

Analog wird digital

Die Produktion von mathematischen Vorlesungsvideos in Zeiten der Corona-Pandemie am Beispiel zweier Vorkurse

Leander Kempen und Elisa Lankeit

Zusammenfassung

In diesem Beitrag beschreiben wir die Produktion von Vorlesungsvideos im Rahmen zweier Mathematikvorkurse in der Zeit der Corona-Pandemie. Zentraler Betrachtungsgegenstand ist dabei die Übertragung der vorherigen, auf Blended Learning ausgelegten Lehr-Lern-Szenarien und Vorlesungen in das Digitale. Auf der Basis von Literaturarbeit, Erfahrungen aus der Praxis und Ergebnissen der entsprechenden Evaluation werden schließlich Qualitätsmerkmale und Gelingensbedingungen für eine pragmatische und alltagstaugliche Produktion von Vorlesungsvideos im universitären Kontext herausgestellt.

Schlüsselwörter

Vorlesungsvideo, Qualitätsmerkmale, Vorkurse, Corona-Pandemie

Analog to digital – production of mathematical lecture videos in times of the COVID-19 pandemic using the example of two bridging courses

Keywords

Video, quality features, pre-courses, COVID-19 pandemic

1 Einleitung

An der Universität Paderborn werden seit 2009 jährlich Mathematikvorkurse im Rahmen des VEMINT-Projekts¹ zur Vorbereitung des Studieneinstiegs angeboten. Um dabei den Studienanfängerinnen und Studienanfängern eine möglichst konstruktive

¹ www.vermint.de.

Teilnahme zu ermöglichen, wurden diese Vorkurse in verschiedenen, adressatenspezifischen Varianten durchgeführt.² Für die angehenden Studierenden, denen eine (durchgehende) Präsenz an der Universität nicht möglich erscheint, wurde eine E-Learning-Variante (»E-Kurs«) angeboten. Alle Vorkursvarianten wurden als Blended Learning-Szenarien durchgeführt, die sich in der Gewichtung der Präsenz- und E-Learning-Anteile unterschieden: Auch in den Präsenzvorkursen wurde von dem multimedialen VEMINT-Lernangebot (in Vorlesungen und an ausgewiesenen Selbstlerntagen) Gebrauch gemacht und in der E-Learning-Variante wurden ergänzende »Lernzentren« an der Universität angeboten (hierzu ausführlich Bausch, Fischer und Oesterhaus 2014).

Aufgrund der im September 2020 vorherrschenden Kontaktbeschränkungen mussten die Mathematikvorkurse vollständig digital abgehalten werden. Bei der damit verbundenen Umstellung der Vorkurse erschien es wichtig, die Vorteile zu erhalten, die auf der Konzeption der Präsenzkurse basierten: die ausgeprägte Adressatenspezifität (bezüglich Inhaltsauswahl und Darbietungsform), die Einführung in die universitäre Lehr-Lern-Weise (Vorlesung und Übung) und das Ermöglichen des Kennenlernens zukünftiger Mitstudierender, auch, um spätere Lerngruppenbildungen zu fördern (Fleischmann und Kempen in Druck). Aufgrund der vorherrschenden Kontaktbeschränkungen wurde daher die Entscheidung getroffen, die bisherigen Präsenzvarianten des Vorkurses als digitale Angebote anzubieten und auf den bisherigen studiengangsübergreifenden E-Kurs zu verzichten. Bei der Übertragung der bestehenden Präsenzvarianten musste bedacht werden, dass diese jeweils dreistündige Fachvorlesungen an jeweils drei Tagen in der Woche über den Zeitraum von vier Wochen beinhalteten. Vor den Lehrpersonen lag somit die Aufgabe, diese Fülle von (Fach-)Inhalten unter einem vertretbaren Aufwand sinnstiftend in das digitale Setting zu übertragen.

Im Rahmen dieses Beitrags möchten wir am Beispiel zweier unterschiedlich ausgerichteter Vorkursvarianten darstellen, wie wir mit Hilfe von selbstproduzierten Vorlesungsvideos die Übertragung der bisherigen »traditionellen«, auf Präsenz ausgelegten analogen Lehre in das Digitale vollzogen haben. Durch die Evaluationsergebnisse zu den Vorkursen können wir auf der Basis quantitativer und qualitativer Analysen unsere Unternehmungen reflektierend bewerten und Qualitätsmerkmale beziehungsweise Gelingensbedingungen für die Konstruktion von (mathematischen) Vorlesungsvideos im Kontext der universitären Lehre herausarbeiten.

2 Im Rahmen der Präsenzveranstaltungen wurden dabei zwischen drei Adressat*innengruppen unterschieden: »P1-Kurs«: Elektrotechnik, Maschinenbau, Computer Engineering, Wirtschaftsingieurwesen, Wirtschaftsinformatik, Chemieingenieurwesen und Chemie sowie die jeweiligen Bachelor of Education mit diesen Unterrichtsfächern für Gymnasium/Gesamtschule sowie Berufskolleg; »P2-Kurs«: Bachelor Mathematik, Technomathematik, Informatik und Bachelor of Education mit dem Unterrichtsfach Mathematik für Gymnasium/Gesamtschule sowie Berufskolleg; »P3-Kurs«: Bachelor of Education mit dem Unterrichtsfach Mathematik für Grund-, Haupt-, Real- und Gesamtschule und Lehramt für Sonderpädagogische Förderung.

2 Fokus: Vorlesungsvideos

2.1 Lernen und Lehren mit Videos

Gerade aufgrund der vorherrschenden Kontaktbeschränkungen in Zeiten der Corona-Pandemie und der Beliebtheit von Videoplattformen bei Jugendlichen (Rat für kulturelle Bildung e.V. 2019) nehmen Lernvideos im Jahr 2020 insbesondere auch in der Mathematik eine bedeutende Stellung ein. Dabei weisen sowohl die Klickzahlen wie auch die Kommentare unter den jeweiligen Videos auf ihre allgemeine Akzeptanz und hohe Beliebtheit hin. Unter lerntheoretischer Perspektive erscheint die damit verbundene passive Konsumhaltung allerdings kritisch:

»Erklärvideos treffen den Zeitgeist, sie stillen einen Bedarf nach überall verfügbaren Erklärungen, der besonders in Zeiten von Pandemien und Klausuren hoch ist, andererseits scheinen sie aus der Zeit gefallen: in den letzten Jahrzehnten hat sich ein Verständnis von Lernen als aktiven Konstruktionsprozess durchgesetzt [...]. Was könnte da unsinniger sein, als ein Video, das den Lernenden in eine gänzlich passive Rolle zwingt.« (Bersch, Merkeln, Oldenburg und Weckerle 2020)

Vor dem Hintergrund der universitären Lehr-Lern-Weise kann die mit Lernvideos verbundene Verantwortung zum eigenständigen Lernen aber auch positiv betrachtet werden: Die orts- und zeitunabhängigen Lernelemente können wertvolle Unterstützungen für selbstgesteuerte Lernprozesse darstellen (Biehler, Liebendorfer, Schmitz, Fleischmann, Krämer, Ostsieker et al. 2020).

