

Matheforschervideos zur Förderung der prozessbezogenen Kompetenzen Darstellen und Argumentieren in der Primarstufe

Jörg Effkemann

Institut für grundlegende und inklusive mathematische Bildung (GIMB) der
WWU Münster

Matheforschervideos unterstützen die Förderung der prozessbezogenen Kompetenzen Argumentieren und Darstellen, indem sie interaktiv und unter Verwendung von Forschermitteln Strukturen in substanziellen Aufgabenformaten sichtbar machen und iterativ gemeinsam mit den Schüler:innen Begründungen erarbeiten. In diesem Beitrag werden die Konzeption dieser Matheforschervideos sowie die Entwicklung und Ergebnisse einer ersten Erprobung einer Lernumgebung zum substanziellen Aufgabenformat Zahlengitter unter Einbezug der Matheforschervideos dargestellt.

Motivation und Ausgangslage

Durch die Corona-Pandemie waren Schüler:innen und Lehrer:innen plötzlich im Distanzunterricht, wodurch das Lernen und Lehren erschwert worden war. Denn trotz der zuvor angestoßenen Digitalisierung von Schule und Unterricht waren weder die Lehrer:innen noch die Schüler:innen vorbereitet. Lehrer:innen standen vor der Herausforderung ihren Schüler:innen Lerninhalte vermitteln zu müssen, obwohl diese nicht im Klassenraum waren. Hierzu wurde neben kopierten Aufgabenblättern, aufkommendem Videounterricht auch der Einsatz von (vor allem) Erklärvideos stärker. Diese Videos wurden teils von Anbietern aus dem Internet und teils selbst produziert weitergegeben. Nach Rückkehr der Schüler:innen in den Wechsel- bzw. Präsenzunterricht bestand Interesse daran Lernvideos im Unterricht weiterhin zu nutzen. Jedoch fehlte es an dieser Stelle (noch) an entsprechenden Konzepten. Ein Kritikpunkt insbesondere aus den Fachdidaktiken bestand und besteht darin, dass oftmals prozedurales Wissen durch viele Lernvideos vermittelt wird, jedoch konzeptuelles Wissen kaum eingebunden ist. Für den Mathematikunterricht ist dies insbesondere auch die Förderung prozessbezogener Kompetenzen, die keine Beachtung in vielen Lernvideos finden.

In diesem Beitrag werden daher zunächst der Begriff Lernvideo definiert und verschiedene Lernvideoarten voneinander abgegrenzt, bevor anschließend mit einem Rahmenmodell zur Planung, Vorbereitung, Produktion und Reflexion von Lernvideos aus verschiedenen Perspektiven auf Lernvideos und dem Lernen mit Lernvideos geschaut wird. Erkenntnisse zum Einsatz von Lernvideos im Mathematikunterricht schließen daran an, bevor die Matheforschervideos als Ergänzung zum momentanen Lernvideoangebot und daran anknüpfend die entwickelte Lernumgebung Zahlengitter, in die die Matheforschervideos eingebunden sind, vorgestellt werden. Dabei werden erste Ergebnisse der Pilotstudie vorgestellt, bevor daran anschließend ein Überblick über die qualitative Begleitforschung gegeben wird. Abschließend erfolgt ein Ausblick über das geplante weitere Vorgehen.

Begriffsdefinition und Begriffsvielfalt

Angesichts der Vielzahl an Begriffen zu Videos im schulischen Kontext sind eine Definition und Abgrenzung der Begriffe voneinander zu Beginn notwendig. Mit Frischemeier et al. (2022)

können unter dem Begriff Lernvideo „(aus der Perspektive der Mathematikdidaktik [...] Videos verstanden werden, die zu einer aktiven Auseinandersetzung mit (gehaltvollen mathematischen) Themen anregen und diese initiieren“ (Frischemeier et al. 2022, S.169). An der eng an Wolf (2015) angelehnten Definition wird auch die „explizite didaktische und mediale Gestaltung“ deutlich (Wolf 2015, S.123). Der Begriff kann (in Anlehnung an PIKAS digi) als Sammelbegriff für jegliche Lernvideoarten verwendet werden. Gleichwohl ist dieser Begriff mit Marquardt (2016) als problematisch einzuschätzen, da durch das alleinige Ansehen eines Lernvideos nicht zwangsläufig etwas gelernt werde (vgl. Marquardt 2016, S.8). Marquardt schlägt stattdessen die Verwendung des Begriffs Lehrvideo vor, da im Video etwas gelehrt bzw. erklärt werde (vgl. Ebd.). Demgegenüber steht, dass in der obigen Definition explizit darauf hingewiesen wird, dass „zu einer aktiven Auseinandersetzung mit (gehaltvollen mathematischen) Themen“ (Frischemeier et al. 2022, S.169) angeregt werden soll. Dementsprechend kann mit dem Ansehen eines Lernvideos ein Lernprozess starten (ob dies erfolgt, hängt wiederum von anderen Kriterien ab, auf welche im Verlauf dieses Beitrags eingegangen werden soll). Auch betont der Begriff Lehrvideo, dass etwas gelehrt, gezeigt oder vorgemacht wird, was wiederum eher wie ein Tutorial wirkt, bei dem Zuschauende erklärt bekommen, wie man eine Handlung Schritt für Schritt ausführt (vgl. Wolf 2015).

