

- DeLozier, S. J., & Rhodes, M. G. (2017). Flipped classrooms: A review of key ideas and recommendations for practice. *Educational Psychology Review*, 29, 141–151.
- Grüßing, M. (2012). *Räumliche Fähigkeiten und Mathematikleistung. Eine empirische Studie mit Kindern im 4. Schuljahr*. Waxmann.
- Heil, C. (2021). *The Impact of Scale on Children's Spatial Thought: A Quantitative Study for Two Settings in Geometry Education*. Springer Nature.
- Heil, C. & Ruwisch, S. (2019). Orientierung im Realraum. In F. Heinrich (Hrsg.), *Aktivitäten von Grundschulkindern an und mit räumlichen Objekten* (S. 87–104). Miltenberger.
- Jones, K., & Tzekaki, M. (2016). Research on the teaching and learning of geometry. In Á. Gutiérrez, G. C. Leder, & P. Boero (Hrsg.), *The Second Handbook of Research on the Psychology of Mathematics Education: The Journey Continues* (S. 109–149). Sense Publishers.
- Maresch, G. (2014). Strategies for assessing spatial ability tasks. *Journal for Geometry and Graphics*, 18(1), 125–132.
- Mizzi, A. (2017). *Relationship Between Language and Spatial Ability*. Springer.
- Niedermeyer, I., Ruwisch, S., & Heil, C. (2021). Development of early spatial perspective-taking – Toward a three-level model. *mathematica didactica*, 44(2).
- Pöhls, Arne (2015). Bauen in der Schattenbox – Welches Würfelgebäude wirft welchen Schatten?, *Grundschule Mathematik*, 45, 22–25.
- Resnick, I., Harris, D., Logan, T., & Lowrie, T. (2020). The relation between mathematics achievement and spatial reasoning. *Mathematics Education Research Journal*, 32, 171–174.
- Ruwisch, S., & Lüthje, T. (2013). „Das muss man umdrehen und dann passt es“: Strategien von Vorschulkindern beim Bearbeiten von Aufgaben zum räumlichen Vorstellungsvermögen. *mathematica didactica*, 36(2), 156–192.
- Sinclair, N. & Bruce, C. D. (2015). New opportunities in geometry education at the primary school. *ZDM*, 47, 319–329.
- Soury-Lavergne, S., & Maschietto, M. (2015). Articulation of spatial and geometrical knowledge in problem solving with technology at primary school. *ZDM*, 47, 435–449.

Cathleen Heil, Leuphana Universität Lüneburg
E-Mail: cathleen.heil@leuphana.de

Silke Ruwisch, Leuphana Universität Lüneburg
E-Mail: silke.ruwisch@leuphana.de

Authentic Optimizing: School Co-Creation for STEM – Oder was der Supermarkt der Zukunft mit Mathematik zu tun hat

Johannes Klaas, Frederik Dilling, Gero Stoffels und Ingo Witzke

Einleitung

„Du sollst berechnen, wie weit D-Dorf und E-Dorf voneinander entfernt sind. Da dort ein See liegt, kann niemand die Strecke einfach abfahren. Die Entfernungen der anderen Orte sind aber zum Teil bekannt. A-Dorf ist 7 km von B-Dorf entfernt. A-Dorf ist 17 km von D-Dorf entfernt. B-Dorf und C-Dorf liegen 9 km auseinander.“¹ So oder so ähnliche Aufgaben kennen vermutlich viele aus dem Mathematikunterricht. Eine authentische Aufgabe mit Realitätsbezug im Sinne der Einteilung von Neubrand et al. (2001, S. 47) liegt hier nicht vor. Auf die berechnete Frage: „Ist das echt/real“ könn-

te man hier wohl nicht mit „Ja“ antworten (Eichler, 2015).

