

## **Custom Chatbots als individuelle Unterstützung des Transfers von Mathematik in die Physik**

### **Theoretischer Hintergrund und Motivation**

Verständnisprobleme von Schülerinnen und Schülern im Physikunterricht sind nicht selten auf unzureichende mathematische Kompetenzen zurückzuführen (Christensen & Thompson, 2012; Leinhardt et al., 1990; Pollock et al., 2007). Oft basieren sie aber auch auf der Schwierigkeit, die im Rahmen des Mathematikunterrichts erworbenen Fähigkeiten auf den physikalischen Kontext zu übertragen (Becker et al., 2023; Redish & Kuo, 2015). Die Ursachen für diese Schwierigkeiten sind mannigfaltig (Uhdén, 2016). Generative KI kann an dieser Stelle mit der individuellen Förderung durch Chatbots eine mögliche Lösung darstellen. Chatbots können den Lernenden personalisiertes Feedback geben und auf individuelle Lernschwierigkeiten und Fragen eingehen (Kasneci et al., 2023; Adiguzel et al., 2023; Neumann et al., 2024). Des Weiteren lassen sie sich gezielt zu Custom Chatbots konfigurieren, sodass beim Erlernen physikalischer Inhalte Hilfestellungen und Feedback mit Bezug zu dem zugehörigen mathematischen Kontext bereitgestellt werden können.

Der Einfluss von Chatbots auf das Lernerleben und die Lernleistung ist jedoch noch weitgehend unerforscht. In der Handlungsempfehlung der Kultusministerkonferenz heißt es, dass sich “[die Forschung] [i]m Bereich ‘Generative KI-Anwendungen in Bildungsprozessen’ [...] noch in einem Entwicklungsstadium [befindet]” (KMK, 2024). Die Kultusministerkonferenz fordert daher, dass Wissenschaft und Schulpraxis zusammenarbeiten und äußert, dass “Forschungsvorhaben in diesem Bereich [...] zu unterstützen [sind]” (KMK, 2024).

Die Ständige Wissenschaftliche Kommission fordert ebenfalls „weitere[ ] Forschungs- und Entwicklungsanstrengungen [...], um den gewinnbringenden Einsatz [...] in Lehr-Lernsituationen sicherzustellen.“ (SWK, 2023). Zusätzlich wird konstatiert, dass „es [...] vor allem die Erprobung in Schulen mit fachdidaktischer Begleitung und Evaluierung sein [wird], über die schnell gesicherte Erkenntnisse zu Einsatzmöglichkeiten und Risiken erreicht werden können“ (SWK, 2023). Es wird somit deutlich, dass insbesondere Forschungsprojekte der Fachdidaktiken und vor allem solche mit Bezug zur schulischen Praxis von hoher Relevanz für die Weiterentwicklung des Forschungsfeldes sind. Die Arbeitsgruppe Digitale Bildung mit Schwerpunkt Künstliche Intelligenz widmet sich dieser praxisorientierten Forschung zur Wirksamkeit einer KI-Unterstützung von Unterricht. Ein spezifisches Forschungsprojekt soll im Folgenden dargestellt werden.

### **Leitfragen des Projekts**

Die folgenden Leitfragen sollen im Rahmen des Forschungsprojektes näher erörtert werden:

Wie wirkt sich das Lernen mit Custom Chatbots  
- ... auf das Lernerleben aus?

- ... auf die Lernleistung in einem mathematischen und physikalischen Lernkontext aus – insbesondere im Hinblick auf die notwendige Transferleistung auf den physikalischen Kontext?

### **Custom Chatbot-Design**

Die Kultusministerkonferenz stellt fest, dass „im Bildungskontext zusätzlich speziell für den schulischen Einsatz trainierte generative KI-Anwendungen benötigt werden“ (KMK, 2024). Dies motiviert eine gezielte Konfiguration und Erprobung von Chatbots für den schulischen Einsatz, wie es auch im Rahmen dieses Projekts angestrebt wird.

