



Nadine Böhme

## Gestaltung schriftlicher Begleitmaterialien für Erklärvideos im Mathematikunterricht der Grundschule

### Zusammenfassung

*Das Lernen mit Erklärvideos bietet eine Möglichkeit, Schülerinnen und Schülern Inhalte kompakt und digital zu präsentieren. Für eine didaktisch-methodisch sinnvolle Integration in den Unterricht sind Zusatz- und Begleitmaterialien zum Erklärvideo zentral (Schöne, 2022). Unterrichtspraktisch stellt sich die Frage, wie diese Begleitmaterialien lernförderlich gestaltet werden sollen.*

*Im Rahmen des Beitrags wird anhand einer quasi-experimentellen Studie im Prätest-Posttest-Design mit Grundschulkindern von vierten Klassen untersucht, ob unterstützende Bilder in schriftlichen Begleitmaterialien zu einem Erklärvideo zur schriftlichen Division einen Vorteil hinsichtlich des Lernens und der Einschätzung der Kinder erzeugen.*

*Ausgehend von einer Begriffsklärung zum Erklärvideo wird auf die Spezifik des Einsatzes von Erklärvideos mit ihren Vor- und Nachteilen eingegangen. Es werden Erkenntnisse didaktischer und lernpsychologischer Forschung dargestellt, die bei der Gestaltung schriftlicher Begleitmaterialien berücksichtigt werden können.*

*Der Inhalt des Erklärvideos, die schriftliche Division, wird anschließend fokussiert.*

*Im empirisch-methodischen Teil werden die Fragestellung sowie Hypothesen, die Stichprobe, das Untersuchungssetting und die verwendeten Materialien und Erhebungsinstrumente vorgestellt, bevor die Ergebnisse präsentiert werden.*

*Ausgehend von den Ergebnissen hinsichtlich der Leistung und der Einschätzung des Materials durch die Kinder, die einen Vorteil der Variante ohne Bilder zeigen, werden Empfehlungen der Nutzung von Erklärvideos im Mathematikunterricht an Grundschulen sowie für schriftliche Begleitmaterialien herausgearbeitet.*

## **Schlagworte**

*Erklärvideos; Division; Begleitmaterialien; Selbstlernen*

## 1. Einführung

Nicht zuletzt im Zuge der Corona-Pandemie sind Erklärvideos ein zentraler Bestandteil sowohl inner- als auch außerschulischer Lernprozesse von Schülerinnen und Schülern geworden (u.a. Marquardt, 2020; Wetzel & Ludwig, 2021). Während der coronabedingten Schulschließungen nutzten mehr als 45 % der von FORSA (2020) befragten Lehrkräfte der Sekundarstufe I Erklärvideos als Unterrichtsmaterial, womit diese nach Arbeitsblättern die meistgenutzte Ressource waren. Bei den Grundschullehrkräften waren es 27 %, was eine stärkere Zurückhaltung im Vergleich zur Sekundarstufe I sichtbar macht. Auch Studien, welche die Wirksamkeit von Erklärvideos untersuchen, fokussieren oftmals ältere Lernende (u.a. Ploetzner et al., 2021). Untersuchungen bei Grundschulkindern gibt es eher selten.

Nach der KIM-Studie 2020 sind Videos auch in der Lebenswelt von 6 bis 13-Jährigen angekommen und beliebt, spielen aber in der Schule nur eine geringe Rolle (Medienpädagogischer Forschungsverbund Südwest, 2020). Erklärvideos im Besonderen und digitale Medien im Allgemeinen bieten die Chance, dass Schülerinnen und Schüler mehr Verantwortung für den eigenen Lernprozess übernehmen und ihre Selbstständigkeit gefördert wird (KMK, 2017). Offen bleibt, inwieweit Grundschul Kinder in der Lage sind, dieses Potenzial zu nutzen und wie sie dabei unterstützt werden können. Im Rahmen dieses Beitrags steht die Frage im Fokus, wie schriftliche Begleitmaterialien zu Erklärvideos gestaltet werden müssen, damit Kinder selbstständig mit einem Erklärvideo lernen können.

## 2. Erklärvideos – eine begriffliche Annäherung

Eine einheitliche Definition für Erklärvideos gibt es nicht, oftmals bleibt auch ihre Zielstellung unklar (Bednorz & Bruhns, 2021; Wetzel & Ludwig, 2021). Nach einer häufig zitierten Definition sind Erklärvideos „eigenproduzierte Filme, in denen erläutert wird, wie man etwas macht oder wie etwas funktioniert bzw. in denen abstrakte Konzepte erklärt werden“ (Wolf, 2015a, S. 123). Nach Wetzel und Ludwig (2021) liegt nach dieser Definition die Aktivität bei der erklärenden Person, wohingegen die Rolle des Lernenden nicht spezifiziert wird. Eine weitere Definition von Erklärvideos sieht diese als „eigenproduzierte, kurze Filme [an], in denen Inhalte, Konzepte und Zusammenhänge erklärt werden [...], mit

der Intention, beim Betrachter ein Verständnis zu erreichen bzw. einen Lernprozess auszulösen“ (Findeisen et al., 2019, S. 18). Diese Definition beschreibt erweiternd zu Wolf (2015a) auch die Rolle des Lernenden. Bersch et al. (2020) kritisieren in diesem Kontext, dass die Rezeption eines Erklärvideos den Lernenden in eine passive Rolle zwingt. Dies ist gerade bei der Erfassung von mathematischen Inhalten problematisch (Wetzel & Ludwig, 2021). Lernen wird im Sinne einer konstruktivistischen Grundauffassung (Renkl, 2020) als „individueller, aktiver und kumulativer Prozess der eigenständigen Verarbeitung und Konstruktion von Wissen und Fähigkeiten verstanden“ (Hettmann, 2021, S. 10). Wissen kann aus dieser Perspektive nicht direkt vermittelt werden, sondern es muss eine aktive Interpretation und ein daran anschließender Aufbau von Wissen erfolgen (Renkl, 2020). Diese aktive Rolle des Lernenden muss beim Lernen mit Erklärvideos durch eine entsprechende Gestaltung und Einbettung in den Unterricht fokussiert werden. In diesem Artikel werden unter Erklärvideos in Erweiterung der Definition von Wolf (2015a) Filme verstanden, in denen erläutert wird, wie man etwas macht oder wie etwas funktioniert bzw. in denen abstrakte Konzepte erklärt werden, als Basis für eine selbstgesteuerte, aktive Wissenskonstruktion des Lernenden. Der Aspekt der Produktion, ob eigen oder fremd, wird für die begriffliche Fassung nicht als zentral bewertet, da gerade im schulischen Kontext oftmals auch professionell und/oder fremdproduzierte Erklärvideos zum Einsatz kommen.

### 3. Lernen mit Erklärvideos

Erklärvideos sind durch eine kurze, anschauliche und einfache Gestaltung charakterisiert (Wolf, 2015a). Durch die Kürze ergibt sich, dass ein Prinzip oder Konzept oftmals nur an einem oder wenigen Beispielen erklärt wird. Hinsichtlich der optimalen Videolänge gibt es unterschiedliche Ansichten, die u.a. zwischen maximal drei (Simscheck & Kia, 2017) und sechs Minuten (Guo et al., 2014) variieren. Erklärvideos können thematisch wie gestalterisch vielfältig sein (Wolf, 2015b). Nach einer Studie des Rats für kulturelle Bildung (2019) sind die Vorteile der Erklärvideos für 12–19-Jährige die dauerhafte Verfügbarkeit, die Art, wie die Inhalte präsentiert werden, und die Möglichkeit, die Rezeption des Inhalts an die eigenen Bedürfnisse anzupassen (u.a. durch Zurückspulen, etc.). Gerade auch in der Mathematik können Erklärvideos Potenziale entfalten, da dynamische mathematische Prozesse wie das

Vereinigen von Mengen, das Wegnehmen oder auch Drehungen veranschaulicht werden können. Erklärvideos können dabei in allen Unterrichtsphasen genutzt werden (Bersch et al., 2020). Nach Kulgemeyer (2018) ist es bei Erklärvideos im Unterricht zentral, dass die Schülerinnen und Schüler durch geeignete Aufgaben das Gezeigte anwenden müssen.

Trotz vielfältiger Ausgestaltungsarten und Einsatzgebiete gibt es auch Kritik am Einsatz von Erklärvideos. Der Lernerfolg durch Erklärvideos ist im hohen Maße von der fachdidaktischen Qualität abhängig (Korntreff & Prediger, 2021; Kulgemeyer, 2018), wobei diese gerade auch bei öffentlich zugänglichen Erklärvideos auf YouTube nicht immer gegeben ist (Bersch et al., 2020; Korntreff & Prediger, 2021). Ungenügende oder fachlich falsche Erklärungen fallen den Lernenden nicht immer auf und Fachbegriffe werden teilweise nicht korrekt verwendet. Nach Bersch et al. (2020) können fachliche Fehler aus Nutzersicht das Erklärvideo sogar attraktiver gestalten, weil mathematische Inhalte scheinbar vereinfacht dargestellt werden. Die Erklärvideos passen auch nicht immer zum konkreten Unterricht und zum Vorwissen der Lernenden. Die Problematik der fehlenden Passung merkt auch Tenberg (2021) an, denn „nur selten findet man genau die Themen und Inhalte, die für die eigene Lehre passen; manchmal fehlt etwas, manchmal ist es zu viel, manchmal trifft sogar beides zu“ (S. 14). Oftmals mangelt es an einer Einbindung in einen sinnstiftenden Kontext und es werden Gelegenheiten zum eigenständigen Arbeiten durch u.a. Aufforderungen zum Argumentieren nicht genutzt (Bersch et al., 2020). Zusätzlich sind Lernstrategien einzusetzen, falls diese nicht vorhanden sind, entsteht leicht eine ‚Verstehensillusion‘ in dem Sinne, dass Schülerinnen und Schüler denken, es verstanden zu haben, was aber objektiv nicht stimmt (Wolf & Kulgemeyer, 2021). Bersch et al. (2020) kritisieren die passive Rolle des Lernenden und den Fokus auf die Vermittlung prozeduralen Wissens bei Erklärvideos in YouTube. Die Dominanz kalkülorientierter Erläuterungen steht einer Verstehensorientierung entgegen. Aber gerade für ein Verständnis komplexer mathematischer Inhalte müssen beispielsweise mathematische Grundvorstellungen mental konstruiert werden (Korntreff & Prediger, 2021). Auch vermitteln öffentlich zugängliche Erklärvideos teilweise keine positive Einstellung zur Mathematik (Bersch et al., 2020).

