



Versuch der Integration von ChatGPT in den Übungsbetrieb der Theoretischen Physik

A. R. Sprenger, A. M. Menzel*

Theorie der Weichen Materie / Biophysik, Institut für Physik, Fakultät für Naturwissenschaften, Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg, Universitätsplatz 2, 39106 Magdeburg

Abstract

Die Integration von künstlicher Intelligenz (KI) in Forschung und Lehre an Universitäten eröffnet neue Wege für den Zugang zu und den Erwerb von inhaltlichem und methodischem Wissen sowie für die Bewältigung akademischer Arbeit. Wir untersuchen den Einsatz von ChatGPT, einem KI-gestützten Chatbot, im Kontext des Physikstudiums. Speziell konzentrieren wir uns auf Erfahrungen im Übungsbetrieb zur Physik-Bachelor-Grundvorlesung Theoretische Mechanik. Auch weitergehende Aspekte werden erfasst. Unser Ansatz beinhaltet die Einbindung von zusätzlichen, vorlesungsbegleitenden Übungsaufgaben, um den Studierenden das Potenzial sowie die aktuellen Limitationen von ChatGPT in der frei verfügbaren Version zu verdeutlichen. Hierfür setzten wir zwei verschiedene Arten von Aufgaben ein. Einerseits war dies die Verwendung von ChatGPT zur Lösung rechnerischer Übungsaufgaben, andererseits die Nutzung des Chatbots für konzeptionelle Erklärungen physikalischer Phänomene, Definitionen und Alltagsbeispiele. Zusätzlich führten wir eine Online-Umfrage unter den Studierenden durch. Die Ergebnisse zeigen, dass die Studierenden die Bereitstellung von konzeptionellen Erklärungen und Beispielen durch ChatGPT als hilfreich empfanden. Allerdings wurde die Unterstützung bei rechnerischen Aufgaben in der zu diesem Zeitpunkt frei verfügbaren Version von ChatGPT als unzuverlässig und schwach empfunden. Unser Ansatz trägt zur Diskussion über den sinnvollen Einsatz von KI-Technologien in der universitären Lehre bei und liefert Einblicke in die Wahrnehmung und Nutzung dieser Technologien durch Studierende.

Integrating artificial intelligence (AI) at universities opens up new avenues for accessing and acquiring contents and methodological knowledge, as well as for managing academic work. We investigate the use of ChatGPT, an AI-powered chatbot, in the context of physics studies. Specifically, we focus on experiences in the exercise course for the introductory lecture on Theoretical Mechanics in the Physics Bachelor study program. Aspects beyond this course are addressed as well. Our approach includes additional exercises supporting the lectures that illustrate to students the potential and current limitations of ChatGPT in its freely available version. For this purpose, we used two different types of tasks. On the one hand, this involved using ChatGPT to solve computational exercises, and on the other hand, utilizing the chatbot for conceptual explanations of physical phenomena, definitions, and everyday examples. Additionally, we conducted an online survey among the students. The results show that students found the provision of conceptual explanations and examples by ChatGPT to be helpful. However, the support for computational tasks in the freely available version of ChatGPT at that time was perceived as unreliable and weak. Our framework contributes to the discussion on the meaningful use of AI technologies in university teaching and provides insights into students' perceptions and use of these technologies.

*Corresponding author: a.menzel@ovgu.de

1. Einleitung

Die Entwicklung von KI-gestützten Chatbots markiert einen bedeutenden technologischen Meilenstein. Als OpenAI am 30. November 2022 ihren Chatbot, ChatGPT, kostenfrei für die Öffentlichkeit freigab, registrierten sich innerhalb von wenigen Tagen weltweit eine Million Nutzer:innen. Seit seiner Einführung ist eine bemerkenswerte Transformation in verschiedenen Bereichen unserer Gesellschaft zu spüren, darunter auch im Bildungswesen. KI-gestützte Chatbots haben das Potenzial, den Lehr- und Lernprozess zu unterstützen und zu verbessern.

An den Universitäten, speziell im Lehr- und Lernbetrieb, birgt die Integration solcher Technologien sowohl großes Potenzial als auch einige Herausforderungen. Einerseits ermöglicht der Einsatz von ChatGPT den Studierenden einen neuen Zugang zu Wissen, sowohl inhaltlichem als auch methodischem, und erleichtert die Bewältigung akademischer Aufgaben durch sofortige Verfügbarkeit von Informationen und Erklärungen. Andererseits gibt es auch Risiken, wie die Möglichkeit der Abhängigkeit von der Technologie und die Gefahr der Verbreitung von ungenauen oder gar falschen Informationen. Die Physik, und hier insbesondere die Theoretische Physik, verwendet zur quantitativen Beschreibung der Inhalte mathematische Ausdrücke. Es stellt sich die Frage, inwieweit dies durch ChatGPT aktuell abbildbar ist.

Unser Ansatz bei ersten Versuchen der Integration von ChatGPT in den Lehr- und Lernbetrieb des Studiums der Theoretischen Physik umfasst die Einbindung des Chatbots in zusätzliche, vorlesungsbegleitende Übungsaufgaben. Wir zielen darauf ab, den Studierenden sowohl das Potenzial als auch die Grenzen dieser Technologie in ihrem zum Zeitpunkt der Verwendung aktuellen Zustand zu verdeutlichen. Dazu setzen wir zwei Arten von Übungsaufgaben ein. Zum einen soll ChatGPT zur Lösung rechnerischer Übungsaufgaben verwendet werden. Zum anderen sollen mit Hilfe des Chatbots konzeptionelle Erklärungen physikalischer Phänomene, Definitionen und Alltagsbeispiele gefunden werden.

Der Aufbau dieses Artikels ist wie folgt. Zuerst erläutern wir detailliert, wie ChatGPT in den Übungsaufgaben integriert wurde und welche verschiedenen Aufgabentypen gestellt wurden. Danach präsentieren wir die Ergebnisse einer Online-Umfrage, die unter den Studierenden durchgeführt wurde, um ihre Erfahrungen und Wahrnehmungen bezüglich der Nutzung von ChatGPT zu evaluieren. Abschließend fassen wir zusammen und ziehen Schlussfolgerungen über die Effektivität und die Herausforderungen der Nutzung von ChatGPT im Physikstudium. Letztlich geben wir noch einen Ausblick über mögliche zukünftige Entwicklungen und Verbesserungen bei der Integration KI-basierter Technologien im von uns beschriebenen Rahmen.

