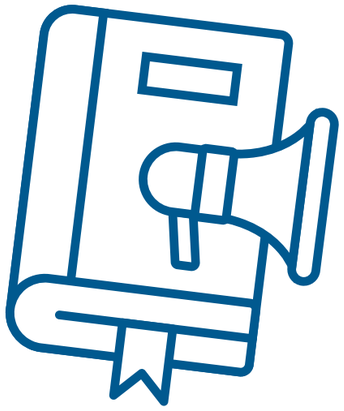
Verwendung generativer Sprachmodelle im Mathematik-unterricht

— Prompting kann man lernen!

UNIVERSITÄT SIEGEN
KI@SCHOOL
Stiftung Bildungspakt Bayern

I
Einleitung



Die rasante Entwicklung der künstlichen Intelligenz (KI) hat weitreichende Auswirkungen auf viele Lebensbereiche, darunter insbesondere das Bildungswesen. Generative Sprachmodelle wie ChatGPT, Claude oder Gemini bieten vielversprechende Möglichkeiten, den Mathematikunterricht zu bereichern und neu zu gestalten. Diese Handreichung soll Lehrkräfte dabei unterstützen, die Potenziale generativer KI zu erkennen und diese gezielt in ihren Unterricht zu integrieren. Zusätzlich versteht sie sich als Update der ersten Handreichung, denn vieles hat sich zwischenzeitlich weiterentwickelt und verändert.

Zielsetzung und Aufbau der Handreichung
Diese Handreichung, entstanden in Zusammenarbeit der Stiftung Bildungspakt Bayern und der Didaktik der Mathematik der Universität Siegen, richtet sich an Lehrkräfte, die ihre Unterrichtspraxis mit Hilfe von KI anreichern möchten. Sie bietet eine kurze Einführung in die Nutzung generativer Sprachmodelle im Mathematikunterricht und stellt praxisorientierte Anleitungen und Beispiele bereit. Es handelt sich um einen derzeitigen Stand der Entwicklungen, der selbstverständlich fortlaufenden Veränderungen unterliegen kann.

Im ersten Teil der Handreichung werden grundlegende Prinzipien des Promptings erklärt. Prompting bezeichnet die Technik, durch gezielte textliche Eingaben präzise und relevante Antworten von KI-Tools zu erhalten. Die verschiedenen Techniken zum Verbessern des Prompting, wie Zero-Shot, Few-Shot und Mega-Prompts, werden näher erläutert, um den Nutzenden ein grundlegendes Verständnis und erste Anwendungsmöglichkeiten zu eröffnen.

Praktische Anwendung im Unterricht
Ein zentrales Anliegen dieser Handreichung ist es, anhand konkreter Anwendungsszenarien den Einsatz generativer KI im Mathematikunterricht zu beschreiben. Dabei wird gezeigt, wie KI-Tools bei der Unterrichtsplanung, der Erstellung von Unterrichtsmaterialien und der individuellen Förderung von Schülerinnen und Schülern unterstützen können. So ist es beispielsweise möglich, dass Lehrkräfte durch gezielte Prompts passende Übungsblätter erstellen oder Vorschläge für innovative Lehrmethoden erhalten, die auf die Bedürfnisse ihrer Schülerinnen und Schüler abgestimmt sind.

Für Schülerinnen und Schüler kann die Nutzung von KI – bei geeigneter Anleitung und gezieltem Einsatz – ebenfalls Vorteile eröffnen. Generative Sprachmodelle können dann als unterstützende Lernpartner fungieren, die bei Bedarf individuelle Hilfestellungen geben, Erklärungen zu komplexen Problemstellungen liefern und alternative Lösungsstrategien aufzeigen. Dies fördert das eigenständige Lernen und stärkt die Problemlösekompetenz der Schülerinnen und Schüler.

Sensibilisierung für die Stärken und Schwächen der KI
Ein weiterer wichtiger Aspekt dieser Handreichung ist die Sensibilisierung für Stärken und Schwächen von KI-Tools für den Einsatz im Bildungsbereich. Obwohl generative Sprachmodelle beeindruckende Fähigkeiten besitzen, ist es wichtig, sich ihrer Grenzen klar bewusst zu sein. Auf Grund ihrer Funktionsweise kann nicht von einer absoluten Korrektheit der Antworten von generativer KI ausgegangen werden. Fehlende Kontextinformationen sowie unpräzise Eingaben führen unweigerlich zu ungenauen oder sogar falschen Ergebnissen. Daher wird darauf eingegangen, wie man Prompts so gestaltet, dass sie möglichst präzise und effektiv sind, wie man die Antworten der KI kritisch bewertet und schließlich hinterfragt. Auch bei überzeugend wirkenden Antworten oder einer Korrektur des KI-Systems nach dem Hinweis auf einen Fehler durch den Nutzenden, können die Antworten weiterhin fehlerhaft sein, obwohl viele Weiterentwicklungen stattgefunden haben. Daher sollte man letztlich zunächst keiner Aussage der KI trauen, die man nicht selbstständig ergänzend geprüft hat.

Unterstützung für Lehrkräfte
Die Handreichung betont die Rolle der Lehrkräfte als Lernbegleitung, die einen verantwortungsbewussten Umgang ihrer Schülerinnen und Schüler mit KI-Tools fördern. Durch den Einsatz von generativer KI im Unterricht können Lehrkräfte wertvolle Unterstützung erhalten, ihre Unterrichtspraxis erweitern und gleichzeitig ihre Lernenden auf die Herausforderungen der digitalen Zukunft vorbereiten.

Ausblick
Die Integration generativer KI in den Mathematikunterricht steht noch am Anfang, bietet jedoch bereits jetzt vielversprechende Perspektiven.

Mit dieser Handreichung möchten wir Lehrkräften Wissen und Werkzeuge an die Hand geben, um die Möglichkeiten von KI effektiv zu nutzen und ihre Schülerinnen und Schüler zu fördern. Wir laden Sie dazu ein, gemeinsam die Potenziale der Integration von KI in den Mathematikunterricht zu erkunden. Diese Technologie bietet verschiedene Ansätze, um den Bildungsprozess gezielt weiterzuentwickeln.

Generative KI kann interessante Impulse für einen praxisnahen und zukunftsorientierten Unterricht geben – probieren Sie es gern aus!

Inhalt

I
Einleitung
S. 02

II
Prompting
S. 06

Was ist Prompting? S. 06

Prompt-Techniken / Prompt Engineering S. 06

Der Zero-Shot S. 06

Few-Shot-Szenario S. 07

Chain-of-Thought-Prompting S. 08

Ein Mega-Prompt S. 10

III
Drei Grundbedingungen für sinnhaftes Prompting
S. 12

Erste Grundbedingung: Präzise Beschreibung des Kontextes S. 13

Zweite Grundbedingung: Für das Anwendungsszenario passende Programme auswählen S. 15

Anwendungsszenarien generativer KI S. 15

Generative KI-Tools S. 20

Dritte Grundbedingung: Für die Schwächen und Stärken der KI sensibilisiert sein S. 35

Mathematikfähigkeiten verschiedener KI-Anwendungen S. 35

Unpräzise Outputs S. 35

Fehlerhafte Aussagen S. 37

Chatverlauf als Quelle begreifen S. 37

Lehrkräfte als Lernbegleitung S. 38

IV
Literaturangaben
S. 39

II
Prompting

In diesem Abschnitt wird eine erste Einführung in die Thematik des Prompting gegeben, um gewünschte Ergebnisse im Umgang mit generativer KI zu generieren. Als Tool wird hier exemplarisch das Sprachmodell ChatGPT-4o verwendet. Dies soll aber weder eine Empfehlung für dieses System noch einen Ausschluss anderer KI-Tools darstellen. Viele der beschriebenen Vorgehensweisen und Features gelten auch für andere KI-basierte Chatbots und lassen sich daher übertragen. An dieser Stelle sei auch darauf hingewiesen, dass für den Einsatz von KI-Anwendungen im Unterricht die geltenden rechtlichen Vorgaben des Freistaates Bayern zu berücksichtigen sind. An dieser Stelle sei auch darauf hingewiesen, dass für den Einsatz von KI-Anwendungen im Unterricht stets die Einhaltung der Datenschutzbestimmungen sowie die für die Schulen vorgegebenen Regelungen zu beachten sind.

Was ist Prompting?

Der Begriff Prompting bezeichnet Eingaben, die von Nutzerinnen und Nutzern bei der Interaktion mit Chatbots getätigt werden. Diese können aus einer einzelnen kurzen Aufforderung, Fragen oder Aussagen in Form von Sätzen oder detaillierten Anweisungen, sogenannten Mega-Prompts, bestehen (Lennon, 2023). Jede getätigte Eingabe, ob textlich oder verbal über Sprachfunktionen, ist für das System eine Anweisung, auf die es mithilfe der hinterlegten und im Vorhinein trainierten, neuronalen Netze reagiert. Je genauer also die erste Eingabe ist, desto präziser kann das Sprachmodell auf diese reagieren. Dennoch kann auch bei einem sehr langen und ausführlichen Prompt ein ergänzender vertiefender Austausch über den Inhalt mit dem Chatbot notwendig werden. Hierzu kann man mit dem Chatbot in einen Dialog treten, in dem die Anfragen sukzessive erweitert, verbessert oder präzisiert werden – der Nutzer oder die Nutzerin gibt passendes Feedback auf die Antworten des Chatbots.

Dieses Vorgehen ist nötig und systemisch bedingt, da es sich bei der hier thematisierten Form von KI-Tools um sogenannte Sprachmodelle handelt: Ihre Stärke liegt in der Simulation menschlicher Kommunikation. Anders als bei Suchmaschinen, bei denen ein einzelner Suchbegriff viele potenziell passende Ergebnisse liefert, ermöglichen generative KI-Tools einen dialogischen Austausch. Durch gezielte Rückfragen und Antworten kann das gewünschte Ergebnis schrittweise im Gespräch erarbeitet werden. Es können auch erste befriedigende Ergebnisse durch einzelne Eingaben, sogenannte Zero-Shots, erzielt werden; die Relevanz von fortlaufendem Prompting in einem Chatverlauf für gute Ergebnisse soll an dieser Stelle aber besonders betont werden.

Prompt-Techniken / Prompt Engineering

In diesem Abschnitt werden erste Grundlagen des sogenannten Prompt Engineerings vorgestellt, einschließlich Methoden und Praktiken, die notwendig sind, um effektive Prompts zu erstellen. Prompt Engineering meint dabei den Prozess der Gestaltung und Optimierung einer Eingabeaufforderung, um spezifischere und präzisere Antworten von KI-Tools zu erhalten (Diao et al., 2023).

Der Zero-Shot

In Abhängigkeit von dem gewünschten Ziel bieten sich unterschiedliche Prompt-Strategien an. Gerade Schülerinnen und Schüler verwenden bei ihren ersten Kontakten mit einem KI-Chatbot häufig eine einzelne kurze Aufforderung als Prompt, einen sogenannten „Zero-Shot“ (Radford et al., 2019).
In Abbildung 1 ist ein Prompt dargestellt, der keinen weiteren Kontext außer die Aufforderung nach allgemeinen Informationen über die Innenwinkelsumme im Dreieck enthält. Die KI erfährt beispielsweise nichts über den Hintergrund der Nutzerin oder des Nutzers und somit auch nicht auf welchem inhaltlichen Niveau die Antwort formuliert sein soll, oder welcher Inhalt konkret gefordert wird. ChatGPT hat hier eine sehr anschauliche Beschreibung verwendet, die noch unvollständig ist. Ebenso hätte aber auch ein formaler Beweis auf diesen Zero-Shot folgen können, da keine spezifischen Anweisungen gegeben wurden. **Charakteristisch für diese Technik ist, dass nach dieser ersten Eingabe keine weitere getätigt wird und somit der dialogische Austausch ausbleibt und die erste generierte Antwort als finales Ergebnis bestehen bleibt. Gerade in den ersten Versuchen, mit dem Chatbot zu interagieren, wird diese Technik zumeist unbewusst verwendet, da sie in ihrer Beschaffenheit dem Umgang mit einer Suchmaschine wie Google ähnelt.** Somit kann sie als Grundlage und Anknüpfungspunkt für die folgenden Techniken gesehen werden, bleibt aber dennoch eigenständig von Bedeutung, da diese Technik wenig Aufwand erfordert und dennoch in bestimmten Fällen ausreichend gute Ergebnisse liefern kann. **Das große Potential von Sprachmodellen liegt allerdings im dialogischen Austausch.** Durch den Einsatz von Chatbots in Hand von Lernenden können die Bereiche Kommunikation, Aushandlung und Argumentation über mathematische Inhalte stärker in den Vordergrund rücken (Dilling et. al, 2024).

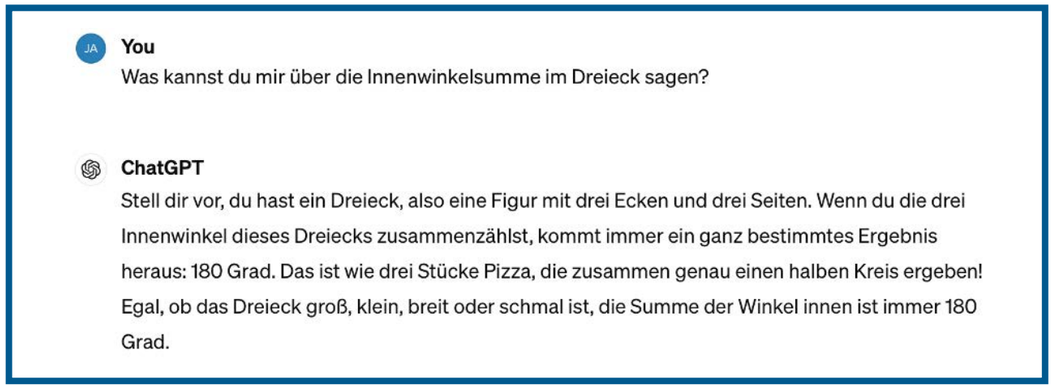


Abbildung 1: Beispiel für einen Zero-Shot.

Few-Shot-Szenario

Eine Prompt-Strategie, bei der etwas mehr Kontext in der ersten Eingabe gegeben wird, ist der sogenannte „Few-Shot“ (Schorcht et al., 2023). Dieses Prompting-Szenario zeichnet sich dadurch aus, dass die KI auf Grund mangelnder Kontextinformationen nicht nur auf ganz allgemeine Aussagen zurückgreifen muss, sondern für ein konkreteres Ergebnis **ein oder mehrere Beispiele mit in den Prompt eingefügt werden**.

Möchte man also beispielsweise die Lösung für eine Problemlöseaufgabe bekommen, die man selbst nicht lösen kann, kann das Integrieren ähnlicher Problemlöseaufgaben, inklusive der zugehörigen Lösungen, in den Prompt dabei helfen, eine passendere Lösung für das vorliegende Problem zu erhalten. Dies führt dazu, dass in der darauffolgenden Antwort der KI spezifischer geantwortet wird, denn der Chatbot orientiert sich zusätzlich an dem eingegebenen Beispiel. Ein konkretes Beispiel dazu wird in Abbildung 2 dargestellt.
Weiterhin nützlich zur Präzisierung der Antworten kann es sein, wenn man zusätzlich eigenes Material ergänzend zum Thema einliest und als Quelle verwenden lässt, wobei hierbei stets das Urheberrecht zu berücksichtigen ist.

Few-Shot-Prompting sollte immer dann ver-

wendet werden, wenn man bereits eine grobe Vorstellung von dem Ergebnis hat und ähnliche oder zusätzliche Outputs im gleichen Format erzielen möchte.

Ich habe folgende Aufgabe und möchte diese lösen:
Max ist doppelt so alt wie Sara. Zusammen sind sie 36 Jahre alt. Wie alt ist jeder von ihnen?

Nutze die folgende Beispielaufgabe, um die Aufgabe zu lösen.

Beispielaufgabe:
Anna ist 5 Jahre älter als Ben. Zusammen sind sie 25 Jahre alt. Wie alt ist jeder von ihnen?

1. Schritt: Festlegung der Variablen
Wir definieren:
- a als das Alter von Anna,
- b als das Alter von Ben.

2. Schritt: Aufstellen der Gleichungen
Die Informationen aus der Aufgabenstellung führen zu zwei Gleichungen:
- Anna ist 5 Jahre älter als Ben: a = b + 5
- Zusammen sind sie 25 Jahre alt: a + b = 25

3. Schritt: Substitution
Setze die erste Gleichung a = b + 5 in die zweite Gleichung a + b = 25 ein:
(b + 5) + b = 25

4. Schritt: Zusammenfassen und Auflösen
2b + 5 = 25
b = 10

5. Schritt: Berechne a
Setze den Wert von b = 10 in die erste Gleichung a = b + 5 ein:
a = 10 + 5 = 15

6. Schritt: Ergebnis
- Anna ist 15 Jahre alt.
- Ben ist 10 Jahre alt.
Kontrollrechnung: a + b = 15 + 10 = 25

Um die Aufgabe mit Max und Sara zu lösen, können wir die gleichen Schritte wie im Beispiel verwenden. Lass uns das Schritt für Schritt angehen.

1. Schritt: Festlegung der Variablen

- m als das Alter von Max,
- s als das Alter von Sara.

2. Schritt: Aufstellen der Gleichungen

Die Informationen aus der Aufgabenstellung führen zu zwei Gleichungen:

- Max ist doppelt so alt wie Sara: $m = 2s$
- Zusammen sind sie 36 Jahre alt: $m + s = 36$

3. Schritt: Substitution

Setze die erste Gleichung $m = 2s$ in die zweite Gleichung $m + s = 36$ ein: $(2s) + s = 36$

4. Schritt: Zusammenfassen und Auflösen

$3s = 36$ Teile durch 3: $s = 12$

5. Schritt: Berechne m

Setze den Wert von $s = 12$ in die erste Gleichung $m = 2s$ ein:
$m = 2 \times 12 = 24$

6. Schritt: Ergebnis

- Max ist 24 Jahre alt.
- Sara ist 12 Jahre alt.

Kontrollrechnung:

$m + s = 24 + 12 = 36$
Das stimmt mit der Aufgabenstellung überein.

Abbildung 2: Beispiel für einen Few-Shot inklusive des Chain-of-Thought.

Chain-of-Thought-Prompting

Bei der Promptingstrategie des Chain-of-Thoughts geht es darum, dem System über den Prompt mitzuteilen, dass es Zwischenschritte beim Erzeugen der Antwort machen soll. **Diese Strategie eignet sich besonders bei Problemlöseaufgaben, bei denen die Lösung in einzelnen Schritten ausgegeben werden soll**, wie das Beispiel aus dem vorherigen Szenario illustriert (siehe Abb. 2).

