



# Künstliche Intelligenz und individuelle Förderung im schulischen Kontext

Prof. Dr. Rebecca Lazarides (Universität Potsdam)

# Heterogene Lerngruppen in Unterricht und Schule

- Heterogenität von Schülerinnen und Schülern - Lernende innerhalb einer Klasse unterscheiden sich in Bezug auf..
  - Geschlecht, Migrationshintergrund, soziale Herkunft, körperliche Beeinträchtigung...
  - Leistung, Motivation, Emotionen ...



# Individualisierung als Möglichkeit des Umgangs mit Heterogenität

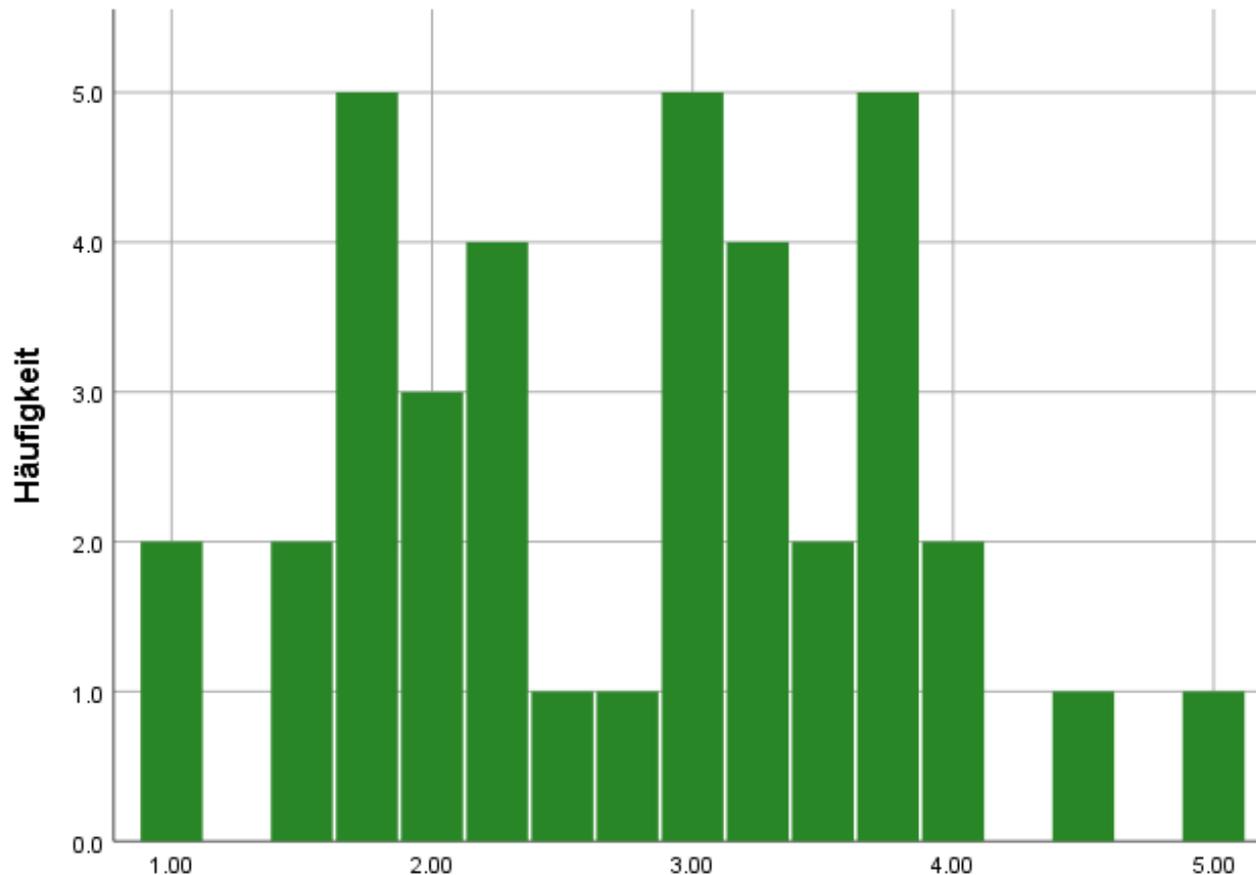
- Als mögliche Antwort auf Heterogenität im Unterricht gilt Anpassung der unterrichtlichen Lernangebote an die Lernvoraussetzungen der einzelnen Schüler (Dumont, 2019)

*„Diese Form der Individualisierung würde im Extremfall bedeuten, dass die Lehrkraft für alle Schüler ein entsprechend passendes Angebot bereithält, also je nach Klassengröße beispielsweise 25 unterschiedliche Angebote«  
(Bohl u. a. 2011, S. 4)*



*„Die Verschiedenheit der Kinder in meiner Klasse führt zu unangemessen hohem Arbeitsaufwand bei der Unterrichtsplanung.“*

Move Studie (Lazarides & Rubach, 2016-2017)



Lehrkräfte ( $n = 45$ ) stimmen eher zu ( $M = 2.91$ ,  $SD = 0.56$ ; Range: 1-5)

Skala „Einstellungen zu Heterogenität“;  
Hartinger et al., 2010;  
1 = stimme nicht zu / 5 = stimme voll zu)

