

Marvin Roski¹
 Anett Hoppe²
 Sarah Dannemann³
 Stefan Dietze⁴
 Ralph Ewerth^{2,5}
 Gunnar Friege¹
 Ivana Marenzi⁵
 Eirini Ntoutsis⁵
 Sascha Schanze¹
 Andreas Nehring¹

¹Leibniz Universität Hannover
²Leibniz Informationszentrum für Technik und
 Naturwissenschaften
³Rheinische Friedrich-Wilhelms-Universität Bonn
⁴Heinrich-Heine-Universität Düsseldorf
⁵Forschungszentrum L3S, Leibniz Universität Hannover

Unterstützung von Lehr-Lern-Prozessen durch maschinelles Lernen - ein systematisches Review -

Einleitung

Die Integration von Verfahren des maschinellen Lernens ist in vielen gesellschaftlichen Bereichen fortgeschritten. Auch über die Einbindung der Verfahren in Lehr-Lern-Prozesse wurde in den letzten Jahrzehnten eine Fülle von Forschungsarbeiten publiziert. Eingebettet in das Promotionskolleg LernMINT¹ (www.lernmint.org) (LernMINT 2019) soll das systematische Review eine Übersicht über derartige Arbeiten liefern und die interdisziplinäre Kommunikation fördern. Auf Grundlage des PRISMA-Statements (Moher, Liberati, Tetzlaff & Altman 2009) wurden aus elf Literaturdatenbanken und 27 Fachzeitschriften bzw. Konferenzen insgesamt 11 878 Publikationen identifiziert und eine Auswahl einer kategorienbasierten Analyse unterzogen. 71 Artikel wurden als relevant eingestuft.

Forschungsfragen

Insgesamt sieben Forschungsfragen, die sich übergeordnet in drei Gruppen einteilen lassen (siehe Tab. 1), ermöglichen zu Beginn von LernMINT eine systematische Übersicht über den aktuellen Stand der Forschung und fördern die interdisziplinäre Kommunikation zwischen der Naturwissenschaftsdidaktik und der Informatik.

Tabelle 1: Forschungsfragen eingeteilt in übergeordnete Kategorien.

Naturwissenschaftsdidaktische Forschungsfragen	Forschungsfragen zum maschinellen Lernen	Forschungsfragen über Datenschutz und Ethik
FF1: Welchen naturwissenschaftlichen Hintergrund haben die identifizierten Arbeiten?	FF4: Welche Verfahren des maschinellen Lernens werden bei der Implementierung der Systeme verwendet?	FF6: Inwiefern besteht ein Hinweis darauf, dass Aspekte des Datenschutzes bei der Erhebung berücksichtigt werden?

¹ Das Ziel des interdisziplinären Promotionsprogramms LernMINT ist es, die Chancen, Begrenzungen und Risiken des datengestützten Lehrens und Lernens zu erforschen. Im Fokus werden die gezielte Entwicklung und fachdidaktische Evaluierung von datengestützten, intelligenten Methoden und deren sinnvolle Einbeziehung in den Unterricht der MINT-Fächer stehen. LernMINT wird im Rahmen des Niedersächsischen Promotionsprogramms gefördert (Ministerium für Wissenschaft und Kultur, Niedersachsen).

FF2: Welche Ziele können durch aktuelle Systeme für die Analyse und Förderung naturwissenschaftlicher Lehr-Lern-Prozesse verfolgt werden?

FF7: Inwiefern liegen Hinweise vor, dass durch das System des maschinellen Lernens ethische Bedenken entstehen?

FF3: Inwiefern werden in den Arbeiten naturwissenschaftliche Theorieelemente angewendet?

FF5: Durch welches methodische Vorgehen werden Daten für das maschinelle Lernen und für die naturwissenschaftsdidaktische Auswertung erhoben?

Methodisches Vorgehen

Das methodische Vorgehen basiert auf zwei verschiedenen Ansätzen der systematischen Literaturrecherche. Die erste systematische Literaturrecherche wurde durch die interdisziplinäre Autorengruppe, bestehend aus Anett Hoppe, Sarah Dannemann, Stefan Dietze, Ralph Ewerth, Gunnar Friege, Ivana Ntousi, Sascha Schanze und Andreas Nehring, initiiert und konzentriert sich auf elf Literaturdatenbanken.

Auf diese Vorarbeit aufbauend erfolgt der zweite Verfahrensansatz von Marvin Roski, bei dem 27 Konferenzen und Fachzeitschriften im Mittelpunkt standen. Innerhalb des zweiten Ansatzes wurde das methodische Vorgehen des ersten übernommen und adaptiert.

Nachdem die recherchierte Literatur in einem mehrstufigen Prozess anhand von Ein- und Ausschlusskriterien selektiert wurde, folgt auf Basis des finalen Literaturkorpus eine induktive Kategorienbildung nach Mayring (2000), um eine umfassende Beantwortung der Forschungsfragen aus dieser Wissensextraktion zu ermöglichen.