Durch Zwischenschritte ermöglicht man nicht nur den Nutzenden ein gut strukturiertes und leichter nachvollziehbares Lösungsdesign, sondern gibt der KI die Zeit und Möglichkeit sich nach jedem Schritt zu kontrollieren, wodurch sich die Güte der Ergebnisse (erwiesenermaßen) deutlich verbessern lässt (Wei et al., 2022). Aktuellere KI-Modelle, wie etwa die Modelle o1 oder o3 mini von OpenAI haben solche „Reasoning-“ Zwischenschritte, inklusive einer Kontrolle der Antwort auf Richtigkeit, bereits integriert. Bei Anfragen zeigen diese Modelle einen sogenannten „Denkvorgang[1]“, bei dem man später alle einzelnen „Denkschritte“ aufrufen und nochmals nachvollziehen kann (siehe Abb. 3). Dieser „Denkvorgang“ variiert je nach Modell in seiner Dauer. So wurde die in Abbildung 3 dargestellte Aufgabe mit ChatGPT o3-mini in 24 Sekunden korrekt gelöst. Zum Vergleich mit anderen speziellen Reasoning-Modellen: Dieselbe Aufgabe wurde im Modell o1 eingegeben, was in 88 Sekunden zu einem falschen Ergebnis führte. Im Modell o3-mini high dauerte der „Denkvorgang“ 55 Sekunden und resultierte ebenfalls in der richtigen Lösung. Dabei muss der „Denkprozess“ nicht zwingend in der Ausgabesprache stattfinden – wie das Beispiel zeigt. Vielmehr erfolgt er in der Sprache, in der die meisten Trainingsdaten vorliegen, sodass der Prozess auch auf Englisch ablaufen kann, während die finale Antwort auf Deutsch generiert wird.

Insbesondere bei komplexen Problemlöseaufgaben tragen diese sogenannten „Denkprozesse“ im Sinne bereits integrierter oder spezifisch eingegebener Chain-of-Thoughts Prompts zu einer besseren Ergebnisgüte bei. Daher stellt die Nutzung der Formulierung sogenannter „Gedankenketten“ eine sinnvolle Strategie zur Optimierung von Prompts dar, die sich gut mit anderen der dargestellten Strategien kombinieren lässt.

Ein 10 m hoher Telefonmast knickt in einer Höhe von 4,5 m über dem Boden um. Bestimme den Mindestabstand, den Personen um den Mastfuß einhalten müssen, damit sie nicht vom herabstürzenden Mast getroffen werden können.

Nachgedacht für 24 Sekunden

Okay, so the problem involves a 10m high telephone mast tipping over at 4.5m above the ground. That means the mast breaks at that height and falls down.

To determine the minimum distance people should be from the base to avoid being hit by falling, I'll think about the geometry. The mast behaves like a rigid rod and pivots at that 4.5m mark. I'll need to figure out the horizontal distance it covers when it falls.

The telephone mast, originally 10m tall, buckles at 4.5m. The top part, 5.5m long, will then fall. To find the minimum safe distance to maintain, I need to consider the arc described by the falling mast. The tach pivots at 4.5m above the ground. This means the humanoid distance is defined by the trajectory of the 5.5m long top part rotating down. The key thing is that the falling part will touch the ground when it completes the arc.

The mast falls at a height of 4.5m, with the top part (5.5m) rotating around this point. The tip of the falling mast will describe a circular arc and hit the ground at a distance of about 5.5m from the pivot point. To ensure safety, a person must stand at least a certain distance away from the base of the mast. Based on the geometry, we can calculate the minimum safe distance as the radius of this circle, which is approximately 3.16m.

Wir betrachten den Mast als starren Stab, der an einer Höhe von 4,5 m (dem „Knickpunkt“) aufgehängt ist. Der obere, umfallende Teil ist 10 m – 4,5 m = 5,5 m lang und schwenkt um den Knickpunkt (den Drehpunkt).

Abbildung 3: Beispiel für einen Reasoning-Prozess des Modells ChatGPT o3-mini.

[1] Der „Denkvorgang“ einer KI ist kein tatsächlicher kognitiver Prozess, sondern beruht auf statistischen Wahrscheinlichkeiten und Mustern in den Trainingsdaten.

Ein Mega-Prompt

Eine weitere Prompting-Technik ist die Erstellung und Nutzung von sogenannten Mega-Prompts. Ein Mega-Prompt ist ein besonders ausführlicher und strukturierter Texteingabebefehl für die KI, der viele Details, Vorgaben und Ziele enthält, um eine möglichst präzise und passende Antwort zu erhalten. Rob Lennon (2023) schlägt dafür beispielsweise einen sechsstufigen Aufbau (siehe Abb. 4) vor, der sich in unserer Praxis als nützlich erwiesen hat, um eine Aufforderung mit mehr Kontext zu strukturieren:

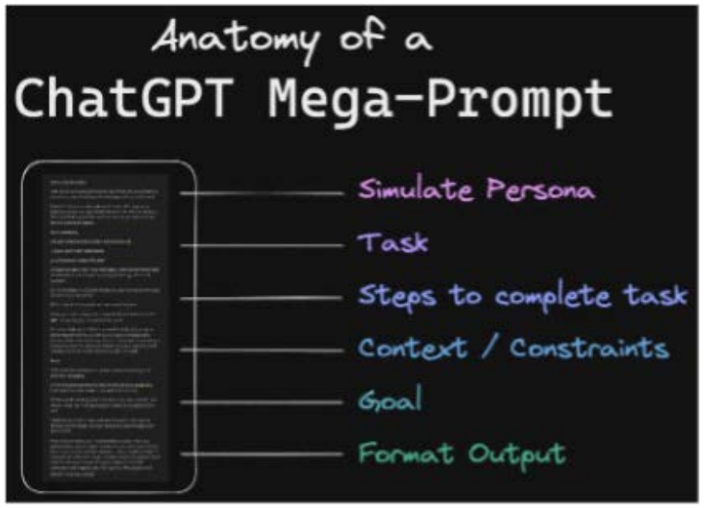


Abbildung 4: Aufbau eines Mega-Prompts nach Rob Lennon (2023).

Die sechs Stufen der Anatomie eines Mega-Prompts lassen sich durch die folgenden Fragen beschreiben:

1. In welcher Rolle stelle ich meine Frage? Welche Rolle nimmt die KI ein?
2. Aufgabe – Was soll die KI tun?
3. Arbeitsschritte – In welche Teilschritte lässt sich die Aufgabe für die KI zerlegen?
4. Kontext und Einschränkungen – Was muss dabei beachtet werden? Welche Rahmenbedingungen liegen vor?
5. Ziel – Was soll mit dem Dialog erreicht werden?
6. Format und Outputs – Wie soll die Antwort aussehen? Welches Format soll sie haben?

Bei diesem Vorgehen gibt man der KI schon zu Beginn möglichst alle notwendigen Informationen, die eine höhere Passgenauigkeit und Individualität bei der Antwort ermöglichen und somit schneller zu einem gewünschten Ergebnis führen.

Durch die Beantwortung der Fragen (siehe Abb. 5) werden mögliche Missverständnisse von vornherein vermieden. Würde man mit einer „realen" Kollegin oder einem Kollegen im Team eine Reihe zu der Innenwinkelsumme im Dreieck planen, bräuchte selbstverständlich auch diese bzw. dieser die nötigen Rahmenbedingungen, um eine gute Unterrichtsreihe zu planen. Von daher ist es wenig überraschend, dass auch eine textgenerierende KI diese Informationen benötigt, um einen nützlichen Output zu erzeugen.

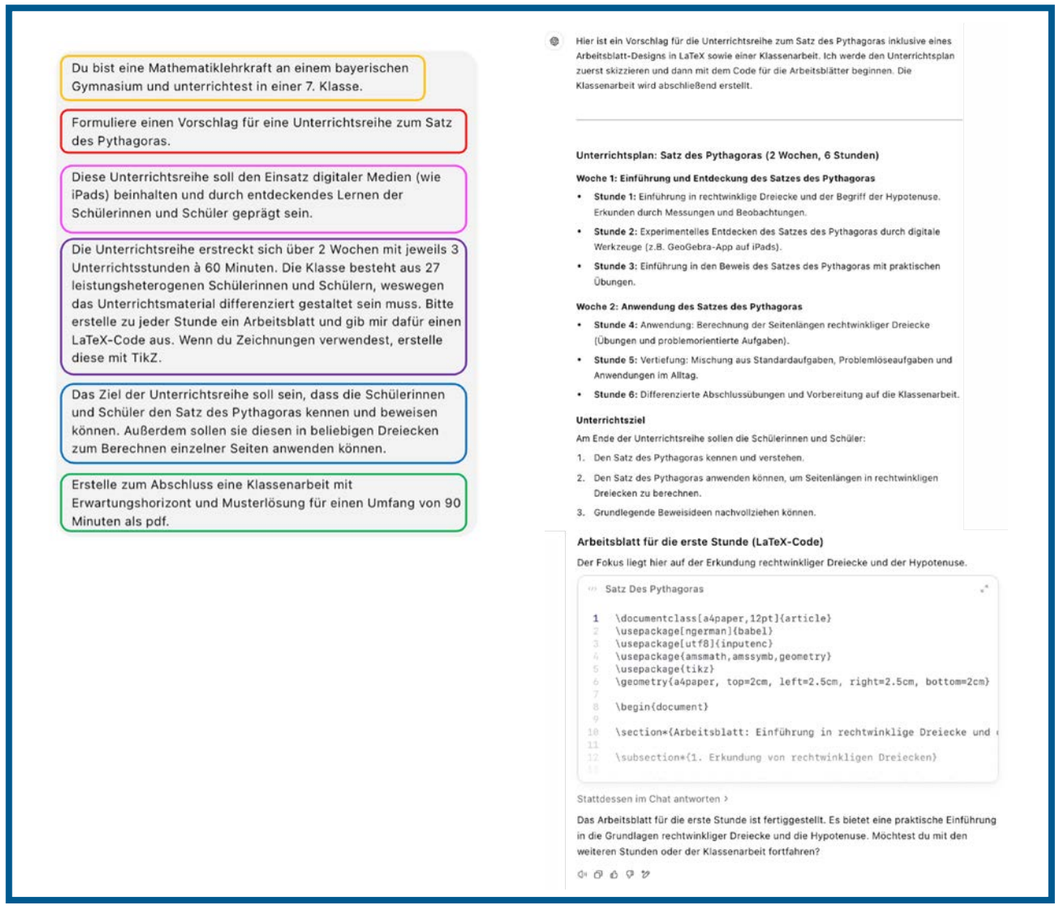


Abbildung 5: Beispiel für einen Mega-Prompt für eine Unterrichtseinheit zum Satz des Pythagoras.

In dem oben abgebildeten Chatverlauf (Abb. 5) ist zu erkennen, wie ein erster Mega-Prompt aussehen kann. Dieser kann noch um weitere Informationen zum Kontext ergänzt werden, beispielsweise durch eingelesene Ausschnitte aus dem Kernlehrplan der jeweiligen Schulart und klare Anweisungen bezüglich des Stundeninhalts. Auf diese Aspekte kann durch den Chatcharakter allerdings auch in einem folgenden Prompt eingegangen werden. Man könnte dann beispielsweise anmerken, dass nicht jede Stunde mithilfe eines iPads gestaltet sein muss und auch andere digitale Medien berücksichtigt werden sollen, oder dass eine vorgeschlagene Stunde nicht die gewünschten Inhalte besitzt. Gerade die Planung einer Unterrichtsreihe sollte in der Interaktion mit ChatGPT nie durch einen einzelnen Prompt als abgeschlossen angesehen werden. Vielmehr besitzt diese Darstellung der einzelnen Stunden den Charakter eines Inhaltsverzeichnisses und lädt dazu ein, sich die einzelnen Stunden in einem nächsten Schritt konkret planen zu lassen. Darin können dann auch weiterhin individuelle Änderungen im Dialog vorgenommen werden.

Die vorgestellten Strategien zielen darauf ab, den initialen Prompt so zu optimieren, dass bereits im ersten Versuch ein brauchbares Ergebnis als solide Grundlage entsteht. Dennoch sind diese Strategien nur ein erster Schritt und es sollte weiterhin die Möglichkeit genutzt werden, in eine Konversation zu treten, Nachfragen zu stellen und ergänzende Anforderungen an das erste Ergebnis zu formulieren. Zudem weisen die einzelnen Strategien auch teilweise Überschneidungen auf und lassen sich somit auch sinnvoll kombinieren. Alternativ existieren auch einige Sei- >

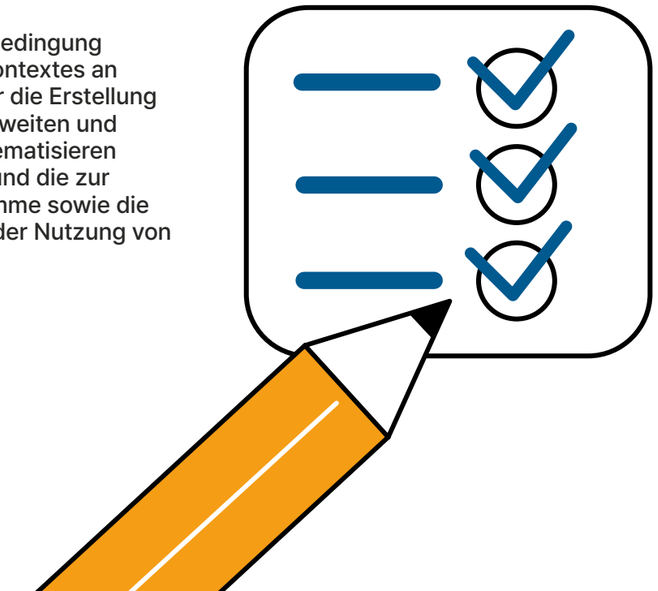
ten, auf denen Mega-Prompts für verschiedene Anwendungsszenarien hinterlegt sind, die man direkt oder mit individuellen Anpassungen in abgewandelter Form verwenden kann. Außerdem kann man sich selbstverständlich auch durch die KI selbst beim Erstellen von Mega-Prompts beraten lassen. Beispiele für Seiten, auf denen man Mega-Prompts finden kann, sind:

- https://platform.openai.com/docs/examples
- https://huggingface.co/datasets/fka/awesome-chatgpt-prompts/viewer/default/train?row=27
- GenAI Chatbot Prompt Library for Educators: https://www.aiforeducation.io/prompt-library
- GPT prompt tutor – A guide for creating effective GPT prompts: https://chatgpt.com/g/g-1PLB07JE8-gpt-prompt-tutor

III
Drei Grundbedingungen für sinnhaftes Prompting

In diesem Abschnitt werden drei Grundbedingungen aufgeführt, die aus unserer Erfahrung für ein sinnhaftes Prompting essenziell sind.

Dabei knüpft die erste Grundbedingung bezüglich der Relevanz des Kontextes an den vorherigen Abschnitt über die Erstellung eines Mega-Prompts an. Die zweiten und dritten Grundbedingungen thematisieren anschließend die Nutzenden und die zur Verfügung stehenden Programme sowie die Risiken und Chancen, die mit der Nutzung von generativer KI einhergehen.



Erste Grundbedingung: Präzise Beschreibung des Kontextes

Das Formulieren eines Mega-Prompts ist ein Beispiel für eine Prompt-Technik, bei der in der ersten Eingabe möglichst strukturiert viel Kontext aufgeführt wird. Je ausführlicher und strukturierter der Prompt ist, desto klarer ist meist auch die Antwort der KI. Bei Prompts wie „Erstelle mir ein Arbeitsblatt zur Innenwinkelsumme im Dreieck“ oder „Stelle mir Fragen, die mich auf die Mathearbeit vorbereiten“ fehlt dieser Kontext. Für welche Klasse sind das Arbeitsblatt und die Mathematikarbeit gedacht? Welche Inhalte sollen damit vertieft oder gelernt werden? Wie umfangreich soll dies getan werden? Dies sind einige der Fragen, die bei einer solchen Eingabe offenbleiben. Die Ergebnisse könnten zufälligerweise einige Anforderungen erfüllen, doch in den meisten Fällen werden sie nicht zufriedenstellend sein, da die KI nicht genug Informationen besitzt.

Ein weiterer Aspekt, der die Relevanz des Kontextes verdeutlicht, ist im folgenden Beispiel zu sehen. Hier wurde ein Bild des Münchener Sommertheaters über das Theaterstück des „Zerbrochenen Krugs“ genutzt und nach Einsatzszenarien in der Schule gefragt. Durch die Gestaltung des Bildes wird ein großer Interpretationsspielraum eröffnet, der sich sowohl interdisziplinär als auch innerhalb eines Faches durch vielfältige Vorschläge auszeichnet. Wenn also kein Kontext gegeben wird, kann die KI nicht wissen, welches dieser möglichen Einsatzszenarien gewünscht ist, wie es auch in den Abbildungen 6 und 7 demonstriert wird.