Verschiedene Plattformen – darunter unter anderem OpenAI und Anthropic – bieten die Möglichkeit, auf Basis ihrer Modelle eigene, und somit auf individuelle Bedürfnisse und Anwendungsgebiete spezialisierte, sogenannte GPTs als Custom Chatbot zu konfigurieren. Nutzendes instruieren den GPT anhand eines eigenständig festgelegten, ausführlichen Konfigurationsprompts zu gewünschten Verhaltensweisen und Reaktionen. Des Weiteren kann dem Custom Chatbot fach- oder situationsspezifisches Wissen mitgegeben werden, indem entsprechende Dateien hochgeladen werden.

Für einen ersten schulischen Praxiseinsatz wurde im Rahmen des Projekts ein Custom Chatbot konfiguriert, der auf die Analyse und Interpretation der verschiedenen Darstellungsformen (Graph, Tabelle, Formel) proportionaler Zuordnungen spezialisiert ist und eine motivierende und altersgerechte Sprache verwendet. Der Einsatz des Chatbots eignet sich für Schülerinnen und Schüler der sechsten und siebten Jahrgangsstufe an weiterführenden Schulen und soll sowohl beim Erlernen mathematischer Inhalte als auch bei der Anwendung von Mathematik im Physikunterricht gezielt und individuell unterstützen.

Die Konfiguration des Chatbots erfolgte auf Basis von GPT 4.0 in mehreren Zyklen: Auf eine Konfigurationsphase folgte jeweils eine Testphase, in der systematisch überprüft wurde, ob die Antworten des Chatbots zuvor festgelegte Kriterien ausreichend erfüllten. Entsprechend der Ergebnisse dieser Analyse, wurde der Konfigurationsprompt nach jeder Testphase des Chatbots sukzessive angepasst und verfeinert.

### **Praxiseinsatz – Design und Evaluation**

In einem ersten Praxiseinsatz des Chatbots mit begleitender empirischer Evaluation wurde untersucht, inwiefern KI-generierte Erklärungen dem Material aus einschlägigen Schulbüchern gleichwertig oder überlegen sind – hinsichtlich Lernerleben und Lernleistung in einem mathematischen und physikalischen Lernkontext.

#### *Design*

Insgesamt nahmen  $N = 214$  Schülerinnen und Schülern der Jahrgangsstufe sechs an weiterführenden Schulen in Deutschland an der Evaluation teil. Innerhalb der jeweiligen Schulklassen wurden die Lernenden randomisiert einer Experimental- und einer Kontrollgruppe zugeteilt. Beide Gruppen erhielten Lernmaterialien zu dem für sie neuen mathematischen Thema „Proportionale Zuordnungen“, welches einen Anwendungsbezug in der Physik hat. Die Kontrollgruppe lernte ausschließlich mit herkömmlichem Schulbuchmaterial. Die Experimentalgruppe erhielt Schulbuchmaterial sowie eine darauf bezogene Erklärung des Themas, die mittels eines vorher definierten Prompts von dem oben beschriebenen Custom Chatbot erstellt wurde. Beide Gruppen lernten ausschließlich mit Material in Papierform, um

Verzerrungen durch den Einsatz digitaler Medien zu vermeiden. Um einen fairen Vergleich zu ermöglichen, war die Lernzeit in beiden Gruppen exakt gleich. Zudem wurden die Lernenden in beiden Gruppen zuvor nicht über die Art des vorliegenden Lernmaterials informiert.

### *Evaluation*

Nach dem Lernen mit den Materialien wurden verschiedene Konstrukte anhand einer vierstufigen Likert-Skala erhoben. Erfasst wurden die erlebten Emotionen und das situationale Interesse der Teilnehmenden. Darüber hinaus wurde die intrinsische und extrinsische kognitive Belastung beim Lernen mit den Materialien sowie die Selbstwirksamkeitserwartung im Hinblick auf das Lösen einer themenbezogenen Aufgabe erhoben. Um die Lernleistung und die Fähigkeit zur Transferleistung mathematischer Inhalte in den physikalischen Kontext zu vergleichen, bearbeiteten die Lernenden abschließend einen Leistungstest.

### **Trends erster Analysen**

Erste Auswertungen zeigen eine Tendenz zu Unterschieden zwischen den beiden Gruppen hinsichtlich des Erlebens positiver Emotionen sowie des situationalen Interesses – zugunsten des KI-gestützten Lernens. Auch die Selbstwirksamkeitserwartung in Bezug auf das Lösen einer themenbezogenen Aufgabe ist unter den Schülerinnen und Schülern, welche sich mit den Lernmaterialien des Chatbots beschäftigt haben, höher, während die kognitive Belastung niedriger ist. Diese ersten Ergebnisse deuten darauf hin, dass das Lernen mit KI-Chatbots einen positiven Effekt auf das Lernerleben von Schülerinnen und Schülern haben kann, und eröffnen den Raum für weiterführende Forschung.

