

Chancen und Grenzen in der Integration von ChatGPT in fachmathematischen, fachdidaktischen und praxisorientierten Lehrveranstaltungen

SVENJA BRUHN, ESSEN; FLORIAN SCHACHT, ESSEN; JULIA MARIE STECHEMESSER, ESSEN

Zusammenfassung: Aufgrund des rasanten Fortschritts im Bereich von KI, ist es verstärkt notwendig, dass die Chancen, Grenzen und Einsatzmöglichkeiten von KI-Chatbots für die Mathematiklehrkräftebildung als Lern- und Reflexionswerkzeug differenziert dargestellt werden. Die Befragung von 32 Mathematik(-didaktik)dozierenden in der Lehrkräftebildung der Universität Duisburg-Essen ergab, dass die verschiedenen Lehrveranstaltungstypen (fachmathematisch, fachdidaktisch und praxisorientiert) einen unterschiedlichen Einsatz von KI-Chatbots wie ChatGPT bedingen. Dafür braucht es jedoch konkrete Konzepte, um die KI-Kompetenzen zunächst der Dozierenden und somit langfristig auch die der Studierenden gezielt zu schulen.

Abstract: The rapid progress in using increases the need to differentiate the potential, limitations and applications of AI chatbots for mathematics teacher education as a learning and reflection tool. The survey of 32 mathematics (education) lecturers at the University of Duisburg-Essen revealed that the different types of courses (mathematics, mathematics education and praxis-oriented) require a varying implementation of AI chatbots like ChatGPT. However, this in turn calls for specific concepts to train the AI-Literacy of both the lecturers and the students in advance.

1. Einleitung

Mathematiklehrkräfte zu befähigen, sowohl ihre eigenen mathematischen Kompetenzen als auch die ihrer zukünftigen Lernenden zu entwickeln, ist eine Kernaufgabe der universitären Lehrkräfteausbildung weltweit (OECD, 2019). Denn die Fähigkeit, „to reason mathematically and to formulate, employ, and interpret mathematics to solve problems in a variety of real-world contexts“ (OECD, 2018, S. 7, Hervorheb. i. Orig.) ist für die erfolgreiche Teilnahme an unserer sich schnell verändernden und technologiebasierten Gesellschaft von großer Bedeutung. Für die Ausbildung von Mathematiklehrkräften bedeutet dies zweierlei: Zum einen sollen sich Studierende mit etablierten Lehr-Lern-Konzepten beschäftigen. Zum anderen sollen auch technologische Innovationen, die sich nachhaltig auf den Mathematikunterricht von heute und morgen auswirken werden (Drijvers et al., 2016), in den Fokus gerückt werden. Dadurch

werden digitale Kompetenzen angehender Mathematiklehrkräfte für die universitäre Lehre immer weiter spezifiziert (Clark-Wilson et al., 2013; Drijvers et al., 2010; Engelbrecht & Borba, 2024; Mousley et al., 2003).

Insbesondere im Mathematikunterricht und der Mathematiklehrkräftebildung eröffnen digitale Werkzeuge neue Möglichkeiten zur Gestaltung von Lernumgebungen, zur Individualisierung von Lernprozessen und damit letztlich auch zu einem reflektierten Umgang mit Medien (Barzel et al., 2024). Mit der Zugänglichkeit von Tools basierend auf Prinzipien Künstlicher Intelligenz (KI-Tools), wie beispielsweise dem KI-Chatbot ChatGPT, hat sich die Art und Weise, wie Lehr- und Lernprozesse unterstützt werden können, erheblich erweitert. Im Mathematikunterricht können KI-Chatbots eingesetzt werden, um beispielsweise auf Fragen von Lernenden zu antworten, mathematische Konzepte zu erklären und Anwendungsbeispiele zu generieren, sodass auch individualisierte Lernpfade ermöglicht werden können (Pepin et al., 2025a; Pepin et al., 2025b).

In diesem Zusammenhang stellt sich die Frage, wie und in welchem Ausmaß KI-Chatbots wie etwa ChatGPT in fachmathematischen, mathematikdidaktischen und praxisorientierten Lehrveranstaltungen sinnvoll integriert werden können. Welche Chancen ergeben sich diesbezüglich durch den Einsatz solcher sprachgenerierender KI-Tools? Welche Grenzen sind zu beachten? Während einerseits Chancen in der Unterstützung der individuellen Betreuung von Studierenden und in der Veranschaulichung komplexer mathematischer Sachverhalte durch ausführliche textliche Erklärungen oder in dem Einsatz mathematischer Plug-Ins wie etwa das Wolfram-Plugin für ChatGPT sowie in der Förderung eines selbstständigen und explorativen Lernens gesehen werden, ergeben sich andererseits auch Fragen nach der Zuverlässigkeit und Qualität der generierten Inhalte, den methodisch-didaktischen Anpassungen und der ethischen Verantwortung im Einsatz solcher Technologien.

2. Theoretische Grundlagen

In diesem Abschnitt werden zunächst grundlegende Aspekte zu KI-bezogenen Kompetenzen von Studie-

renden erläutert, die im Rahmen der Mathematik-lehrkräftebildung zukünftig verstärkt fokussiert werden müssen (Abschn. 2.1). Als weit verbreiteter KI-Chatbot wird dann der Schwerpunkt auf den potenziellen Einsatz von ChatGPT in der universitären Ausbildung angehender Mathematiklehrkräfte gelegt, wobei entsprechende aktuelle Forschungsbefunde präsentiert werden (Abschnitt 2.2). So kann die empirische Studie dieses Beitrags theoretisch gerahmt und begründet werden (Abschnitt 2.3).

2.1. *AI-Literacy* in der Hochschule

Der Einsatz von KI-Tools für das Lehren und Lernen von Mathematik erzeugt bei vielen Mathematiklehrkräften sowohl Erstaunen und Neugier als auch Unsicherheit (Richard et al., 2022; Thurm & Barzel, 2022). In der Literatur finden sich bereits Ansätze zur Beschreibung von KI-Kompetenzen, im Folgenden unter dem englischsprachigen Begriff der *AI-Literacy* gefasst, die von Studierenden und (zukünftig) auch von Lernenden erwartet werden. Diese werden häufig in drei Kernkompetenzen unterteilt, die je nach Autorengruppe weiter ausdifferenziert werden können (Casal-Otero et al., 2023; Ng et al., 2021; Schmidt, 2024): (1) Der Erwerb von Fach- und Grundlagenwissen über KI und ihre Funktionen, (2) das Erlernen des Umgangs mit KI-Tools als Hilfsmittel und (3) die Reflexion und kritische Bewertung von KI-generierten Produkten im Hinblick auf ihre Authentizität, Ergebnistransparenz, Aktualität und den Umgang mit Verzerrungen. Adressiert wird hier also insbesondere die Fähigkeit, künstliche Intelligenz und deren Implikationen zu verstehen, kritisch zu reflektieren und aktiv anzuwenden. *AI-Literacy* umfasst dabei sowohl technische als auch ethische Aspekte sowie die Fähigkeit, KI-Tools sinnvoll in Lehr- und Lernprozesse zu integrieren.

Aus mathematikdidaktischer bzw. bildungswissenschaftlicher Perspektive lässt sich der Diskurs über *AI-Literacy* in den Kontext des Lernens „mit“ und „über“ Medien einordnen (vgl. Rummler et al., 2020; Bescherer et al., 2024). Das Lernen „mit“ Medien bezeichnet dabei den gezielten Einsatz digitaler Werkzeuge, um mathematische Inhalte zu vermitteln und zu vertiefen. Studierende sollen befähigt werden, verschiedenste KI-Tools als unterstützende Werkzeuge auszuwählen und einzusetzen, um mathematische Probleme zu analysieren, zu lösen und um in ihrer späteren Rolle als Lehrkräfte auf die Lernenden zugeschnittene Lernumgebungen zu gestalten. Hierbei stellt sich die Frage, wie die Nutzung solcher

Werkzeuge didaktisch sinnvoll und lernförderlich integriert werden kann, ohne dass Studierende in eine passive Konsumentenrolle gedrängt werden.

Im Gegensatz dazu zielt das Lernen „über“ Medien darauf ab, ein tiefgehendes Verständnis über die Funktionsweise, die Möglichkeiten und die Grenzen digitaler Technologien im Allgemeinen und KI-Systeme im Speziellen zu entwickeln. Studierende sollen nicht nur wissen, wie man KI-Tools verwendet, sondern auch verstehen, wie das zugrundeliegende Modell funktioniert und dies selbst als Gegenstand der Mathematik (z. B. im Sinne von Optimierungsmethoden oder neuronalen Netzen) betrachten. Dazu gehört auch ein Verständnis darüber, wie es trainiert wird und welche Implikationen dies für die Qualität der erzeugten mathematischen Inhalte hat. Diese Auseinandersetzung ermöglicht es Lehrkräften, besonders im Hinblick auf die Entwicklung der dritten Kernkompetenz der *AI-Literacy*, KI-Chatbots wie etwa ChatGPT sowohl reflektiert als auch verantwortungsbewusst in den Unterricht zu integrieren.

Mit der fortschreitenden Digitalisierung des Bildungswesens betont die Kultusministerkonferenz in ihren Beiträgen „Bildung in der digitalen Welt“ (KMK, 2017) sowie „Lehren und Lernen in der digitalen Welt“ (KMK, 2021), dass die Integration digitaler und damit auch KI-bezogener Werkzeuge in der schulischen Bildung eine zentrale Rolle spielt. Vor diesem Hintergrund gewinnt auch die Vermittlung von *AI-Literacy* an Bedeutung. *AI-Literacy* umfasst das Verständnis und die Fähigkeit, künstliche Intelligenz im Bildungsprozess gezielt und reflektiert einzusetzen. Dies stellen insbesondere für die Mathematik-lehrkräftebildung eine Herausforderung und Chance zugleich dar, da Mathematik als Fach besonders stark von digitalen Werkzeugen und KI-Systemen profitieren kann, insbesondere weil KI-Systeme auf komplexen mathematischen Modellen beruhen. Die Nutzung und Thematisierung von KI im Mathematikunterricht eignet sich somit zum Beispiel für die fundamentale Rolle, die mathematische Modelle in Anwendungskontexten (wie der Nutzung einer KI) spielen können. In diesem Zusammenhang werden insbesondere die folgenden vier spezifischen Kategorien diskutiert (vgl. auch Pinkernell et al., 2022a & 2022b), die hier für den Einsatz von KI beispielhaft konkretisiert werden:

1. *Fachliche Kompetenzen im Mathematikunterricht digital fördern*: Die KMK betont die Bedeutung digitaler Werkzeuge zur Förderung fachmathematischer Kompetenzen. KI-Chatbots wie ChatGPT bieten hier

eine Möglichkeit, mathematische Problemstellungen auf neue Weise anzugehen und individuelle Lernprozesse zu unterstützen (vgl. etwa Pepin, 2025b). So können Studierende durch interaktive und personalisierte Rückmeldungen mathematische Konzepte vertiefen und durch explorative Lernansätze komplexe Problemstellungen lösen. In der Hochschuldidaktik bedeutet dies, Studierende zu befähigen, KI-basierte Tools gezielt zur Förderung des mathematischen Verständnisses einzusetzen und deren Chancen, aber auch Grenzen, kritisch zu reflektieren.

2. Digitale Kompetenzen im Sinne der KMK-Standards im Mathematikunterricht fachmathematisch fördern: Die KMK-Standards betonen die Entwicklung grundlegender digitaler Kompetenzen, die für den Mathematikunterricht relevant sind, wie z. B. der Umgang mit digitalen Mathematikwerkzeugen. AI-Literacy erweitert diese Perspektive, indem sie die Nutzung und das Verständnis von KI-Tools als Teil dieser digitalen Kompetenzen betrachtet. Lernende und auch Studierende sollen sich intensiv damit auseinandersetzen, KI-Tools und Chatbots wie ChatGPT nicht nur zu nutzen, sondern deren Funktionsweise, Trainingsmethoden und mögliche Fehlerquellen zu verstehen. Dies trägt dazu bei, digitale Kompetenzen im Sinne der KMK-Standards im fachmathematischen Kontext der Mathematik systematisch zu vertiefen.

