

KI in der Schulcloud

Thilo Nefzger und Juan Chahoud

Abgabe zum DINI Wettbewerb 2024



OpenAI. "Epic AI-themed picture." Generiert von ChatGPT, 23. Juni 2024.

Abstract

Wir sehen KI als eine Chance, eines der größten Probleme des deutschen Bildungssystems anzugehen: den Lehrermangel. Die Auswirkungen des Lehrermangels sind vielfältig: Abnahme der Bildungsqualität, große Klassen und eine hohe Belastung der Lehrkräfte, um nur die relevantesten zu nennen. Unsere Idee ist es, die Lehrkräfte bei ihren außerunterrichtlichen Hauptaufgaben, also zum Beispiel dem Korrigieren von Klausuren oder Vorbereiten des Unterrichts, zu entlasten, indem wir ihnen eine Auswahl benutzerfreundlicher KI-Tools an die Hand geben. Die Einbindung dieser KI-Tools in die Schulplattform macht sie für die Lehrkräfte niederschwellig erreichbar und leicht zugänglich. Durch die Zeiteinsparungen in der unterrichtsnahen Lehrarbeit erhoffen wir uns eine spürbare Entlastung für die Lehrkräfte, die dann dem Lehrermangel entgegenwirkt.

Der Lehrermangel

Der Lehrermangel in Deutschland ist aus mehreren Gründen ein signifikantes Problem: Der Mangel an qualifizierten Lehrkräften führt zu größeren Klassen und somit zu weniger individueller Förderung. Lehrer müssen oft mehr Klassen als vorgesehen übernehmen oder zusätzliche Aufgaben erledigen, was wiederum zu Überlastung und zu verringerter Unterrichtsqualität führt. Schulen werden gezwungen, Quereinsteiger einzustellen. Langfristig gesehen trägt der Lehrermangel wegen der Beeinträchtigung der Bildungsqualität sogar zu wirtschaftlicher und politischer Instabilität bei.

Es wird deutlich, dass der Lehrermangel ein ernstzunehmendes Hauptthema der deutschen Bildung ist. Im folgenden Diagramm wird dargestellt, auf welche Tätigkeiten sich die Arbeitszeit der Lehrkräfte verteilt.

Diagramm 1: Verteilung der Arbeitszeit von Lehrkräften 2015/2016



* Korrekturen, Unterrichtsvor- und -nachbereitung, Prüfungen
Quelle: Kooperationsstelle Hochschulen und Gewerkschaften der Georg-Augustus-Universität Göttingen:
Niedersächsische Arbeitszeitstudie (2015/2016)

Wie man sehen kann, verbringen die Lehrkräfte etwa ein Drittel ihrer Arbeitszeit mit unterrichtsnaher Lehrarbeit, also dem Korrigieren und Erstellen von Aufgaben sowie dem Vor- und Nachbereiten des Unterrichts. Könnte man den Lehrkräften bei diesen Aufgaben unter die Arme greifen, würde man ihnen viel Arbeitszeit ersparen. Deswegen ist es unsere Idee, KI genau an dieser Stelle einzusetzen, um die Aufgabenkorrektur und -erstellung sowie Unterrichtsvorbereitung für die Lehrkräfte zu vereinfachen.

Integration von KI in die Schulcloud

(Um einen besseren Überblick über die gesamte Thematik zu bekommen, und um zu wissen, wie der Themenkomplex KI in der Bildung von Lehrkräften und Experten gesehen wird, haben wir mit einigen Lehrkräften und KI-Experten gesprochen.)