2. Nutzung von ChatGPT im Studium der Theoretischen Physik

Wir untersuchen den Einsatz von ChatGPT, einem KI-gestützten Chatbot, im Kontext des Physikstudiums, speziell im Bereich der Theoretischen Physik. Unser Ansatz umfasst die Integration von vorlesungsbegleitenden Übungsaufgaben, um den Studierenden sowohl das Potenzial als auch die Grenzen von ChatGPT in der zum Berichtzeitpunkt frei zugänglichen Version aufzuzeigen. Unsere Erfahrungen sammelten wir während der Vorlesung zur Theoretischen Mechanik im Wintersemester 2023/2024. Zu diesem Zeitpunkt hatten die Studierenden kostenfreien Zugang zu ChatGPT in der Version GPT-3.5 [1]. Eine Registrierung der Studierenden bei ChatGPT wurde von uns nicht verlangt. Die Lehrveranstaltung zur Theoretischen Mechanik, auf die wir uns beziehen, ist Teil des Bachelorstudiengangs Physik an der Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg [2] und hierbei eine Pflichtveranstaltung im dritten Semester.

In der Vorlesung (vier Semesterwochenstunden) werden die Grundlagen der Theoretischen Mechanik erarbeiten. Die Lehrinhalte und zugehörigen Rechentechniken werden hier schrittweise entwickelt und vermittelt. Ein wesentlicher Bestandteil der Veranstaltungen ist der begleitende Übungsbetrieb. Dort lernen und trainieren die Studierenden, komplexe Berechnungen eigenständig durchzuführen. Jede

Woche erhalten die Studierenden ein Aufgabenblatt mit vier Rechenaufgaben, das nach Online-Abgabe in Teilen korrigiert und bewertet wird. Für die Abgabe der Lösungen zu den Übungsaufgaben und deren Korrektur nutzen wir ein digitales Verfahren per E-Learning-Plattform [3]. Die Besprechung findet in Präsenz statt. In der zugehörigen Veranstaltung (zwei Semesterwochenstunden) werden die Lösungen zu den Aufgaben des jeweiligen Aufgabenblatts vollständig besprochen.

Zusätzlich zu den beschriebenen, regulären analytischen Rechenaufgaben fügten wir als Versuch auf jedem Aufgabenblatt eine kurze, fünfte ChatGPT-Aufgabe hinzu. In dieser wurde entweder auf die aktuellen Rechenaufgaben oder die aktuellen Vorlesungsinhalte Bezug genommen. Dabei setzten wir zwei Arten von Aufgaben ein. Einerseits sollten die Studierenden einfache Rechenaufgaben mit Vorlesungsbezug zunächst eigenständig und anschließend mit Hilfe von ChatGPT lösen. Andererseits sollten sie den Chatbot nutzen, um konzeptionelle Erklärungen physikalischer Phänomene, Definitionen und Alltagsbeispiele zu erhalten. Um dem Ergebnis kurz vorwegzugreifen: Während der Chatbot zuverlässige Erklärungen zu physikalischen Phänomenen und Konzepten liefern kann, traten bei der Bearbeitung von Rechenaufgaben im beschriebenen Rahmen in der zum Berichtzeitpunkt frei verfügbaren Version regelmäßig Fehler auf. Begründungen waren ungenau und Missverständnisse kaum vermeidbar. Stellenweise war es sehr schwierig bis praktisch unmöglich, auch bei intensiverer Auseinandersetzung und Hilfestellung korrekte Rechenlösungen zu erhalten. Die Bearbeitung der ChatGPT-Übungsaufgaben erfolgte auf freiwilliger Basis und floss nicht in die Bewertung der Leistungen der Studierenden im entsprechenden Modul ein.

Im Folgenden stellen wir die beiden verwendeten Aufgabentypen exemplarisch durch Beispiele gestellter Übungsaufgaben vor. Anhand der Ausgabe des Chatbots wird die Funktionalität in diesem Kontext diskutiert.

Wir starten mit einer exemplarischen Rechenaufgabe. Die ChatGPT-Übungsaufgabe nimmt Bezug auf eine zunächst durch konventionelle, analytische Rechnung (zum Beispiel mit Papier

und Bleistift) zu lösende Aufgabe auf dem ersten Übungsblatt. Wir reproduzieren im Folgenden zunächst die **konventionelle Rechenaufgabe** im Wortlaut und dann die darauf bezugnehmende **ChatGPT-Aufgabe** im Wortlaut. Anschließend fügen wir eine typische **Nutzer:innen-Eingabe** ein, um die Lösung zu dieser Aufgabe mittels ChatGPT zu erhalten. Wir reproduzieren die **Chatbot-Ausgabe**. Danach ordnen wir das Ergebnis unter **Fazit/Kritik** ein.

Konventionelle Rechenaufgabe 4(d) im Wortlaut: Nutzen Sie die Indexnotation (inklusive Einsteinscher Summenkonvention) und den total antisymmetrischen Tensor 3. Stufe mit den Komponenten ε_{ijk} , um den folgenden Ausdruck zu berechnen:

$$\vec{a} \cdot (\vec{b} \times \vec{a}) \quad (1)$$

Zugehörige ChatGPT-Aufgabe im Wortlaut:

Versuchen Sie, ChatGPT die Berechnung von Aufgabe 4(d) zu entlocken. Prüfen Sie anschließend die Rechnung. Laden Sie bitte Ihren Chat-Verlauf zur Lösung von Aufgabe 4(d) zusammen mit der Lösung des Übungsblattes im E-Learning-Portal hoch.

Nutzer:innen-Eingabe: Bitte berechne und vereinfache $\vec{a} \cdot (\vec{b} \times \vec{a})$ mit Einsteinscher Summenkonvention.

Chatbot-Ausgabe: Um den Ausdruck $\vec{a} \cdot (\vec{b} \times \vec{a})$ unter Verwendung der Einsteinschen Summenkonvention zu berechnen und zu vereinfachen, gehen wir wie folgt vor: Zuerst nutzen wir die Identität für das Kreuzprodukt in Vektorform:

$$(\vec{b} \times \vec{a}) = \varepsilon_{ijk} b^j a^k \hat{e}_i \quad (1)$$

Hierbei ist ε_{ijk} das Levi-Civita-Symbol und $\hat{e}_i$ sind die Einheitsvektoren. Nun multiplizieren wir $\vec{a}$ mit dem Ergebnis des Kreuzprodukts:

$$\vec{a} \cdot (\vec{b} \times \vec{a}) = a^i (\vec{b} \times \vec{a})_i \quad (2)$$

Setzen wir das Kreuzprodukt ein:

$$(\vec{b} \times \vec{a})_i = \varepsilon_{ijk} b^j a^k \quad (3)$$

Dann erhalten wir:

$$\vec{a} \cdot (\vec{b} \times \vec{a}) = a^i \varepsilon_{ijk} b^j a^k \quad (4)$$

