

Mathematische Lernvideos zu Studieneinstieg und Studienvorbereitung

Michael Liebendörfer¹, Rolf Biehler¹, Angela Schmitz²

¹Universität Paderborn, ²Technische Hochschule Köln

Wir beschreiben zunächst das Projekt studiVEMINTvideos aus seiner Entstehung heraus. Anschließend gehen wir ausführlich darauf ein, wie wir in diesem Projekt Lernvideos für Mathematik erstellt haben. Die Besonderheiten unserer Produktion werden anhand von Beispielen konkretisiert. Wir berichten außerdem praktische Erfahrungen aus dem Produktionsprozess. Im Anhang finden sich die von uns als Vorlage in der Videoproduktion verwendeten Schemata für verschiedene Videotypen.

Einleitung: Das Projekt studiVEMINTvideos

Das Projekt studiVEMINTvideos ist als Kooperationsprojekt der Universität Paderborn und der TH Köln vom Ministerium für Kultur und Wissenschaft NRW vom 1. Oktober 2019 bis zum 28. Februar 2023 gefördert worden. Neben der Projektleitung (Paderborn: Rolf Biehler, Michael Liebendörfer; Köln: Angela Schmitz) waren an der Durchführung als Mitarbeitende beteiligt: Dominik Guntermann, Lilian Hermann, Sandra Krämer, Tobias Mai, Sarah Schlüter (alle UPB) sowie Silvia Becher, Janina Dierkes, Erik Hanke, Susanne Hilger, Laura Ostsieker, Angelo Profeta, Jan Reißner (alle TH Köln). Bei der Antragskonzeption und als Mitantragsstellerin hatte Yael Fleischmann (damals UPB, mittlerweile NTNU Trondheim) große Anteile am Projekt.

Unser Projekt entstand aus dem Wunsch, das Material des studiVEMINT-Kurses (s. u.) um Videos anzureichern. Videos stellen nicht nur ein zeitgemäßes Medium dar, um junge Menschen anzusprechen. Sie bieten auch didaktische Vorteile gegenüber anderen Selbstlernmaterialien. Die Videos sollten dabei nahtlos in das Kursmaterial eingefügt können. Sie sind so konzipiert, dass der größte Lerngewinn entsteht, wenn die Videos zusammen mit den Texten und den Aufgaben des Materials bearbeitet werden. Die meisten sind aber auch ohne den Kontext verständlich und gewinnbringend für das Lernen, wenn man sich aktiv mit ihnen auseinandersetzt. Von Anfang an war eine Veröffentlichung des Kurses und damit insbesondere der Videos unter einer CC-BY-SA-Lizenz vorgesehen. Damit sollte sowohl die Nutzung und Adaption des gesamten Kurses oder von Teilen davon als auch eine vom Kurs losgelöste Nutzung der Videos für Entwickler und Anbieter von Vorkursen möglich sein.

Letztlich wurden 300 Videos zu Themen der Sekundarstufe I und II produziert. Diese sind auf der ORCA-Plattform (<https://www.orca.nrw/kurse/studivemint>) und auf YouTube (<https://www.youtube.com/@studivemint>) veröffentlicht. In diesem Beitrag beschreiben wir die theoretischen Grundlagen und die praktischen Erfahrungen der Videoerstellung in unserem Projekt, die sowohl auf einschlägiger Literatur als auch auf Begleitforschung und unseren Erfahrungen im Projektverlauf aufbauen.

Hintergrund: Das Projekt studiVEMINT

Mathematik ist in vielen Studiengängen von elementarer Bedeutung. Insbesondere in den WiMINT-Studiengängen werden solide Schulkenntnisse vorausgesetzt. Es ist jedoch bekannt, dass nicht alle Studienanfängerinnen und -anfänger die notwendigen Kenntnisse mitbringen, so

dass Vorkurse in Mathematik an vielen Hochschulen seit langem etabliert sind (vgl. z.B. Bausch et al., 2014a). An der Universität Paderborn wird dazu seit Jahren der Online-Vorkurs [studiVEMINT](#) entwickelt und eingesetzt, sowohl in Blended-Learning-Formaten als auch für reines E-Learning (Gold et al., 2021). Das Material umfasst sowohl Erklärungen und Visualisierungen als auch Applets und Aufgaben, die im Selbststudium eingesetzt werden können. Der Kurs unterstützt damit Studieninteressierte bei der Vorbereitung und beim Einstieg in das Studium und erleichtert den schwierigen Übergang von der Schule zum Studium. Die Lerneinheiten von studiVEMINT stellen eine Weiterentwicklung der seit über einem Jahrzehnt erprobten, kontinuierlich evaluierten und weiterentwickelten Vorkursmaterialien des VEMINT-Projekts dar (Bausch et al., 2014b; www.vemint.de). Einige Einheiten wurden für studiVEMINT neu entwickelt. Der studiVEMINT-Kurs gliedert sich in 13 Lerneinheiten, die alle Themenbereiche der Schulmathematik abdecken, die für den Einstieg in mathemathikhaltige Studiengänge an Universitäten und Fachhochschulen notwendig sind, siehe Tabelle 1. Die Strukturierung orientiert sich an den Studichecks für Mathematik, die Studieninteressierten und Studienanfängern zum Selbsttest zur Verfügung stehen. Sie wurden ursprünglich in Nordrhein-Westfalen entwickelt und werden seit einiger Zeit auf dem Portal der Bundesagentur für Arbeit (www.studiencheck.de) angeboten. Die Konzeption basiert nicht nur auf den Anforderungen des Studichecks Mathematik, sondern auch auf dem Mindestanforderungskatalog der COSH-Gruppe (Version 2.0), den Bildungsstandards und Kernlehrplänen aus NRW sowie didaktischen Analysen zum Übergang Schule-Hochschule und den Erfahrungen und Materialien aus dem VEMINT-Projekt.

LE 1 Rechenregeln und -gesetze	LE 8 Höhere Funktionen
LE 2 Rechnen mit rationalen Zahlen	LE 9 Differentialrechnung
LE 3 Potenzen, Wurzeln, Logarithmen	LE 10 Integralrechnung
LE 4 Terme und Gleichungen	LE 11 Lineare Gleichungssysteme
LE 5 Elementare Funktionen	LE 12 Vektoren und Analytische Geometrie
LE 6 Elementare Geometrie	LE 13 Stochastik
LE 7 Trigonometrie	

Tabelle 1. Lerneinheiten im studiVEMINT-Kurs

Den Aufbau des Materials zeigen wir am Beispiel der Stammfunktion, siehe Abbildung 1.

Stammfunktion

Übersicht Hinführung Inhalte mit Erklärungen Aufgaben Anwendung Inhalte kompakt Ergänzungen Symbolerklärung

Anleitung: Formeleingabe

Inhalte mit Erklärungen

Den in der Hinführung genannten Zusammenhang zwischen Integralfunktion und Integrand wollen wir nun zunächst begründen. Er heißt auch Hauptsatz der Differential- und Integralrechnung.

Satz 1: Hauptsatz der Differential- und Integralrechnung Teil 1

Sei $f : D \rightarrow \mathbb{R}$ eine stetige Funktion und D ein offenes Intervall reeller Zahlen. Für $a \in D$ und die Integralfunktion $I_a : D \rightarrow \mathbb{R}$ mit $I_a(x) := \int_a^x f(t) dt$ gilt:

$$I_a'(x) = f(x) \text{ für alle } x \in D$$

Anschauliche Begründung für monoton steigende und stetige Funktionen f

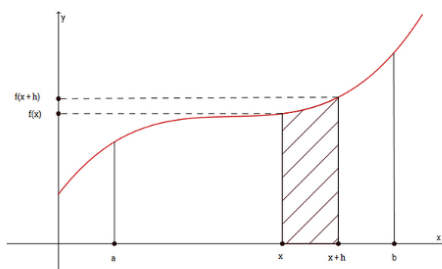


Bild 1

Hohe Strukturierung, für unterschiedliche Lernszenarien

Darstellung propädeutisch für die Hochschulmathematik

Verschiedene Begründungstypen; Visualisierungen (auch mit GeoGebra)

Abb. 1 Auszug aus dem studiVEMINT-Material.

Die in der oberen Menüleiste abgebildete Struktur ist im Hinblick auf unterschiedliche Lernszenarien konzipiert. Der Kern besteht aus “Inhalte mit Erklärungen”. Eine kompakte Version ist “Inhalt kompakt”, wo ohne Erklärungen und Beweise die wichtigsten Definitionen, Sätze und Regeln für das schnelle Nachschlagen zur Verfügung gestellt werden. Wenn jemand ein Thema völlig neu lernen muss (weil er oder sie z. B. mit Fachhochschulreife an die Hochschule kommt und bestimmte Themen in der Schule nicht vorgekommen sind) empfehlen wir mit der jeweilige “Hinführung” zu starten. Aufgaben zum Üben (auch das kann das primäre Lernszenario sein) finden sich unter “Aufgaben”. “Anwendungen” enthalten komplexere inner- oder außermathematische Anwendungen und “Ergänzungen” enthalten interessante Aspekte, die nicht zum Basiswissen gehören, aber für einige Kurse oder selbstlernende Studierende spannend sein können.

Wir bleiben in der Welt der Schulmathematik, gehen aber bei den Darstellungen propädeutisch in Richtung Hochschulmathematik, indem wir z. B. Sätze und Definitionen unterscheiden und als solche herausstellen, z. B. beim Funktionsbegriff Definitions- und Zielmengen explizit angeben und Variablen nie einführen, ohne zu benennen, was ihre Grundmenge ist. Durchgängig legen wir auf Begründungen von Sätzen und Regeln Wert und gehen damit über Schulbuchdarstellungen hinaus. Wir nutzen allerdings unterschiedliche Begründungsniveaus und -typen, z. B. auch anschauliche Beweise, wie sie in der Mathematikdidaktik vorgeschlagen werden. Beweislücken machen wir in der Regel kenntlich und verweisen darauf, dass diese in hochschulmathematischen Vorlesungen geschlossen werden können. Längere Beweise befinden sich hinter aufklappbaren Menüs, sodass man sie beim ersten Lesen auch überspringen kann. Beim Hauptsatz z. B. machen wir kenntlich, dass der Satz allgemeiner für alle stetigen Funktionen gilt, wir ihn aber nur für monoton wachsende Funktionen mit $f(x) \geq 0$ beweisen. Bei der Videoproduktion legen wir neben anderen Typen von Videos auf “Begründungsvideos” Wert, um auch diese wichtige Komponente des studiVEMINT-Vorkurses zu unterstützen (für

die Begründungsvideos zum Hauptsatz der Differential- und Integralrechnung siehe <https://www.youtube.com/watch?v=bRMe92nPXBU> und <https://www.youtube.com/watch?v=gdtDmrPqCE>).

Die Zielgruppe des Kursmaterials umfasst nicht nur Studierende mit Abitur (und unterschiedlichen Leistungen in Grund- und Leistungskursen), sondern auch beruflich Qualifizierte, also Personen, die den Stoff teilweise wiederholen und teilweise neu lernen.

Die Erstellung der Videos im Projekt

Vorteile von Lernvideos

Videos bieten viele didaktische Vorteile gegenüber traditionellen Lernmaterialien wie Büchern. Die vier für studiVEMINTvideos wichtigsten Aspekten werden hier kurz skizziert.

Bekanntermaßen erlauben Videos eine dynamische Darstellung der Inhalte (Cooper & Higgins, 2015; Ramlogan et al., 2014). Dadurch entstehen Visualisierungsmöglichkeiten wie Hervorhebungen und Markierungen, die beispielsweise bei der Erläuterung von Formeln anhand konkreter Beispiele helfen können, die Aufmerksamkeit auf die relevanten Aspekte zu legen und Verbindungen zu verstehen.

Daneben ermöglichen sie die verbale Ergänzung ansonsten überwiegend schriftlicher Darstellungen (Rasi & Poikela, 2016; Schneps et al., 2010). Für die Mathematik ist dieser Punkt besonders wichtig, weil dadurch erst die gesprochene Fachsprache weitergegeben werden kann. Die Fachsprache unterscheidet sich von der Alltagssprache sehr (Schleppegrell, 2007), ihr Erwerb wird manchmal mit dem Erwerb einer Fremdsprache verglichen, bei der allerdings die sprachlich zu beschreibenden Konzepte nicht bereits bekannt sind. Zudem lässt sich schon die Aussprache einzelner Symbole oder Symbolkombinationen für Lernende nicht aus der Alltagssprache heraus erschließen. In Videos können ergänzende umgangssprachliche Erläuterungen gegeben werden, die helfen können, den Zugang zur Fachsprache zu finden.

Daneben kann auch eine Meta-Ebene adressiert werden, bei der z. B. auftretende Probleme, anstehende Arbeitsschritte oder typische Arbeitsweisen der Hochschulmathematik beschrieben werden. So kann durch Beobachtung einer kommentierten Lösung Lernen im Sinne der Cognitive Apprenticeship (Brown et al., 1989) ermöglicht werden.

Videos bieten auch verschiedene Nutzungsmöglichkeiten je nach individuellen Lernbedürfnissen. Man kann Passagen wiederholen, vor- und zurückspulen oder anhalten (zum Nachdenken), so dass die Nutzung des Mediums an die Heterogenität der Studierenden angepasst werden kann. Diese Anpassung haben wir in unserem Projekt als sehr wichtig eingestuft.

