

**„Bildung im Wandel: Ein Vergleich von Erklärvideos und Sachtexten mit bildlicher Illustration im Kontext des Sachunterrichts“**

Inaugural-Dissertation

zur

Erlangung des Doktorgrades

der Mathematisch-Naturwissenschaftlichen Fakultät

der Universität zu Köln

vorgelegt von

Yasir Musab Uçar

aus Witten

- 
- |               |                               |
|---------------|-------------------------------|
| 1. Gutachter: | Prof.in Dr. Daniela Schmeinck |
| 2. Gutachter: | Prof. Dr. Jörg Großschedl     |

Tag der mündlichen Prüfung: 08.01.2024

## Danksagung

Ich möchte diese Gelegenheit nutzen, um meinen tiefsten Dank auszusprechen an all jene, die mich auf meinem Weg zur Fertigstellung meiner Dissertation unterstützt und begleitet haben. Ohne eure Hilfe und Unterstützung wäre dies nicht möglich gewesen.

Zuallererst möchte ich meiner Betreuerin, Prof. Dr. Daniela Schmeinck, für ihre unermüdliche Anleitung, Ermutigung und Expertise während meiner Forschungsarbeit danken. Ihre Unterstützung war von unschätzbarem Wert und hat maßgeblich zum Erfolg dieser Dissertation beigetragen.

Ein besonderer Dank gebührt meiner wunderbaren Frau, Gülüzar Uçarat. Du warst nicht nur meine Lebenspartnerin, sondern auch meine stärkste Unterstützung, meine Problemlöserin und meine unerschütterliche Motivationsquelle. Ohne dich an meiner Seite wäre diese Reise um ein Vielfaches schwerer gewesen.

Meiner Tochter Alya Meva Uçarat gebührt außerordentlicher Dank. Sie hat mich mit ihrer unendlichen Energie und ihren Kuscheleinheiten durch die schwierigen Phasen dieser Arbeit getragen. Deine Liebe und dein Lächeln konnten so manche dunkle Wolke vertreiben.

Meine Eltern, Aynur und Ahmet Uçarat, verdienen ebenfalls meinen aufrichtigen Dank. Ihre Unterstützung und Ermutigung haben mich immer wieder angespornt, mein Bestes zu geben. Ihr wart und seid meine stabilen Stützen.

Ein herzlicher Dank geht auch an meine Geschwister Muhammed, Rummeyssa und Halenur, die mich in all meinen Bemühungen unterstützt haben. Eure Ratschläge und eure Liebe bedeuten mir sehr viel. Meinem Bruder gebührt ein extra Dank, da er sich bei der einen oder anderen gemütlichen Gesprächsrunde meine Frustrationen anhören musste.

Lukas Menzer und Jan Mülder haben nicht nur meine Arbeit korrekturgelesen, sondern waren auch bereit, sich den Herausforderungen meiner Forschung zu stellen. Ich danke euch herzlich für eure Geduld und eure wertvollen Beiträge.

Meinem Team aus dem Institut für Didaktik des Sachunterrichts möchte ich für eure großartige Unterstützung während meiner Forschungsarbeit danken. Eure Zusammenarbeit und euer Einsatz haben meine Arbeit bereichert und vorangebracht.

Diese Dissertation wäre ohne euch alle nicht möglich gewesen. Ich bin unglaublich dankbar für eure Unterstützung und freue mich auf die kommenden Herausforderungen und Abenteuer, die vor uns liegen.

# Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Einleitung</b> .....	<b>5</b>
<b>2</b>	<b>Theoretische Grundlagen I – Medien, kognitive Grundlagen und Theorien</b> .....	<b>8</b>
2.1	Versuch der Begriffserklärung „Medien und Multimedia“ .....	8
2.2	Kognitive Grundlage und Gedächtnis Modell .....	10
2.3	Modelle multimediales Lernen .....	12
2.3.1	<i>Cognitive Theory of Multimedia Learning</i> nach Mayer (2005) .....	12
2.3.2	Dual Coding nach Paivio .....	13
2.3.3	Limitierte Verarbeitungskapazität von Sweller (1994) und Baddeley (1999).....	13
2.3.4	Aktive Verarbeitung.....	16
2.3.5	Integrated Model of Text and Picture Comprehension von Schnotz und Bannert.....	17
2.4	Lernwirksame Gestaltung von multimedialem Lernen .....	19
2.4.1	Prinzipien für Multimediaanwendungen .....	23
2.4.2	Anwendung von digitalen Medien .....	25
<b>3</b>	<b>Theoretische Grundlage II – Sachtexte und Bilder</b> .....	<b>26</b>
3.1	Sachtext im Schulunterricht.....	27
3.1.1	Verstehen von Sachtexten.....	27
3.1.2	Lernen mit Text.....	30
3.2	Bilder im Schulunterricht .....	31
3.2.1	Das natürliche/ ökologische Bildverstehen .....	33
3.2.2	Funktionen von Bildern .....	34
3.2.3	Didaktische Vorteile von Bildern .....	35
3.2.4	Welche Faktoren sind wichtig, damit Bilder lernförderlich sind?.....	36
3.3	Sachtext und Bilder .....	39
<b>4</b>	<b>Theoretische Grundlagen III – Erklärvideos</b> .....	<b>40</b>
	Versuch der Begriffserklärung „Erklärvideo“ .....	40
4.1	Kriterien für ein gutes Erklärvideo .....	43
4.2	Lernwirksamkeit von Erklärvideos .....	44
4.3	Interaktive Nutzung von Lernvideos .....	46
4.3.1	Einordnung interaktiver Funktionen in Modelle zum Umgang mit Informationen .....	46
4.3.2	Kontrolle der Darbietungsgeschwindigkeit .....	47
4.3.3	Kontrolle der Darbietungsreihenfolge und Kontrolle der Inhalte .....	49
<b>5</b>	<b>Forschungsstand</b> .....	<b>50</b>
<b>6</b>	<b>Forschungsdesiderat und Forschungsinteresse</b> .....	<b>54</b>
<b>7</b>	<b>Empirischer Teil</b> .....	<b>55</b>
7.1	Fragestellung und Hypothese .....	55
7.2	Zielgruppe .....	56
7.3	Forschungsdesign .....	56
7.3.1	Intervention Sachtext .....	59
7.3.2	Intervention Erklärvideo.....	61
7.3.3	Konstruktion des Vorwissentest (Pretest) .....	62
7.3.4	Konstruktion des Posttests zum Fachwissenserwerb.....	65
<b>8</b>	<b>Datenauswertung</b> .....	<b>67</b>

8.1	Demografische Daten .....	67
8.2	Auswertung Covarianzanalyse .....	68
9	<b>Ergebnisdiskussion</b> .....	<b>71</b>
9.1	Kritische Betrachtung .....	74
10	<b>Fazit</b> .....	<b>76</b>
11	<b>Ausblick</b> .....	<b>78</b>
12	<b>Literaturverzeichnis:</b> .....	<b>81</b>
13	<b>Abbildungsverzeichnis:</b> .....	<b>88</b>
14	<b>Tabellenverzeichnis:</b> .....	<b>88</b>
15	<b>Anhang</b> .....	<b>89</b>
	A - Intervention – Sachtext mit bildlicher Illustration .....	89
	A- Pretest .....	93
	A - Posttest .....	96
16	<b>Erklärung zur Dissertation</b> .....	<b>107</b>

## 1 Einleitung

In einer Ära, in der der Zugang zu Informationen in nie dagewesener Fülle und Vielfalt erfolgt und die technologische Entwicklung die Art und Weise revolutioniert, wie wir lernen und Wissen aufnehmen, nimmt die Frage nach der wirksamen Gestaltung von Bildungsmaterialien eine Schlüsselposition ein. Die Entwicklung ist folglich besonders im Bereich der Pädagogik spürbar, wo die Vermittlung von Wissen nicht nur auf traditionelle Methoden beschränkt ist, sondern auch innovative Ansätze, insbesondere im Bereich des Sachunterrichts, Einzug halten. Dabei erfreuen sich multimediale Lehrmittel wie Erklärvideos zunehmender Beliebtheit, da sie das Potenzial haben, komplexe Sachverhalte ansprechend und verständlich darzustellen. Diese Arbeit widmet sich der ausführlichen Diskussion der Rolle von Erklärvideos als multimediales Lehrmittel im allgemeinen naturwissenschaftlichen Unterricht und verfolgt dabei einen umfassenden Ansatz, der theoretische Grundlagen und empirische Methodik mit praktischen Anwendungen verbindet.

Die grundlegenden theoretischen Prinzipien, die das Kerngerüst dieser Dissertation bilden, spielen eine herausragende Rolle beim Ergründen der komplexen Verbindungen zwischen Medien, Kognition und Lernprozessen. Die Konzepte von Medien und Multimedia werden gründlich erforscht, um ein klares Verständnis für die Lehrmittel zu entwickeln, die im Rahmen dieser Untersuchung analysiert werden sollen. Im Anschluss erfolgt eine vertiefte Betrachtung der kognitiven Grundlagen und Theorien des Lernens, die einen unmittelbaren Einfluss auf die Wissensvermittlung mittels Medien haben. Hierbei bildet das Gedächtnis einen Schlüsselaspekt, der die folgenden Ausführungen zu den Modellen des multimedialen Lernens begründet.

Das Kapitel zu Modellen des multimedialen Lernens widmet sich einer intensiven Analyse und Darstellung verschiedener theoretischer Konzepte, die die Effektivität der Wissensvermittlung mittels Medien herleiten. Die "Cognitive Theory of Multimedia Learning" nach Mayer, das "Dual Coding" nach Paivio, die Theorie der "limitierten Verarbeitungskapazität" von Sweller und Baddeley sowie das Konzept der "aktiven Verarbeitung" werden in ihrer Tragweite erörtert. Besondere Aufmerksamkeit gilt dabei dem "Integrated Model of Text and Picture Comprehension" von Schnotz und Bannert, dass die komplexen Interaktionen zwischen Text und Bild im Kontext des Lernens beleuchtet.

Die Gestaltung von multimedialem Lernen ist von entscheidender Bedeutung für dessen Effektivität. Das Kapitel (2.4) Lernwirksame Gestaltung von multimedialem Lernen

widmet sich der Diskussion der Grundsätze für die effektive Gestaltung von multimedia-basierten Anwendungen für das Lernen und beleuchtet gleichzeitig den Einsatz digitaler Medien im Bildungskontext. Hierbei werden nicht nur theoretische Grundlagen vermittelt, sondern auch konkrete Anwendungsbeispiele miteinbezogen, um die Kluft zwischen Theorie und praktischer Umsetzung zu überbrücken. Die theoretischen Grundlagen zur Betrachtung von Sachtexten und Bildern als Lehrmittel legen den Grundstein für die bevorstehende Forschungsanalyse. Die Bedeutung von Bildern im Schulunterricht wird herausgestellt, ebenso wie die didaktischen Vorteile, die sie bieten können. Diese theoretische Basis bildet den Übergang zur anschließenden Auseinandersetzung mit dem gegenwärtigen Forschungsstand zum Thema Lernförderlichkeit von Erklärvideos in der Grundschule in Bezug auf den Sachunterricht.

Darüber hinaus wird auf theoretische Grundlagen von Erklärvideos als multimediale Lehrmittel eingegangen. Hier werden verschiedene Aspekte isoliert, die dazu beitragen, das Konzept und die Wirkung von Erklärvideos im Bildungskontext zu verstehen. Zentral für die effektive Nutzung von Erklärvideos ist die Identifikation von Kriterien, die ein Erklärvideo zu einem qualitativ hochwertigen Lehr-lernmittel machen. Es werden verschiedene Faktoren beleuchtet, die bei der Erstellung von Erklärvideos berücksichtigt werden sollten. Diese Kriterien bilden die Basis für die spätere Analyse der Lernwirksamkeit von Erklärvideos.

Die Untersuchung der Lernwirksamkeit von Erklärvideos bildet einen Schwerpunkt in dieser Arbeit. Es werden verschiedene Studien und Forschungsergebnisse analysiert und aggregiert, die die Auswirkungen von Erklärvideos auf den Wissenserwerb und das Verständnis von Lernenden beleuchten. Dabei wird insbesondere auf die Identifikation von Lernprozessen und -ergebnissen eingegangen, um ein umfassendes Bild davon zu erhalten, wie Erklärvideos das Lernen beeinflussen können (Kap. 4.2).

Ein wichtiger Aspekt der modernen Bildungstechnologie ist die Integration interaktiver Funktionen in Lernvideos. Im Kapitel 4.3) wird die Bedeutung und den Nutzen interaktiver Elemente in Erklärvideos untersucht. Dabei werden verschiedene Arten von Interaktionen betrachtet, die in Lernvideos eingebettet werden können, um das Lernerlebnis, -prozess und -ergebnis zu optimieren. Die Einordnung interaktiver Funktionen in bestehende Modelle zum Umgang mit Informationen stellt eine Brücke zwischen Theorie und Praxis dar. Dieses Kapitel (4.3.1) betrachtet, wie interaktive Elemente in bereits etablierte Theorien und Modelle integriert werden können, um eine effektive

Wissensvermittlung zu gewährleisten. Dabei hat etwa bereits die Kontrolle über die Darbietungsgeschwindigkeit von Erklärvideos eine Auswirkung auf das Lernerlebnis. Ein weiterer Faktor, der das Lernen maßgeblich beeinflussen kann, ist beispielsweise die Kontrolle über die Reihenfolge der präsentierten Informationen und über den Inhalt eines Erklärvideos. Hier wird erörtert, wie derartige Kontrollmechanismen in Erklärvideos implementiert werden können, um die Lernwirksamkeit zu steigern.

Die Bedeutung dieses Themas wird durch den bestehenden Forschungsstand unterstrichen, der bereits zahlreiche Untersuchungen zur Lernwirksamkeit von Erklärvideos umfasst. Besonders hervorzuheben sind die Ergebnisse der Studie von Meij et al. (2014), die überzeugend den positiven Lerneffekt von Erklärvideos im Kontext prozeduralem Wissen nachgewiesen haben. Ebenso haben Untersuchungen wie die von Hartsell und Yuen (2006) positive Effekte in Bezug auf die Steigerung der Aufmerksamkeit, die Hervorhebung der Bedeutung sowie die Aktivierung der Lernenden durch den Einsatz von Erklärvideos aufgezeigt. Die Analyse von Zhang et al. (2006) hat interessante Einblicke in die komplexen Zusammenhänge zwischen verschiedenen Medienformen und dem resultierenden Lernerfolg ermöglicht.

Trotz des bestehenden Forschungsstandes bleiben immer noch offene Fragen, insbesondere im Kontext des Sachunterrichts. Diese Forschungslücken bilden den Ausgangspunkt für das Forschungsinteresse dieser Dissertation. Die beiden zentralen Fragen, die in dieser Arbeit behandelt werden, lauten:

- 1.** Inwiefern können Erklärvideos dazu beitragen, den Fachwissenserwerb von Schülerinnen und Schülern im Sachunterricht zu fördern?
- 2.** Welchen Beitrag können Erklärvideos zur verbesserten Vermittlung von schwer zugänglichen Themen leisten?

Die Bedeutung dieses Themas liegt in der Notwendigkeit, wirksame pädagogische Techniken im Bildungsbereich anzuerkennen und voranzutreiben. Dies ist besonders wichtig angesichts der Hindernisse, mit denen das Bildungssystem derzeit im Zusammenhang mit der Nutzung digitaler Medien und virtueller Lernplattformen konfrontiert ist. Hierfür bieten Erklärvideos hier einen digitalen Zugang. Um die Möglichkeiten von Erklärvideos zu verstehen und sie zu verbessern und ihre Wirkung zu optimieren, ist es wichtig in diesem Bereich zu forschen. Somit trägt diese Studie zur Weiterentwicklung kreativer Lehransätze bei, die es den Lernenden ermöglichen, ihr Verständnis durch Erklärvideos zu verbessern und komplizierte Konzepte erfolgreicher zu erfassen.

In dieser Studie wurde ein Forschungsdesign gewählt, das die Anwendung einer Kovariatsanalyse (ANCOVA) umfasst. Zur Untersuchung der Forschungsfragen wurde empirische Forschung mit quantitativer Methodik bei 3.- und 4.-Klässler:innen eingesetzt. Insgesamt zielt diese Arbeit darauf ab, ein tiefgreifendes Verständnis für Erklärvideos als multimediale Lehrmittel zu entwickeln. Dabei werden nicht nur die Kriterien für die Erstellung qualitativ hochwertiger Erklärvideos beleuchtet, sondern auch die komplexe Interaktion und Kontrolle, die Lernende in Bezug auf Erklärvideos ausüben können, analysiert. Dieser theoretische Unterbau fungiert als Grundlage für die spätere Forschungsanalyse und Interpretation der erhobenen Daten.

Welchen Einfluss jedoch Erklärvideos als digitales Medium auf den Unterricht und insbesondere in Bezug auf den Wissenserwerb der Grundschul Kinder aufweisen, soll im Rahmen dieser Arbeit untersucht werden.

Zusammengefasst wird in dieser Forschungsarbeit die Lernwirksamkeit von Erklärvideos in der Grundschule und explizit im Sachunterricht untersucht.

## **2 Theoretische Grundlagen I – Medien, kognitive Grundlagen und Theorien**

In diesem Kapitel werden die theoretischen Grundlagen zum Themenkomplex *multimediales Lernen* erläutert. Dabei werden zentrale Begrifflichkeiten innerhalb des Komplexes definiert und damit präzisiert. Darauf aufbauend, werden entlang Mayers *Cognitive Theory of Multimedia Learning* bedeutsame kognitive Grundlagen und das Gedächtnismodell vorgestellt. Am Ende des Kapitels werden einerseits Anwendungsmöglichkeiten von digitalen Medien und andererseits die Anwendungsprinzipien nach Mayer beschrieben.

### **2.1 Versuch der Begriffserklärung „Medien und Multimedia“**

In der Definition von Tulodziecki & Herzig (2004) werden Medien als Vermittlungsgegenstand erachtet, der Informationen mittels technischer Unterstützung überträgt, speichert, wiedergibt, anordnet, oder diese zu Bildern oder anderen Symboliken verarbeitet (2004).

Demzufolge werden Informationen über Medien transportiert. Bei multimedialem Lernen werden zur Informations- und Wissensvermittlung verschiedene Medien genutzt. Ein einfaches Beispiel hierfür ist ein Arbeitsblatt, welches aus einem Sachtext und einem Bild besteht. Dabei stellt der Sachtext ein Medium dar und das Bild ein weiteres. Allerdings existieren bezüglich der Definition des Begriffes Multimedia unterschiedliche Auslegungen. Hornung versteht unter dem Begriff Multimedia „die Integration von

Text, Grafik, Pixelbilder, Video und Audio.“ (Hornung, 1994, S. 2). Wird diese Definition auf das oben genannte Beispiel bezogen, lässt sich ableiten, dass das dieses Arbeitsblatt multimedial ist. Diese Auffassung teilt Mayer entsprechend seiner Definition des Begriffes Multimedia:

„I define a multimedia environment as one in which material is presented in more than one format, such as in words and pictures.“ (Mayer, 2001, S. 53)

Folglich fasst Mayer alles als multimediale Lerneinheit auf, was mehrere Formate nutzt, so auch die Kombination aus Bild und Text. Analog hierzu ist ein Arbeitsblatt mit Text und Bild ebenso als multimediales Lehrmaterial zu erachten. Von diesen Auffassungen abweichend ist das Multimedia-Verständnis Hasenbrooks aufzufassen, der darin eine Computerapplikation sieht, bei der nicht nur Bilder und Texte, sondern auch mindestens eine Animation, ein Video, eine Audiodatei oder eine Simulation integriert wird, welche einen direkten Einfluss auf den Programmablauf hat (1995, S. 180). Eine weitere Definition stammt vom Weidemann (2002 A, S. 45), welcher der Meinung ist, dass der Begriff Multimedia weiter differenziert werden sollte, da dieser aus wissenschaftlicher Sicht ansonsten zu „theorielos“ und „inkonsistent“ ist. Er differenziert in den Bereichen, Multicodierung, Multimedia und Multimodalität. Mit Multicodierung sind die „(...) Kennzeichnung, Verkürzung oder Umwandlung häufig wiederkehrender Informationen“ (Colin 1992 zitiert nach Weidemann, 2002 A, S.46) gemeint. Dies beinhaltet den Kerngedanken, dass Informationen in unterschiedlichen Symbolsystemen codiert werden. Als Beispiel ist etwa das Zahlensystem zu nennen, bei dem die Informationen in Form von Zahlen codiert werden. Darüber hinaus sind piktorale und verbale Symbolsysteme zu nennen. Die Symbolsysteme bestehen meist aus verschiedenen Codes und Subcodes (Weidemann, 2002a, S. 46). Bei Multimodalität handelt es sich laut Weidemann um Angebote, welche verschiedene Sinnesmodalitäten ansprechen, beispielsweise audiovisuelle Angebote wie ein Video mit Ton und Bild. Der letzte Bereich bei Weidemann ist das Multimediale. Diesbezüglich sind Angebote gemeint, „die auf unterschiedlichen Speicher- und Präsentationstechnologien verteilt sind, aber integriert präsentiert werden.“ (Weidemann, 2002a, S. 47). Somit ist nach Weidemann die Arbeit mit einem PC und einem CD-ROM-Player in Kombination und integrierter Präsentation als multimedial zu erachten.

	<b>Mono-...</b>	<b>Multi-...</b>
Medium	Monomedial: Buch Tablet oder Computer	Multimedial: Tabletb und Anschauungsmodell Computer und Buch
Codierung	Monocodal: nur Text nur Bilder nur Zahlen	Multicodal: Text mit Bild Grafik mit Beschriftung
Sinnesmodalität	Monomodal: nur visuell (Text, Bilder) nur auditiv (Vortrag, Musik)	Multimodal; Audiovisuell (Video oder computergestützte Animation mit Ton)

Tabelle 1 - Übersicht zu den Begriffen: Codierung, Sinnesmodalität und Medium (Weidemann, 2002a, S. 47 A)

Es stellt sich heraus, dass es schwierig ist, eine allgemeine Definition für Multimedia festzulegen. Aus diesem Grund wird in dieser Arbeit die Definition von Hasebrook für den Begriff von Multimedia verwendet, welche mit der genaueren Begriffserklärung von Weidemann kombiniert wird. So wird der Begriff von Multimedia als Überbegriff verwendet, welcher multicodale und multimodale Komponenten enthält. Weiterhin relevant ist die Beachtung von hard- und softwaregestützten Systemen.

## 2.2 Kognitive Grundlage und Gedächtnis Modell

Um die ablaufenden Lern- und Gedächtnisprozesse sowie den Lernerfolg multimedialer Angebote angemessen analysieren zu können, bedarf es eines kognitiven Modells. In dieser Hinsicht erscheint Mayers Gedächtnis-Modell geeigneter, da es unter anderem die kognitionspsychologischen Prinzipien und die kognitive Belastungstheorie berücksichtigt. Zusätzlich werden die Funktionsweise des Gedächtnisses und die Informationsverarbeitung berücksichtigt. Das Modell betont die Integration von Multimedia, um kognitives Verständnis zu fördern und die kognitive Belastung im Lernprozess zu minimieren. Darüber hinaus wird das Modell durch umfangreiche empirische Studien gestützt. Diese Grundlange sind wichtig für das Verstehen der noch zu betrachtenden Theorien von Meyer und Schnotz & Bannert.

Das wohl bekannteste Gedächtnis- Modell ist das Drei-Speicher-Modell von Atkinson und Shiffrin (1968). Laut diesem Modell ist das Gedächtnis in drei Systeme aufgeteilt, wobei sich diese in der Art und Weise der Informationsverarbeitung und der -speicherung unterscheiden und folglich unterschiedliche Rollen innerhalb des Lernprozesses übernehmen.

Die Informationen (Text und Bild) aus der Außenwelt treten durch die Augen in das sensorische Gedächtnis ein. Hier befindet sich die Schnittstelle zwischen den unbewussten Wahrnehmungen und dem Arbeitsgedächtnis. Die hier ankommenden genauen Informationen werden nur für wenige hundert Millisekunden im reizspezifischen Format behalten. Das sensorische Gedächtnis wird auch als ikonisches Gedächtnis bezeichnet (Buchner, 2012, S. 550; Mayer, 2001, S.43). Nachdem die Information im sensorischen Gedächtnis aufgenommen und die ersten Reize verarbeitet sind, gelangen die Informationen in das Arbeitsgedächtnis. Das Arbeitsgedächtnis-Modell von Baddeley (1999) war eine Zeit lang das bekannteste Gedächtnis Modell, welches von Meyer in seine Theorie implementiert wurde. Nach diesem Modell wird das Arbeitsgedächtnis in drei Komponenten unterteilt und als aktives Bewusstsein wahrgenommen. Die erste Komponente ist die zentrale Exekutive, welche als Kontrolleinheit dient und die Verarbeitungsvorgänge ‚überwacht‘. Die zweiten und dritten Komponenten werden als Subsysteme verstanden. Das erste Subsystem ist die phonologische Schleife. Darin werden „akustische und artikulatorische Informationen verarbeitet“ (Buchner, 2012, S.549). Damit ist gemeint, dass auditive Informationen in Form von Sprache und Geräuschen in der phonologischen Schleife kurzzeitig gespeichert werden. Dasselbe gilt für Informationen, die über Sprache als Textform aufgenommen werden. Dabei wird visuell wahrgenommene Sprache beim Lesen in eine für die phonologischen Schleife verständliche Form umcodiert und abgespeichert (ebd.). Neben der phonologischen Schleife umfasst Arbeitsgedächtnis den visuell-räumlichen Notizblock. In diesem Subsystem werden die Vorstellungen und Wahrnehmungen visueller Natur verarbeitet. Der visuell-räumliche Notizblock wird in sich in eine Komponente der räumlichen Information und eine Komponente für Objektmerkmale, wie Farben und Formen, unterteilt. Beide Subsysteme werden durch die zentrale Kontrolleinheit überwacht. Die zentrale Kontrolleinheit kann als „Aufmerksamkeitssystem“ betrachtet werden (ebd.). Baddeley (2000) erweiterte sein Modell nachträglich um den episodischen Puffer, in dem Informationen zwischen Arbeitsgedächtnis und Langzeitgedächtnis aufbewahrt werden sollen (Buchner, 2012, S. 549). Im Arbeitsgedächtnis werden Informationen

umorganisiert und für Sekunden bis Minuten gespeichert. Dieser Vorgang wird als zeitlich distinkter Prozess bezeichnet (Markowitsch, 2010, S. 558). Das Langzeitgedächtnis enthält das gesamte Wissen der Lernenden. Hier werden große Mengen an Informationen für eine längere Zeit gespeichert. Die Inhalte können jedoch nur dann genutzt werden, wenn das Wissen aktiviert und ins Arbeitsgedächtnis gerufen wird (Mayer, 2001, S.45). Im Fall von Vergessenem hat eine abweichende Information eine modifizierende oder auslöschende Wirkung, was vor allem auf Interferenzprozesse zurückzuführen ist (Buchner, 2010, S.547). Dabei beziehen sich die Interferenzprozesse auf die Wechselwirkung oder Störung zwischen verschiedenen Gedächtnisinhalten oder Informationen. Es kann zu Verwirrung oder Beeinträchtigung der Erinnerungsfähigkeit kommen, wenn ähnliche oder konkurrierende Informationen im Gedächtnis vorhanden sind (Bredenkamp, 2021).

Nachdem das Grundverständnis des Gedächtnismodells erläutert wurde, werden im Anschluss verschiedene Theorien und Modelle in Bezug auf das Gedächtnis behandelt. Dabei beginnen wir mit der "Cognitive Theory of Multimedia Learning" von Mayer (2005).

## **2.3 Modelle multimediales Lernen**

### **2.3.1 *Cognitive Theory of Multimedia Learning* nach Mayer (2005)**

Die Theorie zum multimedialen Lernen von Meyer (2005) stützt sich auf drei wichtige Annahmen. Die erste Annahme geht von zwei Informationskanälen – einem bildbasierten und einem sprachbasierten Kanal – aus, welchen die eingehenden Informationen im Arbeitsgedächtnis anhand deren Darstellungsform zugeordnet werden. Dort werden die Informationen anschließend weiterverarbeitet. Diese Annahme wird durch die „Dual Coding Theory“ von Paivio (1986) und (Clark & Paivio, 1991) gestützt. Die zweite Annahme legt eine begrenzte Verarbeitungskapazität zugrunde. Präziser ausgedrückt, wird angenommen, dass jeder der beiden Kanäle über eine begrenzte Verarbeitungskapazität verfügt und somit ab einer bestimmten Menge an Informationen nicht alle simultan verarbeitet, werden können. Der theoretische Hintergrund für diese Annahme entspringt der „Cognitive Load Theory“ von Chandler und Sweller (1991) und der Arbeitsgedächtnis Theorie von Baddeley (1986). Die dritte und letzte Annahme für die Theorie von Meyer (1989) stammt von Wittrock, bei der es um die aktive Verarbeitung der Informationen geht. Hierbei wird angenommen, dass die Lernenden wichtige Informationen aus den Materialien aktiv auswählen und somit für sich selbst

logische mentale Repräsentationen konstruieren und diese mit ihrem Vorwissen in Verbindung bringen. Für ein besseres Verständnis wird zunächst das Modell von Paivio (1986) eingegangen, umso im weiteren Verlauf die weiteren Modelle zu erläutern.

### **2.3.2 Dual Coding nach Paivio**

In Bezug auf das Arbeitsgedächtnis erkennt Mayer in den zwei Subsystemen die Kanäle, welche sich hinsichtlich der Codierung und Modalität überlappen. Der erste Kanal dient zur visuell/piktorale Verarbeitung von Informationen und der zweite Kanal zu auditiv/verbalen Verarbeitung. (Mayer 2001, S. 46f. Modell bereits 1997 veröffentlicht). Um das zwei Kanäle-System besser verstehen zu können, müssen zunächst die jeweiligen Kanäle detaillierter erläutert werden. In der dualen Kodierungstheorie wird davon ausgegangen, dass die verbalen Informationen im Arbeitsgedächtnis gefiltert werden, was zur Bildung einer „propositionalen Repräsentation“ führt. Nach diesem Selektionsprozess wird die Information durch einen Organisationsprozess zu einem mentalen Modell (Schnotz & Bannert, 1999, S. 221). Dasselbe geschieht analog im piktoralen Kanal. Hier wird nach der Selektionsphase eine imaginale Repräsentation und nach der Organisationphase ein imaginales mentales Modell gebildet. Beide Prozesse werden ineinander integriert und finden gleichzeitig im Arbeitsgedächtnis statt (Schnotz & Bannert, 1999, S. 221). Schnotz und Bannert hingegen stehen dieser Annahme kritisch gegenüber, da Mayer zwischen den Prozessen der Bildverarbeitung und der der Textverarbeitung keinen Unterschied macht. Sie empfehlen eine modellierte Version von Meyers Theorie, in der auf die unterschiedliche Repräsentation in der Bild- und Textverarbeitung eingegangen wird (Schnotz & Bannert, 1999, S. 221). An späterer Stelle erfolgt hierzu ein detaillierterer Vergleich. Als nächstes wird auf das *Cognitiv Load Theory* von Sweller eingegangen, welches mit einem Bestandteil von Mayers CTML ist.

### **2.3.3 Limitierte Verarbeitungskapazität von Sweller (1994) und Baddeley (1999)**

Sweller entwickelte 1994 die *Cognitiv Load Theory*, die besagt, dass die Informationsaufnahme und Verarbeitung des Arbeitsgedächtnisses für jedes Verarbeitungssystem begrenzt ist. Eine Überschreitung der Grenze führt zum *cognitive overload*, welcher das Lernen behindert und im schlimmsten Fall unterbricht.

Baddeleys *Human Memory* Modell ähnelt der Theorie von Sweller. Die Ressourcen werden in den unten erläuterten drei Systemen beansprucht:

- ***Intrinsic cognitive load*** (intrinsische kognitive Belastung) ***Extraneous cognitive load*** (extrinsische kognitive Belastung)
- ***Germane cognitive load*** (lernbezogene kognitive Belastung)

### **Inhaltsbedingte (intrinsische) kognitive Belastung (*intrinsic cognitive load*)**

Die intrinsische kognitive Belastung korreliert positiv mit dem Schwierigkeitsgrad des Materials. Je anspruchsvoller das Material, desto höher die kognitive Belastung. Wie anspruchsvoll das Material ist, hängt mit dem Vorwissen sowie die persönlichen Gegebenheiten der/des Lernenden zusammen. Weiterhin ist relevant, wie viele Informationsbausteine in welcher Komplexität vermittelt werden (Girwidz, 2004, S.16). Diese Informationsbausteine werden auch *chunks* genannt. Laut Mayer ist es möglich zwischen fünf und sieben *chunks* zu selben Zeit im Arbeitsgedächtnis zu nutzen. Dies kann etwa anhand des Auswendiglernens einer Telefonnummer verdeutlicht werden. Wird die folgende Telefonnummer betrachtet, ergeben sich insgesamt elf „chunks“: 0-1-6-3-2-2-5-6-9-5-1. Dies ist der Theorie entsprechend schwerer zu lernen als: 0163-322-539-51. Dies liegt vor allem daran, dass die Telefonnummer in der zweiten Variante in vier *chunks* unterteilt wird und infolgedessen durch das Arbeitsgedächtnis besser zu verarbeiten ist. Dadurch wirkt auf das Arbeitsgedächtnis eine geringere intrinsische kognitive Belastung als die Unterteilung in elf *chunks* (Mayer, 2001, S.49). Zusammenfassend ist zu konstatieren, dass kleinere Lernpakete die intrinsische Belastung verringern, so dass die Inhalte einfacher im Langzeitgedächtnis gespeichert werden können. Eine wichtige Rolle dabei spielt das Vorwissen der Lernenden, welches die intrinsische Belastung zusätzlich minimiert. Zu komplexe Materialien würden das Vorwissen der Lernenden übersteigen, analog dazu, wie es das Erlernen durch viele Informationspakete erschwert wird.

### **Inhaltsfremde (extrinsische) kognitive Belastung (*extraneous cognitive load*)**

Die extrinsische kognitive Belastung wird vor allem durch die Gestaltung der Lernumgebung und des Lernmaterials beeinflusst. Eine sehr hohe extrinsische Belastung wird vor allem durch nicht inhaltsbezogene und irrelevante Bildgebungen, Animationen, zu vielen Details und Informationen, die in sich widersprüchlich sind, hervorgebracht (Mayer 2001, S.50).

### **Lernrelevante kognitive Belastung (*germane cognitive load*)**

Die lernrelevante kognitive Belastung wird als positive Belastung angesehen. Diese kognitive Belastung spielt eine zentrale Rolle beim Lernen. Hierbei wird unter anderem das neu gelernte Wissen organisiert und in bereits erlerntes Schema hinzugefügt. Dabei werden die bereits erlernten Schemata ausgebaut, um so mehr Wissen zu erlangen und Problemlösekompetenzen zu fördern, da durch mehr Wissen Problemzusammenhänge besser erkannt werden können. Insgesamt trägt die germane kognitive Belastung dazu bei, den Lernprozess effektiver zu gestalten, da sie die Bemühungen der Lernenden in Richtung eines tieferen Verständnisses lenkt. Dieses Konzept ist für Lehrer und Bildungsfachleute wichtig, da es dazu beiträgt, Lehre und Lernstrategien zu entwickeln, die die metakognitiven Fähigkeiten der Lernenden fördern und ihre Lernergebnisse optimieren. (Meyer, 2001, S.50; Nerdel 2017, S.206).