Erklärvideos sollten für die Rezipierenden nicht nur ‚nett anzusehen‘ sein, zentral ist, dass die Schülerinnen und Schüler mit diesem

Medium lernen. Bezogen auf YouTube-Videos stellt Kulgemeyer (2018) fest, dass weder die Anzahl an Aufrufen noch die Anzahl an ‚Likes‘ ein Maß für die Erklärkraft des Videos sind. Von daher wäre die Frage zu stellen, wie gut mit Erklärvideos gelernt wird.

Die umfassende Meta-Studie „Visible Learning“ von Hattie (2013) weist für den Einsatz von Erklärvideos im Unterricht eine mittelstarke Wirksamkeit auf die Lernleistung von Schülerinnen und Schülern (Cohen's  $d = .54$ ) aus (Zierer, 2018). Frei et al. (2020) heben jedoch hervor, dass bei der Untersuchung Lern- und Erklärvideo gleichgesetzt wurden. Diese Gleichsetzung stellt eine Einschränkung der Aussagekraft dar. Es mangelt an empirisch fundierten Aussagen zur Lernwirksamkeit des Einsatzes von Erklärvideos. Forschungsergebnisse sind zum Teil aufgrund unterschiedlicher Bedingungen widersprüchlich (u.a. Turner & Webster, 2017; Van der Meij & Van der Meij, 2014). Stärkere Einblicke hinsichtlich der Lernwirksamkeit werden von dem Projekt „FALKE-digital“ erwartet (Frei et al., 2020), da hier der Fokus auf die Produktion und Wirksamkeit von Erklärvideos gelegt wird. Weiterer Forschungsbedarf besteht zur Wirkung von Erklärvideos in der Primarstufe, da Untersuchungen schwerpunktmäßig ältere Lernende fokussieren (u.a. Weidmann & Wempen, 2016).

#### 4. Schriftliche Begleitmaterialien zu Erklärvideos

Nach Wolf und Kulgemeyer (2021) sind Erklärvideos nicht aus sich heraus lernwirksam, sondern sie müssen geeignet in den Unterricht eingebettet werden. Für eine Kompetenzentwicklung ist eine Interaktion des Kindes mit dem Inhalt des Erklärvideos notwendig, die durch begleitende schriftliche Materialien im Sinne einer digitalen Lerneinheit erreicht werden kann. Eine digitale Lerneinheit sollte nach Tenberg (2021) neben dem Video aus *Informationstexten*, *Erschließungsfragen*, *Umsetzungsaufgaben* und *Tests* bestehen.

*Informationstexte* ergänzen das Erklärvideo und stammen zumeist aus Fachbüchern oder werden selbst verfasst.

Mit *Erschließungsfragen* „bzw. über deren Beantwortung soll der Inhalt vollständig erfasst und dabei verstanden werden“ (Tenberg, 2021, S. 60).

*Umsetzungsaufgaben* sind den Erschließungsfragen nachgeordnet. Ihre Bearbeitung setzt ein inhaltliches Verständnis voraus. Sie können dabei auch über den Inhalt des Erklärvideos hinausgehen.

Ein abschließender *Test* kann eine Rückmeldung über die Kompetenzen der Lernenden ermöglichen (Tenberg, 2021).

Bei der Gestaltung schriftlicher Begleitmaterialien für Erklärvideos sollten Erkenntnisse aus der didaktischen und lernpsychologischen Forschung berücksichtigt werden (Ulrich et al., 2015). Als Grundlage können hier die *Cognitive Theory of Multimedia Learning* (CTML; Mayer, 2005) und die *Cognitive Load Theory* (CLT; Sweller, 2011) hinzugezogen werden. Beide Theorien gehen davon aus, dass die lernrelevante Informationsverarbeitung im kapazitätär begrenzten Arbeitsgedächtnis stattfindet (Renkl, 2020). Zielsetzung sollte es sein, durch eine optimale Text- und Bildgestaltung die Belastung des Arbeitsgedächtnisses durch die Arbeitsmaterialien zu reduzieren, sodass mehr kognitive Ressourcen für die Verarbeitung des Lerninhalts verbleiben (Hessel, 2008). Gerade bei komplexen Inhalten, bei denen die Lernenden geringes Vorwissen haben, ist die lernförderliche Gestaltung besonders zentral. Im Kontext der CLT (Sweller, 1994; Sweller et al., 1998) wurden folgende Effekte nachgewiesen:

Der *Effekt der geteilten Aufmerksamkeit* (Split-Attention-Effekt) besagt, dass sich eine räumliche Trennung von aufeinander bezogenen Informationen negativ hinsichtlich der Lernleistung auswirkt.

Der *Modalitätseffekt* postuliert die Lernförderlichkeit, wenn der visuelle und der akustische Teil des Arbeitsgedächtnisses gemeinsam beansprucht werden.

Ausgehend von der CTML (Mayer, 2005) sind in Tabelle 1 noch weitere Gestaltungsempfehlungen aufgeführt.

Gerade bei der Gestaltung von Texten multimedialer Lernangebote sind Strukturierungen und die Verwendung von Orientierungsmarken wichtig (Hessel, 2008). Gezielt eingesetzte Orientierungsmarken heben durch u.a. Umrandungen bestimmte Textteile optisch hervor und steuern somit die Aufmerksamkeit des Lernenden. Eine geeignete Kombination von Grafiken, Bildern, Animationen oder Videos kann motivierend sein und das Verständnis unterstützen (Hessel, 2008).

Eine Metaanalyse von 150 Studien durch Levin et al. (1987) konnte zeigen, dass die Behaltens- und Verstehensleistungen alters- und themenunabhängig gesteigert werden können, sofern Bilder in den Text integriert werden. Der positive Effekt war an die Bedingung gebunden, dass die Bilder komplexe Inhalte illustrieren und die Veranschaulichung für das Verständnis notwendig war.

<b>Prinzip</b>	<b>Gestaltungsempfehlung für Lernmaterialien</b>
<i>Multimediaprinzip</i>	Anreicherung von Texten mit Bildern (statt rein textueller Präsentation der Inhalte)
<i>Kontiguitätsprinzip</i>	Präsentation von Bildern und Texten in räumlicher und zeitlicher Nähe
<i>Kohärenzprinzip</i>	Verzicht auf lernirrelevante Inhalte
<i>Signalprinzip</i>	Unterstreichung und Hervorhebung wichtiger Elemente
<i>Segmentierungsprinzip</i>	Präsentation von Lerneinheiten in lerngerechten Abschnitten; Möglichkeit der Bearbeitung der Inhalte im eigenen Tempo

Tabelle 1: Gestaltungsempfehlungen für Lernmaterialien nach der CTML (Mayer, 2005; 2009)

Herzig (2014) weist darauf hin, dass die empirischen Daten, denen die Gestaltungsempfehlungen zugrunde liegen, in der Regel in experimentellen Studien gewonnen wurden, sodass bei der Übertragung auf schulische Kontexte eventuelle Einflussfaktoren zu möglichen Verzerrungen führen können.

## 5. Schriftliche Division

Die schriftliche Division gilt als das schwierigste der schriftlichen Rechenverfahren (Bathelt et al., 1986; Gerster, 1982), da die Kinder immer wieder die folgenden Schritte vollziehen müssen: die Bestimmung des Teildividenden, die schriftliche Multiplikation und die schriftliche



Subtraktion (Padberg & Büchter, 2015). Zu einer zentralen Voraussetzung gehört das Verständnis des dezimalen Stellenwertsystems (Bathelt et al., 1986). Für die Einführung der schriftlichen Division in den Unterricht werden idealtypisch drei Zugangswege nach Padberg und Benz (2011; 2021) unterschieden, die sich in der Realität jedoch überschneiden:

- die Einführung über Zehnerblöcke oder über Sachsituationen mit dem gerechten Verteilen von beispielsweise Geld,
- die Einführung über die halbschriftliche Strategie des schrittweisen Rechnens oder
- die Einführung über die wiederholte Subtraktion.

Gerade bei der schriftlichen Division zeigen sich vielfältige Fehler bei Kindern. Besondere Probleme bereiten ihnen die Subtraktion, das Bilden der Teilprodukte, Aufgaben mit Nullen im Dividenten oder im Quotienten sowie Aufgaben mit Rest (Bathelt et al., 1986; Padberg & Benz, 2021; Padberg & Büchter, 2015). Ungewohnt im Vergleich zu den anderen schriftlichen Rechenverfahren ist auch die Rechenrichtung von links nach rechts (Schipper et al., 2000).

Um Probleme zu vermeiden, ist das Verständnis der Schülerinnen und Schüler für den Algorithmus zentral (Bathelt et al., 1986; Hahn et al., 2020; Padberg & Büchter, 2015). Eine anschauliche Verbindung des formalen Kalküls und der zentralen inhaltlichen Begründungen der einzelnen Teilschritte ist wichtig, da ansonsten systematischen Fehlern Vorschub geleistet wird (Bathelt et al., 1986).

Jedoch erhalten Grundschul Kinder im Mathematikunterricht oftmals kaum die Gelegenheit, sich den Algorithmus verständlich zu erschließen (Hahn et al., 2020). Hier kann die Nutzung verschiedener Repräsentationsebenen zur Vermittlung von Inhalten nach dem EIS-Prinzip (Bruner et al., 1971) verständnisunterstützend wirken. Lerninhalte können auf der handelnden (enaktiv) und der bildhaften Ebene (ikonisch) sowie durch Schrift- und Zeichensymbole (symbolisch) dargestellt werden, wobei im Unterricht möglichst alle drei Ebenen und auch die Wechsel zwischen ihnen angesprochen werden sollten.

Neue Medien versprechen durch die Parallelisierung verschiedener Repräsentationsebenen und die Veranschaulichung dynamischer Vorgänge besondere Zugangswege zu mathematischen Inhalten (Bersch et

al., 2020). Das Verständnis wird unterstützt, wenn die Folge und Logik der Rechenschritte als Protokollierung einer Handlung verstanden und unter Berücksichtigung einer abgestimmten Verknüpfung zwischen Handlung, Sprache und Symbolik im Unterrichtsgeschehen aufgearbeitet wird (Hahn, 2011).