3. Fachspezifische digitale Kompetenzen über die KMK-Standards hinaus im Mathematikunterricht fördern: Über die im KMK-Papier definierten Standards hinaus fordert die Integration von KI in die Mathematiklehrkräftebildung eine Ausweitung der fachspezifischen digitalen Kompetenzen. Im Mathematikunterricht können KI-Tools wie ChatGPT z. B. genutzt werden, um zu modellieren, zu simulieren oder explorative Lernumgebungen zu schaffen. Die Lehrkräftebildung muss sicherstellen, dass Studierende in der Lage sind, solche Technologien didaktisch sinnvoll und kreativ einzusetzen, um mathematische Zusammenhänge auf einer höheren Ebene zu vermitteln und dynamische Lernprozesse zu gestalten. Diese Erweiterung der Kompetenzen zielt darauf ab, Lehrkräfte auf die komplexen und sich schnell entwickelnden Anforderungen des digitalen Zeitalters vorzubereiten.

4. Digitale personale Bildung im Mathematikunterricht fachmathematisch fördern: Ein weiteres Ziel der KMK ist die Förderung der digitalen personalen Bildung, die sich auf die Entwicklung individueller Kompetenzen und Einstellungen bezieht, um digitale Technologien verantwortungsvoll und ethisch reflektiert zu nutzen. Im mathematikdidaktischen Kontext

bedeutet dies, dass Lehramtsstudierende nicht nur lernen, KI-Tools wie ChatGPT fachmathematisch einzusetzen, sondern auch etwa eine kritische Haltung zu entwickeln. Studierende sollten sich der Grenzen und Risiken solcher Technologien bewusst sein, z. B. im Hinblick auf die Qualität der generierten Inhalte oder die ethischen Implikationen des Einsatzes von KI im Bildungsbereich. Die Vermittlung dieser Reflexionsfähigkeit ist zentral, um Lehrkräfte auszubilden, die KI kompetent und verantwortlich im Mathematikunterricht integrieren können.

Insgesamt verdeutlichen die vier Kategorien, dass die Integration von AI-Literacy in die Mathematiklehrkräftebildung im Einklang mit den Anforderungen der KMK-Papiere sowohl fachmathematische als auch digitale und personale Kompetenzen umfasst. Studierende sollen befähigt werden, KI-Chatbots wie ChatGPT fachmathematisch fundiert und reflektiert einzusetzen, um mathematische Kompetenzen zu fördern und digitale Technologien im Unterrichtsprozess gezielt zu nutzen. Dabei geht es sowohl um die Umsetzung bestehender KMK-Standards als auch um die Weiterentwicklung fachspezifischer und personaler digitaler Kompetenzen, die über diese Standards hinausgehen. Die Vermittlung einer umfassenden AI-Literacy in der Hochschuldidaktik schafft somit die Grundlage für eine adäquate und zielgerichtete Integration digitaler Technologien im Mathematikunterricht.

2.2. ChatGPT in der Mathematiklehrkräftebildung

Seit ChatGPT im Jahr 2022 die Weltbühne betreten hat (OpenAI, 2023) und insbesondere mit der Veröffentlichung von GPT 4.0, diskutieren Bildungsforscher*innen und Dozierende über dieses KI-Tool, das Texte auf der Grundlage *maschinellen Lernens* analysiert und produziert (Sarker, 2021). Laut dem UNESCO-Bildungspapier (2023) haben KI-Tools und im Speziellen KI-Chatbots wie beispielsweise ChatGPT das Potenzial, mehrere bedeutsame Rollen in den Lernprozessen von Lernenden und Lehrkräften einzunehmen, z. B. als sokratisches Gegenüber, persönliche Tutor*in, Mitgestalter*in, Erkundungszentrum oder Motivator*in. Diese Rollenbeschreibungen deuten darauf hin, dass KI-Chatbots als interaktive*r Partner*in auf gleicher Ebene wie die Nutzenden verstanden wird. Die Frage, wie das pädagogische Potenzial solcher KI-Tools für konkrete Zwecke (z. B. für Kommunikationsprozesse beim Lehren und Lernen von Mathematik) genutzt werden kann, ist dabei besonders relevant und bedarf weiterer Ausarbeitung und empirischer Forschung. Eine Idee ist es, spezifische *Prompts* zu entwickeln, auszuprobieren

und zu reflektieren (z. B. Arora et al., 2023; Buchholtz et al., 2023; Noster et al., 2025; Schorcht et al., 2023), die von angehenden Mathematik Lehrkräften für ihr eigenes Studium und anschließend mit ihren Lernenden verwendet werden könnten.

Insofern gewinnt insbesondere der Einsatz von KI-Chatbots wie ChatGPT in der Mathematik Lehrkräftebildung zunehmend an Relevanz. Digitale Technologien bieten dabei vielfältige Möglichkeiten, Lehrveranstaltungen sowohl im fachmathematischen, im fachdidaktischen als auch im stärker praxisorientierten Bereich zu gestalten und zu erweitern (vgl. Schacht & Scherer, 2025; Barzel et al., 2024). Über die verschiedenen Lehramtsstudiengänge, nämlich Grundschule (G), Sonderpädagogische Förderung an Grundschule (SoPäd G), Sonderpädagogische Förderung an Haupt-, Real-, Sekundar- und Gesamtschulen (SoPäd HRSGe), Haupt-, Real-, Sekundar-, und Gesamtschulen (HRSGe) sowie Gymnasium, Gesamtschule und Berufskolleg (GyGe/BK), lassen sich jeweils beispielhafte Anwendungsbereiche identifizieren, in denen KI entweder direkt genutzt oder kritisch reflektiert werden kann. Die im Folgenden genannten Anwendungsbereiche spiegeln die unterschiedlichen Ebenen, die im Rahmen des Studiums adressiert werden (fachliche Anteile, fachdidaktische Anteile sowie praxisorientierte Anteile), wider:

- fachmathematische Veranstaltungen: Arithmetik oder Elementare Geometrie (LA Grundschule), Stochastik oder Grundlagen der Analysis (LA HRSGe) oder Lineare Algebra (LA GyGe/BK)
- fachdidaktische Veranstaltungen: Didaktische Analyse ausgewählter Unterrichtsthemen der Sekundarstufe II (LA GyGe/BK), Einführung in die Mathematikdidaktik am Beispiel der Zahlbereiche (LA HRSGe) oder Didaktik der Arithmetik (LA G)
- praxisorientierte Bereiche: Praxissemester oder Berufsfeldpraktikum (jeweils alle Studiengänge)

Im Rahmen der fachmathematischen Ausbildung, die darauf abzielt, zukünftigen Lehrkräften ein fundiertes Verständnis mathematischer Konzepte und Theorien zu vermitteln, können KI-Chatbots wie ChatGPT zur Unterstützung von Lernprozessen eingesetzt werden. Diese Systeme bieten z. B. die Möglichkeit, mathematische Probleme und Fragestellungen dynamisch zu analysieren und personalisierte

Rückmeldungen zu geben, die etwa durch den Einsatz von individuellem Feedback auf die individuellen Lernfortschritte der Studierenden abgestimmt sind. So können etwa mathematische Sachverhalte durch interaktive Gespräche mit KI-Chatbots wie ChatGPT erläutert werden, wodurch die Studierenden ihre oder die Lösungsansätze von ChatGPT reflektieren und weiterentwickeln können.

Neben der Unterstützung der fachmathematischen Inhalte können KI-Chatbots wie ChatGPT auch in fachdidaktischen Veranstaltungen eingesetzt und kritisch reflektiert werden, um zukünftige Lehrkräfte auf den Einsatz digitaler Medien im Schulunterricht vorzubereiten. Hier steht etwa die fachdidaktische Reflexion im Vordergrund, z. B. hinsichtlich der Frage, wie KI-Tools wie ChatGPT zur Gestaltung differenzierter und interaktiver Lernumgebungen genutzt werden können. Ein Schwerpunkt könnte etwa darauf liegen, die Studierenden dazu anzuregen, KI-Tools nicht nur als Hilfsmittel zur Vermittlung mathematischer Inhalte zu sehen, sondern auch deren fachdidaktische Chancen sowie mögliche Limitationen kritisch zu analysieren. Als Beispiele für fachdidaktische Lehrveranstaltungen sind etwa im Grundschulbereich die Veranstaltungen *Mathematik in substantiellen Lernumgebungen (MSL)* und *Diagnose und Förderung (DuF)* zu nennen. In der Veranstaltung MSL haben die Studierenden die Möglichkeit, fachdidaktische Schwerpunkte (u. a. Sprachförderung oder Differenzierung) zu vertiefen, während in der Veranstaltung Diagnose und Förderung sogar eine Diagnose mit einem Grundschulkind durchgeführt werden kann.

Zudem dient der Einsatz von konkreten KI-Chatbots wie ChatGPT in diesen Veranstaltungen als Modell dafür, wie digitale Medien und KI-Systeme sinnvoll in den Unterrichtsprozess integriert werden können. Studierende entwickeln dadurch praxisnahe Kompetenzen und Strategien, um KI-Tools später selbst in ihrem eigenen Unterricht einzusetzen, sei es zur Unterstützung von Lernprozessen, zur Differenzierung und Individualisierung, zur Förderung des eigenständigen Arbeitens und Problemlösens der Lernenden oder auch zur eigenen Unterrichtsvorbereitung. Gleichzeitig werden auch Fragen der Bewertung und Reflexion solcher KI-gestützten Interventionen thematisiert, um sicherzustellen, dass die zukünftigen Lehrkräfte in der Lage sind, die Effektivität und Angemessenheit digitaler Hilfsmittel im Unterricht kontinuierlich zu evaluieren. Beispiele sind hier etwa stärker praxisorientierte Lehrveranstaltungen mit fachdidaktischen Schwerpunkten (vgl. auch Schacht et

al., 2022a). So kann etwa im Rahmen der Begleitveranstaltung zum Praxissemester im Fach Mathematik (im LA HRSGe) ein Schwerpunkt auf *Sprachbildung im Fach* gelegt werden. Konkret werden in der entsprechenden Veranstaltung zunächst fach- und sprachwissenschaftliche Grundlagen zur Rolle von Sprachbildung im Fach thematisiert, diese werden dann mit Blick auf die Planung einer konkreten Lernumgebung spezifiziert und von den Studierenden als Studienprojekt im Rahmen des Praxissemesters im Unterricht konkret eingesetzt, evaluiert und theoriegeleitet reflektiert (vgl. auch Guckelsberger & Schacht, 2023; Schacht et al., 2022b; Schacht & Guckelsberger, 2022).

Insgesamt zeigt sich, dass die Integration von KI-Chatbots sowohl in fachmathematischen als auch in fachdidaktischen sowie stärker praxisorientierten Veranstaltungen dazu beitragen könnte, zukünftige Mathematiklehrkräfte auf die Anforderungen und Möglichkeiten digitaler Medien im Unterricht vorzubereiten. Dies umfasst nicht nur die Vermittlung fachmathematischer und technischer Fähigkeiten, sondern auch die Entwicklung einer kritischen und reflektierten Haltung gegenüber dem Einsatz von KI im Bildungsbereich sowie eine fachdidaktisch durchdachte Nutzung.

