

Carina Tusche^{1,2}, Raja Herold-Blasius², Daniel Thurm¹, Laura Graewert¹, Katrin Gruhn², Anna Büdenbender¹, Frank Sprütten³ & Paul Tyrichter⁴

¹Universität Siegen, carina.tusche@uni-siegen.de, ²TU Dortmund, raja.herold-blasius@tu-dortmund.de, ³Max-Planck-Gymnasium Duisburg, frank.spruetten@mpg-iserv.de, ⁴Universität Duisburg-Essen, paul.tyrichter@uni-due.de

Erfahrungsbasierte Entwicklungsschritte zur Gestaltung digitaler mathematischer Exit-Games

Digitale Exit-Games basieren auf Aufgaben, die in eine Geschichte eingebettet sind und zur Erreichung eines spezifischen Ziels (z. B. das Finden einer verschwundenen Person) gelöst werden müssen. Sie bieten einen für Schüler:innen motivierenden Ansatz, um mathematische Inhalte zu üben und gleichzeitig überfachliche Kompetenzen (z. B. Problemlösen und Teamfähigkeit) zu stärken. Im vorliegenden Beitrag wird aus einem Projekt berichtet, in dem Studierende digitale Exit-Games für Schüler:innen der frühen Sekundarstufe entwickelten. Erfahrungen aus dem Projekt zeigen, dass u. a. die enge Passung zwischen der Geschichte und den Aufgaben essentiell ist.

1. Einleitung

Durch die gesellschaftlichen und ökonomischen Entwicklungen des digitalen Zeitalters und die steigende Komplexität von Problemstellungen besteht die Notwendigkeit, Heranwachsenden neue Kompetenzfacetten zu vermitteln, um ihnen eine aktive Teilhabe an der Gesellschaft zu ermöglichen (vgl. Ananiadou & Claro, 2009). Diese Notwendigkeit zeichnet sich u. a. in den aktuellen curricularen Vorgaben ab. Dort werden neben inhaltsbezogenen Kompetenzen auch Kompetenzen zum Umgang mit digitalen Werkzeugen und zum Einsatz von digitalen Medien (z. B. Tablets) betont (vgl. KMK, 2022).

Überfachliche Kompetenzen wie etwa die sogenannten „4K“ (**K**ritische Denken und Problemlösen, **K**ommunikation, **K**ooperation sowie **K**reativität und Innovation) stehen neben der Vermittlung von Fachinhalten aktuell besonders im Fokus. Lernende in Deutschland verfügen jedoch bisher nur teilweise über entsprechende Kompetenzen. So zeigte etwa die PISA-Erhebung 2015, die erstmals Kompetenzen im Bereich Problemlösen im Team erfasste, dass nur 13% der Schüler:innen in Deutschland die oberste Kompetenzstufe (Stufe 4) erreichten. Knapp ein Fünftel der Schüler:innen hingegen lag unter der Stufe 2. „Diese Schüler können allenfalls Aufgaben mit niedriger Problemkomplexität und begrenzter Kooperationskomplexität bewältigen“ (OECD, 2017, S. 2). Um dem zu begegnen, bedarf es nicht nur entsprechender Kompetenzen der Lehrkräfte sowie einer entsprechenden digitalen Infrastruktur an den Schulen (DIPF, 2022), sondern auch der Entwicklung neuer Lernsettings, damit die geforderten Kompetenzen bei den Schüler:innen integrativ mit fachlichen Kompetenzen aufgebaut werden können (vgl. z. B. Rüdiger, 2020).

Im vorliegenden Beitrag stellen wir digitale, mathematische Exit-Games als eine Möglichkeit vor, um Kompetenzen zum Umgang mit digitalen Werkzeugen/Medien sowie die 4K gemeinsam mit fachlichen Kompetenzen zu adressieren. Dazu wird zunächst auf das Prinzip des Game-based-Learning eingegangen. Dieses wird anschließend an einem Exit-Game verdeutlicht, welches von Studierenden im Rahmen eines universitären Seminars entwickelt wurde. Schließlich werden hieraus erfahrungsbasierte Entwicklungsschritte zur effizienten Entwicklung und sinnvollen Gestaltung von digitalen, mathematischen Exit-Games abgeleitet.

