

Mike ALTIERI, Mülheim a.d.R., Marcel KLINGER, Christos ITSIOS, Essen, Dirk PALUCH & Evelyn SCHIRMER, Mülheim a.d.R.

Projekt *learnbase*:

Erste Ergebnisse einer Online-Diagnostik und -Förderung mathematischer Basiskompetenzen zum Studieneinstieg

Im Rahmen einer Kooperation zwischen der Hochschule Ruhr-West und der Universität Duisburg-Essen soll ein Online-Lernportal entwickelt werden, das speziell auf die Bedarfe von Studierenden in ingenieurwissenschaftlichen Studiengängen und in Lehramtsstudiengängen zugeschnitten ist. Durch adaptive Lern- und Übungssequenzen sollen Schülerinnen und Schüler sowie Studierende lerngegenstandsspezifisch etwaige Schwächen in den formal zur Verfügung stehenden Basiskompetenzen der Mittel- und Oberstufe ausgleichen können. Im Vergleich zu häufig vorzufindenden Vorkurs-Konzepten setzt *learnbase* den Schwerpunkt auf eine digitale Begleitung, ist folglich ressourcenschonender einsetzbar und von allen Lernenden zeit- und ortsunabhängig nutzbar. Hierbei kommt ein Intelligentes Tutorensystem (ITS) zum Einsatz, welches abhängig von den bisherigen Eingaben der Lernenden über weitere Schritte des Lernens entscheidet (vgl. Mayer 2014; Ma et al. 2014). Neben der Diagnose und Förderung von Rechenkompetenzen stehen besonders verstehensorientierte Elemente im Mittelpunkt. Hierbei werden die behandelten Lerngegenstände fachdidaktisch fundiert aufbereitet. An dieser Stelle wird aufgrund der üblicherweise stark heterogenen Lernstände der Studierenden ein mehrdimensionales Fähigkeitsmodell zur Anwendung gebracht.

Exemplarisch wird zunächst für den Lerngegenstand „Potenzen“ auf eine theoriegeleitete Erarbeitung eines entsprechenden Modells eingegangen, während im Anschluss auf eine erste empirisch geleitete Validierung eines solchen Modells eingegangen wird. Der Beitrag diskutiert unterschiedliche Möglichkeiten der Umsetzung eines ITS und diskutiert dabei zwei potentiell unterschiedliche Varianten.

Fachdidaktische Beschreibung des Lerngegenstands Potenzen

Empirische Studien berichten von vielfältigen Problemen im Themenkomplex Potenzrechnung sowohl bei Schülerinnen und Schülern als auch bei Studierenden (vgl. Itsios & Barzel 2018). Dies betrifft sowohl die konzeptuelle als auch die prozedurale Ebene (z.B. Altieri 2016). Weiterhin lässt sich erblicken, dass eine korrekte Regelanwendung häufig kontextabhängig ist, wie Abbildung 1 beispielhaft zeigt.

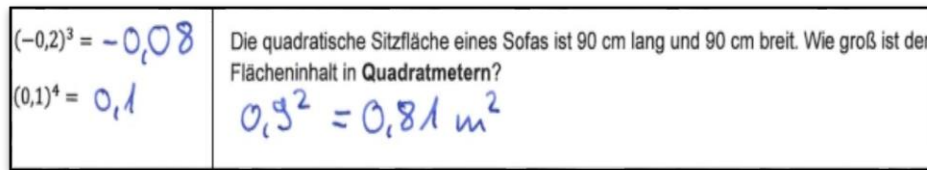


Abb. 1: Falsche (links) und richtige (rechts) Anwendung von Rechengesetzen

Aus diesen Gründen fassen wir die Potenzrechnung als mehrdimensionalen Lerngegenstand auf und berücksichtigen das bei einer theoriegeleiteten Entwicklung eines entsprechenden Kompetenzmodells. Im Rahmen des Projekts wurde das in Abbildung 2 dargestellte *Würfelmodell* entwickelt, ähnlich dem Modell im Bereich der Funktionenlehre und Analysis von Klinger (2018, S. 184 ff.).