Es zeigt sich, dass man durch den Einbezug von Videos in Mathematikvorkursen durchaus den ‚Zeitgeist‘ zu treffen und an Vorerfahrungen der Studienanfängerinnen und Studienanfänger anzuknüpfen scheint. Allerdings wird deutlich, dass neben dem bloßen Darlegen von Wissensinhalten auch didaktische Aspekte, etwa die Sicht auf das Lernen als aktiver Konstruktionsprozess (Neubert, Reich und Voß 2001), zu berücksichtigen sind. Hinzu treten die speziellen fachkulturell geprägten Aspekte der universitären Mathematiklehre, die ebenso im Rahmen eines Vorkurses abgebildet werden sollen, um den Lernenden den Einstieg in die Mathematik in ihrem Studium zu erleichtern (Lankeit und Biehler in Druck). Auf die Umsetzung beziehungsweise Berücksichtigung der verschiedenen Aspekte werden wir im dritten Kapitel genauer eingehen.

2.2 Empfehlungen und Gestaltungsmerkmale zu Lernvideos

Übergeordnet können in der Literatur verschiedene (auch empirisch begründete) Empfehlungen für die Videogestaltung ausgemacht werden. Für die Eigenproduktion von Videos erscheinen die Empfehlungen von Guo, Kim und Rubin (2014) und Kay (2014) besonders hilfreich, die allerdings nicht mathematikspezifisch ausgearbeitet sind. Grundsätzlich sollten entsprechende Videos eher kurz gehalten sein und eine Länge von maximal sechs Minuten nicht überschreiten. Auch sollte das Sprechtempo eher schnell sein, um keine ‚Langeweile‘ zu evozieren und um Motivation zu erzeugen. Alle verwendeten Darstellungen sollen gut lesbar und das Layout klar und transparent sein, auf ablenkende und überflüssige Elemente sollte verzichtet werden. Schließlich kann die Sicht-

barkeit der Lehrperson die persönliche Komponente begünstigen. Kulgemeyer (2020) identifiziert sieben Faktoren, die die Qualität von naturwissenschaftlichen Erklärvideos bedingen: die Struktur (bezüglich der Abfolge der Wissenselemente), die Anpassung an den Adressatenkreis (etwa bezüglich Vorwissen, Sprachebene et cetera), die Verwendung geeigneter Veranschaulichungswerkzeuge (Beispiele, Repräsentationen et cetera), präzises und kohärentes Erklären, Herausstellung der Relevanz der Inhalte für den Betrachtenden, der Einbezug anschließender Lernaufgaben (im Speziellen einer Einbettung der Videos in ein Lehr-Lern-Szenario) und als thematischer Fokus möglichst ein neuer Inhalt, der zum Selbstlernen zunächst zu komplex erscheint.

2.3 Vorlesungsvideos in der Mathematik

Die Bereitstellung von Vorlesungsaufzeichnungen hat sich bereits Ende des 20. Jahrhunderts an vielen deutschen Hochschulen etabliert. Dabei wurden Vorlesungsaufzeichnungen vor allem an Fernuniversitäten und prominent im Rahmen von Flipped Classroom-Konzepten verwendet (Handke, Loviscach, Schäfer und Spannagel 2012).

Einige der oben genannten Qualitätskriterien und Gestaltungsempfehlungen lassen sich direkt auf Vorlesungsvideos in der Mathematik übertragen, allerdings müssen auch Anpassungen beziehungsweise Abweichungen in Betracht gezogen werden. So hat ein Video, das eine Vorlesung ersetzen soll, nicht den Anspruch, nur ein sehr klar abgegrenztes Thema zu besprechen, sondern den Inhalt einer gesamten Vorlesung darzustellen, was in der Regel einen größeren zeitlichen und inhaltlichen Umfang und eine komplexere Struktur impliziert. Insbesondere erscheint eine Maximallänge von sechs Minuten für Vorlesungsvideos nicht haltbar. Loviscach (2011) beschreibt, dass eine Einteilung der Vorlesungsvideos in Stücke von zehn bis fünfzehn Minuten von den Lernenden positiv bewertet wurde. Doch merkt auch er an, dass sich aufgrund der Komplexität der mathematischen Themengebiete in der Praxis auch längere Videos ergeben würden. Bei komplexen Inhalten, Rechnungen und Argumenten erscheint es auch sinnvoll, von dem empfohlenen eher schnellen Sprechtempo abzuweichen.

Qualitätskriterien konkret für Vorlesungsvideos wurden in der Literatur bislang nicht explizit formuliert oder empirisch belegt. Veröffentlichungen zu Vorlesungsvideos beziehen sich eher auf Praxisbeschreibungen (Lovischach 2011) und konkrete Einsatzszenarien (Handke et al. 2012), wobei häufig in Präsenz gehaltene Vorlesungen aufgezeichnet und gegebenenfalls nachbearbeitet werden.

2.4 Videoproduktion

Für die Produktion von Videos können verschiedene Macharten beziehungsweise technische Hilfsmittel genutzt werden: (1) Vorlesungsaufzeichnungen mit direktem Abfilmen einer Tafel, mit Hilfe eines Tablets oder auf der Basis von Vorlesungsfolien, (2) Darstellungen vor einem Green-Screen Hintergrund, der später mit Inhalten und Darstellungen gefüllt werden kann, (3) Videos mit Legetechnik oder (4) Videoerstellung unter Verwendung von Software zum Erstellen von interaktiven Inhalten (etwa H5P) (hierzu ausführlich: E-Learning Arbeitsgruppe TU Darmstadt 2020).

Für die Übertragung von vorhandenen Lehrmaterialien in Vorlesungsvideos scheint dabei die erste Variante als die zunächst naheliegendste und vielleicht auch diejenige zu sein, die am einfachsten zu handhaben ist, da auf diese Art möglichst viele Aspekte der Präsenzlehre (Darstellung der Inhalte, Einhalten der Abfolge der Darbietung et cetera) direkt übernommen werden können. Neben pragmatischen Gesichtspunkten der einfacheren Umsetzung erscheint auch eine Videovariante sinnvoll, die in ihrer Gestaltung relativ ähnlich zu Präsenzvorlesungen ist und so eine Vorbereitung auf die universitäre Lehre zu leisten vermag.

3 Die digitale Gestaltung der Mathematikvorkurse im Jahr 2020

Für die Grundkonzeption der Mathematikvorkurse wurde im Jahr 2020 an der traditionellen Struktur der bisherigen Präsenzkursvarianten festgehalten: montags, mittwochs und freitags wurden am Vormittag dreistündige Vorlesungen und am Nachmittag anderthalb- bis zweistündige Kleingruppenübungen angeboten. Die Vorlesungen wurden von der jeweiligen Lehrperson als Video produziert und den Teilnehmenden am jeweiligen Abend des Vortages auf der Seite der Vorkurse freigeschaltet. Die Kleingruppenübungen wurden mit Hilfe des Videokonferenzsystems Zoom organisiert und von studentischen Hilfskräften abgehalten.