2. Theoretischer Hintergrund

2.1 Exit-Games: Eine Begriffsklärung

Unter einem pädagogischen Exit-Game oder auch Escape-Room wird ein spielbasiertes *Lernsetting* gefasst, welches die Lernenden in eine tragende Geschichte (z. B. eine bedrohliche Situation, der man entkommen möchte) involviert. Im „Wettlauf gegen die Zeit“ müssen verschiedene *Problemlöseaufgaben* bearbeitet werden, um mithilfe der daraus resultierenden Lösungen der misslichen Lage zu entkommen bzw. die Mission zu erfüllen (vgl. Vidergor, 2021; Nicholson, 2015).

Aus der Literatur lassen sich die folgenden Merkmale von Exit-Games identifizieren:

- 1) *Geschichte bzw. Erzählung*: Die Geschichte beschäftigt sich mit einer Problemsituation, welche die Lernenden lösen sollen. Szenarien können vielfältig sein, z. B. die Flucht aus einer Notsituation oder das Entkommen aus einem Märchenwald (Nicholson, 2015; Vidergor, 2021).
- 2) *Struktur des Spiels*: Ein Spiel besteht aus verschiedenen Räumen bzw. situativen Settings (im Folgenden werden diese vereinfacht als *Räume* bezeichnet) (Abb. 1). Jeder Raum stellt einen Teil der Geschichte dar und ist mit der Lösung eines Problems verbunden. Die Planung des Exit-Games wird durch die jeweilige Raumkonstellation bestimmt (Abb. 1). Bei einer offenen Struktur sind die Räume z. B. unabhängig voneinander betretbar. Sind die Räume sequenziell aufgebaut, können die Lernenden einen Raum nur betreten, sofern der vorherige Raum gelöst wurde. Zudem gibt es noch pfadbasierte oder pyramidenförmige Konstellationen (Nicholson, 2015; Veldkamp et al., 2020).

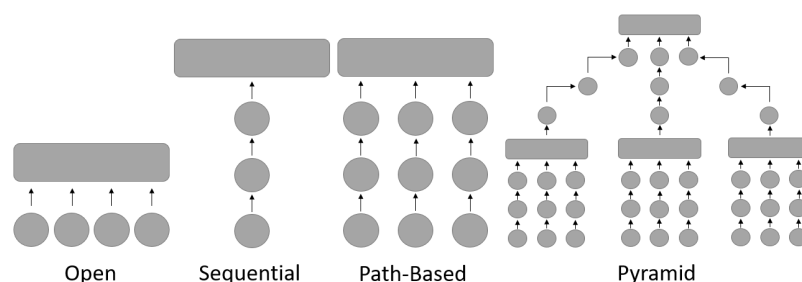


Abbildung 1: Verschiedene Raumkonstellationen (vgl. Veldkamp et al., 2020)

- 3) *Rätsel und Aufgaben*: Mathematische Exit-Games beinhalten v. a. Problemlöseaufgaben, d.h. Aufgaben für die Lernende keine Routineverfahren zur Lösung kennen (Nicholson, 2015; Veldkamp et al., 2020).
- 4) *Equipment*: Zu diesem zählen Gegenstände, welche in den Räumen vorhanden sind oder mitgenommen werden können und die die Lernenden beim Problemlösen unterstützen, wie Messinstrumente o. Ä. (Botturi & Babazadeh, 2020).
- 5) *Lernprozess*: Die Lernenden sollen sowohl auf *fachlicher* Ebene als auch auf *überfachlicher* Ebene ihre Kompetenzen verbessern können. Zu den überfachlichen Kompetenzen zählen etwa die 4K, sowie die Aufmerksamkeit für Details (Nicholson, 2015).

Die Idee der pädagogischen Exit-Games lässt sich auf physische Escape-Rooms (z. B. Bertram & Geisler, 2020), sowie auf Exit-Games aus der Brettspielbranche (z. B. beim KOSMOS-Verlag) zurückführen. Beide Ansätze wurden in den vergangenen Jahren vermehrt von Lehrkräften für unterrichtliche Lernsettings (zunächst papierbasiert) genutzt (Veldkamp et al., 2020). Dies ist wenig verwunderlich, denn „je mehr die Tätigkeit innerlich einem Spiel ähnelt – mit Vielfalt, angemessenen, flexiblen Herausforderungen, deutlichen Zielen und unmittelbarer Rückkopplung – umso erfreulicher wird sie, ungeachtet der persönlichen Entwicklung dessen, der sie ausübt“ (Csíkszentmihályi, 1992, S. 202). Die Einbettung von mathematischen Inhalten in Exit-Games bietet das Potenzial grundlegende Fähigkeiten wie Knobeln, Problemlösen und Kreativität zu fördern. Auch die Motivation der Lernenden kann durch das spielerische Setting positiv beeinflusst werden (Vidergor, 2021). Neue Aspekte bieten digitale Exit-Games. So lassen sich bei digitalen Exit-Games interaktive und dynamische Visualisierungen gezielt für verschiedene Aufgabenformate einsetzen. Ebenso können bei digitalen webbasierten Exit-Games Lernende an unterschiedlichen Orten gleichzeitig die Spiele spielen.