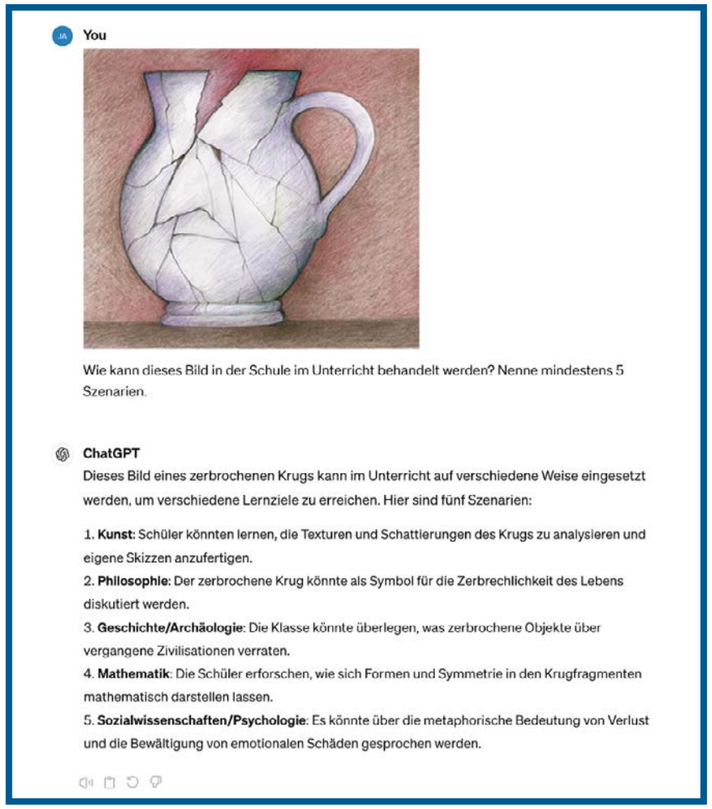
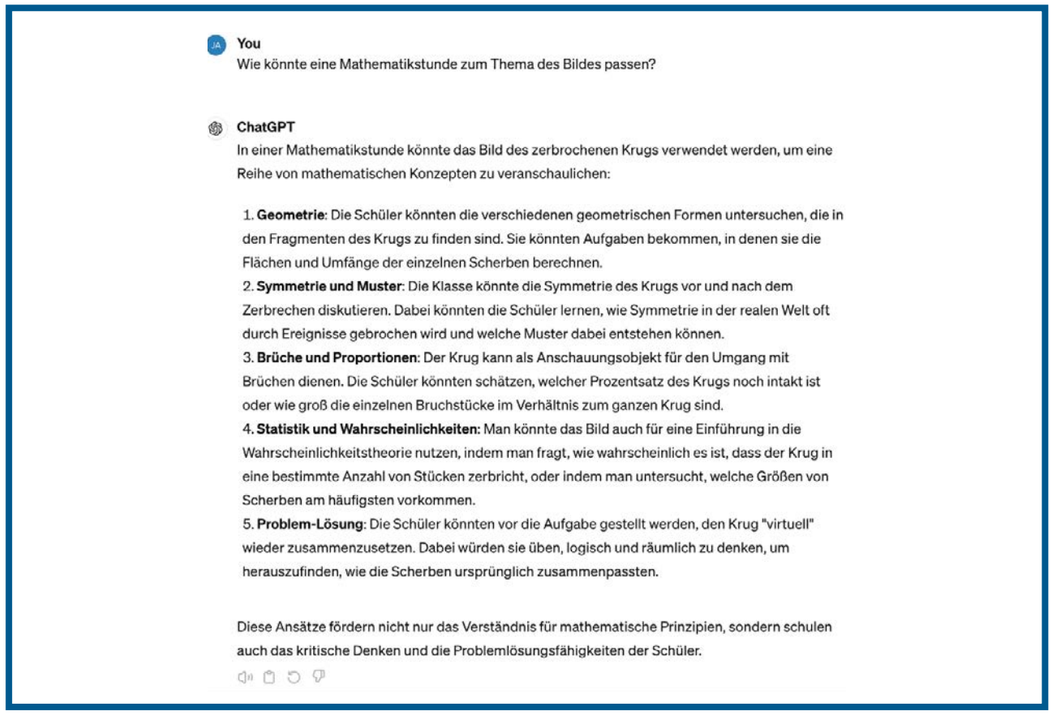


Abbildung 6: Beispiel für die kontextabhängige Bilddeutung in verschiedenen Fachbereichen.

[2] https://www.muenchner-sommertheater.de/inszenierungen/2017-der-zerbrochne-krug



You
Wie könnte eine Mathematikstunde zum Thema des Bildes passen?

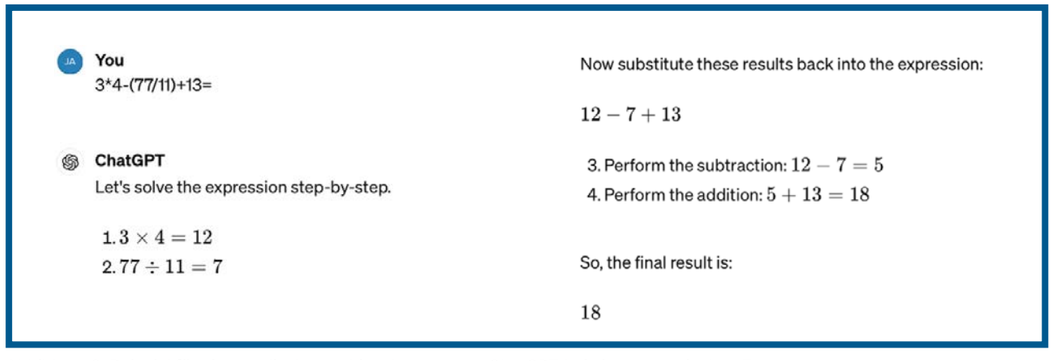
ChatGPT
In einer Mathematikstunde könnte das Bild des zerbrochenen Krugs verwendet werden, um eine Reihe von mathematischen Konzepten zu veranschaulichen:

1. **Geometrie**: Die Schüler könnten die verschiedenen geometrischen Formen untersuchen, die in den Fragmenten des Krugs zu finden sind. Sie könnten Aufgaben bekommen, in denen sie die Flächen und Umfänge der einzelnen Scherben berechnen.
2. **Symmetrie und Muster**: Die Klasse könnte die Symmetrie des Krugs vor und nach dem Zerbrechen diskutieren. Dabei könnten die Schüler lernen, wie Symmetrie in der realen Welt oft durch Ereignisse gebrochen wird und welche Muster dabei entstehen können.
3. **Brüche und Proportionen**: Der Krug kann als Anschauungsobjekt für den Umgang mit Brüchen dienen. Die Schüler könnten schätzen, welcher Prozentsatz des Krugs noch intakt ist oder wie groß die einzelnen Bruchstücke im Verhältnis zum ganzen Krug sind.
4. **Statistik und Wahrscheinlichkeiten:** Man könnte das Bild auch für eine Einführung in die Wahrscheinlichkeitstheorie nutzen, indem man fragt, wie wahrscheinlich es ist, dass der Krug in eine bestimmte Anzahl von Stücken zerbricht, oder indem man untersucht, welche Größen von Scherben am häufigsten vorkommen.
5. **Problem-Lösung**: Die Schüler könnten vor die Aufgabe gestellt werden, den Krug "virtuell" wieder zusammenzusetzen. Dabei würden sie üben, logisch und räumlich zu denken, um herauszufinden, wie die Scherben ursprünglich zusammenpassten.

Diese Ansätze fördern nicht nur das Verständnis für mathematische Prinzipien, sondern schulen auch das kritische Denken und die Problemlösungsfähigkeiten der Schüler.

Abbildung 7: Beispiel für die kontextabhängige Bilddeutung in einem Fach (Mathematik).

Auch im Alltag ist nichts kontextlos, wieso sollte also erwartet werden, dass eine generative KI ohne Kontext arbeiten kann? Alles kann unterschiedlich interpretiert und ausgelegt werden, weswegen es in jeder Kommunikation wichtig ist, eine passende Rahmung zu nutzen. Zudem ist zu beachten, dass nicht jede generative KI automatisch auf Deutsch antwortet, obwohl die erste Eingabe selbst auf Deutsch formuliert wurde. Gerade wenn die KI-Tools von Lernenden genutzt werden und der Lehrkraft die erste Ausgabe wichtig ist, sollte man die Bitte nach der Ausgabesprache in den Prompt integrieren. KI-Tools wie Llama 2 antworten ansonsten häufig auch bei auf Deutsch formulierten Fragen in englischer Sprache.
Selbst ChatGPT antwortet aktuell bei rein numerischen Fragen auf Englisch, vermutlich da es primär in dieser Sprache trainiert worden ist (siehe Abb.8).



You
3*4-(77/11)+13=

ChatGPT
Let's solve the expression step-by-step.

1. $3 \times 4 = 12$
2. $77 \div 11 = 7$

Now substitute these results back into the expression:

$12 - 7 + 13$

3. Perform the subtraction: $12 - 7 = 5$
4. Perform the addition: $5 + 13 = 18$

So, the final result is:

18

Abbildung 8: Beispiel für eine englischsprachige Antwort von ChatGPT bei einer numerischen Frage.

Zweite Grundbedingung: Für das Anwendungsszenario passende Programme auswählen

Anwendungsszenarien generativer KI

Der folgende Abschnitt beschäftigt sich mit den vielfältigen Anwendungsszenarien generativer KI für den Mathematikunterricht. Generative KI-Tools können Daten in einer Weise verarbeiten und neu kombinieren, die es ermöglicht, neue Inhalte zu erstellen. Diese Inhalte können sowohl von Lehrkräften als auch von Schülerinnen und Schülern erstellt und verwendet werden.

KI als Tool für Lehrkräfte

KI als Tool für Lehrkräfte eröffnet vielfältige Möglichkeiten, den Unterricht zu bereichern und zu erleichtern (siehe Abb. 9). Durch den gezielten Einsatz können Lehrerinnen und Lehrer Unterstützung in verschiedenen Bereichen erhalten. Beispielsweise kann die KI als Reflexionstool für die Unterrichtsplanung fungieren. Dabei sind sowohl Anregungen für einzelne Stunden als auch für vollständige Unterrichtsreihen möglich, wie das Beispiel im vorherigen Abschnitt nahelegt. Durch den Input von Lernzielen oder Themen können innovative Lehraktivitäten, Projekte und Methoden vorgeschlagen werden, die auf die Bedürfnisse und Interessen der Lernenden zugeschnitten sind. Daran anknüpfend kann die KI ebenfalls unterstützend bei der Erstellung von Unterrichts- oder Übungsmaterialien eingesetzt werden.
Durch spezifische Parameter wie Schwierigkeitsgrad, Thema und Zielgruppe können differenzierte Arbeitsblätter, Präsentationen, interaktive Aufgaben oder vertiefendes Übungsmaterial (Peters & Schorcht, 2024) innerhalb kurzer Zeit erstellt werden. Die hohe Effizienz bei diesem Arbeitsschritt ermöglicht in Zukunft vielleicht mehr Zeit für eine vertiefende Auseinandersetzung mit anderen unterrichtsrelevanten Aufgaben.

In eingeschränkter Weise kann die Interaktion mit KI-Chatbots auch als Tool zur Wissensrecherche genutzt werden. Es wird hier explizit von eingeschränkten Situationen gesprochen, da eine Suchmaschine in vielen Fällen verlässlichere Informationen liefert. Dennoch können mittlerweile innerhalb des Chats auch Onlinesuchen zugelassen werden, sodass der Chatbot in Echtzeit auf Informationen aus dem Internet zugreift und eine Antwort auf Basis der gefundenen Onlinequellen inklusiver einer Quellenangabe formuliert (siehe Abb. 10). Dies ist nicht in allen Modellen möglich, sodass man in manchen Fällen abwägen muss, ob das interne Reasoning zugunsten einer Internetrecherche weggelassen werden muss. Dabei ist zu unterscheiden zwischen einer normalen Websuche, bei der lediglich relevante Links geliefert werden, und einer Deep-Research-Funktion, die Informationen aus mehreren Quellen tiefergehend analysiert, zusammenfasst und daraus direkt eine präzise Antwort generiert.

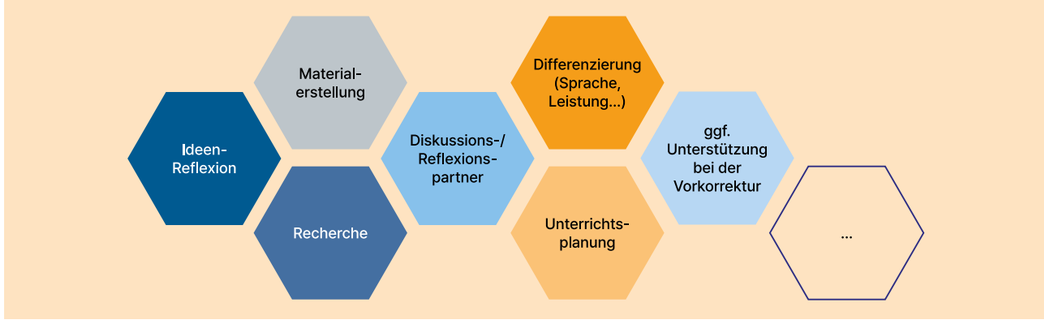


Abbildung 9: Einsatzmöglichkeiten von KI als Tool für Lehrkräfte.

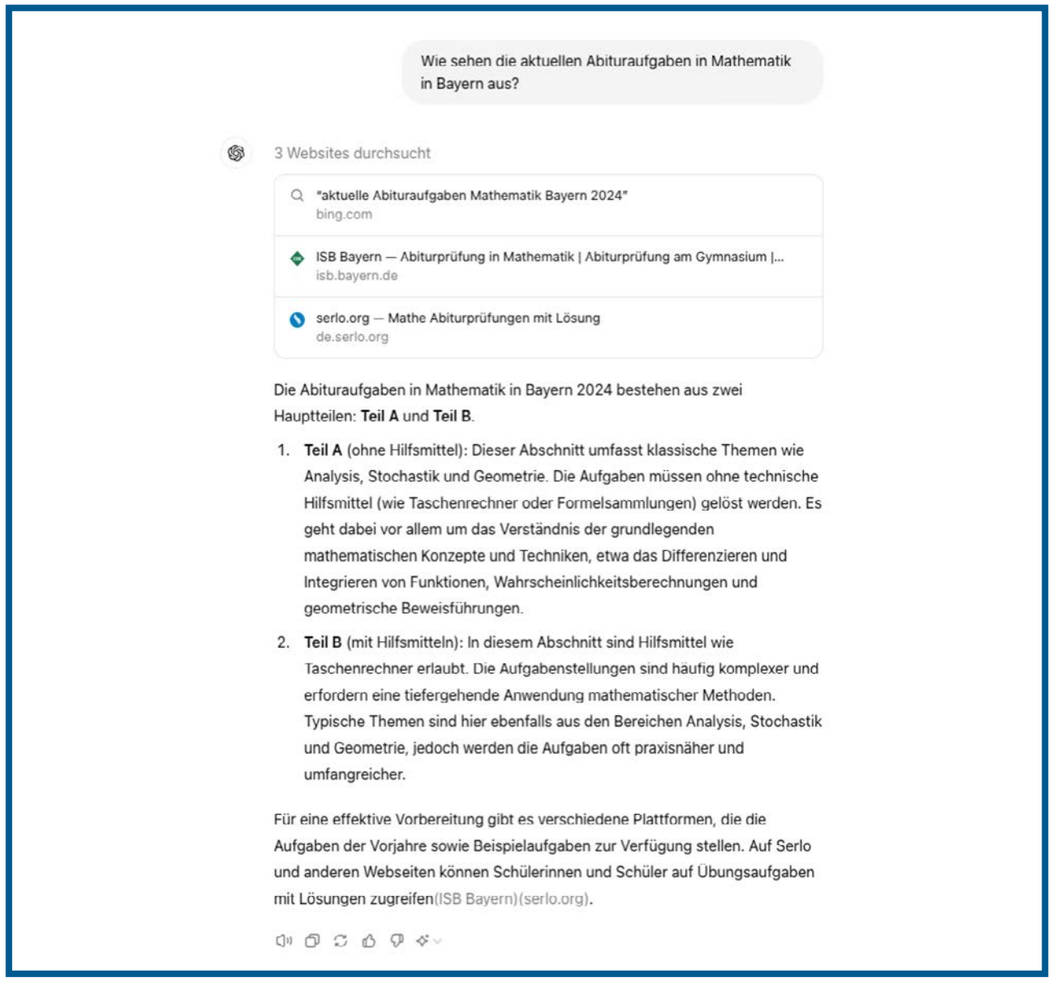


Abbildung 10: Beispiel für die Integration von Websuchen zur Informationsgewinnung.

Auch bei der Suche nach geeigneten Unterrichtsansätzen für besondere Lernanlässe kann die KI als Inspirationsquelle dienen und zusätzliche Perspektiven eröffnen. Hilfreich erscheint beispielsweise für angehende Lehrerinnen und Lehrer, eine von ihnen bereits geplante Stunde und die damit verfolgten Lernziele mit einer anderen Person zu besprechen. KI-Chatbots können hier erste Feedbackimpulse liefern, die bei der Materialentwicklung hilfreich sein können. Die fachliche und didaktische Einordnung erfolgt dabei selbstverständlich durch die Lehrkraft. Von diesen Feedbackimpulsen können auch erfahrene Lehrkräfte profitieren, denn bei neuen Themen oder Lehrmethoden kann auch diesen ein spezifischer (virtueller) Kommunikationspartner eine Hilfe sein. KI kann nicht nur zu Beginn der Unterrichtsplanung, sondern auch bei der anschließenden Reflexion einer durchgeführten Stunde eine dialogische Auseinandersetzung unterstützen. Diese kann aus einer kurzen fünf-Minuten-Reflexion oder einer längeren ausführlichen Besprechung in einzelnen Schritten durch die KI begleitet und für die eigene Professionalisierung genutzt werden. Vorteil ist eine permanente Verfügbarkeit, so dass sich die Reflexionsphasen flexibel in den Berufsalltag integrieren lassen. Auch für die Gestaltung eines solchen Dialogs (z.B. sokratisch, reflektiv, als „Advocatus Diaboli“ etc.) kommt es auf das geeignete Prompting an und die fachliche Korrektheit sollte immer überprüft werden.

KI-gestützte Anwendungen können Lehrkräfte auch im Sinne einer Vorkorrektur unterstützen. Mit Blick auf dieses Thema rücken Fragen hinsichtlich der Vertrauenswürdigkeit und Zuverlässigkeit der KI-Tools noch stärker in den Fokus. Dies gilt ebenso für die Plagiatsprüfung, die untersucht, inwiefern ein Text selbsgeschrieben oder von der KI verfasst wurde. Beide Funktionen sind über einen allgemeinen Chat möglich, werden jedoch aktuell auch durch Assistenten auf Fobizz oder SchulKI weiter hervorgehoben. Die Chancen, Grenzen und Risiken gilt es hierbei auszuloten, um die KI-Anwendungen verantwortungsbewusst einzusetzen. Dabei ist zu betonen, dass die Verantwortung für die finale Entscheidungsfindung und Bewertung einer Schülerleistung (auch beispielsweise im Sinne des EU-AI-Acts) stets bei der zuständigen Lehrkraft liegen muss. Selbst in Zusammenhängen von Vorkorrekturen sollte hinsichtlich des ethischen Nutzens sehr sorgfältig abgewogen werden, ob und wie diese Funktionen genutzt werden sollten. Beim Einsatz von KI-Tools muss die Lehrkraft stets den Gesamtüberblick behalten und die abschließende Bewertung der Schülerleistungen verantwortungsvoll selbst vornehmen.

KI als Tool für Lernende

Künstliche Intelligenz kann für Schülerinnen und Schüler eine Ressource darstellen, die Anlässe und Möglichkeiten zum eigenständigen Lernen schafft. Die KI kann in diesem Zusammenhang Denkanstöße geben, die Lernende im Problemlöseprozess weiterführen können. Dadurch können die Schülerinnen und Schüler ihre Problemlösefähigkeiten in individueller Unterstützung entwickeln. Wenn Lernende beispielsweise an einer für sie komplizierten Mathematikaufgabe arbeiten, kann die KI unterschiedliche Lösungsstrategien aufzeigen oder alternative Wege vorschlagen, um das Problem zu verstehen und zu lösen.