- **Technische Innovationen** wie Big Data, Machine Learning, KI-basierte Systeme ermöglichen effiziente Umsetzung **personalisierter, lernerzentrierter Lehr-Lernprozesse** im schulischen Kontext
  
- **Herausforderungen individualisierten Lernens mit KI-basierten Systemen:** Datenschutz, Lizenzverträge/ schulischer Zugang, technisches Equipment, ethische Fragen, didaktische Einbettung



# Künstliche Intelligenz im schulischen Kontext

**Künstliche Intelligenz** bezeichnet die Fähigkeit einer Maschine, **kognitive Aufgaben auszuführen**, die wir mit dem **menschlichen Verstand** verbinden. Dazu gehören Möglichkeiten zur **Wahrnehmung** sowie die Fähigkeiten zur **Argumentation**, zum **selbstständigen Lernen** und damit zum **eigenständigen Finden von Problemlösungen**.

“the science and engineering of making intelligent machines”

McCarthy, 1955



Leistungsbestandteile der Künstlichen Intelligenz aus Kreutzer & Sirrenberg 2019, S. 4



# Wissensbereiche existieren für Künstliche Intelligenz im schulischen Kontext?

**Adaptive Lernsettings** durch wiederholte Leistungs-Assessment (z.B. Lerndauer, Schwierigkeitsgrad, Aktivitätsniveau etc.)

**Personalisierte Lernwege, Hilfestellungen und Lernziele** durch kontinuierliche Messung, Analyse und Berichterstattung von Daten über Lernende

**Hilfestellungen, Kommunikation und Dialog**

**Automatisierte Rückmeldung und Bewertung, z.B. von Schülerlösungen**



**Diagnostik:**  
Aussagen zu individuellen Qualifikationsbedarfen  
**Unterstützung:**  
Individualisierte Hilfestellungen

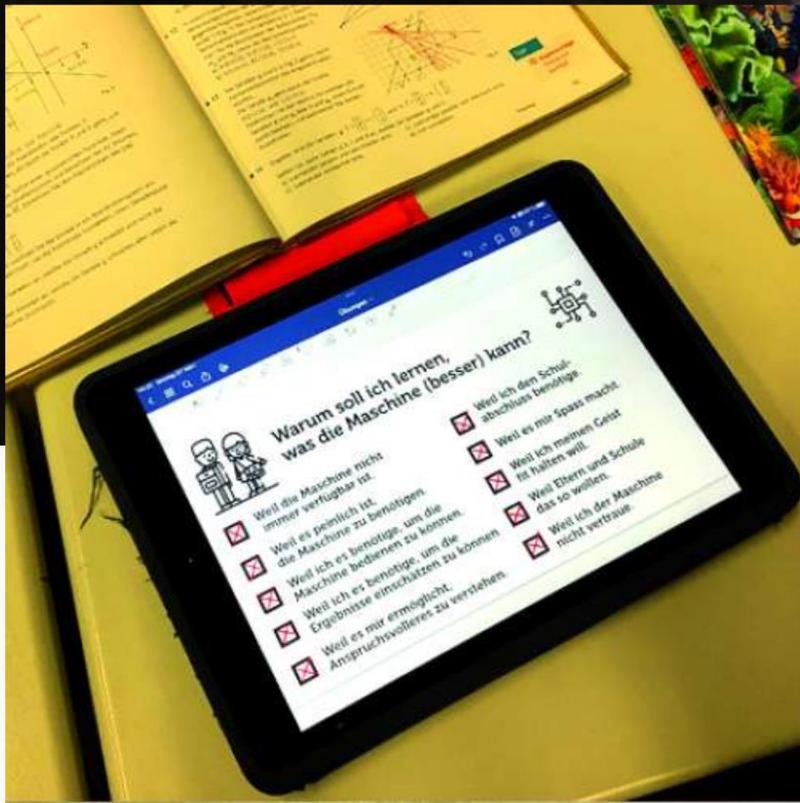
**Klassifikation und Vorhersage:**  
Nutzung persönlicher Daten (z.B. individuelle Leistungsdaten, Testergebnisse), hohe Anforderungen an Datenschutz

**Spracherwerb; Individuelle Wissensanfragen:** textliche oder sprachbasierte Dialog- und Interaktionsformen

Häufig genannte KI-Technologien in der schulischen Bildung



# Blick in die Praxis: Welche Einsatzbereiche existieren für Künstliche Intelligenz im schulischen Kontext?



## KI in der Schule

Das Kollegium des Friedrich-Gymnasiums Freiburg hat sich in einer Gesamtlehrerkonferenz im Juli 2023 mit dem Thema „Künstliche Intelligenz im Unterricht“ beschäftigt. Nach einem Vortrag, einer KI-Tool-Erprobungsphase und der anschließenden Diskussion wurde beschlossen, dass alle FG-Lehrerinnen und -Lehrer einen datenschutzkonformen Account zur Nutzung von KI-Tools für den Unterricht erhalten. Die Lehrerinnen und Lehrer können innerhalb ihres FG-Accounts ein virtuelles Klassenzimmer eröffnen und dort je nach Bedarf verschiedene KI-Tools für Schülerinnen und Schüler freischalten. Die Lernenden erhalten über einen Link oder QR-Code Zugriff auf die ausgewählten KI-Werkzeuge. Der Schülerzugang kann zur Bearbeitung des jeweiligen Arbeitsauftrags sowohl im Unterricht als auch zu Hause genutzt werden.