2.2 Game-based-Learning

Game-based-Learning beschreibt einen Ansatz, bei dem Lerninhalte auf Basis eines Spiels oder einer Simulation vermittelt werden. Er beinhaltet affektive, kognitive und soziale bzw. kulturelle Elemente (Vidergor, 2021). Spielerische Lernarrangements, die auf Grundlage dieser Elemente entwickelt werden, können durch verschiedene Ziele in folgende Arten untergliedert werden: (1) Spiele zur fachlichen Wissensvermittlung, (2) Spiele zum überfachlichen Kompetenzerwerb und (3) Spiele zur Verhaltensänderung (ebd.). Qian und Clark (2016) verdeutlichen, dass Game-based-Learning-Ansätze zum integrativen Aufbau von „21st century skills“ und fachlichen Kompetenzen beitragen können. Gamification lässt sich von Game-based-Learning dadurch abgrenzen, dass nicht auf Grundlage eines Spiels, sondern dass Lernprozesse schon durch den Einbezug von spielerischen Elementen unterstützt werden sollen (Jacob & Teuteberg, 2017). Erste Befunde zeigen, dass der Game-based-Learning Ansatz im Kontext digitaler Exit-Games zu einer

höheren Motivation und mehr Zusammenarbeit der Lernenden führen kann als andere digitale Spielformate (Vidergor, 2021).

2.3 Zusammenführung und Fragestellung

Führt man die beschriebenen theoretischen Aspekte zusammen, wird deutlich, dass Exit-Games im pädagogischen und unterrichtlichen Kontext effektiv und sogar wirkungsvoller als andere Lernsettings sein können (ebd.). Allerdings beruhen diese Erkenntnisse auf wenigen allgemeinen und nicht mathematikspezifischen Studien. Für den Mathematikunterricht besteht hier Forschungsbedarf. Um die Entwicklung mathematischer digitaler Exit-Games voranzutreiben und mathematische Exit-Games zielgerichtet und sinnvoll in das Unterrichtsgeschehen zu integrieren, wird in diesem Beitrag die folgende Fragestellung adressiert:

Welche Schritte sollten bei der Entwicklung von Exit-Games berücksichtigt werden, um Exit-Games im fachdidaktischen Sinne für den Mathematikunterricht sinnvoll zu gestalten?

3. Methodisches Vorgehen bei der Entwicklung mathematischer Exit-Games

Das Projekt „DiMEG-21st“ und die damit verbundene ko-konstruktive, kooperative und fachdidaktische Entwicklungsforschung wird durch eine Research-Practice Partnership (Penuel et al., 2021) zwischen der Universität Siegen, der Technischen Universität Dortmund sowie Expert:innen aus der Praxis, d. h. Lehrpersonen aus verschiedenen Schulen, realisiert. Dadurch soll das Forschungs- und Lehrinteresse der Hochschule und das Entwicklungsinteresse der Bildungsinstitutionen produktiv miteinander verbunden werden. Die Ziele des Projektes sind (a) die Entwicklung eines forschungsbasierten Designprodukts (digitale mathematische Exit-Games) und (b) die Generierung von Forschungserkenntnissen als Beitrag zur Theoriebildung.

Im Projekt soll v. a. der Beitrag der Exit-Games zur integrierten Weiterentwicklung von fachlichen und überfachlichen Kompetenzen untersucht werden. Die Entwicklung der Exit-Games verläuft in aufeinanderfolgenden Zyklen. Die Exit-Games werden zunächst theoriebasiert entwickelt, dann erprobt, empirisch ausgewertet, reflektiert und schließlich weiterentwickelt.

