

Lernen über LLMs im Mathematikunterricht der Primarstufe

Kinder nutzen das Internet – teilweise sogar ohne die Begleitung von Erwachsenen (KIM, 2022). Dabei ist es wichtig zu wissen, wie man richtig Informationen im Internet sucht, wie man Suchergebnisse von Suchmaschinen und Aussagen eines KI-Chatbots wie ChatGPT bewertet und es ist wichtig Risiken durch die Preisgabe personenbezogener Daten abzuschätzen. ICT-Literacy (inkl. Grundkenntnisse über KI) bzw. das 'Lernen über KI' spielen bereits in der Primarstufe eine zentrale Rolle (KMK, 2024; SWK, 2024). Ziel sollte sein, dass Kinder die grundlegenden Mechanismen von Systemen der künstlichen Intelligenz kennenlernen, um nachvollziehen zu können, dass es sich dabei um soziotechnische Systeme handelt.

Im vorliegenden Beitrag wird ein Ausschnitt einer Lernumgebung zum 'Lernen über LLMs' (Platz, 2024) für den Mathematikunterricht der Grundschule umrissen. Dieser Bezug ergibt sich zum einen, da einigen grundlegenden Funktionsweisen von LLMs mathematische Ideen zugrunde liegen, die gut elementarisiert werden können, und zum anderen, da jedes einzelne Fach – also auch Mathematik – mit seinen spezifischen Zugängen zur digitalen Welt zur Entwicklung der Kompetenzen für ein Leben in einer digitalen Welt beitragen soll (KMK, 2016). Inhaltsbezogene mathematische Kompetenzen, die im beschriebenen Ausschnitt gefördert werden können, sind das Darstellen von Daten in Tabellen sowie das Entnehmen von Informationen aus Tabellen und das Einschätzen von Chancen für das Eintreten von Ereignissen bei einfachen Zufallsexperimenten (KMK, 2022). Ein Design Science Research Mikrozyklus (Prediger et al. 2015) wurde mittels Erprobung bei der Kinderuni Saar durchlaufen (Platz, 2024). Die auf dieser Basis weiterentwickelte Lernumgebung soll in einem Makrozyklus erprobt werden.

Funktionsweise von ChatGPT – ein einfaches Sprachmodell als Ausgangspunkt

Seit 2022, als ChatGPT (entwickelt von OpenAI) für alle frei verfügbar veröffentlicht wurde, ist das Thema KI populärer denn je. Schauen wir uns ChatGPT genauer an: Unter der Eingabeleiste von ChatGPT findet man den Hinweis: 'ChatGPT kann Fehler machen. Überprüfe wichtige Informationen.' Man nennt solche KI-Chatbots auch 'stochastische Papageien' (Bender et al., 2021). Was bedeutet stochastischer Papagei? Das Wort 'stochastisch' bedeutet 'zufällig bestimmt'. Das Wort 'Papagei' bezieht sich auf die Fähigkeit von Papageien, die menschliche Sprache nachzuahmen, ohne deren Bedeutung

zu verstehen – Papageien plappern nur alles nach. Bezogen auf KI-Sprachmodelle bedeutet das, dass sie gut klingende Sprache erzeugen können, dabei jedoch die Bedeutung der Sprache nicht verstehen. Um nachvollziehen zu können, warum das so ist, schauen wir uns zunächst ein einfaches Sprachmodell an.

Das Sprachmodell besteht aus drei Teilen: dem Datensatz, dem Algorithmus und der Vorhersage. In unserem Fall ist der Datensatz das umgeschriebene Märchen 'Die Raupe Nimmersatt' basierend auf Carle (1969) und Jung (2022), siehe Abb. 1. Umgeschrieben wurde das Märchen, um bestimmte Worthäufigkeiten zu erzeugen. Nachdem den Kindern das Märchen vorgelesen wurde, wird gefragt wie die Geschichte weitergeht.

<p>Die Nacht brach herein und im Schein des Mondes lag ein Ei auf einem Blatt einer Weide mit vielen Blüten, die man Kätzchen nennt.</p> <p>Das Ei war ganz klein, aber es bewegte sich etwas darin.</p> <p>Am nächsten Morgen ging die Sonne auf mit warmem Schein, da schlüpft eine kleine Raupe aus dem Ei.</p> <p>Die Raupe war hungrig und dachte: „Ich werde nie mehr satt!“</p> <p>Die kleine Raupe machte sich auf Futtersuche auf der großen Weide, auf der auch viele andere Tiere wie Kühe, Schafe oder Kätzchen Futter suchten.</p>	<p>Am Montag fraß sie sich durch einen Apfel – aber satt war sie noch nicht.</p> <p>Am Dienstag fraß sie sich durch eine Erdbeere – aber satt war sie noch nicht.</p> <p>Am Mittwoch fraß sie sich durch eine Traube – aber satt war sie noch nicht.</p> <p>Am Donnerstag fraß sie frische Petersilie – aber satt war sie noch nicht.</p> <p>Am Freitag fraß sie Schnittlauch – aber satt war sie noch nicht.</p> <p>Das ist die kleine Raupe Nimmersatt.</p> <p>Die Raupe war so satt, dass sie nun erst einmal schlafen musste.</p>
---	---