Im Folgenden werden verschiedene Lernvideoarten definiert und in Beziehung zueinander gesetzt. Die wohl bekannteste Lernvideoart stellt das Erklärvideo dar: Wolf (2015) versteht unter Erklärvideos „Filme, in denen erläutert wird, wie man etwas macht oder wie etwas funktioniert bzw. in denen abstrakte Konzepte erklärt werden“ (Wolf 2015, S.123). An dieser Definition wird bereits deutlich, dass es in Erklärvideos „zum einen um das Zeigen und Verdeutlichen prozeduraler Tätigkeiten aber zum anderen auch um die die Vermittlung konzeptuellen Wissens“ (Frischemeier et al. 2022, S.170) geht. Die obige Kritik von Marquardt ist insbesondere auf diese Lernvideoart anwendbar, da das Ansehen eines Erklärvideos nicht unbedingt Lernen bedingt. Daher wird eine entsprechende Einbindung solcher Erklärvideos in den Mathematikunterricht notwendig, damit ein Lernen wahrscheinlicher wird. Gleichwohl stellen Korntreff und Prediger (2022) in Anlehnung an Kant, Scheiter und Oschatz (2017) sowie Kulgemeyer (2020) fest, dass gut „gestaltete Erklärvideos über unterschiedliche Fächer hinweg für viele Wissensarten ein wirksames Lernangebot bilden können: für prozedural-motorische Fähigkeiten, deklaratives Wissen und konzeptuelles Verständnis“ (Korntreff& Prediger 2022, S.103). Wolf und Kulgemeyer (2021) unterscheiden auch zwischen Videotutorials, die keine tiefgehenden Lernstrategien unterstützen und damit eher „erklärarm“ (Wolf& Kulgemeyer 2021, S.475) sind, und solchen, die vollumfängliche Erklärvideos darstellen (vgl. a.a.O.). Aufgaben- oder Impulsvideos stellen eine weitere Lernvideoart dar. „Impulsvideos sind kurze Video-Clips, die zu mathematischen Denk- und Arbeitsweisen anregen, indem sie Aufgabenstellungen sowie eine Auswahl übergreifender Lösungsstrategien (keine fertigen Lösungen) präsentieren und in den didaktischen Ergänzungen mögliche Hilfestellungen bieten“ (Schnell& Schorcht 2022). Der lernprozessinitiiierende Charakter dieser Lernvideoart wird direkt deutlich. Die bisher dargelegten Lernvideoarten finden vor allem im Bereich der Sekundarstufen und in der Hochschule ihren Einsatz, wohingegen für den Mathematikunterricht der Grundschule bislang wenige Lernvideos Verwendung finden. Eine entsprechende Lernvideoart stellen sogenannte Entdeckerfilme dar. Diese kurzen Videoclips stellen „eine alltagsnahe mathematikhaltige Situation modellhaft“ dar, „sind auf das aktiv-

entdeckende und sozial-interaktive Lernen ausgerichtet und sollen die Lernenden zum eigenständigen Erkunden, Beschreiben, Hinterfragen, Begründen, Vermuten, Ausprobieren und Weiterdenken anregen“ (Römer i.V., zitiert nach Rink& Walter 2020, S.69). Auch Entdeckerfilme sollen Lernen initiieren und durch entsprechende Animationen entdeckendes Lernen ermöglichen. Zwei weitere, eng miteinander verwandte Lernvideoarten sind Erkunder- und Erfindervideos mit Aktivierung. In einer alltäglichen Situation wird mathematisches Potential aufgespannt, welches bei Erkundervideos nur gestisch und handelnd, aber nicht sprachlich dargeboten wird, wohingegen bei Erfindervideos auch die Situation auch sprachlich dargestellt wird, „wodurch mathematische Erklärungen vorgenommen [werden; J.E.], die die Lernenden nach dem Ansehen in die Lage versetzen sollen, mathematische Erfindungen zu tätigen“ (Vogel& Billion 2021, S.62f.). Beide Lernvideoarten setzen wiederum darauf, dass in der anschließenden Phase die entsprechende Aufgabe gelöst wird. Die folgende Darstellung (angelehnt an PIKAS digi) nimmt die Begriffsvielfalt auf und führt sie zusammen:

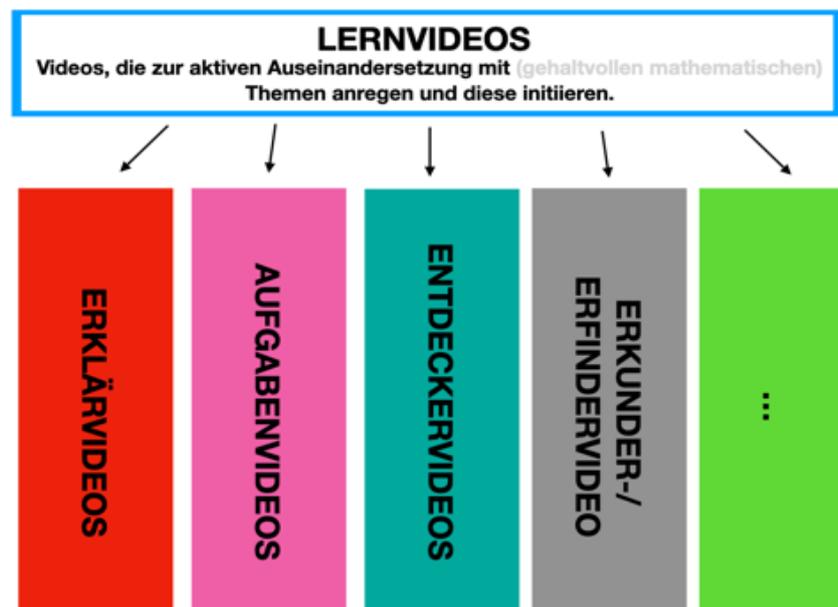


Abbildung 1: Zusammenschau von Lernvideoarten (eigene Darstellung in Anlehnung an PIKAS digi)

Einerseits wird an dieser Darstellung deutlich, dass der Begriff Lernvideo als Sammelbegriff verstanden wird, und andererseits ist die Sammlung an Lernvideoarten offengehalten, um aufzuzeigen, dass noch ein Bedarf an weiteren Lernvideoarten besteht (siehe unten).