Anforderungen an die Videos in studiVEMINTvideos

Es gibt bereits Lernvideos zu fast allen Themen der Schulmathematik. Populäre YouTube-Kanäle produzieren standardisiert, in großer Menge und mit wirtschaftlichen Interessen Videos, die eine hohe Reichweite haben. Die Entscheidung zur Produktion eigener Videos zum Material von studiVEMINT gründete vor allem auf fachdidaktischer Kritik an diesen Videos, die zur Ergänzung unseres Lehrmaterials wenig geeignet erschienen. Wesentliche Punkte betreffen

erstens die Ausrichtung: Viele Videos und Kanäle liefern eine starke Kalkülorientierung, die vermutlich im Sinne eines Learning-to-the-test widerspiegelt, was die Lernenden suchen. Man findet in populären Videos etwa Formulierungen wie „Was ist die Ableitung? Und noch wichtiger: wie macht man die Ableitung?“, die sprachlich irritieren und vor allem Kalkülanwendung über Verständnis stellen. Zweitens sind viele Videos aus fachlicher Sicht zumindest unvollständig, wenn z. B. Voraussetzungen für die Anwendung von Sätzen nicht benannt werden, teils sind sie auch einfach fehlerhaft. Drittens verschenken Videos aktuell oft noch Lernpotential, etwa, wenn Funktionsterme und -graphen nicht zusammenpassen, weil letztere als Ad-hoc-Skizzen auftauchen. Präzise geplante Videos können durch eine hohe Kohärenz der Darstellungen dazu beitragen, die verschiedenen Darstellungsarten bei den Lernenden zu vernetzen und Darstellungswechsel als Strategie beim Problemlösen zu erleben.

Damit ergab sich für studiVEMINTvideos der Anspruch, in den zu erstellenden Videos zur Heranführung an die Hochschulmathematik Verstehensorientierung mit fachlicher Vollständigkeit und Kohärenz zu verbinden. Darüber hinaus wurde eine hohe kognitive Aktivierung als wichtig angesehen, da Videos ständig Gefahr laufen, passiv konsumiert zu werden. Die Einbettung in eine kohärente Lernumgebung sollte dann auch das Lernen zusammenhängender Themengebiete und ein aktiveres Lernen (z. B. durch Aufgaben) ermöglichen. Durch diese Einbettung sollte auch der Tendenz vorgebeugt werden, Videos passiv zu konsumieren und die Lerninhalte durch Nacharbeiten und Aufgabenlösen zu festigen und zu vertiefen. Letztlich sollte dadurch die Selbststeuerung beim Arbeiten mit dem Lernmaterial erleichtert werden, Konkret ergaben sich didaktische Konzepte wie folgt:

Die Heranführung an die Hochschulmathematik erfolgte durch eine Beschreibung der Inhalte aus wissenschaftlicher Perspektive. Das heißt, dass Konzepte definiert werden (und nicht nur exemplarisch beschrieben oder charakterisiert). Dazu werden Sätze – wie bereits im Kurs studiVEMINT – mitsamt ihren Voraussetzungen benannt und angewandt, sie werden zudem im Regelfall begründet, oft durch einen Beweis. Außerdem verwenden wir in der Darstellung die mathematische Fachsprache und die Symbolik der Hochschulmathematik.

Zur kognitiven Aktivierung durch die Videos selber wurde auf reichhaltige Verbindungen in den Videos geachtet, die ein lohnenswertes Mitdenken ermöglichen. Zudem wurden Fehlvorstellungen explizit aufgegriffen. Technisch wurden mit dem Tool H5P Aktivitäten direkt in Videos eingebunden und im Material weitere Aktivitäten (Aufgaben, GeoGebra-Visualisierungen) direkt mit den Videos verbunden. Damit werden die Videos Teil der kohärenten Lernumgebung studiVEMINT, in der Aufgaben und Visualisierungen durch Texte ähnlich einem Lehrbuch verbunden werden, siehe Abbildung 2.

Ein anschauliches Beispiel sind Preise von Lebensmitteln, bei denen oft festgesetzt wird, dass der Preis proportional zum Gewicht ist. Man findet in einem Aushang z. B. „1 kg Käse kostet 1,20€“. Gemeint ist damit (ungesagt), dass 2 kg 2,40€ kosten, 0,5 kg 0,60€ etc. kosten, dass also zwischen der Käsemenge K in kg und dem Preis P in € die Beziehung

$$P(K) = 1,2 \cdot K$$

besteht.

Eine wichtige Eigenschaft dieser Beziehung ist die **Quotientengleichheit**: Es gilt

$$\frac{P(K)}{K} = 1,2$$

für alle Käsemengen K .

Satz 1: Quotientengleichheit bei proportionalen Funktionen

Sei $f : \mathbb{R} \rightarrow \mathbb{R}$ mit $f(x) = a \cdot x$ und $a \in \mathbb{R} \setminus \{0\}$ eine proportionale Funktion. Dann gilt:

- $\frac{f(x)}{x} = a$ für alle $x \in \mathbb{R} \setminus \{0\}$
- $\frac{f(x_1)}{x_1} = \frac{f(x_2)}{x_2} (= a)$ für alle $x_1, x_2 \in \mathbb{R} \setminus \{0\}$
- $\frac{f(x_1)}{f(x_2)} = \frac{x_1}{x_2}$ für alle $x_1, x_2 \in \mathbb{R} \setminus \{0\}$



Video 2

studIVEMINT
▶ videos

Illustration Quotientengleichheit bei proportionalen Funktionen

$$\frac{f(x)}{x} = a$$

$$\frac{f(x_1)}{x_1} = \frac{f(x_2)}{x_2}$$

$$\frac{f(x_1)}{f(x_2)} = \frac{x_1}{x_2}$$

In diesem Video wird die Quotientengleichheit proportionaler Funktionen erklärt.



Abb. 2: Einbettung eines Videos zur Illustration eines Satzes im Lernmaterial des studIVEMINT-Kurses (LE08 Proportionale Funktionen).

Zur Erleichterung der Selbststeuerung sollten kurze Videos (unter 10 Minuten) erstellt werden, die Lernziele explizit benennen. Ergänzend sollte es Videos geben, die eine Übersicht über ein ganzes Themengebiet geben. Den Lernenden sollten außerdem wiedererkennbare Videotypen helfen, die für sie passenden Inhalte auszuwählen.

Impulse aus der Begleitforschung

Bei der Festlegung der konkreten Gestaltung der Videos tauchten viele Fragen auf. Ein Vorteil war, dass wir auf der fachmathematischen und fachdidaktischen Qualität des studiVEMINT-Materials aufbauen konnten. Über die Machart und die mediale Gestaltung der Videos musste aber noch entschieden werden. Ein paar Anhaltspunkte zu dieser Gestaltung konnten wir durch empirische Studien gewinnen, die wir in der ersten Projektphase durchgeführt haben.

Konkret wurden im Februar 2020 vier Gruppendiskussionen mit insgesamt 16 Studierenden durchgeführt, die vor allem die Wahl der Machart (Greenscreen, Screencast, Legetechnik) im Fokus hatten, aber natürlich auch weiteres Feedback generierten. Die Teilnehmenden studierten Lehramt Mathematik (für die Grundschule bzw. Sekundarstufe I). Jede Gruppe sah zwei Videos zum selben Thema, aber mit unterschiedlicher Machart. Die Teilnehmenden hielten ihre Beobachtungen während des Schauens in einem Beobachtungsbogen fest und diskutierten sie anschließend. Die Diskussion wurde videographiert und in einer qualitativen Inhaltsanalyse anhand vorab bestimmter theoretischer Aspekte (orientiert an Guo et al., 2014 und Kay, 2014) codiert und zusammengefasst (Kuckartz, 2018).

Hinsichtlich der Machart zeigte sich eine Präferenz für Screencasts: Hier konnten aus Sicht der teilnehmenden Studierenden alle Inhalte zufriedenstellend dargestellt werden. Bei den Greenscreen-Videos war das Zusammenspiel der sprechenden Person mit den eingeblendeten Inhalten nicht einfach, z. B. konnte man in Formeln nicht zielsicher auf einzelne Zeichen zeigen, was von den Studierenden negativ bewertet wurde. Zur Legetechnik gab es gemischte Einschätzungen. Einige Studierende äußerten Kritik, weil sie diese Darstellungsweise als zu kindlich empfanden. Unsere darauf basierende Vermutung war, dass Studierenden für ernstes Lernen auch eine ernsthafte Darstellung bevorzugen, insbesondere, wenn die Inhalte für sie schwierig sind.

Beim Sprechtempo zeigte sich ein Widerspruch zur Literatur. Weit verbreitet, aber nicht mathematikspezifisch sind Empfehlungen, dass ein hohes Sprechtempo bevorzugt würde (Guo et al., 2014; Kay, 2014). Dementgegen zeigte unsere oben beschriebene Studie, dass ein moderates Sprechtempo von den Studierenden bevorzugt wurde. Möglicherweise sind hier die Besonderheiten der Mathematik mit ihrer dichten Formelsprache als Lerngegenstand verantwortlich. Langsameres Sprechen ermöglichte es den Lernenden in ihrer Wahrnehmung, den Inhalt besser zu verarbeiten. Zudem wurden Pausen zwischen den Erklärungen als hilfreich empfunden, um das Gehörte zu reflektieren und zu verarbeiten. Wir haben entsprechend unseres Erkenntnisstands aus der Literatur die ersten Videos in studiVEMINTvideos in eher hohem Tempo gesprochen und das Tempo bei den späteren Videos aufgrund unserer Studienergebnisse dann reduziert.

Im Oktober 2020 wurden im Rahmen der Vorkurse an der Universität Paderborn eine weitere, ähnliche Studie durchgeführt, um Feedback zur Gestaltung der Videos zu erhalten. 23 Studierende des Ingenieurs-Vorkurses an der Universität Paderborn wurden in vier Gruppen

eingeteilt, um Videos zu schauen, zu bewerten und anschließend in der Gruppe zu diskutieren. Die Teilnehmenden hatten verschiedene angestrebte Studiengänge (insb. Wirtschaftsingenieurwesen, Elektrotechnik, Computerengineering, Maschinenbau), aber noch keine Erfahrung mit der Hochschulmathematik.

Der Aufbau der Studie war hier etwas komplizierter. Die Teilnehmenden schauten sich zunächst ein Video ohne Beobachtungsauftrag an, hatten aber dabei schon die Möglichkeit, sich Beobachtungen zu notieren. Es folgte eine kurze Diskussion über Aufbau und Struktur des Videos, bevor diese erneut betrachtet wurden. Bei dieser zweiten Betrachtung sollten die Teilnehmenden die Verständlichkeit, das Erklärtempo und die Ausführlichkeit mit Schulnoten beurteilen und ihr Votum begründen. Es folgte eine erneute Diskussion. Nach diesem Verfahren wurden nacheinander zwei Videos zu unterschiedlichen Inhalten betrachtet und diskutiert. Die Auswertung erfolgte wie schon in der ersten Studie mithilfe einer qualitativen Inhaltsanalyse (Kuckartz, 2018) auf Basis der Transkripte der videographierten Diskussionen. Für die Codierung wurden zunächst die Hauptkategorien des Katalogs aus dem CAKE-Projekt (Ratnayake et al., 2019) genommen. Da nicht alle Kategorien in den Diskussionen angesprochen wurden, dafür zum Inhalt aber differenzierte Aussagen vorlagen, wurde das Kategoriensystem angepasst. Manche Kategorien wurden gestrichen, beim Inhalt wurden auch Unterkategorien von Ratnayake et al. übernommen. Das Kategoriensystem umfasste letztlich folgende Kategorien: technische Umsetzung, subjektive Wahrnehmung, Einbettung in die Lernumgebung, Inhalte, Visualisierung, Umgang mit Komplexität.

Diese Studie bestätigte das Ergebnis der ersten Studie, dass das Sprechtempo nicht zu hoch sein darf. Die Verwendung von Handschrift in den Videos wurde von den Studierenden in Einklang mit der Literatur (Guo et al., 2014) positiv bewertet. Sie empfanden es als persönlicher und authentischer, wenn aktuell entstehende Inhalte in einer Handschrift dargestellt werden. Visuelle Unterstützungen, z.B. farbliche Hervorhebungen dort, wo gerade der Fokus liegen sollte, wurden sehr positiv bewertet.

Die Ergebnisse der Untersuchungen wurden durch zusätzliche, kleinere Nutzerstudien an beiden Standorten gestützt, bei denen Studierende in Nachbefragungen die betrachteten Videos einschätzen sollten. Insbesondere wurde die Verwendung des Tools H5P (<https://h5p.org/>) im Allgemeinen befürwortet, da es die Interaktivität der Videos erhöhe und das Lernen unterstütze. Allerdings äußerten einige Studierende auch Kritik, wenn sie zu einer Aktivität aufgefordert wurden, die sie ja das Video erst noch lernen wollen („Wenn ich wüsste, wie das geht, würde ich mir das Video nicht anschauen“). Diese Kritik haben wir bei der Gestaltung der H5P-Elemente berücksichtigt, indem wir immer die Möglichkeit vorsehen, dass eingebaute Aktivitäten auch übersprungen werden können.

Unsere Studien deuteten insgesamt darauf hin, dass die Videos als qualitativ hochwertig bewertet wurden. Es ist jedoch anzumerken, dass Nachbefragungen methodische Limitationen aufweisen können, und dass die Videos weiteres Verbesserungspotenzial bieten.