Für die Umsetzung der bisherigen Vorkursvorlesungen muss angemerkt werden, dass die Lehrveranstaltungen bereits vorher als Blended Learning-Szenarien angelegt waren. Die Phasen der vorlesungsartigen Instruktion wurden immer wieder um aktivierende Phasen auf der Basis der Onlinelernmaterialien (Bearbeitung von interaktiven Aufgaben, Arbeit mit Applikationen et cetera) ergänzt (siehe hierzu ausführlich: Fleischmann, Kempen, Mai und Biehler 2019; Kempen und Wassong 2017). Bei der Übertragung der Vorlesungsinhalte stellte sich also die Frage nach der Übertragbarkeit der aktivierenden Lernelemente.

Die multimedialen Lernmaterialien standen den Vorkursteilnehmenden auch in diesem Jahr zur freien Verfügung. Leitend ist dabei der Grundgedanke, dass sich alle angehenden Studierenden eigenständig mit den Inhalten auseinandersetzen sollen, um individuelle Wissenslücken zu schließen beziehungsweise Wissen aufzufrischen.

3.1 Kurzbeschreibung der Vorkursvarianten P1 und P3

Der Vorkurs »P1« richtet sich an angehende Studierende der Studiengänge Maschinenbau, Elektrotechnik, Computer Engineering, Chemieingenieurwesen, Chemie, Wirtschaftsingenieurwesen und Wirtschaftsinformatik sowie der entsprechenden Lehramtsstudiengänge. Hier werden schulmathematische Inhalte, die im Studium benötigt werden, behandelt und gegebenenfalls vertieft (beispielsweise Integrationsmethoden) und auch Themen der Hochschulmathematik eingeführt (zum Beispiel komplexe Zahlen). Außerdem werden in der Hochschulmathematik übliche Schreibweisen wie das Summenzeichen behandelt. Die Darstellung der Lerninhalte entspricht dabei dem in der hochschulmathematischen Lehre üblichen Format, bei dem Konzepte anhand ihrer fachmathematischen Definitionen eingeführt und Aussagen darüber als

Sätze mit Beweisen formuliert werden. Angereichert werden die Definitionen und Sätze durch Beispiele, wobei auch Anwendungsbeispiele aus den Ingenieurwissenschaften genutzt werden. Neben diesen wissensbezogenen Lernzielen wird auch das Ziel verfolgt, den Studierenden mathematische Arbeitsweisen näherzubringen und ihnen einen Einblick in die universitäre Lehr-Lern-Praxis zu geben. So sollen sie an den Ablauf von Vorlesungen und Übungen, den formaleren Umgang mit der Mathematik, das Mitschreiben in Vorlesungen und die Notwendigkeit des Nachbereitens gewöhnt werden.

Der »P3« richtet sich an die zukünftigen Studierenden des Lehramts für die Primarstufe, Sekundarstufe 1 und der Sonderpädagogischen Förderung. Inhaltlicher Fokus ist die Wiederholung der schulmathematischen Inhalte (von der 5. Klasse bis zum Abitur). Grundlegend soll auch in diesem Vorkurs das universitäre Lehrkonzept bestehend aus Vorlesung und Übung verfolgt werden, wobei die Vorlesungen weniger konzeptionell an der Schrittfolge Definition – Satz – Beweis ausgerichtet sind, sondern vielmehr die Wiederholung der Schulinhalte mit Übungsphasen verbunden werden. Die Antizipation von Methoden, Inhalten und Darstellungsformen der Hochschulmathematik erfolgt dabei nur punktuell.

In beiden Kursen ist darüber hinaus der soziale Aspekt wichtig: Die angehenden Studierenden sollen gerade in den Übungsgruppen zukünftige Mitstudierende kennenlernen und durch die Lehrenden der Vorlesung und Übungsgruppen erste Kontaktpersonen gewinnen.

3.2 Die Produktion der Vorlesungsvideos

In den beiden hier thematisierten Vorkursvarianten (P1-Kurs und P3-Kurs) sollten die Vorkursvorlesungsinhalte aus den Vorjahren den Teilnehmenden als Vorlesungsvideos angeboten werden. In dem folgenden Abschnitt werden die vorkursspezifischen Unterschiede der beiden Vorkursvarianten dargestellt.

3.2.1 Vorlesungsvideos im P1-Kurs: Übersetzung der klassischen Tafelvorlesung

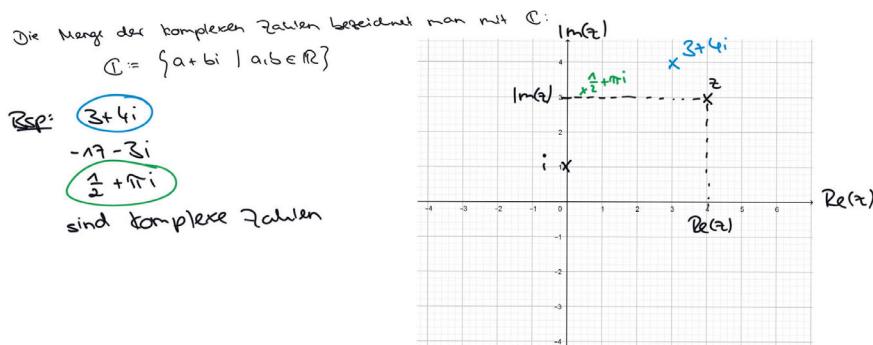
Für die Vorlesungsvideos im P1-Kurs wurde das bisherige Vorkursskript zu einer Art »Drehbuch« umgearbeitet, in dem neben dem zu präsentierenden Text auch notiert wurde, an welchen Stellen welche Aufgaben, Abbildungen oder Applikationen eingebunden werden sollten. Pläne für zusätzliche mündliche Kommentare wurden nach der Produktion der ersten Videos nur in Ausnahmefällen schriftlich im »Drehbuch« festgehalten, in den meisten Fällen erfolgten diese aus pragmatischen Gründen ohne vorherige schriftliche Fixierung. Die Dozentin des Vorkurses verwendete ein Tablet und die App »Explain Everything« und notierte die Skriptinhalte auf den leeren weißen Bildschirm. Durch parallel laufende sprachliche Erläuterungen konnte somit im Wesentlichen die Tafelvorlesung nachempfunden werden. Die Vorlesungen zu den jeweiligen Inhalten wurden in jeweils zwei bis drei Videos dargeboten.³ Der Lehrvortrag wurde dabei unter anderem

³ Inhalte der elf Vorkursvorlesungen im P1-Kurs: (1) Zahlen und Zahlbereiche [2 Videos], (2) Grundlagen der Universitätsmathematik und Funktionen [3 Videos], (3) Quadratische Funktionen und Polynome höheren Grades [2 Videos], (4) Trigonometrie [3 Videos], (5) Potenzen, Wurzeln, Loga-

von Zwischenaufgaben für die angehenden Studierenden unterbrochen. Hier sollten die Lernenden das Video anhalten und kurze Übungsaufgaben selbst bearbeiten. Auch wurden Abbildungen wie beispielsweise Dreiecke oder Koordinatensysteme eingefügt (Abb. 1). Darüber hinaus wurde der Skriptanschrieb durch das Zeigen von Applets aus dem studiVEMINT-Material⁴ (Biehler, Fleischmann, Gold und Mai 2017) unterbrochen, beispielsweise zum Verlauf von Funktionsgraphen in Abhängigkeit bestimmter Parameter. Dazu nahm die Dozentin ihren Bildschirm mit OBS-Studio auf, während sie das Applet verwendete und gleichzeitig mündliche Erläuterungen geben konnte. Den Studierenden wurde auch mitgeteilt, wo das entsprechende Applet zu finden war, so dass auch sie diese nutzen konnten. Die zugehörigen Links wurden außerdem in der Videobeschreibung zur Verfügung gestellt.