2.3. Forschungsfragen

In diesem Artikel werden die Chancen, Grenzen und Einsatzmöglichkeiten von ChatGPT in der Mathematik Lehrkräftebildung aus der Sicht von Dozierenden erfasst (vgl. Abschnitt 3). Basierend auf diesen Erkenntnissen werden dann konkrete Ideen abgeleitet, um einen KI-Chatbot wie ChatGPT in der universitären Mathematik Lehrkräftebildung sowohl als Lernwerkzeug als auch als Werkzeug zur pädagogischen Reflexion konstruktiv einzusetzen. Dazu werden die vorgeschlagenen Einsatzmöglichkeiten mit konkreten Beispielen für die verschiedenen universitären Lehrveranstaltungsformate (fachmathematische, fachdidaktische und praxisorientierte Lehrveranstaltungen) konkretisiert. Dabei soll vor allem betont werden, inwiefern KI-Chatbots wie beispielsweise ChatGPT die Mathematik Lehrkräftebildung verändern werden, wodurch die folgenden aufeinander aufbauenden Forschungsfragen fokussiert werden:

- Welche Vorerfahrungen haben Lehrende der Mathematikdidaktik der UDE bezüglich KI-Chatbots wie ChatGPT?
- Welche Ideen zu Einsatzmöglichkeiten von KI-Chatbots wie ChatGPT entwickeln Lehrende der Mathematikdidaktik der UDE (ad

hoc) für fachmathematische, fachdidaktische und praxisorientierte Lehrveranstaltungen im Rahmen der Mathematik Lehrkräftebildung?

- Welche Chancen und Grenzen von KI-Chatbots wie ChatGPT benennen Lehrende der Mathematikdidaktik der UDE?

3. Rahmenbedingungen und Methode

Im Folgenden werden die Methoden der Studie erläutert. Dafür wird zuerst auf den Einsatz digitaler Medien und Werkzeuge an der Universität Duisburg-Essen (UDE) als wesentliche Rahmenbedingung für die vorliegende Studie eingegangen (Abschnitt 3.1). Daraufhin wird die Stichprobe der Studie beschrieben (Abschnitt 3.2), und es wird die Datenerhebung erläutert (Abschnitt 3.3). Für die Darstellung der Datenauswertung wird die in dieser Studie durchgeführte qualitative Inhaltsanalyse mit den entsprechenden Schritten erläutert (Abschnitt 3.4).

3.1. Digitalisierung an der UDE

Die UDE verfolgt eine umfassende Digitalisierungsstrategie, die nicht nur allgemeine Grundsätze für alle Studiengänge adressiert, sondern auch die Lehrkräftebildung im Besonderen. Sowohl das Rahmenkonzept zur Digitalisierung der Lehrkräftebildung (ZLB, 2022) als auch die universitätsweite Digitalisierungsstrategie (UDE, 2024) legen dabei besonderen Wert auf die Integration digitaler Technologien in Lehrveranstaltungen und die Entwicklung einer angemessenen AI-Literacy bei Studierenden. Im Kontext der Lehrkräftebildung geht es darum, angehende Lehrkräfte nicht nur für den allgemeinen Umgang mit digitalen Medien zu schulen, sondern auch spezifische fachdidaktische Ansätze zu entwickeln, die digitale Werkzeuge im Mathematikunterricht sinnvoll und gewinnbringend einsetzen. Im Fach Mathematik zeigt sich die Integration digitaler Medien besonders deutlich (vgl. dazu auch Schacht & Barzel, 2018).

Das Rahmenkonzept zur Digitalisierung der Lehrkräftebildung betont in erster Linie, dass digitale Basiskompetenzen in den Studiengängen systematisch vermittelt werden müssen. Dies umfasst nicht nur den technischen Umgang mit digitalen Medien, sondern auch deren reflektierte und didaktisch fundierte Anwendung im Schulkontext. In der Mathematik Lehrkräftebildung bedeutet dies, dass Studierende lernen, digitale Werkzeuge zur Unterstützung des mathematischen Lernens einzusetzen. Dies gelingt beispielsweise durch den Einsatz von KI-Tools

wie ChatGPT, das in der Lage ist, komplexe mathematische Fragestellungen zu analysieren und individuelles Feedback zu geben. Der Fokus liegt dabei darauf, den Studierenden nicht nur die technischen Fähigkeiten zu vermitteln, sondern auch die didaktische Reflexion über den Einsatz solcher Werkzeuge zu fördern. Dies betrifft sowohl die fachmathematische als auch die ethische Auseinandersetzung mit den Chancen und Grenzen digitaler Technologien im Unterricht.

Die Digitalisierungsstrategie der UDE aus dem Jahr 2024 zielt darauf ab, digitale Bildungstechnologien stärker in die Curricula zu integrieren und die infrastrukturellen Voraussetzungen für digitale Lehre und Forschung zu schaffen. So können digitale Werkzeuge den Studierenden helfen, komplexe mathematische Probleme zu bearbeiten, indem sie verschiedene Lösungsansätze ausprobieren und ihre Ergebnisse mithilfe von digitalen Visualisierungen nachvollziehen.

Ein besonderer Aspekt der Digitalisierung in der Lehrkräftebildung ist die Verbindung von Theorie und Praxis. Durch den Einsatz digitaler Medien wird den Studierenden nicht nur das notwendige Wissen vermittelt, sondern sie werden auch in die Lage versetzt, diese Medien in schulischen Kontexten anzuwenden. Die praxisorientierte Nutzung digitaler Technologien steht dabei im Vordergrund, wobei die Studierenden lernen, sowohl technische als auch didaktische Herausforderungen im Umgang mit diesen Tools zu bewältigen. Es ist damit ein Leitbild der Lehrkräftebildung an der UDE, den zukünftigen Lehrkräften eine umfassende digitale Kompetenz zu vermitteln, die über die technischen Fähigkeiten hinausgeht und die didaktische Reflexion über den Einsatz digitaler Medien einschließt.

3.2. Stichprobe

Um die Sichtweisen von Hochschullehrenden auf den Einsatz von ChatGPT erfassen zu können und so herauszufinden, worin Lehrkräfte der Hochschule die Chancen und auch die Grenzen von ChatGPT sehen, wurden Mathematikdidaktiker*innen der Fakultät für Mathematikdidaktik der UDE befragt. Die Befragung wurde im Rahmen des Forschungskolloquiums der Mathematikdidaktik durchgeführt. Dieses wird in der Vorlesungszeit wöchentlich veranstaltet und dient dem Austausch über mathematikdidaktische (Forschungs-)Themen, was auch insbesondere hochschuldidaktische Thematiken – wie den Einsatz von KI in der Hochschullehre – umfasst. Im Oktober 2023 wurde zu diesem Zweck eine 120-minütige Sitzung dem Einsatz von KI-Tools (konkret von ChatGPT)

gewidmet. Hintergrund der Planung dieser Sitzung war das zunehmende Interesse der Lehrenden an dem Einsatz von KI-Tools wie ChatGPT in der Lehre und auch, dass Studierende KI-Tools immer intensiver auch im Rahmen ihres Studiums nutzen. Das Forschungskolloquium beschäftigte sich demnach mit der Frage, wie KI-Tools wie ChatGPT produktiv in der Hochschullehre eingesetzt werden könnten. An der Sitzung im Forschungskolloquium nahmen 32 Mathematikdidaktiker*innen der UDE teil. Es wurden Personen befragt, die sich hinsichtlich ihrer Erfahrungen und auch ihrer Arbeitsbereiche voneinander unterscheiden. So besteht die Personenkonstellation im Forschungskolloquium u. a. aus wissenschaftlichen Mitarbeiter*innen, Studienrätin*innen im Hochschuldienst und Professor*innen, wobei die meisten Personen in Lehrtätigkeiten an der Hochschule eingebunden sind. Entsprechend der insgesamt fünf verschiedenen Lehramtsstudiengänge an der UDE (G, SoPäd G, SoPäd HRSGe, HRSGe, GyGe/BK; s. Abschnitt 2.2) sind die Lehrenden und Arbeitsgruppen der Mathematikdidaktik divers aufgestellt und unterrichten in verschiedenen Lehrveranstaltungen, woraus sich individuelle Expertisen in Bezug auf die verschiedenen Lehramtsstudiengänge ergeben.

3.3. Datenerhebung

Die Datenerhebung wurde während des mathematikdidaktischen Forschungskolloquiums durchgeführt. Zu Beginn der Sitzung wurde im Rahmen einer kurzen Input-Phase in die Themen KI, AI-Literacy und in die Nutzung von KI-Chatbots wie ChatGPT (Version 3.5) eingeführt. Darüber hinaus wurden auch technische Möglichkeiten von ChatGPT erläutert, indem auf den Versionsverlauf von ChatGPT eingegangen wurde und auf Plugins wie das Wolfram-Plugin. Auch wenn zu Beginn des Forschungskolloquiums davon ausgegangen wurde, dass die Teilnehmenden den Chatbot ChatGPT kennen, wurde die kurze Einführung realisiert, um die Teilnehmenden über aktuelle Entwicklungen (Stand Oktober, 2023) im KI-Bereich und über ChatGPT zu informieren, was sich durch die rasanten Entwicklungen in diesem Bereich begründen lässt und von den Teilnehmenden des Forschungskolloquiums gewünscht wurde. In der kurzen, technischen Einführung wurden den Teilnehmenden die Möglichkeiten von ChatGPT (z. B. die Wolfram Alpha Verknüpfung) anhand von Bildern kurz präsentiert (diese wurden nicht selbst erprobt). An dieser Stelle lässt sich vermuten, dass diese Ausführungen die Teilnehmenden in dem Sinne in ihren Antworten beeinflusst haben könnten, dass sie ggf.

einen umfangreicheren Eindruck von ChatGPT gewinnen konnten. Da sich allerdings in der Einführung nicht auf Lehrveranstaltungen oder auf den Einsatz von KI-Chatbots bezogen wurde, lässt sich die Beeinflussung der Einführung insgesamt als gering einschätzen. Nach dieser Einführung wurde in eine Arbeitsphase übergeleitet, in der eine Gruppenarbeit realisiert wurde. Insgesamt wurden sechs Gruppen gebildet, bei denen der Schwerpunkt auf den verschiedenen Lehrveranstaltungsarten (fachmathematische Veranstaltung, fachdidaktische Veranstaltung, praxisorientierte Veranstaltung) lag. Im Rahmen der Gruppenarbeit wurden die Teilnehmenden u. a. dazu aufgefordert, die Grenzen und Chancen des Einsatzes von ChatGPT für die in der Gruppe gewählte Lehrveranstaltung zu diskutieren. Dafür konnten die Teilnehmenden freiwillig wählen, in welcher Gruppe sie arbeiten möchten. Durch diese freie Wahl ergaben sich diverse Gruppenkonstellationen, wodurch in den meisten Gruppen Lehrende, die schwerpunktmäßig in Lehrveranstaltungen verschiedener Lehrämter tätig sind, vertreten waren. Darüber hinaus gab es innerhalb der Gruppen Teilnehmende mit unterschiedlichen Lehrdeputaten. Um den Teilnehmenden für die Arbeitsphase Orientierung zu geben, wurde folgende übergreifende Leitfrage formuliert: *Wie lassen sich Einsatzmöglichkeiten von Chat GPT in universitären Lehrveranstaltungen des Lehramts konzeptualisieren?* Abgesehen von dieser allgemeinen Leitfrage sollten die Teilnehmenden ihre Diskussion anhand mehrerer konkreter Fragen gestalten, die während der Arbeitsphase (über einen Beamer) für alle Teilnehmenden eingesehen werden konnten.

1. Wie habt ihr KI-Tools (z. B. ChatGPT) in universitären Lehrveranstaltungen bisher verwendet? Welche Erfahrungen habt ihr dabei gemacht?
2. Einsatzmöglichkeiten von ChatGPT
 - a) Welche Einsatzmöglichkeiten von ChatGPT könnt ihr euch in einer fachmathematischen / fachdidaktischen / praxisorientierten Lehrveranstaltung vorstellen? (Bitte hier auf die Lehrveranstaltung fokussieren, die eingangs angekreuzt wurde.)
 - b) Überlegt euch eine möglichst konkrete Konzeption für die Integration von ChatGPT in eine spezifische Lehrveranstaltung. (Wie könnte man ChatGPT beispielsweise in eine Vorlesung oder Präsenzübung integrieren? Für welche Themen eignet sich der Einsatz von ChatGPT?)