Entwicklung von Videoinhalten: Kategorisierung und Differenzierung verschiedener Videotypen

Um in größerem Umfang Videos zu produzieren, benötigt man Prinzipien, die sich wiederverwenden lassen. Wir haben die zu erstellenden Videos je nach Funktion im

studiVEMINT-Material in drei Kategorien gegliedert: *Einführungsvideos*, *Theorievideos* und *Praxisvideos*. Die ersten beiden Kategorien umfassen zwei bzw. drei Videotypen, bei den Praxisvideos gibt es nur einen Videotyp.

Für jeden Videotyp wurde ein umfassendes Strukturschema entwickelt, das sich auf fachdidaktische und mediendidaktische Erkenntnisse stützt. Dieses Schema leitete die Produktion der zahlreichen Videos effektiv an und trägt zudem zum Wiedererkennungswert unserer Videos bei.

Einführungsvideos

Die *Einführungsvideos* zielen nicht auf die Vermittlung von Inhalten ab, sondern dienen der Orientierung der Lernenden in einer neuen Lerneinheit. Metakognitive und motivationale Aspekte des Lernens stehen im Vordergrund. Für jede Lerneinheit gibt es zunächst ein Video vom Typ *Orientierungsvideo*. Dieses dient dazu, die Lernenden auf die kommenden Inhalte vorzubereiten. Sie geben einen Überblick über die gesamte Lerneinheit und motivieren die Lernenden, indem sie praxisnahe Probleme und Anwendungen der behandelten Themen aufzeigen. Zweitens gibt es innerhalb der Lerneinheiten, die aus mehreren Kapiteln bestehen, zu jedem Kapitel ein darauf bezogenes Video vom Typ *Einstiegsvideo*. Es stellt die zentralen Inhalte des Kapitels vor. Dadurch erhalten die Lernenden einen ersten Einblick in das Kapitel und können entscheiden, ob der Inhalt für sie relevant ist.

Theorievideos

Zu den Theorievideos gehören erstens Videos vom Typ *Begriffsvideos*, die mathematische Begriffe einführen und erklären. Dabei werden Inhalt und Umfang eines Begriffs thematisiert, anschließend nach Möglichkeit ein Begriffsnetz angelegt (vgl. Weigand, 2015). Insbesondere werden hier Definitionen, Beispiele, Gegenbeispiele, Spezialfälle und Fehlvorstellungen angesprochen. Dieser Videotyp ist in der Videolandschaft zum Mathematikunterricht sonst eher selten, da sich viele bei Nutzerinnen und Nutzern beliebte Videos auf Verfahrensdurchführung konzentrieren. Wir folgen hier den didaktischen Entscheidungen des studiVEMiNT-Materials, in Vorkursen nicht nur auf die Wiederholung und Festigung von Rechentechniken zu fokussieren, sondern Konzepte inhaltlich verständlich einzuführen.

Aus diesem didaktischen Prinzip folgt auch, dass wir Videos vom Typ *Begründungsvideos* entwickelt haben, die auf Begründung oder den Beweis mathematischer Sätze, Regeln und Verfahren fokussieren. Auch dabei bauen wir auf den studiVEMINT-Lernmaterialien auf. Die Lernenden sind mit den Grundlagen formaler Mathematik nicht vertraut und wie die Begriffsbildung werden bei der Begründung von Aussagen anschauliche Elemente und zentrale Ideen betont. Daher wurden je nach Situation verschiedene Beweistypen genutzt, insbesondere inhaltlich-anschauliche, generische und formale Beweise (Biehler & Kempfen, 2016; Reid & Knipping, 2010). Solche Begründungen sind im Textmaterial bereits enthalten, wir sehen aber entscheidende Vorteile für die Lernenden, dies in Videos umzusetzen: Man kann Argumente und den Begründungstext dynamisch entwickeln und geschriebene Formeln und Aussagen mündlich einordnen, ähnlich wie gute Vorlesungen für Lernende Vorteile gegenüber dem alleinigen Lesen von Lehrbüchern oder Skripten bieten. Für das Wiederholen gelernter Inhalte kann dann natürlich auch das Textmaterial und die Aufgaben genutzt werden.

Daneben sollte in den Videos nicht nur eine inhaltlich korrekte Begründung gegeben werden, sondern im Fall von Regeln auch darauf eingegangen werden, wie man sie sich merken kann. Drittens gibt es Videos vom Typ *Illustrationsvideos*, die einen Begriff, einen Satz, eine Regel oder ein Verfahren durch Anwendungsbeispiele illustrieren, um dessen Bedeutung zu erweitern, also tragfähige Vorstellungen auszubauen, ein zum Begriff passendes "concept image" (Tall und Vinner, 1981; Bingolbali & Monaghan, 2008) oder Grundvorstellungen (vom Hofe und Blum, 2016) zu entwickeln. Die Trennung von Beweis und Illustration soll die Wichtigkeit beider Komponenten aufzeigen und auch dem Missverständnis vorbeugen, man könne eine allgemeine Aussage nur durch Beispiele beweisen. Hier gehen wir im Sinne der Vorbereitung auf das Hochschulstudium bewusst über schulmathematische Praktiken hinaus.

Praxisvideos

Die Praxisvideos umfassen ausschließlich den Videotyp *Aufgabenvideos*. Hier werden die Lösungen schrittweise präsentiert und typische Lösungsstrategien verbal erklärt (Brown et al., 1989). Um Impulse für das eigene Problemlösen der Studierenden zu geben, werden typische Strategien, die für die Lösungen genutzt werden, expliziert (Polya, 1945).

Fazit Videotypen

Jeder Videotyp bietet somit einen spezifischen Beitrag zum Verständnis und zur Anwendung mathematischer Konzepte im Rahmen des studiVEMINT-Projekts. Alle Videotypen zielen darauf ab, den Lernenden unterschiedliche Aspekte des mathematischen Lernmaterials auf verschiedenen Ebenen zu vermitteln und dabei heterogene Lernbedürfnisse zu berücksichtigen.

Strukturschemata für den didaktisch orientierten Videoaufbau

Für jeden Videotyp wurde ein spezifisches Schema entwickelt, das sowohl bei der Massenproduktion der Videos als auch für die Orientierung der Lernenden hilfreich ist, indem es den Videos einen festen Ablauf bietet. Ein Schema ist eine theoretische Gliederungsvorlage für ein Video in verschiedene Abschnitte mit festgelegten Zielen. Die im Projekt entwickelten Schemata sind im Anhang zu finden und bieten einen Leitfaden für die Produktion der jeweiligen Videotypen. Im Projekt wurden entsprechend den sieben verschiedenen Videotypen sieben Schemata entwickelt.

Wie ein solches Schema anzuwenden ist und warum es hilfreich ist, soll hier konkret am Beispiel des Videotyps „Begriffsvideo“, welcher zur Kategorie *Theorievideos* gehört, erläutert werden. Dieses Schema gliedert sich in sieben Abschnitte (siehe Abbildung 3). Dabei enthalten Schemata grundsätzlich zwischen drei und acht Abschnitten (siehe Anhang).

<p>1 - Zielformulierung und Motivation</p> <p>Worum geht es in dem Video? Kurz das Thema und den Aufbau beschreiben. Wozu braucht man den Begriff? Was kann man damit machen und in welchen Situationen ist er nützlich bzw. kann man ihn anwenden?</p>
<p>2 – Propädeutische Hinführung</p> <p>Vorentlastung durch Generierung einfacher Beispiele, die den Begriff und dessen Bedeutung verdeutlichen.</p>
<p>3 – Formulierung der Definition</p> <p>Formale Definition des Begriffs formulieren.</p>
<p>4 – Erläuterung der Definition und ihrer formalen Darstellung</p> <p>Möglicherweise ungewohnte Notation und Zahlenbereich, dem die Variablen entstammen, erklären. Auf welche Zahlen trifft die Definition zu? Welche Einschränkungen müssen ggf. getroffen werden?</p>
<p>5 – Verdeutlichung der Definition an (Zahlen-)Beispielen</p> <p>Anwendung der Definition auf Beispiele, die auch etwas komplexer sein können, um die Tragweite des Begriffs deutlich zu machen.</p>
<p>6 – Erläuterung der Sinnhaftigkeit der Definition</p> <p>Erklären, warum es sinnvoll ist, den Begriff auf diese Weise zu definieren.</p>
<p>7 – Reflexion und Ausblick</p> <p>Zusammenfassung der Definition. Hinweise auf zukünftige Anwendung des Begriffes. Wahlweise z. B. darauf eingehen, welche Strategien bei diesem Thema nützlich sind, wo evtl. Fallstricke oder Fehlvorstellungen liegen, etc.</p>

Abb. 3: Tabellarisches Schema für ein Begriffsvideo.

In allen Schemata geht es in Abschnitt 1 („Zielformulierung und Motivation“) um die Frage, warum man den konkreten Stoff überhaupt erlernen sollte bzw. warum er für die Lernenden interessant sein könnte. Die weiteren Abschnitte unterscheiden sich dann je nach Videotyp. Konkret für ein Begriffsvideo wird in Abschnitt 2 („Propädeutische Hinführung“), sofern möglich, an Bekanntes angeknüpft, um den Lernenden den Einstieg in das Thema zu erleichtern. Erst dann folgt in Abschnitt 3 („Formulierung der Definition“) die präzise formale Formulierung einer Begriffsdefinition für den im Video behandelten Begriff. Mit dieser Definition sollen die Lernenden aber nicht alleine gelassen werden, sondern in Abschnitt 4 („Erläuterung der Definition und ihrer formalen Darstellung“) werden Details der Definition fokussiert, beispielsweise werden Formulierungen erläutert, und es werden dann gemäß Abschnitt 5 („Verdeutlichung der Definition an (Zahlen-)Beispielen“) konkrete Beispiele gegeben. Nachdem die Lernenden sich inhaltlich bis hierhin nun schon etwas mit einer neuen Definition auseinandergesetzt haben, wird in Abschnitt 6 („Erläuterung der Sinnhaftigkeit der Definition“) zusätzlich die Sinnhaftigkeit der Definition angesprochen. Hier geht es beispielsweise um das Abklopfen von Grenzen vorab formulierter Definitionen (siehe z. B. weiter unten ein Beispiel im Abschnitt „Fachwissenschaftliche Perspektive durch definierte Begriffe“ und Abbildung 3). Jedes Video endet mit einem Ausblick zum Thema, bei Theorie- und Praxisvideos, so wie hier auch im Begründungsvideo, verbunden mit einer Reflexion (Abschnitt 7, „Reflexion und Ausblick“).

Ein solches Schema mag auf den ersten Blick recht starr erscheinen, wir haben es aber flexibel angewendet. So kann es je nach Thema und Ziel des Videos sinnvoll sein, vom Schema

abzuweichen, etwa, wenn Teile mehrfach genutzt werden, z. B. bei der gemeinsamen Einführung zusammenhängender Begriffe. Die Schemata zu den Videotypen Illustrationsvideo und Aufgabenvideo enthalten zur Erhöhung der Flexibilität zudem optionale Abschnitte. Bei aller Flexibilität haben wir aber darauf geachtet, dass alle im Schema als verpflichtend gekennzeichneten Abschnitte üblicherweise im Video untergebracht werden. Für die Lernenden ergibt sich mit Hilfe der Schemata ein inhaltlich dichtes, die relevanten Aspekte umfassendes Video, ohne dass die Abschnitte aus den Schemata explizit kenntlich gemacht sind.

Beispiele: Konkrete Videos

Wir illustrieren in diesem Abschnitt einige Gestaltungsaspekte, die uns insbesondere in Abgrenzung unserer Videos zu bereits verfügbaren, populären Lernvideos wichtig waren. Dort sind diese Aspekte teilweise auch verwirklicht, sie scheinen aber selten als durchgängiges Qualitätskriterium angewendet worden zu sein. Wir erläutern den jeweiligen Aspekt und illustrieren ihn mit konkreten Verweisen auf Videos.

Selbststeuerung des Lernens

Zur Unterstützung der Selbststeuerung haben wir die Videos in kleine Portionen aufgeteilt, wann immer das vernünftig möglich war. Beispielsweise werden in dem Begriffsvideo „Was sind Grundwerte, Prozentsätze und Prozentwerte?“ nur die zentralen Begriffe der Prozentrechnung erläutert (<https://www.youtube.com/watch?v=QjIC6YPVwI>). Zwar würde aus inhaltlicher Perspektive die rechnerische Bestimmung dieser zentralen Begriffe auch in dieses Video passen. Doch damit die Inhalte pro Video nicht zu umfangreich werden, wurde dazu ein eigenes Aufgabenvideo „Grundwerte, Prozentsätze und Prozentwerte bestimmen“ erstellt (<https://www.youtube.com/watch?v=VqfPUsZZQMA>). Damit trotz der Aufteilung eines Themas in recht kleine Themen dennoch ein guter Überblick über das Gesamtthema möglich ist, wurden zudem die Orientierungs- und Einführungsvideos entwickelt.

Ebenfalls zur Selbststeuerung und Orientierung werden am Anfang jedes Videos die Lernziele des Videos kurz aber klar benannt (zum Beispiel: „In diesem Video lernst du die Begriffe Grundwert, Prozentsatz und Prozentwert kennen. Diese hängen eng miteinander zusammen und sind grundlegend für die Prozentrechnung.“).