Die derart produzierten Videos wurden schließlich mit einem Schnittprogramm bearbeitet (Windows MovieMaker), wobei auch an dieser Stelle die oben beschriebenen zusätzlich erstellten Bildschirmaufnahmen der Applet-Nutzung in die Videos integriert wurden. Abschnitte mit längerem Tafelanschrieb ohne gleichzeitiges Sprechen (beispielsweise lange Definitionen) wurden nachträglich etwas schneller eingestellt, um Leerlauf und etwaiger ›Langeweile‹ der Betrachtenden entgegenzuwirken. Abschließend wurden die Videos als mp4-Dateien konvertiert.

Abbildung 1: Exemplarischer Screenshot aus einem Vorlesungsvideo zum P1-Kurs



3.2.2 Vorlesungsvideos im P3-Kurs: Die Adaption von PowerPoint-Folien

Im P3-Kurs wurden die PowerPoint-Folien aus den vorherigen Durchgängen für die Videoproduktion umgestaltet. Zum einen mussten Abbildungs- und Schriftgrößen angepasst und das Layout derart verändert werden, dass an den entsprechenden Stellen nun die Inhalte, Erläuterungen oder Aufgabenlösungen notiert werden konnten, die in

rithmen und Exponentialfunktionen [3 Videos], (6) Komplexe Zahlen und Folgen und Grenzwerte [3 Videos], (7) Differentialrechnung [3 Videos], (8) Integralrechnung 1 [2 Videos], (9) Integralrechnung 2 [2 Videos], (10) Vektoren [3 Videos], (11) Matrizen [2 Videos]. Die 12. Vorlesung bestand aus einer retrospektiven Betrachtung des Vorkurses und Hinweisen zum Studium.

4 <https://go.upb.de/studivemint> [01.01.2021].

vorigen Durchgängen an die Tafel geschrieben wurden. Auch wurden Folien mit kurzen Zwischenaufgaben und/oder Links (mit ergänzenden Screenshots) zu Applets aus dem VEMINT-Material eingefügt (Abb. 2). Diese angepassten Folien wurden als pdf-Dateien in die App »Explain Everything« als Hintergründe eingeladen und dienten als Grundlage der Videoproduktion. Bei der Videoerstellung konnten diese Folien sukzessiv angezeigt werden; mündliche Erläuterungen und handschriftliche Ergänzungen/Aufgabenlösungen und Hinweise wurden dann automatisch mitgespeichert. Die App ermöglichte einen einfachen Umgang mit der Aufnahme der mündlichen Erläuterungen und handschriftlichen Ergänzungen: Im Falle eines Sprech- oder Schreibfehlers konnte einfach auf der Zeitleiste zurückgesprungen und der entsprechende Abschnitt direkt neu aufgenommen werden.

Die Vorlesungen wurden in jeweils ein bis vier Videos dargeboten⁵, in denen kurze Zwischenaufgaben und der Hinweis zur ergänzenden Verwendung der Applets aus dem Material eingefügt waren. Abschließend wurden die Videos direkt als mp4-Datei konvertiert, eine nachträgliche Bearbeitung erfolgte nicht.

Abbildung 2: Exemplarischer Screenshot aus einem Vorlesungsvideo zum P3-Kurs

The screenshot shows a slide from a video lecture. At the top left is the VEMINT logo with the text "Virtuelles Erprobungskuratorium" and "VEMINT". To the right is the University of Paderborn logo. Below the title "2.1 lineare Gleichungen" are several circular icons representing different functions or tools. A search bar labeled "INFORMATION" is also present. The main content consists of handwritten mathematical steps for solving equations:

Beispiel: $-3x + 6 = 6x + 9$

Was ist eine „Lösung“ dieser Gleichung?
(Auf der Suche nach der „Erfüllungsmenge“...)

1: $-3 \cdot \underline{1} + 6 = 6 \cdot \underline{1} + 9$
 $\underline{3} \neq 15$

2: $-3 \cdot \underline{2} + 6 = 6 \cdot \underline{2} + 9$
 $\underline{-6} + 6 = 12 + 9$
 $0 \neq 21$

A button labeled "systematisches Probieren" is visible on the right side of the slide.

- 5 Inhalte der elf Vorkursvorlesungen im P3-Kurs: (1) Zahlbereiche und Rechenregeln [4 Videos], (2) Lineare Gleichungen, Bruchgleichungen, Anordnung, Betrag und Ungleichungen [4 Videos], (3) Potenzen und Wurzeln [2 Videos], (4) Mengenlehre und mathematische Symbolik [4 Videos], (5) lineare Funktionen und quadratische Gleichungen [3 Videos], (6) Quadratische Funktionen und allgemeine Polynomfunktionen [2 Videos], (7) Exponentialfunktionen [1 Video], (8) Trigonometrische Funktionen [4 Videos], (9) Stellenwertsysteme und Arithmetik [3 Videos], (10) Grundlagen der Stochastik [3 Videos], (11) Geometrie und Beweisen [2 Videos]. Die 12. Vorlesung bestand auch in diesem Kurs aus einer retrospektiven Betrachtung des Vorkurses und Hinweisen zum Studium.

3.2.3 Zusammenfassung und vergleichende Darstellung

Für die produktive Auswertung der unterschiedlichen Herangehensweisen werden die obigen Darstellungen in der Tabelle 1 zusammenfassend dargestellt.

