

Inverted Classroom: Preparation beyond Videos & Bloom Revisited

Miriam Clincy

Abstract: *In diesem Beitrag wird die Weiterentwicklung einer Inverted-Classroom-Mathematikvorlesung im zweiten Studiensemester vorgestellt. Dabei wurden die Materialien für die asynchrone Vorbereitung von durchschnittlich halbstündigen Vorlesungsvideos teilweise auf multimediale digitale Selbstlerneinheiten umgestellt. Sie kombinieren Texte, Kurzvideos und digitale Übungsaufgaben in einem Moodle-Quiz-Format. Ziel ist es, eine höhere Aktivierung der Studierenden in der Vorbereitungsphase zu erreichen. In der Präsenzphase wurden unterschiedliche Aufgabenformate eingesetzt, die strukturiert ansteigende Kompetenzstufen in der Taxonomie nach Bloom & Engelhart, (1976) in jeder Einheit sichtbar machen. Die Auswertung der Nutzerdaten sowie einer studentischen Befragung lassen Rückschlüsse auf die Akzeptanz dieser multimedialen Selbstlerninhalte und der Gestaltung der Präsenzphasen zu.*

In this contribution the authors present the redesign of a first-year mathematics lecture in an inverted classroom format. The video material for the asynchronous preparation phase is partly converted to a digital self-study course covering texts, short explanation videos and digital problems with automatic responses. These elements are combined in a Moodle quiz format with the aim to achieve higher student activation. The in-class lecture is re-structured by the use of different question formats targeting different levels in Bloom's taxonomy (Bloom & Engelhart, 1976). The acceptance of the self-study material and the redesign of the classroom activities is studied by assessing the usage data as well as by a student evaluation.

Keywords: *Inverted Classroom; Flipped Classroom; Blended Learning; Aktivierung; Bloom'sche Taxonomie; Mathematik; activation; Bloom's taxonomy; mathematics*

1. Hintergrund

Blended Learning Formate, die auf eine Kombination von digitalen und Präsenzformaten setzen, haben bereits vor der pandemiebedingten Online-Lehre ihr lernförderliches Potenzial unter Beweis gestellt (Allen et al., 2002; Bernard et al., 2014). Eine asynchrone Vorbereitung erlaubt dabei ein hohes Maß an Flexibilität (De Boer & Collis, 2005; Li & Wong, 2018), mit der sich auch die Heterogenität der Studierendenschaft adressieren lässt. Die Präsenzanteile ermöglichen Interaktion und das Erleben sozialer Eingebundenheit zur Stärkung der Motivation und des Lernerfolgs (Deci & Ryan, 1985; Hinze & Blakowski, 2003). Inverted Classroom ist ein spezielles Blended-Learning-Format, in dem die Vorbereitung des Lernstoffes im Selbststudium und die Übungsphasen in der Kontaktzeit erfolgen. Es eignet sich auch für die Studieneingangsphase, weil es selbstgesteuertes Lernen als entscheidender Fähigkeit für den Studienerfolg (Iwamoto et al., 2017) fordert und fördert.

An der Hochschule Esslingen werden von der Autorin seit 2019 Mathematikvorlesungen in der Studieneingangsphase als Inverted Classroom angeboten. Seit 2020 sind dabei zur Flexibilisierung die asynchronen Anteile als Videoformat implementiert. Die Präsenzzeit ist als Just-in-Time Teaching angelegt: Die Studierenden sollen am Ende der asynchronen Vorbereitung Feedback zu ihrem Lernstand geben, so dass passgenau darauf aufgebaut werden kann (Schäfle & Junker, 2023). In Mathematik sind als Gelingensbedingungen für Inverted-Classroom-Formate Diskussionen, Feedback durch die Lehrperson und Gruppenarbeiten identifiziert worden (Fung et al., 2021). Entsprechend werden die Präsenzzeiten für Erläuterungen und gemeinsame Rechnungen genutzt. Flankiert wird diese Vorlesung von Online-Tests, die semesterbegleitend für einen Klausurbonus durchgeführt werden können (Clincy et al., 2022b, 2022a).

2. Herausforderungen

2.1 Beobachtungen

In den vergangenen Semestern wurde das Format von den Studierenden positiv bewertet, gleichzeitig wurden verschiedene Herausforderungen deutlich:

- Die positive Bewertung der Videos korrelierte nicht zwangsläufig mit Verständnis der Studierenden für die Lerninhalte, Transfer aus den Videobeispielen fiel beispielsweise oft schwer.
- Die Teilnahme der Studierenden an den Präsenzsitzungen war deutlich niedriger als an den Klausuren.

