

Johann SJUTS, Osnabrück

Vorhandene und fehlende Metakognition in Aufgabebearbeitungen

Metakognition ist bei der Bearbeitung von Aufgaben in Mathematik von Nutzen, und zwar einerseits zur Absicherung von Lösungen und andererseits zur Vorbeugung von Fehlern. Metakognition ist nicht nur erfolgsunterstützend, sondern auch misserfolgsvermindernd. Im Rahmen diesbezüglicher Analysen von Aufgabenstellungen und -lösungen ist ein kategoriales Instrumentarium entstanden, mit dem sich metakognitive Prozesse in Aufgabebearbeitungen rekonstruieren lassen. Die so gewonnenen Erkenntnisse bieten Anregungen sowohl für die Forschung in Mathematikdidaktik als auch für die Organisation von Lehr-Lern-Prozessen in Mathematik.

Art und Gestaltung von Aufgaben

Übliche Mathematikaufgaben setzen Metakognition nicht von selbst in Gang. Gleichwohl sind metakognitive Prozesse der Planung, Steuerung und Überprüfung beim Lösen von Aufgaben erstrebenswert. Denn ein gezieltes Bewusstmachen und ein strukturiertes Organisieren des eigenen Denkens sind geeignet, eine erfolgreiche Aufgabebearbeitung so weit wie möglich zu unterstützen. Folglich sind schon eine passende Art und Gestaltung von Aufgaben genau zu bedenken.

Dreierlei ist getrennt oder kombiniert möglich: Die Anforderung, bei der Aufgabebearbeitung stets und systematisch Metakognition einzubeziehen, kann durch eine ausgesprochene oder unausgesprochene unterrichtliche Verbindlichkeit erzeugt werden. Nützlich sind zudem bestimmte Aufgaben, denen ein Anstoß zur Metakognition auf besondere Weise innewohnt. Überdies lassen sich Aufgabenstellungen um spezifische Aufforderungen zur Metakognition erweitern.

Wie eine Aufgabenerweiterung aussehen kann, mag das folgende Beispiel verdeutlichen. Nicht ungewöhnlich ist diese Aufgabe:

Zum Ausheben einer Baugrube benötigen vier Bagger für 1200 m³ Erde fünf Tage. Wie viele Tage benötigen drei Bagger für 900 m³ Erde?

Gehört es zur etablierten Selbstverständlichkeit, nicht nur ein Ergebnis anzugeben, sondern auch das Vorgehen darzulegen und in einer ausführlichen Erläuterung zu verschriftlichen, finden ganz unwillkürlich metakognitive Aktivitäten statt. Dies lässt sich allerdings auch durch eine explizite Aufgabenstellung erreichen.

Schreibe deine Rechnung genau auf. Erläutere dein Vorgehen.

So wird veranlasst, Vorkehrungen zu treffen und Vorgehensweisen zu entwickeln und alles zu notieren, was einen Einblick in das jeweilige Denken ermöglicht. Die Verschriftlichung macht das eigene Denken und Verstehen bewusst und damit regulier- und kontrollierbar. Zwei Beispiele sollen das an späterer Stelle illustrieren.

Metakognitive Aktivitäten in Bearbeitungen von Aufgaben

Für Erhebungen und Analysen von Metakognition in Aufgaben und Aufgabebearbeitungen ist ein geeignetes Instrumentarium erforderlich. So ist in Anlehnung an das Kategoriensystem zur Analyse von metakognitiver und diskursiver *Unterrichtsqualität* (Nowińska, 2016) ein Kategoriensystem zur Rekonstruktion metakognitiver Prozesse in *Aufgabebearbeitungen* und ein Einstufungssystem zur Intensität metakognitiver Aktivitäten entstanden (Schürstedt, 2021; Hiegeist, 2022; Sjuts, 2022). Diese Systeme ermöglichen es, metakognitive Aktivitäten im Hinblick auf die Bewältigung von Aufgabenstellungen strukturiert und systematisch zu erfassen.

Dabei waren Änderungen und Ergänzungen in den Kategorien nötig. Geblieben ist die bei der prozeduralen Metakognition übliche Dreiteilung in Vorausschau, Innehalten und Rückschau. Für Aufgaben und Aufgabebearbeitungen lauten die dafür angepassten ersten drei Kategorien: Planung der Aufgabebearbeitung, Monitoring während der Aufgabebearbeitung und Reflexion über die Aufgabenstruktur oder -bearbeitung.

Markant und neu ist die Änderung in der vierten und fünften Kategorie. So lässt sich vorhandene oder fehlende Diskursivität als Kennzeichen von Unterrichtsqualität nicht unmittelbar auf Aufgabebearbeitungen übertragen, die Idee, etwas nicht Vorhandenes, aber Bedeutsames bei Aufgabebearbeitungen zu untersuchen, dagegen wohl. Das Kategoriensystem zu Aufgabebearbeitungen enthält daher zwei neue Kategorien, nämlich Defizite in der Aufgabebearbeitung aufgrund fehlender metakognitiver Aktivitäten sowie fachliche oder sprachbezogene Fehler.