3. Welche Chancen und Grenzen seht ihr bei der Integration von ChatGPT in universitäre Lehrveranstaltungen?

Zusätzlich zu der mündlichen Erläuterung der Leitfragen wurde den Gruppen auch ein halbstandardisierter Fragebogen (Döring, 2023) ausgehändigt, der aus den eben dargestellten Leitfragen besteht, wobei unter jeder Frage jeweils Platz für Antworten gelassen wurde. Dabei sollten die Gruppe zunächst ihren fokussierten Lehrveranstaltungstyp ankreuzen, mit dessen Fokus sie die Leitfragen bearbeiteten. So konzentrierten sich die Gruppen Nr. 1 und 2 auf fachdidaktische Lehrveranstaltungen, die Gruppen Nr. 3, 4 und 5 auf fachmathematischen Veranstaltungen und die Gruppen Nr. 6 und 7 auf praxisorientierte Lehrformate. Der Fragebogen wurde den Teilnehmenden in Papierform zur Verfügung gestellt, sodass Ideen in der Gruppenarbeit schnell dokumentiert werden konnten. Um jedoch eine Dokumentation der Diskussionsergebnisse zu sichern, wurde vorab in jeder Gruppe eine Person für das Ausfüllen des Dokuments festgelegt. Da jeder Person aus der Gruppe ein Fragebogen ausgeteilt wurde, wurden nicht nur für jede Gruppe, sondern teilweise auch von Einzelpersonen Fragebögen ausgefüllt, sodass insgesamt sieben Fragebögen als Datengrundlage genutzt werden konnten. Für die Diskussion der Fragen und der Dokumentation der Ergebnisse standen den Teilnehmenden 30 Minuten zur Verfügung. Zudem hatten alle Gruppen die Möglichkeit, während der Beantwortung der Leitfragen mit dem ChatGPT zu interagieren und damit ihre Gedanken zu konkretisieren. Die während der Gruppenarbeit formulierten Dokumentationen wurden als Datengrundlage für die Auswertung verwendet.

3.4. Datenauswertung

Zur Auswertung der Fragebögen wurde die Methode der qualitativen Inhaltsanalyse (Kuckartz & Rädiker, 2022; Mayring, 2015) verwendet, wodurch sich die Daten strukturieren und systematisieren lassen. Ferner können Kategorien gebildet, beschrieben, in Beziehung gesetzt und tiefgehender analysiert werden. Für den konkreten Ablauf der qualitativen Inhaltsanalyse wurde sich an Kuckartz und Rädiker (2022) orientiert. Für die Auswertung der Daten wurde eine inhaltlich-strukturierende Inhaltsanalyse durchgeführt (Kuckartz & Rädiker, 2022), bei der das Bilden und Anwenden von Kategorien zur Strukturierung der Daten im Vordergrund steht.

In einem ersten Schritt wurden für den ersten Zugang zum Text alle Notationen der Teilnehmenden in eine elektronische Form übertragen und entlang der

Leitfragen gesammelt. Dabei wurden die zum Teil unsystematischen Verschriftlichungen der Gruppen nachträglich den drei Leitfragen passend zugeordnet, um die Aussagen dann analysieren zu können.

Nach Kuckartz und Rädiker (2022) kann bei der Kategorienzuzuweisung deduktiv (Kategorien werden auf die Daten angewendet) und induktiv (Kategorien werden aus dem Datenmaterial abgeleitet) vorgegangen werden. In dieser Studie wurden die drei Leitfragen einzeln kategorisiert und daher jeweils verschiedene Hauptkategorien als deduktive Kategorien verwendet, was dem zweiten Schritt der inhaltlich-strukturierenden Analyse entspricht. So wurde für die erste Forschungsfrage als deduktive Hauptkategorie ein Kontinuum von *gar keine Erfahrungen* bis *umfangreiche Erfahrungen* gedacht. Für die dritte Forschungsfrage wurden entsprechend ihrer Formulierung die beiden Kategorien *Chancen* und *Grenzen verwendet*. Der Schwerpunkt der Analyse lag jedoch auf den Ideen zu konkreten Einsatzmöglichkeiten von ChatGPT in der Mathematiklehrkräftebildung, wodurch ein Fokus auf Forschungsfrage 2 liegt. Daher wurde hier – wie bereits in der Theorie erläutert und auch in der Gruppenzuzuweisung genutzt – die Einteilung von Lehrformaten in der universitären Lehrkräftebildung mit KI in *fachmathematische*, *fachdidaktische* und *praxisorientierte Lehrveranstaltungen* als deduktive Hauptkategorien vorgenommen. Nachdem die Kategorien vorläufig deduktiv im Rahmen eines Kodierleitfadens definiert wurden (s. Tabelle 1), wurden sie auf das gesamte Datenmaterial angewendet (Schritt 3). Im vierten Schritt nach Kuckartz und Rädiker (2022) wurden inhaltliche Subkategorien gebildet, die die Kategorien weiter beschreiben. Diese Kategorien wurden schließlich im Rahmen eines iterativen Prozesses auf das gesamte Datenmaterial angewendet, wodurch ein zweiter Kodierprozess durchgeführt wurde. Für weiterführende Analysen (Schritt 6 bei Kuckartz & Rädiker (2022)) wurden auch die Kategorien der zweiten Forschungsfrage fokussiert. Dafür wurden diese nach weiteren inhaltlichen Aspekten wie etwa nach der Ebene der Dozierenden (Abschnitt 4.2.1) und der Ebene der Studierenden (Abschnitt 4.2.3) sortiert. Ferner konnten für die zweite Forschungsfrage Subkategorien weiter ausgearbeitet werden. Die Subkategorien wurden nach den drei Lehrveranstaltungstypen sortiert, sodass ein Vergleich zwischen ihnen realisiert werden kann. Im siebten Schritt nach Kuckartz und Rädiker (2022) geht es um die Präsentation der Daten, die im folgenden Abschnitt umgesetzt wird.

4. Ergebnisse und Diskussion

Nachfolgend werden die Ergebnisse der qualitativen Inhaltsanalyse zu den drei Leitfragen präsentiert, wobei – gemäß den Forschungsfragen – ein deutlicher Schwerpunkt auf der Präsentation der zweiten Leitfrage zur konkreten Integration von ChatGPT in verschiedene Lehrveranstaltungstypen liegt.

4.1. Ergebnisse zu Forschungsfrage 1

Auch wenn aus einer deduktiven Perspektive zunächst davon ausgegangen wurde, dass sich die Erfahrungen mit ChatGPT der befragten Dozierenden auf einem Kontinuum zwischen *gar keine Erfahrungen* bis *umfangreiche Erfahrungen* ansiedeln würde, konnte bei der genaueren Analyse des Datenmaterials festgestellt werden, dass sich alle sieben Gruppen am Ende des Spektrums bei kaum bis gar keine Erfahrungen einsortieren. Wurden Erfahrungen notiert, dann waren diese überwiegend privater Natur, z. B. bei der Erstellung von Geburtstagsseinladungen oder Ähnlichem. Bezüglich des Einsatzes von ChatGPT in der Mathematiklehrkräftebildung konnten daher so gut wie keine Erfahrungen vorgewiesen werden oder sie beschränkten sich auf das freie Ausprobieren dieses KI-Chatbots im Rahmen des Forschungskolloquiums sowie privat mit anderen Dozierenden oder den direkten Austausch mit Studierenden über dieses KI-Tool (s. Abschnitt 3.3). Vor diesem Hintergrund reflektieren die nachfolgenden Ergebnisse zu den Chancen, Grenzen und Einsatzmöglichkeiten von KI-Chatbots wie ChatGPT in der Mathematiklehrkräftebildung eher eine vorläufige und keinesfalls empirisch gesicherte Einschätzung der befragten Dozierenden der UDE.

4.2. Ergebnisse zu Forschungsfrage 2

Die befragten Dozierenden beschreiben eine Vielzahl an denkbaren Einsatzmöglichkeiten von ChatGPT in der Mathematiklehrkräftebildung in Bezug auf die drei Lehrveranstaltungstypen (fachmathematisch, fachdidaktisch und praxisorientiert). Wie bereits in der Datenauswertung beschrieben, diente diese Unterscheidung als deduktive Hauptkategorien (FachmLV, FachdidLV, PraxisoLV) zu denen induktiv ausdifferenzierende Subkategorien herausgearbeitet wurden (s. vollständiges Kategoriensystem in Tabelle 1). Diese werden im Folgenden ausführlich dargestellt und an ausgewählten Beispielen erläutert.

4.2.1. Integration von ChatGPT in fachmathematische Lehrveranstaltungen

Von den drei Dozierenden-Gruppen Nr. 3, 4 und 5, die sich explizit mit der Integration von ChatGPT in fachmathematische Lehrveranstaltungen der Lehrkräftebildung beschäftigten, wurden insgesamt sechs verschiedene Einsatzszenarien genannt.

Dabei beschrieben die befragten Dozierenden drei Möglichkeiten, wie ChatGPT in fachmathematischen Lehrveranstaltungen auf Ebene der Studierenden eingesetzt werden kann: Zunächst könnte ChatGPT als *Hilfsmittel zur Generierung von Lösungen und Lösungswegen mathematischer Aufgaben* fungieren beispielsweise durch die „Erstellung anfänglich kontextgebundener Mathematikaufgaben“ (Gruppe 5) oder auch durch die zumeist unbeabsichtigte Ausgabe „falsche[r] Lösungen (oder Lösungswege[n])“ (Gruppe 4). In einem zweiten Schritt sollte dann dieser *Output von ChatGPT zur Lösung einer mathematischen Aufgabe hinsichtlich fachlicher Aspekte analysiert* werden. Diese fachmathematischen Aspekte konkretisiert die befragte Dozierenden-Gruppe 5 exemplarisch anhand der Veranstaltung „Lineare Algebra“ für das Lehramt an Gymnasien und Gesamtschulen (Sek II). So könnte beim Output von ChatGPT zur Eingabe „Ist x^2 surjektiv?“ der „Definitionsbe-
reich [sowie die] Ziel-/Wertemenge, die falsch verwendet werden“ (Gruppe 5) in den Blick genommen werden. Ganz allgemein sollten also die „Ergebnisse von Rechenaufgaben“ (Gruppe 5) immer kritisch überprüft werden. Dies führt dann unweigerlich

auch zur letzten vorgeschlagenen Einsatzmöglichkeit, die darin besteht, dass der *Output von ChatGPT zu fachlichen Themen als Ausgangspunkt für die weitere Auseinandersetzung mit dem Thema* genutzt wird. Dadurch ist es möglich, auch die falschen Lösungen von ChatGPT produktiv für die, in diesem Fall fachmathematische Ausbildung angehender Mathematiklehrkräfte, zu nutzen.

Die an der Befragung teilgenommenen Dozierenden, die sich mit dem Einsatz von ChatGPT in fachmathematischen Lehrveranstaltungen auseinandergesetzt haben, äußerten zudem Möglichkeiten der Nutzung von ChatGPT auf Ebene der Dozierenden. Beispielsweise können solche KI-Chatbots zur „Aufgabenentwicklung“ (Gruppe 4) und damit als *Hilfsmittel zur Generierung von Studierenden-Aufgaben für den Einsatz in Lehrveranstaltungen* genutzt werden. Zudem erscheint es sinnvoll, *ChatGPT als Hilfsmittel zur Planung von Lehrveranstaltungen* einzusetzen. Hier benennen die befragten Dozierenden beispielsweise die „Lehrplanung“ (Gruppe 4 und 5) als Ganzes, die „Skripterstellung“ (Gruppe 4) oder auch, dass ChatGPT einen „Vorschlag für die Klausur [erstellen kann, der dann] im nächsten Schritt selbst überarbeitet wird“ (Gruppe 3). Eine Dozierenden-Gruppe merkt dazu jedoch an, dass die Lehrplanunterstützung wahrscheinlich eher oberflächlich sei und daher „viel[e] Nachfragen“ (Gruppe 5) durch mehrere Prompts in ChatGPT nötig sind, um zu einer angemessenen Planung der gesamten Lehrveranstaltung aber auch einzelner Sitzungen zu gelangen.

