

Fehlerklima und Problemlösen im Mathematikunterricht

In der Literatur zum Problemlösen wird häufig empfohlen, eine "problemlösefreundliche Lernatmosphäre [im Mathematikunterricht]" zu schaffen, in der es möglich sein soll, dass Fehler beim Problemlösen als Lernanlässe wahrgenommen und genutzt werden (Bruder & Collet, 2011). In der Beschäftigung mit Fehlern beim Problemlösen wird teilweise sogar ein "Ansatzpunkt zur Förderung der Problemlösefähigkeit" (Heinrich, 2015, S. 63) gesehen. Durch die Beschäftigung mit bzw. Analyse von Fehlern könnte etwa das sog. "Negative Wissen" der Lernenden verbessert werden. Im Kontext des Problemlösens ist damit z.B. gemeint, dass Lernende wissen, welche Vorgehensweisen bei bestimmten Problemen vermutlich nicht zielführend sind. Der Aufbau eines solchen Wissens gewinnt gerade vor dem Hintergrund an Bedeutung, dass Fehler in der Lösungsstrategie (Strategiefehler) gegenüber Wissens- oder Fertigkeitenfehlern (Geering, 1996) beim Problemlösen deutlich häufiger auftreten (Fritz, 2022).

Zusammengenommen ähneln die Forderungen nach einer problemlösefreundlichen Atmosphäre und der Nutzung von Fehlern beim Problemlösen im Mathematikunterricht der Definition eines positiven Fehlerklimas nach Gabriele Steuer: "Ein positives Fehlerklima wird definiert als die Wahrnehmung, Bewertung und Nutzung von Fehlern als integrale Elemente im Lernprozess innerhalb der sozialen Lernumwelt der Schulklasse" (Steuer, 2014, S. 50). In ihrer Dissertation erforschte Steuer das Fehlerklima und konzeptualisierte ein achtdimensionales Modell. Grundlegend waren dabei v.a. Vorarbeiten aus der Arbeitsgruppe um Fritz Oser und Maria Spychiger, die den Forschungszweig zum Fehlerklima im Mathematikunterricht maßgeblich prägten (s. z.B. Oser & Spychiger, 2005). Fünf der acht Dimensionen beziehen sich auf das Verhalten und die Einstellungen der Lehrkraft, drei weitere auf die Lernenden. Das Fehlerklima im Mathematikunterricht wird folglich sowohl von den Lernenden als auch der Lehrkraft beeinflusst. Insgesamt ist jedoch die Rolle der Lehrkraft entscheidend (Steuer, 2014).

Das Fehlerklima und die problemlösefreundliche Lernatmosphäre

Dass sich die gewünschte problemlösefreundliche Atmosphäre und ein positives Fehlerklima im Mathematikunterricht (zumindest per definitionem) sehr zu ähneln scheinen, motiviert eine umfassendere und kontrastive Betrachtung der beiden Forschungsfelder. Bereits eine oberflächliche Beschäftigung mit den einzelnen Dimensionen des Fehlerklimas legt nahe, dass es viele Zusammenhänge zwischen Fehlerklima und problemlösefreundlicher

Lernatmosphäre geben könnte. Die Dimension "Fehlertoleranz der Lehrkraft" ist beispielsweise positiv ausgeprägt, wenn die Lehrkraft Fehler generell zulässt, sie nicht pauschal als Defizite auffasst und bereits in ihrer Unterrichtsplanung davon ausgeht, dass den Lernenden bestimmte Fehler unterlaufen werden. Die Dimension "Lehrkraftunterstützung nach Fehlern" beinhaltet, inwieweit die Lehrkraft die Lernenden in Fehlersituationen unterstützt, Feedback gibt und Hilfen anbietet. Schließlich beeinflusst die Lehrkraft die Ausprägung der Dimension "Analyse von Fehlern" maßgeblich dadurch, inwieweit sie Zeitressourcen für die Beschäftigung mit einem Fehler zur Verfügung stellt und die Nutzung eines Fehlers somit erst ermöglicht (Steuer, 2014). Wenn Fehler im Sinne Heinrichs als "Ansatzpunkte" für das Problemlösenlernen gelten, sind alle der genannten Aspekte bedeutsam. Zeichnet sich der problemorientierte Mathematikunterricht einer Lehrkraft durch die benannten Eigenschaften aus, liegt die Vermutung nahe, dass das Problemlösenlernen im Mathematikunterricht besser gelingen kann.