Im Projekt *Authentic Optimizing: School Co-Creation for STEM* ist ein Ziel, diese Frage mit „Ja“ beantworten zu können. Im Sinne der Einteilung von Neubrand et al. (2001, S. 47) liegen in unserem Projekt authentische Problemstellungen vor, da wir den Schüler:innen die Möglichkeit bieten, sich mit „echten“ Problemstellungen aus einem modernen und innovativen Unternehmen beschäftigen zu können.² Dies ermöglicht uns die Zusammenarbeit mit REWE digital, einer Tochter der REWE Group, die als Partner in diesem Projekt mit uns gemeinsam relevante Problemstellungen aus dem

¹ Abgerufen am 22. 11. 2023 unter: www.kapiert.de/mathematik/klasse-9-10/geometrie/strahlensatze/anwendungsaufgaben-mit-strahlensatzen/

² Natürlich ist es ebenso das Ziel, auch authentisches Prozesse im Sinne von Büchter und Leuders (2018, S. 87) anzuregen, in denen Schüler:innen mathematischen Tätigkeiten durchführen.



Abbildung 1. Schüler:innen informieren sich während des Kick-Offs (Foto: REWE digital)

Unternehmen identifiziert. Diese liegen tatsächlich vor und sind nicht bloß – bewusst oder unbewusst – für das Projekt entwickelt worden. Die Problemstellungen werden dann von Seiten der Universität Siegen aufbereitet, sodass diese den Schüler:innen zur Lösung von Unternehmensseite vorgelegt werden können. Im weiteren Verlauf des Projekts werden die Teilnehmenden durch Mentor:innen der Universität Siegen (Mitarbeiter:innen und Student:innen) unterstützt und stehen im Austausch mit den Verantwortlichen für die jeweiligen Problemstellungen bei REWE-digital. In einem abschließenden „Forum of Innovation“ werden die erarbeiteten Lösungen von den Schüler:innen präsentiert und von REWE digital umgesetzt oder zur Weiterentwicklung entgegengenommen – auch dies ist ein zentraler Aspekt der Authentizität im Projekt. Die Authentizität des Problemlöseprozesses wird gefördert, indem REWE digital nicht bloß (echte) Problemstellungen zur Verfügung stellt, sondern auch am Lösungsprozess und der erarbeiteten Lösung selbst interessiert ist. Den teilnehmenden Schüler:innen im Projekt soll dadurch ein authentischer Problemlöse- und Modellierungsprozess über einen längeren Zeitraum ermöglicht werden. Diese Tätigkeiten lassen sich sowohl bezüglich der Anwendungskontexte als auch bezüglich des Problemlösens auf zwei der drei Grunderfahrungen von Winter (1996) zurückführen.

Das Konzept

Das Projekt Authentic Optimizing ist ein Kooperationsprojekt zwischen der Mathematikdidaktik der Universität Siegen und dem fördernden Unternehmen REWE digital. Gestartet wurde das Projekt im Frühjahr 2023 mit einem Gymnasium im Großraum Köln als schulischen Partner. Es handelt sich bei Authentic Optimizing um ein zyklisches Projekt mit wiederkehrenden Durchgängen mit einer Dauer von etwas mehr als einem halben Jahr, welche sich jeweils überlappen. Die einzelnen Durchgänge können dabei durch verschiedene Phasen beschrieben werden, wie dies Stoffels und Holten (2022, S. 54–55) für MINTPro²Digi darstellen. Die Projektinitialisierung erfolgt zu Beginn des gesamten Projektes, dies wird nicht in jedem Durchgang erneut wiederholt. Ein Durchgang beginnt mit der Vorbereitungsphase. Hier werden die Schüler:innen informiert und ausgewählt. In einem Problem Posing Prozess werden die Problemstellungen durch die Projektpartner ausgewählt³ und aufbereitet, sodass die Teilnehmer:innen in der AG diese lösen können. Jeder Problemstellung werden dabei eine oder zwei verantwortliche Personen von REWE digital zugeordnet. Diese Vorbereitungsphase endet mit dem Kick-Off Termin, in dem die jeweils verantwortlichen Mitarbeiter:innen im Unternehmen als Experten die Problemstellungen an die Schü-

³ Bei der Auswahl der Problemstellungen ist es entscheidend, die spezifischen Anforderungen des Unternehmens und die Voraussetzungen der Schüler:innen zu beachten. So sollten die Probleme echt sein und das Unternehmen sollte Interesse an der Lösung haben, gleichzeitig sollte die Herausforderung des Erstellens von Lösungen bzw. Lösungsansätzen für die Schüler:innen passend sein.

