

Mathematisches Modellieren im Physikunterricht Erfolgreiche SuS vs. Nicht-erfolgreiche SuS

Einleitung

In der Schule stellt Modellierfähigkeit einen wichtigen Aspekt physikalischer Kompetenz dar (KMK, 2005). Allerdings haben deutsche Schülerinnen und Schüler (SuS) große Probleme mit Modellierungsaufgaben (Artelt et al., 2001). Der Modellierungskreislauf von Trump & Borowski (eingereicht) kann modellierende Löseprozesse von mathematisch-physikalischen Problemstellungen abbilden und wurde bereits an einer Expertengruppe (Trump, 2015) und an einer Schülergruppe validiert (Nowak et al., 2016). In dieser Studie wurden Unterschiede zwischen dem Vorgehen erfolgreicher und nicht-erfolgreicher SuS untersucht.

Theorie

Der Modellierungskreislauf von Trump & Borowski (eingereicht) basiert auf den Modellen von Borromeo Ferri (2011) und Uhden (2012). Der in Abbildung 1 dargestellte Kreislauf umfasst sechs Zustände in drei verschiedenen Wissenswelten: die problembereitstellende Welt (auch: Realität), die Welt des physikalischen Wissens und die Welt der notwendigen Mathematik.

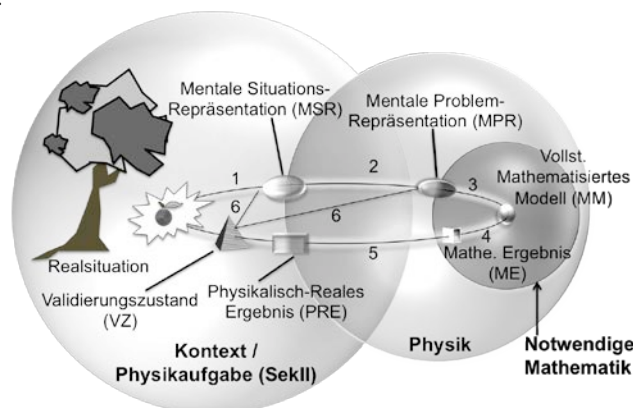


Abb. 1 Physikalischer Modellierungskreislauf zum mathematischen Modellieren: (1) Konstruieren / Verstehen • (2) Physik. Problem-Repräsentation / Strukturieren & Idealisieren • (3) Konzeptanpassung / Vollständiges (aktives) Mathematisieren • (4) Mathematisch Arbeiten • (5) Physikalisieren / mit physikalischer Bedeutung beladen bzw. Realisieren • (6) Validieren (Kontrolle / Prüfen) (Trump & Borowski, eingereicht)

Der erste Schritt in diesem Modell erfolgt durch das Erstellen der individuellen *Mentalen Situations-Repräsentation* (MSR). Die gegebene Situation wird in Bezug auf ihre situativen Gegebenheiten und ihren Ablauf nachvollzogen und auf Basis des Wissens des Individuums verstanden. Im zweiten Schritt wird eine *Mentale Problem-Repräsentation* (MPR) aufgebaut, indem die Situation mit physikalischem Wissen beladen wird. Im dritten Schritt wird aktiv mathematisiert - ein *Vollständiges Mathematisiertes Modell* (MM) wird erstellt.

Der vierte Schritt ist das mathematische Arbeiten. Hier werden *Mathematische Ergebnisse* (ME) erstellt. Bei dem Erstellen des *Physikalischen bzw. Realen Ergebnisses* (PRE), werden die mathematischen Darstellungen in Bezug auf die MSR bzw. MPR interpretiert, wodurch ein Bezug auf die *Reale Welt* entsteht. Falls eine *Validierung* (VZ) stattfindet, werden die Ergebnisse kontrolliert und gewertet.

Der Modellierungskreislauf wurde bereits an erfolgreichen Lösungen einer Expertengruppe (Trump, 2015) sowie einer Schülergruppe (Nowak et al., 2016) validiert. Nachgewiesen wurde, dass beide Probandengruppen ein strukturiertes Vorgehen zeigen.