Die intrinsische und extrinsische kognitive Belastung könnte mit folgenden Maßnahmen verringert werden. 1. Wenn das Lerntempo individuell von den Lernenden vorgegeben und angepasst werden kann. Dabei können die Lernenden es selbst entscheiden, wann sie einen Aufgabenblock beendet haben und wann sie bereit für neues Wissen sind. 2. Die Anwendung des *Single-Concept*-Prinzips. Wobei die Lerninhalte, eine hohe Komplexität haben und aus diesem Grunde in kleinere Sequenzen unterteilt werden, sodass nicht der gesamte Inhalt auf einmal gelernt wird, sondern immer nur kleinere Teilbereiche des Inhaltes. Dabei wird gefördert, dass mehr Basiswissen aus dem Langzeitgedächtnis zu Verfügung steht, um den gesamten Inhalt am Ende der Reihe zusammenführen zu können (Girwidz, 2004, S.16f.). 3. Bei dem Lernen mit multimedialen Lernangeboten ist die Strukturierung ein wichtiger Baustein. Die Strukturierung der Lernangebote hilft beim Aufbau von mentalen Modellen und ist wichtig für das Erlernen von Wissen und Kompetenzen (Handlungs- oder Urteilsraster (Sumfleth et al., 2002, S.127f.). 4. Gestaltungsprinzipien nach Mayer (2009). Bei der Anwendung von 1. und 2. ist es möglich, die intrinsische kognitive Belastung zu verringern. 3. und 4. verringern die extrinsische kognitive Belastung. Die oben genannten Belastungen werden zur Gesamtbelastung des Arbeitsgedächtnisses addiert und nicht genutzte Kapazitäten bleiben frei. Wichtig für den Unterricht ist hierbei, die lernrelevante kognitive Belastung zu erhöhen, sodass diese die größte Menge des Aufwandes ausmacht. Die extrinsische kognitive Belastung sollte durch die lehrende Person so gut es geht minimiert werden (Nerdel, 2017, S.206).

Bestehende Kapazitäten bleiben bei Nicht-Nutzung der gesamten kognitiven Kapazitäten frei. In der Abbildung 1 wird das gesamte Arbeitsgedächtnis illustriert dargestellt.

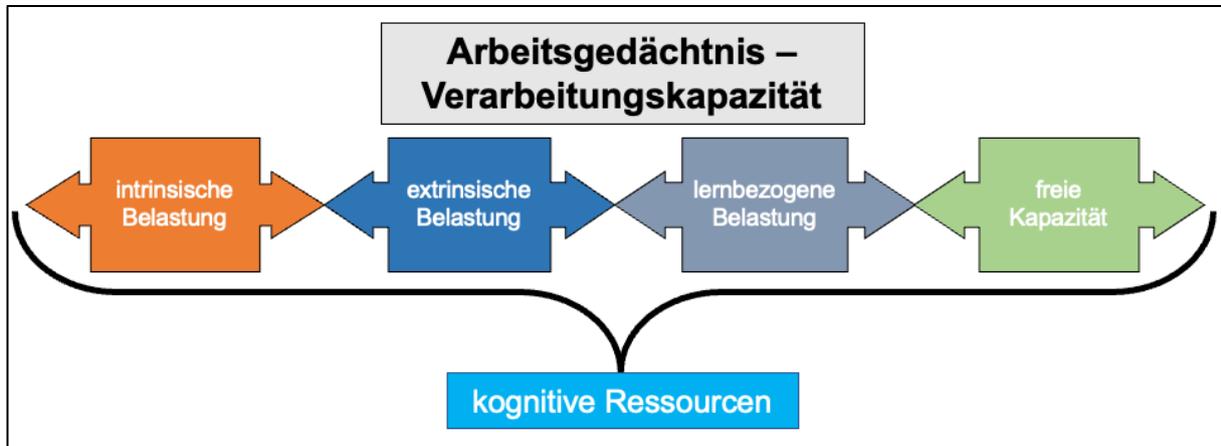


Abbildung 1 Schematische Darstellung Verarbeitungskapazität (Ucarat in Anlehnung an Maresch (2006))

### 2.3.4 Aktive Verarbeitung

Die dritte Annahme von Mayer basiert auf einer Studie von Wittrock (1989), in der angenommen wird, dass die Lernenden durch ihr Vorwissen und Erfahrungen mentale Repräsentationen aufbauen. Hierfür wird folgendes Modell zum kognitiven Verarbeitungsprozess dargestellt.

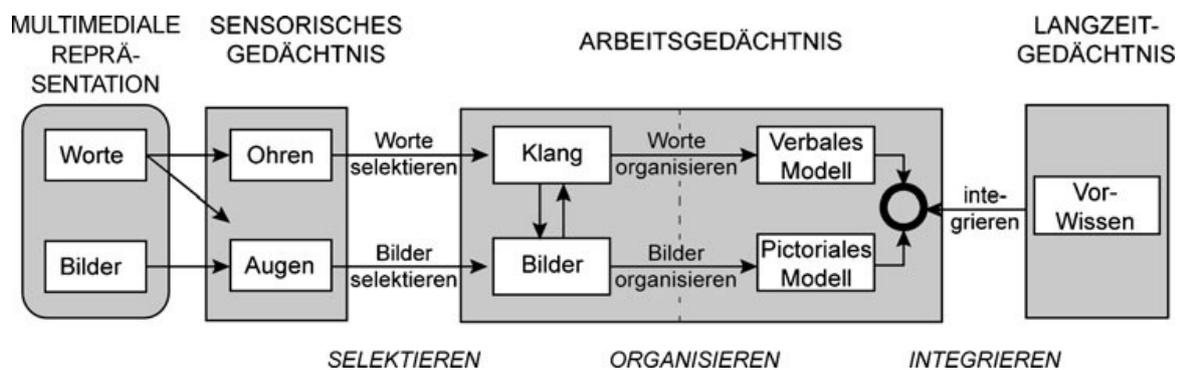


Abbildung 2 Multimediales Lernen. (Mayer, 2009. nach Schanze, Girwidz, 2018, S. 179)

Meyers *Cognitive Theory of Multimedia Learning* wird in dieser Darstellung als Modell aufgezeigt. Im Folgenden Absatz wird die aktive Verarbeitungstheorie erklärt und in Meyers *Cognitive Theory of Multimedia* integriert. Dieses Modell ist mehrstufig aufgebaut und erklärt den Verarbeitungsprozess von ankommenden Informationen. Zunächst sind zwei parallel ablaufende Verarbeitungskanäle zu erkennen. Ein Kanal ist für die Verarbeitung von visuell/piktoralen Informationen und der andere Kanal für die Verarbeitung von auditiven Informationen zuständig. Das Modell der *Cognitive Theory of*

*Multimedia Learning* unterteilt sich zunächst in multimediale Repräsentation, sensorisches Gedächtnis, Arbeitsgedächtnis und Langzeitgedächtnis. Darüber hinaus werden in dem Modell drei Prozesse unterschieden. Bei dem ersten Prozesse werden Text- und Bildinformationen unter Berücksichtigung deren Relevanz selektiert (Selektion) und in das Arbeitsgedächtnis weitergeleitet. Hier werden die bislang sensorisch geprägten Informationen miteinander verglichen, jedoch weiterhin in den parallellaufenden Kanälen verarbeitet. In dieser Phase werden spezifische Informationen codiert und organisiert (Organisation). Dabei entsteht ein verbales Modell nach der Wortorganisation und ein piktorales Modell nach der Bildorganisation. Beide Modelle werden im Arbeitsgedächtnis verbunden. Im letzten Schritt werden die wort- und bildbasierten Informationen mit dem Vorwissen verknüpft und in das Wissen aus dem Langzeitgedächtnis integriert (Integration) (Schanze & Girwitz, 2018, S.179.). Zu dem *Cognitive Theory of Multimedia Learning* gibt es ein alternatives Modell von Schnotz und Bannert, auf das im nächsten Schritt eingegangen wird.

### **2.3.5 Integrated Model of Text and Picture Comprehension von Schnotz und Bannert**

Das alternative Modell zur Informationsverarbeitung, das von Schnotz und Bannert entwickelt wurde, basiert ähnlich wie Mayers Theorie auf fundamentalen Konzepten wie dem Dreispeichermodell von Atkinson und Shiffrin (1977), dem Arbeitsgedächtnismodell von Baddeley (1986) sowie Paivios Dual Coding. Gemäß dieser Theorie erfolgt die Aufnahme von Informationen über visuell-piktorale und akustisch-auditive Kanäle, die dann in das sensorische Gedächtnis übertragen werden (Scheiter et al., 2018, S.5). Nach Baddleys Theorie haben das sensorische Gedächtnis und das Arbeitsgedächtnis nur eine bestimmte Kapazität, um Informationen aufzunehmen (siehe 3.3.3). Nach diesem Modell werden visuelle und akustische Information in unterschiedlichen Subsystemen des Arbeitsgedächtnisses verarbeitet. Für das visuelle ist das depiktoriale Subsystem zuständig und für das auditive das deskriptive Subsystem. Es gibt mehrere Unterschiede zwischen Mayers Theorie und der Verarbeitungstheorie von Schnotz und Bannert. Einer dieser Unterschiede betrifft die obengenannten Subsysteme. Schnotz und Bannert nehmen an, dass bei der Informationsverarbeitung zwischen die beiden Systeme durchaus ein Austausch und eine Integration stattfindet. Genauer betrachtet, bedeutet das, dass einerseits im depiktorialen Subsystem neben piktoralen Informationen auditive sowie sprachliche Informationen und andererseits im deskriptiven Subsystem auch piktorale Information verarbeitet werden (Scheiter et. al., 2018,

S.5). Laut dem *Integrated Model of Text and Picture Comprehension* werden also bereits im Arbeitsgedächtnis mentale Modelle gebildet, mit Informationen aus dem vorhandenen Wissen aufbereitet und zu neuem Wissen integriert. Beide Theorien erkennen an, dass der Integrationsprozess der wichtigste Aspekt beim multimedialen Lernen ist.

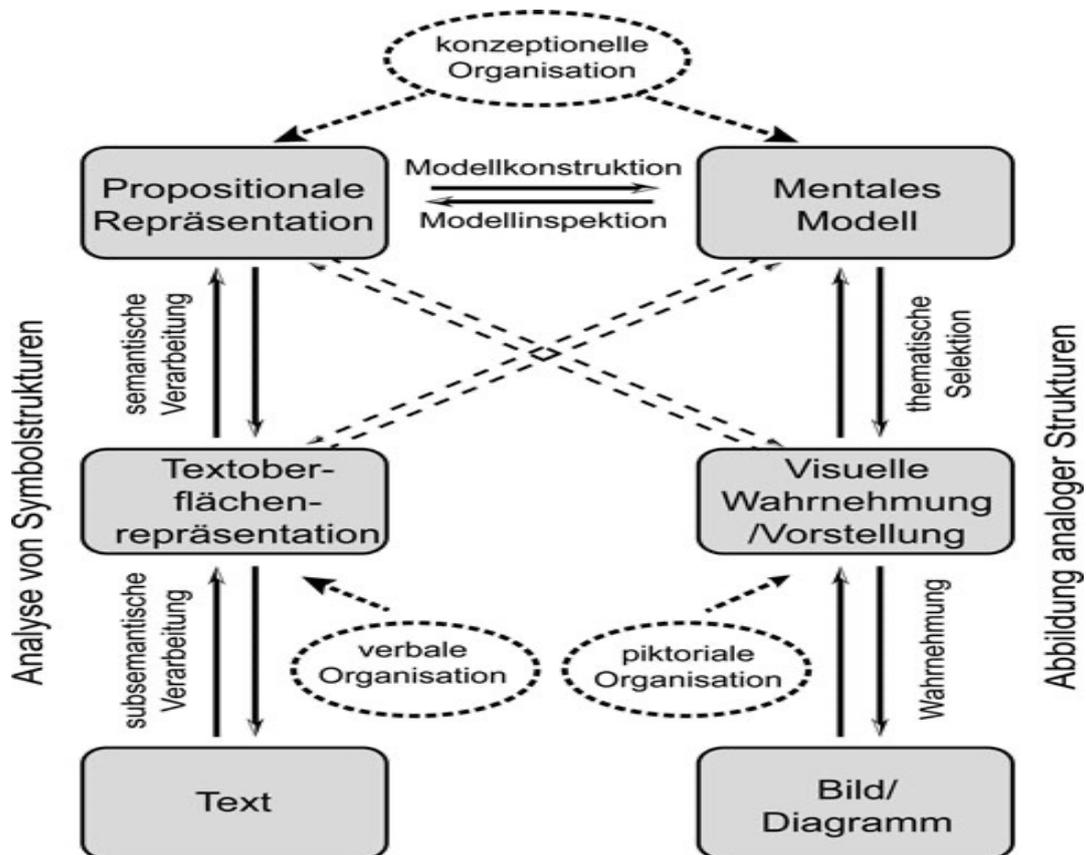


Abbildung 3 Modell des multimedialen Wissenserwerbs (Schnotz, 2014, S.79).

In dem Modell von Schnotz und Banner definieren diese „intra-interrepräsentationale Kohärenzbildungsprozesse“ (Scheiter et. al., 2018, S.5f.)

Hierbei werden einerseits die verbalen und visuellen Gegebenheiten, z.B. Wörter (verbal) und Formen (piktoral), also oberflächliche Merkmale mit einbezogen und andererseits die bedeutungsgemäßen (semantischen) Tiefenstrukturen unterschieden (Scheiter et. al., 2018, S.6.). Das Modell in Abbildung 3 ist wie folgt aufgebaut: Auf der linken Seite ist der deskriptionale Kanal, welcher mit der Aufnahme von externen Informationen in Form von Texten beginnt. Diese Informationen werden zunächst subsemantisch verarbeitet und zu einer Textoberflächenrepräsentation geformt. Hier beginnt die verbale Organisation. Im nächsten Schritt wird die Information semantisch verarbeitet, so dass eine propositionale Repräsentation entsteht. Dieser Kanal wird nicht als

Einbahnstraße gesehen, die Verarbeitung kann in beide Richtungen verlaufen. Der deskriptionale Kanal nimmt die externe Information in Form von Bildern und Diagrammen wahr und bildet eine visuelle Wahrnehmung/Vorstellung. Hier findet auch die piktoriale Organisation statt. Nach der visuellen Wahrnehmung wird die Information thematisch selektiert, so dass ein mentales Modell entsteht. Zwischen dem mentalen Modell und der propositionalen Repräsentation besteht ein Austausch (Modellkonstruktion und Modelinspektion). Über den beiden steht die konzeptionelle Organisation, welche auf beiden Enden der Kanäle wirkt. Wie in der Abbildung zu erkennen ist, existiert eine Verbindung zwischen dem mentalen Modell und der Textoberflächenrepräsentation, sowie zwischen der propositionalen Repräsentation und der visuellen Wahrnehmung. Dies zeigt eine Integration und einen Austausch zwischen beiden Kanälen, was im Umkehrschluss bedeutet, dass die jeweiligen Kanäle nicht nur bestimmte Informationen verarbeiten und starr verlaufen, sondern durchaus ein Austausch stattfindet. Die Textoberflächenrepräsentation und die propositionale Repräsentation bauen auf die Nutzung von Symbolen und sind laut Schnotz extrinsischer Natur (Schnotz, 2001, S.306 f.). Die visuelle Wahrnehmung bzw. Vorstellung und das interne mentale Modell fußen auf dem „Prinzip der analogen Darstellung und sind intrinsischer Natur“ (Schnotz, 2001, S.307).

Nachdem im Verlauf der Arbeit die verschiedenen Theorien und Modelle behandelt wurden, die für den Aufbau und das Verständnis dieser Arbeit von Bedeutung sind, widmet sich der folgende Abschnitt der Untersuchung der Effektivität des multimedialen Lernens.

## **2.4 Lernwirksame Gestaltung von multimedialem Lernen**

In der Unterrichtsrealität muss sich gute technologiebasierte Entwicklung noch bewähren. Die Gründe hierfür sind z.B. raumgegenständliche, organisatorische oder auch kulturelle Aspekte, die bei der Implementation in das Lernumfeld wichtig sind. Das digitale Lernumfeld sieht auch vor, dass die Rollen der Lehrenden und der Lernenden anders verteilt werden. Das bedeutet, dass die Lehrkraft die ungewohnte Rolle als Mediator annimmt, was zu Folge hat, dass die Lernenden nicht wie sonst üblich die Unterstützung von der Lehrkraft bekommen, sondern die Unterstützung und Informationen von den neuen Medien erhalten sollen. So wird den Lernenden die Möglichkeit des eigenverantwortlichen Lernens gegeben. Dieser Rollenwechsel muss den Lernenden klar gezeigt werden. Es heißt aber nicht, dass die Lehrkraft sich aus dem Lernprozess ausschließen soll. Der Unterricht mit neuen digitalen Medien, muss gut

vorbereitet sein und auch Differenzierungsmöglichkeiten bieten. Ein weiter wichtiger Aspekt ist, dass die digital gestützte Lernumgebung zunächst immer lerngruppenspezifisch gestaltet ist. Es kann große Unterschiede zwischen verschiedenen Lerngruppen geben. Dabei sind die individuellen Voraussetzungen der Lernenden zu berücksichtigen. Für das Gelingen einer digital gestützten Unterrichtseinheit, sind neben den gerade erwähnten Erfahrungen der Lerngruppe auch die metakognitive Hilfestellung der Lehrkraft von tragender Bedeutung (Schanze & Girwidz, 2018, S. 180).

Herzig beschreibt vier Einflussfaktoren in Hinblick auf die Wirkung von digitalen Medien im Unterricht. Als erstes werden die eingesetzten digitalen Medien bzw. das Medienangebot beschrieben. Hierbei werden verschiedene Kriterien und Merkmale für digitale Medien im Hinblick auf ihre Wirkung bzw. auch Wechselwirkungen untersucht. Je nachdem für welches digitale Medium sich die Lehrkraft entscheidet, ergeben sich entsprechende Unterschiede hinsichtlich der Wirkung. Das Medienangebot ist vielseitig und bietet dementsprechend diverse Anwendungsfelder sowie Möglichkeiten. Ein Beispiel hierfür sind Lernprogramme, welche mit unterschiedlichen Lernoberflächen auf die Lerninhalte, Ziele usw. eingehen. Die Merkmale und Kriterien sind breit gefächert (Herzig, 2014, S.9). Der nächste Faktor ist der Unterrichtsprozess, in den die Medienangebote eingebettet werden. Der Unterrichtsprozess verfügt ähnlich wie die digitalen Medien über verschiedene Merkmale und Kriterien. Zu diesen zählen z.B. Unterrichtsziele, Unterrichtsinhalte, Methoden usw. Je nachdem wie die Lehrkraft den Unterrichtsprozess gestaltet, sind einige Merkmale divergent ausgeprägt als andere, so dass der Unterrichtsprozess unterschiedlich verlaufen kann.

Der nächste Einflussfaktor wird in zwei Abschnitte unterteilt und beschreibt die im Unterricht beteiligten Akteure. Dies sind zum einen die Lehrkräfte, die vertieftes Wissen ihre Expertise in den Unterricht einfließen lassen. Dabei geht es um die Fachdidaktik, das Fachwissen und das Wissen hinsichtlich der Bildungswissenschaft (Herzig, 2014, S.10). Diese Expertisen sind die Grundexpertisen einer Lehrkraft. Zusätzlich zu diesen Expertisen, ist für den Einsatz von digitalen Medien die Medienkompetenz ein wichtiger Faktor, welcher das mediale Wissen mit der Didaktik verbindet, dies wäre somit die Kompetenz der Mediendidaktik. Dadurch wird die Gestaltung der Lehr-Lernsituation auf unterschiedliche Weise beeinflusst.

Der letzte Einflussfaktor ist die Lernenden, die unterschiedliche personalisierte Merkmale und Charakteristika mitbringen. Dazu zählt das Vorwissen, die kognitiven Ressourcen und soziokulturellen Gegebenheiten, wie z.B. der Bildungsstand der Eltern (Herzig, 2014, S.10).

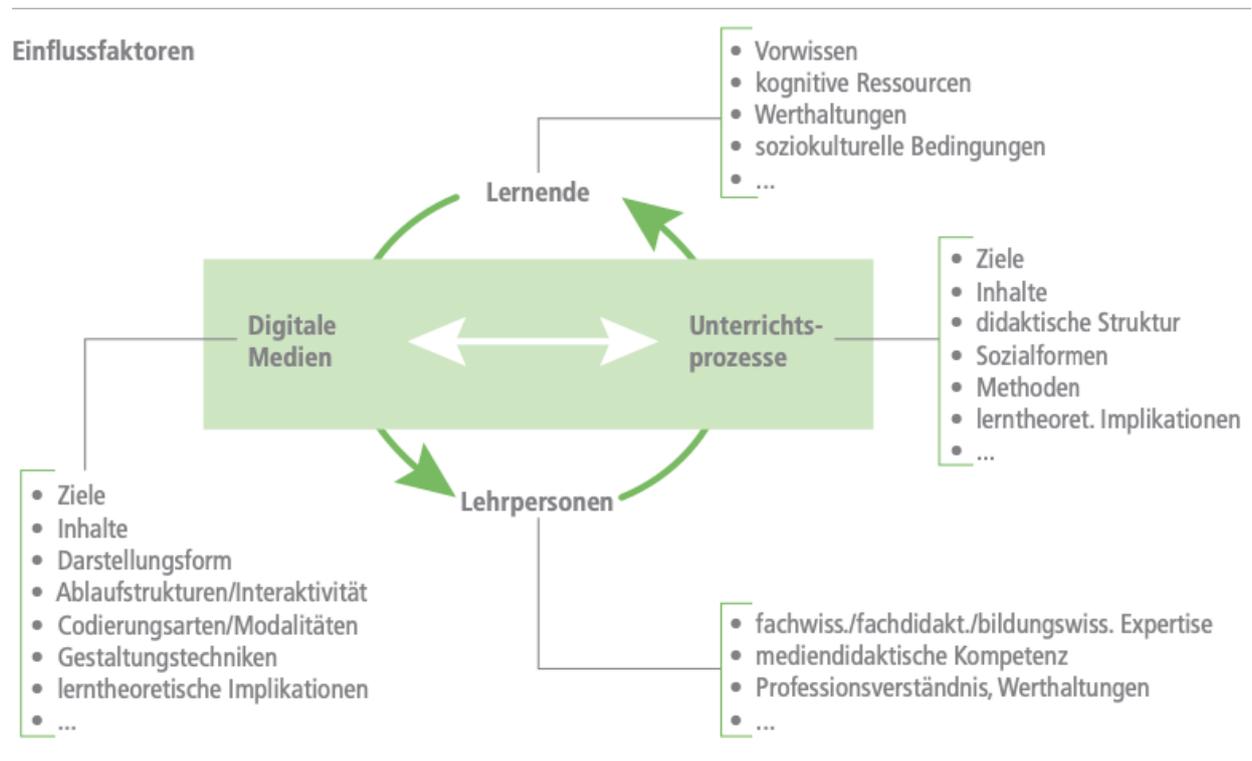


Abbildung 4 Wirkungen digitaler Medien im Unterricht: Einflussfaktoren (Herzig, 2014, S. 10).

Die Einflussfaktoren verdeutlichen, dass es nicht allein auf fachspezifische Aspekte ankommt, wenn es um das Lernen mit digitalen Medien geht. Es spielen auch allgemeine Einflussfaktoren eine wichtige Rolle. Die Ausdifferenzierung zwischen der Wechselwirkung der Faktoren ist wichtig, um so die Wirkungsfaktoren digitaler Medien besser bestimmen zu können (Herzig, 2014, S. 11).

Viele Faktoren spielen eine Rolle für den Erfolg der Implementation digital gestützter Lernumgebungen. Lernende nutzen zwar nahezu alle im Alltag ein Smartphone, tun dies aber meistens im außerschulischen Kontext, folglich kaum zu Lernzwecken. Auch dies ist ein Faktor, der beachtet werden sollte. Eine weitergehende Forschung sollte die förderlichen oder hinderlichen Einflussgrößen auf das Erzielen einer Veränderung somit ganzheitlich betrachten.

Für das Lernen mit digitalen Medien können aus der Forschungsperspektive einige Aussagen getroffen werden, welche Umstände, die einen höheren Lerneffekt ermöglichen, beschreiben.

Und zwar wenn...

- ... Informationen über Text mit integriertem Bild weitergegeben werden und nicht nur über reine Sachtexte.
- ... kommentierte Illustrationen zum Text angeboten werden, anstatt unkommentierte Illustration.
- ... Text und Bilder räumlich nah beieinanderliegend dargestellt werden und nicht erst der Text und dann das Bild oder die Illustration folgt (Mayer 1997; zit. nach Herzig, 2014, S.12). Bilder und Illustrationen informative und für die Lernenden förderlichen Merkmale besitzen.

Die obengenannten Aspekte, beziehen sich vor allem auf das Erwerben von Wissen, Problemlösekompetenz bzw. Transferfähigkeit.

Ein höherer Lernerfolg in Bezug auf die Sinnesmodalität ist zu erwarten, wenn...

- ... Informationen auditiv und visuell dargeboten werden, statt nur visuell oder nur auditiv.
- ... Informationen auditiv und visuell gleichzeitig dargestellt werden und nicht nacheinander.
- ... Wenn Informationen visuell (als Text und Animation) räumlich nah beieinander integriert dargeboten wird, anstatt getrennt voneinander (Mayer 2001 zit. Nach Herzig 2014, S.12).

Die oben genannten Aspekte sind wichtige Faktoren für den Einsatz von multimedialem Material im Unterricht. Das angewandte Material sollte einerseits nach diesen Faktoren und andererseits nach den Prinzipien der Multimediaanwendungen von Mayer (3.4.5) überprüft werden.

Multimediales Lernen kann beim Aufbau von mentalen Modellen hilfreich sein. Die verschiedenen Möglichkeiten der Darstellungen, wie z.B. Animationen, Simulationen oder Modellierungen können die Erkenntnis über die Einflussfaktoren und deren Abhängigkeit lancieren (Schanze & Girwidz, 2018, S. 182). Es existieren verschiedene Medientypen. Unter anderem gibt es die auditiven und die visuellen Medien sowie die AV-Medien, also Medien, welche auditiv und visuell dargeboten werden. Ansonsten existieren multisensorische Medien, welche unter dem Aspekt „Naturerleben“ eingeordnet werden können. Eine weitere Form der Medien sind die digitalen Medien, welche durch technische Komponenten in den Unterricht einfließen (Nerdel, 2017, S. 190). Die digitalen Medien sind für diese Arbeit äußerst wichtig. Die Entwicklung der

digitalen Medien zeigt, dass guter Unterricht sowie die Lernwirksamkeit aus vielen verschiedenen Faktoren besteht und der Einsatz von digitalen Medien allein nicht dafür ausreicht. Aus diesem Grund sollten Medien stets ziel-, inhalts- und methodenorientiert verwendet werden. Zusätzlich dazu ist die Kompetenzbildung ein weiterer wichtiger Aspekt. Bei der Anwendung von digitalen Medien ist vor allem deren Abstimmung auf die Lerngruppe wichtig, da jede Lerngruppe unterschiedliche Kenntnisse und Kompetenzen mitbringt. Das bedeutet auch, dass die Methode angepasst und mit vorherigen bekannten Arbeitsweisen integriert werden sollte. Aus Sicht der Kognitionspsychologie ist das Wissen und die Anwendung der basalen Gestaltungsprinzipien in Bezug auf visuelle Darstellung in Form von Bildern, Texten und Symbolen, losgelöst von der technischen Komponente zentraler als das Medium selbst (Nerdel, 2017, S. 208).

#### 2.4.1 Prinzipien für Multimediaanwendungen

Auf Grundlage der „*Cognitive Theory of Multimedia Learning*“ und den darin beinhalteten Annahmen formuliert Mayer (2009) zwölf Prinzipien für das Design bei Multimediaanwendungen im Bildungskontext.

- (1) **Kohärenzprinzip:** Lernen wird erleichtert, wenn Informationen, die für das Lernen und Verstehen nicht von Belang sind, außervorgelassen werden (Mayer, 2009, S.267). Eine zu große Anzahl von Lernmaterialien führt zu Verringerung der freien mentalen Kapazität der Lernenden. Unwichtige und nebensächliche Informationen lenken in der Phase der Selektion das Augenmerk von den wichtigen und relevanten Informationen ab.
- (2) **Signalisierungsprinzip:** Relevante Informationen, werden durch Markierung, Hinweise etc. hervorgehoben (ebd.).
- (3) **Redundanzprinzip:** Wenn Grafiken mit einem auditiven Text unterlegt werden, wird die Information als Text auf dem Display nicht benötigt, da redundante Informationen zur Belastung des kognitiven Systems führen können (ebd.)
- (4) **Räumliches Kontiguitätsprinzip:** Zusammengehörige Bilder und Texte, sollten in räumlicher Nähe zusammenstehen. Im besten Fall ist der Text im Bild integriert (ebd.).
- (5) **Zeitliches Kontiguitätsprinzip:** Zusammengehörige Texte und Bilder, sollten im besten Fall gleichzeitig oder logisch nacheinander eingeblendet werden (ebd.).
- (6) **Segmentierungsprinzip:** Eine durchgehende Informationswelle als Lerneinheit ist lernhinderlicher als, „eine auf die Lernenden zugeschnittene Unterteilung in kleinere Lerneinheiten“ (Mayer, 2009, S.268).

- (7) **Vortrainingsprinzip:** Das Lernen wird begünstigt, wenn notwendiges Fachvokabular und Basiskonzepte im Voraus genannt werden (ebd.).
- (8) **Modalitätsprinzip:** Ein auditiver Text eignet sich für Darstellungen und Animationen besser als ein Text auf dem Bildschirm (ebd.). Wenn die Informationen über einen Text und ein Bild von Lernenden aufgenommen werden, dann wird der visuelle Kanal doppelt belastet. Wenn zusätzlich eine auditive Informationsvermittlung stattfindet, ist die Wahrscheinlichkeit eines *cognitive overload* deutlich erhöht. Werden jedoch ein Bild und ein dazugehöriger gesprochener Text getrennt vermittelt, so wird diese Information von zwei Kanälen verarbeitet: einerseits visuell (Bild) und andererseits auditiv (gesprochener Text). Dies führt zu einer geringeren kognitiven Kapazität und zu besserem Lernen.
- (9) **Multimediaprinzip:** Lernende können Informationen besser aufnehmen, wenn Text- und Bildmaterial angeboten werden. Textinformationen allein bringen nicht diesen gewünschten Effekt (ebd.).
- (10) **Personalisationsprinzip:** Eine persönliche und lockere Sprachwiedergabe begünstigt das Lernen und ist besser als eine formale Sprachwiedergabe (ebd.).
- (11) **Stimmlichkeit:** Die Sprachwiedergabe sollte natürlich und freundlich sein und nicht mechanisch (ebd.).
- (12) **Kein Sprecherbild:** Eine Abbildung von der sprechenden Person begünstigt das Lernen nicht (ebd.).

Beim Lernen mit multimedialen Lernangeboten ist die Strukturierung ein wichtiger Baustein. Die Strukturierung der Lernangebote hilft beim Aufbau von mentalen Modellen und ist wichtig für das Erlernen von Wissen (Sumfleth et al., 2002, S.127f.). Ansonsten ist die räumliche und zeitliche Kontinuität deswegen wichtig, weil sich sonst die Aufmerksamkeit des Lernenden durch die zeit- und raumversetzte mediale Darbietung aufteilt und so die Aufnahme der Informationen hemmt (Brünken & Leutner, 2011, S. 364).

Der Effekt, der obengenannten Prinzipien wurde empirisch bislang bei kürzeren Multimediasequenzen belegt. Bei den Multimediasequenzen ging es vor allem um Ursache-Wirkungs-Ketten. Es hat sich herauskristallisiert, dass die persönlichen Parameter der Lernenden, wie z.B. bestimmte Grundlagen- und Sprachkenntnisse, bei komplexeren und zeitlich ausgedehnteren Multimediasequenzen fehlen bislang ergiebige Studien (Schanze & Girwidz, 2018, S.180).

## 2.4.2 Anwendung von digitalen Medien

Durch den Einsatz digitaler Technologie ist es unter anderem möglich, dass Lernende Bilder, Videos und Audios aufnehmen, um die unterrichtlich verknüpften Informationen thematisch zu verarbeiten. Dabei könnten Erklärvideos oder E-Books von den Lernenden produziert werden. Darüber hinaus können die Lehrkräfte und die Lernenden mit Hilfe von Erklärvideos Themen mit guter Anpassung auf die Lernsituation nutzen (Irion & Scheiter, 2018, S.9). Unter anderem kann der Lehr-Lernprozess auch durch die Nutzung eines interaktiven Tablets über die visuell/auditiven Sinnesmodalitäten hinausgehen. Durch den Kinect Controller, eine kamerabasierte Bewegungserkennungstechnologie, können Spieler Spiele ohne physischen Controller steuern. Im Unterricht wäre es möglich, die Bewegungen der Lernenden in das System zu integrieren und so das motorische Lernen zu fördern (Irion & Scheiter, 2018, S.9). Die digitalen Medien können für den Wissenserwerb genutzt werden, welcher an das lebensweltliche Vorwissen der Lernenden anknüpft (Kontextualisierung) und diese durch die „Systematisierung“ an die komplexeren Inhalte heranführt (Dekontextualisierung). Im letzten Schritt sollte das erlernte Wissen für den Lernenden anwendbar sein (Rekontextualisierung). Mit digitalen Medien wäre es möglich interaktive Lernumgebungen zu schaffen. Diese Umgebungen können das bereits vorhandene Wissen der Lernenden einbeziehen und gleichzeitig die Möglichkeit bieten, komplexe Konzepte zu erkunden und zu verstehen. Dies gelingt vor allem durch die Möglichkeit, Informationen vielseitig darstellen zu können (Irion & Scheiter, 2018, S.9). Ein weiterer Vorteil von digitalen Medien und digitaler Technologie ist die Förderung von kooperativen Lern-Arbeitsprozessen. Dabei ist es z.B. möglich, als Gruppe zeitgleich an einem Projekt zu arbeiten oder auch zeitlich und räumlich getrennt und Informationen zu dokumentieren. Durch Apps wie *Book Creator* oder *Explain Everything* haben die Lernenden als Gruppe die Möglichkeit, die zusammengetragenen Inhalte durch diverse Tools zu bearbeiten und als E-Book vorzustellen. Durch die digitale Verarbeitung ist es möglich, die fertigen Produkte mit der Öffentlichkeit zu teilen z.B., um den Eltern das E-Book zu zeigen, oder zu Verfügung zu stellen (Irion & Scheiter, 2018, S.10).

Der Einsatz von Tablets stellt die Schüler\*innenorientierung und die Selbständigkeit der Lernenden in den Fokus. Die Tablets sind durch ihre Handhabung, ihre interaktiven Bedienungsmöglichkeiten und diversen Programmen vielseitig im Unterricht einsetzbar. In nahezu jeder Unterrichtsphase gibt es die Möglichkeit, ein Tablet einzusetzen. Die Lernenden können recherchieren, dokumentieren, fotografieren, filmen usw. Auch

in außerschulischen Lernorten wie z.B. auf einer Exkursion ist der Einsatz möglich (Nerdel, 2017, 208f.). Darüber hinaus gibt es die Möglichkeit, Aufgaben über das Tablet zu erstellen, die die Lernenden lösen und direktes Feedback bekommen. Eine weitere Chance der Tablets sind interaktive Arbeitsblätter, welche durch visuelle und auditive Materialien ausgestattet sind, sodass die Lernenden die Aufgaben in Einzel- oder Partnerarbeit auf einem interaktiven Whiteboard erarbeiten und präsentieren können. Lernprogramme und Tutorials geben den Lernenden die Möglichkeit, ihre Aufgaben in verschiedenen Komplexitätsgraden zu bearbeiten (ebd.). Girwitz fasst wie folgt zusammen:

„Damit bieten Smartphones und Tablet-PCs besonders einfache, flexible und ortsunabhängige Möglichkeiten für Informationsrecherchen im Internet, Dokumentation von Sachverhalten in Bild, Ton und Video, Datenaustausch und Kommunikation, Nutzung von sog. „kognitive Tools“ zu Arbeitserleichterung, wie Wörterbuch, Umrechnungsprogramm, Notizblock.“ (Girwitz, 2015, S. 424).