Bezogen auf den Algorithmus der schriftlichen Division sollten die Kinder unabhängig davon, welche Medien (traditionell oder digital) zur Veranschaulichung genutzt werden, im Unterricht unterstützt werden, den Algorithmus zu verstehen und nicht nur anzuwenden. Denn der Wert des Erlernens dieses Verfahrens ergibt sich u.a. aus der vertieften Einsicht in das Stellenwertsystem, dem Denken in logisch aufeinanderfolgenden Schritten, der Einsicht in die Ökonomie des Formalismus und der Vorbereitung auf zahlreiche mathematische Inhalte in den weiterführenden Schulen (u.a. Bender, 2004; Hahn, 2011). Jedoch werden schriftliche Rechenverfahren auch kritisch betrachtet, da u.a. im Zuge der technischen Entwicklung die lebenspraktische Bedeutung der schriftlichen Division abnimmt (Schipper et al., 2000), sodass die Frage entsteht, ob die Behandlung der schriftlichen Rechenverfahren im Zuge der Fülle des Lehrplans nicht eingeschränkt werden sollte (Bender, 2004). Für die Behandlung der schriftlichen Division in der Sekundarstufe spricht auch die unvollständige Behandlung in der Grundschule, ohne zwei- oder mehrstellige Divisoren (Schipper et al., 2000).

Trotz aller Kritik gehört die schriftliche Division in einigen Bundesländern zum Inhalt der Klassenstufe 4, obwohl laut der Bildungsstandards für das Fach Mathematik im Primarbereich nur das Verständnis und die Anwendung der schriftlichen Verfahren der Addition, Subtraktion und Multiplikation verbindliche Inhalte sind (KMK, 2022).

## 6. Fragestellung und Vorgehensweise

Im Rahmen einer vierstündigen Unterrichtseinheit sollen Kinder von vierten Klassen sich selbstständig den Algorithmus der schriftlichen Division anhand eines Erklärvideos mit ergänzendem Begleitheft erarbeiten. Das Begleitheft wird in einer Gruppe mit unterstützenden Bildern und in der anderen Gruppe ohne unterstützende Bilder angeboten. In dem Begleitheft werden Erschließungsfragen (Tenberg, 2021) zum *Verständnis des Algorithmus* anhand des Beispiels aus dem Erklärvideo und

Umsetzungsaufgaben (Tenberg, 2021) zur *Anwendung des Algorithmus* der schriftlichen Division angeboten.

In dem Begleitheft mit unterstützenden Bildern werden Screenshots aus dem Video eingefügt, um den Bezug der jeweiligen Frage aus dem Begleitheft zu der jeweiligen Stelle im Video herzustellen und den Textinhalt der Frage zu veranschaulichen.

In der Untersuchung steht die Gestaltung der schriftlichen Begleitmaterialien für ein selbstständiges Lernen der Kinder im Fokus. Diese selbstständige Erarbeitung verlangen Konzepte wie das Flipped Classroom, indem die Lernenden sich Inhalte anhand digitaler Materialien selbstständig erschließen und die Unterrichtszeit für die Übung und Festigung genutzt wird. Auch zukünftig können sich im Zuge von „Emergency Remote Teaching“ (Hodges et al., 2020) bzw. als Auswirkung des Lehrkräftemangels Phasen des Distanzlernens bzw. Blended-Learnings ergeben, sodass die Frage der Gestaltung von Lernmaterialien für Phasen des Selbstlernens weiterhin Relevanz besitzt. Im Rahmen der Erhebung werden keine inhaltlichen Fragen durch die Lehrkraft beantwortet, um die Ergebnisse nicht zu beeinflussen.

Bilder können vor allem das Erlernen von komplexen Inhalten unterstützen (vgl. Abschn. 4). Es wird ein Mehrwert durch die Integration von Bildern in die Begleithefte erwartet, da die schriftliche Division ein sehr komplexer Inhalt ist und die Kinder der Stichprobe kein spezifisches, auf die Schritte des Algorithmus bezogenes Vorwissen haben.

Im Mittelpunkt der Studie steht die Fragestellung:

Wie wirkt sich die Integration von unterstützenden Bildern in Begleitmaterialien zu Erklärvideos auf die Kompetenzen der schriftlichen Division und die Einschätzung des Materials durch die Grundschul Kinder aus?

Für die Beantwortung dieser Fragestellung sollen zwei Hypothesen überprüft werden:

1. Es zeigen sich Unterschiede hinsichtlich der Leistung, je nachdem, ob Kinder das Erklärvideo mit einem Begleitheft mit Bildern oder ohne Bilder verwenden.

2. Es zeigen sich Unterschiede hinsichtlich der schülerbezogenen Einschätzung, je nachdem, ob Kinder das Erklärvideo mit einem Begleitheft mit Bildern oder ohne Bilder verwenden.

## 7. Methode

### 7.1 Stichprobe

An der Studie nahmen vier vierte Klassen aus Thüringen über einen Zeitraum von vier Wochen im Januar 2020 teil. Es wurden Daten von 68 Grundschulkindern in die Auswertung einbezogen, die während der gesamten Erprobung anwesend waren.

42.1 Prozent der Kinder waren weiblich. Sie waren durchschnittlich 9.4 Jahre ( $SD = .55$ ) alt. 36 Kinder aus zwei Klassen arbeiteten mit dem Begleitheft der Version 1 (mit Bildern) und 32 Kinder der beiden anderen Klassen nutzten das Begleitheft der Version 2 (ohne Bilder).

### 7.2 Durchführung

Innerhalb der vierwöchigen Untersuchung arbeiteten die Kinder eine Stunde wöchentlich mit dem Erklärvideo. Jedes Kind arbeitete am eigenen Tablet.

In der ersten Woche absolvierten die Kinder einen Vorwissenstest und füllten einen Fragebogen zu ihren Vorerfahrungen zum Umgang mit digitalen Medien aus. Zusätzlich wurde der Umgang mit dem Tablet anhand eines anderen Erklärvideos geübt.

In der zweiten und dritten Woche konnten sich die Kinder mit dem Erklärvideo und den schriftlichen Begleitmaterialien das schriftliche Divisionsverfahren erarbeiten. Sie sollten zuerst die Erschließungsfragen und im Anschluss die Umsetzungsaufgaben bearbeiten. Es gab keine inhaltlichen Hilfen durch die Lehrperson und keinen Austausch unter den Kindern. Dieses Vorgehen wurde gewählt, da die Wirkung der Gestaltung der schriftlichen Materialien im Fokus stand und eine Beeinflussung durch u.a. unterstützende Erklärungen der Lehrperson vermieden werden sollte. Vor der Videorezeption wurden Fachbegriffe wie ‚Zehner‘ in allen Gruppen wiederholt.

In der vierten Woche absolvierten die Grundschul Kinder einen Abschlusstest und beantworteten einen schriftlichen Fragebogen, in dem sie um ein Feedback zu dem Erklärvideo gebeten wurden. Die Fragen

wurden den Kindern von der Lehrperson vorgelesen. Die Kinder wurden auch gefragt, inwiefern andere Personen (z.B. Eltern) ihnen beim Erlernen der schriftlichen Division geholfen haben. Es zeigten sich keine Unterschiede zwischen den Gruppen hinsichtlich der angegebenen Hilfe durch Dritte.

### 7.3 Untersuchungsmaterialien

#### Das Erklärvideo

Das Erklärvideo wurde in Zusammenarbeit mit Studierenden der Bauhaus-Universität Weimar entwickelt (Dauer: 3 min 5 sec.). Es wird zur Einführung in die Division eine Sachsituation zum gerechten Verteilen von 834 Gummibärchen an drei Schulklassen dargestellt (Hahn et al., 2020). Nach Kulgemeyer (2018b) sollen Erklärvideos Kontexte verwenden, die aus dem Alltag der Zielgruppe stammen, um ihr Interesse zu wecken. Die Verwendung von Gummibärchen im Video wurde von Kindern im Rahmen mehrerer Erhebungen positiv hervorgehoben (Hahn & Böhme, 2021; Hahn et al., 2020). Durch die Stückelung in einzelne Gummibärchen sowie kleine und große Gummibärchentüten werden im Erklärvideo Bündelungen und Entbündelungen anschaulich verdeutlicht (vgl. Abb. 1). Im Video wird auch die Entsprechung der einzelnen Verpackungen zu den Stellenwerten erklärt. Ein Nachteil der Veranschaulichung des dezimalen Stellenwertsystems durch Gummibärchen ist, dass in der Realität diese Zehnerbündelungen nicht vorkommen, es trifft nicht zu, dass zehn Gummibärchen in einer kleinen Tüte und zehn kleine Tüten in einer größeren Verpackung sind.

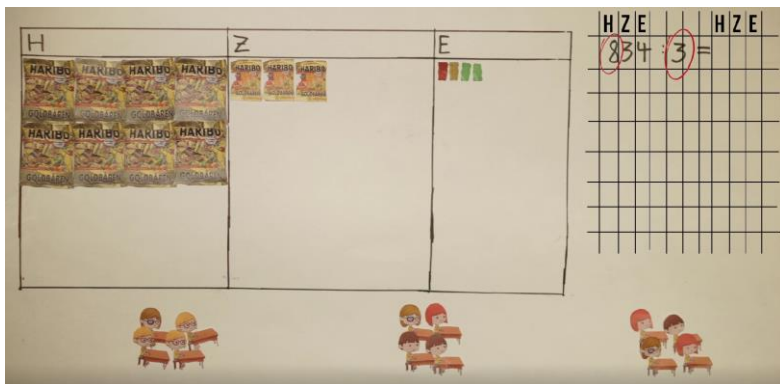


Abbildung 1: Ausschnitt aus dem Erklärvideo

Im Rahmen des Erklärvideos wird der fachliche Inhalt der schriftlichen Division auf allen drei Ebenen des EIS-Prinzips (Bruner et al., 1971) veranschaulicht (vgl. Abb. 1). Die drei Klassen werden dabei jeweils anhand einer Schülertischgruppe veranschaulicht.

Im linken Bereich werden die Stellenwerte mit einzelnen Gummibärchen bzw. Packungen verschiedener Größe in einer Stellenwerttafel dargestellt (*ikonische Darstellung*).

Im rechten Bereich erfolgt die passende symbolische Notation der Rechenaufgabe (*symbolische Darstellung*).

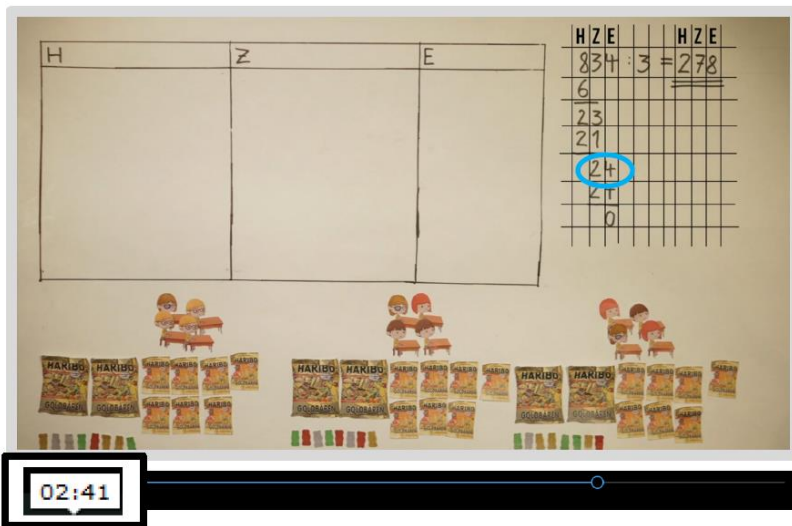
Im Film werden das schrittweise Verteilen und Entbündeln simuliert, indem bspw. der Inhalt einer kleinen Gummibärchentüte verteilt wird. In einer kleinen Tüte Gummibärchen sind dann entgegen der Wirklichkeit genau zehn Gummibärchen enthalten. Das Verteilen der Gummibärchen erfolgt dabei als reale Handlung, was man als *virtuell-enaktiv* (Walter, 2018) bezeichnen kann.