Da ε_{ijk} antisymmetrisch ist (d.h. $\varepsilon_{ijk} = -\varepsilon_{ikj}$), können wir umordnen:

$$\vec{a} \cdot (\vec{b} \times \vec{a}) = \varepsilon_{ijk} a^i a^k b^j \quad (5)$$

Jetzt verwenden wir die Einsteinsche Summenkonvention, um über i und k zu summieren:

$$\vec{a} \cdot (\vec{b} \times \vec{a}) = \varepsilon_{ijk} a^i a^k b^j = a^i a^k \varepsilon_{ijk} b^j \quad (6)$$

Da $\varepsilon_{ijk} a^i a^k = 0$ (weil ε_{ijk} nur dann nicht null ist, wenn i, j, k verschiedene Indizes sind), folgt:

$$\vec{a} \cdot (\vec{b} \times \vec{a}) = 0 \quad (7)$$

Daher ist die vereinfachte Formel für $\vec{a} \cdot (\vec{b} \times \vec{a})$ unter Verwendung der Einsteinschen Summenkonvention 0.

Fazit/Kritik: Diese Ausgabe ist ein Musterbeispiel für die Problematiken, die bei der Nutzung von ChatGPT für Rechenaufgaben auftreten können. In diesem Fall kommt der KI-gestützte Chatbot zwar zum richtigen Endergebnis, jedoch ist die Begründung falsch und dementsprechend nicht zuverlässig.

Im vierten Rechenschritt (zwischen Gleichung 4 und 5) wird die Umordnung der Terme damit begründet, dass das Levi-Civita-Symbol antisymmetrisch ist. Der eigentliche Grund liegt jedoch darin, dass a^i , a^k und b^j einzelne indizierte Vektorkomponenten, also im konkreten Fall einfache Zahlen sind. Die Multiplikation einfacher Zahlen ist kommutativ, das heißt wir dürfen die Reihenfolge der Multiplikation beliebig verändern.

Ein weiteres Problem findet sich im letzten Rechenschritt (zwischen Gleichung 6 und 7). Die Chatbot-Aussage ist, dass der Ausdruck $\varepsilon_{ijk} a^i a^k$ null wird, weil das Levi-Civita-Symbol nur dann nicht null ist, wenn alle Indizes unterschiedlich sind. In diesem Ausdruck treten jedoch gemäß Einsteinscher Summenkonvention tatsächlich Ausdrücke auf, die unterschiedliche Indizes enthalten. Diese Ausdrücke sind im Allgemeinen auch tatsächlich nicht null. Der eigentliche Grund, warum sich insgesamt null ergibt, besteht darin, dass sich jeweils zwei dieser Ausdrücke paarweise wegheben. Hier ist nun tatsächlich der Hintergrund, dass das Levi-Civita-Symbol antisymmetrisch ist, also die Begründung, welche fälschlicher-

weise zwischen Gleichung 4 und 5 herangezogen wurde.

Zusammengefasst hat der Chatbot es geschafft, die Definitionen der Ausdrücke korrekt aufzulisten. Auch wird das richtige Ergebnis reproduziert. Jedoch ist die Berechnung nicht korrekt, wenn man der Logik der falsch dargestellten Begründungen folgt. Es treten Fehler auf, wenn es darum geht, einzelne Eigenschaften der verwendeten Größen korrekt zu kombinieren und eine logische Begründung sowie Herleitung zu generieren.

Als nächstes präsentieren wir nach demselben Schema eine exemplarische ChatGPT-Aufgabe zu konzeptionellen Erklärungen. Diese nimmt keinen Bezug auf eine andere Übungsaufgabe:

ChatGPT-Aufgabe: Lassen Sie sich von ChatGPT die definierenden Charakteristika von konservativen Kraftfeldern auflisten. Beurteilen Sie anschließend die Ausgaben. Laden Sie bitte Ihren Chat-Verlauf zusammen mit der Lösung des Übungsblattes im E-Learning-Portal hoch.

Nutzer:innen-Eingabe: Bitte nenne alle benötigten/definierenden Charakteristika von konservativen Kraftfeldern.

Chatbot-Ausgabe: Ein konservatives Kraftfeld hat mehrere charakteristische Eigenschaften, die es von nicht-konservativen Kraftfeldern unterscheiden. Hier sind die wichtigsten Merkmale:

1. Konservative Kräfte hängen nur von der Position ab: In einem konservativen Kraftfeld hängt die Kraft, die auf ein Teilchen wirkt, nur von seiner Position ab und nicht von seiner Geschwindigkeit oder der Zeit. Das bedeutet, dass die Kraft unabhängig von der Bewegung des Teilchens ist.

2. Arbeit ist unabhängig vom Weg: Die Arbeit, die eine konservative Kraft auf ein Teilchen verrichtet, hängt nur von den Anfangs- und Endpositionen des Teilchens ab und nicht vom genauen Pfad, den das Teilchen zwischen diesen beiden Positionen zurücklegt. Dies wird als Wegunabhängigkeit bezeichnet.

3. Energieerhaltung: In einem konservativen Kraftfeld bleibt die mechanische Energie eines Teilchens erhalten. Das bedeutet, dass die Summe aus kinetischer Energie (Energie aufgrund der Geschwindigkeit) und potenzieller

Energie (Energie aufgrund der Position im Feld) konstant bleibt, solange keine nicht-konservativen Kräfte (wie Reibung) wirken.

4. Potenzielle Energie: In einem konservativen Kraftfeld kann eine potenzielle Energie definiert werden. Diese potenzielle Energie hängt von der Position des Teilchens im Feld ab und kann verwendet werden, um die Arbeit zu berechnen, die die Kraft auf das Teilchen verrichtet, wenn es sich zwischen verschiedenen Positionen bewegt.

5. Geschlossene Wege: In einem konservativen Kraftfeld ist die Arbeit entlang eines geschlossenen Weges (einer geschlossenen Schleife) immer null. Das bedeutet, dass die Energie erhalten bleibt, wenn sich ein Teilchen auf einem geschlossenen Pfad bewegt.

Diese Charakteristika sind entscheidend für das Verständnis von konservativen Kraftfeldern in der Physik. Sie ermöglichen es, die Energieerhaltung und den Zusammenhang zwischen Kräften, Potenzialen und Wegen in konservativen Feldern zu verstehen.