Hauptkategorie 1: Fachmathematische Lehrveranstaltungen (FachmLV)

Subkategorien	Code	Ankerbeispiel(e)
ChatGPT als Hilfsmittel zur Generierung von Lösungen und Lösungswegen mathematischer Aufgaben	FachmLV-Stud-LösAufg	„Erstellung von anfänglich, kontextbezogenen Mathematikaufgaben [...]“ (Gruppe 5)
ChatGPT als Hilfsmittel zur Generierung von Studierenden-Aufgaben für den Einsatz in Lehrveranstaltungen	FachmLV-Doz-AufgErstellung	„Aufgabenentwicklung“ (Gruppe 4)
ChatGPT als Hilfsmittel zur Planung von Lehrveranstaltungen	FachmLV-Doz-LVPlanung	„Lehrplanung“ (Gruppe 4)
Output von ChatGPT zu fachlichen Themen als Ausgangspunkt für weitere Auseinandersetzung mit dem Thema nutzen	FachmLV-Stud-Output-Ausgang	„Gegenbeispiele/Evaluation anzeigen lassen, um Anregungen zu sammeln“ (Gruppe 5)
Output von ChatGPT zur Lösung einer mathematischen Aufgabe hinsichtlich fachlicher Aspekte analysieren	FachmLV-Stud-Output-Analyse	„z. B. LinA: Frage: Ist x^2 surjektiv? Antwort: Definitionsbereich wird nicht hinterfragt,

Begriff Ziel-/Wertemenge werden falsch verwendet, ... → ChatGPT ist für das Negativbeispiel geeignet“ (Gruppe 5)

Von ChatGPT generierten Praxisbezug (Unterrichtssituation, Lernendenverhalten etc.) zu fachlichen Themen kritisch reflektieren

FachmLV-Stud-Praxisbezug

„ggf. Praxisbezug herstellen von abstrakten Themen“ (Gruppe 5)

Hauptkategorie 2: Fachdidaktische Lehrveranstaltungen (FachdidLV)

Subkategorie	Code	Ankerbeispiel
ChatGPT als Hilfsmittel zur Antizipation von Lösungen und Lösungswegen mathematischer Aufgaben von Lernenden	FachdidLV-Stud-Lösung-AufgSuS	„Einsatz durch Studierende, um weitere/verschiedene Lösungsmöglichkeiten (von SuS) zu antizipieren“ (Gruppe 1)
ChatGPT als Hilfsmittel zur Generierung von Lösungen und Lösungswegen mathematischer Aufgaben	FachdidLV-Stud-Lösung-Aufg	„Verschiedene Lösungen zu einer Aufgabenstellung/Problemstellung von ChatGPT generieren lassen“ (Gruppe 1)
Output von ChatGPT zur Lösung einer mathematischen Aufgabe hinsichtlich fachdidaktischer Aspekte analysieren	FachdidLV-Stud-Output-Analyse	„Einsatz durch Lehrende LV Geometrie: ChatGPT wu[ü, die Autor*innen] rde noch mehr Lösungswegen für eine bestimmte Konstruktionsaufgabe (mit der Idee weitere Lösungsmöglichkeiten für die Erstellung von Lösungsblättern von Übungen zu generieren) LV MSL: ChatGPT werden Modellierungsaufgaben gestellt, z. B. Wie viele Autos stehen in einem 5km langen Stau? Modellierung von ChatGPT könnte als Diskussionsanlass mit Studierenden besprochen werden“ (Gruppe 1)
Von ChatGPT generierten Praxisbezug (Unterrichtssituation, Lernendenverhalten etc.) kritisch reflektieren	FachdidLV-Stud-Praxisbezug	„Zukunftsvision: Interviews mit durch KI-simulierten Kindern, wobei das Kind gezielt mit fachdidaktischen Elementen „gefüttert“ wurde → als „Training“/„Beispiel“ nicht als Ersatz für Praxiserprobungen“ (Gruppe 1)

Hauptkategorie 3: Praxisorientierte Lehrveranstaltungen (PraxisoLV)

Subkategorie	Code	Ankerbeispiel
(fachdidaktisch relevante) Prompts zur Eingabe in ChatGPT erstellen, testen, vergleichen und überarbeiten	PraxisoLV-Stud-Prompts	„Weiterarbeiten an Outcomes, die Überarbeitung benötigen“ (Gruppe 6)
ChatGPT als Hilfsmittel bei der Bewertung von Studierendentexten (Essays, Portfolios, Hausarbeiten, Berichte, Abschlussarbeiten etc.)	PraxisoLV-Doz-Bewertung	„Bewertung von Studienleistungen (bspw. DuF-Bericht)“ (Gruppe 6)
ChatGPT als Hilfsmittel zur Antizipation von Lösungen und Lösungswegen	PraxisoLV-Stud-Lösung-AufgSuS	„Antizipierte SuS-Lösungen erstellen lassen“ (Gruppe 7)

mathematischer Aufgaben von Lernenden		
ChatGPT als Hilfsmittel zur Entwicklung von Fördermaterialien für Lernende	PraxisoLV-Stud-FörderaufgSuS	„Entwicklung Fördermaterial“ (Gruppe 6), „ChatGPT als Förderlehrkraft?“ (Gruppe 7)
ChatGPT als Hilfsmittel zur fachdidaktischen Analyse mathematischer Aufgaben	PraxisoLV-Stud-Analyse-Aufg	„Aufgaben in Lehrplan einordnen lassen“ (Gruppe 7)
ChatGPT als Hilfsmittel zur Generierung von Lösungen und Lösungswegen mathematischer Aufgaben	PraxisoLV-Stud-Lösung-Aufg	„Aufgaben analysieren lassen oder Lösungen erstellen lassen → Hilfe für die Lehrkraft“ (Gruppe 7)
ChatGPT als Hilfsmittel zur Generierung von mathematischen Aufgaben für Lernende	PraxisoLV-Stud-AufgSuS	„Rund ums Praxissemester: Aufgaben mit ChatGPT erstellen lassen → Reflexion: gute Aufgaben, Kriterien erfüllt, Welche Vorgaben?“ (Gruppe 7)
ChatGPT als Hilfsmittel zur Planung von Mathematikunterricht	PraxisoLV-Stud-PlanungMU	„ChatGPT als Interaktionspartner → Austausch über Ideen Planungen etc.“ (Gruppe 6)
Output von ChatGPT zu fachlichen Themen als Ausgangspunkt für weitere Auseinandersetzung mit dem Thema nutzen	PraxisoLV-Stud-Output-Ausgang	„Eigenständiges Nutzen („Gib mir Möglichkeiten zur Differenzierung.“) vs. Kritisches reflektieren“ (Gruppe 6)
Output von ChatGPT zur Lösung einer mathematischen Aufgabe hinsichtlich fachdidaktischer Aspekte analysieren	PraxisoLV-Stud-Output-Analyse	„Beurteilen Sie die Qualität des erstellten Materials.“ (Gruppe 7)
Von ChatGPT generierten Praxisbezug (Unterrichtssituation, Lernendenverhalten etc.) zu fachdidaktischen Aspekten kritisch reflektieren	PraxisoLV-Stud-Praxisbezug	„Vignetten erstellen lassen (versch. Formate)“ (Gruppe 7)

Note. Die Codes der Subkategorien setzen sich aus dem Kürzel der Hauptkategorien (FachmLV, FachdidLV, PraxisoLV), der avisierten Ebene der Subkategorien (Stud – Studierende; Doz – Dozierende) und einer Abkürzung für die Subkategorien selbst zusammen.

Tab. 1: Kategoriensystem zu Leitfrage 2

4.2.2. Integration von ChatGPT in fachdidaktische Lehrveranstaltungen

Zur Integration von KI-Chatbots wie ChatGPT in fachdidaktische Lehrveranstaltungen wurden von den befragten Dozierenden-Gruppen Nr. 1 und 2 zwar nur vier verschiedene Einsatzmöglichkeiten auf Ebene der Studierenden beschrieben, diese wurden aber zum Teil mehrfach benannt und konkret ausgearbeitet.

Auch hier listen die Dozierenden den Aspekt auf, dass ChatGPT als *Hilfsmittel zur Generierung von Lö-*

sungen und Lösungswegen mathematischer Aufgaben genutzt werden kann, wobei hier der Aspekt in den Vordergrund tritt, dass zu einer Aufgabe im Sinne eines von Heterogenität der Lernenden gekennzeichneten Mathematikunterrichts „verschiedene Lösungen“ (Gruppe 1) generiert und dann miteinander verglichen werden könnten. Dieser fachdidaktische Gedanke wird noch einmal stärker deutlich, indem die befragten Dozierenden *ChatGPT als Hilfsmittel zur Antizipation von Lösungen und Lösungswegen mathematischer Aufgaben von Lernenden* beschreiben und so nicht nur Aufgabenlösungen auf dem eigenen mathematischen Niveau von der KI

erstellen lassen, sondern auch auf dem Niveau von Lernenden. In einem nächsten Schritt kann dann in fachdidaktischen Veranstaltungen der Lehrkräftebildung der *Output von ChatGPT zur Lösung einer mathematischen Aufgabe hinsichtlich fachdidaktischer Aspekte analysiert werden*. Eine Dozierenden-Gruppe konkretisierte ihre Überlegungen hierzu für die Veranstaltung *Mathematiklernen in substanziellen Lernumgebungen (MSL)* für das Lehramt an Grundschulen bzw. Sonderpädagogischer Förderung an Grundschulen, indem ChatGPT eine Modellierungs- bzw. FERMI-Aufgabe (z. B. Wie viele Autos stehen in einem 5 km langen Stau?) gestellt wird und der Output dann als „Diskussionsanlass mit den Studierenden“ (Gruppe 1) dienen kann. Das letzte beschriebene Einsatzszenario der Dozierenden mit Fokus auf fachdidaktische Lehrveranstaltungen beschreibt noch eine „Zukunftsvision“ (Gruppe 1), in der „Interviews mit durch KI-simulierten Kindern, wobei das Kind gezielt mit fachdidaktischen Elementen ‚gefüttert‘ wurde“ (Gruppe 1), geführt werden. Diese könnten im Sinne eines Trainings der angehenden Mathematiklehrkräfte vor bzw. als Ergänzung zu den Praxisphasen zum Einsatz kommen. Somit wird hier die Möglichkeit benannt, dass ein *von ChatGPT generierter Praxisbezug (Unterrichtssituation, Lernendenverhalten etc.) kritisch reflektiert wird*.

4.2.3. Integration von ChatGPT in praxisorientierte Lehrveranstaltungen

Zu möglichen Einsatzszenarien von ChatGPT in praxisorientierten Lehrveranstaltungen der Mathematiklehrkräftebildung nannten die befragten Dozierenden-Gruppen Nr. 6 und 7 insgesamt die meisten Subkategorien (11 verschiedene) und beschreiben damit umfangreiche Integrationsmöglichkeiten dieses KI-Chatbots. Die deutlich höhere Anzahl an genannten Subkategorien für diesen Lehrveranstaltungstyp kann zweierlei bedeuten. Es wäre zum einen anzunehmen, dass solche Veranstaltungen mit Blick auf die zukünftige Aufgabe der Studierenden, ihren Lernenden ebenfalls eine angemessene AI-Literacy zu vermitteln, besonders relevant erscheinen und daher die befragten Dozierenden hier viele Ideen für die Integration von ChatGPT auflisteten. Zum anderen kann die hohe Anzahl an Einsatzmöglichkeiten auch darauf zurückgeführt werden, dass in praxisorientierten Lehrveranstaltungen auch fachmathematische und fachdidaktische Elemente eine Rolle spielen und somit unweigerlich auch Subkategorien aus den anderen Lehrveranstaltungstypen (s. Abschnitt 4.2.1 und 4.2.2) zum Tragen kommen können.

