

Cem Aydin Salim

**Die Untersuchung adaptiver  
Lernsettings im Themenbereich  
„Schwimmen und Sinken“ im  
naturwissenschaftlichen Unterricht**

λογος

# Studien zum Physik- und Chemielernen

Herausgegeben von Martin Hopf und Mathias Ropohl

Diese Reihe im Logos Verlag Berlin lädt Forscherinnen und Forscher ein, ihre neuen wissenschaftlichen Studien zum Physik- und Chemielernen im Kontext einer Vielzahl von bereits erschienenen Arbeiten zu quantitativen und qualitativen empirischen Untersuchungen sowie evaluativ begleiteten Konzeptionsentwicklungen zu veröffentlichen. Die in den bisherigen Studien erfassten Themen und Inhalte spiegeln das breite Spektrum der Einflussfaktoren wider, die in den Lehr- und Lernprozessen in Schule und Hochschule wirksam sind.

Die Herausgeber hoffen, mit der Förderung von Publikationen, die sich mit dem Physik- und Chemielernen befassen, einen Beitrag zur weiteren Stabilisierung der physik- und chemiedidaktischen Forschung und zur Verbesserung eines an den Ergebnissen fachdidaktischer Forschung orientierten Unterrichts in den beiden Fächern zu leisten.

Martin Hopf und Mathias Ropohl

*Studien zum Physik- und Chemielernen*

Band 375



Cem Aydin Salim

**Die Untersuchung adaptiver  
Lernsettings im Themenbereich  
„Schwimmen und Sinken“ im  
naturwissenschaftlichen Unterricht**

Logos Verlag Berlin



## *Studien zum Physik- und Chemielernen*

Martin Hopf und Mathias Ropohl [Hrsg.]

Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek

Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <http://dnb.d-nb.de> abrufbar.



Dieses Werk ist lizenziert unter der Creative Commons Attribution 4.0 Lizenz CC BY-NC-ND (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>). Die Bedingungen der Creative-Commons-Lizenz gelten nur für Originalmaterial. Die Wiederverwendung von Material aus anderen Quellen (gekennzeichnet mit Quellenangabe) wie z. B. Schaubilder, Abbildungen, Fotos und Textauszüge erfordert ggf. weitere Nutzungsgenehmigungen durch den jeweiligen Rechteinhaber.

Logos Verlag Berlin GmbH 2024

ISBN 978-3-8325-5787-4

ISSN 1614-8967

DOI 10.30819/5787

Logos Verlag Berlin GmbH  
Georg-Knorr-Str. 4, Geb. 10  
D-12681 Berlin

Tel.: +49 (0)30 / 42 85 10 90

Fax: +49 (0)30 / 42 85 10 92

<https://www.logos-verlag.de>



**Pädagogische Hochschule Freiburg**  
Université des Sciences de l'Éducation · University of Education

**Die Untersuchung adaptiver  
Lernsettings im Themenbereich  
„Schwimmen und Sinken“  
im naturwissenschaftlichen Unterricht**

Von der Pädagogischen Hochschule Freiburg  
zur Erlangung des Grades  
eines Doktors der Philosophie (Dr. phil.)

genehmigte Dissertation von  
Cem Aydin Salim  
aus Gengenbach





Promotionsfach: Physik

Erstgutachterin: Prof. Dr. Silke Mikelskis-Seifert

Zweitgutachterin: Prof. Dr. Maja Brückmann



# Inhaltsverzeichnis

<b>I Einleitung</b> .....	1
<b>II Theoretischer Teil</b> .....	7
<b>1. Das Thema Schwimmen und Sinken</b> .....	9
1.1 Motivation der Wahl des Unterrichtsgegenstands Schwimmen und Sinken ....	9
1.2 Physikalischer Hintergrund zum Schwimmen und Sinken .....	10
1.2.1 Dichte .....	10
1.2.2 Druck in einem ruhenden Fluid.....	12
1.2.3 Auftrieb und archimedisches Prinzip.....	14
1.2.4 Verkürzte Darstellungen zum Schwimmen und Sinken.....	16
1.3 Bestehende Unterrichtsansätze und ausgewählte Forschungsbefunde zum Schwimmen und Sinken.....	18
1.3.1 Bestehende Unterrichtsansätze und ausgewählte Forschungsbefunde im Kindergarten und in der Sekundarstufe I.....	18
1.3.2 Bestehende Unterrichtsansätze und ausgewählte Forschungsbefunde im Primarbereich .....	20
1.3.2.1 Interventionsstudien im Primarbereich .....	21
1.3.2.2 Schülervorstellungen im Primarbereich.....	25
1.3.3 Implikationen für die eigene Forschungsarbeit .....	28
1.4 Zusammenfassung .....	29
<b>2. Das Medium Comic</b> .....	31
2.1 Definition – Was ist ein Comic? .....	31
2.2 Der Comic als Lernmaterial im Unterricht.....	34
2.2.1 Einsatz von Comics im Unterricht.....	34
2.2.2 Comics als Chance für den Unterricht? .....	35
2.2.2.1 Lernunterstützung durch die Struktur eines Comics .....	35
2.2.2.2 Lernunterstützung durch Text-Bild-Kombinationen .....	38
2.2.2.2.1 Cognitive Load Theory .....	40
2.2.2.2.2 Theorien zum Lernen mit Multimedia .....	43
2.2.2.3 Förderung affektiver Aspekte durch Comics .....	49
2.2.3 Forschungsstand zur Lernwirksamkeit von Comics als Lernmaterial .....	50
2.2.4 Implikationen für die eigene Forschungsarbeit .....	53
2.3 Zusammenfassung .....	53
<b>3. Konzept zur Gestaltung des Lernmaterials für die eigene Intervention</b> .....	55
3.1 Adaptive Lernsettings.....	55
3.1.1 Definition – Was sind adaptive Lernsettings? .....	55
3.1.2 Relevanz – Warum braucht es adaptive Lernsettings? .....	57
3.1.2.1 Heterogenität.....	57

3.1.2.2	Expertise-Umkehr-Effekt .....	58
3.1.2.3	Förderung/Erhaltung der Motivation beim Lernen.....	59
3.1.3	Ausgewählte Forschungsbefunde zur Wirkung von adaptivem Unterricht.....	60
3.1.4	Implikationen für die eigene Forschungsarbeit .....	62
3.2	Gestaltung eines eigenen Comics .....	63
3.2.1	Gestaltungsprinzipien.....	65
3.2.2	Visualisierungsarten.....	69
3.3	Zusammenfassung .....	72
<b>4.</b>	<b>Forschungsfragen und Hypothesen.....</b>	<b>75</b>
<b>III</b>	<b>Empirischer Teil.....</b>	<b>81</b>
<b>5.</b>	<b>Anlage der Untersuchung .....</b>	<b>83</b>
5.1	Überblick über die Untersuchungen .....	83
5.2	Pilotierung I.....	84
5.2.1	Ziele .....	84
5.2.2	Stichprobe.....	85
5.2.3	Ergebnisse.....	85
5.2.4	Fazit .....	89
5.3	Pilotierung II.....	90
5.3.1	Ziele .....	90
5.3.2	Stichprobe.....	91
5.3.3	Ergebnisse.....	92
5.3.4	Fazit .....	97
5.4	Hauptuntersuchung.....	97
5.4.1	Untersuchungsdesign .....	98
5.4.2	Stichprobe.....	98
5.4.3	Ablauf der Hauptuntersuchung .....	100
5.4.4	Ablauf und Bestandteile der Intervention.....	101
5.4.4.1	Beschreibung des Unterrichtsmaterials .....	104
5.4.4.2	Variation des Unterrichtsmaterials.....	105
5.4.4.2.1	Unterschied Comic MIT Vis versus Comic OHNE Vis.....	106
5.4.4.2.2	Unterschied Comic versus KEIN Comic.....	106
5.5	Untersuchungsinstrumente der Hauptuntersuchung.....	107
5.5.1	Fachwissenstest zum Schwimmen und Sinken.....	108
5.5.2	Erfassung selbstbezogener Schülermerkmale (Prä/Post) .....	111
5.5.3	Leseverständnis – ELFE II und Lehrereinschätzung.....	113
5.6	Zusammenfassung .....	113
<b>6.</b>	<b>Auswertung und Ergebnisse .....</b>	<b>117</b>
6.1	Überblick über die Variablen.....	117

6.1.1	Fachwissen zum Schwimmen und Sinken.....	118
6.1.2	Leseverständnis .....	118
6.1.3	Lesen von Comics in der Freizeit.....	119
6.1.4	Selbstkonzept Sachunterricht und Selbstkonzept Lesen.....	119
6.1.5	Selbstwirksamkeit zum Schwimmen und Sinken .....	120
6.1.6	Interesse an der Intervention .....	120
6.2	Lernwirksamkeitsanalyse des konzipierten Lernmaterials.....	120
6.2.1	Auswertung und Interpretation der Daten.....	121
6.2.2	Prüfung eines Testwiederholungseffekts.....	122
6.3	Forschungsfragen 1 und 2 .....	122
6.3.1	Prüfung der Eingangsvoraussetzungen der drei Interventionsgruppen....	122
6.3.2	Forschungsfrage 1 – Auswertung und Interpretation der Daten.....	124
6.3.3	Beantwortung der Forschungsfrage 1 und Fazit für die Unterrichtspraxis.....	127
6.3.4	Forschungsfrage 2 – Auswertung und Interpretation der Daten.....	129
6.3.5	Beantwortung der Forschungsfrage 2 und Fazit für die Unterrichtspraxis.....	138
6.4	Forschungsfrage 3.....	142
6.4.1	Kategorisierung der Schüler/innen in höhere und niedrigere Lernvoraussetzungen.....	143
6.4.2	Hat das Lesen von Comics in der Freizeit einen Einfluss auf den Lernerfolg?.....	143
6.4.3	Auswertung und Interpretation der Daten.....	146
6.4.4	Beantwortung der Forschungsfrage 3 und Fazit für die Unterrichtspraxis.....	149
6.5	Zusammenfassung.....	151
<b>IV Zusammenfassung, Diskussion und Ausblick .....</b>		<b>155</b>
<b>V Anhang.....</b>		<b>169</b>
A.1	Fragebogen zum Schwimmen und Sinken.....	171
A.2	Reliabilitätsanalysen der verwendeten Skalen.....	193
A.3	Post-Hoc-Tests der ANOVAs .....	195
<b>Abbildungsverzeichnis .....</b>		<b>197</b>
<b>Tabellenverzeichnis.....</b>		<b>199</b>
<b>Literaturverzeichnis.....</b>		<b>201</b>
<b>Danksagung .....</b>		<b>217</b>



Teil I  
Einleitung





# I Einleitung

*„Ich denke, dass Dinge schwimmen,  
wenn sie wenig wiegen und sinken,  
wenn sie viel wiegen.“*

Mit diesen Worten antwortet ein Grundschüler der vierten Klasse auf die Frage, woran es liegt, dass manche Gegenstände schwimmen und andere sinken. Die Aussage zeigt, dass der Schüler die Masse als entscheidende Größe für das Schwimmverhalten eines Gegenstands betrachtet. Möglicherweise hat er im Alltag mehrfach beobachtet, wie Gegenstände mit hohen Massen sinken, und ist von der Korrektheit seiner Antwort überzeugt. Aus physikalischer Sicht spielen beim Schwimmen und Sinken neben der Masse allerdings weitere Variablen wie das Volumen des Gegenstands oder die Dichte des Mediums, in dem der Gegenstand untersucht wird, eine Rolle.

Das physikalische Phänomen des Schwimmens und Sinkens taucht in vielen Bereichen unseres täglichen Lebens auf. Deshalb ist es nicht überraschend, dass bereits im naturwissenschaftlichen Sachunterricht der Grundschule versucht wird, den Schüler/innen ein grundlegendes Verständnis für die physikalischen Gesetzmäßigkeiten im Wasser zu vermitteln. Da die Thematik vielen Schüler/innen allerdings Probleme bereitet (z.B. K. Möller, 1999; Smith et al., 1985), sind verschiedene Lernunterstützungsmaßnahmen maßgeblich für den Wissenserwerb (K. Möller, 2006).

Bestandteil dieser Forschungsarbeit sind Interventionsstudien, in denen das Thema Schwimmen und Sinken im Sachunterricht der Grundschule gelehrt wird. Als Unterrichtsmaterial kommen dabei Comics zum Einsatz, welche speziell für die Interventionsstudien erstellt wurden und durchgängig Bestandteil des Unterrichts sind. Sie dienen der Anleitung von Experimenten und enthalten Arbeitsaufträge. Außerdem sind Lernaufgaben in den Comics integriert, welche von den Schüler/innen schriftlich zu lösen sind.

Comics werden eingesetzt, da sie die Möglichkeit bieten, den Lerngegenstand durch Sequenzen zu strukturieren. Außerdem können Text-Bild-Kombinationen die Schüler/innen sprachlich unterstützen und den Aufbau eines mentalen Modells begünstigen (z.B. R. E. Mayer, 2012, 2022; R. E. Mayer & Moreno, 2003). Comics können also lernunterstützend wirken.

Grundschulkindern sind in vielerlei Hinsicht heterogen. Beispielsweise unterscheiden sie sich hinsichtlich ihrer Lernvoraussetzungen (z.B. Martschinke & Frank, 2002; Stanat et al., 2017). Aus der Forschung ist bekannt, dass Schüler/innen mit unterschiedlichen Lernvoraussetzungen nicht gleichermaßen von Lernunterstützungen profitieren (z.B. Kalyuga, 2008; Kalyuga et al., 1998; H. Lee et al., 2006; Spanjers et al., 2011; Yeung et al., 1998). Der Expertise-Umkehr-Effekt besagt, dass Lernende mit niedrigeren Lernvoraussetzungen von Unterstützungsmaßnahmen profitieren, aber solche Unterstützungen umgekehrt bei Ler-

nenden mit günstigeren Voraussetzungen nachteilig sind (Kalyuga, 2007; Kalyuga et al., 2003). Erklärt wird der Effekt unter anderem mit der Cognitive Load Theory (Sweller, 1988, 1994, 2010, 2012; Sweller et al., 2011; Sweller et al., 2019). Diese geht davon aus, dass das Arbeitsgedächtnis lediglich eine begrenzte Anzahl an Informationen aufnehmen kann und überflüssige Informationen kontraproduktiv sind. Das Arbeitsgedächtnis der Schüler/innen mit höheren Lernvoraussetzungen wird also belastet anstatt entlastet, wenn sie Informationen erhalten, die sie nicht benötigen. Schüler/innen mit niedrigeren Lernvoraussetzungen wiederum können ohne Lernunterstützungen kognitiv überfordert werden und sind auf diese angewiesen (z.B. Arnold, 2015; Kalyuga, 2008; Lipowsky, 1999; K. Möller, 2006).

Grundsätzlich wurde der Expertise-Umkehr-Effekt in ersten Untersuchungen der Sekundarstufe I nachgewiesen (z.B. Kalyuga et al., 1998; H. Lee et al., 2006; Richter et al., 2018; Spanjers et al., 2011; Yeung et al., 1998), jedoch unzureichend in der Primarstufe. Im Bereich der Grundschule liegen bislang keine aufschlussreichen Untersuchungen vor. Die vorliegende Arbeit soll dazu beitragen, diese Forschungslücke zu schließen.

Dafür werden für die Interventionsstudien dieser Forschungsarbeit zwei differenzielle Comics erstellt. Die Comics unterscheiden sich dabei in ihrer Gestaltung, um Schüler/inne/n mit unterschiedlichen Lernvoraussetzungen gerecht zu werden. Der eine Comic enthält zusätzliche Lernunterstützungen in Form von Visualisierungen, um Schüler/innen mit niedrigeren Lernvoraussetzungen (sprachlich und kognitiv) zu unterstützen. Der andere Comic enthält keine zusätzlichen Lernunterstützungen in Form von Visualisierungen. Dieser wird für Schüler/innen mit höheren Lernvoraussetzungen erstellt.

Die beiden Comicvarianten werden als adaptive Lernsettings verstanden. Bei der Gestaltung der Comics wird versucht, diese an die Lernvoraussetzungen (niedrigere versus höhere) der Schüler/innen anzupassen. Die Comicvarianten als adaptive Lernsettings sollen dabei eine differenzielle und gezielte Förderung der Schüler/innen ermöglichen und den Lernerfolg im naturwissenschaftlichen Sachunterricht unterstützen.

### **Ziel der Forschungsarbeit**

Bestandteil der vorliegenden Forschungsarbeit sind quasi-experimentelle Interventionsstudien im Sachunterricht der Grundschule. Das übergeordnete Ziel der Arbeit ist es zu analysieren, inwiefern verschiedene Schülermerkmale und der Lernerfolg von Schüler/inne/n im Themenbereich Schwimmen und Sinken von differenziellen Lernmaterialien beeinflusst werden.

Da es Hinweise aus der Lehr-Lernforschung gibt, dass Lernende mit verschiedenen Lernvoraussetzungen unterschiedlich gefördert werden können (z.B. Jiang et al., 2018; Kalyuga, 2008; Kalyuga et al., 1998; Kalyuga et al., 2001; C. H. Lee & Kalyuga, 2011; H. Lee et al., 2006; McNamara et al., 1996; Pollock et al., 2002; Richter & Scheiter, 2019; Richter et al., 2016, 2018; Roelle & Berthold, 2013; Spanjers et al., 2011), finden außerdem Untersuchun-

gen mit Blick auf die Lernvoraussetzungen der Schüler/innen statt. Dadurch können mögliche differenzielle Auswirkungen der Lernmaterialien eruiert werden. Auf Basis der Ergebnisse werden Empfehlungen für die Unterrichtspraxis ausgesprochen.

## **Aufbau der Arbeit**

Die vorliegende Arbeit ist in die vier Bereiche „Einleitung“, „Theoretischer Teil“, „Empirischer Teil“ sowie „Zusammenfassung, Diskussion und Ausblick“ gegliedert.

Teil II legt den Grundstein der Forschungsarbeit. Dort wird der theoretische Hintergrund zum Thema Schwimmen und Sinken sowie zum Medium Comic beleuchtet und ein Konzept zur Gestaltung des Lernmaterials für den Unterricht der Interventionsstudien dargelegt. Kapitel 1 befasst sich dabei mit dem theoretischen Hintergrund zum Schwimmen und Sinken. Es wird zunächst veranschaulicht, warum das Thema als Unterrichtsgegenstand für die Interventionsstudien Verwendung findet. Danach wird das Schwimmen und Sinken aus physikalischer Sicht beleuchtet. Anschließend werden Forschungsbefunde hinsichtlich der Lehr-Lern-Forschung aufgezeigt.

Im zweiten Kapitel folgt der theoretische Rahmen zum Comic als Medium. Es wird definiert, was unter einem Comic zu verstehen ist. Außerdem erfolgt eine Analyse des Comics als unterrichtliches Lernmaterial.

Im dritten Kapitel steht ein Konzept zur Gestaltung des Lernmaterials für die eigenen Interventionsstudien im Fokus. Hierbei wird auf die Theorie von sogenannten adaptiven Lernsettings eingegangen. Im Anschluss daran wird ein Konzept zur Gestaltung eines eigenen Comics zum Schwimmen und Sinken vorgestellt.

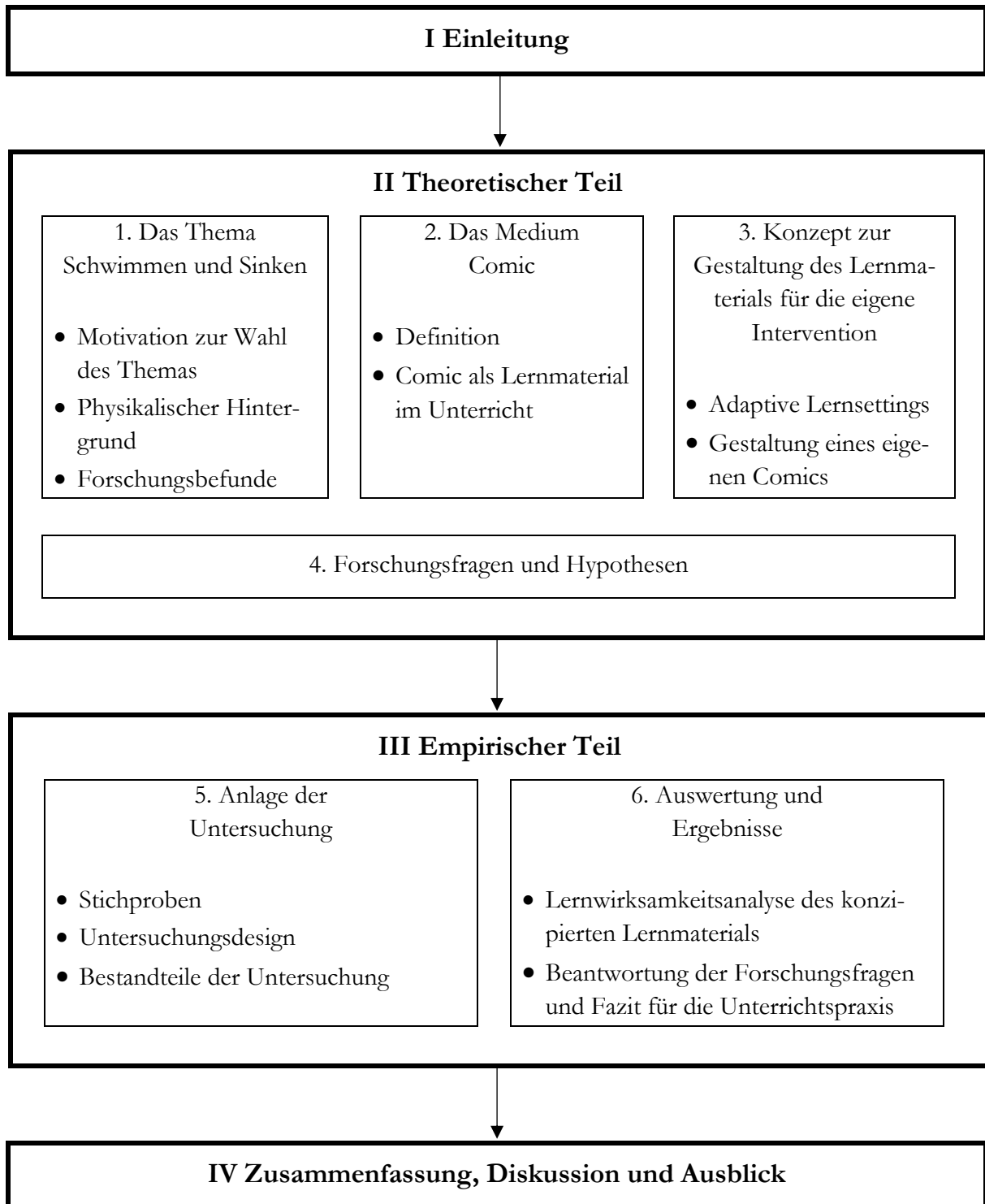
Am Ende des theoretischen Teils werden in Kapitel 4 die Forschungsfragen und Hypothesen der Arbeit formuliert.

In Teil III dieser Dissertation wird die empirische Umsetzung der Forschungsarbeit dargelegt. Im Rahmen des fünften Kapitels findet die Beschreibung der Anlage der Untersuchung statt (Strichproben, Untersuchungsdesign und Untersuchungsinstrumente).

Die Auswertung und Interpretation der Daten sind anschließend Inhalt des sechsten Kapitels. Hierbei erfolgt eine Lernwirksamkeitsanalyse der konzipierten Lernmaterialien, die Beantwortung der Forschungsfragen und eine Diskussion der Ergebnisse.

In Teil IV der Arbeit werden die theoretischen Hintergründe und empirischen Befunde zusammengefasst. Bestandteil dieses Schlussteils ist außerdem eine Diskussion zur Forschungsarbeit und ein Ausblick in mögliche weiterführende Studien.

Die nachfolgende Abbildung gibt einen Überblick über den Aufbau der vorliegenden Dissertation.



Teil II  
Theoretischer Teil



# 1. Das Thema Schwimmen und Sinken

Bestandteil dieser Forschungsarbeit sind Interventionsstudien im naturwissenschaftlichen Unterricht der Primarstufe, in der das konzeptuelle Verständnis zum Schwimmen und Sinken gefördert werden soll. In diesem Kapitel wird zunächst die Motivation aufgegriffen, warum das Thema als Unterrichtsgegenstand für die Interventionsstudien gewählt wird (Abschnitt 1.1). Danach erfolgt ein Aufriss des physikalischen Hintergrunds zum Schwimmen und Sinken (Abschnitt 1.2), um die relevanten physikalischen Größen des Themas aufzuzeigen. Anschließend werden bestehende Unterrichtsansätze und ausgewählte Forschungsbefunde zum Schwimmen und Sinken beleuchtet (Abschnitt 1.3).

## 1.1 Motivation der Wahl des Unterrichtsgegenstands Schwimmen und Sinken

Im folgenden Abschnitt wird die Motivation dargelegt, warum das Schwimmen und Sinken als Unterrichtsgegenstand für die eigenen Interventionsstudien in der Primarstufe gewählt wird. Dabei sind drei Merkmale für die Wahl maßgeblich, die nachfolgend beschrieben werden.

- Als erstes ist die curriculare Bedeutung des Themas aufzuführen. Das Unterrichtsthema Schwimmen und Sinken taucht in beinahe allen Bundesländern in den Lehrplänen oder Kerncurricula für den Primar- und Sekundarbereich auf (Rösch et al., 2017). Das Thema ist dabei über verschiedene Schulstufen hinweg Bestandteil des naturwissenschaftlichen Unterrichts. Die Existenz eines bildungsstufenübergreifenden Spiralcurriculums ist daher nicht verwunderlich. Ziel dieses Spiralcurriculums ist es, die Kompetenzen der Kinder und Jugendlichen im Bereich Schwimmen und Sinken vom Kindergarten, über die Grundschule bis hin zur Sekundarstufe I stufengerecht zu fördern und die Übergänge (vom Kindergarten in die Grundschule und von der Grundschule in die Sekundarstufe I) zu vereinfachen (Rösch et al., 2017).
- Zweiter Grund für die Wahl des Unterrichtsgegenstands ist die Alltagsrelevanz und damit verbunden das große Interesse von Grundschulkindern, das Thema zu bearbeiten (K. Möller & Wyssen, 2017). Das Phänomen des Schwimmens und Sinkens begegnet bereits jungen Kindern in vielen verschiedenen Situationen. Ob beim Baden in der Badewanne, beim Tauchen im Schwimmbad, beim Schwimmenlassen von Ästen im See oder beim Beobachten von Schiffen im Meer – das Thema ist in der Lebenswelt der Kinder präsent und Gegenstand eigenständiger Erfahrungen und Denkweisen. Zum einen ergeben sich dadurch Möglichkeiten für Lehrende, an vorunterrichtliche Erfahrungen anzuknüpfen und das Interesse der Lernenden zu wecken. Zum anderen stellt dies eine große Herausforderung für die Lehrenden dar, da potenzielle Schülerfehlvorstellungen fest verankert sind

und ein Konzeptwechsel zu wissenschaftlich korrekten Vorstellungen schwierig ist (Schecker et al., 2018).

- Ein weiterer zentraler Grund für die Wahl des Themas ist das Bestehen zahlreicher und jahrelang andauernder Forschung im Bereich Schwimmen und Sinken im schulischen Kontext (z.B. Jonen & Möller, 2005; K. Möller, 1999; K. Möller et al., 2002; Paik et al., 2017; Teo et al., 2017). Dadurch können zum Beispiel Instruktionsmaßnahmen gewählt werden, welche bereits empirisch als lernförderlich identifiziert wurden. Außerdem kann auf Forschungsbefunde zu Schülervorstellungen zurückgegriffen werden. Dadurch können bekannte Schülervorstellungen während der Intervention adressiert und aufgearbeitet werden.

### 1.2 Physikalischer Hintergrund zum Schwimmen und Sinken

Zum Verständnis des Phänomens des Schwimmens und Sinkens spielen verschiedene physikalische Größen wie die Dichte, die Masse, das Volumen, der Druck oder der Auftrieb eine Rolle. In diesem Abschnitt wird der physikalische Hintergrund des Schwimmens und Sinkens dargestellt, um eine fachliche Grundlage für die nachfolgenden Kapitel zu schaffen. Dabei findet zunächst die Beschreibung der Dichte als physikalische Größe statt (Abschnitt 1.2.1). Danach wird der Druck in einem ruhenden Fluid (Abschnitt 1.2.2) beleuchtet, um anschließend den Auftrieb und das archimedische Prinzip (Abschnitt 1.2.3) zu thematisieren. Abschließend erfolgt eine Erklärung des Phänomens des Schwimmens und Sinkens mithilfe von zwei verkürzten Darstellungen (Abschnitt 1.2.4).

#### 1.2.1 Dichte

Das Verhältnis zwischen der Masse  $m$  eines Körpers zum Volumen  $V$  des Körpers ist als die mittlere Dichte bekannt:

$$\rho = \frac{m}{V}$$

Als Formelzeichen für die mittlere Dichte findet der griechische Buchstabe  $\rho$  (rho) Verwendung. Sie wird meist in der SI-Einheit *Kilogramm pro Kubikmeter* oder in *Gramm pro Kubikzentimeter* angegeben. Da eine übliche Volumeneinheit für Flüssigkeiten der Liter  $l$  ist, wird bei Flüssigkeiten auch die Einheit *Kilogramm pro Liter* verwendet. In dieser Einheit beträgt die mittlere Dichte von Wasser mit einer Temperatur von 4 °C zum Beispiel  $1 \frac{kg}{l}$ .

Die Dichte ist im Wesentlichen eine Materialeigenschaft eines Körpers und beispielsweise unabhängig von seiner Form. Über sie können die Bedingungen zum Schwimmen und Sinken abgeleitet werden. Hat ein Körper eine höhere mittlere Dichte als das Medium, in dem er untersucht wird, dann sinkt er. Bei gleicher mittlerer Dichte von Körper und Medium,



schwebt der Körper. Bei einer geringeren mittleren Dichte des Körpers im Vergleich zum Medium, schwimmt der Körper.

Einen Einblick in die Dichten verschiedener Materialien beziehungsweise Gegenstände gibt Tabelle 1.1.

Material beziehungsweise Gegenstand	Dichte in $\frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$
Interstellarer Raum	$10^{-20}$
Bestes Laborvakuum	$10^{-17}$
Luft: 20 °C und 1,013 <i>bar</i> Druck	1,21
20 °C und 50,66 <i>bar</i> Druck	60,5
Styropor	$1 \cdot 10^2$
Eis	$0,917 \cdot 10^3$
Wasser: 20 °C und 1,013 <i>bar</i> Druck	$0,998 \cdot 10^3$
20 °C und 50,66 <i>bar</i> Druck	$1,000 \cdot 10^3$
Meerwasser: 20 °C und 1,013 <i>bar</i> Druck	$1,024 \cdot 10^3$
Blut	$1,60 \cdot 10^3$
Eisen	$7,9 \cdot 10^3$
Quecksilber	$13,6 \cdot 10^3$
Gold	$19,3 \cdot 10^3$
Erde: Durchschnittswert	$5,5 \cdot 10^3$
Kern	$9,5 \cdot 10^3$
Kruste	$2,8 \cdot 10^3$
Sonne: Durchschnittswert	$1,4 \cdot 10^3$
Kern	$1,6 \cdot 10^3$
Weißer Zwerg (Kern)	$10^{10}$
Uran (Kern)	$3 \cdot 10^{17}$
Neutronenstern (Kern)	$10^{18}$
Schwarzes Loch (1 Sonnenmasse)	$10^{19}$

Tabelle 1.1: Einblick in einige Dichten (Koch et al., 2007)

Neben der mittleren Dichte ist der Begriff der relativen Dichte eines Körpers geläufig. Diese stellt das Verhältnis der Dichte eines Materials zu einer Referenz dar. Beispielsweise hat Gold, wenn als Referenz Wasser hinzugezogen wird, eine relative Dichte von 19.3. Diese Zahl kommt zustande, da Gold eine 19.3-fache Masse des gleichen Volumens an Wasser hat.

Es ist bekannt, dass sich die Dichte von Materialien mit der Temperatur oder dem Einwirken von Druck verändert. Die meisten Materialien dehnen sich zum Beispiel mit steigender Temperatur aus, wodurch sich deren Dichte verändert.

Bei Feststoffen und Flüssigkeiten kommt es bei Erwärmung oder Hinzugabe von Druck allerdings nur zu einer geringen Ausdehnung. Aufgrund der marginalen Volumenänderung kann die Abhängigkeit der Dichte von Temperatur und Druck bei Festkörpern und Flüssigkeiten daher als näherungsweise unabhängig angesehen werden. Bei Gasen ist dies wiederum anders. Die Dichte hängt hier von der Temperatur und dem Druck ab (siehe Beispiel Luft in Tabelle 1.1). Deshalb müssen diese Größen immer zusammen mit der Dichte angegeben werden (Tipler & Mosca, 2009).

### 1.2.2 Druck in einem ruhenden Fluid

Beim Eintauchen eines Körpers in ein Fluid<sup>1</sup> entsteht eine Kraft, die das Fluid auf die Oberfläche des Körpers ausübt. Diese Kraft  $F$ , welche von der Wirkungsfläche  $A$  abhängt und senkrecht zur Oberfläche des Körpers gerichtet ist, nennt man den Druck  $p$  des Fluids:

$$p = \frac{F}{A}$$

Die Maßeinheit des Drucks ist *Pascal*. Sie ist nach Blaise Pascal benannt und definiert als *Newton pro Quadratmeter*. Außerdem ist das *Bar* als Einheit geläufig. Dabei entsprechen  $10^5$  *Pascal* einem *bar*.