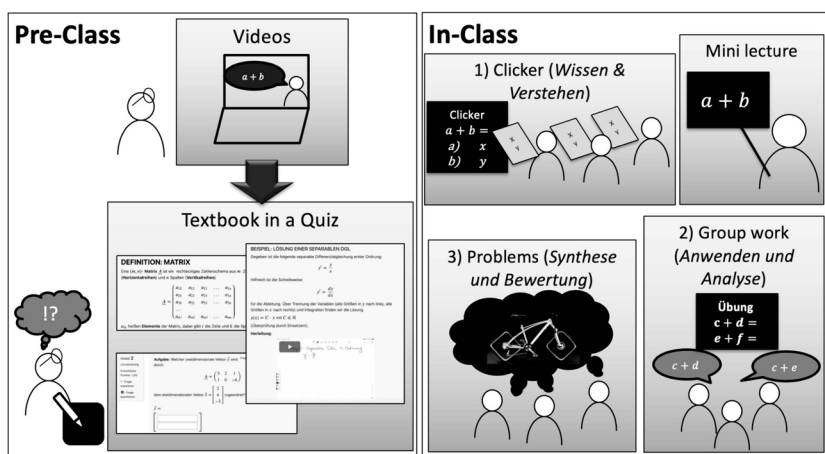
2.2 Hypothesen

Die beobachteten Herausforderungen wurden auf verschiedene Hypothesen zurückgeführt:

- Hypothese 1: Videos zur Vorbereitung verleiten zur Passivität, denn stärkere Aktivierung führt i.d.R. zu höherem Lernerfolg (Himmele & Himmele, 2017; Wieman, 2014).
- Hypothese 2: Vorbereitung ausschließlich mit Videos verhindert die Ausprägung mathematischer Lesekompetenz, von der auch mathematische Modellierungskompetenz abhängt (Leiss et al., 2010) und die ein Qualifikationsziel eines wissenschaftlichen MINT-Studiums sein sollte.
- Hypothese 3: Videos führen dazu, dass die Studierenden nicht mehr an der Vorlesung teilnehmen, weil sie sich aus ihrer Sicht ausreichend mit klausurrelevanten Themen beschäftigt haben. Dabei wird ihnen nicht deutlich, dass sie damit in den unteren Kompetenzstufen in der Taxonomie nach Bloom & Engelhart (1976) verbleiben, was weder ausreichend für die Prüfung noch für übergeordnete Qualifikationsziele eines ingenieurwissenschaftlichen Studiums ist.

3. Weiterentwicklungen

Abb. 1: Grafische Übersicht über die Elemente des Inverted-Classroom-Konzepts (eigene Darstellung)



Ausgehend von den genannten Hypothesen wurden für die Vorlesungen sowohl die Vorbereitungsmaterialien wie auch die Gestaltung der Sitzungen überarbeitet. Die im Folgenden beschriebenen Elemente wurden abgeglichen mit einer Metastudie von Kapur et al. (2022), in der Effektstärken verschiedener Aspekte der Vorbereitung (*Pre Class*) sowie in den Sitzungen (*In Class*) identifiziert wurden. Eine grafische Übersicht über die Elemente findet sich in Abb. 1.

3.1 Pre Class: Beyond videos

Um eine höhere Aktivierung in der asynchronen Vorbereitungsphase zu erreichen und gleichzeitig textbasierte Materialien einzubinden, wurden die reinen Videoformate teilweise durch multimediale Selbstlerneinheiten ersetzt. Dazu wurden Definitionen und Beispiele als Texte mit Grafiken, Lösungen zu den Beispielen als kurze Erklärvideos sowie Aufgaben mit automatisierter Rückmeldung zu den präsentierten Beispielen kombiniert.

Umgesetzt wurde jede Lerneinheit als Test in Moodle, also als *Textbook in a Quiz* (Kinnear, 2019). Das *Textbook in a Quiz* erlaubt die direkte Einbindung von STACK als Moodle-Plugin für Aufgaben mit automatisierter Rückmeldung, die auch offene Aufgabenstellungen zulässt (Sangwin, 2015).

Im Vergleich mit Kapur et al. (2022) finden sich in dieser Umsetzung die drei *Pre-Class*-Methoden mit den höchsten Effektstärken wieder, nämlich *Reading* (Rang 1), *Video + Quiz* (Rang 2) sowie *Video + Reading* (Rang 3). Die Methode (nur) *Video* lag hingegen auf Rang 7.