4. Ein exemplarisches Exit-Game aus einem Seminar mit Studierenden

Im Folgenden wird ein digitales Exit-Game exemplarisch dargestellt. Dieses wurde von Studierenden⁸ der Universität Siegen im Rahmen eines Seminars unter Nutzung von Google-Slides entwickelt. Die Durchführung des Exit-Games fand an einer Sekundarschule mit Schüler:innen der Jahrgangsstufe 6 statt.

⁸ Das hier vorgestellte Exit-Game „Entkomme dem Vampirschloss!“ wurde von Sefa Kazanci, Ricarda Schauf und Nils Wehner entwickelt und erprobt.

Nach einer Instruktion zu digitalen Implementationsmöglichkeiten und den Merkmalen von Exit-Games (siehe Abschnitt 1.1) entwickelten die Studierenden in Kleingruppen einen ersten Entwurf eines Exit-Games. Dieses wurde im Seminar getestet und dann erneut überarbeitet. Anschließend erfolgte die Durchführung der Exit-Games an einer Schule. Am Ende wurden die Exit-Games reflektiert und nochmals überarbeitet, um auf aufgetretene Problematiken der Lernenden einzugehen.

Das Thema des hier vorgestellten Exit-Games ist die Flucht aus einem Vampir-schloss. Im Folgenden wird ein Ausschnitt der Aufgaben des Exit-Games vorgestellt. Die Lernenden erhielten zunächst eine Folie mit den wichtigsten Regeln des Spiels und wurden durch die ersten einführenden Folien auf die zugrunde liegende Geschichte eingestimmt. Hierbei wurde zunächst der Kontext der Geschichte kurz erläutert. Die Lernenden erhielten auf der nächsten Folie die erste Problemlöseaufgabe „Lichttrank“ (Abb. 2). Sie sollten hier einen Lichttrank erstellen, indem sie die erste Aufgabe mithilfe des Rezeptzettels im Labor lösen. Den Lernenden wurde nach einer bestimmten Zeit eine Hilfestellung angeboten, welche aber keinen konkreten Lösungsweg umfasste (z. B. „Beachtet den Tipp, der unter dem Wort ‚Kerzenwachs‘ steht.“).



Abbildung 2: Aufgabe „Lichttrank“⁹ (links: einführende Aufgabenstellung, rechts: Aufgabensetting)

Wurde der Lichttrank erfolgreich gemischt, sollten die Schüler:innen im zweiten Raum das Loch im Fenster mithilfe verschiedener Figuren reparieren (Abb. 3, links). Dazu erhielten die Schüler:innen ein Applet, indem sie verschiedene Dreiecke passend in das Loch des Fensters zuordnen sollten, um es zu vervollständigen. Im dritten Raum sollte durch Umschütten zweier Gefäße eine geeignete Menge an Flüssigkeit gemischt werden, um die giftige Flüssigkeit in dem Schloss zu neutralisieren (Abb. 3, rechts). Sofern die Lernenden die Aufgabe richtig in der vorgegebenen Zeit lösen konnten, durften sie die letzte Tür des Exit-Games passieren.

⁹ „Ihr betretet einen Raum, der aussieht wie ein Labor. An der Wand hängt das Rezept für einen Lichttrank. Das wäre eine super Verteidigungsmöglichkeit, denn Vampire vertragen kein Licht! Ihr solltet euch das Rezept mal genauer ansehen und einen brauen. Doch Achtung! Offensichtlich sind einige Zahlen nicht mehr zu lesen...“

Insgesamt wurden im Exit-Game die Objekte auf ansprechende Art und Weise visualisiert. So wechselte etwa die Tür zu dem Ausgang des Exit-Games beim Verlassen des Exit-Games ihr Aussehen, um den erfolgreichen Abschluss zu visualisieren (leuchtende Tür, Abb.. 4). Diese Art von Visualisierungen, passende Vertonungen sowie die eng mit der Geschichte verzahnten Aufgaben ermöglichten ein Eintauchen in die Geschichte.