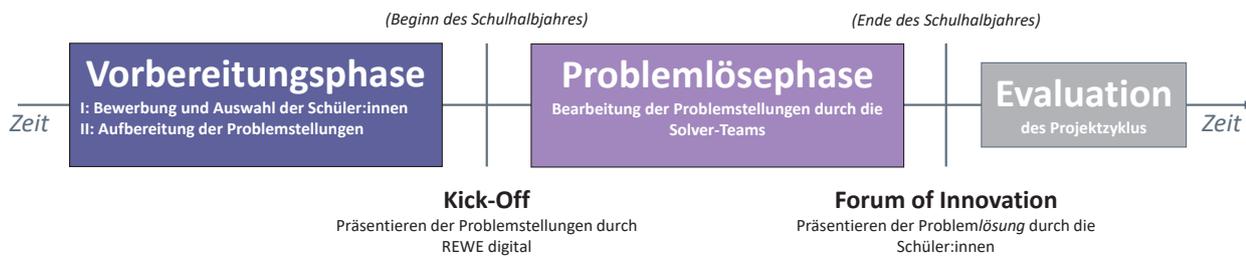


Abbildung 2. Zeitliche Darstellung eines Projektzyklus

ler:innen in einer Veranstaltung bei REWE digital übergeben. Die Teilnehmer:innen werden anschließend nach ihren Wünschen auf die Problemstellungen verteilt und es beginnt die Problemlösephase. In dieser Phase versuchen die Schüler:innen mithilfe der Mentor:innen und im Austausch mit den Verantwortlichen Lösungen für die ihnen gegebene Problemstellung zu finden. Dafür treffen sie sich in den sog. Solver-Teams (Gruppe von vier bis fünf Schüler:innen, die an einer Lösung einer Problemstellung arbeiten) mit ihren Mentor:innen an ihrer Schule. Diese Meetings finden einmal wöchentlich innerhalb einer Doppelstunde (90 min.) statt. Ein Großteil dieser Zeit kann für Arbeitsphasen genutzt werden. Ein weiterer Teil der Zeit wird für Inputs bzgl. erfolgreicher Problemlösetechniken oder die Organisation des Projekts verwendet. Die Problemlösephase schließt mit dem Forum of Innovation ab, in dem nun die Schüler:innen den Verantwortlichen der Problemstellungen bei REWE digital ihre Lösung präsentieren. Hier sollte nun auch ein Rollenwechsel stattfinden: die Schüler:innen sind nun die Experten, nicht mehr (nur) die Mitarbeiter:innen von REWE. Der Durchgang schließt mit einer Evaluation ab, in welcher mögliche Verbesserungen und Veränderungen für die nächsten Zyklen erörtert werden. Der Ablauf eines Projektzyklus ist in Abbildung 2 konzipiert dargestellt.

Die einzelnen Projektdurchgänge richten sich nach Schulhalbjahren, sodass zu Beginn eines Halbjahres die Probleme fertig ausgearbeitet im Kick-Off an die Schüler:innen übergeben werden können. Das Forum of Innovation ist dann jeweils am Ende des Schulhalbjahres. Zur Teilnahme am Projekt können sich Schüler:innen ab der siebten Klasse bis einschließlich zur Q1 mit einem kurzen Motivationsschreiben bewerben. Aktuell (zum Zeitpunkt der Einreichung) befinden wir uns in der Problemlösephase des ersten Durchgangs, welcher im März mit der Vorbereitungsphase begonnen hat und En-

