

Automatisierte, adaptive Aufgabentrainings

Einleitung

Wir stellen die fachdidaktische Grundlage, die Konzeption sowie empirische Ergebnisse adaptiver, selbstlernender Online-Trainings für Mathematikaufgaben vor. Diese reagieren individuell auf einen Nutzer und schlagen abhängig von dessen vorherigen Antworten neue Übungsaufgaben vor. Sie vereinen Erkenntnisse der Fachdidaktik mit denen des Maschinellen Lernens (Götz & Wankerl, i. V.) und wurden im optes-Kurs (Roos et al., 2019) in fünf elementaren Themengebieten an der DHBW Mosbach eingesetzt. Dabei erlauben fachdidaktische Modelle grundlegenden Wissens und Könnens es, einen Algorithmus zu implementieren, der bereits bei kleinen Nutzerzahlen sinnvolle Empfehlungen aussprechen kann. Die erste Pilotdurchführung eines Arithmetik-Trainings wurde in Götz und Wankerl (i. V.) beschrieben und der dort gewonnene Minidatensatz wurde in Wankerl, Götz & Hotho (2019) analysiert und simuliert.

Modelle grundlegenden Wissens und Könnens

In Anlehnung an Pinkernell et al. (2017) lassen sich für die Themengebiete Arithmetik (Schönwälder, Pinkernell & Götz, 2019), funktionale Zusammenhänge und Geometrie mit dem Schwerpunkt Messen (Ullrich, Schönwälder & Hamich, 2018) Modelle grundlegenden Wissens und Könnens entwickeln.

| Sinnstiftender Umgang mit Elementen der Arithmetik | WISSEN | KÖNNEN | | |
|---|--|--|---|--|
| | | TRANSFORMIEREN | STRUKTURIEREN | INTERPRETIEREN |
| ZAHLEN UND GRÖSSEN | (1) Bezeichnungen und Umformungsregeln angeben und erkennen | (2) innerhalb einer numerischen Darstellungsform wechseln | (3) innerhalb einer numerischen Darstellungsform vergleichen | (8) innerhalb mathematischer Darstellungen wechseln |
| TERME | | (5) eine (passende) Umformungsregel anwenden | (4) Anwendbarkeit einer passenden Umformungsregel erkennen | |
| | | (6) vereinfachend umformen (auch effizient) | | |
| | | (7) mit Ungenauigkeiten umgehen | | |

Abb. 1: Modell des Wissens und Könnens für Arithmetik

Konzeption und Umsetzung der adaptiven Trainings

Algorithmen für bisher bekannte Empfehlungssysteme auf Basis künstlicher neuronaler Netze (Zhang et al., 2019) können auf sehr große Datensätze zurückgreifen. Dies ist im vorliegenden Fall einer mathematischen Online-Plattform nicht gegeben. Um dies zu kompensieren binden wir fachdidaktische Erkenntnisse aus den Modellen zu grundlegendem Wissen und Können in den Algorithmus ein. Zuerst werden alle Übungsaufgaben den Aspekten des Modells zugeordnet, wobei Aufgaben, die zum selben Aspekt gehören, eine didaktische Nähe aufweisen. Ebenso gibt es Paare von Aspekten, die eine größere Nähe zueinander aufweisen als andere. Dies lässt sich mithilfe eines assoziierten Graphen darstellen: Aspekte sind als Knoten dargestellt und direkte Kanten zwischen zwei Aspekten symbolisieren eine größere Nähe zueinander. Der Graph hat eine farbliche Codierung: Blau steht für drei, Grün für vier und Rot für fünf von einem Aspekt ausgehende Kanten. Allen Kanten derselben Farbe wird die gleiche Übergangswahrscheinlichkeit zugeordnet, so dass mithilfe des Graphen der Aspekt der nachfolgenden Aufgabe stochastisch bestimmt wird. Wird eine Aufgabe zu einem Aspekt richtig gelöst, dann ist die Chance, innerhalb dieses Aspekts zu bleiben geringer und diejenige, bei einem benachbarten zu landen größer. Wird sie falsch gelöst, so ist die Wahrscheinlichkeit beim Aspekt zu bleiben erhöht. Dadurch wird gewährleistet, dass einerseits ausreichend ähnliche und passende Aufgaben geübt werden, ohne zu einer zu großen Monotonie zu gelangen. Gewinnt das System zunehmend an Daten, wird es sich schrittweise von diesem Graphen lösen und verbesserte Zusammenhänge zwischen Nutzern, Aufgaben und Aspekten erkennen und nutzen.

