

Rückwärtsplanung mit generativer KI: Fallstudien von US-K12-Lehrern

Samantha Keppler

Stephen M. Ross School of Business, Universität von Michigan

Wichinpong Park Sinchaisri

Hass School of Business, Universität von Kalifornien Berkeley

Klara Snyder

Stephen M. Ross School of Business, Universität von Michigan

Zusammenfassung. Die Rückwärtsplanung ist ein effektiver und effizienter operativer Prozess, wenn man auf ein Ziel hinarbeitet: Man geht vom gewünschten Ergebnis aus und überlegt sich die Schritte, die nötig sind, um es in der vorgegebenen Zeit zu erreichen. Auch wenn viele Organisationen und Arbeitnehmer diese Methode anwenden, ist die Rückwärtsplanung unter den Lehrern der K12 in den USA eine gängige Praxis. Das Aufkommen der generativen KI hat viele Gespräche über ihre Auswirkungen auf die Arbeit von Lehrern angeregt, aber es ist immer noch unklar, ob und wie generative KI in den rückwärtsgerichteten Planungsansatz passt, den die meisten Lehrer anwenden. Angesichts der Tatsache, dass die Rückwärtsplanung ein Standard-Workflow-Prozess in der K12-Bildung ist, fragen wir: Wie nutzen LehrerInnen generative KI zur Unterstützung ihrer Unterrichtsarbeit? Unsere Methodik ist eine Fallstudie mit 24 Lehrern öffentlicher Schulen in den USA, die im Schuljahr 2023-2024 je nach Fachbereich und Klassenstufe ausgewählt wurden. Wir führen Interviews, Beobachtungen und Umfragen zu verschiedenen Zeitpunkten durch, um die Entwicklung der Nutzung generativer KI zu verstehen. Im Herbst 2023 waren alle LehrerInnen AnfängerInnen oder hatten noch nie generative KI ausprobiert. Im Frühjahr 2024 teilen sich die Lehrkräfte in drei verschiedene Gruppen auf: (1) diejenigen, die generativen KI-Input (d. h. Gedanken oder Ideen zu Lernplänen) und Output (d. h. Quiz, Arbeitsblätter) suchen, (2) diejenigen, die nur generativen KI-Output suchen, und (3) diejenigen, die keine generative KI nutzen. Die Lehrkräfte der ersten Gruppe - nicht aber die der zweiten Gruppe - berichten von Produktivitätssteigerungen in Bezug auf Arbeitsbelastung und Arbeitsqualität. Unsere Ergebnisse haben Auswirkungen auf das Verständnis, wie generative KI in rückwärtsgerichtete, zielorientierte Arbeitsabläufe integriert werden kann.

Schlüsselwörter : Generative KI; Produktivität; Arbeitsablauf; Bildungsbetrieb; Algorithmus-Aversion

1. Einführung

Das Wissen darüber, wie sich generative KI auf die Arbeit der Menschen auswirkt, ist recht begrenzt. Die meisten bisherigen Studien haben untersucht, wie sich generative KI auf die Leistung der Menschen (Arbeitsqualität und -geschwindigkeit) bei einer bestimmten Aufgabe auswirkt, z. B. beim Erstellen von Pressemitteilungen (Noy und Zhang 2023), beim Lösen eines Kundenproblems (Brynjolfsson et al. 2023) oder beim Ableiten von Geschäftsempfehlungen (Dell'Acqua et al. 2023). Die Realität ist jedoch, dass Arbeitsaufgaben nicht isoliert existieren. Sie sind Teil des *Arbeitsablaufs* einer Person.

Die Arbeitsabläufe unterscheiden sich stark von einem Arbeitsplatz zum anderen. In einigen

Fällen, wie bei Ärzten und Krankenschwestern in Entbindungsstationen, entwickeln sich Arbeitsabläufe endogen, wenn Informationen gesammelt und die als nächstes zu erledigenden Aufgaben festgelegt werden ([Freeman et al. 2017](#)). In anderen Fällen kennen die Arbeitnehmer die zu erledigenden Aufgaben von Anfang an genau, aber der Arbeitsablauf kann je nach der Reihenfolge, in der die Aufgaben erledigt werden, variieren ([Ibanez et al.](#)

2018). Kundenorientierte Arbeitsabläufe können exogen durch das Eintreffen von Kunden bestimmt werden (Aksin et al. 2007). Ein anderer Fall ist, dass Arbeitnehmer ihre eigenen Arbeitsabläufe planen, indem sie von einem bestimmten Ziel aus rückwärts arbeiten (Wiggings und McTighe 2005).

Die Rolle und die Auswirkungen der generativen KI auf die Arbeit können in verschiedenen Arbeitsabläufen sehr unterschiedlich sein. Bei Arbeitsabläufen, bei denen es nur um die Ausführung von Aufgaben geht, scheint es intuitiv zu sein, generative KI zu nutzen, um die Ausführung von Aufgaben zu beschleunigen, ohne die Qualität zu beeinträchtigen. Bei Arbeitsabläufen, bei denen es nicht nur um die Ausführung, sondern auch um die Entscheidung über die zu erledigenden Aufgaben geht, ist die Rolle der generativen KI jedoch noch nicht klar. Wir wissen nicht, ob und wie generative KI bei der Aufgabenplanung helfen kann. Darüber hinaus gibt es kaum Erkenntnisse darüber, was es für die Produktivität bedeutet, wenn generative KI bei der Erledigung schlecht geplanter Aufgaben eingesetzt wird. Da Wissenschaftler und Praktiker gleichermaßen versuchen zu verstehen, wie sich generative KI auf die menschliche Arbeit auswirken wird, ist es von entscheidender Bedeutung zu verstehen, wie Menschen generative KI *im Kontext ihrer realen Arbeitsabläufe* nutzen (Jaffe et al. 2024).

In diesem Beitrag untersuchen wir den Einsatz generativer KI in den rückwärts geplanten Arbeitsabläufen von US-K12-Lehrern. Rückwärtsplanung ist der Prozess der Entwicklung von Unterrichtsplänen, die gut auf die Lernziele und -vorgaben abgestimmt sind, um ziellose Aktivitäten und die "Abdeckung" von Themen zu vermeiden (Wiggings und McTighe 2005). Mit anderen Worten, die rückwärts gerichtete Planung beginnt mit Zielen wie "Ich möchte, dass meine SchülerInnen verstehen..." und geht dann dazu über, die Lernaktivitäten, die zum Erreichen dieses Ziels erforderlich sind, und die Bewertungen, die das Erreichen dieses Ziels belegen (oder auch nicht), auszuarbeiten. Das ist etwas anderes als z. B. das Brainstorming von Aktivitäten und Plänen, ohne sie zu formalisieren und auf ihre Übereinstimmung mit den Lernzielen zu überprüfen. Die Rückwärtsplanung ist das Standardverfahren in der K12-Bildung in den USA, wo die Lernziele durch staatliche Lernstandards definiert sind, wie z. B. die Common Core State Standards (Common Core State Standards 2010). Angesichts der Tatsache, dass die Rückwärtsplanung ein Standard-Workflow-Prozess in der K12-Bildung ist, fragen wir: *Wie nutzen LehrerInnen generative KI zur Unterstützung ihrer Lehrtätigkeit?*

Um dieser Frage nachzugehen, haben wir 24 Lehrkräfte an öffentlichen Schulen im oberen Mittleren Westen der Vereinigten Staaten während des Schuljahres 2023-2024 genau beobachtet. Bei der Auswahl dieser Lehrkräfte haben wir darauf geachtet, dass sie sich nach Fachbereich und Klassenstufe unterscheiden. Auch ihre Berufserfahrung variiert zwischen 2 und 27 Jahren. Wir befragen diese 24 Lehrer, machen sie mit einem generativen KI-Tool (ChatGPT Plus) vertraut und beobachten direkt, wie sie es im Herbst 2023 einsetzen. Anschließend befragen wir dieselben Lehrkräfte im Winter

und Frühjahr 2024, um zu erfahren, wie sich ihre Nutzung generativer KI entwickelt. Wir beenden die Datenerhebung mit Nachbefragungen einer Untergruppe der ursprünglichen Lehrkräfte im Juni 2024. Das Ergebnis ist ein umfangreicher Längsschnittdatensatz über die realen Erfahrungen von Lehrern mit generativer KI zu Beginn dieser transformativen Ära. Jede Lehrkraft repräsentiert einen Fall des Einsatzes und der Erfahrungen von generativer KI durch Lehrkräfte. Wir analysieren die Daten qualitativ durch menschliche Kodierung der von Lehrern verfassten generativen KI-Aufforderungen und vergleichende

Analysen über den Einsatz von generativer KI auf Aufgaben- und Workflow-Ebene, um umfassende Erkenntnisse über den Einsatz bzw. Nicht-Einsatz generativer KI bei dieser Untergruppe von Lehrern zu gewinnen.

Wir stellen fest, dass die Nutzung von und die Gedanken über generative KI zu Beginn des Schuljahres 2023-2024 bei allen Lehrkräften recht ähnlich waren, dass sie aber im Laufe des Schuljahres erheblich voneinander abwichen. Im Herbst 2023 waren alle Lehrer entweder sehr unerfahrene Nutzer oder hatten noch nie ein generatives KI-Tool ausprobiert. Sie hatten von generativer KI und insbesondere von ChatGPT gehört, hatten aber noch nicht viel versucht, es für ihre Unterrichtsarbeit zu nutzen. Im Rahmen unserer Studie erhielten sie alle den gleichen Zugang zu ChatGPT: eine standardisierte Übungssitzung mit 12 vorgeschriebenen Prompts und dann eine unstrukturierte Übung, bei der sie sich eigene Prompts ausdenken und ChatGPT unter unserer Beobachtung für eine Unterrichtsaufgabe ihrer Wahl verwenden konnten. Im Frühjahr 2024 teilen sich die Lehrkräfte in drei verschiedene Gruppen auf: (1) diejenigen, die generativen KI-Input (d.h. Gedanken oder Ideen zu Lernplänen) *und* -Output (d.h. Quiz, Arbeitsblätter) anstreben, (2) diejenigen, die nur generativen KI-Output, nicht aber Input für ihre Lehrpläne anstreben, und (3) diejenigen, die keine generative KI verwenden. Wir stellen fest, dass die Lehrkräfte der ersten Gruppe - nicht aber die der zweiten Gruppe - Produktivitätsgewinne in Bezug auf die Arbeitsbelastung und die Arbeitsqualität melden. Die Divergenz zwischen den Lehrkräften scheint auf unterschiedliche Reaktionen (Anziehung oder Abneigung) auf die beiden Fähigkeiten generativer KI zurückzuführen zu sein: die Fähigkeit, Inhalte *zu generieren* (Output zu erzeugen) und die Fähigkeit, etwas von ihrer *Intelligenz* zu lernen (Input zu liefern).

Unsere Ergebnisse liefern reichhaltige qualitative Belege für die Nutzung generativer KI auf *Aufgaben- und* Arbeitsplatzebene für die entstehende Wissenschaft darüber, wie generative KI die menschliche Arbeit beeinflussen kann (Brynjolfsson et al. 2023, Noy und Zhang 2023, Dell'Acqua et al. 2023, Jaffe et al. 2024). Unsere Ergebnisse haben auch Auswirkungen auf die Praxis. Für Schul- und Bildungsleiter deuten unsere Ergebnisse darauf hin, dass die Fähigkeit der generativen KI, Lehrern *Outputs* zur Verfügung zu stellen, im Rahmen der Rückwärtsplanung nur begrenzte Produktivitätsvorteile bietet. Die Generierung von Materialien mit Unterstützung generativer KI könnte sogar der anerkannten Logik der rückwärtsgerichteten Planung zuwiderlaufen, da sie es einfacher macht, Aktivitäten zu erstellen, ohne deren Ausrichtung an den Endzielen zu überprüfen. Das Produktivitätspotenzial der generativen KI für Lehrkräfte könnte stattdessen in der Nutzung des Tools für *Input* zu Unterrichtsplänen liegen. Wenn Lehrkräfte die generative KI um Input bitten, suchen sie nach zusätzlicher Gewissheit und Vertrauen, dass sie die richtigen und besten Aktivitäten durchführen, um die gewünschten Lernziele zu erreichen, indem sie zum Beispiel fragen: "Welche Manipulatoren außer einer Zahlenreihe kann ich verwenden, um meinen Schülern zu helfen, zu verstehen, wie man positive und negative Zahlen addiert?" (T1).

Für Führungskräfte und Manager im weiteren Sinne zeigen unsere Ergebnisse, dass das

produktive Potenzial der generativen KI tatsächlich vom Arbeitsablauf abhängt. Eine schnelle und qualitativ hochwertige Produktion ist ein Produktivitätsvorteil, wenn die zu erledigenden Aufgaben genau festgelegt sind, wie [Brynjolfsson et al. \(2019\)](#) und [Noy und Zhang \(2023\)](#) zeigen. Wenn Aufgaben jedoch Schritte auf dem Weg zu einem größeren Ziel sind und diese Schritte von Mitarbeiter zu Mitarbeiter, von Situation zu Situation oder im Laufe der Zeit variieren können, ist der Wert

der Fähigkeiten der generativen KI zur Erstellung von Inhalten ist weniger sicher. Die Fähigkeit der generativen KI, *Input zu liefern*, ist jedoch eindeutiger. Planung ist harte Arbeit, die Fachwissen und Erfahrung erfordert (vor allem, wenn der Erfolg dieser Pläne von den Verhaltensweisen, Anstrengungen und Entscheidungen der Kinder abhängt). Bei der Planung von Arbeitsabläufen kann auch viel auf dem Spiel stehen, und der *Input* von generativer KI kann den Menschen helfen, alternative Arbeitsabläufe in Betracht zu ziehen, die sie normalerweise nicht gemacht hätten, und ihnen somit helfen, Vertrauen in ihre Pläne zu gewinnen.

Eine letzte Schlussfolgerung aus unserer Untersuchung ist, dass die Abneigung gegen generative KI ein großes Hindernis für ihre Einführung und damit für Produktivitätssteigerungen ist. Unabhängig davon, welche Haltung Unternehmen und Regierungen letztendlich einnehmen werden, ob und wie generative KI begrenzt werden sollte (Hacker et al. 2023), zeigen unsere Ergebnisse, dass eine Abneigung gegen die grundlegenden Fähigkeiten generativer KI besteht, insbesondere gegen ihre Fähigkeit, Outputs zu erzeugen. Darüber hinaus erklären einige Lehrkräfte in unserer Studie, dass die Vorteile der generativen KI bei der Bereitstellung von Eingaben technologisch nicht von ihrer problematischeren Fähigkeit zur Erzeugung von Ergebnissen abgekoppelt werden können. Man könnte behaupten, dass diese Sichtweise überholt ist. Die Menschen könnten ihre Ansichten ändern, wenn es einen breiteren kulturellen Wandel hin zur Akzeptanz von generativer KI gibt; die Technologie ist noch sehr neu. Ein anderer Weg nach vorn besteht jedoch darin, darüber nachzudenken, wie man diese neue Technologie so gestalten und umwandeln kann, dass wir zumindest in einigen Fällen - z. B. wenn es Ziele für das Lernen gibt - ein wünschenswerteres Gleichgewicht zwischen dem Input und dem Output der generativen KI erreichen können.

2. Literaturübersicht

Diese Untersuchung trägt zu drei Forschungsbereichen bei.

2.1. Rückwärtige Planung

Unsere Studie leistet einen umfassenden Beitrag zur Betriebsführungsforschung über die Planung und Gestaltung von Arbeitsabläufen für kreative Aufgaben (Krishnan und Ulrich 2001). Die Rückwärtsplanung ist ein effektiver Ansatz für die Gestaltung von Arbeitsabläufen; sie ist der Goldstandard im Bildungsbereich, weil sie die Ergebnisse der Schüler in den Mittelpunkt stellt (Wiggings und McTighe 2005). Die Planung, die mit der Gestaltung von Arbeitsabläufen einhergeht, ist nicht trivial. Menschen haben oft Schwierigkeiten, die einzelnen Phasen kreativer Aufgaben angemessen zu planen und Zeit dafür einzuplanen (Kagan et al. 2018, Ibanez et al. 2018). Ein Rückwärtsplanungsansatz kann hier Abhilfe schaffen, indem er Menschen dabei hilft, situative Faktoren zu antizipieren, die zu Verzögerungen führen könnten (Wiese et al. 2016). Die Rückwärtsplanung ist vergleichbar mit den Top-Down-Beschränkungen, die Unternehmen wie Lyft

und Canvas für Software-Updates implementieren ([Allon et al. 2022](#)). Im Rahmen dieser bestehenden Literatur untersuchen wir die Rolle der generativen KI in diesem Planungsprozess. Generative KI verspricht, die Art und Weise, wie Menschen arbeiten, zu verändern, aber es ist noch nicht bekannt, was dies für die Planung von Arbeitsabläufen bei Lehrern und allgemein bei Arbeitnehmern bedeutet.

