

Franziska Baier-Mosch & Lukas Schulze-Vorberg

»Künstliche Intelligenz« im eigenen Unterrichtsfach vermitteln

»Will und kann ich das lernen?«

1. Theoretischer Hintergrund

Anwendungen der Künstlichen Intelligenz (KI) durchdringen zunehmend Beruf und Alltag (Diethelm, 2021). Aus diesem Grund erscheint es äußerst relevant, Schüler*innen auf den zukünftigen Umgang mit KI angemessen vorzubereiten. Eine Integration von Inhalten zum Thema KI in Lehrpläne wird zunehmend gefordert (Jaschke et al., 2023). Lehrkräfte haben allerdings wenig Erfahrung mit der Vermittlung von KI-Inhalten allgemein und speziell in ihrem eigenen Fachunterricht (Ciu & Chai, 2020; Lindern & Romeike, 2019). Vor allem ältere Lehrkräfte fühlen sich im Umgang mit digitalen Medien weniger kompetent (Hämäläinen et al., 2021). Was das Geschlecht angeht, sind Frauen in informatischen Studienfächern nach wie vor unterrepräsentiert (Pinkard et al., 2017) und Männer/männliche Lehrkräfte haben positivere Einstellungen gegenüber digitalen Technologien (Cai et al., 2017; Marpa, 2021). Möchte man Lehrkräfte also darauf vorbereiten, Inhalte zum Thema KI in ihrem Unterricht an Schüler*innen zu vermitteln, könnte die Berücksichtigung dieser soziodemographischen Merkmale bei der Gestaltung von Maßnahmen zur Professionalisierung eine Rolle spielen. Alter und Geschlecht von Lehrkräften könnten sich auf die Annahme und Nutzung solcher Lerngelegenheiten auswirken.

Neben soziodemographischen Merkmalen gehen Modelle zur Entwicklung der professionellen Kompetenz von Lehrkräften (z. B. Kunter et al., 2011) und Modelle zum *conceptual change* bei Lehrkräften (z. B. Gregoire, 2003) davon aus, dass kognitive (z. B. Vorwissen) und affektiv-motivationale (z. B. Selbstwirksamkeitserwartung) Voraussetzungen der Lehrkräfte eine entscheidende Rolle für die Verarbeitung und Nutzung von Lerngelegenheiten zur Professionalisierung spielen. Genauer gesagt legen solche Modelle nahe, dass Professionalisierungsmaßnahmen an die unterschiedlichen motivationalen und kognitiven Voraussetzungen von Lehrkräften angepasst werden sollten (Kunter et al., 2011).

Besonders relevant erscheint in diesem Zusammenhang das Conceptual-Change-Modell von Gregoire (2003), das als Ausgangspunkt die Implementation von Reformen durch Lehrkräfte hat. Das Modell geht davon aus, dass das

Vorhandensein beziehungsweise die Abwesenheit von kognitiven und affektiv-motivationalen Ressourcen von Lehrkräften beeinflusst, wie Lehrkräfte Lerngelegenheiten zu innovativen Unterrichtsthemen wie KI wahrnehmen und entsprechend verarbeiten und nutzen (Gregoire, 2003). Persönliche Voraussetzungen der Lehrkräfte wie Selbstwirksamkeitserwartungen und Vorwissen in Hinblick auf ein neues Thema spielen dabei eine besondere Rolle (Gregoire, 2003). Fehlen diese persönlichen Ressourcen und mangelt es an Zeit und Unterstützung (z. B. durch Kolleg*innen; Gregoire, 2003) kann dies zu emotionaler Erschöpfung führen, die wiederum das Gefühl eines Mangels an emotionalen Ressourcen darstellt (Klusmann et al., 2008).

