

Feldstudie mit optischen Blackboxen im Productive Failure Ansatz

Theoretischer Hintergrund

Der Productive Failure Ansatz (PFA) von Manu Kapur (u.a. Kapur, 2012) stellt Schülerinnen und Schülern (SuS) Lernanlässe in einer für sie noch unbekanntem Situation zur Verfügung. Diese Anlässe sind im Allgemeinen so gewählt, dass sie die zugehörigen Aufgaben mit ihrem bisherigen Kenntnisstand nicht oder nicht vollends lösen können, ein Scheitern ist demnach beabsichtigt. Bei dieser eigenständigen Auseinandersetzung erzeugen SuS dennoch Lösungsansätze (sogenannte Präkonzepte), die aber meist fehlerhaft sind und nicht der formal intendierten Norm entsprechen. Erst im Anschluss bekommen sie das für die Aufgabenbearbeitung notwendige Wissen vermittelt, dabei werden auch die typischen Präkonzepte der SuS genutzt. Letztlich erlangen sie mit diesem PFA bessere Lernergebnisse, im Vergleich zur Direkten Instruktion (DI), bei der die Aufgabenbearbeitung erst nach einer Instruktion erfolgt (Kapur & Bielaczyc, 2012; Loibl & Rummel, 2014).

Diese positiven Lernergebnisse werden durch drei Wirkmechanismen begründet (Loibl, Roll & Rummel, 2016):

- Durch die Aktivierung und Differenzierung von Vorwissen, denn Lernen findet dann statt, wenn das neue Wissen in vorhandene Wissensstrukturen eingebunden werden kann (Sweller et al., 1998).
- Durch das Bewusstsein von Wissenslücken, denn SuS verarbeiten kanonische Lösungen besser, wenn sie sich ihrer Wissenslücken (VanLehn, 1999) und Sackgassen (Chi, 2000) bewusst werden.
- Durch die Erkennung der Tiefenstruktur, in diesem Fall durch einen Vergleich mit typischen Schülerfehlern (Kapur & Bielaczyc, 2012).

Dieser PFA wurde bislang überwiegend in der Mathematik und am Ende des Sekundarbereichs I repliziert und ist nun in die Physik adaptiert worden. Als Aufgabentyp wurde dabei die experimentelle Untersuchung optischer Blackboxen genutzt. Bei Blackbox-Experimenten ist die innere Struktur nicht zugänglich und kann lediglich aufgrund der Betrachtung des Input-Output-Verhaltens erschlossen werden (Fischer, 1971). Der unterrichtliche Einsatz kann auf unterschiedliche Weisen erfolgen, beispielsweise zur Erarbeitung von Aspekten der „Natur der Naturwissenschaften“ (Lederman & Abd-El-Khalick, 1998) oder im Bereich der Lernerfolgsmessung (Berge & Volkmer, 2002). In Wettbewerben wird dieser Aufgabentyp bereits länger eingesetzt, in der Schule bisher eher weniger. Mittlerweile liegen speziell für optische Blackboxen (vgl. Abb. 1) Vorschläge zur Gestaltung (Friege & Rode 2015) und dem Einsatz (Rode & Friege 2017) in der schulischen Praxis vor.

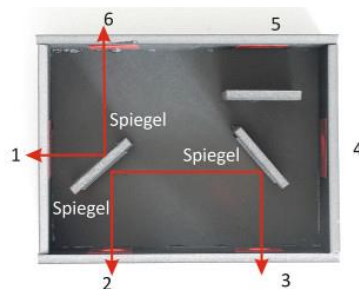


Abb. 1: Beispielstruktur einer optischen Blackbox

Empirischen Befunde von Rode (Rode, 2016) zeigen, dass optische Blackbox-Experimente in den Jahrgängen 5/6 ein interessanter Unterrichtsgegenstand mit angemessenem Schwierigkeitsgrad sind. SuS arbeiten ausdauernd mit den Blackboxen und erleben den Umgang mit den Experimenten als positiv und interessant.

Durchgeführte Vorstudien

Zwei Vorstudien in insgesamt fünf Klassen der Jahrgangsstufe 6 haben ergeben, dass SuS ohne vorherige Instruktionen mehrheitlich bei der Bearbeitung scheitern (vgl. Abb. 3), aber verschiedene fehlerhafte Lösungsansätze (Präkonzepte) generieren. Diese typischen Schülerfehler können in einer anschließenden Instruktionsphase im Rahmen des PFA genutzt werden.