Der Einsatz ist von digitalen Medien und Technologien ist fächerübergreifend möglich, hierzu wurde der Medienkompetenzrahmen NRW (MKR) verfasst, der seit dem Schuljahr 2018/2019 verpflichtend ist. Der Medienkompetenzrahmen ist in folgende sechs Teilbereiche aufgeteilt: (1) Bedienen und Anwenden, (2) Informieren und Recherchieren), (3) Kommunizieren und Kooperieren, (4) Produzieren und Präsentieren, (5) Analysieren und Reflektieren, (6) Problemlösen und Modellieren. Zu jedem Teilbereich, wurden vier Unterpunkte formuliert. Der MKP ist zwischen der ersten und zehnten Klasse verpflichtend (Medienberatung NRW, 2017)

### **3 Theoretische Grundlage II – Sachtexte und Bilder**

In diesem Kapitel werden verschiedene Aspekte des Einsatzes von Sachtexten und Bildern im schulischen Kontext behandelt. Die Untersuchung umfasst die Möglichkeiten des Verständnisses von Sachtexten durch Schüler:innen, sowie die Förderung des Lernprozesses durch die Integration von Texten und Bildern. Dabei wird eine Betrachtung des natürlichen und ökologischen Bildverstehens, sowie eine Analyse der unterschiedlichen Funktionen von Bildern im Unterrichtlichen Kontext vorgenommen. Des Weiteren wird die lernförderliche Wirkung von Bildern betrachtet. Außerdem werden die didaktischen Vorzüge von Bildern erläutert. Dieses Kapitel bildet durch das Aufarbeiten von Sachtext und Bilder im Unterricht ein Grundstein für diese Forschungsarbeit, da in der Forschungsfrage die Lernwirksamkeit von Sachtexten mit bildlicher Illustration und Erklärvideos verglichen werden.

### 3.1 Sachtext im Schulunterricht

Ein Versuch der Begriffserklärung stammt von Klute, der Sachtexte wie folgt definiert:

„Der Begriff ‚Sachtext‘ bezeichnet die Kategorie der nichtliterarischen, nicht poetischen, der pragmatischen, expositorischen Texte. Wir finden in ihnen Aussagen über Gegenstände, Ereignisse, Sachverhalte und Probleme der realen, nichtfiktionalen Welt. Der Sachtext enthält Mitteilungen über die Wirklichkeit. (...) Leser haben prinzipiell die Möglichkeit, die Sachtextaussage zu überprüfen“ (Klute, 2006, S.8).

Sachtexte haben im schulischen Kontext nach wie vor einen hohen Stellenwert und werden in fast allen Schulfächern genutzt, um Wissen zu vermitteln.

#### 3.1.1 Verstehen von Sachtexten

Sachtexte sind im Hinblick auf die verschiedenen Kompetenzziele im Schulkontext weiterhin eine wichtige Ressource. Dabei sind Texte für den Erwerb von prozeduralem und deklarativen Wissen, sowie für die Entwicklung von kognitiven Strategien wichtig. Dabei sind die Einsatzmöglichkeiten von Sachtexten vielseitig. Einerseits können Phasen des selbstregulierten Lernens mit Sachtexten unterstützt sowie Partner- oder Gruppenarbeiten entlang von Sachtexten durchgeführt werden vgl. Friedrich, H. F., 2009, S.21).

Knitsch (1998) konstruierte zum Thema Text und Textverständnis das Konstruktions-Integrations-Modell.

Dieses Modell basiert auf zwei Phasen, die wichtig für das Verstehen sind. Die erste Phase ist die Konstruktionsphase, in der ein propositionales Netzwerk erstellt wird, welches noch keine Unterscheidung in der Kohärenzbildung zwischen konvenierenden und nicht konvenierenden Konzepten bildet, also nicht zwischen zusammenpassenden und nicht zusammenpassenden Konzepten unterscheidet. Das bedeutet auch, dass die Propositionen in der Konstruktionsphase zu der Textoberflächenstruktur und der Textbasis bereits zu mentalen Modellen verbunden sein können und eine Verbindung zum Vorwissen vorhanden ist (Kintsch, 1998, S.99). Als Beispiel wird folgender Satz von Kintsch analysiert:

„Der Wanderer war überrascht, dass ihm ein Bär den Weg versperrte.“ (Kintsch, 1998, S.95).

Nach dem Lesen dieses Satzes werden bei den Lesenden die bereits stehenden Konzepte aktiviert, aber hierbei wird für die für die Situation wichtigen Konzepte noch nicht.

Es kann also sein, dass einerseits eine adäquate Proposition gebildet wird, wie z.B. die Vermutung, dass der Wanderer Angst vor dem Bären haben kann. Andererseits kann auch eine inadäquate Proportion gebildet werden, wie beispielsweise, dass ein Bär gerne Honig isst. Diese Propositionen werden von den Lesenden aus der Textoberflächenstruktur und der semantischen Struktur deduziert. Gleichzeitig wird das bereits vorhandene Wissen abgerufen, um hypothetische Mutmaßungen als Proposition zu verbinden (Kintsch, 1998, S.99; Schnotz, 2000, S.503).

Auf die Konstruktionsphase folgt die Integrationsphase, in der die bereits verknüpften Propositionspaare je nach Verbindungsstärke aufgeteilt werden, so dass Propositionen, die keine Verbindung oder von der Wertigkeit nicht hochrangig sind, zwecks der folgenden Deaktivierung ein kleinerer Verbindungswert zugesprochen wird (Schmitz. Je höher den Verbindungswert zwischen den unterschiedlichen Konzepten ist, desto bedeutsamer sind sie für den Aufbau von mentalen Kohärenzen (Kintsch, 1998, S.102).

Wenn Lernende sich nun mit einem Text auseinandersetzen, passiert folgendes in ihrem Gedächtnis: Zuerst startet der Aufbau der Textoberflächenrepräsentation. Dabei wird zum Teil der genaue Wortlaut der Textoberfläche im Gedächtnis behalten. Diese Repräsentationen zerfallen recht schnell, so dass begriffliche Repräsentationen überleben, welche die sogenannte Textbasis darstellt. Die Textbasis besteht nicht mehr aus dem genauen Wortlaut, sondern aus dem Sinn und der Bedeutung des gelesenen Textes. Bei der genaueren Auseinandersetzung mit dem Text, entsteht eine Verbindung zwischen der Textbasis und dem Vorwissen der Lernenden, welche zusammen ein Situationsmodell bilden. Im Situationsmodell wird nicht nur das konzeptuelle Wissen gesammelt, sondern es entsteht zusätzlich eine bildhafte Vorstellung, die nicht nur aus dem neu gelesenen Text, sondern auch aus dem Vorwissen entstanden sein kann (Friedrich, 2018, S. 22; Kintsch, 1988, S. 41).

Beim Aufbau der mentalen Repräsentationen laufen unterschiedliche Prozesse ab. Zu Beginn läuft der basale Verarbeitungsprozess ab. Dabei ist das Verstehen noch nicht primär wichtig. Das Hauptaugenmerk liegt bei diesem Prozess auf der Wahrnehmung. Hierbei bewegt sich das Auge sakkadisch von einem Fixpunkt zum nächsten, sodass aus Buchstaben Silben entstehen und aus Silben Worte. Drauffolgend werden die vorher gebildeten Konzepte passend zu den Worten aktiviert. Bei Lesenden, die geübt sind, fallen die ersten Schritte weg, sodass direkt Wörter gebildet werden. Bezüglich der Dauer dieses Konstruktionsprozesses schreibt Ballstaedt (1997), dass eine

Sakkade ca. 20-50 Millisekunden und eine Fixation zwischen 200 und 500 Millisekunde dauert. Das bedeutet, dass Lesende vier bis fünf Fixationspunkte pro Sekunde haben. In dieser Zeit werden einerseits die Buchstaben und andererseits die Wörter erfasst (Ballstaedt, 1997, S.31ff.).

Nach dem basalen Verarbeitungsprozess folgt der Kohärenzbildungsprozess, bei dem die Worterkennung abgeschlossen ist. In diesen Prozessen werden aus Wörtern Sätze und aus Sätzen entstehen komplexere Sinneseinheiten. Hierbei wird zwischen lokaler Kohärenzbildung und globaler Kohärenzbildung unterschieden. Bei ersterem wird der Sinnesfluss mit einer begrenzten Anzahl von Sätzen aufrechtgehalten. Dabei werden unterschiedliche syntaktische Verbindungsmöglichkeiten, wie Konjunktionen, Proformen usw. verwendet. Wichtig bei der Kohärenzbildung ist die Aktivierung des bereits vorhandenen Wissens (Friedrich, 2009, S. 22f.). Bei der globalen Kohärenzbildung werden die Zentralenaussagen aus einem größeren Textabschnitt herausgearbeitet, so dass eine Reduktion des Textes auf die wichtigen Aussagen stattfindet. Dies wird auch als reduktiver Verarbeitungsprozess betitelt (Friedrich, 2009, S. 23; Ballstaedt, 1997, S.38.f.)

Darauf folgt der elaborative Verarbeitungsprozess, in dem eine Verknüpfung zwischen den Informationen aus dem gelesenen Text und dem Vorwissen entsteht. Der Text kann mit eigenen Worten wiedergegeben werden. In dieser und der darauffolgenden Ebene „[...] geht das Lesen in ein durch den Text angeleitetes Denken über“ (Ballstaedt, 1997, S.36). Sowohl die elaborative als auch die reduktive Verarbeitung sind abhängig von dem vorhandenen Vorwissen. Die elaborative Verarbeitung deckt in stärkerem Maße die Breite der Informationen ab, während die reduktive Verarbeitung den Kern der Informationen fokussiert. Nicht alle Prozesse laufen nacheinander ab, manche auch parallel. Dabei sind, je nachdem welches Leseziel verfolgt wird, nicht alle Prozesse erforderlich (Ballstaedt, 1997, S.36f.; Friedrich 2009, S. 24). Bezüglich des Textverstehens sind nicht nur kognitive Prozesse, sondern ebenso metakognitive Prozesse wichtig, da die wichtigen Abläufe des Verstehens geplant, überwacht und begutachtet werden müssen (Friedrich, 2018, S. 24).

### **3.1.2 Lernen mit Text**

#### **Psychologische Aspekte des Lernens mit Sachtexten**

Das Verständnis der Informationsverarbeitungsprozesse, die beim Lesen von Sachtexten auftreten, ist von großer Bedeutung. Die Top-Down- und Bottom-Up-Verarbeitungsmodelle bieten theoretische Ansätze, um zu erklären, wie wir Informationen aus Sachtexten aufnehmen, interpretieren und behalten. Das Top-Down-Verarbeitungsmodell basiert auf dem Konzept, dass unser Vorwissen, unsere Erwartungen und unsere übergeordneten Ziele eine aktive Rolle bei der Verarbeitung von Informationen spielen. Bei der Top-down-Verarbeitung nutzen wir unser Vorwissen und unsere Erwartungen, um den Sinn und die Bedeutung des Textes zu konstruieren. Dieses Modell geht davon aus, dass der Kontext und das vorhandene Wissen den Prozess des Textverstehens lenken. Das Bottom-Up-Verarbeitungsmodell basiert auf der Idee, dass wir beim Lesen eines Textes die Informationen schrittweise und sequenziell von den einzelnen Wörtern und Sätzen aufbauen. Bei der Bottom-up-Verarbeitung erfolgen die Aufnahme und Verarbeitung der Informationen in aufsteigender Reihenfolge, beginnend mit den grundlegenden Merkmalen wie Buchstaben und Wörtern bis hin zur Integration höherer Ebenen von Bedeutung (Knitsch, 1988). Die Arbeiten von Rumelhart (1980) und Kintsch (1988) bieten wichtige Erkenntnisse zur Informationsverarbeitung beim Lesen.

#### **Lesestrategien und Metakognition**

Die Anwendung effektiver Lesestrategien ist entscheidend, um das Verständnis von Sachtexten zu verbessern. Metakognitive Strategien, wie das Vorhersagen, Fragenstellen und Zusammenfassen, können das Leseverständnis fördern. Die Forschung von Pressley und Afflerbach (1995) hebt die Bedeutung der bewussten Anwendung von Lesestrategien hervor.

#### **Linguistische Aspekte des Lernens mit Sachtexten**

Die Struktur und Kohärenz von Sachtexten beeinflussen das Leseverständnis. Das Schema-Theorie-Modell von van Dijk und Kintsch (1983) argumentiert, dass wir Informationen in Texten auf der Grundlage unseres Vorwissens organisieren und verstehen. Das Verständnis der Textstruktur und des Zusammenhangs erleichtert das Extrahieren und Einordnen relevanter Informationen. Sachtexte enthalten oft Fachbegriffe und spezifische Terminologie, die das Verständnis erschweren können. Die Untersuchung der Fachsprache und deren Bedeutung für das Leseverständnis ist ein wichtiger

Aspekt. Die Arbeit von Nation (2001) betont die Notwendigkeit, Fachvokabular zu erlernen, um den Inhalt von Sachtexten effektiv zu verstehen.

### **Pädagogische Aspekte des Lernens mit Sachtexten**

Lehr-Lern-Strategien, die das Lernen mit Sachtexten unterstützen, sind entscheidend. Aktive Lesestrategien, wie das Hervorheben wichtiger Informationen, das Erstellen von Notizen und das Verfassen von Zusammenfassungen, fördern das kritische Denken und das Verständnis. Die Forschung von McKeown und Beck (2004) betont die Bedeutung des gezielten Einsatzes von Strategien beim Lernen mit Sachtexten.

Die Motivation zum Lesen von Sachtexten spielt eine wichtige Rolle beim Lernerfolg. Die Schaffung einer positiven Leseumgebung, die den Schülern ermöglicht, ihre Interessen und Neugier zu nutzen, kann die Lesemotivation steigern. Die Arbeit von Guthrie und Wigfield (2000) betont die Bedeutung der intrinsischen Motivation beim Lesen von Sachtexten.

Das Lernen mit Sachtexten erfordert ein breites Spektrum an Fähigkeiten und Strategien, die auf psychologischen, linguistischen und pädagogischen Erkenntnissen basieren. Indem wir die Informationsverarbeitung, die Textstruktur, die Fachsprache und pädagogische Strategien berücksichtigen, können wir effektives Lernen mit Sachtexten fördern. Die multidisziplinäre Betrachtung bietet einen umfassenden Rahmen, um das Verständnis von Sachtexten zu verbessern und den Wissenserwerb zu optimieren.

### **3.2 Bilder im Schulunterricht**

Im 17. Jahrhundert veröffentlichte Johann Amos Comenius sein Buch „*orbis sensuallium pictus*“ (die sichtbare Welt), welches als erstes europäisches Lehrbuch mit Text und Bild gestaltet wurde. Damit zeigt Comenius schon früh, dass Bilder einen wichtigen Faktor für den Wissenserwerb darstellen (Schnotz, 2019, S.234). Es gibt verschiedene Arten von Bildern, die unterschiedliche Aufgaben bei der Vermittlung von Inhalten übernehmen.

Zunächst existieren **realistische Bilder**, zu denen etwa Fotos, realistische Gemälde, Strichzeichnungen sowie Piktogramme zählen. Der Realitätsgrad eines Bildes unterscheidet sich in der Detailgenauigkeit (s. Abb. 5).

Bei diesen Bildern steht zwischen dem dargestellten und dem repräsentierten Objekt eine strukturelle Kongruenz (Niegemann, et al.,2008, 2008, S.208).



Abbildung 5 Realistische Bilder mit unterschiedlichen Realitätsgrad (Bilder gemacht vom Autor)

Die in der Abbildung 5 zu sehenden Bilder sind beide zur Kategorie der realistischen Bilder zuzuordnen. Die Bilder unterscheiden stark in ihrem Realitätsgrad. So ist die Strichzeichnung zwar strukturell dem Foto ähnlich, unterscheidet sich aber deutlich in der Genauigkeit und dem Realitätsgrad. In den dieser Arbeit zugrundeliegenden Materialien werden primär realistische Bilder genutzt.

Davon abzugrenzen sind **Analogiebilder**. Bei dieser Art von Bildern werden die Gegenstände nicht als solche gezeigt, sondern als Sachverhalt, welcher eine Analogie zu dem jeweiligen Gegenstand innehat. Dabei können beispielsweise Flugzeuge als Vögel dargestellt werden. Da das Arbeitsgedächtnis des Menschen nur über begrenzte Kapazitäten verfügt, soll durch Analogiebilder das Vorwissen des Lernenden aktiviert werden, um dieses mit unbekanntem Lerninhalten zu verbinden und so Wissen zu übertragen. Dabei sollen insbesondere die Ähnlichkeiten der beiden Wissensartefakte herausgearbeitet werden. Bei dem Einsatz von Analogiebildern sollte der Lehrkraft bewusst sein, dass diese Analogie Grenzen hat und dass der Aspekt, der erlernt werden soll, den Lernenden hinreichend bekannt sein muss, um die Analogie verstehen zu können (Niegemann, 2008, S.209).

Eine weitere Art von Bildern sind **logische Bilder**. Zu diesen zählen verschiedene Arten von Diagrammen wie etwa Kreis-, Säulen- oder Liniendiagramme. Der darin visualisierte Sachverhalt ist sehr abstrakt und hat keine Ähnlichkeit mit dem ursprünglichen Gegenstand. Dafür zeigt sich der Sinnesinhalt des Gegenstands. Diagramme werden sowohl in der qualitativen als auch quantitativen Forschung genutzt (Niegemann, 2008, S.209).

### 3.2.1 Das natürliche/ ökologische Bildverstehen

Die natürliche Wahrnehmung verläuft analog zur realen Umwelt ab und wird aus diesem Grund, natürliches oder ökologisches Bildverstehen genannt. Zu Beginn des natürlichen Bildverstehens wird das betrachtete Bild zunächst ‚erkannt‘ und darauf aufbauend ein Gesamtbild angefertigt. Dabei werden noch keine Details betrachtet. Erst nach diesem ersten Schritt, werden einzelne Details begutachtet. Das Erkennen eines Bildes erfolgt meistens über das sogenannte automatische *präattentive Prozesse* ab. Mit *präattentiven Prozesse* sind unbewusste bzw. unterschwellige Abläufe gemeint (Niegemann, et al.,2008 2008, S. 211). Wenn ein Bild jedoch über sehr viele Details verfügt, kann es zu einem systematischen *attentiven Prozess* kommen, also einem bewussten Erkennungsprozess. Dieser ist wichtig für das Verstehen von Bildern (Schnotz 2002, S. 71). Ein weiterer Faktor ist, dass Bilder deutlich dargestellt werden sollten, um so das Bildverständnis zu erleichtern. Goldstein (1996 zitiert nach Niegemann 2008 S. 211f.) verfasst hierfür sechs Gestaltungsgesetze für Bilder:

- Das Gesetz der Prägnanz oder guten Gestalt
  - In der Gestaltpsychologie besagt dieses grundlegende Prinzip, dass visuelle Informationen so wahrgenommen werden, dass einfache und prägnante Formen erkannt werden.
- Das Gesetz der Ähnlichkeit
  - Objekte mit ähnlichen visuellen Eigenschaften werden als miteinander verbundene Gruppe wahrgenommen, sei es durch Form, Größe, Textur oder andere Merkmale.
- Das Gesetz der Nähe
  - Dieses Gesetz besagt, dass Elemente, die nahe beieinander liegen, als zugehörige Einheit wahrgenommen werden.
- Das Gesetz der guten Linienfortsetzung
  - Gemäß diesem Gesetz werden Linien so interpretiert, als würden sie den einfachsten Weg verfolgen.
- Das Gesetz des gemeinsamen Schicksals
  - Dieses Gesetz beschreibt, dass Objekte, die sich in die gleiche Richtung bewegen, als zusammengehörige Gruppe wahrgenommen werden.

Zusätzlich ist die für die Wahrnehmungsorganisation die Figur-Grund-Trennung wichtig. Dabei ist die Erkennbarkeit von dem Gegenstand vorrangig, sodass klar ist, welche Objekte zum Vordergrund und welche zum Hintergrund gehören (Niegemann, et al., 2008, S. 211 f.)

Außerdem sollten sich die Bildautor:innen adäquates Wissen über die bildhafte Codierung angeeignet haben. Dieses ist in der Gestalt einzusetzen, dass das Erkennen von Abbildungen sowie das Verstehen von Bildern erleichtert wird. Diese Codes werden von Weidenmann (1994, S. 13) als Darstellungscodes bezeichnet.

### 3.2.2 Funktionen von Bildern

Bilder haben den Vorteil, spezifische Eigenschaft aufzuweisen und somit in verschiedenen Funktionen genutzt werden können. Durch Bilder wird ein anderer Zugang zu einer Thematik gewährt als z.B. durch Sachtexte. In dem ‚dual Coding‘-Dieser Aspekt wird etwa in dem Modell von Paivio (siehe 2.3.2) deutlich, dass von einer unterschiedlichen Codierung zwischen Bild- und Textinformation ausgeht. Eine ähnliche Annahme ist in dem ‚Text and Picture Comprehension‘-Modell von Schnotz zu finden (siehe 2.3.5) Niegemann, et al.,2008, S. 221. Die Modelle unterscheiden sich insofern, als dass in dem Modell von Schnotz angenommen wird, dass im Gedächtnis multiple Repräsentationen entstehen und so gespeichert werden. Darüberhinaus können sowohl Text- als auch Bildinformationen auf bereits vorhanden Wissen zurückgreifen. Beide Informationsquellen sind unterschiedlich, können aber miteinander verknüpft werden und sich so ergänzen (Niegemann, et al.,2008, S. 221).

Es gibt verschiedene Kategorien, die die Funktion von Bildern als zusätzliches Medium (zum Text) erklären. Zunächst ist die **kognitive Funktion** von Bildern zu nennen, die weiter in die Bereiche der Aufmerksamkeit, Darstellung- oder Konkretisierung, Organisation, Interpretation und Transformation untergliedert wird. In dieser Funktion tragen Bilder zum Verstehen und Behalten von Lerninhalten bei. **(1) Durch die Aufmerksamkeitsfunktion** ist es möglich, die wichtigen Textinhalte mit Hilfe eines Bildes zu erkennen und somit die Lernenden auf die primär wichtigen Inhalte zu lenken. **(2) Die Darstellungs- oder Konkretisierungsfunktion** dient zur Veranschaulichung von Lerninhalten, die nur schwer verbal oder in Textform darzustellen sind. **(3) In der Organisationsfunktion** dienen Bilder als Bezugsrahmen für schwere Sachverhalte in Texten. Hierbei gibt das Bild einen Überblick, über die komplexen Informationen und helfen bei der konkreteren Zuordnung von Wissen. **(4) Abstrakte und schwer fassbare Begriffe** können mit Hilfe von Bildern verständlicher gemacht werden, indem sie durch

die **Organisationsfunktion** das speziell benötigte Vorwissen aktiveren und bereits Gelerntes abbilden. (5) Bei der **Transformationsfunktion** werden Bilder als Merkhilfe angeboten und visuelle Eselsbrücken zur Hilfe angeboten (Niegemann et al., S. 222).

Eine weitere Funktion ist die **motivationale Funktion**, die das Interesse der Lernenden für den Inhalt wecken und aufrechterhalten. Ferner existiert die **Dekorationsfunktion**. In deren Sinne hat das Bild die Funktion, die Lehrmaterialien ästhetischer darzustellen, sodass Sachtext mit einem Bild für Lernende interessanter wirken. Für Lernende mit einer Lese- und Lernschwierigkeit ist die Kompensationsfunktion von Bildern bedeutsam, da sie so die Möglichkeit aufweisen, zusätzlich zu einem Text die eingefügten Bilder als Informationsmaterial hinzuzunehmen und somit von den Bildern profitieren können (Niegemann et al., S. 222).

Ein Bild kann mehrere Funktionen bedienen und ist somit nicht an die Taxonomie gebunden, sodass ein Bild „z.B. [...] zugleich einen Sachverhalt veranschaulichen, den Text dekorieren und Lernende motivieren“ (Niegemann, et al., 2008, S. 223) kann. Für die Art der Verwendung und Betrachtung von Bildern sind verschiedene Faktoren wichtig. Beispielsweise kann, je nach den Anweisungen der Lehrkraft, ein Bild verschiedene Funktionen einnehmen und somit die Betrachtungsweise der Lernenden beeinflussen. Ein weiterer wichtiger Faktor kann die Zeit sein, die den Lernenden zur Verfügung steht, um ein Bild zu betrachten. Ebenso spielt das Vorwissen der Lernenden eine entscheidende Rolle für den Anwendungsbereich oder die Wahrnehmung eines Bildes. Das bedeutet, dass ein Bild für einen Novizen oder eine Novizin möglicherweise dazu dient, bei der Kompensation von Leseschwächen zu helfen, während dasselbe Bild für einen Experten eine dekorative oder veranschaulichende Funktion haben kann (Niegemann et al., 2008, S. 223). Dies verdeutlicht, wie vielseitig der Einsatz von Bildern in Bildungskontexten sein kann und wie unterschiedlich sie von Lernenden wahrgenommen werden können, abhängig von verschiedenen Einflussfaktoren.

### **3.2.3 Didaktische Vorteile von Bildern**

Wie bereits aufgezeigt, verfügen Bilder über verschiedene Funktionen und Vorteile. In diesem Unterkapitel werden nun die didaktischen Vorteile von Bildern herausgearbeitet. Einer dieser Vorteile ist, dass Informationen aus Bildern auf einen Blick erfasst werden können, im Gegensatz zur sequenziellen Verarbeitung von Texten (Weidemann, 1991, S. 44f.). Darüber hinaus ermöglichen Bilder eine bessere Darstellung räumlicher Beziehungen. In Bezug darauf werden räumliche Informationen in

Verbindung mit Bildern eher gespeichert als mit Texten (Niegemann et al., 2008, S. 223). Auch die Darstellung von zeitlichen Abläufen kann mithilfe von Bildern einfach und effektiv erfolgen, beispielsweise in Form von anschaulichen Diagrammen. Ein weiterer Vorteil besteht darin, dass Bilder Merkmale wie Formen, Farben und Größen von Objekten (in Relation zueinander) besser vermitteln können (Niegemann et al., 2008, S. 223).

Wenn jemand einer Person, die noch nie einen Esel gesehen hat, versuchen würde zu erklären, wie ein Esel aussieht, bräuchte diese Person dafür viele Sätze oder einfach nur ein Bild (Weidemann, 1994, zitiert nach Niegemann et al., 2008, S. 223). Diese Tatsache verdeutlicht die Stärke von Bildern bei der Vermittlung von komplexeren visuellen Informationen.

### 3.2.4 Welche Faktoren sind wichtig, damit Bilder lernförderlich sind?

Nach dem „tetrahedral model“ von Bransford (1979) werden vier Faktoren in Betracht gezogen, welche beachtet werden müssen, um Bilder lernförderlich einsetzen zu können:

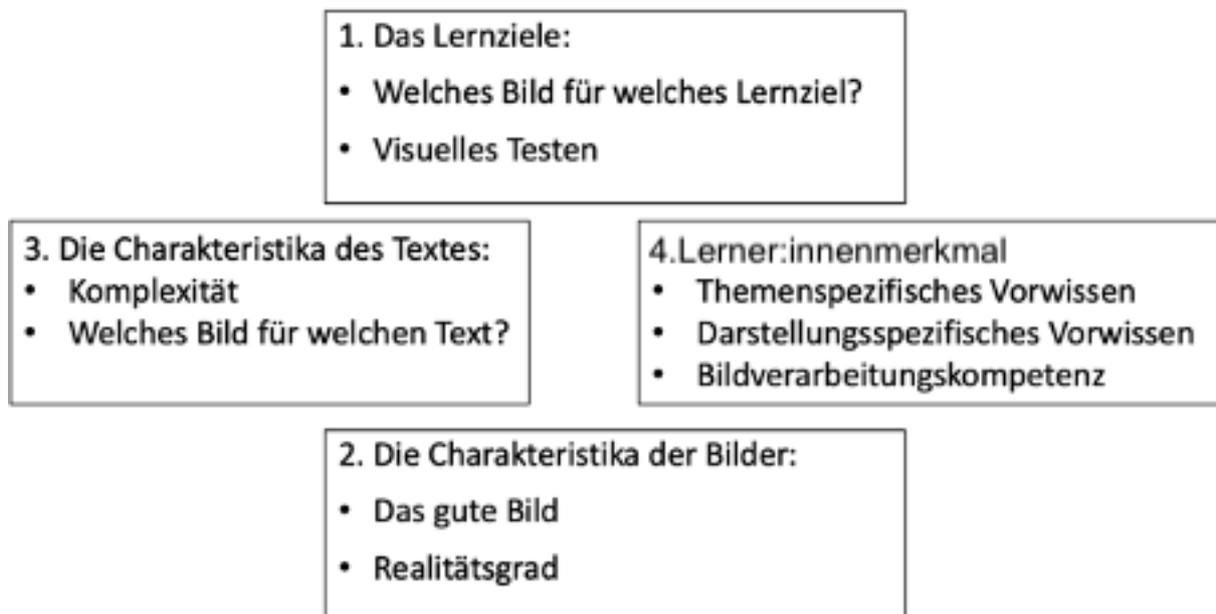


Abbildung 6 Vereinfachte Darstellung „tetrahedral model“ (Ucarat in Anlehnung an Bransford (1979))

#### (1) Lernziele

Lernziele und Bilder sollten zielgerichtet ausgesucht werden, da nicht jedes Bild gleich effektiv ist, um das Lernziel zu erreichen. Das bedeutet, dass ein logisch passendes Bild einen höheren Lerneffekt hat. Darüber hinaus ist zu beachten, dass abhängig von den gesetzten Lernzielen verschiedene Arten von Bildern zum Erreichen eines Ziels

zweckmäßig sein können. So sind etwa Bilder mit ausgeprägter Darstellungs- und Konkretisierungsfunktionen förderlicher für das Textverständnis. Ein weiteres Beispiel sind Abbildungen und Diagramme mit Organisationsfunktionen, die sich besser auf das Behalten eines Textes auswirken. Für den Transfer eignen z.B. sich Analogiebilder und mnemonische Merkhilfen (Niegemann, et al.,2008, S. 225).

Wissenstests bestehen meist aus mündlichen Fragen bzw. Aufgaben, womit das Wissen der Lernenden überprüft werden soll. Der Lernzuwachs der Lernenden wird nur bedingt mit bildhaften Tests erfasst (Niegemann, et al.,2008, S. 225).

Für eine visuelle Abfrage werden vier Gestaltungsmöglichkeiten aufgezeigt.

Die erste Möglichkeit ist die Bildergänzung, diese Form ist dem System eines Lückentextes ähnlich. Bei der Aufgabenstellung werden Details aus einem Bild entfernt, so dass die Lernenden diese Lücken vervollständigen sollen. Die zweite Möglichkeit ist die Bildkorrektur, hierbei sollen die Lernenden Unterschiede zwischen dem Originalen und der fehlerhaften Abbildung erkennen. Die dritte Möglichkeit ist die Bildbeschriftung, bei der die Lernenden verschiedene Bildkomponenten benennen sollen. Dabei sind entweder die Termini oder Bezugslinien angegeben. Die vierte und letzte Möglichkeit ist der Zeichentest. Beim Zeichentest ist vorgesehen, dass gezeigte Bilder nachgezeichnet werden sollen. Die Qualität der Reproduktion hängt allerdings von den Fähigkeiten der Zeichnerin oder des Zeichners ab (Niegemann, et al.,2008, S. 225).

## **(2) Charakteristika der Bilder**

Hier werde die beiden für den Lernprozess wichtigen Bildcharakteristika vorgestellt:

**(1) Bildqualität:** Die deutliche und richtige Darbietung eines Bildes ist dabei genauso wichtig wie die ästhetische und technische Qualität. Ein weiterer wichtiger Aspekt für die Qualität der Bilder ist die richtige Darbietung des bearbeitenden Themas, denn die zentrale Aufgabe von Bildern ist meist die Reduktion des Schwierigkeitsgrades eines Textes (Niegemann, et al.,2008, S. 225). Somit sollte das Bild zur Thematik passen, damit die Lernenden mithilfe des Bildes und dem Text die Aufgaben korrekt lösen können, ein unpassendes Bild wirkt sich kontraproduktiv auf den Lernerfolg aus. (Drewiak 1992 zit. Nach Niegemann, et al.,2008, S. 226).

**(2) Realitätsgrad:** Für den Lerneffekt mit Bildern ist das Vorwissen der Lernenden und die Zielformulierung des Lernprozesses von Bedeutung, denn der benötigte Realitätsgrad der Bilder ist je nach Vorwissen und Zielsetzung unterschiedlich. Es gilt nicht ‚je realitätsgetreuer desto höherer Lerneffekt‘. Je nach Thema und Ziel der Einheit können z.B. schematische Zeichnungen wichtiger für die Veranschaulichung sein als

Fotografien. Das bedeutet, dass das Detailreichtum von äußeren Faktoren wie den Gegebenheiten oder Intentionen abhängig ist (Niegemann, et al.,2008, S. 226).

### **(3) Charakteristika des Textes**

Es ist abhängig von der Komplexität des verwendeten Textes, ob und welche Art von Bildern verwendet werden sollte, um lernförderliche Effekte auszulösen. Dies bedeutet einerseits, dass bei Texten, die einen niedrigen Komplexitätsgrad aufweisen, eine Einbindung von Bildern keinen größeren Lerneffekt mit sich bringt (Drewiak, 1992 zit. nach Niegemann, S. 227). Andererseits können Bilder bei komplexeren Texten zum Verständnis beitragen oder bei längeren Texten durch eine Veranschaulichung den Inhalt vereinfachen. Dabei können z.B. bei unstrukturierten Texten, Bilder verwendet werden, die eine Organisationsfunktion haben, um dem Text mehr Struktur zu geben und somit den Lernenden ein besseres Verständnis zu ermöglichen (Niegemann, et al.,2008, S. 227).

### **(4) Lerner:innenmerkmale**

Bei dem Lerner:innenmerkmalen steht das Vorwissen im Vordergrund. Die Lernenden versuchen beim Lernen mit Visualisierungen, ein mentales Modell zu einem bestimmten Themengebiet aufzubauen. Falls bereits ein mentales Modell besteht, wird dieses mit Hilfe der neu gelernten Inhalte verändert und ausgebaut. Es wird unter zwei verschiedenen Formen von Vorwissen unterschieden: themenspezifisches Vorwissen und darstellungsspezifisches Vorwissen. Beim ersterem konnte festgestellt werden, dass Lernende mit geringem Vorwissen mehr von eingebetteten Bildern profitieren als Lernende mit hohem Wissenstand. Andere Ergebnisse zeigten bei Lernenden mit hohem Wissenstand sogar einen negativen Effekt (Niegemann, et al.,2008, S. 227 f.). Bei darstellungsspezifischem Vorwissen müssen die Lernenden die Kompetenz haben, gesehene Bilder richtig zuzuordnen und diese dementsprechend zu verarbeiten. Zusätzlich benötigen sie das Wissen über das abgebildet, um die verschiedenen Darbietungscodes zu verstehen. Nach dem Erkennen und der Verarbeitung eines Bildes, sollten die Lernenden in der Lage sein, die Absichten der Bildautorin/ des Bildautors zu verstehen (Niegemann, et al.,2008, S. 228). Als Beispiel für das themen- und darstellungsspezifisches Vorwissen, wird bei Niegemann et al. (2008), dass „No Durian“ Verbotsschild in Singapur genannt.

Die Duriansfrucht ist in Deutschland und Europa eher unbekannt, sodass zum Verstehen, das obengenannten Vorwissen über die Existenz der Frucht vorhanden sein muss.



Abbildung 7 No Durian upload von j4p4n auf [openclipart.org](https://openclipart.org) (CCL)

Wenn eine Person also keinen themen- bzw. darstellungsspezifische Vorwissen hat, erkennt diese Person lediglich, dass etwas verboten ist, nicht aber, was verboten ist, da diese Person nur das Vorwissen über das Verbotssymbol besitzt.