2.2. Produktivitätssteigernde Technologien

Mit unserer Studie bauen wir auch auf der Forschung über produktivitätssteigernde Technologien im Allgemeinen auf. Es ist naheliegend anzunehmen, dass das Aufkommen neuer Technologien, die geschaffen wurden, um die Produktivität der Arbeitnehmer zu steigern, dies auch tun würde. Im Gegensatz zu dieser Erwartung hat sich das Produktivitätswachstum im letzten Jahrzehnt jedoch verlangsamt (Brynjolfsson et al. 2019, Greenberg et al. 2024). Mit anderen Worten: Die Beziehung zwischen neuen Technologien und Produktivität ist kompliziert. Beispielsweise können neue Technologien die Produktivität der Menschen langfristig erhöhen, aber kurzfristig zu Lasten einer geringeren Produktivität gehen, wenn die Arbeitnehmer lernen, sie in ihren Arbeitsablauf zu integrieren (Bhargava und Mishra 2014, Ramdas et al. 2018). Es ist auch unwahrscheinlich, dass sich neue Technologien auf alle Arbeitnehmer gleichermaßen auswirken. Die Informationstechnologie (IT) scheint in einigen Fällen ein Gleichmacher zu sein, da sie die Produktivität der marginalisierten Arbeitnehmer am stärksten steigert (Ding et al. 2010).

Neue Technologien könnten sich auch auf andere Ergebnisse als die Produktivität auswirken. So ist es beispielsweise möglich, dass KI es Arbeitnehmern ermöglicht, sich auf die Teile der Arbeit zu konzentrieren, die ihnen am meisten Spaß machen (Paschkewitz und Patt 2020). Dies ist besonders im Bildungskontext wichtig, wo Lehrkräfte flexibel in ihren Arbeitsabläufen sind (Wiggings und McTighe 2005). In dieser Literatur konzentrieren wir uns insbesondere auf generative KI als potenziell produktivitätssteigernde Technologie, die sich von früheren Technologien dadurch unterscheidet, wie flexibel sie für die Nutzer ist. Ihre Flexibilität könnte bedeuten, dass generative KI den Lehrkräften noch mehr Produktivitätsvorteile bietet, aber sie könnte auch noch höhere Hürden für die Integration schaffen als andere, stärker standardisierte Technologien.

2.3. KI im Bildungswesen

Obwohl ChatGPT und andere Technologien relativ neu sind, gibt es eine wachsende Zahl von Studien über die Entwicklung und Implementierung anderer Formen von KI für Lehrkräfte (Ng et al. 2023). Obwohl die KI-Technologie vielversprechend ist, wird sie von Lehrern nur langsam angenommen. Sie haben oft Schwierigkeiten, relevante KI zu finden und sich daran zu erinnern, sie zu nutzen, wenn sie sie gefunden haben (Leake und Lewis 2016, Zagalsky et al. 2015). Es bleibt abzuwarten, wie genau Pädagogen neuere generative KI-Tools nutzen werden. Es gibt zwar neue Forschungen in diesem Bereich (Lo 2023), aber ein Großteil dieser Arbeiten konzentriert sich auf Lehrstrategien für Schüler. Für Studierende kann generative KI dem Lernen schaden, wenn sie nicht sorgfältig eingesetzt wird (Bastani et al. 2024, Abbas et al. 2024). Unsere Arbeit trägt in diesem Bereich die Perspektive der Lehrernutzer bei, insbesondere für ihre Rückwärtsplanungsarbeit.

3. Methodik

3.1. Muster

Im Herbst 2023 rekrutierten wir 24 Lehrkräfte an öffentlichen Schulen im Mittleren Westen der USA. Wie in Tabelle 1 dargestellt, umfasst die Stichprobe Lehrkräfte aus verschiedenen Klassenstufen (Grundschule, Mittelstufe, Oberstufe) und Fachbereichen (Mathematik, Naturwissenschaften, ELA, Sozialkunde, Fremdsprachen, Grundschulbildung). Außerdem gibt es

Tabelle 1 Lehrer Teilnehmer

ID	Staat	Klassenstufe	Fachgebiet	Lehrerfahrung (Jahre)	T ₁	T ₂	T ₃	T ₄
T1*	Ohio	Mittelschule	Allgemein	12	Ja	Nein	Nein	Nein
T2	Michigan	Oberschule	ELA	22	Ja	Ja	Ja	Ja
T3*	Pennsylvania	Oberschule	Mathematik	7	Ja	Ja	Ja	Nein
T4	Michigan	Oberschule	ELA	21	Ja	Ja	Ja	Ja
T5*	Pennsylvania	Oberschule	Fremdsprache	12	Ja	Ja	Ja	Nein
T6*	Pennsylvania	Volksschule	Allgemein	25	Ja	Ja	Ja	Nein
T7	Michigan	Volksschule	Allgemein	6	Ja	Ja	Nein	Nein
T8	Michigan	Volksschule	Allgemein	12	Ja	Ja	Ja	Nein
T9	Michigan	Volksschule	Allgemein	3	Ja	Nein	Ja	Nein
T10	Michigan	Oberschule	Wissenschaft	25	Ja	Ja	Ja	Nein
T11*	Pennsylvania	Mittelschule	ELA	17	Ja	Ja	Ja	Ja
T12	Michigan	Oberschule	Mathematik	22	Ja	Ja	Ja	Nein
T13	Michigan	Mittelschule	Wissenschaft	2	Ja	Nein	Nein	Nein
T14	Michigan	Oberschule	Fremdsprache	11	Ja	Ja	Nein	Nein
T15	Michigan	Oberschule	Fremdsprache	8	Ja	Ja	Ja	Nein
T16	Michigan	Oberschule	Fremdsprache	14	Ja	Nein	Nein	Nein
T17	Michigan	Oberschule	Wissenschaft	8	Ja	Nein	Nein	Nein
T18	Michigan	Oberschule	Mathematik	12	Ja	Nein	Nein	Nein
T19	Michigan	Mittelschule	Sozialkunde	27	Ja	Ja	Ja	Nein
T20	Michigan	Oberschule	ELA	20	Ja	Ja	Ja	Nein
T21	Michigan	Oberschule	Sozialkunde	9	Ja	Ja	Ja	Ja
T22	Michigan	Oberschule	Mathematik	2	Ja	Ja	Ja	Ja
T23	Michigan	Oberschule	Mathematik	27	Ja	Nein	Ja	Nein
T24	Michigan	Oberschule	Wissenschaft	3	Ja	Ja	Ja	Nein
Gesamtzahl der Lehrkräfte pro Datenerhebungsrunde:					24	17	17	5

Variation in den Jahren ihrer Erfahrung (von 2 bis 27). Unsere Stichprobe ist theoretisch, um die Variation unter den Lehrern zu erfassen, und nicht zufällig (Glaser und Strauss 1967, Eisenhardt 1989). Wir haben diese Stichprobe ermittelt, indem wir zunächst fünf Teilnehmer (in Tabelle 1 mit * gekennzeichnet) über bereits bestehende Beziehungen zu den Autoren dieser Arbeit (persönlich bekannte Lehrer an öffentlichen Schulen) angesprochen haben. Die übrigen Teilnehmer (19/24) rekrutierten wir über E-Mails, die wir an 83 K12-Lehrer an öffentlichen Schulen im Südosten Michigans schickten, wobei wir uns an den Fachbereichen und Klassenstufen orientierten. Alle Lehrer, die auf unsere Rekrutierungs-E-Mails antworteten, wurden in unsere Studie aufgenommen. In Übereinstimmung mit der Logik der Fallstudienmethodik ist unsere theoretische Stichprobe so konzipiert, dass sie die Breite und Reichhaltigkeit der Informationen maximiert, die über "polare Typen", d. h. Lehrer verschiedener Klassenstufen, Fächer und Erfahrungsniveaus, gesammelt werden (Eisenhardt 1989). Unsere Stichprobe ist nicht repräsentativ und kann nicht verwendet werden, um auf allgemeine Verhaltensweisen oder Muster der breiteren Bevölkerung zu schließen. Die Erkenntnisse aus unserer kleinen Stichprobe können für den Bereich des Betriebsmanagements wertvoll sein, um Ideen zu generieren, neue Theorien zu entwickeln und Innovationen voranzutreiben, ähnlich wie Fallstudien für die Wissensgenerierung im medizinischen Bereich

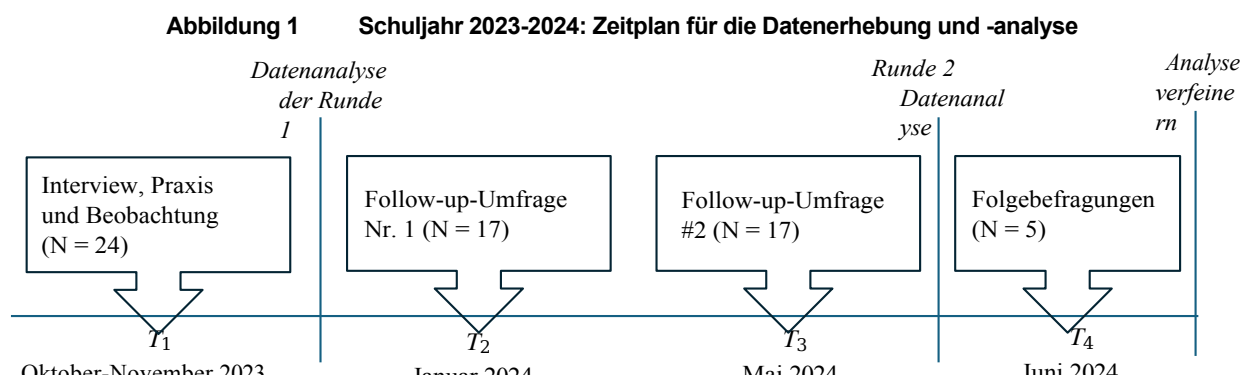
wertvoll sind ([Fisher 2007](#)).

3.2. Auswahl eines generativen AI-Tools

Wir konzentrieren uns in erster Linie auf die Nutzung von ChatGPT durch Lehrkräfte. ChatGPT ist eines von vielen produktivitätssteigernden generativen KI-Tools, aber es ist "bei weitem das am meisten anerkannte" (Fletcher und Nielsen 2024). Im Herbst 2023 waren öffentlich verfügbare generative KI-Tools noch eine im Entstehen begriffene Technologie. In den USA hatte die Mehrheit der Lehrkräfte noch nie irgendeine Form von KI für den Unterricht eingesetzt, und von den Lehrkräften, die dies getan hatten, nutzten die meisten virtuelle Lernplattformen wie Google Classroom und Kahn Academy, die zu einer älteren Welle der KI gehören. Von der neuen Welle der generativen KI waren Chatbots für allgemeine Zwecke wie ChatGPT am weitesten verbreitet (Diliberti et al. 2024). Keiner der Lehrer in unserer Stichprobe arbeitete an einer Schule oder in einem Bezirk, der im Schuljahr 2023-2024 offiziell ein generatives KI-Tool einführte. Daher konnten die Lehrkräfte in unserer Stichprobe nur ein öffentlich verfügbares Tool wie ChatGPT für ihren persönlichen Gebrauch wählen. Die Lehrkräfte in unserer Stichprobe spiegeln insofern einen allgemeinen Trend wider, als ChatGPT für sie die bekannteste Form der generativen KI war. Alle LehrerInnen in unserer Stichprobe hatten von ChatGPT gehört, auch wenn sie es noch nie benutzt hatten. Lehrer 6 sagte: "Ich habe es noch nie benutzt", aber "ich höre überall davon". Aus diesen Gründen haben wir uns entschieden, unsere erste Datenerhebung im Herbst 2023 bei Lehrern durchzuführen, die ChatGPT nutzen (insbesondere ein kostenpflichtiges ChatGPT Plus-Konto). Gleichzeitig nutzten wir unsere offenen Interviewfragen, um Lehrkräfte über ihre generative KI-Nutzung im Allgemeinen zu befragen. Da sich bildungsspezifische Tools wie SchoolAI und MagicSchool im Laufe des Schuljahres immer weiter verbreiteten, passten wir die Sprache in unseren Umfragen an, um die Lehrer nach anderen generativen KI-Tools zu fragen, die sie zusätzlich zu oder anstelle von ChatGPT nutzen.

3.3. Datenerhebung

Wir sammeln mehrere Arten von Daten zu verschiedenen Zeitpunkten. Es gibt vier Datenerhebungspunkte - T_1 , T_2 , T_3 , T_4 - wie in Abbildung 1 dargestellt. Im Folgenden werden die einzelnen Datenerhebungen im Detail erläutert. Wir haben alle Lehrkräfte in T_1 , T_2 und T_3 kontaktiert. Welche Lehrkräfte sich zu diesem Zeitpunkt für eine Teilnahme entschieden haben, ist in Tabelle 1 angegeben.



3.3.1. Erstgespräch und Exposition (T_1)

Wir sammelten mehrere Arten von Daten von allen 24 Lehrern während einer einstündigen persönlichen Zoom-Sitzung, die im September, Oktober oder November 2023 durchgeführt wurde (T_1). Anhand eines gemeinsamen halbstrukturierten Protokolls (Anhang A) führte ein Mitglied des Forschungsteams 13 der Interviews und ein anderes Mitglied 11 Interviews durch. Dies ist eine bewährte Praxis bei der qualitativen Datenerhebung, die unter anderem die Validität erhöhen kann, wenn gemeinsame Muster von verschiedenen Interviewern gefunden werden (Patton 2014). Alle Lehrkräfte erhielten für ihre Teilnahme 50 US-Dollar. Mit dem Einverständnis jedes Lehrers wurden die Audio- und Videoaufnahmen jedes Zoom-Anrufs aufgezeichnet und die Audiodaten mit Hilfe eines automatischen Online-Transkriptionsdienstes (Sonix) transkribiert. Die einstündige Sitzung bestand aus vier verschiedenen Teilen.

Hintergrundgespräch (15 Minuten): Jede Sitzung begann mit einem Hintergrundinterview, in dem die Lehrkräfte über ihre Arbeitsabläufe bei der Materialerstellung (umgangssprachlich als "Vorbereitung" bezeichnet) befragt wurden. Wir fragten danach, wie sie ihre Tage oder Wochen mit der Unterrichtsvorbereitung verbringen und welche Arten von Aufgaben damit verbunden sind. Wir fragten auch, ob sie ihre Vorbereitung allein oder mit anderen Lehrkräften durchführen. Wir fragten nach ihrer Erfahrung mit ChatGPT oder anderen generativen KI-Tools zu diesem Zeitpunkt, und alle hatten nur sehr begrenzte oder gar keine Erfahrung mit der Verwendung des Tools für ihre Arbeit. Nur zwei Lehrer (Lehrer 13 und 22) gaben an, vor unserer ersten Sitzung mit ihnen eine Schulung zu generativer KI erhalten zu haben. Daher sollten alle Lehrer in unserer Stichprobe als neue Nutzer generativer KI auf T_1 verstanden werden.

Strukturierte Übung mit ChatGPT (10 Minuten): Der zweite Teil begann damit, dass wir die Lehrer bitten sich bei unserem ChatGPT Plus (GPT-4)¹ Konto auf ihren eigenen Computern einloggen und ihren Bildschirm freigeben. Danach nahm jede Lehrkraft an einer strukturierten Übungssitzung mit ChatGPT teil, in der sie genau die 12 Aufforderungen (Tabelle 2) nacheinander in der von uns vorgegebenen Reihenfolge eingab (wir schickten jede Aufforderung einzeln per Chat, woraufhin die Lehrkraft sie in ihr ChatGPT-Fenster kopierte). Die Übungsaufforderungen wurden in Übereinstimmung mit aktuellen Studien zu ChatGPT erstellt (Chen et al. 2023, Noy und Zhang 2023). Der Grundgedanke dieser standardisierten Exposition war es, sicherzustellen, dass alle Lehrkräfte in unserer Stichprobe ein gemeinsames grundlegendes Verständnis davon haben, was ChatGPT kann und was nicht.