Tabelle 1: Strukturelle Übersicht über die Übertragung der Vorlesungsinhalte in Vorlesungsvideos in den Vorkursvariante »P1« und »P3«

	P1-Kurs	P3-Kurs
Inhaltlicher Fokus*	Wiederholung von Schulmathematik unter Berücksichtigung hochschulmathematischer Notationsweisen und Hinführung zur Hochschulmathematik (Inhalte und Methoden)	Wiederholung von Schulmathematik und punktuelle Hinführung zur Hochschulmathematik (etwa Mengenlehre und Symbolik)
vorhandene Lehrmaterialien zu den Vorlesungen	Papier-Skript	PowerPoint-Folien
Aufbereitung der Lehrmaterialien	Umarbeitung des vorhandenen Skripts zu einer Art »Drehbuch«; Einfügen von kurzen Übungsaufgaben	Umgestaltung der vorhandenen PowerPoint-Präsentationen; Einfügen von kurzen Übungsaufgaben, Screenshots und Erläuterungen zu den Onlineapplikationen
Aufnahme	Handschriftlicher Aufschrieb auf einem Tablet mit Stifteingabe mit mündlichen Erläuterungen in der App »Explain Everything«	Zeigen der Folien in »Explain Everything« am Tablet mit Stifteingabe, mündliche Erläuterungen und handschriftliche Ergänzungen
Umgang mit längerem Tafelanschrieb/Rechnungen	Nachträgliches Schneller-Stellen der Abschnitte mit längeren Schreibphasen	Anhalten der Aufnahme, Notation der Rechnung, Weiterlaufen lassen der Aufnahme [auf diese Weise erscheint die Rechnung im Video als Ganzes]
Einbezug von Applets o.ä.	Zusätzliche Bildschirmaufnahmen von verlinkten Applets aus dem studiVEMINT-Material mit »OBS-Studio«	Integration von Screenshots und Anleitungen zur Verwendung der verlinkten Applets
Bearbeitung nach der Aufnahme	Schnitt mit Windows MovieMaker, dabei auch schnelleres Abspielen von Passagen, in denen nicht gesprochen wurde, und Einbindung der Bildschirmaufnahmen	keine
Anzahl der Videos pro Vorlesungstag	2-3	1-4
Dauer der einzelnen Videos	Min=12:39; Max=57:35 aMittel=36:31	Min=3:52; Max=22:53 aMittel=10:10

* Hierzu ausführlich: Fleischmann und Kempen (in Druck).

Wie an der Dauer der einzelnen Videos in Tabelle 1 zu sehen ist, wurde die in der Literatur empfohlene Maximaldauer von sechs Minuten in den meisten Fällen deutlich überschritten. Dies liegt daran, dass hier nicht separate Lernvideos zu einzelnen Themenblöcken produziert wurden, sondern jeweils die Inhalte dreistündiger Vorlesungen in zusammenhängenden Vorlesungsvideos umgesetzt werden sollten. In beiden Vorkursen waren die Lehrpersonen während der Videos gewöhnlich nicht zu sehen.

4 Evaluation

Die Gesamtdurchführung der Vorkurse wurde im Rahmen einer Onlineausgangsbefragung evaluiert, welche am Ende des Vorkurses freigeschaltet wurde und über den Zeitraum von einer Woche offen für die Bearbeitung war. Diese Ausgangsbefragung enthielt auch gezielt Items, um die hier vorgestellten Vorlesungsvideos hinsichtlich verschiedener Aspekte (siehe unten) auf einer sechsstufigen Likert-Skala ([1] »trifft überhaupt nicht zu« ... [6] »trifft voll zu«; ohne Beschriftung der Zwischenwerte) zu bewerten. Neben den Items, auf deren Basis quantitative Ergebnisse diskutiert werden können, wurden auch Freitextitems verwendet, die wir im Rahmen einer kleinen qualitativen Analyse ausgewertet haben, um weitere Anhaltspunkte für unsere retrospektive Bewertung gewinnen zu können. Bei der Evaluation der erstellten Vorlesungsvideos waren für uns die folgenden Aspekte leitend: (1) *Inwiefern werden die Vorlesungsvideos überhaupt als Ergänzung zu dem umfangreichen multimedialen Lernangebot der Mathematikvorkurse wahrgenommen?*, (2) *Wie bewerten die Teilnehmenden die Vorlesungsvideos?* und (3) *Welche Qualitätsmerkmale beziehungsweise Gelingensbedingungen für die Konstruktion von Vorlesungsvideos können aus den quantitativen und qualitativen Ergebnissen abstrahiert werden?*

4.1 Evaluation der Vorlesungsvideos

4.1.1 Quantitative Ergebnisse

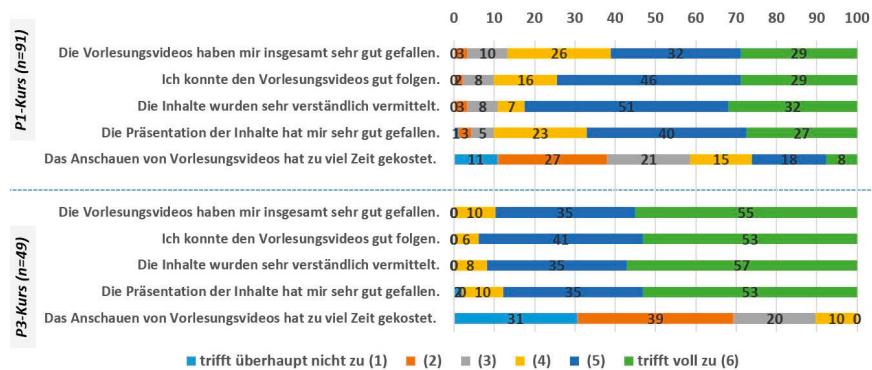
Zunächst zeigt sich, dass die Teilnehmenden nach eigenen Angaben die deutliche Mehrzahl der Videos genutzt und somit das zusätzliche Lernangebot angenommen haben (Tab. 2).

Tabelle 2: Ergebnisse bzgl. der Videonutzung (Item: »Ich habe mir ungefähr ... der Videos angeschaut.«), Angaben in Prozent.

	0 %	20 %	40 %	60 %	80 %	100 %	Summe
P1-Kurs (n=92)	0	1	5	4	25	64	100
P3-Kurs (n=49)	0	0	0	2	14	84	100

Die Ergebnisse bezüglich der Videobewertung werden in der Abbildung 3 angegeben. Es wird deutlich, dass die Vorlesungsvideos von den Teilnehmenden insgesamt (sehr) positiv bewertet werden: Die Summe der Zustimmungswerte (Werte von [5] oder [6] auf der Likert-Skala) liegen zwischen 61 % und 90 %. Die Bewertung des Zeitaufwandes für das Anschauen der Videos fällt dabei unterschiedlich aus: Während im P1-Kurs

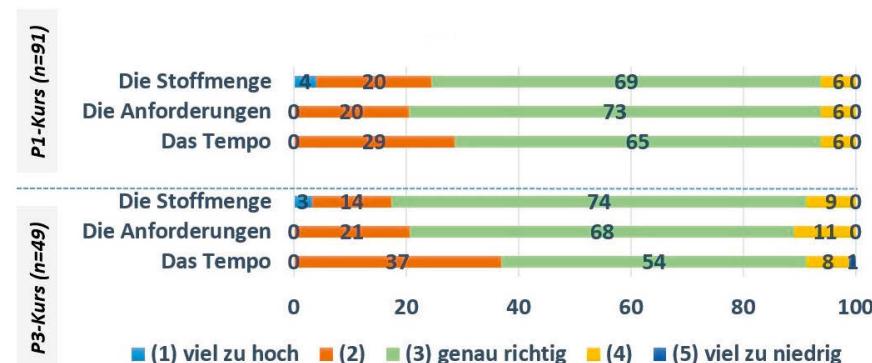
Abbildung 3: Ergebnisse bezüglich der Videobewertung in der Ausgangsbefragung zum Vorkurs, Angaben in Prozent



die Werte für dieses negativ formulerte Item breiter verteilt sind, wird die Aussage im P3-Kurs von 70 % der Teilnehmenden eher verneint (Summe der Werte [1] und [2] auf der Likert-Skala).