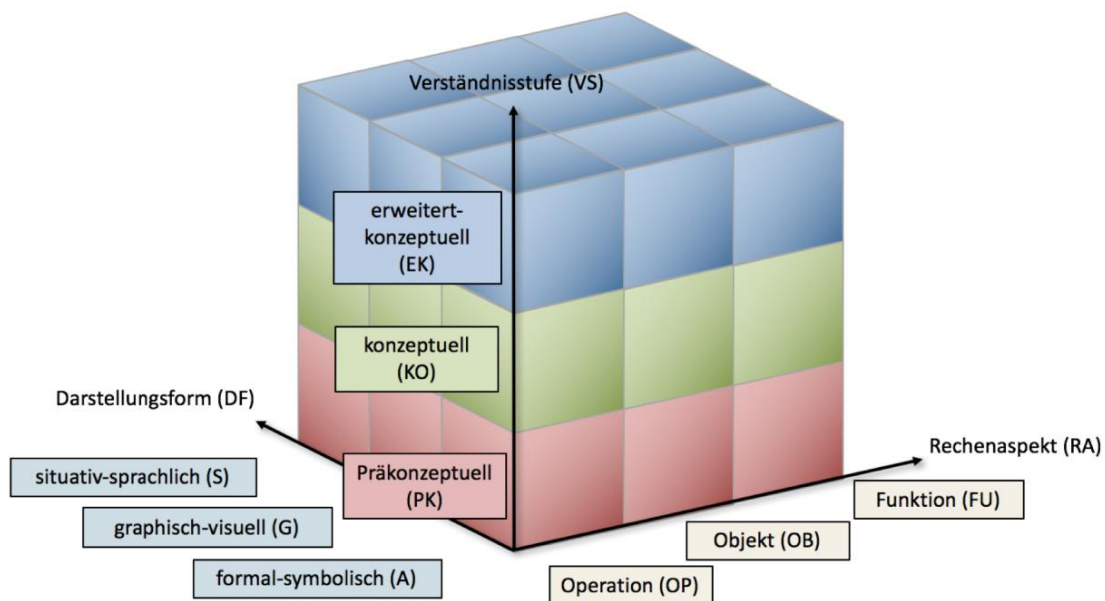


Abb. 2: Theoretische Fundierung eines mehrdimensionalen Klassifikationsmodells für Items zum Lerngegenstand „Potenzen“

Die Achse der Rechenaspekte wird nach Sfard (1991) beschrieben: Der Operationsaspekt entspricht dem zeitlich-sukzessiven, vollständigen Ausmultiplizieren, der Objektaspekt dem arithmetisch-statischen Produkt der Multiplikation gleicher Faktoren, das sich mit Rechenregeln manipulieren lässt, und der Funktionsaspekt wird bei Wachstums- oder Zerfallsprozessen erfasst. Auf der Achse der Verständnisstufen (vgl. Pitta-Pantazi et al. 2007) unterscheiden wir die präkonzeptuelle Stufe, bei der sowohl Basis als auch Exponent natürliche Zahlen sind, die konzeptuelle Stufe, mit einer beliebigen reellen Zahl als Basis und ganzzahligen Exponenten und schließlich die erweitert-konzeptuelle Stufe, bei der zusätzlich rationale Exponenten bzw. Wurzeln erlaubt sind.

Empirische Beschreibung des Lerngegenstands Potenzen mittels IRT

Das geplante ITS sieht eine adaptive Förderung vor, bei der Lernenden in Abhängigkeit vom aktuellen Lernstand automatisch geeignete Förderaufgaben vorgelegt werden. Zur Ermittlung des Lernstandes eignet sich die mehrdimensionale Item Response Theory (MIRT), da diese für jeden Lernenden und jede Aufgabe die individuelle Lösungswahrscheinlichkeit bestimmt, durch vertikale Verlinkung von Testheften die erforderliche Realisierung einer reichhaltigen Aufgabendatenbank erlaubt und eine Dimensionsanalyse der applizierten Items vorgenommen und mit einer theoriegeleiteten Testkonstruktion verglichen werden kann. Als Voruntersuchung wurden 26 Items zu Teilfacetten des im letzten Abschnitt vorgestellten Klassifikationsmodells für Potenzen generiert und 87 Studierenden der Hochschule Ruhr-West vorgelegt. Eine Mokken-Analyse wies nach Ausschluss von fünf Items einen befriedigenden Homogenitätsindex für ein zweidimensionales Modell auf. Absolute und relative Fit-Indizes wiesen für ein 2D3PL-Modell befriedigende Werte auf, ein zufriedenstellender overall fit (M2) konnte allerdings erst für höherdimensionale Modelle erreicht werden. Letzteres ist vermutlich der zu kleinen Stichprobe geschuldet, denn für stabile Parameterschätzungen mehrdimensionaler/-parametrischer Modelle ist eine wesentlich höhere Fallzahl erforderlich. Ferner konnte die Zuordnung der beiden psychometrischen Dimensionen zu theoriegeleiteten Facetten der Potenzrechnung noch nicht hinreichend erklärt werden. Aus diesen Gründen ist neben einer MIRT-basierten ITS-Entwicklung auch eine Realisierung auf Grundlage künstlicher Intelligenz vorgesehen.