Kognitive Aktivierung

Die zu passive Konsumierung von Videos ist ein weit verbreiteter Kritikpunkt. Zur kognitiven Aktivierung wurden in den Videos unter anderem H5P-Elemente eingesetzt. Im Video „Was sind Grundwerte, Prozentsätze und Prozentwerte?“ sieht man beispielhaft einen solchen Einsatz (siehe Abbildung 4), hier zur Sicherung des davor Gelernten. In der eingeblendeten Aktivität wird man im Anschluss an die Erklärung aufgefordert, die drei zentralen Begriffe Grundwert, Prozentsatz und Prozentwert im beschrifteten Prozentstreifen zu verorten. Aus technischen Gründen ist H5P nur im studiVEMINT-Kurs, nicht aber auf YouTube verfügbar, so dass die konkreten H5P-Aktivitäten nur im studiVEMINT-Kurs durchgeführt werden können (siehe <https://www.orca.nrw/kurse/studivemint>). Doch auch ohne H5P werden die Lernenden auf der sprachlichen Ebene an vielen Stellen durch aktivierende Fragen und direkte Ansprache zum

Mitdenken und gelegentlichen Stoppen des Videos angeregt mit dem Ziel, über einen Aspekt nachzudenken oder eine Aufgabe zunächst selbst zu lösen.

LE 2 | Prozentrechnung | Begriff

studIVEMINT
▶ videos

Welche Werte sind hier der Grundwert, der Prozentsatz und der Prozentwert?

0% 10% 20% 30% 40% 50% 60% 70% 80% 90% 100%

0 10 20 30 40 50

Prozentsatz $p\%$ Grundwert G Prozentwert E

Überprüfen

Abb. 4: H5P-Element zur Verortung von Grundbegriffen am Prozentstreifen.

Kognitive Aktivierung wird damit auch sprachlich und gestalterisch sowie auf der Ebene der Inhalte umgesetzt. Inhaltlich wurden in den Videos unter anderem möglichst reichhaltige Verbindungen hergestellt. Etwa wird bei der Herleitung der Volumenformel für Rotationskörper im Video „Rotationskörper“ (<https://www.youtube.com/watch?v=xW4YWyGjAmc>) sowohl auf die bekannte Formel für Zylinder als auch auf die Herleitung des Integrals über Ober- und Untersummen verwiesen. Gestützt durch Animationen lässt sich so die Volumenformel nicht nur herleiten, sondern mit anderen Konzepten lehrreich vernetzen. Auch das Diskutieren von Fehlvorstellungen (siehe Abschnitt „Aufgreifen von Fehlvorstellungen“ weiter unten) dient dazu, Lernende zu involvieren. Der Ansatz der kognitiven Aktivierung durch reichhaltige Beziehungen, durch eingestreute Fragen und Aufgaben sowie durch das Aufgreifen von Fehlvorstellungen steht allerdings im Konflikt mit dem Ziel, kurze Videos zu produzieren. Von daher war stets im Einzelfall zu entscheiden, wie viele Beziehungen aufgegriffen werden.

Einführung einer fachwissenschaftlichen Perspektive durch möglichst präzise Definitionen von Begriffen

In der Hochschulmathematik wird im Unterschied zur Schulmathematik mit präzise definierten Begriffen gearbeitet. Sowohl im Kursmaterial als auch in den Videos war für uns dabei von Bedeutung, bei der Definition von Konzepten gleichzeitig auch an die Hochschulmathematik heranzuführen. Dazu betrachten wir beispielhaft die Einführung der Ableitung im Video „Was ist die Ableitung?“ (<https://www.youtube.com/watch?v=BVV01BaL6JA>). Hier wird zunächst gefordert, dass der Definitionsbereich der betrachteten Funktion ein offenes Intervall ist. Diese Voraussetzung wird in vielen Lernmedien zur Schulmathematik unterschlagen oder zwar genannt, aber ihre Bedeutung nicht erläutert, sodass die Nennung irrelevant wirkt. Wir gehen

im Video darauf ein, dass das offene Intervall die Annäherung an jeden Punkt von rechts und von links garantiert. Das Format Video ermöglicht hier, einfacher als ein rein schriftliches Material, zu verdeutlichen, warum es von Bedeutung ist, dass das Intervall offen sein muss. Indem in das Intervall hineingezoomt wird (Abbildung 5), können die Lernenden visuell erleben, dass es in einem offenen Intervall I für jedes $x_0 \in I$ möglich ist, von beiden Seiten den Differenzenquotienten und somit auch den rechts- und linksseitigen Grenzwert zu bilden.

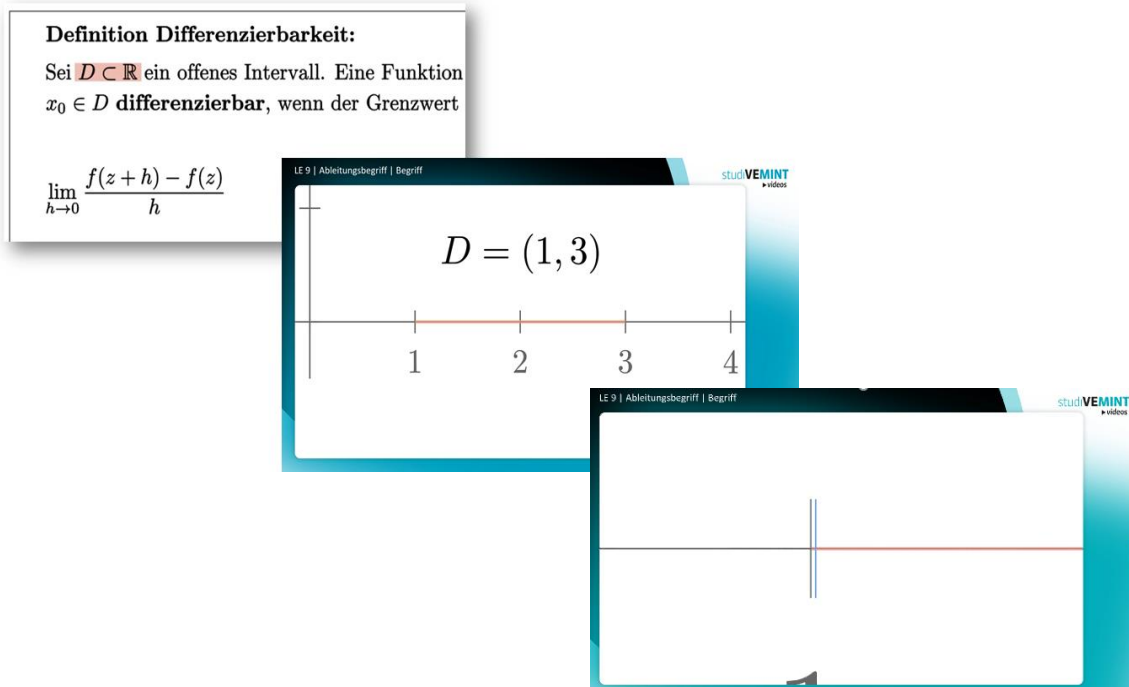


Abb. 5: Ausschnitte aus dem Video „Was ist die Ableitung?“

Von der Schulmathematik zur Hochschulmathematik: Weiterentwicklung und Upgrade von Begründungen und Beweisen

In guten Vorlesungen werden nicht nur Beweise vorgestellt, sondern es wird mündlich auf Beweisideen oder -strategien eingegangen, einzelne Beweisschritte werden zusätzlich erläutert und hinsichtlich der Ziele eingeordnet, und es wird eventuell hervorgehoben, wo die gemachten Voraussetzungen in den Beweis eingehen. Dies ist in einem Skript schwer zu realisieren, aber mündliche Erläuterungen der Dozierenden werden von Studierenden oft nicht mitgeschrieben. Deshalb wird auch oft ein Mehrwert beim Schauen von Vorlesungsvideos im Unterschied zum ausschließlichen Mitschreiben des Tafelanschriebs in Vorlesungen gesehen. Auf diesen Einsichten bauen unsere Begründungsvideos auf.

Ein Ziel für die Videos war, in Begründungen und Beweisen solche Beweisideen und -strategien, sofern sie Anwendung finden, explizit zu machen. Beispielsweise wird im Beweis der Produktregel zunächst der Differenzenquotient des Produkts der beiden gegebenen Funktionen gebildet. Dann wird die Idee formuliert, durch Umformen auf bekannte Terme, insbesondere die Differenzenquotienten der gegebenen Funktionen, zurückzuführen. Denn auf diese kann man dann die Voraussetzung anwenden, dass die ursprünglich gegebenen Funktionen differenzierbar sind, also deren Grenzwert der Differenzenquotienten in der Ableitung besteht. Die Umformung hin zu den Differenzenquotienten der ursprünglich

gegebenen Funktionen erreicht man durch Addition von zwei Termen, die sich gegenseitig zu Null addieren. Die Addition einer solchen „geschickten Null“ wird im Video zum Beweis der Produktregel (https://www.youtube.com/watch?v=g_gPts7wz5I) nicht nur durchgeführt, sondern sie wird explizit als besonderes Vorgehen thematisiert (siehe Abbildung 6). Gleichzeitig wird angesprochen, dass dieses Vorgehen eine zielführende Strategie auch für andere Beweise sein kann.

Ziel bei Videos mit Beweisen war immer, nicht nur den Beweis vorzuführen, sondern auch Anregungen zu geben, wie Lernende zukünftig selbst auf Beweisstrategien oder Beweisideen kommen können, und gleichzeitig zu verdeutlichen, dass solche Ideen nicht selbstverständlich sind, sondern als Strategien erlernt werden können.

LE 9 | Produktregel | Begründung studVEMINT
▶ videos

$$-g(x_0) \cdot k(x_0 + h) + g(x_0) \cdot k(x_0 + h) = 0$$

$$\frac{g(x_0 + h) \cdot k(x_0 + h) - g(x_0) \cdot k(x_0)}{h}$$

$$= \frac{g(x_0 + h) \cdot k(x_0 + h) - g(x_0) \cdot k(x_0 + h) + g(x_0) \cdot k(x_0 + h) - g(x_0) \cdot k(x_0)}{h}$$

Abb. 6: Ausschnitt aus dem Video „Was ist die Produktregel?“.

Reflektierte und erläuternde Einführung von Fachsprache und Symbolik

Wer erfahren mit Mathematik ist, verwendet die mathematische Fachsprache und Symbolik meist selbstverständlich und kommt auch mit unterschiedlichen Schreibweisen für identische Konzepte zurecht. Für Lernende hingegen kann dies eine Herausforderung sein. Daher wurde in den Videos wie auch im Kurs auf durchgängige fachlich konsistente Sprache und Notation geachtet, und Ursachen für Fehler in Notationen werden explizit aufgegriffen.

Eine fachlich konsistente Sprache und Notation zieht sich durch all unsere Videos durch. Dazu werden beispielsweise Definitionen und Sätze – wie in der Hochschulmathematik üblich – vollständig mit all ihren Annahmen bzw. Voraussetzungen aufgeschrieben, und es wird verdeutlicht, warum diese Aspekte von Bedeutung sind (siehe auch Abschnitt „Einführung einer fachwissenschaftlichen Perspektive durch möglichst präzise Definitionen von Begriffen“).

Gleichzeitig wurde in den Videos expliziert, wenn gesprochene und geschriebene Sprache auseinanderlaufen. Als Beispiel für letzteren Aspekt dienen die Notationen aus dem Video (<https://www.youtube.com/watch?v=1TLPmbRpQm4>) zum Satz des trigonometrischen Pythagoras. In diesem Satz werden Sinus und Kosinus quadriert (siehe Abbildung 7), geschrieben wird dies oft, auch im Video, kurz als $\sin^2(\alpha)$ anstelle von $(\sin(\alpha))^2$. Gesprochen wird beides meist als „Sinus Alpha Quadrat“. Aus dem gesprochenen „Sinus Alpha Quadrat“ wird für Lernende ohne weitere Kenntnisse nicht unbedingt ersichtlich, worauf sich das Wort „Quadrat“ bezieht, man könnte meinen, dass Alpha quadriert werde. Solche vorkommenden Divergenzen zwischen gesprochener Sprache und geschriebener Symbolik werden in den

Videos explizit angesprochen und aufgelöst, indem die Bedeutung der Notation erläutert wird (siehe Abbildung 7).

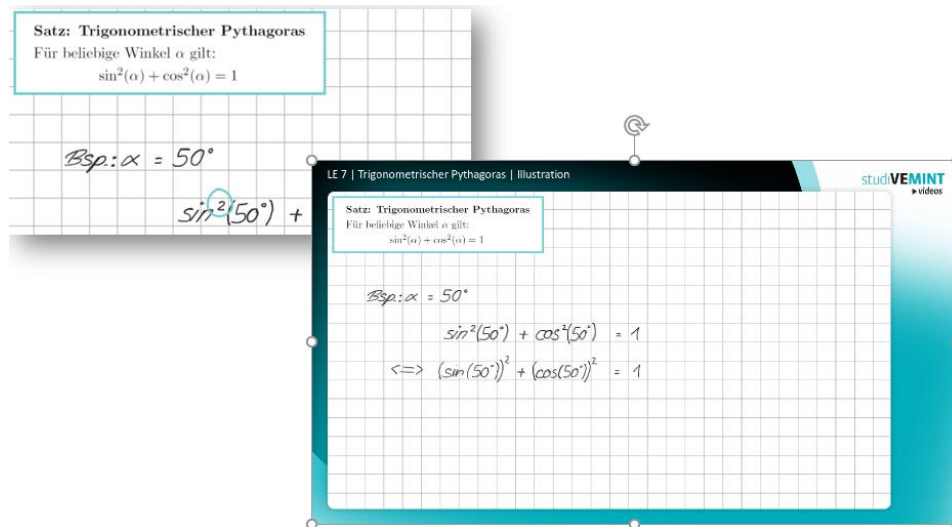


Abb. 7: Ausschnitte aus dem Video „Was ist der trigonometrisch Pythagoras?“.