### 3.3 Sachtext und Bilder

Verschiedene empirische Studien belegen die Vorteile multimedialer Lehrmaterialien gegenüber einer einseitigen Textpräsentation (Levin & Carney, 1987; Butcher, 2014). Bilder unterstützen das Gedächtnis und das Textverständnis sowie das Verständnis wissenschaftlicher Sachverhalte. Dieser Effekt wird als Multimedia-Effekt bezeichnet (Mayer, 2009).

Das Ausmaß der multimedialen Wirkung hängt jedoch von verschiedenen Rahmenbedingungen ab, etwa der Wahl der geeigneten Darstellung, den Eigenschaften der Lernenden und den spezifischen Eigenschaften der Text-Bild-Kombination (Schmidt-Weigand & Scheiter, 2011). Unter widrigen Bedingungen kann es zu Lernschwierigkeiten im Umgang mit Multimedia kommen. Hinsichtlich der Auswahl geeigneter repräsentativer Bilder deuten die meisten empirischen Studien nur dann auf eine lernfördernde Wirkung von Komplementärbildern hin, wenn Bilder inhaltlich relevant sind und entsprechende Informationen vermitteln. Nur dann können sie einen positiven Einfluss auf den Lernprozess aufzeigen. Rein dekorative Bilder, die keinen Bezug zum Inhalt aufweisen, wiederum können die Leistung beeinträchtigen (Levin et al., 1987; Rey, 2012). Komplementärbilder fördern das Lernen, insbesondere wenn sie ihre Darstellungsstärke bei der Darstellung visueller und räumlicher Probleme nutzen können.

Die Reduzierung der Beschreibung visuell-räumlicher Zusammenhänge im Text und die Verlagerung dieser Informationen in Bilder verstärkt den multimedialen Effekt im Vergleich zu einer Darstellung, die visuelle räumliche Informationen sowohl im Text

als auch in Bildern enthält. Letzteres kann sogar zu schlechteren Lernergebnissen führen, da die gleichzeitige Verarbeitung solcher textbasierten und bildbasierten Informationen zu störendem Lärm führen kann (Schüler et al., 2012). Eine schlechte Regulierung des Lernprozesses kann zu Verzerrungen in der Informationsverarbeitung führen. Untersuchungen zeigen, dass sich Lernende oft zu sehr auf die in Texten präsentierten Informationen konzentrieren und visuelle Inhalte ignorieren, insbesondere schwächere Lernende (Hannus & Hyönä, 1999; Schmidt-Weigand et al., 2010). Dieser übermäßige Einsatz textbasierter multimedialer Lernmaterialien ist charakteristisch für schwächere Lernende (Hegarty & Just, 1993).

Fehler bei der Beurteilung des Nutzens von Bildern gehen oft mit einer Unterschätzung der kognitiven Bedürfnisse des multimedialen Lernens einher. Studien zeigen, dass Lernende dazu neigen, ihr eigenes Wissen beim Lernen mit Multimedia im Vergleich zum Lernen mit Text zu überschätzen (Serra & Dunlosky, 2010; Eitel, 2016; Jaeger & Wiley, 2014). Dies kann zum Teil daran liegen, dass visuell ansprechende Multimedia-Präsentationen eher mit Unterhaltung als mit anspruchsvoller kognitiver Verarbeitung zu tun aufweisen (Salomon, 1984). Des Weiteren können bei Lernenden, beim Lernen mit dynamischer und statischer Visualisierung der sogenannten „Frustrationseffekt“; auftreten (Lowe, 2004). Der Frustrationseffekt bezieht sich auf die Emotionen und die Unzufriedenheit, die bei Lernenden auftreten können, wenn sie mit Medieninhalten oder -technologien konfrontiert werden, die für sie unverständlich, überfordernd oder schwer zu handhaben sind (Lowe, 2004). Derartige Einschätzungsfehler sind von Bedeutung, da sie potenziell dazu führen können, dass das Lernverhalten nicht angemessen angepasst wird. Dies könnte sich beispielsweise in unzureichendem Aufwand oder einer Fehlinvestition von Lernzeit in zukünftige Lernprozesse zeigen.

#### **4 Theoretische Grundlagen III – Erklärvideos**

##### **Versuch der Begriffserklärung „Erklärvideo“**

Die folgenden drei wesentlichen Charakteristika spezifizieren die didaktische Methode des ‘Erklärens’ **(1)** Die Interaktion zwischen der erklärenden und mindestens einer zuhörenden Person. **(2)** Die erklärende Person verfügt bezogen auf das Thema über einen höheren Wissenstand als die zuhörende Person, es herrscht eine sogenannte Wissensasymmetrie. **(3)** Die Zielsetzung für die erklärende Person, ist es, ein Thema verständlich zu machen. Hierbei ist das Verständnis der Thematik durch die

zuhörende(n) Person(en) ein Qualitätsmerkmal der Erklärleistung. Bei einer Erklärung geht es nicht nur um die reine Vermittlung von Fachwissen, sondern auch um das Verstehen von Inhalten (Findeisen, 2017, S. 11f.).

Ein Video stellt eine bewegte (audio-)visuelle Darstellung dar, die Inhalte in einer realistischen fotografischen Art und Weise präsentiert (Wetzel, Radtke und Stern, 1994, zit. N. Merkt und Schwan (2016) S.94).

Folgende Definition zu Erklärvideos in Anlehnung zu Karsten Wolf (2015b, S. 123) wird dieser Arbeit zugrunde gelegt:

„Erklärvideos sind eigenproduzierte, kurze Filme, in denen Inhalte, Konzepte und Zusammenhänge erklärt werden (Erklärvideos im engeren Sinne) oder Tätigkeiten und Prozesse demonstriert und kommentiert werden (Tutorial), jeweils mit der Intention, beim Betrachter ein Verständnis zu erreichen bzw. einen Lernprozess auszulösen“.  
(Findeisen et al., 2019, S. 18).

Nach dieser Begriffsdefinition sollte ein Erklärvideo eine Mindestanforderung an Didaktisierung beinhalten, um sich so einerseits von einem Dokumentarfilm zu unterscheiden, denen es meist ob einer reinen Vermittlung von Faktenwissen und Fachinhalten an Erklärungen ermangelt, zu unterscheiden. Andererseits ist ein Erklärvideo auch insofern von einem professionellen Lehrfilm abzugrenzen, als dass ein Lehrfilm, einen hohen Grad an Didaktisierung aufweist und den Anspruch auf eine vollständige und fehlerfreie Informationsweitergabe hat (Findeisen et al., 2019, S. 18). Im Vergleich zu den beiden anderen genannten Filmformaten, sind Erklärvideos eher kurz und betrachten nur einzelne Themenbereiche in einem zeitlichen Rahmen von wenigen Minuten bis hin zu 20 Minuten (Schaarschmidt et al., 2016, S. 42). Aus diesem Grund hat ein Erklärvideo nicht den Anspruch auf Vollständigkeit.

Eine klare Abgrenzung der verschiedenen Videoformate ist nicht immer einfach möglich. Nehmen wir als Beispiel Video-Tutorials und Performanzvideos. Video-Tutorials können als eine Unterkategorie von Erklärvideos betrachtet werden, da sie eine vollständige Handlung darstellen, die sowohl sichtbar als auch nachahmbar ist. Im Gegensatz dazu zeigt ein Performanzvideo eine Handlung ohne erklärende Elemente, die dem Zuschauer zeigen würden, wie sie nachgeahmt werden kann. In Performanzvideos fehlt zwar die didaktische Aufbereitung, jedoch ermutigen sie die Lernenden dazu, die Handlung selbst auszuprobieren, wie es beispielsweise bei Skateboardingvideos der Fall ist (Wolf & Karsten, 2015b, S. 124). Die vermittelten Informationen bei Erklärvideos sind meist flüchtig, wie bei einer Animation, so dass die Lernenden durchgängig konzentriert sein müssen. Im Vergleich zu alternativen Medien bedeutet

das, je länger das Erklärvideo ist, desto höher ist die kognitive Belastung (Merkt & Schwan, 2016, S. 94).

Darüber hinaus werden von Wolf und Karsten (2015a) vier wichtige Merkmale für Erklärvideos benannt.

(1) Thematische Vielfalt: Bei professionellen Lehrfilmen werden zentrale Themen bearbeitet, welche einen größeren Stamm an Personen ansprechen, dabei stehen hohe Zuschauerzahlen und eine gute Vermarktung im Fokus. Im Vergleich dazu, ermöglichen Erklärvideos eine bereitere Themenauswahl, sodass auch auf Themen vertiefend eingegangen werden kann.

(2) Gestalterische Vielfalt: Die fachliche sowie didaktische Expertise von Produzenten\*innen eines Erklärvideos kann zwischen Lai\*innen und Expert\*innen schwanken. Dies bedeutet, dass die wiedergegebenen Inhalte nicht immer richtig sein müssen. Daneben sind die didaktischen und mediengestalterischen Kompetenzen sehr unterschiedlich ausgeprägt. Vielfalt ist auch bei der Produktion zu erkennen. Es gibt kurze Videos, welche spontan Informationen weitergeben und meist nicht länger als zwei Minuten dauern. Weiterhin existieren Videoreihen, welche über mehrere Folgen hinweg ein Thema oder einen Themenbereich erklären. Dabei kann eine Folge in etwa 30 Minuten lang sei. Auch die Qualität der Produktion zeigt, dass es von Spontan-Produktionen bis zu -professionellen Produktionen alles möglich ist.

(3) Informelle Kommunikationsart: Auf YouTube wird bei Erklärvideos vermehrt eine eher informelle Form der Kommunikation verwendet. Dabei wird meist geduzt und weniger ‚von oben herab‘ mit den Lernenden kommuniziert. Dadurch entsteht eine non-hierarchische Lernatmosphäre. Dies wird meist durch das Einbringen von Humor in die Erklärvideos untermauert (Wolf, 2015a, S.31f.).

„Das Gelingen des zu Erlernenden und zu Verstehenden wird dem Üben bzw. dem Ausprobieren und darüber nachdenken zugeschrieben und nicht der individuellen Begabung. Insgesamt entsteht so eine nicht-bedrohliche, fehlertolerante, positive Lernatmosphäre in den Videos“ (Wolf, 2015a, S.32).

Die Lernatmosphäre ist also eine andere als in der Schule. Die Lernenden bauen eine andere Verbindung zum Lernen auf.

(4) Diversität der Autorenschaft: Da, wie unter 2. bereits geschildert, der Expertenstatus und die Fähigkeiten der Produzent\*innen von Lai\*innen bis zu Expert\*innen

reichen, ist je nach Themenbereich eine große Diversität der Autorenschaft zu sehen (Wolf, 2015a, S.32).

#### **4.1 Kriterien für ein gutes Erklärvideo**

Um Kriterien zur qualitativen Bewertung von Erklärvideos zu entwickeln, ist eine Untersuchung verschiedener Forschungsbereiche von Bedeutung. Hierbei ragt einerseits der Sektor des multimedialen Lernens, der sich primär auf das Medium selbst bezieht, hervor. Andererseits bietet sich die Möglichkeit, den Fokus auf die Zielsetzung der Videos zu legen. Gemäß Kulgemeyer (2020, S. 71) besteht das Ziel eines Erklärvideos darin, den Konsumierenden eine fundierte Erläuterung zu einem spezifischen Thema zu bieten. Wesentlich dabei ist zu erkennen, dass selbst die hervorragendste Erklärung nicht automatisch zum Erlangen eines Verständnisses über das Thema führt, da dies im Widerspruch zur grundlegenden Annahme über Lehr-Lernprozesse steht (Kulgemeyer, 2020, S. 71).

Dennoch lässt sich über die Umsetzung einer geeigneten Art und Struktur der Erklärung die Wahrscheinlichkeit des Verstehens erhöhen. Darüber hinaus ist die Einbettung der Konzeption von Erklärvideos in didaktische Prozesse von hoher Relevanz (Wittwer & Renkl, 2008). Kulgemeyer hat eine Überblicksstudie durchgeführt, aus der sieben zentrale Ideen hervorgingen, die teilweise auf Erklärvideos anwendbar sind.

**(1) Anpassung:** Anpassung im Bildungskontext bedeutet, Lernprozesse an das Wissen und die Interessen der Lernenden anzupassen. Die Lehrkraft ermittelt die mentalen Modelle, das Vorwissen und die Vorstellungen der Lernenden etwa durch gezielte Fragen, um die Erklärung entsprechend anzupassen. Dies gestaltet sich im traditionellen Unterricht relativ einfach, jedoch steht bei Erklärvideos die Herausforderung im Raum, dass der Produzent\*innen keine direkte Interaktion mit den Lernenden aufweisen. Daher ist es von Bedeutung, die Zielgruppe zu analysieren, um ein passendes Erklärvideo zu erstellen oder auszuwählen. Die Forschung von Kalygua (2007) unterstreicht diese Annahme, da eine Erklärung, die für eine Person verständlich erscheint ("expertise reversal effect"), bei einer anderen Person zu kognitiver Überlastung führen kann, was sich negativ auf das Lernen auswirken kann.

**(2) Visualisierungsmittel:** Die Darstellungen, Bilder, Sprachgestaltung und andere Elemente sollten an die Zielgruppe angepasst werden, um das Video auf die individuellen Betrachter\*innen zuzuschneiden (Kulgemeyer & Schecker, 2009).

**(3) Hervorhebung der Relevanz:** In einem Erklärvideo werden sowohl die zentralen Informationen vermittelt als auch häufig auftretende Fehlkonzepte angesprochen, die mit dem behandelten Thema verknüpft sind (Acuña et al., 2011).

**(4) Videostruktur:** Die Struktur und Qualität eines Erklärvideos sind untrennbar miteinander verbunden. Der Aufbau richtet sich nach dem Zweck des Videos. Soll Fachwissen vermittelt werden, ist es ratsam, mit einer Regel zu starten und diese dann anhand eines Beispiels zu erklären. Bei der Einführung neuer Aufgabentypen kann die Beispiel-Regel-Struktur effektiv sein. Zum Beispiel sollte die Erklärung zur Schwerkraft zuerst das Konzept vorstellen und anschließend anhand eines Beispiels erläutern (Regel-Beispiel-Struktur) (Seidel et al., 2013).

**(5) Sprachliche Kohärenz:** Die visuelle Darstellung und die sprachliche Gestaltung sollten in Einklang gebracht werden, um das Verständnis zu erleichtern. Synonyme sollten vermieden werden, da sie für Anfänger\*innen schwer zu erfassen sein können, während Expert\*innen diese eher verstehen. Zudem sollten thematische Abweichungen vermieden werden, um die kognitiven Ressourcen auf das Verständnis der zentralen Aspekte zu konzentrieren (Anderson et al., 1995).

**(6) Aufzeigen von Inkonsistenzen und Fehlkonzepten:** Ein effektives Erklärvideo kann bewusst Inkonsistenzen und Fehlkonzepte bei der Vorstellung neuer Regeln thematisieren.

**(7) Zeit für Verarbeitung und problembasierte Aufgaben:** Den Lernenden sollte ausreichend Zeit gegeben werden, um die Informationen aus dem Erklärvideo zu verarbeiten. Vertiefende Aufgaben, die auf dem Video aufbauen, sind entscheidend, um das Verständnis des Themas zu festigen. Erklärvideos sollten generell die Lernenden zum eigenständigen Denken und Handeln anregen, wobei die Wissensvermittlung im Kontext des Vorwissens der Lernenden erfolgen sollte, um die Entwicklung mentaler Modelle zu fördern (Kulgemeyer, 2020)

## **4.2 Lernwirksamkeit von Erklärvideos**

In der Forschungsliteratur wurden vor allem statische Bilder und Texte als Vergleichsmedium genutzt, mit denen der Effekt des Wissenserwerbs mit Lernvideos verglichen werden konnte (Merkt & Schwan, 2016, S. 94).

Höffler und Leutner konnten in Ihrer Studie feststellen, dass dynamische Repräsentationen im Vergleich zu statischer Repräsentation, einen stark positiven Effekt auf die Vermittlung von prozedural-motorischen Inhalten aufweist. Bei deklarativem Lernen und der Förderung von Problemlösekompetenzen ist ein kleiner bis mittlerer positiven

Effekt zu sehen (Merkt & Schwan, 2016, S. 95). Weiterhin wurde im Vergleich zu Animationen, eine größere Effektstärke beim Wissenserwerb mit fotorealistischen Videos und fotorealistischen Bildern festgestellt. Zusammengefasst konnte die Studie von Höffler und Leutner (2007) zeigen, dass dynamische Videos unter bestimmten Voraussetzungen lernförderlicher sind als statische Bilder.

Bei diesen Studien wurde das Fehlen von Elaborationstiefe in Bezug auf die Aufbereitung und Struktur der Videos, und die damit zusammenhängende Beeinträchtigung der Erinnerungsleistung, so gedeutet, dass Videos in Bezug auf die Erinnerungsleistung im Vergleich zu Texten weniger effektiv sind (Furnham & Gunter, 1987, S. 258f). In der Untersuchung von van der Molen und Klijn (2004) wird diese Dynamik weiter präzisiert. Die Ergebnisse verdeutlichen, dass dieser ungünstige Effekt insbesondere dann auftritt, wenn eine geringe inhaltliche Übereinstimmung zwischen dem Bild und der Tonspur besteht (van der Molen & Klijn, 2004, S. 97ff.). Es ist wichtig anzumerken, dass Videos in dieser Studie durch eine systemgesteuerte Wiedergabe präsentiert wurden, was im Vergleich zum Text einen Nachteil darstellt. Das liegt vor allem daran, dass im Vergleich zum Text, Videos und Animation dynamisch dargestellt sind und somit eine ständige Veränderung der Inhalte zu sehen ist. Bei einem systemgesteuerten Video aufweisen, die Lernenden nicht die Möglichkeit, nicht verstandene Inhalte wiederholt anzuschauen. Bei Texten wäre es allerdings kein Problem, nicht verstandene Absätze noch einmal zu lesen. Daraus resultiert je nach Geschwindigkeit der wiedergegebenen Inhalte eine Schwierigkeit bei der Aneignung von neueren Informationen. Dies bedeutet, dass in einem Video in kurzer Zeit viele Informationen in schneller Abfolge wiedergegeben werden, wodurch Rezipient\*innen nur einen gewissen Teil der Botschaft mitbekommen und die neuen Wissensbestände nicht schnell genug aufnehmen können. Da das in der Studie von van der Molen und Klijn verwendete Video systemgesteuert dargeboten wird, haben die Lernenden keine Möglichkeit, nicht verstandene Inhalte erneut anzuschauen. Bei Texten haben die Rezipient\*innen den Vorteil, dass diese statisch sind, und somit Informationen durch wiederholtes Lesen aufgenommen werden können (Merkt & Schwan, 2016, S. 95).

„Je nach Dichte und Geschwindigkeit der aufeinander folgenden Informationen verpassen Rezipienten unter Umständen relevante Informationen oder sind gezwungen, Elaborationsprozesse abubrechen, um unmittelbar nachfolgende neue Inhalte aus dem Video aufnehmen und verarbeiten zu können (Sturm, 1984, zitiert nach Merkt & Schwan 2016, S.95).“

Es ist angebracht, die rezeptive Situation, die von externen Einflüssen gelenkt wird, kritisch zu betrachten. Durch den Einfluss der Digitalisierung eröffnen sich nun erweiterte Gelegenheiten, die das volle Potenzial von Videos effektiver nutzen können (Merkt & Schwan, 2016, S. 95).

Die Lernwirksamkeit von Erklärvideos lässt sich durch die Verbindung der Vorteil vom dualen Kodieren und das Nutzen von mehrerer Sinneskanäle erklären (Schmeinck, 2023, S.221).

### **4.3 Interaktive Nutzung von Lernvideos**

Im Vergleich zu Lehr- und Unterrichtsfilmen aufweisen digitale Videos, den Vorteil der Interaktivität, sodass die Lernenden die Möglichkeit haben, sich Wissen selbst anzueignen (Merkt & Schwan, 2016, S. 95).

Interaktive Funktionen beanspruchen zusätzliche kognitive Ressourcen. Aus diesem Grund sollte die Interaktivität nicht als Selbstzweck implementiert werden. Stattdessen ist darauf zu achten, dass sie einen lernförderlichen Effekt hat (ebd.).

#### **4.3.1 Einordnung interaktiver Funktionen in Modelle zum Umgang mit Informationen**

Die Verarbeitung von Informationen wird in verschiedenen Modellen als ein Prozess mit mehreren Schritten beschrieben. Obwohl es Unterschiede in den Ansätzen von Guthrie (1988) und Rouet (2006) gibt, lassen sich dennoch drei gemeinsame Teilprozesse identifizieren:

- (1) Die Klärung der gestellten Aufgabe,
- (2) Die Auswahl relevanter Informationen und
- (3) Die Verarbeitung sowie die Aufbereitung der ausgewählten Daten

(1) Bei der Erklärung der Aufgabe werden die Bereiche der Endkodierung der Eigenschaften, sowie die ersten Konzeptionsschritte zur erfolgreichen Bewältigung der Aufgaben und somit der Prozess zum Erreichen des Zieles bearbeitet. Für einen positiven Lernerfolg sollten die Anforderung der Aufgabe und der Möglichkeit der Nutzung von inaktiven Elementen des Systems aufeinander angepasst sein. (Merkt & Schwan, 2016, S. 96).

(2) Relevante Informationen können aus vielfältigen Quellen stammen. Dabei können die Inhalte aus einzelnen oder aus mehreren Dokumenten stammen. Wenn diese Informationen auf ein Video übertragen werden sollen, ist es wichtig, dass die audiovisuellen Materialien gründlich eingearbeitet werden, um so eine konkrete Möglichkeit für einen Zugriff auf signifikante Informationen zu ermöglichen. Als Pendant zu Büchern können ein Inhaltsverzeichnis und Register genutzt werden, um eine Übersicht über die Lokalisation der Informationen geben zu können. (Merkt & Schwan, 2016, S. 96).

(3) Bei der Einarbeitung und der Aufbereitung der signifikanten Informationen wird Lernen mit multimedialen Repräsentationen durch die unterschiedlichen Modelle von Knitsch (1998), McNamara und Magliano (2009) und Mayers (2009) dargestellt. Diese Modelle unterscheiden sich in einigen Punkten – etwa bezüglich der adressierten Medien –, verfügen jedoch auch über Schnittmengen. Zu diesen Aspekten gehört unter anderem, dass Lernende verschiedene Strategien einsetzen, um ihr Vorwissen zu aktivieren und das neu Gelernte damit zu verbinden, wodurch diese eine passende mentale Repräsentation der gegebenen Situation erstellen. Hierzu werden unter anderem Inferenzprozesse, wiederholtes Lesen sowie die Selektion wichtiger Informationen gezählt (Merkt & Schwan, 2016, S. 96). Dabei bezieht sich die Selektion von wichtigen Informationen nicht auf die Suche nach wichtigen Bereichen innerhalb eines umfassenden Informationspools, wie bei Guthrie (1988) und Rouet (2006), sondern um die Identifikation von wichtigen Informationen innerhalb eines Lernangebots, bei dem wichtige Informationen, von unwichtigen getrennt werden sollen, um so das Wissen in ein mentales Modell zu adaptieren (Lowe & Boucheix, 2011). Aus der Theorie werden die folgenden drei Aspekte für interaktive Elemente abgeleitet: die Kontrolle (1) der Darbietungsgeschwindigkeit, (2) der Darbietungsreihenfolge und (3) des Themenbereichs (Merkt & Schwan, 2016, S.96). Diese drei Aspekte werden in den nächsten Abschnitten der Arbeit genauer betrachtet.

#### **4.3.2 Kontrolle der Darbietungsgeschwindigkeit**

Mit der Kontrolle der Darbietungsgeschwindigkeit, beispielsweise durch Start- und Stopp-Funktionen, haben die Lernenden die Möglichkeit, die Geschwindigkeit der Informationswiedergabe in einem Lernvideo zu steuern. Dadurch wird der Negativeffekt bei systemgesteuerten Videos, dass flüchtige Inhalte von Lernenden nicht wahrgenommen werden, minimiert. Die durch Inferenzen ausgelöste Lerneffekt wird in einer

Studie von McNamara et al. (1996) untersucht. In dieser Studie wurde die Wechselbeziehung zwischen dem Grundlagenwissen der Lernenden und der Kohärenz von Texten untersucht. Ein Ergebnis der Studie ist, dass Lernende mit gutem Basiswissen einen Vorteil bei nicht zusammenhängenden Texten haben, da für das Verstehen der Texte Interferenzprozesse notwendig sind, welche erst durch vorhandenes Vorwissen aktiviert werden. Im Umkehrschluss bedeutet dies, dass Lernende mit geringem Vorwissen nicht die Möglichkeit aufweisen, die Kohärenzlücken mit richtigen Schlussfolgerungen zu füllen. Bei fehlendem Vorwissen und nicht für die Lernenden zugeschnittenen Texten besteht die Gefahr, dass die Lernenden eine unvollständige mentale Repräsentation aufbauen. Es ist somit wichtig für das Textverständnis, dass sinnige „Brückeninferenzen“ vorhanden sind, um so sinnvoll schlussfolgern zu können (Singer et al., 1997). Analogien zu Singers Studie sind ebenso bei systemgesteuerten Videos erkennbar. Bei neueren Erkenntnissen ist jedoch nicht eindeutig, „inwiefern auch strategische Inferenzen (z. B. Schlussfolgerungen über kausale Folgen) während der Rezeption nicht-interaktiver, dynamischer Medien gebildet werden können“ (Merkt & Schwan, 2016, S. 97). Die kognitiven Ressourcen der Lernende spielen eine wichtige Rolle beim Aufbau von „strategischen Interferenzen“ (Unsicherheiten in den Ergebnissen), allerdings ist empirisch noch nicht belegt, ob das Fehlen der Stopp-Funktion eine negative Auswirkung bei der Bildung von „strategischen Interferenzen“ hat (Merkt & Schwan, 2016, S. 97). Der Möglichkeit der Kontrolle über die Darbietungsgeschwindigkeit konnte jedoch eine positive Auswirkung für den Wissenserwerb nachgewiesen werden (Hasler et al., 2007, S. 273). Zum Vergleich war in der Studie von Schwan und Riempp (2004) zu erkennen, dass Lernende, die ein dynamisches Video mit den interaktiven Möglichkeiten ‚Start, Stopp und Spulen‘ einen höheren Lerneffekt aufwiesen als Lernende, die eine nicht-interaktive Vergleichsbedingung hatten.

Die wahrgenommenen Inhalte werden bei Menschen intuitiv in folgerichtige Einheiten gliedert (Zacks et al., 2010). Segmentgrenzen aufweisen eine erweiterte Bedeutung beim Aufbau von mentalen Repräsentationen, da Informationen an Handlungsgrenzen besser behalten werden (Schwan & Garsoffky, 2003, S. 51). Außerdem existiert ein affirmativer Zusammenhang zwischen der Fertigkeit der sinnigen Strukturierung der Handlungen und des Erinnerns an diese Handlungen (Sargent et al. 2013 zit. Nach Merkt & Schwan 2016, S. 97). Daraus lässt sich ableiten, dass die logische Strukturierung von Handlungen als Methode zur Kontrolle der Darbietungsgeschwindigkeit unter

Umständen als Wirkungsmechanismus fungieren könnte (Merkt & Schwan, 2016, S. 97).

Der positive Lerneffekt durch die Kontrolle der Darbietungsgeschwindigkeit scheint mit unterschiedlichen Moderatorvariablen in Zusammenhang zu stehen. In der Studie von Höffler und Schwartz (2011) kristallisiert sich heraus, dass bei der Kontrolle der Darbietungsgeschwindigkeit ein positiver Lerneffekt bei bewegter Animation in Verbindung mit Audioaufnahmen wirkt. Dasselbe gilt allerdings nicht für statische Bilder mit selbstgesteuerter Sprachwiedergabe (ebenso mit der Möglichkeit der Kontrolle der Darbietungsgeschwindigkeit). Es zeigte sich sogar, dass Lernende, die mit statischen Bildern und selbstgesteuerten Elementen lernen, schlechter abschneiden als Lernende, die mit systemgesteuerten Elementen ohne die Befähigung der Kontrolle der Darbietungsgeschwindigkeit lernen. Daraus resultiert, dass die Kontrolle über die Darbietungsgeschwindigkeit nicht die einzige Variable ist, mit der der Wissenserwerb bei Lernenden gesteigert werden kann (Merkt & Schwan, 2016, S. 97). Die Forschungsarbeit von Hasler et al. (2007) ergab, dass die Möglichkeit, die Wiedergabegeschwindigkeit zu kontrollieren, besonders bei anspruchsvollen Themen einen signifikanten Vorteil bietet. Bei weniger komplexen Themen war jedoch festzustellen, dass die Aufgaben ähnlich gut erlernt werden konnten.

### **4.3.3 Kontrolle der Darbietungsreihenfolge und Kontrolle der Inhalte**

Die Steuerung Darbietungsreihenfolge bietet eine gewisse Kontrolle über die Inhalte eines Videos. Diese Kontrolle wird den Lernenden beispielsweise durch ein eingebautetes Inhaltsverzeichnis im Video gegeben. Durch diese Inhaltsverzeichnisse haben die Lernenden die Möglichkeit, nicht verstandene Inhalte zu wiederholen, ohne Spulfunktion zu nutzen. In einer Studie von Merkt & Schwan war diesbezüglich ein positiver Effekt zu erkennen. Gesuchte Begriffe waren über ein Register direkt ansteuerbar, so dass Lernende bestimmte Information über das Inhaltsverzeichnis öffnen konnten. Bei komplexeren Aufgaben ist derweil kein signifikanter Unterschied festzustellen. Es zeigt sich in der Studie, dass Lernende die Registerfunktion bei komplexeren Lerninhalten weniger genutzt haben als bei Inhalten mit geringerem Komplexitätsgrad (Merkt & Schwan, 2014, S.438). Dies bedeutet, dass die Verwendung von Registern bei Videos mit komplexen Aufgaben ohne dafür benötigte Kompetenzen keine positive Wirkung aufweisen, sondern dazu führen, dass das Medium weniger erforscht wird (Merkt & Schwan, 2016, S.99). Ein vorheriges Suchtraining oder eine Lerneinheit zur Entwicklung von Suchstrategien könnte diese Kompetenz fördern. Die Lernwirksamkeit der

Funktion wird somit von der Aufgabenstellung und der Kompetenz der Lernenden beeinflusst (ebd.).

## **5 Forschungsstand**

Es existieren bereits einige Studien zur Untersuchung der Lernwirksamkeit von Erklärvideos. Eines der wichtigsten Ergebnisse ist, dass Meij et al. (2014) den positiven Lerneffekt von Erklärvideos im Zusammenhang mit prozeduralem Wissen erfassen. Ansonsten konnte festgestellt werden, dass der Einsatz von Erklärvideos einen positiven Effekt auf die Aufmerksamkeit und der Aktivierung von den Lernenden hat (Hartzell und Yuen 2006). In der Studie von Zhang et al. (2006) wurden insgesamt vier Gruppen mit verschiedenen Medien ausgestattet. Die erste Gruppe nutzte E-Learning mit Erklärvideos, die über interaktive Elemente, wie die Kontrolle über die Darbietungswiedergabe, die Darbietungsreihenfolge und die Segmentierung verfügten. Die zweite Gruppe verfügte über Lernvideos ohne interaktive Elemente. In der dritten Gruppe wurde nur E-Learning ohne Erklärvideos zu Verfügung gestellt und in der vierten Gruppe wurden Inhalte vorgelesen (traditionell). Die Ergebnisse der Studie zeigen, dass Lernende, die Erklärvideos mit interaktiven Elementen nutzten, im Vergleich zu den anderen drei Gruppen einen signifikant positiveren Lerneffekt vorweisen. Eine weitere Abstufung zwischen Gruppe eins und drei konnte nicht empirisch festgestellt werden. Ein weiteres Ergebnis aus dieser Studie zeigt, dass es einen signifikanten Unterschied zwischen der Zufriedenheit der ersten Gruppe und allen anderen Gruppen gibt. Eine Studie von Delen et al., (2014) zeigte ein ähnliches Ergebnis zwischen Lernenden mit interaktiven Erklärvideos und Lernenden mit Erklärvideos ohne interaktive Möglichkeiten. In weiteren Studien wurde die Lernwirksamkeit von Erklärvideos in Bezug auf Segmentierung untersucht. Bei der Segmentierung werden entweder feste Pausen an inhaltlich logischen Stellen gesetzt oder den Lernenden selbst die Möglichkeit gegeben, Pausen einzulegen, dies wurde vor allem über die Start-, Stopp- und Spulenfunktion ermöglicht. Aus mehreren Studien geht hervor, dass beide Funktionen einen positiven Lerneffekt aufweisen. Dies bestätigt auch die Studie von Mayer und Chandler, welche in ihrer Studie: „When Learning is just a click away [...]“ (2001) herausgefunden haben, dass Lernende mit Erklärvideos, die inhaltlich sinnvoll segmentiert sind, ein größeres Lernwachstum aufweisen, als Lernende die Erklärvideos ohne adäquate Segmentierung nutzen. Dieses Ergebnis wurde von Schwan und Riempp (2004) bestätigt, da ihre Studie ergab, dass Studierende, die die Möglichkeit hatten, die

Wiedergabe zu steuern, in kürzerer Zeit den Inhalt eines Videos erlernen konnten als die Kontrollgruppe ohne diese Möglichkeit. In einer weiteren Studie zur Segmentierung von Hasler et al., (2007), hatten zwei Gruppe die Möglichkeit ein Video zu stoppen. Dabei wurde der ersten Versuchsgruppe gewährt, dass Video elf Mal nach Belieben zu stoppen. Die zweite Gruppe hatte keine Einschränkungen und die Kontrollgruppe konnte das Video gar nicht stoppen. Es zeigte sich, dass die ersten beiden Gruppen über eine höhere Lernwirksamkeit verfügten als die Kontrollgruppe. Zwischen Gruppe eins und zwei war kein Unterschied zu erkennen. Die Studie zeigt auch, dass die Möglichkeit, das Video zu pausieren, von den Lernenden kaum genutzt wurde. Eine mögliche Erklärung dafür ist, dass die Lernenden dem Video konzentrierter folgten, die Inhaltsstruktur besser analysiert und somit besser erlernt haben, weil Sie den richtigen Moment für die Pause auswählten. Dadurch konnten die Inhalte besser verarbeitet werden. Dies könnte unter anderem bedeuten, dass die Strukturierung des Lernmaterials im Video wichtiger ist als die Möglichkeit, dass die Lernenden das Video selbst strukturieren können. Wieso die Segmentierung von Lerninhalten positiven Lerneffekt hat, wurde noch nicht eindeutig festgestellt (Findeisen et al., S. 24 f.). Aktuell existieren zwei Ansätze, die diese Thematik zu erklären versuchen. Ein Ansatz stammt von Spanjers et al. (2012), der diesen Umstand so erklärt, dass der bessere Lernzuwachs durch Pausen zwischen den einzelnen Lerninhalten eine gewisse Strukturierung vorgeben und so die Lerninhalte besser verarbeitet werden können. Das hat zur Folge, dass der Lerneffekt positiver ausfällt, da die Lernenden eine deutliche Struktur in der Vermittlung der Lerninhalte aufweisen. Der zweite Ansatz von Merkt und Schwan (2014) legt dar, dass eine Pause zwischen den Lerninhalten Zeit für kognitive Prozesse schafft. Es kommt dann nicht zur Aufspaltung der kognitiven Kapazitäten zwischen schon Erlerntem und neuen Inhalten, sodass die Lernenden einen ausgeprägten Lerneffekt haben. Beide Ansätze schließen sich gegenseitig nicht aus konnten empirisch bislang jedoch nicht voneinander getrennt überprüft werden. So wird davon ausgegangen, dass beide Faktoren eine Rolle bei der Lernwirksamkeit spielen. Folglich scheint Kombination aus beiden Ansätzen zu erklären, wieso eine Segmentierung lernförderlich ist (Findeisen et al., 2019, S. 25). Um den Lerneffekt von Steuerungsfunktionen geht es in der Studie von Merk und Schwan (2014). In dieser Studie wurden vier Gruppen gebildet, die einen Essay über die Lerninhalte aus einem Erklärvideo verfassen sollen. Das Ergebnis der Studie ist, dass die Lernenden, die Steuerungsfunktionen nutzen durften, mehr wichtige Aspekte aus dem Video behalten konnten

als Lernende ohne die Möglichkeit der Nutzung dieser Funktionen. Jedoch relativiert sich das Ergebnis dieser Studie insofern, als dass Lernende, die ein Lehrbuch nutzten auf ein ähnliches Ergebnis kommen. Allgemein fielen die Essays hinsichtlich deren Qualität zwischen den Gruppen ähnlich gut aus. Der Einsatz von Hyperlinks, welche auf Zusatzinhalte zum Video verweisen, wurde von Zahn, Barquero und Schwan (2004) überprüft. Hierbei konnte kein signifikantes Ergebnis zwischen den Gruppen festgestellt werden. Der Lernzuwachs war also ähnlich groß. Es wurde lediglich eine höherer Lerneffekt festgestellt, wenn Lernende sich konzentriert mit den Zusatzinhalten auseinandersetzen und diese somit überhaupt nutzen (Findeisen et al., 2019, S. 25).