de Januar 2024 mit dem Forum of Innovation endet. Gleichzeitig haben wir bereits mit der Vorbereitungsphase des zweiten Durchgangs begonnen. Im ersten Durchgang machen 21 Schüler:innen aus den Klassen sieben bis neun im Projekt mit, welche sich auf vier Problemstellungen verteilen. In diesen vier Problemstellungen beschäftigen sich die Schüler:innen mit ihrer Vision eines Supermarktes der Zukunft, mit möglichen Verbesserungen des Käuferlebnisses in der REWE-App, mit den Potentialen von Generativer Künstlicher Intelligenz im Kontext Supermarkt und mit Lösungen zum Umgang mit den Regulationen zur Haltbarkeit von Lebensmitteln im Lieferdienst. Zwei der hier genannten Problemstellungen (Supermarkt der Zukunft und Generative KI) werden unten als Beispiele genauer erläutert. Für den neuen Zyklus arbeiten wir unter anderem an Problemstellungen zur Optimierung von Lieferwegen.

Das Projekt Authentic Optimizing weist Verbindungen zu drei weiteren Projekten der Mathematikdidaktik der Universität Siegen auf: zum einen dem bereits abgeschlossenen Projekt MINTPro²-Digi⁴, zum anderen dem Projekt und Authentic-STEM⁵ und dem gerade in Kooperation mit der Universität zu Köln gestartete Projekt MINTCollaboration@NRW. Im Unterschied zu den anderen Projekten zeichnet sich Authentic Optimizing durch die intensive und vor allem langfristige Kooperation mit nur einem Partner aus der Wirtschaft über den gesamten Projektverlauf von drei Jahren aus. Dies ändert die Organisation des Projekts, den Problem Posing Prozess, die daraus resultierenden Problemstellungen und die Möglichkeiten während der Problemlösephase. So können aufgrund des gleichen Projektpartners bewusst Vergleiche innerhalb der Durchgänge oder Problemstellungen realisiert und dabei der Fokus auf einzelne Aspekte gelegt werden. Außerdem handelt es sich bei REWE digital um ein innovatives Unternehmen mit viel Erfah-

⁴ Weitere Informationen zu MINTPro²-Digi: siehe Stoffels und Holten (2022) oder <https://www.uni-siegen.de/fb6/didaktik/projekte/mintprozdigi/?lang=de>

⁵ Für weitere Informationen zu Authentic STEM siehe Stoffels et al. oder <https://www.uni-siegen.de/fb6/didaktik/projekte/authenticstem/?lang=de>

rung im projektorientierten Arbeiten an offenen Problemstellungen im Bereich digitaler Technologien.

Beispiel 1: Supermarkt der Zukunft

Wie wird der Supermarkt der Zukunft aussehen? Was muss in der Zukunft beachtet werden? Wie wird Einkaufen 2050 sein?

Diese Problemstellung ist aus dem ersten Durchgang des Projekts. Sie ist eine offene Problemstellung (offene Situation nach Büchter und Leuders (2018, S. 99)), es sind lediglich einzelne Anforderungen an den Zielzustand bekannt, alles andere ist in dieser Problemstellung nicht festgelegt. Die Schüler:innen können hier den Weg ihrer Lösung und den zu bearbeitenden Aspekt frei wählen. Um ihnen dennoch eine Hilfestellung zu geben, haben die Verantwortlichen der Problemstellung im Kick-Off verschiedene Denkanstöße präsentiert. Diese bezogen sich vor allem auf einen automatisierten Markt, aber auch Beispiele von Märkten aus anderen Ländern wurden vorgestellt. Die Denkanstöße der Verantwortlichen bei REWE digital waren nicht bindend für die Schüler:innen, diese konnten und haben auch eigene Ansätze verfolgt.

Beispiel 2: Generative KI

ChatGPT, the popular chatbot from OpenAI, is estimated to have reached 100 million monthly active users in January, just two months after launch, making it the fastest-growing consumer application in history (Hu, 2023).