Das Internet ist voll von KI-Lösungen für Bildungsanwendungen. Wenn man ein wenig recherchiert, dauert es nicht lange, bis man auf die KI-Tools von fobizz, essay-grader.ai oder to-teach stößt - um nur ein paar Beispiele zu nennen. Interessanterweise hat keine der Lehrkräfte, mit denen wir gesprochen haben, jemals die im Internet verfügbaren KI-Anwendungen für ihre Arbeit genutzt. Wir haben dafür drei Hauptgründe ausgemacht:

1. Es gibt keine klaren Vorgaben für die Nutzung von KI-Tools, sodass Lehrkräfte sich nicht sicher sind, ob sie diese z. B. aus datenschutzrechtlichen Gründen benutzen dürfen.

2. In vielen Fällen braucht man ein kostenpflichtiges Abonnement (bzw. muss der persönlichen Datenverarbeitung zustimmen), um die KI-Tools in ihrer Gänze nutzen können.
3. Für die effektive Anwendung von KI-Tools ist oft digitales Know-How von Nöten, das nicht bei jeder Lehrkraft vorhanden ist.

Vor diesem Hintergrund haben wir eine Antwort ausgearbeitet, die unserer Meinung nach diese Probleme löst. Wir möchten KI-Tools zur Korrektur und Erstellung von Aufgaben sowie zur Unterrichtsvorbereitung in die von den Schulen verwendeten Schulclouds integrieren. So wüssten die Lehrkräfte, dass sie diese KI-Tools wirklich benutzen dürfen und sie müssten weder mit ihrem Geld, noch mit ihren Daten für diese Nutzung bezahlen. Wie wir im nächsten Teil zeigen werden, wird durch die Integration der KI-Tools in die Schulcloud deren Nutzung so einfach und niederschwellig, dass dies nahezu alle Lehrkräfte bewerkstelligen können.

Wir werden nun genauer beleuchten, mit welchen KI-Tools man den Lehrkräften die Lehre etwas vereinfachen könnte und wie wir uns die technische Umsetzung vorstellen.

1. TOOL: Aufgabenkorrektur

Lehrkräfte verbringen viel Zeit damit, von Schülern bearbeitete Aufgaben zu korrigieren. Dies kann etwa im Rahmen einer Klausur, eines Tests oder einer sonstigen schriftlichen Leistungsabnahme der Fall sein. Wie groß der Zeitaufwand für Aufgabenkorrekturen seitens Lehrkräfte ist, verdeutlichen die Aussagen der Lehrkräfte, mit denen wir gesprochen haben. So muss zum Beispiel für die Korrektur einer Geschichtsklausur (aber auch die vieler anderer Fächer) in der Oberstufe mit einer Stunde Korrekturaufwand pro Schüler gerechnet werden. Bei einer Kursgröße von 15 bis 25 Schülern braucht die Lehrkraft damit teilweise mehr als eine halbe Arbeitswoche, um lediglich eine Klausur eines Kurses zu korrigieren. Hinzu kommt, dass diese Arbeit Routinearbeit und nicht wirklich spannend ist. Das deckt sich damit, dass alle Lehrkräfte, mit denen wir gesprochen haben, es sehr begrüßen würden, wenn sie bei der Korrektur von Aufgaben, insbesondere Klausuren, durch KI entlastet werden würden. Daraus schließen wir, dass hier Entlastungspotential und Entlastungswunsch groß sind.

Wir betrachten nun, wie eine Korrektur mithilfe von KI zunächst *ohne* und dann *mit* Integration der KI-Tools in die Schulcloud ablaufen würde.