Rahmenmodell zur Planung, Vorbereitung, Produktion und Reflexion von Lernvideos

Ein Lernvideo zu produzieren bedeutet, dass jemand sich Gedanken dazu macht, was auf welche Weise gezeigt und erklärt werden soll. Schließlich sollen die späteren Zuschauer:innen möglichst viel daraus lernen. Hierzu sind verschiedene Perspektiven notwendig: den Rahmen der Produktion geben mediendidaktische Erkenntnisse zu Lernvideos. Hierzu zählt einerseits die Schrittabfolge zur Produktion nach Wolf (2015):

- „1. Auswahl des Themas: Auswahl eines zu erklärenden Inhaltes bzw. einer zu vermittelnden Fähigkeit und Gruppenbildung.
2. Inhaltliche Vorbereitung: eigenes Verständnis des Inhaltes sichern, Hintergründe und typische Fehler bzw. Misskonzepte recherchieren.
3. Entwicklung einer Erklär idee und -form: didaktische und ästhetische Gestaltung einer Erklärung.
4. Entwicklung und Präsentation eines Storyboards und Drehplans.
5. Vorbereitung der Drehphase: Requisiten beschaffen, Drehorte auswählen, mit Technik vertraut machen und ggf. Visualisierungen vorbereiten.
6. Durchführung der Drehphase.
7. Nachbereitung: Schnitt und digitale Nachbereitung, ggf. Vertonung und Unterlegung mit Musik.
8. Präsentation der Filme und ggf. Bereitstellung auf Online-Portalen.
9. Inhaltliche, didaktische und ästhetische Reflektion der Filme“ (vgl. Wolf 2015, S.128).

Diese Schrittfolge gibt Orientierung von der Ideenfindung für ein Lernvideo, über die Planung und Vorbereitung hin zur Produktion und abschließenden Nachbearbeitung und Reflexion. Je nach Anlage des zu produzierenden Lernvideos werden einzelne Schritte im Besonderen berücksichtigt, während andere in den Hintergrund rücken. Andererseits sind auch die von Schön und Ebner (2020) aufgestellten Prinzipien zur Gestaltung von Lernvideos wesentlicher medienpädagogischer Rahmen für jegliche Lernvideoproduktion: hierzu zählen das Multimediaprinzip, die Prinzipien der räumlichen und der zeitlichen Kontinuität, die Prinzipien der visuell-gespaltenen und der auditiv-gespaltenen Aufmerksamkeit sowie das Prinzip der kleinen Sequenzen (vgl. Schön & Ebner 2020, S.78). Bei der Gestaltung von Lernvideos gilt es demnach, verschiedene Sinneskanäle (Modi) sowohl zeitgleich als auch räumlich-fokussiert in kleinen Lerneinheiten anzusprechen. Dies ist lern- und kognitionspsychologisch einerseits aus der *Cognitive Load Theory* nach Sweller (Sweller et al. 1998) und andererseits der *Cognitive Theory of Multimedia Learning* nach Mayer (2009) begründet. Scheiter, Ninaus und Moeller (2022) fassen daher ebenfalls Gestaltungsprinzipien für Lernmedien zusammen: das Aktivieren von Vorwissen, die Verwendung multipler Repräsentationen (Multimedia), die Vermeidung unnötiger Such- und Organisationsprozesse, das Problemlösen als Lernaufgabe, der Einsatz generativer Lernaufgaben sowie die Adaptivität der Lernaufgaben und -inhalte (vgl. Scheiter, Ninaus, Moeller 2022, S.43f.).

Ebenso sollte ein Lernvideo leicht zugänglich für Lernende sein, so dass Lernende mit wenig Aufwand auf das Video zugreifen können. Es sollte darüber hinaus Möglichkeiten zur Wiedergabekontrolle bieten, so dass Lernende das Video selbst starten und stoppen sowie bei Bedarf vor- und zurückspulen können. Ebenso ist sind interaktive Elemente einzuarbeiten, so dass Lernende aufgefordert iterativ mitzudenken, um die einzelnen Lernschritte selbst zu gehen.

Diese technischen Prinzipien stellen die Basis dar, welche bei der Planung und Produktion von Lernvideos berücksichtigt werden sollte (vgl. Findeisen, Horn& Seifried 2019).

Im Fokus der Planung steht neben mathematikdidaktischen Grundprinzipien insbesondere der Lernprozess der Schüler:innen selbst. Um diesen schon bei der Lernvideoproduktion präventiv bestmöglich zu unterstützen, sind verschiedene Qualitätskriterien für Lernvideos untersucht worden. Kulgemeyer (2018) betont, dass die Lerninhalte eines Lernvideos an das Vorwissen der Lernenden anknüpfen müssen, dass gezielt Veranschaulichungen eingesetzt werden müssen, aber auch, dass Erklärungen sparsam sind in der Verwendung von Veranschaulichungsmitteln (vgl. Kulgemeyer 2018, S.10). Ebenso gilt es fachsprachlich korrekt zu erklären und zugleich die Lernenden kindgerecht anzusprechen, das Interesse zu wecken, Struktur zu geben, sowie passende Anschlussaufgaben bereitzustellen (vgl. a.a.O.). Dadurch wird das Lernvideo in eine Lernumgebung eingebettet. Mit Blick auf notwendige mathematikdidaktische Prinzipien fassen Korntreff und Prediger (2021) Anforderungen an die inhaltliche und die kognitive Qualität der Lernvideos zusammen. Auf inhaltlicher Ebene werden fachliche und sprachliche Korrektheit vorausgesetzt. Zudem betonen die Autoren die Bedeutung einer „Verstehensorientierung“ (Korntreff& Prediger 2021, S.284f.): Mit Hiebert und Carpenter (1992) betonen sie, dass das Ziel der Verstehensorientierung in der Mathematikdidaktik von zentraler Bedeutung ist. Demzufolge „fokussiert das Qualitätskriterium der Verstehensorientierung in erster Linie den inhaltlichen Fokus von Lernangeboten: Werden kalkülhafte Prozeduren oder Konzepte erklärt?“ (a.a.O.). Hierzu zählen Korntreff und Prediger (2021) das Vorkommen, Auffalten und Vernetzen von Verstehenselementen (vgl. Ebd., S.286f.). Im Hinblick auf die kognitive Qualität von Lernvideos betonen sie, dass Lerninhalte partiell eigenständig von den Zuschauenden erarbeitet werden sollen und dass das Lernvideo mit Aufgaben und Pausen angereichert wird (vgl. Ebd., S.284). Diese Kriterien greifen die geforderten Verstehenselemente auf, da durch solche Zuschauende aufgefordert sind, den Denk- und Lösungsweg mitzuverfolgen bzw. mitzuarbeiten (bspw. durch entsprechende interaktive Elemente). Werden inhaltliche und kognitive Qualität zusammengenommen, dann ergibt sich daraus, so dass ‚gute‘ Erklärungen erreicht werden können.