Nach Chi et al. (1981) haben Experten ein strukturierteres Vorgehen als Novizen. Zudem erstellen sie zuerst eine qualitativ-konzeptuelle mentale Repräsentation bevor sie eine quantitativ-numerische Lösung generieren. Novizen hingegen haben ein eher unsystematisches Vorgehen, ihre Repräsentation der Probleme ist meist nur quantitativ-numerisch (Larkin et al., 1980; Spada et al., 2000). Hieraus ergibt sich die Frage, ob nicht-erfolgreiche SuS anders vorgehen, als erfolgreiche SuS? Bleibt der Erfolg aus, weil sie nicht strukturiert vorgehen oder fehlt etwas anderes?

Forschungsfrage

Die Forschungsfrage dieser Studie beschäftigt sich damit, inwieweit sich das Vorgehen nicht-erfolgreicher SuS von dem der erfolgreichen SuS unterscheidet.

Hypothese

Die Erwartung ist, dass nicht-erfolgreiche Schüler und Schülerinnen weniger strukturiert vorgehen. Ein strukturiertes Vorgehen bedeutet in Bezug auf den Modellierungskreislauf, dass der Anteil der benachbarten Zustandswechsel hoch ist. Erwartet wird somit, dass bei den erfolgreichen SuS die relative Anzahl der benachbarten Zustandswechsel signifikant höher als bei den nicht-erfolgreichen SuS ist.

Design

SuS (N=12) einer Schule aus den Leistungskursen Physik wurden gebeten, eine Aufgabe mit einer mathematisch-physikalischen Fragestellung zu lösen. Davon waren sechs Probanden imstande, die Aufgabe erfolgreich zu lösen. Das Vorgehen dieser erfolgreichen Probanden ist in der Studie von Nowak et al. (2016) analysiert worden. Das Vorgehen sechs nicht-erfolgreicher Probanden wurde in der vorliegenden Studie analysiert; beide Ergebnisse wurden miteinander verglichen.

Jede Sitzung hatte einen standardisierten Ablauf. Die Probanden wurden gebeten, ihre Gedanken laut auszusprechen (Think-Aloud Methode), wobei eine Unterbrechung der Testleiterin vermieden wurde. Die Dokumentation der Sitzungen erfolgte über einen Smartpen und eine Kamera. Die Daten wurden regelgeleitet und systematisch transkribiert und mit einem von Trump (2015) entwickelten Analysemanual kodiert. Die Inter-Rater-Übereinstimmung wurde für drei unterschiedliche Rater bestimmt. Diese lagen im Bereich zwischen $\kappa = [0.72; 0.83]$.

Ergebnisse

Bei erfolgreichen SuS treten benachbarte Zustandswechsel nach einem zweiseitigen t-Test nicht signifikant häufiger auf ($t(10)=0.35$, $p=0.73$) als bei nicht-erfolgreichen SuS. Die beiden Gruppen folgen also beide in gleichem Maße dem Kreislauf. Dieses Ergebnis deutet darauf hin, dass nicht-erfolgreiche SuS den gleichen Lösungsprozessen folgen, wie erfolgreiche SuS. In der Weise, wie SuS den Modellkreislauf durchlaufen, können wir also keine Unterschiede zwischen erfolgreichen und nicht-erfolgreichen Lösungsprozessen sehen. Signifikante Unterschiede gibt es allerdings in der Anzahl der Schritte und der benötigten Zeit. Erfolgreiche SuS brauchen nach zweiseitigen t-Tests signifikant weniger Schritte ($t(10)=3.20$, $p<0.01$, $d=1.81$) und signifikant weniger Zeit ($t(11)=3.70$, $p<0.01$, $d=2.07$) als

nicht-erfolgreiche SuS. Die Vermutung ist jedoch, dass dieser Unterschied von der Aufgabe abhängig ist. Bei der hier verwendeten Aufgabe führte der meist gefolgte falsche Lösungsweg zu einem Prozess, der viel mehr Zeit und mehr Schritte benötigte. Bei Verwendung einer Aufgabe, bei welcher die falsche Lösung zu einem weniger komplexen Weg führt, würde wahrscheinlich ein Modelldurchlauf stattfinden, der weniger Zeit und Schritte benötigt.