Korrektur ohne in die Schulcloud integrierte KI

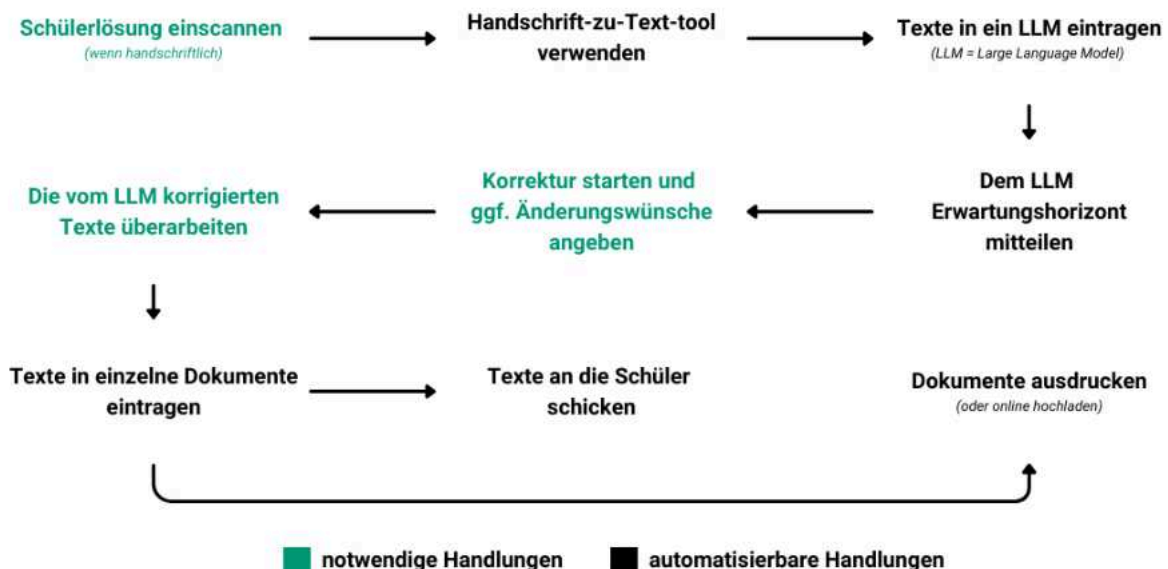
Die Lehrkraft muss die Schülerlösungen einscannen, einen Weg finden, diese in digitalen Text umzuwandeln, diesen wiederum einem LLM (Large Language Model) zur Korrektur übergeben und dem LLM den Erwartungshorizont mitteilen. Dann weist sie das LLM an, eine erste Korrektur der Schülerlösung anzufertigen. Danach teilt sie dem LLM Änderungswünsche mit bis das Ergebnis zufriedenstellend ist. Wenn sie schließlich mit der Korrektur zufrieden ist, muss sie die Textausgabe des LLM in ein anderes Dokument kopieren und dieses ausdrucken oder, je nach Handhabung an der jeweiligen Schule, dem Schüler online übermitteln. Und das für jeden Schüler. Eine technikaffine Lehrkraft wäre durchaus in der Lage, sich so von KI unterstützen zu lassen, auch wenn es durch die vielen Schritte umständlich wäre und es nicht klar ist, ob so etwas überhaupt erlaubt ist. Die wenigsten Lehrkräfte werden KI allerdings unter diesen Bedingungen zur Korrekturunterstützung einsetzen. Die Verwendung von KI muss niederschwellig und einfach sein, nur so kann sie in großem Maße an deutschen Schulen Verwendung finden.

Korrektur mit in die Schulcloud integrierter KI

Die Lehrkraft scannt die Schülerlösungen, wenn diese analog vorliegen, an der Schule mit einem Drucker oder mit dem persönlichen Smartphone ein. Die Handschrift-zu-Text-Erkennung¹ wird direkt von einem entsprechenden Tool bei der Übertragung der eingescannten Lösungen in die Schulcloud automatisch ausgeführt, sodass die Lehrkraft sich damit nicht aufhalten muss. Die eingescannten Lösungen werden nun von der Lehrkraft der passenden Klasse zugeordnet. So weiß das LLM schon um was für ein Fach und was für ein Leistungsniveau es sich handelt. Optimalerweise hat die Lehrkraft in der Schulcloud die im Unterricht behandelten Materialien abgelegt, so dass das LLM diese bei der Korrektur berücksichtigen kann. Nun ruft die Lehrkraft in der Schulcloud die Klasse auf, deren Lösungen korrigiert werden sollen, und geht jede Lösung einzeln durch. Dabei wird die Lösung zuerst vom LLM korrigiert und anschließend kann die Lehrkraft Änderungen anbringen. Die Kommunikation mit dem LLM erfolgt über ein Chat-Interface. Dadurch, dass jede Korrektur von der Lehrkraft erst für beendet erklärt wird, wenn sie mit dieser einverstanden ist, ist die Qualität der Korrektur gewährleistet. Wenn alle Schülerlösungen korrigiert wurden, kann die Lehrkraft die Korrekturen den Schülern entweder online auf die Schulcloud hochladen oder ausdrucken lassen.

