JOKLITSCHKE, Julia; SCHINDLER, Maike & ROTT, Benjamin
Essen, Köln, Köln

Die Relevanz von Divergenz und Konvergenz in kreativen Prozessen

Theoretische Grundlagen und Forschungsinteresse

Eine Schlüsselkompetenz des 21ten Jahrhunderts ist die Kreativität (Griffin, McGaw & Care, 2012), die auch zunehmend in das Forschungsinteresse von Mathematikdidaktiker:innen fällt (Bruhn & Lüken, 2023). Mathematische Kreativität wird dabei unterschiedlich aufgefasst (Joklitschke et al., 2021). Generisch der Mathematik entstammend ist die Auffassung von Kreativität als ein Prozess (Hadamard, 1945), der Phasen wie bspw. Präparation, Inkubation, Illumination und Verifikation umfasst (Liljedahl, 2013; Schindler & Lilienthal, 2020). Auch Konzepte, die ihren Ursprung in der psychologischen Intelligenzforschung haben (Guilford, 1950), sind in der mathematikdidaktischen Forschung relevant, bspw. die Denkoperationen des divergenten und konvergenten Denkens: „Creativity requires both divergent and convergent thinking“ (Vink et al., 2022, 484). Das divergente Denken beschreibt dabei die Entwicklung und Kombination neuer Ideen und ist unter anderem „concerned with a broad kind of search for information“ (Guilford, 1977, S. 108). Das konvergente Denken ist charakterisiert durch das Auswählen, Vorantreiben, Wiederaufnehmen und Weiterentwickeln von Ideen, um zu einer konkreten Problemlösung zu kommen (Vink et al., 2022; Vries & Lubart, 2019) – zentral ist also die Balance zwischen divergentem und konvergentem Denken (Cropley, 2006; Vink et al., 2022). In der MINT-Didaktik, insb. der Mathematikdidaktik, wurde dieses Wechselspiel, also das Generieren und Kombinieren neuer Ideen (Divergenz) sowie das Wiederaufnehmen, Aufschieben oder Weiterentwickeln von Lösungsansätzen (Konvergenz) bisher nur wenig untersucht (Vink et al., 2022; Vries & Lubart, 2019) – insbesondere, wenn es um die Beurteilung kreativer *Prozesse* (im Gegensatz zu kreativen *Produkten*) geht. Dabei gibt es bereits einige Arbeiten, die sich mit der Analyse kreativer Prozesse beschäftigen (Schindler & Lilienthal, 2020). Etabliert hat sich der Einsatz sogenannter Multiple Solution Tasks (kurz MSTs), in denen die Schüler:innen angehalten sind, zu einer gegebenen Problemstellung (siehe Abb. 1) in vorgegebener Zeit mehrere

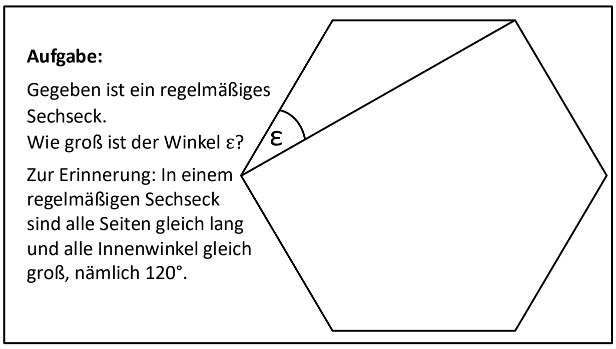

Abb. 1: MST „Sechseck“

In: L. Schick, M. Platz & A. Lambert (Hrsg.),
Beiträge zum Mathematikunterricht 2025.
58. Jahrestagung der Gesellschaft für Didaktik der Mathematik. WTM.
https://doi.org/10.37626/GA9783959873307.0

Lösungen zu erarbeiten. Der vorliegende Beitrag widmet sich folgender Forschungsfrage: *Wie sind kreative Prozesse von Schüler:innen beim Lösen geometrischer MSTs hinsichtlich divergenten und konvergenten Denkens charakterisiert?*

Methodik

15 Schüler:innen der Sekundarstufe II lösten das in Abb. 1 vorgestellte Problem. Ihre Blickbewegungen wurden mit einem Eye-Tracker erfasst und in einem Stimulated-Recall-Interview kommentiert. Die Transkripte wurden mit QIA analysiert (Kuckartz & Rädiker, 2022) und die rekonstruierten Bearbeitungsprozesse in Form eines Flussdiagramms reduziert dargestellt (siehe Abb. 2). Der chronologische Verlauf ist auf der vertikalen Achse zu sehen – je weiter unten etwas steht, desto später ist es vorgekommen. Auf der horizontalen Achse sind in Spalten mathematisch unterscheidbare Lösungsansätze dargestellt; was untereinandersteht, gehört zum selben Ansatz. Der Wechsel zwischen Ansätzen (also zwischen Spalten) weist auf eine neue Idee bzw. einen Rückbezug auf oder die Kombination von vorangegangenen Ideen hin (siehe Spaltenwechsel oder Verbindung zwischen Ansatz 1 und 3 in Abb. 2). Die Prozesse werden im Folgenden in Bezug auf die beiden Denkoperationen ausgewertet:

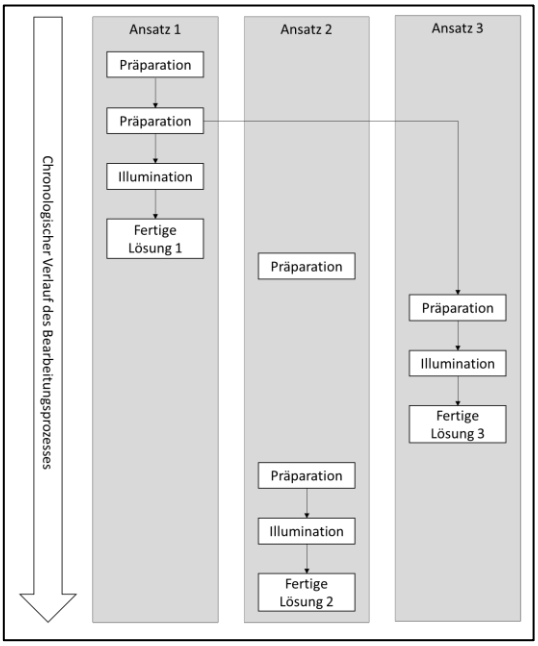

Abb. 2: schematische Darstellung des rekonstruierten Prozesses

(div): *Komplexe divergente Handlungen* (div+) werden kodiert, wenn neue Ansätze aus einzelnen oder mehreren bestehenden Ansätzen entwickelt werden oder gleichzeitig mehrere Ansätze nebeneinander entstehen. Zudem sind sowohl viele als auch vielfältige Lösungsansätze erkennbar. Eine Wertung als *einfache divergente Handlung* (div−) erfolgt, wenn die Entstehung neuer Ansätze fast ausschließlich isoliert von anderen Ansätzen ist und weder viele noch vielfältige Ansätze beschrieben werden.

(konv): Das Ausarbeiten einer Idee (im besten Fall zu einer fertigen Lösung) oder das Wiederaufgreifen eines Ansatzes (wie in Ansatz 2 zu sehen) kann als *konvergente Handlung* (konv) interpretiert werden. Werden die einzelnen Ansätze mehrheitlich erfolgreich ausgearbeitet, erfolgreich wiederaufgenommen oder begründet nicht wiederaufgenommen, wird der Gesamtprozess als *ziehlführende konvergente Handlung* (konv−) gedeutet. Andernfalls deutet dies auf *nicht zielführende konvergente Handlungen* (konv+).

Ergebnisse

Aus den theoretischen Vorüberlegungen sind vier Cluster (Tab. 1) ableitbar, die sich nach ersten Analysen auch in den empirischen Daten wiederfinden lassen, wobei es auch Grenzfälle gab. Dazu kommt noch ein weiteres, fünftes Cluster (3b) , welches vorher nicht theoretisch begründet abgeleitet werden konnte. Cluster 1 und 4 werden anhand von empirischen Fällen umrissen.

Handlungen	einfache div. ~ (div−)	komplexe div. ~ (div+)
zielführende konv. ~ (konv−)	Cluster 1: zielunsicher	Cluster 2: flexibel
Nicht zielführende konv ~ (konv+)	Cluster 3a: ansatzverhaftet Cluster 3b: assoziativ	Cluster 4: flexibel-integrativ

Tabelle 1: Übersicht über die fünf empirisch gefundenen Cluster für kreative Bearbeitungsprozesse mit Fokus auf divergente und konvergente Handlungen.

Cluster 1 wird beispielhaft durch den Prozess von Charlotte dargestellt: Charlottes Prozess ist eher als *zielunsicher* (Cluster 1) charakterisiert. Insgesamt berichtet sie nur von *einfachen divergenten Handlungen* (div−), wobei einschränkend gilt, dass sie insgesamt auch weitaus weniger Lösungen präsentieren konnte als Alex (s.u.). Außerdem ist ihr Prozess gekennzeichnet durch *nicht zielführende* Ausarbeitungen und Wiederaufnahmen von Ansätzen – das konvergente Arbeiten ist von großen Hürden geprägt (konv−).