Ausgewählte Ergebnisse

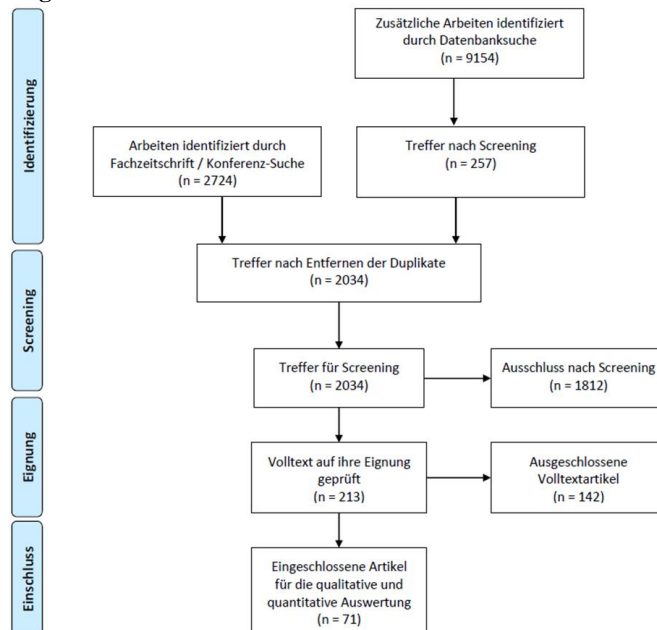


Abbildung 1: Flow-Chart des PRISMA-Statements (in Anlehnung an Moher et al. (2009)).

Forschungsfrage 3: Inwiefern werden in den Arbeiten naturwissenschaftliche Theorieelemente angewendet?

Das Ergebnis zeigt, dass 57,7 % der Arbeiten (n = 41) keine fundierten naturwissenschaftsdidaktischen Theorieelemente aufgreifen und vermehrt allgemeingültige Theorieelemente heranziehen, die Lehr-Lern-Prozesse beschreiben. Beispiele sind das ‚5-step model of tutoring‘ von Graesser und Person (1994) oder selbstreguliertes Lernen. 5,6 % der identifizierten Arbeiten (n = 4) weisen Theorieelemente auf, die keine Lehr-Lern-Prozesse beschreiben. Naturwissenschaftsdidaktische Theorieelemente lassen sich in 36,6 % (n = 26) der Arbeiten finden.

Es zeigte sich, dass der Umfang an verschiedenen naturwissenschaftsdidaktischen Theorieelementen breit ist, da insgesamt sechs verschiedene identifiziert wurden. Die Verteilung konzentriert sich aber hauptsächlich auf die beiden Kategorien ‚Scientific Inquiry‘ (n = 10; 34,5 %) und ‚Mentale Modelle / Conceptual Change‘ (n = 10; 34,5 %). Es folgen ‚Scientific Models / Externe Repräsentationen‘ (n = 4; 13,8 %), ‚Scientific Literacy‘ (n = 2; 6,9 %), ‚Scientific Reasoning‘ (n = 2; 6,9 %) und ‚Nature of Science‘ (n = 1; 3,4 %).

Forschungsfrage 4: Welche Verfahren des maschinellen Lernens werden bei der Implementierung der Systeme verwendet?

Der größte Teil aller verwendeten maschinellen Lernverfahren sind überwachte Verfahren (n = 71; 76,5 %). Genauer handelt es sich dabei um Bayes-Klassifikation (n = 17; 18,3 %), Entscheidungsbäume (n = 14; 15,1 %), instanzbasierte Klassifikation (n = 9; 9,7 %), Regressionsalgorithmen (n = 21; 22,6 %) und neuronale Netzwerke (n = 10; 10,8 %). Unüberwachte Lernverfahren (n = 9) mit einer Verteilung von 10,8 % sind deutlich weniger anzutreffen. Bei acht Arbeiten (8,6 %) ist eine genaue Aufschlüsselung der verwendeten Lernverfahren nicht möglich. Dies liegt daran, dass entsprechende Arbeiten zum Teil auf Programme verweisen, die eine große Auswahl an maschinellen Lernverfahren im Portfolio beinhalten. Beispiele sind LightSIDE² oder WEKA³. Kaum vorhanden sind die sogenannten ‚Teachable Agents‘ (n = 3; 3,2 %) und das bestärkende Lernen (n = 1; 1,1 %).

² <http://www.cs.cmu.edu/~cprose/LightSIDE.html> (zuletzt abgerufen am 30.09.2020).

³ <https://www.cs.waikato.ac.nz/~ml/weka/> (zuletzt abgerufen am 30.09.2020).

Literaturverzeichnis

- LernMINT (2019). Datengestützter Unterricht in den MINT-Fächern: Nds. Promotionsprogramm. <https://lernmint.org/> (zuletzt abgerufen am 30.10.2020)
- Mayring, P. (2000). Qualitative Inhaltsanalyse. Forum: Qualitative Sozialforschung, 1(2)
- Moher, D., Liberati, A., Tetzlaff, J. & Altman, D. G. (2009). Preferred reporting items for systematic reviews and meta-analyses: the PRISMA statement. PLoS medicine, 6(7), e1000097