Zur Auswahl stehen derzeit (Stand 07/2023):

- KI-Assistenz für Texte (ChatGPT)
- KI-Assistenz für Bilder (Dall-E)
- KI-Assistenz für Personen
- KI-Assistenz für Sprache
- KI-Assistenz für Dokumente
- Kollaborativer Texteditor mit KI-Copilot

<https://fg-freiburg.de/fg/seiten/ki.php>

# Bücher und Hefte waren gestern

3. Juli 2023, 15:59 Uhr | Lesezeit: 4 min



Digitale Unterrichtsmittel werden auch am Gymnasium Gröbenzell standardmäßig eingesetzt. (Foto: Gymnasium Gröbenzell)

"Außer sentimentalischen Erinnerungen an Kreidefinger und Overheadprojektoren vermissen ich nichts an den analogen Lernmitteln", sagt Judith Kusche, seit 2018 Lehrerin am Gymnasium Gröbenzell. An der Schule werden nämlich seit dem vergangenen Schuljahr iPads im Unterricht verwendet. Kreidetafeln, Projektoren und sogar Hefte gehören jetzt der Vergangenheit an. Das Heft findet man digital auf dem Tablet. Einträge und Arbeitsblätter verschickt der Lehrer mit Air-Drop, Präsentationen werden mit Apple-TV vorgetragen.

<https://www.sueddeutsche.de/muenchen/fuerstenfeldbruck/digital-unterricht-whiteboard-schule-modellprojekt-1.5993721>

# EGB-Projektwoche Robotik & Künstliche Intelligenz

Text: *Detlef Steppuhn*

Fotos: *Sabine Kröger (Abbildung 1) und Detlef Steppuhn (Abbildung 2-4)*

Die EGB-Projektwoche-Robotik und das Projekt „personalisiertes Lernen und Förderung der Lernmotivation durch den Einsatz von KI und Robotik im Unterricht“ der Uni Potsdam am Erich-Gutenberg-Berufskolleg waren im Schuljahr 2021/22 ein voller Erfolg!

Bereits im letzten Jahr nahmen in einer Projektwoche im Juli 2021 ca. 60 Schüler des EGB aus den Bildungsgängen Berufsfachschule und Zweijährige Berufsfachschule unter Anleitung der Mitarbeiter der Uni Potsdam an einem Projekt im „Exzellenzcluster Science of Intelligence“ (einem Kooperationsprojekt der TU Berlin, der HU Berlin und der Universität Potsdam) auf der Grundlage der Lerntechnologie „Betty's Brain“ teil (s. Abbildung 1).