Insgesamt beeinflussen die beschriebenen Ressourcen, inwiefern Lehrkräfte eine Lerngelegenheit als Herausforderung und/oder Bedrohung wahrnehmen (Gregoire, 2003). Dabei sind vor allem eine hohe Selbstwirksamkeitserwartung und das Vorhandensein von Vorwissen mit der Wahrnehmung von Herausforderung verbunden. Herausforderung wird dabei als eher angenehm erlebt und führt zu einer Annäherung an die Lerngelegenheit und einer tiefen Auseinandersetzung mit ihren Inhalten (systematische Verarbeitung; Gregoire, 2003). Das Gefühl der Bedrohung ist hingegen mit Ängsten assoziiert und führt zu einer Vermeidung der Lerngelegenheit und einer wenig systematischen Verarbeitung ihrer Inhalte (Broughton et al., 2013; Gregoire, 2003). Systematische Verarbeitung meint dabei die tiefe Verarbeitung der Inhalte, die mit hoher investierter kognitiver Anstrengung einhergeht (Gregoire, 2003). Ängste und mangelnde Ressourcen (z. B. mangelndes Vorwissen, emotionale Erschöpfung) führen aber auch dazu, dass nicht nur weniger *kognitive Anstrengung* investiert wird (Feldon et al., 2019), sondern auch dazu, dass generell weniger kognitive Ressourcen zur Verarbeitung der Inhalte zur Verfügung stehen (Feuerhahn et al., 2013; Scheiter et al., 2009). Die Lerngelegenheit stellt somit eine höhere *kognitive Belastung* für diese Lehrkräfte dar und die kognitive Verarbeitung der Inhalte fällt schwerer (Krell, 2017; Orru & Longo, 2019).

Einzelne empirische Studien zu den angenommenen Zusammenhängen des Conceptual-Change-Modells von Gregoire (2003) bei Lehrkräften wurden zum Beispiel zu Reformthemen wie Forschendes Lernen (Ebert & Crippen, 2010) oder die Implementation eines kompetenzbasierten Mathematik-Curriculums (Boesen et al., 2014) durchgeführt. Insgesamt können die angenommenen Zusammenhänge des Modells allerdings nur teilweise bestätigt werden oder wurden nicht umfassend untersucht (Peltier, 2022; Wu & Yeziarski, 2023). In der vorliegenden Arbeit sollen die beschriebenen Annahmen auf das Thema KI übertragen und für das Lernen von Lehrkräften in diesem Bereich geprüft werden. Ziel ist es, die relative Bedeutsamkeit der in der Literatur postulierten soziodemographischen und kognitiv-affektiven Merkmale von Lehrkräften zur Vorhersage der kognitiven Anstrengung bei und kognitiven Belastung durch Professionalisierungsmaßnahmen

zu prüfen. Daraus können wichtige Implikationen zur differenzierten Gestaltung solcher Lerngelegenheiten für Lehrkräfte abgeleitet werden.

2. Fragestellung

Die vorliegende Studie untersucht die relative Vorhersagekraft von Alter und Geschlecht, der Selbstwirksamkeitserwartung, der emotionalen Erschöpfung, des Erlebens als Herausforderung und des Erlebens als Bedrohung einer Lerngelegenheit für die investierte *kognitive Anstrengung* und die erlebte *kognitive Belastung* beim Lernen über KI-Inhalte von Lehrkräften.

3. Methode

3.1 Stichprobe

Bei der Stichprobe handelt es sich um eine Gelegenheitsstichprobe von 113 Personen, die als Lehrkraft an hessischen Schulen zum Zeitpunkt der Erhebung tätig waren. 32 der Lehrkräfte befanden sich noch in der Ausbildung. Da es sich um eine Gelegenheitsstichprobe handelt, ist die Verallgemeinerung der Ergebnisse eingeschränkt. Die Rekrutierung der Lehrkräfte erfolgte über eine E-Mail-Einladung. Von den teilnehmenden Lehrkräften waren 66 % weiblich und 34 % männlich. Die Lehrkräfte waren im Mittel 39 Jahre alt ($SD = 12$, min. = 21, max. = 69). 56 % der Lehrkräfte unterrichteten an einem Gymnasium, 15,6 % an beruflichen Schulen, 11,9 % an Haupt- und Realschulen, 9,2 % an Grundschulen und 7,3 % an Förderschulen. Was die unterrichteten Fächer angeht, unterrichteten 50,4 % mindestens eine Sprache (inkl. Deutsch), 46 % unterrichteten mindestens ein naturwissenschaftliches Fach (inkl. Mathematik und Informatik), 42,5 % mindestens ein gesellschaftswissenschaftliches Fach und 14,2 % mindestens ein künstlerisches Fach.