Auch die Fragen bezüglich der Stoffmenge, des Anforderungsniveaus und des Tempos werden in Bezug auf die selbstproduzierten Videos mehrheitlich als »genau richtig« bewertet (Abb. 4). Interessant erscheint die Frage nach dem Tempo, welches von circa einem Drittel der Beteiligten als leicht zu hoch bewertet wurde. Offen ist dabei die Frage, ob damit die inhaltliche Dichte oder das Sprechtempo der Lehrpersonen gemeint ist. Allerdings birgt ja gerade dieses Medium die Möglichkeit, das Tempo individuell zu regulieren, auch durch das Anhalten des Videos.

Abbildung 4: Ergebnisse bzgl. der inhaltlichen Regulierung der Videos, Angaben in Prozent



4.1.2 Ergebnisse aus den Freitextitems

In der Ausgangsbefragung wurden unter anderem die folgenden Freitextitems zur Bewertung der Vorkurse verwendet: »Folgendes hat mir am Vorkurs besonders gut gefallen« und »Folgendes sollte im Vorkurs nächstes Jahr geändert werden«. Aufgrund des Umfangs dieses Artikels und dessen praxisorientierter Ausrichtung verzichten wir hier auf eine umfassende qualitative Analyse aller Antworten. Im Folgenden werden nur die Antworten berücksichtigt, die speziell die erstellten Videos tangieren. Die positiven Rückmeldungen zu den Videos werden in der Tabelle 3 zusammengefasst dargestellt. Es fällt auf, dass neben der Befürwortung der Möglichkeit der asynchronen Nutzung des Lehrangebots hier vor allem der Einbezug von ergänzenden kleinen Übungsaufgaben und Beispielen positiv hervorgehoben wird.

Tabelle 3: Nennungen von positiven Aspekten zu den Lernvideos in der Abschlussbefragung [absolute Häufigkeiten]

	Videos an sich	Struktur	Ergänzende Aufgaben und Beispiele	Möglichkeit der asynchronen Nutzung
P1-Kurs	2	1	6	7
P3-Kurs	1	1	6	2

Anmerkung: Im P1-Kurs liegen die Freitextantworten von 43 Vorkursteilnehmenden zu den positiven Aspekten vor, im P3-Vorkurs von 23 Vorkursteilnehmenden

Von den 46 Freitextantworten in dem P1-Kurs zu den Verbesserungsvorschlägen betreffen 18 die Videoproduktion. Am häufigsten wird der Wunsch nach kürzeren Videos, beziehungsweise separaten Videos für einzelne Inhaltsbereiche gewünscht (acht Nennungen). Fünf Teilnehmende äußern, dass das Vorspulen beim Tafelanschrieb besser weggelassen werden sollte, da man gerade hier Zeit zum Mitschreiben und Mitdenken benötige. Weitere drei Nennungen betreffen das ›mehr Zeit geben‹ beziehungsweise das Einbauen von kurzen Pausen. Zweimal wird darum gebeten, auch etwas schwierigere Beispiele und Aufgaben in den Vorlesungen zu besprechen. Einzelne Wünsche betreffen schließlich die Sichtbarkeit der Dozentin und eine Zusammenfassung der Inhalte jeweils am Ende der Videos. Von den 15 Personen, die für den P3-Kurs Verbesserungsvorschläge angebracht haben, äußern sich nur drei Personen bezüglich der Videos: Einmal wurden seltene kleine Flüchtigkeitsfehler angemerkt, zweimal der Wunsch nach mehr und gegebenenfalls komplexeren Übungsaufgaben im Rahmen der Videos geäußert.

5 Diskussion und Ausblick

In diesem Abschnitt möchten wir unser Vorgehen reflektierend bewerten und Qualitätsmerkmale beziehungsweise Gelingensbedingungen für die Konstruktion von Vorlesungsvideos herausarbeiten. Dazu werden im Folgenden die zentralen Aspekte zusammengetragen und auch die Leitfragen beantwortet, die bei der Evaluation unserer Maßnahmen leitend gewesen sind.

Inwiefern werden die Vorlesungsvideos überhaupt als Ergänzung zu dem umfangreichen multi-medialen Lernangebot der Mathematikvorkurse wahrgenommen?

Zunächst kann festgehalten werden, dass das Angebot der zusätzlichen Vorlesungsvideos von den Teilnehmenden in großem Umfang wahrgenommen wurde: Circa 90 % der Befragten gaben an, mindestens 80 % der produzierten Vorlesungsvideos angeschaut zu haben.

Wie bewerten die Teilnehmenden die Vorlesungsvideos?

Trotz der geringen Vorerfahrung der Lehrpersonen in Hinblick auf Videoproduktionen wurden die Vorlesungsvideos von den Teilnehmenden insgesamt sehr gut bewertet. Es wird deutlich, dass für den Einsatz von selbstproduzierten Vorlesungsvideos auch ein pragmatisches Vorgehen, wie es in diesem Artikel in zwei Varianten vorgestellt wurde, durchaus vertretbar und zielführend ist. Dabei sind die beiden beschriebenen Vorkurse in ihrer Anlage auch in Hinblick auf die Zielgruppen und das Niveau so unterschiedlich, dass die beiden Varianten der Videoproduktion hier nicht miteinander verglichen werden sollen.

Welche Qualitätsmerkmale beziehungsweise Gelingensbedingungen für die Konstruktion von Vorlesungsvideos können aus den quantitativen und qualitativen Ergebnissen abstrahiert werden?

Zusammenfassend möchten wir diese Frage im Rahmen einer Aufzählung beantworten, um gleichsam eine Art Leitfaden zur Videoerstellung bereitzustellen. Dabei werden auch die Aspekte berücksichtigt, die bereits auf der Basis der Literatur herausgearbeitet wurden.