Die Kommentierung, passend zur Visualisierung in der Stellenwerttafel und der Notation, sollte sich nach dem Modalitätseffekt (Sweller et al., 1998) lernförderlich auswirken. Durch die gewählte Darstellung soll der Algorithmus der schriftlichen Division als Protokollierung einer Handlung für die Kinder begreifbar werden (Hahn, 2011). Das Erklärvideo wird in allen Erprobungsklassen eingesetzt.

### *Die Begleithefte*

Die Begleithefte für beide Untersuchungsgruppen waren identisch aufgebaut. Den ersten Teil bilden Erschließungsfragen (Tenberg, 2021) mit einem direkten Bezug zum Video. Durch diese Fragen sollen die Kinder ein Verständnis für die einzelnen Rechenschritte erarbeiten (vgl. Abb. 2 und 3). Wolf und Kulgemeyer (2021) empfehlen, dass Lernende vor der Anwendung des Wissens gezielt Fragen zu den Kernaussagen des Erklärvideos erhalten, die verlangen, dass die Lernenden selbstständig Erklärungen zu dem gesehenen Inhalt erarbeiten. Durch die einzelnen Erschließungsfragen sollen die Kinder sich den Algorithmus Schritt für Schritt anhand des Beispiels im Erklärvideo erschließen.

Im Rahmen einer Erschließungsfrage sind sie beispielsweise aufgefordert, auszuschreiben, warum mit 24 Einern und nicht mit 20 Einern gerechnet wird (vgl. Abb. 2). Durch diese Erschließungsfrage sollen die Kinder darauf aufmerksam gemacht werden, dass nach dem Entbündeln der Differenz in die nächstkleinere Einheit diese mit der vorhandenen Anzahl der zugehörigen Einheit zusammengefasst wird (Nührenbörger et al., 2019).

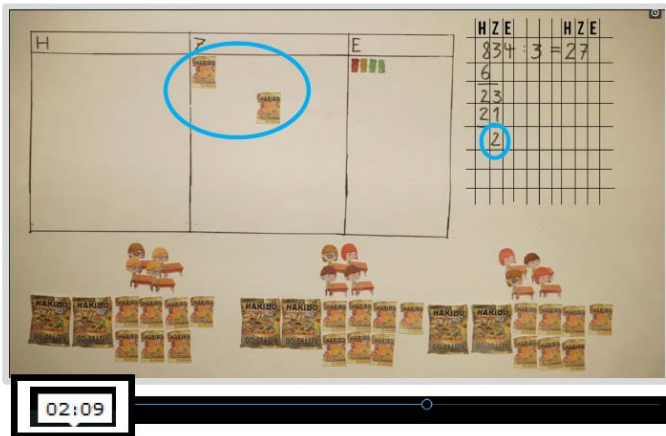


Warum wird mit 24 Einern und nicht mit 20 Einern gerechnet? Erkläre!

Abbildung 2: Erschließungsfrage aus dem Begleitheft der Variante 1 (mit Bildern)

Inhaltlich sind die Erschließungsfragen in beiden Begleitheften bis auf zwei zusätzliche Fragen in der Variante mit Bild identisch. Die zusätzlichen Fragen bestehen darin, dass die Kinder bei den Screenshots etwas einkreisen sollen (vgl. Abb. 3). In jedem Heft wird die zur jeweiligen Frage passende Abspielzeit aus dem Video notiert, damit die Kinder es leichter wiederfinden (vgl. Abb. 2).

Im Begleitheft der Variante 1 werden ergänzend Screenshots aus dem Video verwendet, wobei sich die Gestaltung an zentralen Prinzipien der CLT (Sweller, 1994; Van Merriënboer & Sweller, 2005) und CMTL nach Mayer (2005; 2009) orientiert (vgl. Abschn. 4).



a) Wo findest du die 21 Zehner (kleine Gummibärchentüten), die verteilt wurden? Kreise im Bild ein!

b) Es bleiben wieder 2 Rest – wie geht es nun weiter? Schreibe!

---

---

Abbildung 3: Erschließungsfragen aus dem Begleitheft der Variante 1 (mit Bildern)

Gerade bei komplexen Inhalten wird ein Vorteil bei der gemeinsamen Text-Bild-Präsentation erwartet (Multimediaprinzip; Mayer, 2005). Der Algorithmus aus dem Video wird in zentrale Bilder aufgeteilt (Segmentierungsprinzip; Mayer, 2005). Es werden nur die Bilder eingefügt, die für das Verständnis als notwendig erachtet werden (Kohärenzprinzip; Mayer, 2005). Die Bilder und der Text sind in räumlicher Nähe (Kontiguitätsprinzip; Mayer, 2005) und wichtige Aspekte werden durch Orientierungsmarken hervorgehoben (Signalprinzip; Mayer, 2005).



Bei den Erschließungsfragen in dem Begleitheft der Variante 2 werden keine Screenshots verwendet (vgl. Abb. 4)

In den Abbildungen 3 und 4 sind Abschnitte der zwei Begleithefte einander gegenübergestellt. In der Variante mit Bildern wird in der Teilaufgabe b der Rest sowohl im Text als auch im Screenshot blau eingekreist (Orientierungsmarke; Hessel, 2008). Die Kinder sollen aufschreiben, wie es nun weitergeht. Durch die Hervorhebung der zwei größeren Gummibärchentüten in der Stellenwerttafel und in der Rechnung im Screenshot soll der Zusammenhang zwischen den Repräsentationsebenen stärker unterstützt werden (vgl. Abb. 3).

Im Begleitheft ohne Bilder wird nur die symbolische Repräsentation des gleichen Rechenschrittes dargestellt (vgl. Abb. 4). Die Teilaufgabe a ist eine der zwei zusätzlichen Aufträge in Variante 1 (vgl. Abb. 3).

In der Rechnung bleiben wieder **2** Rest – wie geht es nun weiter? Schreibe!

The image shows a screenshot of a math problem on a grid background. The problem is  $834 : 3 = 27$ . Below the equation, the number 6 is written, followed by a horizontal line, then 23, then 21, and finally a circled 2. To the left of the grid, there is a timer showing 02:09. Below the grid, there are two horizontal lines for writing.

Abbildung 4: Erschließungsfrage aus dem Begleitheft der Version 2 (ohne Bilder)

Der zweite Teil der Begleithefte besteht aus identischen Divisionsaufgaben (z.B.  $762 : 3$ ) als Umsetzungsaufgaben (Tenberg, 2021). Im Anschluss an ein Verständnis des Algorithmus durch das Erklärvideo und die Bearbeitung der Erschließungsfragen sollen die Kinder bei den Umsetzungsaufgaben die schriftliche Division bei verschiedenen Aufgaben mit

einem einstelligen Divisor und dreistelligen Dividenden anwenden. Die Aufgaben haben keinen direkten Bezug zum Video.

Für die Auswertung werden den Aufgaben Punktwerte zugeordnet. Im Begleitheft können die Kinder zehn Punkte bei den Erschließungsfragen und 44 Punkte durch die Umsetzungsaufgaben erhalten. In der Variante 1 können durch die zwei zusätzlichen Aufträge zwölf Punkte bei den Erschließungsfragen erzielt werden. Bei den Umsetzungsaufgaben gibt es vier Punkte pro Teilaufgabe mit dreistelligem Ergebnis (jeweils ein Punkt pro richtig berechnete Stelle und ein zusätzlicher Punkt für die im Sinne des Algorithmus richtige Schreibweise).

## 7.4 Instrument- und Skalenbeschreibung

### *Prätest*

Der Prätest (maximal 22 Punkte) zielt auf die Erfassung notwendiger Vorkenntnisse zum Erwerb der schriftlichen Division und besteht aus vier Aufgabenkomplexen.

- Zwei Aufgaben (max. sechs Punkte) erfassen das Stellenwertverständnis, eine davon in Kombination mit einem Zahlvergleich (vgl. Abb. 5). Bei beiden Aufgaben muss der Stellenwert der Ziffern identifiziert und bei der Zahlbildung sowie in der Folge beim Zahlvergleich beachtet werden.
- Die Kinder müssen zehn Grundaufgaben der Division lösen (max. zehn Punkte). Dabei gibt es auch eine Aufgabe mit Null im Dividenten.
- Zu einer vorgegebenen Divisionsaufgabe ( $24 : 8$ ) müssen die Kinder zur Erfassung des Operationsverständnisses eine passende Rechengeschichte formulieren (max. zwei Punkte).
- Die Lernenden sollen zwei Divisionsaufgaben ( $78 : 6$  und  $136 : 8$ ) halbschriftlich lösen und ihren Rechenweg notieren (max. vier Punkte).

Setze das richtige Zeichen ein: < = >

7 E 3 H 5 Z  735

468  3 H 16 Z 8 E

5 + 30 + 800  538

Abbildung 5: Beispielaufgabe zur Erfassung des Stellenwertverständnisses

*Posttest*

Um Unterschiede hinsichtlich der Leistung zu erfassen (Hypothese 1), wird ein Posttest (max. elf Punkte) konstruiert. Analog zum Aufbau der Begleithefte, in denen das Verständnis (Erschließungsfragen) und die Ausführung des Algorithmus (Umsetzungsaufgaben) fokussiert wird, erfasst der Posttest auch beide Aspekte.

2. Anna hat gerechnet. Überprüfe die Rechnung.

9	9	6	:	4	=	2	3	1	9
8									
1	9								
1	2								
	7								
	4								
	3	6							
	3	6							
		0							

Was muss Anna beim Rechnen beachten?

Abbildung 6: Beispielaufgabe zu „Finde-den-Fehler“ aus dem Posttest

Im Posttest kommen folgende Aufgaben zum Einsatz:

- Für die Erfassung eines Verständnisses des Algorithmus werden zwei Aufgaben im Format „Finde den Fehler“ eingesetzt (vgl. Abb. 6). Das Aufgabenformat erfordert neben dem Erkennen des Fehlers

die Erklärung, was das jeweilige Kind beachten muss (max. vier Punkte). Es wird jeweils ein Punkt gegeben, wenn der Fehler erkannt wird und die Erklärung richtig ist.