Das meiste geschieht nun im Hintergrund, die Lehrkraft muss nur noch folgende Schritte unternehmen: Lösungen einscannen, Klasse auswählen, korrigieren lassen, Änderungen einbringen und schließlich ausdrucken/übermitteln lassen. Von der Lehrkraft wird nun nur noch erwartet, dass sie sicher im Umgang mit der Schulcloud ist, eine Anforderung, die auch heute schon gestellt und von den meisten Lehrkräften erfüllt wird.

Diagramm 2: KI Korrektur mit und ohne Integration von KI-Tools in die Schulcloud



In obigem Diagramm sind die Schritte in Schwarz und Grün dargestellt, die eine Lehrkraft unternehmen muss, wenn sie sich ohne in die Schulcloud integrierte KI bei der Aufgabenkorrektur

¹ Eine Hürde stellt momentan noch die Umwandlung von Handschrift in digitalen Text dar, jedoch ist es zu erwarten, dass aufgrund der rapiden Fortschritte im Bereich der KI dieses Problem bald gelöst wird.

unterstützen lassen möchte. Die grünen Schritte sind die, die sie bei Integration von KI in die Schulcloud noch unternehmen muss.

Neben der Zeitersparnis für die Lehrkräfte gibt es nach unserem Konzept noch andere Vorteile, die Korrektur zwischen Mensch und Maschine aufzuteilen. Während ein menschlicher Korrektor voreingenommen sein kann, bewertet die KI komplett objektiv. Ein gutes Beispiel für diesen Umstand ist der Kontrasteffekt, bei dem die Bewertung einer Schülerleistung dadurch beeinflusst wird, wie gut die unmittelbar vorher bewertete Schülerleistung war. Auch neigen Menschen dazu, den Inhalt eines Textes schlechter zu bewerten, wenn der Text in schlechter Sprache verfasst wurde. Eine KI kann Inhalt und Sprache eines Textes ohne gegenseitige Beeinflussung betrachten und somit präziser bewerten.

Abschließend sehen wir also, dass die Anwendung von KI bei der Aufgabenkorrektur zu einer starken Entlastung der Lehrkräfte und einer fairen Bewertung der Schülerleistungen führen kann.

