

Angelika BIKNER-AHSBAHS, Bremen, Steffen ROHDE, Bremen & Anna WEIßBACH, Bremen

Digitales Feedback: ein mächtiger ‚Akteur‘ im Lernprozess?

Technisches Feedback ist ein wichtiger Baustein für digital unterstütztes Lernen (van der Kleij, Feskens & Eggen, 2015; Fyfe, 2016). Bockhove & Drijvers (2012) zeigen, dass Zeitnähe und Feedbackvariation wichtige Bedingungen für seine Lernwirksamkeit darstellen. Leistungsschwächere Lernende scheinen besonders von Feedback zu profitieren (Fyfe, 2016) und am wirksamsten scheint Feedback in Verbindung mit Erklärungen zu sein (van den Kleij et al., 2015). Offen bleibt jedoch, *wie* digitales Feedback *Lernprozesse* unterstützen kann. Genau dieser Frage gehen wir in der Multi-Fall-Studie *MAL-Feedback* nach. Dazu nutzen wir das MAL-System, ein Lernsystem auf dem iPad, das für das multimodale Algebra Lernen (MAL) entwickelt wurde (Reinschüssel et al., 2018) und in der aktuellen Studie zur Einführung negativer Zahlen eingesetzt wird. Zahlen werden darin mit virtuellen Plättchen modelliert und Operationen mit Zahlen als Handlungen mit Plättchen. Ein blaues Plättchen steht für +1, ein rotes für -1. Handlungen bestehen aus drei Basishandlungen: Dazulegen (Addieren), Wegnehmen (Subtrahieren) und Re-Arrangieren (Reid & Vallejo-Vargas, 2019). Das Display zeigt zwei Seiten einer Gleichung, auf denen Zahlenterme mit Plättchen gelegt und bearbeitet werden. In der Mitte befindet sich ein Gleichheitszeichen, das die Äquivalenz der beiden Terme anzeigt.

In den Fallstudien arbeiten zwei Lernende der fünften Klasse zusammen. Ein Tutor begleitet den Lernprozess. Das Gleichheits-/Ungleichheitszeichen zeigt direkt an, ob eine Handlung die Gleichheitsbeziehung erhält oder nicht (horizontales Feedback). Was die Plättchengleichung symbolisch bedeutet, wird als numerische Gleichung angezeigt (vertikales Feedback).

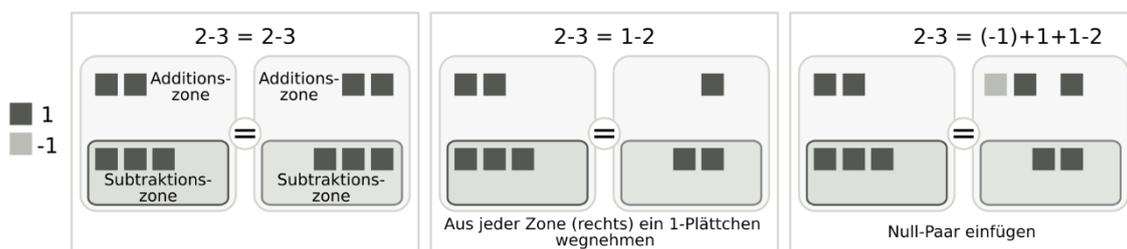


Abb. 1: Bearbeitung von 2-3 mit dem MAL-System

Abb. 1 zeigt, wie 2-3 mit dem MAL-System bearbeitet werden kann: Eine Seite bleibt, die andere wird verändert; genutzt werden Additionszone (AZ) und Subtraktionszone (SZ). Letztere gibt an, was subtrahiert werden soll. Zwei Plättchen unterschiedlicher Farbe bilden ein Null-Paar (Abb. 1, drittes

Bild), d.h. sie ergeben zusammen Null und können beliebig oft hinzugefügt oder weggenommen werden. Ein Plättchen im Null-Paar wird dann als Gegenplättchen des anderen verstanden.

Empirisch basierte begriffliche Klärungen

Feedback verstehen wir als Reaktion des MAL-Systems auf eine Handlung mit ihm. Feedback liegt im vorliegenden Fall permanent vor, wird aber nicht zwingend beachtet. Es wird verhandelbar, wenn es in die Interaktion der Gruppe aufgenommen wird. Dies kann auf zwei Arten geschehen: A) Feedback wird als Impuls aufgenommen; B) Feedback wird gezielt provoziert, z. B. zum Testen einer Hypothese. In beiden Fällen wirkt Feedback in einer Feedback-Schleife auf die Ausgangssituation zurück (Abb. 2), etwa als Anstoß zur Reflexion. Eine Feedback-Schleife besteht dann aus vier Phasen: (1) Ausgangssituation mit Feedback auslösender Handlung, (2) (digitales) Feedback, (3) unmittelbare Reaktion, die Feedback in die Interaktion aufnimmt und die von den Beteiligten wiederholt, gestützt, bestätigt werden kann, sowie (4) rückwirkendes sich auf die Ausgangssituation beziehendes Handeln.