¹ Unsere Datenerhebung überschneidet sich mit dem ersten DevDay von OpenAI, der am 6. November 2023 stattfand. Zu diesem Zeitpunkt wurde ChatGPT Plus aktualisiert und zu einem integrierten Multi-Tool, das mehr Eingabeformate interpretieren und mehr Ausgabeformate erstellen konnte. Nach dem Update konnte ChatGPT Plus zum Beispiel das Internet über Bing durchsuchen und Informationen aus angehängten Dokumenten eingeben (im Gegensatz zu reinen Textaufforderungen). Es konnte auch Textdaten in Tabellenform (statt nur Absätze und Aufzählungszeichen) und auch Bilder ausgeben. Dieses Update wurde nach der Ankündigung an die Nutzer verteilt, und unser Konto wurde am 7. November 2023 zwischen 11:15 und 14:15 Uhr aktualisiert. Wir hatten keine Vorankündigung für das Upgrade. Tatsächlich wurden am 7. November vier Lehrersitzungen (T14, T15, T16 und

T17) durchgeführt. Die ersten beiden (T14 und T15) fanden am Vormittag statt und waren nicht beeinträchtigt. Die letzten beiden (T16 und T17) waren unsere erste Begegnung mit den veränderten Fähigkeiten von ChatGPT Plus. Die gestrichelte Linie in Tabelle 1 zeigt den Abstand zwischen den Befragungs- und Beobachtungssitzungen vor und nach der Aktualisierung. Als Reaktion auf die Aktualisierung änderten wir drei unserer Übungsaufforderungen leicht ab, um den nachfolgenden Lehrkräften (T18 bis T24) die Möglichkeit zu geben, mit den neuen Funktionen zu üben. In Tabelle 2 sind die aktualisierten Aufforderungen mit ' gekennzeichnet. Zum Beispiel haben wir die Aufforderung 11 von "Entwerfen Sie einen einfachen Trainingsplan für Anfänger" in "Entwerfen Sie einen einfachen Trainingsplan für Anfänger und stellen Sie ihn in Tabellenform dar" geändert, um die neue Funktion zu verdeutlichen, dass ChatGPT Plus Text in Tabellenform ausgeben kann.

Tabelle 2 Erforderliche ChatGPT-Aufforderungen während der strukturierten Übung

Nr. Aufforderung
1. Was ist GPT-4?
2. Ist 17077 eine Primzahl? Überlege Schritt für Schritt und antworte dann.
3. Was sind die wichtigsten Schlagzeilen von heute?
4. Welche bemerkenswerten Ereignisse gab es am 30. Februar 2020?
5. Welche bemerkenswerten Ereignisse gab es am 29. Februar 2020?
6. Erklären Sie die wirtschaftlichen Auswirkungen der COVID-19-Pandemie.
7. Helfen Sie mir, einen einleitenden Absatz für einen Aufsatz zu diesem Thema zu schreiben.
8. Schreiben Sie den Absatz in einer einfacheren Sprache um.
9. Fassen Sie "Stolz und Vorurteil" in einem Absatz zusammen.
9'. Fassen Sie diesen Text in einem Absatz zusammen. (PDF hochladen - Kapitel 43 von <i>Stolz und Vorurteil</i>)
10. Bitte geben Sie die gleiche Zusammenfassung in Reimform.
11. Entwerfen Sie einen einfachen Trainingsplan für Anfänger.
11'. Entwerfen Sie einen einfachen Trainingsplan für Anfänger und stellen Sie ihn in Tabellenform dar.
12. Entwerfen Sie einen einfachen Trainingsplan für Anfänger mit begrenzter Freizeit. 12'. Geben Sie ein Diagramm der richtigen Form für eine dieser Übungen an.

Beobachtung der ChatGPT-Nutzung durch die Lehrkräfte (15 Minuten): Der dritte Teil der Zoom-Sitzung bestand aus einer 15-minütigen Beobachtung jeder Lehrkraft, wie sie ChatGPT zur Unterstützung ihrer Unterrichtsvorbereitung erkundete und zu nutzen versuchte. Wir forderten jede Lehrkraft auf: "Suchen Sie sich eines der Dinge aus, die Sie vorhin erwähnt haben, für die Sie ChatGPT zur Unterstützung nutzen könnten, und erstellen Sie es von Grund auf neu. Tun Sie so, als ob Sie versuchen würden, das "fertige Produkt" in 15 Minuten zu erstellen. Sie können neben ChatGPT auch andere Technologien wie Google Docs, Word, Excel, einen Webbrowser usw. verwenden. Es ist in Ordnung, wenn Sie nicht fertig werden können, arbeiten Sie einfach so, wie Sie normalerweise arbeiten würden. Denken Sie daran, dass das Endprodukt in einer Publikation als Beispiel für die Verwendung von ChatGPT durch Lehrkräfte veröffentlicht werden könnte, also geben Sie bitte Ihr Bestes." Dann stellten wir einen Timer für die Lehrkraft ein und schwiegen, während sie arbeitete (einige Lehrkräfte erzählten während der Arbeit, und in diesem Fall griffen wir nur minimal ein). Dieses Beobachtungsdesign ist ein etablierter Ansatz in der Bildungsforschung, um zu untersuchen, wie Lehrkräfte ohne ChatGPT selbständig Materialien erstellen und verändern (Silver 2022).

Nachbesprechung (10 Minuten): Nach Abschluss der Beobachtungsphase besprachen wir die Erfahrungen der Lehrkräfte mit ChatGPT. Wir stellten spezifische Fragen über die Intention hinter den eingegebenen Prompts und ihre Bewertung des ChatGPT-Outputs während der Beobachtung. Wenn es die Zeit erlaubte, baten wir die Lehrkräfte, ihre Gedanken über ChatGPT mitzuteilen und darüber, wie es ihre Arbeit im Allgemeinen beeinflussen könnte.

3.3.2. Umfrage zur generativen KI-Nutzung (T_2)

Die zweite Welle der Datenerhebung erfolgte im Januar 2024 (T_2) durch eine Umfrage, die an dieselben 24 Lehrkräfte geschickt wurde, die auch an T_1 teilgenommen hatten. Die Umfrage enthielt sowohl geschlossene Fragen (im Likert-Stil) über die *Häufigkeit* als auch die *Art der*

Nutzung von ChatGPT in den Monaten seit T_1 . Wir fragten auch nach anderen generativen KI-Tools, die die Lehrkräfte zu diesem Zeitpunkt verwendeten. Die vollständige Umfrage ist in Anhang B zu finden.

Wir fragten speziell danach, wie die Lehrkräfte ChatGPT oder ein anderes generatives KI-Tool nutzen, um ihre Planung *zu erstellen, zu finden, voranzutreiben* und/oder *zu wiederholen*. Wir leiteten diese Vier-Typen-Kategorisierung aus einer Analyse der Belege aus unserer unstrukturierten Beobachtungsphase bei T_1 ab (siehe 3.4.1 für Details zu dieser Analyse). Das bedeutet, dass wir eine Analyserunde unserer Daten durchgeführt haben, bevor die gesamte Datenerhebung abgeschlossen war. Die Iteration zwischen Datenerhebung und Datenanalyse ist eine gängige und sogar empfohlene Best Practice für Fallstudienforschung, da sie eine iterative Verfeinerung der entstehenden Ideen ermöglicht (Yin 2016). Ziel der Umfrage auf T_2 war es, zu bewerten, ob und wie die *potenziellen* Einsatzmöglichkeiten von generativer KI, die wir während unserer anfänglichen Expositions- und Beobachtungsphase auf T_1 identifiziert hatten, in *der Praxis* tatsächlich genutzt werden. Eine statistische Analyse und Extrapolation auf eine breitere Population war nicht das Ziel. Für die Teilnahme an der Umfrage erhielten die Lehrkräfte eine Entschädigung von 10 \$. 17 der 24 (71 %) der ursprünglichen Lehrkräfte beantworteten die Umfrage im Januar (siehe Tabelle 1).

3.3.3. Umfrage zur generativen KI-Nutzung (T_3)

Die dritte Welle der Datenerhebung erfolgte im Mai 2024 (T_3) durch eine weitere Umfrage, die an dieselben 24 Lehrkräfte geschickt wurde, die auch an T_1 teilgenommen hatten. Die Umfrage enthielt dieselben Fragen wie die Umfrage vom Januar 2024, aber zusätzlich Likert-Fragen dazu, wie sich generative KI auf ihr eigenes Lernen, ihren Stress, die Anzahl der erledigten Aufgaben, die Arbeitsstunden pro Woche und die Arbeitsqualität auswirkt. Wir fragten separat nach den Auswirkungen der generativen KI auf ihren Unterricht, ihre Vorbereitung, ihre Benotung und ihren E-Mail-Verkehr. Die zusätzlichen Fragen der Umfrage vom Mai 2024 finden Sie in Anhang C. Diese zusätzlichen Fragen zielten darauf ab, einige qualitative Erkenntnisse darüber zu gewinnen, ob diese Lehrkräfte bisher Produktivitätsgewinne oder -verluste durch die generative KI verspüren. Wie bei T_2 waren wir auch generell daran interessiert, ob und wie die *potenziellen* Einsatzmöglichkeiten von generativer KI, die wir während unserer anfänglichen Expositions- und Beobachtungsphase auf T_1 identifiziert hatten, in *der Praxis* tatsächlich zum Tragen kommen. Für die Teilnahme an der etwas längeren Umfrage erhielten die Lehrer eine Entschädigung von 15 Dollar. 17 der 24 (71%) der ursprünglichen Lehrer antworteten auf die Umfrage im Mai (siehe Tabelle 1).

3.3.4. Interviews zum Jahresende (T_4)

Wir haben im Juni 2024 fünf Lehrerinterviews durchgeführt (T_4). Diese fünf Lehrer gaben in ihrer Umfrage vom Mai 2024 (T_3) an, dass sie uns mehr über generative KI mitteilen möchten. An der Schule eines Lehrers (Lehrer 4) wurde zum Beispiel kürzlich eine Schulung über generative KI durchgeführt und am Ende des Schuljahres viel über die Nutzung generativer KI durch Schüler diskutiert. Eine andere Lehrerin (Lehrerin 21) wollte mit uns mehr über ihre bewusste Entscheidung sprechen, *keine* generative KI zu verwenden. Von den fünf Lehrern, die auf T_4 befragt wurden, berichtete einer in der Umfrage vom Mai 2024 von Produktivitätssteigerungen, zwei waren starke

Nichtnutzer und zwei lagen in der Mitte. Wir haben unsere Interviewfragen an diese Unterschiede angepasst, wie in Anhang [D](#) dargestellt. Diese abschließenden Interviews boten uns die Gelegenheit, unser Verständnis für die verschiedenen Arten von Lehrern, die das Programm nutzen, zu verfeinern und

warum innerhalb unserer Lehrergruppe die generative KI in der Praxis sehr unterschiedlich eingesetzt wurde, obwohl die anfänglichen Erfahrungen bei T_1 übereinstimmen.

3.4. Datenanalyse

Wir führten zwei Runden der Datenanalyse durch, wie in Abbildung 1 dargestellt. Wir wiederholten die Datensammlung und -analyse, eine bewährte Praxis für Fallstudienforschung, da sie eine iterative Verfeinerung der entstehenden Ideen ermöglicht (Yin 2016). Unser neues Verständnis darüber, wie Lehrkräfte generative KI in ihre Arbeitsabläufe zu integrieren beginnen, und insbesondere die Unterschiede zwischen den Lehrkräften, ergab sich aus der Überprüfung und Neuanalyse früherer Daten im Lichte neuer Daten im Laufe des Schuljahres 2023-2024.

3.4.1. Datenanalyse der Runde 1 (zwischen T_1 und T_2)

Unsere erste Runde der Datenanalyse konzentrierte sich auf die Kodierung der Prompts, die die Lehrkräfte während der unstrukturierten Beobachtungsphase in T_1 schrieben und einreichten. Das Ziel bestand darin, eine Nutzungstypologie zu definieren, die auf den von den Lehrkräften selbst gewählten Prompts basiert. Wir haben alle Prompts, die von jeder Lehrkraft während des 15-minütigen unstrukturierten Beobachtungszeitraums geschrieben und gesendet wurden, in einem großen Arbeitsblatt erfasst. Dazu sahen wir uns die aufgezeichneten Videos an und kopierten die Prompts wortwörtlich in die Tabelle. Die 24 Lehrkräfte gaben insgesamt 201 Aufforderungen ein (im Durchschnitt 8,4 pro Lehrkraft). Anschließend entwickelten wir iterativ ein Kodierungsschema für verschiedene generative KI-Anwendungsfälle, indem wir zunächst die Aufforderungen offen kodierten und dann die Beschreibungen ähnlicher Aufforderungen verfeinerten, damit sie übereinstimmten (Corbin und Strauss 2008). Das heißt, wir nahmen Paare von Aufforderungen und diskutierten ihre Gemeinsamkeiten und Unterschiede sowie ihre angemessene Kategorisierung. Schließlich einigten wir uns auf ein Kodierungsschema mit vier Kategorien: (1) *Für mich machen* (55 % der Aufforderungen), (2) *Für mich finden* (15 % der Aufforderungen), (3) *Für mich starten* (10,5 % der Aufforderungen) und (4) *Mit mir wiederholen* (15,5 % der Aufforderungen). Eine fünfte Kategorie, "Zeig mir, was du kannst", wurde für nicht lehrrelevante Anfragen verwendet, um die Fähigkeiten von ChatGPT zu testen (4% der Aufforderungen). Tabelle 3 enthält Beschreibungen der einzelnen Codes. Zwei Mitglieder des Forschungsteams kodierten unabhängig voneinander alle 201 Prompts. Jeder Aufforderung wurde nur ein Code zugeordnet. Die Inter-Rater-Reliabilität für die Kodierung betrug 91 %. Durch Diskussionen zwischen den Codierern wurden unterschiedliche Codierungskategorisierungen gelöst, und am Ende waren sich alle Autoren einig. Weitere Einzelheiten zu dieser Kodierung finden sich in Keppler et al. (2024).

Dieses Kodierungsschema wurde verwendet, um die Fragen für die Umfragen auf T_2 und T_3 zu erstellen, d. h. in

Zusätzlich zur generativen KI-Nutzung insgesamt haben wir die Lehrkräfte gefragt, wie oft sie generative KI in der Praxis für "Find for me", "Make for me", "Jumpstart for me" und "Iterate with me" eingesetzt haben (siehe Anhang B für die genauen Fragen). Die während des

Beobachtungszeitraums eingegebenen Aufforderungen stellen die potenzielle Nutzung dar, während die Fragen der Umfrage untersuchen, ob die Lehrkräfte ihre Arbeitsabläufe anpassen, um generative KI zu integrieren.

Tabelle 3 Aufforderungs-Codierungsschema

Code	Beschreibung
<i>Für mich machen</i>	Anfragen für vollständig entwickelte Inhalte (z. B. Aufgaben, Quiz, Aufsätze, Gedichte, Bilder) innerhalb genau definierter Parameter; der Nutzer beauftragt ChatGPT mit der Ausführung der Aufgabe
<i>Für mich finden</i>	Informationsanfragen, die nach bereits vorhandenen, sachlichen Informationen suchen (z. B. vorhandene Fakten, Zitate, Ressourcen oder Beispiele); der Nutzer nutzt ChatGPT als Suchmaschine
<i>Jumpstart for me</i>	Anfragen, um die Entwicklung von oft langwierigen und komplexen Materialien wie Aktivitäten, Projekten, Lektionen oder Einheitsplänen zu initiieren; der Benutzer setzt ChatGPT als Katalysator ein
<i>Iterate with me</i>	Ersuchen um Rat oder um das Verstehen/Verfeinern/Überdenken von Konzepten oder Lehransätzen; der Nutzer nutzt ChatGPT als Resonanzboden wie einen Lehrerkollegen; zusätzlich sind diese Aufforderungen oft an Worten wie "erklären", "diskutieren" oder "beschreiben" zu erkennen

3.4.2. Runde 2 Datenanalyse (nach T_3)

Nach T_3 haben wir unsere erste Datenanalyse durchgeführt. In dieser Analyserunde analysieren wir die Daten auf der Ebene der Lehrkräfte und behandeln jede Lehrkraft als einen Fall, in dem untersucht wird, ob und wie generative KI eingesetzt werden kann. Wir folgen den Standard-Analysesritten der Mehrfach-Fallstudienforschung: (i) Analyse innerhalb des Falles, (ii) fallübergreifende Analyse und (iii) Theorie-Fall-Analyse (Eisenhardt 1989).

Analyse innerhalb des Falles: Das Ziel der fallinternen Analyse ist es, ein Verständnis für die generativen KI-Verläufe der 24 Lehrer zu entwickeln. Wir erstellten eine Längsschnittdatenbank, die die Daten über mehrere Zeitpunkte hinweg zusammenstellte (T_1 , T_2 und T_3). Auf diese Weise konnten wir z. B. die während der Beobachtung bei T_1 eingegebenen Prompts der einzelnen Lehrkräfte mit ihrer fortlaufenden Nutzung bei T_2 und T_3 in Verbindung bringen. Insbesondere die Ergebnisse bei T_3 in Bezug auf ihre Produktivität, ihren Stress und ihre Arbeitsqualität konnten wir mit ihrer generativen KI-Nutzung zu Beginn und im Laufe der Zeit in Verbindung bringen. Die Datenbank enthielt auch die qualitativen Beschreibungen der einzelnen Lehrkräfte über ihre Arbeit und den Einsatz von generativer KI. Wir fügten auch Spalten für die Attribute jeder Lehrkraft hinzu, wie z.B. die Jahre der Erfahrung, die Klassenstufe, das Fachgebiet und ob sie unabhängig oder als Teil einer Lehrergruppe arbeiteten.

