

# Strategische Videos zum Beweisen in der Studieneingangsphase – das Projekt ProVie

Laura Wirth, Katharina Kirsten, Christian Serpé und Gilbert Greefrath  
Westfälische Wilhelms-Universität Münster

*Im Rahmen eines Inverted Classroom basierten Übungsbetriebs werden seit 2019 in Mathematikmodulen an der Universität Münster Videos zur Besprechung der Hausaufgaben eingesetzt. Dieser Beitrag gibt einen Einblick in die theoretische Fundierung der Videogestaltung sowie Erkenntnisse aus der Anfangsphase des Projekts. Für die Weiterentwicklung vergleichen wir zunächst theoretisch das Potenzial verschiedener Designentscheidungen im Rahmen der Videos zur Nachbesprechung der Hausaufgaben. Das angehängte Poster gibt einen Ausblick auf erste empirische Ergebnisse einer Vergleichsstudie.*

## Einleitung

Die Studieneingangsphase stellt Studierende der Mathematik und mathematikbezogener Studiengänge vor große Herausforderungen. Neben dem für viele Studierende ungewohnten Lehr- und Lernmodus an Universitäten (Gueudet & Thomas, 2020), ist der Fokus auf Beweise ein Kontrast zur Schulmathematik (Clark & Lovric, 2009). In den Vorlesungen werden Beweise präsentiert, mit der Idee, dass Studierende inhaltliches Wissen über Definitionen und Konzepte erwerben. Darüber hinaus soll die Beweispräsentation Einblicke in Methoden und Strategien geben, die Studierende für die Konstruktion eigener Beweise anwenden können (Hanna & Barbeau, 2008). An der Universität Münster lernen Studierende das Konstruieren von Beweisen – wie an vielen anderen Universitäten auch – durch die verpflichtende wöchentliche Bearbeitung von Übungsaufgaben kennen. Studentische Tutor:innen korrigieren die eingereichten Hausaufgaben und leiten wöchentliche Übungsgruppen, dessen Ziel sowohl die Nachbesprechung der Hausaufgaben als auch die Vertiefung der Vorlesungsinhalte ist.

Um die Präsenzzeit der Übungen für eine aktive Auseinandersetzung mit den Inhalten zu nutzen, wird in mehreren Mathematikmodulen der Studieneingangsphase für Studierende der Mathematik, der Informatik und des Lehramts Mathematik an Gymnasien, Gesamtschulen und Berufskollegs an der Universität Münster ein Inverted Classroom basierter Übungsbetrieb umgesetzt<sup>14</sup>. Dabei dienen Videos zur Vor- und Nachbesprechung der Hausaufgaben. Studierende einer Kohorte, welche den traditionellen Übungsbetrieb ohne Videonutzung und den Inverted Classroom basierten Übungsbetrieb kennengelernt hatten, sprachen sich deutlich für die neu gestalteten Übungen aus (Serpé, 2020).

Im Rahmen der Verstetigung der Implementierung ist nun das Ziel, die Komponenten des Inverted Classrooms weiter an die Bedürfnisse der Studierenden anzupassen. Der Fokus dieses Beitrags liegt dabei auf der Gestaltung der Videos, da eine sorgfältige Gestaltung dieser als wichtig für den Gesamterfolg eines Inverted Classrooms angesehen wird (Lo et al., 2017). Bevor auf Basis theoretischer Überlegungen bezüglich der Schwierigkeiten von Studierenden bei der Konstruktion von Beweisen verschiedene Videotypen für den Inverted Classroom

---

<sup>14</sup> Die Erstimplementierung des Projekts „Inverted-Classroom-basierter Übungsbetrieb in mathematischen Anfängervorlesungen“ wurde 2018 im Rahmen eines Fellowships für Innovationen in der digitalen Hochschullehre NRW durch den Stifterverband gefördert.

basierten Übungsbetrieb vorgestellt werden, wird zunächst ein Einblick in die Gesamtkonzeption des Übungsbetriebs gegeben.

## **Inverted Classroom basierter Übungsbetrieb**

Ein Inverted Classroom tauscht die traditionell im Klassenraum stattfindenden Aktivitäten mit Aktivitäten, die sonst außerhalb des Klassenraums stattfinden (Lage et al., 2000). Ziel dabei ist einerseits, dass die Präsenzlernzeit für eine aktive und kollaborative Auseinandersetzung mit Inhalten genutzt werden kann. Andererseits wird eine direkte Vermittlung von Lerninhalten, die häufig in Form von Videos gestaltet ist, auf das individuelle Lernen zu Hause ausgelagert (Cevikbas & Kaiser, 2023).

