematikunterricht als Irrweg dargestellt, der schleunigst behoben werden sollte (Ste, 2017). Der Fokus auf das „Wie“ statt auf das „Was“ habe zu einer Reduzierung der Inhalte geführt, sodass essentielle Grundlagen wie Terminformungen zunehmend vernachlässigt werden. Ein weiterer Einflussfaktor bezüglich der Unterschiede in den Anfangsniveaus von Studierenden ist die sich ändernde Bildungsreform, etwa die Umstellung auf G8 und wieder zurück zu G9.

Die zu beobachtende Wissensentwicklung in Mathematik hat zu einer neuen Prüfungsdidaktik geführt, welche zunehmend in Kritik steht (Mat, 2016). Die Gestaltung der Aufgaben wird oft als realitätsfern oder missverständlich empfunden. Auffällig ist zudem, dass typische „Schülerfehler“ bei der Konzeption der Prüfungsaufgaben bewusst berücksichtigt werden. Ein Beispiel hierfür ist die fehlerhafte Berechnung $\sqrt{3^2 + 4^2} = 3 + 4 = 7$, wobei das korrekte Ergebnis 5 beträgt. Die Aufgaben werden derart gestaltet, dass der spezifische „Schülerfehler“ bei der Bearbeitung zu einem Endergebnis führt, das formal korrekt ist. Dadurch wird eine Bewertung mit voller Punktzahl ermöglicht, selbst wenn Teilbereiche des Lösungsweges fehlerhaft sind. Auch die Verteilung der Bewertungspunkte wird häufig an die zu erwarteten Fehlerquellen angepasst. Leichtere Aufgaben erhalten oft eine höhere Gewichtung, während schwierigere Aufgaben vergleichsweise weniger Punkte einbringen. Somit entstehen bessere Noten und auch ehemalige Durchfaller-Kandidat:innen erhalten ihren Abschluss. Dieses Vorgehen beeinflusst unmittelbar

den zu erwartenden Kenntnisstand der Studienanfänger.

Vergleicht man dies nun mit den Anforderungen aus dem Jahr 1966, vor der Einführung der neuen Mathematik, liegt der Fokus weiterhin stark auf dem Rechnen und weniger auf mathematischem Verständnis. Laut dem Bildungsplan 1967 genügte es, „die Rechenfälle des täglichen Lebens zu erkennen und unter Anwendung des richtigen Rechenverfahrens sicher und selbständig zu lösen“. Trotz der gering angesetzten Lernziele konnten damalige Schüler:innen diese Anforderungen häufig nicht erfüllen. Sowohl damals als auch heute werden grundlegende Fähigkeiten wie die Addition gewöhnlicher Brüche nicht sicher beherrscht, siehe Abbildung 3. Dies führt zur Fragestellung, inwieweit angewendete Lehrkonzepte als erfolgreich bewertet werden können, wenn grundlegende Wissenslücken im Mathematikunterricht über Jahrzehnte hinweg bestehen bleiben.

Zusammengefasst steht die Entwicklung in direktem Kontrast zu den hohen Anforderungen, die Hochschulen und MINT-Fächer an Mathematikkenntnisse stellen. Viele Studienanfänger:innen scheitern deshalb frühzeitig, da ihnen die Fähigkeiten zu logischem und abstraktem Denken fehlen, welche durch stark fundierte Schulmathematik geprägt werden sollten. Eine weitere Folge ist, dass Studienanfänger:innen von Mathematikmodulen eher Rechenbeispiele erwarten, statt Erklärungen zu mathematischen Zusammenhängen. Die Auswirkungen der veränderten Vorkenntnisse der Studienanfänger:innen sind für die Dozierenden erheblich. Klassische Lehrbücher können oft nicht mehr verwendet werden, da sie an ein höheres Eingangsniveau anknüpfen. Dies führt zu einem erhöhten Vorbereitungsaufwand, da Lehrende gezwungen sind, In-

