PINKERNELL, Guido
Heidelberg

Fachdidaktische Designparameter für ein automatisches Feedback auf Aufgabenebene

Bisherige Studien der Wirkungsforschung digitalen Feedbacks konzipieren ihre Feedbackmodelle innerhalb bekannter transdisziplinärer Kategorien. Für eine dezidiert mathematikdidaktische Perspektive ist es hilfreich, solche Gestaltungsparameter in den Blick zu nehmen, in denen die Fachdidaktik eigene, spezifische Beiträge ausdifferenzieren kann. Der Beitrag stellt Parameter für das Design automatischen Feedback vor, die eine dezidiert didaktische Perspektive innerhalb allgemein formulierter Modelle erlauben.

Adaptives Feedback

In Reviews mit transdisziplinärer Perspektive findet man *Content* (Feedbackinhalte) und *Timing* (Zeit der Bereitstellung nach Abgabe der Antwort) als wesentliche Gestaltungsparameter adaptiven Feedbacks, außerdem Vorwissen und Leistungsniveau als zwei häufige kognitive Merkmale, an denen sich die Passung des Feedbacks als sinnvoll erweist (z. B. Kluger & DeNisi, 1994; Shute, 2008; Van der Kleij, Feskens & Eggen, 2015).
Gerade das Adaptieren an kognitive Merkmale erfordert variablen Content. Narciss (2008) führt eine Vielzahl an Formen solchen *elaborated feedbacks* (EF: Shute, 2008) auf, innerhalb derer zusätzlich zwischen *hints* und *explanations* unterschieden wird. In der Wirkungsforschung findet man etwa die folgenden Ausprägungen des EF: Das Addressieren des Lerngegenstands im Feedback erfolgt in Form von prozeduralen Informationen oder sinnstiftenden Erklärungen (Narciss et al., 2014), in Form von Strategievielfalt (Reinhold et al., 2020) oder Begriffsmerkmalen (Yerushalmy, 2023). Das Adaptieren des Contents bzw. Timings erfolgt an kognitiven und anderen Merkmalen der Lernenden, etwa Vorkenntnisse (Attali & Van der Kleij, 2017), Leistungsniveaus (Reinhold et al., 2020), daneben auch Motivation und Geschlecht (Narciss et al., 2014). Insbesondere das von Yerushalmy (2023) beschriebene, einen Lernprozess initiierende Feedback setzt „Novizentum“ voraus. Und: Die Bedeutung der Lehrenden für das a priori zu konzipierende Feedback wird in Studien deutlich etwa im Identifizieren möglicher Antwortfälle durch die Forschenden und der Konzeption didaktisch sinnvollen Contents.

Fachdidaktische Designparameter

Es werden nun vier Parameter zur Diskussion gestellt, die das Design einesaufgabenbasierten digitalen Feedbacks aus mathematikdidaktischer Per-

In: P. Ebers, F. Rösken, B. Barzel, A. Büchter, F. Schacht & P. Scherer (Hrsg.),
Beiträge zum Mathematikunterricht 2024.
57. Jahrestagung der Gesellschaft für Didaktik der Mathematik. WTM.
https://doi.org/10.37626/GA9783959872782.0

spek-tive leiten können. Die ersten beiden sind „adaptiv“ im Sinne einer Passung an den mathematischen Lerngegenstand bzw. an die kognitiven Merkmale des Lernenden. Der vierte fokussiert die Struktur des Feedbacks, in der das Timing ein Element ist. Der dritte Parameter betrifft die Bereitstellung von interaktivem Lernmaterial im Feedback, was bis dato nur vereinzelt in den Blick genommen wurde (z. B. Barana et al., 2021, Pinkernell et al., 2023). Die ersten drei Parameter sind dichotom formuliert, können aber zwischen den beiden Polen verschiedene Ausprägungen annehmen.

Adressieren des Lerngegenstands: Soll der Gegenstand mit dem Ziel einer optimalen Performanz für die gegebene Aufgabe angesprochen werden oder soll eine Verstehensgrundlage für diese und thematisch verwandte Anforderungen gelegt werden? Dieser Designparameter differenziert im Sinne der *task* und *process level* im Modell von Hattie & Timperley (2007), indem erwartet wird, dass geeignete Verstehensgrundlagen wie etwa Grundvorstellungen sich über die lokale Anwendung in der gegebenen Aufgabe hinaus als tragfähig erweisen (z. B. Wartha & Güse, 2009). Die Konkretisierung solcher Grundlagen wird aus einer dezidiert fachdidaktischen Perspektive vorgenommen.