Generative KI ist also ein aktuelles Thema, das sich rasant entwickelt und sowohl in zahlreichen wissenschaftlichen wie auch populären Veröffentlichungen zu finden ist. Auch REWE digital hat sich die Frage gestellt, inwiefern ChatGPT den Supermarkt von morgen und weitere Aspekte einer Supermarktkette verändern kann. Ebenso sind die verschiedenen Risiken und Nebenwirkungen von Generativer KI wichtig zu diskutieren. Auch oder gerade im Unternehmenskontext spielen Themen wie Datensicherheit eine große Rolle.

Auch diese Problemstellungen sind in ihrer Thematik offengehalten und ermöglichen es den Schüler:innen, selbst ihre favorisierten Ideen als Konzepte auszuarbeiten. Es wurden auch hier von den Verantwortlichen im Unternehmen inspirierende, aber keinesfalls obligatorische Ideen genannt.

Forschungsperspektiven

Neben der Initiierung von authentischen Problemlöseprozessen liegt ein wesentlicher Fokus des Projekts Authentic Optimizing in der fachdidaktischen Forschung im Bereich MINT, insbesondere aus der

Perspektive der Mathematikdidaktik. Das spezifische Forschungsinteresse des Projektteams der Universität Siegen und Universität zu Köln liegt in drei Feldern: die interdisziplinären und interinstitutionellen Problem Posing und Problem Solving Prozesse, die systematische Betrachtung der Kooperationsstruktur zwischen Unternehmen, Schule und Universität sowie die Ausbildung und Begleitung von Mentor:innen. Hierbei wird insbesondere die langfristige Kooperation mit einem Unternehmen als Faktor betrachtet.

Problem Posing und Problem Solving

Problem Solving oder auch Problemlösen ist als prozessbezogene Kompetenz in den Bildungsstandards (KMK, 2022) verankert und zugleich ein zentraler Bestandteil des deutschen Mathematikunterrichts und der mathematikdidaktischen Forschung. Wie bereits beschrieben sind in diesem Projekt vor allem authentische, also reale und langfristige Problemstellungen und ihre Lösung in unserem Interesse. Gerade in der Untersuchung von langfristigen Problemstellungen bieten wir in diesem Projekt eine Möglichkeit, sich von dem normalen Schulunterricht abzusetzen und einen Problemlöseprozess auch über ein Halbjahr zu ermöglichen und zu untersuchen. Aber auch Authentizität im Sinne von beispielsweise Büchter und Leuders (2018) bezogen auf die durch die Aufgabenstellung angeregten Prozesse und deren Qualität sollen untersucht werden. In welcher Qualität werden im Projekt überhaupt authentische Prozesse ausgelöst und wie analysiert man dies im konkreten Fall? Betrachtet wird aufgrund der realen Problemstellungen sogenanntes außermathematisches Problemlösen, welches hier im Bezug auf die Mathematik und ebenso interdisziplinär in Bezug auf andere Fach(-didaktiken) aus dem WiMINT-Bereich (Wirtschaft, Mathematik, Informatik, Naturwissenschaften, Technik) untersucht werden soll.

Neben dem Lösungsprozess von Problemstellungen durch die Schüler:innen wird ebenso die Entwicklung der Problemstellungen in den Blick genommen. Das Problem Posing (Problem aufstellen) beschäftigt sich dabei mit dem Entwicklungsprozess der Problemstellung, jedoch im Rahmen des Projekts und nicht im Rahmen von Aufgaben für z. B. den Unterricht in innermathematischen Situationen wie beispielsweise bei Baumanns und Rott (2018) oder Ramirez (2006). Das bedeutet, dass in unserem Problem Posing Prozess eine Realanwendung mit verschiedenen Akteuren des Unternehmens und der Universität so entwickelt wird, dass sie den Schüler:innen zur Bearbeitung übergeben werden kann. Wichtig ist, dass die entwickelten Problemstellungen immer noch den Kern des Ursprungsproblems bei REWE digital entsprechen