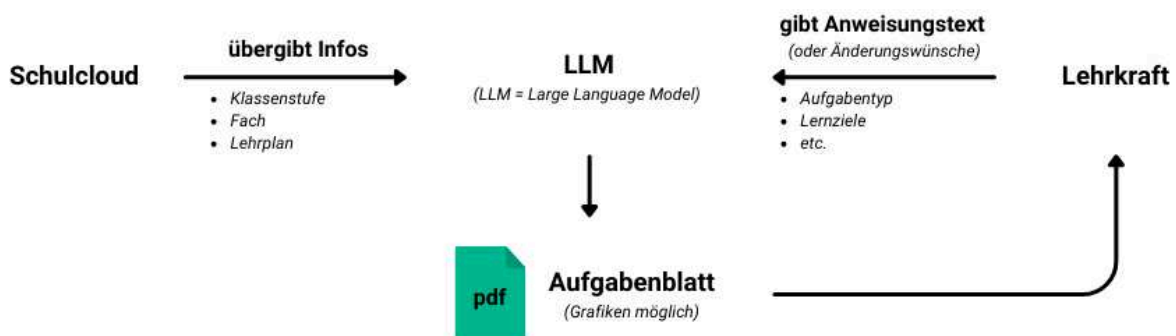
2. TOOL: Aufgabenerstellung

Lehrkräfte müssen Klausuren, Tests und Übungsaufgaben nicht nur korrigieren, sondern auch erstellen. Genauso wie das Korrigieren beansprucht allerdings auch das Erstellen von Aufgaben die wertvolle Arbeitszeit der Lehrkräfte. Deswegen wollen wir auch ein KI-Tool zur Erstellung von Aufgaben in der Schulcloud vorstellen.

Die Idee ist, dass die Lehrkraft über ein Chat-Interface einem LLM beschreibt, was für Aufgaben sie benötigt - also ob sie z. B. eine Übungsaufgabe oder eine Klausuraufgabe erstellen möchte. Das LLM weiß dabei bereits um welche Klassenstufe, welches Fach und welchen Lehrplan es sich handelt, da in der Schulcloud alle entsprechenden Informationen zusammengeführt sind. Die KI macht der Lehrkraft einen Vorschlag für eine Aufgabe, ein Übungsblatt oder eine ganze Klausur. Die Lehrkraft kann nun Anmerkungen und Veränderungen einbringen, bis sie mit dem Ergebnis zufrieden ist. Wenn das der Fall ist, kann sie das fertige Dokument direkt aus dem Chat an einem geeigneten Ort speichern oder direkt drucken lassen.

Das folgende Diagramm verdeutlicht den gerade beschriebenen Prozess zur Erstellung von Aufgaben mit dem KI-Tool der Schulcloud.

Diagramm 3: KI-Aufgabenerstellung mit KI in der Schulcloud



3. TOOL: Unterrichtsplanung

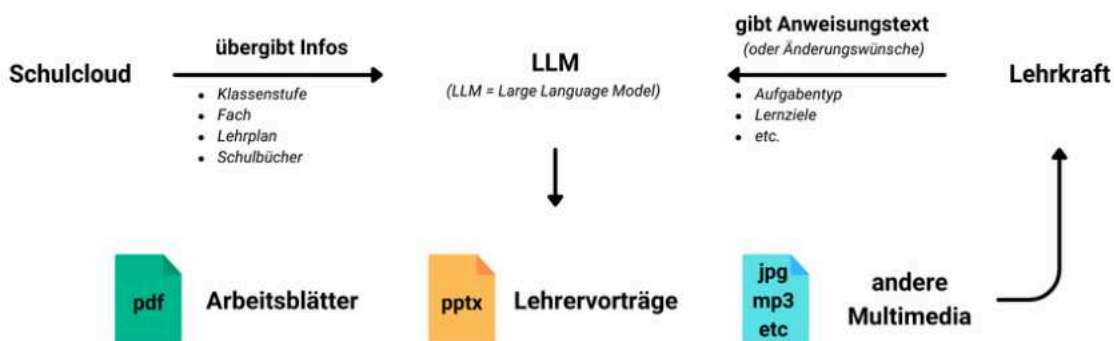
Die Unterrichtsplanung ist ein alltäglicher Bestandteil der Arbeit jeder Lehrkraft und ist mit einem hohen Zeitaufwand verbunden. Deswegen sehen wir auch hier das Potential, die Lehrkräfte mit KI zu entlasten.

Vom grundlegenden Aufbau her gleicht das Tool den anderen beiden. Es besteht aus einem Chat-Interface, über welches die Lehrkraft mit einem generativen LLM kommunizieren kann und ist auch in die Schulcloud integriert. Die in dem Tool enthaltene KI soll unter Berücksichtigung des Lehrplanes Anstöße zur *längerfristigen* Strukturierung des Unterrichts geben sowie für die Durchführung *einzelner* Unterrichtseinheiten konkrete Materialien generieren. Wenn vorhanden, kann auch der Inhalt und die Struktur des Schulbuches berücksichtigt werden. Dadurch kann der Lehrkraft die besonders zeitaufwändige Erstellung von Multimedia-Materialien wie zum Beispiel Arbeits-, Infoblättern oder Präsentationen erleichtert werden.