Fallübergreifende Analyse: Ziel der fallübergreifenden Analyse ist es, Paare oder Untergruppen von Fällen miteinander zu vergleichen, um aufkommende Muster zunächst zu erkennen und dann zu verfeinern. Zunächst trennen wir die Lehrkräfte nach ihren Produktivitätsergebnissen in der Umfrage vom Mai 2024. Wir kodieren eine Lehrkraft als produktivitätssteigernd, wenn sie angibt, dass sie als Ergebnis der generativen KI (i) mehr Aufgaben in kürzerer Zeit erledigt, (ii) die gleiche Menge an Aufgaben in kürzerer Zeit erledigt, (iii) weniger Aufgaben in kürzerer Zeit erledigt oder (iv) mehr Aufgaben in der gleichen Zeit in einem oder mehreren der folgenden Bereiche ihrer Arbeit erledigt: Unterricht, Vorbereitung, Benotung oder E-Mail-Versand. Sechs Lehrkräfte erfüllten diese Kriterien. Es ist zu beachten, dass Lehrkräfte Produktivitätssteigerungen melden können,

auch wenn sie selbst keine generative KI einsetzen, was bei diesen sechs Lehrkräften nicht der Fall war. Alle nutzten im Mai 2024 mindestens einmal pro Monat generative KI. Alle sechs Lehrkräfte berichteten auch über eine höhere *Arbeitsqualität* als Folge des Einsatzes generativer KI. Die Lehrkräfte, die nur von einer höheren *Qualität* und nicht von einer verbesserten

Tabelle 4 Kategorisierung der Lehrerguppe bei T_3 (Mai 2024)

ID	Produktivität bei T_3	Arbeitsqualität bei T_3	Benutzer oder Nicht-Benutzer zu T_3	Einstufung bei T_3
T2	Abgeschwächt	Keine Änderung	Nicht-Benutzer	Nicht-Benutzer
T3	Erhöhte	Erhöhte	Benutzer	Verbesserte Produktivität
T4	Keine Änderung	Erhöhte	Benutzer	Keine Veränderung der Produktivität
T5	Erhöhte	Erhöhte	Benutzer	Verbesserte Produktivität
T6	Keine Änderung	Keine Änderung	Nicht-Benutzer	Nicht-Benutzer
T8	Erhöhte	Erhöhte	Benutzer	Verbesserte Produktivität
T9	Erhöhte	Erhöhte	Benutzer	Verbesserte Produktivität
T10	Erhöhte	Erhöhte	Benutzer	Verbesserte Produktivität
T11	Erhöhte	Erhöhte	Benutzer	Verbesserte Produktivität
T12	Keine Änderung	Keine Änderung	Benutzer	Keine Veränderung der Produktivität
T19	Keine Änderung	Erhöhte	Benutzer	Keine Veränderung der Produktivität
T20	Keine Änderung	Keine Änderung	Nicht-Benutzer	Nicht-Benutzer
T21	Keine Änderung	Keine Änderung	Nicht-Benutzer	Nicht-Benutzer
T22	Abgeschwächt	Keine Änderung	Nicht-Benutzer	Nicht-Benutzer
T23	Keine Änderung	Erhöhte	Benutzer	Keine Veränderung der Produktivität
T24	Keine Änderung	Erhöhte	Benutzer	Keine Veränderung der Produktivität

Produktivität waren nicht in dieser Gruppe von sechs "produktiver mit generativer KI"-Lehrern enthalten. Von den anderen 11 Lehrkräften (wir haben nur Antworten von 17 der 24 ursprünglichen Lehrkräfte aus der Umfrage vom Mai 2024) waren 5 Nicht-Nutzer (sie gaben an, generative KI nie für ihre Arbeit verwendet zu haben) und 6 waren Nutzer generativer KI, die jedoch keine Produktivitätssteigerungen berichteten. Damit wurden drei verschiedene Gruppen von Lehrern für unsere vergleichende, fallübergreifende Analyse gebildet: Lehrer, die die Produktivität verbessert haben, Lehrer, die sich nicht verändert haben, und Nicht-Nutzer. Die Gruppierung der Lehrer ist in Tabelle 4 dargestellt.

Der nächste Schritt bestand darin, die drei Gruppen von Lehrern zu vergleichen, um die unterschiedlichen Ergebnisse zu verstehen. Wir fanden es merkwürdig, dass Lehrer, die sich im Herbst 2024, als wir unsere Studie begannen, sehr ähnlich waren - unerfahrene Nutzer, wenig Wissen über generative KI, neugierig auf die Technologie - und die alle von uns eine ähnliche Intervention in Form von Standardaufforderungen und Übungsphasen erhielten, sich im selben Zeitraum in unterschiedliche Gruppen entwickeln konnten. Wir stellten Vermutungen darüber an, warum dies so sein könnte, und überprüften sie mit Hilfe einer "Logik der Replikation" (Eisenhardt 1989) anhand unserer Lehrerfälle, bei denen wir überprüften, ob eine angenommene Beziehung durchweg für alle Lehrer in unserer Stichprobe zutraf. Eine Vermutung war zum Beispiel, dass die Erfahrung der Lehrer im Klassenzimmer diese Divergenz erklären könnte. In der Gruppe mit verbesserter Produktivität reicht die Erfahrung jedoch von 3 bis 25 Jahren, in der Gruppe ohne Veränderung von 3 bis 29 Jahren und in der Gruppe der Nichtnutzer von 2 bis 22 Jahren. Wir können zwar nicht feststellen, ob das angenommene Muster generell existiert, aber es scheint die von uns beobachteten Unterschiede nicht zu erklären. Wir untersuchen auch die Unterschiede nach

Klassenstufe und Fachbereich. Jede Benutzergruppe umfasste Lehrer aller Klassenstufen (Grund-, Mittel- und Oberschule) und eine Vielzahl von Fachbereichen, die sowohl den Bereich Sprach- und Sozialwissenschaften als auch die MINT-Fächer umfassen. Auch dies scheint die Unterschiede in der Produktivität nicht zu erklären.

Als Nächstes haben wir die Lehrkräfte danach verglichen, *wie* sie die generative KI eingesetzt haben, beginnend mit dem Beobachtungszeitraum bei T_1 . Vielleicht haben Lehrkräfte, die Produktivitätsverbesserungen gemeldet haben, und solche, die dies nicht getan haben

Tabelle 5 Veränderung der Nutzung generativer KI durch Lehrer von T₂ zu T₃ (Januar bis Mai 2024)

Häufigkeit der Nutzung Modus	Verbesserte Produktivität (N = 6)	Keine Veränderung (N = 6)
<i>(Skala 1 bis 5, 1 = Nie, 5 = Wöchentlich)</i>		
Für mich machen	Erhöhung (Durchschnitt + 0,2)	Erhöhen (Durchschnitt + 1,0)
Für mich finden	Zunahme (Durchschnitt + 0,2)	Verringern (Mittelwert - 0,2)
Jumpstart für mich	Anstieg (Durchschnitt + 1)	Erhöhung (Durchschnitt 0,4)
Iterieren Sie mit mir	Erhöhen (Mittelwert + 1,2)	Verringern (Durchschnittlich - 0,2)
Insgesamt*	Zunahme (Mittelwert + 0,6)	Zunahme (Durchschnitt + 0,4)

**Die Gesamtveränderung der Nutzungshäufigkeit ist eine separate Frage, in der die Lehrkräfte nach der Gesamthäufigkeit der Nutzung gefragt werden, und wird nicht als Summe der Veränderung der Nutzung der einzelnen Typen (für mich machen, für mich finden, für mich starten und für mich wiederholen) berechnet.*

unterschiedlich an generative KI herangehen. Dies war bei T₁ nicht der Fall. Alle Gruppen - Nutzer mit verbesserter Produktivität, Nutzer ohne Veränderung und Nicht-Nutzer - hatten bei T₁ eine ähnliche Vielfalt von Eingabeaufforderungen eingegeben, wie sie durch die Codierung in Runde 1 definiert wurden (make, jumpstart, find und iterate). Die durchschnittliche Anzahl der verschiedenen Aufforderungen, die von den Lehrkräften in jeder Gruppe eingegeben wurden, betrug 2,5, 2,3 bzw. 2,6. Es schien also, dass alle Lehrkräfte schon früh in unserem kontrollierten Beobachtungssetting erkundeten, wie generative KI funktioniert. Wir untersuchten daher ihren Einsatz im Januar und Mai, um zu sehen, wie er sich in der Praxis entwickelte (T₂ und T₃). Dabei stellten wir fest, dass es im Januar und Mai eine bemerkenswerte Divergenz in der Nutzung zwischen Nutzern mit verbesserter Produktivität und Nutzern ohne Veränderungen gab. Wie aus Tabelle 5 hervorgeht, stieg die Häufigkeit des Einsatzes generativer KI sowohl bei Nutzern mit verbesserter Produktivität als auch bei Nutzern, die keine Änderungen vornehmen, in ähnlicher Weise (um 0,6 bzw. 0,4). Dieser Anstieg ist jedoch auf unterschiedliche Nutzungsarten zurückzuführen. Lehrer, die sich nicht veränderten, nutzten die generative KI vor allem für die *Erstellung*, während die Nutzer mit verbesserter Produktivität die generative KI vor allem für die *Iteration* und auch für die *Starthilfe* nutzten. Bei der *Iteration* zeigten sich die größten Unterschiede zwischen den beiden Gruppen in Bezug auf die sich entwickelnde Nutzung. Dies lieferte einen ersten Hinweis darauf, warum einige Lehrkräfte Produktivitätssteigerungen meldeten, während andere dies nicht taten.

Anschließend haben wir die Daten weiter ausgewertet. Wir gingen zurück zu den Aufforderungen *"iterate with me"* und *"jumpstart for me"*, die die Lehrkräfte während unseres Beobachtungszeitraums in ChatGPT eingegeben hatten, um herauszufinden, was an diesen Arten von Anfragen zu Produktivitätssteigerungen führen könnte. Wir lasen auch die offenen Beispiele aus den Umfragen darüber, wie die LehrerInnen generative KI zum Iterieren, Erstellen, Finden oder Starten verwendeten. Dabei wurde uns klar, dass der Einsatz von generativer KI zur Iteration oder als Sprungbrett ähnlich ist wie die Bitte um *Input* für ihre Unterrichtspläne, während der Einsatz von generativer KI zur Erstellung oder Suche (aber hauptsächlich zur Erstellung) hauptsächlich die Erstellung von *Outputs* beinhaltet. Lehrer 1 forderte ChatGPT beispielsweise auf: "Kannst du erklären, wie man eine negative und eine positive Zahl addiert"

und dann "Welche Hilfsmittel außer einer Zahlenreihe kann ich verwenden? Als Ergebnis des *Inputs* von ChatGPT entschied sie sich für eine Ausgabe, die sie machen könnte: "Vielleicht mache ich daraus eine Wortbank und drucke sie auf ein halbes Blatt aus, und sie können das in ihrem Matheheft behalten, wenn sie ihre Übungsaufgaben machen." Die Wortbank war nicht ihr ursprünglicher Plan, sondern wurde entwickelt

mit Input aus der generativen KI. Sie erklärte, dass ich bei der Entscheidung, wie ein Lernziel erreicht werden kann, wenn etwas nicht funktioniert, "oft nicht weiterkomme". Dieser Ansatz unterscheidet sich *aus Sicht des Arbeitsablaufs* von der Aufforderung an ChatGPT, *Ergebnisse zu liefern*, nachdem die Lehrkraft bereits festgestellt hat, was erstellt werden muss, z. B. die Aufforderung: "Erstellen Sie eine Wortbank für die Schüler für Wortprobleme, damit sie wissen, welches Vorzeichen (positiv oder negativ) sie verwenden müssen." Mit dieser Erkenntnis gingen wir zur Theorie-Fall-Analyse über.

Theorie-Fall-Analyse: Die Theorie-Fall-Analyse ist die Integration neuer Erkenntnisse aus Fallstudien mit dem vorhandenen Wissen und der Theorie. Mit der Einsicht, dass die produktivitätssteigernden Lehrernutzer in unserer Stichprobe generative KI sowohl für die Eingabe in Workflow-Pläne als auch für spezifische Ausgaben zu nutzen schienen, wandten wir uns der Literatur über Workflow-Planung und -Design zu (Ibanez et al. 2018). Beim Vergleich unserer eigenen Erkenntnisse mit der Literatur stellten wir ein wichtiges Merkmal von Lehrer-Workflows fest: Sie leiten sich von staatlich vorgegebenen Lernzielen ab (siehe Anhang E für Beispiele staatlicher Lernziele; wie Sie sehen können, gibt es keine Anweisungen, *wie* oder *was* zu lehren ist, sondern nur, was die Schüler am Ende können müssen). Dies wies uns auf eine verwandte Literatur zur Rückwärtsplanung hin (Wiggings und McTighe 2005, Wiese et al. 2016). Wir nahmen eine Perspektive der Rückwärtsplanung ein, um unsere Erkenntnisse in das breitere wissenschaftliche Wissen einzuordnen und Wissen über die Rolle der generativen KI in der Lehrtätigkeit zu generieren.

3.4.3. *Zusätzliche Verfeinerung (T)₄*

Mit der Erkenntnis aus unserer Datenerhebung, dass es eine Heterogenität unter den Nutzern generativer KI gibt und dass einige Lehrkräfte generative KI nicht nutzen, nutzten wir eine kleine Reihe zusätzlicher Folgeinterviews, um unser Verständnis der *Gründe* zu verfeinern. Zur Erinnerung: Wir führten fünf Folgeinterviews mit den Lehrern durch. Bei diesen Lehrern handelte es sich um einen Nutzer mit verbesserter Produktivität (T11), einen Nutzer ohne Veränderung (T4), zwei ständige Nichtnutzer (T2 und T21) und einen, der generative KI zunächst im Januar nutzte, dann aber im Mai zu einem Nichtnutzer wurde (T22). Wir haben die Erkenntnisse aus diesen Interviews in unsere Lehrerdatenbank integriert. Die Interviews waren besonders aufschlussreich in Bezug auf die Nichtverwendung von generativer KI und die Frage, warum eine Teilmenge der Lehrkräfte in unserer Stichprobe diese Option zu diesem Zeitpunkt wählte. In den Interviews mit den beiden Lehrkräften, die generative KI einsetzten, konnten wir Unterschiede feststellen, die größtenteils mit unserer aufkommenden Theorie übereinstimmen. Die Lehrerin mit der verbesserten Produktivität erklärte, wie sie generative KI sowohl für Inputs als auch für Outputs einsetzt, während die Lehrerin, die keine Änderungen vornimmt, ausführlich über den zunehmenden Stress und die Frustration über die Nutzung generativer KI durch Schüler seit Januar 2024 sprach (T4 ist Lehrerin für Englisch an einer High School, ein Fach und eine Klassenstufe, die besonders von der unerlaubten Nutzung durch Schüler betroffen sind). Dies half uns, unsere Ideen zu verfeinern und kontextbezogene Faktoren einzubeziehen, die die Motivation und Fähigkeit der einzelnen Lehrer,

generative KI für ihre Arbeit zu nutzen, verstärken oder behindern können. Sowohl die Art und Weise, wie Lehrkräfte generative KI einsetzen (und nicht einsetzen), *als auch die* Art und Weise, wie diese Nutzung mit Merkmalen ihres Arbeitskontextes interagiert, erklären unterschiedliche Ergebnisse. Wir gehen auf die offensichtlichen Kontextfaktoren in Abschnitt [4.3](#) ein.