Sporttaucher wissen, dass der Druck im Wasser mit der Tiefe zunimmt. Ebenso ist Bergsteigern eine Abnahme des Drucks mit steigender Höhe bekannt. Der gemessene Druck wird dabei als hydrostatischer Druck bezeichnet, da beide Male von ruhenden (statischen) Fluiden ausgegangen wird (Koch et al., 2007). Im Folgenden wird der hydrostatische Druck in Bezug auf die Höhe beziehungsweise Tiefe am Beispiel Wasser hergeleitet, indem ein/e Wassersäule/Zylinder mit der Querschnittsfläche  $A$  betrachtet wird. Abbildung 1.1 veranschaulicht solch eine Wassersäule.

---

<sup>1</sup> Gase und Flüssigkeiten werden in der Physik als Fluide bezeichnet.

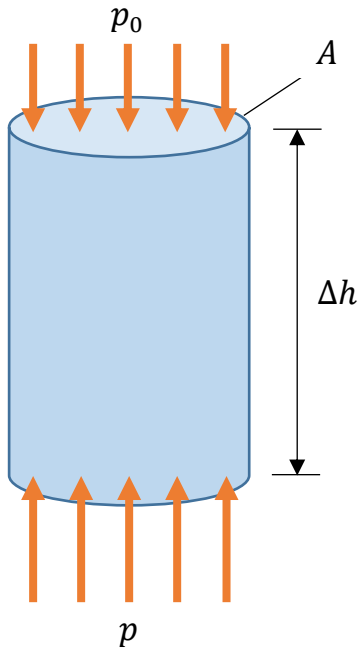


Abbildung 1.1: Wassersäule in Anlehnung an Tipler und Mosca (2009)

Am Boden der Wassersäule lastet deren eigene Gewichtskraft mit der Höhe  $\Delta h$ . Aus diesem Grund muss der Druck am Boden größer sein als am oberen Ende, um die Gewichtskraft des darüber lastenden Wassers auszugleichen. Die Wassersäule übt folgende Gewichtskraft aus:

$$F_G = m \cdot g = (\rho \cdot V) \cdot g = \rho \cdot A \cdot \Delta h \cdot g$$

Gemäß Abbildung 1.1 wird der obere Druck der Wassersäule als  $p_0$  und der untere Druck als  $p$  bezeichnet. Durch den Druckunterschied kommt eine nach oben resultierende Kraft zustande, die als Auftriebskraft  $F_A$  bezeichnet wird:

$$F_A = p \cdot A - p_0 \cdot A$$

Wird die Auftriebskraft  $F_A$  mit der Gewichtskraft  $F_G$  der Wassersäule gleichgesetzt, geht folgendes hervor:

$$p \cdot A - p_0 \cdot A = \rho \cdot A \cdot \Delta h \cdot g$$

Nach einer Umstellung nach  $p$  ergibt sich:

$$p = p_0 + \rho \cdot g \cdot \Delta h$$

Dabei kann angenommen werden, dass die Dichte  $\rho$  bei Flüssigkeiten näherungsweise konstant bleibt (siehe Abschnitt 1.2.1). Der Druck in einer Flüssigkeit nimmt folglich linear mit der Tiefe (Steigerung von  $\Delta h$ ) zu (Tipler & Mosca, 2009). Er hängt dabei nicht von einer horizontalen Abmessung des Fluids oder des Behälters ab und ist unabhängig von der Form des Behälters. Des Weiteren ist der Druck an allen Punkten der identischen Tiefe gleich.

### *Hinweis*

Bei dieser Herleitung wurde lediglich der Druck, der auf die Ober- und Unterseite der Wassersäule wirkt, berücksichtigt. Wird davon ausgegangen, dass die Wassersäule von weiterem Wasser umgeben ist, würde Druck auch vertikal (senkrecht auf die Mantelfläche der Wassersäule) wirken. Außerdem ist Druck eine skalare Größe. In Abbildung 1.1 wird dieser allerdings richtungsabhängig dargestellt. Der Druck wird dort definiert als die Kraft, die senkrecht auf die Querschnittsfläche  $A$  wirkt (Tipler & Mosca, 2009).

### 1.2.3 Auftrieb und archimedisches Prinzip

Wenn ein Körper in Wasser eingetaucht wird, wirkt auf ihn eine nach oben gerichtete Kraft. Diese Kraft wird als Auftriebskraft  $F_A$  (oder kurz Auftrieb) bezeichnet. Die Ursache des Auftretens der Auftriebskraft ist der unterschiedliche hydrostatische Druck zwischen der Ober- und Unterseite des eingetauchten Körpers (siehe Abschnitt 1.2.2) beispielsweise in Wasser.

Neben der Auftriebskraft wirkt bekanntermaßen die Gravitationskraft  $F_G$  auf einen Körper. Sie ist diejenige Kraft, der wir im Alltag ständig ausgesetzt sind. Die Ursache der Gewichtskraft  $F_G$  eines Körpers ist die Anziehung zwischen der Erde und dem Körper. Sie kann als Produkt der Masse eines Körpers  $m_{\text{Körper}}$  mit der Fallbeschleunigung  $g$  berechnet werden:

$$F_G = m_{\text{Körper}} \cdot g$$

Inwiefern eine Erklärung zum Schwimmen und Sinken mithilfe der Auftriebs- und Gewichtskraft erfolgen kann, wird nachfolgend beschrieben. Dazu wird Abbildung 1.2 herangezogen, um die Kräfte zu veranschaulichen.

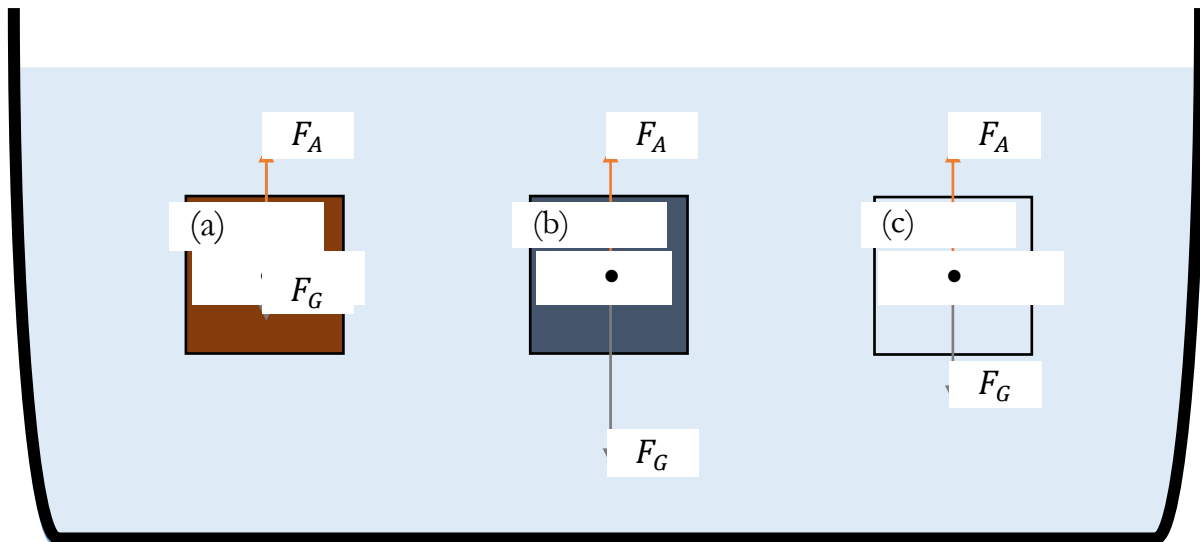


Abbildung 1.2: Vergleich Gewichts- und Auftriebskraft

Abbildung 1.2 zeigt drei Körper aus unterschiedlichen Materialien: (a) Holz, (b) Stein und (c) Wasser. Körper (a) und Körper (b) befinden sich nicht im statischen Gleichgewicht. Bei Körper (a) aus Holz ist der Betrag der nach unten gerichteten Gravitationskraft  $F_G$  kleiner als der Betrag der nach oben gerichteten Auftriebskraft  $F_A$ . Körper (a) aus Holz erfährt daher eine Beschleunigung nach oben. Im Gegensatz dazu ist der Betrag der nach unten gerichteten Gravitationskraft  $F_G$  bei Körper (b) aus Stein größer als der Betrag der nach oben gerichteten Auftriebskraft  $F_A$ . Körper (b) aus Stein wird deshalb nach unten beschleunigt und sinkt auf den Boden des Behälters. Körper (c) befindet sich im Gegensatz zu Körper (a) und (b) im statischen Gleichgewicht. Das heißt, dass der Betrag der nach unten gerichteten Gravitationskraft  $F_G$  und der Betrag der nach oben gerichteten Auftriebskraft  $F_A$  gleich sind. Dementsprechend wird Körper (c) aus Wasser weder nach oben noch nach unten beschleunigt. Das bedeutet, der Körper schwebt im Wasser.

Zu Körper (a) aus Holz ist folgendes zu erwähnen: Der Körper befindet sich lediglich in der Position wie in Abbildung 1.2 dargestellt, weil er durch äußeres Einwirken ins Wasser gedrückt wurde. Da der Betrag der nach oben gerichteten Auftriebskraft  $F_A$  jedoch größer ist als der Betrag der nach unten gerichteten Gravitationskraft  $F_G$ , wird der Körper nach oben beschleunigt. Wenn der Körper oben angelangt, kommt er zu einem bestimmten Zeitpunkt zur Ruhe. Dann ist der Betrag der beiden Kräfte gleich groß. Das heißt, der Körper befindet sich bei einer bestimmten Eintauchtiefe im statischen Gleichgewicht, wobei sich ein Teil des Körpers über und ein Teil sich unter der Wasseroberfläche befindet. Der Körper verdrängt somit nach wie vor Wasser. Dabei gilt im Allgemeinen, je mehr Wasser verdrängt wird, desto höher ist der Betrag der Auftriebskraft  $F_A$ .

Die geschilderten Betrachtungen anhand der Körper gelten in allen Fluiden und lassen sich mit dem archimedischen Prinzip zusammenfassen:

Ein Körper, der ganz oder teilweise in einem Fluid eingetaucht ist, erfährt eine Auftriebskraft. Der Betrag der Auftriebskraft  $F_A$  ist gleich dem Betrag der Gewichtskraft  $F_G$  des durch den Körper verdrängten Fluids.

Die auf einen Körper wirkende Auftriebskraft  $F_A$  ist dabei:

$$F_A = m_{\text{Fluid}} \cdot g$$

Als  $m_{\text{Fluid}}$  ist die Masse des Fluids zu sehen, die vom Körper verdrängt wird.

### 1.2.4 Verkürzte Darstellungen zum Schwimmen und Sinken

Es wurde aufgezeigt, dass beim Schwimmen und Sinken verschiedene physikalische Größen eine Rolle spielen, die für eine vollständige Erklärung des Phänomens relevant sind. Oft wird die Erklärung des Phänomens jedoch lediglich in verkürzter Form dargestellt. Beispielsweise erfolgt eine Darstellung mithilfe eines Kräftevergleichs zwischen der Auftriebskraft  $F_A$  und Gewichtskraft  $F_G$  eines Körpers oder mithilfe eines Dichtevergleichs zwischen einem Körper und dem Fluid, in dem der Körper untersucht wird. Beide Darstellungen werden im Folgenden beschrieben.

#### *Kräftevergleich*

Zur verkürzten Erklärung, ob etwas schwimmt, schwebt oder sinkt werden oft die wirkenden Kräfte herangezogen. Das Schwimmverhalten eines Körpers wird dabei durch die Gewichtskraft des Körpers und die ihm in entgegengesetzter Richtung wirkende Auftriebskraft erklärt.

Ein Körper schwebt, wenn die Gewichtskraft des Körpers genauso groß ist wie die Auftriebskraft. Wenn ein Körper in ein Fluid (beispielsweise in Wasser) gedrückt wird und dessen Gewichtskraft kleiner ist als die Auftriebskraft, steigt dieser nach oben. Dort schwimmt/ruht er letztlich, sobald dessen Gewichtskraft genauso groß ist wie die Auftriebskraft, während sich ein Teil des Körpers außerhalb des Fluids befindet.

Die Gewichtskraft  $F_G$  eines Körpers kann als Produkt der Masse eines Körpers  $m_{\text{Körper}}$  mit der Fallbeschleunigung  $g$  berechnet werden:

$$F_G = m_{\text{Körper}} \cdot g$$

Die Auftriebskraft wiederum wirkt auf Körper, die ganz oder teilweise in eine Flüssigkeit oder ein Gas eingetaucht werden. Der Betrag der Auftriebskraft  $F_A$  ist:

$$F_A = m_{\text{Fluid}} \cdot g = \rho_{\text{Fluid}} \cdot V_{\text{Fluid}} \cdot g$$

Dabei ist  $m_{Fluid}$  die Masse des Fluids,  $\rho_{Fluid}$  die Dichte des Fluids und  $V_{Fluid}$  das Volumen des verdrängten Fluids. Wird das Schwimmverhalten eines Körpers in Salzwasser untersucht, so ist als Fluid das Salzwasser zu sehen.

Bei diesem Erklärungsansatz wird nicht darauf eingegangen, dass der unterschiedliche Druck zwischen der Ober- und Unterseite eines eingetauchten Körpers zur Erklärung des Phänomens beiträgt. Ebenso rückt ein Dichtevergleich zwischen Körper und Fluid in den Hintergrund. Aus diesem Grund handelt es sich lediglich um einen verkürzten Erklärungsansatz.

### *Dichtevergleich*

Das Schwimmen und Sinken wird außerdem oft verkürzt mithilfe eines Dichtevergleichs zwischen der Dichte eines Körpers in Bezug auf die Dichte des Fluids, in dem der Körper untersucht wird, beschrieben. Die Bedingungen zum Schwimmen und Sinken werden hierbei über die Dichte abgeleitet. Hat ein Körper eine höhere Dichte als das Fluid, in dem er untersucht wird, sinkt er. Bei gleicher Dichte von Körper und Fluid schwebt der Körper. Bei einer geringeren Dichte des Körpers im Vergleich zum Fluid schwimmt der Körper. Dieser Erklärungsansatz kann auf folgende Weise hergeleitet werden.

Für die Dichte (siehe Abschnitt 1.2.1) eines Körpers  $\rho_{Körper}$  gilt:

$$\rho_{Körper} = \frac{m_{Körper}}{V_{Körper}}$$

Als  $m_{Körper}$  ist die Masse eines Körpers und als  $V_{Körper}$  das Volumen des Körpers zu sehen.

Durch Umstellung der Formel zur Dichte  $\rho_{Körper}$  nach Masse  $m_{Körper}$  ergibt sich:

$$m_{Körper} = \rho_{Körper} \cdot V_{Körper}$$

Wird  $m_{Körper}$  in die Formel zur Gewichtskraft  $F_G$  eingesetzt, folgt daraus:

$$F_G = \rho_{Körper} \cdot V_{Körper} \cdot g$$

Wird diese Formel zur Gewichtskraft  $F_G$  mit der aufgeführten Formel zur Auftriebskraft  $F_A$  verglichen, ergibt sich, dass ein Dichtevergleich zwischen Körper und Fluid für das Schwimmverhalten des Körpers entscheidend ist. Mit der Berücksichtigung, dass das Volumen des eingetauchten Körpers  $V_{Körper}$  und das Volumen des verdrängten Fluids  $V_{Fluid}$  gleich sind.

Das Schwimmverhalten eines Körpers kann deshalb mithilfe eines Dichtevergleichs vorhergesagt werden. Es handelt sich jedoch lediglich um eine verkürzte Erklärung des Phänomens, da weder der Druck noch wirkende Kräfte thematisiert werden.

Diese beiden verkürzten Darstellungen werden oft (sowohl im schulischen als auch außerschulischen Kontext) herangezogen, um das Phänomen des Schwimmens und Sinkens zu erklären. Für eine vollständige Erklärung des Phänomens sind jedoch weitere physikalische Überlegungen – wie in Abschnitt 1.2.1, 1.2.2 und 1.2.3 beschrieben – notwendig.

### **1.3 Bestehende Unterrichtsansätze und ausgewählte Forschungsbefunde zum Schwimmen und Sinken**

Obwohl das Schwimmen und Sinken über viele Altersstufen hinweg ein viel beforschtes Thema ist (z.B. Jonen & Möller, 2005; K. Möller, 1999; K. Möller et al., 2002; Paik et al., 2017; Teo et al., 2017; Ünal, 2008), erweist es sich als schwierig, Lernenden ein konzeptuelles Verständnis zu vermitteln (K. Möller, 1999).

Im folgenden Abschnitt wird auf bestehende Unterrichtsansätze und ausgewählte Forschungsbefunde zum Schwimmen und Sinken eingegangen. Es erfolgt ein bildungsstufenübergreifender Überblick, um einen ganzheitlichen Blick in die Unterrichtspraxis zu gewähren. Dafür werden zuerst bestehende Unterrichtsansätze und ausgewählte Forschungsbefunde aus dem Kindergarten sowie der Sekundarstufe I präsentiert (Abschnitt 1.3.1). Danach wird auf Unterrichtsansätze und Forschungsbefunde im Primarbereich eingegangen (Abschnitt 1.3.2). Es werden Interventionsstudien beschrieben (Abschnitt 1.3.2.1) und der Einfluss von Schülervorstellungen beim Schwimmen und Sinken in der Primarstufe diskutiert (Abschnitt 1.3.2.2). Unter Berücksichtigung der Forschungsbefunde erfolgt abschließend eine Beschreibung von Implikationen für die eigene Forschungsarbeit (Abschnitt 1.3.3).

#### **1.3.1 Bestehende Unterrichtsansätze und ausgewählte Forschungsbefunde im Kindergarten und in der Sekundarstufe I**

Bereits bei Kindergartenkindern wird das Verständnis zum Thema Schwimmen und Sinken erforscht, indem beispielsweise durch zielgerichtete Spiele Vorstellungen der Kinder thematisiert werden.

Studien zeigen, dass Kindergartenkinder das Schwimmverhalten von Gegenständen hauptsächlich auf die Masse des Gegenstands zurückführen (Havu-Nuutinen, 2005; Teo et al., 2017). Die Kinder im Kindergartenalter haben dabei kein Kräfte- oder Dichteverständnis. Ebenfalls berücksichtigen sie bei ihren Erklärungen zum Schwimmverhalten eines Gegenstands nicht den Zusammenhang zwischen der Dichte des Gegenstands und der Dichte der Flüssigkeit, in der untersucht wird (Teo et al., 2017).



Eine Studie von Hsin und Wu (2011) belegt, dass vier- und fünfjährige Kindergartenkinder ein konzeptionelles Verständnis im Bereich Schwimmen und Sinken aufbauen können. Maßgeblich für den Lernerfolg sind dabei spezielle Scaffolding Maßnahmen. Aufgrund der Annahme, dass Kindergartenkinder nicht in der Lage sind, mehrere Variablen in ihren Erklärungen zum Schwimmen und Sinken zu berücksichtigen, werden in der Interventionsstudie von Hsin und Wu (2011) zum Beispiel Lernmaterialien eingesetzt, in denen die Dichte mit der Materialeigenschaft gleichgesetzt wird.

In der Sekundarstufe I ist das Unterrichtsthema Schwimmen und Sinken ebenso erforscht (z.B. Cepni & Sahin, 2012; Dorji, 2021; Gao et al., 2020; Hadjiachilleos et al., 2013; Maclin et al., 1997; Ünal, 2008; Vitale et al., 2019; Zoupidis et al., 2016). Nachfolgend werden exemplarisch Studien vorgestellt, deren Ergebnisse für das eigene Forschungsvorhaben relevant sind.

In einer Untersuchung von Vitale et al. (2019) in der achten Klasse finden spezielle Repräsentationen in Form von Graphen Verwendung, die einen Zusammenhang zwischen Masse, Volumen und Dichte herstellen. Zeitgleich wird durch diese Graphen eine Beziehung zwischen der Dichte des Gegenstands und der Dichte der Flüssigkeit hergestellt. Die Untersuchung von Vitale et al. (2019) zeigt, dass Schüler/innen, welche die Graphen als Lernunterstützung erhalten, einen höheren Lernerfolg im Bereich Schwimmen und Sinken erzielen, als Schüler/innen die keine Graphen erhalten.

Zoupidis et al. (2016) entwickelten eine Interventionsstudie für die fünfte Klasse, in der die Schüler/innen die Größen Volumen, Masse und Dichte systematisch und kontrolliert untersuchen. Durch die Interventionsstudie können Zoupidis et al. (2016) zeigen, dass sich eine Förderung des prozeduralen Wissens – genauer der Variablenkontrollstrategie<sup>2</sup> – positiv auf einen nachhaltigen Wissenserwerb der Schüler/innen auswirkt. Die Variablenkontrollstrategie wird als lernunterstützende Maßnahme gesehen, um einen Wissensaufbau im Bereich Schwimmen und Sinken zu fördern.

Des Weiteren beschreibt Dorji (2021) eine Interventionsstudie in der neunten Klassenstufe zum Schwimmen und Sinken, in der eine Lernunterstützung durch „group activity-based questioning and learning“ erfolgen soll. Dorji (2021) kann anhand der Untersuchung belegen, dass durch bestimmte Gruppenaktivitäten ein erfolgreicher Konzeptwechsel von Schülerfehlvorstellungen hin zu wissenschaftlich korrekten Vorstellungen gefördert wird.

Im Vergleich zu Interventionen im Kindergarten ist in der Sekundarstufe I eine fachliche Aufarbeitung des Schwimmens und Sinkens über einen Dichte- und Kraftansatz (über den Auftrieb) üblich. Schüler/innen in höheren Klassenstufen sind in der Lage, mehrere Variablen bei ihren Erklärungen zum Schwimmen und Sinken zu berücksichtigen (Klewitz et al., 1988). Um jedoch auch in der Sekundarstufe I eine Überforderung der Schüler/innen zu vermeiden, sind Lernunterstützungen maßgeblich für den Lernerfolg.

---

<sup>2</sup> Experimentelle Strategie, um kausale Schlussfolgerungen ziehen zu können.

### 1.3.2 Bestehende Unterrichtsansätze und ausgewählte Forschungsbefunde im Primarbereich

Das Thema Schwimmen und Sinken im schulischen Kontext der Primarstufe ist besonders anspruchsvoll, weil die Schüler/innen verschiedene Eigenschaften heranziehen, um das Schwimmverhalten von Gegenständen zu deuten. Aus Sicht der Schüler/innen kann beispielsweise das Material, die Größe (aus physikalischer Sicht Volumen), das Gewicht (aus physikalischer Sicht Masse), die Form des Körpers oder der Luftgehalt des Gegenstands dafür maßgeblich sein, ob dieser schwimmt oder sinkt. Diese Vielzahl an Variablen, welche potenziell eine Erklärung zum Schwimmen und Sinken liefern sollen, bereitet den Schüler/innen besondere Probleme (Smith et al., 1985).

Eine Möglichkeit, das Schwimmen und Sinken im Unterricht der Primarstufe angemessen zu modellieren, erfolgt über das Dichtekonzept (Hardy et al., 2006; Smith et al., 1985; Smith et al., 1992). Hierbei ist bekannt, dass der Dichtebegriff, welcher ein proportionales Verständnis von Masse und Volumen erfordert, den Schüler/innen Probleme bereitet (K. Möller, 1999). Grund dafür ist, dass Grundschul Kinder beim Dichtekonzept dazu neigen, nur eine der beiden relevanten Größen Masse und Volumen in ihren Erläuterungen zu berücksichtigen (K. Möller, 1999). Durch die alleinige Betrachtung der Masse oder des Volumens kommt es jedoch nicht zu einer adäquaten Erklärung. Erst die Verbindung beider Variablen führt zu einem Verstehensprozess der Dichte und damit des Schwimmens und Sinkens. Außerdem kann das Thema nicht ausschließlich durch die Dichte des Gegenstandes erklärt werden. Erforderlich ist darüber hinaus die Dichte der Flüssigkeit, in der ein Gegenstand untersucht wird. Erst ein Vergleich zwischen der Dichte des Gegenstands und der Dichte der Flüssigkeit gibt Aufschluss darüber, ob ein Gegenstand schwimmt oder sinkt. Ist die Dichte des Gegenstands kleiner als die Dichte der Flüssigkeit, schwimmt er. Ist die Dichte des Gegenstands größer als die Dichte der Flüssigkeit, sinkt er (siehe Abschnitt 1.2.1). Auf eine Erklärung über die Druck- und Kraftverhältnisse im Wasser wird bei diesem Erklärungsansatz verzichtet. Im Allgemeinen findet eine Erklärung über den Druck- und Kraftansatz im Primarbereich weitestgehend keine Verwendung. Grund dafür ist die Vermeidung einer kognitiven Überlastung der Schüler/innen (Loverude et al., 2010).

Zur Planung des eigenen Unterrichts zum Schwimmen und Sinken werden existierende Unterrichtsansätze herangezogen. Dabei wird beleuchtet, ob und wie die Ansätze mit den aufgeführten Schwierigkeiten zum Schwimmen und Sinken in der Primarstufe umgehen. Bevor in Abschnitt 1.3.2.1 auf existierende Unterrichtsansätze aus Interventionsstudien und auf deren Befunde eingegangen wird, sollen bestehende Ansätze aus Lehrwerken analysiert werden. Grund für die Analyse ist die Tatsache, dass viele Physiklehrpersonen bei der Gestaltung ihres Unterrichts Inhalte aus vorhandenen Lehrwerken verwenden (Härtig et al., 2012).

### *Unterrichtsansätze aus Lehrwerken*

Bisherige Unterrichtsansätze aus Lehrwerken (siehe exemplarisch Blaufelder et al., 2015; Breede et al., 2018) bewerkstelligen das Problem des gemeinsamen Betrachtens der Masse, des Volumens und der daraus ergebenden Dichte unzureichend. In Lehrwerken werden vermehrt unkontrollierte und unsystematische Experimente durchgeführt. Beispielsweise wird das Schwimmverhalten von Gegenständen unterschiedlichen Volumens und unterschiedlicher Masse verglichen (zum Beispiel großer Stein, der viel wiegt und kleines Holzstück, das vergleichsweise wenig wiegt). Durch solche unkontrollierten Vergleiche, ohne weitere fachliche Klärung, kann allerdings keine konzeptionelle Erklärung zum Schwimmen und Sinken erfolgen. Vielmehr wird den Schüler/innen/n dadurch vermittelt, dass das Schwimmverhalten von der Größe, der Masse oder dem Material abhängt. Schlimmstenfalls wird dadurch der Aufbau von Schülerfehlvorstellungen begünstigt.

Eine Umschreibung des Dichtebegriffs, welche für eine angemessene Erklärung essenziell ist, fehlt bislang weitestgehend in Unterrichtsansätzen von Lehrwerken (siehe exemplarisch Blaufelder et al., 2015; Breede et al., 2018). Darüber hinaus wird kein Vergleich der Dichte des Gegenstands und der Dichte der Flüssigkeit, in der untersucht wird, hergestellt.

Es wird geschlussfolgert, dass existierende Unterrichtsansätze aus Lehrwerken das Schwimmen und Sinken auf einem unzureichenden Niveau behandeln. Aus diesem Grund sollen im nächsten Abschnitt bestehende Interventionsstudien analysiert werden, um mögliche angemessene Unterrichtsansätze zu finden, welche für die Erstellung der eigenen Intervention gewinnbringend sind.

#### **1.3.2.1 Interventionsstudien im Primarbereich**

Nachfolgend wird der Fokus auf bestehende Unterrichtsansätze und Befunde von Interventionsstudien zum Schwimmen und Sinken gelegt. Studien aus dem Primarbereich werden eruiert, um potenziell eine angemessene Lernumgebung zum Schwimmen und Sinken für die eigene Intervention zu konzipieren. Dabei werden Unterrichtsansätze bestehender Interventionsstudien skizziert, indem generelle Interventionsmerkmale, die Struktur der Intervention, der Umgang mit Schülervorstellungen während der Intervention und der Lernerfolg im Bereich Schwimmen und Sinken beschrieben werden. Bei der Auswahl werden lediglich Interventionsstudien aus der Primarstufe berücksichtigt, welche einen Lernerfolg der Intervention im Bereich Schwimmen und Sinken aufklären. Bei den analysierten Untersuchungen stehen verschiedene Umsetzungen und Unterrichtsstrategien im Fokus.

Hardy et al. (2006) entwickelten eine Intervention für die dritte Klasse zum Schwimmen und Sinken, in der verschiedene Schülerexperimente mit Würfeln verschiedener Massen und Volumina zum Einsatz kommen. Im Unterricht werden Dichten verschiedener Würfel

mit einer gleichen Wassermenge verglichen, um das Schwimmverhalten der Würfel zu deuten. Außerdem wird ein Vergleich von Gewichtskraft und Auftriebskraft auf vereinfachte Art hergestellt und die Verdrängung beim Schwimmen und Sinken thematisiert.

Auffällig bei der Untersuchung ist eine vergleichsweise hohe Interventionsdauer von acht Mal 90 Minuten. Diese hohe Aufbringung an Schulstunden ist auf der einen Seite vorteilhaft, um verschiedene Aspekte des Schwimmens und Sinkens (Dichtekonzept, Kräftekonzept, Verdrängung) aufzugreifen. Auf der anderen Seite ist die hohe Unterrichtsdauer für ein einziges Thema des herkömmlichen Sachunterrichts der Grundschule unüblich.

Während der Intervention werden neben den Erklärungsansätzen verschiedene Schülervorstellungen durch Fragen wie „Warum schwimmt ein großes Schiff aus Metall?“ aufgegriffen. Ein weiterer Umgang mit Schülervorstellungen wird nicht beschrieben.

Primäres Ziel der Interventionsstudie ist die Aufklärung, inwiefern sich eine Variation des Grads der Strukturierung des Unterrichts auf den Lernerfolg der Schüler/innen auswirkt. Verglichen wird zwischen einer stark strukturierten und einer wenig strukturierten Unterrichtseinheit. Hardy et al. (2006) können festhalten, dass eine stärkere Struktur des Unterrichts zu einem höheren Lernerfolg der Schüler/innen im Bereich Schwimmen und Sinken führt als eine wenig strukturierte Unterrichtseinheit. Eine strukturierte Lernumgebung wirkt demzufolge lernunterstützend.

Die Forschungsgruppe Mastropieri et al. (2001) führte eine Interventionsstudie in den Klassen eins bis sechs durch. Bestandteil der Intervention sind ausschließlich Demonstrationsexperimente, welche klar strukturiert durch einen Experimentator durchgeführt werden. Während der Intervention wird das Medium, in dem das Schwimmverhalten von Gegenständen untersucht wird, analysiert. Ein Dichtevergleich zwischen Wasser und Öl wird hierbei hergestellt. Spezielle lernunterstützende Maßnahmen werden nicht genannt.

Schülervorstellungen werden durch Fragen wie „Warum schwimmt ein Schiff, obwohl es aus Metall ist, welches schwerer ist als Wasser?“ aktiviert. Ein Umgang mit den adressierten Schülervorstellungen wird nicht genannt.

Durch die Studie soll ein Zusammenhang zwischen dem IQ und dem Lernerfolg im Bereich Schwimmen und Sinken aufgedeckt werden. Mastropieri et al. (2001) können belegen, dass die Höhe des Lernerfolgs beim Schwimmen und Sinken stark vom IQ der Schüler/innen abhängt. Dabei gilt, je höher der IQ, desto höher der Lernerfolg.

K. Möller et al. (2002) sowie Hardy und Stern (2011) führten einen strukturierten und systematischen Unterricht zur Erklärung des Schwimmens und Sinkens durch. In der dritten Klasse der Grundschule werden visuelle Repräsentationen als Lernunterstützungen eingesetzt und die Größen Masse, Volumen und Dichte getrennt von den Schüler/innen analysiert. Eine Eigenaktivität der Schüler/innen während der Intervention wird vorausgesetzt.

Während der Intervention findet ein Dichtevergleich zwischen Gegenstand und Flüssigkeit statt. Sätze wie „Eisen ist schwerer als gleich viel Wasser, deshalb geht es unter“ werden formuliert. Ebenso wird während der Intervention auf verschiedene Schülervorstellungen

eingegangen. Ein Konzeptwechsel von Schülervorstellungen zu wissenschaftlichen Vorstellungen wird dabei mithilfe von Strukturierungshilfen in Form von visuellen Repräsentationen unterstützt.

Die Studie ging der Frage nach, inwiefern visuelle Repräsentationen den Lernerfolg beim Schwimmen und Sinken beeinflussen. K. Möller et al. (2002) und Hardy und Stern (2011) können belegen, dass Schüler/innen mit Lernunterstützungen in Form von visuellen Repräsentationen einen höheren Lernerfolg im Bereich Schwimmen und Sinken erzielen als Schüler/innen, die keine visuellen Repräsentationen erhalten.

Schalk et al. (2019) entwickelten ebenfalls eine Interventionsstudie zum Schwimmen und Sinken in der dritten Klasse. Bestandteil der Intervention sind vier strukturierte Schülerexperimente, in denen systematisch Variablen wie die Größe oder das Volumen variiert werden. Dadurch sollen kausale Rückschlüsse auf das Schwimmverhalten von verschiedenen Gegenständen gezogen werden. Bei der Intervention wird – wie auch bei den anderen Interventionsstudien – auf verschiedene Schülervorstellungen eingegangen. Ein spezieller Umgang mit den Schülervorstellungen wird jedoch nicht beschrieben.

Primäres Ziel der Untersuchung ist die Aufklärung, inwiefern sich eine Instruktion im Bereich der Variablenkontrollstrategie auf den Lernerfolg beim Schwimmen und Sinken auswirkt. Schalk et al. (2019) können zeigen, dass Schüler/innen mit einer Instruktion zur Variablenkontrollstrategie einen höheren Lernerfolg erzielen als Schüler/innen ohne eine Instruktion im Bereich der Variablenkontrolle. Deshalb wird eine Instruktion im Bereich der Variablenkontrollstrategie als eine lernunterstützende Maßnahme beim Wissenserwerb zum Schwimmen und Sinken gesehen.