- Um zu erfassen, ob die Kinder den Algorithmus richtig ausführen können, sollen sie zwei Divisionsaufgaben schriftlich lösen ( $774 : 3$  und  $8718 : 6$ ). Es können sieben Punkte erzielt werden, jeweils ein Punkt pro richtig berechnete Stelle.

### *Fragebogen*

Um Unterschiede in der schülerbezogenen Einschätzung des Videos zu erfassen (Hypothese 2), sollen die Kinder nach der Erprobung angeben, wie ihnen das Video gefallen hat. Es kommen folgende Items mit einer siebenstufigen Likert-Skala zum Einsatz:

- Die Geschichte, die im Video erzählt wird, fand ich... [gar nicht interessant (1) – sehr interessant (7)]
- Die Gestaltung des Videos fand ich... [gar nicht gut (1) – sehr gut (7)]
- Das was ich im Video gehört habe (also z.B. den Sprecher und die Geräusche) fand ich... [gar nicht gut (1) – sehr gut (7)]
- Die Erklärung des Rechenweges im Video habe ich... [gar nicht verstanden (1) – sehr gut verstanden (7)]
- Mit der Steuerung (vor- und zurückspulen, zu einer bestimmten Stelle springen, pausieren) des Videos kam ich... [gar nicht zurecht (1) – sehr gut zurecht (7)]

Zusätzlich werden die Kinder schriftlich gefragt, was sie besonders gut bzw. schlecht an dem Video finden.

## **8. Ergebnisse**

### **8.1 Deskriptive Darstellung der Ergebnisse des Leistungstests**

Die Kinder erreichten im Prätest durchschnittlich 13.29 Punkte ( $SD = 2.82$ ) (vgl. Tab. 2). Probleme zeigten sich im Prätest vor allem beim Stellenwertverständnis und beim Verfassen der Rechengeschichte. Es zeigten sich keine signifikanten Unterschiede zwischen den Klassen der zwei Versuchsbedingungen.

In den Wochen 2 und 3 konnten insgesamt 54 Punkte bzw. 56 Punkte erzielt werden. In Tabelle 2 werden einerseits die Gesamtpunkte für die Bearbeitung der Begleithefte in der zweiten und dritten Woche aufgeführt. Zusätzlich sind die Punkte für die Erschließungsfragen separat dargestellt, die ein inhaltliches Verständnis fokussierten. Die Kinder der ersten Variante erreichten durchschnittlich elf Punkte, während die Kinder der zweiten Variante durchschnittlich 26 Punkte in der zweiten und dritten Woche erzielten (vgl. Tab. 2).

Es zeigen sich auch Vorteile der Bedingung ohne die Bilder bei den Erschließungsfragen separat in der zweiten und dritten Woche, da die Kinder fast doppelt so viele Punkte erzielten. Ein ähnliches Bild zeigt sich auch im Posttest, da die Kinder der Variante ohne Bild fast doppelt so viele Punkte erreichten.

	Prätest	Woche 2/3 (EF & UA)	Woche 2/3 (EF)	Posttest
	<i>M (SD)</i>	<i>M (SD)</i>	<i>M (SD)</i>	<i>M (SD)</i>
Variante mit Bild	12.91 (3.07)	11.11 (12.26)	2.70 (1.83)	2.43 (2.67)
Variante ohne Bild	13.74 (2.46)	26.06 (16.17)	5.10 (2.61)	5.20 (3.32)
Gesamt	13.29 (2.82)	17.93 (15.94)	3.79 (2.51)	3.67 (3.26)

Anmerkungen: EF = Erschließungsfragen, UA = Umsetzungsaufgaben, *SD* = Standardabweichung, *M* = Mittelwert

Tabelle 2: Deskriptive Auswertung der erfassten Leistungen der Kinder

### 8.3 Deskriptive Darstellung der Ergebnisse des Fragebogens

Die Kinder wurden um eine Bewertung des Erklärvideos gebeten (vgl. Tab. 3). Das Video wurde von den Kindern in beiden Gruppen eher als interessant eingeschätzt und die Videogestaltung sowie der Ton als eher gelungen bewertet. Die Kinder gaben an, dass sie keine Probleme bei der Steuerung hatten. Unterschiede zeigten sich hinsichtlich der Einschät-

zung der Verständlichkeit des Erklärvideos. In der Gruppe mit den Bildern zeigte sich eine neutrale Haltung, während sich in der Variante ohne Bilder eine positivere Einschätzung zeigte (vgl. Tab. 3).

Item	Mit Bild		Ohne Bild	
	<i>MW</i>	<i>SD</i>	<i>MW</i>	<i>SD</i>
Die Geschichte, die im Video erzählt wird, fand ich... [gar nicht interessant (1) – sehr interessant (7)]	5.16	1.50	5.84	1.44
Die Gestaltung des Videos fand ich... [gar nicht gut (1) – sehr gut (7)]	5.35	1.64	6.06	1.37
Das, was ich im Video gehört habe (also z.B. den Sprecher und die Geräusche) fand ich... [gar nicht gut (1) – sehr gut (7)]	5.24	1.86	5.71	1.72
Die Erklärung des Rechenweges im Video habe ich... [gar nicht verstanden (1) – sehr gut verstanden (7)]	3.73	2.00	5.00	2.37
Mit der Steuerung (vor- und zurückspulen, zu einer bestimmten Stelle springen, pausieren) des Videos kam ich... [gar nicht zurecht (1) – sehr gut zurecht (7)]	6.95	.29	6.87	.43

Anmerkungen: *SD* = Standardabweichung, *M* = Mittelwert

Tabelle 3: Deskriptive Auswertung der Einschätzung zum Video

Die Kinder wurden auch gefragt, was sie an dem Video gut bzw. schlecht fanden. Diese Aussagen wurden mittels qualitativer Inhaltsanalyse nach Mayring (2015) ausgewertet und kategorisiert. Elf Kinder beider Gruppen gaben an, dass sie die Erklärungen gut fanden, wobei sieben Kinder in der Variante 2 waren. Die Kinder bewerteten positiv, dass mit Gummibärchen gerechnet wurde (15 Nennungen). Die Kinder erwähnten auch die Steuerung als positiven Aspekt (sechs Nennungen). Acht Kindern hat alles gefallen.

Interessant sind auch die negativen Einschätzungen: elf Kinder gaben an, dass sie nichts schlecht fanden, wobei die Mehrheit mit sieben Nennungen in der Variante ohne Bilder war. Zehn Kinder kritisierten die Verständlichkeit, davon waren neun Kinder aus der Variante mit Bildern. Eine Beispielaussage lautet, „dass ich das leider mit dem Rechnen nicht verstanden habe.“

## 9. Hypothesenprüfung

### 9.1 Hypothese 1: Unterschiede in der Leistung

Um Unterschiede der zentralen Tendenzen zwischen den beiden Gruppen hinsichtlich der Leistung zu erfassen, wurde aufgrund der fehlenden Voraussetzungen für parametrische Verfahren ein Mann-Whitney-U-Test eingesetzt. Die Summe im Prätest unterscheidet sich nicht zwischen den Gruppen ( $U = 463.50$ ,  $Z = -.1.37$ ,  $p = .17$ ). Es zeigen sich signifikante Unterschiede in der Summe im Posttest ( $U = 268.50$ ,  $Z = -.3.65$ ,  $p > .001$ ), in der Gesamtsumme des Begleithefts ( $U = 254.50$ ,  $Z = -.3.93$ ,  $p > .001$ ) bzw. der Summe der Erschließungsfragen separat ( $U = 276.50$ ,  $Z = -.3.70$ ,  $p > .001$ ). Die Hypothese, dass es Leistungsunterschiede zwischen den Gruppen hinsichtlich der Leistung gibt, kann daher für den Posttest und die Leistung in den Begleitheften als bestätigt angenommen werden.

### 9.2 Hypothese 2: Unterschiede in der Einschätzung des Videos

Um Unterschiede der zentralen Tendenzen zwischen den beiden Gruppen hinsichtlich der Einschätzungen des Videos zu erfassen, wurde aufgrund fehlender Voraussetzungen erneut ein Mann-Whitney-U-Test eingesetzt. Es zeigen sich signifikante Unterschiede bei der Einschätzung der Geschichte ( $U = 416.50$ ,  $Z = -.1.99$ ,  $p > .05$ ), der Gestaltung ( $U = 416.50$ ,  $Z = -.2.03$ ,  $p > .05$ ) und der Erklärung des Rechenweges ( $U = 378.50$ ,  $Z = -.2.45$ ,  $p > .05$ ). Kein signifikanter Unterschied zeigt sich beim Ton ( $U = 478.50$ ,  $Z = -.1.22$ ,  $p = .22$ ) und der Steuerung ( $U = 548.00$ ,  $Z = -.69$ ,  $p = .49$ ). Die Hypothese, dass es Unterschiede in den Einschätzungen der Kinder zum Video gibt, kann daher als teilweise bestätigt angenommen werden.

## 10. Diskussion

Im Rahmen des Beitrags steht die Frage im Fokus, wie schriftliche Begleitmaterialien für Erklärvideos gestaltet werden sollten. Bezogen auf die Hypothesen zeigt sich, dass sich sowohl hinsichtlich der Leistung als auch der schülerbezogenen Einschätzung Unterschiede zeigen, je nachdem, ob Kinder das Erklärvideo mit einem Begleitheft mit Bildern oder ohne Bilder verwendet haben.

Bezogen auf die Leistung der Grundschul Kinder ist in beiden Gruppen festzustellen, dass die Kinder auch nach der Arbeit mit dem Begleitheft

und dem Erklärvideo überwiegend noch Probleme mit dem Algorithmus haben. Bei der Auswertung zeigt sich, dass die Kinder die erste Quotienzenziffer mehrheitlich richtig ermittelten, aber die anschließenden Rechenschritte problembehaftet waren.