Abb. 1: Umgeschriebenes Märchen 'Die Raupe Nimmersatt'

Entweder ein Kind oder die Lehrperson kann die Geschichte weitererzählen – am Ende wird die Raupe zu einem wunderschönen Schmetterling. Das Ziel ist nun, dass die Geschichte automatisch weitererzählt wird. Dafür wird das Bi-Gram-Sprachmodell herangezogen (Arnold, 2023; Jurafsky & Martin, 2018; <https://www.soekia.ch>). Zuerst wird gemeinsam mit den Kindern geschaut, wie ein Satz anfangen kann (mit 'Die', 'Das' oder 'Am') und es wird gezählt, wie häufig der Satzanfang vorkommt. Dann wird geschaut, welches Wort wie häufig als zweites auf den Satzanfang folgt. Es entsteht folgende Tabelle (siehe Abb. 2). Die Worthäufigkeiten wurden so gewählt, dass platonische Körper und eine Münze verwendet werden können, um das nächste Wort zu 'würfeln'. Da platonische Körper für die Kinder evtl. neu sind, sollte zunächst der geometrische Aufbau (Anzahl der kongruenten Begrenzungsflächen) näher betrachtet werden. So können für einen geometrischen Zugang zum Zufallsgenerator Inhalte der Geometrie und Wahrscheinlichkeit gemeinsam behandelt werden (Neubert, 2012).

Wort am Satz-anfang	Wie oft?	Satzanfang	Zweites Wort	Wie oft?
Die	4	Die	Nacht	1
Das	2		Raupe	2
Am	6		kleine	1
		Das	Ei	1
			ist	1
		Am	nächsten	1
			Montag	1
			Dienstag	1
			Mittwoch	1
			Donnerstag	1
			Freitag	1

Abb. 2: Worthäufigkeiten mit Zufallsgeneratoren

Bisher können wir nur die ersten beiden Worte 'automatisch' weitererzählen lassen. Um ganze Sätze erzeugen zu können, müsste auf diese Weise der ganze Text analysiert werden. Das geht schneller mit einer (selbstentwickelten) App (siehe Abb. 3):

TEXT	WÖRTER	WIE OFT	AUSGABE	ENDE	Ausgabe	Ende
Die Nacht brach herein und im Schein des Mondes lag auf ein Ei auf einem Blatt einer Weide mit vielen Blüten, die man Käitchehen nennt. Am nächsten Morgen ging die Sonne auf mit warmem Schein, da schlüpfte eine kleine Raupe aus dem Ei. Die Raupe war hungrig und dachte: „Ich werde nie mehr satt!“ Die kleine Raupe machte sich auf Futtersuche auf der großen Weide, auf der auch viele andere Tiere wie Kühe, Schafe oder Käitchehen Futter suchten. Am Montag fraß sie sich durch einen Apfel – aber satt war sie noch nicht. Am Dienstag fraß sie sich durch eine Traube – aber satt war sie noch nicht. Am Mittwoch fraß sie sich durch eine Traube – aber satt war sie noch nicht. Am Donnerstag fraß sie frische Petersilie – aber satt war sie noch nicht. Am Freitag fraß sie Schnittlauch – aber satt war sie noch nicht. Das ist die kleine Raupe Nimmersatt. Die Raupe war so satt, dass sie nun erst einmal schlafen musste.	TEXT-Untersuchung	Wort	Folge-wort	#	Hier das erste Wort eingeben:	Neuer Text:
	Nächstes Wort	auf	mit	1	Die	Die kleine Raupe Nimmersatt Die Nacht brach herein und dachte Ich werde nie mehr satt war sie Schnittlauch aber satt Die Raupe aus dem Ei
	Alle Wörter	mit	warmem	1	Nächstes Wort	würfeln
	ENDE	warmem	Schein	1	Suchwort:	
	Neustart	Schein	da	1	dem	
		da	schlüpfte	1	Neustart	
		schlüpfte	eine	1		
		eine	kleine	1		
		kleine	Raupe.	3		
		Raupe	aus	1		
		aus	dem	1		
		dem	Ei	1		
		Ei	Die	2		
		Die	Raupe	2		
		Raupe.	War	1		
		war	hungrig	1		
		hungrig	und	1		
		und	dachte	1		


Abb. 3: Darstellung der App. Links: Worthäufigkeiten für den Gesamttext. Rechts: Weitererzählte Geschichte durch die App mit erstem Wort 'Die'

Die weitererzählte Geschichte (Abb. 3 rechts) ergibt nicht viel Sinn, da jedes Wort nur vom direkten Vorgänger abhängt. Außerdem können unbekannte Wörter nicht verarbeitet werden: gibt man z.B. Schmetterling ein oder ver-tippt man sich, gibt die App 'kein passendes Wort gefunden' aus.