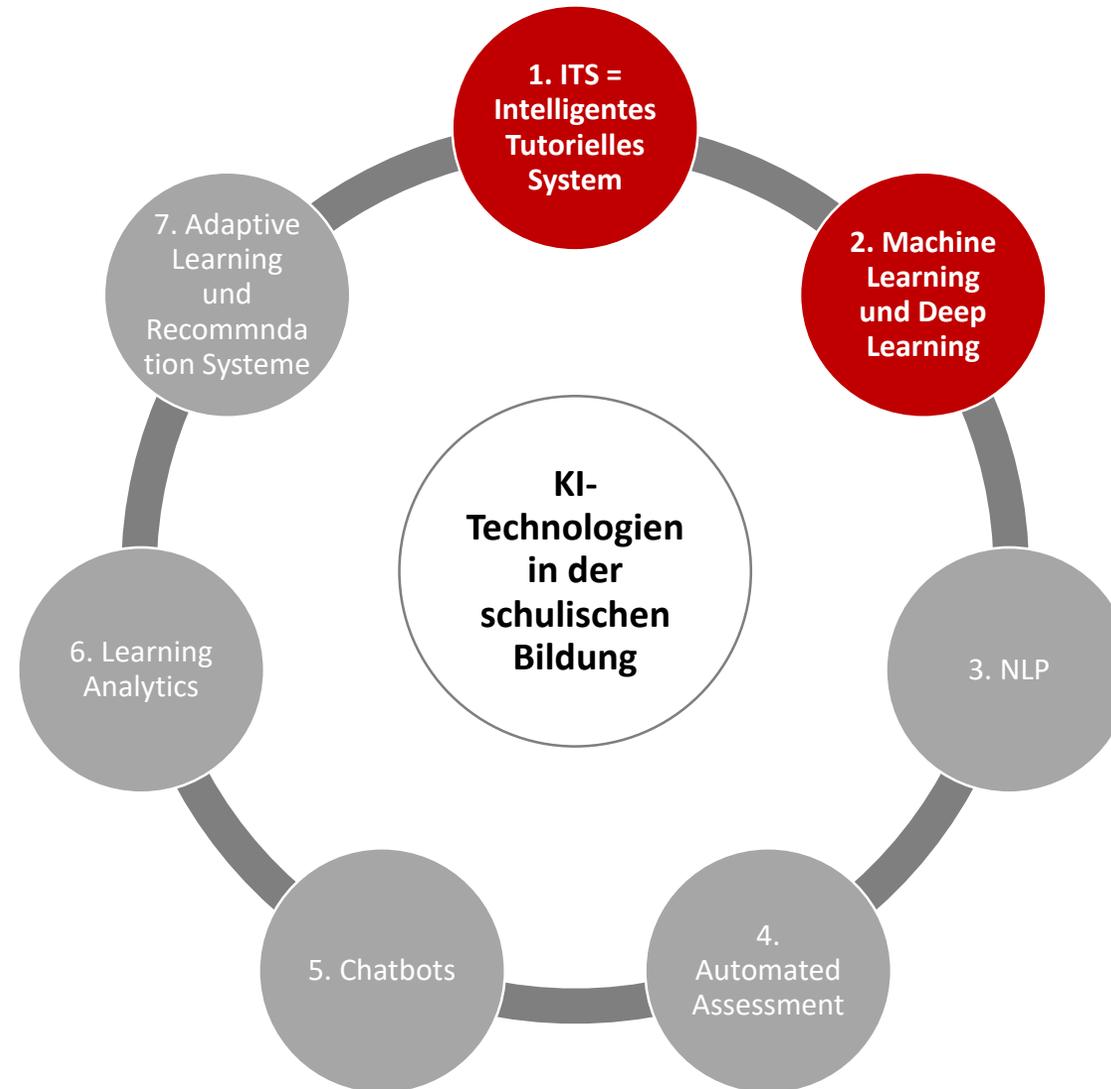


Abbildung 1: v.l.n.r. Mitstreiter EGB: Kai Seifert, Dr. Karin Huse, Detlef Steppuhn - Mitstreiter Uni Potsdam: PEPPER, Dr. Johann Chevalère mit COZMO, Anja Henke, Volia Taliaronak, Josephine Gehrke.

der beiden Bildungsgänge Höhere Berufsfachschule und der Kaufleute im E-Commerce. Ziel

[https://www.uni-potsdam.de/fileadmin/projects/schulpaedagogik/Dokumente/Bericht\\_EGB\\_PW\\_Robotik\\_KI.pdf](https://www.uni-potsdam.de/fileadmin/projects/schulpaedagogik/Dokumente/Bericht_EGB_PW_Robotik_KI.pdf)

# Blick in die Forschung: Welche Einsatzbereiche existieren für Künstliche Intelligenz im schulischen Kontext?



# Was ist ein Intelligentes Tutorielles System (ITS)?

1. ITS = Intelligent  
Tutoring Systems

„[...] adaptive Mediensysteme, die sich ähnlich einem menschlichen Tutor an die kognitiven Prozesse des Lernenden anpassen sollen, indem sie die Lernfortschritte und -defizite analysieren und dementsprechend das Lernangebot generativ modifizieren sollen.“ [Issing, Klimsa 1997, 555]

## Verbreitete Beispiele

- Dialogisches Lernen (z.B. Autotutor; Graesser et al., 2004)
- Lernen durch Lehren (z.B. Betty's Brain; Biswas et al., 2015)
- Spontane Adaptivität basierend auf Heuristik "trial and error" (z.B. Area9)
- Digitales Übungsbuch mit Hilfestellung (z.B. Bettermarks; Weich et al., 2021)

KI-  
Technologien in  
der schulischen  
Bildung

# Empirische Befunde

## Welche Effekte haben ITS auf den Lernerfolg?

- **Positive schwache Effekte** ( $g = 0.01$  to  $g = 0.09$ ) im Vergleich ITS und regulärem Unterricht (K-12; Steenbergen-Hu & Cooper, 2013)
- **Positive, moderate Effekte** – und sig. stärkere Effekte - im Vergleich zu lehrergelenktem Unterricht in großen Gruppen ( $g = .42$ ), keine sig. Unterschiede zwischen ITS und Kleingruppeninstruktion ( $g = .05$ ) (Ma et al., 2014)

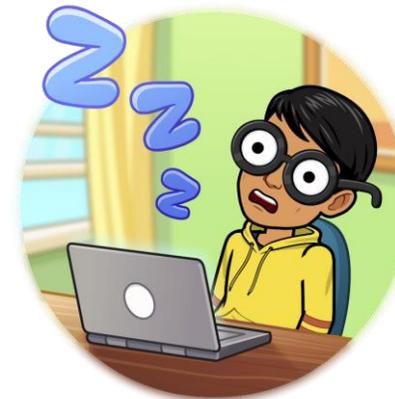


# Unter welchen Bedingungen sind ITS besonders effektiv?

**Wer profitiert (eventuell) nur bedingt?**

**Lernende mit geringer Emotionsregulation:** länger frustriert und gelangweilt; Lernende mit hoher Emotionsregulation: beinahe doppelt so hoher Lernzuwachs (Rebolledo-Mendez et al., 2022)

**Größere Effekte für leistungsstarke** als für leistungsschwache Lernende (Steenbergen-Hu & Cooper, 2013), **Effekte zeigen sich in anderen Metaanalysen nicht** (Ma et al., 2014)