Visualisierungen

Visualisierungen haben für das Lernen von Mathematik zahlreiche Funktionen (Schmitz, 2017). Bereits im studiVEMINT-Kurs werden zahlreiche Visualisierungen eingesetzt, insbesondere basierend auf GeoGebra. Auch in den Videos wurden GeoGebra-Visualisierungen sorgfältig und zu vielfältigen Zwecken eingesetzt, unter anderem auch, um deren Verwendung im Kursmaterial zu verdeutlichen und zu vertiefen. Darüber hinaus wurden für manche Videos aufwändige Animationen mit Manim (<https://www.manim.community/>) programmiert, beispielsweise zur Erläuterung des Differenzenquotienten im Video „Was ist die Ableitung“ (<https://www.youtube.com/watch?v=BVVo1BaL6JA>, siehe Abbildung 8) oder zur Veranschaulichung der Seitenverhältnisse im rechtwinkligen Dreieck im Video „Was sind Sinus, Cosinus und Tangens“ (<https://www.youtube.com/watch?v=7E24Q37b9QQ>).

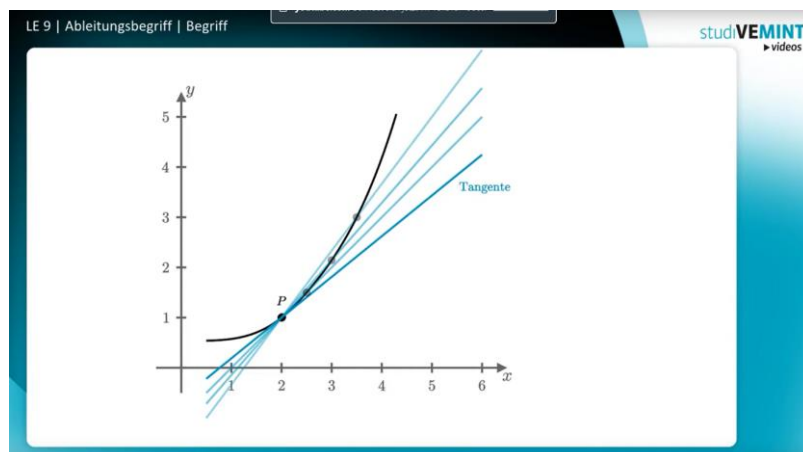


Abb. 8: Ausschnitt aus dem Video „Was ist die Ableitung?“.

Wenn Visualisierungen zur Erläuterungen von symbolischen Schreibweisen oder mathematischen Konzepten verwendet wurden, wurde immer hinsichtlich vieler Aspekte auf die Passung zwischen Bild und Formel geachtet, z. B. zeitgleiches Auftreten von Bild und

Formel, gleiche Farben in Bild und Formel sowie durchgängig konsistente Farben. Hier sind unter anderem die Prinzipien des multimedialen Lernens nach Mayer (2010) sowie die Erkenntnis, dass der flexible Wechsel zwischen Repräsentationsformen als Wesentlich für das Verstehen mathematischer Inhalte gilt (Duval, 1999), eingeflossen.

Das Vorgehen beim Erstellen und die Bedeutung von Skizzen und Hilfslinien, beispielsweise als Hilfsmittel bei der Reduktion einer wirklichkeitsnahen Situation auf Wesentliches, wurden explizit verdeutlicht (siehe Abbildung 9 links aus dem Orientierungsvideo zur Lerneinheit Trigonometrie, als Orientierungsvideo nur erreichbar über <https://www.orca.nrw/kurse/studivemint>, dort „LE 7 Trigonometrie / Orientierungsvideo Trigonometrie“). Auch bei der kognitiven Aktivierung durch reichhaltige Verbindungen (s. o.) waren Visualisierungen hilfreich, zum Teil auch beiläufig untergebracht. Abbildung 9 rechts zeigt beispielsweise beiläufig mit den Dreiecken in der Wolke einen Ausblick auf das Thema Triangulation, um Verbindungen zur Verwendung von Dreiecken bei der Modellierung herzustellen.

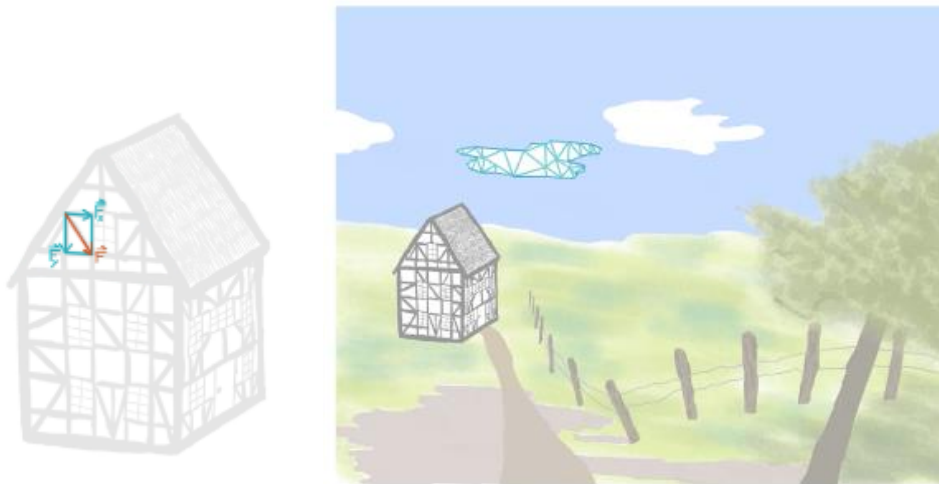


Abb. 9: Ausschnitte aus dem Einführungsvideo in die Lerneinheit Trigonometrie.

Aufgreifen von Fehlvorstellungen

Wenn zu einem in einem Video behandelten Thema Fehlvorstellungen bei Lernenden aus der Literatur bekannt waren, wurden diese nach Möglichkeit in den Videos thematisiert. Zusätzlich wurden Fehlvorstellungen aufgegriffen, die den Projektbeteiligten früher begegnet waren. So konnten in der Produktion unter anderem auch Erfahrungen der am Projekt beteiligten studentischen Hilfskräften aus Tutorien aufgegriffen werden. In der Videoerstellung war aufgrund der verwendeten Schemata (siehe dort) konzeptionell immer der Raum gegeben, Fehlvorstellungen aufzugreifen, da in den Schemata immer auch Raum für die Grenzen der behandelten Themen eingeplant war.

Als Beispiel dient hier die Frage nach unendlich vielen Schnittpunkten von zwei Funktionen aus dem Video „Aufgabe Lineare Funktionen mit unendlich vielen Schnittpunkten?“ (https://www.youtube.com/watch?v=JXeQT8Ot_Yg). Hier wurde die von am Projekt beteiligten Studierenden geäußerte Fehlvorstellung aufgegriffen, dass ausschließlich identische Funktionen unendlich viele Schnittpunkt hätten. Daher wird im Video nach Lösung der Aufgabe, in der es um zwei (identische) lineare Funktionen mit unendlich vielen Schnittpunkten

geht, zur Kontrastierung besprochen, dass beispielsweise auch eine Sinusfunktion mit einer linearen Funktion unendlich viele Schnittpunkte haben kann (Abbildung 10).

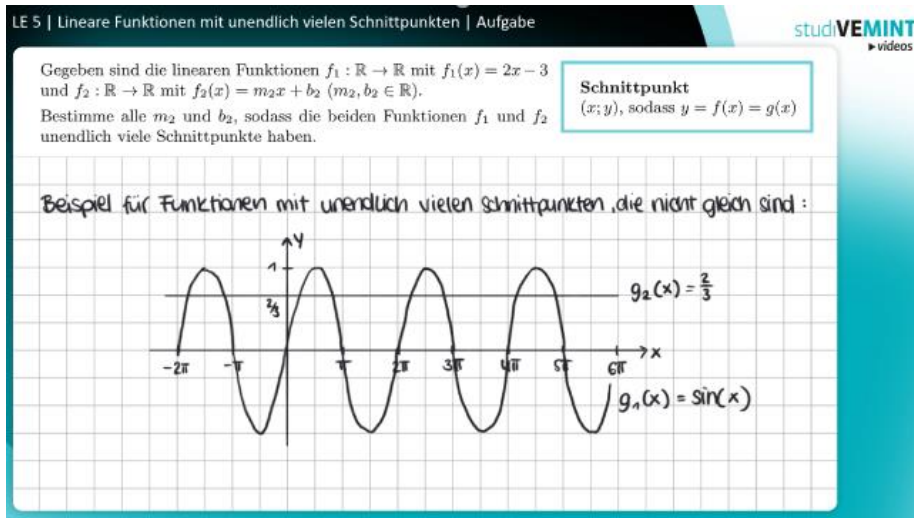


Abb. 10: Ausschnitt aus dem Video „Aufgabe Lineare Funktionen mit unendlich vielen Schnittpunkten?“.

Bewährte Praktiken bei der Erstellung der Videos

Überblick über den Erstellungsprozess

Bei der Erstellung von ca. 300 Videos an verschiedenen Standorten haben sich Vorgehensweisen etabliert, die eine video- und standortübergreifende, inhaltlich hochwertige und gleichzeitig ressourceneffiziente Videoproduktion ermöglichen. Im Folgenden wird der im Projekt entwickelte Erstellungsprozess skizziert und einige Erfahrungen erläutert.

Der pro Video umgesetzte Prozess kann grob in die drei Phasen Konzeption, Produktion und Veröffentlichung unterteilt werden (siehe Abbildung 11), wobei sich diese Phasen wiederum in Teilschritte unterteilen. Über die Projektlaufzeit wurde der Erstellungsprozess in Details kontinuierlich verbessert. Abbildung 11 stellt den Prozess so dar, wie er sich im Laufe des Projektes letztlich als praktikabel herauskristallisiert hat.

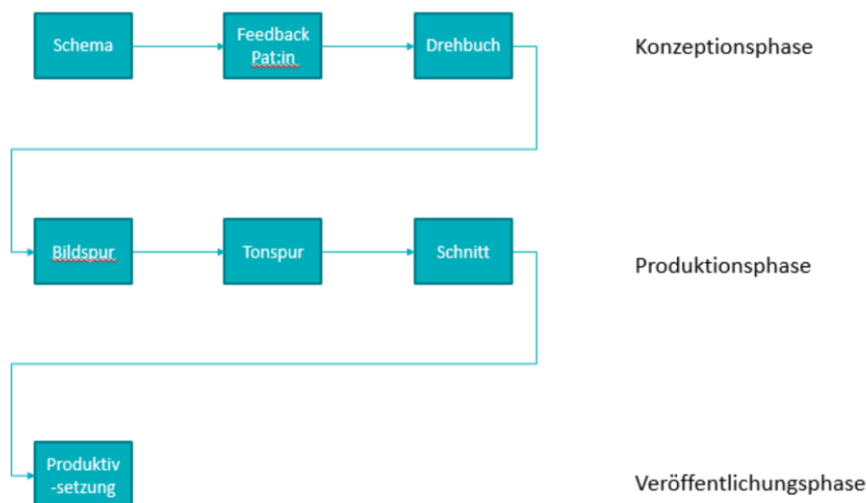


Abb. 11: Prozess zur Videoerstellung im Projekt studiVEMINTvideos.

Vorteile in diesem weitgehend systematisierten transparenten Ablauf lagen unter anderem darin, arbeitsteilig und agil parallel an vielen Videos arbeiten zu können. Die Arbeitsteilung erforderte zwar einen deutlichen Koordinationsaufwand, hat aber gleichzeitig insbesondere ermöglicht, von den Stärken aller Beteiligten profitieren zu können.

Jedes Video lag in der Verantwortung eines bzw. einer „Videoverantwortlichen“. Ein wesentlicher Faktor, der zu den erreichten qualitativen Standards in einer so hohen Anzahl an Videos, in der Verantwortung von verschiedenen Verantwortlichen, geführt hat, war neben dem systematischen Produktionsprozess die Arbeit mit den Schemata zu den Videotypen (s.o.). Ursprüngliche Intention der Schemata waren die Berücksichtigung didaktischer Standards und die Erstellung von Videos, die erkennbar aus der gleichen Quelle stammen und damit einen Wiedererkennungseffekt erzeugen. Die Schemata hatten aber gleichzeitig die positive Wirkung, dass wir uns nicht einfach „in die Produktion gestürzt haben“, sondern die Videos zunächst, wie auch von Praktikern empfohlen, konzeptionell sorgfältig durchdacht haben. Auch spontane kreative Ideen wurden zunächst in ihren Facetten durchdacht und konnten so dann erfolgreich eingebaut werden. Damit haben die Schemata letztlich der hohen Kreativität einen stabilen Rahmen gegeben.