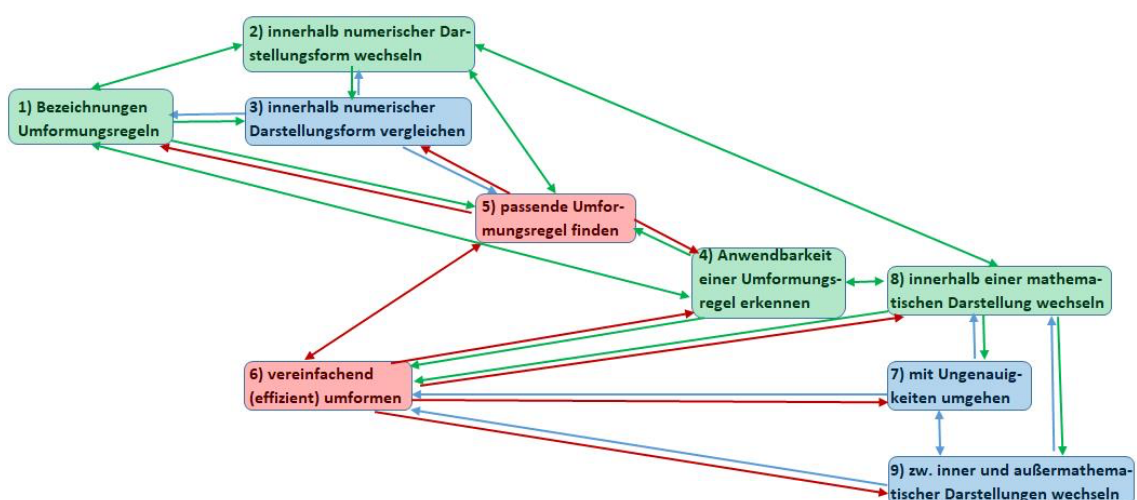


Abb. 2: Assoziierter Graph für die Aspekte der Arithmetik

Erste empirische Erkenntnisse

Ab Ende Oktober 2019 führte eine Gruppe von StudienanfängerInnen des Standorts Mosbach der Dualen Hochschule Baden-Württemberg Mosbach adaptive Aufgabentrainings für Arithmetik, Gleichungen, Funktionen, Geometrie und Potenzen-Wurzeln-Logarithmen durch. Diese waren eine vertiefende und ergänzende Maßnahme nach der Teilnahme an Brückenkursen. Vor der Teilnahme musste ein Eingangstest mit insgesamt 37 elementarisierenden Testitems aus obigen Themengebieten beantwortet werden. Sie decken sowohl alle wesentlichen fachlichen, als auch die in den Abbildungen für Arithmetik exemplarisch gezeigten fachdidaktischen Aspekten des Wissens und Könnens ab. Nach dessen Abschluss gab es ein individuelles Feedback und zeitgleich wurden die Lernmodule inklusive der adaptiven Trainings zur Nutzung freigeschaltet. Obwohl wir den Einstiegstest als zielführend und sinnvoll erachten, lässt sich aus der geringen Nutzerzahl von 22 ableiten, dass sich Studierende eher von einem Test abschrecken lassen. Dies fällt insbesondere im Vergleich zu unserem letzten Pilotversuch (Wankerl, Götz & Hotho, 2019) auf, bei dem kein Eingangstest vorgeschaltet wurde und alle TeilnehmerInnen direkt auf den Bereich Arithmetik geführt wurden. Insgesamt wurden 696 Fragen beantwortet, wobei 279 auf den Bereich Arithmetik und 198 auf den Bereich Potenzen-Wurzeln-Logarithmen fielen. Aufschlussreich erscheint uns insbesondere die Analyse über die Aktivität einzelner Studierender, wobei wir uns hier auf die Arithmetik beschränken wollen. Von den 15 TeilnehmerInnen des Arithmetiktrainings weisen sechs eine sehr geringe Aktivität (weniger als fünf bearbeitete Aufgaben) auf. Da für diese aber zusätzlich die sieben items der Arithmetik aus dem Eingangstest berücksichtigt werden können, müssen sie aus zukünftigen Analysen nicht herausgenommen werden.