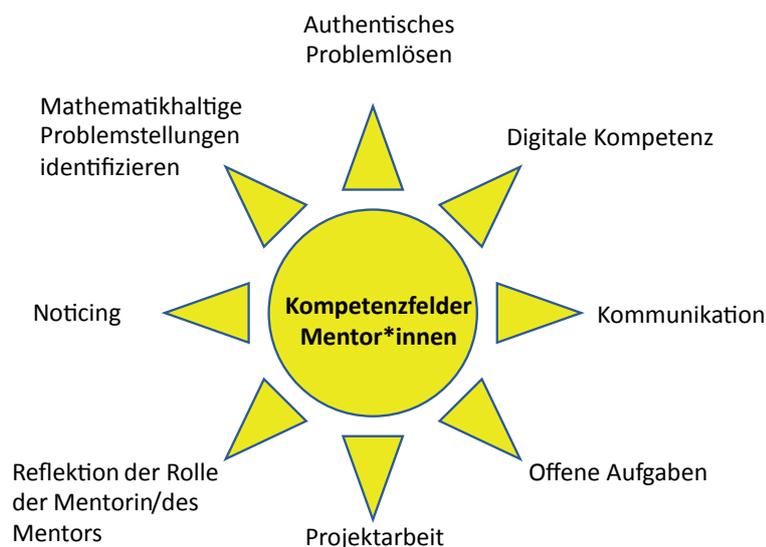


Abbildung 3. Kompetenzfelder der Mentor:innen (Marx & Stoffels, S. 1035)

oder zu dessen Lösung dienen, da sonst die Authentizität und das Interesse von REWE digital verloren gehen. Wir erhoffen uns, gerade auch wegen der besonderen Situation im Projekt, neue Einblicke in das Problem Posing und den dazugehörigen Prozess zu erhalten.

Gerade erste Untersuchungen des Problementwicklungsprozesses mit den unterschiedlichen Partnern des Projekts haben einen weiteren Forschungsschwerpunkt ergeben, in welchem wir die Rollen der am Projekt beteiligten Personen von den verschiedenen Partnern sowie auch die Systematik im Projekt insgesamt untersuchen wollen.

Systematische Untersuchung des Projekts

Am Beispiel des Projekts Authentic Optimizing sollen Gelingensbedingungen von inhaltlichen Kooperationen zwischen Unternehmen, Schulen und Universitäten identifiziert und konkretisiert werden. Die Untersuchung richtet sich dabei nach den Parametern der Projektstruktur: Die Rollen und Aufgaben der einzelnen am Projekt beteiligten Akteure innerhalb der verschiedenen Phasen des Projekts sollen in Form einer Case Study möglichst detailliert beschrieben werden. Dabei wird auch auf die Erfahrungen aus den bisherigen Projekten der Mathematikdidaktik der Universität Siegen aufgebaut, wie beispielsweise die genaue Einteilung von Arbeitsschritten und Handlungen der einzelnen Beteiligten auf die Projektphasen nach DIN 69901 wie es in Stoffels und Holten (2022) erfolgte. Hierfür sind Leitfadeninterviews mit den einzelnen am Pro-

jekt beteiligten Personen sowie die Aufzeichnung entscheidender Projekttreffen geplant, bzw. wurden bereits durchgeführt. Auf dieser Basis sollen dann passende Rollenbeschreibungen erstellt und mit gängigen Einteilungen im Bereich Projektarbeit verglichen werden.⁶ Ziel ist es dabei unter anderem, Schwierigkeiten, Probleme oder Engstellen im Projekt zu erkennen und diese dann auch direkt oder für den nächsten Durchgang anzupassen, um das Projekt auch während seiner Laufzeit stetig zu verbessern. Außerdem soll erörtert werden, welche Erkenntnisse sich auf andere Kooperationsprojekte mit der Wirtschaft im Bereich Bildung übertragen lassen.