Fazit/Kritik: In diesem Fall schafft es ChatGPT, eine umfassende und detaillierte Antwort zu geben. Bei weiterem Nachfragen werden die einzelnen Punkte auch als Formeln dargestellt. Als Kritikpunkt könnte noch das Nichterwähnen der Wirbelfreiheit des Kraftfeldes aufgelistet werden, zumindest wenn das Kraftfeld auf einem einfach zusammenhängenden Raum definiert ist. Diese Punkte listet ChatGPT in der ersten Antwort nicht auf. Sie lassen sich aber bei weiterer Nachfrage generieren. Außerdem wird nicht klar, welche Eigenschaften tatsächlich definierend sind. Zum Beispiel beschreibt Punkt 1 eine Eigenschaft, definiert jedoch noch kein konservatives Kraftfeld. Im Gegensatz dazu genügt Punkt 2 für sich alleine bereits als Definition eines konservativen Kraftfelds. Ohne an dieser Stelle Kritik an den Nutzer:innen üben zu wollen, lassen sich nach der obigen Betrachtung auch mögliche Rückschlüsse auf die Verbesserung der Gestaltung der Eingabe ergänzen. Die Kombination der nicht vollkommen synonymen Begriffe „benötigten“ und „definierenden“ mit Hilfe des Schrägstrichs „/“ suggeriert gegebenenfalls eine Synonymität, welche nicht vollständig vorhanden ist und beeinflusst die wenig differenzierte Ausgabe der Ergebnisse.

Zusammengefasst lässt sich sagen, dass ChatGPT gut genutzt werden kann, um inhaltliche Erklärungen zu physikalischen Phänomenen und Konzepten zu liefern. Insbesondere gilt dies, wenn keine tiefgehende Beschreibung mittels mathematischer Formeln und logische Verknüpfung von Rechenschritten erforderlich sind. Im Gegensatz dazu treten bei der Bearbeitung von Rechenaufgaben im Rahmen der Theoretischen Physik regelmäßig Fehler, ungenaue Begründungen und Missverständnisse auf. Dieser Trend ließ sich über alle zehn gestellten ChatGPT-Aufgaben des Semesters hinweg beobachten. Die Hälfte davon beinhaltete Rechenaufgaben, die andere Hälfte verlangte nach inhaltlichen Punkten und Erläuterungen.

3. Einschätzung durch die Studierenden

Um eine detailliertere Rückmeldung und Einschätzung von Seiten der Studierenden zu den Ergebnissen zu erhalten, führten wir am Ende der Vorlesungszeit des Wintersemesters 2023/2024 eine anonymisierte Online-Umfrage über die E-Learning-Plattform [3] der Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg durch. Der Rücklauf umfasste neun Teilnehmende. Die sich aus dieser Umfrage ergebenden Tendenzen werden im Folgenden dargestellt und diskutiert.

Inhaltlich wurden dabei Fragen zur Häufigkeit der bisherigen und erwarteten zukünftigen Nutzung sowie zur eingeschätzten Nützlichkeit von ChatGPT in verschiedenen Aufgaben- und Anforderungsbereichen gestellt. Diese bezogen sich zum Teil speziell auf die Studienanteile der Theoretischen Physik, etwas allgemeiner auf das Physikstudium an sich und in einzelnen Punkten gingen sie auch noch darüber hinaus. Alle Fragen konnten auf einer Skala von 1 bis 8 bewertet werden. Abhängig von der Fragestellung wurden die beiden Endpunkte der Skalen verbalisiert. Dabei drückte der Wert 1 jeweils das Minimum im Sinne der geringsten Zustimmung, negativsten Einstellung oder minimalen Häufigkeit aus. Der Wert 8 entsprach dem Maximum im Sinne der stärksten Zustimmung, positivsten Einstellung oder maximalen Häufigkeit. Die Studierenden wurden darauf hingewiesen, dass unsere Skala keinen indiffe-

renten Mittelwert besitzt, sodass die Bewertung 4 leicht zu 1 und die Bewertung 5 leicht zu 8 hin tendiert.

Allgemein verfolgten wir mit der Einbindung der ChatGPT-Aufgaben das Ziel, die Studierenden dazu zu motivieren, die Möglichkeiten und aktuell noch bestehenden Limitationen der neuen Technologie zu erfahren. Einerseits bezieht sich dies auf den Kontext ihres Studiums. Andererseits wollten wir sie auch generell dazu stimulieren, technologische Entwicklungen im Blick zu behalten und sich damit auseinanderzusetzen. Dementsprechend bestand das Ziel unserer Umfrage nicht nur darin herauszufinden, wie die Studierenden die Nützlichkeit von ChatGPT im engen fachlichen und methodischen Kontext der gestellten ChatGPT-Aufgaben empfanden. Wir wollten ebenso erfahren, ob es uns gelungen war, die Studierenden generell im Hinblick auf mögliche weitere Verwendung im Physikstudium und darüber hinaus zu sensibilisieren. Zudem wollten wir allgemein herausfinden, wieviel die Studierenden unserem Ansatz, sie auf diese Weise an die Technologie heranzuführen, abgewinnen konnten.

Von den teilnehmenden Studierenden gaben alle an, ChatGPT gelegentlich bis häufig in der Vergangenheit genutzt zu haben. Keine:r der Teilnehmenden hatte ChatGPT zum ersten Mal verwendet.

Im Hinblick auf die oben vorgestellten zwei verschiedenen ChatGPT-Aufgabentypen auf unseren Übungsblättern baten wir die Studierenden, die Nützlichkeit von ChatGPT dementsprechend aufgeschlüsselt einzuschätzen, siehe Abb. 1. Zum Bearbeitungs- und Umfragezeitpunkt war die Version GPT-3.5 kostenfrei verfügbar. Der Großteil der Studierenden empfand die Nutzung von ChatGPT zum Lösen von Rechenaufgaben als weniger hilfreich, siehe die blauen Balken in Abb. 1. Demgegenüber bewertete ein Großteil der teilnehmenden Studierenden die Nutzung zur Klärung inhaltlicher Fragestellungen als positiv, siehe die roten Balken in Abb. 1. Diese beiden Tendenzen decken sich mit unseren eigenen Erfahrungen bei der Nutzung der Version GPT-3.5.