# Unter welchen Bedingungen sind ITS besonders effektiv?

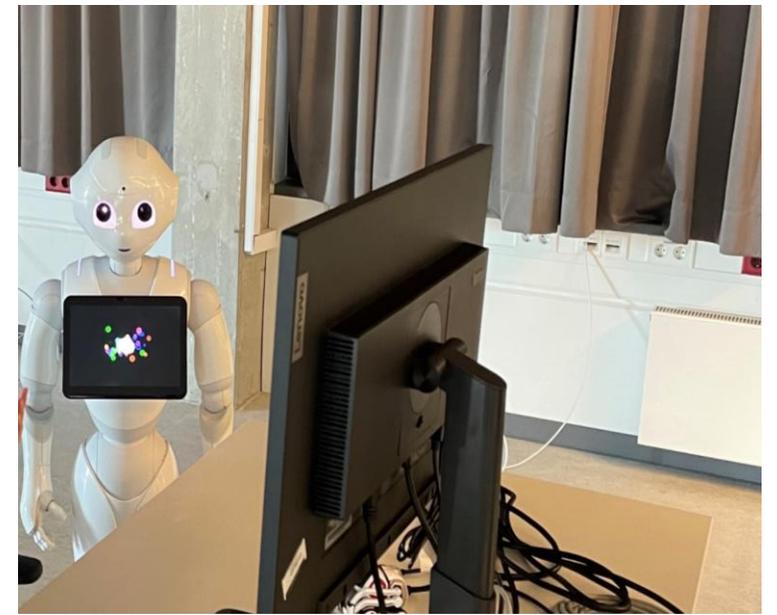
## Welche Integrationsmethoden sind effektiv?

Höhere Effekte ( $g = .46-.53$ ) wenn ITS für **separate Aktivitäten während der Unterrichtszeit** und für **Hausaufgaben** genutzt wurden ( $g = .46-.53$ ) als in Studien, in denen ausschließlich das ITS zur Anleitung des Lernprozesses genutzt wurde ( $g = .32$ ; Ma et al., 2014)

Effekte von ITS sind größer, wenn ITS mit dem **Lernen in großen Gruppen** ( $g = .37$ ) oder mit **Lernen mit Textbüchern oder Arbeitsheften** ( $g = .30$ ) verglichen wird, nicht aber, wenn man ITS und Lernen mit **individueller Lernunterstützung** vergleicht ( $g = -.11$ )

# Lernroboter im Klassenzimmer

- Lernroboter werden bereits im **Bereich des Sprachenlernens** eingesetzt (z.B. Van den Berghe et al. 2019)
- Roboter werden z.B. im Einzelunterricht als Ergänzung zu bereits angebotenen Förderprogrammen zum Erwerb der deutschen Sprache erprobt (Projekt L2TOR der Uni Bielefeld; Projektverbund KISS der Uni Potsdam)



# Lernroboter im Klassenzimmer

- Empirische Befunde: Lernroboter fördern effektiv Lernfreude (Kennedy et al., 2015) und Leistung (Belpaeme et al., 2018)
- **Limitationen aktueller Lernroboter:**
  - Spracherkennungssysteme sind nicht ausgereift
  - noch nicht geeignet um Kindern Sprachen individualisiert zu vermitteln
    - Lehrkraft kann den Lernfortschritt des Kindes beim Sprachenlernen engmaschig diagnostizieren, Roboter nicht



*„Das größte Risiko liegt aus meiner Sicht darin, dass Algorithmen trainiert werden müssen. Die Informationen, die ihnen gefüttert werden, stammen von Menschen, das heißt, sie können vorurteilsbehaftet sein. Wenn ich etwa in meinen Trainingsdaten Jungen und Mädchen unterschiedlich beurteile, dann kann es sein, dass auch am Ende das maschinell lernende System Jungen und Mädchen verschieden bewertet. [...]. **Das System ist also immer nur so gut wie die Informationen, die wir hineingeben.**“*

Prof. Dr. Ilka Wolter  
Universität Bamberg



<https://www.campus-schulmanagement.de/magazin/risiken-und-potentiale-von-algorithmenbasiertem-feedback-im-unterricht>

RE

chat GPT kennst Du Adornos Text "Theorie der Halbbildung"?



Als KI-Sprachmodell habe ich keinen direkten Zugriff auf spezifische Texte oder Literatur, aber ich wurde auf der Grundlage eines umfangreichen Datensatzes trainiert, der eine Vielzahl von Texten und Informationen umfasst, die bis zu meinem Wissensstichtag im September 2021 verfügbar waren. Meine Kenntnisse basieren auf den Informationen, die in diesem Datensatz enthalten sind.

Zu meiner Ausbildungszeit, bis September 2021, habe ich jedoch keinen spezifischen Text von Theodor W. Adorno mit dem Titel "Theorie der Halbbildung" identifiziert. Es ist möglich, dass es einen solchen Text gibt, aber er war mir zum Zeitpunkt meiner Ausbildung nicht bekannt.

# Welche Voraussetzungen braucht die Nutzung von KI-Systemen an Schulen?



- **Rahmenlehrpläne** Aufbereitung der Inhalte, um hohe Passfähigkeit an Rahmenplan zu ermöglichen
- **Lehrkräftefortbildungen** Lehrkräften brauchen Kenntnisse, Fähigkeiten und Fertigkeiten im Umgang mit KI
- **Datenschutz** Berücksichtigung grundlegender Prinzipien des Datenschutzes
- **Ethische Aspekte** Lehrkräften und Lernende haben Grundlagenkenntnisse zu ethischen Aspekte (verzerrte Trainingsdaten; Falschinformationen) im Umgang mit KI
- **Technische Rahmenbedingungen** Technische Ausstattung und Unterstützung für Schulen und Lernende