3.2 Design & Durchführung

Bei der Studie handelt es sich um eine Querschnittsstudie, die eine Lerngelegenheit (einen zu lesenden Text) beinhaltete. Die Datenerhebung erfolgte mittels einer Online-Befragung in der Umfragesoftware *EFS Survey* (Unipark, 2022). Die Durchführung dauerte circa 30 Minuten. Die Lehrkräfte beantworteten zunächst Fragen zu ihrer Soziodemographie sowie ihrem Vorwissen und ihrer Erfahrung mit dem Thema Künstliche Intelligenz (KI). Es folgten Fragen zu ihren kognitiven und motivational-emotionalen Voraussetzungen (Selbstwirksamkeitserwartung, Emotionale Erschöpfung) und ihren Emotionen/Wahrnehmungen (Herausforderung, Bedrohung) hinsichtlich der bevorstehenden Lerngelegenheit (Text) zum Thema KI im eigenen Fachunterricht. Anschließend hatten die Lehrkräfte Zeit, einen Text

darüber zu lesen, wie das Thema KI, verknüpft mit Fachinhalten, im schulischen Unterricht vermittelt werden kann. Der Text erläuterte in einzelnen Schritten, wie die Schüler*innen erlernen können, mit der Programmiersprache Scratch (Resnick et al., 2009) einen Chatbot zu programmieren, der zu einem spezifischen Unterrichtsthema Fragen beantwortet. Im Deutschunterricht könnten sich die Schüler*innen zum Beispiel Fragen und Antworten zu einer Lektüre überlegen, die sie gelesen haben und einen Chatbot darauf trainieren, diese Fragen zu beantworten. Der Text umfasste zweieinhalb Seiten und endete mit weiterführenden Links zur Thematik. Entwickelt wurde der Text basierend auf Materialien von Junge Tüftler*innen (2020). Nach dem Lesen des Textes beantworteten die Lehrkräfte Fragen zu ihrer erlebten kognitiven Belastung und kognitiven Anstrengung hinsichtlich des Textes (Krell, 2017).

3.3 Instrumente

Alle relevanten Prädiktoren und Kriterien wurden im Selbstbericht der Lehrkräfte erfasst. Das Alter wurde anhand einer Frage mit offenem Antwortformat erfasst (»Bitte geben Sie Ihr Alter in Jahren an«), das Geschlecht auf einer Nominalskala mit drei Antwortmöglichkeiten (weiblich, männlich, divers). Die anderen Variablen wurden anhand von Items erfasst, die die Lehrkräfte jeweils auf einer Skala von 1 – stimme überhaupt nicht zu bis 6 – stimme voll und ganz zu beurteilen.

Die Erfassung der *Selbstwirksamkeitserwartung* der Lehrkräfte hinsichtlich ihres Umgangs mit technologischen Anforderungen erfolgte anhand von sieben Items basierend auf Schmidt et al. (2009). Ein Beispielitem ist: »Mir fällt es leicht, den Umgang und Einsatz von digitalen Technologien zu erlernen«. Die Skala zeigte eine sehr gute interne Konsistenz: $\alpha = .92$. Der empirische Mittelwert der Skala betrug $M = 4,31$ mit einer Standardabweichung von $SD = 0,93$.

Die *Emotionale Erschöpfung* der Lehrkräfte wurde anhand von 4 Items erfasst, basierend auf Hackman und Oldham (1975) und Merz (1986). Ein Beispielitem ist: »Ich fühle mich von der Arbeit insgesamt überlastet«. Die Skala zeigte eine gute interne Konsistenz: $\alpha = .88$. Der empirische Mittelwert der Skala lag bei $M = 3,13$ mit einer Standardabweichung von $SD = 1,19$.