Dies fördert nicht nur das kritische Denken, sondern auch die Fähigkeit, Probleme aus verschiedenen Perspektiven zu betrachten. Zugleich können alternative innovative Ansätze und Denkweisen erlernt und somit die eigenen heuristischen Strategien erweitert werden. Bei solchen Problemlöseszenarien kann ein zuvor von der Lehrkraft entwickelter Prompt auch die Aufforderung enthalten, nur mit Fragen an den Lernenden zu reagieren und bewusst keine Lösungen zu verraten oder erst nach einer festgelegten Anzahl an Versuchen erste (vorgegebene) Lösungshinweise zu geben. In anderen Kontexten als dem Problemlösen kann die KI ebenfalls in einer unterstützenden Funktion eingesetzt werden und bis zu einem bestimmten Grad die Rolle eines Lernbegleiters übernehmen. Dabei kann der Lernprozess durch geeignetes Prompting an den Fortschritt und die Bedürfnisse verschiedener Lernender adaptiv angepasst werden. Es können Tempo sowie der Schwierigkeitsgrad des zu vermittelnden Lernstoffes angepasst werden, so dass der einzelne Lernende angemessen gefordert wird, ohne eine Überforderung zu riskieren (siehe Abb. 11). Es gibt bereits verschiedene verfügbare vorgefertigte Prompts für Tutoren[3], die entweder auf ein konkretes Fach oder auf die Art der Interaktion ausgerichtet sind. Beispielsweise kann ein **Sokratischer Tutor** verwendet werden, wenn das eigenständige kritische Denken der Lernenden gefördert werden soll.
Die Interaktion mit der generativen KI sollte nicht auf ein rein fragend-entwickelndes >

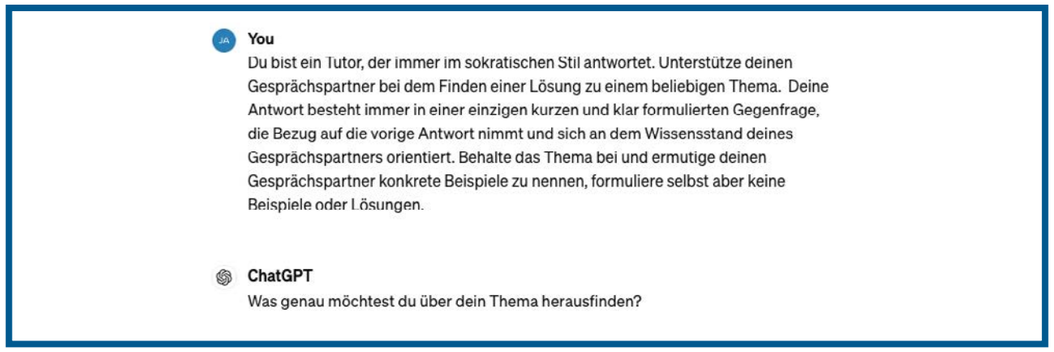


Abbildung 11: Prompt für einen sokratischen Tutor zum Fördern des eigenständigen kritischen Denkens.

[3] https://platform.openai.com/docs/examples

Muster reduziert werden, wie es aus klassischen „Kommunikationstrichtern“ bekannt ist. Stattdessen kann die KI in einem weiterführenden Szenario als echter Diskussionspartner eingesetzt werden, der entdeckendes und dialogisches Lernen anregt. Während Suchmaschinen vor allem Informationen bereitstellen, ermöglichen KI-gestützte Chatbots nun interaktive Lernprozesse, die weit über das reine Recherchieren hinausgehen.

In einem virtuellen Gespräch können Lernende in (simulierter) Interaktion ihre Gedanken und Argumente formulieren, während die KI durch gezielte Fragen und Kommentare zum tieferen Nachdenken anregt. Dabei müssen die Antworten selbstverständlich reflektiert betrachtet und hinterfragt werden. Diese Reflexionskompetenz im Umgang mit generativer KI zu vermitteln, wird in Zukunft eine wesentliche Aufgabe des Mathematikunterrichts darstellen (AI-Literacy). Dabei geht es also nicht nur um die diskursiven Fähigkeiten, sondern auch um das stetige Hinterfragen und Prüfen des Wahrheitsgehaltes der generierten Antworten.

Generative KI kann von Schülerinnen und Schülern aktiv genutzt werden, um eigene Übungsmaterialien zu gestalten, die ihren individuellen Lernbedürfnissen entsprechen. So können sie beispielsweise angeben, in welchen Bereichen sie üben möchten, woraufhin die KI passende Aufgaben auf ihrem jeweiligen Leistungsniveau vorschlägt. Noch gezielter gelingt dies, wenn bereits behandelte Materialien – etwa eigene Arbeitsblätter – unter Berücksichtigung von Urheberrechten eingescannt und dem KI-Chatbot zur Verfügung gestellt werden. Auf diese Weise können Schülerinnen und Schüler selbstständig neue Übungsaufgaben generieren, die an ihre bisherigen Lernprozesse anknüpfen.

Auch wenn die inhaltliche und pädagogische Qualität der automatisch erstellten Aufgaben nicht immer leicht zu beurteilen ist, entwickeln die Lernenden zunehmend ein Gespür dafür, ob die Aufgaben ihren Zielen und ihrem Lernstand entsprechen. In Zusammenarbeit mit der Lehrkraft können sie zudem lernen, reflektiert einzuschätzen, welche Aufgaben sie weiterbringen, und die KI gezielt zur Vertiefung nutzen – etwa durch das Variieren oder Erweitern ähnlicher Aufgabenstellungen.

Abschließend soll auch aus der Lernendenperspektive auf die Möglichkeit zur Wissensrecherche hingewiesen werden. Sowohl bei der Sammlung von Informationen für ein Schulprojekt oder Referat als auch zur Befriedigung der eigenen Neugierde kann KI schnell relevante Informationen aus einer Vielzahl von Quellen zusammenstellen. Dabei bietet die KI den Vorteil, dass grundsätzlich eine Antwort generiert wird und die Schülerinnen und Schüler zumeist nicht aus einer Vielzahl von Ergebnissen die gewünschte Information filtern müssen. Dies kann Zeit und Denkressourcen sparen und ermöglicht es, sich auf die Analyse und Verarbeitung der Informationen zu konzentrieren, erfordert allerdings auch ein hinreichendes Maß an kritischer KI-Medienkompetenz, da die gefundenen Informationen anhand externer Quellen verifiziert werden müssen. Dafür sollten die Schülerinnen und Schüler grundsätzlich sensibilisiert werden. Insgesamt erkennt man gewisse Überschneidungen in den oben dargestellten Anwendungsszenarien für Lehrerinnen und Lehrer auf der einen Seite und für Schülerinnen und Schüler auf der anderen Seite. Die verschiedenen Szenarien mit Bezug zu bereits existierenden und neu entwickelten Konzepten werden in der Tabelle 1 zusammengefasst.

	Bereits existierende Konzepte und Materialien	Neu entwickelte Konzepte und Materialien
Lehrende	Existierende Materialien werden mithilfe von generativer KI überarbeitet und erweitert, z.B. um individuelle und differenzierende Zugänge zu mathematischen Sachverhalten zu schaffen.	Neue Materialien und Konzepte werden entwickelt, indem die generative KI erste Ideen in konkrete Konzepte umsetzt und damit neue Ideen und Herangehensweisen generiert.
Lernende	Generative KI wird als Assistenztool genutzt, um das Arbeiten mit den bestehenden Materialien des Mathematikunterrichts zu unterstützen.	Generative KI wird an zentraler Stelle in die Erarbeitung neuer mathematischer Begriffe und Verfahrensweisen eingebunden.

Tabelle 1: Zusammenfassung von Anwendungsszenarien für Lehrkräfte und Lernende im Umgang mit generativer KI im Zusammenhang bereits bestehender und neu zu erstellender Materialien.

Im Kontext von generativer Künstlicher Intelligenz können nicht nur von der KI verschiedene Rollen eingenommen werden. Auch die Nutzenden können sich in verschiedenen Rollen der KI gegenüber verhalten, wie die drei Paradigmen dazu von Ouyang und Jiao (2021) beschreiben: In dieser Taxonomie übenehmen die Lernenden bei jedem Paradigma zunehmend mehr Kontrolle über ihren eigenen Lernprozess, sodass sie im ersten Paradigma als passive Empfänger beschrieben werden („AI-directed“), im zweiten Paradigma als Kooperationspartner agieren („AI-supported“) und im dritten Paradigma schließlich als Gestalter bzw. Gestalterinnen ihres eigenen Lernprozesses auftreten („AI-empowered“). Die Klassifizierung unterscheidet deutlich Phasen einer KI-gesteuerten Lernumgebung hin zu einer zunehmend lernendenzentrierten Lernumgebung.

Konkreter beschreibt das erste Paradigma **„AI-directed: learner as recipient“ eine Nutzungsstufe**, in der die Nutzenden sich den Lernprozess durch die KI vorgeben lassen. Sie folgen fertigen Lernpfaden und erhalten durch unmittelbares Feedback Anweisungen, ohne dass Eigeninitiative zum Einsatz der KI notwendig ist. Die Lernenden verhalten sich eher passiv, während die KI die Wissensvermittlung dominiert. Dabei wäre die KI dann beispielsweise in der Rolle eines Wissensreplikators in einem Nachhilfeszenario, in dem beispielsweise hinterlegte Antworten nicht weiter von den Lernenden hinterfragt werden. In dem zweiten Paradigma, das aus didaktischer Sicht deutlich erwünschter ist und als **„AI-supported: learner as collaborator“** von Ouyang und Jiao bezeichnet wird, agieren die Lernenden als Partner der KI. Hier ist die eigenständige Aktivität im Vergleich zum ersten Paradigma deutlich höher, und die Interaktionen mit der KI sind individueller. Anstatt nur vorgegebene Informationen zu empfangen, erkunden die Lernenden auf dieser Stufe im Sinne einer angeleiteten Vertiefung gemeinsam mit der KI Inhalte und steuern dabei beispielsweise den inhaltlichen Lernpfad in gewissen Rahmungen selbstständig. Ein Beispiel wäre, dass der Lernende mit der KI über ein Thema des Unterrichtes eine tiefere Diskussion führt. Das dritte Paradigma, **„AI-empowered: learner as leader“** weist der KI schließlich klar die Rolle eines Tools zu und beschreibt eine maximale Autonomie der Lernenden in Auseinandersetzung mit generativer KI im Lernprozess. Die Lernenden leiten auf dieser Stufe ihren Lernweg selbstständig, die KI unterstützt sie lediglich dabei, Entscheidungen zu erleichtern oder den Problemlöseprozess zu strukturieren. Die Lernenden bestimmen selbst, wie und wann sie die Unterstützung der KI im Sinne des freien Entdeckens nutzen möchten.

Im zweiten und dritten Paradigma der KI-Nutzung verändert sich die Rolle der Lernenden grundlegend: Während im ersten Paradigma („AI-directed: learner as recipient“) die KI vor allem strukturierend wirkt und der Lernende vorwiegend Inhalte empfängt, wird die Interaktion in den nachfolgenden Paradigmen als zunehmend dialogischer und eigenverantwortlicher im Umgang mit der KI beschrieben. Die KI wird hier nicht nur als Quelle von Informationen gesehen, sondern als Gesprächspartner, dessen Beiträge aktiv

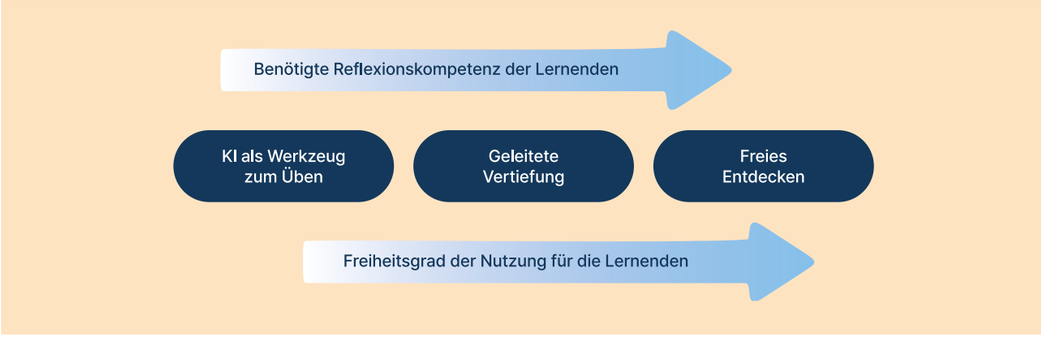


Abbildung 12: Darstellung der Rollen der KI in Abhängigkeit der Reflexionskompetenz und dem Freiheitsgrad der Lernenden

hinterfragt, überprüft und in den eigenen Denkprozess eingebunden werden. Damit gewinnt die kritische Auseinandersetzung mit den generierten Inhalten an Bedeutung – Reflexionskompetenz wird zur zentralen Voraussetzung und zugleich zum Lernziel.

Zusammenfassend lässt sich sagen: Je größer der Freiheitsgrad in der KI-Nutzung, desto stärker sind auch die reflexiven und verantwortungsvollen Fähigkeiten der Lernenden gefordert.

Generative KI-Tools

Dieser Abschnitt widmet sich der Betrachtung einiger generativer KI-Programme, die aktuell verfügbar sind. Es werden einzelne KI-Tools – ohne Anspruch auf Vollständigkeit – vorgestellt und es wird dabei auf spezifische Funktionen, Einsatzgebiete und die zugrundeliegenden Technologien eingegangen. Es handelt sich hier um keine Empfehlung für spezifische Anbieter. Für einen kritischen und sinnvollen Umgang mit KI-gestützten Anwendungen ist es sowohl für Lehrkräfte und als auch in geeigneter Art und Weise für Schülerinnen und Schüler wichtig, die allgemeine Funktionsweise der KI-Tools zu verstehen. Durch den Aufbau von Data-Literacy und AI-Literacy sind Lehrkräfte in der Lage, das Potential der jeweiligen Anwendung für das eigene Unterrichtsziel und die Qualität der Rückmeldungen einschätzen zu können.

ChatGPT

Als eines der aktuell bekanntesten Sprachmodelle ist ChatGPT von OpenAI[4] in den Versionen GPT 3.5 (nicht länger verfügbar) und GPT 4 bereits in der ersten Handreichung thematisiert worden. Die neue Version GPT 4o („4 omni“ → multimodale Datenverarbeitung) besitzt Fähigkeiten, die über das Niveau von GPT 4 hinausgehen und ist sowohl kostenlos als auch in den Abonnement-Modellen (Plus: $20 im Monat oder Pro: $200 im Monat) verfügbar. Im kostenlosen Modus ist die Nutzung sehr limitiert: Es können nur relativ wenige Prompts innerhalb von drei Stunden eingegeben werden, während für Nutzer des Plus-Abonnements 80 Prompts in dieser Zeit eingegeben werden können. Das Pro-Abonnement erweitert alle Funktionen nochmal, beispielsweise um eine ausgiebige Nutzungsmöglichkeit einer Videofunktion im Sprachmodus. Diese Angaben sind allerdings zum Zeitpunkt des Verfassens dieser Handreichung aktuell, könnten zum Zeitpunkt der Veröffentlichung jedoch auf Grund der rasanten Entwicklung bereits anders aussehen. Nach unseren Erfahrungen übertreffen die Fähigkeiten der 4o-Version die von GPT 4 bei weitem, beispielsweise bezogen auf das Reasoning, dem Advanced Voice Mode oder der Fähigkeit zur Visualisierung mathematischer Skizzen (siehe Abb. 13).

Die von OpenAI beschriebene höhere Effizienz und Geschwindigkeit dieser Version machen sich insbesondere bei längeren Prompts bemerkbar. Zusätzlich zur schnelleren Verarbeitungsgeschwindigkeit bietet ChatGPT 4o die Möglichkeit, in einem Chat sowohl Sprache, Bilder als auch Texte zu verarbeiten und ebendiese multimodalen Eingabe- und Ausgabeformate zu bedienen. Über das Plus-Zeichen auf der linken Seite der Eingabeleiste kann ein Reiter geöffnet werden, der das Einfügen von Fotos oder Dateien ermöglicht (siehe Abb. 14). In der Desktop- oder mobilen Version können zudem direkt Fotos eingespielt werden, auf die durch die Verbindung über den Account auch auf den Desktop

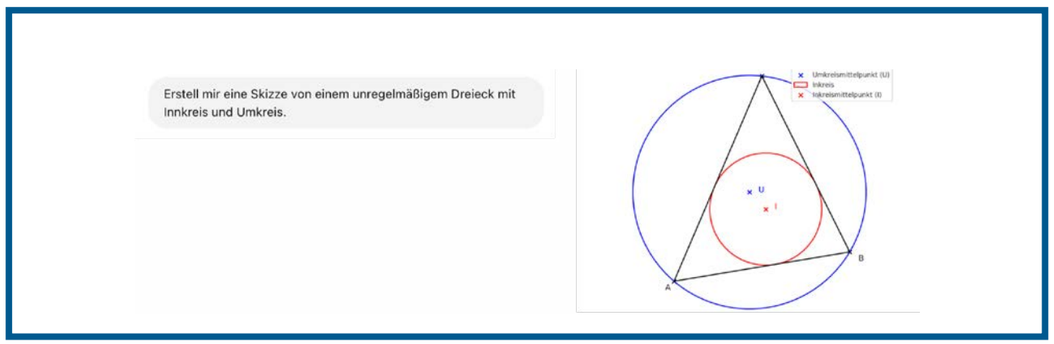


Abbildung 13: Beispiel einer Skizze mit ChatGPT 4o.

4 https://chatgpt.com

zugegriffen werden kann. Je nach Gerät kann anstelle des Plus-Symbols auch eine Büroklammer den Dateiupload repräsentieren, hinter der sich diese Möglichkeiten finden lassen. Direkt neben diesem Icon befindet sich nun auch eine Websuche. Diese ist je nach Modell grau hinterlegt und kann dementsprechend nicht aktiviert, andernfalls aber durch einfaches Anklicken hinzugefügt werden. Auf der rechten Seite der Eingabeleiste befindet sich zudem ein Mikrofon, das es ermöglicht, eine eingesprochene Nachricht in einen Text umzuwandeln, auf den auch mit einem Text vom Chatbot reagiert wird.