Die dargelegten Kriterien zur Erstellung von Lernvideos geben in den Phasen von der Idee zur Lernvideoproduktion Orientierung. Sie werden im Folgenden vom Autor zusammengestellten Rahmenmodell zur Planung, Produktion und Reflexion von Lernvideos zusammengefasst dargestellt. Das Rahmenmodell fasst die von Wolf (2015) gefassten Schritte im Entwicklungsprozess von Lernvideos und die Gestaltungsprinzipien nach Ebner und Schön (2020) als Rahmen zusammen. Kriterien, die den Unterrichtsgang direkt betreffen, werden in das Zentrum gerückt: Dazu sind sowohl wichtige Impulse nach Kulgemeyer (2015), die das Lernen der Schüler:innen direkt beeinflussen, als auch die von Korntreff und Prediger (2021) zusammengestellten mathematikdidaktischen Prinzipien aufgenommen worden. Basis dessen sind technische Prinzipien, die das Lernen und Arbeiten mit Lernvideos vereinfachen und aktiv gestalten.

Entwicklungsprozess	Unterrichtsgang		Mediendidaktik
	Lernprozess der Schüler:innen	mathematikdidaktische Prinzipien	
1 Auswahl des Themas	Adaption	inhaltliche Qualität	Multimedienprinzip
2 inhaltliche Vorbereitung	kindgerechte, direkte Sprache	-fachl. Korrektheit	Prinzip der räumlichen Kontinuität
3 Entwicklung einer Erklär-idee und -form	→ positive Lernatmosphäre	-sprachl. Korrektheit	Prinzip der zeitlichen Kontinuität
4 Entwicklung eines Drehplans	Einbettung in eine Lern-umgebung	-Einbettung in sinn-stiftende Kontexte	Prinzip der visuell-gespaltenen Aufmerksamkeit
5 Vorbereitung der Drehphase	→ analoge Arbeitsblätter und Lernmaterialien für Schüler:innen	-Verstehensorientierung statt reiner Kalkülorientierung	Prinzip der auditiv-gespaltenen Aufmerksamkeit
6 Durchführung der Drehphase	Struktur geben	-ausreichende Begründung von Aussagen	Prinzip der kleinen Sequenzen
7 Nachbereitung	→ Zieltransparenz zu Beginn	↓ ↓	
8 Präsentation und Einbettung	→ Zusammenfassung am Ende	gute Erklärung	
9 inhaltliche, didaktische und ästhetische Reflexion		-minimalistisch	
		-Veranschaulichungen (Forschermittel)	
	nach Kulgemeyer 2020	nach Korntreff und Prediger 2021	
	technische Prinzipien		
nach Wolf 2015	leicht zugänglich	Wiedergabekontrolle	nach Ebner und Schön 2020
		Interaktivität	

Abbildung 2: Rahmenmodell zur Planung, Produktion und Reflexion von Lernvideos (eigene Darstellung)

Dieses Rahmenmodell dient ebenso als Grundlage bei der Konzeption und Produktion von Matheforschervideos (siehe unten).

Lernen mit Lernvideos

Grundlage jedes Lernens mit Lernvideos sind die *Cognitive Load Theory* nach Sweller (Sweller et al. 1998) und die *Cognitive Theory of Multimedia Learning* nach Mayer (2009). Lernen kann vereinfacht als „die Wahrnehmung, Enkodierung und Speicherung von Informationen im Gedächtnis“ (Scheiter, Ninaus und Moeller 2022, S.38) angesehen werden. Jedoch ist das menschliche Arbeitsgedächtnis ressourcenbeschränkt, weshalb nicht unendlich viele Wissens-elemente aufgenommen und gespeichert werden können (vgl. Mayer 2009). Darüber hinaus kann Wissen auf verschiedenen Sinneskanälen erfolgen: die Modalität der eingehenden Information kann gesprochen, bildhaft, geschrieben oder eine Kombination davon sein. Nach Mayer kann dementsprechend das Speichern von Wissens-elementen erleichtert werden, wenn mehrere Modi miteinander verknüpft werden (vgl. Scheiter, Ninaus und Moeller 2022). Jedoch hat auch diese dual kodierte Wissensaneignung ihre Grenzen. Denn jeder Lerngegenstand bringt eine kognitive Grundbelastung mit sich (Sweller et al. 1998). Es gilt also kognitive Ressourcen zielgerichtet zu nutzen und somit eine Überbelastung zu vermeiden. Dies geschieht dadurch, dass unnötige kognitive Verarbeitungsprozesse zu vermeiden sind, indem lernirrelevante Belastungen vermieden werden und die vorhandenen Ressourcen auf lernzielförderliche kognitive Prozesse gerichtet werden (vgl. Sweller et al. 1998).