Bei Erklärvideos wurde außerdem die Wirksamkeit auf das Lernen in Bezug auf die erklärende Person und der Videoperspektive untersucht. Die Ergebnisse zeigen, dass die Sichtbarkeit der erklärenden Person keinen Lernvorteil für die Lernenden darstellt (Hoogerheide et al., 2014; Ouwehand et al., 2015; van Wermeskerken et al., 2017). Beispielweise haben Hoogerheide, Loyeny und van Gog (2014) die Lernwirksamkeit in Verbindung mit der Sichtbarkeit des/der Erzählenden in ihrer Studie untersucht. Dabei war die erklärende Person bei der ersten Testgruppe im Video zusehen, in der zweiten Testgruppe war die erklärende Person im Erklärvideo nicht sichtbar und die dritte Testgruppe nutzte kein Erklärvideo und musste den Inhalt über einen Sachtext mit Illustrationen generieren. Das Ergebnis zeigt keinen signifikanten Unterschied bezüglich des Lernerfolgs, der Lernanstrengung, Selbstwirksamkeit.

Wenn nun die erklärende Person im Video dargestellt werden soll, gibt es grundsätzlich zwei verschiedene Perspektiven. Die eine Perspektive zeigt die Sicht der erzählenden Person, sodass die Betrachter\*innen z.B. bei Tutorials das Gezeigte aus derselben Perspektive sehen wie die Erzähler\*innen. Die zweite Perspektive zeigt eine andere Person, welche das Gezeigte durchführt. Hierbei schaut die betrachtende Person frontal auf die erzählende Person. Die Studie Fiorella et al. (2017) zeigte, dass Lernende einen geringeren *Cognitive Load* aufweisen, wenn sie aus derselben Perspektive wie die erklärende Person sehen, wie etwas demonstriert wird. Dies ist darauf zurückzuführen, dass Lernende keinen Perspektivwechsel vollziehen müssen. Dabei wurden Studien bezüglich der Eigenschaften des Erzählers oder der Erzählerin durchgeführt. Hierzu wurde vor allem die Model-Observer-Similarity-Hypothese von Schunk (1987, S.165) beachtet. Bei dieser geht es um Ähnlichkeitsaspekte zwischen Erklärenden und Lernenden, wie etwa Alter, Geschlecht etc. und deren Auswirkung auf den

Lernerfolg. So untersuchte Hoogerheide et al. (2016) in ihrer Studie die Wirkung vom Alter und Expertenstatus von Erklärenden in Bezug auf den Lernerfolg. Dabei gab es vier Testgruppen, welche jeweils ein Erklärvideo sehen konnten, das einen gleichaltrigen Erklärenden oder einen älteren Erklärenden zeigen. Zusätzlich wurden den Erklärenden unterschiedliche Expertenrollen zugeschrieben, sodass die Lernenden ein inhaltlich identisches Video sahen. Das Ergebnis zeigt, dass der angebliche Expertenstatus keinen Effekt auf die Lernwirksamkeit des Videos hat. Es wurde Experten lediglich eine bessere Videoqualität zugesprochen. In Bezug auf den Lernerfolg wurde festgestellt, dass das Alter des Erklärenden einen positiven Effekt auf die Lernwirksamkeit und die Lernmotivation hat. Im Bereich der Lernwirksamkeit von Erklärvideos existieren weitere Studien, die verschiedene Designelemente begutachtet. Eines dieser Elemente sind die Videotypen. Zu den Videotypen verglichen Chen und Wu (2015) drei verschiedene Typen miteinander: Vorlesungsaufzeichnung, Screencast und Bild-in-Bild-Methode. Dabei wurde in der Studie nach den signifikanten Unterschieden in Bezug auf die Aufmerksamkeit, Lernerfolg und *Cognitive Load* gesucht. Das Ergebnis der Studie zeigt, dass die Vorlesungsaufzeichnung und die Bild-in-Bild-Methode lernwirksamer waren als der Screencast. Beim Screencast wurde festgestellt, dass die Lernenden zwar eine höhere Aufmerksamkeit aufwiesen, jedoch gleichzeitig einen höheren *Cognitive Load* hatten, sodass die Lernwirksamkeit im Vergleich nicht derartig ausgeprägt war, wie bei den anderen beiden Testgruppen. Dieses Ergebnis wird durch die Studie von Krämer und Böhrs (2017) bestätigt. Sie analysierten in ihrer Studie verschiedene Erklärvideotypen zu demselben Thema in Bezug auf deren Lernerfolg und kamen zu einem ähnlichen Ergebnis wie Chen und Wu (2015). Guo et al. (2014) führten mit Hilfe eines Massive Open Online Course (MOOC) eine weitere Studie durch, in der das Engagement und die Problemlösekompetenz der Lernenden überprüft wurde. In dieser Studie wurden 6,9 Millionen Video-Sessions betrachtet. Das Fazit dieser Studie ist, dass auch hier Unterschiede zwischen den Videotypen zu sehen sind. Dabei zeigen Lernende ein höheres Engagement bei Videos, die auf einem Tablet aufgenommen wurden und weisen somit einen signifikant höheren Effekt als Screencast und Vorlesungsfolien erzielen. Außerdem scheint ein professionell erstelltes Video keinen deutlichen Vorteil gegenüber Amateurvideos zu aufzuweisen. Hierbei ist das Setting wohl ein wichtiger Faktor. Positiv wirkt sich auch eine engagierte Darbietung und hohe Sprechgeschwindigkeit auf das Engagement aus. Aus den Studien lässt sich die Länge des Videos als weiterer wichtiger Aspekt identifizieren. Diesbezüglich

konnte festgestellt werden, je länger die Erklärvideos sind, desto häufiger werden diese von Lernenden abgebrochen und somit Aufgaben vernachlässigt. Gou, Kim und Rubin raten zu Videos, die nicht länger als sechs Minuten und inhaltlich logisch aufgebaut sind. Falls eine Unterrichtseinheit also länger sein sollte, empfiehlt sich die Zerstücklung des Videos in kleinere Einheiten. Zu einem ähnlichen Ergebnis kommen auch Krämer und Böhrs (2017), die einen signifikanten Unterschied in der Bewertung von Lernenden in Bezug auf Erklärvideos und deren Länge feststellen.

Plass et al. (2014) und Heidig et al. (2015) (2015) untersuchen Erklärvideos hinsichtlich des ‚emotionalen Designs‘ in Bezug zur Lernumgebung und deren Gestaltung. Es konnten Unterschiede bezüglich Motivation, Zufriedenheit und *Cognitive Load* festgestellt werden, jedoch zeigten sich keine signifikanten Unterschiede beim Lernerfolg. Es konnte allein festgestellt werden, dass die individuelle ästhetische Wahrnehmung von positiven ‚emotionalen Designs‘ einen deutlichen Vorteil bezüglich der intrinsischen Motivation der Lernenden darstellt, sodass die Lernenden die Neigung haben, die Materialien auch im späteren Verlauf im Unterricht zu nutzen (Findeisen et al., 2019, S. 29).

## **6 Forschungsdesiderat und Forschungsinteresse**

In den letzten Jahren hat die Anzahl wissenschaftlicher Untersuchungen und Studien zur Anwendung von Erklärvideos im didaktischen Kontext zugenommen. Die meisten Studien sind in den Sekundarstufen und in den universitären Bereichen zu verorten. Im Bereich der Primarstufe existieren nur wenige Studien und im Bereich des Sachunterrichts wiederum weniger. Die Kindheit, Internet, Medien-Studie kurz KIM-Studie von 2019 -als eine der Studien, die den Bereich der Primarstufe mitefassen - zeigt, dass auch in der Grundschule immer mehr Kinder Erklärvideos über Plattformen wie YouTube, zu Themen aus der Schule anschauen. Hierbei erfasst die KIM-Studie im Bereich der 6-7-Jährigen rund 3%, der Schüler:innen, die mindestens einmal in der Woche, Videos konsumieren, welche einen Bezug zu Themen aus der Schule aufweisen. Im Bereich der 8-9-Jährigen sind es 11%, im Bereich der 10-11-Jährigen 14% und im Bereich der 12-13-Jährigen 21% der Schüler:innen (KIM-Studie 2019, S.46). In der Jugend, Information, Medien-Studie kurz JIM-Studie (2018) und der Studie vom Rat für Kulturelle Bildung (2019) zeigen, dass bei älteren Schüler:innen ein höheres Interesse an Erklärvideos mit schulischen Hintergrund vorliegt. Darüber hinaus ist ein Bedeutsamkeitszuwachs durch die Corona-Pandemie in Bezug auf die digitalen Medien

im Schulunterricht zu erkennen. Nach der Corona-Pandemie wurden flächendeckend Tablets in Deutschland eingeführt, was nun mehr Möglichkeiten bietet, Erklärvideos im Unterricht einzusetzen. Aus diesem Grund wird in dieser Forschungsarbeit dieses Forschungsdesiderat angenommen, um die Lernwirksamkeit von Erklärvideos im Vergleich zum Sachtext mit bildlicher Illustration im Sachunterricht in der Grundschule zu erforschen.

## **7 Empirischer Teil**

### **7.1 Fragestellung und Hypothese**

Um das Forschungsdesiderat anzugehen und in diesem Bereich neue Erkenntnisse zu gewinnen, wurden unter Berücksichtigung der Theorie folgende Fragen und Hypothesen formuliert.

**I. Inwiefern ist die multimediale Aufbereitung von Lerneinheiten in Form eines Erklärvideos lernförderlich für den Wissenserwerb der SuS im Sachunterricht?**

**II. Inwiefern kann der Einsatz von Erklärvideos bei schwer zugänglichen Themen im Sachunterrichtlernförderlich wirken?**

In Bezug auf diese Fragestellung wurden folgenden Hypothesen aufgestellt:

**H 1.** Lernende, die Lerninformationen lediglich aus Sachtexten mit Bildern beziehen, haben einen geringeren Lernzuwachs als Lernende, die mit einem Erklärvideo Lerninhalte erlernen.

**H 2.** Lernende, die Lerninformationen lediglich aus Sachtexten mit Bildern beziehen, haben einen höheren Lernzuwachs als Lernende, die mit einem Erklärvideo Lerninhalte erlernen.

**H 0.** Lernende, die Lerninformationen lediglich aus Sachtexten mit Bildern beziehen, haben einen genauso hohen Lernzuwachs, wie Lernende, die mit einem Erklärvideo Lerninhalte erlernen. Es ist kein Effekt zu erkennen.

Die Hypothesen sollen mithilfe einer quantitativen Methode überprüft werden, die im nachfolgenden Kapitel genauer beschrieben wird.

## 7.2 Zielgruppe

Die für diese Untersuchung herangezogene Stichprobe besteht aus Grundschüler:innen der Klassen 3 und 4 im Alter zwischen 8 und 11 Jahren. Die Untersuchung erfordert, dass die Schüler:innen über Lese- und Schreibfähigkeiten verfügen. Hierbei wurde Rücksprache mit den Lehrkräften gehalten, die die Lese- und Schreibfähigkeiten der Schüler:innen bestätigten. Außerdem wurde das Vorwissen zum Thema Zahnräder mit den Lehrkräften besprochen, welche bestätigten, dass das Thema zumindest im schulischen Kontext nicht behandelt wurde. Somit ergab sich eine Gesamtstichprobengröße von  $n=142$ .

## 7.3 Forschungsdesign

Die vorliegende Gesamtstudie besteht aus zwei aufeinanderfolgenden Pilotphasen, wobei in jeder Phase spezifische Modifikationen und Anpassungen an die Interventionsmethoden sowie den Fragestellungen vorgenommen wurden, um die Effektivität der Interventionen zur Förderung des Verständnisses des behandelten Themas zu untersuchen. In der ersten Pilotphase wurden zwei Gruppen gebildet: Die erste Gruppe bestand aus insgesamt 81 Teilnehmenden, von denen 40 das Erklärvideo als Interventionsmethode erhielten und 41 den Sachtext mit begleitenden Bildern.

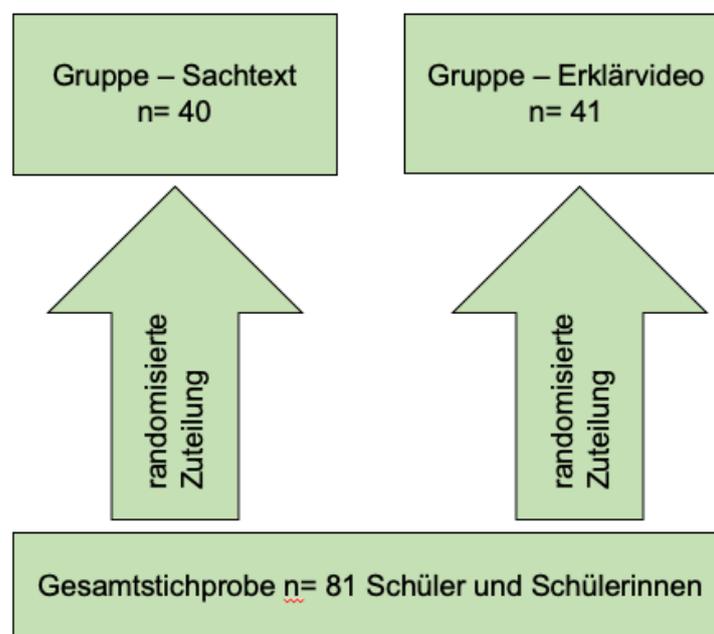


Abbildung 8 1. Pilotierung (selbsterstelltes Bild)

Die zweite Pilotierung bestand aus 41 Teilnehmenden, von denen 22 das Erklärvideo und 19 den Sachtext mit bildlichen Illustrationen als Intervention erhielten.

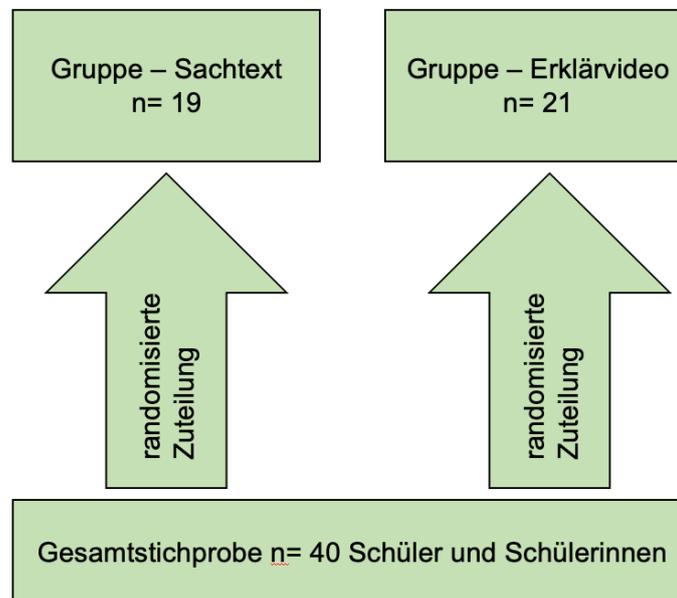


Abbildung 9 2. Pilotierung (selbsterstelltes Bild)

In der ersten Pilotphase wurden nach Abschluss der ersten Intervention umfangreiche Anpassungen vorgenommen, um die Qualität der Studie zu verbessern. Dabei wurde eine Kurzskala zum Interesse am Sachunterricht eingeführt, Pretest-Fragen sorgfältig überarbeitet und die Erhebung um zwei zusätzliche Fragen erweitert. Die Punktevergabe für die erste Aufgabe im Pretest wurde auf Grundlage der Ergebnisse aus Pilotphase I angepasst. Zudem wurden im Posttest irritierende Bilder ausgetauscht, um die Klarheit der Testfragen zu gewährleisten.

Die zweite Pilotphase umfasste ebenfalls zwei Gruppen, von denen eine das Erklärvideo und die andere den Sachtext mit bildlichen Illustrationen als Intervention erhielt. Hierbei wurden nach Abschluss der Intervention erneut sorgfältige Verbesserungen vorgenommen. Fehlerhafte Fragen und Bilder im Posttest wurden korrigiert, Fragen, die zu Verwirrung führten, wurden angepasst, und die Aufgabenstellung wurde klarer formuliert.

Nach Abschluss der Pilotphasen wurde die Hauptstudie mit einer Teilnehmeranzahl von insgesamt 142 durchgeführt. In dieser Hauptstudie erhielten 77 Teilnehmende das Erklärvideo als Interventionsmethode, während 65 den Sachtext mit bildlichen Illustrationen erhielten. Das Hauptziel dieser Studie bestand darin, die Wirksamkeit der beiden Interventionsmethoden zu bewerten und eine Schlussfolgerung über deren Effektivität in Bezug auf die Förderung des Verständnisses des behandelten Themas zu ziehen.

Durch die schrittweise Durchführung von Pilotphasen, die gründliche Analyse der Ergebnisse und die kontinuierliche Anpassung der Methoden konnte im Verlauf der Gesamtstudie eine klare Tendenz erkannt werden, welche der beiden Interventionsmethoden effektiver war, um das Verständnis des behandelten Themas nachhaltig zu verbessern.

Nach dem Durchlauf der beiden Pilotierungen und der Anpassung des Materials wurde die Hauptstudie durchgeführt.

Zur besseren Übersicht folgt eine Gesamtübersicht des Studienverlaufs.

### Gesamtübersicht Studienverlauf

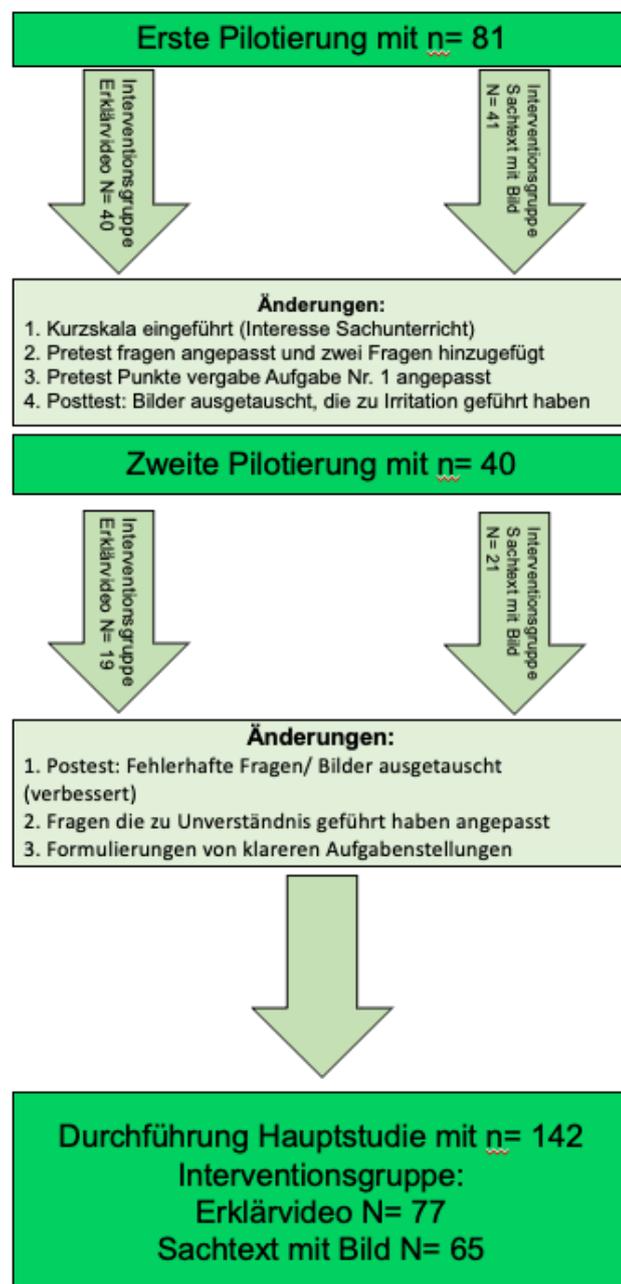


Abbildung 10 Gesamtübersicht Studienverlauf (selbsterstelltes Bild)

### 7.3.1 Intervention Sachtext

Der vorliegende Text beschreibt die Funktionsweise und Anwendung von Zahnrädern sowie ihre verschiedenen Typen, nämlich Stirnrad, Zahnradgetriebe mit drei Zahnrädern, Kettenradgetriebe, Zahnstange und Schnecke.

Die Informationen des Sachtextes sind in eine Geschichte eingebettet. In der Geschichte sind die beiden Protagonist\*innen Tina und Pascal auf den Weg ins Museum, um mehr über Zahnräder zu erfahren. Die Einbettung in eine Geschichte dient einerseits zu Motivation der Schüler:innen und soll andererseits auch einen Zugang zum Text schaffen.

Im weiteren Verlauf vom Sachtext bekommen die beiden Hauptfiguren von einer Museumsmitarbeiterin ein Informationsheftchen über Zahnräder. Dieser Text ist wie folgt aufgebaut:

#### (1) Einleitung:

Der Text beginnt mit einer allgemeinen Aussage über die lange Nutzungsgeschichte von Zahnrädern durch die Menschen. Es wird erwähnt, dass das genaue Alter des ersten Zahnrads unbekannt ist, aber Archäologen schätzen, dass sie vor etwa 2300 Jahren genutzt wurden. Es wird betont, dass Zahnräder heute in vielen Alltagsgegenständen und Maschinen unverzichtbar sind.

Hier wird der Fokus auf die verschiedenen Typen von Zahnrädern bzw. Getrieben gelegt, nämlich das Stirnrad, die Zahnstange und die Schnecke. Es wird neugierig darauf hingewiesen, dass diese Fragen im weiteren Verlauf des Textes beantwortet werden.

#### (2) Das Stirnrad:

In diesem Abschnitt wird das Stirnrad näher erläutert. Es wird beschrieben, wie ein Stirnrad aufgebaut ist und wo es häufig in verschiedenen Anwendungen zu finden ist. Die Funktionsweise des Stirnrads als Getriebe wird erklärt, wie es Kraft auf andere Zahnräder überträgt und in welchen Richtungen die Zahnräder sich bewegen.

#### (3) Zahnradgetriebe mit einer unterschiedlichen Anzahl von Zahnrädern:

Hier wird auf das Zahnradgetriebe mit zwei / drei Zahnrädern eingegangen. Es wird erklärt, wie sich die Zahnräder in Abhängigkeit voneinander drehen und in welche Richtungen sie sich bewegen.

#### (4) Größe und Schnelligkeit:

Dieser Abschnitt betont die Bedeutung von Größe und Schnelligkeit bei Zahnrädern. Es wird erklärt, dass kleine Zahnräder sich schneller drehen als große Zahnräder aufgrund ihrer unterschiedlichen Anzahl von Zähnen.

#### (5) Das Kettenradgetriebe:

Hier wird das Kettenradgetriebe erläutert und anhand des Beispiels eines Fahrrads erklärt, wie die Zahnräder durch eine Kette miteinander verbunden sind und sich in dieselbe Richtung drehen. Dieser Abschnitt ist wichtig für den Lebensweltbezug der Lernenden, da Zahnräder vor allem vom Fahrrad bekannt ist, welches in der Lebenswelt der Kinder vorhanden ist.

#### (6) Die Zahnstange:

In diesem Abschnitt wird die Zahnstange als gerade Stange mit Zähnen und Lücken beschrieben. Es wird erklärt, wie sie mit einem Stirnrad verbunden ist und wie beide zusammenarbeiten, um Bewegung zu erzeugen.

#### (7.) Die Schnecke:

Der letzte Abschnitt widmet sich der Schnecke als Vorrichtung zum Antreiben von Zahnrädern. Die Funktionsweise des Schneckengetriebes wird erläutert und wie es die Zahnräder in unterschiedliche Richtungen antreiben kann. Der letzte Abschnitt über die Schnecke erläutert, wie die Schnecke die Zahnräder antreibt und wie diese in Verbindung mit einem Zahnrad als Schneckengetriebe bezeichnet wird.

Der Text verwendet spezifische Begriffe wie "Stirnradgetriebe", "Kettenradgetriebe" und "Schneckengetriebe", um die verschiedenen Anwendungen und Kombinationen von Zahnrädern zu beschreiben. Die Erklärungen werden durch die Verwendung von Bildern (Bildnummern) unterstützt, um die Funktionsweise der Zahnräder visuell zu verdeutlichen. Dabei wurden für jeden Abschnitt unterschiedliche Bilder eingefasst. Hierbei besitzen die Bilder in dem jeweiligen Abschnitt eine Organisationfunktion und dienen somit dem besseren Verständnis von komplexeren Inhalten. Die Bild sind auch wichtig, um die Drehrichtung der Zahnräder besser zu visualisieren und somit ein besseres Verständnis darüber zu ermöglichen. Der Text ist klar strukturiert und bietet eine

Beschreibung der verschiedenen Aspekte und Typen von Zahnrädern und deren Einsatzmöglichkeiten.

### **7.3.2 Intervention Erklärvideo**

Das Erklärvideo wurde aus dem Sachtext (Intervention-Text) abgeleitet, sodass der inhaltliche Aufbau identisch ist. Die Themen werden in derselben Reihenfolge erklärt und auch auf der informativen Ebene gibt es keine Unterschiede zum verwendeten Sachtext. Beide Interventionen wurden zum Vergleich einer Expertengruppe vorgelegt, um zu überprüfen, ob eine von beiden Interventionen einen inhaltlichen Vorteil bietet, der zur Verzerrung des Ergebnisses führen könnten. Die Expertengruppe bestätigte, dass der Inhalt der beiden Interventionen identisch ist. Außerdem ist erkennbar, dass das Erklärvideo aus dem Sachtext entstanden ist.

Bei der Erstellung wurden die sieben Kernideen von Kulgemeyer (2020) in weiten Teilen eingearbeitet, und so die Kriterien für ein gutes Erklärvideo eingehalten (Kap. 4.1.). Im Rahmen dieser Forschungsarbeit war es nur bedingt möglich die Interaktionsgruppen zu analysieren und ein Erklärvideo an deren Bedürfnisse anzupassen. Dies liegt vor allem daran, dass durch die COVID-Pandemie der Zugang zu den Schulen und zu den Klassen nur bedingt möglich und so die Einhaltung der ersten Kernidee nur schwer umsetzbar war. Die Veranschaulichungswerkzeuge (zweite Kernidee) wurden bei dem Erklärvideo umgesetzt, hierbei wurde das sprachliche Niveau dem Jahrgang entsprechen angepasst. Darüber hinaus wurden unterschiedliche passende Darstellungen und Bilder genutzt, die für die Lernenden verständlich sind. Bei dem Erklärvideo wurden zentrale Informationen dargestellt und wohlmöglich Fehlkonzepte wurde zum bearbeitenden Thema angesprochen (dritte Kernidee). Bei dem Erklärvideo wurde zunächst das Fachwissen in Form einer Regel dargestellt und im Anschluss mit einem Beispiel erklärt (Regel-Beispiel-Struktur), diese Struktur bietet sich vor allem für das Vermitteln von Fachwissen an (vierte Kernidee). Die visuellen Darstellungen und die sprachliche Gestaltung des Videos waren aufeinander abgestimmt, sodass versucht wurde, hierdurch keine zusätzliche kognitive Kapazität zur beanspruchen. Dabei wurden Synonyme wegelassen oder vereinfacht dargestellt (fünfte Kernidee). Auch die sechste Kernidee war wegen der Zugangsbeschränkungen an dem Schulen in Folge der COVID-Pandemie nur bedingt umsetzbar. Hierbei wurde auf das Wissen aus den Pilotierungen zurückgegriffen, um so mögliche Fehlkonzepten anzusprechen. Die Lernenden hatten ausreichend Zeit, um das 16-minütige Video zu rezipieren und nicht verstandene Kapitel erneut anzuschauen (siebte Kernidee).

Bei dem Erklärvideo wurden nach jedem Teilbereich zusätzlich zum Video auch Bilder gezeigt, welche identisch mit den Bildern aus dem Sachtext sind. Hierbei war es wichtig, dass die Lernenden diese Bilder auch gesehen haben, da diese in ähnlicher Form auch im Posttest vorzufinden sind. Aufgrund der identischen Struktur konnte sichergestellt werden, dass keine der beiden Gruppen inhaltlich bevorzugt wurde, wodurch die Ergebnisse des Posttests nicht beeinflusst wurden.

### 7.3.3 Konstruktion des Vorwissentest (Pretest)

Die Erhebung des Vorwissens der Schüler:innen im Bereich der Mechanik (Zahnräder) wurde mangels standardisierter und evaluierter Fragebögen in Form einer intuitiven Konstruktionsstrategie entwickelt. Somit wurden die Items nicht theoriebasiert formuliert, sondern mit Hilfe der Intuition und Erfahrung des Testkonstruktors erstellt (Moosbrugger & Kelava, 2012, S. 36).

Der Vorwissenstest besteht aus zwei offenen und fünf Single-Choice-Fragen. Bei der ersten Frage (offene) können die Schüler:innen insgesamt zwei Punkte erzielen.

Die Punktevergabe für Item 1, wurde wie folgt durchgeführt:

0 = falsche, keine Antwort oder ich weiß es nicht

1 = fachlich korrekte Erklärung zum Aufbau des Zahnrads

2 = fachlich korrekte Erklärung zum Aufbau des Zahnrads und Erklärung zu Funktion des Zahnrads.

<p>1. Was ist ein Zahnrad?</p> <hr/> <hr/> <hr/> <hr/>
--

Abbildung 11- Frage 1 Pretest

Item Nummer 2 (offen) wurde, wie folgt bepunktet:

0 = falsche, keine Antwort oder ich weiß es nicht

1 = mindestens ein Beispiel wird genannt (Wo hast du schon mal ein Zahnrad gesehen?)

**2. Wo hast du schon mal ein Zahnrad gesehen?**

---

---

---

---

Abbildung 12 - Frage 2 Pretest

Die Items drei bis sieben wurden als Single-Choice-Fragen konzipiert. Bei diesen wurden null Punkte für falsche bzw. keine Antwort vergeben. Für eine korrekte Antwort wurde ein Punkt vergeben.

Der Vorwissenstest wurde zweimal pilotiert und nach der Analyse der Ergebnisse angepasst.

Basierend auf dieser Analyse wurden zwei Items zum Pretest hinzugefügt:

1. *Wo hast du schon mal ein Zahnrad gesehen?*

Diese Frage wurde hinzugefügt, da in der Pilotierung insgesamt der Lebensweltbezug für die Schüler:innen fehlte. Mit dieser Frage wird den Schüler:innen die Möglichkeit gegeben, ihr Vorwissen zu aktivieren.

2. *In welche Richtung dreht sich das Wasserrad?*

Diese wurde in den Fragebogen aufgenommen, um einen erweiterten Blick in das Vorwissen der Schüler:innen aus einem thematisch ähnlichen Bereich zu bekommen.

Ferner wurden grafische Veränderungen durchgeführt, um die Verständlichkeit des Fragebogens zu verbessern. Zudem wurde die Schriftart des Tests in die Grundschrift geändert, um so eine Verwirrung durch anderen aussehenden Buchstaben zu vermeiden.

Hier eine Beispielaufgabe vor und nach der Anpassung:

## 2. Woher kommt der Name vom Zahnrad?

A: Ein Zahnrad wird aus Zähnen gemacht	
B: Die Zacken von dem Zahnrad nennt man Zähne	
C: Die Lücken von einem Zahnrad nennt man Zahnücke	
D: Ich weiß es nicht	

Abbildung 13 Fragestellung vor der Anpassung

## 3. Woher kommt der Name vom Zahnrad?

A: Ein Zahnrad wird aus Zähnen gemacht	
B: Die Zacken von dem Zahnrad nennt man Zähne	
C: Die Lücken von einem Zahnrad nennt man Zahnücke	
D: Ich weiß es nicht	

Abbildung 14 Fragestellung nach der Anpassung

Nach der Analyse und der Anpassungen aus den beiden Pilotierungen wurde der entwickelte Fragebogen in der Hauptstudie als Vorwissenstest genutzt.

Da dieser Fragebogen selbst konstruiert wurde und es hierzu keinen standardisierten Test gibt, muss dieser Test auf die Reliabilität geprüft werden. Die Reliabilität des Fragebogens wurde mit  $n = 142$  Proband\*innen geprüft, dabei wurde keine Proband\*in ausgeschlossen.

Um die interne Konsistenz zu bestimmen, wurde Cronbachs Alpha für den Vorwissenstest (insgesamt 7 Items) berechnet. Die interne Konsistenz ist mit Cronbachs Alpha = .61 fragwürdig, für den Vorwissenstest.

Der niedrige Alpha-Wert kann unter anderem mit der Anzahl der Items zusammenhängen. So kann Cronbachs Alpha beispielsweise durch das Hinzufügen von weiteren

Items verbessert werden. Zusätzlich zu den hinzugefügten Items muss die Inter-Item-Korrelation steigen, damit sich Cronbachs Alpha erhöht. Das bedeutet dann im umgekehrten Sinn, dass Cronbachs Alpha kleiner wird, wenn die durchschnittliche Inter-Item-Korrelation kleiner ist.

Cronbach (1951) erläutert grundlegend, dass ein hoher Alphawert wünschenswert ist, gleichzeitig sei aber die Interpretierbarkeit der erzielten Punkte ein wichtiger Faktor und diese könne auch mit einem niedrigen Alpha-Wert erreicht werden (Cronbach, 1951, S. 332). Ansonsten schlägt Schmitt (1996, S.353) vor, dass es kein allgemein akzeptables Alpha-Niveau mit festen Grenzen wie z.B. von  $\alpha = .70$  geben sollte, sondern dass sich unter gewissen Gegebenheiten auch ein niedriger Wert als nützlich erweisen und daher als akzeptabel eingestuft werden kann, hierzu zählen unter andere Fragebögen, die Wissen abfragen.

Ein weiterer Aspekt ist, dass die Entwicklung zuverlässiger (reliabler) Tests, die spezifische Kenntnisstände prüfen grundsätzlich eine Herausforderung darstellen. Die Gewährleistung der inneren Konsistenz solcher ist kontingent. In der Tat besteht oft ein Mangel an innerer Konsistenz. Die Erstellung von Parallelförmigen gestaltet sich ebenfalls schwierig, da Wissenstests zwangsläufig Aufgaben mit unterschiedlichen Inhalten aufweisen, in denen Parallelförmigen enthalten müssen. Eine wiederholte Testdurchführung ist naturgemäß noch weniger sinnvoll, insbesondere wenn man bedenkt, dass solche Merkmale aufgrund des Lernprozesses fluktuieren können (Lienert & Raatz, 1994, S. 214).

Im Ganzen betrachtet ist das Cronbachs Alpha = .61 als fragwürdig einzuschätzen, da allerdings die geringe Item-Anzahl im Prätest einen Einfluss auf das Cronbachs Alpha aufweisen kann und Cronbach (1951) sowie Schmitt (1996) auch einen Nutzen bei niedrigeren Alpha-Werten sehen, wird in dieser Arbeit mit diesem Wert weitergerechnet.