Der Übungsbetrieb in den Mathematikmodulen setzt den Ansatz des Inverted Classrooms um, da die Nachbesprechung der Hausaufgaben im Rahmen der Übungsgruppen sehr zeitintensiv war und für eine weitere Auseinandersetzung mit Vorlesungsinhalten wenig Zeit blieb. Die Präsenzzeit der Übung wird nun unter anderem für Aktivitäten in Kleingruppen, für die Präsentation und Diskussion kürzerer Aufgaben durch Studierende und für Quizfragen zur Wiederholung genutzt. Die Vor- und Nachbesprechung der Hausaufgaben erfolgt durch Videos, welche durch geschulte Videotutor:innen erstellt werden. Außerdem gibt es eine PDF-Musterlösung, die die finale Lösung der Aufgabe kurz darstellt. Im Folgenden wird die Gestaltung der Videos theoretisch fundiert.

## **Gestaltung der Videos**

Zu einigen Übungsaufgaben gibt es ein Aufgabenstellungsvideo zur Nutzung während der Aufgabenbearbeitung und zu jeder Aufgabe ein Lösungsbeispielvideo zur Nacharbeitung der Übungsaufgabe. Diese beiden Videotypen und Ergebnisse zum wahrgenommenen Nutzen der Angebote werden nachfolgend erläutert.

## **Aufgabenstellungsvideos**

Die mangelnde Auseinandersetzung mit Definitionen und Konzepten aus der Aufgabenstellung ist ein Grund dafür, dass viele Studierende schnell aufgeben, wenn sie einen Beweis konstruieren (Moore, 1994). Außerdem denken viele Studierende, dass Beweise linear, das heißt von oben nach unten, konstruiert werden (Selden & Selden, 2008). Viele Studierende sind daher demotiviert, wenn sie mit der Bearbeitung der Aufgabe nicht weiterkommen und holen sich fremde Hilfe (Rach & Heinze, 2013), beispielsweise indem sie Lösungen von Mitstudierenden abschreiben (Liebendörfer & Göller, 2016).

Daher gibt es zu geeigneten Übungsaufgaben ein Aufgabenstellungsvideo mit Tipps und Hinweisen zum Verstehen der Aufgabenstellung. Dies wird für diejenigen Aufgaben umgesetzt für die es sinnvoll erscheint, in Kurzform wichtige Definitionen und Konzepte zur Bearbeitung der Aufgabe aufzugreifen oder die Aufgabenstellung anhand einer Visualisierung zu verdeutlichen ohne zu direkte Hinweise auf die Lösung der Aufgabe zu geben. Das entsprechende Video wird einige Tage nach Start der Bearbeitung der Hausaufgaben freigeschaltet, sodass Studierende zunächst selber versuchen sollen, die Aufgabe zu lösen. Aufgabenstellungsvideos sollen Studierende, die zunächst nicht alleine eine Lösung finden,

motivieren weiterzumachen, aber auch Strategien zum Verstehen der Aufgabenstellung offenlegen.

## Lösungsbeispielvideos

Der zugrundeliegende Ansatz eines Lösungsbeispielvideos sind die textbasierten Lösungsbeispiele, die neben der Aufgabenstellung eine Schritt-für-Schritt Lösung des Problems bereitstellen (vgl. Sweller & Cooper, 1985). Diese gelten insbesondere im anfänglichen Kompetenzerwerb als lernförderlich (Sweller et al., 1998).

Das Lösungsbeispielvideo stellt daher die Konstruktion des Beweises einer Übungsaufgabe Schritt für Schritt dar (s. Poster). Ziel dieses Videos ist, dass Studierende, ähnlich wie bei der Präsentation von Beweisen in Vorlesungen, nicht nur inhaltliches Wissen, sondern auch Wissen über Methoden und Strategien beim Konstruieren von Beweisen erwerben. Dieser Meta-Kommentar wird wie im Rahmen des in Vorlesungen üblichen „chalk talks“ (Artemeva & Fox, 2011) verbal gegeben. Hier zeigt sich ein Vorteil des Mediums Video gegenüber einer textuellen Darstellung. Schriftliche Musterlösungen, die neben den Beweisschritten ebenfalls den Meta-Kommentar verschriftlichen, würden sehr lang werden, weshalb bei der Bereitstellung der PDF-Musterlösung davon absehen wird.