# Welche Voraussetzungen braucht die Nutzung von KI-Systemen an Schulen?

- **Kompetenzorientierung** kompetenzorientierte Vermittlung fachspezifischer Inhalte in KI-basierten Lernsettings
- **21st century skills** In welchen Lernsettings werden (demokratische) Werte und Normen vermittelt, wenn Individualisierung das neue Paradigma schulischer Lernprozesse darstellt?
- **Unterrichtsinhalte** Lernende brauchen Kenntnisse, Fähigkeiten und Fertigkeiten im Umgang mit KI

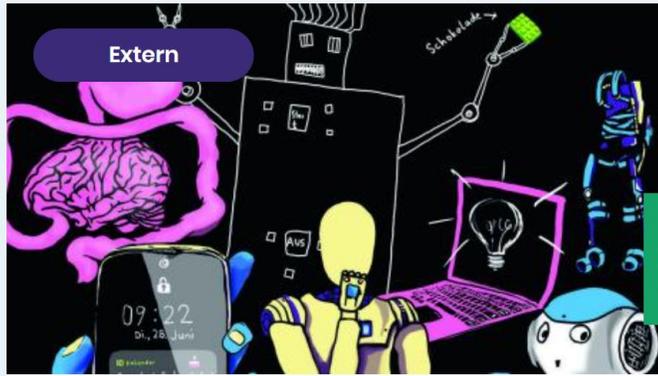


# Fazit

- KI-basierte Systeme entlasten Lehrkräften durch formatives Assessment, automatisches und individuelles Feedback und personalisierte Lernpfade – die Systeme ersetzen Lehrkräfte jedoch nicht
- KI-basierte Systeme eröffnen Schüler:innen Chance, selbstorganisierter und selbstregulierter zu lernen
- Wissenschaftliche Befunde gehen einher mit **Empfehlungen der SWK (2023)** zur Erhöhung von (digital unterstützten) Selbstlernzeiten, vor allem in der gymnasialen Oberstufe
- Notwendigkeit begleitender **wissenschaftlicher Evaluation** (jenseits von gefühltem Lernerfolg und Selbstberichten) zum tatsächlichen Kompetenzzuwachs
- Zentrale Bedeutung **sorgfältiger didaktischer Planung** der Integration von KI-basierten Systemen in das Lerngeschehen

# Hier können Sie Weiterlesen....

 **KI-Campus**  
BETA



KURS

## Schokoroboter und Deepfakes

Tübingen AI Center

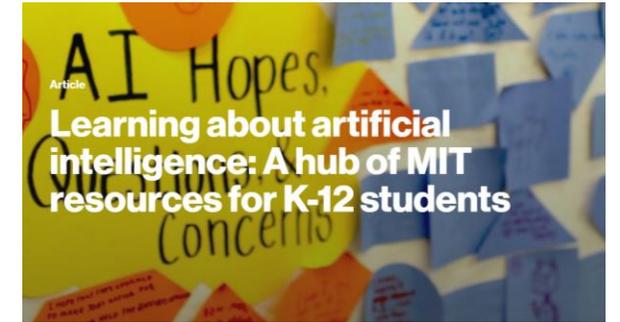
<https://ki-campus.org/>



<https://www.campus-schulmanagement.de/magazin/adaptiver-unterricht-tipps-beispiele-digitale-medien>

<https://www.netzwerk-digitale-bildung.de/blog/chancen-und-risiken-von-ki-im-klassenzimmer/>

<https://deutsches-schulportal.de/unterricht/ki-area9-kuenstliche-intelligenz-im-klassenraum/>



By MIT Media Lab

<https://www.media.mit.edu/>

# Lernrobotern

<https://www.uni-potsdam.de/de/schulpaedagogik/projekte-in-forschung-und-lehre/forschungsprojekte/scioi-project-31>

<https://www.egb-koeln.de/index.php/aktivitaeten-aktuelles/917-egb-startet-in-die-ki-zukunft-mit-betty-s-brain>

<https://www.uni-potsdam.de/de/schulpaedagogik/projekte-in-forschung-und-lehre/forschungsprojekte/exzellencluster-science-of-intelligence-teilprojekt-motiviert-lernen-mit-social-learning-companions/sclol-wissenschaftler>

<https://www.uni-potsdam.de/de/schulpaedagogik/projekte-in-forschung-und-lehre/forschungsprojekte/exzellencluster-science-of-intelligence-teilprojekt-motiviert-lernen-mit-social-learning-companions/sclol-lehrkraefte>



# Appendix: Zusatzfolien

# Welche Arten KI-gestützter Bildungstechnologien existieren?

## Wissensbasierte KI

- System nutzt Wissensbasis (Expert:innenwissen; Datenbanken) zur Lösung komplexer Probleme und Ableitung neuer Erkenntnisse
- Vorteile: Keine explizite Sammlung (personenbezogener) Daten
- Z.B. **intelligente Tutorielle Systeme für spezifische Schulfächer**

## Datensbasierte KI

- System lernt aus Beispieldaten Muster, die auf unbekannte Daten angewendet werden (zB zur Vorhersage von Lernerfolg)
- Vorteile: Hohe Vorhersagegüte bei Klassifikationsentscheidungen
- **Personalisierte Lernprogramme**, die Daten über die Lernfortschritte nutzen, um individualisierte Lernpfade und Inhalte zu erstellen