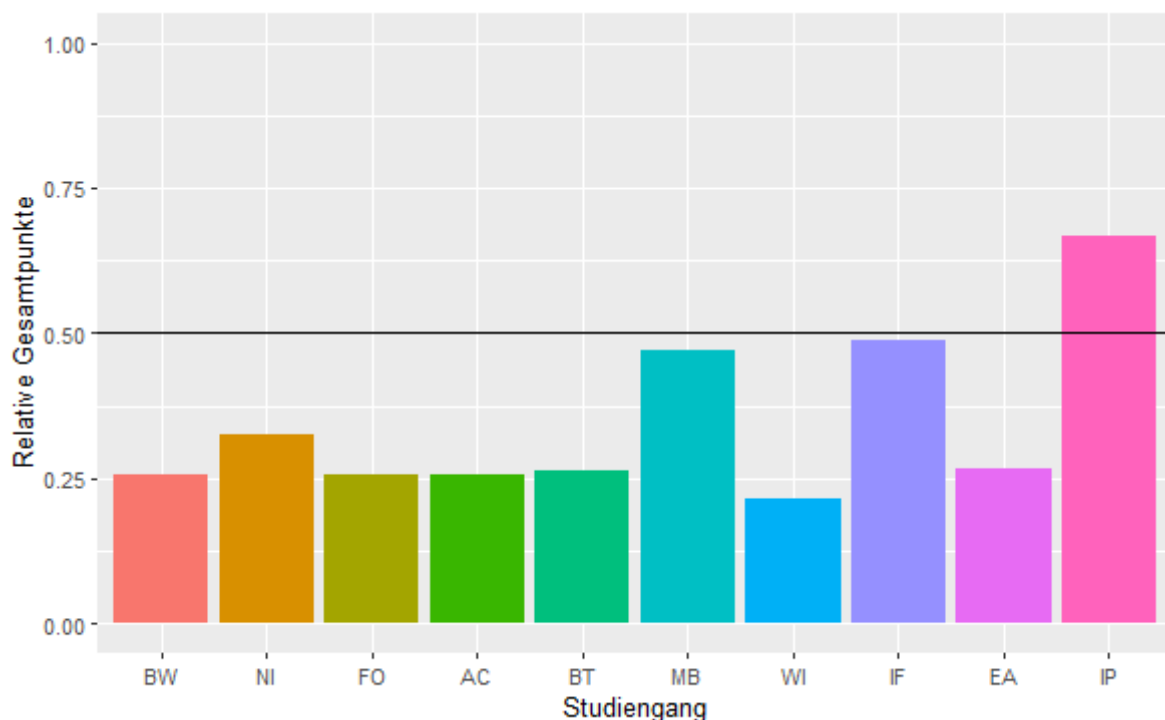


Abbildung 3: Ergebnisse der Aufgabe zur Bruchrechnung der Lernstandserhebung aus dem Wintersemester 2024/2025.