Die Interraterreliabilität (Cohens  $\kappa$ ) des ersten Items liegt im substanziellen Übereinstimmungsbereich mit einem Cohens  $\kappa = .795$ . Das zweite Item zeigt ein Cohens  $\kappa = .826$  und ist „almost perfect“ (Landis & Koch, 1977, S. 165). Somit liegt die Objektivität hinsichtlich der Interpretation durch die einheitliche Interpretation des Testwertes vor.

#### **7.3.4 Konstruktion des Posttests zum Fachwissenserwerb**

Die Erhebung zum Erfassen des Fachwissenserwerbs der Schüler:innen im Bereich der Mechanik (Zahnräder) wurde mangels standardisierter und evaluierter Fragebögen in Form von einer intuitiven Konstruktionsstrategie entwickelt. Somit wurden die

Items nicht theoriebasiert formuliert, sondern mit Hilfe der „Intuition und Erfahrung des Testkonstruktors“ erstellt (Moosbrugger & Kelava, 2012, S. 36).

Der Posttest besteht insgesamt aus 18 Single-Choice-Fragen. Da die Erhebung in der dritten und vierten Klasse durchgeführt wurde, wurden bewusst zwei Motivationsfragen inkludiert. Diese wurden eingebaut, um die Lernenden zu motivieren weiter an der Lösung der Tests zu arbeiten. Die beiden Motivationsfragen wurden bei der Errechnung des Scores für den Posttest nicht beachtet, da diese Fragen vom Anforderungsniveau sehr niedrig waren und lediglich die Motivation für die Weiterarbeit an dem Posttest fördern sollte.

Item-Nummer	Themenbereich	Anforderungsbereich	Punktzahl (Single-Choice-Fragen)
1	Stirnradgetriebe	I: Reproduktion	1
2	Motivationsfrage		
3	Allg. Frage zum Zahnrad	I: Reproduktion	1
4	Schneckengetriebe	I: Reproduktion	1
5	Schneckengetriebe	I: Reproduktion	1
6	Allg. Frage zum Zahnrad	I: Reproduktion	1
7	Stirnradgetriebe	I: Reproduktion	1
8	Stirnradgetriebe	II: Zusammenhänge herstellen	1
9	Zahnstangengetriebe	I: Reproduktion	1
10	Zahnstange	I: Reproduktion	1
11	Stirnradgetriebe	I: Reproduktion	1
12	Motivationsfrage		
13	Allg. Frage zum Zahnrad	I: Reproduktion	1
14	Allg. Frage zum Zahnrad	I: Reproduktion	1
15	Zahnstange	I: Reproduktion	1
16	Stirnradgetriebe	II: Zusammenhänge herstellen	1
17	Schneckenradgetriebe	II: Zusammenhänge herstellen	1
18	Zahnstangengetriebe	II: Zusammenhänge herstellen	1

Tabelle 2 Aufteilung der Items und der berechneten Punktzahl

Die 16 Fragen aus dem Posttest beziehen sich auf die Inhalte der Interventionen. Dabei sind zwölf Fragen, aus dem Anforderungsbereich I, also der reinen Reproduktion. Drei Fragen sind an den Anforderungsbereich II angelehnt. Bei diesen Fragen müssen die Probanden\*innen Zusammenhänge verstehen, um die richtige Antwort zu geben.

Bei den reinen Reproduktionsaufgaben werden Inhalte aus den Interventionen eins zu eins abgefragt, diese Fragen dienen als reine Wiedergabe der vermittelten Inhalte aus der Intervention. Die Fragen aus dem Anforderungsbereich zwei sind komplexer gestaltet, sodass ein gewisses Verständnis über die Thematik gegeben sein muss, um die Zusammenhänge herzustellen und die Fragen richtig beantworten zu können.

Mit dem Posttest soll der Wissenszuwachs der Lernenden in Bezug zur Intervention erfasst werden. Dabei soll überprüft werden, ob Lernenden mit Hilfe eines Erklärvideos eine höhere Punktzahl im Posttest erreichen als Lernende, die mit einem Sachtext lernen.

Um die interne Konsistenz zu bestimmen, wurde Cronbachs Alpha für den Posttest (insgesamt 16 Items) berechnet. Die interne Konsistenz ist fragwürdig, mit Cronbachs Alpha = .68 für den Posttest.

Da das Cronbachs Alpha von .68 sehr nah an den angestrebten Wert von .70 heranragt, kann von einer noch akzeptablen Reliabilität ausgegangen werden, da der Posttest in der Pilotierung einen Cronbachs Alpha-Wert von .745 aufwies.

Es gibt verschiedene Aspekte, welche die Unterschiede zwischen den beiden Werten erklären könnten. Ein Aspekt ist, dass die erste Pilotierung an verschiedenen Schulen durchgeführt wurden und so eine heterogenere Stichprobe vorhanden war. Die Hauptstudie wurde hingegen an einer Schule durchgeführt, da es wegen der Pandemie nur schwer möglich war, Zugang zu weiteren Schulen für das Forschungsprojekt zu bekommen.

Aus diesen Gründen ist bei dem Wert von .68 zu erwarten, dass der Test eine akzeptable Reliabilität aufweist.

## **8 Datenauswertung**

### **8.1 Demografische Daten**

An der Forschungsarbeit haben insgesamt 141 Schüler:innen teilgenommen von denen 77 männlich und 64 weiblich waren. Die Altersspanne lag zwischen 8-11 Jahren, wobei der Mittelwert bei 9,07 liegt. Die Studie wurde in dritten und vierten Klassen einer Kölner Grundschule durchgeführt.

## 8.2 Auswertung Kovarianzanalyse

In Bezug auf die Überprüfung der in Kapitel 7.1 vorgestellten Hypothesen wird eine Kovarianzanalyse (ANCOVA) eingesetzt, um die Unterschiede zwischen den Gruppen hinsichtlich des erworbenen Fachwissens unter Berücksichtigung des Vorwissens als Kovariate zu untersuchen. Zu Beginn wurden die Voraussetzungen für die Berechnung einer ANCOVA überprüft. Die Unabhängigkeit der Messungen wurde durch die zufällige Zuordnung der Schülerinnen und Schüler sichergestellt. Anschließend wurde die Homogenität der Regressionssteigungen überprüft, indem die entsprechenden Interaktionsterme gebildet wurden. Die Ergebnisse zeigten, dass die Homogenität der Regressionssteigungen für die Kovariate gegeben war ( $p = .373$ ). Nach der Untersuchung der Homogenität der Regressionssteigungen wurde eine explorative Datenanalyse durchgeführt, um potenzielle Ausreißer im Datensatz zu identifizieren. Dabei wurden die Versuchspersonen 138, 139, 140, 141 und 142 im Post-Test als Ausreißer identifiziert, basierend auf den erstellten Boxplots. Diese Ausreißer wurden gesondert überprüft und als tatsächliche Ausreißer identifiziert. Aus diesem Grund wurden sie in den weiteren Berechnungen beibehalten, anstatt sie pauschal von der weiteren Analyse auszuschließen.

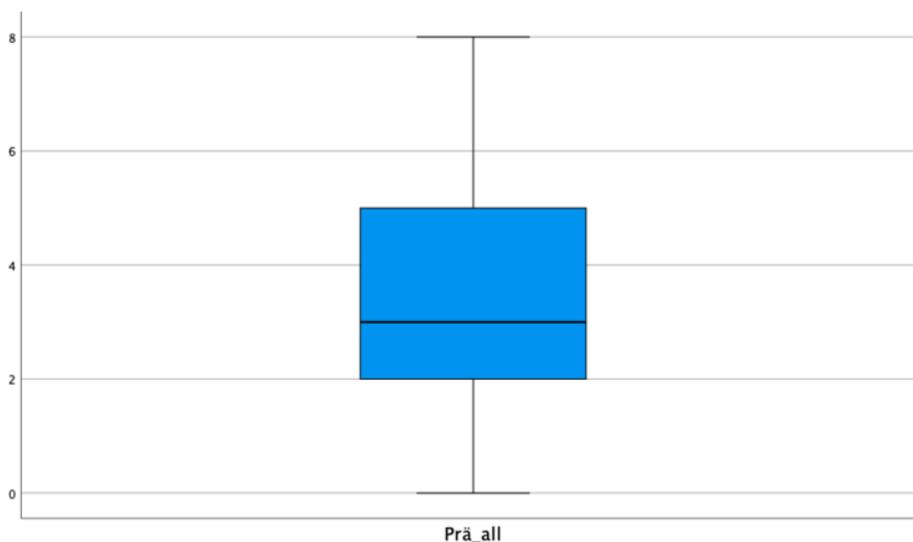


Abbildung 15 Boxplot Ausreißer Prätest

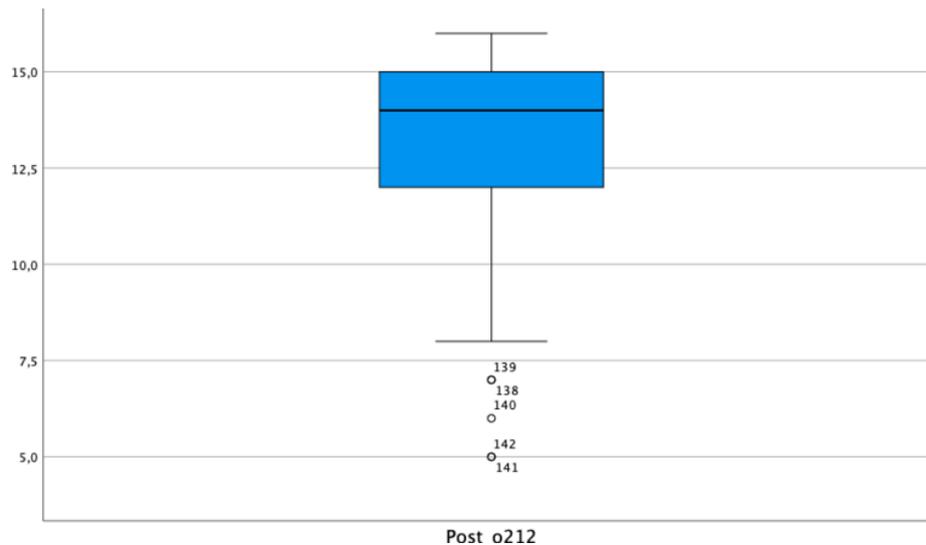


Abbildung 16 Boxplot Ausreißer Posttest

Im Anschluss der Identifizierung der Ausreißer wurden die Residuen auf die Normalverteilung getestet.

Die Residuen waren gemäß dem Shapiro-Wilk-Test beim Posttest nicht normalverteilt ( $p < .001$ ).

Für die einzelnen Gruppen ist ein Shapiro-Wilk-Test ebenfalls signifikant ( $p_{\text{Text}} < .001$  resp.  $p_{\text{Video}} < .001$ ).

Der Verstoß gegen die Normalverteilung kann jedoch als unproblematisch eingestuft werden, da die ANCOVA als robust gegenüber der Verletzung der Normalverteilung angesehen wird (Ito, 1980)

Als Letztes wurde die Gleichheit der Fehlervarianz getestet. Die Voraussetzung der Homogenität der Varianzen war nicht gegeben, sodass der Levene-Test signifikant ist ( $p = .023$ ). Ito (1980) und Huitema (2011) erläutern grundlegend, dass eine ANCOVA robust gegenüber Verletzung der Homogenität der Varianzen ist und dass bei gleichen Gruppengrößen der Effekt ignoriert werden kann. Bei  $n_{\text{Text}} = 65$  und  $n_{\text{Video}} = 77$  ist eine ähnliche Gruppengröße gegeben.

Nach der Prüfung der Voraussetzungen wurde die ANCOVA durchgeführt.

Bei der ANCOVA wurde der Prätest (Vorwissenstest) als Covariate gerechnet, da das Vorwissen als Störvariable angenommen wird.

Abhängige Variable: Post\_o212

Quelle	Typ III Quadrat- summe	df	Mittel der Quadrate	F	Sig.	Partielles Eta-Quadrat
Korrigiertes Modell	81,024 <sup>a</sup>	3	27,008	4,638	,004	,092
Konstanter Term	4547,954	1	4547,954	780,977	<,001	,850
Treatment	26,436	1	26,436	4,540	,035	,032
Prä_all	23,348	1	23,348	4,009	,047	,028
Treatment * Prä_all	4,647	1	4,647	,798	,373	,006
Fehler	803,631	138	5,823			
Gesamt	25065,000	142				
Korrigierte Gesamtvariation	884,655	141				

a. R-Quadrat = ,092 (korrigiertes R-Quadrat = ,072)

Tabelle 3 Tests der Zwischensubjekteffekte

Das Ergebnis zeigt, dass die Covariate (Prä\_all) statistisch signifikant ist und somit einer Auswirkung auf das Ergebnis hat. Nach Bereinigung des Vorwissens unterscheidet sich der Lernzuwachs statistisch signifikant für die verschiedenen Treatments,  $F(1,138) = 4,54$ ,  $p < .001$ , partielles  $\eta^2 = .032$ .

Abhängige Variable: Post\_o212

(I) Treatment	(J) Treatment	Mittelwert- differenz (I- J)	Std.-Fehl- er	Sig. <sup>b</sup>	95% Konfidenzintervall für Differenz <sup>b</sup>	
					Untergrenze	Obergrenze
Text	Video	-1,165 <sup>*</sup>	,409	,005	-1,974	-,357
Video	Text	1,165 <sup>*</sup>	,409	,005	,357	1,974

Basiert auf geschätzten Randmitteln

\*. Die Mittelwertdifferenz ist in Stufe ,05 signifikant.

b. Anpassung für Mehrfachvergleiche: Bonferroni.

Tabelle 4 paarweise Vergleiche

Die Bonferroni-korrigierte Post-hoc-Analyse ergab einen signifikanten Unterschied zwischen den Prüfungsergebnissen der Interventionsgruppen Text und Video ( $p < .005$ , MDiff = -1,66, 95%-CI [-1,97, -.357]) nach Bereinigung des Vorwissens (Covariate).



einerseits durch das Dual-Coding von Paivio (1986) erklären, da durch das Erklärvideo sowohl der visuell-piktorale Kanal als auch der auditiv-verbale Kanal angesprochen werden. Dabei wird ein mentales Modell gebildet. Außerdem ist mit der Cognitive Theory of Multimedia Learning nach Mayer (2005) eine weitere Erklärung in Bezug auf das Ergebnis der Studie möglich. Mit einem Erklärvideo werden, nach Mayer, das sensorische Gedächtnis sowohl auditiv als auch visuell stimuliert, sodass in diesem Fall multisensorisch gelernt wird. Die Informationen aus dem Erklärvideo werden dann im Arbeitsgedächtnis miteinander verglichen und codiert. Anschließend werden die Informationen aus beiden sensorischen Kanälen miteinander verbunden und mit dem Wissen aus dem Langzeitgedächtnis integriert (Mayer, 2005). Das bedeutet, dass die Informationen aus dem Erklärvideo multisensorisch verarbeitet werden und somit einen Vorteil gegenüber rein visuell dargestellten Lerninhalten haben.

Mit diesen Ergebnissen wird die Hypothese **H1** - Lernende, die Lerninformationen lediglich aus Sachtexten mit Bildern beziehen, haben einen geringeren Lernzuwachs als Lernende, die mit einem Erklärvideo Lerninhalte erlernen – verifiziert. Die vorliegenden Resultate veranschaulichen, dass die Lerngruppe, welche mit einer begleitenden bildlichen Darstellung eines Sachtextes instruiert wurde, insgesamt eine geringere Steigerung im Lernerwerb aufweist im Vergleich zur Lerngruppe, die das Erklärvideo als Interventionsmittel erhielt. Dieses Beobachtungsergebnis harmoniert ebenfalls mit den Feststellungen von Höffler und Leutner (2007), welche in ihrer Studie herausfanden, dass bewegte Videopräsentationen unter bestimmten Kontexten eine effektivere Förderung des Lernerfolgs bieten als statische Bildinhalte. Ein weiterer Erklärungsansatz für dieses Phänomen ergibt sich aus den Erkenntnissen von Hartstell und Yuen (2006), die belegen, dass die Integration von Erklärvideos eine positiv wirkende Beeinflussung auf die Fokussierung der Aufmerksamkeit, die Zuschreibung von Bedeutsamkeit sowie die Aktivierung der Lernenden ausübt.

Die Hypothese **H 2** - Lernende, die Lerninformationen lediglich aus Sachtexten mit Bildern beziehen, haben einen höheren Lernzuwachs als Lernende, die mit einem Erklärvideo Lerninhalte erlernen – falsifiziert, da die vorliegenden Resultate aufzeigen, dass die die Interventionsgruppe, der das Erklärvideo zugewiesen wurde, im Durchschnitt eine deutlich höhere Punktzahl erreicht als die Interventionsgruppe, die den Sachtext zusammen mit einer bildlichen Darstellung vorliegend hatte.

Die Ergebnisse dieser Studie bestätigen teilweise, was wir bisher wissen. Zum Beispiel haben Mayer und Chandler (2001) herausgefunden, dass Lernende, die Erklärvideos

sehen, die gut in Abschnitte unterteilt sind, besser lernen als diejenigen, die Videos ohne klare Struktur sehen. Ähnliche Ergebnisse wurden auch in der Untersuchung von Schwan und Riempp (2004) gefunden. Dort wurde festgestellt, dass Studierende, die die Kontrolle über die Geschwindigkeit des Videos hatten, den Inhalt schneller aufnehmen konnten als diejenigen, die diese Kontrolle nicht hatten. In dieser Studie konnten die Lernenden das Video pausieren, wenn sie wollten und das Video war bereits in logische Abschnitte unterteilt, was das Verständnis erleichterte.

Es gibt verschiedene Ideen, warum diese Art der Aufteilung funktioniert. Ein Gedanke, den Spanjers et al. (2012) vertritt, ist, dass Pausen zwischen den Lernabschnitten eine Art Struktur schaffen. Diese Pausen helfen den Lernenden, die Informationen besser zu verarbeiten, weil sie sie klarer sehen können. Ein anderer Gedanke, den Merkt und Schwan (2014) vorbringen, ist, dass Pausen zwischen den Lernabschnitten Zeit für das Gehirn schaffen, um das Gelernte zu verarbeiten. Das verhindert, dass unsere kognitiven Ressourcen zwischen dem, was wir schon wissen, und dem neuen Material hin- und herwechseln, was das Lernen effektiver macht. Dies wurde in der Durchführung dieser Forschungsarbeit beachtet, so dass die Schüler:innen zur jederzeit die Möglichkeit hatten, das Video zu stoppen, damit sollte den Schüler:innen ermöglicht werden, das Wissen, welches audiovisuell über verschiedenen Kanäle aufgenommen wurde zu verarbeiten. Dies klärt noch nicht alle Forschungsfragen dieser Arbeit endgültig. Dennoch kann konstatiert werden, dass die Art und Weise, wie wir Informationen präsentieren, einen großen Einfluss darauf hat, wie gut wir lernen. Deshalb wurde auch darauf geachtet, dass das Erklärvideo keine Perspektivwechsel enthält, die zusätzliche Denkarbeit erfordern würden. Andere Forscher wie Fiorella et al. (2017) vertreten ähnliche Ideen und zeigen, dass Lernende weniger denken müssen, wenn sie aus derselben Perspektive sehen wie der- oder diejenige, der erklärt.

Es gibt unterschiedliche Voraussetzungen, um ein Erklärvideo im Unterricht effektiv einzusetzen. Dabei ist es unter anderem wichtig, dass das Video kurz und prägnant ist. Unter Berücksichtigung dieses Faktors ist das in dieser Studie verwendete Video zu lang. Dies wurde jedoch durch eine logische Vorstrukturierung und die Möglichkeit, das Video nach Belieben zu pausieren, ausgeglichen. Das bedeutet, dass neben der Videolänge auch die Struktur des Videos wichtig ist, damit es für Schülerinnen und Schüler verständlich ist.

Das Video sollte steuerbar sein, sodass die Schülerinnen und Schüler selbst Pausen einlegen können und nicht verstandene Inhalte eigenständig durch Zurückspulen

erlernen können. Somit wäre es mit Hilfe von Erklärvideos möglich, das selbstständige Lernen der Schülerinnen und Schüler zu fördern.

Ein weiterer Faktor ist das gewählte Thema. In dieser Forschungsarbeit wurde das Thema "Zahnräder" explizit gewählt, da durch ihre Drehung die Kraft weitergegeben wird. Dabei ist es beispielsweise wichtig, dass sich bei einem Getriebe die Drehrichtung vom ersten Zahnrad auf das zweite Zahnrad ändert. Mit einem Erklärvideo können die unterschiedlichen Wirkmechanismen von Zahnrädern dargestellt werden, so dass die Schülerinnen und Schüler genau sehen können, wie sich das Zahnrad dreht. Im Vergleich dazu sind dieselben Informationen auf einem Blatt nur durch Pfeile kennzeichnbar. Dies kann bei Schülerinnen und Schülern zu Verständnisschwierigkeiten führen, was sich auf die Lernwirksamkeit auswirkt. Dieser Aspekt ist auch wichtig für das Ergebnis dieser Forschungsarbeit.

Ein weiterer Faktor ist die sprachliche Darstellung in einem Erklärvideo. Einerseits sollte die sprachliche Wiedergabe mit dem gezeigten Videoinhalt übereinstimmen, um die kognitive Belastung nicht zusätzlich zu erhöhen. Andererseits sollte auf das Niveau der Sprache geachtet werden (Anderson et al., 1995). Ähnliches gilt jedoch auch für Sachtexte mit bildlicher Illustration.

Insgesamt bedeutet dies, dass vor dem Einsatz von Erklärvideos einige Faktoren berücksichtigt werden müssen.

## **9.1 Kritische Betrachtung**

Die vorliegende wissenschaftliche Untersuchung erfordert eine sorgfältige kritische Reflexion, da mehrere methodische und kontextuelle Faktoren das Potenzial aufweisen, die Interpretation und die Generalisierbarkeit der Ergebnisse zu beeinflussen. Eine primäre Limitation dieser Studie besteht in der unzureichenden Stichprobengröße ( $n$ ), die die externe Validität der Ergebnisse in Zweifel ziehen kann. Die begrenzte Anzahl von Proband\*innen könnte die Repräsentativität der Befunde für die breitere Population beschränken und die Wahrscheinlichkeit zufälliger Schwankungen erhöhen, wodurch die Übertragbarkeit der Schlussfolgerungen beeinträchtigt wird.

Ein weiterer bedeutsamer kritischer Aspekt betrifft das teilweise unzureichende Cronbachs Alpha, ein Indikator für die interne Konsistenz von Skalen und Messinstrumenten. Die niedrigen Werte dieses Maßes wecken Bedenken hinsichtlich der Zuverlässigkeit und Konsistenz der gemessenen Konstrukte. Diese geringe Konsistenz kann

die Genauigkeit der gesammelten Daten in Frage stellen und Zweifel an der Verlässlichkeit der Ergebnisse aufkommen lassen.

Zusätzlich stellt die COVID-Pandemie einen wichtigen Kontextfaktor dar, der sich auf die Studiendurchführung und -ergebnisse auswirkt. Die außergewöhnlichen Umstände könnten das Lernverhalten, die Teilnahmebereitschaft und die Lernumgebung beeinflusst haben. Diese unvorhersehbaren Veränderungen können die Übertragbarkeit der Ergebnisse auf normale Bedingungen beeinträchtigen und die Interpretation der beobachteten Effekte erschweren.

Eine weitere maßgebliche Limitation ergibt sich aus der eingeschränkten Teilnahmebereitschaft von Schulen aufgrund der Pandemie. Diese Selektion könnte zu einer Verzerrung in der Stichprobe führen und die externe Validität der Ergebnisse gefährden. Da die Studie lediglich an einer Schule durchgeführt werden konnte, ist die Repräsentativität dieser spezifischen Schule für das breitere Bildungssystem fraglich, wodurch die Übertragbarkeit der Ergebnisse auf andere Schulen und Kontexte begrenzt ist.

Die Homogenität der Varianzen stellt eine wichtige Voraussetzung für die Anwendung der Analyse der Kovarianz (ANCOVA) dar. Sie gewährleistet, dass die Varianzen der Residuen in den verschiedenen Gruppen ähnlich sind und somit die Schlussfolgerungen aus der ANCOVA verlässlich sind. Wenn die Homogenitätsannahme verletzt wird, können die Ergebnisse der ANCOVA verzerrt sein. In solchen Fällen kann es jedoch zuweilen unproblematisch sein, die ANCOVA dennoch anzuwenden, wie von Ito (1980) und Huitema (2011) vorschlagen.

Eine Situation, in der die Homogenität der Varianzen nicht gegeben ist, kann auftreten, wenn ein signifikanter Unterschied in den Varianzen zwischen den Gruppen besteht. Dies könnte bedeuten, dass die Homogenitätsannahme verletzt ist und die ANCOVA potenziell fehleranfällig sein könnte. Allerdings argumentiert Ito (1980), dass die ANCOVA robust gegenüber Verletzungen der Homogenitätsannahme ist.

Darüber hinaus stützt Huitema (2011) die Aussage, dass die ANCOVA möglicherweise nicht zwingend von einer perfekten Homogenität der Varianzen abhängig ist. Er argumentiert, dass die ANCOVA aufgrund ihrer Fähigkeit, die Kriteriumsvariable zu kontrollieren, in der Lage sein könnte, gewisse Verletzungen der Homogenitätsannahme zu kompensieren und dennoch zu verlässlichen Ergebnissen zu führen.

Zusammenfassend lässt sich festhalten, dass die Gewährleistung der Homogenität der Varianzen zweifellos ein bedeutender Faktor bei der Anwendung der ANCOVA ist.

Ito (1980) und Huitema (2011) legen trotzdem nahe, dass gewisse Abweichungen von dieser Voraussetzung möglicherweise nicht zwangsläufig zu problematischen Szenarien führen müssen. In Anbetracht dieser kritischen Überlegungen erlangt eine umsichtige Interpretation der Ergebnisse der vorliegenden Studie sowie die angemessene Berücksichtigung der möglichen Implikationen der genannten Beschränkungen eine herausragende Bedeutung.

Abschließend lässt sich aufgrund der diskutierten Aspekte in dieser Studie lediglich eine Tendenz ableiten. Diese Tendenz legt nahe, dass Erklärvideos in Bezug auf spezifische Themen im Vergleich zu Sachtexten mit bildlicher Illustration einen potenziell größeren Lernzuwachs bewirken könnten. Es muss jedoch betont werden, dass weitere umfassende Studien erforderlich sind, um diesen Trend zu bestätigen und ein umfassenderes Verständnis der zugrunde liegenden Treiber und individuellen Unterschiede zu erlangen. In diesem Sinne stellt die vorliegende Arbeit einen Ausgangspunkt für zukünftige Forschungsprojekte dar, die zu einem tieferen Verständnis der Wirksamkeit verschiedener Lehrmaterialien beitragen. Diese Erkenntnisse wiederum können als solide Grundlage für Lehrentscheidungen dienen.

## **10 Fazit**

Zusammenfassend zeigen die Ergebnisse dieser Forschungsarbeit eine Tendenz für eine höhere Lernwirksamkeit von Erklärvideos im Vergleich zu einem Sachtext mit bildlichen Illustrationen. Die multimediale Gestaltung in Form eines Erklärvideos ist tendenziell eine wirksame Chance zur Fachinhaltsvermittlung im Fach Sachunterricht. In einer zunehmend digitalisierten Welt gewinnen Erklärvideos in Schulen immer mehr an Bedeutung. Daher ist es von großer Wichtigkeit, in diesem Bereich Forschung zu betreiben. In dieser Arbeit zeigt sich eine Tendenz, dass Erklärvideos im Fachwissenserwerb gegenüber Sachtexten mit bildlicher Illustration Vorteile bieten. Diese Vorteile wurden unter bestimmten Rahmenbedingungen, wie dem Thema, der Schulform und den Klassenstufen, erarbeitet. Die Vorteile im Fachwissenserwerb durch Erklärvideos werden unter anderem durch das Dual-Coding-Modell von Paivio (1986) und das CTML von Mayer (2005) gestützt, da Erklärvideos einerseits eine duale Kodierung aufweisen und andererseits mehrere Sinneskanäle ansprechen.

In dieser Forschungsarbeit wurde eine quantitative Forschungsmethode angewendet, bei der mithilfe von Fragebögen das Vorwissen der Schülerinnen und Schüler im Pretest sowie das erworbene Wissen im Posttest erfasst wurde. Mit den Ergebnissen aus

dieser quantitativen Studie erfolgt nun die Beantwortung der in der Dissertation aufgestellten Forschungsfragen.

### **I. Inwiefern ist die multimediale Aufbereitung von Lerneinheiten in Form von einem Erklärvideo lernförderlich für den Wissenserwerb der SuS im Sachunterricht?**

Die Anwendung von Erklärvideos zur multimedialen Aufbereitung von Lerneinheiten erweist sich als nachweislich förderlich für den Wissenserwerb der Schülerinnen und Schüler. Die Integration von visuellen und auditiven Elementen in Form von Erklärungen und Darstellungen in den Videos ermöglicht eine tiefgreifende Auseinandersetzung mit den Lehrinhalten. Durch die dynamische Verknüpfung von visuellen und verbalen Informationen werden verschiedene Sinne angesprochen, was die Aufnahme und das Verständnis der Themen optimierten.

### **II. Inwiefern kann der Einsatz von Erklärvideos, schwerzugängliche Themen im Sachunterricht lernförderlicher beeinflussen?**

Insbesondere bei der Behandlung anspruchsvoller und schwer verständlicher Themen, wie im Fall der detaillierten Untersuchung der Zahnräder, haben Erklärvideos eine transformative Wirkung gezeigt. Die Synergie aus sich bewegenden Bildern, visuellen Animationen und klaren, leicht verständlichen Erklärungen erleichtert den Zugang zu anspruchsvollen Inhalten. Dadurch erhalten die Schülerinnen und Schüler die Möglichkeit, abstrakte Konzepte besser zu erfassen und eine anschauliche Vorstellung von den Zusammenhängen zu entwickeln. Bei einer umfassenden Analyse der vorliegenden Daten zeigt sich, dass instruktive Videos als Lernmittel einen deutlich erkennbaren Mehrwert im Bildungsprozess bieten. Jedoch ist zu beachten, dass eine Vielzahl von Faktoren, wie individuelle Lernstile, Vorkenntnisse und kognitive Fähigkeiten, die Effektivität dieser Methode beeinflussen können.

Die vorliegende Studie zeigt eine Tendenz, dass Erklärvideos in Relation zu einem Sachtext mit bildlichen Illustrationen eine höhere Lernwirksamkeit aufzeigen. Die beobachtete Wirksamkeit bleibt unabhängig von Geschlecht oder Alter der Teilnehmenden konstant. Vielmehr deutet sich an, dass Erklärvideos als Lehrmethode einen signifikanten Mehrwert bieten. Diese Erkenntnis hebt die vielfältigen Möglichkeiten der Nutzung von audiovisuellen Darstellungen im Bildungskontext hervor und unterstreicht die Notwendigkeit, in diesem Bereich weitere Maßnahmen zu ergreifen. Allerdings wurde in dieser Studie das nachhaltige Lernen nicht erfasst. Diese Forschungsarbeit

könnte durch eine weitere Testung zu einem späteren Zeitpunkt ergänzt werden, um das nachhaltige Lernen zu untersuchen. Auf diese Weise könnte erforscht werden, ob das Ergebnis zu einem späteren Zeitpunkt ähnlich ist, sodass die Gruppe, die das Erklärvideo verwendet hat, tatsächlich mehr Wissen behalten hat oder ob das Lesen von Text mit bildlicher Illustration einen langanhaltenden Lerneffekt hat.

Diese Arbeit erweitert folglich nicht nur unser Verständnis der komplexen Einflussfaktoren auf den Lernprozess, sondern legt eine Grundlage für weitere Untersuchungen, die die Mechanismen hinter dem beobachteten Nutzen von Erklärvideos tiefgründiger beleuchten können. Die daraus resultierenden Erkenntnisse haben das Potenzial, Bildungsinstitutionen und Pädagogen dabei zu unterstützen, effektive und innovative Lehrmethoden zu entwickeln und umzusetzen. Letztendlich trägt diese Studie zur Verbesserung für die Gestaltung von digitalen Lernumgebungen bei.

## **11 Ausblick**

Die Ergebnisse dieser Forschungsarbeit enthüllen neue Einsichten zur Verwendung von Erklärvideos im Unterricht. Es scheint, dass Erklärvideos eine sinnvolle Alternative zu Sachtexten mit bildlicher Illustration darstellen können, insbesondere bei komplexen Themen, um das Verständnis zu fördern.

Dennoch bleiben trotz dieser Erkenntnisse einige Fragen unbeantwortet, und es bleibt Raum für weitere Untersuchungen, um eine umfassendere Sicht auf die Gründe für diese positive Lernwirkung zu erhalten.

In künftigen Studien wäre es vielversprechend, stärker auf die individuellen Lernstile und Vorkenntnisse der Lernenden einzugehen, um Lehrmaterialien zu entwickeln, die besser auf die einzelnen Bedürfnisse zugeschnitten sind. Ebenso wäre es interessant, die Lerninhalte für Schülerinnen und Schüler mit unterschiedlichen Förderschwerpunkten anzupassen, um das Video noch differenzierter zu gestalten.

Eine weitere Möglichkeit bestünde darin, die Schülerinnen und Schüler selbst Erklärvideos erstellen zu lassen und zu untersuchen, wie sich dies auf die Lernwirksamkeit auswirkt. Die moderne Technologie erlaubt es uns, interaktive Elemente in Erklärvideos einzubauen. Hierbei könnten Quizfragen, Diskussionsmöglichkeiten oder virtuelle Experimente nicht nur das Engagement der Lernenden erhöhen, sondern auch wertvolle Einblicke in ihren Lernfortschritt liefern.

Ein weiterer bedeutender Schritt wäre eine genaue Untersuchung der Auswirkungen von Erklärvideos in verschiedenen Bildungskontexten und Altersgruppen. Auf diese

Weise könnten Empfehlungen für den effektiven Einsatz dieser Methode sowohl in der Grundschule als auch in höheren Bildungsstufen abgeleitet werden.

Zudem könnte es interessant sein, eine ähnliche Studie durchzuführen, in der Erklärvideos mit Podcasts verglichen werden, um festzustellen, ob es Unterschiede in der Wirksamkeit bei verschiedenen Themen gibt.

Zusammenfassend eröffnet diese Arbeit zahlreiche Möglichkeiten für die Weiterentwicklung von digitalen Lehrmaterialien und den Einsatz von Erklärvideos im Bildungsbereich. Durch kontinuierliche Forschung können wir unser Verständnis für adäquate Gestaltungsprinzipien vertiefen und somit zu einer noch effektiveren Wissensvermittlung beitragen. Für kommende Forschungsprojekte wäre es möglich eine zusätzliche Untersuchung mit einer größeren Anzahl an Teilnehmer:innen durchführen. Eine solche Erweiterung könnte wertvolle Einblicke liefern, um ein besseres Verständnis über die Lernförderlichkeit von Erklärvideos im Vergleich zu Sachtexten mit bildlicher Illustration zu erlangen und die Übertragbarkeit der Ergebnisse zu ermöglichen. Darüber hinaus könnten eine größere Anzahl von Schulen oder auch Regionen in die Studie einbezogen werden, umso einen umfassenderen Überblick zu diesem Thema zu erhalten.

Weitern wäre es möglich eine qualitative Studie zu Wirkung von Erklärvideos durchzuführen, um mehr über die Wirkungsmechanismen zu erfahren. Dabei wäre es denkbar gezielt Interviewers mit Schüler:innen zu führen.

Darüber hinaus wäre für weitere Forschungsprojekte möglich, eine qualitative Studie zur Untersuchung der Auswirkungen von Erklärvideos durchzuführen. Eine solche Untersuchung könnte dazu beitragen, ein besseres Verständnis dafür zu entwickeln, wie Erklärvideos auf Schüler:innen wirken.