Abbildung 3: Weitere exemplarische Aufgabe (links: Zuordnungspuzzle, rechts: Umfüllrätsel)
rechts)¹⁰

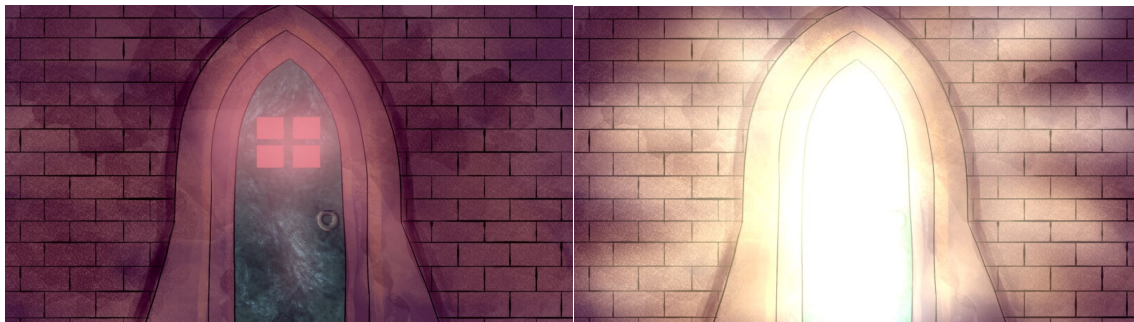


Abbildung 4: Visualisierung der Tür zum Ausgang des Exit-Games (links: Vor dem Verlassen des Exit-Games, rechts: beim Verlassen)

5. Erfahrungsberichte aus den Schulen

Die konzipierten Exit-Games wurden mit zwei Klassen der Jahrgangsstufe 6 erprobt. Nach den Erprobungen wurden die Erfahrungen der Beteiligten eingeholt.

In den meisten Fällen gefiel den Schüler:innen die Bearbeitung der Exit-Games sehr gut. Insbesondere die Gruppenarbeit und die spannenden Aufgaben wurden als interessant hervorgehoben: „Gut waren ganz besonders die verschiedenen, kreativen Matherätsel, die auch teils schwer, aber spaßig waren“. Einige Lernende erwähnten, dass sie trotz der mathematischen Aufgaben das Gefühl hatten, als ob sie ein Spiel mit ihren Freunden spielen würden. Ein weiterer Anreiz für die aktive

¹⁰ „Da vorne ist die Tür nach draußen! Aber da ist auch...ein riesiges Becken mit Gift. Links steht ein Kessel mit 200 Liter Gegengift und ihr findet auch noch zwei leere Kessel (90 Liter und 40 Liter) und einen Abguss. Ihr braucht 60 Liter Gegengift, um das Gift zu neutralisieren, zu viel Gegengift könnte es einfach in ein anderes Gift mixen...“

Arbeit der Lernenden war die ablaufende Zeit. Die Lernenden betonten, dass sie die Aufgaben unbedingt in der vorgegebenen Zeit hätten lösen wollten, ohne durch fehlerhafte Lösungen Strafminuten zu erhalten.

Befragte Lehrkräfte konnten den Eindruck der Lernenden ebenfalls in vielen Fällen bestätigen: „Alle Schülerinnen und Schüler fanden den Durchgang gut [...] Außerdem sahen die Exit-Games alle sehr gut aus!“ Auch seitens der Eltern gab es in einigen Durchgängen positive Rückmeldungen: „[...] kann man Zugriff zu den Rätseln bekommen? Meine Tochter ist in der 9. Klasse und ich würde gerne versuchen, einmal nachmittags gemeinsam mit ihr die Rätsel zu knacken“. Lehrkräfte betonten zudem die Relevanz einer anschließenden Reflexionsphase, in der der Fokus explizit auf die mathematischen Inhalte gelenkt werden sollte, wodurch auch einem möglichen Eindruck entgegengewirkt werden kann, dass nur „gespielt“ wurde.

Auch die Studierenden, gaben größtenteils positive Rückmeldungen. Allerdings bemängelten viele Studierende, dass die limitierten technischen Möglichkeiten von Google-Slides sie in der kreativen Umsetzung behinderten. Oftmals wurden gute Problemlöseaufgaben wieder aus dem Exit-Game entfernt, da die Aufgaben aufgrund der technischen Einschränkungen nicht sinnvoll mit Google-Slides zu visualisieren waren. Auch in dem vorgestellten Exit-Game lässt sich eine Aufgabe erkennen, bei welcher eine dynamische Visualisierung sinnvoll gewesen wäre. So erfordert die Aufgabe zum Umfüllen des Gegengiftes (Abb. 4, rechts), dass sich die Lernenden vorstellen, wie sie den Inhalt zweier Gefäße umschütten. Für Lernende, die sich dies nicht vorstellen konnten, wäre eine dynamische Visualisierung des Umschüttens hilfreich gewesen.