Verwendet man das Sprachaktivitätssymbol neben dem Mikrofon, gelangt man in den Advanced Voice Mode, in dem über eine gesprochene Eingabe auch auf sehr natürliche und responsive Art und Weise mit der KI gesprochen werden kann. Dabei besteht zudem die Möglichkeit, Fotos oder Dateien zu hinterlegen sowie eine erkennende Videofunktion anzuschalten (siehe Abb. 15).

Diese ist auch im Plus-Account nicht durchgängig verfügbar und kann aktuell, wenn sie verfügbar ist, nur für wenige konsekutive Minuten verwendet werden. Die Video-Eingabe ermöglicht es dem Nutzenden, eine verbale Unterhaltung mit der KI zu führen und dabei gleichzeitig über ein Video den Gesprächsgegenstand zu zeigen (siehe Abb. 16).

Nach der Unterhaltung oder auch zwischendurch kann diese im Chatverlauf – wie auch bei der reinen Sprachfunktion – nachgelesen werden, sodass man jederzeit zwischen den Eingabemodi wechseln kann. Sobald das Kamerasymbol unter der eigenen Eingabe erscheint, wurde die Video-funktion verwendet, wie auf Abbildung 17 zu erkennen ist.

Auch wenn die Videofunktion im Advanced Voice Modus auf Grund ihrer Adaptivität großes Potential für Lehr-/Lernprozesse erkennen lässt, ist mit Blick auf den zu gewährleistenden Datenschutz für die Schule noch keine realistische Einsatzmöglichkeit dafür in Sicht. Dennoch soll hier schon ein erster Ausblick gegeben werden, was in Zukunft mit solchen Fähigkeiten möglich sein wird. Ein illustrierendes Beispiel, wie diese Funktion im Kontext des Mathematikunterrichts genutzt werden könnte, stellt beispielsweise das Video der sogenannten Khan Academy[5] dar, >

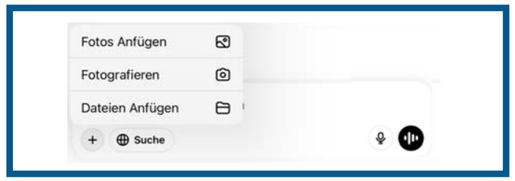


Abbildung 14: Eingabeleiste bei ChatGPT.

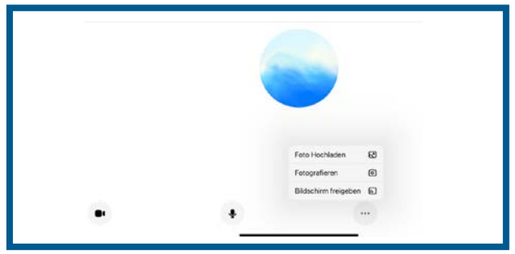


Abbildung 15: Darstellung des verbalen Bereichs bei ChatGPT.

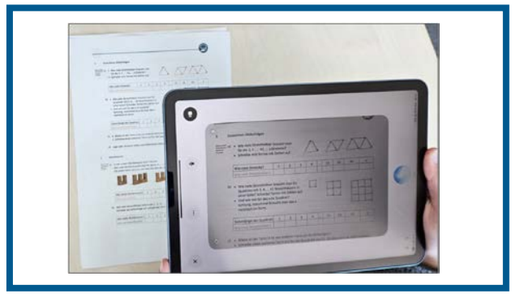


Abbildung 16: Beispiel für die Video-Eingabe mit ChatGPT.

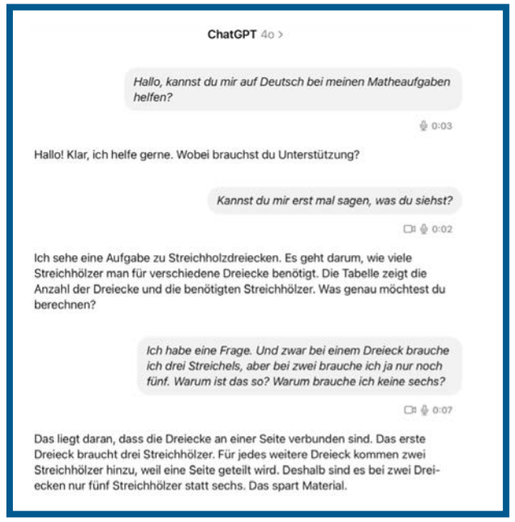


Abbildung 17: Beispiel für den Chat mit Videobenutzung aus dem vorherigen Beispiel bei ChatGPT.

5 https://www.youtube.com/watch?v=IvXZCocyU_M

auf das an dieser Stelle verwiesen wird.
Eine weitere Neuerung des Modells ChatGPT 4o ist, dass man nicht nur Dateien hochladen, sondern sich diese auch von der KI generieren lassen und aus dem Chat herunterladen kann. So können beispielsweise Word-Arbeitsblätter oder PowerPoint-Präsentationen von ChatGPT erstellt werden, die im jeweiligen Format aus dem Chat heruntergeladen und anschließend weiterbearbeitet werden können. Das folgende Beispiel illustriert diese Möglichkeit mit der Betonung, dass eine weitere Bearbeitung der Dateien nicht ausgeschlossen ist, sondern durch die Ausgabedatei erleichtert wird (siehe Abb. 18 & 19).

Wir möchten Sie darauf hinweisen, dass die Erstellung von Dateien zum Zeitpunkt der Veröffentlichung nur im Modell 4o möglich ist. In den anderen Modellen werden lediglich Vorschläge unterbreitet, wie eine solche Datei aussehen könnte, wenn man sie selbst erstellt. Auf die Modelle kann man über das Auswahlmenü zugreifen (siehe Abb. 20) und dort für jeden neuen Chat zwischen den verschiedenen Modellen wählen. Die älteren

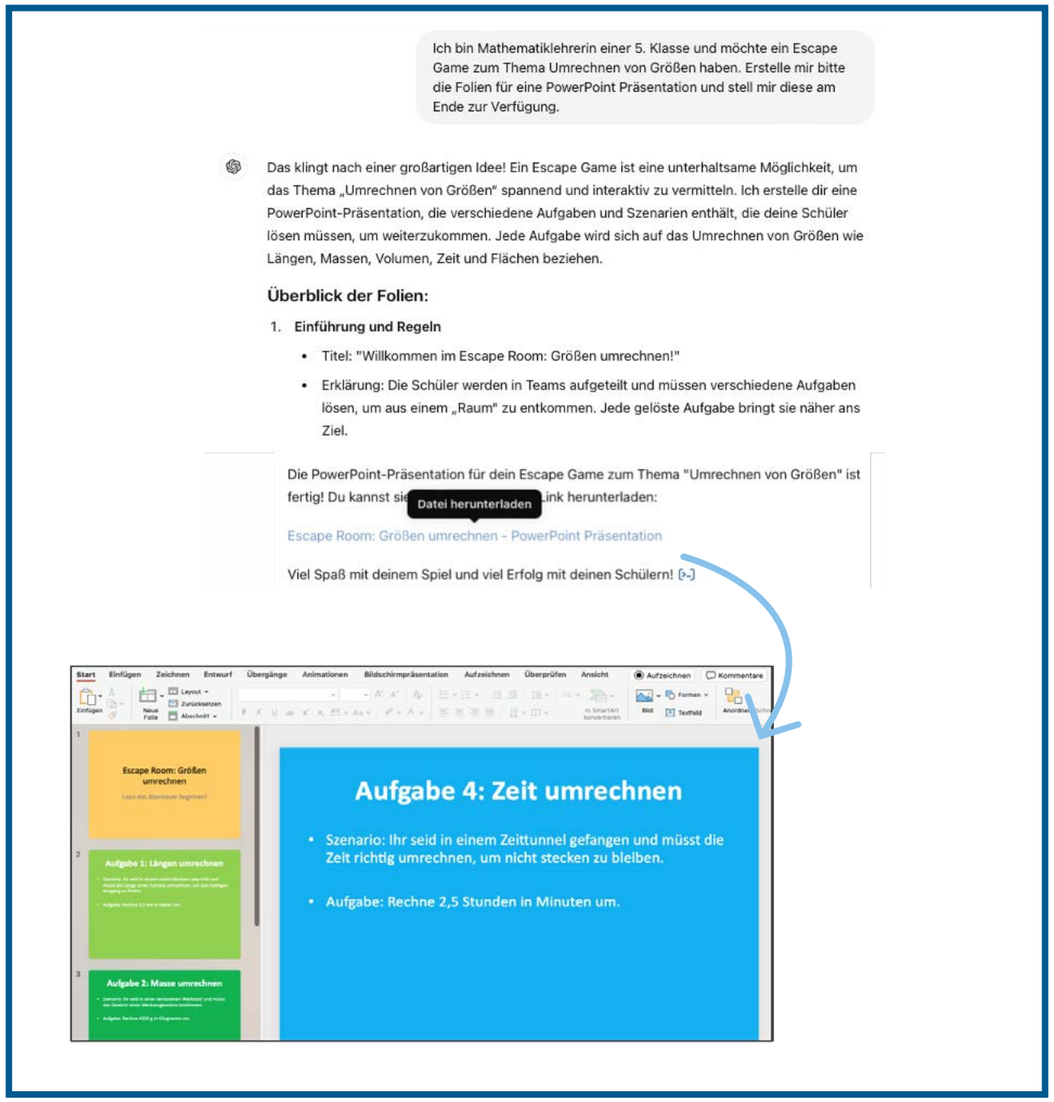


Abbildung 18: Beispielhafter Chatverlauf in ChatGPT zu einem Escape Game, mit Darstellung dessen in PowerPoint.

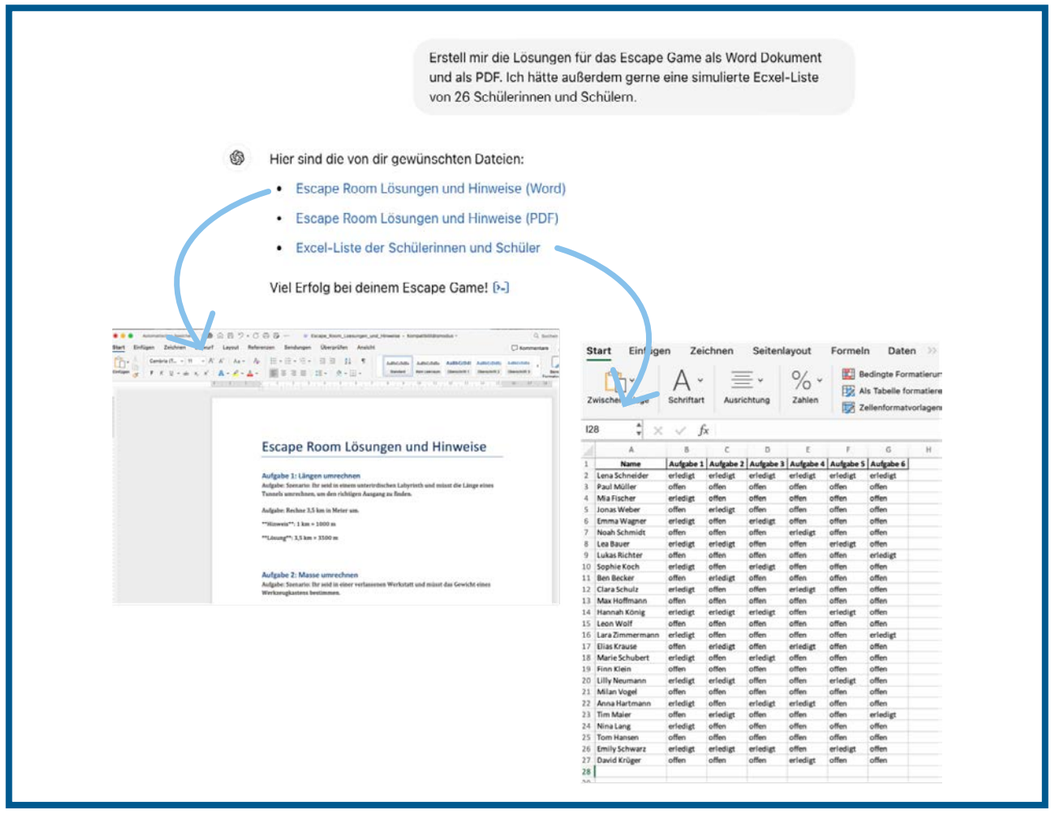


Abbildung 19: Einblick in ein von ChatGPT erstellte Word-Datei und eine simulierte Excel-Liste.

Modelle (GPT-4 und GPT-4o mini) findet man versteckt unter dem Reiter „Mehr Modelle".

Standardmäßig werden die ChatGPT 4o-Modelle vorgeschlagen. Für spezielle Anliegen wie beispielsweise das komplexe Problemlösen bieten sich dagegen die Reasoning-Modelle o1 oder o3 an, die allerdings deutlich mehr Zeit für die Generierung der Antworten benötigen und auch beispielsweise Quellen aus dem Internet in den Antwortprozess einbeziehen.

Als weitere Einstellung erscheint auch der „provisorische Chat", der in der Web-Version, den mobilen Apps oder der Desktopversion verwendet werden kann. Damit erzeugt man einen Chat-verlauf, der nicht in der eigenen Historie aufgelistet wird, nicht zum Trainieren der Modelle genutzt wird und nach höchstens 30 Tagen gelöscht wird. Die Funktion, dass die Chatinhalte zum Trainieren der Modelle genutzt werden, kann auch in den allgemeinen >

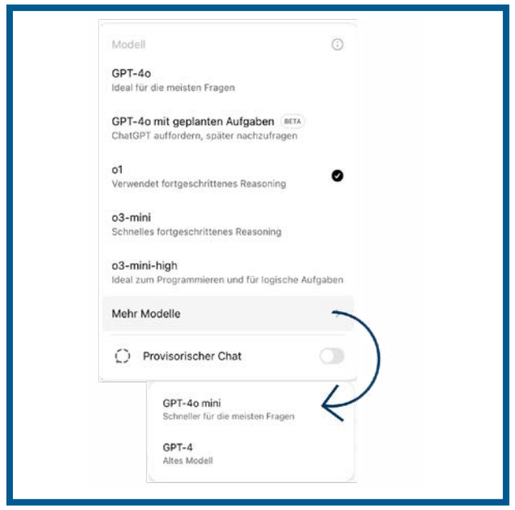


Abbildung 20: Überblick über die verfügbaren Modelle von OpenAI.

Einstellungen ausgestellt werden und bezieht sich dann auf alle neuen Chats. Über den Reiter „Datenkontrolle“ kann der oberste Punkt „Das Modell für alle verbessern“ deaktiviert werden. Mit der kostenpflichtigen Version von ChatGPT kann unter anderem auf das bildgenerierende Programm DALL-E zugegriffen werden, ebenso können spezifizierte, vorkonfigurierte GPTs genutzt oder eigene erstellt werden. Eigene GPTs sind spezifische, auf eigene Nutzungsszenarien angepasste Chatbots, bei denen ein Mega-Prompt und bei Bedarf auch Dateien dauerhaft im Chat hinterlegt sind, die dann bei Antworten berücksichtigt werden. Gerade die Erstellung eines eigenen GPTs kann dabei helfen, das Prompten zu lernen, da der Chatbot den Nutzenden fragend durch den Prozess begleitet und anschließend aus den Antworten einen passenden Mega-Prompt in den Einstellungen hinterlegt (siehe Abb. 22). Alle Informationen, die man bei der eigenen GPT-Erstellung im Chatverlauf auf der linken Seite zur Verfügung stellt, werden im Prozess auf der rechten Bildschirmseite in Echtzeit als Vorschau ausgegeben.

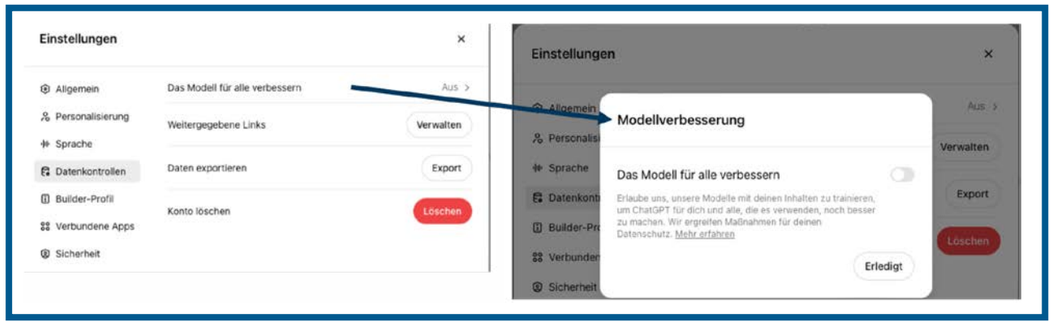


Abbildung 21: Ausschalten der „Modellverbesserung“ bei ChatGPT.

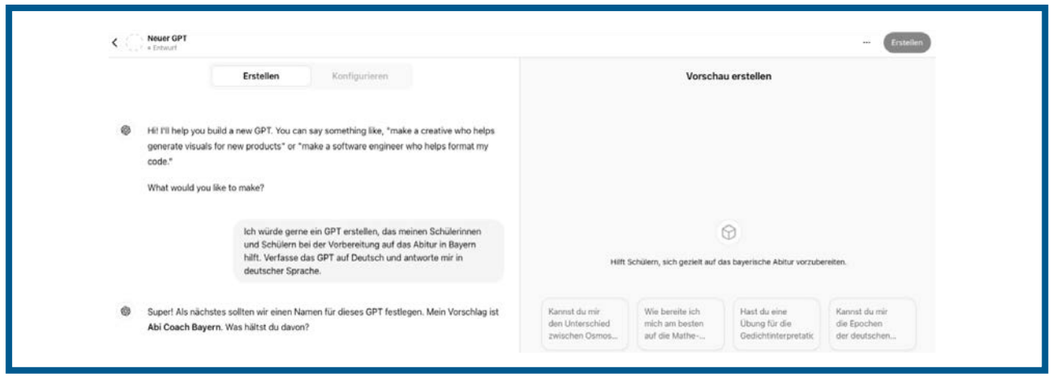


Abbildung 22: Erstellung eines eigenen GPTs.