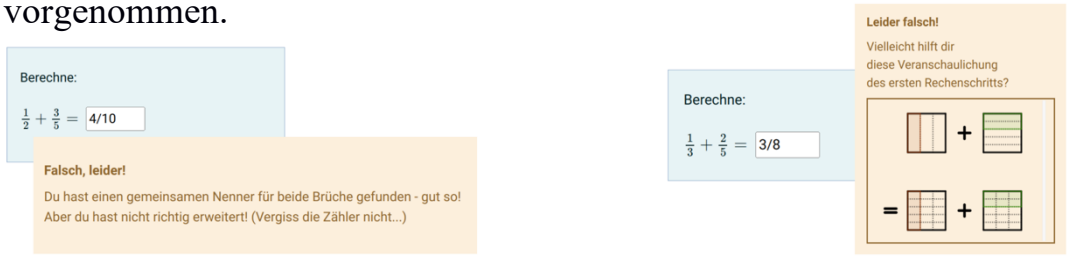

Abb. 1: Feedback auf task level (links) und process level (rechts)

Adaptieren an Lernendenmerkmale: Soll jeder Lernende bei jeder Antwort dasselbe Feedback bekommen oder soll das Feedback hinsichtlich Antwortmerkmale und andere Merkmale des Lernenden differenziert werden? Dieser Designparameter folgt hiermit der Differenzierung von kognitiven und anderen Lernendenmerkmalen aus transdisziplinären Perspektive. Die fachdidaktische Perspektive wird insbesondere im Formulieren antizipierbarer Fehlermuster und Fehlkonzeptionen sowie dem jeweils hierauf bezogenem Feedbackcontent deutlich.

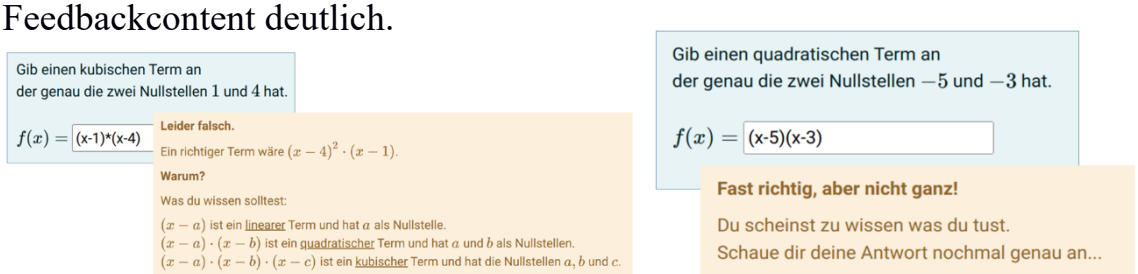

Abb. 2: Nichtdifferenzierendes Feedback (links) und Feedback für einen leistungsstarken Experten, dessen Antwort als Flüchtigkeitsfehler interpretiert wird (rechts)

Aktivieren eines Lernprozesses: Soll das Feedback über das notwendige Wissen informieren oder soll es eine selbsttätige (Re)konstruktion des Wissens initiieren? Im ersten Fall erfolgt die Aufnahme des Feedbacks rezeptiv, im zweiten Fall wird zu einer aktiven Auseinandersetzung mit im Feedback bereitgestelltem Lernmaterial aufgefordert. Fachdidaktisch reflektierte Merkmale des Materials beeinflussen das Potential der kognitiven Aktivierung (Leuders & Holzäpfel, 2011).

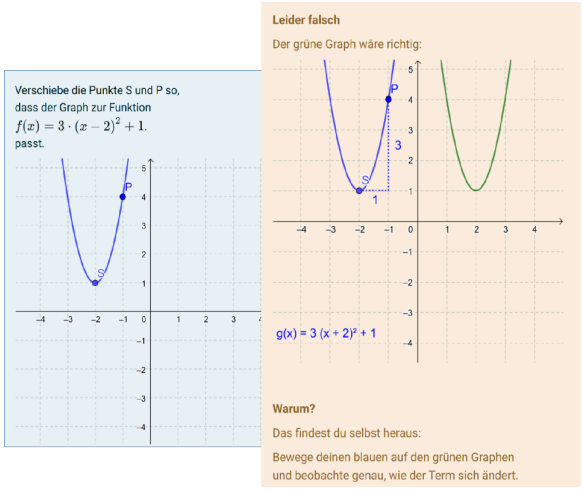

Abb. 3: Ein Lernprozess initiierendes Feedback mit interaktivem Applet und begleitenden Impulsen.

Strukturieren des Feedbacks: Welcher Content soll in welcher Reihenfolge und mit welchem Timing im Feedback erscheinen? Hier ist prinzipiell jeder Feedbackinhalt denkbar (vgl. Narciss, 2008). Bei einer hinsichtlich Kenntnisstand heterogenen Lerngruppe erscheint z. B. eine Information über das notwendige Grundlagenwissen etwa in Form einer Musterlösung angebracht, die mit Blick auf die Leistungsstarken und/oder Experten mit Verzögerung erst nach einem aktivierenden Input zugänglich gemacht wird.