6. Entwicklungsschritte zur Gestaltung eines digitalen Exit-Games

Aus den bisherigen Erfahrungen haben sich folgende Schritte für die Entwicklung mathematischer Exit-Games als sinnvoll erwiesen:

1. **Mathematischen Inhalt und Klassenstufe festlegen:** Basierend auf dem landesspezifischen Lehrplan sollten zunächst die Inhalte festgelegt werden. Dabei sollten insbesondere bei jüngeren Schüler:innen nicht mehr als zwei Themenbereiche fokussiert werden, um eine Überforderung durch zu viele verschiedene Inhalte zu vermeiden.
2. **Tragende Geschichte und zeitlichen Umfang bestimmen:** Während der Konzeption der Geschichte ist es wichtig festzulegen, ob die zu lösenden Probleme unabhängig gelöst werden können oder aufeinander aufbauen. Die Bearbeitungszeit kann abhängig von den Unterrichtsstunden variieren (ca. 30 bis 90 Minuten). Eine kürzere Zeit bietet sich an, wenn mehr Raum für eine anschließende Diskussion benötigt wird, während eine längere Spieldauer den Einbezug von mehreren und anspruchsvolleren Aufgaben erlaubt.

3. **Raumstruktur des Exit-Games bestimmen:** Die Raumkonstellation muss anschließend passend zur Geschichte gewählt werden. Wenn eine Geschichte gewählt wird, die ein offenes Setting benötigt, kann eine offene Raumstruktur nützlich sein bei der die Schüler:innen die Reihenfolge der Räume frei wählen können. Handelt es sich hingegen etwa um eine Verfolgungsjagd, sollten eher sequenzielle Strukturen (pfadbasiert, pyramidisch, sequenziell) gewählt werden, bei denen die Zwischenergebnisse eine notwendige Bedingung für den Zugang zu dem nächsten Raum sind.
4. **Mathematische Aufgaben konzipieren:** In diesem Schritt sollten verschiedene Aufgaben passend zur Geschichte und den mathematischen Inhalten entwickelt werden. Dabei ist es sinnvoll zunächst ein freies Brainstorming durchzuführen und verschiedene Aufgaben zu konzipieren. Am Ende dieser kreativen Phase können dann geeignete Aufgaben gemäß den fachdidaktischen Prinzipien und mit Blick auf das gesetzte Setting ausgewählt und weiter optimiert werden.
5. **Passung von Aufgaben und Geschichte überprüfen:** Das Ziel ist es, ein Setting zu generieren, in dem die Geschichte und die mathematischen Aufgaben sinnvoll miteinander verknüpft sind. Daher muss geprüft werden, ob die Aufgaben inhaltlich mit der Geschichte gut verzahnt sind und die Geschichte weiter voranbringen.
6. **Exit-Game implementieren:** Zur Implementation der Exit-Games können verschiedene Tools (z. B. PowerPoint, GoogleSlides, Genial.ly) oder professionelle Spiel-Editoren (z. B. Unity) genutzt werden.
7. **Unterstützungselemente integrieren:** Diese können Hilfestellungen sein (z. B. eine Figur in der Geschichte, die Tipps bereitstellt), ein Hinweis, der nach einer bestimmten Zeit angefordert werden kann oder andere in die Geschichte eingebettete Hilfestellungen (z. B. ein Brief, der weitere Zusatzinformationen enthält). Diese können verschieden konzipiert (inhaltlich vs. strategisch) und gestuft (allgemein vs. spezifisch) sein (Zech, 2002).
8. **Spiel testen:** Das Spiel sollte vor dem Einsatz im Unterricht in einem geschützten Raum (z. B. in der Familie oder mit Studierenden) getestet werden, bevor es im Klassensetting eingesetzt wird.

7. Ausblick

Im Rahmen des Projektes werden aktuell weitere mathematische Exit-Games entwickelt. Im späteren Projektverlauf sollen auch fächerübergreifende Spiele an der Schnittstelle zwischen Mathematik und Naturwissenschaften entstehen. Langfristig ist geplant, die Exit-Games als OER über eine Webseite zu veröffentlichen, um diese einer breiten Öffentlichkeit zugänglich zu machen. Lehrkräfte können die Exit-Games dann in ihren Unterricht integrieren, für Hausaufgaben oder Klausurvorbereitungen nutzen oder als Projekt in der Schule etablieren.

