

*Lehren und Lernen unter Bedingungen der Digitalität –
Ein systematisches Literaturreview*

*Bestandsaufnahme zur Effektivität des Modalitätsprinzips beim Lernen
mit digitalen multimedialen Lernmaterialien in authentischen
Schulsituationen*

Hausarbeit zum Modul 1

Sommersemester 2021

Modulbetreuung:

Prof. Dr. Sandra Hofhues

Sabrina Schaper

angefertigt im

M.A. Bildung und Medien: eEducation

an der FernUniversität in Hagen

von

Manuel Reisinger

Am Südgarten 72

4060 Leonding, Österreich

Matr.-Nr.: 9076247

Themenstellung am 12.07.2021

Vorgelegt am 19.08.2021

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	1
2	Theorieteil: Kognitive Theorie multimedialen Lernens und Modalitätsprinzip	2
3	Methodisches Vorgehen: Systematisches Literaturreview	4
4	Ergebnisse: Forschungsstand zum Modalitätseffekt in authentischen Schulsituationen.....	14
5	Reflexion des Vorgehens	17
6	Zusammenfassung und Fazit	20

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1 - Das Modell der CTML.....	3
Abbildung 2 - Der Prozess des SLR	5
Abbildung 3 - PRISMA-Flussdiagramm	10

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1 - PICO(S)-Tabelle	6
Tabelle 2 – Suchbegriff für die Datenbankrecherche, 1. Version	8
Tabelle 3 – Suchbegriff für die Datenbankrecherche, 2. Version	8
Tabelle 4 – Dokumentation der Literaturrecherche	9
Tabelle 5 – Exkludierte Studien	11
Tabelle 6 – Codierungstabelle mit extrahierten Daten, Teil 1	12
Tabelle 7 – Codierungstabelle mit extrahierten Daten, Teil 2	13
Tabelle 8 – Codierungstabelle mit allen extrahierten Daten, Teil 1	27
Tabelle 9 – Codierungstabelle mit allen extrahierten Daten, Teil 2	28

1 Einleitung

Die Digitalisierung der Gesellschaft hat längst auch die Schulen auf verschiedensten Ebenen erfasst – und das nicht erst seit dem distance learning während der durch Covid-19 bedingten Schulschließungen. Grünberger, Bauer und Krameritsch (2020, S. 118–119) diagnostizieren diesbezüglich vier zentrale Aspekte: Erstens werden Chancen, Herausforderungen und Gefahren des Einsatzes digitaler Medien für Lernprozesse im Rahmen der Mediendidaktik diskutiert. Der die Lebensverhältnisse tiefgreifend verändernde Prozess der zunehmenden Durchdringung des Alltags und der Erfahrungswelt durch Medien, den Krotz (2001) als Mediatisierung bezeichnet, stellt Schulen zweitens vor die Aufgabe, über veränderte Selbst- und Weltverhältnisse zu diskutieren. Organisatorische Rahmenbedingungen von Bildungsinstitutionen erfahren drittens eine völlig neue Ausrichtung. Und die Digitalisierung wird viertens zunehmend selbst zum Lehrinhalt.

Diese Arbeit stellt mit der Mediendidaktik den ersten der vier genannten Aspekte digitaler Transformationsprozesse im Bildungskontext in den Mittelpunkt. Der amerikanische Bildungspsychologe Richard E. Mayer prägte im Zusammenhang mit dem Lehren und Lernen mit digitalen Medien den Begriff der Cognitive Theory of Multimedia Learning (CTML). Mayer (2014c, S. 2) definiert multimediales Lernen unter Berücksichtigung instruktionspsychologischer Theorien zu menschlicher Informationsverarbeitung als Konstruktion von Wissen bei Lernenden durch eine Kombination von (geschriebenen oder gesprochenen) Wörtern und Bildern (in Form von Illustrationen, Animationen, Videos, etc). Die vielfältigen Möglichkeiten der digitalen Medien im Unterricht sollten der CTML zufolge also möglichst effektiv genutzt werden. Hierzu hat Mayer mehrere Designprinzipien für die Konzeption multimedialer Lernmaterialien definiert, die in den letzten Jahrzehnten auch intensiv in verschiedensten empirischen Studien erforscht wurden.

Als Kritikpunkt wurde häufig angeführt, dass diese empirischen Studien zu meist unter kontrollierten Laborbedingungen mit Studenten durchgeführt wurden und eher selten in authentischen Schulsituationen mit Schüler*innen (Butcher, 2014, S. 197; Mayer, 2008, S. 760; Harskamp et al., 2007, S. 466).

Eines der Designprinzipien von Mayer, das sogenannte Modalitätsprinzip, sagt aus, dass die kognitive Belastung bei Lernenden durch Lernmaterialien, die

sowohl den visuellen als auch den auditiven Sinneskanal nutzen (demnach eine duale Codierung), verringert werden kann und somit zu besseren Lernergebnissen führt (Low & Sweller, 2014, S. 227). Diesen Effekt nennt Mayer den Modalitätseffekt.

Die Forschungsfrage dieser Arbeit lautet daher:

Welche Befunde liegen zum Modalitätseffekt in Bezug auf multimediale digitale Lernmaterialien in authentischen Schulsituationen vor?

Als Methode zur Beantwortung der Forschungsfrage wird ein systematisches Literaturreview (SLR) durchgeführt.

In Kapitel 2 wird das der Forschungsfrage immanente theoretische Fundament dargelegt. Kapitel 3 dokumentiert ausführlich das methodische Vorgehen während der Durchführung der einzelnen Prozessschritte des SLR. In Kapitel 4 werden die durch das SLR synthetisierten Ergebnisse in Bezug auf die Forschungsfrage präsentiert. Eine kritische Reflexion des Prozessablaufs während des SLR zeigt in Kapitel 5 einerseits Limitationen dieses SLR auf und dokumentiert andererseits Hürden bei der Durchführung eben jenes. Kapitel 6 fasst Ergebnisse des SLR noch einmal in aller Kürze zusammen und zieht ein abschließendes Fazit.

2 Theorieteil: Kognitive Theorie multimedialen Lernens und Modalitätsprinzip

Jedes Design von Lernmaterialien wird durch eine Theorie des Lernens beeinflusst – auch wenn diese Theorie der Person, welche die Lernmaterialien erstellt, oft gar nicht bewusst ist (Mayer, 2014b, S. 46). Die CTML stellt eine solche Theorie dar, in der Absicht, daraus auch eine Theorie des Lehrens bzw. Designprinzipien für die Erstellung von Lernmaterialien abzuleiten (Mayer, 2014b, S. 65).

Die CTML geht dabei von drei grundlegenden Annahmen aus (Mayer, 2014b, S. 46–51):

Erstens nimmt die CLT eine begrenzte Speicherkapazität des menschlichen Arbeitsgedächtnisses an. Mayer bezieht sich hierbei auf die Arbeiten zur Cognitive Load Theory (Sweller, 1988; Chandler & Sweller, 1991) und auf die Arbeiten von Baddeley (1992) zum Aufbau und zur Funktionsweise des Arbeitsgedächtnisses. Nach der CTML können im Arbeitsgedächtnis zeitgleich etwa

fünf bis sieben Informationseinheiten verarbeitet werden, wobei die Größe und die Komplexität einer einzelnen Informationseinheit von der CTML als variabel in Abhängigkeit vom Vorwissen der lernenden Person angenommen wird (Mayer, 2014b, S. 49).

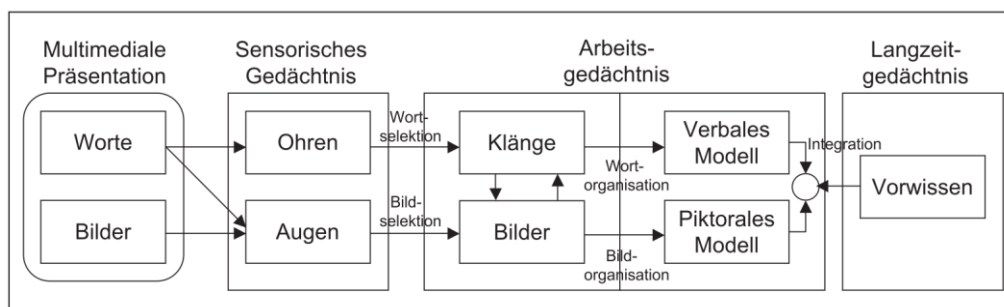
Zweitens nimmt die CLT mit Bezugnahme auf die Arbeiten zur dualen Codierungstheorie von Paivio (1986) bzw. Baddeley und Hitch (1974) an, dass Worte und Bilder zuerst von den Augen oder den Ohren im sensorischen Speicher aufgenommen, dann als Klänge oder Bilder im Arbeitsgedächtnis weiterverarbeitet und dort schließlich zu verbalen oder piktoralen Modellen codiert werden. Die daraus abgeleitete These der CTML ist, dass im Arbeitsgedächtnis für jeden der beiden Sinneskanäle separate Kapazitäten zur Verfügung stehen (Schmidt-Borcherding, 2020, S. 66).

Drittens nimmt die CTML ein sogenanntes SOI-Modell (Selektion – Organisation - Integration) an: Menschen selektieren zuerst eintreffende Wort- und Bildinformationen aus dem sensorischen Speicher, organisieren diese dann im Arbeitsgedächtnis zu jeweils einem kohärenten sprachlichen und einem kohärenten bildlichen Modell und integrieren schließlich Vorwissen aus dem Langzeitgedächtnis in diese mentalen Modelle (Mayer, 2014b, S. 50–51).