Darüber hinaus entwickelten van Schaik et al. (2020) eine Interventionsstudie für Erst- bis Drittklässler/innen, in der verschiedene Schülerexperimente zum Einsatz kommen. Bei der Untersuchung werden zwei Interventionsgruppen gebildet. Interventionsgruppe I testet systematisch das Schwimmverhalten von ausgewählten Würfeln unterschiedlicher Massen und Volumina. Interventionsgruppe II untersucht das Schwimmverhalten von verschiedenen Alltagsgegenständen unsystematisch und unkontrolliert bezüglich Masse und Volumen. Der Grad der Systematik wird in den Interventionsgruppen variiert und es wird angenommen, dass eine systematische Herangehensweise an das Thema lernunterstützend wirkt. Schülervorstellungen werden bei der Studienbeschreibung nicht erwähnt.

Durch Auswertungen der Interventionsstudie können van Schaik et al. (2020) ihre Annahme verifizieren und belegen, dass die Interventionsgruppe I mit systematischen Experimenten einen höheren Lernerfolg im Bereich Schwimmen und Sinken erzielt als die Interventionsgruppe II ohne eine Systematik der Experimente.

Einen Überblick über die ausgewählten Interventionsstudien gibt Tabelle 1.2.

Autor/inn/en	Titel	Erscheinungsjahr	Land und Artikelsprache	Klasse	generelle Interventionsmerkmale	Unterrichtsstruktur	Umgang mit Schülervorstellungen	Lernerfolg beim Schwimmen und Sinken
Hardy et al.	Effects of Instructional Support Within Constructivist Learning Environments for Elementary School Students' Understanding of „Floating and Sinking“	2006	Deutschland; englisch	3	Schülerexperimente mit Würfeln; Dichtevergleich; Kräftevergleich; Verdrängung	Variation des Grads der Strukturierung: stark strukturiert versus wenig strukturiert	spezielle Vorstellungen werden aktiviert; kein weiterer Umgang beschrieben	höherer Lernerfolg bei starker Struktur des Unterrichts im Vergleich zu wenig Struktur
Hardy und Stern	Visuelle Repräsentationen der Dichte: Auswirkungen auf die konzeptuelle Umstrukturierung bei Grundschulkindern	2011	Deutschland; deutsch	3	Eigenaktivität der Schüler/innen; Fokus: Intervention mit versus ohne visuelle Repräsentationen	klare Struktur	durch visuelle Repräsentationen	höherer Lernerfolg bei Schüler/inne/n der Intervention mit visuellen Repräsentationen
Mastropieri et al.	Correlates of Inquiry Learning in Science. Constructing Concepts of Density and Buoyancy	2001	USA; englisch	1-6	ausschließlich Demonstrationsexperimente; Wasser-Öl-Vergleich; Fokus: Einfluss der Lernvoraussetzungen in Bezug auf forschendes Lernen	klare Struktur durch externen Experimentator	spezielle Vorstellungen werden aktiviert; kein weiterer Umgang beschrieben	höherer Lernerfolg bei höherem IQ
K. Möller et al.	Die Förderung von naturwissenschaftlichem Verständnis bei Grundschulkindern durch Strukturierung der Lernumgebung	2002	Deutschland; deutsch	3	Laborstudie; Eigenaktivität der Schüler/innen; Fokus: Intervention mit versus ohne visuelle Repräsentationen	klare Struktur	durch visuelle Repräsentationen	höherer Lernerfolg bei Schüler/inne/n der Intervention mit visuellen Repräsentationen
Schalk et al.	Improved application of the control-of-variables strategy as a collateral benefit of inquiry-based physics education in elementary school	2019	Schweiz; englisch	3	Reihe von vier Schülerexperimenten; systematisches Variieren von Variablen; Dichte der Flüssigkeit wird ebenfalls verändert	strukturiertes Experimentieren; Variation der Intervention im Bereich Variablenkontrollstrategie	spezielle Vorstellungen werden aktiviert; kein weiterer Umgang beschrieben	höherer Lernerfolg bei Schüler/inne/n mit Instruktion im Bereich Variablenkontrollstrategie
van Schaik et al.	Hands-On Exploration of Cubes' Floating and Sinking Benefits Children's Subsequent Buoyancy Predictions	2020	Niederlande; englisch	1-3	Schülerexperiment; Fokus: angeleitetes systematisches Experimentieren versus Experimentieren ohne Systematik	Variation des Grads der Systematik	keine Beschreibung zu Schülervorstellungen	höherer Lernerfolg bei Schüler/inne/n, die angeleitet werden, systematisch zu experimentieren

Tabelle 1.2: Interventionsstudien zum Schwimmen und Sinken im Primarbereich

### 1.3.2.2 Schülervorstellungen im Primarbereich

Nachdem in Abschnitt 1.3 einige Interventionsstudien zum Schwimmen und Sinken betrachtet wurden, kann festgehalten werden, dass viele dieser Studien Schülervorstellungen bei der Planung und Durchführung des Unterrichts berücksichtigen. Deshalb sollen nachfolgend Schülervorstellungen als Bestandteil von Unterricht zum Schwimmen und Sinken thematisiert werden.

Schüler/innen haben Vorwissen und Vorstellungen zu Unterrichtsinhalten, welche im außerschulischen Kontext oder im vorhergehenden Unterricht entwickelt werden (Schecker & Duit, 2018). Für das Lernen von naturwissenschaftlichen Inhalten sind diese Schülervorstellungen, die in den Unterricht mitgebracht werden, von besonderer Bedeutung (z.B. Carey, 2000; Jonen, Möller & Hardy, 2003). Grund dafür ist deren Beeinflussung der Verarbeitung von neu zu erlernenden Unterrichtsinhalten (K. Möller, 2001; Posner et al., 1982; Schecker & Duit, 2018). Die Schülervorstellungen können sich sowohl positiv als auch negativ auf den Lernerfolg der Schüler/innen auswirken. Ausgehend von der konstruktivistischen Sichtweise des Lernens müssen Informationen von den Schüler/innen eigenständig verarbeitet werden, damit sich daraus ein neues inhaltliches Verständnis ergibt (z.B. Hopf & Wilhelm, 2018; Loyens & Gijbels, 2008; K. Möller, 2001; Reich, 2012). Die Auseinandersetzung mit dem zu lernenden Inhalt erfolgt dabei immer auf der Basis des bereits vorhandenen Wissens der Schüler/innen. Erfolgreiches Lernen kann demnach nur erfolgen, wenn an bereits vorhandenes Wissen angeknüpft werden kann. Daher werden Schülervorstellungen im Unterricht genutzt, um den Wissensaufbau positiv zu beeinflussen.

Auf der anderen Seite stellen Schülervorstellungen ein Lernhindernis dar. Dieses Lernhindernis kommt zustande, weil tief verankerte wissenschaftlich fehlerhafte Schülervorstellungen stabil gegen Versuche sind, sie zu verändern (Schecker & Duit, 2018). Diese Widerstandsfähigkeit der Schülerfehlvorstellungen beeinflusst den Lernerfolg der Schüler/innen negativ, weil ein Aufbau einer wissenschaftlich korrekten Sicht des Unterrichtsinhalts behindert wird. Um dennoch einen Conceptual Change<sup>3</sup> hin zu einer wissenschaftlich korrekten Vorstellung zu unterstützen, werden verschiedene Lernwege genutzt. Im Wesentlichen gibt es zwei verschiedene Wege (Posner et al., 1982; Schecker & Duit, 2018).

Auf der einen Seite gibt es den diskontinuierlichen Lernweg. Dabei wird versucht einen kognitiven Konflikt bei den Schüler/innen zu erzeugen, um einen Konzeptwechsel herbeizuführen. Im naturwissenschaftlichen Unterricht werden hier meist Experimente durchgeführt, deren Ausgang nicht der Erwartung der Schüler/innen entspricht. Dadurch soll die Schülervorstellung schlagartig geändert werden. Auf der anderen Seite gibt es den kontinuierlichen, bruchlosen Lernweg. Bei diesem wird das physikalische Konzept phasenweise entwickelt und es wird versucht, an bestehende und ausbaufähige Schülervorstellungen anzuknüpfen (Hopf & Wilhelm, 2018).

---

<sup>3</sup> Das Lernen von naturwissenschaftlichen Konzepten ist oft mit einer Veränderung von bestehenden Wissenssystemen verbunden. Dies wird in der Literatur als Conceptual Change (Konzeptwechsel) bezeichnet (Hopf & Wilhelm, 2018).

Aus der Forschung ist bekannt, dass ein Konzeptwechsel bei anspruchsvollen Themen wie dem Schwimmen und Sinken besonders schwierig ist (Duit & Treagust, 1998; Posner et al., 1982; Wilhelm & Schecker, 2018). Grund dafür ist die Vielzahl an existierenden Schülerfehlvorstellungen. Um dennoch einen Konzeptwechsel der Vorstellung zu erreichen, wird bei anspruchsvollen Themen auf kognitive Konflikte (diskontinuierlicher Lernweg) durch Experimente gesetzt. Dadurch soll bei den Schüler/innen eine Unzufriedenheit bezüglich vorhandenem Wissen und das Verlangen eines Wechsels zu einer korrekten Sichtweise ausgelöst werden. Hierbei muss allerdings auf den Ablauf des Lernwegs geachtet werden. Vor der Durchführung des Experiments müssen die Schüler/innen unbedingt dazu aufgefordert werden, schriftliche Vorhersagen zum Experiment zu treffen. Erst durch diese können sich die Schüler/innen der eigenen Vorstellung bewusst werden und einen möglichen Widerspruch zum Ausgang des Experiments erkennen (Wilhelm & Schecker, 2018).

Aus Gründen der hohen Unterrichtsrelevanz von Schülervorstellungen ist es wenig überraschend, dass das Thema Schwimmen und Sinken seit vielen Jahren Gegenstand von Untersuchungen zu Schülervorstellungen ist. Bevor im Folgenden die gängigsten Schülervorstellungen zum Schwimmen und Sinken im Primarbereich dargelegt werden, sollen zunächst verschiedene Niveaus von Schülervorstellungen definiert werden. Im Laufe dieses Abschnitts werden diese ferner mit Beispielen aus dem Bereich Schwimmen und Sinken belegt.

### *Niveaus von Schülervorstellungen*

Hardy et al. (2010) schlagen drei verschiedene Niveaus von Schülervorstellungen vor: (1) naive Vorstellungen (Fehlvorstellungen), (2) Zwischenvorstellungen und (3) wissenschaftliche Vorstellungen.

Als naive Vorstellungen werden jene betitelt, welche einer empirischen Prüfung eines bestimmten Sachverhalts nicht standhalten. Dieses naive Wissen wird in Alltagssituationen durch die Sprache verstärkt und ermöglicht keine korrekte Erklärung von Phänomenen.

Als zweites schlagen Hardy et al. (2010) den Begriff Zwischenvorstellungen vor, mit denen Phänomene bedingt erklärt werden können. Sie werden als ausbaufähige Vorstellungen gesehen, deren Erklärung nicht gänzlich falsch ist. Mit ihnen können Phänomene in einer begrenzten Art und Weise dargelegt werden.

Als drittes nennen Hardy et al. (2010) wissenschaftliche Vorstellungen, welche durch Unterricht aufgebaut werden können. Als wissenschaftliche Vorstellungen werden diejenigen Vorstellungen bezeichnet, die auf wissenschaftlichen Konzepten beruhen und Sachverhalte korrekt wiedergeben. Im Bereich des Schwimmens und Sinkens kann dies über eine Erklärung mithilfe eines quantitativen Dichteverständnisses erfolgen (zum Beispiel „Das Holz schwimmt, weil es weniger wiegt als gleich viel Wasser.“).



Im Folgenden werden die fünf gängigsten Schülervorstellungen zum Schwimmen und Sinken im Primarbereich aufgeführt. Da es eine Vielzahl an empirisch belegten Schülervorstellungen (z.B. Pollmeier et al., 2011) gibt, stellen diese lediglich einen Bruchteil der bereits erforschten Schülervorstellungen zum Schwimmen und Sinken in der Primarstufe dar.

- Eine der gängigsten Schülervorstellungen im Bereich Schwimmen und Sinken ist „Was leicht ist, schwimmt. Was schwer ist, geht unter.“ Hierbei denken viele Kinder (und auch Erwachsene), dass das Schwimmverhalten von der Masse eines Gegenstands abhängt (Wodzinski & Wilhelm, 2018). Dies ist physikalisch jedoch inkorrekt. Deshalb ist diese Schülervorstellung den naiven Vorstellungen zuzuordnen.  
Wenn diese naive Vorstellung thematisiert wird, kommt es oft zu Widersprüchen. Die Tatsache, dass ein Baumstamm, der viel wiegt, schwimmt, bietet dabei Konfliktpotenzial und die Möglichkeit, die genannte Schülervorstellung zu elaborieren.
- Viele Schüler/innen denken, die Schwimmfähigkeit eines Gegenstands hängt von dessen Material ab. Typische Schüleraussagen sind „Alles aus Holz schwimmt. Alles aus Metall sinkt.“ (Jonen, Hardy & Möller, 2003). Dies trifft jedoch nicht immer zu (zum Beispiel sinkt Tropenholz) und ist deshalb keine wissenschaftlich korrekte Vorstellung, sondern eine Zwischenvorstellung.  
Die Frage, warum ein Schiff aus Metall schwimmt, kann die Möglichkeit bieten auf die genannte Schülervorstellung einzugehen. Schüler/innen erklären die Tatsache des schwimmenden Schiffs jedoch oft mit der folgenden aufgeführten Schülervorstellung.
- Auf die Frage, woran es liegt, ob etwas schwimmt oder sinkt, antworten viele Schüler/innen „Es liegt daran, ob etwas Luft in sich hat. Ein Schiff aus Metall schwimmt zum Beispiel, weil dort Luft drin ist.“ (Pollmeier et al., 2011).  
Diese Antwort ist physikalisch gesehen nicht gänzlich falsch, da sich durch die Luft im Gegenstand dessen mittlere Dichte verändert. Konkret ist die mittlere Dichte eines Gegenstands mit Luft geringer als die Dichte eines gleichartigen Vollkörpers. Dies kann dazu führen, dass die mittlere Dichte des mit Luft gefüllten Gegenstands geringer ist als die der Flüssigkeit, in der er untersucht wird. Dadurch schwimmt der Gegenstand. Pollmeier et al. (2011) bezeichnen diese Schülervorstellung als Zwischenvorstellung.
- Des Weiteren denken Schüler/innen, dass die Form eines Gegenstands für das Schwimmen und Sinken relevant ist. Beispielsweise gehen Schüler/innen davon aus, dass etwas schwimmt, wenn es eine runde Form hat oder spitz ist. Außerdem wird bei Gegenständen mit Löchern vermutet, dass die Löcher eine Rolle für die Schwimmfähigkeit spielen (Pollmeier et al., 2011). Da dies physikalisch jedoch nicht zutrifft, handelt es sich bei beiden Punkten um naive Vorstellungen.
- Eine weitere gängige Schülervorstellung ist, dass ein Antrieb für das Schwimmen eines Gegenstands sorgt. Beispielsweise wird das Schwimmen eines Schiffs dadurch begründet, dass es einen Motor hat und dieser das Schiff an der Oberfläche des Wassers hält (K. Möller & Wyssen, 2017). Mit Blick auf einen Antrieb wird bei einer Ente ähnlich argumentiert: „Enten gehen nicht unter, weil sie mit den Füßen paddeln“ (Pollmeier et

al., 2011). Auch diese Schülervorstellungen sind falsch und als naive Vorstellungen einzustufen.

### 1.3.3 Implikationen für die eigene Forschungsarbeit

Bisherige Interventionsstudien zeigen, dass verschiedene Maßnahmen während des Unterrichts zum Schwimmen und Sinken lernunterstützend wirken und den Lernerfolg der Schüler/innen positiv beeinflussen. Die in diesem Kapitel aufgeführten Erkenntnisse werden genutzt, um eine eigene adressatengerechte Intervention zum Schwimmen und Sinken zu konzipieren.

Aus Studien geht hervor, dass beim anspruchsvollen Thema Schwimmen und Sinken eine klar strukturierte Unterrichtsumgebung maßgeblich für einen Lernerfolg ist (Hardy et al., 2006; van Schaik et al., 2020). Daher wird die eigene Intervention ebenfalls strukturiert, damit eine kognitive Überforderung der Schüler/innen vermieden wird und die Lernenden einen möglichst hohen Lernerfolg erzielen.

Außerdem gibt es Hinweise dafür, dass Schüler/innen, die eine Instruktion zur Variablenkontrollstrategie durchlaufen, einen höheren Lernerfolg im Bereich Schwimmen und Sinken erzielen als Schüler/innen ohne Instruktion zur Variablenkontrollstrategie (Schalk et al., 2019; Zoupidis et al., 2016). Deshalb wird die Variablenkontrollstrategie während der eigenen Intervention thematisiert und darauf geachtet, dass kontrollierte Experimente durchgeführt werden.

Als eine lohnende Lernunterstützung beim Erwerb von Wissen im Bereich Schwimmen und Sinken erweisen sich – sowohl in der Sekundarstufe I als auch in der Primarstufe – visuelle Repräsentationen (Hardy & Stern, 2011; K. Möller et al., 2002; Vitale et al., 2019). Infolgedessen werden bei der eigenen Intervention ebenfalls visuelle Repräsentationen eingesetzt. Die konkrete Umsetzung dieser wird in Abschnitt 3.2.2 beschrieben.

Ein weiteres Merkmal der beschriebenen Interventionsstudien ist die Eigenaktivität der Schüler/innen während des Unterrichts zum Schwimmen und Sinken. Dabei experimentieren die Schüler/innen in strukturierten und angeleiteten Lernumgebungen. Diese Eigenschaft wird bei der eigenen Intervention übernommen, indem eine hohe Anzahl an strukturierten und angeleiteten Schülerexperimenten zum Einsatz kommt.

Aufgrund der besonderen Relevanz von Schülervorstellungen im naturwissenschaftlichen Unterricht werden diese bei der Erstellung der eigenen Intervention berücksichtigt. Die in Abschnitt 1.3.2.2 genannten fünf gängigen Schülervorstellungen zum Schwimmen und Sinken werden während der Intervention adressiert und besprochen. Dadurch soll ausgehend von der konstruktivistischen Sichtweise des Lernens an bereits vorhandenes Wissen angeknüpft werden, um ein Verständnis des neu zu erlernenden Wissens zu begünstigen (z.B. Hopf & Wilhelm, 2018; Loyens & Gijbels, 2008; K. Möller, 2001; Reich, 2012).

Bei der Planung der Intervention wird überlegt, wie mit Schülervorstellungen umgegangen werden kann. Bisherige Interventionsstudien zum Schwimmen und Sinken beschreiben ihren Umgang mit Schülervorstellungen allerdings nicht im Detail. Lediglich K. Möller et al. (2002) und Hardy und Stern (2011) bringen zum Ausdruck, dass ein Konzeptwechsel der Schülervorstellungen mithilfe von visuellen Repräsentationen forciert wird. Sie können dabei eine Erleichterung des Konzeptwechsels der Schüler/innen mithilfe visueller Repräsentationen belegen. Begründet wird die Erleichterung damit, dass die Lernenden durch die visuellen Repräsentationen unterstützt werden, die Fehlvorstellungen aufzugeben. Auch aus diesem Grund werden bei der eigenen Intervention zum Schwimmen und Sinken visuelle Repräsentationen eingesetzt.

Aus der Conceptual Change Forschung ist bekannt, dass bei anspruchsvollen Themen ein kognitiver Konflikt (diskontinuierlicher Lernweg) durch ein Experiment erfolgreich ist, um einen Konzeptwechsel zu begünstigen (Duit & Treagust, 1998; Posner et al., 1982; Wilhelm & Schecker, 2018). Folglich werden bei der eigenen Intervention neben Schülerexperimenten auch Demonstrationsexperimente durchgeführt, die einen kognitiven Konflikt erzeugen sollen. Sie werden von der Lehrperson durchgeführt und anschließend im Plenum diskutiert. Vor den Demonstrationsexperimenten werden die Schüler/innen aufgefordert, ihre Vermutungen zum Ausgang des jeweiligen Experiments zu verschriftlichen, damit sie sich ihrer eigenen Vorstellung bewusst werden. Dadurch soll ein Konzeptwechsel begünstigt werden.

## **1.4 Zusammenfassung**

Inhalt der vorliegenden Forschungsarbeit sind Interventionsstudien zum Schwimmen und Sinken im naturwissenschaftlichen Unterricht der Primarstufe. Deshalb wurde in diesem Kapitel zunächst die Motivation aufgezeigt, warum das Schwimmen und Sinken als Unterrichtsgegenstand für die Intervention Verwendung findet. Die curriculare Bedeutung, die Alltagsrelevanz des Themas sowie die Beständigkeit zahlreicher und jahrelang andauernder Forschung bezüglich des Unterrichtsgegenstands wurden genannt.

Anschließend kam es zur Darstellung des physikalischen Hintergrunds des Schwimmens und Sinkens. Die Größen Dichte, Druck, Auftrieb, das archimedische Prinzip sowie die Kräfte, die beim Schwimmen und Sinken wirken, wurden thematisiert und zwei verkürzte Erklärungen zum Schwimmen und Sinken vorgestellt. Zum einen erfolgte die Beschreibung einer verkürzten Erklärung über einen Kräftevergleich, indem die Gewichtskraft und die Auftriebskraft gegenübergestellt werden. Zum anderen wurde eine Erklärung über einen Dichtevergleich zwischen der Dichte eines Körpers in Bezug auf die Dichte des Fluids, in dem der Körper untersucht wird, erläutert.

Im Anschluss daran erfolgte ein Einblick in den aktuellen Forschungsstand. Hierbei fand ein bildungsstufenübergreifender Diskurs statt, um daraus mögliche Rückschlüsse für die eigenen Interventionsstudien in der Primarstufe zu ziehen. Durch verschiedene Studien

konnte aufgezeigt werden, dass es sich beim Schwimmen und Sinken um ein viel beforschtes und anspruchsvolles Thema handelt. Damit die Schüler/innen trotz der Komplexität des Themas Lernerfolge erzielen und eine kognitive Überforderung der Lernenden vermieden wird, haben sich lernunterstützende Maßnahmen als essenziell erwiesen. Verschiedene lernunterstützende Maßnahmen, die aus Studien hervorgehen, wurden vorgestellt. Das starke Strukturieren des Unterrichts, der Einsatz von visuellen Repräsentationen, die Instruktion der Variablenkontrollstrategie und die systematische Herangehensweise an das Thema wurden genannt.

Des Weiteren fand die Beleuchtung des Schwimmens und Sinkens hinsichtlich Schülervorstellungen statt. Es zeigte sich, dass es eine Reihe von Schülervorstellungen zum Schwimmen und Sinken gibt und ein Umgang derer maßgeblich für einen Lernerfolg ist. Als gängige Schülervorstellungen wurden „Was leicht ist, schwimmt. Was schwer ist, geht unter.“, „Alles aus Holz schwimmt. Alles aus Metall sinkt.“, „Es liegt daran, ob etwas Luft in sich hat. Ein Schiff aus Metall schwimmt zum Beispiel, weil dort Luft drin ist.“ und „Enten gehen nicht unter, weil sie mit den Füßen paddeln“ aufgeführt.

Abgeschlossen wurde das Kapitel mit Implikationen für die eigene Intervention auf Grundlage der beschriebenen Forschungsbefunde. Es kam zur Schlussfolgerung, dass bei der eigenen Intervention Lernunterstützungen wie beispielsweise visuelle Repräsentationen zum Einsatz kommen, Schülervorstellungen im Unterricht Berücksichtigung finden und kognitive Konflikte erzeugt werden.

## 2. Das Medium Comic

Im Rahmen der vorliegenden Arbeit wird eine Unterrichtseinheit im naturwissenschaftlichen Unterricht der Primarstufe untersucht, in der als Lernmaterial Comics zum Einsatz kommen. In diesem Kapitel steht der Comic als Medium im Fokus. Dabei wird zunächst geklärt, was unter einem Comic zu verstehen ist (Abschnitt 2.1). Anschließend erfolgt eine Analyse des Comics als unterrichtliches Lernmaterial (Abschnitt 2.2).

### 2.1 Definition – Was ist ein Comic?

Der Begriff Comic kommt aus dem amerikanischen Sprachgebrauch und findet sowohl in Deutschland als auch international Verwendung (Grünewald, 2000). Die Bezeichnung „comic“ wird dabei als Kurzform von „comicstrip“ verwendet. Übersetzt ins Deutsche heißt „comic“ so viel wie „komisch“ oder „lustig“. Der Begriff „strip“ kann als Streifen in die deutsche Sprache übersetzt werden. Der Wortbedeutung zufolge sind Comics dementsprechend „komische Streifen“. Es wird jedoch immer wieder betont, dass Comics nicht bedingungslos humorvoll sein müssen (z.B. Grünewald, 2000; Gundermann, 2013). Die Existenz einer Reihe von Comics, die Themen wie die Teilchenphysik oder die Relativitätstheorie sachlich darlegen, widersprechen außerdem der Annahme, dass Comics stets lustig sein müssen.

Ein Comic wird oft mit einem Heft oder Buch assoziiert, das viele verschiedene Bilder mit dazugehörigen Sprechblasen enthält. Durch diese schlichte Assoziation scheint es so, als wäre eine eindeutige Definition des Comics realisierbar. Jedoch gibt es in der Literatur bislang keine allgemeingültige Definition, welche die genauen Charaktereigenschaften eines Comics beschreibt. Grund dafür ist vermutlich die Vielfalt, die Comics aufweisen. Es gibt kurze und lange, gedruckte und digitale Comics, Comics mit vielen, wenigen oder keinen Sprechblasen, Superheldencomics, Mangas, Fotocomics, Sachcomics und viele mehr. Im Folgenden werden drei Definitionen herangezogen, um einen Einblick in die Welt des Comics zu geben.

- Eine der bekanntesten Definitionen zum Comic ist die von McCloud (2021). Er beschreibt Comics als „Zu räumlichen Sequenzen angeordnete, bildliche oder andere Zeichen, die Informationen vermitteln und/oder eine ästhetische Wirkung beim Betrachter erzeugen sollen.“ (McCloud, 2021, S. 17).  
McCloud betont außerdem den Unterschied zwischen Comics und Animationen. Er beschreibt, dass Animationen zeitlich sequenziell sind, während Bilder im Comic räumlich aufeinander folgen. Der Raum beim Comic ist demnach das Pendant zur Zeit bei einer Animation oder einem Film (McCloud, 2021).
- Grünewald (2000) definiert Comics als moderne Form von Bildgeschichten, die eine enge Bildfolge aufweisen. Er umschreibt den Comic mit den Worten: „Der Tendenz

nach sind Comic-Geschichten Seriengeschichten mit stehendem Personal und nutzen verstärkt die seit Beginn des 20. Jahrhunderts gewonnenen und weiterentwickelten Gestaltungsmittel (Sprechblase, visuelle Indices, Symbole, Lautmalerei, Perspektivwechsel, Montage). Somit bleibt Comic ein unscharfer Begriff. Nicht eine pauschale Etikettierung, sondern nur die konkrete inhaltliche wie formal-ästhetische Analyse wird dem einzelnen Beispiel und seiner Qualität gerecht werden.“ (Grünewald, 2000, S. 15). Dabei betont Grünewald (2000), dass der Comic eine Lese- und Interpretationsarbeit des Rezipienten verlangt.

- Broskwa (2013) sieht den Comic als ein visuelles Medium an, der in viele kleine statische Einzelbilder (sogenannte Panels) aufgeteilt ist. Diese umrandeten Einzelbilder sind dabei zusammenhängend und bilden angeordnet auf verschiedenen Seiten eine sequenzielle Erzählung. Der oder die Lesende muss die Einzelbilder selbst interpretieren und bestimmt eigenständig, wie viel Handlungszeit pro Bild vergeht. Die Einzelbilder zeigen ausschließlich die relevantesten Handlungen in statischer Form. Alle weiteren Handlungen werden gedanklich durch die Vorstellungskraft des Lesers erzeugt (Broskwa, 2013). Dadurch entsteht gedanklich ein dynamisches Bild, das den Comic als dynamisches Medium (wie beispielsweise ein Film) wirken lässt (McCloud, 2021).

Die drei aufgeführten Definitionen skizzieren die charakteristischen Merkmale eines Comics. Ein Merkmal, das sich durch alle drei Definitionen erstreckt, ist das Bestehen einer Informationsvermittlung oder der Vermittlung einer Geschichte durch einen Comic. Dafür wird bei Comics meist eine enge Verknüpfung von Text und Bild hergestellt (Holtz-Bacha, 1980).

Um einen visuellen Eindruck über Comics zu bekommen, wird anhand eines Beispiels in Abbildung 2.1 ein Streifen eines Comics mit verschiedenen Comicelementen veranschaulicht. Dabei werden Elemente aufgezeigt, welche immer wieder in verschiedenen Comics auftauchen.

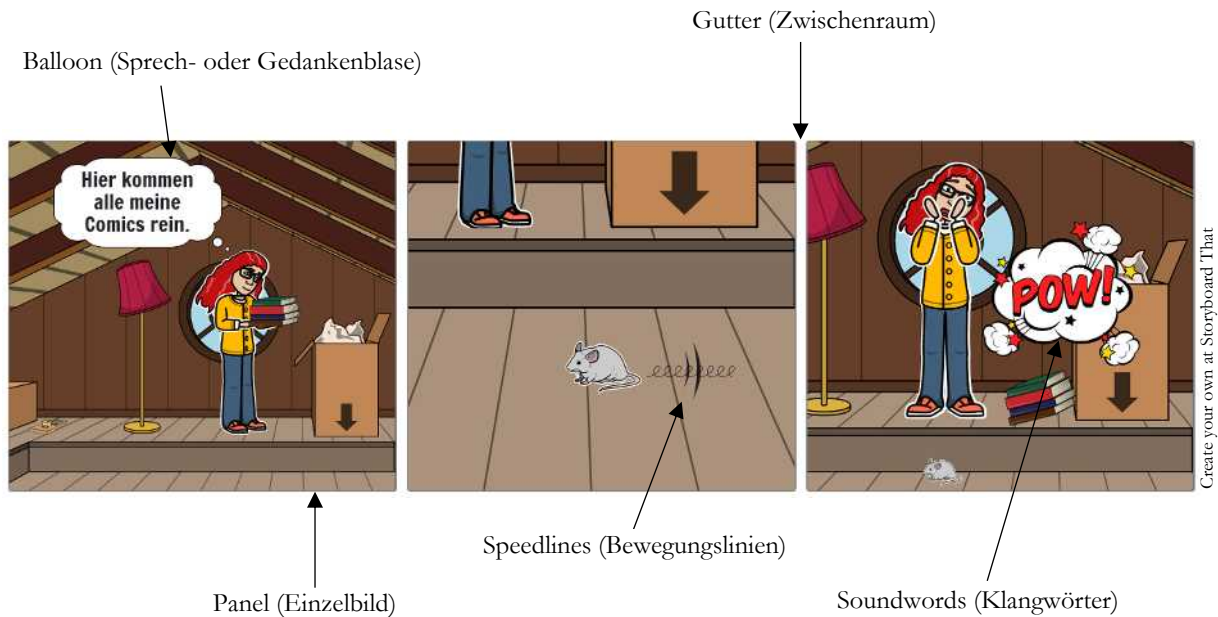


Abbildung 2.1: Comicbeispiel mit verschiedenen Comicelementen in Anlehnung an Sieve und Precht (2013)

Das Comicbeispiel in Abbildung 2.1 besteht aus drei Panels (umgangssprachlich Einzelbildern), die in einem Streifen nebeneinander angeordnet sind. Neben Hintergründen und Figuren, die zur Handlung beitragen, sind verschiedene weitere Elemente ersichtlich.

Die wohl bekanntesten Elemente eines Comics sind die Sprech- oder Gedankenblasen, welche im englischen Sprachgebrauch übergreifend als *Balloons* bezeichnet werden (McCloud, 2021). Sie werden verwendet, um wichtige Informationen durch Redetexte/Dialoge oder Gedanken wiederzugeben. Neben *Balloons* tauchen in einigen Comics außerdem *Schriftfelder/Textkästchen* auf (nicht dargestellt in Abbildung 2.1), die meist am oberen Rand eines Panels angeordnet sind. Diese *Schriftfelder/Textkästchen* dienen dazu, den Rezipient/inn/en weitere informative oder erzählerische Kommentare zu senden (Eisner, 1987).

Darüber hinaus werden in vielen Comics *Speedlines* (Bewegungslinien) verwendet, um eine Aktion/Fortbewegung (beispielsweise einer Figur) zu zeigen. Dies führt zu einer gewissen Lebendigkeit des Comics. Daneben gibt es *Soundwords* (Klangwörter), die ein Geräusch einer bestimmten Aktion wiedergeben, wodurch ebenfalls eine Lebendigkeit des Comics initiiert wird.

Als ein weiteres Comicelement ist in Abbildung 2.1 außerdem ein sogenannter *Gutter* dargestellt. Dieser grenzt zwei Panels voneinander ab und stellt dadurch eine Lücke dar, die von Rezipient/inn/en mit eigenen Gedanken geschlossen werden muss (Eisner, 1987).

Da der Comic in seiner Gestaltung sehr vielfältig ist, stellt Abbildung 2.1 lediglich ein Beispiel mit gängigen Elementen dar, mit dessen Hilfe ein kleiner Einblick in die Comicwelt gewährt werden soll.