4. Fundstücke

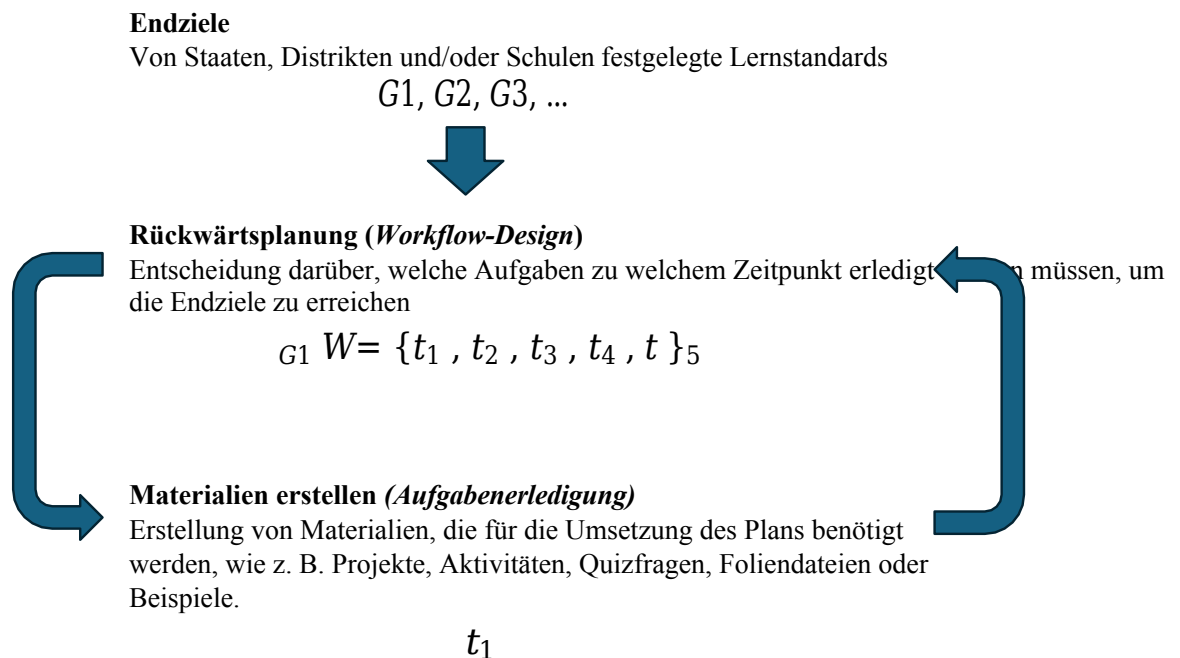
4.1. Einsatz von generativer KI für versus in der Rückwärtsplanung

Die Rückwärtsplanung ist ein Prozess, der in Abbildung 2 dargestellt ist. Er beginnt mit den Endzielen G_1, G_2, G_3, \dots , wie z. B. den Lernstandards in Anhang E. Mit diesen Zielen vor Augen arbeitet eine Lehrkraft rückwärts, indem sie zunächst die Aufgaben plant, die zur Erreichung dieses Ziels erforderlich sind. Dieser Satz von Aufgaben ist ein *Arbeitsablauf*, d. h. $W_{G_1} = \{t_1, t_2, t_3, t_4, t_5\}$. Sobald der Arbeitsablauf geplant ist, gehen die Lehrkräfte dazu über, bestimmte Aufgaben t_i innerhalb des Arbeitsablaufs zu erledigen. Für den Unterricht beinhalten die Aufgaben oft (aber nicht immer) die Erstellung von Materialien, wie Aktivitäten, Lektionen, Diskussionen, Quiz oder Foliendateien. Zwischen der Erstellung von Materialien (Ausführung auf Aufgabenebene) und der Rückwärtsplanung (Planung des Arbeitsablaufs) gibt es einen Rückwärtspfeil, da die Lehrer ihre ursprünglichen Pläne regelmäßig überarbeiten. Während die Aufgaben erledigt werden, sammeln die Lehrkräfte Informationen über den Fortschritt bei der Erreichung der Ziele. Dies kann z. B. geschehen, wenn die Lehrkräfte ein Quiz benoten. Unter

An diesem Punkt können die Lehrkräfte ihren ursprünglichen Plan anpassen, indem sie weitere Aufgaben hinzufügen (d. h. $W' = \{t_1, t_2, t_3, t_4, t_5, t_6, t_7\}$) und/oder Änderung der ursprünglichen Aufgaben (d. h. $W' = \{t_1, t_2, t_3, t_4, t_5, t_6, t_7\}$). Die iterative

Die Art des Planens und Handelns bei der Arbeit von K12-Lehrern bedeutet, dass die Lehrer häufig Arbeitsabläufe (neu) planen. Wie Lehrer 6 es ausdrückte: *"Ich bin ständig auf den Beinen, überarbeite gedanklich oder muss einen Blick auf die bevorstehenden gemeinsamen Bewertungen werfen."* Daher ist der in Abbildung 2 gezeigte Zyklus kurz und kommt in der Regel wöchentlich oder sogar alle paar Tage in der K12-Lehrerarbeit vor.

Abbildung 2 Arbeitsablauf der Rückwärtsplanung



In unseren ersten Interviews mit Lehrern bei T_1 erfuhren wir, dass 92 % der 24 Lehrer in unserer Stichprobe an der *Rückwärtsplanung*, 96 % an der *Materialerstellung* und 100 % an der *Änderung von Arbeitsabläufen* beteiligt sind. Die wenigen Lehrkräfte, die nicht an der ursprünglichen Planung und Erstellung beteiligt sind

sind diejenigen, die Materialien von anderen Lehrern erhalten und diese dann nach Bedarf für ihre Schüler abändern. 42 % der 24 Lehrer in unserer Stichprobe *stellen* ihre Pläne und erstellten Materialien anderen Lehrern an ihrer Schule zur Verfügung. Insgesamt deutet dies darauf hin, dass die von uns untersuchten Lehrkräfte ein hohes Maß an Eigenverantwortung und Beteiligung an ihren Arbeitsabläufen für die Rückwärtsplanung haben.

Allgemeine Verwendung: Zur Erstellung von Outputs. Alle Lehrkräfte in unserer Studie gaben an, generative KI zur Erstellung von Outputs zu verwenden, die sie für die Erledigung ihrer Arbeitsaufgaben benötigen. Wenn LehrerInnen generative KI auf diese Weise einsetzen, haben sie bereits den Arbeitsablauf im Kopf (d.h. $W_{G1} = \{t_1, t_2, t_3, t_4, t_5\}$) und bitten um generative KI-Unterstützung für eine bestimmte Aufgabe (d.h. t_1). Betrachten Sie die in Tabelle 6 gezeigten Aufforderungen aus unserer ersten Beobachtungsphase, in der die Lehrkräfte die generative KI um Unterstützung auf Aufgabenebene baten. Lehrer 3 zum Beispiel bittet die generative KI, eine Tabelle zu erstellen, die er in einer Unterrichtsaktivität verwenden kann. Lehrer 5 bittet um Multiple-Choice-Fragen. Während des Beobachtungszeitraums baten 80% (19/24) der LehrerInnen um generative KI-Unterstützung, um etwas zu erstellen.

Tabelle 6 Beispiele für generative AI-Prompts für Outputs

Lehrer-ID	Beispiele für Output Prompting aus T_1 Beobachtungszeitraum
3 (HS Mathematik) finden muss?	Können Sie mir ein Rätsel geben, bei dem ich das nächste Element in einem visuellen Muster finden muss? Geben Sie mir eine In-Out-Tabelle, bei der die Eingabe keine Zahl ist, aber die Ausgabe eine Zahl. Machen Sie es ein wenig komplizierter. Machen Sie aus der Eingabe keine Worte. Machen Sie es weniger kompliziert.
5 (HS Spanisch)	Erstellen Sie 10 Multiple-Choice-Fragen für Kapitel 7 zur Geschichte <i>Mi Proprio Auto</i> . Erstellen Sie 10 Multiple-Choice-Fragen mit dem Konjunktiv für die Geschichte <i>Mi Proprio Auto</i> mit einem Antwortschlüssel.
6 (Grundstufe)	Erstellen Sie ein Quiz mit 5 Fragen für die 3. Klasse zum Thema Kräfte und Bewegung.
12 (HS Mathematik)	Schreiben Sie eine Rechenaufgabe, die deutlich macht, dass ein Schüler weiß, wie man ein absolutes Maximum findet.
24 (HS Naturwissenschaften)	Erstellen Sie ein Labor für Schüler der 9. Klasse unter Berücksichtigung der folgenden Kriterien: [beigefügt ist eine lange Liste von Kriterien, die aus Kursnotizen über ein Labor zur Einführung von Marshmallows kopiert wurde] Geben Sie weitere Anleitungen zur Datenerfassung und -organisation an Tag 3. Erstellen Sie Folien für die Lehrkraft, um der Klasse alles zu präsentieren. Fügen Sie der Präsentation Diagramme hinzu. Fügen Sie den Folien anstelle von Diagrammen Zeichnungen von Schülern hinzu, die das Labor durchführen. Zeigen Sie ein Diagramm eines Schülers, der an diesem Labor teilnimmt. Geben Sie ein Diagramm eines Erwachsenen an, der an diesem Labor teilnimmt. Was ist daran nicht mit der Inhaltsrichtlinie für Bilder vereinbar? Geben Sie ein Diagramm einer Person an, die dieses Labor demonstriert.

Der Einsatz generativer KI zur Unterstützung bei der Erstellung von Outputs wurde auch in den

Folgeumfragen deutlich. Die *"Make for me"*-Unterstützung war sowohl in der Januar- als auch in der Mai-Befragung 2024 die am häufigsten genannte Art und Weise, wie Lehrkräfte generative KI in der Praxis einsetzen. Eine Lehrkraft, die wir im Juni befragten (T11), erklärte, warum die Fähigkeit der generativen KI, Lehrkräfte bei bestimmten Aufgaben innerhalb von Arbeitsabläufen zu unterstützen, hilfreich ist: *"So wie wir normalerweise unterrichten, führen wir die Fähigkeit am ersten Tag ein. Und dann üben wir"*

die ganze Woche über. Da [der Lehrplan] uns nur ein allgemeines Arbeitsblatt zur Verfügung stellt, ist das nicht sehr hilfreich. Also musste ich [ChatGPT] ziemlich häufig benutzen, wie z. B. 'Oh, erstellen Sie ein Arbeitsblatt zu diesem Thema für die fünfte Klasse'. Und wenn es mir nicht gefiel, fragte ich einfach auf eine andere Weise. In der Umfrage vom Mai 2024 teilte die Lehrerin (T15) mit: "Ich lasse [ChatGPT] Vokabellisten aus der Lektüre erstellen oder Fragen zu einführenden Themen generieren. Ich kann damit Bilder erstellen. Ich lasse es auch Fragen zu Kapiteln oder Lesestoff erstellen."

Der Einsatz generativer KI zur Erstellung von Ergebnissen in rückwärts geplanten Arbeitsabläufen ähnelt im Prozess dem Einsatz generativer KI zur Aufgabenerledigung in anderen Arbeitsabläufen, obwohl die Auswirkungen unterschiedlich sein können. Ein Großteil der bisherigen Forschung zu generativer KI hat die Produktivität und Qualität von Mitarbeitern bei bestimmten Aufgaben mit und ohne generative KI verglichen (z. B. Dell'Acqua et al. 2023, Brynjolfsson et al. 2023, Chen et al. 2023) und eine signifikante Verbesserung bei Mitarbeitern festgestellt, die generative KI einsetzen. Während alle Lehrer in unserer Studie, die generative KI nutzen, diese auf ähnliche Weise einsetzen wie die Teilnehmer in anderen Studien, berichten nur einige der von uns untersuchten Lehrer von Produktivitätssteigerungen. Lehrer, die keine Veränderungen vornehmen, verwenden generative KI fast genauso häufig wie Lehrer, die ihre Produktivität steigern (3,5 bzw. 3,7 auf einer Skala von 1 bis 5). Die Ähnlichkeit in der Art und Weise, wie Lehrer generative KI für diesen Zweck nutzen, aber die unterschiedlichen Produktivitätsergebnisse lassen vermuten, dass die Produktivitätsergebnisse durch einen anderen Anwendungsfall erklärt werden können.

Andere Verwendung: Als Input für Arbeitspläne. Eine Teilmenge der Lehrkräfte in unserer Stichprobe suchte generative KI nicht nur als *Output*, sondern auch als *Input* für ihre Arbeitspläne.

Tabelle 7 enthält Beispiele aus dem Beobachtungszeitraum bei T_1 , bei denen die Lehrkräfte die generative KI mit Lernzielen im Hinterkopf und noch nicht mit einer Reihe von zu erledigenden Aufgaben aufsuchten. Wie die Beispiele zeigen, gingen die Lehrkräfte manchmal von der Planung zur Materialerstellung über (z. B. wenn Lehrkraft 18 um Hilfe bei der Erstellung einer Aufgabenstellung bittet). Der wichtige Unterschied zu den Beispielen in Tabelle 6 besteht darin, dass

das Gespräch ohne eine bestimmte Aufgabe und stattdessen mit Lernstandards und -zielen begonnen wird. Während des Beobachtungszeitraums haben 54 % (13/24) der Lehrkräfte in mindestens einem Fall Input von der generativen KI angefordert. Im Januar 2024 gaben jedoch nur 9 Lehrkräfte an, sie auf diese Weise zu nutzen. Im Januar 2024 teilte beispielsweise eine Lehrerin (T19) mit, dass sie ChatGPT nutzte, um herauszufinden, "wie man das Teilen von Brüchen lehrt".

Eine andere Lehrerin teilte jedoch mit, dass sie *ChatGPT* während des Beobachtungszeitraums zwar als Input nutzte, aber in der Praxis *nicht auf diese Weise*" (T8). Im Mai 2024 gibt es sogar noch mehr Unterschiede. Zum Beispiel gaben nur 8 Lehrkräfte an, generative KI zur Iteration zu verwenden, wobei vier Lehrkräfte berichteten, dass sie nie generative KI zur Iteration ihrer

Arbeitspläne verwenden und vier Lehrkräfte, dass sie dies fast immer tun. Einer der häufigen Nutzer von generativer KI zu diesem Zweck, Lehrer 3, erklärte, dass er *"normalerweise eine Aufforderung mit 'Erstellen Sie einen übergeordneten Plan für...' beginnt, damit ich einen Überblick über die für ein Projekt erforderlichen Schritte und die zu berücksichtigenden Dinge auf übergeordneter Ebene erhalte."* Insgesamt wurde die Frage nach generativer KI für Outputs von allen Lehrern im Zeitraum 2023-2024 häufig gestellt.

Tabelle 7 Beispiele für generative AI-Eingabeaufforderungen

Lehrer-ID	Beispiele für Eingabeaufforderungen aus dem T1-Beobachtungszeitraum
1 (MS Sonderpädagogik)	<p>Können Sie erklären, wie man eine negative Zahl und eine positive Zahl addiert? Erstellen Sie reale mathematische Probleme innerhalb von 100, die dieses Konzept verwenden. Fügen Sie mehrstufige Wortprobleme hinzu. Reale Wortbeispiele mit Zahlen bis 20. Welche Hilfsmittel kann ich außer dem Zahlenstrahl noch verwenden? Mein Schüler versteht nicht, wie die Addition einer positiven und einer negativen Zahl immer noch negativ sein kann. Können Sie mir helfen, das zu erklären?</p>
4 (HS ELA)	<p>Beschreiben Sie die Standards, nach denen ein "großer amerikanischer Roman" bestimmt wird. Beschreiben Sie zeitgenössische Romane zu den <i>Abenteuern von Huckleberry Finn</i>, die ähnliche soziale und kulturelle Themen behandeln. Beschreiben Sie zeitgenössische Romane zu <i>The Great Gatsby</i>, die ähnliche soziale und kulturelle Themen widerspiegeln. Beschreiben Sie Essays, Pamphlete und Bücher aus der Zeit von <i>The Great Gatsby</i>, die das Verständnis der Schüler für das Jazz Age und/oder die Klassenschichtung in den Vereinigten Staaten zu Beginn des 20. Jahrhunderts fördern könnten. Erörtern Sie, wie Thorstein Veblens <i>Theorie der amerikanischen Freizeitklasse</i> die in <i>The Great Gatsby</i> gezeigten sozialen Sitten beleuchtet.</p>
18 (HS Mathematik)	<p>Erstellen Sie einen Unterrichtsplan für den Binomischen Lehrsatz auf der Mathematik-HS-Stufe (verwenden Sie den IB-Lehrplan). Erstellen Sie eine tabellarische Auflistung mit Schlüsselbegriffen. Können Sie auf Woche 3 eingehen? Was sind einige gute Beispiele? Sie sagen: "Beispiel: Anwendung des Binomischen Satzes bei physikalischen Problemen wie der Berechnung der potentiellen Energie in einem Federsystem. Können Sie ein Beispiel für ein solches Problem nennen? Fällt Ihnen eine Anwendung ein, bei der n weit größer als 2 ist? Können Sie eine Aufgabenstellung mit 4 Fragen zum Binomischen Lehrsatz verfassen. Eine davon sollte ein Wortproblem sein. Kannst du eine Frage schreiben, die sowohl die Trigonometrie als auch den Binomischen Satz in Verbindung miteinander verwendet? Können Sie die Frage in der Form "Zeigen Sie das" umformulieren? Erarbeiten Sie einen Lösungsschlüssel für Ihr Problem</p>