Das Lernen bzw. Arbeiten mit Lernvideos scheint auf vielfältige Weise denkbar zu sein: Wolf und Kulgemeyer (2016, S.152) unterscheiden dabei, wer das Erklärvideo produziert (Lehrer:innen oder Schüler:innen) und wer dieses wozu nutzt (Schüler:innen oder Lehrer:innen):

		Produzenten	
		Lehrkräfte	Schülerinnen und Schüler
Rezipienten	Lehrkräfte	Lehrkräfte lernen von anderen Erklär-Profis, wie etwas erklärt werden kann („didaktische Weiterbildung durch Kolleginnen und Kollegen“).	Lehrkräfte können die Erklärvideos der eigenen Schülerinnen und Schüler zur pädagogischen Diagnostik nutzen.
	Schülerinnen und Schüler	Schülerinnen und Schüler können von Erklär-Profis lernen. Zudem werden professionelle Zweit-Erkläransätze verfügbar gemacht und sind beliebig wiederholbar.	Schülerinnen und Schüler können von ihren Mitschülern lernen (Fachwissen) bzw. lernen beim Erklären für die Mitschüler (Kommunikationskompetenz).

Abbildung 3: Einsatzmöglichkeiten von Erklärvideos im Physikunterricht (aus: Wolf& Kulgemeyer 2016, S.36)

Gleichwohl sie diese Einsatzmöglichkeiten von Erklärvideos im Physikunterricht verorten, sind diese durchaus auch auf anderen Fachunterricht übertragbar. An dieser wird die Einsatzmöglichkeit *von Lehrer:innen (oder Fachleuten) für Schüler:innen produziert* fokussiert. Unter Schüler:innen finden Erklärvideos insbesondere große Akzeptanz, da sie diese im privaten Raum z.B. bei YouTube anschauen können, um so Lerninhalte aufzuarbeiten, zu wiederholen oder sich auf Prüfungen vorzubereiten (vgl. Wolf& Kulgemeyer 2016, S.474ff.). Im Mathematikunterricht finden Lernvideos sich insbesondere in Konzepten wie dem *flipped classroom* wieder (Ebd., S.477). Allerdings scheint dieses Konzept bisher in den Sekundarstufen genutzt zu werden. Für den Mathematikunterricht der Grundschule werden bisher oben genannte Entdeckerfilme (Römer& Nührenbörger 2018) sowie die genannten Erfinder- und Erkundervideos mit Aktivierung (Vogel& Billion 2021) beforscht. Diese Lernvideos dienen dazu entdeckendes Lernen anzuregen, indem Alltagssituationen mit ‚mathematischen Augen‘ betrachtet werden.

Matheforschervideos

Viele der bisherigen Forschungsergebnisse stammen aus Untersuchungen mit Schüler:innen der Sekundarstufen oder Studierenden (vgl. u.a. Kulgemeyer 2018 oder Korntreff& Prediger 2021). Es bedarf demzufolge Lernvideos, die in den Mathematikunterricht der Grundschule integriert werden und von den Schüler:innen aktiv genutzt werden (vgl. Römer& Nührenbörger 2018), um zu überprüfen, inwieweit die Erkenntnisse auf die Primarstufe übertragbar sind bzw. angepasst werden müssen. Auch fehlt es an Lernvideos, die die prozessbezogenen Kompetenzen (im Besonderen das Argumentieren und Darstellen) fördern und somit im Lösungsprozess genutzt werden können. An diesem Desiderat knüpfen die Matheforschervideos an. Als vorläufige Arbeitsdefinition werden Matheforschervideos als im Screencast-Format produzierte Lernvideos, die unter Verwendung mathematikdidaktischer Darstellungsweisen (sogenannter Forschermitteln) interaktiv Strukturen in substanziellen Aufgabenformaten kenntlich machen, in denen Hilfen zur Beschreibung und Begründung dieser Strukturen gegeben werden und damit mathematisches Argumentieren gefördert wird, beschrieben.

Das Screencast-Format der Videos entlastet die Schüler:innen, da sie aus der eigenen Perspektive auf den Lösungsprozess schauen. Matheforschervideos greifen die Struktur des Lernprozesses, den Schüler:innen aus dem Unterricht kennen auf: zu Beginn wird das Lernziel des Videos genannt und am Ende werden die gewonnen Einsichten zusammengefasst. Durch das Aufgreifen und Nutzen von Forschermitteln werden den Schüler:innen bekannte Techniken aufgegriffen, um Strukturen herauszuarbeiten und so darzustellen. Es werden Teilaufgaben interaktiv gerechnet, Beschreibungen von Strukturen eingefordert sowie Begründungen interaktiv erarbeitet, so dass die Lernenden am gesamten Lösungsprozess aktiv beteiligt sind. Mit Matheforschervideos wird das Erklären-Warum (Schmidt-Thieme & Wagner 2007) in den Fokus gerückt, wodurch Lernende im Argumentieren gefördert werden. Darüber hinaus werden die oben aufgestellten Kriterien und Prinzipien berücksichtigt, so dass der *cognitive Load* der Lernenden geringgehalten werden soll.

Aufgrund dessen, dass mit den Matheforschervideos eine weitere Lernvideoart entstanden ist und diese eine aktive Auseinandersetzung mit inhaltvollen mathematischen Themen begleiten und unterstützen, kann die obige Abbildung von PIKAS digi damit sinnvoll ergänzt werden.