Modellbasiertes Feedbackdesign

Die vier Designparameter setzen voraus, dass der Konzeption des Feedbacks eine Analyse des Lerngegenstands und der Lernvoraussetzungen vorausgeht. In der Regel findet sich diese in studienspezifischen Angaben zum Feedbackcontent bzw. Befragungsinstrumenten wieder. Explizite Formulierungen von knowledge oder student models als Grundlagen für das Feedbackdesign sind selten (etwa in Tacoma et al., 2017, Heeren & Jeuring, 2020). Solche Frameworks wären wieder aus mathematikdidaktischer Perspektive zu konkretisieren und könnten die vorgestellten Designparameter sinnvoll ergänzen.

Literatur

Barana, A., Marchisio, M., & Sacchet, M. (2021). Interactive Feedback for Learning Mathematics. *Education Sciences*, *11*(6), 279. https://doi.org/10/gkf4rx

Attali, Y., & Van Der Kleij, F. (2017). Effects of feedback elaboration and feedback timing during computer-based practice in mathematics problem solving. *Computers & Education*, *110*, 154–169. https://doi.org/10.1016/j.compedu.2017.03.012

Hattie, J., & Timperley, H. (2007). The Power of Feedback. *Review of Educational Research*, *77*(1), 81–112. https://doi.org/10.3102/003465430298487

Heeren, B., & Jeuring, J. (2020). Automated feedback for mathematical learning environments. *Proceedings of the 14th ICTMT: Essen*, *Germany*. https://doi.org/10.17185/DUEPUBLICO/71231

Kalyuga, S. (2007). Expertise Reversal Effect and Its Implications. *Educational Psychology Review*, *19*(4), 509–539. https://doi.org/10.1007/s10648-007-9054-3

Kluger, A. N., & DeNisi, A. (1996). The Effects of Feedback Interventions on Performance: A Historical Review, a Meta-Analysis, and a Preliminary Feedback Intervention Theory. *Psychological Bulletin*, *119*, 254–284.

Leuders, T., & Holzäpfel, L. (2011). Kognitive Aktivierung im Mathematikunterricht. *Unterrichtswissenschaft*, *39*(3), 213–230.

Narciss, S. (2008). Feedback Strategies for Interactive Learning Tasks. *Handbook of Research on Educational Communications* (S. 125–144). Laurence Erlbaum.

Narciss, S., Sosnovsky, S., Schnaubert, L., Andrès, E., Eichelmann, A., Goguadze, G., & Melis, E. (2014). Exploring feedback and student. *Computers & Education*, *71*, 56–76. https://doi.org/10/f5k63v

Pinkernell, G., Diego-Mantecón, J. M., Lavicza, Z., & Sangwin, C. (2023). AuthOMath: Combining the Strengths of STACK and GeoGebra for School and Academic Mathematics. *International Journal of Emerging Technologies in Learning (iJET)*, *18*(03), 201–204. https://doi.org/10.3991/ijet.v18i03.36535

Pinkernell, G., Gulden, L., & Kalz, M. (2020). Automated feedback at task level: Error analysis or worked out examples – which type is more effective? *Proceedings of the 14th ICTMT: Essen*, *Germany*, 221–229. https://doi.org/10.17185/duepublico/70767

Reinhold, F., Hoch, S., Werner, B., Richter-Gebert, J., & Reiss, K. (2020). Learning fractions with and without educational technology. *Learning and Instruction*, *65*, 101264. https://doi.org/10.1016/j.learninstruc.2019.101264

Rezat, S. (2021). How automated feedback from a digital mathematics textbook affects primary students' conceptual development: Two case studies. *ZDM – Mathematics Education*, *53*(6), 1433–1445. https://doi.org/10.1007/s11858-021-01263-0

Shute, V. J. (2008). Focus on Formative Feedback. *Review of Educational Research*, *78*(1), 153–189. https://doi.org/10/bd5cgq

Tacoma, S., Drijvers, P., & Boon, P. (2017). Using student models to generate feedback in a university course on statistical sampling. *Proceedings of the 10th Congress of European Research in Mathematics Education*, 8.

Van der Kleij, F. M., Feskens, R. C. W., & Eggen, T. J. H. M. (2015). Effects of Feedback in a Computer-Based Learning Environment. A Meta-Analysis. *Review of Educational Research*, *85*(4), 475–511. https://doi.org/10/gf9k5x

Wartha, S., & Güse, M. (2009). Zum Zusammenhang zwischen Grundvorstellungen zu Bruchzahlen und arithmetischem Grundwissen. *Journal für Mathematik-Didaktik*, *30*(3/4), 256–280. https://doi.org/10.1007/BF03339082

Yerushalmy, M., Olsher, S., Harel, R., & Chazan, D. (2023). Supporting Inquiry Learning: An Intellectual Mirror that Describes what It "Sees". *Digital Experiences in Mathematics Education*, *9*(2), 315–342. https://doi.org/10.1007/s40751-022-00120-3