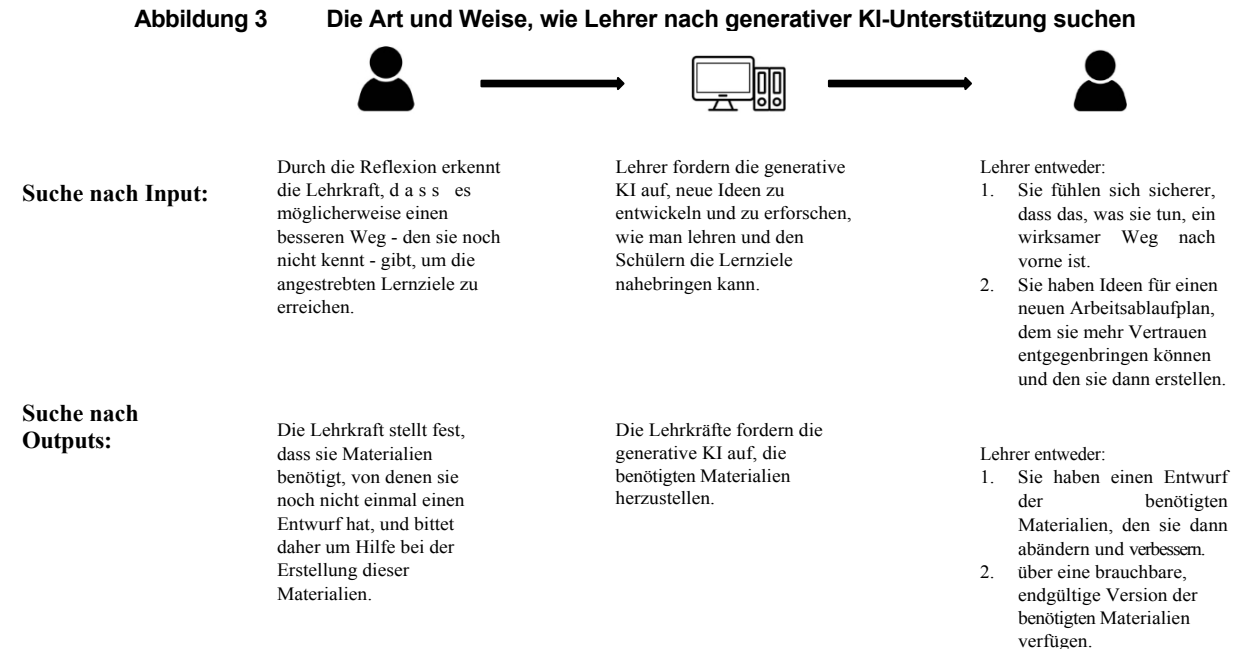
Schuljahr wurde die generative KI von einigen Lehrern häufig um Input gebeten, von anderen hingegen nie.

Die Lehrkräfte, die angeben, generative KI sowohl für Input als auch für Output zu nutzen, sind dieselbe Gruppe von Lehrkräften, die Produktivitätssteigerungen melden. Im Mai 2024 gaben die Lehrkräfte mit verbesserter Produktivität an, generative KI fast doppelt so häufig für die Iteration von Unterrichtsplänen und -ideen zu verwenden wie die Lehrkräfte, die sich nicht verändert haben (durchschnittlich 3,2 gegenüber 1,7 auf einer Skala von 1 bis 5), auch wenn sie insgesamt eine ähnlichere Nutzung angeben (durchschnittlich 3,8 gegenüber 3,3). Zusammen mit den Ergebnissen, dass der Einsatz generativer KI für die Materialerstellung allein keine Produktivitätsgewinne zu bringen scheint, regen unsere Ergebnisse zu zwei Hypothesen an. Die erste besagt, dass der Input der generativen KI - nicht aber ihr Output - zu Produktivitätssteigerungen bei den Lehrkräften führt. Die zweite ist eine Wahrnehmungshypothese: Lehrkräfte *fühlen sich* nicht produktiver, wenn sie generative KI zur Erstellung von Outputs einsetzen. In jedem Fall haben unsere Ergebnisse

Auswirkungen auf das Verständnis, wie generative KI in rückwärtsgerichtete, zielorientierte Arbeitsabläufe integriert werden kann.

4.2. Wie LehrerInnen die Inputs und Outputs der generativen KI suchen

Abbildung 3 zeigt die Schritte, die von den Lehrkräften in unserer Studie unternommen wurden, als sie versuchten, generative KI auf zwei verschiedene Arten zu nutzen: für Input und für Output.



Die Lehrkräfte holen sich Anregungen von der generativen KI, wenn sie feststellen, dass es einen effektiveren Weg gibt, die angestrebten Lernziele zu erreichen. Lehrer 1 erklärte: *"Ich weiß, dass viele meiner Schüler wirklich mit Wortproblemen zu kämpfen haben, und oft ist es schwierig, diese selbst zu erstellen, um sicherzustellen, dass sie mit dem eigentlichen Ziel übereinstimmen, oder man verwendet nicht immer wieder dasselbe Beispiel, wie bei Brüchen... es ist schön, andere Ideen zu haben."* Die Lehrkräfte, die sich von der generativen KI Anregungen für ihre Pläne holen, nutzen diese, um alternative Ideen zu entwickeln, und nicht, um einen kompletten Plan für ihren Kurs zu erstellen, ohne ihr eigenes Fachwissen und ihre Anregungen mit einzubeziehen. Wie bereits erwähnt, hatte Lehrerin 1 zum Beispiel die Idee, eine Wortbank für ihre SchülerInnen zu erstellen. Eine Folge des Inputs der generativen KI ist, dass sich die Lehrkräfte sicherer fühlen können. Lehrerin 13 erklärte: *"Ich glaube, es spart mir etwas Zeit. Aber ich glaube, es erspart mir vor allem Stress. Es ist ja nicht so, dass ich damit schon fertig bin. Aber wenn ich eine klare Gliederung habe, dann habe ich das Gefühl, dass ich effizienter vorgehen kann und mich auch sicherer fühle."*

Lehrkräfte, die generative KI zur Erstellung von Outputs verwenden, bitten die generative KI, Materialien für sie zu erstellen. In unseren Daten erklären die Lehrkräfte jedoch, dass sie fast immer noch einen Großteil der Materialerstellung selbst vornehmen und die von der generativen KI erstellten Materialien modifizieren oder verbessern. Zum Beispiel bat Lehrerin 6 ChatGPT während

unseres Beobachtungszeitraums, ein Quiz über Bewegungskräfte zu erstellen, und erklärte: *"Ich müsste unbedingt Illustrationen für jede der Fragen einfügen, da viele der SchülerInnen*

In dem Alter, in dem ich unterrichte, ist das Lernen sehr visuell". Ein Highschool-Rechenlehrer erwähnte ebenfalls die Kluft zwischen dem, was er verwenden kann, und dem, was ChatGPT erstellt: *"Das ist das Problem mit der Mathematik - ich verbringe die meiste Zeit damit, diese Notation umzuschreiben ... das ist echt blöd."* Die Nacharbeit bei der Verwendung von ChatGPT zur Erstellung von Inhalten ist zum Teil deshalb notwendig, weil das Tool nicht auf LehrerInnen spezialisiert ist. Neue generative KI speziell für Lehrkräfte (z. B. MagicSchool) könnte dem von Lehrkräften gewünschten Endprodukt näher kommen. Trotz der Einschränkungen von ChatGPT berichteten LehrerInnen in einigen Beispielen unserer Studie, dass sie sofort brauchbare Materialien erhielten: *"Ich denke, das ist fertig. Diese zwei Seiten sind eine perfekte Aufgabe für meine Kinder. Das werde ich ihnen wahrscheinlich morgen geben."* (T17).

4.3. Warum nutzen LehrerInnen generative KI auf unterschiedliche Weise?

Warum nutzen Lehrkräfte generative KI im Laufe des Schuljahres 2023-2024 auf unterschiedliche Weise, obwohl sie über ähnliche Grunderfahrungen verfügen und anfangs mit ihr konfrontiert wurden? Dafür gibt es viele Gründe. Wir beschreiben drei Hauptkategorien des Einflusses auf die Nutzung generativer KI durch Lehrkräfte, die in unseren Daten deutlich werden.

Die Merkmale der generativen KI-Technologie: Generative KI, und insbesondere ChatGPT, ist eine sich entwickelnde Technologie (García-Pen˜alvo und Vázquez-Ingelmo 2023). Eine wichtige Beobachtung ist, dass alle sechs Nutzer mit verbesserter Produktivität im Mai 2024 zunächst mit ChatGPT vertraut waren, *bevor* es im November 2023 aktualisiert wurde. Das Upgrade fügte ChatGPT Plus unter anderem Bilderzeugung und Online-Suche hinzu und verbesserte somit die Fähigkeit der generativen KI, Ergebnisse zu erzeugen, im Vergleich zu vor dem Upgrade. Es ist daher möglich, dass die Lehrkräfte, die vor dem Upgrade damit konfrontiert waren, ein anfängliches Potenzial der generativen KI sowohl für die Bereitstellung von Eingaben als auch für die Erstellung von Ausgaben erkannten, und dass diese anfängliche Wahrnehmung während des gesamten Schuljahres 2023-2024 erhalten blieb. Nach dem Upgrade hingegen richtete sich die Aufmerksamkeit der Lehrkräfte in erster Linie auf die Fähigkeiten zur Erstellung von Outputs. Dies lässt sich mit unseren Daten natürlich nicht überprüfen, aber es ist wichtig zu wissen, dass keine der Lehrkräfte in unserer Studie, die ChatGPT nach dem Upgrade eingesetzt haben, am Ende des Jahres Produktivitätssteigerungen meldeten.

Parallel zu den Änderungen an den Funktionen der Technologie selbst wuchs die öffentliche Rhetorik rund um die Output-Fähigkeiten der generativen KI. So teilte Sal Khan (Gründer der Khan Academy und des generativen KI-Tools Khanmigo) am Neujahrstag 2024 mit: *"Wenn ich ins Jahr 2024 blicke, sehe ich, dass generative KI-Tools 90 % der Verwaltungsaufgaben von Lehrern abnehmen."* Dieses Zitat legt die Erwartung nahe, dass Lehrkräfte generative KI eher für Outputs als für die Suche nach Input nutzen werden. Diese prominente Rhetorik könnte dazu beigetragen haben, dass sich einige Lehrkräfte für den Einsatz generativer KI zur Erzeugung von Output entschieden

haben. Angesichts der gesellschaftlichen und technologischen Betonung der Output-Erzeugung durch generative KI ist es tatsächlich beeindruckend, dass ein Viertel der Lehrer in unserer Stichprobe ein alternatives und ergänzendes Potenzial generativer KI für die Bereitstellung von Input identifiziert hat.

Konkurrierende Anforderungen an Zeit und Energie der Lehrkräfte: Ein weiterer Faktor, der die unterschiedliche Nutzung generativer KI durch die Lehrkräfte zu beeinflussen scheint, ist das Ausmaß, in dem die Lehrkräfte konkurrierenden Anforderungen an ihre Zeit und Energie ausgesetzt sind. Die Integration von generativer KI erfordert eine Anpassung der Routinen und der Art und Weise, wie die Arbeit erledigt wird (Leonardi 2011). Auch wenn dies auf lange Sicht produktiv ist, entstehen kurzfristig Kosten. Für einige Lehrkräfte waren die Kosten für die Anpassung ihrer Routinen und Verhaltensweisen zur Integration generativer KI zu hoch, zumindest für das laufende Schuljahr. Zwei Nicht-Nutzer (Lehrer 20 und 22) fürchteten sich beispielsweise vor den im Januar angekündigten Entlassungen im Bezirk. Dies war einer der Gründe, warum Lehrer 22 aufhörte, generative KI zu nutzen: *"Ich war einer der potenziellen Entlassenen. Und ich wurde abberufen. Und all diese emotionalen Dinge. Neue Dinge zu lernen stand nicht auf meinem Plan. Zu ChatGPT sagte sie: "Eines Tages werde ich das herausfinden, wissen Sie. Dann nächsten Monat oder im Sommer, wenn ich mehr Zeit habe."*

Ein weiteres Problem, das die Zeit und Energie der Lehrkräfte in Anspruch nahm, war die zunehmende nicht genehmigte Nutzung generativer KI durch die Schüler im Schuljahr 2023-2024. Im Juni 2024 erklärte Lehrer 4 (Englisch an einer High School): *"Wir waren einfach beunruhigt über das unglaubliche Tempo, mit dem die generative KI in diesem letzten Schuljahr den Inhalt zu übernehmen schien. Im letzten Jahr [2022-2023] wurde es zwar auch verwendet. Aber es war eine viel geringere Anzahl von Schülern. Und die Schüler, die es letztes Jahr nutzten, schienen es mehr oder weniger einmalig zu verwenden, um im Grunde genommen Arbeit abzukürzen. In diesem Jahr hingegen gibt es Kinder, die es im Grunde als Ersatz für die Schriftsprache verwenden. Oder ihre eigene Schriftsprache, sollte ich wohl sagen."* Darüber hinaus, so teilte er mit, *"waren wir schockiert, wie wenig Interesse die Leitung [der Schule und des Bezirks] daran zu haben schien, dieses Gespräch [über die Nutzung durch die Schüler] wirklich zu führen."* Eine Reihe von Lehrern in unserer Stichprobe - die Lehrer 2, 22 und 24 - berichteten, dass sie aufgrund des zunehmenden Einsatzes generativer KI in ihren Klassen mehr Zeit für die Benotung aufwenden mussten. Insgesamt berichteten die Lehrkräfte in unserer Umfrage von einer Zunahme des Stresses im Zusammenhang mit der Nutzung generativer KI durch Schüler im Schuljahr 2023-2024. Lehrer 4 war einer der Lehrer, die ein höheres Stressniveau angaben. Er setzte generative KI ein, berichtete aber nicht von Produktivitätssteigerungen, zum Teil weil er über die Nutzung durch Schüler beunruhigt war. Er schloss mit folgender Aussage: *"Ich habe das Gefühl, dass dies ein größeres Problem ist als Handys in Schulen. Die Leute regen sich über Handys in der Schule auf. Es gibt eine Vielzahl von Untersuchungen, die zeigen, wie schädlich sie sein können. Und so gibt es langsame Fortschritte bei dem Versuch, den Zugang von Schülern zu sozialen Medien in der Schule zu begrenzen. [Generative KI] fühlt sich viel größer an. Das fühlt sich für das akademische Modell, das wir verwendet haben, viel störender an."* Die Lehrer, die sich nicht verändert haben, sehen also nicht unbedingt keine Veränderungen durch generative KI, nur weil

sie sie nicht für ihre Unterrichtspläne nutzen, sondern weil sie von anderen Umweltereignissen erheblich beeinflusst werden mit und ohne Bezug zur generativen KI.

Ethische Abneigungen: Nicht-Nutzer und einige Nutzer äußerten unterschiedliche Grade und Arten von Abneigung gegen generative KI. Im Mai 2024 fasste Lehrerin 2 (eine Nichtnutzerin) ihre Haltung zum Einsatz von Lehrern zusammen: *"Es*

fühlt sich wie Betrug an." Sie fuhr fort: *"Ich meine, es gibt all diese Klagen, richtig? Die New York Times und all diese anderen Publikationen klagen, weil die [KI-Firmen] vom unentgeltlichen Schreiben professioneller Autoren profitieren."* Ein anderer Nichtnutzer, Lehrer 21, betonte ebenfalls seine Bedenken hinsichtlich der Art und Weise, wie generative KI entwickelt und trainiert wird. In der Folgebefragung im Mai 2024 erklärte er: *"Ich denke, ChatGPT nimmt die Arbeit von Menschen... im Großen und Ganzen, indem es das Internet durchforstet, um darauf trainiert zu werden. Und dann scheint es, als würden große Unternehmen wie OpenAI von dieser Arbeit profitieren. Daher "denke ich, dass [ChatGPT und ähnliche genAI] auf einem ziemlich räuberischen und zerstörerischen Modell basiert, und das ist völlig unabhängig von meinen Bedenken als Lehrer. Konzeptionell ist es schlecht."* Lehrerin 21 fragte sich, was dieses Modell für die Zukunft der generativen KI bedeutet. *"...das derzeitige Internetmodell basiert doch auf Werbung, oder? Aber es sieht so aus, als ob ein Großteil der generativen KI ... nicht einmal mehr auf die Websites geht, von denen das Originalmaterial stammt. Wie sollen diese Websites also bei unserem derzeitigen Finanzierungsmodell Geld verdienen? Und wenn sie kein Geld verdienen, wie sollen sie dann überleben? Und wenn sie nicht überleben, wovon wird sich ChatGPT in Zukunft ernähren, um weiterzumachen? Es scheint eine Schlange zu sein, die sich selbst auffrisst, ohne dass es eine Regulierung gibt. Und es scheint, dass ihr bereits das Material ausgeht, das sie verbrauchen kann."* Selbst Lehrer, die generative KI verwenden, wie z. B. Lehrer 12, äußerten diese Art von Bedenken: *"Ich benutze es manchmal, um eine Liste zu erstellen (5 Hauptgründe für den Revolutionskrieg), aber ich hinterfrage die Quellen."* Zusammenfassend lässt sich sagen, dass die ethische Abneigung auch einen Einfluss darauf zu haben scheint, ob und wie viel generative KI von den Lehrern eingesetzt wird.