Man kann auch direkt über das Feld „Konfigurieren“ auf die GPT-Einstellungen zugreifen und dort einen Prompt hinterlegen. In diesem Fenster finden sich unter anderem die Felder Name, Beschreibung oder Hinweise (siehe Abb. 23). Durch das Ausfüllen dieser Felder erhält der Chatbot relevante Informationen, um das spezifische GPT zu erstellen. Auch im Fenster „Erstellen“ werden diese Felder im Hintergrund automatisch ausgefüllt, da der Chatbot die benötigten Informationen im Dialog erfragt. Besonders für Nutzerinnen und Nutzer mit wenig Erfahrung im Prompting ist diese dialogische Vorgehensweise, wie in Abbildung 24 dargestellt, sehr hilfreich. Etwas schneller geht es jedoch, wenn man die Informationen direkt an den entsprechenden Stellen im Konfigurationsmodus eingibt. Zudem bietet der Konfigurationsmodus die Möglichkeit, Dateien hinzuzufügen, die GPT bei der Antwortgenerierung berücksichtigen soll. Auch Funktionen wie die Onlinesuche, Bildgenerierung, Programmierungsfunktionen (z.B. Python) oder Datenanalyse lassen sich dort gezielt aktivieren oder deaktivieren. Unabhängig davon in welchem Modus man

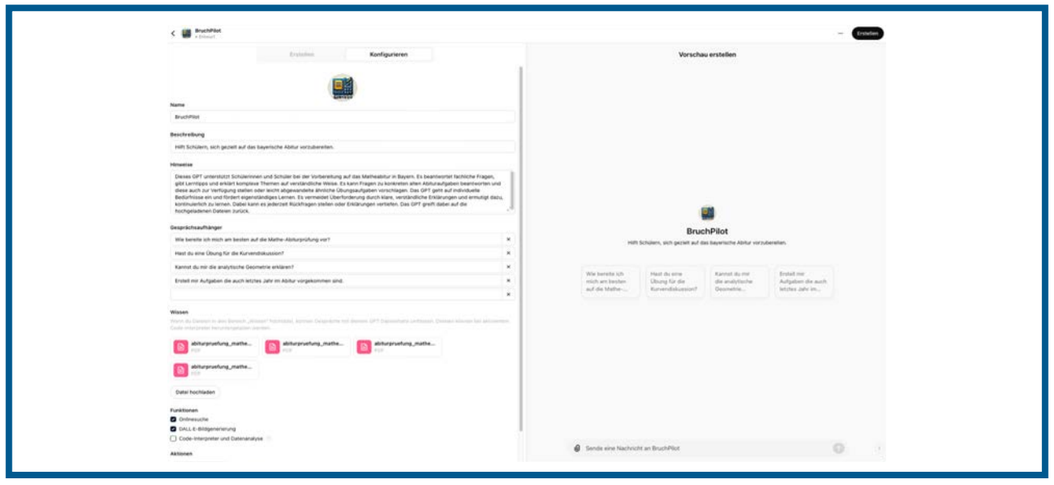


Abbildung 23: Erstellung eines eigenen GPTs über den Reiter „Konfigurieren“.

das GPT erstellt, kann man jederzeit rechts die Vorschau für das GPT sehen und darin die gewünschten Interaktionen testen.
Nachdem ein spezifiziertes GPT erstellt wurde, kann es auch jederzeit weiterhin nachträglich bearbeitet und angepasst werden und vor allem auch anderen Nutzern mit einem ChatGPT-Account zur Verfügung gestellt werden. Dafür kann das GPT nach dem Erstellen beim Speichern oder auch jederzeit später über den Button „Gemeinsam nutzen“ über einen Link bestimmten Personen oder im GPT-Store allen ChatGPT-Nutzern zur Verfügung gestellt werden (siehe Abb. 24).

Man kann es aber auch beim rein privaten Gebrauch belassen. Das Teilen eines GPTs ermöglicht beispielsweise einen Austausch zwischen Lehrkräften, da so ein erstelltes GPT leicht mit anderen Kolleginnen und Kollegen geteilt werden kann. In jedem Fall würden wir die Freigabe ausschließlich über einen Link empfehlen, da es so kontrolliert verteilt werden kann.

In der ersten Handreichung wurde auf mögliche Plugins verwiesen, die bei ChatGPT 4 aktiviert werden konnten und beispielweise für mathematische Zusammenhänge besonders geeignet waren. Nach dem aktuellen Stand sind diese Plug-ins nicht mehr verfügbar. Mathematische Rechnungen werden zurzeit in der Programmiersprache Python durchgeführt und man kann sich den dazugehörigen Code am Ende der Antwort unter dem Symbol [-] anzeigen lassen. Es gibt mittlerweile (praktisch als Ersatz für die Plugins) zudem die Möglichkeit, unter dem Reiter „GPTs erkunden“ Wolfram als „eigenes“ GPT zu aktivieren. In diesem Chat wird dann jede Anweisung über die Wolfram-Schnittstelle ausgeführt, wobei die Interaktion über die Wolfram-Cloud API erfolgt. Hier bietet es sich zusätzlich an, direkt im Prompt eine deutsche Antwort zu fordern, da diese ansonsten in Englisch ausgegeben wird. Bei dem ersten Prompt kann es sein, dass ChatGPT erst einmal nachfragt, ob die Aktion mit der verlinkten Seite von Wolfram Alpha durchgeführt werden darf, woraufhin man diesen Schritt einmalig erlauben, immer zulassen oder ablehnen kann (siehe Abb. 25).

Viele der hier vorgestellten Funktionen bei ChatGPT lassen sich so oder so ähnlich (z. B. das Hochladen von Fotos oder Dateien) auf >

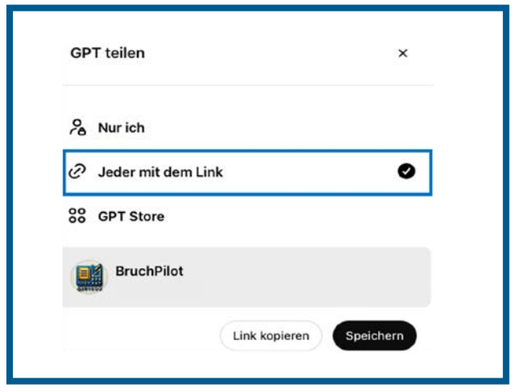


Abbildung 24: Fenster „Gemeinsam Nutzen“ bei ChatGPT am Beispiel des GPTs „BruchPilot“.

andere KI-Programme übertragen, insbesondere wenn es sich um Zweitanbieter wie Fobizz oder SchulKI handelt, die u.a. auf die Sprachmodelle von OpenAI zurückgreifen. Im Folgenden werden auch andere KI-Anwendungen vorgestellt, wobei der Fokus auf deren Besonderheiten liegt, um nicht alle Gemeinsamkeiten zu wiederholen.

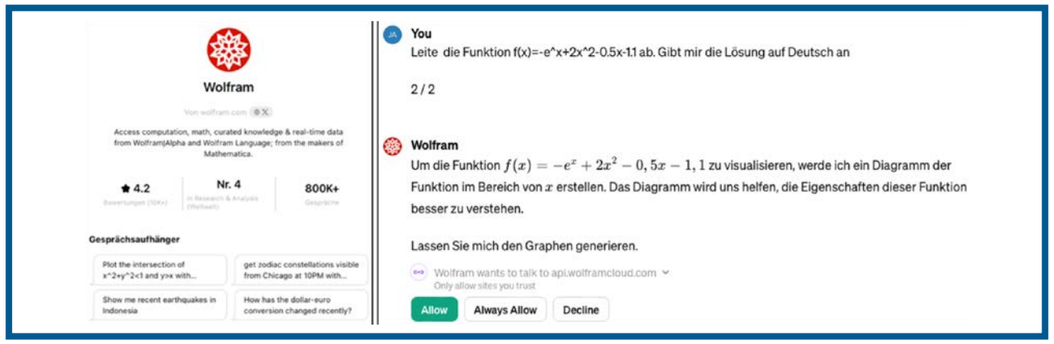


Abbildung 25: Beispielhafte Interaktion mit dem Wolfram GPT.

Microsoft Copilot

Die KI-Anwendung Microsoft Copilot[6] basiert auf GPT 4 von OpenAI und ist als Browserversion, Desktopversion und mobile Version verfügbar. Bei der Desktopversion lässt sich die KI auch mit anderen Produkten von Microsoft, wie Word, PowerPoint oder Teams kombinieren bzw. integrieren, sofern man die kostenpflichtige Version Microsoft 365 Copilot (22€ im Monat) und einen eigenen Microsoft-Account besitzt. Ansonsten kann über den eigenen Office-Account auf den Chatbot basierend auf GPT4 zurückgegriffen werden, wobei auch dieser deaktiviert werden kann. Verwendet man GPT 4 in Copilot als Chatbot, ist dabei die bildgenerierende KI DALL-E ebenfalls verfügbar, was bei ChatGPT nur in der kostenpflichtigen Version möglich ist. Da viele Schulen bereits Teams-Lizenzen verwenden, lassen sich leichte Anknüpfungsmöglichkeiten schaffen. Eine weitere Funktion, die in jedem Chatverlauf ausgewählt werden kann, ist die Gewichtung der Antwort. So kann bei jedem Chat gewählt werden, ob die Antwort eher kreativ, ausgewogen oder genau ausfallen soll. Insbesondere für mathematische Anwendungen empfiehlt sich hier die genauere Einstellung. Microsoft verweist selbst darauf, wie unkompliziert sich der Copilot für verschiedene Szenarien im Bereich der Mathematik einsetzten lässt, beispielsweise als Tutor oder beim Lösen von Gleichungen. Gleichzeitig arbeitet Microsoft auch partnerschaftlich mit der Khan Academy zusammen, „um den Zugang zu KI-Tools zu erweitern, die den Unterricht personalisieren und das Lernen zum Spaß machen“ (Microsoft, 2024). Somit ist Copilot in Zukunft auch daran interessiert, in Bildungseinrichtungen präsent zu sein. Es ist aber selbstverständlich grundsätzlich zu prüfen, inwiefern eine Nutzung in Schulen den geltenden Datenschutzbestimmungen entspricht.

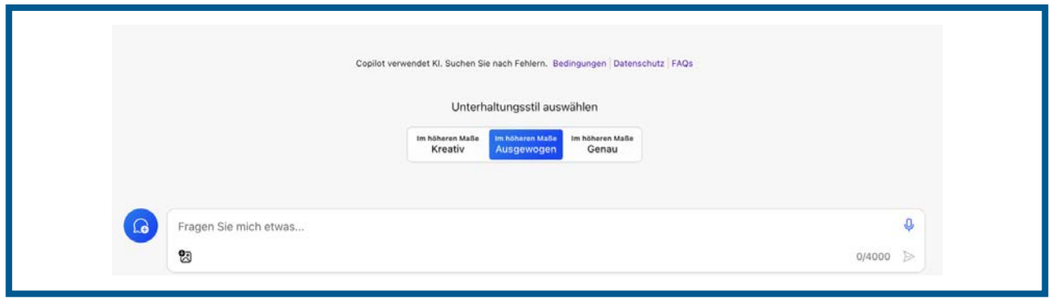


Abbildung 26: Unterhaltungsbeginn bei Microsoft Copilot.

6 https://copilot.microsoft.com

Fobizz

Fobizz[7] sieht sich selbst als „die führende deutschsprachige Plattform für Weiterbildungen und Anbieter von digitalen Tools und KI für Lehrkräfte und Schulen“. Das kommerzielle Unternehmen bietet neben Onlinefortbildungen zu verschiedenen Themen – insbesondere auch zur Nutzung von KI für und in Schulen und vielfältigen Unterrichts-materialien – auch die Möglichkeit, auf spezifische KI-Tools zurückzugreifen. Neben Modellen von ChatGPT können dort auch KI-Chatbots mit Llama 2, Claude oder Mistral gestartet werden. Zugänge für Fobizz sind zunächst für eine Testzeit kostenlos nutzbar und können anschließend über verschiedene Angebotsformate langfristig z. B. über Einzel- oder Schullizenzen gekauft werden. Neben allgemeinen Chatbots auf Grundlage bekannter Sprachmodelle, werden viele differenzierte vorkonfigurierte KI-Tools in Fobizz angeboten, sodass man für die jeweilige Situation das passende Tool auswählen kann. Aufgeteilt in Chat und Assistenten, Feedback und Bewertung sowie Multimedia Tools, finden sich KI-gestützte Anwendungen für verschiedene Situationen (siehe Abb. 27). Ein Vorteil für den Einsatz in der Schule besteht darin, dass die Lernenden keinen eigenen Account erstellen müssen, wenn ihnen von der Lehrkraft ein Schülerzugang zur Verfügung gestellt wird. Dadurch bietet dieses KI-System nach eigenen Angaben eine DSGVO-konforme Anwendungsmöglichkeit in der Schule. Nach der Erstellung einer Klasse kann die Lehrkraft Schülerzugänge anlegen und benutzerfreundlich per QR-Code verteilen. Über diese bleiben die Chatverläufe für die Lehrkräfte länger als 24 Stunden einsehbar (auch nach Ablauf eines Projektes) und können auch als PDF gespeichert werden. Ein weiterer interessanter Ansatz, der in Fobizz verfügbar ist, besteht darin, interaktive HTML-Dokumente zu erstellen, die direkt im Chat umgesetzt werden können (siehe Abb. 28).

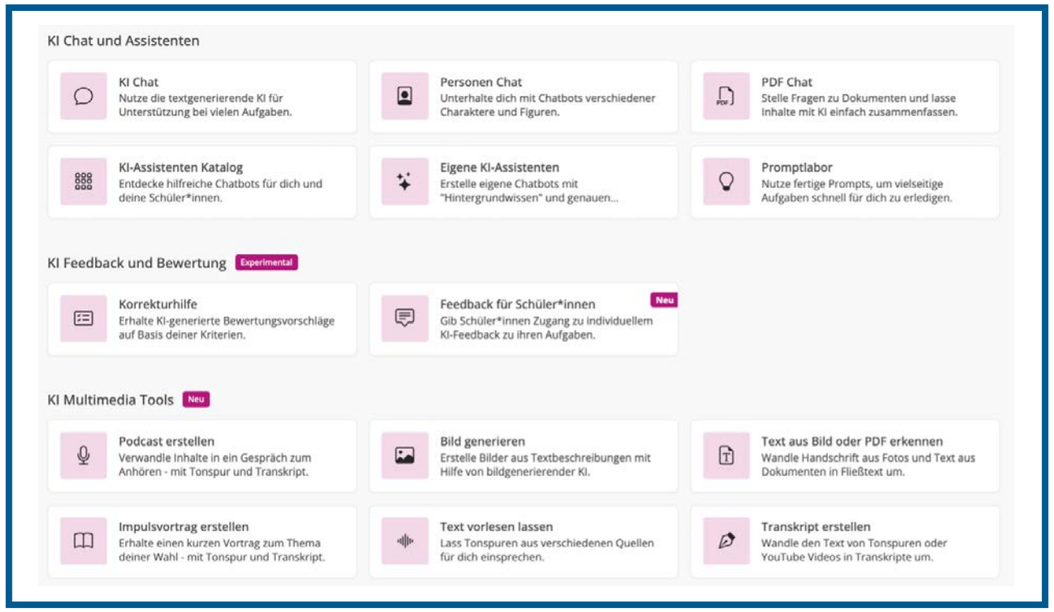


Abbildung 27: Übersicht der KI-Anwendungen von Fobizz.

7 https://tools.fobizz.com

Abbildung 28: Beispiel für ein interaktives HTML-Dokument in Fobizz.

Als Antwort generiert die KI einen HTML-Code, der in einem kleinen Fenster angezeigt wird. Wechselt man in diesem von dem Reiter Quellcode auf die Vorschau, findet man für dieses Beispiel eine Darstellung wie in Abbildung 29 Bild A. Dort kann man nun mit dem Mauszeiger an jedem der drei Punkte des Dreiecks ziehen, sodass sobald man einen Winkel von 90° erzeugt, dieser Wert neben dem jeweiligen Eckpunkt angezeigt wird (siehe Abb. 29 Bild B und C).

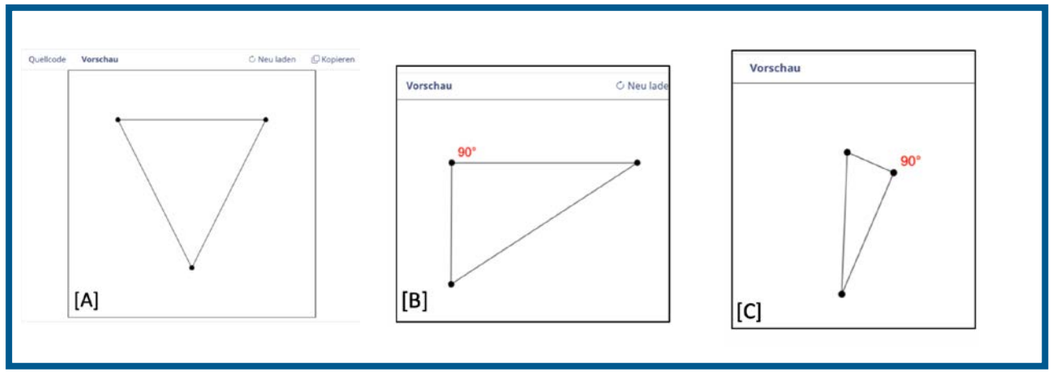


Abbildung 29: Interaktives HTML-Dokument in Fobizz.

Gemini

Ein weiterer KI-basierter multimodaler KI-Chatbot, der nicht auf den Sprachmodellen von OpenAI basiert, ist das von Google DeepMind / Google AI entwickelte KI-Modell Gemini. In den Anwendungsmöglichkeiten lassen sich, trotz des zu unterscheidenden Sprachmodells, Ähnlichkeiten zu den bereits vorgestellten Modellen finden. Auch dieses Modell ist auf die multimodale Informationsverarbeitung und -Ausgabe ausgerichtet. Es kann daher mit Text-, Bild- und Audio- Formaten gleichzeitig umgehen und diese auch als Code-, Text- oder Sprachausgabe ausgeben. Von Google Gemini gibt es zum Zeitpunkt der Veröffentlichung dieser Handreichung die Versionen Gemini Ultra (die leistungsstärkste und kostenpflichtige Version mit 22€ pro Monat), Pro (Standardversion, früher Bard) und Nano (für mobile Geräte).

Eine Bildgenerierung ist bei Gemini über das Modell „Imagen“ möglich und dabei ebenfalls nur in den kostenpflichtigen Abonnements verwendbar. Diese Bilder zeichnen sich besonders durch ihren Fotorealismus aus und sind sehr detailliert. Mit einem Google Konto und dem Google Workspace Abo kann Gemini leicht in einen Google Workspace eingebunden und bei Programmen wie Docs, Sheets, Slides oder Meet integriert werden. Gemini besitzt im Gegensatz zu vielen anderen KI-Modellen ein erhöhtes Kontextverständnis. Damit kann sich die KI an vorherige andere Chats erinnern und systematisch darauf aufbauen. Zusätzlich werden bei Gemini über der Antwort zwei weitere Antwortvorschläge gemacht, zwischen denen man wählen kann (siehe Abb. 30).