Die Bewertung der Lerngelegenheit (Text) als *Herausforderung* wurde anhand von 4 Items basierend auf Decker et al. (2017) und Kunter et al. (2016) erfasst. Ein Beispielitem ist: »Der Text über die Integration des Themas KI in meinen Fachunterricht ist eine spannende Herausforderung für mich«. Die Skala zeigte eine sehr gute interne Konsistenz: $\alpha = .92$. Der empirische Mittelwert der Skala lag bei $M = 4,06$ mit einer Standardabweichung von $SD = 1,25$.

Die Bewertung der Lerngelegenheit (Text) als *Bedrohung* wurde anhand von 3 Items basierend auf Decker et al. (2017) und Kunter et al. (2016) erfasst. Ein Beispielitem ist: »Ich mache mir Sorgen, ob ich die Inhalte des Textes zum Thema

KI-Integration in meinen Unterricht verstehen werde.«. Die Skala zeigte eine gute interne Konsistenz: $a = .87$. Der empirische Mittelwert der Skala lag bei $M = 2,67$ mit einer Standardabweichung von $SD = 1,15$.

Die Lehrkräfte beurteilten ihre *kognitive Belastung* und ihre *kognitive Anstrengung* in Hinblick auf den gelesenen Text jeweils anhand von 4 Items basierend auf Krell (2017). Ein Beispielitem für die kognitive Belastung ist: »Der Inhalt des Texts war kompliziert«. Ein Beispielitem für die kognitive Anstrengung ist: »Beim Lesen des Textes habe ich mich wenig bemüht«. Die Skala für die kognitive Belastung zeigte mit $a = .90$ eine gute interne Konsistenz sowie die Skala für die kognitive Anstrengung mit $a = .80$. Der empirische Mittelwert der Skala kognitive Belastung lag bei $M = 2,52$ mit einer Standardabweichung von $SD = 0,90$. Der empirische Mittelwert der Skala kognitive Anstrengung lag bei $M = 3,87$ mit einer Standardabweichung von $SD = 1,01$.

3.4 Datenauswertung

Zunächst wurden bivariate Korrelationen aller Untersuchungsvariablen berechnet, um die einfachen Zusammenhänge der Variablen untereinander zu betrachten. Zur Untersuchung der Forschungsfragen wurden multiple Regressionsmodelle gerechnet, getrennt für die beiden Kriteriumsvariablen kognitive Belastung und kognitive Anstrengung. Trotz der Gelegenheitsstichprobe wurde eine inferenzstatische Auswertung vorgenommen und das Signifikanzniveau auf $.05$ festgesetzt.

4. Ergebnisse

Die bivariaten Korrelationen zwischen den Untersuchungsvariablen lagen überwiegend im geringen ($r = .10$) bis mittleren Bereich ($r = .30$; Cohen, 1988). Die höchsten Korrelationen bestanden zwischen kognitiver Belastung und dem Erleben der Lerngelegenheit als Bedrohung, $r = .45$, $p < .001$ sowie zwischen der Selbstwirksamkeitserwartung und dem Erleben der Lerngelegenheit als Bedrohung, $r = -.46$, $p < .001$.

Zunächst werden die Ergebnisse für die kognitive Belastung berichtet. Als Prädiktoren wurden Alter, Geschlecht, Selbstwirksamkeitserwartung, Emotionale Erschöpfung, das Erleben als Herausforderung und das Erleben als Bedrohung in das Regressionsmodell aufgenommen. Die erklärte Varianz lag bei $R^2 = .34$, $F(6, 100) = 8,45$, $p < .001$. Statistisch signifikante Prädiktoren für die mentale Belastung waren das Alter, $b = .22$, $t(100) = 2,44$, $p = .02$, die Wahrnehmung des Textes als Herausforderung, $b = -.19$, $t(100) = -2,15$, $p = .03$ und die Wahrnehmung des Textes als Bedrohung, $b = .39$, $t(100) = 4,13$, $p < .001$. Dabei empfanden Lehrkräfte mit höherem Alter eine höhere kognitive Belastung durch den Text. Lehrkräfte, die die Beschäftigung mit dem Thema KI als Herausforderung wahrnahmen, emp-

fanden eine geringere Belastung und Lehrkräfte, die die Beschäftigung mit dem Thema KI als Bedrohung wahrnahmen, eine höhere Belastung.