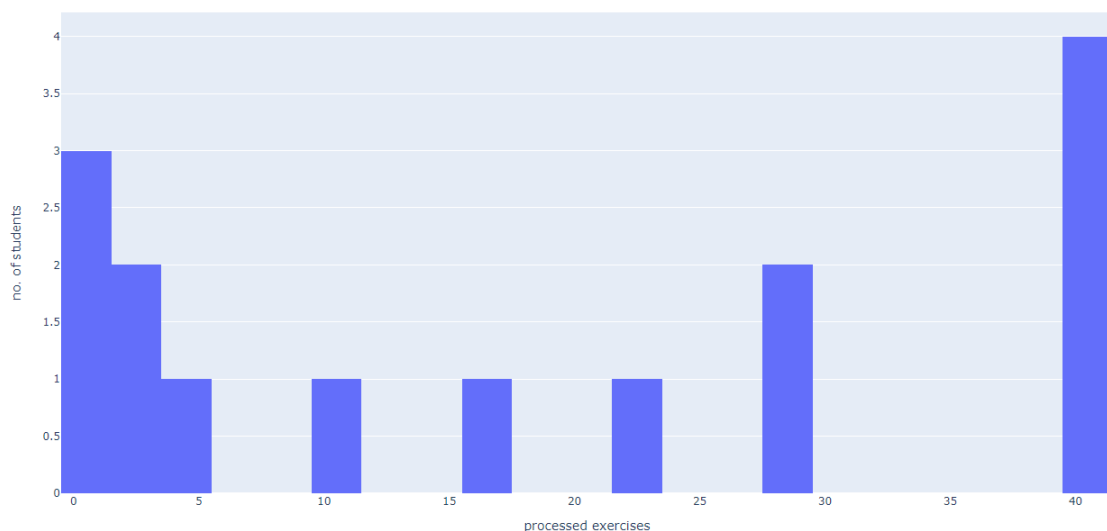


Abb. 3: Aktivität für das Arithmetiktraining

Weiteres Vorgehen

Im nächsten Schritt sollen individuelle Lernpfade Studierender analysiert werden, um daraus Rückschlüsse über den Lernerfolg ziehen zu können. Außerdem werden die Trainings auf Grundlage des Nutzerfeedbacks verbessert, um sie im Herbst 2020 einer größeren Population von mehr als 1000 Teilnehmenden zur Verfügung zu stellen. Dadurch erhoffen wir uns, tatsächliche Rückschlüsse auf die Wirkungsweise des Algorithmus ziehen und ihn bei Bedarf optimieren zu können.

Literatur

- Götz, G. & Wankerl, S. (i. V.). Adaptives Online-Training für mathematische Übungsaufgaben. Erscheint in F. Schacht & Pinkernell (Hrsg.), *Arbeitskreis Mathematikunterricht und Digitale Werkzeuge: Herbsttagung, Heidelberg, 27.-28.09.2019*.
- Pinkernell, G., Düsi, C. & Vogel, M. (2017). Aspects of proficiency in elementary algebra. In T. Dooley & G. Guedet (Hrsg.), *Proceedings of CERME 10* (S. 464–471). Dublin: DCU Institute of Education & ERME.
- Roos, A. K., Götz, G., Weigand, H.-G. & Wörler, J. F. (2019). OPTES+ – A Mathematical Bridging Course for Engineers. In U. T. Jankvist, M. van den Heuvel-Panhuizen & Veldhuis, M. (Eds.), *Proceedings of the 11th Congress of the European Society for Research in Mathematics Education (CERME11, February 6–12, 2019)* (S. 2642–2643). Utrecht, the Netherlands: Freudenthal Group & Freudenthal Institute, Utrecht University and ERME.
- Schönwälder, D., Pinkernell, G. & Götz, G. (2019). Relevant aspects of proficiency in secondary school arithmetic for a successful start in STEM subjects. In U. T. Jankvist, M. van den Heuvel-Panhuizen & Veldhuis, M. (Eds.), *Proceedings of the 11th Congress of the European Society for Research in Mathematics Education (CERME11, February 6–12, 2019)* (S. 4833–4834). Utrecht, the Netherlands: Freudenthal Group & Freudenthal Institute, Utrecht University and ERME.
- Ullrich, D., Schönwälder, D. & Hamich, M. (2018). Summative Referenzmodelle für ausgewählte Bereiche grundlegenden Wissens und Könnens am Ende der Sekundarstufe. In Fachgruppe Didaktik der Mathematik der Universität Paderborn (Hrsg.), *Beiträge zum Mathematikunterricht 2018* (Bd. 4, S. 1823–1826). Münster: WTM Verlag.
- Wankerl S., Götz G. & Hotho A. (2019). Solving Mathematical Exercises: Prediction of Students' Success. In Jäschke, R. & Weidlich, M. (Hrsg.), *Proceedings of the Conference on „Lernen, Wissen, Daten, Analysen“, Berlin, Germany, September 30-October 2, 2019* (CEUR Workshop Proceedings, Vol. 2454, S. 190–194). o. O.: CEUR-WS.org. http://ceur-ws.org/Vol-2454/paper_84.pdf
- Zhang, S., Yao, L., Sun, S. & Tay, Y (2019). Deep Learning Based Recommender System: A Survey and New Perspectives. *ACM Computing Surveys* 52(1), 5:1-5:38. <https://doi.org/10.1145/3285029>