3.2 In Class: Bloom revisited

In den Präsenzanteilen wurde darauf geachtet, den Studierenden eine Dreiteilung der Struktur anhand zunehmender Kompetenzentwicklung laut der Taxonomie nach Bloom & Engelhart (1976) über eine feste Formatstruktur sichtbar zu machen (Effektstärken aus der Kategorie *In Class*¹, Taxonomiestufen jeweils in Klammern):

- Basisaufgaben (*Wissen und Verstehen*): Die hier vorgestellten Formate bieten Anlässe zu Erklärungen im Sinne von Mini-Lectures (Effektstärke Rang 4).
 - Clicker-Fragen mithilfe von PINGO (Niehus & Selke, 2024) mit einem Fokus auf konzeptionellem Verständnis zur Durchführung von Peer Instruction (Mazur et al., 2017; Riegler, 2019), (Rang 3).

1 Auf Rängen 1 und 2 (*In Class*) lagen Demonstrationen und problembasierte Ansätze – Methoden, die für eine Einführungsveranstaltung in Mathematik nur bedingt geeignet sind.

- Kopfübungen: Einfache Basisaufgaben lösbar ohne Taschenrechner, Einblenden der Lösung nach einer vorgegebenen Zeit, basierend auf einer Idee von Bruder (2008).
- Übung (*Anwenden* und *Analyse*): Rechnen in Gruppen und Besprechung im Plenum von Übungsaufgaben bereitgestellt als pdf (Group work, Rang 5).
- Anwendung (*Synthese* und *Bewertung*):
 - Kollaboratives Bearbeiten von Problemstellungen aus einem ingenieurwissenschaftlichen Kontext unter Anwendung der jeweiligen mathematischen Problemstellung (Problem solving, Rang 4).
 - *Aufgaben erfinden* (*Example Generation*) als differenzierendes Format (Hußmann & Prediger, 2007; Kinnear, 2024)

3.3 Durchführung

Durchgeführt wurde dieses aktualisierte Format im Wintersemester 2023/24 in einer gemeinsamen Vorlesung Mathematik 2 im zweiten Semester in den Studiengängen Fahrzeugsysteme und Elektrotechnik. Etwa 25 Studierende haben regelmäßig an der Präsenzveranstaltung teilgenommen, 48 Studierende an der Klausur.

4. Methodik

Den Studierenden wurden am Ende des Semesters Aussagen zur Organisation des Kurses, zur Lernförderlichkeit der Materialien und zum Studierverhalten vorgelegt. Items waren jeweils vom Likert-Typ mit fünf Stufen von »Stimme voll zu« (1) bis »Stimme gar nicht zu« (5). Die Umfrage war eine Eigenentwicklung, deren Skala sich an der zentralen Lehrevaluation der Hochschule orientiert. Das Testinstrument diente zur Ermittlung einer ersten relativen Gewichtung der Items durch die Studierenden. Vorgesehen ist eine Weiterentwicklung durch Ergänzung weiterer Items zu einem Likert-Test (Boone & Boone, 2012; Nemoto & Beglar, 2014).

Bezogen auf die Prüfungsteilnahme lag die Rücklaufquote bei 62 % (N = 26). Ausgewertet wurde weiterhin die Nutzung der Vorbereitungsmaterialien in Moodle anhand von Log-Daten.

5. Ergebnisse

Die Nutzungsquote der Vorbereitungsmaterialien lag bei 53 % – 68 % bezogen auf die Anzahl der Prüfungsteilnahmen unabhängig vom Format (*Video* oder *Textbook in a Quiz*).

5.1 Pre Class

Für die Aussage »Ich habe mir zu den einzelnen Lerneinheiten Notizen gemacht« lag die Zustimmungswerte bei 2,2 für das *Textbook in a Quiz*, für die Videos bei 2,0; das Anschauen der Videos wurde also nicht passiver vollzogen. Bei der Frage nach der Verständlichkeit der Materialien hat das Videoformat mit 0,2 Punkten mehr kaum schlechter abgeschnitten als das *Textbook in a Quiz*, d.h. es scheint, dass die Förderung mathematischer Lesekompetenz von den Studierenden nicht negativ bewertet wird.

5.2 In Class

Bei der Auswertung der Frage nach der Lernförderlichkeit der *In-Class*-Formate fiel auf, dass die Zustimmungswerte mit zunehmender Komplexität der Aufgabenstellungen abnehmen: *Clicker* ($2 \pm 0,8$), *Lecture* (Mini-Vorlesung) ($2,2 \pm 0,9$), *Gruppenarbeit* ($2,3 \pm 0,9$), *Problemlösen* ($3 \pm 0,9$).