## 2.2 Der Comic als Lernmaterial im Unterricht

Nachdem in Abschnitt 2.1 definiert wurde, was unter einem Comic zu verstehen ist, wird er nachfolgend als Lernmaterial im Unterricht beleuchtet. Dabei wird zunächst analysiert, inwiefern Comics in bisherigen Unterrichtsansätzen zum Einsatz kommen (Abschnitt 2.2.1). Anschließend wird mithilfe von Befunden aus der Lehr-Lernforschung und der Forschung multimedialen Lernens diskutiert, welche Chancen Comics für den Unterricht bieten (Abschnitt 2.2.2).

Danach wird der aktuelle Forschungsstand zur Lernwirksamkeit von Comics als Lernmaterial skizziert. Es werden bisherige Forschungsergebnisse vorgestellt (Abschnitt 2.2.3).

Auf Basis der Erkenntnisse zu Comics als Lernmaterial werden Implikationen für die eigene Forschungsarbeit erläutert (Abschnitt 2.2.4).

### 2.2.1 Einsatz von Comics im Unterricht

In deutschen Schulen und in der pädagogischen Literatur fanden Comics zum ersten Mal in den 1970er Jahren Verwendung (Neuhaus, 2017). Da es jedoch Bedenken gegenüber Comics als Lernmaterial gab, wurden sie meist nur im Kunst- und Deutschunterricht unter kritischer Perspektive betrachtet und als triviales und stereotypes Massenmedium beschrieben (Neuhaus, 2017). In den Naturwissenschaften und in der Mathematik fand der Comic weitestgehend keine Verwendung. Wenn Comics vereinzelt im Unterricht eingesetzt wurden, dann als Einstieg, um das Interesse der Schüler/innen zu wecken oder eine Diskussion anzuregen (Sandmann & Wenning, 2015).

Die Haltung gegenüber Comics hat sich jedoch geändert. Der Comic wird heute als geeignetes Lernmaterial gesehen, mit dessen Hilfe Wissen und Kompetenzen vermittelt werden können (Neuhaus, 2017). Die Einsatzmöglichkeiten eines Comics sind dabei vielfältig, da Comics auf unterschiedliche Weisen im Unterricht Verwendung finden können.

#### *Einsatzmöglichkeiten des Comics im Unterricht*

Brück-Hübner (2022) untergliedert die Einsatzmöglichkeiten des Comics in die vier Kategorien Erzählung, Dokumentation, Veranschaulichung/Visualisierung und Erklärung. Ein Comic kann als Erzählung eingesetzt werden, indem zum Beispiel eine Abenteuergeschichte präsentiert wird. Außerdem können Comics als Lernhilfe dienen, indem ein sachliches Thema anhand einer Dokumentation dargestellt wird. So können Themen wie die Teilchenphysik gelehrt werden. Als Veranschaulichung/Visualisierung soll ein Comic dazu beitragen, auf Probleme oder spezielle Sachlagen aufmerksam zu machen. Beispielsweise kann eine mathematische Sachaufgabe visualisiert werden. Als viertes nennt Brück-Hübner (2022) die Erklärung von Abläufen, Regeln oder Problemlösungen, die mithilfe eines Comics anschaulich durch Visualisierungen gezeigt werden kann. Zum Beispiel können Prozesse wie Straßenverkehrsregeln oder Spielregeln durch Comics erklärt werden.



Wichtig dabei ist zu erwähnen, dass der Comic nicht den Anspruch hat, das Schulbuch zu ersetzen. Die Aufgabe des Comics soll es vielmehr sein, Wissen oder Informationen auf eine andere Weise als das Schulbuch zu vermitteln (Sandmann & Wenning, 2015).

Zusammenfassend kann festgehalten werden, dass der Comic gegenwärtig als Unterrichtsmaterial angenommen beziehungsweise eingesetzt wird und die Einsatzmöglichkeiten des Comics vielfältig sind. Im folgenden Abschnitt wird deshalb weiterverfolgt, ob Comics eine Chance für den Unterricht bieten können.

### 2.2.2 Comics als Chance für den Unterricht?

In Abschnitt 2.2.1 wurde beschrieben, dass Comics als Lernmaterial in der Schule eingesetzt werden. Außerdem wurde die Vielfalt der Einsatzmöglichkeiten von Comics dargelegt. Aufbauend darauf soll nun geklärt werden, ob Comics die Chance eröffnen, den Unterricht lernwirksam zu gestalten. Dafür werden Theorien und Befunde aus der Lehr-Lernforschung und der Forschung multimedialen Lernens herangezogen und potenzielle lernunterstützende Maßnahmen diskutiert. In Abschnitt 2.2.2.1 wird zunächst auf die kognitive Unterstützungsmöglichkeit durch die Strukturierung eines Comics eingegangen. Danach beleuchtet Abschnitt 2.2.2.2, inwiefern Comics durch Text-Bild-Kombinationen Schüler/innen kognitiv unterstützen können. Hierbei sind verschiedene Theorien aus der Forschung relevant, die erläutert werden. Anschließend wird in Abschnitt 2.2.2.3 geklärt, inwiefern das Lernen mit Comics zu einer Förderung von affektiven Aspekten der Schüler/innen führt.

#### 2.2.2.1 Lernunterstützung durch die Struktur eines Comics

Im naturwissenschaftlichen Unterricht kommen komplexe Inhalte und Aufgaben vor, welche die Schüler/innen kognitiv herausfordern und schlimmstenfalls überfordern können. Um die Schüler/innen angemessen zu unterstützen, werden verschiedene Maßnahmen ergriffen.

Eine Möglichkeit der Lernunterstützung ist die Strukturierung des Unterrichts (z.B. K. Möller, 2016; Rakoczy et al., 2010). Dadurch soll der Lernprozess der Schüler/innen begünstigt werden, indem die Komplexität der Lernsituation reduziert wird und die Lernenden dem Unterrichtsablauf folgen können (z.B. Kleickmann, 2012; Meschede et al., 2015; K. Möller, 2016). Die Strukturierungshilfen sind dabei vor allem für jüngere Schüler/innen mit begrenzter Arbeitsgedächtniskapazität relevant (K. Möller, 2016). Es ist bekannt, dass sich leistungsschwächere Kinder durch eine stärkere Strukturierung des Unterrichts signifikant kompetenter, selbstwirksamer und engagierter einschätzen als Kinder, die einen Unterricht mit geringerer Strukturierung durchlaufen. Bei leistungsstärkeren Kindern zeigt sich hingegen kein Unterschied bezüglich der Struktur der Lernumgebung (Blumberg, 2008; Blumberg et al., 2004).

### *Definition Strukturierung*

Damit deutlich wird, in welcher Weise Comics zur Strukturierung des Unterrichts beitragen können, erfolgt nachfolgend zunächst die Erläuterung des Begriffs der Strukturierung. In der Literatur finden im unterrichtlichen Kontext verschiedene Begriffe der Strukturierung Verwendung.

Lipowsky (2020) verwendet die Begriffe Strukturiertheit und Strukturierung und sieht darin ein zentrales Merkmal effektiven Unterrichts. Bei der Operationalisierung des Begriffs nennt Lipowsky (2020) drei Bedeutungsfacetten von Strukturiertheit. Zum einen nennt er „die Gliederung des Unterrichts in einzelne Phasen und Abschnitte und die Zerlegung des Unterrichtsinhalts in einzelne Komponenten“ (Lipowsky, 2020, S. 79). Er betont dabei, dass sich diese Facette vor allem auf den didaktischen Aspekt des Unterrichts bezieht und einen sorgfältig geplanten Unterricht voraussetzt. Zum anderen interpretiert Lipowsky (2020) die Strukturiertheit als Konsistenz von Regeln und Erwartungen. Er sieht darin eine Strukturierung auf Verhaltensebene, wodurch ein störungsfreier Unterricht gewährleistet werden und dadurch beispielsweise mehr Lernzeit zur Verfügung stehen soll. Zudem beschreibt Lipowsky (2020) eine kognitionspsychologische Strukturierung als eine Bedeutungsfacette von strukturiertem Unterricht. Als Maßnahmen der kognitionspsychologischen Strukturierung nennt er Handlungen, die den Aufbau von Wissen fördern. Dabei führt er die Herstellung von Zusammenhängen einzelner Unterrichtsinhalte auf, indem beispielsweise wichtige Unterrichtsergebnisse zusammengefasst oder gezielte Fragen gestellt werden (Lipowsky, 2020).

Rakoczy et al. (2007) gliedern den Begriff der Strukturierung grob in zwei Komponenten: organisatorische und inhaltliche Strukturierung. Als organisatorische Strukturierung werden die organisatorischen Rahmenbedingungen des Unterrichts verstanden. Beispielsweise zeichnet sich ein organisatorisch strukturierter Unterricht durch einen störungsfreien Unterricht oder einen effektiven Umgang mit Unterrichtsstörungen aus. Diese Art der Strukturierung im Unterricht geht mit einer effizienten Klassenführung einher (Kleickmann, 2012). Als zweite Komponente der Strukturierung wird die inhaltliche Strukturierung genannt, welche sich auf die Struktur des Lerninhalts bezieht. Ziel der inhaltlichen Strukturierung ist es, die Schüler/innen beim Wissensaufbau zu unterstützen und den Lerngegenstand erfassbar zu machen (Rakoczy et al., 2007).

Meschede et al. (2015) beschreiben die Zielklarheit als eine zentrale inhaltliche Strukturierung, die vor allem bei komplexen naturwissenschaftlichen Themen (wie dem Schwimmen und Sinken) entscheidend ist. Dabei sollte nicht nur das Stundenziel genannt werden, sondern auch Teilziele zu übergeordneten Fragen. Die Teilziele sollen den Schüler/inne/n helfen, inhaltliche Zusammenhänge zu erkennen und diese einzuordnen (Meschede et al., 2015). Als weitere Maßnahme zur inhaltlichen Strukturierung nennen Meschede et al. (2015) das Hervorheben. Dies soll dazu dienen, die Aufmerksamkeit der Lernenden auf bestimmte Punkte zu lenken.

Einsiedler und Hardy (2010) verwenden den Begriff der „kognitiven Strukturierung“ und verstehen darunter eine prozessorientierte Unterstützung, um Wissen in einem bestimmten

Bereich aufzubauen. Vorausgesetzt wird dabei ein möglichst selbstständiges Denken mit verschiedenen kognitiven Aktivitäten (beispielsweise Reflexionsprozessen), um den Schüler/inne/n einen Aufbau von konzeptuellem Wissen zu ermöglichen. Um Unterricht kognitiv zu strukturieren, nennen Einsiedler und Hardy (2010) die Möglichkeit, visuelle Lernunterstützungen einzusetzen.

Die genannten Definitionen zur Strukturierung sind vielfältig, haben aber durchaus Gemeinsamkeiten. Bei allen Definitionen spielt die Strukturierung eine Rolle, welche zum Wissensaufbau beitragen soll. Genannt wird sie bei den aufgeführten Definitionen „kognitionspsychologische Strukturierung“ (Lipowsky, 2020), „inhaltliche Strukturierung“ (Meschede et al., 2015; Rakoczy et al., 2007) und „kognitive Strukturierung“ (Einsiedler & Hardy, 2010). Ziel dieser Strukturierung ist es, die Schüler/innen kognitiv zu unterstützen, damit ein Wissenserwerb begünstigt wird. Inwiefern Comics den Lerngegenstand strukturieren, beziehungsweise zur inhaltlichen/kognitiven Strukturierung beitragen können, wird nachfolgend erläutert.

Comics bieten die Möglichkeit, den Lerngegenstand durch das Erzählen in Sequenzen inhaltlich zu strukturieren. Der Inhalt des Unterrichts kann dabei in ausgewählte Sequenzen eingeteilt und durch den Comic gegliedert werden. Der Comic bietet beispielsweise die Chance, den Unterricht in Sinnesabschnitte zu gliedern, indem die Umgebung im Comic (zum Beispiel auf einem Boot, im Klassenzimmer der Schule oder gar in den Gedanken eines Comiccharakters) in den jeweiligen Panels variiert wird. Dadurch können in einen Comic mehrere Sicherungsphasen von Unterrichtsinhalten eingebaut und Teilziele eines Unterrichts erreicht werden. Teilziele können vor allem vorher durch Aussagen oder Fragen der Comiccharaktere formuliert werden, um als inhaltliche Strukturierungshilfe zu dienen. Die geschlossene Geschichte, die durch die Gespräche zustande kommt, kann außerdem als roter Faden des Unterrichts gesehen werden. Im Comic können Schüler/innen zudem zurückblättern, um bei Unklarheiten auf bereits Gelesenes zurückzugreifen.

Neben der inhaltlichen Strukturierungsmöglichkeit kann ein Comic dazu genutzt werden, den Unterricht beziehungsweise den Lerngegenstand kognitiv zu strukturieren. Die Gespräche der Comiccharaktere können helfen, die Schüler/innen kognitiv zu aktivieren und zum Lernen anzuregen. In der Literatur werden derartige Anregungen als kognitive Prompts bezeichnet (z.B. Bannert, 2009; Berthold et al., 2007; Schmidt-Weigand et al., 2009; Wirth, 2009). Kognitive Prompts unterstützen die Lernenden bei der Informationsverarbeitung, indem sie zum Erinnern, Lernen und Organisieren anregen (z.B. Bannert, 2009; Berthold et al., 2007).

Eine weitere Möglichkeit der kognitiven Strukturierung bieten Comics durch Visualisierungen von Modellen, Phänomenen oder Gegenständen. Selbst Modelle, Phänomene oder Gegenstände, die sonst nicht im Unterricht zur Verfügung stehen, können dadurch veranschaulicht oder gezeigt werden.

Abschließend kann festgehalten werden, dass Comics die Chance bieten, den Unterricht beziehungsweise den Lerngegenstand durch die Strukturierungsmöglichkeit lernunterstützend zu gestalten. Da zur kognitiven Strukturierung vor allem Text-Bild-Kombinationen beitragen, werden diese im folgenden Abschnitt im Fokus stehen.

### **2.2.2.2 Lernunterstützung durch Text-Bild-Kombinationen**

Texte sind zentraler Lerngegenstand des naturwissenschaftlichen Unterrichts. Beim Lernen naturwissenschaftlicher Inhalte werden Sachtexte eingesetzt, um unter anderem Begriffe klar zu definieren, Zusammenhänge zu erläutern oder Prozesse zu beschreiben. Das Lernen mit Sachtexten fällt vielen Schüler/innen/n allerdings schwer (Härtig et al., 2015; Leisen, 2010; Schmitz, 2015; Schneider, 2020). Neben der sprachlichen Schwierigkeit des Sachtextes stellt die fachliche Schwierigkeit des Unterrichtsinhalts einen Grund dar (Leisen, 2010).

Um die Schüler/innen beim Lesen angemessen zu unterstützen, gibt es verschiedene – aus der Forschung bekannte – Möglichkeiten. Auf der einen Seite können Verstehensstrategien, wie das Aktivieren von Vorwissen oder das Zusammenfassen von Textabschnitten, vermittelt werden (z.B. Bimmel & van Schooten, 2004; Honnef-Becker & Kühn, 2010; Leisen, 2010; A. Mayer & Marks, 2019; Muijselaar et al., 2017; Philipp, 2012). Auf der anderen Seite besteht die Möglichkeit seitens der Lehrperson, den Schwierigkeitsgrad eines Textes zu reduzieren (z.B. Klingner, 2015; Leisen, 2007; Schwamborn et al., 2010).

Leisen (2007) differenziert zwischen einer offensiven Anpassung des Lesers an den Text und einer defensiven Anpassung des Textes an die lesende Person (siehe Abbildung 2.2). Unter der offensiven Anpassung versteht Leisen (2007) die Aneignung von Lesestrategien oder das Durchführen von Lesetrainings. Die defensive Aneignung hingegen meint die Textvereinfachung oder das Verwenden von alternativen Texten. Abbildung 2.2 veranschaulicht diese beiden Umgangsformen.



Abbildung 2.2: Der Umgang mit Texten im Fachunterricht (Leisen, 2012)

Im Folgenden wird näher auf die beiden Optionen der Textvereinfachung eingegangen. Nach Leisen (2012) besteht beim rechten Zweig der Abbildung 2.2 die Möglichkeit der Lehrperson darin, den Text zu vereinfachen. Dies kann erfolgen, indem zum Beispiel kurze Sätze gebildet werden oder der Text klar gegliedert wird (Leisen, 2007). Außerdem können neben dem Text weitere Repräsentationsformen zum Einsatz kommen, um das Textverstehen zu unterstützen. Eine Option der Unterstützung bietet hierbei die Darbietung von Visualisierungen zu einem Sachtext, weil die Visualisierungen weitestgehend sprachunabhängig sind und Defizite der Lesefähigkeit ausgleichen können. Da bei einer Visualisierung meist viel Interpretationsspielraum besteht, dient ein zusätzlicher Text dazu, den Sachverhalt zu präzisieren (Leisen, 2007).

Comics vermitteln Geschichten oder Informationen, indem zwei Darstellungsformen Verwendung finden: Worte und Bilder. Das Lernen mit einem Comic kann demzufolge als multimediales Lernen bezeichnet werden. Aus der Forschung ist bekannt, dass die duale Darbietung in Form von Text und Bild einen positiven Einfluss auf das Lernverhalten hat (z.B. R. E. Mayer, 2012, 2022; R. E. Mayer & Moreno, 2003). Dabei profitieren vor allem Schüler/innen mit geringem Vorwissen von kohärenten Text-Bild-Zusammenstellungen (z.B. Böhme & Munser-Kiefer, 2020; R. E. Mayer, 2012).

Der positive Effekt von Text-Bild-Kombinationen wird in der Literatur als Multimedia Effekt (z.B. R. E. Mayer, 2012, 2022; R. E. Mayer & Moreno, 2003) bezeichnet und ist Gegenstand der Forschung multimedialer Lernumgebungen (z.B. R. E. Mayer, 2012, 2022; Paivio, 1986; Schnotz, 2014; Schnotz & Bannert, 2003; Schwamborn et al., 2010). Wichtige theoretische Grundlagen bezüglich des Multimedia Effekts liefern die Cognitive Load Theory (Sweller, 1988, 1994, 2010, 2012; Sweller et al., 2011; Sweller et al., 2019), die duale

Kodierungstheorie (Paivio, 1986), die Cognitive Theory of Multimedia Learning (R. E. Mayer, 2012, 2022; R. E. Mayer & Moreno, 2003) und das Modell des Text- und Bildverstehens (z.B. Schnotz, 2022; Schnotz & Bannert, 2003).

Durch die nachfolgende Beschreibung der Theorien soll final die Frage geklärt werden, ob Comics durch Text-Bild-Kombinationen lernförderlich sein können. In Abschnitt 2.2.2.1 wird die Cognitive Load Theory aufgezeigt, die sich mit der kognitiven Belastung beim Wissenserwerb befasst und allgemeine Empfehlungen zur lernförderlichen Gestaltung von Lernmaterialien gibt. Anschließend werden in Abschnitt 2.2.2.2 die duale Kodierungstheorie, die Cognitive Theory of Multimedia Learning und das Modell des Text- und Bildverstehens als weitere Theorien zum Lernen mit Multimedia beschrieben.

### 2.2.2.1 Cognitive Load Theory

Die Cognitive Load Theory (Sweller, 1988, 1994, 2010, 2012; Sweller et al., 2011; Sweller et al., 2019) ist eine Theorie, die sich mit der kognitiven Belastung beim Lernen auseinandersetzt. Sie geht davon aus, dass die Kapazität des Arbeitsgedächtnisses von Lernenden begrenzt ist und ihnen deshalb nur eine bestimmte Menge an kognitiven Ressourcen zur Verfügung steht. Ebenfalls befasst sie sich mit der Gestaltung von Lernmaterialien. Durch eine passende Gestaltung des Materials sollen dabei Ressourcen des Arbeitsgedächtnisses optimal genutzt werden (z.B. Sweller et al., 2019).

Die Cognitive Load Theory geht von drei Arten der kognitiven Belastung beim Lernprozess aus, die zusammen den gesamten Cognitive Load abbilden: Intrinsic Cognitive Load (intrinsische kognitive Belastung), Extraneous Cognitive Load (extrinsische kognitive Belastung) und Germane Cognitive Load (lernbezogene kognitive Belastung). Im Folgenden werden die drei Arten beschrieben, da diese sowohl für das Verständnis der Theorie als auch für eine optimale Gestaltung von Lernmaterialien bedeutend sind.

- Der Intrinsic Cognitive Load (beziehungsweise die intrinsische kognitive Belastung) ist laut Sweller und Kolleg/inn/en abhängig von der Komplexität des zu lernenden Gegenstands und wird durch die Anzahl der Informationseinheiten beeinflusst, die vom Lernenden gleichzeitig verarbeitet werden müssen (z.B. Sweller, 2010; Sweller et al., 2011). Die Komplexität wird dabei von der sogenannten Elementinteraktivität bestimmt, die für den Aufbau eines Schemas relevant ist. Eine geringe intrinsische Belastung tritt beispielsweise beim Vokabellernen auf. Dort müssen lediglich zwei Elemente miteinander vernetzt werden. Im Gegensatz dazu ist die intrinsische Belastung bei komplexen Aufgaben, wie zum Beispiel dem Umstellen einer Gleichung, prinzipiell höher. Begründet wird dies mit der Tatsache, dass Lernende mehrere Informationen gleichzeitig behalten und simultan verarbeiten müssen (Sweller, 1994).

Die intrinsische Belastung ist nicht durch die Gestaltung des Lernmaterials beeinflussbar. Lerninhalte können zwar in bestimmte Sequenzen aufgeteilt werden, um schrittweise Teilziele zu erreichen, allerdings ist ein Aufbau eines kompletten Schemas (z.B.

Aufbau eines Dichteverständnisses) ohne eine Reduzierung der intrinsischen kognitiven Belastung (z.B. eine didaktische Reduktion) kaum möglich (Sweller, 2010).

Subjektiv ist die Höhe der intrinsischen kognitiven Belastung vom Vorwissen der Lernenden abhängig. Haben Lernende in einem bestimmten Themenbereich ein hohes Vorwissen, können sie Elemente des Lerninhalts zusammenfassen, sodass sie im Gesamten weniger Informationseinheiten verarbeiten müssen. Damit wird bei Lernenden mit hohem Vorwissen eine geringere intrinsische Belastung verursacht als bei Lernenden mit geringem Vorwissen, die nicht dazu fähig sind Informationseinheiten zu bündeln (Pollock et al., 2002).

- Der Extraneous Cognitive Load (beziehungsweise die extrinsische kognitive Belastung) ist die kognitive Belastung, die durch die Gestaltung des Lernmaterials erzeugt wird. Deshalb ist diese Art der Belastung direkt durch die Gestaltung des Materials veränderbar. Der Extraneous Cognitive Load kann beispielsweise reduziert werden, indem redundante Informationen oder nicht relevante Informationen weggelassen werden. Dadurch soll eine Ablenkung der lernrelevanten Aspekte vermieden werden (R. E. Mayer, 2012).

Mit der Frage, wie die extrinsische kognitive Belastung klein gehalten werden kann, beschäftigt sich die Multimedia-Forschung (z.B. R. E. Mayer, 2012, 2022; Paivio, 1986; Schnotz, 2014; Schnotz & Bannert, 2003; Schwaborn et al., 2010). Allgemeine Gestaltungsprinzipien, mit denen der Extraneous Cognitive Load geringgehalten werden kann, finden sich in Abschnitt 3.2.1.

- Der Germane Cognitive Load (beziehungsweise die lernrelevante kognitive Belastung) wird als dritte Quelle der kognitiven Belastung aufgeführt. Er wird als diejenige Belastung gesehen, welche durch die lernförderliche Aktivität entsteht und zum Aufbau eines Schemas des Lerninhalts dient. Die direkte Reduzierung des Germane Cognitive Loads erscheint daher schwierig (Hecht, 2014). Bei der Gestaltung von Lernmaterialien ist das Ziel, möglichst viel Kapazität des Arbeitsgedächtnisses für den Germane Cognitive Load freizuhalten, um zu einer Lernförderlichkeit beizutragen. Dies kann durch die Gestaltung des Lernmaterials umgesetzt werden, indem der Extraneous Cognitive Load auf ein bestimmtes Maß reduziert wird (Chandler & Sweller, 1991; Sweller et al., 2011; Sweller et al., 2019).

Die drei genannten Arten der kognitiven Belastung bilden zusammen den gesamten Cognitive Load (beziehungsweise die gesamte kognitive Belastung) und sind zentral für die Cognitive Load Theory. Nachfolgend werden die verschiedenen Loads gemeinsam betrachtet.

Es wurde erwähnt, dass der Intrinsic Cognitive Load von dem Vorwissen der Lernenden abhängt. Bei gleichem Lerngegenstand entstehen dadurch unterschiedlich hohe Belastungen, die in den Intrinsic Load investiert werden müssen (Künsting, 2007). Deshalb verbleiben unterschiedliche Ressourcen, die in den Germane Cognitive Load eingesetzt werden

können. Es ergibt sich eine subjektive Veränderung der Höhe des Intrinsic Cognitive Loads in Abhängigkeit des Vorwissens und somit eine Veränderung der Aufteilung des Intrinsic Cognitive Loads und des Germane Cognitive Loads bei gleichbleibendem Extraneous Cognitive Load. Dies wird nachfolgend in Abbildung 2.3 veranschaulicht.

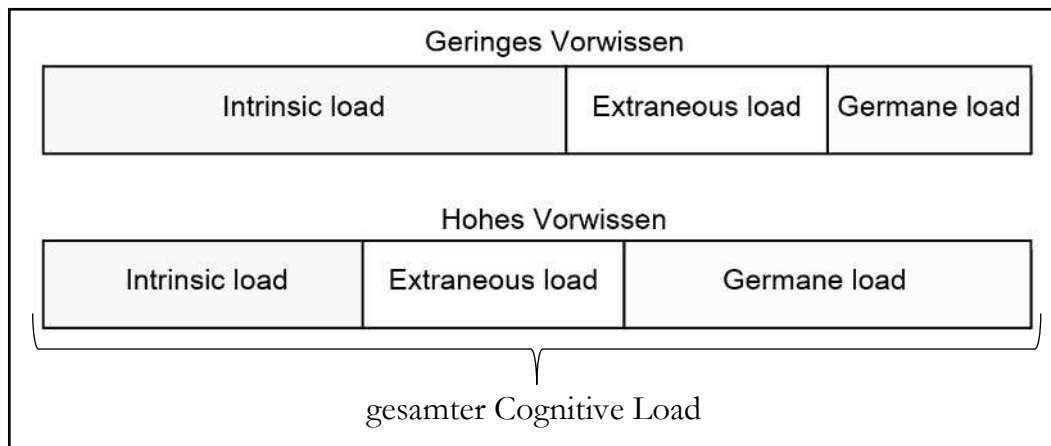


Abbildung 2.3: Abhängigkeit des Vorwissens bezüglich des Cognitive Loads in Anlehnung an Künsting (2007)

Aus Abbildung 2.3 geht hervor, dass der Intrinsic Cognitive Load, der Extraneous Cognitive Load und der Germane Cognitive Load gemeinsam den gesamten Cognitive Load abbilden. Der gesamte Cognitive Load sollte im Allgemeinen nicht höher sein als die Kapazität des Arbeitsgedächtnisses der lernenden Person, da ansonsten ein Cognitive Overload<sup>4</sup> entsteht (Sweller et al., 1998). Eine Abstimmung des Lerngegenstands mit der vorhandenen Kapazität des Arbeitsgedächtnisses der Lernenden ist deshalb unerlässlich.

Wenn davon ausgegangen wird, dass die Kapazität des Arbeitsgedächtnisses kurzfristig nicht erhöht werden kann, bleibt lediglich die Möglichkeit der Reduzierung der kognitiven Belastung. Diesbezüglich wurde in diesem Abschnitt erwähnt, dass die Höhe des Intrinsic Cognitive Loads nur bedingt manipulierbar ist. Daher wird bei der Gestaltung von Lernmaterialien darauf geachtet, den Extraneous Cognitive Load gering zu halten, um Kapazitäten für den Germane Cognitive Load freizuhalten (R. E. Mayer, 2012; R. E. Mayer & Moreno, 2003). Dadurch sollen den Lernenden mehr kognitive Ressourcen für lernbezogene Aktivitäten zur Verfügung stehen und ein Cognitive Overload vermieden werden (Hecht, 2014).

Abbildung 2.4 veranschaulicht eine Reduzierung des gesamten Cognitive Loads von (a) nach (b). Zunächst ist ein Cognitive Overload (a) visualisiert. Anschließend erfolgt eine Verringerung des Extraneous Cognitive Loads (b), sodass der gesamte Germane Cognitive Load und somit der gesamte Cognitive Load verarbeitet werden kann.

<sup>4</sup> Kognitive Überlastung durch zu viele Informationen.



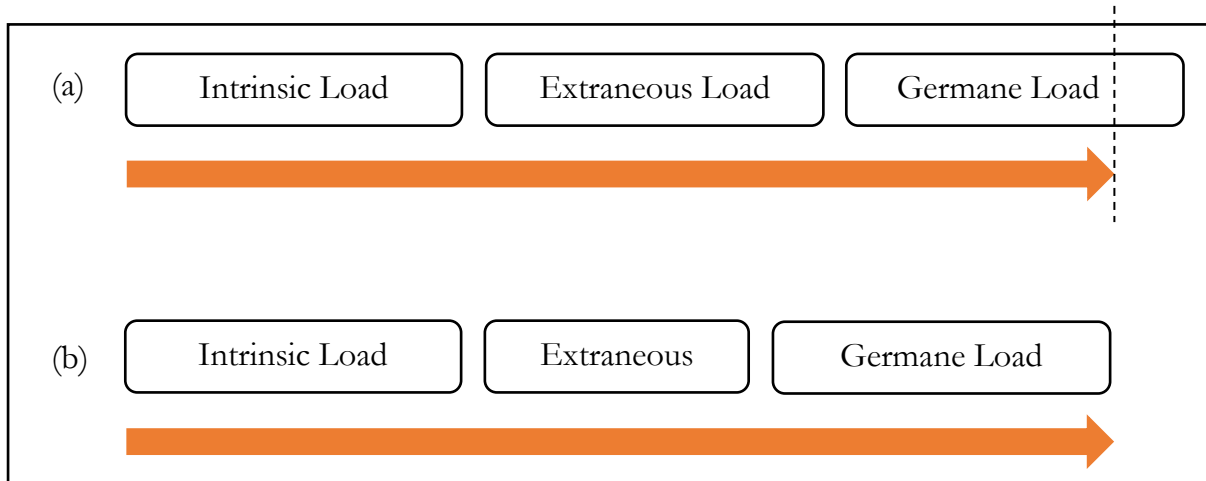


Abbildung 2.4: (a) Cognitive Overload und (b) Verringerung des Extraneous Loads in Anlehnung an Hecht (2014)

Die orangenen Pfeile in Abbildung 2.4 visualisieren die Kapazität des Arbeitsgedächtnisses, welche in beiden Fällen gleich groß ist. In Beispiel (a) wird eine kognitive Überlastung veranschaulicht, da der gesamte Cognitive Load höher ist als die Kapazität des Arbeitsgedächtnisses. In Beispiel (b) wird der Extraneous Cognitive Load verringert, sodass mehr Kapazität für den Germane Cognitive Load verbleibt. Dadurch soll eine kognitive Überlastung vermieden werden (Hecht, 2014).

An dieser Stelle ist anzumerken, dass eine Verringerung des Extraneous Cognitive Loads hauptsächlich bei einer hohen intrinsischen Belastung notwendig ist (Sweller, 2010). Ist die intrinsische Belastung gering, so ist eine hohe extrinsische Belastung nicht schädlich, da die gesamte kognitive Belastung wahrscheinlich innerhalb der Kapazität des Arbeitsgedächtnisses liegt (van Merriënboer & Sweller, 2005).

Da es sich beim Schwimmen und Sinken um ein kognitiv anspruchsvolles Unterrichtsthema handelt (siehe Abschnitt 1.3), ist der Intrinsic Cognitive Load entsprechend hoch. Deshalb muss die extrinsische Belastung so gering wie möglich gehalten werden. Konkrete Gestaltungsprinzipien beim multimedialen Lernen, mit denen eine unnötige extrinsische Belastung vermieden werden kann, sind in Abschnitt 3.2.1 zusammengefasst.

#### 2.2.2.2.2 Theorien zum Lernen mit Multimedia

Neben der Cognitive Load Theory gibt es eine Reihe an weiteren Theorien, die sich mit dem Lernen multimedialer Lernmaterialien beschäftigen. Im Folgenden werden drei verschiedene Theorien zum Lernen mit Multimedia aufgegriffen, um weiterhin zu verdeutlichen, warum Text-Bild-Kombinationen lernunterstützend sein können.

##### *Duale Kodierungstheorie von Paivio*

Die Theorie der dualen Kodierung (Paivio, 1986) geht davon aus, dass verbale und nonverbale Informationen in zwei verschiedenen kognitiven Systemen verarbeitet/gespeichert

werden (siehe Abbildung 2.5). Das verbale System dient der Verarbeitung von Text oder gesprochener Sprache (Logogene). Das nonverbale System dagegen verarbeitet Informationen wie visuelle Darstellungen (Imagene).