Es ist jedoch zu beachten, dass die Unterrichtsvorbereitung nicht nur dazu dient Inhalte zu generieren, sondern auch dazu dass sich die Lehrkraft selbst auf den Unterricht vorbereitet, was sehr wichtig ist, wenn man bedenkt, dass die Lehrkraft der wichtigste Faktor für ein gutes Gelingen des Unterrichts ist.

Im nachfolgenden Diagramm haben wir dargestellt, wie die Verwendung des Tools abläuft.

Diagramm 4: KI-Unterrichtsplanung mit KI in der Schulcloud



Zusammenfassend sehen wir also, dass es in der außerunterrichtlichen Arbeit der Lehrkräfte ein großes Potential zur Entlastung durch KI gibt. Die verschiedenen, oben erörterten, KI-Anwendungen können alle einen Beitrag dazu leisten, die Lehrkräfte zu entlasten und damit den Lehrermangel und viele aus ihm folgenden Probleme zu bekämpfen.

Damit eine KI-Anwendung den erhofften Nutzen bringt, glauben wir, dass sie vor allem zwei Dinge leisten muss: Sie muss von den Lehrkräften gut angenommen werden und ihnen wirklich in ihrer alltäglichen Arbeit zugute kommen. Wir sind zuversichtlich, dass die von uns vorgeschlagenen Anwendungen dies leisten können, da unser gesamtes Konzept in Absprache mit Lehrkräften entstanden ist und wir es an ihre Anmerkungen und Wünsche angepasst haben. Dadurch, dass alle drei Tools eine sehr ähnliche Benutzeroberfläche und eine aus Nutzersicht ähnliche Funktionsweise

haben, ist es so, dass sich die Lehrkräfte mehr auf ein neues System als auf mehrere verschiedene einstellen müssen. Dies trägt zusätzlich zur Niederschwelligkeit der Anwendungen bei.

Wir haben uns in diesem Text auf lediglich drei exemplarische KI-Tools beschränkt, da diese fast alle Bereiche der unterrichtsnahen Lehrarbeit abdecken. Gerade weil die drei präsentierten Tools vor allem für die weiterführenden Schulen konzipiert sind, möchten wir darauf hinweisen, dass es noch viele andere Möglichkeiten gibt, KI in der Schulcloud einzubetten (z.B. intelligent tutoring systems (eine Art Nachhilfe Chat-bot)). In abgewandelter Form lassen sich diese Tools aber auch auf allen anderen Ebenen der Bildung wie beispielsweise der Hochschulbildung, der Erwachsenenbildung und Berufsausbildung anwenden. An den Hochschulen können die abgewandelten Formen dieser Tools zum Beispiel zur Erstellung von Übungsaufgaben, Skripten oder Klausuren, sowie zur Bewertung von Übungsaufgaben und Klausuren verwendet werden.

Damit die Tools gut angenommen und verwendet werden, ist es wichtig, Schulungen und Fortbildungen für den Umgang mit ihnen anzubieten. So wird verhindert, dass einige Lehrkräfte den Anschluss verlieren und sich durch den Einsatz einer neuen Technologie abgehängt fühlen. Auch Mechanismen, mit denen Lehrkräfte Feedback geben und Anregungen einbringen können, sind nach Implementierung der Tools wichtig zu etablieren. Das ermöglicht es, die KI-Tools und das Konzept für deren Einsatz anhand der tatsächlichen Gegebenheiten fortlaufend zu optimieren. Es stellt sich allerdings die Frage: Wie messen wir den Erfolg unseres Konzepts? Wir analysieren die nächste Arbeitszeitstudie zur Arbeit von Lehrkräften: Reduziert sich die Arbeitszeit der unterrichtsnahen Lehrarbeit, ist das Konzept vermutlich ein Erfolg und vice versa. Außerdem möchten wir die durch die Feedback-Mechanismen erhaltenen Rückmeldungen der Lehrkräfte berücksichtigen.