Zunächst ist hervorzuheben, dass von den elf Subkategorien nur eine die Ebene der Dozierenden beschreibt, und zwar dadurch, dass *ChatGPT als Hilfsmittel bei der Bewertung von Studierendentexten (Essays, Portfolios, Hausarbeiten, Berichte, Abschlussarbeiten etc.)* genutzt werden könnte. Obwohl diese Kategorie grundsätzlich bei allen drei Lehrveranstaltungstypen denkbar ist, wird der Nutzen von KI-Tools bei der Bewertung von Studierendentexten, hier am Beispiel des Berichts aus der Veranstaltung „Diagnose und Förderung“ für das Lehramt an Grundschulen bzw. Sonderpädagogische Förderung an Grundschulen, genannt. Hier ist anzumerken, dass es bisher keinen datenschutzrechtlichen Rahmen gibt (und dieser vermutlich auch in Zukunft nicht gegeben sein wird), der die Nutzung von KI-Chatbots bei der Bewertung von Prüfungsleistungen von Studierenden erlaubt.

Alle anderen zehn Subkategorien charakterisieren daher vielfältige Möglichkeiten, wie ChatGPT die praktische Mathematiklehrkräfteausbildung an Universitäten unterstützen kann. Dabei werden fünf Aspekte genannt, die bereits zuvor bei den fachmathematischen und/oder fachdidaktischen Lehrveranstaltungen aufgeführt wurden (Abschnitt 4.2.1 und 4.2.2), was die zuvor aufgeworfene zweite These zur erhöhten Anzahl an Subkategorien bei diesem Lehrformat unterstützt. So benannten die Dozierenden zunächst, dass *ChatGPT als Hilfsmittel zur Generierung von Lösungen und Lösungswegen mathematischer Aufgaben* im Sinne einer „Hilfe für die Lehrkraft“ (Gruppe 7) oder auch als „Werkzeug im Unterricht“ (Gruppe 6) fungieren kann. Ebenso wird erneut von den befragten Dozierenden aufgeführt, dass *ChatGPT als Hilfsmittel zum Antizipieren von Lösungen und Lösungswegen mathematischer Aufgaben von Lernenden* dienen kann, was den fachdidaktischen Fokus bei der Verwendung von KI-Chatbots noch einmal erweitert und hinsichtlich eines stärker praxisorientierten Blicks auf den Mathematikunterricht in der universitären Lehrkräftebildung vertieft. Zudem scheint es laut den Dozierenden lohnenswert, auch in praxisorientierten Veranstaltungen der Mathematiklehrkräftebildung den *Output von ChatGPT zur Lösung einer mathematischen Aufgabe hinsichtlich fachdidaktischer Aspekte zu analysieren* und mit Blick auf den zukünftigen oder bereits erlebten Mathematikunterricht zu reflektieren. Hierzu nennt eine Dozierenden-Gruppe den beispielhaften Arbeitsauftrag „Beurteilen Sie die Qualität des [von ChatGPT] erstellen Materials“ (Gruppe 7). Gleichzeitig kann auch in praxisorientierten Lehrveranstaltungen der *Output von ChatGPT zu fachlichen Themen*

als Ausgangspunkt für eine weitere Auseinandersetzung mit dem Thema genutzt werden. Dies könnte durch ein sogenanntes „Black-Box-Modell[s]“ (Gruppe 6) geschehen, bei dem die Studierenden ohne großes Vorwissen KI-Chatbots wie ChatGPT zur Planung von Unterrichtseinheiten befragen und dann die für sie unbekannten Aspekte durch fachdidaktische Literatur vertiefen müssen. Letztlich verwundert es in keinem Fall, dass die befragten Dozierenden vor allem das Einsatzszenario, dass der von ChatGPT generierte Praxisbezug (Unterrichtssituation, Lernendenverhalten etc.) kritisch reflektiert wird, im Rahmen praxisorientierter Lehrformate betonen. Hier werden Schlagworte wie die „Fallkonstruktion“ (Gruppe 6), „Vignetten erstellen“ (Gruppe 7) oder die „intendierte Handlung von Lehrkräften“ (Gruppe 6) angeführt.

Über die genannten Einsatzszenarien hinaus benennen und erläutern die befragten Dozierenden zudem fünf weitere Subkategorien für praxisorientierte Lehrveranstaltungen in der Mathematiklehrkräftebildung. Als wünschenswert zu entwickelnde AI-Literacy der Studierenden wird hier zunächst beschrieben, dass diese (fachdidaktisch relevanten) Prompts zur Eingabe in ChatGPT erstellen, testen, vergleichen und überarbeiten können, was beispielsweise durch die Aufgabenstellung „Konstruieren Sie ihre Prompts so, dass da Material für Unterricht eingesetzt werden kann. Berücksichtigt werden sollen die Qualitätskriterien aus der Veranstaltung.“ (Gruppe 7) angeregt werden könnte. Die letzten vier Subkategorien beschreiben Integrationsmöglichkeiten von KI-Chatbots wie ChatGPT, die alle auf die konkrete Planung von Mathematikunterricht abzielen. So kann ChatGPT als Hilfsmittel zur Generierung von mathematischen Aufgaben für Lernende dienen, wobei darauf geachtet werden muss, dass die KI-Tools die zuvor in den Veranstaltungen erarbeiteten fachdidaktischen „Kriterien für gute Aufgaben“ (Gruppe 7) erfüllen. Darauf aufbauend könnte ChatGPT als Hilfsmittel zur fachdidaktischen Analyse mathematischer Aufgaben eingesetzt werden, um den didaktischen Hintergrund, die Auswahl von Medien und Material oder auch die Einordnung der Aufgaben „in den Lehrplan“ (Gruppe 7) zu unterstützen. Zudem könnte ChatGPT auch als Hilfsmittel zur Entwicklung von Fördermaterialien für Lernende eingesetzt werden, wobei hier die Dozierenden-Gruppe 7 die durchaus berechtigte Frage aufwirft, ob KI-Tools hier als Förderlehrkraft auftreten können bzw. sollten oder nicht. In jedem Fall könnte ChatGPT als Hilfsmittel zur Planung von Mathematikunterricht eingesetzt werden, also etwa zur „Unterrichtsplanung“ (Gruppe 6) im

Ganzen, als „Interaktionspartner [für den] Austausch von Ideen“ (Gruppe 6) oder zur „Stundenplanung + Unterrichtsentwurf“ (Gruppe 7). In jedem Fall betonen die befragten Dozierenden, dass die mit KI-Chatbots geplanten Unterrichtsstunden nach der Durchführung ausgiebig im Rahmen der praxisorientierten Lehrveranstaltungen reflektiert werden müssen.

4.2.4. Vergleich der Integrationsmöglichkeiten von ChatGPT

Werden die nun zuvor ausführlich beschriebenen Einsatzmöglichkeiten von ChatGPT in den verschiedenen Lehrformaten genauer in den Blick genommen, dann fällt auf, dass die befragten Dozierenden die Integrationsmöglichkeiten von ChatGPT auf zwei Ebenen beschreiben. Zum einen werden Einsatzszenarien umrissen, die auf der Ebene der Studierenden anzusiedeln sind und deren AI-Literacy weiter ausbauen sollen. Zum anderen werden aber auch – vor allem im Rahmen von fachmathematischen Lehrveranstaltungen – Einsatzmöglichkeiten beschreiben, die eher auf der Ebene der Lehrenden selbst liegen. Dies zeigt, dass die befragten Mathematikdozierenden das Potenzial des Einsatzes dieser KI-Chatbots vor allem für die Professionalisierung ihrer Studierenden sehen und weniger für sich selbst.

Des Weiteren fällt bei einer genaueren Betrachtung des gesamten Kategoriensystems auf, dass einzelne Subkategorien bei mehreren Hauptkategorien, d. h. entweder über alle drei oder über zwei Lehrveranstaltungstypen hinweg, auftreten. Insbesondere die zwei im Folgenden diskutierten Subkategorien, die von den befragten Dozierenden-Gruppen in allen drei Lehrformaten herausgearbeitet wurden, stellen daher Szenarien für den Einsatz von KI-Chatbots wie ChatGPT dar, die als eher lehrveranstaltungsübergreifend anzusehen sind. Hier ist zunächst die Kategorie mit den meisten Nennungen (8 von 42 Kodierungen der Kategorien zu Leitfrage 2 innerhalb der sieben Fragebögen) zu betonen, nämlich dass ChatGPT als Hilfsmittel zur Generierung von Lösungen und Lösungswegen mathematischer Aufgaben verwendet werden kann. Dies erscheint sinnvoll, da es den Dozierenden im Zweifel aufwendige Vorbereitungen der ausgewählten Aufgaben abnehmen kann, aber auch Studierende Einsicht darin erlangen können, dass Aufgaben auf verschiedene Arten und Weisen gelöst werden können. Zudem wurde die zweithäufigste Subkategorie (5 von 42), dass die Studierenden den von ChatGPT generierten Praxisbezug (Unterrichtssituation, Lernendenverhalten etc.) kritisch reflektieren, bei allen drei Lehrformaten genannt. Daraus lässt sich das Potenzial von ChatGPT

ableiten, fiktive Praxisbezüge zu erstellen (im besten Fall sogar mit von den Dozierenden kontrollierten bzw. bewusst gesetzten Parametern), um authentische Unterrichtsbeispiele bzw. sinnvolle Trainings-szenarien in der universitären Lehrkräftebildung zu etablieren und so eine stärkere Theorie-Praxis-Verzahnung zu erreichen.

Darüber hinaus ist hervorzuheben, dass zwei Subkategorien im Kontext von sowohl fachdidaktischen als auch praxisorientierten Lehrveranstaltungen genannt wurden. Dass *ChatGPT als Hilfsmittel zum Antizipieren von Lösungen und Lösungswegen mathematischer Aufgaben von Lernenden* in der Lehrkräftebildung genutzt werden kann, scheint insgesamt eine besonders naheliegende und vielseitige Einsatzmöglichkeit zu sein, die insbesondere in allen didaktisch orientierten Lehrformaten passend scheint. Gleiches gilt dafür, dass die Mathematiklehramtsstudierenden darin geschult werden müssen, den *Output von ChatGPT zur Lösung einer mathematischen Aufgabe hinsichtlich fachdidaktischer Aspekte zu analysieren*, um so gleichermaßen ein vertieftes Verständnis von den fachdidaktischen Inhalten zu erwerben als auch ihre AI-Literacy bezüglich eines kritischen Umgangs mit KI-generierten Produkten auszubauen.

Zuletzt konnte eine Subkategorie identifiziert werden, die in fachmathematischen und praxisorientierten Lehrveranstaltungen gleichermaßen auftraten, nämlich den *Output von ChatGPT zu fachlichen Themen als Ausgangspunkt für weitere Auseinandersetzung mit dem Thema zu nutzen*. Dies verdeutlicht, dass obwohl die beiden Lehrformate grundsätzlich verschiedene Ausbildungsziele verfolgen (den Aufbau von mathematischem Fach- bzw. Grundlagenwissen im Gegensatz zum Aufbau von praktischen Lehrerfahrungen in der Schule), die Integration von KI-Chatbots wie ChatGPT in beiden Lehrveranstaltungen Potenzial für die reflektierte und weiterführende Auseinandersetzung mit KI-generierten Lösungen bzw. Lösungswegen zu mathematischen Aufgaben bietet.