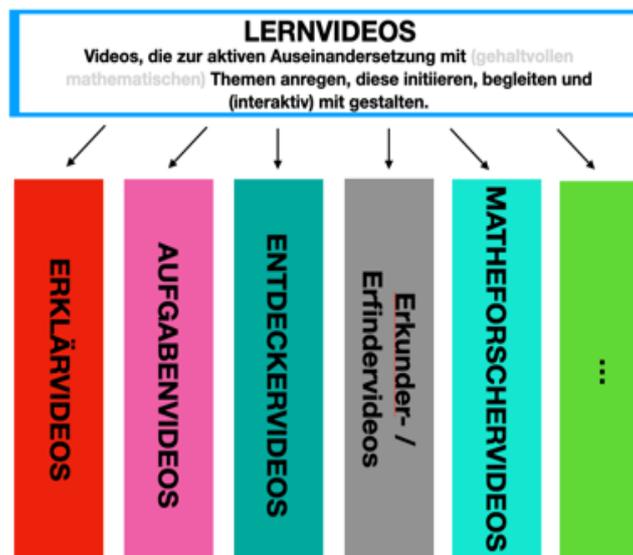
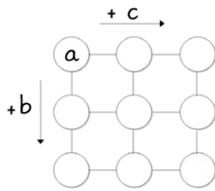


Abbildung 4: erweiterte Zusammenschau von Lernvideoarten (eigene Darstellung in Anlehnung an PIKAS digi)

Entwicklung einer Lernumgebung zum substanziellen Aufgabenformat Zahlengitter

Ausgehend vom operativen Prinzip (basierend auf den Theorien von Piaget und Aebli) gilt es nach Wittmann mathematische Objekte zu verstehen. Hierzu „muss man erforschen, wie sie konstruiert werden und wie sie sich verhalten, wenn auf sie Operationen (Handlungen, Konstruktionen, Transformationen, ...) angewandt werden“ (Wittmann 2014, S. 228). Dabei sind operative Aufgabenformate von besonderer Bedeutung, damit Kinder „elementare mathematische Strukturen und Beziehungen erfassen und verstehen lernen“ (Nührenbörger 2010, S.13). Diesem Grundsatz folgend wird eine substanzielle Lernumgebung zum Aufgabenformat Zahlengitter konzipiert. Additive Zahlengittern sind wie folgt aufgebaut und ihnen liegt folgende Aufgabenvorschrift zugrunde:



Die Startzahl a ist oben links zu finden. Wird nach unten gerechnet, wird die linke Pluszahl b addiert und wird nach rechts gerechnet, so wird die obere Pluszahl c addiert. Unten rechts findet sich demnach die Zielzahl, die als $a+2b+2c$ berechnet werden kann.

Abbildung 5: Zahlengitter (eigene Darstellung)

Das Aufgabenformat bietet im Sinne Wittmanns Möglichkeiten zu erforschen, wie sich Zahlen verändern, wenn die Startzahl oder eine Pluszahl verändert werden. Dementsprechend werden passende Forscher:innenaufträge für die Lernumgebung Zahlengitter zusammengestellt. Hierbei werden im Sinne Bezolds die vier Bausteine des Argumentierens berücksichtigt: vom Entdecken mathematischer Zusammenhänge, über das Beschreiben dieser, dem Hinterfragen der Zusammenhänge wird schließlich das Begründen der Entdeckungen angeregt (vgl. Bezold 2010). Besonders interessant ist die Forscherfrage, ob es Zahlengitter mit der Startzahl 0 und der Zielzahl 20 gibt. Hierbei können Schüler:innen vielfältige Strukturen entdecken und werden zum Argumentieren aufgefordert. Da der Zahlenraum klein gehalten wird, rückt zum einen das Rechnen in den Hintergrund, wodurch die Lernumgebung insbesondere auch im inklusiven Mathematikunterricht genutzt werden kann. Zum anderen liegt der Fokus darauf, mit Forschermitteln das Entdecken von und Darstellen gefundener Strukturen zu fördern und iterativ Begründungen zu entfalten. Die Lernumgebung wird durch verschiedene Lernvideos angereichert. So bietet das Erklärvideo „So rechnest du ein Zahlengitter“ den Schüler:innen die Möglichkeit sich noch einmal erklären zu lassen, wie sie ein Zahlengitter ausrechnen. Die oben genannte Forscher:innenaufgabe wird durch ein Impulsvideo präsentiert. Immer dann, wenn die Schüler:innen Entdeckungen begründen sollen, finden sie ein Matheforschervideo, welches sie per QR-Code scannen können, um so interaktiv Schritt für Schritt eine Begründung zu entwickeln.

Die Lernumgebung wird im Sinne der fachdidaktischen Entwicklungsforschung (vgl. Prediger et al., 2012) iterativ weiterentwickelt. Nach der Konzeption eines Forscherhefts und der Entwicklung der passenden Matheforschervideos erfolgte im Herbst/ Winter 2022 die Pilotstudie zur ersten Erprobung der Lernumgebung. Hierzu wurde in einer vierten Klasse ($N=28$) einer Grundschule im Kreis Borken gemeinsam mit der Fachlehrerin die Unterrichtsreihe geplant, durchgeführt und reflektiert. Die einzelnen Unterrichtsstunden wurden videographiert und anschließend transkribiert. Gemeinsame Planungen und Reflexionen wurden protokolliert. Ziele der Pilotierung waren die Erprobung und Weiterentwicklung der Lernumgebung, das Ableiten erster Implikationen und Hindernisse im Hinblick auf die Lernumgebung und insbesondere bzgl. der Matheforschervideos sowie die Weiterentwicklung der Matheforschervideos. Auf der Ebene der Lernumgebung selbst waren einzelne Schüler:innen durch falsche Zahlen in Zahlengittern irritiert. Diese wurden entsprechend nachgebessert. Zudem haben einzelne Kinder eine Arbeitsanweisung anders verstanden: den Arbeitsauftrag „Jedes Wort passt zu einer oder mehreren Zahlen im Zahlengitter. Kreise Zahl und Wort in derselben Farbe ein“ haben einige Schüler:innen so verstanden, dass sie alle Zahlen und Mathewörter in einer Farbe anmalen müssen. Um dieses Missverständnis zu umgehen, wurde der Arbeitsauftrag in „Jedes Wort passt zu einer oder zu mehreren Zahlen im Zahlengitter. Kreise immer zusammengehörende Zahl und Wort in der gleichen Farbe ein“. Bei ersten weiteren Erprobungen mit Schüler:innentandems sind ähnliche