# KI-basierte virtuelle Klassenzimmer

## Anwendungsbeispiele:

- **KI-basierte Schulbücher**, die erkennen, ob Lernende Gelesenem folgen können – bleiben Blicke sehr lange an einer Passage, werden alternative Informationen eingespielt oder vertiefendes Wissen präsentiert → Gesichtserkennung (*TU Kaiserslautern & DFKI*)
- **KI-basierte Klassen**, in denen tagesaktuelle Stundenpläne für Lernende je nach erfasstem Leistungsstand entwickelt werden -> deep learning (*US middle schools*)

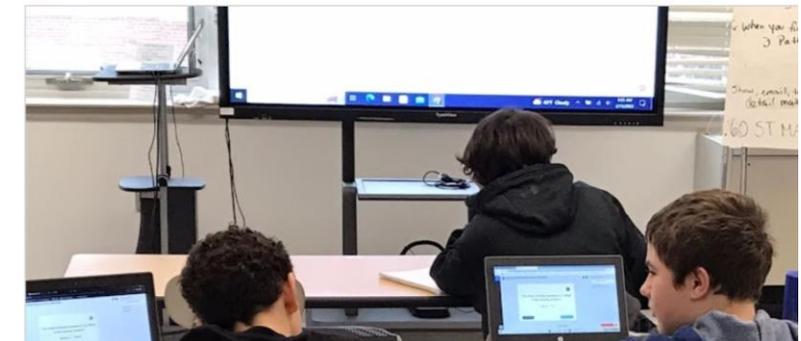
## Herausforderungen der Implementierung von KI-basierten Lernumgebungen im Unterricht

- **Lernmotivation ist nicht systeminhärent** – muss von Lehrkräften zusätzlich gefördert werden
- Effektive Nutzung der Schüler:innendaten zur **Diagnostik, Entwicklung individualisierter Lernpfade und Feedbackprozesse** braucht **effektive schulische Konzepte**

<https://www.dfk1.de/web/news/cebit-2017-das-intelligente-schulbuch-foerdert-schueler-durch-neuartige-sensortechnik>  
○ **Datenschutz** im Umgang mit Schüler:innendaten; **ethische Aspekte**

Artificial intelligence comes to Middle School math c

By Wes Cipolla - [editor@warehamweek.com](mailto:editor@warehamweek.com) - Mar 13, 2023



# Appendix: Tabellen zu Effektstärken aus den beiden Metaanalysen zu ITS

Table 1  
*Overall Mean Effect and Mean Effect Sizes for Comparison Treatments*

Overall effect	<i>N</i>	<i>k</i>	Effect size		95% CI		Test of heterogeneity							
			<i>g</i> +	<i>SE</i>	Lower	Upper	<i>Q<sub>B</sub></i>	<i>df</i>	<i>p</i>	<i>I<sup>2</sup></i> (%)				
Fixed-effect model	14,321	107	0.36*	0.02	0.32	0.39	390.52	106	<.001	0.73				
Random-effects model	14,321	107	0.41*	0.04	0.34	0.48								
Comparison treatments	<i>N</i>	<i>k</i>	Random-effects model				Fixed-effect model							
			Effect size		95% CI		<i>Q<sub>B</sub></i>	<i>p</i>	Effect size		95% CI		<i>Q<sub>B</sub></i>	<i>p</i>
<i>g</i> +	<i>SE</i>	Lower	Upper	<i>g</i> +	<i>SE</i>	Lower			Upper					
Type of instruction							27.54	<.001					27.35	<.001
Large-group human instruction	11,296	66	0.44*	0.05	0.35	0.53			0.37*	0.02	0.33	0.41		
Small-group human instruction	184	4	0.05	0.28	-0.50	0.61			0.10	0.16	-0.21	0.41		
Individual human instruction	404	5	-0.11	0.10	-0.31	0.10			-0.11	0.10	-0.31	0.10		
Individual CBI	1,034	15	0.57*	0.11	0.34	0.79			0.47*	0.06	0.34	0.59		
Individual textbook or workbook	1,403	17	0.36*	0.09	0.18	0.53			0.30*	0.06	0.19	0.41		

Note. CI = confidence interval; CBI = computer-based instruction.

\*  $p < .05$ .

Table 2

*Weighted Mean Effect Sizes for Characteristics of Intelligent Tutoring Systems (ITS)*