In Rahmen dieser qualitativen Studie könnten gezielte Interviews mit Schülern und Schülerinnen durchgeführt werden. Diese Interviews könnten Einblicke in die Erfahrungen, Meinungen und individuellen Wahrnehmungen der Lernenden hinsichtlich Erklärvideos bieten. Dabei könnten Fragen untersucht werden, wie zum Beispiel:

- Was finden die Schülerinnen und Schüler am hilfreichsten an Erklärvideos?
- Wie erleben sie den Lernprozess, wenn sie Erklärvideos verwenden?
- Gibt es Unterschiede in der Wahrnehmung von Erklärvideos je nach Alter oder der Schüler:innen?
- Welche Faktoren beeinflussen die Effektivität von Erklärvideos im Lernkontext?

Durch die Analyse qualitativer Daten aus diesen Interviews können wertvolle Erkenntnisse gewonnen werden, die nicht nur ein tieferes Verständnis der Wirksamkeit von Erklärvideos im Bildungsbereich ermöglichen, sondern auch Erkenntnisse darüber liefern können, wie diese Bildungsressource verbessert werden kann. Dies kommt nicht nur Lehrkräften und Lernenden zugute, sondern trägt auch dazu bei, die Gesamtqualität des Online-Lernens zu verbessern.

Eine weitere Forschungsmöglichkeit in der Grundschulbildung könnte verstärkt die Potenziale der selbstständigen Produktion von Erklärvideos in den Fokus nehmen. Dies bietet nicht nur die Möglichkeit, den Schülern ein besseres Verständnis in informellen und non-formalen Bildungsbereichen zu vermitteln, sondern eröffnet auch neue Chancen im formalen Lernen (Schmeinck, 2023, S.228).

## 12 Literaturverzeichnis:

1. Acuña, S.R., García Rodicio, H. & Sánchez, E. Fostering active processing of instructional explanations of learners with high and low prior knowledge. *Eur J Psychol Educ* 26, 435–452 (2011). <https://doi.org/10.1007/s10212-010-0049-y>.
2. Anderson, J. R., Corbett, A. T., Koedinger, K. R., Pelletier, R. (1995). Cognitive Tutors: Lessons learned. *The Journal of the Learning Sciences*, 4, 67–207.
3. Aeppli, J., Gasser, L., Gutzwiller, E., Tettenorn, A. (2016). *Empirisches Wissenschaftliches Arbeiten. Ein Studienbuch für Bildungswissenschaften*, 4. Auflage. Badheilbrunn, Julius Klinkhardt Verlag.
4. Atkinson R.C, Shiffrin R.M. (1968). Human memory: A proposed system and its control mechanisms. In: Spence K.W. (Hrsg) *The psychology of learning and motivation*, Bd 2. Academic Press, New York, S 89–195
5. Baddeley A.D. (2000). The episodic buffer: A new component of working memory? *Trends Cogn Sci* 4. 417-423.
6. Baddeley, A.D. (1986). *Working memory*. Oxford, England: Oxford University Press.
7. Baddeley, A.D. (1999). *Human memory*. Boston: Allyn & Bacon.
8. Ballstaedt, S.-P. (1997). *Wissensvermittlung. Die Gestaltung von Lernmaterial*. Weinheim: Beltz PVU.
9. Bransford, J. (1979). 'Human Cognition: Learning Understanding and Remembering', Belmont, CA: Wadsworth.
10. Bredenkamp, J. (2021). Interferenz im Dorsch Lexikon der Psychologie. <https://dorsch.hogrefe.com/stichwort/interferenz>
11. Brüken, R., Leutner, D. (2001). Aufmerksamkeitsverteilung oder Aufmerksamkeitsfokussierung? Empirische Ergebnisse zu „Split-Attention-Hypothese“ beim Lernen mit Multimedia in *Unterrichtswissenschaften*, 29 (4). S.357-366.
12. Buchner A. (2012). Funktionen und Modelle des Gedächtnisses. In: Karnath, H.-O., Thier, P. (Hg.), *Kognitive Neurowissenschaft*. 3. Aufl. Berlin, Heidelberg: Springer Verlag.
13. Chandler, P., & Sweller, J. (1991). Cognitive load theory and the format of instruction. *Cognition and Instruction* (8), 293–332.
14. Chen, Chih-Ming, und Chung-Hsin Wu (2015). Effects of different video lecture types on sustained attention, emotion, cognitive load, and learning performance. *Computers & Education* (80). S. 108–121. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2014.08.015>.
15. Clark, J., & Paivio, A. (1991). Dual coding theory and education. *Educational Psychology Review*, 3, 149–210.  
Findeisen, S. (2017). *Fachdidaktische Kompetenzen angehender Lehrpersonen*. Wiesbaden: Springer Fachmedien Wiesbaden. <https://doi.org/10.1007/978-3-658-18390-5>.
16. Cronbach, L. J. (1951). Coefficient alpha and the internal structure of tests. *Psychometrika*, 1ft, 297-334.
17. Delen, Erhan, Jeffrey Liew, und Victor Willson (2014). Effects of interactivity and instructional scaffolding on learning: Self-regulation in online videobased environments. *Computers & Education* (78). S. 312–320. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2014.06.018>.
18. Eitel, A. (2016). How repeated studying and testing affects multimedia learning: Evidence for adaptation to task demands. *Learning and Instruction*, 41, 70–84.
19. Findeisen, S., Horn, S. & Seifried, J. (2019). Lernen durch Videos- Empirische Befunde zu Gestaltung von Erklärvideos. *MedienPädagogik*, (10) S. 16-36.
20. Fiorella, Logan, Tamara van Gog, Vincent Hoogerheide, und Richard E. Mayer (2017). It's all a matter of perspective: Viewing firstperson video modeling examples promotes learning of an assembly task. *Journal of Educational Psychology* (109). S. 653–665. <https://doi.org/10.1037/edu0000161>.

21. Friedrich, H. F. (2018). Lernen mit Text. In: Plötzner, P., Leuders, T. Wichert, A. (Hrsg.) Lernchance Computer, Waxmann Verlag, Münster, S. 21-45.
22. Furnham, A. & Gunter, B. (1987). Effects of time of day and medium of presentation on immediate recall of violent and nonviolent news. *Applied Cognitive Psychology* (1), 255 – 262.
23. Girwdz R., Hoyer, C. (2018). Didaktische Aspekte zum Einsatz digitaler Medien. In: Meßinger-Koppelt, J. und Maxton-Küchenmeister J. (Hrsg.). *Naturwissenschaften Digital*. Hamburg. Joachim Herz Stiftung Verlag. S. 6-23.
24. Girwidz, R. (2004). Lerntheoretische Konzepte für Multimediaanwendungen zur Physik. *Physik und Didaktik in Schule und Hochschule* 1/3, S. 9-19.
25. Guo, Philip J., Juho Kim, und Rob Rubin (2014). How video production affects student engagement: An empirical study of MOOC videos. In *Proceedings of the first ACM conference on Learning @ scale conference- L@S '14*, herausgegeben von Mehran Sahami, Armando Fox, Marti A. Hearst, und Michelene T. H. Chi. S. 41–50. New York: ACM Press. <https://doi.org/10.1145/2556325.2566239>.
26. Guthrie, J. (1988). Locating information in documents: Examination of a cognitive model. *Reading Research Quarterly* (23), S. 178– 199.
27. Guthrie, J. T., & Wigfield, A. (2000). Engagement and motivation in reading. In M. L. Kamil, P. B. Mosenthal, P. D. Pearson, & R. Barr (Eds.), *Handbook of reading research*, Vol. 3, pp. 403–422). Lawrence Erlbaum Associates Publishers.
28. Hannus, M., & Hyönä, J. (1999). Utilization of illustrations during learning of science textbook passages among low- and high-ability children. *Contemporary Educational Psychology*, 24, 95–123.
29. Hartsell, Taralynn, und Steve Chi-Yin Yuen (2006). «Video streaming in online learning». *AACE Journal* (14). S. 31–43.
30. Haßler B, Major L, Hennessy S (2015). Tablet use in schools: a critical review of the evidence for learning outcomes. *J Comput Assist Lear* 32(2).139–156.
31. Hasebrook, J. P. (1995). *Multimedia-Psychologie: Eine neue Perspektive menschlicher Kommunikation*. Heidelberg: Spektrum Akademischer Verlag.
32. Hasler, Béatrice Susanne, Bernd Kersten, und John Sweller (2007). Learner control, cognitive load and instructional animation. *Applied Cognitive Psychology* (21). S. 713–729. <https://doi.org/10.1002/acp.1345>.
33. Hegarty, M. & Just, M. A. (1993). Constructing mental models of machines from text and diagrams. *Journal of memory and language*, 32, 717-742.
34. Heidig, Steffi, Julia Müller, und Maria Reichelt (2015). Emotional design in multimedia learning: Differentiation on relevant design features and their effects on emotions and learning. *Computers in Human Behavior* (44). S. 81–95. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2014.11.009>.
35. Herzig, B. (2014). *Wie wirksam sind digitale Medien im Unterricht?*. Bertelsmann Stiftung, Gütersloh. Zu finden auf: [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)
36. Höffler, T. N. & Leutner, D. (2007). Instructional animation versus static pictures: A meta-analysis. *Learning and instruction*, 17, 722 – 738.
37. Höffler, T. N. & Schwartz, R. N. (2011). Effects of pacing and cognitive style across dynamic and non-dynamic representations. *Computers & Education* (57), S. 1716–1726. Doi:10.1016/j.compedu.2011.03.012.
38. Hoogerheide, Vincent, Lian Deijkers, Sofie M. M. Loyens, Anita Heijltjes, und Tamara van Gog (2016). Gaining from explaining: Learning improves from explaining to fictitious others on video, not from writing to them. *Contemporary Educational Psychology* (44–45). S. 95–106. <https://doi.org/10.1016/j.cedpsych.2016.02.005>.
39. Hoogerheide, Vincent, Sofie M. M. Loyens, und Tamara van Gog. (2014). Comparing the effects of worked examples and modeling examples on learning». *Computers in Human Behavior* (41). S. 80–91. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2014.09.013>.

40. Hornung, C. (1994). PC-basierte Multimedia-Systeme. In U. Glowalla, E. Engelmann & G. Rossbach (Hrsg.), *Multimedia '94. Grundlagen und Praxis* (S. 2-8). Berlin: Springer.
41. Huitema, B. E. (2011). *The Analysis of Covariance and Alternatives*. Hoboken, NJ, USA: John Wiley & Sons, Inc. doi:10.1002/9781118067475
42. Irion, T., Scheiter K. (2018). Didaktische Potenziale digitaler Medien. Der Einsatz digitaler Technologien aus grundschul- und mediendidaktischer Sicht. In *Grundschule aktuell* (142), S. 8-11.
43. Ito, P. K (1980). Robustness of ANOVA and MANOVA test procedures. In *Analysis of Variance* (Vol. 1, pp. 199–236). doi:10.1016/S0169-7161(80)01009-7.
44. Jaeger, A. J., & Wiley, J. (2014). Do illustrations help or harm metacomprehension accuracy? *Learning & Instruction*, 34, 58–73.
45. Kalyuga, S. (2007). Expertise reversal effect and its implications for learner-tailored instruction. In: *Educational Psychology Review*, 19, S. 509–539.
46. Kintsch, W. (1988). The role of knowledge in discourse comprehension: A construction-integration model. *Psychological review*, 95(2), 163-182.
47. Kintsch, W. (1994). Text comprehension, memory, and learning. *American Psychologist*, 49(4), 294–303
48. Kintsch, W. (1998). *Comprehension: A paradigm for cognition*. New York: Cambridge University Press.
49. Klute, W. (2006). *Sachtexte erschließen: Grundlagen, Texte und Arbeitshilfen für den Deutsch-Unterricht der Sekundarstufe I*. Berlin.
50. Krämer, Andreas, und Sandra Böhrs (2017). How do consumers evaluate explainer videos? An empirical study on the effectiveness and efficiency of different explainer video formats. *Journal of Education and Learning* (6). S. 254–266. <https://doi.org/10.5539/jel.v6n1p254>.
51. Krüger, M., Steffen, R., Vohle, F. (2012). Videos in der Lehre durch Annotation reflektiert. In: Csanyi, G., Reichl, F., Steiner, A.: *Digitale Medien- Werkzeuge für exzellente Forschung und Lehre*. Münster. Waxmann. S. 198-210.
52. Kulgemeyer, C. (2018). A Framework of Effective Science Explanation Videos Informed by Criteria for Instructional Explanations. *Research in Science Education*, 1-22. <https://doi.org/10.1007/s11165-018-9787-7>.
53. Kulgemeyer, C. (2018b). A Framework of Effective Science Explanation Videos Informed by Criteria for Instructional Explanations. *Research in Science Education*. Springer. <https://doi.org/10.1007/s11165-018-9787-7>.
54. Kulgemeyer, C. (2020a). Was sind Kriterien für gute Erklärvideos? In Dorgerloh, S. & Wolf, C. (Hrsg.). *Didaktische Kriterien für gute Erklärvideos*. Weinheim. Beltz Verlag.
55. Kulgemeyer, C., Schecker, H. (2009). Kommunikationskompetenz in der Physik: Zur Entwicklung eines domänenspezifischen Kompetenzbegriffs. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 15, 131–153.
56. Landis, J. R. & Koch, G. G. (1977). The measurement of observer agreement for categorical data. *Biometrics*, 33(1), 159. <https://doi.org/10.2307/2529310>
57. Levin, J., Anglin, G. & Carney, R. (1987). On empirically validating functions of pictures in prose. In M. Willow & H. Houghton (Hrsg.), *The psychology of illustration* (S. 51-85).
58. Lewalter, D. (2003). Cognitive strategies for learning from static and dynamic visuals. *Learning & Instruction*, 13, 177–189.
59. Lienert, G. A. & Raatz, U. (1994). *Testaufbau und Testanalyse*.
60. Lowe, R. & Boucheix, J. (2011). Cueing complex animations: Does direction of attention foster learning processes? *Learning and Instruction* (21), S. 650 – 663.
61. Lowe, R. K. (2004). Interrogation of a dynamic visualization during learning. *Learning and Instruction*, 14, 257-274.
62. Maresch, G. (2006). Die Cognitive Load Theory - Kriterien für multimediale Lernmaterialien. in *eLearning-Didaktik an Österreichs Schulen* (S. 78-85). Eigenverlag bm:bwk.

63. Markowitsch, H.j. (2012). Neuroanatomie und Strörungen des Gedächtnisses. In: Karnath, H.-O., Thier, P. (Hg.), Kognitive Neurowissenschaft. 3. Aufl. Berlin, Heidelberg: Springer Verlag.
64. Mayer R. E. (2005). The Cambridge Handbook of Multimedia Learning. Cambridge University Press, New York.
65. Mayer, R. E. (2009). Multimedia Learning. Cambridge University Press, New York.
66. Mayer, R.E. (2001). Multimedia Learning. Cambridge University Press, New York.
67. Mayer, Richard E., und Paul Chandler (2001). When learning is just a click away: Does simple user interaction foster deeper understanding of multimedia messages?» Journal of Educational Psychology (93). S. 390–397. <https://doi.org/10.1037//0022-0663.93.2.390>.
68. McKeown, M. G., and I. L. Beck. "Direct and Rich Vocabulary Instruction." In *Vocabulary Instruction*, edited by J. F. Baumann and E. J. Kame'enui, 13-27. New York: Guilford Press, 2004.
69. McNamara, D. S. & Magliano, J. (2009). Toward a comprehensive model of comprehension. *Psychology of learning and motivation* (51), S. 297 – 384.
70. McNamara, D. S., Kintsch, E., Songer, N. B. & Kintsch, W. (1996). Are good texts always better? Interactions of text coherence, background knowledge, and levels of understanding in learning from text. *Cognition and Instruction*, 14, 1 – 43.
71. Medienberatung NRW (2017). Medienkompetenzrahmen NRW. Verfügbar unter: [https://www.medienpass.nrw.de/sites/default/files/media/LVR\\_ZMB\\_MKR\\_Rahmen\\_A4\\_v01.pdf](https://www.medienpass.nrw.de/sites/default/files/media/LVR_ZMB_MKR_Rahmen_A4_v01.pdf).
72. Meij, Hans van der, und Jan van der Meij: (2014). A comparison of paperbased and video tutorials for software learning. *Computers & Education* (78). S. 150–159. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2014.06.003>.
73. Merkt, M. & Schwan, S (2016). Lernen mit digitalen Videos. Der Einfluss einfacher interaktiver Kontrollmöglichkeiten. In: *Psychologischer Rundschau*, 67 (2). S.94-10. Göttingen: Horgefe Verlag. DOI: 10.1026/0033-3042/a000301
74. Merkt, M. & Schwan, S. (2014). Training the use of interactive videos: effects on mastering different tasks. *Instructional Science* (42), S. 421 – 441. DOI:10.1007/s11251-013-9287-0.
75. Merkt, Martin, und Stephan Schwan (2014). How does interactivity in videos affect task performance? *Computers in Human Behavior* (31). S.172–181. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2013.10.018>.
76. Moosbrugger, H., & Kelava, A. (2012). Testtheorie und Fragebogenkonstruktion.
77. Moreno, R. & Mayer, R. (2007). Interactive multimodal learning environments: Special issue on interactive learning environments: Contemporary issues and trends. *Educational Psychology Review* (19), S. 309 – 326.
78. MPFS (2018). KIM-Studie.
79. Nation, I. S. (2001). Learning vocabulary in another language. Cambridge University Press.
80. Nerdel, C. (2017). Grundlagen der Naturwissenschaftsdidaktik. Berlin. Springer.
81. Niegemann, M. H., Domagk, S., Hessel, S., Hein, A., Hupfer, M., Zobel, A. (2008). Kompendium multimediales Lernen. Berlin, Heidelberg. Springer Verlag.
82. Ouwehand, Kim, Tamara van Gog, und Fred Paas (2015). Designing effective videobased modeling examples using gaze and gesture cues. *Educational Technology & Society* (18). S. 78–88.
83. Paivio, A. (1986). Mental representation: a dual-coding approach. New York, Oxford: Oxford University Press.
84. Plass, Jan L., Steffi Heidig, Elizabeth O. Hayward, Bruce D. Homer, und Enjoon Um (2014). Emotional design in multimedia learning: Effects of shape and color on affect and learning. *Learning and Instruction* (29). S. 128–140. <https://doi.org/10.1016/j.learninstruc.2013.02.006>.
85. Pressley, M., & Afflerbach, P. (1995). Verbal protocols of reading: The nature of constructively responsive reading. Lawrence Erlbaum Associates.
86. Rat für Kulturelle Bildung (2019). Jugend/Youtube/Kulturelle Bildung.

87. Rouet, J. F. (2006). The skills of document use: From text-comprehension to web-based learning. Mahwah, NJ: Erlbaum.
88. Rouet, J. F. & Coutelet, B. (2008). The acquisition of document search strategies in grade school students. *Applied Cognitive Psychology* (22), S. 389 – 406.
89. Rumelhart, D. E. (1980). Schemata: The building blocks of cognition. *Cognitive Science*, 4(3), 14
90. Salomon, G. (1984). Television is “easy” and print is “tough”: The differential investment of mental effort in learning as a function of perceptions and attribution. *Journal of Educational Psychology* (76), S. 647 – 658.
91. Sargent, J. Q., Zacks, J. M., Hambrick, D. Z., Zacks, R. T., Kurby, C. A., Bailey et al. (2013). Event segmentation ability uniquely predicts event memory. *Cognition*, 129, 241 – 255.
92. Schaarschmidt, N., Albrecht, C., Börner, C.: Videoeinsatz in der Lehre. Nutzung und Verbreitung in der Hochschule. In: Pfau, W., Baetge, C., Bedenlier, S. M., Kramer, C., Stöter, J. (Hrsg.). *Teaching Trends 2016. Digitalisierung in der Hochschule: Mehr Vielfalt in der Lehre*. Münster; New York: Waxmann 2016, 39-48.
93. Schaarschmidt, Nadine; Albrecht, Claudia; Börner, Claudia: Videoeinsatz in der Lehre. Nutzung und Verbreitung in der Hochschule - In: Pfau, Wolfgang [Hrsg.]; Baetge, Caroline [Hrsg.]; Bedenlier, Svenja Mareike [Hrsg.]; Kramer, Carina [Hrsg.]; Stöter, Joachim [Hrsg.]: *Teaching Trends 2016. Digitalisierung in der Hochschule: Mehr Vielfalt in der Lehre*. Münster ; New York : Waxmann 2016, S. 39-48
94. Schaarschmidt, Nadine; Albrecht, Claudia; Börner, Claudia: Videoeinsatz in der Lehre. Nutzung und Verbreitung in der Hochschule - In: Pfau, Wolfgang [Hrsg.]; Baetge, Caroline [Hrsg.]; Bedenlier, Svenja Mareike [Hrsg.]; Kramer, Carina [Hrsg.]; Stöter, Joachim [Hrsg.]: *Teaching Trends 2016. Digitalisierung in der Hochschule: Mehr Vielfalt in der Lehre*. Münster ; New York : Waxmann 2016, S. 39-48 - URN: urn:nbn:de:0111-pedocs-188846 - <http://nbn-resolving.org/urn:nbn:de:0111-pedocs-188846>.
95. Schanze, S. Girwidz, R. (2018). Lernen mit digitalen Medien. In: Krüger, D. Parchmann, I. und Schecker, H. (Hrsg.). *Theorien in der naturwissenschaftsdidaktischen Forschung*. Berlin. Springer. S. 177- 192.
96. Scheiter K (2015). Besser lernen mit dem Tablet? Praktische und didaktische Potenziale sowie Anwendungsbedingungen von Tablets im Unterricht. In: Buchen H, Horster L, Rolff H-G (Hrsg.). *Schulleitung und Schulentwicklung*, 3. Aufl. Stuttgart, Raabe-Verlag, Stuttgart, S 1–14.
97. Scheiter K., Richter J., Renkl A. (2018). *Multimediales Lernen: Lehren und Lernen mit Texten und Bildern*. In: Niegemann H., Weinberger A. (eds) *Lernen mit Bildungstechnologien*. Springer Reference Psychologie. Springer, Berlin, Heidelberg
98. Schmeinck, D. (2023). Erklärvideos für den Unterricht selbst produzieren. In Irion, T., Peschel, M. & Schmeinck, D. (2023). *Grundschule und Digitalität: Grundlagen, Herausforderungen, Praxisbeispiele*.
99. Schmidt-Weigand, F., & Scheiter, K. (2011). The role of spatial descriptions in learning from multimedia. *Computers in Human Behavior*, 27, 22–28.
100. Schmitt, N. (1996). Uses and abuses of coefficient alpha. *Psychological Assessment*, 8(4), 350–353.
101. Schnotz, W. (2002). Multicodierung und Multimodalität im Lernprozess. In Issing L. J. und Klimsa P. (Hrsg.). *Information und Lernen mit Multimedia und Internet*. Weinheim. Beltz, S.65-82.
102. Schnotz, W. (2019). *Pädagogische Psychologie. Workbook*. 3. Auflage. Weinheim. Beltz. S.177- 276.
103. Schnotz, W., Bannert, M. (1999). Einflüsse der Visualisierungsform auf die Konstruktion mentaler Modelle beim Text- und Bildverstehen. *Zeitschrift für Experimentelle Psychologie*, 46(3), S. 217-236.
104. Schunk, Dale H. (1987). Peer models and children's behavioral change». *Review of Educational Research* 57 (2). 149–174. <https://doi.org/10.3102/00346543057002149>.

105. Schwan, S. & Garsoffky, B. (2003). The cognitive representation of filmic event summaries. *Applied Cognitive Psychology* (18), S.37–55. <https://doi.org/10.1002/acp.940>.
106. Schwan, S. & Riempp, R. (2004). The cognitive benefits of interactive videos: Learning to tie nautical knots. *Learning and Instruction* (14), S. 293 – 305. <https://doi.org/10.1016/j.learninstruc.2004.06.005>.
107. Schwan, Stephan, und Roland Riempp. (2004). The cognitive benefits of interactive videos: Learning to tie nautical knots. *Learning and Instruction* (14). S. 293–305. <https://doi.org/10.1016/j.learninstruc.2004.06.005>.
108. Seidel, T., Blomberg, G. & Renkl, A. (2013). Instructional Strategies for using video in Teacher Education. *Teaching and Teacher Education*, 34, 56–65. <https://doi.org/10.1016/j.tate.2013.03.004>
109. Serra, M. J., & Dunlosky, J. (2010). Metacomprehension judgements reflect the belief that diagrams improve learning from text. *Memory*, 18, 698–711.
110. Singer, M., Harkness, D. & Stewart, S. T. (1997). Constructing inferences in expository text comprehension. *Discourse Processes*, (24), S. 199 – 228.
111. Spanjers, Ingrid A. E., Tamara van Gog, Pieter Wouters, und Jeroen J. G. van Merriënboer. (2012). Explaining the segmentation effect in learning from animations: The role of pausing and temporal cueing. *Computers & Education* (59). S. 274–280. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2011.12.024>.
112. Streiner, D. L. (2003). Starting at the Beginning: An Introduction to Coefficient Alpha and Internal Consistency, *Journal of Personality Assessment*, 80:1, S. 99-103
113. Sturm, H. (1984). Wahrnehmung und Fernsehen: die fehlende Halbsekunde. *Media Perspektiven*, 1, 58 – 65.
114. Sumfleth, E., Hüllen, R., Telegenbüscher, L. (2002). Optimierung von Bildern im Chemieunterricht. *Chemkon*, 9 (3), 122-129.
115. Sweller, J. (1994). Cognitive load theory. Learning difficulty, and instructional design. *Learning and Instruction*, (4) S. 295-312.
116. Tulodziecki, Gerhard & Herzig, Bardo (2004). Mediendidaktik – Medien in Lehr- und Lernprozessen. *Handbuch Medienpädagogik*. Band 2., Stuttgart, Klett-Cotta.
117. van der Molen, J. H. & Klijn, M. E. (2004). Recall of television versus print news: Retesting the semantic overlap hypothesis. *Journal of Broadcasting & Electronic Media* (48), S.89 – 107.
118. van Dijk, T. A., & Kintsch, W. (1983). *Strategies of discourse comprehension*. Academic Press.
119. Weidemann, B. (2002). Abbilder in Multimediaanwendungen. In: Issing L. J. und Klimsa P. (Hrsg). *Information und Lernen mit Multimedia und Internet*. Weinheim. Beltz, S.83-98.
120. Weidemann, B. (2002). Multicodierung und Multimodalität im Lernprozess. In: Issing L. J. und Klimsa P. (Hrsg.). *Information und Lernen mit Multimedia und Internet*. 3. Aufl. Weinheim. Beltz, S.45-64.
121. Weidenmann, B. (1994). Informierende Bilder; In *Wissenserwerb mit Bildern*, Bern: Hans Huber
122. Wermeskerken, Margot van, und Tamara van Gog. (2017). Seeing the instructor's face and gaze in demonstration video examples affects attention allocation but not learning». *Computers & Education* (113). S. 98–107. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2017.05.013>.
123. Wetzell, C. Douglas, Radtke, Paul H., Stern, Hervey W. (1994). *Instructional effectiveness of video media*. Hillsdale, N.J.: Lawrence Erlbaum Associates.
124. Wittrock, M. C. (1974). Learning as a generative process. *Educational Psychologist*, 11(71), S. 87–95.
125. Wittrock, M.C. (1989). Generative processes of comprehension. *Educational Psychologist*, 24, S. 345–376.
126. Wittwer, J., Renkl, A. (2008). Why instructional explanations often do not work: A framework for understanding the effectiveness of instructional explanations. In: *Educational Psychologist*, 43, 49–64.

127. Wolf, Karsten D. (2015a). Bildungspotenziale von Erklärvideos und Tutorials auf YouTube: Audio-Visuelle Enzyklopädie, adressatengerechtes Bildungfernsehen, Lehr-Lern-Strategie oder partizipative Peer Education? Kurzfassung der Publikation S. 1-8. Gesamte Publikation in Merz 1 (59), S. 30–36.
128. Wolf, Karsten D. (2015b). Video-Tutorials und Erklärvideos als Gegenstand, Methode und Ziel der Medien- und Filmbildung. In *Filmbildung im Wandel*, herausgegeben von Anja Hartung-Griemberg, Thomas Ballhausen, Christine Trültzsch-Wijnen, Alessandro Barberi, und Katharina Kaiser-Müller, S. 121–131.
129. Zacks, J. M., Speer, N. K., Swallow, K. M. & Maley, C. J. (2010). The brain's cuttingroom floor: Segmentation of narrative cinema. *Frontiers in human neuroscience*, (4), Artikel 168. <https://doi.org/10.3389/fnhum.2010.00168>.
130. Zahn, C., Barquero, B. & Schwan, S. (2004). Learning with hyperlinked videos—design criteria and efficient strategies for using audiovisual hypermedia. *Learning and Instruction*, 14, 275–291.
131. Zahn, Carmen, Karsten Krauskopf, Friedrich W. Hesse, und Roy Pea. (2010). Digital video tools in the classroom: Empirical studies on constructivist learning with audio-visual media in the domain of history. In *Learning in the disciplines*, herausgegeben von Kimberley Gomez, Leilah Lyons, und Joshua Radinsky S.620–627. Chicago: IL: Society of the Learning Sciences.
132. Zhang, Dongsong, Lina Zhou, Robert O. Briggs, und Jay F. Nunamaker (2006). Instructional video in e-learning: Assessing the impact of interactive video on learning effectiveness». *Information & Management* (43). S.15–27. <https://doi.org/10.1016/j.im.2005.01.004>.

### 13 Abbildungsverzeichnis:

Abbildung 1 Schematische Darstellung Verarbeitungskapazität (Ucarat in Anlehnung an Maresch (2006) _____	16
Abbildung 2 Multimediales Lernen. (Mayer, 2009. nach Schanze, Girwitz, 2018, S. 179) _____	16
Abbildung 3 Modell des multimedialen Wissenserwerbs (Schnotz, 2014, S.79). _____	18
Abbildung 4 Wirkungen digitaler Medien im Unterricht: Einflussfaktoren (Herzig, 2014, S. 10). _____	21
Abbildung 5 Realistische Bilder mit unterschiedlichen Realitätsgrad (Bilder gemacht vom Autor) _____	32
Abbildung 6 Vereinfachte Darstellung „tetrahedral model“ (Ucarat in Anlehnung an Bransford (1979)) _____	36
Abbildung 7 No Durian upload von j4p4n auf openclipart.org (CCL) _____	39
Abbildung 8 1. Pilotierung (selbsterstelltes Bild) _____	56
Abbildung 9 2. Pilotierung (selbsterstelltes Bild) _____	57
Abbildung 10 Gesamtübersicht Studienverlauf (selbsterstelltes Bild) _____	58
Abbildung 11- Frage 1 Pretest _____	62
Abbildung 12 - Frage 2 Pretest _____	63
Abbildung 13 Fragestellung vor der Anpassung _____	64
Abbildung 14 Fragestellung nach der Anpassung _____	64
Abbildung 15 Boxplot Ausreißer Prätest _____	68
Abbildung 16 Boxplot Ausreißer Posttest _____	69

### 14 Tabellenverzeichnis:

Tabelle 1 - Übersicht zu den Begriffen: Codierung, Sinnesmodalität und Medium (Weidemann, 2002a, S. 47 A) _____	10
Tabelle 2 Aufteilung der Items und der berechneten Punktzahl _____	66
Tabelle 3 Tests der Zwischensubjekteffekte _____	70
Tabelle 4 Paarweise Vergleiche _____	70
Tabelle 5 Test bei unabhängigen Stichproben _____	71

## 15 Anhang

### A - Intervention – Sachtext mit bildlicher Illustration

#### Zahnräder/ Zahnstange / Schnecke:



Pascal und Tina fahren heute ins Museum, um etwas über Zahnräder zu lernen.

Das erste Zahnrad sehen die beiden draußen an einer großen Maschine.

*Tina: Sieh mal da Pascal, da sind Zahnräder in verschiedenen Größen.*

*Pascal: Ja, komm lass uns ins Museum gehen, mal sehen was wir da über Zahnräder lernen können.*



*Bild 17 Zahnräder Industriemaschine*

Im Museum sind weitere Arten von Zahnrädern.

Die Museumsmitarbeiterin Frau Deniz steht an der Tür und gibt den beiden ein kleines Heftchen mit Informationen über Zahnräder.

*Pascal liest vor:*

Zahnräder werden von Menschen schon seit langem genutzt. Wann genau das erste Zahnrad erfunden wurde, ist nicht bekannt. Die Archäologen gehen davon aus, dass die ersten Zahnräder vor ungefähr 2300 Jahren genutzt wurden.

Die Menschen nutzen Zahnräder schon sehr lang und aus verschiedenen Gründen.



*Bild 18 Fahrrad*

Heutzutage sind Zahnräder gar nicht mehr wegzudenken. Unsere Fahrräder, Motorräder Uhren und einige Maschinen funktionieren mit Zahnrädern.

Doch was ist ein **Zahnrad**, eine **Zahnstange** und eine **Schnecke**?

Genau diese Fragen wollen wir heute gemeinsam beantworten.

Ein **Zahnrad** ist ein Rad, welches in gleicher Anzahl **Zacken** und **Lücken** hat. Eine Zacke wird auch Zahn genannt, daher auch der Name Zahnrad. Zahnräder gibt es in verschiedenen Materialien und Größen. Heutzutage besteht ein Zahnrad aus Metall oder Plastik, in einer alten Mühle findet man sogar noch welche aus Holz.

Wir schauen uns heute **das Stirnrad**, **die Zahnstange** und **die Schnecke** an.

### Das Stirnrad

Wenn die Zähne außen am Rad aufgebaut sind, dann nennt man es **Stirnrad**. Dies siehst du in Bild 3.

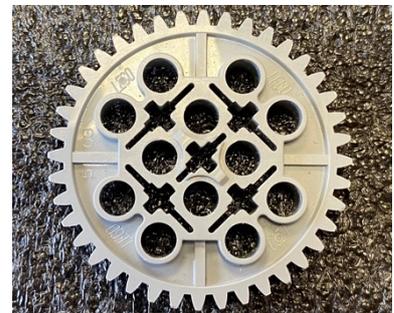


Bild 19 Stirnrad

Das **Stirnrad** wird auch in Verbindung mit anderen Zahnradformen als Getriebe genutzt. **Stirnräder** findet man überall, wie in analogen Uhren, am Fahrrad oder einer Münzpresse. Wenn zwei oder mehr **Stirnräder** miteinander verbunden sind, dann nennt man das **Stirnradgetriebe**.

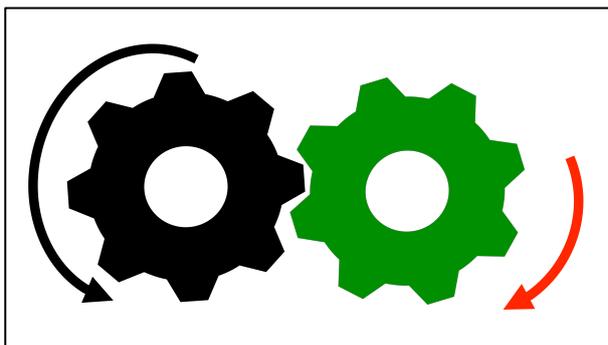


Bild 4 Stirnradgetriebe

Ein Zahnrad gibt Kraft weiter auf ein anderes Zahnrad, so dass eine Maschine angetrieben werden kann. Dies funktioniert so: Die Zähne eines Zahnrades greifen in die Lücken des anderen Zahnrades (siehe Bild 4) und drehen somit das zweite Zahnrad.

Wenn das erste Zahnrad nach links dreht, dann dreht sich das zweite Zahnrad nach rechts. Auf dem Bild siehst du ein **Stirnradgetriebe**.