Die Ergebnisse zur kognitiven Anstrengung beim Lesen des Textes fielen anders aus. Die erklärte Varianz des Modells lag bei $R^2 = .11$, $F(6, 101) = 2,02$, $p = .07$. Nur das Geschlecht der Lehrkräfte war ein signifikanter Prädiktor für die kognitive Anstrengung, $b = -.21$, $t(101) = -2,17$, $p = .03$. Männliche Lehrkräfte gaben an, sich mehr angestrengt zu haben als weibliche Lehrkräfte. Keiner der anderen Prädiktoren, das heißt, Alter, Selbstwirksamkeitserwartung, Emotionale Erschöpfung, das Erleben als Herausforderung und das Erleben als Bedrohung, hatte einen signifikanten Effekt auf die kognitive Anstrengung.

5. Diskussion

5.1 Interpretation

Die Ergebnisse zeigen, dass das emotionale Erleben der Lehrkräfte in Hinblick auf eine bevorstehende Lerngelegenheit mit der Verarbeitung und Nutzung dieser Lerngelegenheit zusammenhängt. Das Conceptual-Change-Modell von Gregoire (2003) postuliert, dass die emotionale Bewertung einer Lerngelegenheit als Bedrohung/Herausforderung die investierte *kognitive Anstrengung* bei der Auseinandersetzung mit Reform-Inhalten beeinflusst. In der aktuellen Untersuchung zeigt sich dieser Effekt allerdings vor allem in Hinblick auf die *kognitive Belastung* durch die Lerngelegenheit. Lehrkräfte, die die Lerngelegenheit zum Thema KI im Unterricht als Herausforderung wahrnahmen, empfanden den Text als weniger komplex und anspruchsvoll. Lehrkräfte, die sich davon bedroht fühlten, empfanden den Text hingegen als schwieriger. Letzterer Befund ist in Einklang mit Studien, die zeigen, dass negative Emotionen wie Ängste die kognitive Verarbeitung erschweren, beziehungsweise mit einer höheren wahrgenommenen Schwierigkeit assoziiert sind (Chen & Chang, 2009). Andere kognitive oder affektiv-motivationale Ressourcen waren in der vorliegenden Untersuchung nicht von relativer Bedeutsamkeit.

Neben dem Erleben als Bedrohung und Herausforderung spielten soziodemographische Aspekte der Lehrkräfte eine Rolle. So empfanden ältere Lehrkräfte den Text zum Thema KI als kognitiv fordernder, während sich weibliche Lehrkräfte weniger kognitiv anstrengten bei der Verarbeitung des Textes. Diese Befunde könnten damit erklärt werden, dass ältere Lehrkräfte berichten, in ihrer Ausbildung weniger gut auf den Einsatz von digitalen Technologien allgemein vorbereitet worden zu sein (Hämäläinen et al., 2021). Das dadurch geringere vorhandene Vorwissen könnte erklären, warum älteren Lehrkräften das Verständnis eines Textes zum Thema KI im Unterricht schwerer fällt. Was das Geschlecht angeht, zeigen Studien teilweise, dass weibliche Lehrkräfte und Frauen/Mädchen allgemein negativere Einstellungen und geringeres Interesse an digitalen Technologien und in-

formatischen Inhalten haben (Happe et al., 2021; Lin et al., 2021; Marpa, 2021). Dies könnte die geringere investierte kognitive Anstrengung in der vorliegenden Untersuchung erklären.