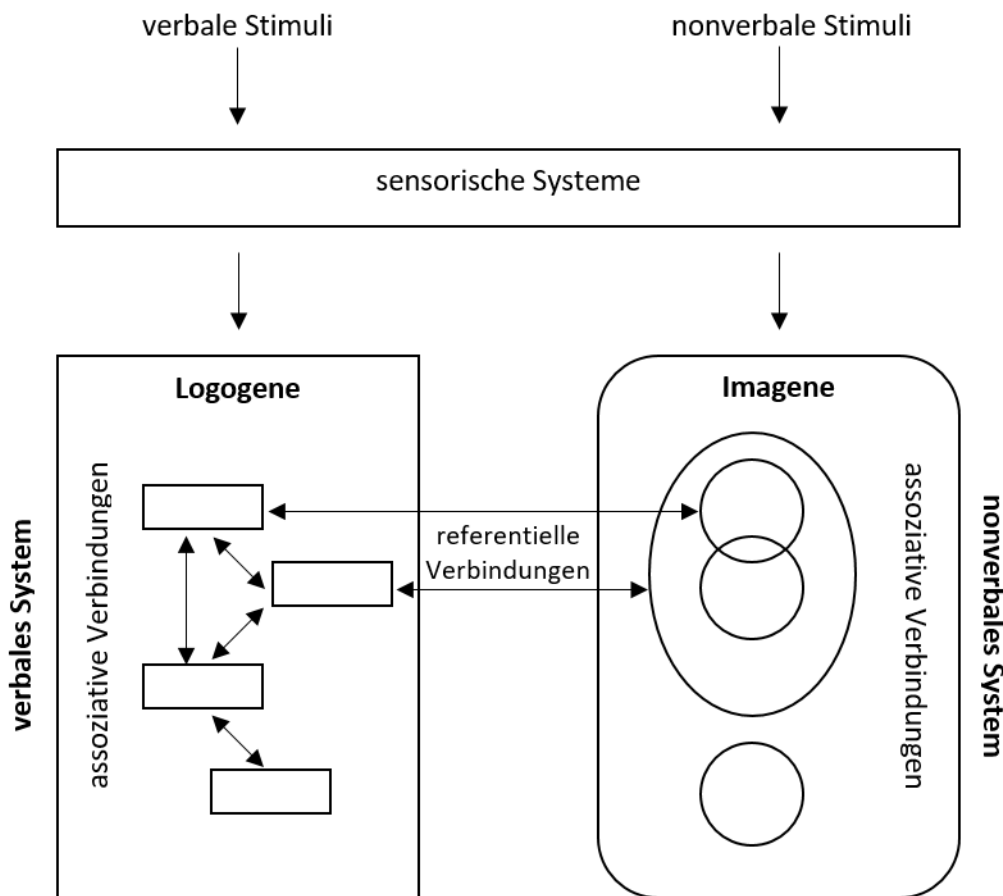


Abbildung 2.5: Verbales und nonverbales System der dualen Kodierungstheorie in Anlehnung an Clark und Paivio (1991)

Wie in Abbildung 2.5 dargestellt, geschieht die Aufnahme von Stimuli über sensorische Systeme. Anschließend findet die Verarbeitung und Speicherung von verbalen Stimuli im verbalen System und die Verarbeitung und Speicherung von nonverbalen Stimuli im nonverbalen System statt. Dabei erfolgt innerhalb des jeweiligen Systems eine Verknüpfung der Informationen. Darüber hinaus sind die beiden Systeme über eine referentielle Verbindung verknüpft.

Paivio (1986) postuliert, dass eine duale Kodierung von Informationen die Behaltenswahrscheinlichkeit von Informationen erhöht. Begründet wird dies damit, dass die Behaltensleistung von Lernenden steigt, wenn sie in der Lage sind, sich an entsprechende Text-Bild-Kombinationen des Lerngegenstands zu erinnern (Paivio, 1986).

### *Cognitive Theory of Multimedia Learning*

Die Cognitive Theory of Multimedia Learning (R. E. Mayer, 2012, 2022; R. E. Mayer & Moreno, 2003) setzt sich mit Informationsverarbeitungsprozessen bei multimedialen Lernmaterialien auseinander. Sie geht im Wesentlichen von drei zentralen Annahmen aus: Der Dual Channel Assumption, der Limited Capacity Assumption und der Active Processing Assumption. Diese drei Annahmen werden nachfolgend beschrieben.

- Dual Channel Assumption

Ebenso wie die duale Kodierungstheorie von Paivio geht die Cognitive Theory of Multimedia Learning (R. E. Mayer, 2012, 2022; R. E. Mayer & Moreno, 2003) davon aus, dass beim Aneignen von Informationen zwei verschiedene Verarbeitungskanäle eine Rolle spielen. Definiert werden die beiden Kanäle als auditiv/verbaler Kanal und visuell/bildlicher Kanal (siehe Abbildung 2.6; Words/Ears/Sounds und Pictures/Eyes/Images). Dabei betont R. E. Mayer (2012), dass die Informationsverarbeitung nicht getrennt voneinander abläuft. Es ist durchaus möglich, dass verbale Informationen (beispielsweise in Form eines Textes) in den visuell/bildlichen Kanal übertragen und weiterverarbeitet werden können (R. E. Mayer, 2012). Gleiches gilt für die Übertragung vom visuell/bildlichen Kanal in den auditiv/verbalen Kanal.

- Limited Capacity Assumption

Ebenso wie die Cognitive Load Theory (siehe Abschnitt 2.2.2.2.1), besagt die Cognitive Theory of Multimedia Learning, dass die Verarbeitungskanäle des Arbeitsgedächtnisses nur eine begrenzte Kapazität haben (R. E. Mayer, 2022). Es wird deshalb auf verschiedene Gestaltungsprinzipien zur Erstellung von Lernmaterialien verwiesen, um eine unnötige extrinsische kognitive Belastung zu vermeiden. Konkrete Prinzipien des multimedialen Lernens, die für diese Forschungsarbeit zentral sind, werden in Abschnitt 3.2.1 anhand von Umsetzungsbeispielen beschrieben.

- Active Processing Assumption

Als dritte Annahme geht die Cognitive Theory of Multimedia Learning davon aus, dass sich Lernende aktiv an der Verarbeitung von Informationen beteiligen müssen, damit ein kohärentes mentales Modell konstruiert werden kann (R. E. Mayer, 2022). Dazu müssen die relevanten Informationen (zum Beispiel in Form von Worten) ausgewählt, in kognitive Strukturen organisiert und mit dem Vorwissen aus dem Langzeitgedächtnis verbunden werden (R. E. Mayer, 2022).

Einen Überblick über die Cognitive Theory of Multimedia Learning gibt Abbildung 2.6. Es wird dargestellt, dass beim multimedialen Lernen der sensorische Speicher (Sensory Memory), das Arbeitsgedächtnis (Working Memory) und das Langzeitgedächtnis (Long-Term Memory) relevant sind. Außerdem werden die beiden beschriebenen Verarbeitungskanäle auditiv/verbal (Words/Ears/Sounds) und visuell/bildlicher Kanal (Pictures/Eyes/Images) sowie deren Interaktion veranschaulicht.

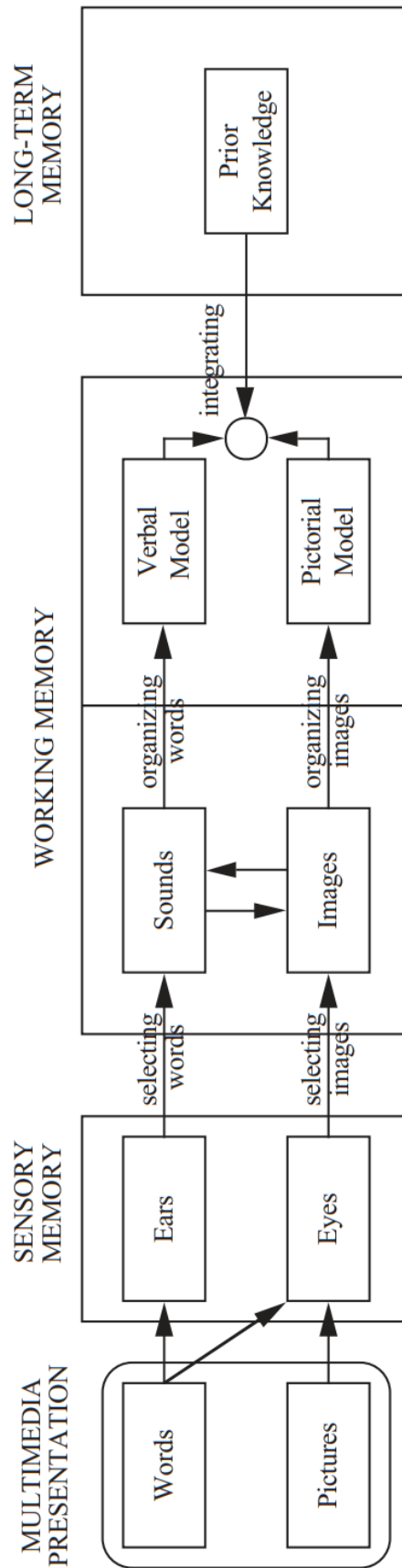


Abbildung 2.6: Cognitive Theory of Multimedia Learning (R. E. Mayer, 2022)

### Das Modell des Text- und Bildverstehens

Einen weiteren Ansatz zum Lernen mit Multimedia stellt das Modell des Text- und Bildverstehens (Baadte & Schnotz, 2012; Schnotz, 2022; Schnotz & Bannert, 2003) dar. Es versucht zu erklären, welchen Einfluss Text-Bild-Kombinationen auf das Verständnis von Lernenden haben. Ebenso wie die Theorie der dualen Kodierung (Paivio, 1986) und die Cognitive Theory of Multimedia Learning (R. E. Mayer, 2012, 2022; R. E. Mayer & Moreno, 2003) geht das Modell des Text- und Bildverstehens von zwei verschiedenen Informationsverarbeitungskanälen bei Lernenden aus (Schnotz & Bannert, 2003).

Im verbal organisierten Kanal (verbal organisation; siehe linker Zweig der Abbildung 2.7) werden zum Beispiel geschriebene Texte verarbeitet. Im visuell organisierten Kanal (visual organisation; siehe rechter Zweig der Abbildung 2.7) werden wiederum bildliche Informationen wie Graphen verarbeitet. Abbildung 2.7 zeigt den Aufbau des Modells des Text- und Bildverstehens nach Schnotz und Bannert (2003).

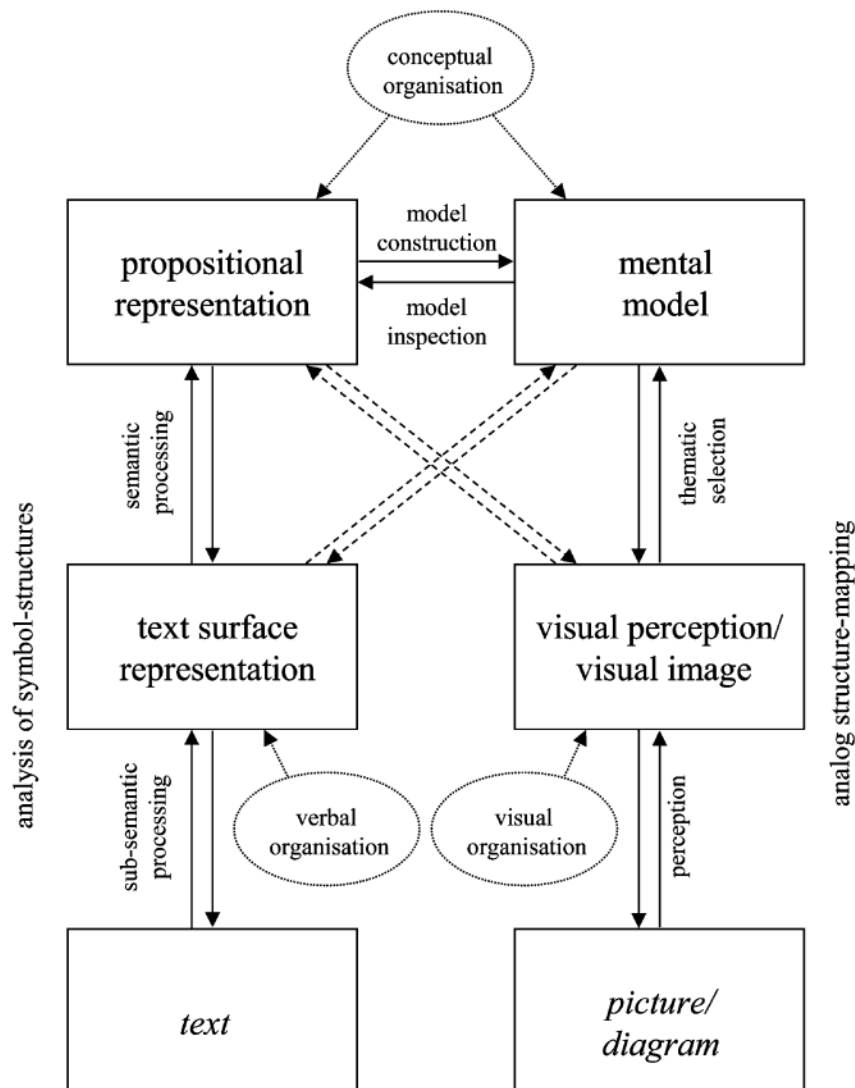


Abbildung 2.7: Das Modell des Text- und Bildverstehens (Schnotz & Bannert, 2003)

In Abbildung 2.7 werden die beiden genannten Kanäle (verbal organisierter und visuell organisierter Kanal) veranschaulicht, indem übergreifend zwischen „analysis of symbol-structures“ (Analyse von Symbolstrukturen) und „analog structure-mapping“ (Abbildung analoger Strukturen) unterschieden wird.

Bei der Analyse von Symbolstrukturen (linker Zweig der Abbildung 2.7) wird zwischen „sub-semantic processing“ (subsemantischen Verarbeitungsprozessen) und „semantic processing“ (semantischen Verarbeitungsprozessen) differenziert (Schnotz & Bannert, 2003). Damit ist beispielsweise die Worterkennung (subsemantische Verarbeitung) und der Aufbau einer Repräsentation eines Textinhalts (semantische Verarbeitung) gemeint (Schnotz, 2001). Wird der linke Zweig der Abbildung 2.7 weiterverfolgt, zeigt sich entsprechend, dass eine textuelle Information nach der Verarbeitung als „propositional representation“ (Propositionale Repräsentation) gespeichert wird.

Das Pendant zur Analyse von Symbolstrukturen stellt der rechte Zweig der Abbildung 2.7 dar, der die Abbildung analoger Strukturen veranschaulicht. Hier werden unter anderem Bilder oder Diagramme wahrgenommen. Während des Verarbeitungsprozesses findet eine „thematic selection“ (thematische Selektion) der Informationen statt und ein entsprechendes „mental model“ (mentales Modell) wird konstruiert (Schnotz 2001).

Im Gegensatz zur Cognitive Theory of Multimedia Learning (R. E. Mayer, 2012, 2022; R. E. Mayer & Moreno, 2003) gehen Schnotz und Bannert (2003) beim Lernen mit multimedialen Lernmaterialien vom Aufbau mehrerer Repräsentationen aus. Die propositionale Repräsentation und das mentale Modell (siehe Abbildung 2.7) befinden sich dabei in ständiger Interaktion und fließen zusammen. Sie interagieren über „model construction“ (Modellkonstruktion) und „model inspection“ (Modellinspektion) und die Interaktion dient vor allem einer „conceptual organisation“ (konzeptuellen Organisation) der Lerninhalte.

Die Kombination aus Text und Bild bietet laut Schnotz (2001) Vorteile bei der Verarbeitung von Informationen, da zwei Prozesse ineinandergreifen. Falls einer der beiden Kanäle von Lernenden beeinträchtigt ist, kann der Nachteil über den entsprechenden anderen Kanal ausbalanciert werden. Durch die Kombination von Text und Bild sollen Lernende beim Aufbau eines kohärenten mentalen Modells unterstützt werden, um letztlich einen Lernerfolg zu erzielen (Schnotz, 2001, 2022; Schnotz et al., 1996).

Nachdem die drei Theorien (Duale Kodierungstheorie, Cognitive Theory of Multimedia Learning und das Modell des Text- und Bildverstehens) zum Lernen mit Multimedia aufgezeigt wurden, erfolgt nachfolgend eine Zusammenfassung der Theorien. Darauf aufbauend wird auf die Eingangsfrage eingegangen, ob Comics eine Chance für den Unterricht bieten können.

Die Theorien betrachten das Lernen aus kognitionspsychologischer Sicht und besagen, dass beim Lernen verschiedene kognitive Informationsverarbeitungs Kanäle relevant sind. Es

wird im Wesentlichen von zwei Kanälen ausgegangen, die in den jeweiligen Theorien unterschiedlich betitelt werden. Schnotz und Bannert (2003) bezeichnen die beiden Kanäle als verbal organisierten und visuell organisierten Kanal.

Laut den Theorien werden verbale Informationen (zum Beispiel Text) in einem verbalen Kanal verarbeitet und gespeichert. Nonverbale Informationen (zum Beispiel Bilder) hingegen werden im visuellen Kanal verarbeitet und gespeichert. Aufgrund von zwei unabhängigen Verarbeitungsprozessen wird davon ausgegangen, dass eine duale Darbietung von Informationen den Lernprozess unterstützt. Beispielsweise können leseschwache Lernende durch Text-Bild-Kombinationen den visuellen Verarbeitungskanal nutzen, um den Lerninhalt besser zu erfassen und zu verstehen. Beim Betrachten der Theorien wird deutlich, dass Lernende beim multimedialen Lernen eine aktive Rolle einnehmen.

Es wird geschlussfolgert, dass der Comic durch Text-Bild-Kombinationen eine Chance für den Unterricht und den Lernerfolg der Schüler/innen bieten kann. Vor allem die sprachliche Unterstützung und die Unterstützung zum Aufbau eines mentalen Modells durch Text-Bild-Kombinationen im Comic sind zu erwähnen. Aufgrund der begrenzten Kapazität des Arbeitsgedächtnisses (siehe Abschnitt 2.2.2.1) ist allerdings auf verschiedene Gestaltungsprinzipien zu achten, um eine kognitive Überlastung zu vermeiden (siehe Abschnitt 3.2.1). Diesbezüglich gibt es Hinweise aus der Forschung, dass Lernende mit unterschiedlichen Voraussetzungen (zum Beispiel sprachlichen Voraussetzungen) nicht gleichermaßen von Lernunterstützungen wie Text-Bild-Kombinationen profitieren (z.B. Kalyuga et al., 2003; R. E. Mayer, 2012; siehe Abschnitt 3.1.3). Die Annahme, dass der Comic durch Text-Bild-Kombinationen pauschal für alle Lernenden eine Chance bietet, wird deshalb mit der vorliegenden Forschungsarbeit überprüft.

### 2.2.2.3 Förderung affektiver Aspekte durch Comics

In der Literatur herrscht Konsens darüber, dass affektive Aspekte wie die Motivation oder das Interesse von Schüler/inne/n eine Rolle beim Lernen spielen (z.B. Brunnhuber, 1995; Helmke, 2017; Meyer, 2004). Es stellt sich daher die Frage, wie Lehrpersonen dazu beitragen können, affektive Aspekte beim Lernen zu fördern.

Es ist kein Geheimnis, dass Comics bei Schüler/inne/n motivierend wirken und das Interesse am Unterricht fördern (z.B. Frey & Fisher, 2004; Hosler & Boomer, 2011; Morrison et al., 2002; Ranker, 2007; Sandmann & Wenning, 2015). Bereits Grünewald (1984) befragte Schüler/innen, aus welchem Grund sie Comics lesen und bekam weitestgehend die Antwort, dass Comics spannend und lustig seien. Comics würden Abwechslung bringen und das Lesen würde den Schüler/inne/n Freude bereiten (Grünewald, 1984).

Diese Ansicht der Schüler/innen hat sich im Laufe der Zeit nicht geändert. Die KIM-Studie aus dem Jahr 2000 zeigt, dass 39% der befragten Sechs- bis 13-jährigen ein oder mehrmals pro Woche Comics in ihrer Freizeit lesen. Die Ergebnisse der KIM-Studien aus den Jahren 2016 und 2018 zeigen, dass 38% der befragten Sechs- bis 13-jährigen ein oder mehrmals pro Woche Comics in ihrer Freizeit lesen. 2020 sind es noch 34% der befragten Sechs- bis

13-jährigen. Davon lesen 4% der Befragten täglich Comics in ihrer Freizeit (Medienpädagogischer Forschungsverbund Südwest, 2020).

Neben der Attraktivität von Comics können diese außerdem helfen, Diskurse im Unterricht anzuregen (Sieve & Prechtel, 2013). Die Schüler/innen können also über Comics motiviert werden, eigenständig zu lesen und Problemstellungen aus dem naturwissenschaftlichen Bereich zu lösen (Sieve & Prechtel, 2013). Ein Vorteil des Comics ist hierbei, dass verschiedene Lerntypen zum Lesen motiviert werden können (Prechtel, 2013a). In Abschnitt 2.2.2.2 wurde diesbezüglich beschrieben, dass Comics die Rezipient/inn/en neben der textuellen Ebene auch auf der visuellen Ebene ansprechen. Dies erleichtert den Zugang zum Inhalt und macht Comics vor allem für visuelle Lerntypen attraktiv (Baetge, 2018).

Es kann festgehalten werden, dass der Comic sowohl ein motivations- als auch ein interessenförderndes Lernmaterial darstellt. Deshalb wird einmal mehr davon ausgegangen, dass der Comic die Chance bietet, den Unterricht und entsprechend den Lernerfolg positiv zu beeinflussen.

### **2.2.3 Forschungsstand zur Lernwirksamkeit von Comics als Lernmaterial**

In Abschnitt 2.2.2 wurden theoretische Überlegungen angestellt, inwiefern Comics zur Lernwirksamkeit von Unterricht beitragen können. Die Lernwirksamkeit von Comics muss jedoch auch aus empirischer Sicht belegt werden.

Die Lernwirksamkeit ist ein zentrales Qualitätsmerkmal von Unterricht. Bei der Planung zur Gestaltung von lernwirksamem Unterricht gilt es zu überlegen, wie der Unterrichtsinhalt vermittelt werden soll. Hinsichtlich der Lernwirksamkeit von Comics im schulischen Kontext besteht jedoch bislang weitestgehend ein Forschungsdesiderat. Zwar gibt es literaturwissenschaftliche und didaktisch-methodische Anregungen für den Einsatz von Comics im Unterricht (siehe Abschnitt 2.2.2), jedoch keine empirische Grundlagenforschung (Hoffmann, 2020). Lediglich vereinzelte Studien gehen der Frage nach, ob Comics lernwirksam sind. In diesem Abschnitt werden erste Forschungsbefunde aus bestehenden Studien aufgeführt. Tabelle 2.1 zeigt nachfolgend eine Übersicht bestehender Studien.



Autor/inn/en	Titel	Erscheinungsjahr	Fachrichtung	Altersgruppe	Studiendesign	Forschungsbefund
Hosler und Boomer	Are comic books an effective way to engage nonmajors in learning and appreciating science?	2011	Biologie	Studierende	Prä-Post-Vergleich ohne Kontrollgruppe	Studierende schneiden im Posttest signifikant besser ab als im Prätest.
Liu	Effects of Comic Strips	2004	Fremdsprachenlernen	Erwachsene	Prä-Post-Vergleich mit Kontrollgruppe	Leistungsschwache Lernende erzielen einen höheren Lernzuwachs, wenn sie neben Text zusätzlich mit einem Comic lernen. Zusätzliche Comics haben keinen Effekt auf leistungsstarke Lernende.
Olson	The Comic Strip	2008	Chemie	Klasse 8	Prä-Post-Vergleich mit Kontrollgruppe	Schüler/innen, die ein Comic als Lernmaterial erhalten, erzielen höhere Lernerfolge als Schüler/innen, welche mit Vorträgen, Notizen und Zeichnungen lernen.
Özdemir	The effect of instructional Comics on sixth grade students' achievement in heat transfer	2010	Physik	Klasse 6	Prä-Post-Vergleich mit Kontrollgruppe	Schüler/innen erzielen einen höheren Lernerfolg, wenn sie einen Comic als Lernmaterial erhalten.
Wenning et al.	Lernwirksamkeit von Comics im Biologieunterricht	2018	Biologie	Klasse 5 und 6	Prä-Post-Vergleich mit Kontrollgruppe	Im Vergleich zum Lernen mit Lehrtexten ist ein Comic geeigneter, um fachliche Inhalte erfolgreich zu vermitteln. Vor allem bei leistungsschwachen Schüler/innen/n wird eine Behaltenleistung durch Comics gefördert.

Tabelle 2.1: Forschungsstand zur Lernwirksamkeit von Comics – Übersicht bestehender Studien

Hosler und Boomer (2011) können von einem positiven Effekt von Comics auf den Lernerfolg von Studierenden berichten. Während der Intervention der Studie kommen anstelle von Lehrbüchern Comics im Biologiestudium zum Einsatz. Durch einen Prä-Post-Vergleich des Wissens zu einem Thema der Evolutionsbiologie wird gezeigt, dass die Studierenden im Posttest signifikant besser abschneiden als im Prätest. Dabei können vor allem Lernende mit geringem Vorwissen ihre Leistung steigern (Hosler & Boomer, 2011). Eine Vergleichsgruppe mit andersartigem Lernmaterial gibt es bei dieser Studie nicht.

Liu (2004) untersuchte die Lernwirksamkeit von Comics bei erwachsenen Fremdsprachenerlern/innen. Dabei wird das Lernmaterial zwischen zwei Gruppen variiert. Die eine Gruppe erhält einen Text und zusätzlich einen inhaltlich identischen Comic. Die zweite Untersuchungsgruppe bekommt die lernrelevante Information hingegen lediglich in Form eines Textes. Ziel der Studie war es herauszufinden, inwiefern Gruppenunterschiede unter Berücksichtigung des Leistungsniveaus (Fremdsprachenkenntnis) existieren. Liu (2004) fand heraus, dass leistungsschwache Lernende einen signifikant höheren Lernzuwachs erzielen, wenn sie neben dem Text zusätzlich mit dem Comic lernen. Im Vergleich dazu haben zusätzliche Comics keinen signifikanten Effekt auf leistungsstarke Lernende.

Aus einer Studie von Olson (2008) geht hervor, dass Schüler/innen ( $N = 141$ ) der achten Klasse durch einen Comic höheres Wissen zum Thema Ionenbindungen generieren als durch das Lernen mithilfe von Vorträgen, Notizen und Zeichnungen. Durch einen Vergleich der Gruppen („Comic“ versus „Vortrag, Notizen und Zeichnungen“) zeigt sich, dass die Schüler/innen, die mit Comics lernen, signifikant ( $p = < .050$ ) besser abschneiden (Olson, 2008).

Eine Lernwirksamkeitsstudie von Özdemir (2010) belegt, dass Lernende der sechsten Klasse ( $N = 113$ ) im Physikunterricht höhere Lernerfolge erzielen, wenn sie einen Comic als Lernmaterial erhalten. Bei einem Prä-Post-Vergleich des Wissens zum Thema „Wärme und Temperatur“ zeigt sich, dass die Interventionsgruppe, die einen Comic als Lernmaterial bekommt, im Posttest signifikant ( $p = .018$ ) besser abschneidet als die Kontrollgruppe, welche nicht mit einem Comic lernt (Özdemir, 2010).

Inwiefern Comics lernwirksam sein können, haben Wenning et al. (2018) im Biologieunterricht der fünften und sechsten Klasse der Sekundarstufe I untersucht. Sie können zeigen, dass ein Comic zum Themenbereich „Überwinterungsstrategien“ geeigneter ist, um fachliche Inhalte erfolgreich zu vermitteln als das Lernen mit Lehrtexten. Vor allem bei leistungsschwachen Schüler/innen wird eine Behaltensleistung durch Comics gefördert. Wenning et al. (2018) können signifikante Unterschiede zwischen Interventions- und Kontrollgruppe mit mittleren bis großen Effektstärken ( $d = .71$  beziehungsweise 1.42 bei leistungsschwachen Schüler/innen) verzeichnen.

Die Ergebnisse der aufgeführten Studien belegen einen positiven Effekt von Comics auf das Lernen von verschiedenen Sachverhalten in unterschiedlichen Altersstufen. Die Frage, ob Comics zur Lernwirksamkeit von Lerninhalten beitragen können, wird aufgrund der geringen Anzahl an Studien vorsichtig bejaht. Inwiefern die Befundlage bei der eigenen

Forschungsarbeit Berücksichtigung findet, ist dem nachfolgenden Abschnitt 2.2.4 zu entnehmen.

### **2.2.4 Implikationen für die eigene Forschungsarbeit**

In den vorherigen Abschnitten wurde beschrieben, dass der Comic gegenwärtig als geeignetes Lernmaterial für den Unterricht gesehen wird, der die Schüler/innen auf unterschiedliche Weisen unterstützt. Bezüglich der Lernwirksamkeit von Comics wurden Forschungsbefunde dargelegt, welche einen positiven Effekt von Comics auf den Lernerfolg zeigen (Hosler & Boomer, 2011; Liu, 2004; Olson, 2008; Özdemir, 2010; Wenning et al., 2018). Aufgrund der positiven Eigenschaften von Comics (Lernunterstützung durch die Struktur, Lernunterstützung durch Text-Bild-Kombinationen, Förderung affektiver Aspekte) und der positiven – wenn auch geringen – Befundlage hinsichtlich der Lernwirksamkeit, werden bei der eigenen Forschungsarbeit Comics eingesetzt. Da bezüglich Comics und deren Lernwirksamkeit weitestgehend ein Forschungsdesiderat besteht, soll diese Forschungsarbeit dazu beitragen, weitere Erkenntnisse zur Lernwirksamkeit von Comics zu liefern.

Inwiefern die in Abschnitt 2.2.2.2.1 dargelegten Erkenntnisse zur Cognitive Load Theory und die in Abschnitt 2.2.2.2.2 erläuterten Theorien zum Lernen mit Multimedia bei der Forschungsarbeit Berücksichtigung finden, wird in Abschnitt 3.2.1 beschrieben. Deshalb wird in diesem Abschnitt nicht weiter darauf eingegangen.

## **2.3 Zusammenfassung**

Im Rahmen der vorliegenden Forschungsarbeit erfolgt die Untersuchung einer Unterrichtseinheit zum Schwimmen und Sinken, in der als Lernmaterial ein Comic zum Einsatz kommt. In diesem Kapitel fand zunächst die Beschreibung des Comics als Medium statt. Der Comic wurde dabei als „räumliche Sequenzen in Form von Panels (Einzelbildern)“ definiert, mit dessen Hilfe Geschichten oder Informationen vermittelt werden (Brokwa, 2013; Grünewald, 2000; McCloud, 2021).

Es folgte die Analyse des Comics als Lernmaterial im Unterricht. Als erstes wurde darauf eingegangen, ob und wie Comics im Unterricht Verwendung finden. Es wurde darauf hingewiesen, dass es in der Vergangenheit Bedenken gegenüber Comics als Lernmaterial gab. Die Haltung gegenüber Comics hat sich allerdings geändert. Der Comic wird heute als geeignetes Lernmaterial gesehen, mit dessen Hilfe Wissen und Kompetenzen vermittelt werden können (z.B. Neuhaus, 2017). Die Einsatzmöglichkeiten von Comics sind dabei vielfältig, da unterschiedliche Verwendungsweisen im Unterricht möglich sind.

Danach fand ein Diskurs statt, ob Comics eine Chance für das Lernen im Unterricht bieten. Es erfolgte die Diskussion von drei Bereichen, die mit Befunden aus der Lehr-Lernforschung und der Forschung multimedialen Lernens belegt wurden. Dabei kam es zunächst zur Frage, inwiefern Comics als Strukturierungshilfe für den Unterricht dienlich sein kön-

nen. Dafür wurde der Begriff der Strukturierung erläutert und geschlussfolgert, dass Comics die Möglichkeit eröffnen, den Unterricht durch das Erzählen in Sequenzen inhaltlich und kognitiv zu strukturieren.

Danach folgte die Frage, inwiefern der Comic durch Text-Bild-Kombinationen zu einer Lernunterstützung beiträgt. Das Lernen mit Comics wurde als multimediales Lernen bezeichnet. Hier ist aus der Forschung bekannt, dass duale Darbietungen in Form von Text und Bild einen positiven Einfluss auf das Lernverhalten haben (z.B. R. E. Mayer, 2012, 2022; R. E. Mayer & Moreno, 2003).

Da beim Lernen mit Multimedia und beim Gestalten von multimedialen Lernmaterialien verschiedene Theorien eine Rolle spielen, wurden diese festgehalten. Es erfolgte die Darstellung der Cognitive Load Theory, die allgemeine Empfehlungen zur lernförderlichen Gestaltung von Lernmaterialien gibt. Die drei kognitiven Belastungsarten der Cognitive Load Theory (Intrinsic Cognitive Load, Extraneous Cognitive Load und Germane Cognitive Load) wurden beschrieben. Hier kam es zur Schlussfolgerung, dass die Kapazität des Arbeitsgedächtnisses begrenzt ist und eine kognitive Überlastung (engl. cognitive overload) beim Lernen verhindert werden sollte (z.B. Sweller et al., 1998).

Anschließend wurden verschiedene Theorien zum Lernen mit Multimedia aufgeführt (Duale Kodierungstheorie von Paivio (Paivio, 1986), Cognitive Theory of Multimedia Learning (R. E. Mayer, 2012, 2022; R. E. Mayer & Moreno, 2003) und das Modell des Text- und Bildverstehens (Baadte & Schnotz, 2012; Schnotz, 2022; Schnotz & Bannert, 2003)). Dadurch konnte genauer beschrieben werden, welchen Einfluss Text-Bild-Kombinationen auf das Lernen haben. Laut Schnotz (2001) bietet die Kombination aus Text und Bild beispielsweise Vorteile bei der Verarbeitung von Informationen, da zwei Prozesse ineinandergreifen. Durch die duale Kodierung sollen die Lernenden beim Aufbau eines kohärenten mentalen Modells unterstützt werden, um letztlich einen Lernerfolg zu erzielen (Schnotz, 2001, 2022; Schnotz et al., 1996).