Nachstehende Abbildung visualisiert zusammenfassend noch einmal die Grundannahmen der CTML, wobei nur dem Arbeitsgedächtnis, nicht aber dem Langzeit- und dem sensorischen Gedächtnis limitierte Kapazitäten attestiert werden (Mayer, 2014b, S. 53).

Abbildung 1

Das SOI-Modell der CTML



(Zumbach, 2010, S. 81, nach Mayer)

Auf Basis dieses theoretischen Fundaments veröffentlichte Mayer (2014a) eine Vielzahl an Designprinzipien für multimediale Lernmaterialien. Für diese Arbeit sind das Multimedia-Prinzip (als Basis aller Designprinzipien der CTML) und das Modalitätsprinzip (als relevant für die Forschungsfrage) von Interesse. Während das Multimedia-Prinzip postuliert, dass Lernende bessere Lernerfolge erzielen, wenn verbale *und* pikturale Informationen zur Verfügung gestellt werden (Mayer, 2014c, S. 6), attestiert das Modalitätsprinzip der Kombination von Bildern und auditiv präsentierten Texten einen noch besseren Lerneffekt als der Kombination von Bildern und visuell präsentierten Texten. Die Begründung für diese Annahme ist dem Modell der CTML nach naheliegend: „Durch die Verwendung gesprochener Erläuterungen wird der visuelle Verarbeitungskanal entlastet und beide Kanäle (Sinnesmodalitäten) zur Wissensaufnahme genutzt“ (Niegemann et al., 2008, S. 48).

Die Frage, ob dieser sogenannte Modalitätseffekt auch in Studien, die in authentischen Schulsituationen durchgeführt wurden, nachgewiesen werden konnte, soll in den nächsten Kapiteln im Mittelpunkt stehen.

3 Methodisches Vorgehen: Systematisches Literaturreview

Ein SLR „ist eine Methode, um zum einen große Informationsmengen zu einem Themengebiet sinnvoll zu ordnen und zu erfassen und um zum anderen mit den Ergebnissen der Literaturrecherche analytisch sinnvoll an einer Fragestellung zu arbeiten.“ (Wetterich & Plänitz, 2021, S. 14)

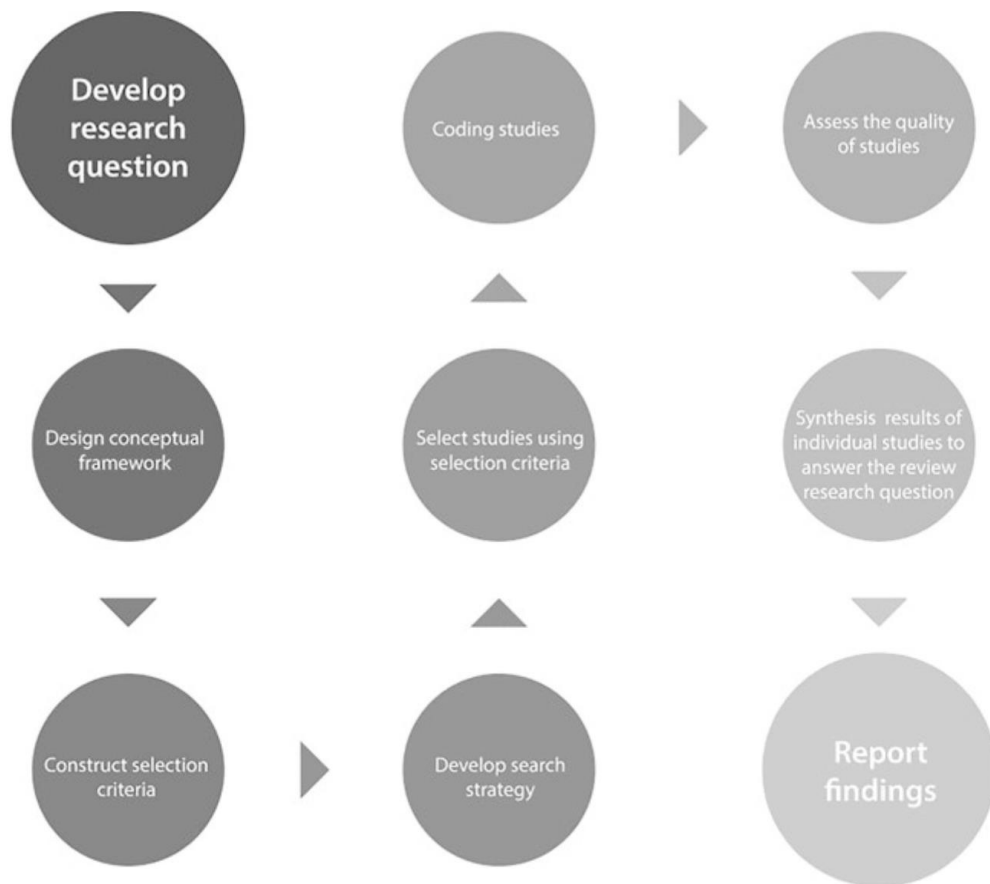
Im Gegensatz zu traditionellen Literaturreviews, die oft als verzerrt (Dowd & Johnson, 2020, S. 76) und beliebig kritisiert werden, ist das Ziel eines SLR, jeden Schritt des Reviewprozesses stringent nachvollziehbar und transparent zu gestalten, um ein reproduzierbares und aktualisierbares Review zu erstellen (Zawacki-Richter et al., 2020, S. vi).

Da es sich bei der vorliegenden Forschungsfrage um eine Fragestellung handelt, die zum Ziel hat, herauszufinden, ob eine bestimmte Lehrintervention zu jenen Auswirkungen führt, die sie intendiert hat, wird dieses SLR als sogenanntes „aggregierendes SLR“ kategorisiert (Gough et al., 2012, S. 5). Nach Newman und Gough (2020, S. 5) wird in diesem Fall das Prozess- bzw. Methodenprotokoll a priori exakt definiert und ohne Abweichung vom vorgefertigten Plan abgearbeitet.

Die Definition der einzelnen Prozessschritte eines SLR ist in der Literatur in unterschiedlichem Detailgrad ausgeführt. Gough et al. (2013, S. 8) gaben zuerst sieben Stufen eines SLR an, bei Newman und Gough (2020, S. 6) sind es dann neun und das PRISMA-2020-Statement definiert deren siebenundzwanzig (Page et al., 2021, S. 5–6). Diese Arbeit orientiert sich an den Arbeitsschritten nach Newman und Gough (siehe Abbildung 2).

Abbildung 2

Der Prozess des SLR



(Newman & Gough, 2020, S. 6)

Bei der Erstellung des Protokolls, das als Grundlage für die Dokumentation in diesem Kapitel dient, wird im Rahmen dieser Arbeit der Strukturierungsvorschlag von Wetterich und Plänitz (2021, S. 30) aufgegriffen, der sich in weiten Teilen als kompatibel mit dem Modell von Newman und Gough erweist.

Die Entwicklung der Forschungsfrage, die nach Cherry und Dickson (2014, S. 26) in die Kategorie „Überprüfung kausaler Zusammenhänge“ fällt, sowie die Begründung für die Durchführung der SLR im Kontext bestehender Litera-

tur wurde bereits in Kapitel 1 dargelegt: Ein in der Literatur häufig genannter Kritikpunkt an empirischen Studien zur Feststellung der Auswirkungen des Modalitätseffekts auf den Lernerfolg von Lernenden ist das selten gewählte Setting der authentischen Schulsituation. Diesen Kritikpunkt aufgreifend, soll das vorliegende SLR einen Überblick über aktuelle Studienergebnisse in diesem Kontext liefern und auch die Frage beantworten, ob hier tatsächlich weiterhin eine Forschungslücke vorhanden ist. Wie von Cherry und Dickson (Cherry & Dickson, 2014, S. 21) empfohlen, wurde vorab geprüft, ob bereits SLR mit einer ähnlichen Forschungsfrage existieren. Sowohl in der PROSPERO-Datenbank, als auch in der Cochrane Database of Systematic Reviews wurden allerdings keine entsprechenden registrierten Einträge gefunden.

Das theoretische Fundament, das der Forschungsfrage immanent ist (in Form der Annahmen und Implikationen der CTML), wurde bereits in Kapitel 2 dargelegt.

Um das Ziel des SLR zu präzisieren bzw. um die Auswahlkriterien für die zu untersuchende Literatur zu definieren, wird das PICO(S)-Framework herangezogen (Oliver et al., 2013, S. 68; Cherry & Dickson, 2014, S. 27–28; Wetterich & Plänitz, 2021, S. 30):

Tabelle 1

PICO(S)-Tabelle

Population	Schüler*innen
Intervention	Dual codierte multimediale digitale Lernmaterialien in Form von Bildern und auditiv präsentierten Texten ...
Comparator	... im Vergleich zu ausschließlich auditiv bzw. ausschließlich visuell dargebotenen Lernmaterialien
Outcomes	Ergebnisse, die die objektiv gemessene Effektstärke der Anwendung des Modalitätsprinzips auf den Lernerfolg der Lernenden darlegen
Setting	Authentische Schulsituationen

Da die Hinweise auf fehlende Studien in authentischen Schulsettings in erster Linie in Publikationen rund um das Jahr 2010 zu finden sind (siehe Kapitel 1), wird als weiteres Einschlusskriterium definiert, dass ausschließlich Studien für das SLR herangezogen werden, die seit 2010 publiziert wurden. Des Weiteren wird die Suche mit englischsprachigen Begriffen durchgeführt. Sogenannte scoping searches (Dundar & Fleeman, 2014, S. 39; Cherry & Dickson, 2014,

S. 21), die vorab im Rahmen der für diese Arbeit durchgeführten Portfolioaufgabe durchgeführt wurden, um erstens die Forschungsfrage zu präzisieren und zweitens den ungefähren Umfang der zu sichtenden Literatur zu ermitteln, zeigten, dass eine enge Einschränkung auf deutschsprachige Suchergebnisse zu einer ungenügenden Anzahl an relevanten Studien geführt hätte. Darüber hinaus ist das Ziel des vorliegenden SLR, einen Überblick über den internationalen Forschungsstand zu gewinnen – und diesbezüglich kann davon ausgegangen werden, dass die Mehrzahl der veröffentlichten Studien auf Englisch verfasst wurde. Eine breiter gefasste, mehrsprachige Suchstrategie würde wiederum den Rahmen dieser Arbeit sprengen – demnach wird nicht-englischsprachige Literatur als Ausschlusskriterium definiert.