5.2 Limitationen

In der vorliegenden Arbeit wurden keine Mediationsmodelle gerechnet, die noch besser die angenommenen Zusammenhänge im Modell (zum Beispiel Selbstwirksamkeitserwartung wirkt sich positiv auf die Wahrnehmung als Herausforderung aus, die sich wiederum positiv auf die systematische Verarbeitung auswirkt) widerspiegeln würden. Dieser Umstand ist der eher kleinen Stichprobe und dem Pilotcharakter der Studie geschuldet. Auch wurde das Vorwissen der Lehrkräfte noch nicht als weitere zentrale Variable in die Analysen mit einbezogen. Der Fokus der Arbeit lag zudem auf der kognitiven Verarbeitung der Lerngelegenheit und nicht auf dem *conceptual change*, also der Untersuchung der Veränderung der Überzeugungen der Lehrkräfte zum Thema KI durch die Lerngelegenheit. Obwohl sich das herangezogene theoretische Modell (Gregoire, 2003) auf solch einen *conceptual change* bezieht, war es Ziel der Untersuchung, zunächst zu zeigen, wie sich mehrere im Modell postulierte Voraussetzungen der Lehrkräfte auf die kognitive Verarbeitung von Inhalten zu einem Reformthema auswirken. Umfassende Untersuchungen zu diesen Modellaspekten fehlen. Sie liefern aber wichtige Implikationen für die Anpassung von Lerngelegenheiten an die Voraussetzungen von Lehrkräften. Um genau diese Implikationen geht es im letzten Abschnitt.

5.3 Implikationen

Der Befund, dass ältere Lehrkräfte und sich bedrohtühlende Lehrkräfte eine höhere kognitive Belastung bei der Verarbeitung der Lerngelegenheit erleben, hat wichtige praktische Implikationen für die Gestaltung von Professionalisierungsmaßnahmen. Für die genannten Gruppen von Lehrkräften sollten Lerngelegenheiten zu KI entsprechend angepasst und darauf geachtet werden, dass die kognitive Belastung für diese Lehrkräfte nicht zu hoch ist. Eine hohe kognitive Belastung (mehr benötigte kognitive Ressourcen) geht mit schlechterer Performanz beim Lernen einher (Chen & Chang, 2009; Krell, 2017). Genauere und kleinschrittigere Erklärungen und die Zusammenarbeit mit jüngeren und in diesem Bereich bereits kompetenteren Lehrkräften (Christodoulou & Angeli, 2022; Clarke et al., 2019) könnten Möglichkeiten sein, um die kognitiven Anforderungen für ältere Lehrkräfte und solche mit negativen Emotionen zu reduzieren. Die erlebte kognitive Belastung könnte außerdem bereits im Vorfeld durch das Ansetzen an den Lehrkraftvoraussetzungen adressiert werden. Im Vorfeld zu Lerngelegenheiten könnten Ängste der Lehrkräfte zum Beispiel durch das Initiieren von Strategien zur

Emotionsregulation, wie die Neubewertung der Situation (Reappraisal), reduziert werden (Hofmann et al., 2009; Morgan & Atkin, 2016).

Auch für weibliche Lehrkräfte sollten Professionalisierungsmaßnahmen entsprechend angepasst werden. Um die investierte Anstrengung von weiblichen Lehrkräften bei der Auseinandersetzung mit KI-Inhalten zu erhöhen, könnte in den Lerngelegenheiten explizit mit weiblichen Rollenmodellen gearbeitet werden und zunächst stärker der Problemlöse- und Design-Aspekt von KI betont werden anstelle von Programmieraspekten (Happe et al., 2021).