Des Weiteren wurde analysiert, ob Comics zur Förderung von affektiven Aspekten beitragen können. Es kam zur Darstellung, dass der Comic bei Schüler/innen motivierend wirkt und das Interesse am Unterricht weckt (z.B. Frey & Fisher, 2004; Grünewald, 1984; Hosler & Boomer, 2011; Morrison et al., 2002; Ranker, 2007; Sandmann & Wenning, 2015). Dabei ist der Comic vor allem auch für visuelle Lerntypen attraktiv (Baetge, 2018).

Nach der Diskussion, ob Comics eine Chance für den Unterricht darstellen, wurde der aktuelle Forschungsstand zur Lernwirksamkeit von Comics als Lernmaterial dargelegt.

Aufgrund der positiven Eigenschaften von Comics und der positiven – wenn auch geringen – Befundlage bezüglich der Lernwirksamkeit (Hosler & Boomer, 2011; Liu, 2004; Olson, 2008; Özdemir, 2010; Wenning et al., 2018), wurde beschlossen, bei der eigenen Forschungsarbeit Comics als Lernmaterial einzusetzen.

### **3. Konzept zur Gestaltung des Lernmaterials für die eigene Intervention**

Bestandteil der vorliegenden Forschungsarbeit sind Interventionsstudien im Sachunterricht der Grundschule. Das Lernmaterial für die unterrichtliche Intervention der Arbeit wurde auf Grundlage verschiedener Theorien selbst entwickelt. In diesem Kapitel wird das Konzept zur Gestaltung des Materials vorgestellt. Dafür wird zunächst die Theorie von sogenannten adaptiven Lernsettings aufgeführt (Abschnitt 3.1). Danach wird ein Konzept zur Gestaltung eines Comics zum Thema Schwimmen und Sinken präsentiert (Abschnitt 3.2).

#### **3.1 Adaptive Lernsettings**

Im Unterricht der Interventionsstudien dieser Forschungsarbeit werden sogenannte adaptive Lernsettings eingesetzt. In diesem Abschnitt wird der theoretische Rahmen von adaptiven Lernsettings dargelegt. Hierbei wird zunächst beschrieben, was darunter zu verstehen ist (Abschnitt 3.1.1). Im Anschluss daran wird die Frage beantwortet, warum es adaptive Lernsettings im Unterricht braucht (Abschnitt 3.1.2). Danach erfolgt ein Einblick in ausgewählte Forschungsbefunde zur Wirkung von adaptivem Unterricht (Abschnitt 3.1.3). Zum Schluss werden auf Basis der Forschungsbefunde Implikationen für die eigene Forschungsarbeit genannt (Abschnitt 3.1.4).

##### **3.1.1 Definition – Was sind adaptive Lernsettings?**

Lehrpersonen ergreifen verschiedene Maßnahmen, um Schüler/innen mit unterschiedlichen Lernvoraussetzungen innerhalb einer Klasse zu fördern. Beispielsweise wird differenziert, individualisiert, kooperatives/flexibles Lernen ermöglicht oder individuelles Feedback gegeben. Neben diesen Maßnahmen ist ein sogenannter adaptiver (von lat. *adaptare* „anpassen“) Unterricht eine Möglichkeit, um Lernenden mit unterschiedlichen Voraussetzungen gerecht zu werden.

Glaser (1972) versteht unter adaptivem Unterricht, dass den Schüler/inne/n je nach Lernvoraussetzungen und Interessen verschiedene Materialien zur Verfügung gestellt werden. Dabei ist die Interaktion zwischen den Fähigkeiten der Schüler/innen und des Lernmaterials entscheidend. Die Höhe des Lernerfolgs der Schüler/innen hängt davon ab, ob eine Passung dieser beiden Variablen (Fähigkeiten und Lernmaterial) gegeben ist.

Corno und Snow (1986) definieren adaptiven Unterricht als einen Ansatz, bei dem die Lehrperson den Unterrichtsinhalt individuell an die Lernenden anpasst. Die Autoren unterscheiden dabei zwischen einer Makro- und Mikroadaptation.

Als Makroadaptation bezeichnen sie die Anpassung des Unterrichts vor dem Lernprozess auf Klassenebene. Beispielsweise wird das Ziel, der Inhalt, die Methode oder die Lernzeit an die Bedürfnisse der Schüler/innen mit unterschiedlichen Lernvoraussetzungen angepasst. Dies kann erfolgen, indem die Lernenden in Leistungsniveaus eingeteilt werden.

Unter Mikroadaptation verstehen Corno und Snow (1986) hingegen eine Anpassung des Unterrichts auf einer individuellen Prozessebene. Der Lerninhalt soll hier während des Unterrichts individuell an die Fähigkeiten, das Vorwissen und an Bedürfnisse der Schüler/innen adaptiert werden. Die Lehrperson stellt kein Lernmaterial zur Verfügung, das sich an Durchschnittsleistungen orientiert, sondern individuell angepasst ist. Dabei können Inhalte im Lernprozess erweitert oder reduziert werden. Zur Umsetzung der Mikroadaptation werden als Beispiel das gezielte Rückmelden und das Unterstützen einzelner Schüler/innen genannt. Die Kommunikation spielt dabei eine tragende Rolle und sollte einem laufenden Anpassungsprozess unterliegen.

#### *Differenzierter/individualisierter Unterricht versus adaptiver Unterricht*

Differenzierender und individualisierender Unterricht verfolgen das Ziel, Schüler/innen mit unterschiedlichen Lernvoraussetzungen zu unterstützen. Während die beiden Begriffe Differenzierung und Individualisierung in der pädagogischen Literatur Verwendung finden, wird der Ausdruck des adaptiven Unterrichts meist in der psychologischen Forschung benutzt (Lipowsky, 2020).

Die Begriffe „differenzierter/individualisierter Unterricht“ und „adaptiver Unterricht“ werden oft synonym verwendet. Allerdings ist ein differenzierter/individualisierter Unterricht nicht zwangsläufig adaptiv (Anders, 2022).

Anders (2022) unterscheidet zwischen differenziertem/individualisiertem und adaptivem Unterricht, indem sie auf die sogenannten Sicht- und Tiefenstrukturen des Unterrichts eingeht. Die Autorin beschreibt, dass die Merkmale von differenziertem/individualisiertem Unterricht durch Außenstehende gut zu erkennen sind. Zum Beispiel wird direkt erkannt, dass Schüler/innen an unterschiedlichen Aufgaben arbeiten. Differenzierter/individualisierter Unterricht wird auf der Ebene der Sichtstruktur<sup>5</sup> beschrieben.

Bei adaptivem Unterricht wiederum ist die Passung zwischen dem Lernmaterial und der Lernvoraussetzung des Individuums schwer beobachtbar. Es ist nicht direkt zu erkennen, ob die Aufgabenschwierigkeiten den Lernvoraussetzungen der Schüler/innen entsprechen. Damit wird der adaptive Unterricht auf der Ebene der Tiefenstruktur<sup>6</sup> beschrieben.

Aus den in diesem Abschnitt beschriebenen Definitionen zu adaptivem Unterricht geht hervor, dass Lernumgebungen dann adaptiv sind, wenn sie an das Lernpotenzial der Schüler/innen angepasst sind. Dabei wird versucht, den Lerninhalt inhaltlich und methodisch auf die Lernenden zuzuschneiden. Die Aufgabe der Lehrperson ist es, die Lernvoraussetzungen der Schüler/innen zu diagnostizieren und an den jeweiligen Fähigkeiten anzuknüpfen. Ohne die Kenntnis der Lernvoraussetzungen kann kein adaptiver Unterricht erfolgen.

---

<sup>5</sup> Unter Sichtstrukturen werden beobachtbare Merkmale des Unterrichts verstanden (Kunter und Trautwein, 2013).

<sup>6</sup> Tiefenstrukturen beschreiben den Lehr-Lern-Prozess und den Umgang von Lernenden mit dem Lerninhalt (Kunter und Trautwein, 2013).

Der Unterricht der Interventionsstudien dieser Forschungsarbeit ist adaptiv. Es kommen differenzielle Lernmaterialien (Comics) zum Einsatz, welche für Lernende mit unterschiedlichen Voraussetzungen erstellt werden. Nach Corno und Snow (1986) findet also eine Makroadaption statt.

Die differenziellen Lernmaterialien für die Intervention bilden den Rahmen der kompletten Unterrichtseinheit und werden als adaptive Lernsettings bezeichnet. Unter adaptiven Lernsettings werden – angelehnt an die Definitionen zu adaptivem Unterricht – an die Schüler/innen angepasste Lernumgebungen verstanden. Inwiefern eine Anpassung der Lernsettings an Schüler/innen mit unterschiedlichen Lernvoraussetzungen erfolgt, wird in Abschnitt 3.2 beschrieben.

### **3.1.2 Relevanz – Warum braucht es adaptive Lernsettings?**

In Abschnitt 3.1.1 wurde geklärt, was unter adaptiven Lernsettings zu verstehen ist. Doch warum braucht es diese eigentlich? Im Folgenden werden drei Gründe genannt, warum adaptive Lernsettings im Unterricht sinnvoll sind. Dabei wird auf die Heterogenität von Schüler/inne/n (Abschnitt 3.1.2.1), den sogenannten Expertise-Umkehr-Effekt (Abschnitt 3.1.2.2) sowie auf die Förderung/Erhaltung der Motivation beim Lernen eingegangen (Abschnitt 3.1.2.3).

#### **3.1.2.1 Heterogenität**

Die Heterogenität von Schüler/inne/n wird üblicherweise auf Variablen bezogen, die sich auf den Lernprozess beziehen (Hardy et al., 2011). Helmke und Weinert (1997) sowie Helmke (2017) beschreiben verschiedene Dimensionen der Heterogenität („individuelle Lernermerkmale“) im schulischen Kontext wie Vorwissen, Intelligenz, Sprache, Lernstrategien sowie motivationale und affektive Bedingungsfaktoren.

Diese Heterogenitätsdimensionen wurden bezüglich ihrer Relevanz für schulische Lernleistungen untersucht (Trautmann & Wischer, 2011). Forschungsbefunde zeigen, dass die Berücksichtigung der verschiedenen Dimensionen entscheidend ist, um einen effektiven Unterricht zu ermöglichen und sicherzustellen, dass alle Schüler/innen gleiche Chancen auf einen erfolgreichen Lernprozess haben (Helmke & Weinert, 1997; Wellenreuther, 2013).

Die Lernvoraussetzungen von Grundschulkindern sind heterogen (z.B. Martschinke & Frank, 2002; Stanat et al., 2017). Damit möglichst alle Lernenden die Chance erhalten, sich einen Lerngegenstand anzueignen, müssen Lehrpersonen die Heterogenität der Schüler/innen bei der Planung und Umsetzung von Unterricht berücksichtigen und verschiedene Maßnahmen ergreifen.

Im Zuge der Heterogenität gibt es verschiedene Strategien, um mit den unterschiedlichen Lernvoraussetzungen der Schüler/innen umzugehen (Klieme & Warwas, 2011).

Eine Strategie ist die äußere Differenzierung. Dabei handelt es sich um eine lerngruppenübergreifende Differenzierungsform, bei der versucht wird, die Heterogenität der Lerngruppe herabzusetzen. Dies erfolgt durch Gruppierungen der Lernenden nach Kriterien wie Alter oder Leistungsniveau (Scherres, 2013). Das Ziel besteht darin, leistungshomogene Gruppen zu generieren.

Aufgrund der Vielzahl von unterschiedlichen Lernvoraussetzungen ist eine vollständige Homogenisierung einer Klasse allerdings unrealistisch. Die Strategie der inneren Differenzierung soll deshalb einen lernförderlichen Umgang mit der verbleibenden Heterogenität – trotz äußerer Differenzierung – ermöglichen (Scherres, 2013).

Innere Differenzierung wird in der Literatur meist synonym zum Begriff Binnendifferenzierung verwendet. Unter innerer Differenzierung wird die individuelle Förderung einzelner Schüler/innen innerhalb einer Klasse verstanden. Das Ziel besteht nicht darin, die Heterogenität in einer Klasse aufzulösen, sondern mit dieser umzugehen (Hinz, 1993).

Damit innerhalb einer Klasse differenziert werden kann, muss auf individuelle Bedürfnisse und Fähigkeiten der jeweiligen Schüler/innen eingegangen werden. Um eine möglichst umfassende individuelle Förderung zu erreichen, ist die Passung der Lernmaterialien von zentraler Bedeutung (Scherres, 2013).

Solch eine Passung wird mit adaptivem Unterricht beschrieben. Dieser bietet die Möglichkeit, den unterschiedlichen Lernvoraussetzungen der Schüler/innen gerecht zu werden und mit der Heterogenität umzugehen (z.B. Kalyuga, 2008; Kalyuga et al., 1998; H. Lee et al., 2006; Spanjers et al., 2011; Yeung et al., 1998).

#### **3.1.2.2 Expertise-Umkehr-Effekt**

Es gilt der Frage nachzugehen, ob Lernunterstützungen generell förderlich sind, oder ob der Lernerfolg vom Leistungsstand der Schüler/innen abhängt.

In der Expertiseforschung (z.B. Ericsson & Charness, 1994; Gruber & Ziegler, 1996; Lind & Sandmann, 2003) werden die Leistungen von Personen mit hoher fachlicher Expertise (Experten) mit den Leistungen von Personen mit niedriger Expertise (Novizen) gegenübergestellt. Hierbei ist der Expertise-Umkehr-Effekt (engl. Expertise reversal effect) bekannt. Dieser besagt, dass leistungsstarke Schüler/innen niedrigere Lernerfolge erzielen, wenn sie Lernunterstützungen erhalten, die sie eigentlich nicht benötigen (Kalyuga, 2007; Kalyuga et al., 2003). Es wird davon ausgegangen, dass leistungsschwache Schüler/innen auf Lernunterstützungen angewiesen sind, dass umgekehrt jedoch der Wissenserwerb von leistungsstarken Schüler/innen durch Unterstützungen behindert wird.

Erklärt wird der Expertise-Umkehr-Effekt meist auf Basis der Cognitive Load Theory (Sweller, 1988; siehe Abschnitt 2.2.2.2.1). Diese nimmt an, dass die Kapazität des Arbeitsgedächtnisses von Lernenden begrenzt ist. Den Lernenden stehen also nur eine bestimmte Menge an kognitiven Ressourcen zur Verfügung. Wenn leistungsstarke Schüler/innen Lernmaterialien erhalten, die überflüssige oder redundante Informationen enthalten, führt



dies zu einer lernirrelevanten kognitiven Belastung. Dadurch bleiben weniger bis keine Kapazitäten für lernrelevante Aktivitäten übrig. Das Lernen dieser Schüler/innen wird negativ beeinflusst.

Paas et al. (2005) erklären den Expertise-Umkehr-Effekt außerdem durch individuelle Unterschiede hinsichtlich der Motivation der Schüler/innen. Sie gehen davon aus, dass Schüler/innen mit hoher Expertise die Motivation verlieren, ihre kognitiven Fähigkeiten zu investieren, wenn sie zu einfaches Lernmaterial erhalten. Dadurch verringert sich ihr Lernerfolg.

Um das Eintreten des Expertise-Umkehr-Effekts im Unterricht zu vermeiden, ist der Einsatz von adaptiven Lernsettings unerlässlich. Durch die Anpassung des Lernmaterials an die Schüler/innen können Ressourcen des Arbeitsgedächtnisses besser genutzt werden (z.B. Sweller et al., 2019).

Zahlreiche Studien zur Expertiseforschung belegen die Existenz des Expertise-Umkehr-Effekts in Unterrichtsettings (z.B. Kalyuga, 2008; Kalyuga et al., 1998; H. Lee et al., 2006; Spanjers et al., 2011; Yeung et al., 1998). In Abschnitt 3.1.3 werden einige Forschungsbefunde präsentiert.

### **3.1.2.3 Förderung/Erhaltung der Motivation beim Lernen**

Eine Überforderung oder Unterforderung beeinflusst die Lernleistung von Schüler/inne/n negativ (z.B. Csikszentmihalyi, 1985; Hattie, 2013). Wenn Schüler/innen überfordert werden, können sie sich gestresst fühlen und Angstzustände entwickeln. Andererseits besteht bei einer Unterforderung von Schüler/inne/n die Gefahr, dass sie gelangweilt werden.

Der Zustand der Überforderung/Unterforderung bewirkt, dass Schüler/innen die Motivation am Lernen verlieren und ihr Lernerfolg beeinträchtigt wird (Csikszentmihalyi, 1985). Nach Csikszentmihalyi (1985) ist ein sogenanntes Flow-Erleben deshalb maßgeblich für einen Lernerfolg. Dieser Zustand tritt ein, wenn Lernende eine Aufgabe lösen müssen, die weder zu einfach noch zu schwierig ist. Dadurch erleben sich die Schüler/innen als kompetenter.

Durch die Selbstbestimmungstheorie nach Deci und Ryan (2008) kann erklärt werden, warum der Zustand des Flow-Erlebens zur Förderung/Erhaltung der Motivation beiträgt. Gemäß der Theorie haben Menschen drei grundlegende psychologische Bedürfnisse: Kompetenzerleben, soziale Eingebundenheit und Autonomieerleben. Aufgrund der Tatsache, dass sich Schüler/innen im Zustand des Flow-Erlebens kompetenter erleben, wird angenommen, dass die intrinsische Motivation der Lernenden gefördert beziehungsweise erhalten bleibt.

Ziel von Lehrpersonen sollte es sein, den Schüler/inne/n ein angemessenes Lernmaterial zur Verfügung zu stellen, welches weder überfordert noch unterfordert. Hierbei können

adaptive Lernsettings im Unterricht eingesetzt werden. Durch die Passung des Lernmaterials an die Lernvoraussetzungen der Schüler/innen soll die Motivation zum Lernen gefördert beziehungsweise erhalten werden.

#### 3.1.3 Ausgewählte Forschungsbefunde zur Wirkung von adaptivem Unterricht

Zahlreiche Forschungsbefunde belegen, dass der Lernerfolg von Schüler/inne/n von der Passung zwischen Lehrmethode und Lernvoraussetzungen abhängt (z.B. Jiang et al., 2018; Kalyuga, 2008; Kalyuga et al., 1998; Kalyuga et al., 2001; C. H. Lee & Kalyuga, 2011; H. Lee et al., 2006; McNamara et al., 1996; Pollock et al., 2002; Richter & Scheiter, 2019; Richter et al., 2016, 2018; Roelle & Berthold, 2013; Spanjers et al., 2011).

Inwiefern diese Passung eine Rolle spielt, wird in der Bildungsforschung mit dem sogenannten ATI-Ansatz verfolgt („Aptitude Treatment Interaction- Ansatz“; z.B. Cronbach & Snow, 1977). Der Ansatz zielt darauf ab, Zusammenhänge (engl. interactions) zwischen ausgewählten Fähigkeiten (engl. aptitudes) von Lernenden und Lehrmethoden (engl. treatments) zu identifizieren.

Sowohl in Laborstudien als auch in verschiedenen Unterrichtssituationen wurde der ATI-Ansatz untersucht. Die Studien zeigen, dass Schüler/innen mit unterschiedlichen Lernvoraussetzungen oft nicht gleich gut von demselben Lernangebot profitieren. Einerseits können beispielsweise Lernunterstützungen den Lernerfolg von Schüler/inne/n mit geringeren Lernvoraussetzungen begünstigen. Andererseits können die Lernunterstützungen bei Lernenden mit höheren Lernvoraussetzungen ihre Wirkung verlieren oder den Lernerfolg sogar negativ beeinflussen (z.B. Kalyuga, 2008; Kalyuga et al., 1998; H. Lee et al., 2006; Spanjers et al., 2011; Yeung et al., 1998).

Cronbach (1957) unterscheidet drei Interaktionsarten hinsichtlich ausgewählter Fähigkeiten und Lehrmethoden und dem Lernerfolg: „nicht Interaktion“, „ordinale Interaktion“ und „disordinale Interaktion“. Bei einer „nicht Interaktion“ hat die Beziehung zwischen Fähigkeit und Lehrmethode keine Wirkung auf den Erfolg der Lernenden. Eine „ordinale Interaktion“ besteht, wenn durch eine Lehrmethode höhere Lernerfolge erzielt werden – unabhängig von den Fähigkeiten der Lernenden. Die „disordinale Interaktion“ wird als ATI-Effekt beschrieben.

Die Umkehrung der Effektivität der Lehrmethode je nach Lernvoraussetzung der Schüler/innen wird auch als Expertise-Umkehr-Effekt bezeichnet (Kalyuga, 2007; Kalyuga et al., 2003; siehe Abschnitt 3.1.2.2). Nachfolgend werden einige Forschungsbefunde zum Expertise-Umkehr-Effekt vorgestellt.

#### *Ausgewählte Forschungsbefunde zum Expertise-Umkehr-Effekt*

Die Untersuchung des Expertise-Umkehr-Effekts (Kalyuga, 2007; Kalyuga et al., 2003; siehe Abschnitt 3.1.2.2) ist Bestandteil der ATI- Forschung. Es gibt zahlreiche Studien, die den Effekt belegen. Im Folgenden werden einige Forschungsbefunde vorgestellt.

Kalyuga et al. (1998) untersuchten den Zusammenhang zwischen Lernenden mit unterschiedlichen Lernvoraussetzungen (hoch versus niedrig) und der Gestaltung von zwei Instruktionsmaterialien (Diagramm mit eingebetteter Erklärung in Textform versus nur Diagramm) in Bezug auf den Lernerfolg. Die Autoren halten fest, dass leistungsschwächere Lernende höhere Lernerfolge erzielen, wenn sie zu den Diagrammen zusätzliche Erklärungen in Textform erhalten. Im Gegensatz dazu erreichen leistungsstärkere Lernende höhere Lernerfolge, wenn sie die zusätzlichen Erklärungen nicht erhalten.

Eine Studie von Yeung et al. (1998) ging der Frage nach, welche Wirkung verschiedene Lernmaterialien auf Lernende mit unterschiedlicher Expertise haben. Sie können den Expertise-Umkehr-Effekt ebenfalls belegen. Untersucht werden zwei verschiedene Lernmaterialien: Text mit zusätzlichen erklärenden Anmerkungen versus Text mit Glossar am Ende des Textes. Verglichen werden Schüler/innen der fünften Klassenstufe mit Universitätsstudierenden. Es zeigt sich, dass Schüler/innen besser lernen, wenn sie die Texte mit zusätzlichen Erklärungen in Textform erhalten. Studierende wiederum erzielen geringere Lernerfolge, wenn sie die zusätzlichen Anmerkungen erhalten. Laut Autoren entsteht für Studierende eine höhere kognitive Belastung, die durch redundante Informationen hervorgerufen wird.

H. Lee et al. (2006) untersuchten ebenfalls zwei differenzielle Lernmaterialien und deren Wirkung auf Lernende ( $N = 257$ ) mit unterschiedlichen Fähigkeiten (hohes versus niedriges Vorwissen). Im Chemieunterricht der Sekundarstufe setzen sie zwei verschiedene Computersimulationen mit visuellen Darstellungen ein. In der einen Simulation werden Informationen zum Gasgesetz in Textform (zum Beispiel Wörter wie „Temperatur“ oder „Volumen“) dargestellt. In der anderen Simulation werden die Informationen in Form von Text und zusätzlich in ikonischer Form (zum Beispiel Visualisierung eines Brenners für die Temperatur) präsentiert. Die Studie zeigt auf der einen Seite, dass Lernende mit geringem Vorwissen mehr von zusätzlichen ikonischen Darstellungen profitierten. Auf der anderen Seite erzielen Schüler/innen mit höherem Vorwissen größere Lernerfolge, wenn sie mit der Simulation lernen, welche nur Text enthält. Die zusätzlichen ikonischen Darstellungen sind für diese Lernenden also redundant und beeinträchtigen deren Lernleistung. Der Expertise-Umkehr-Effekt wird nachgewiesen.

Spanjers et al. (2011) führten eine experimentelle Studie ( $N = 76$ ) in der Sekundarstufe durch (Durchschnittsalter 16.16 Jahre). Während des Unterrichts zur Wahrscheinlichkeitsrechnung kommen zwei unterschiedliche Lernmaterialien zum Einsatz: segmentierte computerbasierte Animationen versus stetige computerbasierte Animationen. Die Autoren halten fest, dass die Wirksamkeit des Lernmaterials je nach Vorwissen der Schüler/innen variiert. Segmentierte computerbasierte Animationen sind für Schüler/innen mit geringem Vorwissen zur Wahrscheinlichkeitsrechnung hilfreich. Hingegen erreichen Lernende mit hohem Vorwissen niedrigere Lernerfolge, wenn sie segmentierte computerbasierte Animationen erhalten. Lernende mit hohem Vorwissen erzielen höhere Lernerfolge, wenn sie stetige computerbasierte Animationen erhalten.

Eine Studie von Kalyuga (2008) zeigt, dass Lernende mit unterschiedlichen Vorkenntnissen von differenziellen Lernangeboten profitieren. In einer Einheit zu linearen und quadratischen Funktionen im Mathematikunterricht erreichen Lernende mit geringen Vorkenntnissen höhere Lernerfolge, wenn sie mit statischen Diagrammen lernen. Lernende mit hohen Vorkenntnissen erzielen wiederum höhere Lernerfolge, wenn sie sich den Unterrichtsinhalt mit animierten Diagrammen aneignen. Eine Interaktion zwischen dem Wissensstand der Lernenden und dem Unterrichtsmaterial wird deutlich. Kalyuga (2008) erklärt diesen Effekt mit der Cognitive Load Theory (Sweller, 1988; siehe Abschnitt 2.2.2.2.1). Er geht davon aus, dass animierte Diagramme mehr kognitive Ressourcen erfordern und Lernende mit geringem Vorwissen kognitiv überfordern. Lernende mit höherem Vorwissen können animierte Diagramme jedoch verarbeiten und dadurch komplexe Zusammenhänge besser verstehen, da sie über mehr kognitive Kapazitäten verfügen.

Durch mehrere Studien wird gezeigt, dass Unterrichtsmaterialien differenzielle Effekte auf Lernende mit unterschiedlichen Lernvoraussetzungen haben. Materialien, die für Lernende mit geringen Lernvoraussetzungen vorteilhaft sind, können für Lernende mit hohen Voraussetzungen unwirksam oder sogar schädlich sein.

Die Befunde verdeutlichen, dass es wichtig ist, das Lernangebot im Unterricht an die Lernvoraussetzungen der Schüler/innen anzupassen. Voraussetzung an dieser Stelle ist, dass die Lehrperson die lernrelevanten Unterschiede der Schüler/innen kennt. Anderenfalls kann keine Passung erfolgen.

#### **3.1.4 Implikationen für die eigene Forschungsarbeit**

Im Rahmen dieser Forschungsarbeit wird eine Unterrichtseinheit zum Thema „Schwimmen und Sinken“ für den Sachunterricht der Grundschule entwickelt. Dabei stellt sich die Frage, inwiefern Schüler/innen mit unterschiedlichen Lernvoraussetzungen bestmöglich gefördert werden können.

In Abschnitt 3.1.3 wurde dargelegt, dass die Anpassung des Lernmaterials an die Lernenden ein wichtiger Faktor ist, wenn es um die Höhe des Lernerfolgs geht. Deshalb werden bei den Interventionsstudien dieser Forschungsarbeit adaptive Lernsettings entwickelt und eingesetzt. Dadurch soll auf die Fähigkeiten der Schüler/innen eingegangen werden, um diese individuell zu fördern.

Die Entwicklung eines adaptiven Lernsettings je Schüler/in ist für Lehrpersonen kaum leistbar. Die adaptiven Lernsettings für den Unterricht der Interventionsstudien werden daher erstellt, indem eine Orientierung an Durchschnittsleistungen erfolgt. Es werden Lernmaterialien für Schüler/innen mit höheren und niedrigeren Lernvoraussetzungen konzipiert. Nach Corno und Snow (1986) findet eine Makroadaption statt.

## 3.2 Gestaltung eines eigenen Comics

Im Unterricht der Interventionsstudien der vorliegenden Arbeit werden Comics als Lernmaterialien eingesetzt. In diesem Abschnitt wird ein Konzept zur Gestaltung eines eigenen Comics vorgestellt. Dieses Konzept ist maßgeblich für die vorliegende Forschungsarbeit, da der konzipierte Comic Hauptbestandteil der Interventionsstudien ist.

Aufgrund der hohen Relevanz des Comics für die Untersuchung, werden zahlreiche Überlegungen getroffen: Was soll durch die Panels (umgangssprachlich Einzelbilder) des Comics veranschaulicht werden? Wie sehen lernunterstützende Visualisierungen aus? Was soll durch Comiccharaktere gefragt werden? Wie sollen die Einzelkomponenten (Piktogramme, Texte etc.) im Comic angeordnet werden?

Im Folgenden werden die Überlegungen aufgegriffen und die Umsetzung der Gestaltung des Comics theoretisch fundiert. Da der konzipierte Comic verschiedene Besonderheiten aufweist, sollen diese nachfolgend erläutert werden, bevor anschließend auf Gestaltungsprinzipien (Abschnitt 3.2.1) und Visualisierungsarten (Abschnitt 3.2.2) eingegangen wird.

### *Besonderheiten des Comics*

Ein Comic zeichnet sich durch seine Form des Erzählens aus (siehe Abschnitt 2.1). Daher muss beim Generieren eines Comics eine Geschichte festgelegt werden, die dargestellt wird. In dem für die Intervention konzipierten Comic wird eine Geschichte erzählt, die von zwei Hauptcharakteren Kim und Karl handelt. Die beiden unternehmen zunächst eine Bootsfahrt, wobei sie unglücklich kentern und ihr Gepäck ins Wasser fällt. Erfreulicherweise geschieht Kim und Karl nichts. Sie überwinden den Schock des Unfalls und kehren im Laufe der Geschichte zurück in die Schule. Dort wollen sie der Frage nachgehen, woran es lag, dass manche ihrer Gepäckstücke geschwommen und andere gesunken sind. Sie leiten die Schüler/innen, welche den Comic bearbeiten, durch den Unterricht und regen sie zum Denken an. Die Comiccharaktere verfolgen das Ziel, gemeinsam mit den Schüler/innen eine Erklärung zum Phänomen des Schwimmens und Sinkens zu finden. Durch eine abschließende naturwissenschaftliche Erklärung zur besagten Thematik wird die Geschichte des Comics abgeschlossen.

Wichtig ist zu erwähnen, dass es sich bei diesem selbst konzipierten Comic nicht um einen herkömmlichen Comic handelt. Vielmehr ist dieser als spezieller Comic zu sehen, mit dessen Hilfe das Thema Schwimmen und Sinken im Sachunterricht der Grundschule gelehrt wird.

Comics, die versuchen, Wissen in einem bestimmten Bereich zu vermitteln, werden als Sachcomics (engl. educational comics) bezeichnet (Akcanca, 2020; Davidson, 2008; Hangartner, 2016; Hangartner et al., 2013). Da bei der Intervention dieser Forschungsarbeit ein Comic zum Einsatz kommt, der einem Sachcomic ähnelt, soll nachfolgend eine kurze Beschreibung erfolgen, was unter einem Sachcomic zu verstehen ist.




#### *Definition Sachcomic*

Sachcomics haben wie herkömmliche Comics (siehe Abschnitt 2.1) einen narrativen Charakter. Das Besondere an Sachcomics ist jedoch, dass sie durch eine Erzählung Wissen zu einem bestimmten Sachverhalt vermitteln (Hangartner, 2016). Dabei wird das Thema faktisch dokumentiert und belegt. Zur Vermittlung dienen beispielsweise Comiccharaktere, welche die Rezipient/inn/en durch die Handlung begleiten (Hangartner, 2016).

Mittlerweile gibt es eine Reihe an Sachcomics aus vielen verschiedenen Bereichen wie der Psychologie, der Philosophie, der Naturwissenschaft, der Kunst, der Technik, dem Gesundheitswesen et cetera. Dabei wird zum Beispiel versucht, Gesundheitsthemen wie Magersucht oder Mobbing in der Schule aufzugreifen (Prechtl, 2013a). Der Vorteil eines Sachcomics besteht darin, das „sachliche Lernen“ mit dem unterhaltenden Aspekt zu verbinden.

Da der im Rahmen der vorliegenden Arbeit konzipierte Comic neben der Wissensvermittlung zum Schwimmen und Sinken eigene Lernaufgaben beinhaltet, wird er im Folgenden nicht als Sachcomic, sondern als Lerncomic bezeichnet. Lerncomic ist kein gängiger Begriff und wird nachfolgend als Sachcomic mit integrierten Lernaufgaben verstanden. Die Lernaufgaben werden schriftlich im Comic bearbeitet, um die Lernenden kognitiv zu aktivieren. Durch die kognitive Aktivierung soll der Verstehensprozess gefördert werden (z.B. Ballweber et al., 2019; Duit, 2006; Kleickmann, 2012; Klieme, 2006). Ein Beispiel einer Lernaufgabe des Comics ist in Abbildung 3.1 zu sehen.

**Unten sind drei gleich große Würfel mit unterschiedlichem Gewicht. Der erste Würfel ist aus Öl und der zweite aus Wasser.**

<b>Öl</b>  <b>1</b> 20 gramm	<b>Wasser</b>  <b>2</b> 25 gramm	 <b>3</b> ?
--	--	--

**Der dritte Würfel sinkt in Öl, aber schwimmt in Wasser. Wie viel wiegt Würfel 3? Kreuze die richtige Antwort an:**

- 15 gramm
- 19 gramm
- 22 gramm
- 27 gramm
- 29 gramm

Abbildung 3.1: Beispiel einer Lernaufgabe im Comic – Aufgabe angelehnt an Hardy et al. (2006)

Um zu gewährleisten, dass die Schüler/innen genug Platz für die Bearbeitung der Lernaufgaben haben, wird pro Panel eine DIN A5 Seite beansprucht. Diese große Darstellung ist eine Besonderheit des vorliegenden Comics.