Die Forschungsfrage und die Kategorisierung als aggregierendes SLR legen darüber hinaus eher eine Fokussierung auf quantitative, empirische Studien nahe (Gough et al., 2012, S. 4). Diese Arbeit definiert daher – auch zum Zwecke der erwünschten Homogenität der Studiendesigns (Gough et al., 2012, S. 3) – als weiteres Einschlusskriterium ein quantitatives Studiendesign bzw. als Ausschlusskriterium ein qualitatives Studiendesign. Bei Studien, die einen Mixed-Method-Ansatz verfolgen, wird nur der quantitative Teil in das SLR aufgenommen.

Die Literatursuche wird in den Datenbanken FIS Bildung, ERIC, LearnTechLib, der European Online Library, SCOPUS, im HBZ Verbundkatalog NRW sowie in Google Scholar vorgenommen.

Als (englischsprachige) Schlagworte für die Suche werden genutzt:

- modality principle / effect
- classroom
- school

Bei der Wahl der Schlagworte ist anzumerken, dass im Englischen sowohl Schüler*innen als auch Student*innen mit „students“ bezeichnet werden (das Synonym „pupil“ für Schüler*innen wird deutlich seltener verwendet), wodurch eine Präzisierung des Suchbegriffs bei der englischsprachigen Suche nach Studien, die mit Schüler*innen durchgeführt wurden, erschwert wird. Bei den Schlagworten wird demnach aus pragmatischen Gründen auf die Population (Schüler*innen) verzichtet.

In einem ersten Suchdurchgang wird daher versucht, auf das Setting (authentische Schulsituationen) abzielen. Als konkreter Suchbegriff wird unter Verwendung der booleschen Operatoren (für logische Verknüpfungen) und des Wildcard-Operators (für die Abdeckung von Singular und Plural bzw. Wortvariationen) verwendet:

Tabelle 2

Suchbegriff für die Datenbankrecherche, 1. Version

<i>Intervention</i>		<i>Setting</i>
("modality principle*" OR "modality effect*")	AND	(classroom* OR school*)

Alle bisher dokumentierten Überlegungen zum methodischen Vorgehen wurden a priori festgelegt. Die weitere Dokumentation beschreibt nun Arbeitsschritte, die nachträglich dokumentiert wurden.

Bei einer frühen Datenbankrecherche stellte sich heraus, dass die Suchformulare einiger Datenbanken keine Möglichkeit für die zielgerichtete Suche in Abstracts zur Verfügung stellen, sondern in Bezug auf den Inhalt der Studien „nur“ eine Titelsuche, eine Volltextsuche und eine Schlagwortsuche. Für eine Titelsuche hat sich der obenstehende Suchbegriff allerdings als zu eng erwiesen, für eine Volltextsuche als zu weit. Bei der Schlagwortsuche hat sich die Aufnahme des Settings („classroom“ bzw. „school“) als nicht zielführend erwiesen, da diese beiden Begriffe aus naheliegenden Gründen selten bis nie als Schlagworte verwendet werden. Als Konsequenz wurde in der Folge im Rechercheprozess bei Datenbanken ohne die explizite Möglichkeit für eine Suche in Abstracts auf das Setting im Suchbegriff verzichtet und eine Schlagwortsuche ausschließlich in Bezug auf die Intervention durchgeführt.

Tabelle 3

Suchbegriff für die Datenbankrecherche, 2. Version

<i>Intervention</i>
"modality principle*" OR "modality effect"

Die wissenschaftliche Suchmaschine von Google, Google Scholar, erwies sich als Sonderfall, da selbst bei der erweiterten Suche nur eine Volltextsuche oder eine Titelsuche ermöglicht wird. Für die Volltextsuche sind beide Versionen des Suchbegriffs zu weit, für die Titelsuche ist die zweite Version des Suchbegriffs tendenziell zu breit, die erste Version des Suchbegriffs tendenziell zu eng – eine Problematik, wie sie etwa auch von Brunton et al. (2013, S. 126) beschrieben wird. Aus pragmatischen Gründen wurde – um den Rahmen dieser Arbeit nicht zu sprengen - bei Google Scholar eine Titelsuche mit dem ersten Suchbegriff durchgeführt.

Die konkrete Durchführung der Suchanfragen in den verschiedenen Datenbanken wird in nachstehender Tabelle dokumentiert:

Tabelle 4

Dokumentation der Literaturrecherche

<i>Datenbank</i>	<i>Suchbegriff angewendet auf</i>	<i>Datum der Durchführung der Suche</i>	<i>Anzahl der gefundenen Studien</i>
FIS Bildung / ERIC	Abstract	27.07.21	7
LearnTechLib	Abstract	28.07.21	2
European Online Library	Schlagworte	28.07.21	3
SCOPUS	Abstract	29.07.21	14
HBZ Verbundkatalog NRW	Schlagworte	29.07.21	0
Google Scholar	Titel	29.07.21	2

Die gefundenen Studien wurden mit Hilfe des Literaturverwaltungsprogramms Citavi gespeichert und verwaltet.

Der Auswahlprozess jener Studien, die Eingang in das SLR fanden, wurde mehrstufig auf Basis der Empfehlungen des PRISMA-2020-Statements (2021, S. 8) durchgeführt. Nach der Entfernung der durch die Suche in verschiedenen Datenbanken erhaltenen Duplikate wurde eine Sichtung der Abstracts vorgenommen. Studien, die auf Basis des Abstracts offensichtlich nicht den Einschlusskriterien entsprachen, wurden entfernt. Danach wurde versucht, Zugang zum Volltext der verbliebenen Studien zu erlangen. Jene Studien, die in der Ergebnisliste der Datenbanksuche noch keinen Volltext als Link zur Verfügung stellten, wurden mittels Google Scholar auf einen Volltext-Zugang hin

geprüft. Für den Fall, dass auch mittels Google Scholar (trotz VPN-Verbindung zur FernUni Hagen) kein alternativer Zugang zum Volltext gefunden werden konnte, wurde die Studie aus dem Auswahlprozess für das SLR entfernt. Im letzten Auswahlschritt wurde dann eine Sichtung des Volltextes der im Auswahlprozess verbliebenen Studien vorgenommen. Studien, die auf Basis des Volltextes nicht den Einschlusskriterien entsprachen, wurden ebenfalls entfernt. Der gesamte Auswahlprozess ist in Abbildung 3 in Form eines PRISMA-Flussdiagramms visualisiert.

Abbildung 3

PRISMA-Flussdiagramm

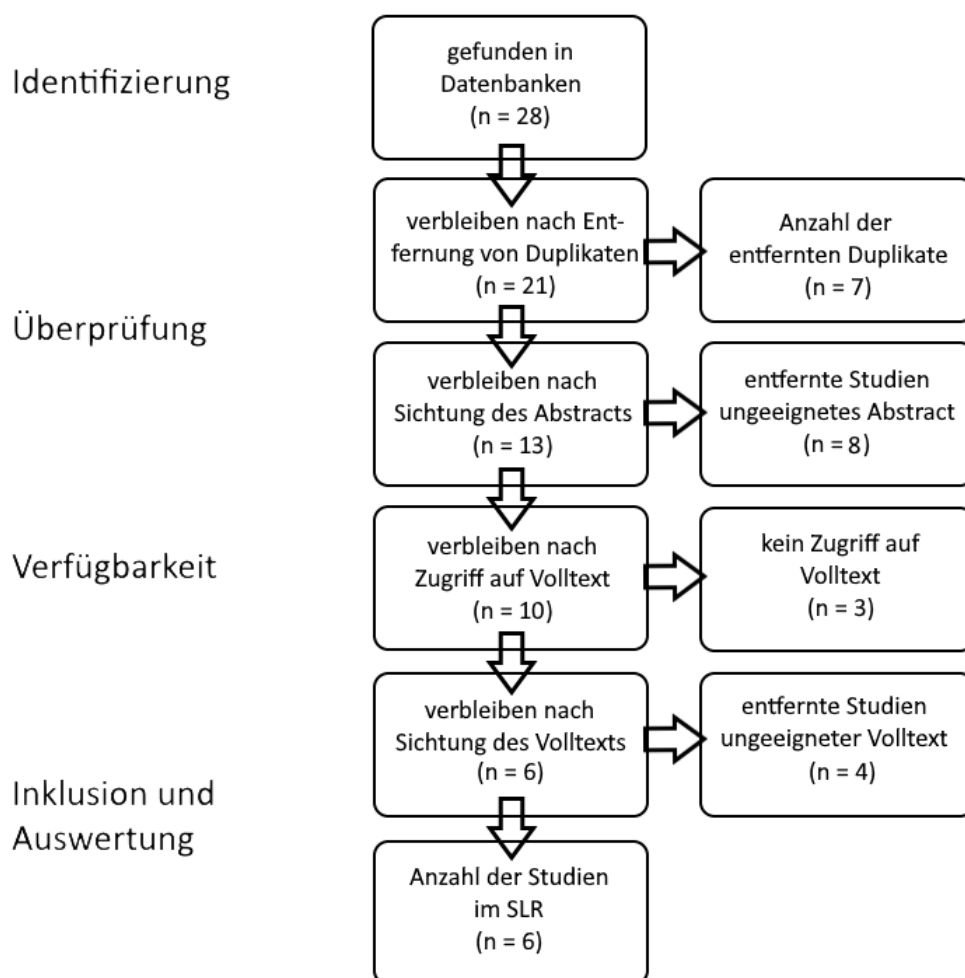


Tabelle 5 listet jene fünfzehn Studien auf, die aufgrund des Inhalts des Abstracts (A), des Zugriffs auf den Volltext (Z) oder des Inhalts des Volltextes (V) nach der Literaturrecherche aus dem SLR entfernt wurden. Bis auf die Studie von Ng und Mohamad (2019), die, bezogen auf das PICO(S)-

Framework (siehe Tabelle 1) wegen des Vergleichswerts (C) exkludiert wurde, waren für alle anderen angeführten Studien die (zumeist studentischen) Studienteilnehmer*innen (P) das inhaltliche Ausschlusskriterium.