Literatur

- Boesen, J., Helenius, O., Bergqvist, E., Bergqvist, T., Lithner, J., Palm, T., & Palmberg, B. (2014). Developing mathematical competence: From the intended to the enacted curriculum. *The Journal of Mathematical Behavior*, 33, 72–87.
- Broughton, S. H., Sinatra, G. M., & Nussbaum, E. M. (2013). »Pluto has been a planet my whole life!« Emotions, attitudes, and conceptual change in elementary students' learning about Pluto's reclassification. *Research in Science Education*, 43, 529–550.
- Cai, Z., Fan, X., & Du, J. (2017). Gender and attitudes toward technology use: A meta-analysis. *Computers & Education*, 105, 1–13.
- Chen, I. J., & Chang, C. C. (2009). Cognitive load theory: An Empirical study of anxiety and task performance in language learning. *Electronic Journal of Research in Educational Psychology*, 7(2), 729–746.
- Chiu, T. K., & Chai, C. S. (2020). Sustainable curriculum planning for artificial intelligence education: A self-determination theory perspective. *Sustainability*, 12(14), 5568.
- Christodoulou, A., & Angeli, C. (2022). Adaptive learning techniques for a personalized educational software in developing teachers' technological pedagogical content knowledge. *Frontiers in Education*, 7, 789397. <https://doi.org/10.3389/educ.2022.789397>
- Clarke, A. J., Burgess, A., van Diggele, C., & Mellis, C. (2019). The role of reverse mentoring in medical education: Current insights. *Advances in Medical Education and Practice*, 10, 693–701. <https://doi.org/10.2147/amep.s179303>
- Cohen, J. (1988). *Statistical power analysis for the behavioral sciences* (2. Aufl.). Erlbaum Associates.
- Decker, A., Kunter, M., Seiz, J., & Wilde, A. (2017). Professionelle Entwicklungsverläufe verstehen – Kinder mit Bildungsrisiken wirksam fördern. In M. Hartmann, M. Hasselhorn, & A. Gold (Hrsg.), *Entwicklungsverläufe verstehen – Kinder mit Bildungsrisiken wirksam fördern: Forschungsergebnisse des Frankfurter IDeA-Zentrums* (S. 455–472). Kohlhammer.
- Diethelm, I. (2021). Informatische Bildung für alle Lehrkräfte – Position des GI-Arbeitskreises » Lehrkräftebildung «. *INFOS 2021–19. GI-Fachtagung Informatik und Schule*.
- Ebert, E. K., & Crippen, K. J. (2010). Applying a cognitive-affective model of conceptual change to professional development. *Journal of Science Teacher Education*, 21, 371–388.
- Feldon, D. F., Callan, G., Juth, S., & Jeong, S. (2019). Cognitive load as motivational cost. *Educational Psychology Review*, 31, 319–337.

- Feuerhahn, N., StamoV-Roßnagel, C., Wolfram, M., Bellingrath, S., & Kudielka, B. M. (2013). Emotional exhaustion and cognitive performance in apparently healthy teachers: A longitudinal multi-source study. *Stress and Health, 29*(4), 297–306.
- Gregoire, M. (2003). Is it a challenge or a threat? A dual-process model of teachers' cognition and appraisal processes during conceptual change. *Educational Psychology Review, 15*, 147–179.
- Hackman, J. R., & Oldham, G. R. (1975). Development of the job diagnostic survey. *Journal of Applied Psychology, 60*, 159–170.
- Hämäläinen, R., Nissinen, K., Mannonen, J., Lämsä, J., Leino, K., & Taajamo, M. (2021). Understanding teaching professionals' digital competence: What do PIAAC and TALIS reveal about technology-related skills, attitudes, and knowledge? *Computers in Human Behavior, 117*, 106672.
- Happe, L., Buhnova, B., Koziolk, A., & Wagner, I. (2021). Effective measures to foster girls' interest in secondary computer science education: A literature review. *Education and Information Technologies, 26*, 2811–2829.
- Hofmann, S. G., Heering, S., Sawyer, A. T., & Asnaani, A. (2009). How to handle anxiety: The effects of reappraisal, acceptance, and suppression strategies on anxious arousal. *Behaviour Research and Therapy, 47*(5), 389–394. <https://doi.org/10.1016/j.brat.2009.02.010>
- Jaschke, S., Klusch, M., Krupka, D., Losch, D., Michaeli, T., Opel, S., Schmid, U., Schwarz, R., Seegerer, S., & Stechert, P. (2023). *Künstliche Intelligenz in der Bildung*. Positionspapier der Gesellschaft für Informatik e. V. (GI).
- Junge Tüftler*innen. (2020). *KI-Campus-Original. Schule macht KI*. <https://ki-campus.org/courses/kischule2020>
- Klusmann, U., Kunter, M., Trautwein, U., Lüdtke, O., & Baumert, J. (2008). Engagement and emotional exhaustion in teachers: Does the school context make a difference? *Applied Psychology, 57*, 127–151.
- Krell, M. (2017). Evaluating an instrument to measure mental load and mental effort considering different sources of validity evidence. *Cogent Education, 4*(1), 1280256.
- Kunter, M., Decker, A.-T., & Seiz, J. (2016). *Proliefs-Online-Studie. Dokumentation der Erhebungsinstrumente [Unveröffentlichtes Dokument]*. Goethe-Universität.
- Kunter, M., Kleickmann, T., Klusmann, U., & Richter, D. (2011). Die Entwicklung professioneller Kompetenz von Lehrkräften. In M. Kunter, J. Baumert, W. Blum, U. Klusmann, S. Krauss, & M. Neubrand (Hrsg.), *Professionelle Kompetenz von Lehrkräften – Ergebnisse des Forschungsprogramms COACTIV* (S. 56–68). Waxmann.
- Lin, P. Y., Chai, C. S., Jong, M. S. Y., Dai, Y., Guo, Y., & Qin, J. (2021). Modeling the structural relationship among primary students' motivation' to learn artificial intelligence. *Computers and Education: Artificial Intelligence, 2*, 100006.
- Lindner, A., Romeike, R., Jasute, E., & Pozdniakov, S. (2019, November 18–20). *Teachers' perspectives on artificial intelligence*. 12th International conference on informatics in schools: Situation, evaluation and perspectives (ISSEP), Larnaca, Cyprus.