Moderator variables	N	k	Random-effects model						Fixed-effect model					
			Effect size		95% CI		$Q_B$	p	Effect size		95% CI		$Q_B$	p
			g+	SE	Lower	Upper			g+	SE	Lower	Upper		
Type of ITS							4.18	.52					36.37	<.001
Model tracing	5,970	21	0.35*	0.07	0.22	0.47			0.25*	0.03	0.20	0.31		
Constraint-based modeling	569	7	0.24	0.16	-0.08	0.56			0.20*	0.09	0.03	0.37		
Bayesian network modeling	1,417	10	0.54*	0.10	0.35	0.73			0.52*	0.06	0.41	0.63		
Expectation and misconception tailoring	142	3	0.34	0.35	-0.35	1.02			0.24	0.18	-0.12	0.59		
Other	4,425	53	0.44*	0.06	0.32	0.56			0.44*	0.03	0.38	0.50		
Not reported	1,798	13	0.40*	0.10	0.20	0.59			0.43*	0.05	0.32	0.54		
ITS intervention							2.41	.79					32.38	<.001
Principal instruction	4,505	35	0.37*	0.07	0.23	0.51			0.32*	0.03	0.26	0.38		
Integrated class instruction	4,045	15	0.33*	0.08	0.17	0.49			0.25*	0.03	0.18	0.31		
Separate in-class activities	1,939	24	0.47*	0.10	0.27	0.67			0.53*	0.05	0.43	0.62		
Supplementary after-class instruction	933	8	0.43*	0.11	0.22	0.64			0.36*	0.07	0.23	0.48		
Homework	2,480	15	0.45*	0.07	0.32	0.59			0.46*	0.04	0.38	0.54		
Not reported	419	10	0.48*	0.13	0.23	0.74			0.47*	0.10	0.27	0.66		
Feedback provided?							4.55	.10					13.53	<.001
No	1,411	10	0.54*	0.15	0.25	0.83			0.40*	0.05	0.30	0.51		
Yes	11,728	86	0.42*	0.04	0.34	0.50			0.37*	0.02	0.33	0.41		
Not reported	1,182	11	0.21*	0.10	0.02	0.41			0.15*	0.06	0.04	0.27		
Model misconception?							0.02	.99					5.14	.08
No	1,508	21	0.40*	0.07	0.27	0.54			0.39*	0.05	0.29	0.49		
Yes	9,911	58	0.40*	0.05	0.31	0.49			0.33*	0.02	0.29	0.37		
Not reported	2,902	28	0.42*	0.10	0.23	0.61			0.43*	0.04	0.35	0.51		

Table 5

## Testing for Moderators of the Adjusted Overall Effect Sizes

Variable	<i>k</i>	Fixed				Random			
		<i>g</i>	95% CI	$Q_b$	$p_b$	<i>g</i>	95% CI	$Q_b$	$p_b$
Subject				9.10**	.003			1.62	.204
Basic math	9	.11	[.04, .19]			.11	[-.05, .28]		
Algebra	7	-.05	[-.13, .02]			-.03	[-.19, .12]		
ITS duration				13.88**	.001			14.71**	.001
One school year or longer <sup>a</sup>	10	-.02	[-.07, .04]			-.08	[-.20, .05]		
One semester	2	.06	[-.13, .24]			.06	[-.13, .24]		
Short term	5	.52	[.24, .79]			.52	[.24, .79]		
ITS duration (further analysis)				6.48*	.011			7.40**	.007
One school year of longer	10	-.02	[-.07, .04]			-.08	[-.20, .05]		
Less than one school year	7	.19	[.04, .34]			.29	[.06, .53]		
Sample achievement level				9.24**	.002			1.31	.253
General students	14	.04	[-.02, .09]			.05	[-.06, .16]		
Low achievers	3	-.18	[-.32, -.05]			-.16	[-.49, .18]		
Schooling level				14.29**	.001			3.07	.215
Elementary school	3	.41	[-.01, .84]			.42	[-.04, .89]		
Middle school	4	.09	[.01, .17]			-.004	[-.20, .19]		
High school	8	-.09	[-.17, -.02]			-.01	[-.19, .16]		
Schooling level (further analysis)				3.61	.057			3.19	.074
Elementary school	3	.41	[-.01, .84]			.42	[-.04, .89]		
Secondary school	14	.001	[-.05, .05]			-.01	[-.13, .10]		
Sample size				12.49**	.002			2.77	.251
Less than 200	6	.18	[-.06, .43]			.24	[-.11, .59]		
Over 200 but less than 1000	8	-.08	[-.16, .01]			-.06	[-.20, .09]		
Over than 1,000	3	.09	[.01, .16]			.06	[-.10, .22]		
Sample size (further analysis)				2.03	.154			1.96	.162
Less than 200	6	.18	[-.06, .43]			.24	[-.11, .59]		
Over 200	11	-.001	[-.05, .05]			-.02	[-.14, .09]		
Research design				.92	.338			1.09	.296
Quasi-experimental	9	-.06	[-.20, .08]			.17	[-.16, .50]		
True experimental	8	.02	[-.04, .07]			-.01	[-.11, .08]		
Year of data collection				2.31	.315			.715	.699
Before 2003	3	-.08	[-.25, .08]			-.08	[-.25, .08]		
Between 2003–2005	4	.03	[-.04, .10]			-.07	[-.33, .19]		
Between 2006–2010	8	-.03	[-.12, .05]			.00	[-.13, .14]		
Year of data collection (further analysis)				.79	.375			.53	.468
Before 2006	7	.01	[-.05, .08]			-.08	[-.26, .10]		
2006 and after	8	-.03	[-.12, .05]			.004	[-.13, .14]		
Counterbalanced testing				8.89**	.003			.44	.507
No	12	-.08	[-.16, -.004]			-.01	[-.17, .14]		
Yes	5	.08	[.01, .14]			.06	[-.09, .21]		
Report type				.69	.407			1.98	.160
Peer-reviewed journal	6	-.04	[-.17, .08]			.23	[-.11, .57]		
Nonjournal	11	.02	[-.04, .07]			-.03	[-.15, .09]		

Note. CI = confidence interval;  $Q_b$  denotes the heterogeneity status between all subcategories of a particular variable under testing; ITS = intelligent tutoring system.

<sup>a</sup>This subcategory included one study in which the ITS intervention lasted more than one school year.

\*  $p < .05$ ; \*\*  $p < .01$ .