Entwicklung eines Intelligenten Tutorensystems (ITS)

Ein MIRT-basiertes ITS baut auf dem Grundgedanken einer MIRT-gesteuerten adaptiven Diagnose auf (Reckase 2009) und wendet analoge Item Selection Rules auf geeignete Förderaufgaben an. Ein auf künstlicher Intelligenz (KI) beruhender Ansatz zur ITS-Entwicklung nutzt dagegen Expertenwissen über einen adaptiven Ausbau des Lernstandes von Lernenden, das automatisiert in Lernprozessen durch ein künstliches neuronales Netz erworben wird. Wir verfolgen hierbei zwei mögliche Ansätze: Ein selbstlernendes System und eine Expertensimulation. Beide Ansätze benötigen ausreichend viele Daten für den Trainingsprozess des neuronalen Netzes, die während der Anwendung des ITS durch Lernende erzeugt werden. Um einen Ausgangszustand des selbstlernenden Systems festzulegen, kann auf MIRT zurückgegriffen werden. Die Performance des ITS wird mit Hilfe eines im Vorfeld definierten Gütemaßes bestimmt, in das unter anderem der Lernfortschritt der Studierenden einfließt. Im Trainingsprozess des neuronalen Netzes wird nun versucht, dieses Gütemaß zu maximieren, um die Performance

des ITS zu optimieren (Prinzip des unüberwachten Lernens). Bei der Expertensimulation wird, auch ausgehend von MIRT, die Performance des ITS nicht durch ein Gütemaß, sondern durch Experten manuell beurteilt. Mit Hilfe der im System gespeicherten Antwortmuster der Studierenden werden die Item-Vorschläge des Systems mit jenen von Experten abgeglichen. Im Trainingsprozess wird dann versucht, diese Differenz zu minimieren (Prinzip des überwachten Lernens).

5. Diskussion und Ausblick

Sowohl mit einem MIRT-ITS als auch einem KI-ITS stehen jeweils performante und vielversprechende Ansätze der Umsetzung eines ITS zur Verfügung. Während der erste Ansatz die fachdidaktische Interpretation detektierter Dimensionen notwendig macht, erweist sich der zweite Ansatz mit seiner umfangreichen Fallzahl, die für ein erstes Training benötigt wird, als vergleichsweise aufwendig. Die Verschränkung beider Methoden kann hierbei einen geeigneten Weg darstellen, die Vorteile beider Ansätze zu nutzen und die benötigte Fallzahl eines KI-ITS zu reduzieren. Die Entwicklung und Verschränkung beider ITS-Varianten, eine Erhöhung der Fallzahl sowie ein Ausbau der Itemdatenbank ist daher ein nächster Entwicklungsschritt im Projekt *learnbase* und soll mit Hilfe von STACK umgesetzt werden.

Literatur

- Altieri, M. (2016). *Erfolg in Mathematik Klausuren ingenieurwissenschaftlicher Studiengänge unter besonderer Berücksichtigung prozeduralen Wissens*. Dissertation, TU Dortmund.
- Itsios, C. & Barzel, B. (2018). Potenzen und Potenzrechnung – eine Herausforderung. In *Beiträge zum Mathematikunterricht 2018*. Münster: WTM.
- Klinger, M. (2018). *Funktionales Denken beim Übergang von der Funktionenlehre zur Analysis: Entwicklung eines Testinstruments und empirische Befunde aus der gymnasialen Oberstufe*. Wiesbaden: Springer Spektrum.
- Ma, W., Adesope, O. O., Nesbit, J. C. & Liu, Q. (2014). Intelligent tutoring systems and learning outcomes: A meta-analysis. *Journal of Educational Psychology*, 106(4), 901–918.
- Mayer, R. E. (Hrsg.). (2014). *Cambridge Handbook of Multimedia Learning*. Cambridge: University Press.
- Pitta-Pantazi, D., Christou, C. & Zachariades, T. (2007). Secondary school students' levels of understanding in computing exponents. *Journal of Mathematical Behavior*, 26(4), 301–311.
- Reckase, M. (2009). *Multidimensional item response theory*. New York: Springer.
- Sfard, A. (1991). On the dual nature of mathematical conceptions: Reflections on processes and objects as different sides of the same coin. *Educational Studies in Mathematics*, 22(1), 1–36.