Die Unattraktivität von Problemlöseaufgaben spiegelt möglicherweise das Ergebnis von Reich (2015) wider, wonach Studierende dazu tendieren, einfachere Lerninhalte positiver zu bewerten. Die Studierenden meinten in der Besprechung, dass aus ihrer Sicht Anwendungsaufgaben nicht prüfungsrelevant seien.

6. Fazit und Ausblick

Das hier vorgestellte Konzept zur Weiterentwicklung von Inverted Classroom in der Studieneingangsphase setzt von Kapur et al. (2022) identifizierte Aspekte aktivierender Lehre mit multimedialen Selbstlerneinheiten zur Vorbereitung und verschiedenen Aufgabenformaten in den Präsenzanteilen um. Die digitalen Elemente werden von den Studierenden positiv bewertet; eine Vorbereitung mit Videos wird gleichzeitig weniger passiv rezipiert wird als angenommen, was die Hypothese nach einer passiv konsumierenden Haltung bei den Videos zumindest für diese Lerngruppe ebenso wenig bestätigt wie die Vermutung, dass mathematische Texte gegenüber Videos von den Studierenden als problematisch angesehen werden könnten.

Die verschiedenen Aufgabenformate in den Präsenzanteilen werden insgesamt als lernförderlich angesehen, verlieren bei höheren Kompetenzstufen allerdings an Zustimmung. Weiterer Handlungsbedarf wird daher in der Förderung von Problemlösekompetenzen bei mathematischen Anwendungen gesehen. Kapur et al. (2022) schlagen vor, zur Motivation eine Anwendungsaufgabe bereits vor der Behandlung des Lernstoffes zu stellen, um einen Anreiz zur Beschäftigung mit den Inhalten zu setzen. Denkbar ist weiterhin eine hochschulische Anpassung

bekannter schulmathematikdidaktischer Konzepte zur Entwicklung von Problemlösekompetenz wie beispielsweise in Holzäpfel et al. (2018). Eine dritte Option ergibt sich aus den Rückmeldungen der Studierenden als eine stärkere Integration von Anwendungsaufgaben in die Prüfungen. Die würde auch eine tiefergehende Überprüfung der dritten Hypothese nach dem Erreichen höherer Kompetenzstufen in Relation zum Vorlesungsbesuch erlauben.

Literatur

- Allen, M., Bourhis, J., Burrell, N., & Mabry, E. (2002). Comparing Student Satisfaction With Distance Education to Traditional Classrooms in Higher Education: A Meta-Analysis. *American Journal of Distance Education*, 16(2), 83–97. https://doi.org/10.1207/S15389286AJDE1602_3
- Bernard, R. M., Borokhovski, E., Schmid, R. F., Tamim, R. M., & Abrami, P. C. (2014). A meta-analysis of blended learning and technology use in higher education: From the general to the applied. *Journal of Computing in Higher Education*, 26(1), 87–122. <https://doi.org/10.1007/s12528-013-9077-3>
- Boone, H., & Boone, D. (2012). Analyzing Likert Data. *Journal of Extension*, 50(2). <http://doi.org/10.34068/joe.50.02.48>
- Bloom, B. S., & Engelhart, M. D. (Hg.). (1976). *Taxonomie von Lernzielen im kognitiven Bereich*. Beltz.
- Bruder, R. (2008). Wider das Vergessen. Fit bleiben durch vermischte Kopfübungen. *Mathematik lehren*, 147, 12–14.
- Clincy, M., Melzer, K., Schaaf, G., Eichhorn, A., & Verné, N. (2022a). Inside the »Sandbox«: The Effects of Unlimited Practice for Summative Online-Tests. *International Journal of Emerging Technologies in Learning (ijET)*, 17(23), 115–127. <https://doi.org/10.3991/ijet.v17i23.35939>
- Clincy, M., Melzer, K., Schaaf, G., Eichhorn, A., & Verné, N. (2022b). Online midterm tests between summative and formative assessment – Online-Midterms zwischen formativer und summativer Bewertung. *Zeitschrift für Hochschulentwicklung*, 141–156. <https://doi.org/10.3217/ZFHE-17-01/09>
- De Boer, W., & Collis, B. (2005). Becoming more systematic about flexible learning: Beyond time and distance. *Research in Learning Technology*, 13(1). <https://doi.org/10.3402/rlt.v13i1.10971>
- Deci, E. L., & Ryan, R. M. (1985). Intrinsic Motivation and Self-Determination in Human Behavior. Springer US. <https://doi.org/10.1007/978-1-4899-2271-7>
- Fung, C.-H., Besser, M., & Poon, K.-K. (2021). Systematic Literature Review of Flipped Classroom in Mathematics. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 17(6), em1974. <https://doi.org/10.29333/ejmste/10900>