## Erste Erkenntnisse zur Nutzung und Akzeptanz der Angebote

Die Nutzung der Videos war für Studierende zunächst freiwillig. Im ersten Durchlauf im Sommersemester 2019 zeigte sich allerdings, dass eine Nachbesprechung der Hausaufgaben nicht gewährleistet war, weil die Lösungsbeispielvideos wenig genutzt wurden. In Folge dessen wurde ein Anreizsystem eingeführt, über welches bei unzureichender Bearbeitung der Hausaufgaben Punkte für die Klausurzulassung durch die Bearbeitung von Multiple-Choice-Aufgaben während des Videos erzielt werden können (Serpé, 2020).

Außerdem ergab eine Befragung von 48 Studierenden der Veranstaltung „Analysis für Studierende der Informatik“ im Wintersemester 2019/20, dass Studierende sowohl die Aufgabenstellungsvideos als auch die Lösungsbeispielvideos mit einem hohen wahrgenommen Nutzen bewerten (Wirth, 2022). Darüber hinaus wurde auch das Anreizsystem positiv wahrgenommen. Dies steht im Einklang mit der Studie von Krapf und Liebendörfer (2021) zur verpflichtenden Bearbeitung von Hausaufgaben, bei der es durch Studierende als positiv wahrgenommen wurde, dass sie sich regelmäßig und intensiv mit den Inhalten auseinandersetzen müssen und dies nicht erst in der unmittelbaren Klausurvorbereitung stattfindet. Aufgrund der ermutigenden Ergebnisse wurde einerseits das Anreizsystem beibehalten, um Studierende in einer semesterbegleitenden Nachbereitung der Inhalte zu unterstützen. Andererseits werden mitunter aufgrund des zeitlichen Aufwands nicht für alle Veranstaltungen weiterhin Aufgabenstellungsvideos umgesetzt. Darüber hinaus legen theoretische Überlegungen nahe, die Videos an die in den ersten Semestern häufig auftretenden Schwierigkeiten bei der Konstruktion von Beweisen weiter anzupassen. Daher wurden im Wintersemester 2022/23 zwei alternative Videotypen zum Lösungsbeispielvideo gestaltet.

## Vergleich verschiedener Lösungsbeispielvideos im Rahmen einer Weiterentwicklung

Das Ziel der Präsentation von Beweisen ist, dass Studierende nicht nur inhaltliches Wissen erwerben, sondern auch Einblicke in Methoden und Strategien erhalten, die sie für eigene Konstruktion von Beweisen nutzen können (Hanna & Barbeau, 2008). Dies macht die Nachbesprechung der Hausaufgaben und dementsprechend die Lösungsbeispielvideos zu einem zentralen Bestandteil des Übungskonzepts. Die beiden nachfolgend beschriebenen Videotypen sind insofern eine Variation des Lösungsbeispielvideos, dass Methoden und Strategien explizit benannt und erläutert werden (heuristische Videos) oder Studierende durch gezielte Fragen angeregt werden über diese nachzudenken (Lösungsbeispielvideos mit Prompts).

### Heuristische Videos

Zum erfolgreichen Konstruieren von Beweisen wird sowohl dem mathematisch-inhaltlichen als auch dem strategischen Wissen eine große Rolle zugeschrieben (Sommerhoff, 2017). Strategisches Wissen umfasst das Wissen über Beweistechniken, die für den Inhaltsbereich relevant sind, Wissen darüber, welche Sätze wichtig sind und wofür diese nützlich sind und Wissen darüber, wann ein Beweis über die Manipulation von Symbolen zielführend ist (Weber, 2001). Die explizite Illustration durch einen Mathematiker wie Strategien und Aktivitäten beim Beweisen angewandt wurden, führte in einer Studie von Schoenfeld (1985) zu einer Verbesserung, wenn Studierende Transferaufgaben lösten. Anknüpfend daran verbinden heuristische Lösungsbeispiele (Reiss & Renkl, 2002) Schoenfelds Ansatz und den der Lösungsbeispiele, mit dem Ziel, einen realistischen Lösungsprozess durch eine:n Expert:in abzubilden. Studien zeigen, dass textbasierte heuristische Lösungsbeispiele das Potenzial haben, Fähigkeiten im Rahmen des Beweises zu verbessern (Hilbert et al., 2008; Reiss et al., 2008).