Konzeptionsphase

Die Konzeptionsphase als erste Phase teilt sich in die Schritte „Schema“, „Feedback Pat:in“ und „Drehbuch“ (siehe Abbildung 11).

Im Schritt „Schema“ wurde jeweils das ausgewählte Schema für den konkreten Videotyp „befüllt“ - auf der Basis des studiVEMINT Materials und ggf. weiterer didaktischer Überlegungen und Diskussionen im Team. Daran beteiligt war in der Regel fast das gesamte Projektteam des jeweiligen Standortes. Eine anfängliche standortübergreifende Startphase hatte sich als zu zeitaufwändig erwiesen. Die umfangreiche standortspezifische Beteiligung hat sich bewährt, da dadurch vielfältige inhaltliche Zugänge bedacht werden konnten und kritische Stellen, sowohl inhaltlich als auch technisch, schon in dieser frühen Phase entdeckt und gelöst werden konnten. Bewährt hat sich weiterhin unter anderem, in diesem Schritt die Perspektive der projektbeteiligten studentischen Hilfskräfte (nicht unbedingt aus der Mathematikdidaktik) einzubeziehen, sowie mit den an späteren Phasen Beteiligten erste technische Aspekte, wie beispielsweise den Umfang von Animationen, abzusprechen. Als Output dieser Phase hat sich neben dem gefüllten verbalen Schema ein erstes Storyboard, in dem grob der bildliche Ablauf im Video skizziert wird, bewährt. Auch die Planung von H5P-Interaktionen bereits in diesem ersten Schritt war sinnvoll.

Im Schritt „Feedback Pat:in“ wurde die Perspektive von einer Expertin oder einem Experten, welche:r nicht an der bisherigen Entwicklung beteiligt war, einbezogen. Ziel war eine übergreifende Sicht auf die Videos der jeweiligen Lerneinheit abzusichern sowie „Betriebsblindheit“ zu vermeiden. Dieses Feedback war anhand von Schema und Storyboard transparent und produktiv möglich.

Der nächste Schritt „Drehbuch“ hatte auf Basis der Vorarbeiten ein wortgenaues szenenweises Skript für das Einsprechen als Ergebnis. Das Skript hat immer mindestens das Vieraugenprinzip durchlaufen. Bereits bei der Erstellung wurde darauf geachtet, dass die Texte im Sprechfluss natürlich wirken, was anschließend von der Person, die das Drehbuch einsprechen sollte,

dennoch nochmals sprachlich überarbeitet wurde. Ebenfalls gehörte zu diesem Schritt ein ausführliches bildliches Storyboard, anhand dessen man den Videoverlauf mit detailliert skizzierten Szenen antizipieren konnte. Die Ausführlichkeit von Drehbuch und Storyboard hat sich dabei unter anderem daran orientiert, ob die nachfolgenden Produktionsschritte von den gleichen Personen durchgeführt wurden oder nicht (siehe nächste Phase). Insbesondere, wenn Einschreiben, Einsprechen und Schnitt von anderen Personen umgesetzt wurden, waren ein ausführliches Drehbuch und Storyboard essentiell. Die Ausführlichkeit, die verbunden ist mit vielen Detailüberlegungen, hat sich aber auch unabhängig von den beteiligten Personen bewährt, um in den nachfolgenden Schritten nicht zu viele Schleifen zu drehen.

Produktionsphase

Die Produktionsphase teilt sich in die Schritte „Bildspur“, „Tonspur“ und „Schnitt“ (siehe Abbildung 11). Entstanden sind eine Videobildspur, beispielsweise aufgrund des Einschreibens oder als Manim-Animation (<https://www.manim.community/>), und eine separate Audiotonspur. Beide Spuren wurden im Schnitt zusammengeführt und mit weiteren visuellen Effekten versehen.

Für die Schritte der Produktionsphase war es von Bedeutung, ob sie von den gleichen Personen wie die bei der Drehbucherstellung, oder von anderen Personen durchgeführt wurden. Die Entscheidung für das konkrete Vorgehen hing dabei auch von der jeweiligen personellen Ausstattung ab.

Wenn alle Schritte aus Konzeptions- und Produktionsphase im Wesentlichen bei der für das Video insgesamt verantwortlichen Person liegen, ist es nicht kritisch, wenn nicht alle Detailüberlegungen verschriftlicht sind. Dafür muss sich diese Person in zahlreiche technische Programme einarbeiten. Ein Vorteil liegt aber in der höheren Flexibilität, beispielsweise können kleinere Aspekte, die erst beim konkreten Erstellen und Zusammenführen von Bild- und Tonspur auffallen, einfach geändert werden.

Wenn Einschreiben, Einsprechen und Schnitt bei anderen Personen als in der Konzeptionsphase liegen, ggf. sogar bei mehreren Personen, können diese jeweils Expert:innen in der Handhabung der technischen Programme sein. Das ist beispielsweise für aufwändigere Animationen im Schnitt von Vorteil. Die Weitergabe der inhaltlichen Informationen erfordert dann aber einen hohen Aufwand. Es hat sich mit Blick auf den Aufwand bewährt, diese Informationen dann weitgehend zu verschriftlichen und die Weitergabe zu systematisieren.

Zentral ist in beiden Varianten, insbesondere auch bei der arbeitsteiligeren Variante, dass die durchführenden Personen alle Inhalte des Videos verstehen. Beispielsweise kann es sonst zu falschen Reihenfolgen beim Einschreiben oder zu fachlich unangemessenen Betonungen beim Einsprechen kommen. Das Verstehen der Beteiligten kann aber durch die Mitwirkung aller am jeweiligen Video Beteiligten bei der Erstellung des Schemas in der Konzeptionsphase (s. o.) gewährleistet werden.

Weitere Lessons Learned, die wir aus dieser Phase gesammelt haben, sind im Folgenden nach Schritten geordnet dargestellt.

Für die Bildspur war zu beachten, dass verschiedene Macharten (Screencast, Greenscreen, Manim, siehe Abschnitt „Macharten und verwendete Tools“ weiter unten) sich deutlich in der

zu erlernenden Technik und im Aufwand unterscheiden. Insbesondere haben wir festgestellt, dass mathematische Animationen von hoher Qualität aufwändiger waren als erwartet. Sie bereichern Videos deutlich, dafür muss man aber genügend Zeit einplanen. Weiterhin lohnt es sich, für alle Videos vorab ein Farbkonzept zu erstellen, um videoübergreifende Konsistenz zu erzielen, beispielsweise in Art und Farbe von Hervorhebungen.

Für die Tonspur ist zu entscheiden, wie man die Aufnahme technisch erstellt. Unabhängig davon, ob man die Unterstützung eines (hochschulinternen) Medienbüros in Anspruch nimmt oder, oft etwas flexibler, im Projekt die notwendige Technik und Fähigkeit aufbaut, ist eine sehr gute Tonqualität essentiell. Weiterhin muss auch das Einsprechen geübt werden, ein Sprechtraining kann sinnvoll sein.

Der Schnitt der Videos war vom Aufwand her je nach Video sehr unterschiedlich. Hier führen die ausführlichen Unterlagen aus der Konzeptionsphase in Form von detailliertem Drehbuch und ausführlichem Storyboard zu deutlich weniger Aufwand in der Umsetzung, weniger Rückfragen und weniger Rückmeldeschleifen auf die zunächst entstehenden Videoentwürfe. Dabei waren sich für die Rückmeldeschleifen gemeinsame Regeln für die Kommunikation im Projekt wichtig. Von anfänglich erstellten Probeschnitten, basierend auf etwas weniger ausführlichen Drehbüchern und Storyboards, mit deren Hilfe man den Videoablauf noch besser erkennen könnte, aber die man nicht hätte weiterverwenden können, haben wir uns aus Aufwandsgründen verabschiedet. Sie waren mit mehr Erfahrung und einem stärkeren Schwerpunkt auf der Konzeptionsphase, insbesondere auf gut durchdachte Schemata, aber auch nicht mehr notwendig. Für sinnvoll halten wir, den Videoschnitt im fachlichen Projektteam zu belassen und nicht auszulagern. Dies hat zumindest uns mehr Gestaltungsspielraum ermöglicht.

Veröffentlichungsphase

Auch für die Veröffentlichung der Videos sollte man genügend Zeit einplanen. Hier standen beispielsweise das Konvertieren in verschiedene Videoformate, der finale Einbau von Interaktionen mit dem externen Programm H5P, das Erstellen bzw. Kontrollieren von Untertiteln und das Einpflegen von Metadaten an.

Macharten und verwendete Tools

Der dargestellte Erstellungsprozess hat grundsätzlich für verschiedene Video-Macharten funktioniert. Wir haben im Projekt drei sich technisch unterscheidenden Macharten für Videos erstellt, die wir im Projekt als „Greenscreen-Videos“, „Screencast-Videos“ und „Manim-Videos“ bezeichnet haben. Hier wird zum Abschluss der Darstellung des Erstellungsprozesses erläutert, wie diese Macharten charakterisiert sind. Auch werden einige technischen Tools genannt, die im Erstellungsprozess nützlich waren.

In unseren Greenscreen-Videos spricht eine im Bild zu sehende Person vor einem starren oder auch beweglichen Hintergrund. Dazu wird die sprechende Person, wie üblich bei Greenscreen-Videos, zunächst vor einem grünen, gut durchleuchteten Hintergrund alleine aufgezeichnet. Erst im anschließenden Schnitt wird der, ggf. wechselnde oder animierte, Hintergrund hinzugefügt. Als Hintergrundfarbe bei der Aufzeichnung der Person wird grün gewählt, da diese Farbe sich gut von menschlicher Haut abhebt und daher im technischen Zusammenführen mit der Hintergrundspur gut handhabbar ist. Die Aufzeichnung der sprechenden Person

geschieht dabei idealerweise mit professioneller technischer Ausstattung, u.a. guter Beleuchtung und Teleprompter. Zum Schnitt waren aufgrund der großen Datenmengen professionelle Programme für den Videoschnitt wie beispielsweise die kostenlose Open-Source-Software OBS Studio (<https://obsproject.com/de>) geeignet.

In unseren Screencast-Videos schreibt eine Person auf einem Tablet und spricht dazu. Die Bildspur enthält nur das Geschriebene, die Person oder ihre Hand sieht man nicht. Man kann hierbei Bild- und Tonspur gemeinsam oder separat aufzeichnen. Für eine separate Aufzeichnung spricht die daraus in der Regel resultierende bessere Tonqualität. Als Programme auf dem Tablet lassen sich übliche Apps zum Schreiben wie beispielsweise Goodnotes (<https://goodnotes.com>) oder Explain Everything (<https://explaineverything.com>) verwenden. Es empfiehlt sich für Videos in vergleichbarem Design zunächst Schreibvorlagen für den Hintergrund, beispielsweise Kästchenpapier mit einer festgelegten Anzahl von Kästchen pro Seite zu erstellen. Der Schnitt von Screencast-Videos kann wie bei Greenscreen-Videos mit einer beliebigen professionellen Schnittsoftware erstellt werden. Aufgrund der kleineren Datenmengen ist aber auch ein Schnitt mit weniger aufwändigen und leichter handhabbaren Programmen möglich. Camtasia (<https://www.techsmith.de/camtasia/>) beispielsweise bietet genügend Möglichkeiten. Im Schnitt werden zudem Animationen, beispielsweise auf Basis von GeoGebra oder Manim, eingebaut, und Schnittprogramme bieten vielfältige Möglichkeiten für den Einbau von weiteren Effekten und Hervorhebungen.

Unsere sogenannten Manim-Videos schließlich basieren auf einer Bildspur, die mit der frei verfügbaren Software Manim programmiert wurde. Zur Bildspur spricht eine Person, die man nicht sieht, genau wie bei einem Screencast-Video. Zur Programmierung der Bildspur in Manim sollte man sowohl mit Python als auch LaTeX etwas vertraut sein. Dafür lassen sich damit Animationen erstellen, die sich mathematisch exakt definieren lassen, und die sehr flexibel und reich an Einsatzmöglichkeiten sind (Biehler, Liebendörfer & Schmitz, 2023). Der Schnitt kann hier wie bei den Screencast-Videos durchgeführt werden, und auch hier war es, vergleichbar zu den Screencast-Videos, effizient und für ein durchgängiges Erscheinungsbild förderlich, im Schnitt weitere Effekte und Hervorhebungen einzubauen, statt diese vorher in Manim vollständig in die Bildspur einzubauen.

Interaktive Elemente wurden inhaltlich zwar direkt in die Videos eingebaut. Technisch realisiert wurden Sie dann aber erst nach Abschluss der Videoerstellung mit Hilfe des H5P-Tools. Mit diesem Tool kann ein Video unter anderem an festgelegten Stellen gestoppt werden, um dort Fragen mit Antwortmöglichkeiten einzubauen (siehe Abbildung 1).

Fazit zum Erstellungsprozess

Als ein zentrales Fazit lässt sich aus den Erfahrungen des Erstellungsprozesses ziehen, dass man die Bedeutung der Konzeptionsphase nicht hoch genug schätzen kann. Was hier sorgfältig und aus vielen Perspektiven überdacht ist, nimmt viele Überlegungen und Diskussionen, die sonst später auftauchen vorweg. Dabei hat sich neben den textlichen Überlegungen auch ein bereits in dieser frühen Phase recht ausführliches bildliches Storyboard sehr bewährt. Es lohnt sich, bei der Konzeption mindestens ein Vier-Augenprinzip durchzuführen. Im Ergebnis war aus unserer Sicht eher ein Acht-Augenprinzip sinnvoll, da es für ein Video neben der fachlichen

und fachdidaktischen Seite auch beispielsweise die mediendidaktische und die technische Seite zu beachten gilt.