5. Abbildung 4 fasst unsere sich **abzeichnende** Theorie des Einsatzes generativer KI in der Rückwärtsplanung zusammen, bei der sowohl die Planung als auch die Ausführung von Arbeit erforderlich ist. Die horizontale Achse zeigt die beiden *generativen KI-Fähigkeiten*. Die eine ist die Fähigkeit, *Outputs* zu erzeugen, die andere ist die Fähigkeit, *Input* zu liefern. Die vertikale Achse ist die *menschliche Reaktion* auf diese verschiedenen Merkmale der generativen KI. Eine Reaktion ist Anziehungskraft. In unseren Daten waren alle Lehrer, die generative KI einsetzten, von den generativen Fähigkeiten zur Erzeugung von Outputs angetan. Allerdings waren nur einige Lehrer, die generative KI einsetzten, von der Fähigkeit, Input zu liefern, angetan. Die Lehrkräfte, die sich von der Fähigkeit der generativen KI, Input zu liefern, angezogen fühlten, waren diejenigen, die die KI nutzten, um Ideen für rückwärts gerichtete Unterrichtspläne zu entwickeln und Sicherheit und Vertrauen zu gewinnen, wenn sie planten, wie und was zu tun ist.

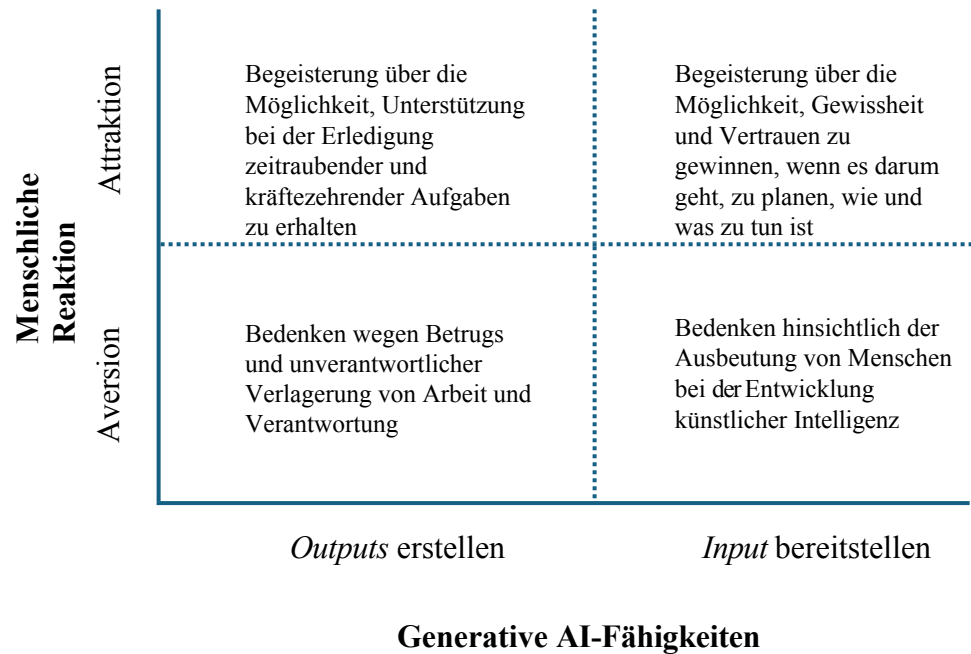
Die Abneigung gegen generative KI war eine weitere menschliche Reaktion, die in unseren Daten deutlich wurde. Die gleichen zwei

Merkmale der generativen KI, die in einigen Fällen Anziehungskraft ausübten, lösten in anderen Fällen Abneigung aus. Die Fähigkeit der generativen KI, Outputs zu erzeugen, weckte die Sorge vor Betrug und unverantwortlicher Abwälzung von Arbeit, während ihre Fähigkeit, Input zu liefern, die

Sorge vor menschlicher Ausbeutung bei der Schaffung generativer künstlicher Intelligenz weckte.

Es gibt zwar kontextbezogene Faktoren, wie die in Abschnitt 4.3 erörterten, die beeinflussen, ob und wie Lehrer generative KI einsetzen, aber es ist schwieriger, genau zu erklären, warum Lehrer unterschiedlich *reagieren*

Abbildung 4 2-by-2 der menschlichen Reaktion auf generative KI für Rückwärtsplanung



in Bezug auf Anziehung und Abneigung. Das liegt zum Teil daran, dass die meisten Lehrkräfte in unserer Studie nicht ohne Weiteres in eine Zelle des Zwei-mal-Zwei-Schemas von Abbildung 4 eingeordnet werden können. Die produktivitätssteigernden Lehrer befinden sich beispielsweise in den beiden oberen Zellen (oben links und oben rechts), was auf ihre doppelte Nutzung der generativen KI zur Erzeugung von Output und zur Suche nach Input hinweist. Lehrerin 11 (Interview mit T_4) erklärte zum Beispiel, dass sie die generative KI sehr schätzt: *"Das ist eines der wichtigsten Dinge - einfach um die Gedanken in Gang zu bringen. Ich denke: Okay, was sind die Dinge, für die sich die Kinder interessieren werden? Denn ich spreche von etwas, das sie zu Tode langweilen wird. Sie werden sich nicht damit beschäftigen, wissen Sie?"* - und auch die Möglichkeiten der Generation *"Ich habe es das ganze Jahr über für Lernhilfen, Tests und Quiz verwendet"*. In der Zwischenzeit befinden sich Nichtnutzer wie die Lehrer 2 und 21 in den beiden unteren Zellen (unten links und unten rechts). Sie sind abgeneigt von allem, was generative KI geben kann (Outputs oder Inputs), ohne dass es für sie attraktiv ist. Die Nutzer generativer KI, die keine Produktivitätssteigerungen melden, scheinen sich interessanterweise hauptsächlich in den beiden Zellen auf der linken Seite der Zwei-mal-Zwei-Tabelle zu befinden: Sie erleben eine Kombination aus Anziehung und Abneigung gegenüber der Fähigkeit der Technologie, Outputs zu erzeugen. Lehrerin 4 erklärte diesen Kampf (Interview vom Juni 2024): *"Die guten Dinge scheinen ziemlich cool zu sein, aber die schlechten Dinge scheinen wirklich schlecht zu sein, oder? Es scheint nicht so, dass die Vorteile einige der Nachteile rechtfertigen."*

6. Schlussfolgerung

Anhand einer Längsschnitt-Fallstudie mit 24 US-amerikanischen Lehrern an öffentlichen Schulen

gibt diese Studie einen umfassenden Einblick in die Auswirkungen generativer KI auf die Arbeit von Lehrern. Lehrer arbeiten rückwärts, d.h. sie

Sie beginnen mit Lernzielen und planen dann die Aufgaben, die sie (und ihre Schüler) zur Erreichung der Ziele durchführen sollten. Bei dieser Art von Arbeitsablauf gibt es zwei Möglichkeiten, wie Lehrkräfte generative KI einsetzen: (i) zur Erstellung von *Outputs*, die für bestimmte Aufgaben erforderlich sind, und (ii) als *Input* für ihre Unterrichtspläne. Lehrkräfte, die generative KI auf beide Arten nutzen, berichten von Produktivitätsgewinnen durch den Einsatz generativer KI. Daraus leiten wir eine Theorie der unterschiedlichen Reaktionen von Lehrkräften (Anziehung oder Abneigung) auf zwei Fähigkeiten generativer KI ab: die Fähigkeit, Inhalte *zu generieren* (Output zu erzeugen) und die Fähigkeit, etwas von ihrer *Intelligenz* zu lernen (Input zu liefern). Es gibt noch viel mehr darüber zu verstehen, wie generative KI die Arbeit im Allgemeinen und die Arbeit von Lehrern im Besonderen beeinflussen wird. Unsere Studie regt dazu an, neue Richtungen zu erforschen, die sich mit den Fähigkeiten generativer KI zur Bereitstellung von Inputs und zur Erzeugung von Outputs befassen, und ganz allgemein mit der Frage, wie der Einsatz generativer KI und das Produktivitätspotenzial je nach Workflow-Struktur variieren.

Referenzen

- Abbas, M., Jam, F. A., und Khan, T. I. (2024). Ist es schädlich oder hilfreich? Untersuchung der Ursachen und Folgen der generativen KI-Nutzung unter Universitätsstudenten. *International Journal of Educational Technology in Higher Education*, 21(1):10.
- Aksin, Z., Armony, M., und Mehrotra, V. (2007). Das moderne Call Center: Eine multidisziplinäre Perspektive auf die Betriebsführungsforschung. *Production and Operations Management*, 16(6):665-688.
- Allon, G., Askalidis, G., Berry, R., Immorlica, N., Moon, K., und Singh, A. (2022). When to be agile: Ratings and version updates in mobile apps. *Management Science*, 68(6):4261-4278.
- Bastani, H., Bastani, O., Sungu, A., Ge, H., Kabakci, Ö., und Mariman, R. (2024). Generative KI kann dem Lernen schaden. *Verfügbar unter SSRN 4895486*.
- Bhargava, H. K. und Mishra, A. N. (2014). Elektronische Krankenakten und die Produktivität von Ärzten: Evidence from panel data analysis. *Management Science*, 60(10):2543-2562.
- Brynjolfsson, E., Li, D., und Raymond, L. R. (2023). Generative ai bei der Arbeit. Technischer Bericht, National Bureau of Economic Research.
- Brynjolfsson, E., Rock, D., und Syverson, C. (2019). Künstliche Intelligenz und das moderne Produktivitätsparadoxon. *The Economics of Artificial Intelligence: An agenda*, 23:23-57.
- Chen, L., Zaharia, M., und Zou, J. (2023). Wie verändert sich das Verhalten von chatgpt im Laufe der Zeit? Common Core State Standards (2010). *National Governors Association: Washington, DC*.
- Corbin, J. und Strauss, A. (2008). Grundlagen der qualitativen Forschung 3e (V. Knight, S. Connelly, L. Habib, K. Wiley, & G. Treadwell eds.).
- Dell'Acqua, F., McFowland, E., Mollick, E. R., Lifshitz-Assaf, H., Kellogg, K., Rajendran, S., Kraymer, L., Candelon, F., und Lakhani, K. R. (2023). Navigating the jagged technological frontier: Field

experimenti- mental evidence of the effects of ai on knowledge worker productivity and quality. *Harvard Business School Technology & Operations Mgt. Unit Working Paper*, (24-013).

- Diliberti, M., Schwartz, H. L., Doan, S., Shapiro, A. K., Rainey, L., und Lake, R. J. (2024). *Einsatz von Werkzeugen der künstlichen Intelligenz in K-12 Klassenzimmern*. RAND.
- Ding, W. W., Levin, S. G., Stephan, P. E., und Winkler, A. E. (2010). Der Einfluss der Informationstechnologie auf die Produktivität und das Kooperationsverhalten von Wissenschaftlern. *Management Science*, 56(9):1439-1461.
- Eisenhardt, K. M. (1989). Theorienbildung durch Fallstudienforschung. *Academy of Management Review*, 14(4):532-550.
- Fischer, M. (2007). Stärkung der empirischen Basis des Operations Management. *Manufacturing & Service Operations Management*, 9(4):368-382.
- Fletcher, R. und Nielsen, R. (2024). Was denkt die Öffentlichkeit in sechs Ländern über die generative KI in den Nachrichten? *Reuters Institute for the Study of Journalism*.
- Freeman, M., Savva, N., und Scholtes, S. (2017). Gatekeepers at work: An empirical analysis of a maternity unit. *Management Science*, 63(10):3147-3167.
- García-Penãlvo, F. und Vázquez-Ingelmo, A. (2023). What do we mean by genai? a systematic mapping of the evolution, trends, and techniques involved in generative ai.
- Glaser, B. und Strauss, A. (1967). *Die Entdeckung der geerdeten Theorie: Strategies for qualitative research*. Routledge: London, UK.
- Greenberg, E., Padhi, A., und Smit, S. (2024). 2024 und darüber hinaus: Wirtschaftliche Stagnation oder produktivitätsgetriebener Wohlstand? *McKinsey & Company*.
- Hacker, P., Engel, A., und Mauer, M. (2023). Regulierung von chatgpt und anderen großen generativen KI-Modellen. In *Proceedings of the 2023 ACM Conference on Fairness, Accountability, and Transparency*, S. 1112-1123.
- Ibanez, M. R., Clark, J. R., Huckman, R. S., und Staats, B. R. (2018). Discretionary task ordering: Queue Management in radiologischen Diensten. *Management Science*, 64(9):4389-4407.
- Jaffe, S., Shah, N., Butler, J., Farach, A., Cambon, A., Hecht, B., Schwarz, M., und Teevan, J. (2024). Generative AI in Real-World Workplaces: The Second Microsoft Report on AI and Productivity Research. Technischer Bericht, Microsoft.
- Kagan, E., Leider, S., und Lovejoy, W. S. (2018). Ideation-execution transition in product development: An experimental analysis. *Management Science*, 64(5):2238-2262.
- Kepler, S., Sinchaisri, P., und Snyder, C. (2024). Making chatgpt work for me. University of Michigan Ross Working Paper.
- Krishnan, V. und Ulrich, K. T. (2001). Produktentwicklungsentscheidungen: A review of the literature. *Management Science*, 47(1):1-21.
- Leake, M. und Lewis, C. (2016). Designing a new system for sharing computer science teaching resources. In *Proceedings of the 19th ACM Conference on Computer Supported Cooperative Work and Social*

- Computing Companion*, CSCW '16 Companion, Seite 321-324, New York, NY, USA. Association for Computing Machinery.
- Leonardi, P. M. (2011). Wenn flexible Routinen auf flexible Technologien treffen: Affordance, constraint, and the imbrication of human and material agencies. *MIS quarterly*, S. 147-167.
- Lo, C. K. (2023). Welchen Einfluss hat Chatgpt auf die Bildung? eine schnelle Überprüfung der Literatur. *Erziehungswissenschaften*, 13(4):410.
- Ng, D. T. K., Lee, M., Tan, R. J. Y., Hu, X., Downie, J. S., und Chu, S. K. W. (2023). Ein Überblick über das Lehren und Lernen mit KI von 2000 bis 2020. *Bildung und Informationstechnologien*, 28(7):8445-8501.
- Noy, S. und Zhang, W. (2023). Experimentelle Beweise für die Produktivitätseffekte der generativen künstlichen Intelligenz. *Science*, 381(6654):187-192.
- Paschkewitz, J. und Patt, D. (2020). Kann KI Ihre Arbeit interessanter machen? *Fragen zu Wissenschaft und Technologie*, 37(1):74-78.
- Patton, M. Q. (2014). *Qualitative Forschung und Bewertungsmethoden: Integrating theory and practice*. Sage Publications.
- Ramdas, K., Saleh, K., Stern, S., und Liu, H. (2018). Abwechslung und Erfahrung: Lernen und Vergessen bei der Verwendung von chirurgischen Geräten. *Management Science*, 64(6):2590-2608.
- Silver, D. (2022). Ein theoretischer Rahmen für die Untersuchung der Lehrplangergänzung von Lehrern. *Review of Educational Research*, 92(3):455-489.
- Wiese, J., Buehler, R., und Griffin, D. (2016). Backward planning: Effects of planning direction on predictions of task completion time. *Judgment and Decision Making*, 11(2):147-167.
- Wiggings, G. P. und McTighe, J. (2005). *Understanding by Design (2. Auflage)*. Association for Supervision and Curriculum Development (ASCD): Alexandria, VA.
- Yin, R. K. (2016). *Fallstudienforschung und Anwendungen: Design and Methods*. SAGE Publications: Los Angeles, CA, 6. Auflage.
- Zagalsky, A., Feliciano, J., Storey, M.-A., Zhao, Y., und Wang, W. (2015). The emergence of github as a collaborative platform for education. In *Proceedings of the 18th ACM Conference on Computer Supported Cooperative Work & Social Computing*, CSCW '15, Seite 1906-1917, New York, NY, USA. Association for Computing Machinery.