**Tipp: Schau dir in Bild 4 die Pfeile an. In welche Richtung drehen sich die Zahnräder?**

## Zahnradgetriebe mit drei Zahnrädern

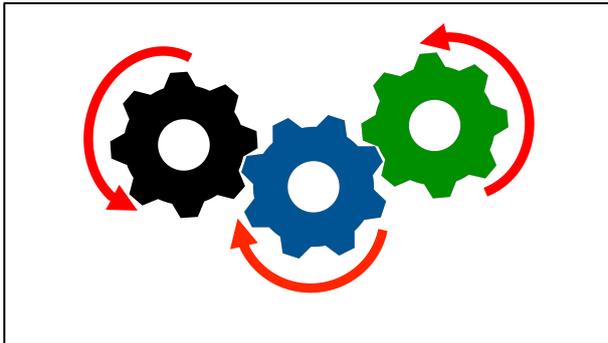


Bild 5 Stirnradgetriebe mit drei Zahnrädern

Wenn das schwarze Zahnrad nach links dreht, dann dreht sich das blaue Zahnrad nach rechts. Wenn man drei Zahnräder hat, dreht sich der erste und das dritte Zahnrad in die gleiche Richtung und das zweite Zahnrad dreht sich in die andere Richtung. Schau dir das Bild 5 an. Da drehen sich das schwarze und das grüne Zahnrad in die

gleiche Richtung und das blaue Zahnrad nicht.

**Tipp: Schau dir in Bild 5 die Pfeile an. In welche Richtung drehen sich die Zahnräder?**

## Größe und Schnelligkeit

Wichtig ist, dass ein **kleines Zahnrad** sich **schneller** dreht als ein **großes Zahnrad**. Ein **großes Zahnrad** hat nämlich **mehr Zähne** und braucht deswegen **mehr Zeit**, um sich zu drehen.

## Das Kettenradgetriebe

Zahnräder kennst du beispielsweise von eurem Fahrrad. Da funktionieren die Zahnräder mit Hilfe einer **Kette**. Dabei drehen sich beide Zahnräder in dieselbe Richtung. Das heißt, wenn das eine Zahnrad sich dreht, dann gibt die Kette die Kraft weiter auf das zweite Zahnrad, so dass sich beide Zahnräder in dieselbe Richtung drehen. Dies nennt man dann **Kettenradgetriebe**.

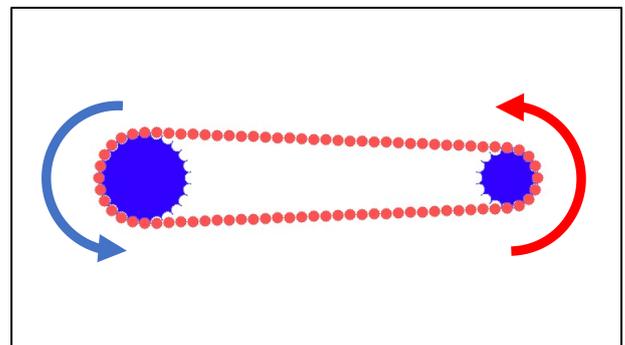


Bild 6 Kettenradgetriebe

**Tipp: Schau dir in Bild 6 die Pfeile an. In welche Richtung drehen sich die Zahnräder?**

## Die Zahnstange

Als Nächstes wird kurz erklärt, was eine **Zahnstange** (Bild 7) ist und wie diese funktioniert.

Eine **Zahnstange** ist eine gerade Stange mit vielen Zähnen und Lücken. Eine **Zahnstange** wird zum Beispiel mit einem **Stirnrad** verbunden. Wenn ein **Stirnrad** und eine **Zahnstange** miteinander verbunden sind, dann nennt man das **Zahnstangengetriebe**. Dabei greifen die Zähne vom Zahnrad in die Lücken der Zahnstange, so dass beide sich bewegen können.

Die **Zahnstange** findet man vor allem in der Lenkung von Autos.

In der Abbildung könnt ihr sehen, dass sich das **Zahnrad** nach **rechts** dreht, dadurch bewegt sich die **Zahnstange** nach **links**. Wenn sich das Zahnrad nach links dreht, dann bewegt sich die Zahnstange nach **rechts**, also immer in die andere Richtung.

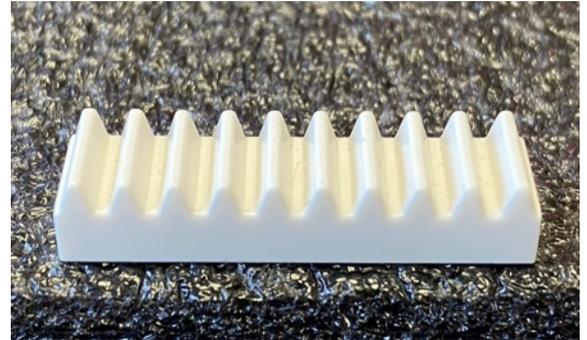
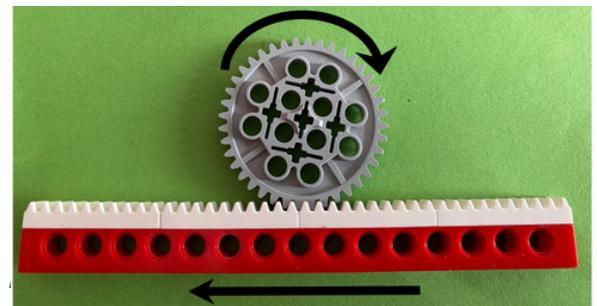


Bild 7 Zahnstange



**Tipp: Schau dir in Bild 8 die Pfeile an. In welche Richtung drehen sich das Zahnrad und in welche Richtung bewegt sich die Zahnstange?**

## Die Schnecke

Eine **Schnecke** (Bild 9) dient vor allem zum Antreiben von Zahnradern. Die Wellen der **Schnecke** greifen dabei in die Lücken des Zahnrades. Dadurch dreht sich das Zahnrad.

Wenn sich also die **Schnecke** dreht, dann dreht sich auch das Zahnrad. So können **Zahnradgetriebe** mit mehreren Zahnradern mit Hilfe von einer **Schnecke** angetrieben werden. Wenn eine **Schnecke** und ein **Zahnrad** miteinander verbunden sind, nennt man das **Schneckengetriebe**.



Bild 9 Schnecke

Die Schnecke treibt das Zahnrad an. Das Zahnrad kann aber nicht die **Schnecke** antreiben, da hierbei das **Getriebe** blockiert.

Auf dem Bild siehst du ein **Schneckengetriebe**. Die **Schnecke** dreht sich rechtsherum und treibt das **Stirnrad** an. Das Stirnrad dreht sich dann nach links. Das bedeutet, wenn die Schnecke sich rechtsherum dreht, dann dreht sich das Zahnrad nach links und wenn sich die Schnecke linksherum dreht, dann dreht sich das Zahnrad nach rechts. Also immer in die andere Richtung.

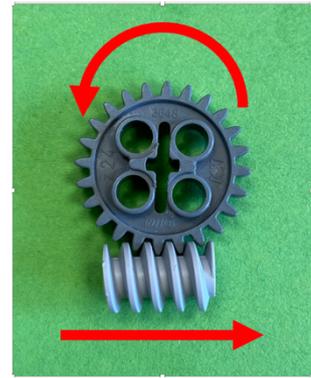


Bild 10 Schneckengetriebe

**Tipp: Schau dir in Bild 10 die Pfeile an. In welche Richtung drehen sich die Zahnräder.**

*Wow, das ist ja echt interessant! Zahnräder sind sehr alt und trotzdem nutzen wir die Zahnräder noch. Sagt Tina.*

*Ja, komm wir gehen zu meinem Vater in die Werkstatt. Ich glaube er hat da Zahnräder, mit denen wir selbst ein Zahnradgetriebe bauen können. Sagt Pascal.*

*Dann schnell in die Werkstatt. Sagt Tina!*

### **Aufgabe:**

1.) Lies dir den Text noch einmal durch, hast du alles Verstanden?

## A- Pretest

Ich bin \_\_\_\_\_ Jahre alt.

Ich bin ein \_\_\_\_\_. (ein Mädchen / ein Junge)

Ich bin in der \_\_\_\_\_ Klasse (3 / 4)

Ich habe eine \_\_\_\_\_ im Sachunterricht (Note 1/2/3/4/5/6)

Wie oft hast du für Schulaufgabe Videos zu Hause angeguckt? \_\_\_\_\_  
(0/1/2/3/4/5/6/7/8/9/10 oder mehr als 10 mal)

Sachunterricht:

Was denkst du über Sachunterricht?

	Stimmt gar nicht	Stimmt ein wenig	Stimmt fast	Stimmt genau
Ich lerne gerne im Sachunterricht	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Sachunterricht ist langweilig?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Was ich im Sachunterricht lerne, ist für jeden im Leben wichtig.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

1. Was ist ein Zahnrad?

---



---



---



---

2. Wo hast du schon mal ein Zahnrad gesehen?

---



---



---



---

3. Woher kommt der Name vom Zahnrad?

A: Ein Zahnrad wird aus Zähnen gemacht	<input type="checkbox"/>
B: Die Zacken von dem Zahnrad nennt man Zähne	<input type="checkbox"/>
C: Die Lücken von einem Zahnrad nennt man Zahnlücke	<input type="checkbox"/>
D: Ich weiß es nicht	<input type="checkbox"/>

**4. Was ist ein Schneckengetriebe?**

A: eine Nacktschneckenart	
B: eine Schnecke mit einem Haus	
C: ein Zahnrad, welches mit einer Schnecke angetrieben wird	
D: Ich weiß es nicht	

**5. Als was bezeichnet man zwei Stirnräder, die verbunden sind?**

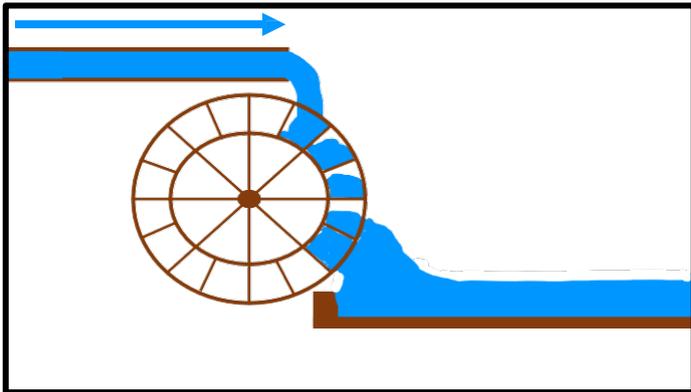
A: Schneckenrad	
B: Stangenrad	
C: Getriebe	
D: Ich weiß es nicht	

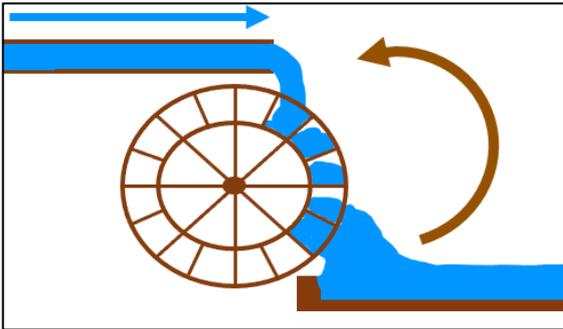
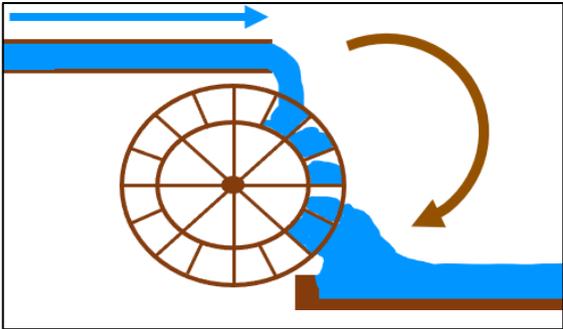
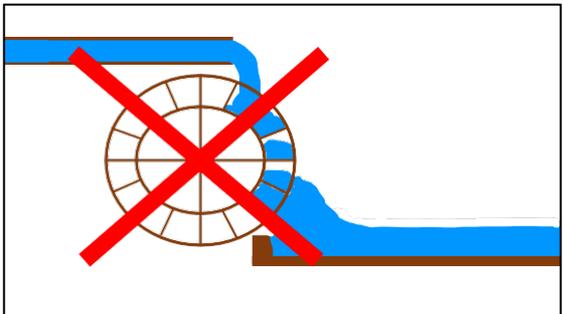
**6. Was zeigt das Bild?**



A: Eine Schnecke	
B: Ein Stirnrad	
C: Ein Wasserrad	
D: Ich weiß es nicht	

7. In welche Richtung bewegt sich das Wasserrad?



A: 	<input type="checkbox"/>
B: 	<input type="checkbox"/>
C: 	<input type="checkbox"/>
D: Ich weiß es nicht	<input type="checkbox"/>

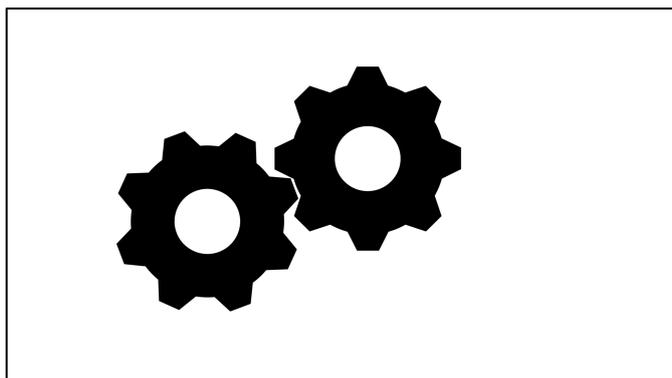
## A - Posttest

Fragen zum Zahnrad:

Ich bin \_\_\_\_\_ Jahre alt.

Ich bin ein \_\_\_\_\_. (ein Mädchen / ein Junge)

1. Wie nennt man das gezeigte Bild?



A: Kegelradgetriebe	
B: Stirnradgetriebe	
C: Zahnstangengetriebe	
D: Ich weiß es nicht	

2. Wo werden Zahnräder genutzt?

A: Fahrräder	
B: Laptops	
C: Fernseher	
D: Ich weiß es nicht	

3. Welches Zahnrad dreht sich schneller?

A: das große Zahnrad	
B: das kleine Zahnrad	
C: beide Zahnräder sind gleich schnell	
D: Ich weiß es nicht	

**4. Was kann man auf dem Bild sehen?**



A: Kegelradgetriebe	
B: Stirnradgetriebe	
C: Schneckengetriebe	
D: Ich weiß es nicht	

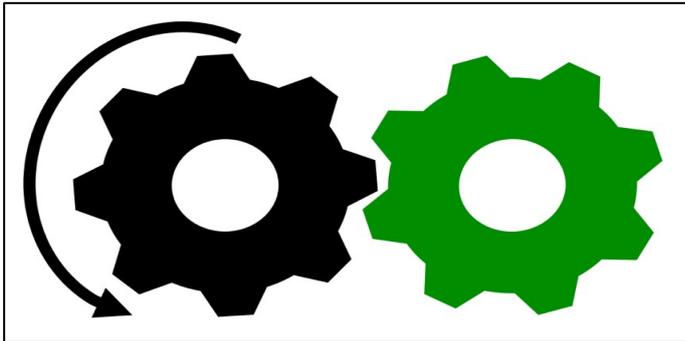
**5. Was macht eine Schnecke bei einem Schneckengetriebe?**

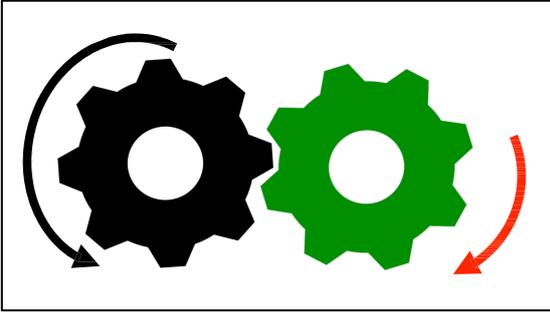
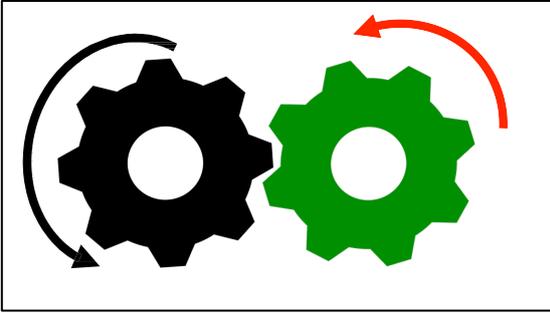
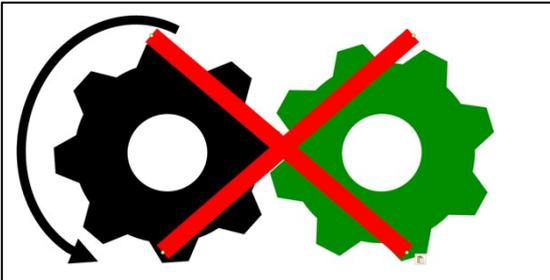
A: Eine Schnecke treibt eine Zahnstange an	
B: Es wird von einem Stirnrad angetrieben	
C: Es treibt ein Stirnrad an. Dadurch dreht sich das Stirnrad	
D: Ich weiß es nicht	

**6. Was ist richtig?**

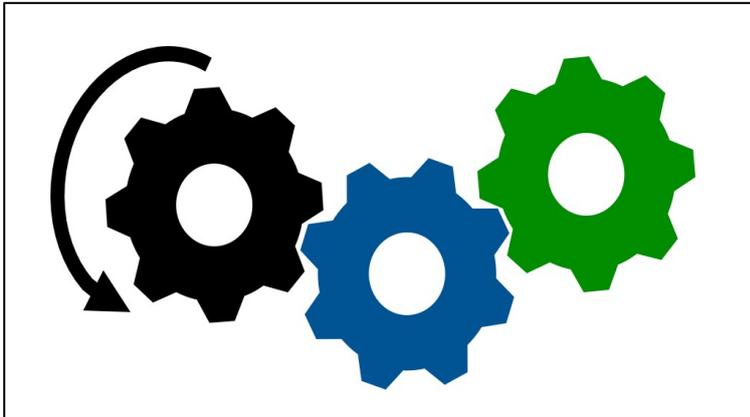
A: Ein Stirnrad hat genau so viele Zacken wie auch Lücken	
B: ein Stirnrad hat mehr Lücken als Zacken	
C: ein Stirnrad hat keine Zacken	
D: Ich weiß es nicht	

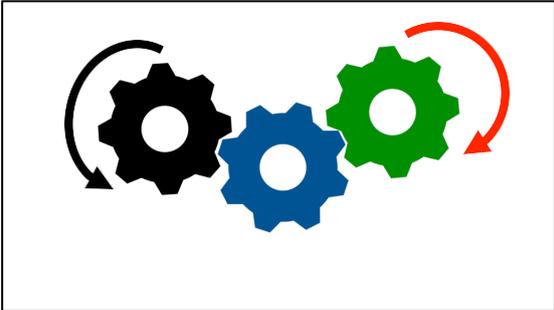
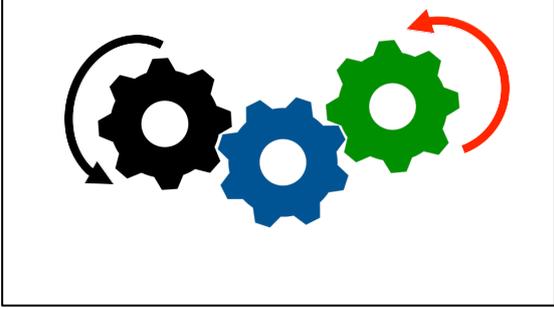
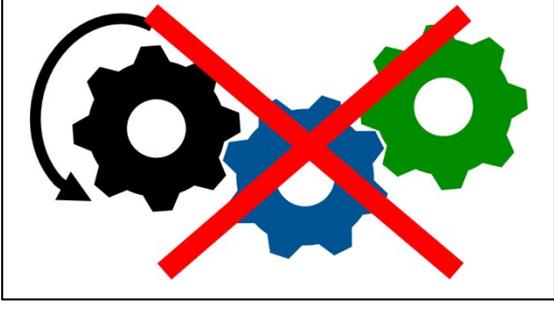
7. In welche Richtung dreht sich das grüne Zahnrad?



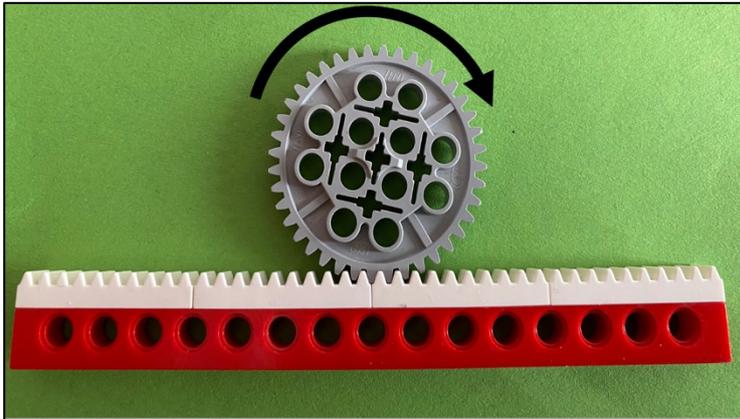
A: 	<input type="checkbox"/>
B: 	<input type="checkbox"/>
C: 	<input type="checkbox"/>
D: Ich weiß es nicht	<input type="checkbox"/>

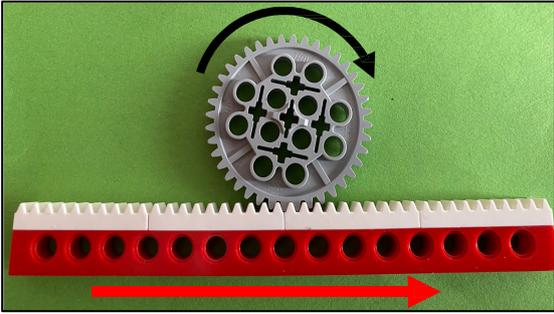
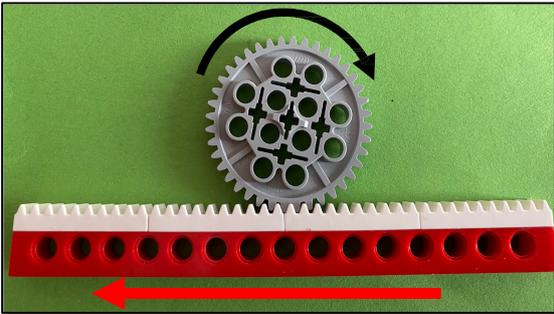
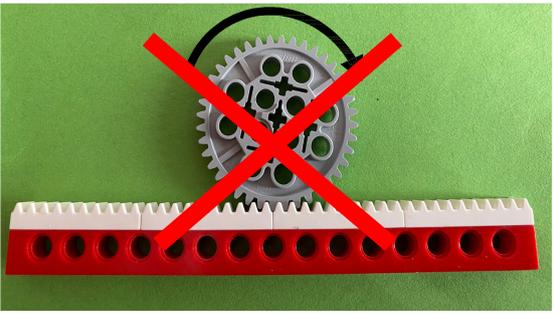
8. In welche Richtung dreht sich das grüne Zahnrad?



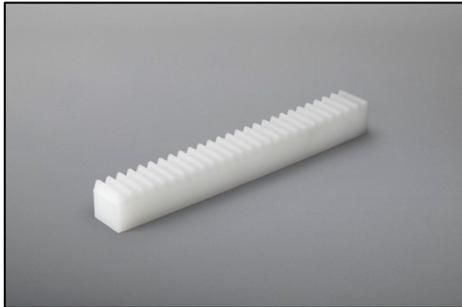
A: 	<input type="checkbox"/>
B: 	<input type="checkbox"/>
C: 	<input type="checkbox"/>
D: Ich weiß es nicht	<input type="checkbox"/>

9. In welche Richtung bewegt sich die Zahnstange?



A: 	<input type="checkbox"/>
B: 	<input type="checkbox"/>
C: 	<input type="checkbox"/>
D: Ich weiß es nicht	<input type="checkbox"/>

**10. Was sieht man auf dem Bild?**



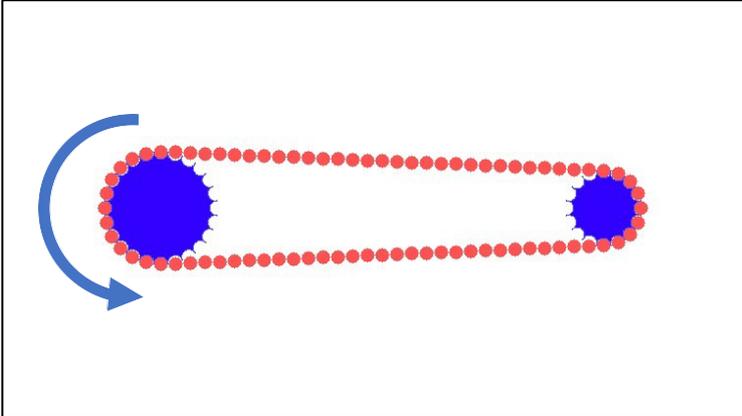
A: eine Schnecke	
B: ein Stirnrad	
C: eine Zahnstange	
D: Ich weiß es nicht	

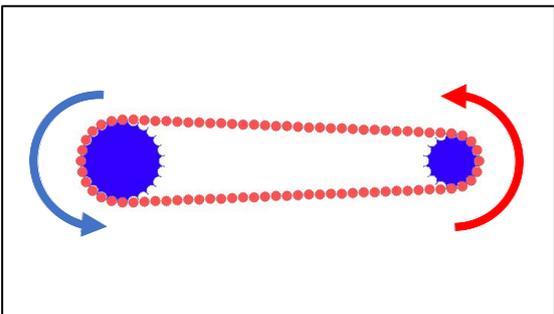
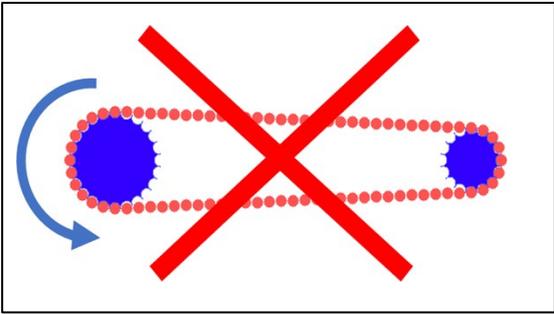
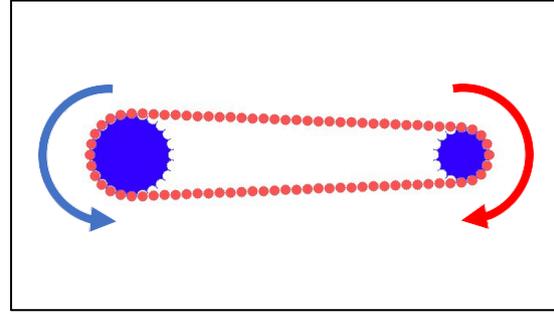
**11. Was sieht man auf dem Bild?**



A: Schneckengetriebe	
B: Stangenradgetriebe	
C: Stirnradgetriebe	
D: Ich weiß es nicht	

12. In welche Richtung dreht sich das kleine Zahnrad, wenn es mit einer Kette verbunden ist (Fahrrad)? Kreuze die richtige Antwort an.



<p>A:</p> 	<input type="checkbox"/>
<p>B:</p> 	<input type="checkbox"/>
<p>C:</p> 	<input type="checkbox"/>
<p>D: Ich weiß es nicht</p>	<input type="checkbox"/>

**13. Aus welchem Material wurden alten Mühlenzahnräder hergestellt?**

A: Aluminium	
B: Holz	
C: Plastik	
D: Ich weiß es nicht	

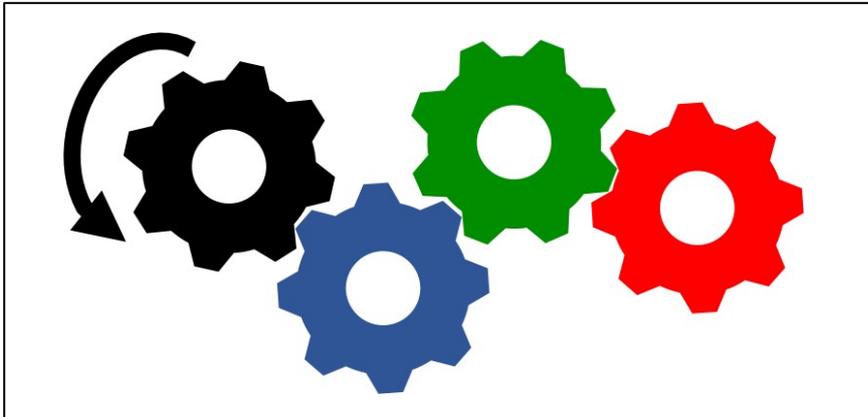
**14. Aus welchem Material bestehen heutzutage die meisten Zahnräder?**

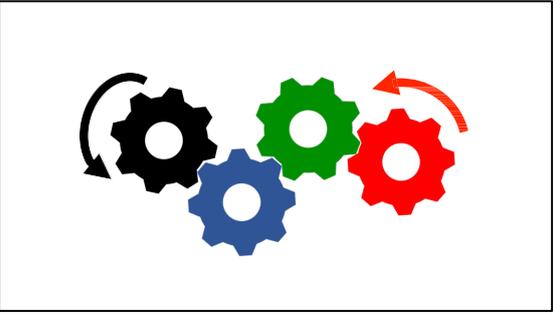
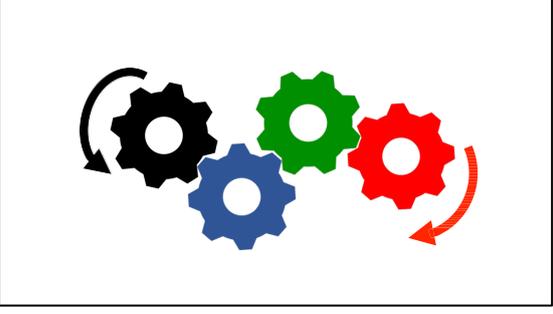
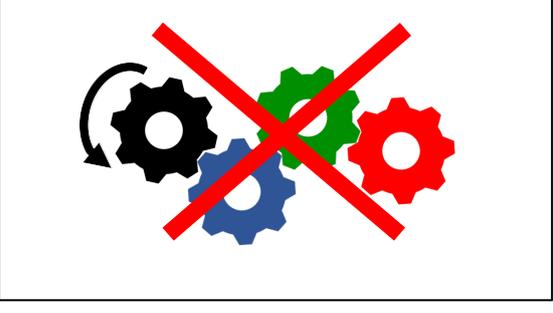
A: Metall und Plastik	
B: Holz	
C: Baumwolle	
D: Ich weiß es nicht	

**15. Wo werden Zahnstangen genutzt?**

A: bei einem Wasserrad	
B: bei der Lenkung eines Autos	
C: bei einer Kaffeemaschine	
D: Ich weiß es nicht	

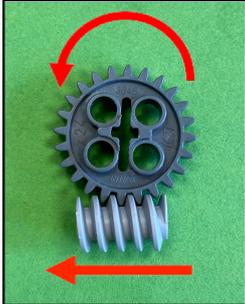
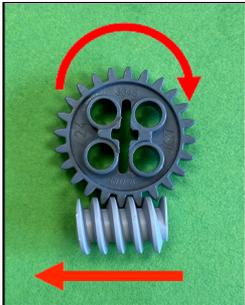
16. In welche Richtung dreht sich das rote Zahnrad?



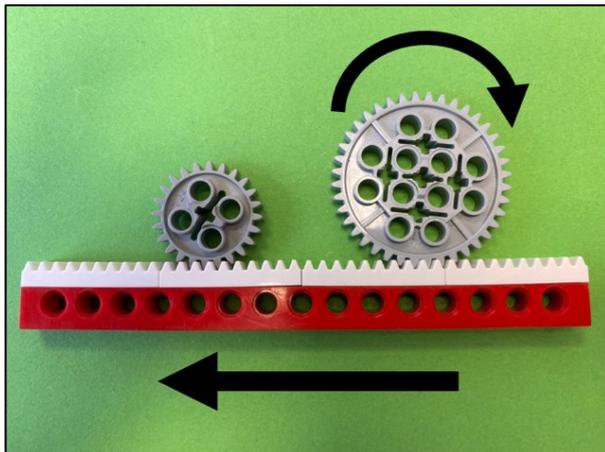
<p>A:</p>  <p>Option A shows the same gear arrangement as the main diagram. A black arrow on the black gear points counter-clockwise, and a red arrow on the red gear points clockwise.</p>	<input data-bbox="946 913 1050 992" type="checkbox"/>
<p>B:</p>  <p>Option B shows the same gear arrangement. A black arrow on the black gear points counter-clockwise, and a red arrow on the red gear points counter-clockwise.</p>	<input data-bbox="946 1312 1050 1391" type="checkbox"/>
<p>C:</p>  <p>Option C shows the same gear arrangement as the main diagram, but it is crossed out with a large red 'X'.</p>	<input data-bbox="946 1722 1050 1800" type="checkbox"/>
<p>D: Ich weiß es nicht</p>	<input data-bbox="946 1984 1050 2063" type="checkbox"/>

17. In welche Richtung dreht sich das Zahnrad?



A: 	<input type="checkbox"/>
B: 	<input type="checkbox"/>
C: 	<input type="checkbox"/>
D: Ich weiß es nicht	<input type="checkbox"/>

18. In welche Richtung dreht sich das kleine Zahnrad?



A:			<input type="checkbox"/>
B:			<input type="checkbox"/>
C:			<input type="checkbox"/>
D: Ich weiß es nicht			<input type="checkbox"/>

## 16 Erklärung zur Dissertation

gemäß der Promotionsordnung vom 12. März 2020

***Diese Erklärung muss in der Dissertation enthalten sein. (This version must be included in the doctoral thesis)***

„Hiermit versichere ich an Eides statt, dass ich die vorliegende Dissertation selbstständig und ohne die Benutzung anderer als der angegebenen Hilfsmittel und Literatur angefertigt habe. Alle Stellen, die wörtlich oder sinngemäß aus veröffentlichten und nicht veröffentlichten Werken dem Wortlaut oder dem Sinn nach entnommen wurden, sind als solche kenntlich gemacht. Ich versichere an Eides statt, dass diese Dissertation noch keiner anderen Fakultät oder Universität zur Prüfung vorgelegen hat; dass sie - abgesehen von unten angegebenen Teilpublikationen und eingebundenen Artikeln und Manuskripten - noch nicht veröffentlicht worden ist sowie, dass ich eine Veröffentlichung der Dissertation vor Abschluss der Promotion nicht ohne Genehmigung des Promotionsausschusses vornehmen werde. Die Bestimmungen dieser Ordnung sind mir bekannt. Darüber hinaus erkläre ich hiermit, dass ich die Ordnung zur Sicherung guter wissenschaftlicher Praxis und zum Umgang mit wissenschaftlichem Fehlverhalten der Universität zu Köln gelesen und sie bei der Durchführung der Dissertation zugrundeliegenden Arbeiten und der schriftlich verfassten Dissertation beachtet habe und verpflichte mich hiermit, die dort genannten Vorgaben bei allen wissenschaftlichen Tätigkeiten zu beachten und umzusetzen. Ich versichere, dass die eingereichte elektronische Fassung der eingereichten Druckfassung vollständig entspricht.“

Teilpublikationen:

Uçarat, Yasir Musab: Einsatz von Erklärvideos im Sachunterricht - In: Haider, Michael [Hrsg.]; Schmeinck, Daniela [Hrsg.]: Digitalisierung in der Grundschule. Grundlagen, Gelingensbedingungen und didaktische Konzeptionen am Beispiel des Fachs Sachunterricht. Bad Heilbrunn: Verlag Julius Klinkhardt 2022, S. 197-210 - URN: urn:nbn:de:0111-pedocs-242609 - DOI: 10.25656/01:24260

  
24.09.2023, Uçarat

Die Daten und Materialien dieser Dissertation sind gesichert im Institut für Didaktik des Sachunterrichts Aachener Straße 201 50931 Köln und vor Ort zugänglich.