Vorbereitung/Übertragung der Lehr-Lern-Materialien: Die Übertragung von Lehr-Lern-Materialien in Vorlesungsvideos benötigt eine entsprechende Umarbeitung inhaltlicher und struktureller Art sowie in Bezug auf das Layout, die aber – je nach vorliegendem Material – minimal gehalten werden kann; eine Segmentierung der Videos nach Sinnabschnitten erscheint allerdings notwendig. Da die Möglichkeit für Rückfragen fehlt, bietet es sich an, die Struktur der Inhalte noch stärker zu explizieren. Darüber hinaus sollten Aufgaben und andere aktivierende Elemente eingebaut werden, um die Studierenden aus der passiven Zuschauerrolle herauszuholen (siehe unten). Da in Vorlesungsvideos nicht auf das Publikum reagiert werden kann, sollten Erklärungen eher ausführlicher ausfallen. Zum Teil können auch weitere Features genutzt werden, wie etwa das Vorführen einer Software. Je nachdem, in welcher Form die Lehrmaterialien vorliegen, können diese auch mit ihrem Layout weitergenutzt und gegebenenfalls ergänzt werden (beispielsweise vorliegende Präsentationsfolien). Erfolgte die Präsentation im analogen Setting als Tafelanschrieb, muss bei der Übersetzung beachtet werden, dass auf einer Folie deutlich weniger Inhalt gleichzeitig zu sehen ist als auf mehreren Tafeln, die im Hörsaal neben- und übereinander montiert sind. Für Rückbezüge sollten daher nötige Definitionen oder ähnliches erneut eingeblendet werden.

Tempo und Geschwindigkeit: Das Sprechtempo war in unseren Vorlesungsvideos eher ruhig bis langsam gehalten. Dies ist einmal der Tatsache geschuldet, dass uns kein wortwörtliches Drehbuch für die mündlichen Erläuterungen vorlag. Allerdings scheint das Erklären fachmathematischer Inhalte auch ein ruhiges Sprechtempo nahezulegen. Dies widerspricht in gewisser Weise den Darstellungen in der Literatur (Guo et al. 2014). In unserem Kontext wurde das Tempo von den Studierenden eher als genau richtig bis leicht zu schnell bewertet. Auch wurde ein zu langsames Sprechtempo von keinem Teilnehmenden kritisch angemerkt. Im Gegenteil: einige Rückmeldungen forderten ein noch langsameres Tempo beziehungsweise zusätzliche Pausen.

Länge und Sequenzierung der Videos: Die in der Literatur empfohlene Maximallänge von sechs Minuten lässt sich für mathematische Vorlesungsvideos nur sehr bedingt einhalten. Dies scheint auch damit zusammenzuhängen, dass in entsprechenden Videos der Mathematik auch teilweise längere Rechnungen vorgeführt werden müssen. Nichtsdestotrotz wurde in unserer Studie (gerade für den P1-Kurs) die Länge und Sequenzierung der Videos angemahnt. Es erscheint sinnvoll, die Vorlesungsvideos zu den Inhaltsbereichen auch in kleinere Abschnitte (etwa durch die technische Einbindung von Sprungmarken oder Verlinkungen) zu unterteilen, beziehungsweise die Vorlesungsvideos zu Kapiteln direkt sequenziert nach Unterabschnitten anzubieten.

Darstellung von Rechnungen/Entwicklung von Formeln: Gerade aufgrund der Länge der Lernvideos gilt es, die Darstellung bzw. Entwicklung von Formeln oder ähnliches zu bedenken. Im Rahmen der Evaluation des P1-Kurses wurde deutlich, dass von den Teilnehmenden hier keine Auslassung oder Beschleunigung gewünscht wird. Insbesondere diese Abschnitte wollen in Ruhe angesehen werden, um den Ausführungen folgen zu können. Im Rahmen des P3-Kurses hat sich die Präsentation der Rechnungen als Ganzes und die nachträgliche Besprechung der Umformungsschritte durch farbliche Hervorhebungen bewährt. Dieser Unterschied scheint dabei durch die unterschiedlich gelagerten Inhalte begründet zu sein: Während im P1-Kurs neue Inhalte erarbeitet oder bekannte Aspekte auf einem höheren Niveau diskutiert wurden, wurden im P3-Kurs vor allem Inhalte der Schulmathematik wiederholt.

Integration von kleinen Aufgaben: Insgesamt sehr positiv wurde der Einbezug von kleinen Übungsaufgaben und Rechenbeispielen bewertet. Solche Unterbrechungen der reinen Instruktion entsprechen dabei Auffassungen vom Lernen als aktivem Prozess der Konstruktion. Auf der Basis der Verbesserungsvorschläge der Teilnehmenden sollte dabei beachtet werden, mindestens auch punktuell etwas komplexere Aufgaben zu diskutieren, damit auch weiterführende Gedanken und Probleme exemplarisch angesprochen werden können.⁶ Den Rückmeldungen der Studierenden konnten wir entnehmen,

6 In unserem Kontext der Mathematikvorkurse ist jedoch zu beachten, dass in den Übungen und im Onlinematerial bereits ausreichend Übungsgelegenheiten zur Verfügung standen und die Aufgaben in den Vorlesungen vor allem den Zweck haben sollten, die Studierenden aus ihrer passiven Rolle zu holen, zu aktivieren und das erste Verständnis der Theorie aus der Vorlesung zu fördern.

dass die meisten auch tatsächlich die Videos stoppten und die gestellten Aufgaben bearbeiteten und nicht einfach nur die Lösungen anschauten.

Qualitätskontrolle: Für die Sicherstellung der fachlichen Richtigkeit erscheint eine nachträgliche Qualitätskontrolle notwendig. Dies lässt sich etwa durch das Anschauen der Videos im Schneideprozess gewährleisten oder kann durch studentische Hilfskräfte in einem Zwischenstadium des Produktionsprozesses erfolgen.

Vorlesungsvideos haben gegenüber den üblichen Präsenzvorlesungen den Vorteil, dass sie asynchron nutzbar sind und die Studierenden ihre Zeit frei einteilen, bestimmte Stellen mehrfach anschauen und andere überspringen können. Dies setzt auf Seiten der Lernenden allerdings selbstregulatorische Fähigkeiten voraus. Auf diese Möglichkeiten und die damit verbundene Verantwortung sollte man die Studierenden hinweisen. Kapitelmarken, Möglichkeiten des Vor- und Zurückspulens oder die Veränderung der Abspielgeschwindigkeit können hier unterstützend zur Orientierung dienen. Allerdings muss auch angemerkt werden, dass in den Freitextantworten als Änderungsvorschlag vielfach der Wunsch angegeben wurde, dass die Vorkurse nach Möglichkeit lieber in Präsenz stattfinden sollten. Vor allem die fehlende soziale Komponente, die auch durch die Gestaltung des synchronen Übungsbetriebs nicht vollständig aufgefangen werden konnte, wurde angemerkt. Auch für uns als Lehrende hat die digitale Umsetzung den deutlichen Nachteil, dass weniger Feedback von den Teilnehmenden gegeben wird und keine Interaktion erfolgen kann. Schließlich wurde der Wunsch nach Zusammenfassungen am Ende der Videos geäußert. Dies ist bisher nur in der Form erfolgt, dass nochmals die Themen benannt, ohne dass beispielsweise konkrete Formeln wiederholt angegeben wurden. Reine Wiederholungen bergen die Gefahr, die Rolle der Anschauenden noch mehr auf eine passive zu reduzieren. Sinnvoller erscheint es, stattdessen Fragen zu formulieren, die die Studierenden nach dem Schauen des Videos beantworten sollen, gegebenenfalls mit Verweisen auf die entsprechenden Abschnitte im Video und/oder Material.