4.3. Ergebnisse zur Forschungsfrage 3

Im Rahmen der Reflexion spannten die Lehrenden sowohl Chancen als auch Grenzen auf, wobei insgesamt deutlich mehr Grenzen als Chancen explizit benannt werden. Dies könnte die in Studien beobachtete Tendenz zu einer eher kritisch-optimistischen Haltung gegenüber digitalen Medien und speziell auch gegenüber KI-Tools widerspiegeln (Krauthausen, 2012; Ostermann et al. 2021; Vo et al. 2023).

Als *Chancen* nannten die befragten Dozierenden dreimal, dass die *Wahl der richtigen Prompts erlernt werden muss*. Außerdem gilt es im Sinne der AI-Literacy als bedeutsame Aufgabe, dass die Studierenden und angehenden Mathematiklehrkräfte aller Schulformen bei der Verwendung von ChatGPT immer auch eine *kritische Reflexion der Qualität des Outputs* vornehmen und diesen nicht einfach so ungeprüft übernehmen. So kann insgesamt *ChatGPT als Hilfsmittel für Lehrende und Studierende* in vielseitigen Belangen der universitären schulischen Berufspraxis angesehen werden (s. Abschnitt 4.2).

Den Chancen stehen insgesamt vier von den Dozierenden-Gruppen genannte *Grenzen* entgegen. So kann die *kritische Reflexion der Qualität des Outputs* zwar als Potenzial für die Ausbildung der AI-Literacy – aber auch als Herausforderung gesehen werden, da ChatGPT aktuell vor allem vielfach unreflektiert genutzt wird, was sich beispielsweise an minderqualitativen mündlichen und schriftlichen Arbeiten der Studierenden niederschlägt. Außerdem vermuten die befragten Dozierenden durch den gesteigerten Einsatz von ChatGPT einen *möglichen Verlust an Kreativität bei den Studierenden*. Zudem sind nach wie vor viele *rechtliche Grundlagen ungeklärt*, weshalb ein Einsatz dieses KI-Tools erschwert wird. Zudem sollte das *Erlernen des Umgangs mit ChatGPT* explizit als neue Aufgabe der Lehrkräftebildung in passenden Lehrveranstaltungen etabliert werden, was zu einer Überforderung der Dozierenden führen könnte.

Insgesamt steht hier der Aspekt, dass der Output von ChatGPT für den Einsatz solcher KI-Chatbots in der Mathematiklehkräftebildung stets kritisch reflektiert werden muss, im Zentrum der Diskussion. Dabei wären weitere zentrale Aspekte beim Einsatz von KI-Chatbots wie etwa ethische, datenschutzrechtliche, finanzielle, technische oder auch prüfungsrechtliche Themen ebenso als bedeutsame Grenzen zu nennen und in zukünftigen Forschungskolloquien detailliert zu diskutieren.

5. Perspektiven und Ausblick

Zur zusammenfassenden Beantwortung der Forschungsfragen lässt sich hinsichtlich Forschungsfrage 3 sagen, dass die Integration von KI-Chatbots wie ChatGPT in die Mathematiklehkräftebildung vielfältige Chancen bietet, gleichzeitig aber auch Grenzen aufwirft, die künftig adressiert werden müssen. Dabei steht beispielsweise die kritische Reflexion des Outputs als Chance der unreflektierten Nutzung als Grenze gegenüber. Zudem zeigt sich gemäß For-

schungsfrage 1, dass die Teilnehmenden des Forschungskolloquiums bisher wenige Erfahrungen beim Einsatz von KI-Tools und Chatbots wie ChatGPT vorweisen und diese bisher eher im privaten Umfeld verwendet werden, was die Notwendigkeit von Schulungen für Dozierende aufzeigt. Im Rahmen der zweiten Forschungsfrage ergab sich, dass die Teilnehmenden des Forschungskolloquiums vielfältige Ideen zum Einsatz von ChatGPT entwickelten, wobei als lehrveranstaltungsübergreifende Kategorie insbesondere der Einsatz von ChatGPT als Hilfsmittel zur Generierung von Lösungen und Lösungswegen mathematischer Aufgaben genannt wurde. Zudem stand die Nutzung von ChatGPT als Hilfsmittel zum Antizipieren von Lösungen mathematischer Aufgaben und die (kritische) Analyse des Outputs von ChatGPT im Vordergrund.

Damit zeigt diese ad hoc Befragung von Dozierenden insgesamt durchaus potenzielle Einsatzmöglichkeiten von KI-Tools in der Ausbildung von Mathematiklehrkräften auf, konkrete Handlungsempfehlungen lassen sich daraus jedoch nicht ableiten. Zudem spiegeln die Ergebnisse die in der gesamten Gesellschaft vorherrschende Ambivalenz gegenüber dem Einsatz von KI wider, die sich zwischen Neugier und Unsicherheit zu bewegen scheint (Richard et al., 2022; Thurm & Barzel, 2022). Somit kommt der Lehrkräftebildung in dieser Diskussion eine besondere Bedeutung zu, die es nun gilt, verantwortungsvoll anzunehmen und adäquate hochschuldidaktische Konzepte für den Einsatz von KI-Tools zu entwickeln, die auf weiterer systematischer Forschungsarbeit fundiert werden müssen.

Im Folgenden sollen drei wesentliche Aspekte für die zukünftige Entwicklung beleuchtet werden: Schulungen für Dozierende, AI-Literacy für Studierende und die Praxisorientierung der Seminare.

1. Schulungen für Dozierende: Für eine effektive Integration von KI in die Lehrkräftebildung ist es unerlässlich, dass Dozierende gezielt auf den Umgang mit KI-Tools und Chatbots wie ChatGPT vorbereitet werden. Solche Schulungen (etwa im Rahmen entsprechender hochschuldidaktischer Angebote oder Qualitätskonferenzen) sollten einerseits technische Grundlagen zum Einsatz von KI-Chatbots wie ChatGPT vermitteln, andererseits aber auch spezifische fachmathematische und fachdidaktische Aspekte fokussieren. Themen wie die Gestaltung effektiver Prompts und die kritische Bewertung von KI-generiertem Material (z. B. Lösungsvorschläge, Unterrichtsszenarien) sollten ebenso behandelt werden

wie ethische und rechtliche Fragestellungen. Darüber hinaus ist die Reflexion über die Auswirkungen von KI auf die Lehrpraxis zentral: Dozierende sollten erlernen, wie sie die Nutzung von ChatGPT so steuern können, dass sie kreative und reflexive Fähigkeiten bei den Studierenden fördern, anstatt diese durch eine bloße Generierung von Aufgaben zu ersetzen.

2. Förderung der AI-Literacy für Studierende: Die Daten verdeutlichen, dass der Einsatz von KI-Tools und Chatbots wie ChatGPT in der Lehrkräftebildung sowohl auf fachlicher als auch auf fachdidaktischer Ebene wertvolle Lernchancen bietet. In diesem Zusammenhang wird die Entwicklung einer soliden AI-Literacy bei den Studierenden besonders wichtig. AI-Literacy umfasst dabei die Fähigkeit, KI-Tools kritisch und kompetent zu nutzen. Studierende sollten darin geschult werden, die Qualität und Angemessenheit von ChatGPT-Generierungen zu hinterfragen und selbstständig zu prüfen. Zusätzlich ist es hilfreich, den Umgang mit Fehlern und Unsicherheiten im Output von ChatGPT in die Ausbildung einzubeziehen. Eine solche Kompetenzentwicklung stärkt nicht nur die Fachlichkeit, sondern vermittelt auch ein grundlegendes Verständnis für die Chancen und Grenzen von KI-Tools im Bildungsbereich. Letztlich wird dadurch die zukünftige Lehrtätigkeit der Studierenden um eine kritische, reflektierte Perspektive auf den Einsatz digitaler Medien erweitert.

3. Praxisorientierung der Lehrveranstaltungen und KI-Integration: Die Ergebnisse zeigen, dass der Einsatz von ChatGPT insbesondere in praxisorientierten Lehrveranstaltungen eine sinnvolle Ergänzung darstellen kann, wenngleich auch Chancen für fachmathematische und fachdidaktische Veranstaltungen gesehen werden, insbesondere an der Schnittstelle zu praxisorientierten Veranstaltungen. Da nämlich solche Seminare in der Regel fachmathematische und fachdidaktische Aspekte mitberücksichtigen (etwa bei der Planung von Lernumgebungen), bietet der Einsatz von KI-Tools die Möglichkeit, alle drei Bereiche – d. h. fachmathematische, fachdidaktische und praxisorientierte Aspekte – zu integrieren. Beispielsweise kann ChatGPT in Simulationen von Unterrichtssituationen eingebunden werden, um hypothetische Fallbeispiele oder Vignetten zu erstellen, die dann von den Studierenden analysiert werden. Ebenso können KI-Chatbots zur Entwicklung und Überprüfung von Aufgabenformaten oder zur Unterrichtsplanung herangezogen werden, was den Studierenden eine authentische Vorbereitung auf die Praxis ermöglicht. Durch die gezielte Reflexion der KI-generierten Vorschläge in den Seminaren kann die

Interaktion zwischen Theorie und Praxis gestärkt werden, wodurch Studierende lernen, die Chancen von KI-Tools gezielt und kritisch in ihre spätere Berufspraxis zu integrieren.

Zusammenfassend lässt sich feststellen, dass die Integration von ChatGPT in die Mathematiklehrkräftebildung wertvolle Impulse zur Weiterentwicklung der Lehrpraxis bietet, jedoch eine fundierte Vorbereitung und Schulung der Beteiligten erfordert. Die zukünftige Lehrkräftebildung kann durch eine bewusste und reflektierte Nutzung von KI-Tools bereichert werden, sofern die notwendigen Kompetenzen auf Dozierenden- und Studierendenseite systematisch aufgebaut werden.