Tabelle 5

Exkludierte Studien

Studie	A	Z	V	Studie	A	Z	V
(Lin, 2012)	x			(Winebrenner, 2016)		x	
(Schilling, 2017)	x			(Schnotz et al., 2012)		x	
(Smith & Ayres, 2016)	x			(Janesar et al., 2013)		x	
(Jarmužek & Parol, 2021)	x			(Schweppe & Rummer, 2016)			x
(Absatova et al., 2018)	x			(Ng & Mohamad, 2019)			x
(Minder et al., 2012)	x			(Chen & Yen, 2021)			x
(Oberfoell & Correia, 2016)	x			(Hsu, 2017)			x
(Spilling et al., 2021)	x						

Für die verbliebenen sechs Studien wurden Variablen für die Codierungstabelle definiert. Da die Forschungsfrage darauf abzielt, eine Theorie zu testen, handelt es sich nach Oliver und Sutcliffe (2013, S. 148) um ein „categorical coding“, das in erster Linie a priori definierte Variablen verwendet. Neben allgemeinen Meta-Daten zu den Studien wurden Daten zum Testdesign, zu den Testmaterialien, den Studienteilnehmer*innen, den Datenanalysen und den angeführten Limitationen der Studien extrahiert und in die Codierungstabelle eingetragen.

Bei der Extraktion der Daten aus der Datenanalyse wurde jeweils vermerkt, ob ein Modalitätseffekt (ME) nachgewiesen werden konnte, ob kein Modalitätseffekt (KME) gemessen werden konnte, oder ob ein umgekehrter Modalitätseffekt (UME) dokumentiert wurde. Letzterer liegt vor, wenn der Lerneffekt bei Lernmaterialien mit einer Kombination aus Bildern und visuell präsentierten Texten signifikant höher ist als bei Lernmaterialien mit einer Kombination aus Bildern und auditiv präsentierten Texten (Low & Sweller, 2014, S. 240).

Die in Tabelle 6 und Tabelle 7 dargestellten Ergebnisse dieses Arbeitsprozesses wurden aus Gründen der Übersichtlichkeit komprimiert – die ursprünglichen, vollumfänglichen Codierungstabellen sind im Anhang (Tabelle 8 und Tabelle 9) zu finden.

Tabelle 6*Codierungstabelle mit extrahierten Daten, Teil 1*

	Rooha et al.	Leahy & Sweller	Kutbay & Akpinar
Metadaten			
Jahr	2021	2011	2020
Land	Indien	Australien	Türkei
Fokus	Alter Schüler*innen	Textlänge / Folie	Art der Abbildungen
Testdesign			
Auswahl	tw. randomisiert	?	tw. randomisiert
Gruppenzuteilung	randomisiert	randomisiert	randomisiert
Unabh. Variablen	Multimedia-Art	Multimedia-Art	Multimedia-Art
Abh. Variablen	Punkte Post-Test	Punkte Post-Test	Punktedifferenz Pre-Post-Test
Wissensarten	Reproduktion	Reproduktion Transfer	Reproduktion Transfer
Inhaltliche Validität extern geprüft	ja (6)	nein	ja (4)
Testbeurteilung	?	?	Lehrer
Testmaterial			
Wörter gesamt	?	668 / 576	715
Folien	?	70 / 112	24
Audio-Dauer (min)	?	10 / 14	6
Inhalt	?	Graphen (M)	Elektrizität (PH)
Geschwindigkeit	?	vorgegeben	selbstbestimmt
Studienteilnehmer*innen			
Anzahl	80	24 / 64	855
Alter	6-9	11-12	11-12
Datenanalyse			
Art	Häufigkeitsanalyse	t-Test	Varianzanalyse
Abhängigkeits-Check	Alter	-	Noten Pre-Test-Punkte
Ergebnisse	ME	UME (>Text / Folie) ME (<Text / Folie)	ME
Limitationen			
Angeführt	geringer Testumfang, wenige Teilnehmer*innen	kogn. Belastung nicht direkt gemessen	Willkürliche Stichpro- be, Lesefähigkeit nicht erhoben, keine spätere Messung, kein Eyetracking

Tabelle 7*Codierungstabelle mit extrahierten Daten, Teil 2*

	Liu et al.	Panagiotis et al.	Witteman & Segers
Metadaten			
Jahr	2019	2017	2010
Land	Taiwan	Griechenland	Niederlande
Fokus	Mobile Learning	-	Dauer des ME
Auswahl	?	randomisiert	?
Gruppenzuteilung	randomisiert	randomisiert	randomisiert
Unabh. Variablen	Multimedia-Art	Multimedia-Art	Multimedia-Art
Abh. Variablen	Punkte Post-Test Aufmerksamkeit	Punkte Post-Test	Punkte Post-Test
Wissensarten	Reproduktion Verständnis Transfer	Reproduktion	Reproduktion Transfer
Inhaltliche Validität extern geprüft	nein	nein	ja (2)
Testbeurteilung	?	?	Lehrer & Forscher
Testmaterial			
Wörter gesamt	?	?	1–2 Zeilen pro Folie
Folien	32	?	16
Audio-Dauer	4	2	?
Inhalt	Pflanzen (BU)	Dreiecke (M)	Elektrizität (PH)
Geschwindigkeit	selbstbestimmt	vorgegeben	selbstbestimmt
Studienteilnehmer*innen			
Anzahl	58	40	80
Alter	11-12	9-11	10-13
Datenanalyse			
Art	t-Test Varianzanalyse	t-Test	Varianzanalyse
Abhängigkeiten von Drittvariablen geprüft	Noten Pre-Test-Punkte	Alter	Interesse, räumliche Vorstellung, Lese- kompetenz, ... etc.
Ergebnisse	ME (Aufm. & Tra.) KME (Rep. & Verst.)	ME	KME (Tra. & Rep.1d) UME (Tra.1d & Rep.)
Limitationen			
Angeführt	kogn. Belastung nicht direkt gemessen	-	kein Eyetracking, etc.

4 Ergebnisse: Forschungsstand zum Modalitätseffekt in authentischen Schulsituationen

Greenhalgh und Brown (2014, S. 63–64) listen kritische Fragen zu möglichen methodisch verursachten Verzerrungen von Studienergebnissen auf. Bezugnehmend auf diese Fragen, lässt sich für die sechs in dieses SLR aufgenommenen Studien festhalten, dass es wohl keine Tendenz gab, Studien, die einen Modalitätseffekt nachwiesen, eher zu veröffentlichen als Studien, die keinen bzw. einen umgekehrten Modalitätseffekt attestierten. Nur jene drei Studien, deren Studiendesign ausschließlich das Alter (Rooha et al., 2021; Kutbay & Akpinar, 2020) als zusätzliche Einflussgröße in den Blick nahmen oder überhaupt andere Einflussgrößen außer Acht ließen (Panagiotis et al., 2017), kamen zum eindeutigen Ergebnis, dass die Anwendung des Modalitätsprinzips einen positiven Lerneffekt auf die Lernenden bewirkt. Leahy und Sweller (2011) kamen zu dem Ergebnis, dass sich der Modalitätseffekt ins Gegenteil verkehrt, wenn die Textlänge bzw. -komplexität pro Folie erhöht wird. Liu et al. (2019) wiesen mittels Eyetracking nach, dass die Aufmerksamkeit der Lernenden durch die Einhaltung des Modalitätsprinzips erhöht werden kann und dass auch in Bezug auf die Transferleistung der Lernenden ein Modalitätseffekt vorliegt. Für die beiden in der Lernzieltaxonomie nach Bloom (1956) untergeordneten Lernzielkategorien der Reproduktion und des Verständnisses konnten sie allerdings keinen Modalitätseffekt feststellen. Witteman und Segers (2010) attestierten der Reproduktionsleistung von Lernenden in einer ähnlichen Altersgruppe sogar einen umgekehrten Modalitätseffekt, erst beim Reproduktionstest einen Tag später war dann weder ein Modalitätseffekt noch ein umgekehrter Modalitätseffekt feststellbar. Beim Transfertest direkt im Anschluss an die Präsentation der Lehrmaterialien konnten sie – im Gegensatz zu Liu et al. – keinen Modalitätseffekt beobachten. Dafür wurde beim Transfertest einen Tag später ein umgekehrter Modalitätseffekt dokumentiert. Die Heterogenität der veröffentlichten Ergebnisse spricht demnach klar gegen einen sogenannten *publication bias* bzw. *reporting bias*.