Anhang A: T₁ Semi-Strukturiertes Protokoll

Teil 1 (10-15min): Einführung

Erzählen Sie mir, welche Arten von Materialien Sie jede Woche für Ihren Unterricht selbst erstellen.

- Jeden Tag? Jeden Monat? Zu Beginn des Schuljahres?
- Wie lange brauchen Sie dafür?
- Was hältst du davon, diese Dinge zu schaffen? (Sonde: Lieben? Hassen? Skala von 1 bis 10?)
- Bekommen Sie Materialien von jemand anderem - TeachersPayTeachers? Von einem anderen Lehrer?
- Haben Sie jemals ChatGPT/generative KI verwendet, um Ihnen bei der Erstellung eines dieser Materialien zu helfen?
- Gibt es eine Schulpolitik zur ChatGPT-Nutzung durch Lehrer?

Teil 2 (25 Minuten): Beobachtung

ChatGPT-Übung (10 min)

(bei ChatGPT anmelden)

Bitte kopieren Sie die folgenden Eingabeaufforderungen (eine nach der anderen) in ChatGPT.

1. Was ist GPT-4?
2. Ist 17077 eine Primzahl? Überlege Schritt für Schritt und antworte dann.
3. Was sind die wichtigsten Schlagzeilen von heute?
4. Welche bemerkenswerten Ereignisse gab es am 30. Februar 2020?
5. Welche bemerkenswerten Ereignisse gab es am 29. Februar 2020?
6. Erklären Sie die wirtschaftlichen Auswirkungen der COVID-19-Pandemie.
7. Helfen Sie mir, einen einleitenden Absatz für einen Aufsatz zu diesem Thema zu schreiben.
8. Schreiben Sie den Absatz in einer einfacheren Sprache um.
9. Fassen Sie "Stolz und Vorurteil" in einem Absatz zusammen. [Update: Fassen Sie diesen Text in einem Absatz zusammen.
(upload PDF - Kapitel 43 von 'Stolz und Vorurteil')]
10. Bitte geben Sie die gleiche Zusammenfassung in Reimform.
11. Entwerfen Sie einen einfachen Trainingsplan für Anfänger. [Update: Entwerfen Sie einen einfachen Trainingsplan für Anfänger und stellen Sie ihn in Tabellenform dar.]
12. Entwerfen Sie einen einfachen Trainingsplan für Anfänger mit wenig Zeit. [Aktualisierung: Geben Sie ein Diagramm der richtigen Form für eine dieser Übungen an].

Beobachtung mit offenem Ende (15 min)

Wählen Sie eines der Dinge, die Sie zuvor (in Teil 1) erwähnt haben, für die Sie ChatGPT als Hilfe verwenden könnten, und erstellen Sie es von Grund auf. Tun Sie so, als ob Sie versuchen würden, das "fertige Produkt" in 15 Minuten zu erstellen. Sie können neben ChatGPT auch andere Technologien wie Google Docs, Word, Excel, einen Webbrowser usw. verwenden. Es ist in Ordnung, wenn Sie nicht fertig werden können, arbeiten Sie einfach so, wie Sie normalerweise arbeiten würden. Denken Sie daran, dass das Endprodukt in einer Publikation als Beispiel für die Verwendung von ChatGPT durch Lehrkräfte

veröffentlicht werden könnte.

am besten. (3-Minuten-Warnung, wenn die Zeit fast abgelaufen ist)

Teil 3 (10-15 min): Nachbesprechung

- Erzählen Sie mir, wo Sie kreieren.
- Beschreiben Sie, woran Sie vor der Nutzung von ChatGPT gedacht haben.
- Beschreiben Sie, was Sie während der Nutzung von ChatGPT gedacht haben.
- Wie hoch war die Qualität von ChatGPTs Output? (Sonde: Lieben? Hassen? Skala von 1 bis 10?)
- (Falls nicht abgeschlossen) Beschreiben Sie, was Sie sonst noch tun würden, um die Arbeit abzuschließen.
- Würden Sie ChatGPT in der Praxis für so etwas verwenden? Wie ähnlich/unterscheidet sich die Simulation von der Realität?
- Wie nützlich wäre ChatGPT Ihrer Erfahrung nach für Sie in der Praxis?
- Haben Sie weitere Überlegungen, Gedanken oder Fragen?

Anhang B: T₂ (Januar 2024) Fragen zur Umfrage

1. Wie lautet Ihr Name (Vor- und Nachname)?
2. Wie oft haben Sie zum Zeitpunkt unseres Interviews ChatGPT für Ihre Arbeit genutzt?
 - Niemals
 - Gelegentlich (etwa einmal alle paar Monate)
 - Manchmal (etwa einmal im Monat)
 - Häufig (einige Male pro Monat)
 - Immer (etwa wöchentlich oder häufiger)
3. Hatten Sie während unseres Gesprächs klare Ziele oder Vorstellungen davon, wofür Sie ChatGPT in der Phase der offenen Materialerstellung verwenden würden? Haben Sie sich zum Beispiel auf Materialien vorbereitet, die Sie ohnehin bald erstellen müssen?
 - Nein - ich hatte keine klaren Ziele, was ich mit ChatGPT machen wollte; ich wollte es einfach ausprobieren
 - Ich hatte einige Ideen, aber es gab keine spezifischen oder konkreten Materialien, die ich herstellen wollte.
 - Ja - ich habe versucht, Materialien zu erstellen/vorzubereiten, die ich in meinem kommenden Kurs/der nahen Zukunft verwenden kann.
 - Das weiß ich nicht mehr.
4. Wie würden Sie die Ergebnisse bewerten, die ChatGPT während unseres Gesprächs generiert hat?
 - Likert-Skala von 1-5, wobei 1 für "wirklich schlecht/nicht nützlich" und 5 für "wirklich gut/nützlich" steht.
5. Hat das (die Qualität der Ergebnisse) Ihren Erwartungen entsprochen?
 - Likert-Skala von 1-5, wobei 1 für "Viel schlechter als meine Erwartung" und 5 für "Viel besser als meine Erwartung" steht.
6. Wie oft benutzen Sie ChatGPT derzeit für Ihre Arbeit?
 - Niemals
 - Gelegentlich (etwa einmal alle paar Monate)
 - Manchmal (etwa einmal im Monat)
 - Häufig (einige Male pro Monat)
 - Immer (etwa wöchentlich oder häufiger)

Anzeigelogik: Wenn bei Frage 6 "Nie" ausgewählt wurde.

7. Bitte beschreiben Sie, warum Sie ChatGPT nicht für Ihre Arbeit nutzen.
8. Gibt es Funktionen/Merkmale, die Sie sich wünschen und die Sie ermutigen würden, ChatGPT zu benutzen?
9. Bitte bewerten Sie, wie nützlich ChatGPT Ihrer Meinung nach für jede der vier häufigsten Funktionen ist, für die ChatGPT verwendet wird:
 - (a) um Ihr neues Projekt/Ihre neue Aufgabe in Gang zu bringen
 - (b) Dinge für Sie herstellen oder schreiben
 - (c) Ideen zu wiederholen und durchzuarbeiten

- (d) um Informationen zu suchen und zu finden
- Für jede Funktion eine Likert-Skala von 1-5, wobei 1 für "nicht nützlich" und 5 für "sehr nützlich" steht.
10. "Starthilfe für mich": Bitte beschreiben Sie, was Sie von der Nutzung von ChatGPT als Starthilfe für Ihr neues Projekt oder Ihre neue Aufgabe halten.
11. "Für mich machen": Bitte beschreiben Sie, was Sie von der Nutzung von ChatGPT halten, um Dinge für Sie herzustellen oder zu schreiben.
12. "Iterieren Sie für mich": Bitte beschreiben Sie, was Sie von der Verwendung von ChatGPT zur Iteration und Durcharbeitung von Ideen für Ihr Projekt oder Ihre Aufgabe halten.
13. "Für mich finden": Bitte beschreiben Sie, was Sie von der Nutzung von ChatGPT zum Suchen und Finden von Informationen halten.

*Anzeigelogik: wenn bei Frage 6 **nicht** "Nie" ausgewählt wurde.*

7. Wie oft benutzen Sie ChatGPT, um...
- (a)Starthilfe für Ihr neues Projekt/Ihre neue Aufgabe
 - (b)Dinge für Sie herstellen oder schreiben
 - (c)Ideen zu iterieren und auszuarbeiten
 - (d)Informationen zu suchen und zu finden
- Für jede Funktion eine Likert-Skala von 1-5, wobei 1 für "nie" und 5 für "immer" steht
8. Wenn es Funktionen von ChatGPT gibt, die Sie nutzen, die hier aber fehlen, geben Sie diese bitte an und beschreiben Sie, wie/wie oft Sie ChatGPT für diese Funktionen nutzen.
9. Ordnen Sie Ihre bevorzugten "Funktionen" von ChatGPT (1 = am beliebtesten/nützlichsten und 4 = am wenigsten beliebt/nützlich)
- (a)Starthilfe für Ihr neues Projekt/Ihre neue Aufgabe
 - (b)Dinge für Sie herstellen oder schreiben
 - (c)Ideen zu iterieren und auszuarbeiten
 - (d)Informationen zu suchen und zu finden
10. "Starthilfe für mich": Bitte beschreiben Sie, wie Sie ChatGPT als Starthilfe für Ihr neues Projekt oder Ihre neue Aufgabe genutzt haben oder was Sie davon halten.
11. "Für mich machen": Bitte beschreiben Sie, wie Sie ChatGPT benutzt haben oder was Sie von der Benutzung von ChatGPT halten, um Dinge für Sie zu machen oder zu schreiben.
12. "Iterieren für mich": Bitte beschreiben Sie, wie Sie ChatGPT zur Iteration und/oder zum Durcharbeiten von Ideen genutzt haben oder was Sie davon halten.
13. "Für mich finden": Bitte beschreiben Sie, wie Sie ChatGPT zum Suchen und Finden von Informationen genutzt haben oder was Sie davon halten.

Letzte Fragen, für alle Antworten.

14. Haben Sie nach dem Interview noch irgendwelche abschließenden Gedanken zu Ihren Erfahrungen und/oder Ansichten über ChatGPT? Wenn ja, beschreiben Sie sie bitte hier.
15. Nennen Sie bitte alle anderen AI-Tools, die Sie für Ihre Arbeit verwenden.
16. *Fragen zu den Zahlungsmodalitäten.*

Anhang C: T₃ (Mai 2024) Zusätzliche Fragen zur Umfrage

1. (Skala 1 bis 5, wobei 1 = stimme überhaupt nicht zu und 5 = stimme voll und ganz zu) Inwieweit stimmen Sie den folgenden Aussagen zu? Der Einsatz generativer KI hat mir geholfen zu lernen, wie ich besser mit my....
 - (a) vorbereiten.
 - (b) Unterricht.
 - (c) Einstufung.
 - (d) Mailen.

2. (Skala 1 bis 5, wobei 1 = stimme überhaupt nicht zu und 5 = stimme voll und ganz zu) Inwieweit stimmen Sie den folgenden Aussagen zu: Generative KI hat meinen Stress über... erhöht.
 - (a) vorbereiten.
 - (b) Unterricht.
 - (c) Einstufung.
 - (d) Mailen.

3. Wie wirkt sich generative KI derzeit auf die Anzahl der Dinge/Aufgaben aus, die Sie pro Woche erledigen müssen, und zwar für jeden Aspekt Ihrer Arbeit? (*Mehr erledigen, Ungefähr gleich bleiben/keine Veränderung, oder weniger erledigen*)
 - (a) Vorbereiten.
 - (b) Unterricht.
 - (c) Benotung.
 - (d) E-Mailen.

4. Wie wirkt sich generative KI derzeit auf die Gesamtzahl Ihrer wöchentlichen Arbeitsstunden aus? (*Mehr, gleich bleiben/keine Veränderung oder weniger*)
 - (a) Vorbereiten.
 - (b) Unterricht.
 - (c) Benotung.
 - (d) Mailen.

5. Was trifft derzeit für jeden Aspekt der Schülerarbeit auf die Auswirkungen der generativen KI auf die Qualität der Arbeit Ihrer Schüler zu? (*Höhere Qualität, Ungefähr die gleiche Qualität/keine Veränderung, Niedrigere Qualität, NA*)
 - (a) Schreiben - formell
 - (b) Schreiben - informell
 - (c) Selbstständiges Lernen
 - (d) Kritisches Denken
 - (e) Lösung von Problemen
 - (f) Engagement im Klassenzimmer
 - (g) Wissenschaftliches Denken
 - (h) Quantitative/mathematische Fähigkeiten

Anhang D: T₄ (Juni 2024) Fragen zur Folgeumfrage**Fragen für produktivitätssteigernde Lehrer**

1. Sie haben angedeutet, dass Sie einige Produktivitätssteigerungen durch die Verwendung von ChatGPT feststellen [überprüfen Sie, ob sie zustimmen]. Können Sie uns sagen, wie Sie dazu gekommen sind, es auf diese Weise zu nutzen?
 - (a) Ist es sofort passiert?
 - (b) Hat sie sich im Laufe des Jahres verändert?
 - (c) Was haben Sie gelernt?
 - (d) Welchen Rat würden Sie den Distriktleitern geben, wenn Sie wüssten, was Sie jetzt wissen? 2-3 Dinge.
2. Wie denken Sie angesichts dieses AI-Trends über das nächste Schuljahr?
3. Möchten Sie sonst noch etwas mitteilen?

Fragen für Minimalanwender

1. Sie haben angegeben, dass Sie ChatGPT nur noch in geringem Umfang nutzen [überprüfen Sie, ob sie zustimmen]. Können Sie uns sagen, warum Sie ChatGPT weniger oder gar nicht mehr nutzen?
 - (a) Glauben Sie, dass die Technologie schlecht ist, oder ist sie nur schwer zu erlernen?
 - (b) Wie haben sich die Dinge im Laufe des Jahres verändert?
 - (c) Was haben Sie gelernt?
 - (d) Welchen Rat würden Sie den Distriktleitern geben, wenn Sie wüssten, was Sie jetzt wissen? 2-3 Dinge.
2. Wie denken Sie angesichts dieses AI-Trends über das nächste Schuljahr?
3. Möchten Sie sonst noch etwas mitteilen?

Fragen für Nicht-Benutzer

1. Sie haben angedeutet, dass Sie keine ChatGPT/generative KI verwenden [überprüfen Sie, ob sie zustimmen]. Können Sie uns sagen, warum?
 - (a) Wenn/wie hat sich Ihre Perspektive im Laufe des Jahres verändert?
 - (b) Was haben Sie gelernt?
 - (c) Welchen Rat würden Sie den Distriktleitern geben, wenn Sie wüssten, was Sie jetzt wissen? 2-3 Dinge.
2. Wie denken Sie angesichts dieses AI-Trends über das nächste Schuljahr?
3. Möchten Sie sonst noch etwas mitteilen?

Anhang E: Beispiele für staatliche Lernstandards

Tabelle A1 Beispiele für die Common Core State Standards der 5. Klasse in ELA und Mathematik

Standard-Nummer	Standard
CCSS.ELA-LITERACY.L.5.1.A	Erklären Sie die Funktion von Konjunktionen, Präpositionen und Interjektionen in allgemein und ihre Funktion in bestimmten Sätzen.
CCSS.ELA-LITERACY.L.5.4.B	Gemeinsame, der Klassenstufe entsprechende griechische und lateinische Affixe und Wurzeln verwenden als Hinweise auf die Bedeutung eines Wortes (z. B. Foto, Photosynthese).
CCSS.ELA-LITERACY.L.5.3.B	Die Varietäten des Englischen (z. B. Dialekte, Register) vergleichen und gegenüberstellen in Geschichten, Dramen oder Gedichten verwendet.
CCSS.MATH.CONTENT.5.NBT.A.1	Erkennen, dass bei einer mehrstelligen Zahl eine Ziffer an einer Stelle für 10-mal so viel wie an dem Ort zu seiner Rechten und 1/10 dessen, was er an dem Ort zu seiner Linken ausmacht.
CCSS.MATH.CONTENT.5.MD.A.1	Zwischen unterschiedlich großen Standardmaßeinheiten innerhalb einer (z. B. 5 cm in 0,05 m umrechnen) und diese Umrechnungen beim Lösen von mehrstufigen, realen Problemen anwenden.
CCSS.MATH.CONTENT.5.MD.C.5.C	Das Volumen als additiv erkennen. Volumina fester Figuren finden, die aus von zwei sich nicht überschneidenden rechtwinkligen Prismen durch Addition der Volumina der sich nicht überschneidenden Teile und Anwendung dieser Technik zur Lösung von Problemen aus der Praxis.