Literatur

- Arora, S., Narayan, A., Chen, M. F., Orr, L., Guha, N., Bhatia, K., Chami, I. & Ré, C. (2023). *Ask Me Anything: A simple strategy for prompting language models*. International Conference on Learning Representations (ICLR 2023), Kigali, Rwanda. <https://openreview.net/pdf?id=bhUPJnS2gOX>
- Barzel, B., Hasebrink, K., Schacht, F. & Stechemesser, J. M. (2024). Digitale Medien in der Lehramtsausbildung Mathematik. In B. Barzel, A. Büchter, C. Rütten, F. Schacht & S. Weskamp-Kleine (Hrsg.), *Inklusives Lehren und Lernen von Mathematik* (S. 217–237). Springer Spektrum. https://doi.org/10.1007/978-3-658-43964-4_14
- Bescherer, C., Büscher, C., Lengnink, K., Pinkernell, G., Reinhold, F., Schacht, F., Schreiber, C. & Walter, D. (2024). Mathematische Bildung und Digitalisierung. Strategiepapier der Gesellschaft für Didaktik der Mathematik (GDM). *Mitteilungen der GDM*, 117, 6–14.
- Buchholtz, N., Baumanns, L., Huget, J., Peters, F., Schorch, S. & Pohl, M. (2023). Herausforderungen und Entwicklungsmöglichkeiten für die Mathematik-Didaktik durch generative KI-Sprachmodelle. *Mitteilungen der Gesellschaft für Didaktik der Mathematik*, 114, 19–26.
- Casal-Otero, L., Catala, A., Fernández-Morante, C., Taboada, M., Cebreiro, B. & Barro, S. (2023). AI-Literacy in K-12: a systematic literature review. *International Journal of STEM Education*, 10(1), 1–17. <https://doi.org/10.1186/s40594-023-00418-7>
- Clark-Wilson, A., Robutti, O. & Sinclair, N. (Hrsg.). (2013). *The Mathematics Teacher in the Digital Era*. Springer Dordrecht. <https://doi.org/10.1007/978-94-007-4638-1>
- Döring, N. (2023). *Forschungsmethoden und Evaluation in den Sozial- und Humanwissenschaften*. Springer. <https://doi.org/10.1007/978-3-662-64762-2>
- Drijvers, P., Ball, L., Barzel, B., Heid, M. K., Cao, Y. & Maschietto, M. (2016). *Uses of Technology in Lower Secondary Mathematics Education: A Concise Topical Survey*. Springer International Publishing. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-33666-4>
- Drijvers, P., Kieran, C., Mariotti, M.-A., Ainley, J., Andresen, M., Chan, Y. C., Dana-Picard, T., Gueudet, G., Kidron, I., Leung, A. & Meagher, M. (2010). Integrating Technology into Mathematics Education: Theoretical Perspectives. In C. Hoyles & J.-B. Lagrange (Hrsg.), *Mathematics Education and Technology-Rethinking the Terrain: The 17th ICMI Study* (S. 89–132). Springer US. https://doi.org/10.1007/978-1-4419-0146-0_7
- Engelbrecht, J., Borba, M.C. (2024). Recent developments in using digital technology in mathematics education. *ZDM Mathematics Education* 56, 281–292. <https://doi.org/10.1007/s11858-023-01530-2>
- Guckelsberger, S. & Schacht, F. (2023). “There is no such thing as a mathematics classroom without elements of linguistic support”. Language education for future mathematics teachers in a research-based setting. In E. Gierlinger, M. Döll & G. Keplinger (Hrsg.), *TALK in multilingual classrooms. Teachers’ awareness of language in secondary education* (S. 171–187). Waxmann.
- Kultusministerkonferenz (KMK) (2017). *Bildung in der digitalen Welt. Strategie der Kultusministerkonferenz*. Online: https://www.kmk.org/fileadmin/Dateien/pdf/PresseUndAktuelles/2018/Digitalstrategie_2017_mit_Weiterbildung.pdf (Letzter Zugriff: 11.10.2024).
- Kultusministerkonferenz (KMK) (2021). *Lehren und Lernen in der digitalen Welt. Die ergänzende Empfehlung zur Strategie „Bildung in der digitalen Welt“*. Online: https://www.kmk.org/fileadmin/Dateien/veroeffentlichungen_beschlusse/2021/2021_12_09-Lehren-und-Lernen-Digi.pdf (Letzter Zugriff: 11.10.2024)
- Krauthausen, G. (2012). *Digitale Medien im Mathematikunterricht der Grundschule*. Spektrum. <https://doi.org/10.1007/978-3-8274-2277-4>
- Kuckartz, U. & Rädiker, S. (2022). *Qualitative Inhaltsanalyse. Methoden, Praxis, Computerunterstüt-*

- pung. Beltz.
- <https://content-select.com/de/portal/media/view/5e623532-20b8-4f33-b19e-4a1db0dd2d03>
- Mayring, P. (2015). Qualitative Inhaltsanalyse. Beltz. <https://content-select.com/de/portal/media/view/552557d1-12fc-4367-a17f-4cc3b0dd2d03>
- Mousley, J., Lambdin, D. & Koc, Y. (2003). Mathematics Teacher Education and Technology. In A. J. Bishop, M. A. Clements, C. Keitel, J. Kilpatrick & F. K. S. Leung (Hrsg.), *Second International Handbook of Mathematics Education* (S. 395–432). Springer Netherlands. https://doi.org/10.1007/978-94-010-0273-8_13
- Ng, D. T. K., Leung, J. K. L., Chu, S. K. W. & Qiao, M. S. (2021). Conceptualizing AI literacy: An exploratory review. *Computers and Education: Artificial Intelligence*, 2, 1–17. <https://doi.org/10.1016/j.caeai.2021.100041>
- Noster, N., Gerber, S. & Siller, H.-S. (2025). Pre-Service Teachers' Approaches in Solving Mathematics Tasks with ChatGPT. *Digital Experiences in Mathematics Education*, 10(3), 543–567. <https://doi.org/10.1007/s40751-024-00155-8>
- OECD (Organization for Economic Co-operation and Development). (2018). PISA 2022 Mathematics Framework (Entwurf). <https://pisa2022-maths.oecd.org/files/PISA%202022%20Mathematics%20Framework%20Draft.pdf> (Letzter Zugriff: 18.11.2024)
- OECD (Organization for Economic Co-operation and Development). (2019). OECD Future of Education and Skills 2030. OECD Learning Compass 2030: A Series of Concept Notes. https://www.oecd.org/content/dam/oecd/en/about/projects/edu/education-2040/1-1-learning-compass/OECD_Learning_Compass_2030_Concept_Note_Series.pdf (Letzter Zugriff: 18.11.2024)
- OpenAI. (2023). *ChatGPT*. In (Version 4.0). chat.openai.com
- Ostermann, A., Lindmeier, A., Härtig, H., Kampschulte, L., Ropohl, M. & Schwanewedel, J. (2021). Mathematikspezifische Medien nutzen. Was macht den Unterschied – Lehrkraft, Schulkultur oder Technik? *Die Deutsche Schule*, 113(2), 199–217. <https://doi.org/10.31244/ddS.2021.02.07>
- Pepin, B., Buchholtz, N. & Salinas-Hernández, U. (2025a). "Mathematics Education in the Era of ChatGPT: Investigating Its Meaning and Use for School and University Education" – Editorial to Special Issue. *Digital Experiences in Mathematics Education*, 11(1), 1–8. <https://doi.org/10.1007/s40751-025-00173-0>
- Pepin, B., Buchholtz, N. & Salinas-Hernández, U. (2025b). A Scoping Survey of ChatGPT in Mathematics Education. *Digital Experiences in Mathematics Education*, 11(1), 9–41. <https://doi.org/10.1007/s40751-025-00172-1>
- Pinkernell, G., Reinhold, F., Schacht, F. & Walter, D. (Hrsg.) (2022a). *Digitales Lehren und Lernen von Mathematik in der Schule*. Springer Spektrum. <https://doi.org/10.1007/978-3-662-65281-7>
- Pinkernell, G., Reinhold, F., Schacht, F. & Walter, D. (2022b). Mathematische Bildung in der digitalen Welt. Die digitale Transformation im Fokus der Mathematikdidaktik – Theorie, Empirie, Praxis. In V. Frederking & R. Romeike (Hrsg.), *Fachliche Bildung in der digitalen Welt. Digitalisierung, Big Data und KI im Forschungsfokus von 15 Fachdidaktiken* (S. 234–259). Waxmann.
- Richard, P. R., Vélez, M. P. & Van Vaerenbergh, S. (Hrsg.) (2022). *Mathematics Education in the Age of Artificial Intelligence: How Artificial Intelligence can serve Mathematical Human Learning*. Springer Cham. <https://doi.org/10.1007/978-3-030-86909-0>
- Rummler, K., Koppel, I., Aßmann, S., Bettinger, P. & Wolf, K. D. (Hrsg.) (2020). *Lernen mit und über Medien in einer digitalen Welt*. Jahrbuch Medienpädagogik 17. OAPublishing Collective. <https://doi.org/10.21240/mpaed/jb17.X>
- Sarker, I. H. (2021). Machine Learning: Algorithms, Real-World Applications and Research Directions. *SN Computer Science*, 2, 1–21. <https://doi.org/10.1007/s42979-021-00592-x>
- Schacht, F. & Barzel, B. (2018). Digitalisierung in der Mathematiklehrausbildung. In Fachgruppe Didaktik der Mathematik der Universität Paderborn (Hrsg.), *Beiträge zum Mathematikunterricht 2018* (S. 1547–1550). WTM-Verlag.
- Schacht, F. & Scherer, P. (Hrsg.) (2025). *Digitale Lehrkräftebildung Mathematik*. Springer.
- Schacht, F. & Guckelsberger, S. (2022). *Sprachbildung in der Lehramtsausbildung Mathematik. Konzepte für eine sprachbewusste Hochschullehre*. Springer Spektrum. <https://doi.org/10.1007/978-3-662-63793-7>
- Schacht, F., Scherer, P., Schöttler, C. & Stechemesser, J. M. (2022a). Die Ausbildung im Fach Mathematik im Lehramt Grundschule zwischen fachmathematischer Tiefe, didaktischem Anspruch und digitalen Möglichkeiten. In I. Mammes & C. Rotter

(Hrsg.), *Professionalisierung von Grundschullehrkräften* (S. 176–187). Klinkhardt.
<https://doi.org/10.25656/01:24626>

Schacht, F., Guckelsberger, S. & Erbay, S. (2022b). „Das ist eine Unparallele“ – Ein Beitrag aus der Perspektive der universitären Lehrkräfteausbildung zur Verknüpfung von Sprache und Fach am Beispiel der Mathematik. In K. Cantone, E. Gürsoy, I. Lammers & H. Roll (Hrsg.), *Fachorientierte Sprachbildung und sprachliche Vielfalt in der Lehrkräftebildung. Hochschuldidaktische Formate an der Universität Duisburg-Essen* (S. 179–206). Waxmann.

Schmidt, J. M.-C. (2024). *Grundlagenwissen zu Künstlicher Intelligenz von angehenden Lehrkräften. Modellbasierte Testentwicklung und Validierung*. wbv Publikation. Dissertation, Universität Leipzig.
<https://doi.org/10.25656/01:30235>

Schorcht, S., Buchholtz, N., Baumanns, L., Huget, J., Peters, F. & Pohl, M. (2023). AskSmart to Get Smart: Mathematische Ausgaben generativer KI-Sprachmodelle verbessern durch gezieltes Prompt Engineering. *Mitteilungen der Gesellschaft für Didaktik der Mathematik*, 115, 12–23.

Thurm, D. & Barzel, B. (2022). Teaching mathematics with technology: a multidimensional analysis of teacher beliefs. *Educational Studies in Mathematics*, 109, 41–63.
<https://doi.org/10.1007/s10649-021-10072-x>

UNESCO. (2023). *Global education monitoring report 2023: Technology in education - A tool on whose terms?* UNESCO.
<https://doi.org/10.54676/UZQV8501>

Universität Duisburg-Essen (UDE) (2024). *Digitalisierungsstrategie der Universität Duisburg-Essen*.
<https://www.uni-due.de/imperia/md/content/dokumente/downloads/2024-05-ude-digitalisierungsstrategie.pdf> (Letzter Zugriff 23.10.2024)

Vo, G. M. & Pancratz, N. (2023). Vorstellungen von Lehramtsstudierenden zu künstlicher Intelligenz. *INFOS 2023 – Informatikunterricht zwischen Aktualität und Zeitlosigkeit*, 73–82.
<https://doi.org/10.18420/infos2023-005>

Zentrum für Lehrkräftebildung (ZLB) (2022). Rahmenkonzept zur Digitalisierung in der Lehrkräftebildung der Universität Duisburg-Essen (UDE) (Stand: 29. Juni 2022). https://zlb.uni-due.de/wp-content/uploads/2023/09/Rahmenkonzept_Digitalisierung_Lehrkraeftebildung_ZLB_AGDidL_29062022.pdf (Letzter Zugriff: 23.10.2024)

Anschrift der Verfasser:innen

Svenja Bruhn
 Universität Duisburg-Essen
 Fakultät für Mathematik
 Thea-Leymann-Str. 9
 45127 Essen
svenja.bruhn@uni-due.de

Florian Schacht
 Universität Duisburg-Essen
 Fakultät für Mathematik
 Thea-Leymann-Str. 9
 45127 Essen
florian.schacht@uni-due.de

Julia M. Stechemesser
 Universität Duisburg-Essen
 Fakultät für Mathematik
 Thea-Leymann-Str. 9
 45127 Essen
julia.stechemesser@uni-due.de