- Himmele, P., & Himmele, W. (2017). *Total participation techniques: Making every student an active learner* (Second edition). ASCD.
- Hinze, U., & Blakowski, G. (2003). Soziale Eingebundenheit als Schlüsselfaktor im E-Learning – Blended Learning und CSCL im didaktischen Konzept der VFH. In DeLFI 2003, Tagungsband der 1. E-Learning Fachtagung Informatik, 16.-18. September 2003 in Garching bei München. (S. 57–66). Gesellschaft für Informatik e.V.
- Holzäpfel, L., Lacher, M., Leuders, T., & Rott, B. (2018). *Problemlösen lehren lernen: Wege zum mathematischen Denken*. Klett/Kallmeyer.
- Hußmann, S., & Prediger, S. (2007). Mit Unterschieden rechnen. Differenzieren und Individualisieren. *Praxis der Mathematik in der Schule*, 49(17), 1–8.
- Iwamoto, D. H., Hargis, J., Bordner, R., & Chandler, P. (2017). Self-Regulated Learning as a Critical Attribute for Successful Teaching and Learning. *International Journal for the Scholarship of Teaching and Learning*, 11(2). <https://doi.org/10.20429/ijstl.2017.110207>
- Kapur, M., Hattie, J., Grossman, I., & Sinha, T. (2022). Fail, flip, fix, and feed – Rethinking flipped learning: A review of meta-analyses and a subsequent meta-analysis. *Frontiers in Education*, 7, 956416. <https://doi.org/10.3389/educ.2022.956416>
- Kinnear, G. (2019). *Delivering an online course using STACK*. <https://doi.org/10.5281/ZENODO.2565969>
- Kinnear, G. (2024). Comparing example generation with classification in the learning of new mathematics concepts. *Research in Mathematics Education*, 26(1), 109–132. <https://doi.org/10.1080/14794802.2022.2152086>
- Leiss, D., Schukajlow, S., Blum, W., Messner, R., & Pekrun, R. (2010). The Role of the Situation Model in Mathematical Modelling – Task Analyses, Student Competencies, and Teacher Interventions. *Journal Für Mathematik-Didaktik*, 31(1), 119–141. <https://doi.org/10.1007/s13138-010-0006-y>
- Li, K. C., & Wong, B. Y. Y. (2018). Revisiting the Definitions and Implementation of Flexible Learning. In K. C. Li, K. S. Yuen & B. T. M. Wong (Hg.), *Innovations in Open and Flexible Education* (S. 3–13). Springer Singapore. https://doi.org/10.1007/978-981-10-7995-5_1
- Mazur, E., Kurz, G., & Harten, U. (2017). *Peer Instruction: Interaktive Lehre praktisch umgesetzt*. Springer Spektrum. <https://doi.org/10.1007/978-3-662-54377-1>
- Nemoto, T., & Beglar, D. (2014). Likert-scale questionnaires. *JALT 2013 conference proceedings*, 108(1), 1–6.
- Niehus, D., & Selke, H. (2024). *PINGO* [Software]. coactum GmbH. pingo.coactum.de
- Reich, J. (2015). Rebooting MOOC Research. *Science*, 347(6217), 34–35. <https://doi.org/10.1126/science.1261627>

- Riegler, P. (2019). *Peer Instruction in der Mathematik: Didaktische, organisatorische und technische Grundlagen praxisnah erläutert*. Springer Spektrum. <https://doi.org/10.1007/978-3-662-60510-3>
- Sangwin, C. (2015). Computer Aided Assessment of Mathematics Using STACK. In S. J. Cho (Hg.), *Selected Regular Lectures from the 12th International Congress on Mathematical Education* (S. 695–713). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-319-17187-6_39
- Schäfle, C., & Junker, E. (2023). Just-in-Time Teaching mit Peer Instruction: Agil, aktivierend, lernendenzentriert, wirksam. In *Inverted Classroom and beyond 2023: Agile Didaktik für nachhaltige Bildung* (S. 130–145). Verein Forum neue Medien in der Lehre Austria.
- Wieman, C. E. (2014). Large-scale comparison of science teaching methods sends clear message. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 111(23), 8319–8320. <https://doi.org/10.1073/pnas.1407304111>