Ein weiteres Fazit ist, dass man die Bedeutung der Länge eines Videos für den Arbeitsaufwand in allen Phasen nicht unterschätzen darf. Insbesondere, da wir kurze, inhaltlich dichte Videos erstellt haben (s. o.), hat jede Videominute zunächst eine umfangreiche Konzeption erfordert (siehe Abschnitt „Konzeptionsphase“). Neue Ideen, die gut realisierbar schienen, konnten nicht einfach „niedergeschrieben“ werden, sondern wurden meist konzeptionell detailliert ausgearbeitet, um die Passung in die Storyline durchgängig zu gewährleisten und damit flüssig in Produktion gehen zu können. Da zusätzliche Minuten in der Produktionsphase dann in jedem Schritt umgesetzt werden müssen, verlängern sie zudem alle Produktionsschritte. In allen Produktionsschritten, vor allem bei Konzeption und Schnitt, muss man daher auf die eingesetzte Zeit aufpassen: Die Ideen fließen reichlich, ein Video noch besser zu machen, ist immer möglich. Hier ist es wichtig, auch ein Ende zu finden.

Als besonders wertvoll haben wir den Austausch über die Inhalte anhand der Diskussion der Schemata im Team empfunden. Auch wenn man bereits den Eindruck hatte, ein Thema gut verstanden zu haben, war eine solche Diskussion immer produktiv und hat zu besseren Videos geführt. Diese Erfahrung spricht für die Übertragung auf die auf die Konzeption von Lehrszenarien in anderen Kontexten an Schule und Hochschule.

Fazit

Wir haben in diesem Artikel unsere praxisorientierten Konzepte und Erfahrungen dargelegt in der Absicht, diese an zukünftige Projekte weiterzugeben. Die Materialien sind nun fertiggestellt und wir würden uns zahlreiche Verwendungen aber auch wissenschaftliche Studien wünschen, die auf unseren Konzepten aufbauen und diese kritisch in Studien mit Nutzerinnen und Nutzern überprüfen und ausdifferenzieren. Daneben hoffen wir, dass die hier dargelegten Erfahrungen anderen dabei hilfreich sind, eigene Lernvideos für Mathematik zu produzieren.

Unser besonderer Dank gilt dem Ministerium für Kultur und Wissenschaft des Landes Nordrhein-Westfalen für die Förderung des Projekts studiVEMINTvideos (1.10.2019 - 28.2.2023).

Literatur

- Bausch, I., Biehler, R., Bruder, R., Fischer, P. R., Hochmuth, R., Koepf, W., Schreiber, S., & Wassong, T. (Hrsg.). (2014). *Mathematische Brückenkurse: Konzepte, Probleme und Perspektiven*. Springer Spektrum. <https://doi.org/10.1007/978-3-658-03065-0>.
- Biehler, R., Bruder, R., Hochmuth, R., Koepf, W., Bausch, I., Fischer, P. R., & Wassong, T. (2014). VEMINT – Interaktives Lernmaterial für mathematische Vor- und Brückenkurse. In I. Bausch, R. Biehler, R. Bruder, P. R. Fischer, R. Hochmuth, W. Koepf, S. Schreiber, & T. Wassong (Hrsg.), *Mathematische Brückenkurse: Konzepte, Probleme und Perspektiven* (S. 261-276). Springer Spektrum.
- Biehler, R., & Kempen, L. (2016). Didaktisch orientierte Beweiskonzepte – Eine Analyse zur mathematikdidaktischen Ideenentwicklung. *Journal für Mathematik-Didaktik*, 37(1), 141–179.
- Biehler, R., Liebendörfer, M., & Schmitz, A. (2023). Lernvideos und ihre Erstellung Das Projekt studiVEMINTvideos. *Mitteilungen der Gesellschaft für Didaktik der Mathematik*, 114, 8–12.
- Bingolbali, E., & Monaghan, J. (2008). Concept image revisited. *Educational Studies in Mathematics*, 68(1), 19-35. <https://doi.org/10.1007/s10649-007-9112-2>

- Brown, J.S., Collins, A. & Duguid, P. (1989). Situated cognition and the culture of learning. *Educational Researcher*, 18, S. 32-42.
- Cooper, D., & Higgins, S. (2015). The effectiveness of online instructional videos in the acquisition and demonstration of cognitive, affective and psychomotor rehabilitation skills. *British Journal of Educational Technology*, 46(4), 768–779.
- Duval, R. (1999). Representation, vision and visualization: Cognitive functions in mathematical thinking, basic issues for learning. In F. Hitt & M. Santos (Hrsg.), *Proceedings of the Annual Meeting of the North American Chapter of the International Group for the Psychology of Mathematics Education* (Bd. 1, S. 3–26). Cuernavaca, Morelos (Mexico): PME.
- Gold, A., Fleischmann, Y., Mai, T., Biehler, R., & Kempen, L. (2021). Die Online-Lernmaterialien im Online-Mathematikvorkurs studiVEMINT: Konzeption und Ergebnisse von Nutzer- und Evaluationsstudien. In Biehler, R., Eichler, A., Hochmuth, R., Rach, S., & Schaper, N. (Hrsg.), *Lehrinnovationen in der Hochschulmathematik: praxisrelevant – didaktisch fundiert – forschungsbasiert*. Springer Berlin Heidelberg. (S. 365-397). https://doi.org/10.1007/978-3-662-62854-6_16
- 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*, 41–50. <https://doi.org/10.1145/2556325.2566239>
- Kay, R. H. (2014). Developing a Framework for Creating Effective Instructional Video Podcasts. *International Journal of Emerging Technologies in Learning (iJET)*, 9(1), 22–30. <https://doi.org/10.3991/ijet.v9i1.3335>
- Kuckartz, U. (2018). *Qualitative Inhaltsanalyse: Methoden, Praxis, Computerunterstützung* (4., überarbeitete Auflage). Beltz Juventa.
- Mayer, R. E. (2010). Applying the science of learning to medical education. *Medical Education*, 44(6), 543-549.
- Polya, G. (1945). *How to Solve It: A New Aspect of Mathematical Method*. Princeton, NJ: Princeton University Press.
- Ramlogan, S., Raman, V., & Sweet, J. (2014). A comparison of two forms of teaching instruction: Video vs. live lecture for education in clinical periodontology. *European Journal of Dental Education*, 18(1), 31–38.
- Rasi, P. M., & Poikela, S. (2016). A Review of Video Triggers and Video Production in Higher Education and Continuing Education PBL Settings. *Interdisciplinary Journal of Problem-Based Learning*, 10(1), 5–6.
- Ratnayake, I., Bruder, R., Johlke, F., & Feldt-Caesar, N. (2019). Quality criteria for teachers to choose video tutorials for different learning situations. *EDULEARN19 Proceedings*, 3669–3674. <https://doi.org/10.21125/edulearn.2019.0957>
- Reid, D. A., & Knipping, C. (2010). *Proof in mathematics education: Research, learning and teaching*. Sense Publishers.
- Schleppegrell, M. J. (2007). The Linguistic Challenges of Mathematics Teaching and Learning: A Research Review. *Reading & Writing Quarterly*, 23(2), 139–159. <https://doi.org/10.1080/10573560601158461>
- Schmitz, A. (2017). *Beliefs von Lehrerinnen und Lehrern der Sekundarstufen zum Visualisieren im Mathematikunterricht*. Springer Spektrum. <https://doi.org/10.1007/978-3-658-18425-4>.
- Schneps, M. H., Griswold, A., Finkelstein, N., McLeod, M., & Schrag, D. P. (2010). Using video to build learning contexts online. *Science*, 328(5982), 1119–1120.
- Tall, D., & Vinner, S. (1981). Concept image and concept definition in mathematics with particular reference to limits and continuity. *Educational Studies in Mathematics*, 12(2), 151-169. <http://dx.doi.org/10.1007/BF00305619>
- Weigand, H.-G. (2015). Begriffsbildung. In R. Bruder, L. Hefendehl-Hebeker, B. Schmidt-Thieme, & H.-G. Weigand (Hrsg.), *Handbuch der Mathematikdidaktik* (S. 255–278). Springer Berlin Heidelberg.

Anhang: Schemata

Nachfolgend die im Projekt studiVEMINTvideos entwickelten Schemata für die verschiedenen konzipierten Videotypen aufgeführt. Dies sind Orientierungsvideos, Einstiegsvideos, Begriffsvideos, Begründungsvideos, Illustrationsvideos und Aufgabenvideos.

Einführungsvideos

Orientierungsvideo

Das folgende Schema stellt die Struktur von Orientierungsvideos dar. Es soll die Konzeption solcher Videos durch die Einordnung in die jeweiligen Phasen erleichtern und die Gestaltung dieses Videotypen vereinheitlichen. Die Funktion dieses Videotyps ist, einen Überblick über die folgenden Themengebiete und Problemtypen zu vermitteln und insgesamt das Themengebiet zu motivieren. Das Video kann als Ergänzung und Alternative zum Intro gesehen werden. Da es sich um ein Video für die komplette Lerneinheit handelt, werden in der Motivation Probleme und Anwendungen genannt. Außerdem soll ein Überblick über die Kapitel und deren Inhalte gegeben werden. Ein kapitelspezifischer Überblick inklusive der zu erreichenden Lernziele erfolgt dann im jeweiligen Einstiegsvideo.

<p>1 – Begrüßung und Einführung</p> <p>Begrüßung und Einführung in die Lerneinheit über das Intro.</p>
<p>2 – Beschreibung der Langversion</p> <p>Einführung in die Lerneinheit. Aufbau der Lerneinheit beschreiben, indem jedes Kapitel kurz in 1-2 Sätzen beschrieben wird. Dabei sollen bereits Teile des Materials gezeigt werden, um eine Orientierung zu schaffen.</p>
<p>3 – Motivation</p> <p>Wozu braucht man die Inhalte der Lerneinheit? Welche Probleme können gelöst werden (außer- und innermathematisch), ggf. Verweis auf die Aufgabe im Intro? Gibt es Anwendungen im Alltag, oder Berufe, die die vermittelten Inhalte verwenden?</p>
<p>4 – Ausblick</p> <p>Ggf. Verbindung zu anderen Themengebieten/ Lerneinheiten ziehen. Überleitung zur Erarbeitung der Lerneinheit.</p>

Einstiegsvideo

Das folgende Schema stellt die Struktur von Einstiegsvideos dar. Es soll die Konzeption solcher Videos durch die Einordnung in die jeweiligen Phasen erleichtern und die Gestaltung dieses Videotypen vereinheitlichen. Die Funktion dieses Videotyps ist, in ein einzelnes Kapitel des studiVEMINT-Kurses einzuleiten und die nachfolgende Theorie zu motivieren. Das Einstiegsvideo dient dabei als eine Art „Türöffner“ in das Kapitel. Dazu werden im Material jeweils der Abschnitt „Inhalte kompakt“ gezeigt und die zentralen Ideen vorgestellt. Dabei soll auch auf mögliche Schwierigkeiten und Hürden hingewiesen werden.

<p>1 – Begrüßung und Einführung</p> <p>Worum geht es in dem Video? Kurz das Thema des Kapitels beschreiben.</p>
<p>2 – Vorstellung der Inhalte</p> <p>Anhand des Abschnitts „Inhalte kompakt“ zentrale Ideen und Inhalte sowie mögliche Schwierigkeiten und Hürden aufzeigen.</p>
<p>3 – Ausblick auf das Kapitel</p> <p>Überleitung zur Erarbeitung des Kapitels.</p>

Theorievideos

Begriffsvideo

In Begriffsvideos sollen mathematische Begriffe eingeführt und erklärt werden. Dies beinhaltet nicht nur die formale Definition, sondern, wenn möglich, auch die Bildung eines kohärenten und reichhaltigen Concept Images. Dazu soll der Begriff durch Beispiele und Visualisierungen erklärt werden, aber auch Gegenbeispiele und Spezialfälle sollen thematisiert werden. Des Weiteren soll, falls möglich, thematisiert werden, welche Bedeutung der Begriff für das behandelte mathematische Thema hat. Bei der Einführung eines Begriffs kann sowohl die induktive Vorgehensweise gewählt werden, d. h. die Angabe von Beispielen mit anschließender Definition des Begriffs, als auch die deduktive Vorgehensweise, d. h. die Definition des Begriffs mit anschließender Angabe von Beispielen.

Das folgende Schema stellt die Struktur von Begriffsvideos dar. Es soll die Konzeption solcher Videos durch die Einordnung in die jeweiligen Phasen erleichtern und die Gestaltung dieses Videotypen vereinheitlichen. Da es in der Mathematik unterschiedlich komplexe Begriffe gibt, erscheint manchmal eine propädeutische Hinführung sinnvoll und manchmal ein Einstieg mit der formalen Definition, weshalb Phase 2 optional ist. Sollen in einem Video mehrere Begriffe thematisiert werden, so lassen sich die Schemata wiederholen. Dabei sollten zu Beginn eine Phase der Zielformulierung und Motivation und zum Abschluss die Phase des Ausblicks nur jeweils einmal stehen und die Phasen dazwischen in der vorgegebenen Reihenfolge jeweils wiederholt werden. Gegebenenfalls sind nicht bei jedem Begriff alle Phasen sinnvoll, weshalb es durchaus möglich ist, einige Phasen auszulassen.