Als nächstes wollten wir feststellen, inwieweit die Studierenden nach der Auseinanderset-

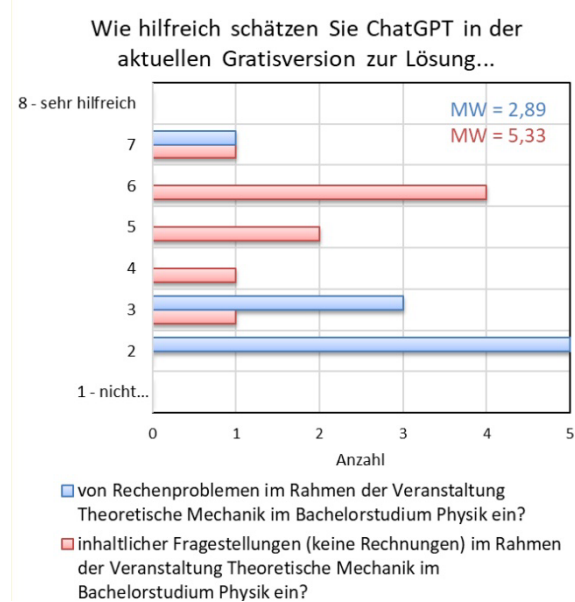


Abb. 1: Einschätzung der Studierenden bezüglich der Nützlichkeit von ChatGPT beim Lösen von Rechenaufgaben und bei der Klärung von Fragestellungen im Rahmen der Pflichtveranstaltung Theoretische Mechanik des Bachelorstudiengangs Physik. Zum Bearbeitungs- und Umfragezeitpunkt war die Version GPT-3.5 frei verfügbar.

zung mit ChatGPT bei der Bearbeitung unserer Übungsaufgaben und ihrer anderweitigen, zum Beispiel privaten Nutzung vorhaben, ChatGPT zukünftig im Rahmen ihres weiteren Physikstudiums zu nutzen, siehe Abb. 2. Aufgrund der dargestellten Erfahrungen wenig überraschend planen die Studierenden einheitlich selten, den Chatbot für Hilfestellungen bei Rechnungen in der Theoretischen Physik zu konsultieren, siehe die blauen Daten in Abb. 2. Bezüglich Hilfestellungen zu allgemeinen physikalischen Inhalten schätzen die Studierenden die zukünftige Nutzung in der Theoretischen Physik etwas häufiger ein, siehe die roten Balken in Abb. 2. Demgegenüber ergibt sich eine positivere Einstellung bei noch weitergehenden, allgemeineren inhaltlichen Aspekten ihres Studiums, siehe die grünen Balken in Abb. 2. Wir vermuten, dass die Theoretische Physik im Hinblick auf die verwendete mathematische Sprache und Ausdrucksweise hier eine andere Stellung einnimmt als fachliche Bereiche mit Inhalten, die vor allem in Textsprache vermittelt werden. Dies steht auch im Einklang mit unserer früheren Feststellung, dass die Studierenden im Rahmen der Theoretischen Physik weiterhin im Mittel

eine handschriftliche Herangehensweise bevorzugen [4]. Daraus lässt sich möglicherweise schließen, dass sich die Studierenden eher vorstellen können, diese Technologie in anderen Bereichen wie der experimentellen Physik zu benutzen. Für anderweitige Fragen im Rahmen des Studiums, zum Beispiel organisatorische, wurde die zukünftige Nutzung von ChatGPT im Mittel als mäßig eingeschätzt, siehe die violetten Balken in Abb. 2.

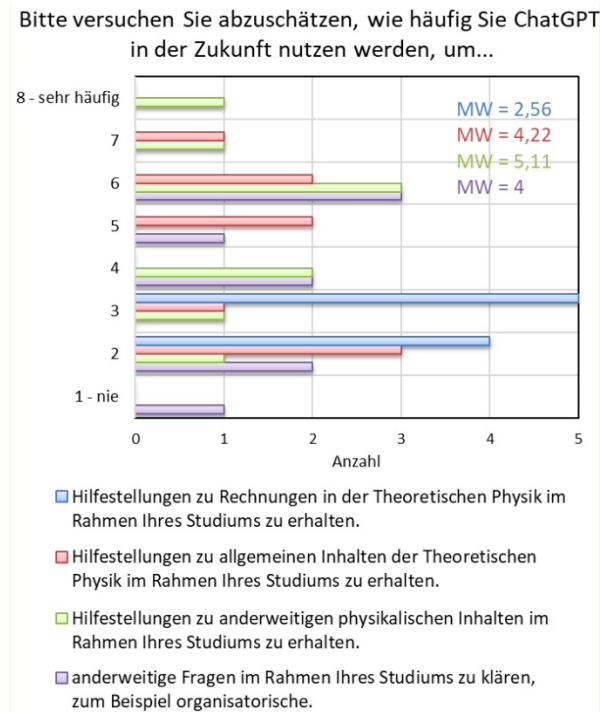


Abb. 2: Einschätzung der Studierenden im Hinblick auf die Häufigkeit, ChatGPT auch zukünftig im Rahmen ihres Studiums zu nutzen. Unterschieden wird zwischen Rechenaufgaben und inhaltlichen Fragestellungen in der Theoretischen Physik sowie inhaltlichen und organisatorischen Fragestellungen im übrigen Verlauf ihres Studiums.

Im Gegensatz zu Rechenfertigkeiten liegt zum Zeitpunkt der Auswertung der Online-Umfrage ein großes Potenzial von KI-gestützten Chatbots in der Verarbeitung und dem Verfassen von Texten. Demnach könnte ChatGPT gerade beim Verfassen des Fließtextes in wissenschaftlichen Arbeiten, speziell in Seminar-, Bachelor- und Masterarbeiten, eine große Hilfe sein.

In diesem Kontext war es für uns interessant herauszufinden, wie die Studierenden die Häufigkeit einschätzen, ChatGPT in Zukunft beim Verfassen solcher wissenschaftlichen Texte zu

nutzen, siehe Abb. 3. Für uns ist sehr erstaunlich, dass sich die Studierenden im Mittel nur mit mäßiger Häufigkeit vorstellen können, ChatGPT als Unterstützung generell beim wissenschaftlichen Schreiben zu nutzen, siehe die roten Balken in Abb. 3. Im Rahmen des Physikstudiums könnte in diese Kategorie zum Beispiel das Abfassen von Teilen von Praktikumsberichten beziehungsweise Versuchsbeschreibungen und -auswertungen fallen. Dies ist umso erstaunlicher, als immer wieder Studierende in persönlichen Gesprächen von der hohen hiermit verbundenen Arbeitsbelastung berichten.