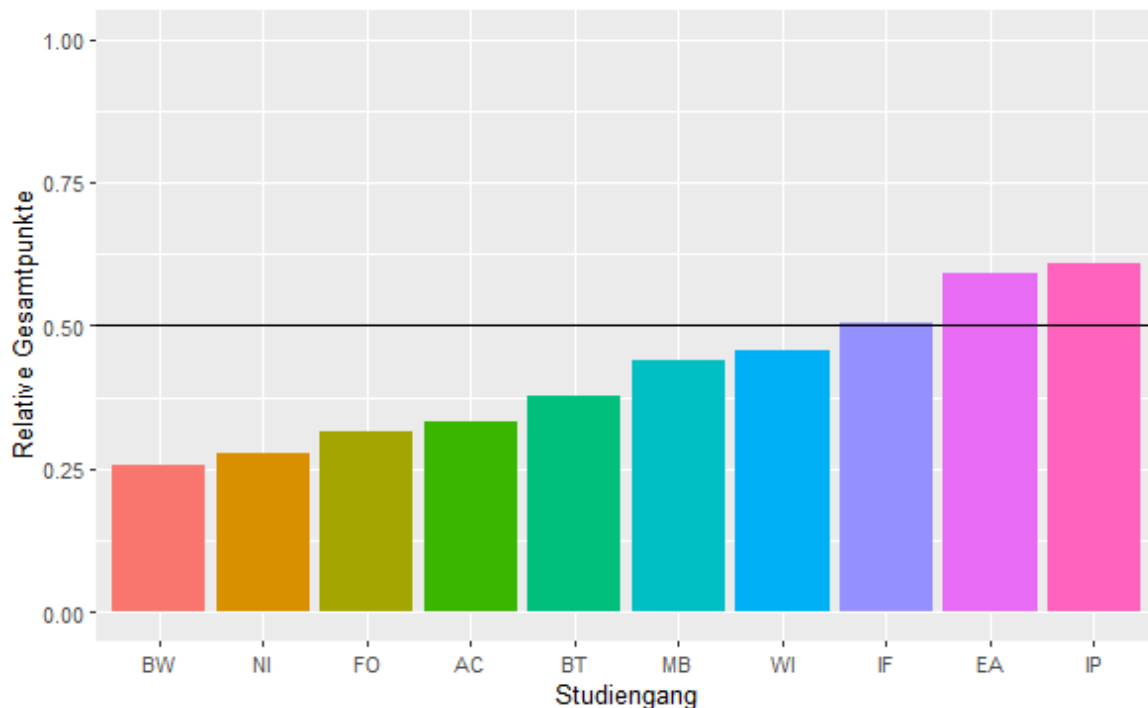


Abbildung 2: Ergebnisse der Lernstandserhebung aus dem Wintersemester 2024/2025.

halte so aufzubereiten, dass sie trotz fehlender Grundlagen möglichst verständlich vermittelt werden können. Gleichzeitig wird es zunehmend schwieriger, die definierten Modulziele zu erreichen, da der Wissensaufbau langsamer erfolgt und mehr Zeit für die Vermittlung grundlegender Konzepte benötigt wird.

Im Rückblick auf die Einführung der „Neuen Mathematik“ in den 1970er-Jahren lässt sich erkennen, dass die Absicht, Mathematik zeitgemäßer und praxisnäher zu gestalten, immer wieder an einer mangelnden Integration der Hochschulanforderungen in die schulische Bildung gescheitert ist. So wurden Chancen zur Stärkung grundlegender mathematischer Fähigkeiten mehrfach verpasst, was sich heute in den beschriebenen Problemen niederschlägt.

Die Kluft zwischen Schule und Hochschule scheint weiterhin zumindest im Gebiet der Mathematik enorm zu sein, dies zeigen auch die hohen Durchfallquoten und Lernstandserhebungen an unserer Hochschule. Vielleicht ist es an der Zeit, einige der älteren Inhalte und Lehrmethoden wieder aufleben zu lassen und sie mit modernen Ansätzen zu kombinieren. Der Einsatz von Technik im Mathematikunterricht an Schulen bringt viele Vorteile, aber er sollte nicht auf Kosten der grundlegenden mathematischen Fähigkeiten gehen. Möglicherweise können so zukünftige Generationen nicht nur die Mathematik anwenden, sondern auch ihre fundamentalen Strukturen und Konzepte tiefgreifender verstehen. Es ist eine Balance zu finden, die für eine erfolgreiche akademische Ausbildung unerlässlich ist.

Literaturverzeichnis

- Jungkamp, H. B. & Ohnesorg, M. J. (2018). *Können ohne Wissen?* Schriftenreihe des Netzwerk Bildung.
- Mat (2016), Berliner Matheprüfung war Pillepalle. *Süddeutsche Zeitung*.
- Men (1974), Macht Mengenlehre krank? *Spiegel*, (13).
- Neunzig, W. & Sorger, P. (1968). *Wir lernen Mathematik 1. Programm moderne Mathematik*. Herder.
- Ste (2017), Kritische Stellungnahme zur Kompetenzorientierung in Schulen und Hochschulen.
- 4Te (2024), Studienanfänger weisen teilweise gravierende Defizite in Mathematik auf, Stoff aus der Mittelstufe (und früher) sitzt nicht. *News4Teachers*, Das Bildungsmagazin.