Die Studie von Panagiotis et al. (2017) ist die einzige der sechs Studien, die eine echte Zufallsauswahl der Teilnehmer*innen dokumentiert, wobei bei nur vier teilnehmenden Schulen und nur 40 Studienteilnehmer*innen kein Anspruch auf Repräsentativität gestellt wird. Die Studie von Kutbay und Akpinar (2020) umfasste im Gegensatz dazu zwar 855 Teilnehmer*innen aus 34 Klas-

sen verschiedener Schulen, allerdings konnten sich die Schüler*innen freiwillig für eine Teilnahme melden, wodurch ebenfalls nicht von echter Repräsentativität gesprochen werden kann. Rooha et al. (2021) kontaktierten verschiedene Schulen und baten diese, Teilnehmer*innen für ihre Studie zu rekrutieren, wobei einige Exklusionskriterien festgelegt wurden. Wie die Schulen ihre Auswahl im Detail trafen, ist nicht dokumentiert – zumindest ansatzweise kann hier aber somit noch von einer Randomisierung des Auswahlverfahrens gesprochen werden. Die restlichen drei Studien haben kein randomisiertes Verfahren bei der Auswahl der Teilnehmer*innen dokumentiert, wodurch insgesamt der *selection bias* als relativ hoch angenommen werden muss und die Ergebnisse dieses SLR somit keine repräsentativen Verallgemeinerungen zulassen. Der *allocation bias* des SLR ist im Gegensatz dazu als gering einzuschätzen, da bei allen sechs Studien die Teilnehmer*innen zufällig in die verschiedenen Gruppen (in Bezug auf die Art der Multimedia-Präsentation) zugeteilt wurden.

Mayer und seinen Mitforscher*innen ist klar, dass die Gültigkeit der vergleichsweise simplen Implikation des Modalitätsprinzips für die Entwicklung von multimedialen Lehrmaterialien von verschiedenen Rahmenbedingungen abhängig ist (Mayer, 2014c, S. 12). Bezugnehmend auf Studiendesigns ähnlich konzipierter Studien zum Modalitätseffekt unter bestimmten Voraussetzungen bei erwachsenen Lernenden, nehmen auch fünf der sechs Studien dieses SLR sogenannte „boundary conditions“ in den Fokus. Leahy und Sweller (2011) variieren in ihrer Studie die Textlänge bzw. -komplexität pro Folie. Liu et al. (2019) sowie Witteman und Segers (2010) analysieren die Ergebnisse der Schüler*innen auf der Ebene der verschiedenen Wissenskategorien der Fragestellungen des Tests. Kutbay und Akpinar (2020) definieren als abhängige Variable die Punktedifferenz zwischen einem Pre-Test, der das Vorwissen der Schüler*innen abfragen sollte, und einem Post-Test, der das Wissen nach der Lehreinheit abprüfte. Dementsprechend wird dem Vorwissen der Schüler*innen beim Studiendesign Rechnung getragen. In fünf der sechs Studien dieses SLR wird weiters explizit angegeben, ob die Geschwindigkeit bei der Vermittlung der Lehrinhalte vorgegeben war oder von den Schüler*innen selbst bestimmt werden konnte. Aus der Wahl der einzelnen Studiendesigns bzw. auch aus den Resultaten der Studien dieses SLR wird demnach eindeutig ersichtlich, dass der Nachweis des Modalitätseffekts auch in authentischen Schulsituationen von einer Vielzahl von Drittvariablen abhängig ist.

Leahy und Sweller (2011) bestätigen in ihrer Studie die Vermutung, dass bei einer Erhöhung der Textlänge (bzw. der Komplexität des Textes) bei vorgegebener Vortragsgeschwindigkeit der Modalitätseffekt umgekehrt wird. In der Praxis würde diese Erkenntnis bedeuten, dass Schüler*innen relativ kurze und simple Texte auditiv als Ergänzung zu visuellen Abbildungen zur Verfügung gestellt werden sollten, während bei längeren und komplexeren Texten diese in visueller Form in die Lernmaterialien eingearbeitet und den Schüler*innen beliebig lange zur Verfügung gestellt werden sollten. Eine allgemein gültige Definition der Grenze zwischen kurzen und langen bzw. simplen und komplexen Texten dürfte sich allerdings als schwierig gestalten und ist mit hoher Wahrscheinlichkeit zusätzlich vom Vorwissen der Schüler*innen abhängig (Low & Sweller, 2014, S. 237).

Die Studienergebnisse von Liu et al. (2019) sowie Witteman und Segers (2010) zeigen die scheinbar komplexen Wechselwirkungen, die sowohl die Art der Wissenskategorie der Testung als auch der zeitliche Abstand der Testung zur Präsentation der Lernmaterialien auf den Modalitätseffekt ausüben. Während Panagiotis et al. (2017), Kutbay und Akpınar (2020) und Rooha et al. (2021) einen Modalitätseffekt bei Reproduktionsfragen direkt im Anschluss an die Präsentation der Lernmaterialien nachweisen konnten, lassen die Ergebnisse bei Liu et al. (2019) sowie Witteman und Segers (2010) keine eindeutigen Schlüsse mehr zu, da sich bei einer Variation der Wissenskategorie der Fragestellungen sowie bei später durchgeführten Testungen der Modalitätseffekt nicht mehr zeigte bzw. ein umgekehrter Modalitätseffekt nachgewiesen wurde. Für die Praxis in den Schulen stellt sich somit die Frage, ob eine Berücksichtigung des Modalitätsprinzips bei der Erstellung von Lernmaterialien überhaupt zielführend ist, da die Intention der Lehrpersonen wohl kaum sein wird, dass Schüler*innen ausschließlich Fragen auf der untersten Ebene der Wissenskategorien beantworten können – und das darüber hinaus nur für einen sehr begrenzten zeitlichen Rahmen.

Dass insgesamt nur sechs Studien Eingang in dieses SLR gefunden haben, obwohl die Ausschlusskriterien nicht allzu restriktiv erscheinen, legt die Vermutung nahe, dass das Modalitätsprinzip auch im Jahr 2021 noch eher selten in authentischen Schulsituationen erforscht wurde. Positiv zu vermerken ist, dass die Studien dieses SLR eine relativ breite Alterskohorte zwischen sechs und dreizehn Jahren abdecken, wobei der Fokus auf den Elf- bis Zwölfjähri-

gen liegt. Weiters positiv festzuhalten ist, dass die Studien in verschiedenen Ländern (Indien, Australien, Türkei, Taiwan, Griechenland, Niederlande) bzw. auf verschiedenen Kontinenten (Asien, Australien, Europa) durchgeführt wurden und somit auch kulturell und institutionell eine gewisse Bandbreite abdecken. In Bezug auf die Inhalte der Lernmaterialien wurden zumindest drei verschiedene Schulfächer für die Erstellung der Inhalte der Lernmaterialien herangezogen (Physik, Biologie, Mathematik) – auch wenn es somit eine eindeutig naturwissenschaftliche Tendenz gibt und Studien zu Lernmaterialien etwa aus einem geisteswissenschaftlichen Kontext eine interessante Ergänzung dargestellt hätten. Explizit als Limitation der Aussagekraft der Studienergebnisse auf Basis des jeweils eigenen Studiendesigns wurden Aspekte genannt wie eine fehlende direkte Messung der kognitiven Belastung, fehlende zusätzliche Messungen mittels Eye-Tracking, eine geringe Anzahl an Studienteilnehmer*innen oder eine ungenügende Berücksichtigung weiterer Einflussfaktoren. Die Studie von Panagiotis et al. (2017) ist im Übrigen die einzige, die nicht selbst Limitationen benennt – obwohl derer ähnliche vorliegen wie in den anderen fünf Studien.

Abgesehen von der fehlenden Repräsentativität aufgrund des oben dokumentierten und als hoch angenommenen *selection bias* kann insgesamt auf Basis der Qualität der Studien von geringen methodisch verursachten Verzerrungen ausgegangen werden. Die kumulative Conclusio der Studien legt nahe, dass das Auftreten des Modalitätseffekts in authentischen Schulsituationen von einer Reihe von Rahmenbedingungen abhängt, deren Wechselwirkungen eine Komplexität aufweisen, die konkrete Handlungsanweisungen zur Umsetzung des Modalitätsprinzips bei der Erstellung von multimedialen digitalen Lernmaterialien für Schüler*innen schwierig bis unmöglich erscheinen lässt. Die geringe Anzahl an Studien, die Eingang in dieses SLR gefunden haben, zeigt allerdings auch, dass im Bereich der Erforschung des Modalitätseffekts in authentischen Schulsituationen weiterhin Forschungsdesiderate vorliegen.

5 Reflexion des Vorgehens

Zu Beginn dieser Arbeit musste die Forschungsfrage – auf Anregung der Modulbetreuerin – noch präzisiert werden. Die ursprüngliche Idee, nach „Nachweisen für das Modalitätsprinzip“ in authentischen Schulsituationen zu forschen, war erstens terminologisch falsch formuliert („Modalitätsprinzip“ statt

„Modalitätseffekt“) und hätte zweitens all jene Studien ausgeschlossen, die keinen oder einen umgekehrten Modalitätseffekt feststellen konnten.