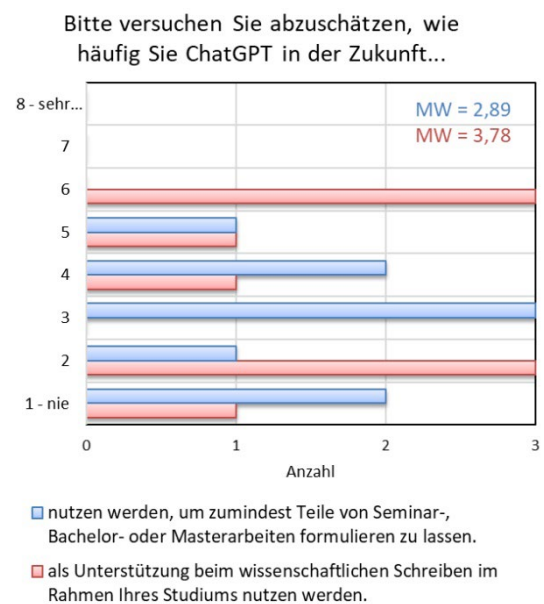


Abb. 3: Einschätzung der Studierenden bezüglich der voraussichtlichen Häufigkeit, ChatGPT beim Verfassen wissenschaftlicher Texte im Rahmen ihres Studiums zu nutzen. Die Ergebnisse sind aufgeschlüsselt in allgemeines wissenschaftliches Schreiben sowie speziell Seminar-, Bachelor- und Masterarbeiten.

Noch geringer ist das Vorhaben erkennbar, ChatGPT speziell zur Formulierung von Teilen von Seminar- und Abschlussarbeiten, zu nutzen, was im Rahmen des Physikstudiums insbesondere Bachelor- und Masterarbeiten betrifft, siehe die blauen Balken in Abb. 3. Zum einen mag dies daran liegen, dass den Studierenden im dritten Semester das Abfassen der Bachelorarbeit noch als in weiter Ferne liegend erscheint. Zum anderen könnte diese Differenzierung dadurch begründet sein, dass Angst und Unsicherheit vor Verletzungen von Eigen-

ständigkeitserklärungen bestehen, also der Erklärung, dass die Arbeit ohne weitere als die angegebenen Hilfsmittel erstellt wurde. Dies weist allgemein auf die Dringlichkeit zur Klärung entsprechender Sachverhalte und deren weitreichender Bekanntmachung möglichst an konkreten Beispielen hin. Anders ausgedrückt bedarf es in diesem Fall klarer Regelungen, wann der Einsatz von KI-gestützten Werkzeugen in welcher Form und unter welchen Umständen gestattet ist. Lehrende können auf der Basis solcher Regelungen Studierenden den Umgang mit neuartigen Technologien näherbringen und Sicherheit bei der Bewertung entsprechender Leistungen gewinnen. Studierende können sich in diesem Rahmen den gewinnbringenden Einsatz der Technologien erarbeiten.

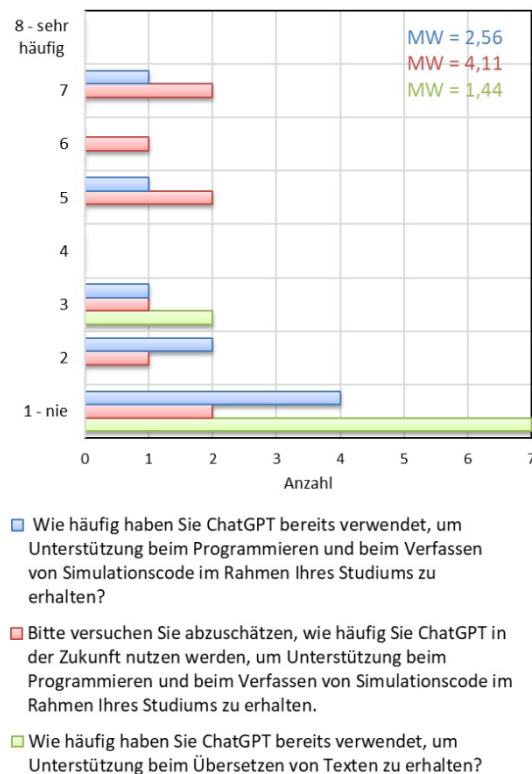


Abb. 4: Einschätzung der Studierenden zur Häufigkeit der Nutzung von ChatGPT zur Unterstützung beim Programmieren und Erstellen von Simulationscode sowie beim Übersetzen von Texten in und aus Fremdsprachen. Zur Programmierung wurde auch der Grad der voraussichtlichen zukünftigen Nutzung erfragt.

Als weiterer Bereich zur möglichen Verwendung lassen sich allgemein die linguistischen Fähigkeiten von ChatGPT im Kontext des

Schreibens von Computerprogrammen und der Übersetzung von Texten hervorheben. Dies betrifft das Erlernen von Fremd- und Programmiersprachen genauso wie die Anwendung bei konkreten Problemen. ChatGPT kann sowohl beim Erstellen von Simulationscode als auch beim Finden und Korrigieren von Programmierfehlern hilfreich sein. Im Gegensatz zu herkömmlicher Übersetzungssoftware kann ChatGPT möglicherweise für längere Texte in sich inhaltlich geschlossenere Übersetzungen liefern. Im Rahmen der Vorlesung zur Theoretischen Mechanik sind diese Anwendungen zwar am Rande relevant. Jedoch spätestens im Rahmen der Abschlussarbeit könnte der Chatbot das Schreiben von forschungsrelevantem Simulationscode unterstützen. Ebenso könnte er zum besseren Verständnis bei der Übersetzung von englischsprachiger Fachliteratur oder beim Abfassen der Abschlussarbeit in englischer Sprache hilfreich sein.

Dementsprechend zeigen wir in Abb. 4 die von den Studierenden eingeschätzte Häufigkeit, den Chatbot in der Vergangenheit sowie zukünftig für diese und ähnliche Zwecke zu konsultieren. Deutlich ist zu erkennen, dass der Großteil der Teilnehmenden ChatGPT bislang selten bis nie für Hilfestellungen bei der Programmierung verwendete, siehe die blauen Balken in Abb. 4. Ähnlich sieht es bei der Nutzung zur Übersetzung von Texten aus, siehe die grünen Balken in Abb. 4. Allerdings gehen die Studierenden im Mittel davon aus, dass sich dies zumindest im Hinblick auf Programmier Tätigkeiten ändern wird, siehe die roten Balken in Abb. 4.

Abschließend ging es uns darum zu erfahren, welchen Anklang unser Vorgehen bei den Studierenden fand, siehe Abb. 5. Wie schätzten die Studierenden unser Anliegen ein, sie auf die beschriebene Art und Weise dazu zu motivieren, sich mit der neuen Technologie weiter vertraut zu machen und über deren weitere Einsatzmöglichkeiten nachzudenken? Eine signifikante Mehrheit stand unserem Ansatz tatsächlich positiv gegenüber, siehe die blauen Balken in Abb. 5. Für uns ist dies im positiven Sinne erstaunlich. Immerhin bedeuteten die ChatGPT-Übungsaufgaben auch für die Studierenden einen zusätzlichen Arbeitsaufwand.