Datenschutz

Bei dem von uns angedachten KI-System würden persönliche Daten verarbeitet werden. Daher stellt sich die Frage nach der Datenschutzkonformität. In Artikel 6 der Datenschutzgrundverordnung (DSGVO) heißt es, dass eine Verarbeitung von personenbezogenen Daten unter anderem dann rechtmäßig ist, wenn Folgendes gilt: „Die Verarbeitung ist für die Wahrnehmung einer Aufgabe erforderlich, die im öffentlichen Interesse liegt oder in Ausübung öffentlicher Gewalt erfolgt, die dem Verantwortlichen übertragen wurde“. Die Verarbeitung ist für das Funktionieren der oben beschriebenen KI-Anwendungen unerlässlich. Diese können wiederum einen Beitrag dazu leisten, die Qualität der deutschen Schulen zu erhöhen und bestehende Probleme anzugehen. Da dies im öffentlichen Interesse liegt, folgt, dass die KI-Anwendungen grundsätzlich rechtlich zulässig sind. Bei der konkreten Ausgestaltung und tatsächlichen Implementierung wird es jedoch noch viel zu beachten geben.

Anmerkungen

Wir sehen KI als Chance, unseren Schülern und Schülerinnen eine bessere Bildung zu ermöglichen. Wir finden, dass KI als Unterstützung und nicht als Ersatz für eine Lehrkraft zum Einsatz kommen sollte, da wir glauben, dass dem Unterricht eine nicht zu unterschätzende pädagogische und soziale Komponente innewohnt, die eine KI nicht erfüllen kann. Bewusst haben wir manche bekannten KI-Anwendungsmöglichkeiten nicht in unserem Konzept berücksichtigt.

Eine prominente Anwendungsmöglichkeit für KI in der Bildung ist es, einen Großteil des Unterrichtsgeschehens auf Tablets zu verlagern, um damit eine konstante Begleitung (Bewertung, Feedback, Erklärungen) durch ein Echtzeit-KI-Kontrollsystem (EKIKS) für jeden Schüler zur Verfügung zu stellen. Dies sehen wir jedoch auf mehreren Ebenen als problematisch an. Junge Menschen, also Schüler, verbringen heute schon viel Zeit vor digitalen Geräten (JIM Studie), was mit einer Beeinträchtigung der psychischen Gesundheit im Zusammenhang steht (Nutley & Thorell (2022)). Eine Implementierung eines EKIKSs würde zwangsläufig dazu führen, dass Schüler noch einmal deutlich mehr Zeit vor digitalen Geräten verbringen und dass es für sie kaum noch einen Lebensbereich geben würde, der nicht von digitalen Geräten dominiert wird. Dies könnte die oben genannten Problematiken verschärfen. Außerdem würden sich die Schüler, per Definition eines EKIKS, unter konstanter Überwachung/Bewertung eines KI-Systems befinden. Es ist zu erwarten, dass dies den Druck auf die Schüler, gerade auf leistungsschwache, erheblich steigern und zu mehr Stress bei diesen führen würde. Es würde, durch die von der KI verarbeiteten Datenmengen, eine intransparente Dynamik bezüglich der Bewertungen und Entscheidungen der KI entstehen, die sich der Kontrolle seitens der Lehrkraft entziehen würde. Aus diesen Gründen bewerten wir die Nutzung von EKIKSs kritisch.