- Marpa, E. P. (2021). Technology in the teaching of mathematics: An analysis of teachers' attitudes during the COVID-19 Pandemic. *International Journal on Studies in Education (IJonSE)*, 3(2), 92–102.
- Merz, J. (1986). SAF: Fragebogen zur Messung von dispositioneller Selbstaufmerksamkeit. *Diagnostica*, 32, 142–152.
- Morgan, J., & Atkin, L. (2016). Expelling stress for primary school teachers: Self-affirmation increases positive emotions in teaching and emotion reappraisal. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 13(5), 500. <https://doi.org/10.3390/ijerph13050500>
- Orru, G., & Longo, L. (2019). The evolution of cognitive load theory and the measurement of its intrinsic, extraneous and germane loads: A review. In L. Longo & M. C. Leva (Hrsg.), *Human Mental Workload: Models and Applications: Second International Symposium, H-WORKLOAD 2018, Amsterdam, The Netherlands, September 20–21, 2018, Revised Selected Papers* (S. 23–48). Springer International Publishing.
- Peltier, T. (2022). *Helping preservice teachers understand dyslexia: A study on conceptual change and engagement with three text conditions* [Dissertation]. OU – Dissertations.
- Pinkard, N., Erete, S., Martin, C. K., & McKinney de Royston, M. (2017). Digital youth divas: Exploring narrative-driven curriculum to spark middle school girls' interest in computational activities. *Journal of the Learning Sciences*, 26(3), 477–516.
- Resnick, M., Maloney, J., Monroy-Hernández, A., Rusk, N., Eastmond, E., Brennan, K., Millner, A., Rosenbaum, E., Silver, J., Silverman, B., & Kafai, Y. (2009). Scratch: Programming for all. *Communications of the ACM*, 52(11), 60–67. <https://doi.org/10.1145/1592761.1592779>
- Scheiter, K., Gerjets, P., Vollmann, B., & Catrambone, R. (2009). The impact of learner characteristics on information utilization strategies, cognitive load experienced, and performance in hypermedia learning. *Learning and Instruction*, 19(5), 387–401.
- Schmidt, D. A., Baran, E., Thompson, A. D., Mishra, P., Koehler, M. J., & Shin, T. S. (2009). Technological Pedagogical Content Knowledge (TPACK). *Journal of Research on Technology in Education*, 42(2), 123–149. <https://doi.org/10.1080/15391523.2009.10782544>
- Unipark. (2022). *EFS Survey* (Version EFS Fall 2022). Tivian XI GmbH.
- Wu, M. Y. M., & Yeziarski, E. J. (2023). Secondary chemistry teacher learning: Precursors for and mechanisms of pedagogical conceptual change. *Chemistry Education Research and Practice*, 24(1), 245–262.