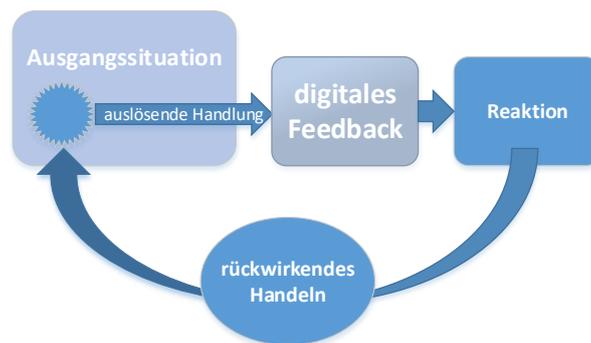


Abb. 2: Feedback-Schleife

Erste Ergebnisse

- Feedback muss explizit als Artefakt des Lern-Systems gelernt werden.
- Feedback hat zwei Funktionen, eine *pragmatisch* (auf praktisches Handeln) und eine *epistemisch* (auf Einsicht) ausgerichtete Funktion, die aber erst im *rückwirkenden Handeln* realisiert und beobachtbar werden.
- Relevantes Feedback wird bisweilen übersehen, selbst wenn einzelne Lernende auf das Feedback hinweisen.
- Feedback im MAL-System ist eingebunden in einen Lernprozess, der aus vier ineinandergreifende Schichten besteht: (1) Lernen des MAL-Systems, (2) Lernen mit dem MAL-System, (3) Einbetten des MAL-Symbol-systems in das mathematische Symbolsystem (incl. Erweiterung) und (4) Emanzipieren vom MAL-System.

Beispiel: Übergang von Anzahlgleichheit zu Ergebnisgleichheit

Der Lernprozess zur Gleichheitsrelation durchläuft hier drei Formen der Gleichheitsvorstellung: Bild-, Anzahl- und Ergebnisgleichheit.

Bildgleichheit meint, dass die Plättchen in Lage, Form und Farbe auf beiden Seiten das gleiche Bild ergeben. Die Gleichheit erschließt sich visuell.

Anzahlgleichheit meint, dass die Anzahl der Plättchen gleicher Farbe (in der SZ bzw. AZ) unabhängig von Lage und Form auf beiden Seiten gleich ist. Die Gleichheit erschließt sich durch Zählen.

Ergebnisgleichheit bezieht sich auf das Operieren mit den Plättchen. Die Gleichheit erschließt sich durch operierendes Rechnen mit/ohne Plättchen.

In unserem Beispiel erweitern Yussuf und Carl ihr Gleichheitsverständnis von der Anzahlgleichheit zur Ergebnisgleichheit. Auf dem Display ist auf beiden Seiten die Differenz 2-3 mit Plättchen dargestellt (siehe Abb. 1, Bild 1). Der Tutor fragt, was geschieht, wenn je ein Plättchen aus AZ und SZ rechts entfernt wird. Dem schließt sich folgende Interaktion an (#31-40):

33 CRL: Oke wenn wir- (.) dann kommt da (zeigt in die Mitte der Zeile mit der symbolischen Übersetzung) n ungleich Zeichen hin-

34 YSF: Jap. ...

38 CRL: Ja. w- also weil die (zeigt auf die Einser-Plättchen in der AZ links) halt noch da steht- (.) ist- ,kommt da (zeigt auf die Mitte der symbolischen Übersetzung) n ungleich Zeichen hin und dann steht hier (zeigt auf die Einser-Plättchen in der AZ rechts) zwei minus eins.