Eine Möglichkeit, die beiden größten Vorteile eines EKIKS (sofortiges individuelles Feedback und keine Hemmung beim Stellen von Fragen seitens der Schüler) weitestgehend ohne Nachteile zu nutzen, bestünde darin, auf Basis der oben eingeführten KI-Tools ein Intelligent-Tutoring-System (ITS) zu entwickeln. Dieses ITS könnte dann von Schülern in Eigenregie angewendet werden, um sich auf Klausuren vorzubereiten, Rückstände aufzuarbeiten oder sich außerhalb des Lehrplans zu bilden. Auch im Rahmen eines klassischen Nachhilfeunterrichts könnte dieses ITS zur Anwendung kommen. Die Nachteile eines EKIKS sind größtenteils dadurch kompensiert, dass die Nutzung außerhalb der Unterrichtszeiten stattfindet, oder im Rahmen eines nicht in die schulischen Leistungen einfließenden Nachhilfeunterrichts stattfindet. So würden die negativen Folgen einer zu großen Exponiertheit gegenüber digitalen Medien und der Stress- und Bewertungsintransparenz-Faktor minimiert.

Schlusswort

Die von uns vorgeschlagenen Anwendungen haben das Potential, die Lehrkräfte zu entlasten. Doch was bringt das im Kampf gegen den Lehrermangel?

Der Lehrerberuf ist ein Beruf mit hoher Burnout-Quote. Das schreckt junge Menschen davon ab, diesen Beruf zu ergreifen. Eine Entlastung der Lehrkräfte durch unser Konzept wirkt dieser Problematik entgegen. Wenn die Unterstützung der Lehrkräfte durch KI flächendeckend zu einer Senkung ihrer Arbeitszeit führt, eröffnet sich die Möglichkeit, die Klassengrößen zu verringern. Dies würde den Lehrkräften mehr Zeit für das Unterrichten und Lehren geben - die Hauptgründe für das Ergreifen des Berufes.

All dies muss jedoch im Rahmen der Kapazitäten der Lehrkräfte und in Absprache mit ihnen umgesetzt werden, so dass die Anwendung von KI in der Bildung zu keiner Mehrbelastung führt, sondern tatsächlich unterstützt und entlastet.

Um eine möglichst reibungslose Implementierung des Konzeptes zu gewährleisten, muss jeder Umsetzungsschritt in enger Zusammenarbeit und Abstimmung zwischen Kultusministerien, Lehrkräften, Schulleitungen und sonstigen Beteiligten geschehen.

Wir sind überzeugt davon, dass unser Konzept eine innovative Antwort auf die Frage, wie die neue KI-Technologie im Bildungswesen sinnvoll eingesetzt werden kann, liefert.

Über uns



Thilo Nefzger, 18
Physik B. Sc. 2. Semester
(mag Rennradfahren)



Juan Chahoud, 18
Physik und Mathematik Lehramt
2. Semester
(spielt gerne Klavier)

Quellen

Medienpädagogischer Forschungsverbund Südwest, JIM Studie, Seite 25 JIM-Studie 2022

Nutley, S. & Thorell, L.B. (2022). Digitala medier och psykisk ohälsa hos barn och ungdomar. Rapport publicerad av Statens Medieråd

Prof. Dr. Kai Maaz, Prof. Dr. Cordula Artelt, Pia Brugger, PD Dr. Holger Leerhoff, Prof. Dr. Sandra Buchholz, Prof. Dr. Susanne Kuger, Prof. Dr. Josef Schrader, Prof. Dr. Susan Seeber, Nationaler Bildungsbericht 2024

Nationales MINT Forum, Klaus Klemm, Lehrkräftemangel in den MINT-Fächern: Kein Ende in Sicht, 2020

Tagesschau, "Wir haben zu viel digital gemacht", 17.12.2023

Kooperationsstelle Hochschulen und Gewerkschaften der Georg-Augustus-Universität Göttingen: Niedersächsische Arbeitszeitstudie (2015/2016)