Etwa 15 Prozent der Kinder geben bei den offenen Fragen an, dass sie den Inhalt anhand des Videos nicht verstanden haben. Aus dem Ergebnis sollte man nicht schlussfolgern, dass 85 Prozent der Kinder das Erklärvideo verständlich fanden. Es kann sein, dass es für weitere Kinder unverständlich war, aber sie es nicht erwähnenswert fanden. Zusätzlich ist es möglich, dass die Kinder nicht gemerkt haben, dass sie das Erklärvideo nicht verstanden haben. Hierfür sind metakognitive Kompetenzen erforderlich, im Sinne des Denkens über das eigene Denken (Renkl, 2020). Es bleibt offen, inwiefern die Kinder der Studie hierzu in der Lage waren, da die Auswertung der Begleithefte erst nach der Untersuchung stattfand und sie während der Bearbeitung keine Rückmeldung hinsichtlich der Richtigkeit erhielten. Eventuell hatten die Kinder durch das fehlende Feedback auch eine ‚Verstehensillusion‘ (Wolf & Kulgemeyer, 2021). Nicht umsonst hebt Hattie (2013) die Wichtigkeit von Feedback im Lernprozess hervor.

Für die Förderung des Verständnisses sollten Erschließungsfragen im Begleitheft dienen, aber diese können nur dann verständnisfördernd sein, wenn sie an den Interessen und am Vorwissen der Kinder ansetzen (Tenberg, 2021; Wolf & Kulgemeyer, 2021). Eventuell hat das Erklärvideo in der betrachteten Studie die Lernvoraussetzungen der Kinder nicht gut genug berücksichtigt. Im Vortest zeigten sich mehrheitlich eher durchschnittliche Leistungen insbesondere bezogen auf das Stellenwertsystem, sodass die Erklärung des Entbündelns im Video eventuell zu anspruchsvoll war. Eine schlechte Passung an die Lernvoraussetzungen der Kinder kann die geringen Lösungsquoten während der Arbeit mit den Begleitheften und im Abschlusstest sowie die angegebenen Verständnisprobleme erklären.

Im Video wurde ein starker Fokus auf die Parallelität der Repräsentationsebenen gelegt, indem beispielsweise die passende Bündelung zum Notationsschritt in der Stellenwerttafel veranschaulicht wurde. Eventuell findet der übliche Mathematikunterricht der Kinder der Stichprobe eher auf der symbolischen Ebene statt, sodass der Repräsentationswechsel im Video eine zusätzliche Herausforderung für sie darstellte und das Verständnis eher erschwerte. Auch kann durch die ungewohnten



Repräsentationswechsel der subjektive Eindruck des unzureichenden Verständnisses in der Befragung erzeugt worden sein. Im Unterrichtsgespräch wird eine Lehrkraft idealerweise diese fehlende Passung zwischen Vorwissen und dem Lernmedium auffangen, was bewusst in der Studie nicht gewollt war, da die Gestaltung von schriftlichen Begleitmaterialien zum Selbstlernen im Fokus stand.

Auch kann die Veranschaulichung der Stellenwerte über Gummibärchen, die in der Realität nicht in einer dekadischen Strukturierung vorkommen, trotz des Mehrwerts des anschaulichen (Ent-)Bündelungsprozesses und der positiven Rückmeldung durch die Kinder (Hahn et al., 2021) zum Unverständnis beigetragen haben. Bei der schriftlichen Division wird ausgehend vom größten Stellenwert des Dividenden geprüft, wie häufig der Divisor in die Anzahl dieser Bündelungseinheit hineinpasst. Die Differenz wird in die nächstkleinere Einheit entbündelt und mit der vorhandenen Anzahl der zugehörigen Einheit zusammengefasst (Nührenbörger et al., 2019).

Gegebenenfalls hat die in der Realität fehlende dekadische Strukturierung der Gummibärchentüten an dieser Stelle zu Problemen geführt, sodass die Kinder bei der Aufgabe aus dem Video (vgl. Abb. 1) beispielsweise nicht verständlich fanden, dass die zwei verbleibenden Hunderter in 20 Zehner entbündelt und mit den drei vorhandenen Zehnern zusammengefasst werden. Auch im Prätest zeigten sich Schwächen im Stellenwertverständnis (vgl. Abschn 8.1), die ggf. in Kombination mit der ungünstig gewählten Visualisierung zu Problemen führten. Auch kann es sein, dass trotz des Verständnisses des Beispiels aus dem Erklärvideo die Kinder den Algorithmus nicht auf andere Beispiele und andere Differenzen übertragen konnten. Zur Visualisierung sollten daher trotz der positiven Resonanz bei der Zielgruppe eher Sachsituationen mit dem gerechten Verteilen von beispielsweise Geld als Dezimalwährung genutzt werden (Padberg & Benz, 2011). Die Anwendung des Algorithmus aus dem Erklärvideo wird unabhängig von der gewählten Visualisierung erschwert, da das Verfahren nur an Beispielen erklärt wird.

Wolf und Kulgemeyer (2021) empfehlen bei einer direkten Einbindung von Videos in den Unterricht drei Phasen. Zuerst erfolgt das *Betrachten des Videos* im Plenum oder allein. In einer anschließenden *Fragerunde* sollen Schülerinnen und Schüler in Teams Fragen entwickeln und anschließend im Plenum stellen. Durch die ‚Murmeltunde‘ sollen Hemmschwellen zum Stellen von Fragen abgebaut und Unklarheiten deutlicher

hervorgetan werden. Im Anschluss sollten sich *vertiefende Transferaufgaben* anschließen. Durch die Fragerunde erhalten Lehrpersonen gezielt Rückmeldung zum Verständnis der Kinder und können Unklarheiten beseitigen, bevor die Kinder sich vertiefend mit Aufgaben zum Video beschäftigen und ohne eine vorherige Klärung mögliche Fehlvorstellungen festigen.

Im Rahmen der Studie stand die Gestaltung schriftlicher Begleitmaterialien für eine selbstständige Lernphase im Fokus. Aus Sicht der Unterrichtspraxis sollte die Erarbeitung der schriftlichen Division aufgrund der Komplexität (Gerster, 1982) stärker begleitet werden. Eine Erarbeitung im Sinne des Dreischritts von Wolf und Kulgemeyer (2021) unterstützt durch vertiefende Transferaufgaben in schriftlichen Begleitmaterialien begleitet von der Lehrkraft kann eine sinnvolle Integration eines Erklärvideos in den Unterricht darstellen.

In der betrachteten Studie gaben die Kinder nicht in beiden Gruppen gleichermaßen an, dass sie den Inhalt des Videos nicht verstanden haben. Die Kinder mit dem Begleitheft ohne die eigentlich als Unterstützung eingebundenen Bilder haben im Vergleich jeweils doppelt so viele Punkte erzielt (vgl. Tab. 1) und gaben kaum an, das Video nicht verstanden zu haben, bei vergleichbarem Vorwissen zu Beginn. Dieser Vorteil zeigt sich sowohl bei den Umsetzungsaufgaben, welche die Anwendung des Algorithmus erforderten, also auch bei den Erschließungsfragen, die auf ein inhaltliches Verständnis des Algorithmus der schriftlichen Division abzielten (vgl. Tab. 2).

Die erwarteten Vorteile des Begleitheftes in der Version mit Bildern (vgl. Abschn. 7.3) haben sich nicht bestätigt. Als Erklärung könnte der Effekt der geteilten Aufmerksamkeit (Sweller, 1994) herangezogen werden. Die Informationen aus dem Begleitheft sind räumlich getrennt vom Video, sodass in der Variante 1 zusätzlich zum Text die Screenshots in Beziehung zum Video gesetzt werden mussten. Die sich daraus möglicherweise ergebende geteilte Aufmerksamkeit kann die kognitive Belastung durch das Lernmaterial erhöhen und sich negativ hinsichtlich des Lernens auswirken. Die Interpretation der Bilder stellt somit eine zusätzliche Anforderung dar, wobei durch die Beschränktheit der Kapazitäten des Arbeitsgedächtnisses sich negative Konsequenzen für den Lernprozess ergeben könnten. Zwar wurde das Kontiguitätsprinzip nach Mayer (2009) durch die räumliche Nähe von Text und Bild berücksichtigt, doch

mussten die Lernenden für einen Bezug zum Video immer wieder zwischen dem Begleitheft und dem Erklärvideo wechseln, um den Videoausschnitt mit dem Bild in Beziehung zu setzen.

Um diesen Wechsel zu vermeiden, könnte man die Erschließungsfragen bereits in das Video integrieren. H5P bietet beispielsweise in Moodle die Möglichkeit, interaktive Videos zu erstellen. Durch die Integration von Fragen in das Video wären keine Wechsel zwischen unterschiedlichen Lernmaterialien notwendig. Auch Wetzel und Ludwig (2021) empfehlen die interaktive Gestaltung von Erklärvideos, um der ‚Verstehensillusion‘ vorzubeugen und Lernende in ihrer aktiven Rolle im Lernprozess zu unterstützen. Dies scheint auch mit dem Wunsch der Lernenden zu korrespondieren. Nach einer Studie von Wetzel und Ludwig (2020) sind wesentliche Kritikpunkte an mathematischen Erklärvideos die fehlende Möglichkeit, Fragen zu stellen und mit jemandem zu interagieren. Offen ist, inwiefern sich die Möglichkeit des Fragenstellens auf die Ergebnisse auswirken würde. Auch bleibt offen, ob bei einer stärkeren Vorbereitung der Kinder auf die Interpretation der Bilder in den Begleitheften sich ein Vorteil gegenüber der Variante ohne die Bilder ergeben würde.

Es kann nicht ausgeschlossen werden, dass eine zusätzliche Variable die Ergebnisse beeinflusst hat (Herzig, 2014). Eventuell hatten die Kinder in der Variante ohne Bilder stärkere Erfahrungen im selbstständigen Lernen mit Erklärvideos. Zwar gab es dazu ein Gespräch mit der jeweiligen Mathematiklehrkraft, doch kann eine stärkere Nutzung in anderen Fächern nicht ausgeschlossen werden. Auch kann es sein, dass die Kinder auf die Frage der externen Hilfe nicht wahrheitsgemäß geantwortet haben.

Einschränkend muss erwähnt werden, dass die Aussagekraft der Studie durch die geringe Stichprobengröße begrenzt wird. Eine weitere Limitation stellt die gewählte Auswertung beim Leistungstest dar, da sich durch einen fehlerhaften Teilquotienten Folgefehler ergeben, was in mehreren abgezogenen Punkten resultiert. Die schriftliche Division ist ein sehr komplexer Inhalt und stellte neben der ungewohnten selbstständigen Arbeitsweise eine besondere Herausforderung für die Grundschul Kinder dar, daher wäre eine Replikation mit einem einfacheren Inhalt wünschenswert. Interessant wäre auch eine Replikation bei älteren Lernenden bzw. bei Grundschulkindern, da sich in Folge der Corona-Pandemie und der damit einhergehenden stärkeren Mediennutzung eventuell der Umgang mit Erklärvideos verändert haben könnte.

Generell zeigt sich anhand der Studie, dass die Gestaltungsempfehlungen aus experimentellen Studien nicht zwangsläufig in den schulischen Kontext übertragen werden können (Herzig, 2014).