Alex hingegen zeigt in seinem *flexibel-integrativen* Bearbeitungsprozess (Cluster 4) ein hohes Maß an *komplexen divergenten Handlungen* (div+). Er berichtet, dass er direkt zu Beginn mehrere Ideen hatte, die er dann im Laufe des Prozesses aufgreift und zu einer fertigen Lösung ausarbeitet, und auch, dass er zwei Lösungsansätze miteinander kombiniert, um einen weiteren daraus abzuleiten. Außerdem schiebt er einige Lösungsansätze begründet auf und nimmt diese zu einem späteren Zeitpunkt wieder auf, um diese zu einer fertigen Lösung zu vollenden. Andere Ansätze, die nicht gut zu vervollständigen sind, greift er auch nicht wieder auf, sodass hier von *zielführenden konvergenten Handlungen* (konv+) gesprochen werden kann.

Diskussion

Der Einbezug einer Hintergrundtheorie zu divergentem und konvergentem Denken (Cropley, 2006) in der mathematikdidaktischen Kreativitätsforschung wurde bisher nur unzureichend untersucht (Vink et al., 2022), erweist sich in dieser Studie aber als durchaus vielversprechend. Für die Untersuchung zur Bedeutung von divergentem und konvergentem Denken in kreativen Prozessen konnten klassische Multiple Solution Tasks genutzt werden, um kreative Prozesse ganzheitlich in den Blick zu nehmen – es wurde also die Generierung mehrerer, verschiedener Lösungen (bzw. Lösungsansätze) zu einem Problem analysiert. So konnten theoretisch unterschiedliche

Cluster abgleitet und empirisch in ersten Auswertungen nachgewiesen werden, die auch inhaltlich von unterschiedlicher Qualität sind. Einige Grenzfälle weisen auf einen eher fließenden Übergang zwischen den unterschiedlichen Clustern hin.

Weitere Forschungen könnten eine tiefere, theoretische Arbeit vorsehen, um das Zusammenspiel von divergentem und konvergentem Denken bei mathematisch kreativen Prozessen zu eruieren (Cropley, 2006; Vries & Lubart, 2019). Zudem könnte ein stärkerer Beitrag zur Theoriebildung geleistet werden, indem die gefundenen Cluster als Grundlage zur Bildung von (Ideal-)typen dienen. Auf empirischer Ebene sind weitere Analysen notwendig, um den Mehrwert und die Grenzen konvergenter und divergenter Handlungen in kreativen Prozessen im Detail zu untersuchen.

Literatur

Bruhn, S. & Lüken, M. M. (2023). A framework to characterize young school children's individual mathematical creativity—an integrative review. *AJME*, 2(1), 116–144.

Cropley, A. J. (2006). In Praise of Convergent Thinking. *Creativity Research Journal*, 18(3), 391–404.

Griffin, P., McGaw, B. & Care, E. (Hrsg.). (2012). *Assessment and Teaching of 21st Century Skills*. Dordrecht: Springer Netherlands.

Guilford, J. P. (1950). *Creativity. American Psychologist*, 5(9), 444–454.

Guilford, J. P. (1977). *Way beyond the IQ. Guide to improving intelligence and creativity*. Buffalo, N. Y.: Creative Education Foundation.

Hadamard, J. (1945). *The psychology of invention in the mathematical field.* New York: Dover Publications.

Joklitschke, J., Rott, B. & Schindler, M. (2021). Notions of Creativity in Mathematics Education Research. a Systematic Literature Review. *International Journal of Science and Mathematics Education*. https://doi.org/10.1007/s10763-021-10192-z

Kuckartz, U. & Rädiker, S. (2022). *Qualitative Inhaltsanalyse. Methoden, Praxis, Computerunterstützung* (5. Auflage). Weinheim, Basel: Beltz Juventa.

Liljedahl, P. (2013). Illumination. An affective experience? *ZDM—Mathematics Education*, 45(2), 253–265. https://doi.org/10.1007/s11858-012-0473-3

Schindler, M. & Lilienthal, A. J. (2020). Students' creative process in mathematics. Insights from eye-tracking stimulated recall interview on students' work on multiple solution tasks. *Int. J. Sci. Math. Educ.*, 18, 1565–1586.

Vink, I. C. de, Willemsen, R. H., Lazonder, A. W. & Kroesbergen, E. H. (2022). Creativity in mathematics performance: The role of divergent and convergent thinking. *The British Journal of Educational Psychology*, 92(2), e12459.

Vries, H. B. de & Lubart, T. I. (2019). Scientific Creativity: Divergent and Convergent Thinking and the Impact of Culture. *J. Creat. Behav.*, 53(2), 145–155.