Daher setzt ein heuristisches Video den Ansatz der heuristischen Lösungsbeispiele um (s. Poster). Es stellt beispielsweise nicht nur da, welche Sätze und Definitionen in welchem Schritt des Beweises genutzt werden, sondern auch den Weg zur Entscheidung für bzw. gegen bestimmte Sätze und Definitionen. In Anlehnung an die textbasierte Forschung wird der Prozess anhand eines Prozessmodells zum Beweisen dargestellt. Die explizite Nennung und Ausgestaltung der Phasen *Verstehen der Aussage, Argumente identifizieren und strukturieren* und *Formulieren des Beweises* (Kirsten, 2021) soll dabei auch der Fehlvorstellung entgegen wirken, dass Beweise linear konstruiert werden (vgl. Selden & Selden, 2008). Die Phasen dienen außerdem dazu, das Video in Sinneinheiten zu unterteilen, was insbesondere bei komplexeren Inhalten als wichtig betrachtet wird (Mayer, 2020, S. 262).

Ein Nachteil dieses Videotyps ist allerdings, dass das Video zwangsläufig länger wird als das entsprechende Lösungsbeispielvideo. Vor dem Hintergrund, dass die Bereitschaft sich mit einem Video zu beschäftigen mit zunehmender Länge sinkt (Guo et al., 2014), stellt sich die Frage, ob die Verlängerung eines Videos hier zielführend ist. Außerdem nannten Studierende bei einer vorherigen Befragung die Wahrnehmung des Arbeitsaufwands als den wichtigsten Grund, warum sie die Videos im Inverted Classroom basierten Übungsbetrieb nicht (mehr) nutzten (Wirth, 2022). Andererseits ist auch denkbar, dass die zusätzlichen Erklärungen zur Beweiskonstruktion gerade für schwächere Studierende gewinnbringend sein können.

## Lösungsbeispielvideos mit Prompts

Beim Bearbeiten von Beispielen ist ein Problem, dass Lernende diese häufig nur passiv verarbeiten (Chi et al., 1989). Die Verknüpfung der Lösungsschritte mit vorherigen Schritten bzw. dem Vorwissen wird jedoch als zentral für den Lernerfolg angesehen (Chi & Wylie, 2014). Eine Möglichkeit dies anzubahnen sind Selbsterklärungsprompts, in denen Lernende Lösungsschritte rückblickend erklären mit dem Ziel, dieses Vorgehen bei der Bearbeitung ähnlicher Aufgaben anwenden zu können (Nokes et al., 2011).

Aus diesem Grund werden im Lösungsbeispielvideo ergänzend Prompts eingesetzt (s. Poster). Diese bestehen an geeigneten Stellen aus Pausen und gleichzeitig erscheinenden Fragen wie beispielsweise dem folgenden Auftrag: Beschreiben Sie in eigenen Worten (mündlich oder schriftlich) wie beim Verstehen der Aufgabe vorgegangen wurde. Wenn Studierende diese Aufträge selbstständig bearbeiten können ist ein Vorteil, dass die entsprechenden Erklärungen dazu nicht gegeben werden müssen, sondern selbst erstellt werden.

Allerdings zeigen erste Studien zu Selbsterklärungsprompts in Videos, dass die Effektivität der Prompts vom Vorwissen (Bai et al., 2022) und der Qualität der Selbsterklärungen (Hefter et al., 2023) abhängt. Inwieweit Studierende in der Lage sind, die Aufträge zu den Phasen des Beweisprozesses effektiv zu bearbeiten, ist daher zunächst offen. Nichtsdestotrotz kann die Einbindung von Prompts dazu beitragen, das Medium *Video* von einem überwiegend rezeptiven Medium in ein Medium mit dem Studierende interagieren zu überführen, was im Kontext der Videoforschung als wichtig angesehen wird (Ploetzner, 2022).