Eine Auswertung des Leistungstests zeigt hingegen tendenziell keine Unterschiede zwischen den beiden Gruppen hinsichtlich der Lernleistung.

### **Folgestudie**

Im Rahmen einer sich bereits in Planung befindlichen Folgestudie sollen die im beschriebenen Praxiseinsatz beobachteten Trends vertiefend untersucht werden. Dazu wird in einem ersten Schritt der erprobte Chatbot im Anschluss an die vollständige Auswertung der Ergebnisse überarbeitet, optimiert und an die didaktischen Rahmenbedingungen – vorgegeben durch Thema und Zielgruppe – der Folgestudie angepasst. Das Konzept der Folgestudie sieht eine selbstständige Anwendung des Chatbots seitens der Schülerinnen und Schüler vor. Dabei soll insbesondere untersucht werden, welchen Einfluss die Interaktion mit dem Chatbot auf motivationale Aspekte hat. Des Weiteren soll durch ein Prä-Post-Design ein stärkerer Fokus auf der Lernleistung liegen – vornehmlich bezogen auf die Fähigkeit zur Transferleistung des mathematischen Wissens auf den physikalischen Kontext.

## Literatur

- T. Adiguzel, M. H. Kaya und F. K. Cansu (2023). Revolutionizing education with AI: Exploring the transformative potential of ChatGPT. In: [Cont ed Technology 15 \(3\), ep429](#).
- S. Becker, L. Knippertz, S. Ruzika und J. Kuhn (2023). Persistence, context, and visual strategy of graph understanding: Gaze patterns reveal student difficulties in interpreting graphs. In: [Phys. Rev. Phys. Educ. Res. 19 \(2\)](#).
- E. Kasneci, K. Sessler, S. Küchemann, M. Bannert, D. Dementieva, F. Fischer et al. (2023). ChatGPT for good? On opportunities and challenges of large language models for education. In: [Learning and Individual Differences 103, 102274](#).
- Kultusministerkonferenz (KMK) (2024): Handlungsempfehlung für die Bildungsverwaltung zum Umgang mit künstlicher Intelligenz in schulischen Bildungsprozessen. [https://www.kmk.org/fileadmin/veroeffentlichungen\\_beschluesse/2024/2024\\_10\\_10-Handlungsempfehlung-KI.pdf](https://www.kmk.org/fileadmin/veroeffentlichungen_beschluesse/2024/2024_10_10-Handlungsempfehlung-KI.pdf).
- G. Leinhardt, O. Zaslavsky und M. K. Stein (1990). Functions, Graphs, and Graphing: Tasks, Learning, and Teaching. In: [Review of Educational Research 60 \(1\), S. 1-64](#).
- K. Neumann, J. Kuhn und H. Drachslar (2024). Generative Künstliche Intelligenz in Unterricht und Unterrichtsforschung – Chancen und Herausforderungen. In: [Unterrichtswissenschaft](#).
- E. B. Pollock, J. R. Thompson und D. B. Mountcastle (2007). Student Understanding Of The Physics And Mathematics Of Process Variables In P-V Diagrams. In: [AIP Conference Proceedings 951 \(1\), S. 168-171](#).
- E. F. Redish und E. Kuo (2015). Language of Physics, Language of Math: Disciplinary Culture and Dynamic Epistemology. In: [Sci & Educ 24 \(5-6\), S. 561-590](#).
- Ständige Wissenschaftliche Kommission der Kultusministerkonferenz (SWK) (2023): Large Language Models und ihre Potenziale im Bildungssystem. Impulspapier der Ständigen Wissenschaftlichen Kommission(SWK) der Kultusministerkonferenz. <http://dx.doi.org/10.25656/01:28303>.
- O. Uhden (2016). Verständnisprobleme von Schülerinnen und Schülern beim Verbinden von Physik und Mathematik. In: [ZfDN 22, S. 13-24](#).