Auf die Frage, ob die Beschäftigung mit ChatGPT während des Semesters dazu geführt habe, die Technologie generell im Rahmen des Studiums zu nutzen, gaben die Studierenden im Mittel eine ungefähr neutrale Einschätzung ab, siehe die roten Balken in Abb. 5. Ähnlich sieht es im Hinblick auf eine allgemeine Verwendung außerhalb des Studiums aus, siehe die grünen Daten in Abb. 5.

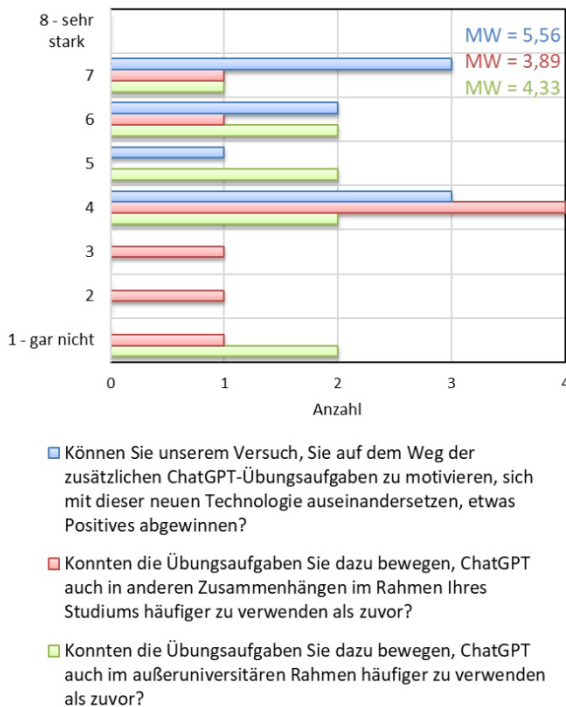


Abb. 5: Einschätzung der Studierenden bezüglich der Auswirkungen unseres Versuchs, sie im Rahmen von ChatGPT-Übungsaufgaben dazu zu bewegen, sich häufiger mit der neuen Technologie auseinanderzusetzen. Wir unterscheiden zwischen der Nutzung im Rahmen des Studiums und im außeruniversitären Kontext. Daneben ergab sich eine im Mittel positive Rückmeldung zu unserem Versuch, die Studierenden zur Auseinandersetzung mit ChatGPT zu motivieren.

Das Spektrum ist dabei breit verteilt. Anscheinend konnten wir bei einzelnen Studierenden durch unsere ChatGPT-Übungsaufgaben eine deutlich stärkere Auseinandersetzung mit dem Chatbot anregen. Bei anderen fiel dieser Effekt nur mäßig aus. Im außeruniversitären Kontext stieg dabei die Verwendung von ChatGPT geringfügig stärker an als im Rahmen des Physikstudiums, zumindest bei den wenigen Teilnehmenden in dieser Umfrage. Dies zeigt der Vergleich von grünen und roten Balken in Abb. 5.

4. Lessons Learned

Zusammengefasst untersuchten wir, inwiefern sich der KI-gestützte Chatbot ChatGPT im Physikstudium im regulären universitären Übungsbetrieb der Theoretischen Physik einsetzen lässt. Speziell fand dieser Versuch der Integration von ChatGPT in den vorlesungsbegleitenden Übungen zur Theoretischen Mechanik, einer Pflichtveranstaltung im dritten Semester des Bachelorstudiengangs Physik [2] der Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg, statt. Der Zeitraum entsprach der Vorlesungszeit des Wintersemesters 2023/2024. Demnach hatten die Studierenden kostenfreien Zugang zu ChatGPT in der Version GPT-3.5 [1]. Sie nutzten den Chatbot zur Bearbeitung von zusätzlich zu diesem Zweck gestellten Übungsaufgaben sowohl rechnerischer als auch konzeptioneller, inhaltlicher Natur. Die Studierenden wurden von uns nicht dazu angehalten, sich zur Verwendung von ChatGPT zu registrieren. Unser Ziel war es, sie zu motivieren, sich mit der neuen Technologie auseinanderzusetzen und ihre Nutzbarkeit zu ergründen, gegebenenfalls auch über den Kontext unserer Übungsaufgaben hinaus. Gleichzeitig sollten sie die damit verbundenen Möglichkeiten aber auch die noch vorhandenen Limitationen erfahren. Mit Hilfe einer Online-Umfrage erhielten wir eine Rückmeldung über den Eindruck der Studierenden.

Unser Versuch ergab, dass ChatGPT in der Version GPT-3.5 zwar in der Lage ist, umfassende und detaillierte Erklärungen zu physikalischen Phänomenen und Konzepten zu liefern. Jedoch treten bei der Bearbeitung von Rechenaufgaben regelmäßig Fehler und ungenaue Begründungen auf. Dies spiegelt sich in den Rückmeldungen der Studierenden wider. Sie empfanden die Nutzung von ChatGPT zur Lösung von Rechenaufgaben im Mittel als wenig hilfreich, zumindest in der zum Zeitpunkt der Nutzung frei verfügbaren Version. Die Möglichkeit zur Klärung inhaltlicher Fragestellungen wurde als deutlich positiver eingeschätzt.

Die Online-Umfrage am Ende des Semesters zeigte zusätzlich zu diesen Punkten, dass die Studierenden ChatGPT gelegentlich bis häufig verwendeten und auch in Zukunft zur Klärung allgemeiner physikalischer Inhalte und Frage-

stellungen in Erwägung ziehen. Interessanterweise war die Bereitschaft, ChatGPT zumindest als Hilfe beim Verfassen wissenschaftlicher Texte zu nutzen, gering ausgeprägt. Erstaunlicherweise ziehen die Studierenden auch den Einsatz von ChatGPT zur Programmierung und Erstellung von Simulationscodes sowie zur Übersetzung von Fließtexten wenig in Erwägung.

Für uns selbst bilden die Erkenntnisse aus unserer Studie wichtige Anhaltspunkte für die zukünftige Integration von KI-gestützten Chatbots in die universitäre Lehre. Basierend auf den Ergebnissen sehen wir mehrere Ansätze, um den Einsatz von ChatGPT im Physikstudium weiter zu optimieren und auszubauen. Wir sollten den Studierenden erklären, dass ChatGPT ein hilfreiches Mittel bei der Klärung inhaltlicher und konzeptioneller Fragestellungen sein kann. Insbesondere sollten wir den Studierenden vermitteln, dass es sich um ein sehr wertvolles Werkzeug handelt, wenn es darum geht, programmieren zu lernen und einzelne Programmbausteine zu erstellen. Hier ist es gegebenenfalls nicht mit dem reinen Verweis auf die Fähigkeiten von ChatGPT getan. Zumindest sollte den Studierenden in entsprechenden Veranstaltungen die Verwendung zum Erstellen von Programmbausteinen oder zum Erlernen von Programmiersprachen einmal live vorgeführt werden beziehungsweise, wo passend, darauf zurückgegriffen werden. Ähnliches trifft auf das Übersetzen von Texten zu. ChatGPT ist im Allgemeinen ein hervorragendes Übersetzungswerkzeug, was den Studierenden hinreichend vermittelt werden sollte.