Die unterschiedlich ausgestalteten Suchmasken der einzelnen Datenbanken für die Literaturrecherche erschwerten ein einheitliches Vorgehen bei der Literatursuche (Details hierzu wurden bereits in Kapitel 3 dokumentiert) und resultierten in heterogenen Suchstrategien. Auf Basis der relativen Häufigkeit der in mehreren Suchmaschinen vorgefunden Studien (7/21, vgl. Abbildung 3) kann aber davon ausgegangen werden, dass die verschiedenen Suchstrategien doch zu ähnlichen Resultaten führten. Der Suchbegriff „modality effect“ erschwerte die Suchstrategie darüber hinaus, da die Suche nach der exakten Wortgruppe sehr eng konzipiert ist. Alternativ geprüfte Suchstrategien haben gezeigt, dass es Studien gäbe, die etwa die alternative Beschreibung „effects of modality“ im Titel oder Abstract verwenden. Der Versuch, den Suchbegriff entsprechend zu modifizieren, scheiterte allerdings an der vielschichtigen Wortbedeutung und der vielseitigen Verwendung des Wortes „modality“, wodurch die Anzahl der Suchergebnisse ein Ausmaß erreicht hätte, das im Rahmen dieser Arbeit nur schwer zu bewältigen gewesen wäre. Des Weiteren wurde im Rahmen dieses SLR aus Zeitgründen darauf verzichtet, die Literaturverzeichnisse der gefundenen Studien auf weitere für das SLR womöglich relevante Studien hin zu durchsuchen. Die letztlich gewählte Suchstrategie kann retrospektiv demnach als relativ eng bezeichnet werden, wodurch die Wahrscheinlichkeit, dass weitere für das SLR unter Umständen relevante Studien durch eine Optimierung bzw. Erweiterung der Suchstrategie auffindbar gewesen wären, als eher hoch angenommen werden kann.

Der Selektionsprozess jener Studien, die in das SLR aufgenommen wurden, verlief hingegen verhältnismäßig unproblematisch. Häufigstes Ausschlusskriterium für Studien war die Tatsache, dass eben jene Student*innen oder Lehrer*innen (statt Schüler*innen) als Untersuchungsobjekte anführten. Problematisch erscheint im Nachhinein in diesem Zusammenhang der in der Suche verwendete Begriff „classroom“, der vielfach auch für Lernräume in Universitäten gebraucht wird und dementsprechend unter Umständen exakter hätte definiert werden müssen. Dass von vereinzelten Studien Lehrer*innen statt Schüler*innen als Studienteilnehmer*innen ausgewiesen wurden, wäre angesichts der Forschungsfrage rein über eine Präzisierung des Suchbegriffs kaum zu verhindern gewesen. Ein expliziter Ausschluss des Begriffs „teacher“ hätte

etwa dazu geführt, dass viele Studien, in denen Lehrer*innen als Aufsichtspersonen der durchgeführten Experimente ausgewiesen werden, nicht in den Suchergebnissen aufgeschienen wären. Hier war eine entsprechende Sichtung des Abstracts bzw. des Volltextes unumgänglich. Letzterer war letztlich bei drei Suchergebnissen trotz zusätzlicher Recherchebemühungen nicht zugänglich und führte somit zu einer Exklusion dieser drei Studien. Kritisch könnte hier angemerkt werden, dass eine direkte Kontaktaufnahme mit den entsprechenden Autor*innen möglich gewesen wäre, wodurch unter Umständen ein Zugang zu den Volltexten erlangt werden hätte können. Um den strikten Zeitplan bei der Erstellung dieses SLR nicht zu gefährden, wurde allerdings aus zeitlichen Gründen auf diese Möglichkeit verzichtet.

Der Anspruch, alle Variablen der Codierungstabelle sinnvoll a priori festzulegen, konnte aufgrund der fehlenden Erfahrungswerte des Autors nicht vollumfänglich umgesetzt werden. Vor allem bei der Datenanalyse wurde die Heterogenität der methodischen Zugänge der jeweiligen Studien unterschätzt, wodurch mehrfach eine Re-Codierung vorgenommen werden musste, um sinnvolle Vergleichswerte sammeln zu können. Andere vordefinierte Variablen, wie etwa das Jahr der Datenerhebung, die Anzahl der teilnehmenden Schulklassen oder die gewählte Art der Audio-Stimme erwiesen sich als selten dokumentiert und daher wenig aussagekräftig für das SLR. Dafür wurden im Zuge der Codierung neue Variablen wie etwa die Anzahl der Wörter (pro Folie) oder die Prüfung der inhaltlichen Validität durch externe Personen aufgrund der inhaltlichen Analyse der Studien noch im Nachhinein hinzugefügt, da sie vom Autor des SLR vorab nicht in Betracht gezogen worden waren. Insgesamt sind in der abschließenden Codierungstabelle aber mehr als zwei Drittel der Variablen tatsächlich a priori definiert worden.

Bei der Synthese des SLR wurde darauf verzichtet, die konkreten statistischen Kennzahlen anzuführen, da bei nur sechs inkludierten Studien und einer großen Heterogenität sowohl in Bezug auf Methoden als auch auf Ergebnisse eben jene Kennzahlen der Ansicht des Autors nach kaum für Vergleiche geeignet erschienen. Würde bei einem künftigen SLR zu diesem Forschungsthema die Anzahl der inkludierten Studien höher sein, würde eine Einbeziehung dieser Kennzahlen allerdings durchaus sinnvoll sein.

Abschließend sei noch vermerkt, dass ein von nur einer einzelnen Person durchgeführtes SLR nach Einschätzung des Autors wohl letzten Endes bis zu

einem gewissen Grad den hohen Ansprüchen an ein ebensolches kaum genügen kann. Sowohl in der angeführten Literatur zu SLR ist stets von Reviewern in der Mehrzahl zu lesen, als auch die beispielhaft im Rahmen dieses Moduls vorgestellten SLR sind – mit Ausnahme von Lo (2020) – allesamt von mehreren Autor*innen durchgeführt worden. Vor allem ein zufriedenstellendes Niveau für die Gütekriterien Reliabilität und Objektivität erscheint in Bezug auf ein SLR von einer Einzelperson nicht erreichbar zu sein.

6 Zusammenfassung und Fazit

Die aus der CTML von Mayer abgeleiteten Designprinzipien für multimediale digitale Lernmaterialien wurden in den letzten beiden Jahrzehnten ausführlich erforscht – allerdings selten mit Schüler*innen in authentischen Schulsituationen. Dieses SLR ging daher der Frage nach, welche Befunde zur Effektivität in Bezug auf eines der bekanntesten Designprinzipien Mayers – dem Modalitätsprinzip – in authentischen Schulsituationen seit 2010 vorliegen. Die geringe Anzahl an in facheinschlägigen Datenbanken gefunden Studien und die Heterogenität der Ergebnisse eben jener (in Abhängigkeit von der Gestaltung verschiedenster zusätzlicher Einflussfaktoren) legen zwei Schlussfolgerungen nahe: Einerseits scheinen auch im Jahre 2021 weiterhin kaum Studien zum Modalitätseffekt in authentischen Schulsituationen vorzuliegen. Andererseits zeugen die wenigen vorliegenden Studien aus verschiedenen Ländern mit Schüler*innen unterschiedlicher Altersgruppen davon, dass das Modalitätsprinzip nicht zu simplen Handlungsempfehlungen für Lehrer*innen bei der Erstellung multimedialer digitaler Lernmaterialien führen kann, sondern einer Reihe komplexer Nebenbedingungen unterworfen ist, die konkrete Implikationen für die Lehr-Lern-Praxis kaum zulässt. Diese Nebenbedingungen des Modalitätsprinzips, wie etwa die Textlänge pro Folie oder die Geschwindigkeit der visuellen bzw. auditiven Präsentation, müssten sowohl einzeln als auch in ihrem Zusammenspiel von künftigen Studien in authentischen Schulsituationen in den Fokus gerückt werden. Aktuell sind derlei Befunde in unzureichendem Ausmaß vorhanden und in ihren Ergebnissen zu wenig einheitlich, als dass man auf Basis dieses SLR klare Empfehlungen für die Erstellung multimedialer digitaler Lernmaterialien abgeben könnte.

Literaturverzeichnis

- Absatova, K., Machinskaya, P. & Frolova, K. A. (2018). An output modality affects the retention of information in working memory in primary school children, adolescents and adults: An ontogenetic study. *Zhurnal Vysshei Nervnoi Deyatelnosti Imeni I.P. Pavlova*, 68(3), 349–365. <https://doi.org/10.7868/S0044467718030085>
- Baddeley, A. (1992). Working memory. *Science (New York, N.Y.)*, 255(5044), 556–559.
- Baddeley, A. D. & Hitch, G. (1974). Working Memory. *Psychology of learning and motivation*, 8, 47–89. [https://doi.org/10.1016/S0079-7421\(08\)60452-1](https://doi.org/10.1016/S0079-7421(08)60452-1)
- Bloom, B. S. (1956). *Taxonomy of educational objectives: The classification of educational goals*. McKay.
- Brunton, G., Stansfield, C. & Thomas, J. (2013). Finding relevant studies. In D. Gough, S. Oliver & J. Thomas (Hrsg.), *An introduction to systematic reviews* (S. 107–134). SAGE.
- Butcher, K. R. (2014). The Multimedia Principle. In R. E. Mayer (Hrsg.), *Cambridge handbooks in psychology. The Cambridge handbook of multimedia learning* (2. Aufl., S. 174–205). Cambridge University Press.
- Chandler, P. & Sweller, J. (1991). Cognitive Load Theory and the Format of Instruction. *Cognition and Instruction*, 8(4), 293–332.
- Chen, C.-Y. & Yen, P.-R. (2021). Learner control, segmenting, and modality effects in animated demonstrations used as the before-class instructions in the flipped classroom. *Interactive Learning Environments*, 29(1), 44–58. <https://doi.org/10.1080/10494820.2019.1572627>
- Cherry, G. M. & Dickson, R. (2014). Defining My Review Question and Identifying Inclusion Criteria. In A. Boland, G. M. Cherry & R. Dickson (Hrsg.), *Doing a systematic review: A student's guide* (S. 17–34). SAGE.
- Dowd, A. C. & Johnson, R. M. (2020). Why Publish a Systematic Review: An Editor's and Reader's Perspective. In O. Zawacki-Richter, M. Kerres, S. Bedenlier, M. Bond & K. Buntins (Hrsg.), *Systematic Reviews in Educational Research* (S. 69–90). Springer Fachmedien Wiesbaden.