Probleme nicht erneut aufgetreten. Auf der Ebene der Matheforschervideos haben zwei Anpassungen ergeben: zum Einen führte die Mischverwendung von Zahlen und Wendeplättchen bei der Begründungsentwicklung sowohl bei der Lehrerin als auch bei den Schüler:innen zu Verwirrungen und Unübersichtlichkeit. Im Matheforschervideo ist ein wanderndes Plättchen zu den Zahlen im Zahlengitter hinzugefügt worden. Diese Darstellung hat die Lehrerin aufgegriffen und in der Reflexionsphase der Unterrichtsstunde so die Veranschaulichung der Begründung versucht zu entwickeln. Da dabei jedoch das Hinzufügen des Wendeplättchens nicht konsequent weitergeführt worden ist, war die Darstellung der Zielzahl entsprechend falsch. Zum Anderen konnte beobachtet werden, dass einzelne Schüler:innen beim Ansehen des Matheforschervideos nicht klar war, auf welche Aspekte im Video sie besonders achten müssen. Daher sind in der Nachbearbeitung die relevanten Stellen farblich hervorgehoben worden. Auf der dritten Ebene, den abzuleitenden Implikationen für eine unterrichtliche Umsetzung der Lernumgebung, zeigte sich, dass im Begleitkommentar zur Lernumgebung aufgenommen werden muss, dass bei der Erarbeitung des Wortspeichers im Unterricht analoge Arbeitsaufträge verwendet werden müssen, wie sie auch in der Lernumgebung vorkommen. So wurde im Unterricht je das Wort mit der entsprechenden Zahl im Zahlengitter verbunden. Der Arbeitsauftrag der Lernumgebung fordert die Schüler:innen jedoch dazu auf Zahl und Wort in der gleichen Farbe zu umkreisen. Ebenso kann aus den obigen Ergebnissen abgeleitet werden, dass, wenn ein wanderndes Plättchen (im Sinne Krauthausens) im Mathematikunterricht als mögliche Veranschaulichung bekannt ist, die Darstellung im Matheforschervideo geeignet ist, um eine Begründung veranschaulicht zu entwickeln. In Klassen, in denen diese Darstellung nicht bekannt ist, sollten Zahlen in Mengen von Plättchen übersetzt werden (z.B. blaue Seite) und mithilfe der roten Seite werden die Veränderungen deutlich gemacht. Dies bedeutet insbesondere für die Matheforschervideos, dass sie mit zwei Pfaden gestaltet werden, um den Schüler:innen die Wahl zu überlassen, ob sie nur mit Wendeplättchen vorgehen wollen oder die gemischte Verwendung mit dem wandernden Plättchen nutzen möchten. Eine weitere abzuleitende Implikation betrifft ebenso den Begleitkommentar. Bei einer Aufgabe untersuchen die Schüler:innen, wie eine Veränderung einer Pluszahl sich auf die Zielzahl auswirkt. Dabei ‚akzeptierte‘ die Lehrerin als Begründung die Wenn-Dann-Aussage ‚Wenn die Pluszahl um eins größer wird, dann wird die Zielzahl um zwei größer‘. Daraus folgt, dass im Begleitkommentar Beispiele für mögliche (echte) Begründungen angegeben werden, so dass Lehrer:innen sich daran orientieren können. Für das Lernen von Schüler:innen mit Lernvideos kann abgeleitet werden, dass ein bewusster Umgang mit Hilfen, insbesondere mit Lernvideos, im Mathematikunterricht gepflegt werden sollte. Bei der Pilotierung kam es immer wieder dazu, dass die Kinder die Lernvideos nicht anschauen möchten, weil sie aus dem Unterricht wissen, dass nur leistungsschwächere Schüler:innen solche Hilfen benötigen bzw. dass es ein Zeichen der Schwäche ist ein Hilfsmittel zu verwenden. Dieses Hindernis kann überwunden werden, indem das Nutzen von Hilfsmitteln als gängige Strategie im Alltag wird. Daher gilt es insbesondere die Lehrer:innen dazu zu sensibilisieren, dass sie Hilfsmittel entsprechend positiv in den Alltag einbinden.

Begleitforschung des Projekts

Die Lernumgebung Zahlengitter wird parallel im Sinne der folgenden Forschungsfragen qualitativ beforscht.

1. Wie nutzen Grundschüler:innen Matheforschervideos zu substanziellen Aufgabenformaten zur Förderung der prozessbezogenen Kompetenzen Argumentieren und Darstellen?
2. Inwieweit ergeben sich Herausforderungen und Schwierigkeiten für Grundschüler:innen beim Lernen mit Lernvideos am Beispiel substanzieller Aufgabenformate?

Die Grundschüler:innen werden im Laborsetting zu zweit mit den entsprechenden Aufgaben des Forscherhefts und einem iPad bei der gemeinsamen Entwicklung einer Lösung, insbesondere einer Begründung, gefilmt. Um Aufschlüsse über die Interaktionen der Schüler:innen untereinander und insbesondere mit den Matheforschervideos zu gewinnen, wird mithilfe der Interaktionsanalyse nach Krummheuer (2011) gearbeitet. Darüber hinaus werden die Transkripte mithilfe der qualitativen Inhaltsanalyse nach Mayring (2015) analysiert, um entsprechende Typen herauszuarbeiten.