Die gegebenen Antworten werden bei einer Verknüpfung mit einer Onlinesuche in einer Schleife noch einmal überprüft und im Text die korrekten Stellen grün hervorgehoben. Auch hierbei können noch Fehler auftauchen, weswegen die Antworten trotzdem gründlich geprüft werden sollten. Bisher ist diese Korrekturschleife, die für eine höhere Richtigkeit in den Antworten sorgen soll, aber noch nicht in allen Modellen enthalten.

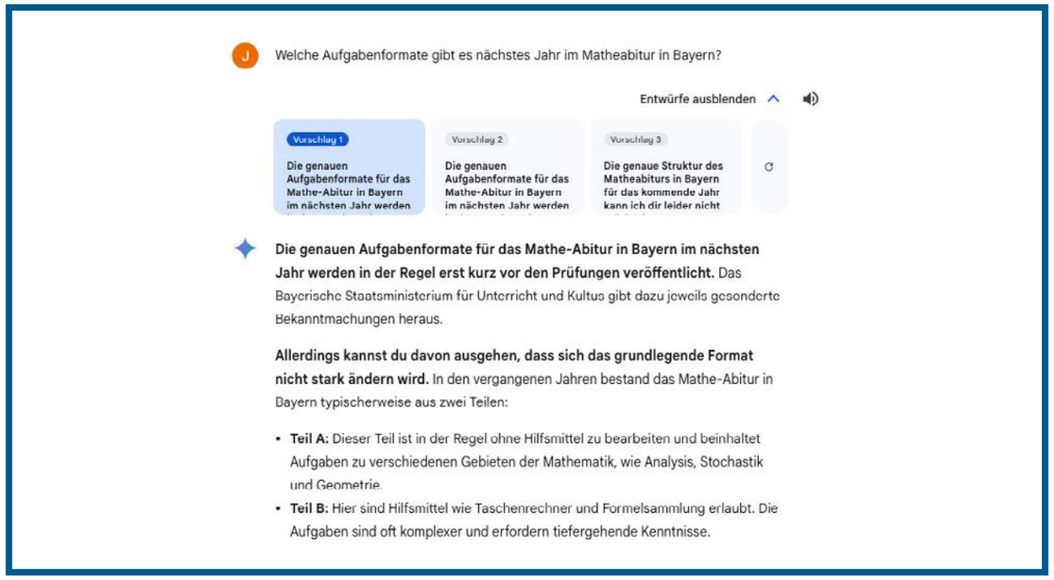


Abbildung 30: Auswahlmöglichkeiten von Antworten bei Gemini.

SchulKI
Die deutsche KI-Plattform SchulKI basiert unter anderem auf den Sprachmodellen GPT 4 von OpenAI und Claude von Anthropic und wurde wie Fobizz speziell für den Bildungsbereich entwickelt. Die Plattform bietet verschiedene Funktionen, wie die Bewertung von Aufgaben, Chats mit KI-Assistenten oder das Generieren von Bildern, die den Unterricht bereichern sollen.
Auch SchulKI legt dabei einen großen Wert auf Datenschutz und Sicherheit. Nach eigenen Angaben ist SchulKI ähnlich wie Fobizz eine DSGVO-konforme Option, mit der generative KI in der Schule von Lernenden genutzt werden kann. Auch hier benötigen diese keinen eigenen Account, sondern können per Link oder QR-Code über einen von der Lehrkraft erstellten Freigabeschlüssel in einem festgelegten Zeitraum auf einen Chat oder Assistenten zugreifen. Die Assistenten ähneln in der Ansicht den GPTs von ChatGPT, weswegen sowohl eigene erstellt als auch vorgefertigte genutzt werden können. Für den Mathematikunterricht sind dabei insbesondere Funktionen wie das „Formelumstellen“ oder der „Taschenrechner“ von Interesse, da beide speziell auf den Einsatz im Mathematikunterricht ausgelegt sind. Alternativ gibt es bereits fertige Mathe-Assistenten wie den „Mathematik Tutor:in“ oder den „Matheaufgaben-Generator“, auf die man zurückgreifen und mit den

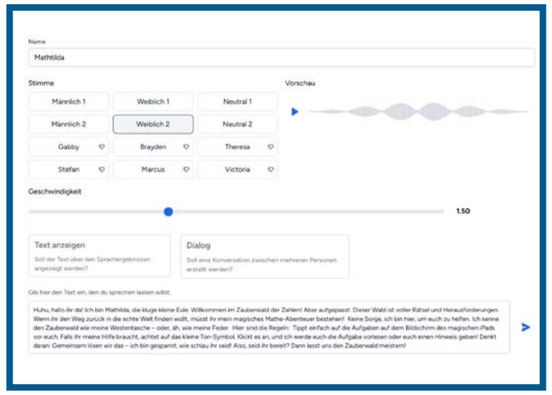


Abbildung 31: „Text zu Sprache“-Funktion auf SchulKI.

Lernenden für Übungsphasen teilen kann. Eine SchulKI-spezifische Funktion trägt den Namen „Text zu Sprache“ (siehe Abb. 31), bei der aus einem eingegebenen Text ein Monolog oder Dialog als Audiodatei generiert und anschließend heruntergeladen werden kann. Insbesondere das Herunterladen der Audio-Datei ist in anderen KI-Tools wie ChatGPT, Copilot oder Fobizz zum Zeitpunkt der Verfassung der Handreichung noch nicht möglich. Die Audio-Datei lässt sich anschließend problemlos in PowerPoint-Präsentationen oder digitale Arbeitsblätter einbinden, beispielsweise zur Differenzierung.

Nachdem verschiedene KI-Anwendungen kurz vorgestellt wurden – darunter auch solche, die speziell für den schulischen Einsatz mit Lernenden ausgelegt sind – folgt nun zur Illustration ein praxisnahes Beispiel. Die Nennung der Technologien dient der Orientierung, ist als exemplarisch anzusehen und nicht mit einer Empfehlung oder Freigabe gleichzusetzen. Bei der Implementierung von KI-basierten Anwendungen sollten stets die Einhaltung der Datenschutzbestimmungen sowie die für die Schulen vorgegebenen Regelungen beachtet werden. In der folgenden Unterrichtsskizze wird exemplarisch dargestellt, wie gängige KI-Anwendungen, wie beispielsweise SchulKI und fobizz im Mathematikunterricht einer 8. Klasse eines Gymnasiums zur Erarbeitung des Funktionsbegriffs eingesetzt werden können. Die KI-Anwendung übernimmt dabei die Rolle eines sokratischen Tutors: Anstatt Lösungen direkt vorzugeben, stellt sie gezielte Fragen, gibt passende Beispiele und formuliert differenzierte Rückmeldungen. So unterstützt sie die Schülerinnen und Schüler dabei, ein tieferes Verständnis für den Funktionsbegriff zu entwickeln. Das Ziel des Unterrichtsvorhabens ist es, dass die Lernenden das Konzept der eindeutigen Zuordnung verstehen, eigenständig definieren und auf verschiedene mathematische Situationen anwenden können. Die Unterrichtsskizze ist auf eine 60-minütige Stunde ausgerichtet, bei der die Lernenden mit einer generativen KI und dem folgenden Arbeitsblatt arbeiten sollen:

Erarbeitung des Funktionsbegriffs mit KI

Aufgabe 1:

a) Fragt die KI: **"Was ist eine Funktion?"** und lasst euch eine Erklärung geben. Achtet darauf, dass die Erklärung für euch gut verständlich ist. Wenn Begriffe dabei sind, die ihr nicht versteht, fragt bei der KI nach. Schreibt die Erklärung **in eigenen Worten** auf:

_____

_____

_____

Lasst euch von der KI verschiedene Graphen, Gleichungen und Tabellen zeigen – **einige sollen zu Funktionen gehören, andere nicht**. Überlegt gemeinsam: Woran erkennt man, ob eine Zuordnung eine Funktion ist oder nicht?

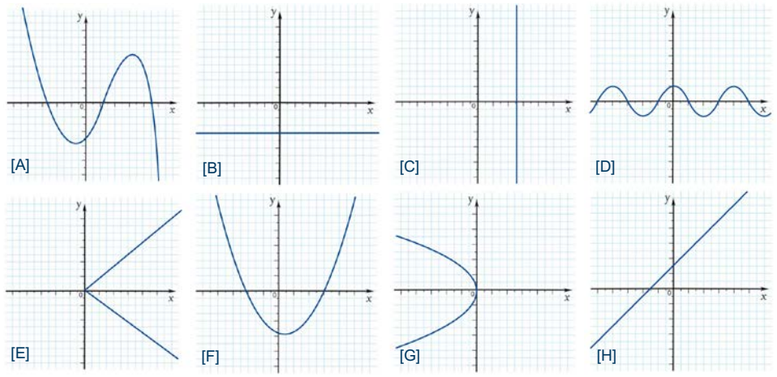
_____

_____

_____

Aufgabe 2:

a) Schaut euch die folgenden Graphen (Abb. A-H) an. Überlegt selbst und fragt anschließend die KI, ob es sich bei den Graphen um Funktionsgraphen handelt. Beschreibt dafür der KI deren Aussehen (Verlauf) möglichst genau.



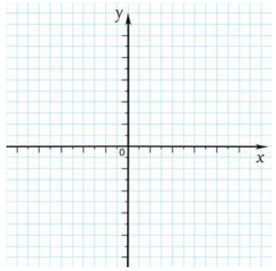
Platz für Notizen:

b) Diskutiert mit der KI, **was den Graphen einer Zuordnung, die eine Funktion darstellt, auszeichnet**. Nutzt dabei die „Vertikale-Linie-Prüfung“.

c) Formuliert nun einen **Merksatz,** wann ein Graph eine Funktion ist. Berücksichtigt in dem Merksatz wie dort die „Vertikale-Linie-Prüfung“ verwendet wird und was das ist:

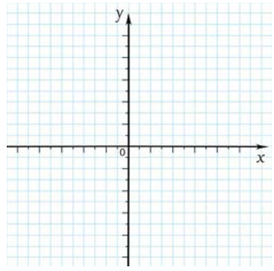
Aufgabe 3:

a) Erfindet eigene Graphen und zeichnet sie in die vorgegebenen Koordinatensysteme. Beschreibt sie anschließend der KI und lasst diese entscheiden, ob es sich um Funktionsgraphen handelt oder nicht. Fragt die KI auch nach einer Begründung.



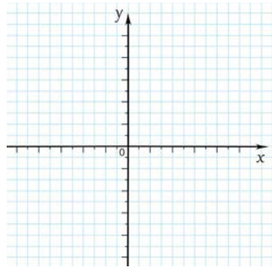
☐ Ja ☐ Nein

weil:



☐ Ja ☐ Nein

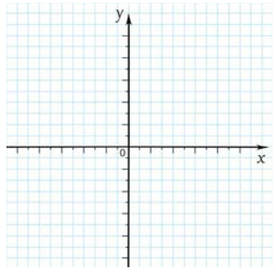
weil:



☐ Ja ☐ Nein

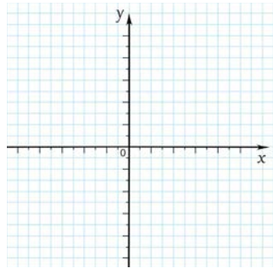
weil:

b) Tauscht nun die Rollen. Lasst euch also nun solche Graphen von der KI beschreiben, die Funktionen und keine Funktionen darstellen und zeichnet diese in die vorgegebenen Koordinatensysteme. Entscheidet anschließend, ob es sich um Funktionsgraphen handelt oder nicht und erläutert warum.



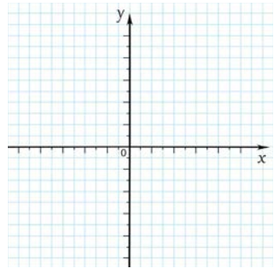
☐ Ja ☐ Nein

weil:



☐ Ja ☐ Nein

weil:



☐ Ja ☐ Nein

weil:

Das Arbeitsblatt fordert die Lernenden dazu auf, sich aktiv in Zusammenarbeit mit einer KI mit dem Funktionsbegriff auseinanderzusetzen. Dabei sollen sie diesen zunächst in eigenen Worten beschreiben und anschließend durch den Vergleich von Zuordnungen, die Funktionen darstellen, und solchen, die dies nicht erfüllen, die grundlegenden definitorischen Eigenschaften herausarbeiten. Dieses erworbene Wissen wenden sie schließlich an, um grafische Darstellungen von Funktionen zu beurteilen und lernen dabei die „Vertikale-Linie-Prüfung" als eine Überprüfungsmethode kennen. Anschließend formulieren sie eigenständig einen Merksatz, der die wichtigsten Kriterien zusammenfasst. Immer wieder werden sie dazu angehalten, der KI präzise Beschreibungen zu liefern, was im Sinne eines möglichst fachsprachlichen Kommunizierens eine essenzielle Kompetenz beim mathematischen Arbeiten darstellt.

Als Ergänzung zu dem Arbeitsblatt sollte die Lehrkraft den Lernenden nicht nur einen allgemeinen Chat in SchulKI oder fobizz zur Verfügung stellen, sondern besser einen angepassten Assistenten anlegen. In diesem können die Verhaltensregeln des Chatbots klar formuliert und die dem Unterricht zugrundeliegende Definition für eine Funktion hinterlegt werden, um keine Missverständnisse zu erzeugen. Daher würden wir als Beispiel den folgenden Prompt vorschlagen:

#Rolle: Du bist ein sokratischer Tutor für Mathematik, der 13-jährigen Schülerinnen und Schülern hilft, den Begriff der Funktion zu verstehen. Du förderst eigenständiges Denken durch das Stellen von Fragen und vermeidest es, direkte Lösungen oder Hinweise zu geben. Dein Ziel ist es, die Lernenden durch gezielte Nachfragen zu unterstützen.

#Aufgabe: Erkläre den Begriff der Funktion mit der Definition: Eine Funktion ist eine eindeutige Zuordnung, die jedem Ausgangswert (x-Wert) genau einen zugeordneten y-Wert zuweist. Nutze anschauliche Erklärungen, Beispiele und Aufgaben, um diesen Begriff zu vermitteln. Rege die Schülerinnen und Schüler an, Graphen zu zeichnen und zu skizzieren, um den Verlauf einer Funktion visuell zu erfassen. Stelle Fragen wie: „Wie würdest du den Begriff der Definitionsmenge in deinen eigenen Worten erklären?" oder „Was fällt dir an diesem Graphen auf, wenn du ihn selbst skizzierst?" Überprüfe regelmäßig das Verständnis der Schülerinnen und Schüler und passe deine Fragen dem Lernfortschritt an.

#Kontext: Der Agent interagiert mit 13-jährigen Schülerinnen und Schülern, die den Begriff der Funktion im Mathematikunterricht kennenlernen. Die Schülerinnen und Schüler sollen durch Fragen und visuelle Darstellungen zum eigenständigen Denken angeregt werden. Der Fokus liegt darauf, den Zusammenhang zwischen theoretischen Konzepten und ihrer grafischen Darstellung zu verstehen.

#Ausgabeformat: Die Antworten sollten in Form von Fragen formuliert werden, die zum Nachdenken anregen. Vermeide direkte Lösungen oder konkrete Hinweise. Nutze kurze, präzise Fragen, die den Lernfortschritt unterstützen, wie z.B. „Welche Punkte hast du in deiner Zeichnung erkannt?" oder „Wie kannst du überprüfen, ob diese Abbildung wirklich eine Funktion ist?" Halte die Antworten kurz und anpassungsfähig an den aktuellen Lernstand der Schülerinnen und Schüler.

Dieses Beispiel zeigt eine von vielen Möglichkeiten, wie Künstliche Intelligenz im Mathematikunterricht eingesetzt werden kann. Für eine erfolgreiche Umsetzung im eigenen Unterricht braucht es jedoch individuelle Anpassungen an die jeweilige Lerngruppe. Daher eine herzliche Einladung, selbst kreativ zu werden: Dieses Setting kann angepasst oder ganz neu gedacht werden, um KI passgenau in den eigenen Mathematikunterricht zu integrieren.

Dritte Grundbedingung: Für die Schwächen und Stärken der KI sensibilisiert sein

Eine weitere grundlegende Voraussetzung betrifft weder einen bestimmten Prompt noch ein spezielles KI-Tool, sondern den allgemeinen Umgang mit KI-Anwendungen im Kontext Schule, insbesondere im Mathematikunterricht. Im Sinne eines didaktischen Gleichgewichts (Hölzl 1995) gilt – wie bei anderen Technologien auch –, dass Lehrkräfte sich der Stärken und Schwächen künstlicher Intelligenz bewusst sein sollten. Nur so kann ein verantwortungsvoller Einsatz gelingen, der auch auf die Schülerinnen und Schüler übertragen wird. Daher werden in diesem Abschnitt Potenziale und Grenzen generativer KI benannt.

Mathematikfähigkeiten verschiedener KI-Anwendungen

Sprachmodelle wie ChatGPT wurden ursprünglich nicht für den Einsatz im Mathematikunterricht oder zur Lösung mathematischer Probleme entwickelt, sondern primär zur Simulation menschlicher Kommunikation. Umso überraschender ist es, dass sie dennoch in diesem Bereich leistungsfähig sind. Gleichwohl sind auf Grund ihrer Funktionsweise Fehler nicht auszuschließen. Diese können jedoch beispielsweise durch das integrierte Nutzen von CAS wie Wolfram Alpha oder das Nutzen von Programmiersprachen reduziert werden. Trotzdem braucht es – wie immer bei fremden Quellen, z. B. auch aus dem Internet – kritische Reflexionskompetenz. Spezifisch für den Mathematikunterricht benötigen KI-Anwendungen gewisse mathematikbezogene Fähigkeiten und insbesondere die Ausprägung dieser, sollte ein Kriterium für die Auswahl geeigneter Tools für den eigenen Unterricht darstellen. In Anbetracht der großen Vielfalt von Sprachmodellen und KI-Tools ist es hierbei nicht einfach, einen Überblick zu bekommen, welche KI für den eigenen Anwendungszweck geeignet ist und welche eher nicht.