Mentor:innenbildung

Eine Rolle, die auch in den anderen oben genannten verwandten Projekten der Mathematikdidaktik der Universität Siegen von besonderem Interesse ist, ist die der Mentor:innen. Diese begleiten im Projekt die Problemlöseprozesse der Schüler:innen und haben damit eine Rolle, die sich im Bereich der Bildung sonst in dieser Form mit vielfältigen Aufgabenspektrum nur selten wiederfindet. Dennoch ist das angestrebte Profil von Mentor:innen auch für die (Aus-) Bildung von Mathematiklehrer:innen relevant, insbesondere zur Adressierung echter Anwendungen im Mathematikunterricht. Bei den Mentor:innen im Projekt handelt es sich zudem um Lehramtsstudent:innen für das Fach Mathematik sowie um Mitarbeiter:innen der Fachgruppe Mathematikdidaktik. Von Marx und Stoffels (2022, S. 1033) wurden bezo-

⁶ Beispielsweise in Bär et al. (2017, S. 26–29) oder Drees et al. (2014) werden verschiedene Rollen im Projektmanagement, wie Projektleiter:in, Auftraggeber:in, Mitarbeiter:in usw. beschrieben.

gen auf das Mentoring konkrete Fragen identifiziert, die auch im Projekt Authentic Optimizing verfolgt werden:

- Wie können Mentoren offene und langfristige mathematikhaltige Projektarbeit adäquat begleiten?
- Über welche Kompetenzen sollten Mentoren verfügen, um einerseits authentische mathematikhaltige Projektarbeit zu begleiten, und andererseits als Vermittelnde die Zusammenarbeit zwischen Schüler*innen [...] sowie mit den Unternehmen zu gestalten?
- Welche Schulungs- und Supervisionsformate sind geeignet um entsprechende Kompetenzen (weiterzu-)bilden und die Mentoren bei ihrer Arbeit zu unterstützen?

Die Grundlage für die Mentor:innenbildung bildet das Kompetenzmodell des Projektes Authentic-STEM. Die darin enthaltenen unterschiedlichen Kompetenzfelder der Mentor:innen im Projekt sind in Abbildung 3 dargestellt. Insbesondere in Bezug auf das Kompetenzfeld Kommunikation gibt es größere Unterschiede, da das Projekt Authentic-STEM im Gegensatz zu Authentic Optimizing bilingual angelegt ist. Nichtsdestotrotz ist es erforderlich, dass die Mentor:innen von Authentic Optimizing die verschiedenen Stakeholder adäquat ansprechen und zwischen Ihnen moderieren können. Welche Herausforderungen auftreten und wie diesen begegnet werden kann, wird auch hier mithilfe einer multiplen qualitativen Fallstudie untersucht, wobei Synergien im Sinne einer cross-case Analyse mit den weiteren Projekten genutzt werden.

Literaturverzeichnis

- Bär, C., Fiege, J. & Weiß, M. (2017). Projektorganisation & Durchführung. In C. Bär, J. Fiege & M. Weiß (Hrsg.), *Xpert. press Ser. Anwendungsbezogenes Projektmanagement: Praxis und Theorie für Projektleiter* (S. 21–41). Springer. DOI:10.1007/978-3-662-52974-4_4
- Baumann, L. & Rott, B. (2018). Problem Posing – Ergebnisse einer empirischen Analyse zum Prozess des strukturierten Aufwerfens mathematischer Probleme. In B. Rott, R. Bruder & A. Kuzle (Hrsg.), *Problemlösen unterrichten und untersuchen: Tagungsband der Herbsttagung des GDM-Arbeitskreises Problemlösen in Darmstadt 2017* (S. 37–52). WTM – Verlag für Wissenschaftliche Texte und Medien.
- Büchter, A. & Leuders, T. (2018). *Mathematikaufgaben selbst entwickeln: Lernen fördern – Leistung überprüfen* (8. Auflage). Cornelsen.
- Drees, J., Lang, C. & Schöps, M. (2014). *Praxisleitfaden Projektmanagement* (2. Aufl.). Carl Hanser Verlag GmbH & Co. KG. DOI:10.3139/9783446441699_fm
- Eichler, A. (2015). Zur Authentizität realitätsorientierter Aufgaben im Mathematikunterricht. In G. Kaiser & H.-W. Henn (Hrsg.), *Realitätsbezüge im Mathe-*