Ausblick

Im Sinne der fachdidaktischen Entwicklungsforschung werden die Lernumgebung und die Matheforschervideos aktuell weiterentwickelt, so dass noch in 2023 eine weitere Erprobung der Lernumgebung erfolgen wird (für 2024 sind weitere Erhebungen geplant). Hierbei werden auch die ersten Implikationen umgesetzt und überprüft. Ziel ist es neben der erneuten Überprüfung der Lernumgebung weitere Implikationen zum Lernen mit Matheforschervideos für die Praxis abzuleiten. Darüber hinaus werden weitere Schüler:innentandems bei der Bearbeitung der Forscher:innenaufgabe beobachtet, so dass die notwendige Datengrundlage für die Beantwortung der Forschungsfragen sich vervollständigt. Hierzu werden neben eigenen Erprobungen auch Studierende im Praxissemester oder in einem Lernvideoseminar an der WWU Münster Erprobungen erfolgen. Ebenso sollen ggf. die Matheforschervideos auf andere substanzielle Aufgabenformate übertragen werden, um die gewonnenen Erkenntnisse zu überprüfen.

Quellenangaben

- Bezold, A. (2010). *Mathematisches Argumentieren in der Grundschule fördern*. IPN Leibniz-Institut für Pädagogik d. Naturwissenschaften an d. Universität Kiel.
- Findeisen, S., Horn, S. & Seifried, J. (2019). Lernen durch Videos: Empirische Befunde zur Gestaltung von Erklärvideos. *MedienPädagogik*, 2019 (Occ. Papers), 16-36.
- Frischemeier, D.; Maske-Loock, M.; Müller-Späth, J. (2022). Einsatz von Erklärvideos im Mathematikunterricht der Grundschule – Ein möglicher Zugang mit digitalen Pinnwänden. In: Brandt, B.; Bröll, L.; Dausend, H. (Hrsg.), *Digitales Lernen in der Grundschule III – Fachdidaktiken in der Diskussion* (S. 154–169). Münster: Waxmann.
- Hirt, U., & Wälti, B. (2022). *Lernumgebungen im Mathematikunterricht: Natürliche Differenzierung für Rechenschwache bis Hochbegabte*. Klett/Kallmeyer.
- Korntruff, S., & Prediger, S. (2021). Verstehensangebote von YouTube-Erklärvideos – Konzeptualisierung und Analyse am Beispiel algebraischer Konzepte. *Journal für Mathematik-Didaktik*, 43(2), 281-310.
- Krummheuer, G. (2011). Interaktionsanalyse. In: http://www.fallarchiv.uni-kassel.de/backup/wp-content/plugins/old/lbg_chameleon_videooplayer/lbg_vp2/videos//krummheuer_interaktionsanalyse.pdf, 10.03.2011

- Kulgemeyer, C. (2018). Wie gut erklären Erklärvideos? Ein Bewertungs-Leitfaden. *Computer+ Unterricht*, 109, 8-11.
- Mayer, R. E. (2009). *Multimedia learning* (2. Aufl.). Cambridge University Press.
- Mayring, P. (2015). *Qualitative Inhaltsanalyse* (Vol. 14, pp. 159-175). UVK Univ.-Verl. Konstanz.
- Nührenbörger, M. (2010). *Differenzierung und Jahrgangsmischung. Start in den Unterricht. Mathematik Anfangsunterricht* (S. 13-17). Seelze: Friedrich Verlag.
- PIKAS digi (2021). *Lernvideos und digitale Pinnwände zu ausgewählten Inhalten des Mathematikunterrichts der Primarstufe*. PIKAS. Online verfügbar unter https://pikas-digi.dzlm.de/sites/pikasdg/files/uploads/Fortbildung/Lernvideos/fm_lernvideos_digitalepinnwände.pdf, zuletzt geprüft am 12.07.2023 11:30Uhr.
- Rink, R., & Walter, D. (2020). *Digitale Medien im Matheunterricht: Ideen für die Grundschule*. Cornelsen.
- Römer, S.; Nührenbörger, M. (2018). *Entdeckerfilme im Mathematikunterricht der Grundschule – Entwicklung und Erforschung von videobasierten Lernumgebungen*. Dortmund: Universitätsbibliothek Dortmund.
- Scheiter, K., Ninaus, M., & Moeller, K. (2022). Psychologische Perspektiven auf die Gestaltung digitaler Medien für das Lehren und Lernen von Mathematik. In *Digitales Lehren und Lernen von Mathematik in der Schule: Aktuelle Forschungsbefunde im Überblick* (pp. 37-58). Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg.
- Schnell, S. & Schorcht, S. (2022). Mathe-KLIPS – Mit mathematischen Impulsvideos der Heterogenität im Lehramtsstudium Grundschule begegnen. In: Bonow, J., Dexel, T., Rink, R., Schreiber, C., & Walter, D. (2022): *Digitale Medien und Heterogenität*.
- Schön, S. & Ebner, M. (2020). Was macht ein gutes Erklärvideo aus? In: Dorgerloh, S. & Wolf, K.D. (2020): *Lehren und Lernen mit Tutorials und Erklärvideos*. S.75–80. Weinheim: Beltz.
- Sweller, J., et al. (1998). Cognitive architecture and instructional design. *Educational psychology review*, 10, 251-296.
- Vogel, R., & Billion, L. (2021). Mathematische Erkunder- und Erfindervideos mit Aktivierung. In R. Klose & Ch. Schreiber (Hrsg): *Mathematik, Sprache und Medien. Band 7 der Reihe Lernen, Lehren und Forschen mit digitalen Medien der Primarstufe* (S. 61–76). WTM Verlag.
- Wittmann, E. C. (2014). Operative Beweise in der Schul-und Elementarmathematik. *mathematica didactica*, 37(2), 213-232.
- Wolf, K. D. (2015). Video-Tutorials und Erklärvideos als Gegenstand, Methode und Ziel der Medien- und Filmbildung. *Filmbildung im Wandel*, 2.
- Wolf, K. D., & Kulgemeyer, C. (2016). Lernen mit Videos? Erklärvideos im Physikunterricht. *Naturwissenschaften im Unterricht Physik*, 27(152), 36-41.