1 - Zielformulierung und Motivation Worum geht es in dem Video? Kurz das Thema und den Aufbau beschreiben. Wozu braucht man den Begriff? Was kann man damit machen und in welchen Situationen ist er nützlich bzw. kann man ihn anwenden?
2 – Propädeutische Hinführung Vorentlastung durch Generierung einfacher Beispiele, die den Begriff und dessen Bedeutung verdeutlichen.
3 – Formulierung der Definition Formale Definition des Begriffs formulieren.
4 – Erläuterung der Definition und ihrer formalen Darstellung Möglicherweise ungewohnte Notation und Zahlenbereich, dem die Variablen entstammen, erklären. Auf welche Zahlen trifft die Definition zu? Welche Einschränkungen müssen ggf. getroffen werden?
5 – Verdeutlichung der Definition an (Zahlen-)Beispielen Anwendung der Definition auf Beispiele, die auch etwas komplexer sein können, um die Tragweite des Begriffs deutlich zu machen.
6 – Erläuterung der Sinnhaftigkeit der Definition Erklären, warum es sinnvoll ist, den Begriff auf diese Weise zu definieren.
7 – Reflexion und Ausblick Zusammenfassung der Definition. Hinweise auf zukünftige Anwendung des Begriffes. Wahlweise z. B. darauf eingehen, welche Strategien bei diesem Thema nützlich sind, wo evtl. Fallstricke oder Fehlvorstellungen liegen, etc.

Begründungsvideo

In Beweis- und Begründungsvideos sollen vorrangig mathematische Sätze und deren Beweise oder Begründungen behandelt werden. Da die Übergänge zwischen Beweisen und Begründungen teilweise fließend sind, können diese beiden Begriffe nicht scharf voneinander getrennt werden. Es sollen verschiedene in der Fachdidaktik diskutierte Beweis- und Begründungsformen verwendet werden, darunter bspw. inhaltlich-anschauliche oder formale Beweise, wobei vor allem zentrale Beweisideen vermittelt werden sollen. Inhaltlich-anschauliche Beweise können dabei die Komplexität des Inhaltes senken und das Nachvollziehen des Beweises und der zu beweisenden Aussage erleichtern. Andererseits sollen in einigen Videos auch formale Beweise vorgeführt werden, da die schrittweise Herleitung und mündliche Erläuterung im Vergleich zum textbasierten Beweis den Zugang zum Inhalt und zu hochschulmathematischen Denkweisen erleichtern können. Des Weiteren können Kommentare auf der Meta-Ebene gemacht werden, um den Zugang zu Beweisen zu öffnen und zu erläutern, warum diese überhaupt notwendig sind. Wie auch bei Begriffsvideos kann bei Beweis- und Begründungsvideos entweder induktiv oder deduktiv vorgegangen werden. Falls eine Behauptung anhand mehrerer Beispiele überprüft wird, kann bspw. die zweite Überprüfung als Aufgabe an die Lernenden gegeben werden, um diese zu aktivieren und sie aufzufordern, selbstständig zu überprüfen, ob das zuvor Gelernte verstanden wurde. Ein Fazit am Ende des Videos kann die bewiesene Aussage und ggf. die Relevanz der Aussage zusammenfassen, um zu verdeutlichen, warum der Inhalt wichtig ist und in welchen Kontexten er angewendet werden kann.

Das folgende Schema stellt die Struktur von Begründungsvideos dar. Es soll die Konzeption solcher Videos durch die Einordnung in die jeweiligen Phasen erleichtern und die Gestaltung dieses Videotypen vereinheitlichen. Sollen in einem Video mehrere Begründungen geliefert werden, so lässt sich das Schema wiederholen. Dabei sollten zu Beginn eine Phase der Zielformulierung und Motivation und zum Abschluss die Phase des Ausblicks nur jeweils einmal stehen und die Phasen dazwischen in der vorgegebenen Reihenfolge jeweils wiederholt werden. Gegebenenfalls sind nicht bei jeder Begründung alle Phasen sinnvoll, weshalb es durchaus möglich ist, einige Phasen auszulassen. Die Reihenfolge der Phasen 2a, 2b und 2c hängt vom jeweiligen Thema ab und ist beliebig zu variieren.

1 - Zielformulierung und Motivation

Worum geht es in dem Video? Kurz das Thema und den Aufbau beschreiben. Wozu braucht man den Satz? Was kann man damit machen und in welchen Situationen kann man es anwenden? Warum ist es sinnvoll, einen Beweis bzw. eine Begründung dafür zu kennen?

2a – Formulierung der Satzaussage

Satz formulieren. Für welche Fälle gilt der Satz? Welche Einschränkungen müssen ggf. getroffen werden?

2b – Erläuterung der Satzaussage und ihrer formalen Darstellung

Bedeutung des Satzes und insbesondere ihre formale Darstellung (z. B. Notation der Zahlenbereiche, aus denen verwendete Variablen entstammen) erläutern.

3 – Beweis/Begründung

Satz allgemein (oder nur für bestimmte Fälle) beweisen bzw. begründen, z. B. unter Verwendung von generischen Beweisen.

4 – Anwendung der Satzaussage auf (Zahlen-)Beispiele

Satz auf weitere (Zahlen-)Beispiele anwenden, um das Potential des Satzes zu verdeutlichen (Für welche Fälle gilt der Satz?)

5 – Reflexion und Ausblick

Zusammenfassung des Satzes und ggf. der verwendeten Strategien beim Beweis bzw. der Begründung. Hinweise auf mögliche Anwendung des Satzes. Ggf. darauf eingehen, wie man sich den Satz merken kann, welche Strategien bei diesem Thema nützlich sind, wo evtl. Fallstricke oder Fehlvorstellungen liegen, etc.

Illustrationsvideo

Das folgende Schema stellt die Struktur von Illustrationsvideos dar. Es soll die Konzeption solcher Videos durch die Einordnung in die jeweiligen Phasen erleichtern und die Gestaltung dieses Videotypen vereinheitlichen. Dieser Videotyp dient der Illustration eines Satzes, einer Regel oder eines Begriffs. Dies kann bspw. ein Satz sein, für den im Video kein Beweis geliefert werden soll, sondern nur erläutert werden soll, was dieser Satz aussagt und wie er angewendet wird. Auch kann dadurch eine Interpretationsmöglichkeit oder eine Anwendungssituation erläutert werden, die typisch oder wichtig für den jeweiligen Sachverhalt ist.

Dieses Schema bietet mehrere Variationsmöglichkeiten. So ist die Reihenfolge der Phasen 2a, 2b und 2c variierbar, oft gehen auch die Phasen 2b und 2c gemeinsam einher. Falls Phase 2a vor die Phasen 2b und 2c gesetzt wird, dient sie als Hinführung. Falls sie nach der Formulierung und Erläuterung des Inhalts (Phasen 2b und 2c) platziert wird, dient sie der Verdeutlichung des Inhalts. Die Phasen 3a und 3b können ebenso in ihrer Reihenfolge variiert werden und auch weggelassen werden, wenn eine weitere Anwendung des Satzes oder die Herstellung eines Schulbezugs nicht sinnvoll erscheinen.

<p>1 - Zielformulierung und Motivation</p> <p>Worum geht es in dem Video? Kurz das Thema und den Aufbau beschreiben. Wozu braucht man den Satz/ den Begriff/ die Interpretation/ die Anwendung? Was kann man damit machen und in welchen Situationen kann ihn es anwenden?</p>
<p>2a – Einbettung</p> <p>Beispiele nutzen, um sich den Satz/ den Begriff/ die Interpretation/ die Anwendung klarzumachen und zu verstehen, was genau er/sie aussagt.</p>
<p>2b – Formulierung des Satzes/ des Begriffs/ Vorstellung der Interpretation/ der Anwendung</p> <p>Satz/ Begriff/ Interpretation/ Anwendung formulieren. Für welche Fälle gilt der Satz/ der Begriff/ die Interpretation/ die Anwendung? Welche Einschränkungen müssen ggf. getroffen werden?</p>
<p>2c – Erläuterung des Satzes/ des Begriffs/ der Interpretation/ der Anwendung</p> <p>Bedeutung des Satzes/ des Begriffs/ der Interpretation/ der Anwendung und ggf. die formale Darstellung (z. B. Notation der Zahlenbereiche, aus denen verwendete Variablen entstammen) erläutern.</p>
<p>3a – Anwendung auf (ggf. außermathematische) Beispiele (optional)</p> <p>Satz/ Begriff/ Interpretation/ Anwendung an Beispielen erläutern und veranschaulichen.</p>
<p>3b – Bezug zur Schulmathematik (optional)</p> <p>Bezug zur Schulmathematik herstellen: Was ist zu diesem Thema bereits aus der Schule bekannt? An welches Vorwissen wird angeknüpft? Welche Unterschiede gibt es zwischen Schul- und Hochschulmathematik bzgl. des Inhalts?</p>
<p>4 – Reflexion und Ausblick</p> <p>Zusammenfassung des Inhalts und Hinweise auf mögliche Anwendungen. Ggf. darauf eingehen, welche Strategien bei diesem Thema nützlich sind, wo evtl. Fallstricke oder Fehlvorstellungen liegen etc.</p>

Praxisvideos

Aufgabenvideo

In Aufgabenvideos sollen Aufgaben zum jeweiligen Inhalt vorgestellt und gelöst werden. Hier können insbesondere die Lernenden aufgefordert werden, die Aufgaben eigenständig zu lösen und mit der anschließend vorgestellten Lösung zu vergleichen, wozu das Video automatisch gestoppt wird. Dabei wird das Lösungsverfahren dynamisch, also schrittweise, dargestellt und gleichzeitig durch verbale Erklärungen begleitet. Es sollen sowohl einfache Aufgaben als auch komplexere Aufgaben eingesetzt werden. Ggf. sollen außerdem mathematische Lösungsstrategien, insbesondere Rechenstrategien vermittelt werden. Dies meint bspw. das Erkennen von Strukturen oder der Rückbezug auf bereits gelernte Inhalte. Dabei soll außerdem Meta-Wissen vermittelt werden, bspw. zu der Frage, woran zu erkennen ist, welcher Lösungsansatz bei einem bestimmten Problem angewendet werden kann. Ggf. können die Phasen 3 und 4 je nach Zielsetzung auch vertauscht werden. Die Phasen 3a und 3c sind optional und können z. B. bei einfachen Aufgaben auch weggelassen werden. In den Phasen 3 sollte darauf geachtet werden, die Überlegungen mit Beispielen und Visualisierungen zu veranschaulichen, damit vor dem eigentlichen Lösen der Aufgabe nicht zu lange nur gesprochen wird, sondern die Inhalte der Tonspur mithilfe der Bildspur verdeutlicht werden. Falls in dem Video mehrere Teilaufgaben bearbeitet werden, werden die Phasen 3 bis 5 bzw. 4 bis 5 oder ggf. nur 5 entsprechend oft wiederholt.

<p>1 - Zielformulierung und Motivation</p> <p>Worum geht es in dem Video? Kurz das Thema und den Aufbau beschreiben. Warum ist es sinnvoll, das Thema zu üben? Wofür wird dies benötigt?</p>
<p>2 – Formulierung der Aufgabenstellung</p> <p>Aufgabe formulieren.</p>
<p>3a – Verstehen der Aufgabe (optional)</p> <p>Was ist gegeben, was ist gesucht? (Verstehen der Aufgabe nach Pólya.) Wie erkenne ich, was ich tun muss? Worauf muss ich achten?</p>
<p>3b – Rekapitulieren des benötigten Vorwissens</p> <p>Welche Sätze, Regeln, Definitionen werden benötigt, um diese Aufgabe lösen zu können?</p>
<p>3c – Verstehen der Aufgabe und Antizipieren erster Lösungsschritte (optional)</p> <p>Was funktioniert warum (nicht)? Was kann ich konkret tun? (Entwickeln eines Plans nach Pólya.)</p>
<p>4 – Aufforderung zum eigenständigen Lösen</p> <p>Aufforderung zum eigenständigen Lösen der Aufgaben.</p>
<p>5 – Vorführen der Aufgabenlösung</p> <p>Aufgabe schrittweise lösen (Ausführen des Plans nach Pólya). Dabei benötigtes Wissen an den passenden Stellen einblenden. Meta-Kommentare zu eingesetzten Prozeduren und Strategien etc., ggf. anhand der Leitfragen (Welche Prozeduren werden gebraucht? Warum und wozu werden sie eingesetzt? Unter welchen Bedingungen können die Prozeduren eingesetzt werden? Wo liegen Grenzen des Einsatzes?) machen (je nach Komplexität der Aufgabe).</p>

6 – Reflexion und Ausblick

Was haben wir gemacht? Welche Ideen, Strategien und Tipps können mitgegeben werden? (Zusammenfassung des Vorgehens bei der Aufgabenlösung und der eingesetzten Lösungsstrategien) Was könnte in einer anderen Aufgabe anders sein? (Rückschau nach Pólya.) Verweis auf Theorievideos zum Thema, z. B. wenn die Aufgabenlösung nicht verstanden wurde, oder auf weitere Übungsaufgaben (Übungsvideos und Aufgaben im Material).