## Ausblick

Nach einer Pilotierung der Testinstrumente im Sommersemester 2022 haben wir zum Vergleich des Potenzials der Videos zur Nachbesprechung der Hausaufgaben (Lösungsbeispielvideos, heuristische Videos und Lösungsbeispielvideos mit Prompts) im Wintersemester 2022/23 eine Erhebung in der Veranstaltung „Lineare Algebra“ (für Studierende im Bachelor Mathematik, Informatik bzw. Lehramt Mathematik für Gymnasien, Gesamtschulen und Berufskollegs) durchgeführt. Die Schwerpunkte waren dabei das Beweisverstehen des gezeigten Beweises, das erworbene Wissen für die eigene Beweiskonstruktion und die Wahrnehmung der Videotypen. Erste Ergebnisse finden sich auf dem angehängten Poster und eine ausführliche Präsentation der Ergebnisse ist in Vorbereitung. Weitere Erhebungen sollen unter anderem das Verhalten der Studierende beim Schauen der verschiedenen Videos untersuchen. Von besonderem Interesse ist hier die Bearbeitung der Selbsterklärungsprompts, da diese als wesentlicher Einflussfaktor auf den Erfolg dieses Videoformats gesehen wird.

## Quellenangaben

- Artemeva, N., & Fox, J. (2011). The writing's on the board: The global and the local in teaching undergraduate mathematics through chalk talk. *Written Communication*, 28(4), 345–379. <https://doi.org/10.1177/0741088311419630>
- Bai, C., Yang, J., & Tang, Y. (2022). Embedding self-explanation prompts to support learning via instructional video. *Instructional Science*, 50, 681–701. <https://doi.org/10.1007/s11251-022-09587-4>
- Cevikbas, M., & Kaiser, G. (2023). Can flipped classroom pedagogy offer promising perspectives for mathematics education on pandemic-related issues? A systematic literature review. *ZDM—Mathematics Education*, 55(1), 177–191. <https://doi.org/10.1007/s11858-022-01388-w>

- Chi, M. T. H., Bassok, M., Lewis, M. W., Reimann, P., & Glaser, R. (1989). Self-explanations: How students study and use examples in learning to solve problems. *Cognitive Science*, 13(2), 145–182. [https://doi.org/10.1207/s15516709cog1302\\_1](https://doi.org/10.1207/s15516709cog1302_1)
- Chi, M. T. H., & Wylie, R. (2014). The ICAP framework: Linking cognitive engagement to active learning outcomes. *Educational Psychologist*, 49(4), 219–243. <https://doi.org/10.1080/00461520.2014.965823>
- Clark, M., & Lovric, M. (2009). Understanding secondary–tertiary transition in mathematics. *International Journal of Mathematical Education in Science and Technology*, 40(6), 755–776. <https://doi.org/10.1080/00207390902912878>
- Gueudet, G., & Thomas, M. O. J. (2020). Secondary-tertiary transition in mathematics education. In S. Lerman (Hrsg.), *Encyclopedia of mathematics education* (S. 762–766). Springer. [https://doi.org/10.1007/978-3-030-15789-0\\_100026](https://doi.org/10.1007/978-3-030-15789-0_100026)
- Guo, P. J., Kim, J., & Rubin, R. (2014). How video production affects student engagement: An empirical study of MOOC videos. *Proceedings of the First ACM Conference on Learning @ Scale Conference - L@S '14*, 41–50. <https://doi.org/10.1145/2556325.2566239>
- Hanna, G., & Barbeau, E. (2008). Proofs as bearers of mathematical knowledge. *ZDM—Mathematics Education*, 40(3), 345–353. <https://doi.org/10.1007/s11858-008-0080-5>
- Hefter, M. H., Kubik, V., & Berthold, K. (2023). Can prompts improve self-explaining an online video lecture? Yes, but do not disturb! *International Journal of Educational Technology in Higher Education*, 20, 15. <https://doi.org/10.1186/s41239-023-00383-9>
- Hilbert, T. S., Renkl, A., Kessler, S., & Reiss, K. (2008). Learning to prove in geometry: Learning from heuristic examples and how it can be supported. *Learning and Instruction*, 18(1), 54–65. <https://doi.org/10.1016/j.learninstruc.2006.10.008>
- Kirsten, K. (2021). *Beweisprozesse von Studierenden: Ergebnisse einer empirischen Untersuchung zu Prozessverläufen und phasenspezifischen Aktivitäten*. Springer. <https://doi.org/10.1007/978-3-658-32242-7>
- Krapf, R., & Liebendörfer, M. (2021). Was bewirkt die Pflichtabgabe von Übungsaufgaben in der Hochschulmathematik? Ein empirischer Vergleich. *mathematica didactica*, 44(2). <https://doi.org/10.18716/OJS/MD/2021.1215>
- Lage, M. J., Platt, G. J., & Treglia, M. (2000). Inverting the classroom: A gateway to creating an inclusive learning environment. *The Journal of Economic Education*, 31(1), 30–43. <https://doi.org/10.2307/1183338>
- Liebendörfer, M., & Göller, R. (2016). Abschreiben von Übungsaufgaben in traditionellen und innovativen Mathematikvorlesungen. *Mitteilungen der Deutschen Mathematiker-Vereinigung*, 24(4), 230–233. <https://doi.org/10.1515/dmvm-2016-0084>
- Lo, C. K., Hew, K. F., & Chen, G. (2017). Toward a set of design principles for mathematics flipped classrooms: A synthesis of research in mathematics education. *Educational Research Review*, 22, 50–73. <https://doi.org/10.1016/j.edurev.2017.08.002>
- Mayer, R. E. (2020). *Multimedia learning* (3. Aufl.). Cambridge University Press.
- Moore, R. C. (1994). Making the transition to formal proof. *Educational Studies in Mathematics*, 27(3), 249–266. <https://doi.org/10.1007/BF01273731>
- Nokes, T. J., Hausmann, R. G. M., VanLehn, K., & Gershman, S. (2011). Testing the instructional fit hypothesis: The case of self-explanation prompts. *Instructional Science*, 39(5), 645–666. <https://doi.org/10.1007/s11251-010-9151-4>
- Ploetzner, R. (2022). The effectiveness of enhanced interaction features in educational videos: A meta-analysis. *Interactive Learning Environments*, 1–16. <https://doi.org/10.1080/10494820.2022.2123002>
- Rach, S., & Heinze, A. (2013). Welche Studierenden sind im ersten Semester erfolgreich? Zur Rolle von Selbsterklärungen beim Mathematiklernen in der Studieneingangsphase. *Journal für Mathematik-Didaktik*, 34(1), 121–147. <https://doi.org/10.1007/s13138-012-0049-3>