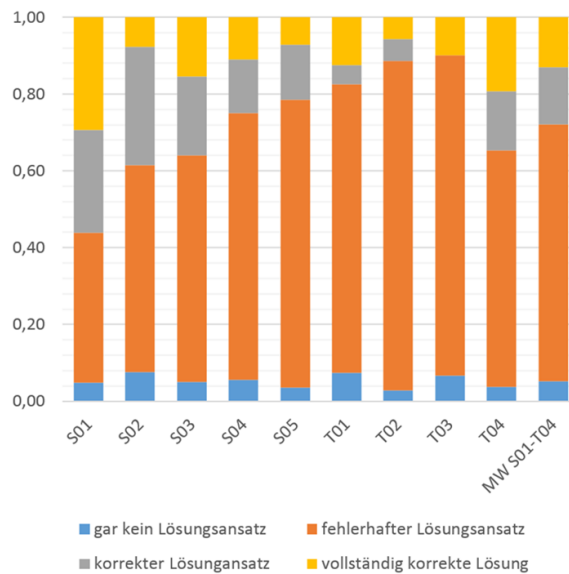


Abb. 2: relative Lösungshäufigkeiten für die einzelnen Blackboxen (und Mittelwert)

Untersuchungsdesign und Hauptstudie

Die Feldstudie fand im Jahrgang 6 in zwei Doppelstunden (á 90 Minuten) im laufenden Physikunterricht in 19 verschiedenen Klassen (N=494) im Themenbereich Optik an acht Gymnasien in der Region Hannover statt mit den zwei Instruktionsansätzen PFA und DI. Die Instruktionen an die SuS erfolgten über vorbereitete Präsentationen, zusätzlich gab es ein ergänzendes Lehrerskript. Die Bearbeitung der Blackboxen erfolgte soweit möglich in geschlechtshomogenen Zweiergruppen.

Neben dem Fachwissen wurden in der Hauptstudie auch affektive Konstrukte über entsprechend angepasste bekannte Skalen kontrolliert, beispielsweise der Flow als das Aufgehen in der Tätigkeit (Mézès et al., 2012), die Erfolgszuversicht (Hoffmann et al., 1998) und das allgemeine Interesse an Physik (Winkelmann, 2015). Zum Vergleich der beiden Ansätze wurden zusätzlich noch die Verständlichkeit (Engeln, 2004) und der Cognitive Load mit der mentalen Belastung (mental load) und der geistige Anstrengung (mental effort) untersucht (Krell, 2015).

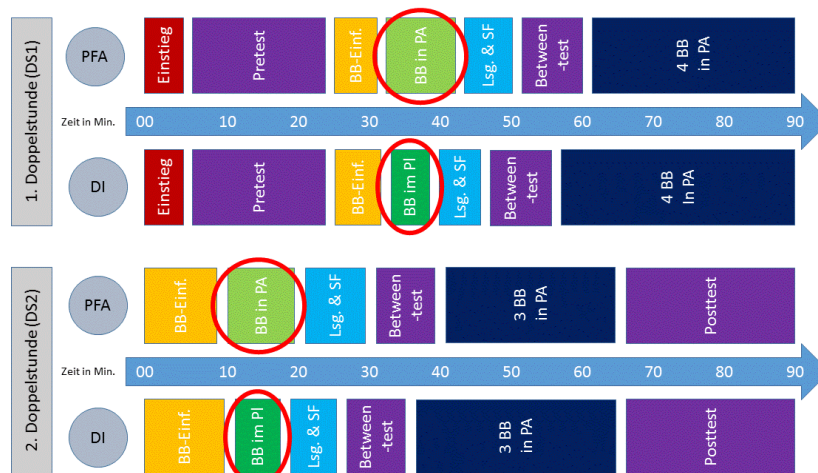


Abb. 2: Studiendesign – zeitlicher Ablauf

Ergänzend zu den Blackboxen in der ersten Doppelstunde (DS1) mit Lichtblocker, Spiegel und Doppelspiegel waren in der zweiten Doppelstunde (DS2) ergänzend auch Lichtteiler enthalten. Beide Ansätze unterschieden sich nicht inhaltlich sondern lediglich bezüglich der Unterrichtsorganisation. Nach einer kurzen Einführung in die Arbeit mit Blackboxen wurde beim PFA die Bearbeitung der jeweils ersten Box in Partnerarbeit [BB in PA] durchgeführt, bei der DI erfolgte dies mit Hilfe von präsentierten Fotos im Plenum [BB im Pl]. Anschließend erfolgte bei beiden Ansätzen eine allgemeine Auflösung mit Hinweisen auf typische Schülerfehler.