Daneben und erstaunlicherweise stellten wir bei den Studierenden eine deutliche Zurückhaltung fest, wenn es darum geht, ChatGPT beim Verfassen von Seminar- und Abschlussarbeiten oder anderer wissenschaftlicher Texte zu verwenden. Vor allem ist dies für uns ein Hinweis darauf, dass hier klar formulierte Richtlinien durch die Wissenschaft im Allgemeinen, die Universitäten und Fachbereiche erstellt werden müssen. Diese Richtlinien sollten für die Studierenden möglichst an konkreten Beispielen nachvollziehbar und umsetzbar sein. Vor allem müssen sie klar kommuniziert und die Studierenden aktiv darauf hingewie-

sen werden. Es ist festzulegen, wann KI-gestützte Werkzeuge verwendet werden dürfen und wann nicht, wie dies zu kennzeichnen ist und wie dies bei der Bewertung von Arbeiten berücksichtigt werden soll. Dies würde die Studierenden darin unterstützen, mögliche Vorteile zu nutzen, ohne sich dabei zu sorgen, gegen akademische Standards zu verstoßen. Auch auf Seiten der Lehrenden würde dies die Vermittlung des Umgangs mit den Werkzeugen an die Studierenden deutlich erleichtern. Den Studierenden und damit unserer Gesellschaft sollten im internationalen Wettbewerb keine Nachteile durch eingeschränkte Erfahrung im Umgang mit zukünftigen Standardwerkzeugen erwachsen, die sich aufgrund von Verboten bei deren Verwendung und dadurch reduzierter Erfahrung ergeben könnten.

In diesem Zusammenhang wäre es in zukünftigen Untersuchungen interessant zu sehen, ob sich die Einstellung der Studierenden gegenüber der Verwendung von ChatGPT zum Verfassen von Seminar- und Abschlussarbeiten oder anderen wissenschaftlichen Texten im Laufe des Studiums ändert. Hierzu könnten gleichzeitige Erhebungen in unterschiedlichen Jahrgängen Aufschluss geben. Solche gleichzeitigen Datenerhebungen statt Erhebungen im selben Jahrgang über den Verlauf des Studiums hinweg könnten gegebenenfalls den Einfluss der rasanten zeitlichen Weiterentwicklung der KI-gestützten Werkzeuge auf die Rückmeldungen der Studierenden verringern.

Dabei möchten wir festhalten, dass der Umfang der Anwendungsmöglichkeiten auch mit der Weiterentwicklung von KI-gestützten Chatbots wachsen wird. Seit der erstmaligen Freigabe von ChatGPT in der Version GPT-3.5 durch OpenAI am 30.11.2022 gab es zahlreiche Neuerungen. Dazu zählen ein optimiertes Sprachverständnis sowie die Erkennung von Bildern und Videos seit der Version GPT-4 [5]. Das Modell GPT-4o, welches zum Zeitpunkt des Verfassens dieses Manuskripts zur Verfügung steht, ist anders als das bisherige GPT-4 kostenlos zugänglich. In dieser neuesten Version lässt sich der Chatbot mit einer Reihe von Plugins verbinden. Insbesondere lassen sich zum Beispiel durch das Wolfram-Alpha-Plugin Rechenaufgaben wesentlich zuverlässiger auswerten. Rechenoperationen werden hier an den symbolischen Löser von Wolfram Alpha

übergeben. Wir legten in unserem Ansatz aus datenschutz- und persönlichkeitsrechtlichen Gründen Wert darauf, mit einer kostenlosen Version zu arbeiten. Hierbei forderten wir von den Studierenden nicht ein, sich zu registrieren.

Wir gehen davon aus, dass eine Wiederholung der Studie aufgrund der rasanten technischen Weiterentwicklung in der Zukunft bereits zu anderen Ergebnissen führen würde. Unsere Stichprobe ist relativ klein, eine erhöhte Zahl wäre in zukünftigen Auswertungen sicherlich hilfreich. Parallel zu Maßnahmen zur Stärkung der Teilnehmendenzahl könnte die Untersuchung anderer Modelle ins Auge gefasst werden, um die Aussagekraft zu erweitern. Dennoch denken wir, dass qualitative Trends aus der vorliegenden Umfrage erkennbar sein können und danken den Studierenden für ihre Teilnahme. Durch ihre Rückmeldungen erhielten wir wertvolle Hinweise für mögliche zukünftige Gestaltungen.

Letztlich zeigt unsere Studie, dass ChatGPT ein wertvolles Hilfsmittel im Physikstudium sein kann, wenn es richtig eingesetzt wird. Durch kontinuierliche Verbesserungen und Ergänzungen der Einsatzmöglichkeiten wird sich das Potenzial dieser Technologie in Zukunft noch deutlich erweitern. Wir sind überzeugt davon, dass sich Lehr- und Lernprozesse im Studium bei vernunftgeleitetem Einsatz deutlich verbessern lassen, um das Potenzial der neuen Technologie hierfür auszuschöpfen. Unsere Stichprobe zeigt, dass es die Studierenden insgesamt im Mittel positiv bewerten, wenn sie an die Technologie auch im Rahmen konkreter Aufgabenstellungen herangeführt werden.

Danksagung

A. M. Menzel dankt der Deutschen Forschungsgemeinschaft (DFG) für die Förderung über das Heisenberg-Programm, Projektnummer ME 3571/4-1.

Literatur

- [1] OpenAI. *ChatGPT*, Version 3.5, 2023, <https://www.openai.com>
- [2] https://www.verwaltungshandbuch.ovgu.de/Modul-handb%C3%BCher-media_id-2442.html
(Stand 27.06.2024)

- [3] <https://elearning.ovgu.de/>
(Stand 27.06.2024)
- [4] C. D. Deters, A. M. Menzel, Lessons Learned 2-2, 8, 2022, <https://doi.org/10.25369/ll.v2i2.51>
- [5] OpenAI. *ChatGPT*, Version 4, 2024, <https://www.openai.com>