39 Tutor: Okay dann probiert das mal aus.

40 YSF: CRL (unverständlich) das ist jetzt mal richtig gut. (CRL schiebt die beiden Einser-Plättchen ... von der Arbeitsfläche, 2sec) tada- hab ich mit ungleich recht gehabt oder hab ich recht gehabt' (..) WAS' ("=" steht in der Gleichung, YSF beugt sich vor, der Tutor lacht kurz)

Tab.: Transkript einer Feedbacksituation

Zunächst stellt Carl die Hypothese auf, dass das Entfernen je eines Plättchens aus AZ und SZ (rechts) ein Ungleichheitszeichen erzeugen würde (#33, 34). Er begründet dies mit Bezug zur Anzahl(un-)gleichheit (#38). Aus dieser *Ausgangssituation* entsteht die *auslösende Handlung*, dies zu testen (Fall B; #39). Auch Yussuf erwartet ein Ungleichheitszeichen und sieht zunächst nicht, dass dieses nicht eintritt (#40). Er reagiert erstaunt, ebenso Carl etwas später. Nach dieser *Reaktion* schließt sich eine erklärende Reflexion über die Ausgangssituation und deren Auslöser als *rückwirkendes Handeln* an: „Ah weil beides (zeigen jeweils auf die symbolische Übersetzung) eins ist.“ „...“

wenn es beides das gleiche Ergebnis ist.“ Das *rückwirkende Handeln* korrigiert die Ausgangshypothese und erweitert das Gleichheitsverständnis der beiden Schüler zur Vorstellung von Gleichheit als *Ergebnisgleichheit*.

An diesem Beispiel lassen sich nicht nur die Phasen der *Feedback-Schleife* und ihre Lernwirksamkeit rekonstruieren, dieses Beispiel deutet auch die Rolle von Feedback für die relevanten Lernschichten an: Die Funktionsweise des technischen Feedbacks (als Artefakt) wurde erlernt (Schicht 1: Lernen des MAL-Systems) und wird nun als Instrument zum Aufstellen einer Hypothese genutzt (Schicht 2: Lernen mit dem MAL-System). Schicht 1 & 2 sind durch Prozesse des *Instrumental Genesis* (vgl. mit Artigue, 2002) dialektisch verzahnt. Das erwartungswidrige Feedback (#40) initiiert eine Reflexion in Schicht 2, die in Schicht 3 (Einbettung des MAL-Symbolsystems in das mathematische Symbolsystem) hineinwirkt. Feedback trägt also zur *Steuerung der Lernprozesse* in und zwischen den Lernschichten bei.

Danksagung: Das Projekt „Multimodal Algebra Lernen“ (MAL) wurde vom Bundesministerium für Bildung und Forschung im Programm “Erfahrbares Lernen” (Förder-Nr. 16SV7550K) gefördert.

Literatur

- Artigue, M. (2002). Learning mathematics in a CAS environment: The genesis of a reflection about instrumentation and the dialectics between technical and conceptual work. *International Journal of Computers for Mathematical Learning*, 7, 245–274.
- Bokhove, C. & Drijvers, P. (2012). Effects of Feedback in an Online Algebra Intervention. *Technology, Knowledge and Learning* 17(1/2), 43–59.
- Fyfe, E. (2016). The benefits of feedback on Computer-based algebra homework. In Wood, M., Turner, E., Civil, M. & Eli, J. (Hrsg.), *Proceedings of the 38th annual meeting of the North American Chapter of the Int. Group for the Psychology of Mathematics Education* (S. 581–588S. 581-588). Tucson, AZ: The University of Arizona.
- Janßen, T., Reid, D. & Bikner-Ahsbals, A. (2019, in press). Issues in modelling terms involving subtraction in a manipulative environment for linear equations—and a possible solution. In U. T. Jankvist, M. van den Heuvel-Panhuizen & M. Veldhuis (Hrsg.), *Proceedings of the Eleventh Congress of the European Society for Research in Mathematics Education* (xx-yy). Utrecht, the Netherlands: Freudenthal Group & Freudenthal Institute, Utrecht University and ERME.
- Reid, D. & Vallejo-Vargas, E. (2019). Evidence and argument in a proof based teaching theory. *ZDM*. <https://link.springer.com/article/10.1007%2Fs11858-019-01027-x>
- Reinschlüssel, A., Alexandrovsky, D., Döring, T., Kraft, A., Braukmüller, M., Janßen, T., Reid, D., Vallejo, E., Bikner-Ahsbals, A. & Malaka, R. (2018). Multimodal algebra learning: From math manipulatives to tangible user interfaces. *i-com. Journal of Interactive Media*, 17(3), 201–209. (Authors: 10).
- Van der Kleij, F., Feskens, R. & Eggen, T. (2015). Effects of Feedback in a Computer-Based Learning Environment on Students’ Learning Outcomes: A Meta-Analysis. *Review of Educational Research*, 85(4), 475–511.