Wir möchten hervorheben, dass bereits durch unsere pragmatische Erstellung der Vorlesungsvideos das bestehende multimediale Lernangebot im Rahmen unserer Vorkurse aus Sicht der Teilnehmenden erfolgreich bereichert wurde. In unserem Beitrag haben wir den Anfang unternommen, auf der Basis von Literatur, Praxiserfahrung und Evaluationen Qualitätsmerkmale und Gelingensbedingungen für (mathematische) Vorlesungsvideos aus der Praxis für die Praxis herauszuarbeiten. Wir möchten diesen Beitrag als Aufruf für eine weiterführende und gemeinsame Diskussion verstehen, um die Güte und den Mehrwert von Lern- und Vorlesungsvideos auch in der universitären Lehrpraxis zu erhöhen.

Zu schwierige Aufgaben innerhalb der Vorlesungsvideos könnten auch umgekehrt zu Frustration führen.

Literatur

- Bausch, I., Fischer, P., & Oesterhaus, J. (2014). Facetten von Blended Learning Szenarien für das interaktive Lernmaterial VEMINT – Design und Evaluationsergebnisse an den Partneruniversitäten Kassel, Darmstadt und Paderborn. In I. Bausch, R. Biehler, R. Bruder, P. R. Fischer, R. Hochmuth, W. Koepf, S. Schreiber & T. Wassong (Hg.), *Mathematische Vor- und Brückenkurse* (87-102). Wiesbaden: Springer Fachmedien.
- Bersch, S., Merkel, A., Oldenburg, R., & Weckerle, M. (2020). Erklärvideos: Chancen und Risiken. Zwischen fachlicher Korrektheit und didaktischen Zielen. *GDM-Mitteilungen*, 109, 58-63.
- Biehler, R., Fleischmann, Y., Gold, A., & Mai, T. (2017). Mathematik online Lernen mit studVEMINT. In C. Leuchter, F. Wistuba, F. C. Czapla, & C. Segerer (Hg.), *Erfolgreich studieren mit E-Learning: Online-Kurse für Mathematik und Sprach- und Textverständnis* (51-62). Aachen: RWTH Aachen.
- Biehler, R., Liebendorfer, M., Schmitz, A., Fleischmann, Y., Krämer, S., Ostsieker, L., & Schlüter, S. (2020). studiVEMINTvideos – Mathematische Lernvideos zur Studienvorbereitung und Unterstützung im ersten Studienjahr. In H.-S. Siller, W. Weigel, & J. F. Wörler (Hg.), *Beiträge zum Mathematikunterricht 2020* (125-128). Münster: WTM-Verlag.
- E-Learning Arbeitsgruppe TU Darmstadt (2020). *Videos in der Lehre einsetzen*. https://www.e-learning.tu-darmstadt.de/online_lehre/videos_einsetzen/index.de.jsp [15.12.2020].
- Fleischmann, Y. & Kempen, L. (in Druck). Wiederholung von Schulmathematik oder Antizipation von Studieninhalten? – Adressatenspezifische Ausgestaltung mathematischer Vorkurse am Beispiel der Paderborner Vorkursvarianten. Erscheint in R. Hochmuth, R. Biehler, M. Liebendorfer & N. Schaper (Hg.), *Unterstützungsmaßnahmen in mathematikbezogenen Studiengängen – Eine anwendungsorientierte Darstellung verschiedener Konzepte, Praxisbeispiele und Untersuchungsergebnisse*. Wiesbaden: Springer Fachmedien.
- Fleischmann, Y., Kempen, L., Mai, T., & Biehler, R. (2019). Die online Lernmaterialien von studiVEMINT: Einsatzszenarien im Blended Learning-Format in mathematischen Vorkursen. In M. Klinger, A. Schüler-Meyer, & L. Wessel (Hg.), *Hanse-Kolloquium zur Hochschuldidaktik der Mathematik 2018* (101-116). Münster: WTM-Verlag.
- Guo, P. J., Kim, J., & Rubin, R. (2014). How video production affects student engagement: An empirical study of MOOC videos. In *Proceedings of the first ACM conference on Learning @ scale conference – L@S '14* (41-50). Atlanta, Georgia: ACM Press.
- Handke, J., Loviscach, J., Schäfer, A. M., & Spannagel, C. (2012). Inverted Classroom in der Praxis. *Neues Handbuch Hochschullehre*, E 2.11, 1-18.
- Kay, R. H. (2014). Developing a Framework for Creating Effective Instructional Video Podcasts. *International Journal of Emerging Technologies in Learning (iJET)*, 9 (1), 22.
- Kempen, L. & Wassong, T. (2017). VEMINT mobile with Apps: Der gezielte Einsatz von mobilen Endgeräten in einem Mathematik-Vorkurs unter Verwendung der multimedialen VEMINT-Materialien. In R. Kordts-Freudinger, D. Al-Kabbani & N. Scha-

- per (Hg.), *Hochschuldidaktik im Dialog: Beiträge der Jahrestagung der Deutschen Gesellschaft für Hochschuldidaktik (dghd) 2015 (13-38)*. Bielefeld: W. Bertelsmann Verlag.
- Kulgemeyer, C. (2020). A Framework of Effective Science Explanation Videos Informed by Criteria for Instructional Explanations. *Research in Science Education*, 50 (6), 2441-2462. DOI 10.1007/s11165-018-9787-7 [15.12.2020].
- Lankeit, E. & Biehler, R. (in Druck). Mathematik-Vorkurse zur Vorbereitung auf das Studium – Zielsetzungen und didaktische Konzepte. Erscheint in R. Hochmuth, R. Biehler, M. Liebendörfer, & N. Schaper (Hg.), *Unterstützungsmaßnahmen in mathematikbezogenen Studiengängen – Eine anwendungsorientierte Darstellung verschiedener Konzepte, Praxisbeispiele und Untersuchungsergebnisse*. Wiesbaden: Springer Fachmedien.
- Loviscach, J. (2011). Mathematik auf YouTube: Herausforderungen, Werkzeuge, Erfahrungen. In H. Rohland, A. Kienle, & S. Friedrich (Hg.), *DeLFI 2011 – Die 9. e-Learning Fachtagung Informatik der Gesellschaft für Informatik e.V.* (91-102), Dresden.
- Neubert, S., Reich, K., & Voß, R. (2001). Lernen als konstruktiver Prozess. In T. Hug (Hg.), *Die Wissenschaft und ihr Wissen* (253-265). Baltmannsweiler/Hoehngehren: Schneider Verlag.
- Rat für kulturelle Bildung e.V. (Hg.) (2019). *Jugend/YouTube/Kulturelle Bildung. Horizont 2019. Studie: Eine repräsentative Umfrage unter 12- bis 19-Jährigen zur Nutzung kultureller Bildungsangebote an digitalen Kulturorten*.