Nachdem die Besonderheiten des konzipierten Lerncomics beschrieben wurden, werden nachfolgend die berücksichtigten Gestaltungsprinzipien aus der Forschung erläutert. Außerdem werden spezielle Visualisierungsarten aufgezeigt, die im Comic Verwendung finden.

### 3.2.1 Gestaltungsprinzipien

In Abschnitt 2.2.2.2 wurde beschrieben, dass Comics als multimediales Lernmaterial bezeichnet werden können, weil sie den Einsatz von Text-Bild-Kombination ermöglichen. Aus der Forschung multimedialen Lernens ist viel zum Lernen mit Text-Bild-Kombinationen bekannt. Studien zeigen, dass multimediales Lernen dem Lernen mit reinem Text weitestgehend überlegen ist (z.B. R. E. Mayer, 2012, 2022; R. E. Mayer & Moreno, 2003).

Damit Lernmaterialien mit Text-Bild-Kombinationen einen positiven Einfluss auf den Lernzuwachs haben, bedarf es jedoch der Berücksichtigung verschiedener Gestaltungsprinzipien. Eine optimale Gestaltung des Lernmaterials soll erfolgen, damit die kognitiven Ressourcen der Lernenden bestmöglich eingesetzt werden können (Paas et al., 2003).

Von zentraler Bedeutung für diese Forschungsarbeit sind Gestaltungsprinzipien zum multimedialen Lernen (engl.: Principles of Multimedia Learning; Fiorella & Mayer, 2022; R. E. Mayer, 2012, 2022; R. E. Mayer & Moreno, 2003; Richter et al., 2016). Nachfolgend werden einige Gestaltungsprinzipien erläutert und die konkrete Umsetzung im Comic beispielhaft veranschaulicht. Da es beim multimedialen Lernen eine Vielzahl an Prinzipien gibt, werden nachfolgend lediglich jene näher beschrieben, welche für diese Arbeit relevant sind. Dabei wird auf vier Gestaltungsprinzipien von Mayer eingegangen: räumliches Kontiguitätsprinzip, Signaling-Prinzip, Kohärenzprinzip und Personalisierungsprinzip. Einen Überblick über weitere Multimedia-Prinzipien gibt anschließend Tabelle 3.1.

#### *Räumliches Kontiguitätsprinzip*

Das räumliche Kontiguitätsprinzip (engl. Spatial Contiguity) besagt, dass das Lernen mit Text und Bild lernförderlicher ist, wenn sich diese in räumlicher Nähe zueinander befinden (R. E. Mayer, 2012). Dadurch soll das Suchen nach Zusammenhängen von dem Gelesenen und der entsprechenden Visualisierung vermieden werden (Fiorella & Mayer, 2022). Die Lernenden müssen folglich keine kognitiven Kapazitäten für das Suchen der Zusammenhänge einsetzen, wodurch der Extraneous Cognitive Load (siehe Abschnitt 2.2.2.1) verringert werden kann (R. E. Mayer, 2012). Wird das räumliche Kontiguitätsprinzip nicht berücksichtigt, kommt es zu einem Effekt der geteilten Aufmerksamkeit (sogenannter Split-Attention-Effekt; Ayres & Sweller, 2022).

Abbildung 3.2 zeigt ein Beispiel einer Umsetzung des räumlichen Kontiguitätsprinzips im Comic. Dabei werden bestimmte Sätze in unmittelbarer Nähe durch Visualisierungen veranschaulicht.



Abbildung 3.2: Beispiel räumliches Kontiguitätsprinzip

In Comics werden Visualisierungen auf vielfältige Weise direkt neben Texten integriert. Im Vergleich zu Lehrbüchern, die Visualisierungen und Texte oft getrennt voneinander betrachten, stellt dies eine Stärke des Comics dar. Ein Comic kann deshalb dazu eingesetzt werden, den Schwierigkeitsgrad des Unterrichtsinhalts zu reduzieren, indem der Extraneous Load verringert wird.

#### *Signaling-Prinzip*

Zur Unterstützungsmöglichkeit von Schüler/inne/n, die mit Text-Bild-Kombinationen lernen, gibt es die Möglichkeit des Signalings (Fiorella & Mayer, 2022; van Gog, 2022). Hierbei werden zusammengehörige Text-Bild-Kombination hervorgehoben, indem sie zum Beispiel mit derselben Farbe hinterlegt werden (Richter et al., 2016).

Dieses Prinzip wird bei der Erstellung des eigenen Lerncomics ebenfalls berücksichtigt. Abbildung 3.3 zeigt ein Anwendungsbeispiel, in dem Text und Bild orange hinterlegt sind.



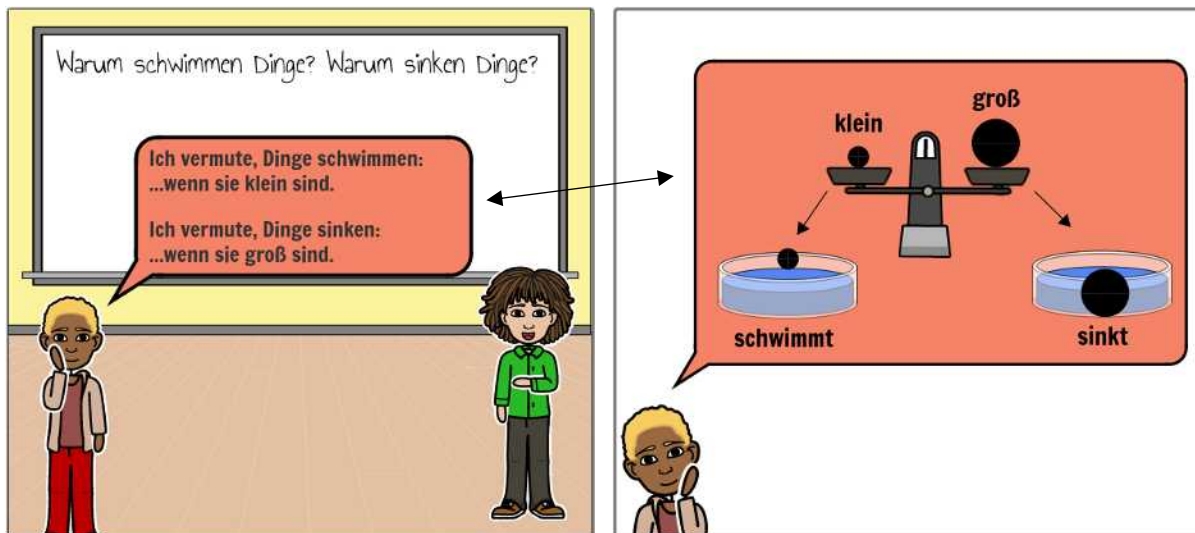


Abbildung 3.3: Beispiel Signaling-Prinzip

Außerdem wird bei dem Beispiel in Abbildung 3.3 das räumliche Kontiguitätsprinzip berücksichtigt. Text und Bild sind in unmittelbarer Nähe und die Zusammengehörigkeit wird mithilfe eines Pfeils zusätzlich veranschaulicht.

#### *Kohärenzprinzip*

Visualisierungen dürfen nicht willkürlich gewählt werden. Weniger ist manchmal mehr: Es bedarf nicht immer vielen Visualisierungen. Wenn Visualisierungen keine oder eine zu geringe lernzielrelevante Information enthalten, können sie zwar anregend oder motivierend sein, steigern den Lernerfolg aber nicht oder können diesen sogar beeinträchtigen. Bei Gestaltungsprinzipien wird deshalb auf das Kohärenzprinzip (engl. Coherence Principle) verwiesen (R. E. Mayer, 2012). Begründet wird die beschriebene Tatsache durch die Cognitive Load Theory. In Anlehnung an diese wird argumentiert, dass das Arbeitsgedächtnis durch unnötige Visualisierungen belastet wird, wodurch weniger Kapazität für lernzielrelevante Prozesse zur Verfügung steht (Sweller et al., 2019).

Beim Erstellen des Comics wird daher auf ablenkende/dekorative/lernzielirrelevante Visualisierungen verzichtet. Lautmalerische Begriffe wie „Crash“, „Boom“ oder „Peng“, die für Comics typisch sind, finden während des Lernprozesses keine Verwendung.

#### *Personalisierungsprinzip*

Das Personalisierungsprinzip besagt, dass verschiedene Gestaltungsprinzipien je nach Vorwissen der Lernenden unterschiedliche Effekte haben. Es wird angenommen, dass Lernende mit geringem Vorwissen von verschiedenen Gestaltungsprinzipien wie zum Beispiel dem Signaling profitieren, da sie ohne diese Lernunterstützung überfordert werden können. Im Gegensatz dazu können sich analoge Gestaltungsprinzipien negativ auf Lernende mit hohem Vorwissen auswirken, da die Lernenden dadurch redundante Informationen erhalten, die sie nicht benötigen (Kalyuga et al., 2003). In der Literatur wird dieser Effekt als

Expertise-Umkehr-Effekt (Kalyuga, 2007; Kalyuga et al., 2003) bezeichnet (siehe Abschnitt 3.1.2.2). Dieser besagt, dass Lernende von bestimmten Gestaltungsprinzipien mit steigendem Vorwissen weniger profitieren. Deshalb sollten Lernmaterialien an die Expertise von Lernenden angepasst werden.

Da es beim multimedialen Lernen eine Vielzahl an Prinzipien gibt, wurden lediglich jene näher beschrieben, welche für die vorliegende Arbeit relevant sind. Um einen Gesamtüberblick über Multimedia-Prinzipien zu bekommen, werden in Tabelle 3.1 weitere Prinzipien dargestellt.

---

<b>Multimedia-Prinzip</b>	<b>Kurzbeschreibung</b>
Redundanzprinzip	Wenn Informationen in Form von Visualisierungen dargestellt werden, wird kein redundanter Text dazu benötigt.
Zeitliches Kontiguitätsprinzip	Zusammengehörige Text-Bild-Kombinationen sollen zeitgleich und nicht nacheinander präsentiert werden.
Segmentierungsprinzip	Lerninhalte sollen in Teilabschnitte aufgeteilt werden. Lernende sollen die Abschnitte in ihrem eigenen Tempo bearbeiten können.
Prinzip des Vorwissens	Lernende erzielen höhere Lernerfolge, wenn sie bereits über Vorwissen verfügen.
Modalitätsprinzip	Mit Visualisierungen und gesprochenem Text wird besser gelernt als mit Text-Bild-Kombinationen.
Prinzip der Stimme	Menschliche Stimmen sind computerbasierten Stimmen vorzuziehen.
Bildprinzip	Bei Videos wird nicht besser gelernt, wenn die sprechende Person zu sehen ist.

---

Tabelle 3.1: Überblick über weitere Multimedia-Prinzipien (R. E. Mayer, 2012)

Neben den genannten Prinzipien zum multimedialen Lernen wurden außerdem eine Reihe an weiteren Überlegungen zum Design des Comics und dessen Elementen getroffen. Beispielsweise wurden die Comiccharaktere so gewählt, dass sie den Schüler/inne/n der Untersuchung ähnlich sind. Dadurch nehmen die Lernenden die Figuren eher als sympathisch

wahr und identifizieren sich besser mit ihnen (Oechslin, 2013). Auf diese Weise soll eine authentische Lernatmosphäre geschaffen werden.

Weitere Überlegungen, wie die Farbgestaltung oder ähnliches, werden im Folgenden nicht im Detail erläutert, da diese für die Forschungsarbeit sekundär sind. Stattdessen werden im nachfolgenden Abschnitt die lernrelevanten Visualisierungsarten thematisiert.

### 3.2.2 Visualisierungsarten

Der für die Interventionsstudien konzipierte Lerncomic zielt darauf ab, Schüler/innen durch Visualisierungen kognitiv zu entlasten. Die Schüler/innen sollen anschauliches Lernmaterial erhalten, welches sie bei ihren Untersuchungen zum Schwimmen und Sinken unterstützt (Salim & Mikelskis-Seifert, 2020).

Neben Comicelementen, die in vielen Comics beständig sind – wie Figuren, Sprechblasen, Gegenstände, Hintergründe oder Hervorhebungen bestimmter Aspekte – kommen in diesem konzipierten Lerncomic zwei spezielle Visualisierungsarten zum Einsatz: Visualisierungen von Arbeitsaufträgen und Visualisierungen von Balkenwaagen. Durch die beiden Visualisierungsarten soll der Verstehensprozess der Schüler/innen im Bereich des Schwimmens und Sinkens gefördert werden. Die gewählten Visualisierungsarten sind empirisch erforscht und nachweislich lernförderlich. Im Folgenden werden die beiden Visualisierungsarten mit Beispielen aus dem Comic vorgestellt.

#### *Visualisierungen von Arbeitsaufträgen*

Das Visualisieren von Arbeitsaufträgen soll den Schüler/inne/n als Lernunterstützung dienen, um den Unterricht zum Schwimmen und Sinken besser zu verstehen. Dabei steht die Vereinfachung der Sprache im Fokus, indem Text-Bild-Kombinationen zum Einsatz kommen (Fiorella & Mayer, 2022; R. E. Mayer, 2012; Schwamborn et al., 2010). Die Figuren des Comics zeigen den Schüler/inne/n der Intervention durch Visualisierungen, welche Arbeitsschritte relevant sind, um das jeweilige Teilziel des Unterrichts zu erreichen. Die Text-Bild-Kombinationen sollen vor allem den leistungsschwachen Schüler/inne/n helfen, die Arbeitsaufträge besser zu verstehen (z.B. Böhme & Munser-Kiefer, 2020). Ein Beispiel einer Visualisierung eines Arbeitsauftrags im Comic ist in Abbildung 3.4 veranschaulicht.

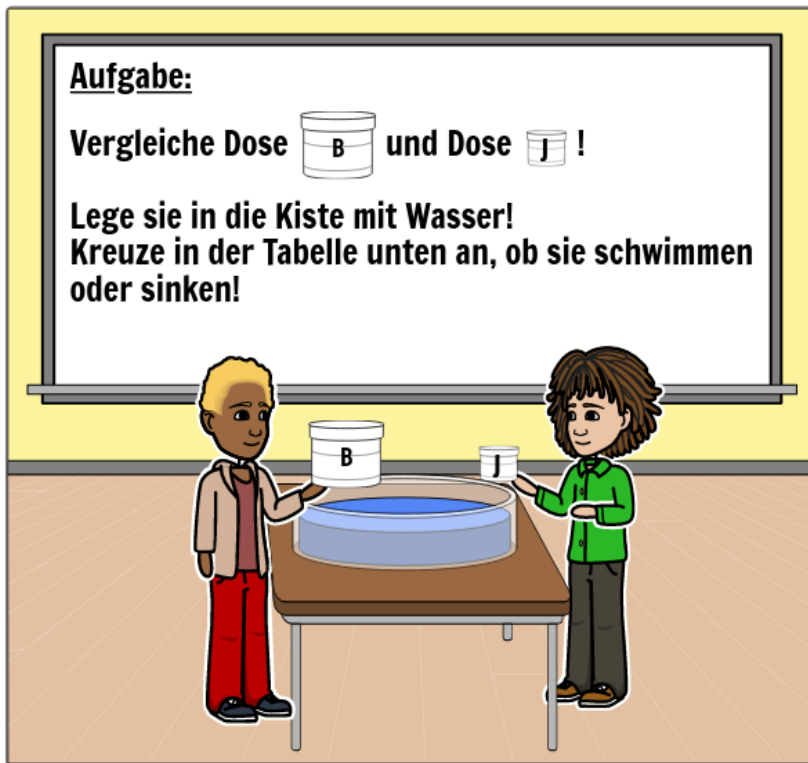


Abbildung 3.4: Beispiel Visualisierung eines Arbeitsauftrags

In Abschnitt 3.2.1 wurde beschrieben, dass verschiedene Gestaltungsprinzipien je nach Vorwissen der Lernenden unterschiedliche Effekte haben (z.B. Böhme & Munser-Kiefer, 2020; Kalyuga et al., 2003; van Merriënboer et al., 2006). Es wird deshalb davon ausgegangen, dass Lernende mit höheren Lernvoraussetzungen die Visualisierungen zu den Arbeitsaufträgen nicht benötigen. Vielmehr wird eine unnötige kognitive Belastung (Extraneous Cognitive Load) bei den leistungsstarken Schüler/innen/n durch die zusätzlichen Visualisierungen vermutet (siehe Abschnitt 3.1.2.2). Daher werden zwei Comicvarianten für unterschiedliche Niveaustufen entwickelt und eingesetzt (siehe Abschnitt 5.4.4.2.1). Das Pendant des Panels in Abbildung 3.4 stellt nachfolgend das Panel in Abbildung 3.5 dar. Dieses enthält die Visualisierung zur Handlung nicht und ist Bestandteil des Comics, der für leistungsstarke Schüler/innen entwickelt wurde.

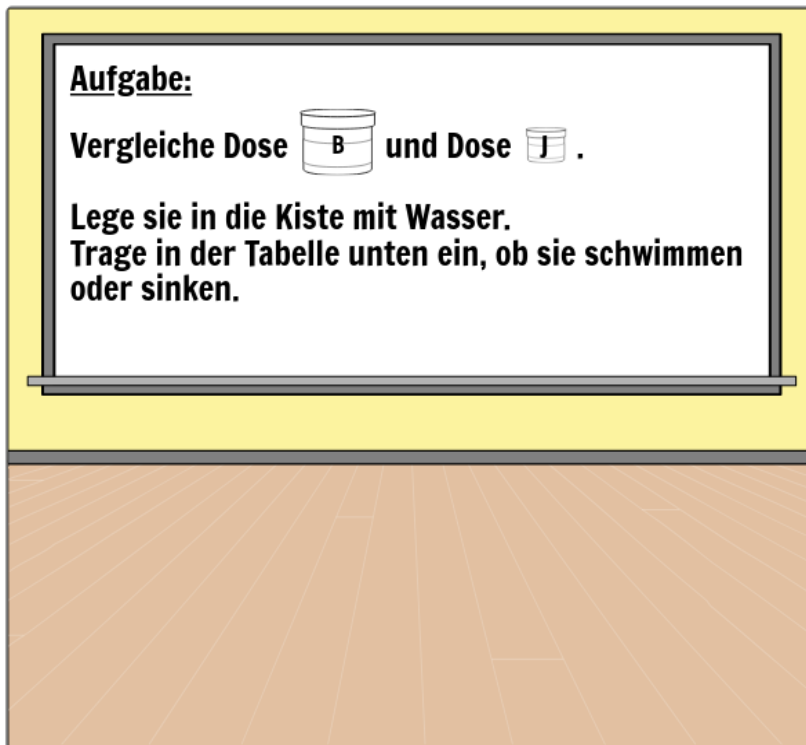


Abbildung 3.5: Beispiel ohne Visualisierung des Arbeitsauftrags

Neben den Visualisierungen der Arbeitsaufträge werden Visualisierungen von Balkenwaagen eingesetzt. Die Beschreibung derer erfolgt nachfolgend.

#### *Visualisierungen von Balkenwaagen*

Beim Wissenserwerb im naturwissenschaftlichen Unterricht spielen mentale Repräsentationen eine Rolle (z.B. Hardy & Stern, 2011; Hettmannsperger, 2015; K. Möller et al., 2002; Rubitzko, 2006). Durch Visualisierungen können mentale Repräsentationen dargestellt werden, um den Aufbau eines kohärenten mentalen Modells zu unterstützen (Schnotz, 2001, 2022; Schnotz et al., 1996).

Aus Studien von K. Möller et al. (2002) sowie Hardy und Stern (2011) geht hervor, dass das Lernen mit Visualisierungen von Balkenwaagen besonders hilfreich beim Aufbau eines konzeptuellen Verständnisses des Schwimmens und Sinkens ist. Aus diesem Grund werden im gegenwärtigen Lerncomic Balkenwaagen visualisiert, um den Aufbau eines mentalen Modells zur Dichte zu begünstigen. Ein Beispiel dieser Visualisierungsart wird rechts in Abbildung 3.6 veranschaulicht.

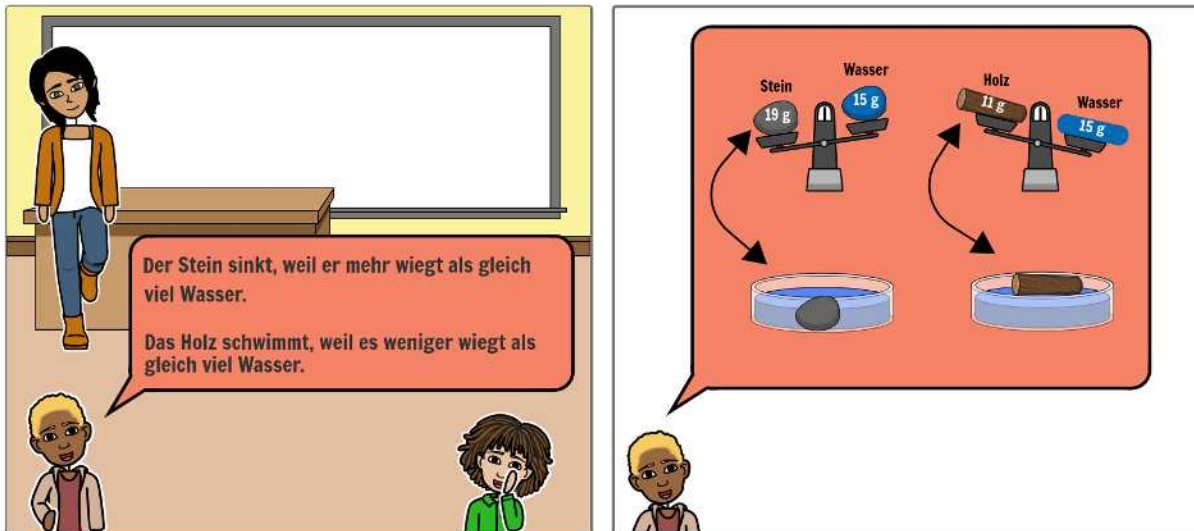


Abbildung 3.6: Beispiel Visualisierung einer Balkenwaage

Genauso wie bei den Visualisierungen der Arbeitsaufträge wird bei den Visualisierungen der Balkenwaagen davon ausgegangen, dass Lernende mit höheren Lernvoraussetzungen die Visualisierungen der Balkenwaagen nicht benötigen und diese eine kognitive Belastung anstatt Entlastung darstellen. Deshalb werden sie in der zweiten Comicvariante ebenfalls weggelassen. Dementsprechend ist das rechte Panel in Abbildung 3.6 bei dieser Comicvariante wegzudenken.

### 3.3 Zusammenfassung

In diesem Kapitel wurde das Konzept zur Gestaltung des Lernmaterials für die eigene Intervention beschrieben. Die Theorie zu adaptiven Lernsettings wurde dargelegt.

Unter adaptiven Lernsettings werden angepasste Lernumgebungen verstanden. Sie sind an die Lernvoraussetzungen der Lernenden angepasst und sollen dabei helfen, den individuellen Fähigkeiten und Bedürfnissen einzelner gerecht zu werden.

Gründe für den Einsatz von adaptiven Lernsettings sind die Heterogenität der Schüler/innen, der Expertise-Umkehr-Effekt und die Motivationserhaltung beim Lernen. Das Ziel von adaptiven Lernsettings besteht beispielsweise darin, eine Über- oder Unterforderung der Schüler/innen zu vermeiden.

Eine Reihe an Forschungsbefunden legen nahe, dass der Lernerfolg von Schüler/innen von der Passung zwischen Lehrmethode und Lernvoraussetzungen abhängt (z.B. Kalyuga, 2008; Kalyuga et al., 1998; H. Lee et al., 2006; Spanjers et al., 2011; Yeung et al., 1998). Der sogenannte ATI-Ansatz („Aptitude Treatment Interaction- Ansatz“; z.B. Cronbach & Snow, 1977) wird dabei verfolgt. Im Zuge des ATI-Ansatzes ist der Expertise-Umkehr-Effekt (Kalyuga, 2007; Kalyuga et al., 2003) bekannt. Dieser besagt, dass Lernende mit ungünstigeren Lernvoraussetzungen von Unterstützungen profitieren, umgekehrt solche aber

für Lernende mit günstigeren Voraussetzungen nachteilig sein können. Begründet wird dieser Effekt unter anderem mit der Cognitive Load Theory (Sweller, 1988, 1994, 2010, 2012; Sweller et al., 2011; Sweller et al., 2019). Das Arbeitsgedächtnis wird bei leistungsstärkeren Schüler/innen durch den Einsatz von Lernunterstützungen belastet anstatt entlastet. Beispielsweise fördern zusätzliche Visualisierungen das Verständnis von Lernenden mit ungünstigen Lernvoraussetzungen, während sie für Lernende mit günstigeren Lernvoraussetzungen nachteilig sind (Kalyuga, 2008).

Es wurde geschlussfolgert, dass adaptive Lernsettings in der Schule unverzichtbar sind, um auf die Heterogenität der Lernenden einzugehen. Durch die Anpassung des Lernmaterials an die Schüler/innen können diese optimal gefördert werden und ihr volles Potenzial entfalten. Für die Interventionsstudien der eigenen Forschungsarbeit werden deshalb adaptive Lernsettings entwickelt und eingesetzt, um die Schüler/innen individuell zu fördern. Es werden Materialien für Schüler/innen mit höheren und niedrigeren Lernvoraussetzungen konzipiert.

Nachdem die Theorie zu adaptiven Lernsettings dargelegt wurde, erfolgte die Präsentation eines Konzepts zur Erstellung eines eigenen Comics zum Schwimmen und Sinken. Bei der Vorstellung des Konzepts wurde auf Gestaltungsprinzipien und spezielle Visualisierungsarten im konzipierten Comic eingegangen. Es kam zum Ausdruck, dass es sich bei dem erstellten Comic nicht um einen herkömmlichen Comic handelt. Er wurde als Lerncomic definiert, der schriftliche Lernaufgaben beinhaltet und mit dessen Hilfe das Thema Schwimmen und Sinken im Sachunterricht der Grundschule gelehrt werden soll.

Eine wichtige Schlussfolgerung war zudem, dass Gestaltungsprinzipien je nach Vorwissen der Lernenden unterschiedliche Effekte haben. Auf der einen Seite profitieren leistungsschwache Schüler/innen von Gestaltungsprinzipien wie Text-Bild-Kombinationen (z.B. Böhme & Munser-Kiefer, 2020; R. E. Mayer, 2012). Auf der anderen Seite können leistungsstarke Schüler/innen durch die duale Kodierung kognitiv belastet anstatt entlastet werden, weil sie die Informationen nicht benötigen (z.B. Kalyuga et al., 2003; R. E. Mayer, 2012). Dahingehend erfolgte die Erläuterung, dass eine Interaktion zwischen Lernmaterial und der Expertise der Lernenden sinnvoll ist. Daher werden bei der Unterrichtseinheit zum Schwimmen und Sinken zwei Comicvarianten mit unterschiedlichen Gestaltungsprinzipien für zwei verschiedene Niveaustufen eingesetzt. Inwiefern in diesen beiden Comicvarianten spezielle Visualisierungsarten zum Einsatz kommen, wurde dargelegt.

Zusammenfassend wird festgehalten, dass der Comic ein geeignetes Lernmaterial darstellt. Aufgrund des Forschungsdesiderats bezüglich der Lernwirksamkeit von Comics ist jedoch weitere Forschung maßgeblich. Mit dieser Forschungsarbeit wird unter anderem dazu beigetragen, weitere Erkenntnisse zu der Lernwirksamkeit von Comics zu erlangen. Da die Passung zwischen multimedialem Lernmaterial und Lernenden essenziell ist, werden bei der Studie mögliche Interaktionseffekte zwischen verschiedenen Lernmaterialien und Lernenden mit unterschiedlichen Lernvoraussetzungen kontrolliert.





## 4. Forschungsfragen und Hypothesen

In den vorangehenden Kapiteln erfolgte die theoretische Einbettung des Forschungsvorhabens, indem auf die Bereiche „Das Thema Schwimmen und Sinken“ (siehe Kapitel 1), „Das Medium Comic“ (siehe Kapitel 2) und „Konzept zur Gestaltung des Lernmaterials für die eigene Intervention“ (siehe Kapitel 3) eingegangen wurde. Aufbauend auf diese theoretische Grundlage wird im Folgenden die Zielsetzung der vorliegenden Arbeit vorgestellt.

Das übergeordnete Ziel dieser Arbeit ist die Untersuchung der Wirkung von differenziellen Lernmaterialien auf den Lernerfolg im Themenbereich Schwimmen und Sinken und auf verschiedene Schülermerkmale wie:

- das Selbstkonzept in Bezug auf den Sachunterricht,
- das Selbstkonzept in Bezug auf das Lesen,
- die Selbstwirksamkeit zum Thema Schwimmen und Sinken und
- das Interesse an der Intervention.

Hierzu kommen drei verschiedene Lernmaterialien zum Einsatz:

- Comic mit Lernunterstützungen in Form von zusätzlichen Visualisierungen (Comic MIT Vis),
- Comic ohne Lernunterstützungen in Form von zusätzlichen Visualisierungen (Comic OHNE Vis) und
- konventionelles Lernmaterial bestehend aus strukturierten Arbeitsblättern ohne Lernunterstützungen in Form von zusätzlichen Visualisierungen (KEIN Comic).

Da es Hinweise aus der Lehr-Lernforschung gibt, dass Lernende mit verschiedenen Lernvoraussetzungen unterschiedlich gefördert werden können (siehe Abschnitt 3.1.3), sollen im Kontext der Lernmaterialien im nächsten Schritt Untersuchungen mit Blick auf Lernvoraussetzungen der Schüler/innen durchgeführt werden. Dadurch sollen mögliche differenzielle Auswirkungen der Lernmaterialien eruiert werden. Für das Erreichen des übergeordneten Ziels sollen folgende drei Forschungsfragen beantwortet werden.

### *Forschungsfrage 1*

Inwiefern beeinflusst das Lernmaterial den Lernerfolg von Schüler/innen im Themenbereich Schwimmen und Sinken, wenn eine Variation des Materials zwischen Comics mit und ohne zusätzliche/n Visualisierungen sowie strukturierten Arbeitsblättern ohne zusätzliche Visualisierungen erfolgt?

### *Hypothese 1.1*

Schüler/innen, welche die Intervention mit einem Comic mit Lernunterstützungen in Form von zusätzlichen Visualisierungen durchlaufen, erzielen einen höheren Lernerfolg als Schüler/innen, die einen Comic ohne Lernunterstützungen in Form von zusätzlichen Visualisierungen erhalten.

### *Begründung zur Hypothese 1.1*

Begründet wird Hypothese 1.1 zum einen durch Ergebnisse der Forschung multimedialer Lernumgebungen (siehe Abschnitt 2.2.2.2). Diese zeigen, dass zusätzliche Visualisierungen mehrere Verarbeitungskanäle der Schüler/innen ansprechen und dadurch das Verständnis des Lerninhalts fördern (R. E. Mayer, 2022; Schnotz & Bannert, 2003; Schwamborn et al., 2010). Beispielsweise kann durch zusätzliche Visualisierungen (etwa in Form von visualisierten Modellen) eine kognitive Strukturierung erfolgen und der Lerninhalt somit vereinfacht werden (Fiorella & Mayer, 2022; R. E. Mayer, 2012; Schwamborn et al., 2010). Zum anderen geht aus Studien von K. Möller et al. (2002) und Hardy und Stern (2011) hervor, dass das Lernen mit visualisierten Balkenwaagen besonders hilfreich beim Aufbau eines konzeptuellen Verständnisses des Schwimmens und Sinkens ist (siehe Abschnitt 3.2.2). Da ein Teil der zusätzlichen Visualisierungen aus Balkenwaagen besteht, wird deshalb davon ausgegangen, dass Schüler/innen, die zusätzliche Visualisierungen erhalten, einen höheren Lernerfolg erzielen.

### *Hypothese 1.2*

Schüler/innen, welche die Intervention mit einem Comic durchlaufen, erzielen einen höheren Lernerfolg als Schüler/innen, die konventionelles Lernmaterial in Form von strukturierten Arbeitsblättern erhalten.

### *Begründung zur Hypothese 1.2*

Hypothese 1.2 wird durch erste Ergebnisse von Studien begründet, welche einen positiven Effekt von Comics auf das Lernen in unterschiedlichen Themenbereichen und verschiedenen Altersstufen belegen (Hosler & Boomer, 2011; Liu, 2004; Olson, 2008; Özdemir, 2010; Wenning et al., 2018; siehe Abschnitt 2.2.3). Die Studien zeigen, dass mit einem Comic höhere Lernerfolge erzielt werden können als mit anderen Lernmaterialien (Liu, 2004; Olson, 2008; Özdemir, 2010; Wenning et al., 2018).

*Forschungsfrage 2*

Inwiefern beeinflusst das Lernmaterial verschiedene Schülermerkmale – wie das Selbstkonzept in Bezug auf den Sachunterricht, das Selbstkonzept in Bezug auf das Lesen, die Selbstwirksamkeit in Bezug auf das Schwimmen und Sinken und das Interesse an der Intervention – wenn eine Variation des Materials zwischen Comics mit und ohne zusätzliche/n Visualisierungen sowie strukturierten Arbeitsblättern ohne zusätzliche Visualisierungen erfolgt?

*Hypothese 2.1*

Schüler/innen, welche mit einem Comic mit zusätzlichen Visualisierungen lernen, entwickeln ein höheres Selbstkonzept in Bezug auf den Sachunterricht als Schüler/innen, die ein Lernmaterial ohne zusätzliche Visualisierungen erhalten.