- Reiss, K., Heinze, A., Renkl, A., & Groß, C. (2008). Reasoning and proof in geometry: Effects of a learning environment based on heuristic worked-out examples. *ZDM—Mathematics Education*, 40(3), 455–467. <https://doi.org/10.1007/s11858-008-0105-0>
- Reiss, K., & Renkl, A. (2002). Learning to prove: The idea of heuristic examples. *ZDM—Mathematics Education*, 34(1), 29–35. <https://doi.org/10.1007/BF02655690>
- Schoenfeld, A. H. (1985). *Mathematical problem solving*. Academic Press.
- Selden, A., & Selden, J. (2008). Overcoming students' difficulties in learning to understand and construct proofs. In M. P. Carlson & C. Rasmussen (Hrsg.), *Making the connection: Research and teaching in undergraduate mathematics education* (S. 95–110). Mathematical Association of America. <https://doi.org/10.5948/UPO97808883859759.009>
- Serpé, C. (2020). *Abschlussbericht über das Fellowship-Projekt „Inverted-Classroom basierter Übungsgruppenbetrieb in mathematischen Anfängervorlesungen“*. <https://www.stifterverband.org/digital-lehrfellows/2018/serpe>
- Sommerhoff, D. (2017). *The individual cognitive resources underlying students' mathematical argumentation and proof skills: From theory to intervention* [Doctoral dissertation, Ludwig-Maximilians-Universität München]. <https://doi.org/10.5282/EDOC.22687>
- Sweller, J., & Cooper, G. A. (1985). The use of worked examples as a substitute for problem solving in learning algebra. *Cognition and Instruction*, 2(1), 59–89. [https://doi.org/10.1207/s1532690xci0201\\_3](https://doi.org/10.1207/s1532690xci0201_3)
- Sweller, J., Van Merriënboer, J. J. G., & Paas, F. G. W. C. (1998). Cognitive architecture and instructional design. *Educational Psychology Review*, 10(3), 251–296. <https://doi.org/10.1023/A:1022193728205>
- Weber, K. (2001). Student difficulty in constructing proofs: The need for strategic knowledge. *Educational Studies in Mathematics*, 48(1), 101–119. <https://doi.org/10.1023/A:1015535614355>
- Wirth, L. (2022). *Lernstrategien von Studierenden und Nutzung eines Inverted Classroom-basierten Übungsbetriebs. Eine Untersuchung der Veranstaltung „Analysis für Informatiker“*. WTM-Verlag. <https://doi.org/10.37626/GA9783959872447.0>