Um bei der technischen Umsetzung der Exit-Games weniger Einschränkungen, etwa bei der Visualisierung verschiedener Problemstellungen und Lösungswege zu haben, wird derzeit ein digitaler Exit-Game-Editor entwickelt. Dieser erlaubt einen größeren Freiraum in der digitalen Gestaltung als die gegenwärtig verfügbaren Programme wie Google-Slides. Der Exit-Game-Editor soll Lehrkräften und Studierenden die Möglichkeit bieten, möglichst einfach eigene Exit-Games zu entwerfen bzw. mit dem Editor entworfene Exit-Games individuell anzupassen.

Im weiteren Projektverlauf ist geplant die digitalen Exit-Games auch zu beforschen. Hierbei soll fokussiert werden, inwiefern die Exit-Games tatsächlich mathematische Lernprozesse unterstützen können, wie das Verhältnis von Spielerlebnis und Mathematiklernen balanciert werden kann und welche Aufgabenformate sich für Exit-Games wann besonders eignen.

Anmerkungen

Dieses Projekt wird finanziert durch die Deutsche Telekom Stiftung und die Gradient Zero GmbH. Wir danken den Reviewern für ihre hilfreichen Rückmeldungen!

Literatur:

- Ananiadou, K., & Claro, M. (2009). 21st Century Skills and Competences for New Millennium Learners in OECD Countries. *OECD Education Working Papers*, 41, 5–19.
- Bertram, J., & Geisler, S. (2020). Wie kommen wir wieder raus? Lernende erstellen im Rahmen einer Projektwoche einen Escape-Room selbst. *Mathe 5-10*, 51, 12–15.
- Botturi, L., & Babazadeh, M. (2020). Designing educational escape rooms: Validating the star model. *International Journal of Serious Games*, 7(3), 41–57.
- Csikszentmihalyi, M. (1992). *Flow - das Geheimnis des Glücks*. Ernst Klett.
- DIPF (2022). *Bildung in Deutschland kompakt 2020: Zentrale Befunde des Bildungsberichts*. wbv Media GmbH & Co. KG.
- Jacob, A., & Teuteberg, F. (2017). Game-Based Learning, Serious Games, Business Games und Gamification—Lernförderliche Anwendungsszenarien, gewonnene Erkenntnisse und Handlungsempfehlungen. In *Gamification und Serious Games* (S. 97–112). Springer Vieweg.
- KMK (2022). *Bildungsstandards im Fach Mathematik. Erster Schulabschluss (ESA) und Mittlerer Schulabschluss (MSA)*. Beschluss vom 15.10.2004. https://www.kmk.org/fileadmin/Dateien/veroeffentlichungen_beschluesse/2022/2022_06_23-Bista-ESA-MSA-Mathe.pdf (26.07.2022)
- Nicholson, S. (2015). Peeking behind the locked door: A survey of escape room facilities. <https://scottnicholson.com/pubs/erfacwhite.pdf> (26.07.2022)
- OECD (2017). PISA 2015 Results (Volume V): *Collaborative Problem Solving*. OECD.

- Penuel W.R., Furtak, E. M., & Farrell, C. C. (2021). Research-practice partnerships in education. Advancing an evolutionary logic of systems improvement. *Die Deutsche Schule*, 113, 45–62.
- Qian, M., & Clark, K. R. (2016). Game-based Learning and 21st century skills: A review of recent research. *Computers in Human Behavior*, 63, 50–58.
- Rüdiger, R. R. (2020). Bildung für das digitale Zeitalter. In A. Ternès von Hattburg, M. Schäfer (Hrsg.), *Digitalpakt – was nun?* (S. 173–181). Springer.
- Veldkamp, A., van de Grint, L., Knippels, M. C. P., & van Joolingen, W. R. (2020). Escape education: A systematic review on escape rooms in education. *Educational Research Review*, 31.
- Vidergor, H. (2021). Effects of digital escape room on gameful experience, collaboration, and motivation of elementary school students. *Computers & Education*, 166, 1–14.
- Zech, F. (2002). *Grundkurs Mathematikdidaktik. Theoretische und praktische Anleitungen für das Lehren und Lernen von Mathematik* (10. Aufl.). Beltz.