Mit dieser Vermutung erwächst somit zugleich die Hypothese, dass ein positives Fehlerklima mit dem Gelingen des Problemlösenlernens einhergeht. Anders ausgedrückt: Hier wird vermutet, dass ein positives Fehlerklima zahlreiche Bedingungen umfasst, die im Mathematikunterricht vorherrschen sollten, damit problemorientierter Mathematikunterricht als gelungen bezeichnet werden kann. Zur Überprüfung dieser Hypothese muss zunächst zweierlei geklärt werden. Einerseits sollte nicht ungeprüft davon ausgegangen werden, dass Heinrichs Auffassung über die Nutzung von Fehlern in der mathematikdidaktischen Forschung vollends geteilt wird. Es gilt generell herauszustellen, unter welchen Umständen der problemorientierte Mathematikunterricht als "gelungen" bezeichnet werden kann. Das Ziel ist die Ausarbeitung eines Katalogs, mit dem nachvollzogen werden kann, welche Auffassungen über gelungenes Problemlösenlernen in der mathematikdidaktischen Forschung existieren. Andererseits muss dargelegt werden, wie die Gegenüberstellung des positiven Fehlerklimas und des Katalogs für gelungenes Problemlösenlernen methodisch realisiert werden soll.

Methode

Um herauszufinden, durch welche Merkmale sich der problemorientierte Mathematikunterricht auszeichnen sollte, damit er als gelungen bezeichnet werden kann, wird das mathematikdidaktische Forschungsfeld zum Problemlösen gründlich studiert. Dabei spielt es weniger eine Rolle, dass jegliche Publikationen begutachtet werden, in denen Forschende schildern, wie Problemlösen unterrichtet werden sollte. Wichtig ist vielmehr, dass – unter Berücksichtigung des gewählten Fokus – ein möglichst repräsentativer Über-

blick über das Forschungsfeld entsteht. Eine äußerst systematische Vorgehensweise, etwa im Rahmen eines systematischen Reviews, ist nicht notwendig. Zur Zielsetzung passt unter diesen Annahmen eher ein sog. "Scoping Review". Solche Reviews eignen sich besonders zur Orientierung in einem Forschungsfeld (von Elm et al., 2019).

Ganz ähnlich werden möglichst viele Aspekte erarbeitet, die für ein positives Fehlerklima sprechen. Allein auf die Arbeiten von Steuer zurückzugreifen, wäre auch hier nicht genügend fundiert. Das Ziel ist es, möglichst viele Kriterien zu formulieren, die für positive Ausprägungen der einzelnen Dimensionen des Fehlerklimas sprechen.

Entlang der Dimensionen des Fehlerklimas wird diesen Kriterien schließlich der Katalog für einen gelungenen problemorientierten Mathematikunterricht gegenübergestellt.

Erste Ergebnisse

Das Forschungsvorhaben befindet sich zurzeit in seinen Anfängen, daher werden hier erste Ergebnisse vorgestellt.

Es können beispielsweise zwei grundsätzliche Voraussetzungen für ein positives Fehlerklima identifiziert werden. Einerseits wird als wichtig betont, dass Lehrkräfte generell die Auffassung vertreten, dass Fehler lernförderlich sein können (Oser & Spychiger, 2005). Andererseits sollte der Mathematikunterricht an konstruktivistischen Lerntheorien orientiert sein (Schoy-Lutz, 2005). Beide Aspekte sind für das Problemlösen ebenso bedeutsam. Damit Fehler in Problemlöseprozessen genutzt werden können, sollte die Lehrkraft prinzipiell einen potentiellen Nutzen von Fehlern für das Problemlösen erkennen. Daneben erscheint die konstruktivistische Ausrichtung des problemorientierten Unterrichts wichtig, weil die Schüler*innenorientierung in Phasen der Fehlerbearbeitung entscheidend ist.