matikunterricht. Werner Blum und seine Beiträge zum Modellieren im Mathematikunterricht: Festschrift zum 70. Geburtstag von Werner Blum (S. 105–118). Springer. DOI:10.1007/978-3-658-09532-1_8

- Hu, K. (2023). ChatGPT sets record for fastest-growing user base – analyst note. www.reuters.com/technology/chatgpt-sets-record-fastest-growing-user-base-analyst-note-2023-02-01/
- KMK. (2022). *Bildungsstandards im Fach Mathematik für die Allgemeine Hochschulreife*. Beschluss der Kultusministerkonferenz vom 18.10.2012. www.kmk.org/fileadmin/Dateien/veroeffentlichungen_beschluesse/2022/2022_06_23-Bista-ESA-MSA-Mathe.pdf
- Marx, B. & Stoffels, G. (2022). Authentic-STEM: Mit Mentoren offene und langfristige mathematikhaltige Projektarbeit begleiten. In IDMI-Primar Goethe-Universität Frankfurt (Hrsg.), *Beiträge zum Mathematikunterricht 56. Jahrestagung der Gesellschaft für Didaktik der Mathematik* (S.1033–1036). WTM. DOI:10.17877/DE290R-23381
- Neubrand, M., Biehler, R., Blum, W., Cohors-Fresenborg, E., Flade, L., Knoche, N., Lind, D., Löding, W., Möller, G. & Wynands, A. (2001). Grundlagen der Ergänzung des internationalen PISA-Mathematik-Tests in der deutschen Zusatzerhebung. *ZDM – Mathematics Education*, 33, 45–59. DOI:10.1007/BF02652739
- Ramirez, M. C. (2006). A mathematical problem-formulating strategy. *International Journal for Mathematics Teaching and Learning*, 7, 79–90.
- Stoffels, G. & Holten, K. (2022). MINT-Proz2Digi: Authentisches projektorientiertes mathematisches Problemlösen in außerunterrichtlichen digitalen Kontexten. In F. Dilling, F. Pielsticker & I. Witzke (Hrsg.), *Springer. Neue Perspektiven auf mathematische Lehr-Lernprozesse mit digitalen Medien: Eine Auswahl grundlagenorientierter und praxisorientierter Beiträge* (S. 47–71). Springer Spektrum. DOI:10.1007/978-3-658-36764-0_3
- Stoffels, G., Reifenrath, M. & Witzke, I. Authentic-STEM: Langfristiges Problemlösen across borders. In IDMI-Primar Goethe-Universität Frankfurt (Hrsg.), *Beiträge zum Mathematikunterricht 2022: 56. Jahrestagung der Gesellschaft für Didaktik der Mathematik*. WTM. DOI:10.17877/DE290R-23414
- Winter, H. (1996). Mathematikunterricht und Allgemeinbildung. *Mitteilungen der Deutschen Mathematiker-Vereinigung*, 4(2), 35–41. DOI:10.1515/dmvm-1996-0214
- Johannes Klaas, Universität Siegen
E-Mail: klaas@mathematik.uni-siegen.de
- Frederik Dilling, Universität Siegen
E-Mail: dilling@mathematik.uni-siegen.de
- Gero Stoffels, Universität zu Köln
E-Mail: gero.stoffels@uni-koeln.de
- Ingo Witzke, Universität Siegen
E-Mail: witzke@mathematik.uni-siegen.de