## 11. Ausblick

In der dargestellten Studie zeigte sich trotz der selbstständigen Arbeitsweise mehrheitlich keine Überforderung der Kinder. Die Kinder haben mit dem Erklärvideo gelernt, wobei sich hinsichtlich der Umsetzung im Unterricht und der Gestaltung der Lernmaterialien noch Verbesserungspotenzial zeigt. Wenn Erklärvideos im Unterricht integriert werden, kann die Abfolge von Wolf und Kulgemeyer (2021) genutzt werden (Betrachten des Videos im Plenum oder allein, Fragerunde und vertiefende Transferaufgaben). Bezogen auf die vorliegende Studie zeigte sich kein Vorteil durch die Integration unterstützender Bilder zu Erschließungsfragen (Tenberg, 2021) in schriftlichen Begleitmaterialien. Hinsichtlich der Gestaltung von Lernmaterialien scheint somit der ‚weniger ist mehr‘-Ansatz (Dwyer, 1972) erneut zu gelten. Um den Effekt der geteilten Aufmerksamkeit (Sweller, 1994) entgegenzuwirken, sollten begleitende Erschließungsfragen direkt in das Video integriert werden. Wenn die Antworten auf die Fragen für die Lehrperson sichtbar sind (in H5P in Moodle möglich), erhält sie frühzeitig eine Rückmeldung zu eventuellen Fehlerschwerpunkten und kann entsprechend im Unterricht darauf reagieren.

Probleme beim selbstständigen Lernen mit Erklärvideos können sich aber nicht nur durch die Gestaltung des Materials und der Lernumgebung ergeben. Gerade Modelle wie das Flipped Classroom-Format verlangen selbst von älteren Lernenden einen hohen Grad an Selbstregulation (u.a. Johnson et al., 2015). Der Begriff des selbstregulierten Lernens wird häufig synonym mit Begriffen wie u.a. selbstgesteuertes Lernen oder selbstorganisiertes Lernen verwendet (Perels et al., 2020). Es gibt verschiedene Definitionen selbstregulierten Lernens (u.a. Friedrich & Mandl, 1997), wobei sie alle das „aktiv initiierte Vorgehen, das eigene Lernverhalten unter Einsatz von verschiedenen Strategien zu steuern und zu regulieren“ (Perels et al., 2020, 46) beschreiben. Da selbst für Erwachsene das selbstständige Planen, Ausführen und Evaluieren von Lernprozessen herausfordernd ist (u.a. Engelschalk, 2016), wäre die Frage zu stellen, ob Kinder in dem selbstregulierten Lernen nicht stärker unterstützt werden müssen.

In einer Metaanalyse untersuchten Dignath et al. (2008) die Effektivität von Interventionsprogrammen zur Förderung des selbstregulierten Lernens in der Grundschule. Es zeigten sich hohe Effektstärken hinsichtlich des Anstiegs der Selbstregulationskompetenz und der Lernleistung. Selbstregulatorische Fördermaßnahmen sind besonders effektiv, wenn sie mit fachspezifischen Inhalten verknüpft werden (u.a. Perels et al., 2020). Es wäre somit für den Unterricht mit Erklärvideos zu empfehlen, neben der methodischen Einbindung in dem dargelegten Dreischritt (Wolf & Kulgemeyer, 2021) auch eine Förderung zum selbstständigen Arbeiten mit mathematischen Erklärvideos zu integrieren. Seidel (2020) beobachtete in einem Modellprojekt auch, dass Kinder das Erklärvideo zwar immer wieder angeschaut haben, aber daraus keine Erkenntnis generieren konnten. Kinder bedürfen daher einer Unterstützung zum kompetenten Umgang mit Erklärvideos (Kulgemeyer, 2018).

Nach der KMK (2021) gehört zu den Potenzialen digitaler Medien, u.a. dass Lernende sich Lerngegenstände über verschiedene Repräsentationsformen erschließen können. Digitale Medien können zum Lernen genutzt, selbst zum Lerngegenstand werden und von Lernenden selbst produziert werden. Als Lehrperson muss man, um diese Potenziale digitaler Medien für die eigenen Schülerinnen und Schüler nutzbar zu machen, vielfältige Begegnungen mit digitalen Medien fördern (KMK, 2021). Erklärvideos bieten dabei verschiedene Einsatzmöglichkeiten für den Unterricht (Wolf & Kulgemeyer, 2016), indem sie u.a. zur Vermittlung von Kompetenzen, aber auch zur pädagogischen Diagnostik genutzt werden können. Auch können Kinder sie selbst produzieren. Durch den Einsatz von Erklärvideos kann der Mathematikunterricht damit einen Beitrag zu der fachspezifischen Auseinandersetzung mit Digitalität leisten, wobei dies auch eine medienkritische Auseinandersetzung beinhalten muss (KMK, 2021).

Abschließend lässt sich feststellen, dass für eine gewinnbringende Nutzung im Unterricht eine möglichst ablenkungsarme Gestaltung der Begleitmaterialien, eine strukturierte Einbindung in den Unterricht, die Rückfragen zulässt und Erklärungen anbietet, sowie eine geeignete Vorbereitung der Kinder für das Lernen mit dem Medium erforderlich sind.

## 12. Literatur

- Bathelt, I., Post, S., & Padberg, F. (1986). Über typische Schülerfehler bei der schriftlichen Division natürlicher Zahlen. *Der Mathematikunterricht*, 32(3), 29–44.
- Bender, P. (2004). (Wie) Kann man die Schriftliche Division verstehen? In G. Krauthausen & P. Scherer (Hrsg.), *Mit Kindern auf dem Weg zur Mathematik. Festschrift für Hartmut Spiegel* (S. 23-31). Auer.
- Bednorz, D., & Bruhn, S. (2021). Mehr als nur erklären – eine Bestandsanalyse des Angebots an mathematischen YouTube-Videos. *Mitteilungen der Gesellschaft für Didaktik der Mathematik*, 110, 10–17.
- Bersch, S., Merkel, A., Oldenburg, R., & Weckerle, M. (2020). Erklärvideos: Chancen und Risiken: Zwischen fachlicher Korrektheit und didaktischen Zielen. *Mitteilungen der Gesellschaft für Didaktik der Mathematik*, 109, 58–63.
- Bruner, J. S., Oliver, R. S., & Greenfield, P. M. (1971). *Studien zur kognitiven Entwicklung*. Kohlhammer.
- Dignath, C., Buettner, G., & Langfeldt, H. P. (2008). How can primary school students learn self-regulated learning strategies most effectively?: A meta-analysis on self-regulation training programmes. *Educational Research Review*, 3(2), 101-129.
- Dwyer, F. M. (1972). *A guide for improving visualized instruction*. State College, PA: Learning Services.
- Engelschalk, T. (2016). *Wie regulieren Studierende ihre Motivation beim Lernen? Studien zu Strategiegebrauch und Regulationserfolg bei spezifischen motivationalen Problemlagen*.  
<https://opus.bibliothek.uni-augsburg.de/opus4/3880>
- Findeisen, S., Horn, S., & Seifried, J. (2019). Lernen durch Videos – Empirische Befunde zur Gestaltung von Erklärvideos. *MedienPädagogik*, 16–36.
- FORSA (2020). *Das Deutsche Schulbarometer Spezial Corona-Krise*.  
<https://deutsches-schulportal.de/unterricht/das-deutsche-schulbarometer-spezial-corona-krise/>
- Frei, M., Asen-Molz, K., Hilbert, S., Schilcher, A., & Krauss, S. (2020). Die Wirksamkeit von Erklärvideos im Rahmen der Methode Flipped Classroom. In K. Kasper, M. Becker-Mrotzek, S. Hofhues, J. König & D. Schmeinek (Hrsg.), *Bildung, Schule, Digitalisierung* (S. 284–290). Waxmann.
- Friedrich, H. F., & Mandl, H. (1997). Analyse und Förderung selbstgesteuerten Lernens. In F. E. Weinert, & H. Mandl (Hrsg.), *Psychologie der Erwachsenenbildung* (S. 238–293). Hogrefe.
- Gerster, H.-D. (1982). *Schülerfehler bei schriftlichen Rechenverfahren - Diagnose und Therapie*. Herder.

- 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 at scale conference*. New York, 41–50.
- Hahn, H. (2011). *Die schriftlichen Rechenverfahren als Komponente der fundamentalen Idee des Algorithmus im Spannungsfeld von geschichtlicher Entwicklung und aktueller Bedeutung*. Universität Erfurt.
- Hahn, H., & Böhme, N. (2021). Gestaltung von Begleitmaterialien zu einem Videotutorial für Grundschul Kinder. In R. Klose & C. Schreiber (Hrsg.), *Mathematik, Sprache und Medien* (S. 77 – 100). WTM Verlag.
- Hahn, H., Böhme, N., Kirsche, A., & Mantel, E. (2020). Motivationale und emotionale Auswirkungen selbstregulierten Lernens mit einem Videotutorial - Erste Ergebnisse einer Untersuchung mit Viertklässlern im Mathematikunterricht. In S. Ladel, C. Schreiber, R. Rinke & D. Walther (Hrsg.), *Forschung zu Unterricht mit digitalen Medien. Befunde für den Mathematikunterricht der Primarstufe* (S. 71–92). WTM.
- Hattie, J. (2013). *Lernen sichtbar machen*. Schneider Verlag Hohengehren.
- Herzig, B. (2014). *Wie wirksam sind digitale Medien im Unterricht?*  
[https://www.bertelsmann-stiftung.de/fileadmin/files/BSt/Publikationen/GrauePublikationen/Studie\\_IB\\_Wirksamkeit\\_digitale\\_Medien\\_im\\_Unterricht\\_2014.pdf](https://www.bertelsmann-stiftung.de/fileadmin/files/BSt/Publikationen/GrauePublikationen/Studie_IB_Wirksamkeit_digitale_Medien_im_Unterricht_2014.pdf)
- Hessel, S. (2008). *Die Bedeutung von Usability und cognitive load auf die Informationssuche beim multimedialen Lernen*. Dissertation.  
<https://d-nb.info/994514786/34>
- Hettmann, M. (2021). *Motivationale Aspekte mathematischer Lernprozesse. Eine Untersuchung zu professionellen Kompetenzen der Motivationsförderung im Mathematikunterricht*. Springer.
- Hodges, C. B., Moore, S., Lockee, B. B., Trust, T., and Bond, M. A. (2020). The Difference Between Emergency Remote Teaching and Online Learning. Virginia Tech.  
<http://hdl.handle.net/10919/104648>.
- Johnson, L., Adams Becker, S., Estrada, V. & Freeman, A. (2015). *NMC Horizon-Report: 2015 Higher Education Edition*.  
[https://www.mmhk.de/fileadmin/dokumente/publikationen/horizon\\_reports/2015-nmc-horizon-report-HE-DE.pdf](https://www.mmhk.de/fileadmin/dokumente/publikationen/horizon_reports/2015-nmc-horizon-report-HE-DE.pdf)
- KMK (2017). *Bildung in der digitalen Welt. Strategie der Kultusministerkonferenz*.  
[https://www.kmk.org/fileadmin/pdf/PresseUndAktuelles/2018/Digitalstrategie\\_2017\\_mit>Weiterbildung.pdf](https://www.kmk.org/fileadmin/pdf/PresseUndAktuelles/2018/Digitalstrategie_2017_mit>Weiterbildung.pdf)