Die Kategorie der Defizite setzt sich von den ersten drei Kategorien Planung, Monitoring und Reflexion dadurch ab, dass nicht die bei den Aufgabebearbeitungen rekonstruierbaren metakognitiven Aktivitäten aufgeführt werden, sondern solche, deren Fehlen zu Defiziten in den Aufgabebearbeitungen führen. Die einzelnen Unterkategorien benennen Unzulänglichkeiten und Unkorrektheiten in der Aufgabebearbeitung, denen mit spezifischen metakognitiven Aktivitäten – schon präventiv – entgegengewirkt werden kann.

Analyse von Aufgabenbearbeitungen

Zwei Aufgabenbearbeitungen sollen nun einer Analyse unterzogen werden. Es handelt sich um Abschriften von Originallösungen in einem Ausschnitt.

Die Aufgabenbearbeitung I (aus Klasse 8) basiert auf einer konventionellen Darstellungsform zu direkten und umgekehrten Proportionalitäten (Abb. 1). Die Tabelle ist übersichtlich, die Pfeiloperatoren sind nachvollziehbar. Somit lässt sich das Denken erkennen, auch steuern und prüfen. Offensichtlich ist zuerst die Zeile (4; 1200 m³; 5) entstanden, die die Informationen des Aufgabentextes enthält. Dann ist mittels Divisor 4 die Zeile (1; 300 m³; 1,25) berechnet worden und schließlich mittels Faktor 3 die Zeile (3; 900 m³; 3,75). (Dazu gibt es im Original noch Nebenrechnungen.) So kommt die (im Original vorhandene) Antwort, dass ein Zeitraum von 3,75 Tagen benötigt wird, zustande. Dieses Ergebnis ist indes falsch.

Bagger	Erde	Tage
1	300 m ³	1,25
3	900 m ³	3,75
4	1200 m ³	5

Abb. 1: Aufgabenbearbeitung I

Das Vorgehen ist genau ersichtlich. Man kann daher von einer – jedenfalls in einer gewissen Weise – vorgenommenen Analyse der Struktur der Darstellung und der Wahl der Darstellung ausgehen. Allerdings hat eine Überprüfung der fachspezifischen Darstellung und des fachspezifischen Vorgehens nicht mehr stattgefunden. Ein dreifaches Anwenden eines Multiplikations- bzw. Divisionsoperators ist inadäquat. Hier liegt mit dem Rahmungseffekt eine kognitive Verzerrung vor (Sjuts, 2021). Erläuterungen und Kontrollen zum Vorgehen fehlen. Metakognitive Aktivitäten hätten dem fehlerhaften Vorgehen und Ergebnis entgegenwirken können.

In der Aufgabenbearbeitung II (aus Klasse 7) wird die erweiterte Aufgabenstellung umfassend erledigt (Abb. 2). Metakognitive Aktivitäten durchziehen die gesamte Bearbeitung. Abfolge („als erstes“, „dann“, „jetzt“) und Absicht („damit“) werden präzise benannt. Die sorgfältige Explikation des Vorgehens verdeutlicht die Reflexion der Struktur- und Wirkungsanalyse sowie die Kontrolle der Argumentation.

Ich rechne als erstes $1200 \text{ m}^3 : 4 = 300 \text{ m}^3$. Das bedeutet, dass jeder Bagger 300 m^3 in 5 Tagen ausgehoben hat. Dann habe ich $300 \text{ m}^3 : 5$ gerechnet, damit ich herausbekomme, wie viele m^3 ein Bagger an einem Tag aushebt. Mein Ergebnis ist 60 m^3 . Jetzt geht es ja um 3 Bagger und wie lange sie brauchen. Jeder Bagger muss gleich viele m^3 insgesamt und auch am Tag ausheben. Ich habe genauso wie oben gerechnet. Nach meinem Ergebnis brauchen die drei Bagger für 900 m^3 ebenfalls fünf Tage. Bei dem oberen war einfach die Menge eines Baggers, der auch zusätzlich da war, addiert.

Abb. 2: Aufgabenbearbeitung II

Hervorhebenswert ist der letzte Satz, der eine ganz andere Art von Rechnung zur Überprüfung der Richtigkeit des Ergebnisses enthält. Die sich in einer elaborierten Verschriftlichung niederschlagenden metakognitiven Aktivitäten sichern Lösungsweg und Ergebnis erkennbar ab.

Literatur

- Hiegeist, C. (2022). *Intensität von metakognitiven Aktivitäten bei Aufgabenbearbeitungen in Mathematik* [unveröffentlichte Masterarbeit]. Universität Osnabrück.
- Nowińska, E. (2016). *Leitfragen zur Analyse und Beurteilung metakognitiv-diskursiver Unterrichtsqualität*. Forschungsinstitut für Mathematikdidaktik Osnabrück.
- Schürstedt, C. (2021). *Analyse von Aufgabenbearbeitungen in Mathematik zur Rekonstruktion metakognitiver Prozesse* [unveröffentlichte Masterarbeit]. Universität Osnabrück.
- Sjuts, J. (2021). Schnelles Denken, langsames Denken und die Systemrelevanz von Metakognition. *MNU-Journal*, 74(1), 54–61.
- Sjuts, J. (2022). Metakognition innerhalb von Aufgaben und Aufgabenbearbeitungen in Mathematik. *Zeitschrift für Mathematikdidaktik in Forschung und Praxis*, 3, 1–54.