- Dundar, Y. & Fleeman, N. (2014). Developing My Search Strategy and Applying Inclusion Criteria. In A. Boland, G. M. Cherry & R. Dickson (Hrsg.), *Doing a systematic review: A student's guide* (S. 35–60). SAGE.
- Gough, D., Oliver, S. & Thomas, J. (2013). Introducing systematic reviews. In D. Gough, S. Oliver & J. Thomas (Hrsg.), *An introduction to systematic reviews* (S. 1–16). SAGE.
- Gough, D., Thomas, J. & Oliver, S. (2012). Clarifying differences between review designs and methods. *Systematic reviews*, 1.
- Greenhalgh, J. & Brown, T. (2014). Quality Assessment: Where Do I Begin? In A. Boland, G. M. Cherry & R. Dickson (Hrsg.), *Doing a systematic review: A student's guide* (S. 61–84). SAGE.
- Grünberger, N., Bauer, R. & Krameritsch, H. (2020). Kartographierung des Digitalen in der Bildung: Über den Versuch des Abbildens, Ordnen und (Neu-)Denkens eines umfassenden Digitalisierungsbegriffs. In R. Bauer, J. Hafer, S. Hofhues, M. Schiefner-Rohs, A. M. Thillosen, B. Volk & K. Wannenmacher (Hrsg.), *Medien in der Wissenschaft: Bd. 76. Vom E-Learning zur Digitalisierung: Mythen, Realitäten, Perspektiven* (S. 116–133). Waxmann.
- Harskamp, E. G., Mayer, R. E. & Suhre, C. (2007). Does the modality principle for multimedia learning apply to science classrooms? *Learning and Instruction*, 17(5), 465–477. <https://doi.org/10.1016/j.learninstruc.2007.09.010>
- Hsu, W. (2017). The modality effect of input repetition on vocabulary consolidation. *Konińskie Studia Językowe*, 5(4), 403–424.
- Janesar, F., Hassanabadi, H. & Sharifi, M. (2013). Effect of modality and speed control presentation on efficiency multimedia instruction in second grade students high school. *New Educational Approaches*, 8(2), 113–132.
- Jarmużek, T. & Parol, A. (2021). On Some Language Extension of Logic MR: A Semantic and Tableau Approach. *Roczniki Filozoficzne*, 68(4), 345–366. <https://doi.org/10.18290/rf20684-16>
- Krotz, F. (2001). *Die Mediatisierung kommunikativen Handelns: Der Wandel von Alltag und sozialen Beziehungen, Kultur und Gesellschaft durch die Medien*. VS Verlag für Sozialwissenschaften. <https://doi.org/10.1007/978-3-322-90411-9>

- Kutbay, E. & Akpınar, Y. (2020). Investigating Modality, Redundancy and Signaling Principles with Abstract and Concrete Representation. *International Journal of Education in Mathematics, Science and Technology*, 8(2), 131–145.
- Leahy, W. & Sweller, J. (2011). Cognitive load theory, modality of presentation and the transient information effect. *Applied Cognitive Psychology*, 25(6), 943–951. <https://doi.org/10.1002/acp.1787>
- Lin, H. (2012). *Effects of Multimedia Vocabulary Annotations on Vocabulary Learning and Text Comprehension in ESP Classrooms*.
- Liu, T.-C., Lin, Y.-C., Gao, Y. & Paas, F. (2019). The modality effect in a mobile learning environment: Learning from spoken text and real objects. *British Journal of Educational Technology*, 50(2), 574–586. <https://doi.org/10.1111/bjet.12605>
- Lo, C. K. (2020). Systematic Reviews on Flipped Learning in Various Education Contexts. In O. Zawacki-Richter, M. Kerres, S. Bedenlier, M. Bond & K. Buntins (Hrsg.), *Systematic Reviews in Educational Research* (S. 129–144). Springer Fachmedien Wiesbaden.
- Low, R. & Sweller, J. (2014). The Modality Principle in Multimedia Learning. In R. E. Mayer (Hrsg.), *Cambridge handbooks in psychology. The Cambridge handbook of multimedia learning* (2. Aufl., S. 227–246). Cambridge University Press.
- Mayer, R. E. (2008). Applying the science of learning: evidence-based principles for the design of multimedia instruction. *The American psychologist*, 63(8), 760–769. <https://doi.org/10.1037/0003-066X.63.8.760>
- Mayer, R. E. (Hrsg.). (2014a). *Cambridge handbooks in psychology. The Cambridge handbook of multimedia learning* (2. Aufl.). Cambridge University Press.
- Mayer, R. E. (2014b). Cognitive Theory of Multimedia Learning. In R. E. Mayer (Hrsg.), *Cambridge handbooks in psychology. The Cambridge handbook of multimedia learning* (2. Aufl., S. 43–71). Cambridge University Press.
- Mayer, R. E. (2014c). Introduction to Multimedia Learning. In R. E. Mayer (Hrsg.), *Cambridge handbooks in psychology. The Cambridge handbook of multimedia learning* (2. Aufl., S. 1–26). Cambridge University Press.

- Minder, S., Notari, M., Schmitz, F. & Woermann, U. (2012). Computer Generated Voice-Over in a Medical ELearning Application: The Impact on Factual Learning Outcome. *Journal of Universal Computer Science*, 18(3), 314–326.
- Newman, M. & Gough, D. (2020). Systematic Reviews in Educational Research:: Methodology, Perspectives and Application. In O. Zawacki-Richter, M. Kerres, S. Bedenlier, M. Bond & K. Buntins (Hrsg.), *Systematic Reviews in Educational Research* (S. 3–22). Springer Fachmedien Wiesbaden.
- Ng, P. J. & Mohamad, M. (2019). Effects of Redundancy and Modality Principle in Multimedia Learning: Concentration on Motivation and Gender Differences among Primary School Students. *Journal of ICT in Education*, 1, 42–53.
- Niegemann, H. M., Domagk, S., Hessel, S., Hein, A., Hupfer, M. & Zobel Annett. (2008). *Kompendium multimediales Lernen*. X.media.press. Springer.
- Oberfoell, A. & Correia, A. (2016). Understanding the role of the modality principle in multimedia learning environments. *Journal of Computer Assisted Learning*, 32(6), 607–617. <https://doi.org/10.1111/jcal.12157>
- Oliver, S., Dickson, K. & Newman, M. (2013). Getting started with a review. In D. Gough, S. Oliver & J. Thomas (Hrsg.), *An introduction to systematic reviews* (S. 66–82). SAGE.
- Oliver, S. & Sutcliffe, K. (2013). Describing and analysing studies. In D. Gough, S. Oliver & J. Thomas (Hrsg.), *An introduction to systematic reviews* (S. 135–152). SAGE.
- Page, M. J., McKenzie, J. E., Bossuyt, P. M., Boutron, I., Hoffmann, T. C., Mulrow, C. D., Shamseer, L., Tetzlaff, J. M., Akl, E. A., Brennan, S. E., Chou, R., Glanville, J., Grimshaw, J. M., Hróbjartsson, A., Lalu, M. M., Li, T., Loder, E. W., Mayo-Wilson, E., McDonald, S., . . . Moher, D. (2021). The PRISMA 2020 statement: an updated guideline for reporting systematic reviews. *Systematic reviews*, 10(1), Artikel 89. <https://doi.org/10.1186/s13643-021-01626-4>
- Paivio, A. (1986). *Mental representations: A dual coding approach*. Oxford psychology series: Bd. 9. Oxford University Press.

- Panagiotis, I., Evdoxia, R. & Theodoros, I. (2017). Pictures with narration versus pictures with on-screen text during teaching mathematics. *Research in Pedagogy*, 7(2), 57–68. <https://doi.org/10.17810/2015.48>
- Rooha, A., Anil, M. A. & Bhat, J. S. (2021). Pictures over words: a cross-sectional study reporting short term memory abilities in children. *F1000Research*, 9, 380. <https://doi.org/10.12688/f1000research.23378.3>
- Schilling, J. (2017). Instructional Strategy: Didactic Media Presentation to Optimize Student Learning. *Athletic Training Education Journal*, 12(1), 51–58. <https://doi.org/10.4085/120151>
- Schmidt-Borcherding, F. (2020). Zur Lernpsychologie von Erklärvideos: Theoretische Grundlagen. In S. Dorgerloh & K. D. Wolf (Hrsg.), *Lehren und Lernen mit Tutorials und Erklärvideos* (1. Aufl., S. 63–70). Beltz.
- Schnotz, W., Baadte, C., Johnson, A. & Mengelkamp, C. (2012). Knowledge Acquisition from Verbal and Pictorial Information. In J. R. Kirby & M. J. Lawson (Hrsg.), *Enhancing the Quality of Learning* (S. 339–365). Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/CBO9781139048224.019>
- Schweppe, J. & Rummer, R. (2016). Integrating written text and graphics as a desirable difficulty in long-term multimedia learning. *Computers in Human Behavior*, 60, 131–137. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2016.02.035>
- Smith, A. & Ayres, P. (2016). Investigating the Modality and Redundancy Effects for Learners with Persistent Pain. *Educational Psychology Review*, 28(2), 401–424. <https://doi.org/10.1007/s10648-014-9293-z>
- Spilling, E. F., Rønneberg, V., Rogne, W. M., Roeser, J. & Torrance, M. (2021). Handwriting versus keyboarding: Does writing modality affect quality of narratives written by beginning writers? *Reading and Writing*. Vorab-Onlinepublikation. <https://doi.org/10.1007/s11145-021-10169-y>
- Sweller, J. (1988). Cognitive load during problem solving: Effects on learning. *Cognitive Science*, 12(2), 257–285.
- Wetterich, C. & Plänitz, E. (2021). *Systematische Literaturanalysen in den Sozialwissenschaften: Eine praxisorientierte Einführung*. Verlag Barbara Budrich.