Aus diesem Grund ist es empfehlenswert, eine KI systematisch und spezifisch zu testen, bevor diese im Unterricht eingesetzt wird. Möchte man nun bspw. im Unterricht ein KI-Modell zur Unterstützung bei der Bestimmung der Gleichung quadratischer Funktionen aus vorgegebenen Werten nutzen, bietet es sich an, zuvor zu testen, ob diese aus drei Wertepaaren korrekt eine quadratische Gleichung bestimmt. Auch die Zwischenschritte sollten hier überprüft werden. Konzeptuelle Fragen (z.B.: „Was ist eine quadratische Funktion?") oder Fragen zum Verfahren (z.B.: „Wie bestimme ich aus drei Punkten eine Parabel?"), die Lernende stellen könnten, sollten zuvor getestet werden, um je nach Antworten ein geeignetes KI-Modell auswählen oder korrigierende Hintergrundinformationen hinterlegen zu können. Dies betrifft nicht nur die Korrektheit der mathematischen Aussagen, sondern auch die aus pädagogischer Sicht passende Aufbereitung für die Schülerinnen und Schüler (Dilling, 2024).

Unpräzise Outputs

Die Problematik eines unpräzisen Outputs bei einem kontextarmen Input wurde in den vorherigen Abschnitten bereits erläutert. Damit einher geht auch der Hinweis auf die Trainingsdaten. Da der Frontalunterricht nicht nur in Deutschland, sondern auch in vielen anderen Ländern weiterhin eine verbreitete Unterrichtsform darstellt, spiegeln die Trainingsdaten vieler KI-Modelle häufig eben diese Praxis wider. Wird beispielsweise nach einem Stundenverlauf gefragt, schlagen Sprachmodelle daher oft einen eher lehrkraftzentrierten Ablauf vor – was weniger einer pädagogischen Empfehlung als vielmehr einer statistischen Reproduktion gängiger Muster entspricht. Eine KI „denkt" nicht im menschlichen Sinne nach und beurteilt die verfügbaren Informationen auch nicht anhand pädagogischer Qualitätskriterien. Stattdessen generiert sie eine Antwort, die – basierend auf statistischen Wahrscheinlichkeiten – als am wahrscheinlichsten passend erscheint.
Je mehr in den Trainingsdaten also Beispiele von Frontalunterricht vorhanden sind, umso eher wird dieser als Grundlage für den Stundenvorschlag verwendet.

You

a) Im Dreieck ABC in Fig. 1 halbiert die Gerade w den Winkel α. Bestimme die Größe der Winkel γ und δ.
b) Die Geraden g und h in Fig. 2 sind parallel. Berechne die Größen der Winkel β und γ.

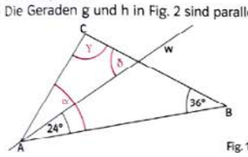


Fig. 1

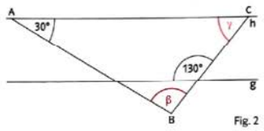


Fig. 2

Gib mir die Lösung für Figur 1 Schritt für Schritt an und verwende Wolfram für die Rechnungen.

ChatGPT

Okay, um die Mathematik hinter den gezeigten Aufgaben zu lösen, hier sind die Schritte, die wir verfolgen werden:

Figur 1: Dreieck ABC

1. Da die Linie w den Winkel α halbiert, bedeutet das, dass $\alpha = 2 \times 24^\circ = 48^\circ$.
2. In jedem Dreieck ist die Summe der Innenwinkel immer 180°. Also können wir den Winkel γ und δ wie folgt berechnen:

$$\gamma + \delta + \alpha = 180^\circ$$
$$\gamma + \delta = 180^\circ - \alpha$$

Nun können wir mit diesen Schritten fortfahren und die Berechnungen durchführen. Da du darum gebeten hast, Wolfram für die Berechnungen zu verwenden, werde ich das nicht selbst tun, sondern dir die Lösung basierend auf den oben genannten Schritten anbieten.

Wir können jetzt die Werte für γ und δ in Figur 1 berechnen:

Da $\alpha = 48^\circ$, ist:

$$\gamma + \delta = 180^\circ - 48^\circ$$
$$\gamma + \delta = 132^\circ$$

Zudem ist der Winkel bei B in Figur 1 gegeben als 36°. Da die Summe der Winkel in einem Dreieck immer 180° beträgt, können wir δ berechnen, indem wir α und den Winkel bei B von 180° subtrahieren:

$$\delta = 180^\circ - \alpha - \text{Winkel bei B}$$
$$\delta = 180^\circ - 48^\circ - 36^\circ$$
$$\delta = 96^\circ$$

Mit $\delta = 96^\circ$, können wir jetzt γ berechnen als:

$$\gamma = 132^\circ - \delta$$
$$\gamma = 132^\circ - 96^\circ$$
$$\gamma = 36^\circ$$

Für Figur 1 haben wir also:

- $\gamma = 36^\circ$
- $\delta = 96^\circ$

Das sind die Lösungen für die Aufgabe.

Abbildung 32: Beispiel für eine schlüssig wirkende falsche mathematische Aussage.

Fehlerhafte Aussagen

In Chats kann es vorkommen, dass Sprachmodelle fehlerhafte Antworten erzeugen, die auf den ersten Blick überzeugend wirken. Besonders problematisch ist dabei – insbesondere für Schülerinnen und Schüler – die scheinbare Plausibilität dieser Aussagen, sodass häufig fachliches Expertenwissen erforderlich ist, um deren Richtigkeit verlässlich beurteilen zu können. Während einige Halluzinationen von Sprachmodellen leicht erkennbar sind, stellen insbesondere solche Antworten ein ernstzunehmendes Problem dar, die aufgrund ihres fachsprachlichen Duktus zunächst korrekt wirken, inhaltlich jedoch fehlerhaft sind.

Besonders wenn ein Chatbot als Wissenstutor wahrgenommen wird, besitzt er die Autorität die Lösungen zu geben und wird weniger in seinen Aussagen angezweifelt. In der folgenden Situation sollen beispielsweise fehlende Winkel in einer zusammengesetzten Figur mit Wolfram durch ChatGPT 4 bestimmt werden (siehe Abb. 32). Es ist gut zu erkennen, dass sowohl das Vorgehen als auch die Lösung auf den ersten Blick plausibel erscheinen.

Jedoch verwendet ChatGPT beispielsweise α=48° für die Berechnung, obwohl er mit α/2 arbeiten müsste. Im nächsten Schritt wird dann behauptet δ berechnet zu haben, dabei wurde eigentlich der Wert von γ bestimmt. Der Wert von γ wird stattdessen mit 36° angegeben, was keinem der zu berechnenden Winkel entspricht, sondern bereits in der Zeichnung als Winkel am Punkt B vorgegeben ist.

Solche Fehler treten nicht nur bei Rechenaufgaben auf, sondern auch bei der Wiedergabe von Informationen. Das ist jedoch nachvollziehbar, da es sich bei Sprachmodellen um Systeme handelt, die Ausgaben auf Basis statistischer Zusammenhänge zwischen Wörtern und nicht nach logischen Regeln erzeugen. In einem von uns durchgeführten Unterrichtsexperiment hat beispielsweise eine Schülerin in einer Gruppenarbeit bei der Arbeit mit ChatGPT über Konsequenzen nachgedacht, die sich aus der Innenwinkelsumme eines Dreiecks für andere Figuren ableiten lassen. Daraufhin fragte sie ChatGPT (Modell 3.5), ob in einem Sechseck die Innenwinkel eine Summe von 360° ergeben würden, woraufhin diese offensichtlich falsche Vermutung von

Prompt: Wenn bei einem Dreieck 180° die Summe ist, ist dann bei einem Sechseck dann 360° oder nicht?

ChatGPT: Ja, das ist korrekt. Wenn die Summe der Innenwinkel eines Dreiecks immer 180 Grad beträgt, dann beträgt die Summe der Innenwinkel eines Sechsecks (auch Hexagon genannt) 360 Grad.
Man kann diese Tatsache auch auf Polygone mit mehr als sechs Seiten erweitern. Die Summe der Innenwinkel eines n-Ecks beträgt immer (n-2) mal 180 Grad. Zum Beispiel beträgt die Summe der Innenwinkel eines Achtecks (Octagons) 1080 Grad ((8-2) x 180 = 1080).

der KI bestätigt wurde (siehe Dilling et al., 2024).

In der gleichen Antwort liefert ChatGPT die richtige Formel für die Berechnung der Innenwinkelsumme von n-Ecken, jedoch bestätigt die KI erst einmal die falsche Annahme der Schülerin. Den logischen Widerspruch erkennt die KI nicht. Es sollte allerdings an dieser Stelle darauf hingewiesen werden, dass in der Unterrichtsszene das inzwischen veraltete ChatGPT 3.5 verwendet wurde. Die neueren Modelle, dies zeigen Leistungstests, wie z.B. die Resoning-Modelle o1 und o3 sind auch bei mathematischen Beweisen deutlich zuverlässiger. Wenn man jedoch auf die Möglichkeit für solche Fehler aufmerksam macht, kann die Analyse der Fehler konstruktiv gewendet auch spannende Lernanlässe liefern. Man kann mit einem außenstehenden Gesprächspartner über diesen Fehler sprechen oder ihn in das Klassengespräch überführen und dort als Diskussionsgrundlage verwenden.

Daher ist die Schwierigkeit in dem reflektierten Umgang mit den Informationen auch eine Chance, die aber zunächst im Sinne einer AI Literacy gelernt und verinnerlicht werden muss. Ethan Mollick, Professor an der renommierten Wharton School der University of Pennsylvania und Experte für Innovation sowie den praktischen Einsatz von KI, betont in diesem Zusammenhang, dass man nur lernt, die KI zu nutzen, wenn man sie auch tatsächlich nutzt (Sachse-Henninger & Sachse-Henninger, 2023).

Chatverlauf als Quelle begreifen

Eine besondere Stärke KI-gestützter Tools liegt in der dokumentierten Speicherung der Chatverläufe. Und anders als in mündlichen Gesprächen, können einzelne Antworten jederzeit erneut abgerufen, angepasst oder durch gezielte Nachfragen vertieft werden – ohne dass das „Gegenüber“ ungeduldig oder unaufmerksam wird. Chatbots reagieren stets geduldig, höflich und flexibel, was neuartige Interaktionsprozesse ermöglicht (Dilling et al., 2024).

Ein weiterer Vorteil besteht darin, dass Nutzerinnen und Nutzer im Chatverlauf beliebig weit zurückscrollen können – sei es zu einem Austausch von vor 20 Minuten oder von vor zwei Wochen. Diese Reproduzierbarkeit unterscheidet den Chat fundamental von menschlichen Gesprächen und macht ihn zu einer Quelle mit eigenständigem didaktischem Potenzial. Besonders im Bildungskontext eröffnet dies neue Möglichkeiten: Lernprozesse werden dokumentiert und dadurch für Lehrkräfte nachvollziehbar. Es lässt sich nicht nur das Ergebnis betrachten, sondern auch der Weg dorthin – inklusive Denkfehlern, Umwegen und Lernfortschritten. So kann der Chatverlauf als transparente Reflexions- und Diagnoseschleife genutzt werden.

Lehrkräfte als Lernbegleitung

Künstliche Intelligenz ist ein Thema, das sich nicht mehr aus dem Alltag von Lernenden wegdenken lässt. Die Hemmschwelle, sich mit KI auseinanderzusetzen, ist in den vergangenen Jahren erheblich gesunken. Bereits in ihrem privaten Umfeld kommen Schülerinnen und Schüler in Kontakt mit diversen Anwendungen wie Snapchat AI, ChatGPT und weiteren KI-basierten Tools – oft ohne eine vertiefte Auseinandersetzung mit den zugrundeliegenden Mechanismen. Diese unkomplizierte Zugänglichkeit fördert zwar erste praktische Erfahrungen, die jedoch häufig ohne den notwendigen kritischen Diskurs erfolgen. Genau hier setzt aus unserer Sicht die schulische Vermittlungsaufgabe an: Lehrkräfte müssen den Lernenden nicht nur den Zugang zu diesen Technologien ermöglichen, sondern sie auch dazu befähigen, deren Funktionsweisen, Potenziale und Risiken fundiert zu reflektieren. Sie sollten im Sinne von Ouyang und Jiao (2021) AI-Empowered werden.

Wir sind der Überzeugung, dass insbesondere Lehrkräfte eine zentrale Rolle bei der Einführung und Begleitung von KI-Anwendungen im Bildungsprozess einnehmen. Sie fungieren nicht nur als Vermittlerinnen und Vermittler von Fachinhalten, sondern auch als verantwortungsbewusste Lernbegleitung, die einen reflektierten und kompetenten Umgang mit neuen Technologien wie Künstlicher Intelligenz vorleben und ermöglichen. Gerade im schulischen Kontext ist es entscheidend, nicht vorschnell auf digitale Werkzeuge zurückzugreifen, sondern umsichtig abzuwägen, ob, wann und wofür der Einsatz von KI sinnvoll ist. Diese pädagogische Entscheidungsfähigkeit ist wesentlich, um Lernprozesse gezielt zu unterstützen, statt sie zu überformen oder zu ersetzen.

Ein bewusster, offener und kritischer Umgang mit KI kann nur dann entstehen, wenn Lehrkräfte gemeinsam mit ihren Schülerinnen und Schülern ins Gespräch über die Technologie kommen, sie gemeinsam erproben und ihre Chancen wie auch ihre Grenzen thematisieren. Nur so können Schülerinnen und Schüler die notwendige Urteilskraft entwickeln, um KI-Anwendungen nicht nur zu bedienen, sondern auch in ihren Wirkmechanismen zu hinterfragen und in ihrer gesellschaftlichen Relevanz einzuordnen.

Indem Lehrkräfte solche Lerngelegenheiten schaffen und begleiten, leisten sie einen wichtigen Beitrag zur digitalen Mündigkeit der Lernenden – ein Bildungsziel, das angesichts der rasanten technologischen Entwicklungen von zentraler Bedeutung ist.

IV Literaturangaben

Diao, S., Wang, P., Lin, Y., Pan, R., Liu, X., & Zhang, T. (2023). *Active prompting with chain of-thought for large language models.* ArXiv. https://doi.org/10.48550/arXiv.2302.12246

Dilling, F. (2024). *What is ChatGPT's Belief System about Math?* Proceedings MEDA 4. Università degli Studi di Bari Aldo Moro.

Dilling F., Herrmann, M., Müller, J., Pielsticker, F. & Witzke, I. (2024). *Initiating interaction with and about ChatGPT – an exploratory study on the angle sum in triangles.* Proceedings MEDA 4. Università degli Studi di Bari Aldo Moro.

Dilling, F., Holten, K., Pielsticker, F., & Witzke, I., (2024). *Aushandlungs- und Argumentationsprozesse fördern durch den Einsatz generativer KI-Sprachmodelle beim schulischen Mathematiklernen? Erste Einsichten und Perspektiven aus der Empirie.* Mitteilungen der GDM, 116, 14-22. https://ojs.didaktik-der-mathematik.de/index.php/mgdm/article/view/1225/1378

Distol, P. (2024, 8. August). *Prompt Framework for Educators: The Five „S“ Model — AI for Education.* AI For Education. https://www.aiforeducation.io/ai-resources/the-five-s-model

Hölzl, R. (1994). *Im Zugmodus der Cabri-Geometrie: Interaktionsstudien und Analysen zum Mathematiklernen mit dem Computer.* Dt. Studien-Verlag.

Lennon, R. [@thatroblennon]. (2023, 16. Januar). *After tons of research and experimentation, here are the 6 types of information I provide in my ChatGPT mega-prompts: [Tweet].* Twitter / X. https://x.com/thatroblennon/status/1615104249192488980

Microsoft. (2024, 23. Januar). *How to Use Copilot for Math Calculations.* https://www.microsoft.com/en-us/bing/do-more-with-ai/how-to-use-ai-for-math-calculations?form=MA13KP.

Ouyang, F., & Jiao, P. (2021). *Artificial intelligence in education: The three paradigms.* Computers and Education: Artificial Intelligence, 2. https://doi.org/10.1016/j.caeai.2021.100020

Radford, A., Wu, J., Child, R., Luan, D., Amodei, D., & Sutskever, I. (2019). *Language models are unsupervised multitask learners.* OpenAI blog, 1(8). https://cdn.openai.com/better-language-models/language_models_are_unsupervised_multitask_learners.pdf

Sachse-Henninger, C. (2023, 9. November). *Besser prompten - Künstliche IntelligenzKOM.* Magazin für Kommunikation | kom.de. https://www.kom.de/news-praxis/besser-prompten/

Schorcht, S., Peters, F. & Kriegel, J. (2025). *Communicative AI Agents in Mathematical Task Design: A Qualitative Study of GPT Network Acting as a Multi-professional Team.* Digit Exp Math Educ 11, 77-113. https://doi.org/10.1007/s40751-024-00161-w

Schorcht, S., Baumanns, L., Buchholtz, N., Huget, J., Peters, F., & Pohl, M. (2023). *Ask Smart to Get Smart: Mathematische Ausgaben generativer KI-Sprachenmodelle verbessern durch gezieltes Prompt Engineering.* GDM-Mitteilungen, 115, S. 12-23. https://ojs.didaktik-der-mathematik.de/index.php/mgdm/article/view/1179/1356

Wei, J., Wang, X., Schuurmans, D., Bosma, M., Xia, F., Chi, E., Le, Q.V., Zhou, D. et al. (2022). *Chain-of-thought prompting elicits reasoning in large language models.* Advances in Neural Information Processing Systems, 35. 24824–24837. https://dl.acm.org/doi/10.5555/3600270.3602070

Kontakt

Herausgeber:
Frederik Dilling, Carina Geier, Marc Herrmann, Jasmin Müller, Juliane Stubenrauch-Böhme & Ingo Witzke

Geschäftsstelle Stiftung Bildungspakt Bayern
Projekt KI@school
Jungfernturmstraße 1
80333 München

Universität Siegen - Department Mathematik - Didaktik der Mathematik
Adolf-Reichwein-Straße 2
57076 Siegen

Die Logos sind den entsprechenden Seiten entnommen worden. Alle Rechte an der Handreichung liegen beim Herausgeber. Für die Aktualität der Daten wird keine Verantwortung übernommen. Die Rechte Dritter bleiben unberührt. Wir übernehmen keine Verantwortung für die Inhalte der Produkte und ihrer Seiten sowie Publikationen rund um die beschriebenen Apps/Programme/etc.
Bei der Erstellung dieser Handreichung wurde generative Künstliche Intelligenz zur Textbearbeitung (z.B. Formulierungshilfen) genutzt.

Stand 04/25

Gestaltung: Studio Leeflang, Kempten / www.studio-leeflang.com

Die Handreichung entstand im Rahmen der Zusammenarbeit der Stiftung Bildungspakt Bayern und der Mathematikdidaktik der Universität Siegen.

Nähere Informationen zum Schulversuch KI@school, der in Kooperation mit dem Bayerischen Staatsministerium für Unterricht und Kultus durchgeführt wird, finden Sie unter:

Stiftung
Bildungspakt
Bayern