Zu den drei Dimensionen, die auf der vorangegangenen Seite kurz vorgestellt wurden, können ebenfalls anschlussfähige Beiträge aus der Literatur zum Problemlösen im Mathematikunterricht ausgemacht werden. Die "Fehlertoleranz der Lehrkraft" spielt im problemorientierten Unterricht insofern eine Rolle als die Lehrkraft auch gegenüber vermutlich nicht zielführenden Herangehensweisen der Lernenden tolerant sein sollte. Sinnvoll ist ebenfalls, dass verschiedene Herangehensweisen der Lernenden bereits in der Unterrichtsplanung antizipiert werden (Bruder, 2018). Auch die "Lehrkraftunterstützung nach Fehlern" ist beim Problemlösen sehr bedeutsam. Der Wert von geeigneten Hilfestellungen und Feedback wird sowohl in der Literatur zum Fehlerklima als auch zum Problemlösen betont (Beyerl & Fritz, 2017; Peh-

konen, 2017; Steuer, 2014). Wenn die Orientierung an Fehlern der Problemlösefähigkeit von Lernenden zuträglich ist, dann müssen genügend Zeitressourcen für die "Analyse von Fehlern" bzw. das Kommunizieren über Fehler eingeplant werden. In dieser Hinsicht beeinflusst die Lehrkraft sowohl das Fehlerklima als auch das Gelingen des Problemlösenlernens im Mathematikunterricht (Beyerl & Fritz, 2017; Schoy-Lutz, 2005; Steuer, 2014).

Literatur

- Beyerl, M. & Fritz, J. (2017). Ausgewählte Maßnahmen zur Förderung der Problemlösekompetenz. In M. Beyerl, J. Fritz, A. Kuzle, M. Ohlendorf & B. Rott (Hrsg.), *Mathematische Problemlösekompetenzen fördern* (S. 55–84). WTM.
- Bruder, R. & Collet, C. (2011). *Problemlösen lernen im Mathematikunterricht*. Cornelsen.
- Bruder, R. (2018). Welche Inhalte und in welcher Ausprägung benötigt die Mathematiklehrkräfteausbildung zum Thema „Problemlösen“? In B. Rott, A. Kuzle & R. Bruder (Hrsg.), *Problemlösen unterrichten und untersuchen* (S. 53–63). WTM.
- Fritz, J. (2022). *Schülerfehler im Problemlöseunterricht: Empirische Erkundungen zum Umgang der Lehrperson mit Schülerfehlern im mathematischen Problemlöseunterricht*. <https://doi.org/10.24355/dbbs.084-202112021337-0>
- Geering, P. (1996). Aus Fehlern lernen im Mathematikunterricht. In E. Beck, T. Guldimann & M. Zutavern (Hrsg.), *Eigenständig lernen* (S. 59–70). UVK.
- Heinrich, F. (2015). Fehler beim Bearbeiten mathematischer Probleme als mögliche Ansatzpunkte zur Förderung der Problemlösefähigkeit. In F. Heinrich & S. Juskowiak (Hrsg.), *Mathematische Probleme lösen lernen* (S. 63–78). WTM.
- Oser, F. & Spychiger, M. (2005). *Lernen ist schmerzhaft. Zur Theorie des Negativen Wissens und zur Praxis der Fehlerkultur*. Beltz.
- Pehkonen, E. (2017). Teaching Mathematics via Problem Solving. In M. Stein (Hrsg.), *A Life's Time for Mathematics Education and Problem Solving* (S. 344–354). WTM.
- Schoy-Lutz, M. (2005). *Fehlerkultur im Mathematikunterricht. Theoretische Grundlegung und evaluierte unterrichtspraktische Erprobung anhand der Unterrichtseinheit „Einführung in die Satzgruppe des Pythagoras“*. Franzbecker.
- Steuer, G. (2014). *Fehlerklima in der Klasse. Zum Umgang mit Fehlern im Mathematikunterricht*. Springer VS.
- von Elm, E., Schreiber, G. & Haupt, C. C. (2019). Methodische Anleitung für Scoping Reviews (JBI-Methodologie). *Zeitschrift für Evidenz, Fortbildung und Qualität im Gesundheitswesen*, 143, 1–7.