Zusammenfassende Ergebnisse

SuS im PFA erreichen (gegenüber der DI) vergleichbare Ergebnisse bei den Blackbox-Bearbeitungen und beim Fachwissen bei ähnlich hoher Motivation, trauen sich bereits hoch signifikant früher an die eigenständige experimentelle Bearbeitung der Blackboxen bei insgesamt hoch signifikant geringerer geistiger Anstrengung und mentaler Belastung. Sechs Wochen später erinnern sie sich zudem signifikant besser an die Bearbeitung der Blackboxen bei dann besserem Fachwissen.

Ausblick

Eine Unterscheidung zwischen Einzel- und Gruppenarbeit steht ebenso aus wie mögliche Klassen- und Gendereffekte. Dabei sollen dann auch die exakten Signifikanzen und Effektstärken angegeben werden.

Literatur

- Berge, O. E. & Volkmer, M. (2002): Lernerfolgskontrolle mit Experimenten – Didaktische Aspekte. In: *Unterricht Physik*, 71/72, S. 4 – 8
- Chi, M. T. H. (2000). Self-explaining expository texts: the dual processes of generating inferences and repairing mental models. In R. Glaser (Ed.), *Advances in instructional psychology*, S. 161–238)
- Engeln, K. (2004): Schülerlabors: authentische, aktivierende Lernumgebungen als Möglichkeit, Interesse an Naturwissenschaften und Technik zu wecken
- Fischer, H. (1971): Die Black-Box-Methode im Unterricht. In: *Physik in der Schule* 9, S. 119 – 125
- Friege, G. & Rode, H. (2015): Optische Blackbox-Experimente im Anfangsunterricht Physik. In: *PdN Physik in der Schule*, 5/64, S. 38 – 42
- Hoffmann, L., Häußler, P. & Lehrke, M. (1998): Die IPN-Interessenstudie Physik
- Kapur, M. (2012). Productive failure in learning the concept of variance. *Instructional Science*, 40(4)
- Kapur, M. und Bielaczyc, K. (2012): Designing for Productive Failure. In: *Journal of the Learning Sciences*, 21(1)
- Krell, M. (2015): Evaluating an instrument to measure mental load and mental effort using Item Response Theory. *Science Education Review Letters* 1
- Lederman, N. & Abd-El-Khalick, F. (1998): Avoiding DeNaturalized Science: Activities that promote Understandings of the Nature of Science. In: *The Nature of Science in Science Education*, S. 83 – 126
- Mezés, C., Erb, R. & Schröter, E. (2012): Der Einfluss von Videoexperimentieranleitungen auf die Motivation von Schülerinnen und Schülern. In: *PhyDid A - Physik und Didaktik in Schule und Hochschule* 11(1)
- Loibl, K., Roll, I., & Rummel, N. (2016): Towards a Theory of When and How Problem Solving Followed by Instruction Supports Learning. *Educational Psychology Review*, 26(4)
- Loibl, K. & Rummel, N. (2014): Knowing what you don't know makes failure productive. *Learning and Instruction* 34
- Rode, H. (2016): Prototypen evidenzbasierten Physikunterrichts
- Rode, H. & Friege, G. (2017): Nine optical black-box experiments for lower-secondary students. In: *Physics Education* 52
- Sweller, J., van Merriënboer & Paas, F. (1998): Cognitive architecture and instructional design. *Educational Psychology Review*, 10(3)
- VanLehn, K. (1999). Rule learning events in the acquisition of a complex skill: an evaluation of cascade. *The Journal of the Learning Sciences*, 8(1), 71–125.
- Winkelmann, J. (2015): Auswirkungen auf den Fachwissenszuwachs und auf die affektiven Schülermerkmale durch Schüler- und Demonstrationsexperimente im Physikunterricht