- KMK (2021). *Lehren und Lernen in der digitalen Welt. Ergänzung zur Strategie der Kultusministerkonferenz „Bildung in der digitalen Welt“ (Beschluss der Kultusministerkonferenz vom 09.12.2021)*.  
[https://www.kmk.org/fileadmin/veroeffentlichungen\\_beschlu-esse/2021/2021\\_12\\_09-Lehren-und-Lernen-Digi.pdf](https://www.kmk.org/fileadmin/veroeffentlichungen_beschlu-esse/2021/2021_12_09-Lehren-und-Lernen-Digi.pdf)
- KMK (2022). *Bildungsstandards für das Fach Mathematik Primarbereich (Beschluss der Kultusministerkonferenz vom 15.10.2004, i.d.F. vom 23.06.2022)*.  
[https://www.kmk.org/fileadmin/Dateien/veroeffentlichungen\\_beschlu-esse/2022/2022\\_06\\_23-Bista-Primarbereich-Mathe.pdf](https://www.kmk.org/fileadmin/Dateien/veroeffentlichungen_beschlu-esse/2022/2022_06_23-Bista-Primarbereich-Mathe.pdf)
- Korntruff, S. & Prediger, S. (2021). Verstehensangebote von YouTube-Erklärvidéos – Konzeptualisierung und Analyse am Beispiel algebraischer Konzepte. *Journal für Mathematik-Didaktik*, 43(2), 281-310.
- Kulgemeyer, C. (2018). Wie gut erklären Erklärvidéos? Ein Bewertungsleitfaden. *Computer + Unterricht*, 109, 8–11.
- Levin, J. R., Anglin, G.J., & Carney, R.N. (1987): On empirically validating functions of pictures in prose. In D.M. Willows & H.A. Houghton (Hrsg.), *The psychology of illustration 1* (S. 51–85). Springer.
- Marquardt, K. (2020). Qualitätskriterien für Mathematik-Erklärvidéos. *Mitteilungen der GDM*, 109, 43–49.
- Mayer, R. E. (2005). Cognitive theory of multimedia learning. In R. E. Mayer (Hrsg.), *The Cambridge Handbook of Multimedia Learning* (S. 31–48). Cambridge University Press.
- Mayer, R. E. (2009). *Multimedia Learning*. Cambridge University Press.
- Mayring, P. (2015). *Qualitative Inhaltsanalyse: Grundlagen und Techniken*. Beltz.
- Medienpädagogischer Forschungsverbund Südwest (2020). *KIM-Studie 2020. Kindheit, Internet, Medien Basisuntersuchung zum Medienumgang 6- bis 13-Jähriger*.  
[https://www.mpfs.de/fileadmin/files/Studien/KIM/2020/KIM-Studie2020\\_WEB\\_final.pdf](https://www.mpfs.de/fileadmin/files/Studien/KIM/2020/KIM-Studie2020_WEB_final.pdf)
- Nührenbörger, M., Schwarzkopf, R., Bischoff, M., Götze, D., & Heß, B. (2019). *Das Zahlenbuch 4. Lehrerband*. Klett.
- Padberg, F., & Benz, C. (2011). *Didaktik der Arithmetik für Lehrerbildung und Lehrerfortbildung* (4. Aufl.). Springer.
- Padberg, F., & Benz, C. (2021). *Didaktik der Arithmetik. Fundiert, vielseitig, praxisnah*. Springer.
- Padberg F., & Büchter, A. (2015). *Einführung Mathematik Primarstufe – Arithmetik* (4. Aufl.). Springer.



- Perels, F., Dörrenbächer-Ulrich, L., Landmann, M., Perels, F., Otto, B., Schnick-Vollmer, K., & Schmitz, B. (2020). Selbstregulation und selbstreguliertes Lernen. In E. Wild & J. Möller (Hrsg.), *Pädagogische Psychologie* (S. 45-66). Springer.
- Ploetzner, R., Berney, S., & Bétrancourt, M. (2021). When learning from animations is more successful than learning from static pictures: learning the specifics of change. *Instructional Science*, 49(4), 497–514.
- Rat für kulturelle Bildung (2019). *Jugend / Youtube / Kulturelle Bildung. Horizont 2019*.  
[https://www.rat-kulturelle-bildung.de/fileadmin/user\\_upload/pdf/Studie\\_YouTube\\_Webversion\\_final.pdf](https://www.rat-kulturelle-bildung.de/fileadmin/user_upload/pdf/Studie_YouTube_Webversion_final.pdf)
- Renkl, A. (2020). Wissenserwerb. In E. Wild & J. Möller (Hrsg.), *Pädagogische Psychologie* (S. 3–24). Springer.
- Schipper, W., Ebeling, A., & Dröge, R. (2000). *Handbuch für den Mathematikunterricht an Grundschule. 4. Schuljahr*. Schroedel.
- Schöne, J. (2022). *Erklärvideos auf YouTube als multimodales Bildungsmedium: eine linguistische Untersuchung kommunikativer Potenziale* (Doctoral dissertation, Dissertation, Halle (Saale), Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg, 2022).
- Seidel, T. (2020). Erklärvideos schon in der Grundschule? Erkenntnisse aus einem praxisnahen Forschungsprojekt. In S. Dorgersloh & K. D. Wolf (Hrsg.), *Lehren und Lernen mit Tutorials und Erklärvideos* (S. 88–93). Beltz.
- Simscheck, R., & Kia, S. (2017). *Erklärvideos einfach erfolgreich*. UVK.
- Sweller, J. (1994). Cognitive load theory, learning difficulty, and instructional design. *Learning and Instruction*, 4, 295–312.
- Sweller, J., Ayres, P., & Kalyuga, S. (2011). Intrinsic and Extraneous Cognitive Load. In J. Sweller, P. Ayres & S. Kalyuga (Hrsg.), *Cognitive Load Theory* (S. 57–69), Springer.
- Sweller, J., van Merriënboer, J.J.G., & Paas, F.G.W.C. (1998). Cognitive architecture and instructional design. *Educational Psychology Review*, 10, 251–296.
- Tenberg, R. (2021). *Didaktische Erklärvideos. Ein Praxis-Handbuch*. Franz Steiner Verlag.
- Turner, J., & Webster, R. (2017). A Comparison of delivery formats to encourage student-centered learning in a power engineering technology course. *American Journal of Engineering Education*, 8, 141–156.
- Ulrich, N., Richter, J., Scheiter, K., & Schanze, S. (2015). Digitale Schulbücher – Wichtige Merkmale der Text- und Bildgestaltung. In S. Bernholt (Hrsg.), *He-*

- terogenität und Diversität – Vielfalt der Voraussetzungen im naturwissenschaftlichen Unterricht*. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik, Jahrestagung in Bremen 2014 (S. 687–689). IPN.
- Van der Meij, H., & van der Meij, J. (2014). A comparison of paper-based and video tutorials for software learning. *Computers & Education*, 78, 150–159.
- Van Merriënboer J. J., & Sweller, J. (2005). Cognitive load theory and complex learning: Recent developments and future directions. *Educational psychology review*, 17(2), 147–177.
- Walter, D. (2018). *Nutzungsweisen bei der Verwendung von Tablet-Apps. Eine Untersuchung bei zählend rechnenden Lernenden zu Beginn des zweiten Schuljahres*. Springer.
- Weidmann, D., & Wempen, M. (2016). Erklärvideos in der Schule – Ein vergleichender Praxisversuch. In E.-M. Großkurth & J. Handke (Hrsg.), *Inverted classroom and beyond. Lehren und Lernen im 21. Jahrhundert* (S. 195–208). Tectum.
- Wetzel, S., & Ludwig, M. (2020). Wozu Mathematikunterricht, wenn es auch YouTube gibt? Mathematische Erklärvideos unter der Lupe. In H. S. Siller, W. Weigel & J. F. Wörler (Hrsg.), *Beiträge zum Mathematikunterricht 2020* (S. 1029–1032). WTM Verlag.
- Wetzel, S., & Ludwig, M. (2021). Mathematische Erklärvideos interaktiv gestalten: Ansätze für Lehre und Forschung. In K. Hein, C. Heil, S. Ruwisch & S. Prediger (Hrsg.), *Beiträge zum Mathematikunterricht 2021* (S. 181 – 184). WTM Verlag.
- Wolf, K. D. (2015a). Video-Tutorials und Erklärvideos als Gegenstand, Methode und Ziel der Medien- und Filmbildung. In A. Hartung, T. Ballhausen, C. Trültzsch-Wijnen, A. Barberi, & K. Kaiser-Müller (Hrsg.), *Filmbildung im Wandel 2* (S. 121–131), New Academic Press.
- Wolf, K. D. (2015b). Bildungspotenziale von Erklärvideos und Tutorials auf YouTube: Audio-Visuelle Enzyklopädie, adressatengerechtes Bildungsfernsehen, Lehr-Lern-Strategie oder partizipative Peer Education? *Medien und Erziehung*, 59, 30–36.
- Wolf, K. D., & Kulgemeyer, C. (2016). Lernen mit Videos? Erklärvideos im Physikunterricht. *Naturwissenschaften im Unterricht Physik*, 27(152), 36–41.
- Wolf, K. D., & Kulgemeyer, C. (2021). Lehren und Lernen mit Erklärvideos im Fachunterricht. In G. Brägger, & H.-G. Rolff (Hrsg.), *Handbuch Lernen mit digitalen Medien* (474–487). Beltz.
- Zierer, W. (2018). *Lernen 4.0. Pädagogik vor Technik. Möglichkeiten und Grenzen einer Digitalisierung im Bildungsbereich*. Schneider Hohengehren.

**Notation**

Böhme, N. (2023). Gestaltung schriftlicher Begleitmaterialien für Erklärvideos im Mathematikunterricht der Grundschule. *Zeitschrift für Mathematikdidaktik in Forschung und Praxis*, 4. <https://doi.org/10.48648/fpcx-ar45>