- Winebrenner, S. (2016). Teaching students about their own modality strengths can lead to positive learning outcomes. *Learning: Research and Practice*, 2(2), 160–164. <https://doi.org/10.1080/23735082.2016.1207357>
- Witteman, M. J. & Segers, E. (2010). The modality effect tested in children in a user-paced multimedia environment. *Journal of Computer Assisted Learning*, 26(2), 132–142. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2729.2009.00335.x>
- Zawacki-Richter, O., Kerres, M., Bedenlier, S., Bond, M. & Buntins, K. (Hrsg.). (2020). *Systematic Reviews in Educational Research*. Springer Fachmedien Wiesbaden. <https://doi.org/10.1007/978-3-658-27602-7>
- Zumbach, J. (2010). *Lernen mit neuen Medien: Instruktionspsychologische Grundlagen. Kohlhammer Standards Psychologie*. Kohlhammer Verlag.

Anhang

Tabelle 8

Codierungstabelle mit allen extrahierten Daten, Teil 1

Metadaten	Rooha et al.	Leahy & Sweller	Kutbay & Akpinar
Jahr der Veröffentlichung	2020	2011	2020
Jahr der Datenerhebung	2018-2020	?	?
Land	Indien	Australien	Türkei
Test-Rahmenbedingungen			
Art	Reproduktionstest	Reproduktions- bzw. Transfertest	Pre-Post-Unterschied
Auswahlverfahren	randomisiert	?	gesamte Klasse
Gruppeneinteilung	randomisiert	randomisiert	randomisiert
unabhängige Variablen	Multimedia-Bedingungen (visuell-auditiv zu auditiv)	Multimedia-Bedingungen	Multimedia-Bedingungen, Noten, Punkte am Pre-Test
abhängige Variablen	Punkte bei Test	Punkte bei Test	Unterschied der Punkte zwischen Pre- und Post-Test
Inhaltliche Validität des Tests von externen Prüfern sichergestellt	ja (6)	nein	ja (4)
Art der Fragestellungen	Wörter erinnern	1 Konstruktionsaufgabe 7 offene Fragen	Multiplechoice (20) 1 aus 4
Wissenskategorien der Fragestellungen	Reproduktionsaufgaben	1 Reproduktionsaufgabe 7 Transferaufgaben	9 Fragen zu deklarativem Wissen, 11 Fragen zu prozeduralem Wissen
Testbeurteilung durch	?	?	Lehrer
Weiterer Fokus	Alter der Teilnehmer*innen	Textlänge und -komplexität pro Folie	Abstrakte und konkrete Abbildungen
Multimedia-Material			
Anzahl Sätze	?	?	82
Anzahl Wörter	?	668 / 576	715
Anzahl Folien	?	70 / 112	24
Audio-Länge	?	10 min 5 sek / 14 min 27 sek	6 min 7 sek
Audio-Stimme	?	?	?
Inhalt	?	Graphen interpretieren (Mathematik)	Elektrizität (Physik)
Geschwindigkeit	?	vorgegeben	selbstbestimmt
Untersuchungsobjekte			
Anzahl	80	24 / 64	855
Schulen	?	1 / 2	4
Klassen	?	1 / 3	34
Alter	6-9	11-12	11-12
Datenanalyse			
Testart	Häufigkeit	Varianzanalyse	T-Tests
Vorab-Check	Varianzanalyse Alter und Punkte bzw. Pearson Korrelation	nein	auf Normalverteilung Varianz-Analyse mit Noten, Pre-Test-Punkte
Zufällige Gruppenverteilung überprüft	ja	nein	ja
1. T-Test			t(171)=2.31, p=2.2%, d=0.35 (deklarativ)
2. T-Test			t(148)=2.49, p=1.4%, d=0.35 (prozedural)
Varianzanalyse 1		F(1,22)=6.36, MSE=589.8, p=2% (mehr Text / Folie) RMEI	
Varianzanalyse 2		F(1,60)=4.2, MSE=678.51, p=4% (weniger Text / Folie)	
Varianzanalyse 3			
Varianzanalyse 4			
Häufigkeitsanalyse	auditiv-visuell: beinahe 100% Reproduktion nur auditiv: deutlich schwächer, mit zunehmenden Alter aber immer höher		
Limitationen			
erwähnt	sehr geringer Umfang des Testmaterials wenige Teilnehmer*innen	kognitive Belastung nicht direkt gemessen	Stichprobenauswahl willkürlich, Variablen Lesefähigkeit und Einstellung nicht gemessen, keine Messung zu späterem Zeitpunkt, Eyetracking wäre von Vorteil

Tabelle 9

Codierungstabelle mit allen extrahierten Daten, Teil 2

Metadaten	Liu et al.	Panagiotis et al.	Witteman & Segers
Jahr der Veröffentlichung	2019	2017	2010
Jahr der Datenerhebung	?	?	?
Land	Taiwan	Griechenland	Niederlande
Test-Rahmenbedingungen			
Art	Test verschiedener Wissenskategorien Aufmerksamkeitsbeobachtung (Video)	Reproduktions-Test	3 Phasen (direkt danach, 1 Tag später, 1 Woche später), 2 Wissenskategorien (Reproduktion, Transfer)
Auswahlverfahren	?	randomisiert	?
Gruppeneinteilung	randomisiert	randomisiert	randomisiert
unabhängige Variablen	Multimedia-Bedingungen	Multimedia-Bedingungen	Multimedia-Bedingungen
abhängige Variablen	Punkte bei Reproduktions-Test Punkte bei Verständnis-Test Punkte bei Transfer-Test Aufmerksamkeit	Punkte bei Reproduktions-Test	Punkte bei Reproduktions-Test Punkte bei Transfer-Test
Inhaltliche Validität des Tests von externen Prüfern sichergestellt	nein	nein	ja (2)
Art der Fragestellungen	Multiplechoice (12) 1 aus 4 / (6) 1 aus 5 Konstruktionsaufgaben	Offene Fragen (6)	Appendix mit Fragen nicht gefunden
Wissenskategorien der Fragestellungen	18 Reproduktionsaufgaben 2 Konstruktionsaufgaben 18 Transferaufgaben	Reproduktion	Reproduktion Transfer
Testbeurteilung durch	?	?	Lehrer, teilweise (10%) Forscher zusätzlich (inter-rater reliability 92%)
Weiterer Fokus	Mobile Lernumgebungen	-	Dauer des Modalitätseffekts
Multimedia-Material			
Anzahl Sätze	?	?	?
Anzahl Wörter	?	?	1 - 2 Zeilen pro Folie
Anzahl Folien	32	?	16
Audio-Länge	3 min 57 sek	2 min	?
Audio-Stimme	weiblich	?	männlich, lokale Stimme
Inhalt	Pflanzen (Biologie)	Mathematik (Dreiecke)	Physik (Elektrizität)
Geschwindigkeit	selbstbestimmt	vorgegeben	selbstbestimmt
Untersuchungsobjekte			
Anzahl	58	40	80
Schulen	1	4	1
Klassen	?	?	?
Alter	11-12	9-11	10-13
Datenanalyse			
Testart	T-Test, Varianzanalyse	T-Test	Varianzanalyse
Vorab-Check	Verteilung der Punkte bei Pre-Test, Verteilung der Noten in Science und Chinesisch T-Tests mit Noten, Pre-Test-Punkte Varianzanalyse für Gruppenvergleich bei verschiedenen Wissenskategorien	Durchschnittsalter der Gruppen	Indiv. Unterschiede (Generalisierte lineare Modelle): Bevorzugte Art der Präsentation Interesse am Gegenstand Vorwissen Lesekompetenzen räumliches Vorstellungsvermögen Schulnoten Kapazitäten des Arbeitsgedächtnisses (visuell + auditiv)
Zufällige Gruppenverteilung überprüft	ja	nein	ja
1. T-Test	t(56)=3.14, p<1%, d=0.82 (Anzahl Beobachtungen)	t(29,57)=5.3, p<1%	
2. T-Test	t(56)=11.86, p<0.1%, d=3.12 (Dauer der Beobachtung)		
Varianzanalyse 1	F(1,55)=0.32, MSE=6.56, p>5% (Reproduktion)		B=1.162, p=3.5% (Reproduktion, direkt danach) RMEI
Varianzanalyse 2	F(1,55)=0.26, MSE=4.15, p>5% (Verständnis)		B=-0.3, p=94.6% (Reproduktion, 1 Tag danach)
Varianzanalyse 3	F(1,55)=7.08, MSE=4.45, p<5% (Transfer)		B=-0.208, p=45.1% (Transfer, direkt danach)
Varianzanalyse 4			B=0.614, p=2.4% (Transfer, 1 Tag danach) RMEI
Häufigkeitsanalyse			
Limitationen			
erwähnt	kognitive Belastung nicht direkt gemessen	-	Testablauf unabhängig von bevorzugter Art der Präsentations Eyetracking wäre von Vorteil