Diskussion

Zur Einschränkung der Ergebnisse ist zu beachten, dass die Stichprobe klein ist und Daten nur an einer Schule erhoben wurden. Diese Schule ist besonders naturwissenschaftlich geprägt, was zu einer Verzerrung der Ergebnisse führen kann. Ein erster Hinweis hierfür ist, dass fast alle Probanden mindestens eine Einheitenprobe durchgeführt haben.

Ausblick

Das Vorgehen erfolgreicher und nicht-erfolgreicher SuS ist weiter zu analysieren. Ein erster Eindruck zeigt, dass manche nicht-erfolgreiche SuS die „Recursive Plug-and-Chug“-Strategie (Tuminaro et al., 2007) verwenden. Diese Strategie ist insbesondere für komplexere, mathematisierende Aufgaben nicht geeignet. Die SuS versuchen dabei eine Formel zu verwenden, ohne die Formel oder die Situation wirklich zu verstehen. Die meisten Fehler würden dann wahrscheinlich in der MPR-Situation gemacht werden. Weitere Analysen sollten zeigen, ob das wirklich der Fall ist.

Literatur

- Artelt, C., Baumert, J., Klieme, E., Neubrand, M., Prenzel, M., Schiefele, U., ... Weiß, M. (Hrsg.) (2001). PISA 2000. Zusammenfassung zentraler Befunde. Berlin: Max-Planck- Institut für Bildungsforschung. Zuletzt eingesehen am 25.05.2015 unter <https://www.mpib-berlin.mpg.de/Pisa/ergebnisse.pdf>
- Borromeo Ferri, Rita (2011). Wege zur Innenwelt des mathematischen Modellierens. Kognitive Analysen von Modellierungsprozessen im Mathematikunterricht. Wiesbaden: Vieweg
- Chi, M. T. H., Feltovich, P., & Glaser, R. (1981). Categorization and representation of physics problems by experts and novices. *Cognitive Science* 5, S. 121-152. Eingesehen am 05.10.2015 unter <http://cognitn.psych.indiana.edu/rgoldsto/cogsci/Chi.pdf>
- [KMK] Ständige Konferenz der Kultusminister der Länder der Bundesrepublik Deutschland (2005). Bildungsstandards im Fach Physik für den Mittleren Schulabschluss. Beschluss vom 16.12.2004. München: Luchterhand. Zuletzt eingesehen am 25.05.2015 unter http://www.kmk.org/fileadmin/veroeffentlichungen_beschluesse/2004/2004_12_16-Bildungsstandards-Physik-Mittleren-SA.pdf
- Larkin, J. H., McDermott, J., Simon, D. P., & Simon, H. A. (1980). Expert and novice performance in solving physics problems. *Science* 208, S. 1335-1342
- Nowak, A., Trump, S., Borowski, A. (in Vorbereitung, vor. 2016). Mathematisches Modellieren im Physikunterricht der Sek II. In diesem Buch. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik, Jahrestagung in Berlin 2015
- Spada, H., & Lay, K. (2000). Erwerb und Anwendung domänenspezifischen Wissens: Eine psychologische Perspektive. In: D. Reinders u. Ch. von Rhöneck (Hrsg.). Ergebnisse fachdidaktischer und psychologischer Lehr-Lern-Forschung. Kiel: IPN, S. 17-34
- Trump, S. (2015). Mathematik in der Physik der Sekundarstufe II?! Eine systematische Analyse zur notwendigen Mathematik in der Physik der Sekundarstufe II sowie eine Benennung notwendiger mathematischer Fähigkeiten für einen flexiblen Umgang mit Mathematik beim Lösen physikalisch-mathematischer Probleme im Rahmen der Schul- und Hochschulbildung (Dissertation). Mathematische Naturwissenschaftliche Fakultät. Universität Potsdam
- Trump, S. & Borowski, A. (eingereicht). Mathematisches Modellieren in der Physik – Ein Modell zur Beschreibung notwendiger Fertigkeiten im Umgang mit Mathematik in der Physik
- Tuminaro, J. & Redish, E. (2007). Elements of a cognitive model of physics problem solving: Epistemic games. *Physical Review Special Topics – Physics Education Research* 3, 020101
- Uhdén, O. (2012). Mathematisches Denken im Physikunterricht: Theorieentwicklung und Problemanalyse. Berlin: Logos, S. 28-74