Alle Sprachmodelle – z.B. auch GPT 3 – verfolgen das Ziel, Text zu generieren, wobei sie dabei einer Sprach-Wahrscheinlichkeitsverteilung folgen (deshalb 'Stochastischer Papagei'). Sie funktionieren aber u.a. besser als das Bi-Gram-Modell, da sie große Textmengen als Kontext berücksichtigen und nicht nur den direkten Vorgänger. Die große Menge der Trainingsdaten von GPT 3 (ca. 45 TB) kann mittels einer Fermi-Aufgabe verbildlicht werden: Wie hoch wäre ein Papierstapel, wenn wir die obige Geschichte 'Die Raupe Nimmersatt' (14 KB Speicherplatz) auf 80 g/m² DIN A 4-Papier drucken und stapeln würden, bis wir 45 TB erreicht haben? Höher als der Mount Everest? Im Anschluss an diesen Ausschnitt der Lernumgebung kann die Funktionsweise von ChatGPT näher erläutert werden. Dabei können weitere Vorteile im Vergleich zum Bi-Gram-Modell, wie die Berücksichtigung der semantischen Bedeutung ('Embeddings'; in der Geschichte wurden dafür

'Weide' und 'Kätzchen' in doppelter Bedeutung eingebaut), herausgestellt werden. Gleichzeitig sollten Nachteile, wie undurchschaubare Trainingsdaten, der hohe Energieverbrauch und die Nicht-Erklärbarkeit der Ausgabe sowie Halluzinationen, in den Blick genommen werden. Auch wenn ChatGPT erst ab 13 Jahren verwendet werden sollte, ist es wesentlich festzuhalten, dass Kinder, falls sie KI nutzen, immer kritisch sein sollten und alle Informationen, die die KI ausgibt, z.B. mit Büchern oder einer Suchmaschine zu prüfen sollten.

Literatur

- Arnold, T. (2023). *ChatGPT für Nicht-Informatiker*innen: Schlüssel zum Verstehen der künstlichen Intelligenz und ihre Anwendungen in der Hochschullehre*. dghd Veranstaltungsreihe: KI in der Hochschullehre. <https://uni-paderborn.sciebo.de/s/3NcMb-bDwcZ9SDgE>
- Bender, E. M., Gebru, T., McMillan-Major, A., & Shmitchell, S. (2021). On the dangers of stochastic parrots: Can language models be too big? . In *Proceedings of the 2021 ACM conference on fairness, accountability, and transparency* (pp. 610–623).
- Carle, E., (1969). *Die kleine Raupe Nimmersatt*. Gerstenberg.
- Jung, M. (2022). *Mit Geschichtensäckchen durchs ganze Jahr*. Glückskind Verlag.
- Jurafsky, D., & Martin, J. H. (2018). N-gram language models. *Speech and language processing*, 23.
- KIM (2022). *Kim-Studie 2022*. Mpfs. https://www.mpfs.de/fileadmin/files/Studien/KIM/2022/KIM-Studie2022_website_final.pdf
- KMK (2022). *Bildungsstandards für das Fach Mathematik Primarbereich (Beschluss der Kultusministerkonferenz vom 15.10.2004, i.d.F. vom 23.06.2022)*. https://www.kmk.org/fileadmin/Dateien/veroeffentlichungen_beschluesse/2022/2022_06_23-Bista-PrimarbereichMathe.pdf
- KMK (2024). *Handlungsempfehlung für die Bildungsverwaltung zum Umgang mit Künstlicher Intelligenz in schulischen Bildungsprozessen. (Beschluss der Kultusministerkonferenz vom 10.10.2024)*. https://www.kmk.org/fileadmin/veroeffentlichungen_beschluesse/2024/2024_10_10-Handlungsempfehlung-KI.pdf
- Payne, B. H. (2019). *An Ethics of Artificial Intelligence Curriculum for Middle School Students*. MIT Media Lab. https://ec.europa.eu/futurium/en/system/files/ged/mit_ai_ethics_education_curriculum.pdf
- Platz (2024). *Kann man der Künstlichen Intelligenz (KI) vertrauen?* Vortrag bei der Kinderuni Saar. <https://youtu.be/UhtLJg-uiAg?feature=shared>
- Prediger, S., Gravemeijer, K. & Confrey, J. (2015). Design research with a focus on learning processes: An overview on achievements and challenges. *ZDM*, 47, 877–891.
- SWK (2024). *Large Language Models und ihre Potenziale im Bildungssystem. Impulspapier der Ständigen Wissenschaftlichen Kommission der Kultusministerkonferenz*. https://www.swk-bildung.org/content/uploads/2024/02/SWK-2024-Impulspapier_LargeLanguageModels.pdf