*Hypothese 2.2*

Schüler/innen, welche mit dem Comic mit zusätzlichen Visualisierungen lernen, schätzen sich nach der Intervention selbstwirksamer ein als Schüler/innen, deren Lernmaterial keine zusätzlichen Visualisierungen enthält.

*Begründung zu den Hypothesen 2.1 und 2.2*

Studien zeigen, dass Schüler/innen höhere Lernerfolge erzielen, wenn sie – vor allem bei anspruchsvollen Themen wie dem Schwimmen und Sinken – Lernunterstützungen in Form von Visualisierungen erhalten (Hardy & Stern, 2011; R. E. Mayer, 2022; K. Möller et al., 2002; Schnotz & Bannert, 2003; Schwamborn et al., 2010; siehe Abschnitt 1.3.2.1 und Abschnitt 2.2.2.2). Deshalb wird erwartet, dass Schüler/innen, welche die Intervention mit einem Comic mit zusätzlichen Visualisierungen durchlaufen, einen höheren Lernerfolg erzielen (siehe Hypothese 1.1). Der Skill-Development-Ansatz (Skaalvik & Hagtvet, 1990) besagt, dass sich Schüler/innen durch einen höheren Lernerfolg als kompetenter erleben und einschätzen (Marsh & O'Mara, 2008; Pinxten et al., 2010). Aus diesem Grund wird bei Schüler/inne/n, welche mit dem Comic mit zusätzlichen Visualisierungen lernen, nach der Intervention ein höheres Selbstkonzept in Bezug auf den Sachunterricht und eine höhere Selbstwirksamkeit zum Thema Schwimmen und Sinken erwartet.

*Hypothese 2.3*

Schüler/innen, welche die Intervention mit einem Comic mit zusätzlichen Visualisierungen durchlaufen, entwickeln ein höheres Selbstkonzept in Bezug auf das Lesen als Schüler/innen, die ein Lernmaterial ohne zusätzliche Visualisierungen erhalten.

### *Begründung zur Hypothese 2.3*

Die zusätzlichen Visualisierungen dienen unter anderem als sprachliche Lernunterstützung, um Texte im Comic zu vereinfachen (Fiorella & Mayer, 2022; R. E. Mayer, 2012; Schwamborn et al., 2010). Durch die sprachliche Unterstützung wird davon ausgegangen, dass die Schüler/innen die Texte besser verstehen, Erfolge beim Lesen erzielen und sich dadurch im Hinblick auf das Lesen als kompetenter erleben und einschätzen (Marsh & O'Mara, 2008; Pinxten et al., 2010). In Anlehnung an den Skill-Development-Ansatz (Skaalvik & Hagtvet, 1990) wird deshalb bei Schüler/inne/n, welche mit dem Comic mit zusätzlichen Visualisierungen lernen, nach der Intervention ein höheres Selbstkonzept in Bezug auf das Lesen erwartet.

### *Hypothese 2.4*

Schüler/innen, welche mit einem Comic lernen, zeigen ein höheres Interesse an der Intervention als Schüler/innen, die konventionelles Lernmaterial in Form von strukturierten Arbeitsblättern erhalten.

### *Begründung zur Hypothese 2.4*

Hypothese 2.4 wird durch erste Studien begründet, die einen positiven Effekt von Comics als Unterrichtsmaterial auf das Interesse belegen (z.B. Frey & Fisher, 2004; Hosler & Boomer, 2011; Morrison et al., 2002; Ranker, 2007; Sandmann & Wenning, 2015; siehe Abschnitt 2.2.2.3).

*Forschungsfrage 3*

Inwiefern beeinflusst das Lernmaterial den Lernerfolg von Schüler/innen im Themenbereich Schwimmen und Sinken, wenn die Lernvoraussetzungen der Schüler/innen berücksichtigt werden und eine Variation des Materials zwischen Comics mit und ohne zusätzliche/n Visualisierungen erfolgt?

*Hypothese 3.1*

Schüler/innen mit niedrigeren Lernvoraussetzungen erzielen einen höheren Lernerfolg, wenn sie die Intervention mit einem Comic mit Lernunterstützungen in Form von zusätzlichen Visualisierungen durchlaufen.

*Hypothese 3.2*

Schüler/innen mit höheren Lernvoraussetzungen erzielen einen größeren Lernerfolg, wenn sie einen Comic ohne Lernunterstützungen in Form von zusätzlichen Visualisierungen erhalten.

*Begründung zu den Hypothesen 3.1 und 3.2*

Hypothese 3.1 wird angenommen, da Lernende mit niedrigeren Lernvoraussetzungen ohne eine angemessene Lernunterstützung im naturwissenschaftlichen Unterricht überfordert werden und auf Lernunterstützungen angewiesen sind, um einen Lernerfolg zu erzielen (K. Möller, 2006).

Außerdem werden beide Hypothesen durch den Expertise-Umkehr-Effekt begründet. Dieser besagt, dass Lernende mit niedrigeren Lernvoraussetzungen von Lernunterstützungen profitieren, aber umgekehrt solche Unterstützungen bei Lernenden mit günstigeren Voraussetzungen nachteilig sind (Kalyuga, 2007; Kalyuga et al., 2003; siehe Abschnitt 3.1.2.2). Erklärt wird dies unter anderem mit der Cognitive Load Theory (Sweller, 1988; siehe Abschnitt 2.2.2.2.1). Diese geht davon aus, dass das Arbeitsgedächtnis nur begrenzt Informationen aufnehmen kann und überflüssige Informationen kontraproduktiv sind. Das Arbeitsgedächtnis der Schüler/innen mit höheren Lernvoraussetzungen wird demnach belastet anstatt entlastet.



Teil III  
Empirischer Teil





## 5. Anlage der Untersuchung

Um Rückschlüsse über die in Kapitel 4 abgeleiteten Forschungsfragen ziehen zu können, werden Untersuchungen mit Schüler/innen der dritten und vierten Klasse durchgeführt. In diesem Kapitel erfolgt die Darstellung der Anlage der Untersuchung. Dazu wird zunächst ein Überblick über die gesamten Untersuchungen gegeben (Abschnitt 5.1). Danach findet die Beschreibung von drei Untersuchungen statt. Es wird auf zwei Pilotierungsmaßnahmen (Pilotierung I (Abschnitt 5.2) und Pilotierung II (Abschnitt 5.3)) sowie die Hauptuntersuchung (Abschnitt 5.4) eingegangen. Zum Schluss werden die Untersuchungsinstrumente der Hauptuntersuchung (Abschnitt 5.5) dargelegt.

### 5.1 Überblick über die Untersuchungen

Unterrichtsmaterialien sowie verschiedene Untersuchungsinstrumente wurden weitestgehend selbst konzipiert. Daher finden mehrere Pilotierungsmaßnahmen statt. Einen Überblick über die maßgeblichen Pilotierungen und über die Hauptuntersuchung gibt Abbildung 5.1.

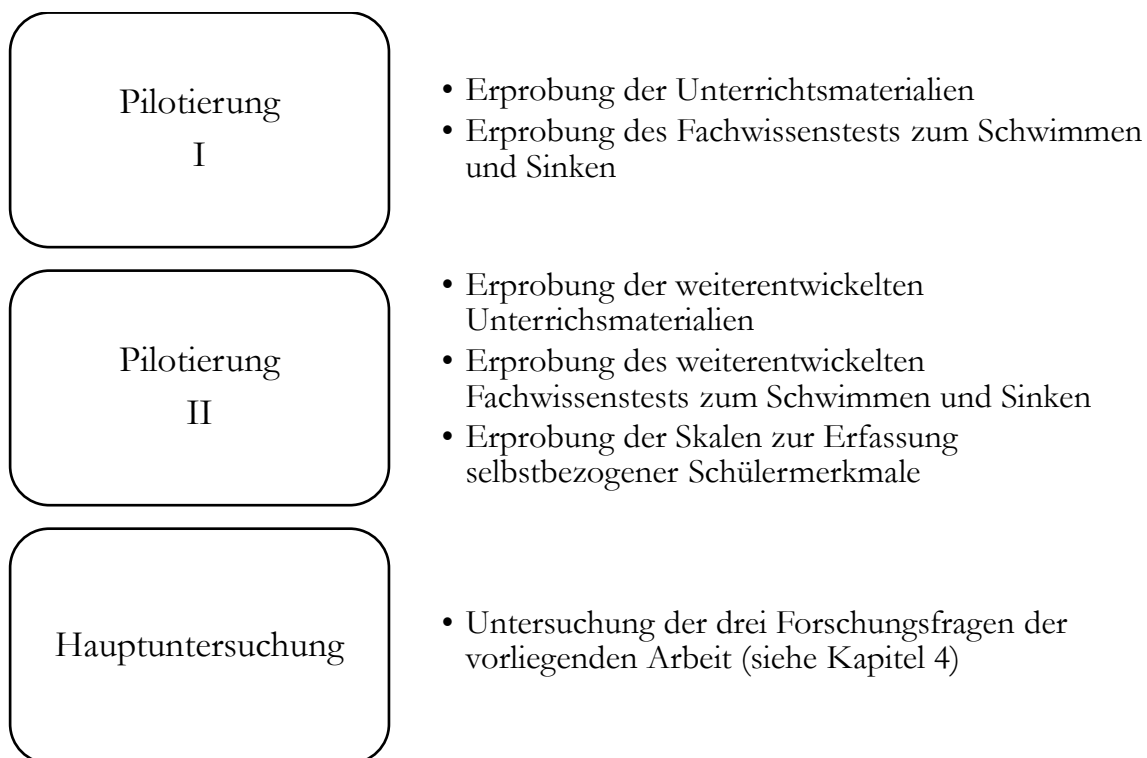


Abbildung 5.1: Überblick über die Untersuchung

In den nachfolgenden Abschnitten werden die in Abbildung 5.1 dargestellten Untersuchungen im Detail beschrieben.

## 5.2 Pilotierung I

Die erste Pilotierung dient zur Testung der innovativen Unterrichtsmaterialien und zur Erprobung eines konzipierten Fachwissenstests zum Schwimmen und Sinken. Hierzu kommen die Materialien (Experimentiermaterialien und Lerncomic) in einer 90-minütigen Unterrichtseinheit mit Demonstrations- und Schülerexperimenten zum Einsatz. Vor und nach der Intervention wird die erste Fassung eines entwickelten Fachwissenstests zum Schwimmen und Sinken mit 16 Items im Single-Choice-Antwortformat eingesetzt (jeweils 20 Minuten). Im Folgenden werden die Ziele (Abschnitt 5.2.1), die Stichprobe (Abschnitt 5.2.2) und die Ergebnisse (Abschnitt 5.2.3) dieser ersten Pilotierung beschrieben sowie ein Fazit für weitere Untersuchungen gezogen (Abschnitt 5.2.4).

### 5.2.1 Ziele

Eine Studie von Blumberg (2008) zeigt, dass die Strukturierung des Unterrichts beim Thema Schwimmen und Sinken maßgeblich für den Lernerfolg der Schüler/innen der Primarstufe ist. Deshalb wurde ein Lerncomic erstellt, welcher den Unterricht der Interventionsstudien strukturiert. Im Comic kommen unter anderem Lernaufgaben und eine sogenannte Dichtematrix (siehe Abschnitt 5.4.4) zum Einsatz. Durch diese beiden Bestandteile des Lerncomics werden Zusammenhänge zwischen verschiedenen Massen, Volumina und Dichten erfahrbar gemacht und somit strukturiert.

Da der Lerncomic neu konzipiert wurde, soll mit dieser ersten Pilotierung der Frage nachgegangen werden, ob der Comic und dessen Bestandteile verständlich sind und ob der Comic zu einem Lernerfolg beim Thema Schwimmen und Sinken beiträgt. Damit die Frage der Lernwirksamkeit geklärt werden kann, wird ein Fachwissenstest zum Schwimmen und Sinken Prä-Post eingesetzt. Dieser Test wurde für die Studie entwickelt und wird bei dieser ersten Pilotierung auf Gütekriterien überprüft.

Die geplante Hauptuntersuchung wird in Baden-Württemberg durchgeführt. Dort sieht der aktuelle Bildungsplan des Sachunterrichts vor, das Thema Schwimmen und Sinken in der dritten oder vierten Klassenstufe zu behandeln (Ministerium für Kultus, Jugend und Sport Baden-Württemberg, 2016). Diese erste Pilotierung überprüft, für welche Klassenstufe die Intervention zum Schwimmen und Sinken besser geeignet ist. Da es sich beim Schwimmen und Sinken um ein komplexes Thema handelt, wird vermutet, dass Schüler/innen der dritten Klasse Lernschwierigkeiten haben werden.

Zusammenfassend verfolgt die erste Pilotierung das Ziel, folgende Fragen zu beantworten:

1. Sind der konzipierte Lerncomic und dessen Bestandteile verständlich?
2. Trägt der konzipierte Lerncomic zu einem Lernerfolg im Bereich Schwimmen und Sinken bei?
3. Erfüllt der Fachwissenstest zum Schwimmen und Sinken die Gütekriterien eines Fragebogens?

4. Für welche Klassenstufe (drei oder vier) ist der Lerncomic zum Schwimmen und Sinken besser geeignet?

Bevor in Abschnitt 5.2.3 auf die Ergebnisse der ersten Pilotierung eingegangen wird, findet nachfolgend zunächst eine Beschreibung der Stichprobe statt.

### 5.2.2 Stichprobe

Bei der ersten Pilotierungsmaßnahme sind 57 Schüler/innen der dritten und vierten Klasse involviert (siehe Tabelle 5.1). Dabei handelt es sich um drei Grundschulklassen in Baden-Württemberg aus dem Raum Freiburg im Breisgau.

	weiblich	männlich
3. Klasse	7	9
4. Klasse	22	19

Tabelle 5.1: Stichprobe Pilotierung I ( $N = 57$ )

Das Geschlechterverhältnis der Stichprobe ist ausgeglichen. Die Klassenstufe wird variiert, um einen Vergleich zwischen dritter und vierter Klasse herstellen zu können.

### 5.2.3 Ergebnisse

Nachfolgend werden die in Abschnitt 5.2.1 aufgestellten Fragen beantwortet.

*Sind der konzipierte Lerncomic und dessen Bestandteile verständlich?*

Um die Frage beantworten zu können, werden einzelne Schüler/innen während und nach der Untersuchung durch Interviews befragt, ob die Texte, die Lernaufgaben und die sogenannte Dichtematrix im Comic verständlich sind.

Typische Fragen der Untersuchungsleitung sind:

- „Gibt es auf dieser Seite Worte, die du nicht verstehst?“
- „Weißt du, was du bei dieser Aufgabe machen sollst?“
- „Was musst du bei dieser Aufgabe machen?“
- „Verstehst du das Bild?“

Die Antworten der Schüler/innen zeigen weitestgehend, dass der eingesetzte Lerncomic und dessen Bestandteile als verständlich eingestuft werden. Typische Schülerantworten sind:

- „Ich verstehe alle Worte auf dieser Seite.“
- „Ja, ich weiß, was ich tun muss.“
- „Das Bild hilft mir.“

Lediglich die Logik der Dichtematrix, die zu einem Dichteverständnis führen soll, wird von einigen Schüler/inne/n nicht verstanden. Auf die Frage, ob „das Bild“ (= die Dichtematrix) verstanden wird, antworten Schüler/innen vermehrt, dass ihnen der Sinn „des Bildes“ (= der Dichtematrix) nicht klar ist.

Beobachtungen der Untersuchungsleitung zeigen, dass die Schüler/innen den Comic und dessen Sprechblasen intuitiv in korrekter Reihenfolge lesen und die darin enthaltenen Begrifflichkeiten und Visualisierungen korrekt assoziieren. Die Lernaufgaben im Comic werden den Beobachtungen zufolge ebenfalls verstanden und gut gelöst. Lediglich beim Lernen mit der Dichtematrix werden Verständnisprobleme beobachtet.

*Trägt der konzipierte Lerncomic zu einem Lernerfolg im Bereich Schwimmen und Sinken bei?*

Inwiefern der Lerncomic zum Thema Schwimmen und Sinken zu einem Lernerfolg beiträgt, wird mit einem Prä-Post-Vergleich des Fachwissens überprüft. Dafür kommt vor und nach der Intervention ein Fragebogen zum Schwimmen und Sinken zum Einsatz, welcher 16 Items im Single-Choice-Antwortformat enthält. Pro richtig beantworteter Frage bekommen die Schüler/innen einen Punkt. Maximal sind 16 Punkte erreichbar.

Durch einen Mittelwertvergleich wird deutlich, dass der Lernerfolg (Prä-Post-Vergleich) der Schüler/innen ( $N = 57$ ) durch die Intervention zum Schwimmen und Sinken gering ist. Während die Schüler/innen im Prätest im Schnitt 6.33 ( $SD = 3.23$ ) von 16 erreichbaren Punkten erzielen, sind es im Posttest 8.24 Punkte ( $SD = 3.90$ ). Dies entspricht einer Steigerung von durchschnittlich 1.91 Punkten im Prä-Post-Vergleich.

*Erfüllt der Fachwissenstest zum Schwimmen und Sinken die Gütekriterien eines Fragebogens?*

Die Objektivität, die Reliabilität und die Validität sind wichtige Gütekriterien für die Fragebogenkonstruktion (Moosbrugger & Kelava, 2020). Nachfolgend wird auf die drei Gütekriterien eingegangen.

Die Pilotierung erfolgt in allen drei Grundschulklassen durch dieselbe Untersuchungsleitung und ist durch analoge Herangehensweisen (zum Beispiel gleicher zeitlicher Ablauf) gekennzeichnet. Die Fragen des Fachwissenstests haben ein geschlossenes Format (Single-Choice-Antwortformat), wodurch kein Interpretations- und Auswertungsspielraum der Schülerantworten besteht. Die Objektivität wird als gegeben angesehen.

Die Reliabilität des Fragebogens wird mithilfe des Reliabilitätskoeffizienten Cronbachs  $\alpha$  bestimmt. Dieser stellt ein Maß für die interne Konsistenz einer Skala dar und sollte für

einen akzeptablen Fragebogen nicht kleiner als .70 sein (Blanz, 2021). Durch die Reliabilitätsanalyse kann gezeigt werden, dass der Fragebogen zum Schwimmen und Sinken eine bereits akzeptable interne Konsistenz (George & Mallery, 2002) mit Cronbachs  $\alpha = .75$  aufweist. Berücksichtigt werden 114 Fragebögen (Prä- und Posttests der 57 Schüler/innen). In Tabelle 5.2 werden die Ergebnisse der Reliabilitätsanalyse präsentiert.

	<b>Skalenmittelwert, wenn Item weggelassen</b>	<b>Skalenvarianz, wenn Item weggelassen</b>	<b>Korrigierte Item-Skala- Korrelation</b>	<b>Cronbachs <math>\alpha</math>, wenn Item weggelassen</b>
Fall_Wu1	6.68	11.16	.24	.74
Fall_Wu2	6.82	9.93	.45	.71
Fall_Wu3	6.68	10.53	.27	.73
Fall_Wu4	6.83	10.73	.33	.74
Fall_Wu5	7.02	11.17	.22	.73
Fall_Wu6	7.09	11.52	.25	.73
Fall_Wa1	6.66	10.19	.39	.72
Fall_Wa2	6.78	10.07	.40	.72
Fall_Wa3	6.62	10.52	.40	.73
Fall_Wa4	6.69	10.31	.34	.72
Fall_BaSi	6.78	9.98	.44	.71
Fall_Ba	6.80	10.10	.40	.72
Fall_MeSi	7.00	10.03	.47	.71
Fall_Me	7.08	9.76	.63	.69
Fall_KnSi	7.14	10.34	.47	.71
Fall_Kn	6.95	9.92	.49	.71

$N = 114$ ; Cronbachs  $\alpha = .75$

Tabelle 5.2: Pilotierung I – Reliabilitätsanalyse des Fachwissenstests zum Schwimmen und Sinken

In Tabelle 5.2 sind die Trennschärfen (korrigierte Item-Skala-Korrelation) der einzelnen Items aufgeführt. Ein Wert wird als gut eingeschätzt, wenn er über .30 liegt (Blanz, 2021). Bei vier von 16 Items ist der Wert unter .30.

Neben der Reliabilität stellt die Validität ein Gütekriterium für einen Fragebogen dar (Moosbrugger & Kelava, 2020). Um Aussagen über die Validität zu treffen, werden Schüler/innen nach der Posttestung durch qualitative Einzelinterviews bezüglich der Items des

Fachwissenstests befragt. Fragen wie „Passt die Aufgabe zu dem, was du im Unterricht gelernt hast?“ werden von der Untersuchungsleitung gestellt. Schülerantworten sind beispielsweise „Das ist so ähnlich wie im Unterricht.“ oder „Die Aufgaben sind alle zum Thema vom Unterricht.“.

Bei dem beschriebenen Fragebogen handelt es sich um einen Fachwissenstest zum Schwimmen und Sinken, welcher speziell für die Studie konzipiert wurde und reproduktives Wissen zur Intervention abfragt. Der Fragebogen erhebt also gezielt das Konstrukt „Wissen zum Schwimmen und Sinken“. Es wird davon ausgegangen, dass der Fragebogen das Konstrukt valide misst.

*Für welche Klassenstufe (drei oder vier) ist der Lerncomic zum Schwimmen und Sinken besser geeignet?*

Aus Beobachtungen der Untersuchungsleitung geht hervor, dass Schüler/innen der dritten Klasse vermehrt Probleme haben, das komplexe Thema Schwimmen und Sinken zu verstehen und die dazugehörigen Aufgaben im Lerncomic zu lösen. Es wird beobachtet, dass der Unterricht den Schüler/innen der vierten Klasse überwiegend leichter fällt. Ob sich die beobachteten Verständnisprobleme der Drittklässler/innen durch einen Prä-Post-Vergleich des Fachwissenstests zum Schwimmen und Sinken belegen lassen, wird nachfolgend geprüft. Dafür werden Mittelwertvergleiche der unterschiedlichen Klassenstufen herangezogen. Abbildung 5.2 zeigt die im Durchschnitt erreichten Punkte der Dritt- und Viertklässler/innen im Prä- und Posttest. Maximal erreichbar sind 16 Punkte.

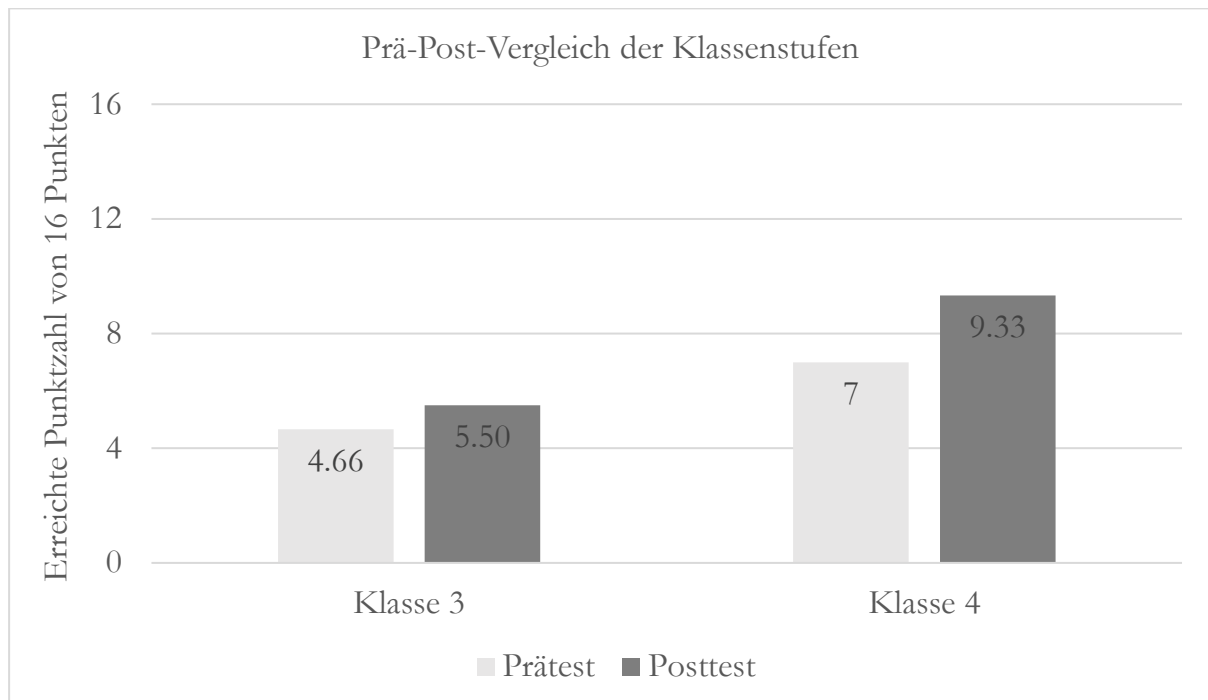


Abbildung 5.2: Pilotierung I – Prä-Post-Vergleich der Klassenstufen bezüglich des Fachwissens zum Schwimmen und Sinken bei einer maximal erreichbaren Punktzahl von 16

Durch Abbildung 5.2 wird deutlich, dass die Schüler/innen der dritten Klasse im Prä- und Posttest schlechter abschneiden als die Viertklässler/innen. Die Schüler/innen der dritten Klasse erzielen im Prätest 4.66 ( $SD = 2.50$ ) und im Posttest 5.50 Punkte ( $SD = 2.56$ ) von 16 erreichbaren Punkten. Dies entspricht einer Steigerung von 0.84 Punkten. Die Viertklässler/innen erzielen vergleichsweise höhere Summenscores. Sie erreichen durchschnittlich 7 Punkte ( $SD = 3.32$ ) im Prätest und 9.33 Punkte ( $SD = 3.54$ ) im Posttest. Eine Steigerung von durchschnittlich 2.33 Punkten wird festgehalten. Die Beobachtung, dass Drittklässler/innen Verständnisprobleme während der Intervention haben, bestätigt sich durch die Mittelwertvergleiche der Prä- und Posttests der Klassenstufen.

#### 5.2.4 Fazit

Durch die erste Pilotierung kann festgehalten werden, dass die Schüler/innen den konzipierten Lerncomic und dessen Bestandteile weitestgehend verstehen und die Sprechblasen des Comics intuitiv in korrekter Reihenfolge lesen. Lediglich beim Lernen mit der sogenannten Dichtematrix haben die Schüler/innen Verständnisprobleme. Deshalb erfolgt eine Verlängerung der Unterrichtsphase, in der mit der Dichtematrix gelernt wird. Außerdem werden zusätzliche Aufgaben konzipiert, welche zur Elaboration der Matrix dienen.

Des Weiteren gibt die Pilotierungsmaßnahme Aufschluss darüber, dass durch die Intervention zum Schwimmen und Sinken geringe Lernerfolge erzielt werden. Dies wird durch einen Prä-Post-Vergleich des Fachwissens zum Schwimmen und Sinken deutlich. Aufgrund des niedrigen Lernerfolgs findet eine Erweiterung der Unterrichtseinheit zum Schwimmen und Sinken durch zusätzliche Lern- und Transferaufgaben statt. Die effektive Lernzeit der Intervention wird von zwei auf circa vier Schulstunden erhöht. Es werden Zuordnungsaufgaben (bezüglich der Dichte verschiedener Gegenstände) ergänzt, welche die Schüler/innen kognitiv aktivieren sollen. Außerdem erfolgt eine inhaltliche Erweiterung des Lerncomics. Typische aus der Forschung bekannte Schülerfehlvorstellungen wie „Alles aus Holz schwimmt. Alles aus Metall sinkt.“ oder „Alles was Luft in sich hat, schwimmt“ werden adressiert und im Unterricht wissenschaftlich korrekt aufgearbeitet.

Der Fachwissenstest zum Schwimmen und Sinken wurde bei dieser Pilotierung erprobt. Durch die Analyse des Fragebogens wird geschlussfolgert, dass dieser Gütekriterien für einen Fragebogen erfüllt. Die Objektivität und Validität werden als gegeben angesehen.

Die Reliabilitätsanalyse zeigt, dass der Fragebogen bereits eine akzeptable interne Konsistenz (George & Mallery, 2002) mit Cronbachs  $\alpha = .75$  aufweist. Die Trennschärfen (korrigierte Item-Skala-Korrelation) der einzelnen Items liegen allerdings nicht immer über .30. Diese Items werden überarbeitet. Der Fragebogen wird außerdem durch vier Items ergänzt, da eine Erweiterung des Unterrichtsinhalts realisiert wird. Die Itemanzahl des Fragebogens zum Schwimmen und Sinken steigt von 16 auf 20 Fragen im Single-Choice-Antwortformat.

Die Pilotierung zeigt, dass Schüler/innen der dritten Klasse Probleme haben, das komplexe Thema Schwimmen und Sinken zu verstehen und die dazugehörigen Aufgaben zu lösen.

Deshalb wird in der darauffolgenden Pilotierung II und bei der Hauptuntersuchung der Fokus auf Erhebungen in der vierten Klasse gelegt.

### 5.3 Pilotierung II

Durch die Erkenntnisse der ersten Pilotierung wurde der eingesetzte Lerncomic und der Fachwissenstest zum Schwimmen und Sinken überarbeitet beziehungsweise weiterentwickelt. In diesem Abschnitt wird eine zweite umfangreiche Pilotierung beschrieben, mit deren Hilfe weitere Schlüsse für die Hauptuntersuchung gezogen werden.

Die Unterrichtsmaterialien (Experimentiermaterialien und Lerncomic) kommen in einer circa vierstündigen Unterrichtseinheit mit Demonstrations- und Schülerexperimenten zum Einsatz. Vor und nach der Intervention wird ein Fachwissenstest zum Schwimmen und Sinken (jeweils 20 Minuten) mit 20 Items im Single-Choice-Antwortformat eingesetzt. Außerdem kommt vor und nach der Intervention ein Fragebogen mit Skalen zur Erfassung selbstbezogener Schülermerkmale zum Einsatz.

Aus der Forschung gibt es Hinweise darüber, dass Lernende mit verschiedenen Lernvoraussetzungen bei multimedialen Lernmaterialien von unterschiedlichen Gestaltungsprinzipien profitieren (z.B. Böhme & Munser-Kiefer, 2020; Kalyuga, 2007; R. E. Mayer, 2012; siehe Abschnitt 3.2.1). Daher werden bei dieser Forschungsarbeit zwei differenzielle Comicvarianten für unterschiedliche Niveaustufen eingesetzt.

Im Folgenden werden die Ziele (Abschnitt 5.3.1), die Stichprobe (Abschnitt 5.3.2) und die Ergebnisse (Abschnitt 5.3.3) der zweiten Pilotierung aufgeführt. Zum Schluss wird das Fazit (Abschnitt 5.3.4) zur zweiten Pilotierung gezogen.

#### 5.3.1 Ziele

Bei dieser zweiten Pilotierung werden die weiterentwickelten Materialien – der Lerncomic und der Fachwissenstest zum Schwimmen und Sinken – und ein zusätzlicher Fragebogen mit Skalen zur Erfassung selbstbezogener Schülermerkmale analysiert. Es kommen zwei verschiedene Comicvarianten in einer Klasse zum Einsatz: Comic mit Lernunterstützungen in Form von zusätzlichen Visualisierungen (Comic MIT Vis) und Comic ohne Lernunterstützungen in Form von zusätzlichen Visualisierungen (Comic OHNE Vis). Die beiden Varianten unterscheiden sich lediglich in ihrer Gestaltung (genauer in der Anzahl der Visualisierungen). Der inhaltliche Aufbau, die Struktur sowie die Lernzeit sind bei beiden Comicvarianten identisch. Das heißt beispielsweise, dass die Schüler/innen gleiche Arbeitsaufträge ausführen. Da sich die Comicvarianten lediglich hinsichtlich der Anzahl der Visualisierungen unterscheiden, erfolgt die nachfolgende Beschreibung im Singular.

Der Lerncomic wurde im Vergleich zur ersten Pilotierung weiterentwickelt. Deshalb soll mit dieser zweiten Pilotierungsmaßnahme der Frage nachgegangen werden, ob der weiterentwickelte Comic und dessen Bestandteile verständlich sind und ob das Lernen mit dem Comic zu einem Lernerfolg beim Thema Schwimmen und Sinken führt.



Damit die Frage der Lernwirksamkeit unter den Gegebenheiten dieser zweiten Pilotierung geklärt werden kann, wird ein Fachwissenstest zum Schwimmen und Sinken Prä-Post eingesetzt. Dieser Test kam bereits bei der ersten Pilotierung zum Einsatz. Da er weiterentwickelt wurde, erfolgt eine weitere Reliabilitätsanalyse.

Des Weiteren wird der Fragebogen zur Erfassung selbstbezogener Schülermerkmale auf Gütekriterien untersucht.

Im Rahmen der zweiten Pilotierung sollen also folgende Fragen beantwortet werden:

1. Sind der weiterentwickelte Lerncomic und dessen Bestandteile verständlich?
2. Trägt der weiterentwickelte Lerncomic zu einem Lernerfolg im Bereich Schwimmen und Sinken bei?
3. Ist die Skala des weiterentwickelten Fachwissenstests zum Schwimmen und Sinken reliabel?
4. Erfüllt der Fragebogen zur Erfassung selbstbezogener Schülermerkmale die Gütekriterien eines Fragebogens?

Bevor in Abschnitt 5.3.3 die Ergebnisse der zweiten Pilotierung präsentiert werden, erfolgt nachfolgend zunächst eine Stichprobenbeschreibung.

### 5.3.2 Stichprobe

Aufgrund von Erkenntnissen der ersten Pilotierung (siehe Abschnitt 5.2.3) wird lediglich in vierten Klassen untersucht, um eine kognitive Überforderung von jüngeren Schüler/inne/n der dritten Klassenstufe zu vermeiden.

Die zweite Pilotierungsstichprobe besteht aus 68 Schüler/inne/n aus vier Grundschulklassen der vierten Klassenstufe in Baden-Württemberg aus dem Raum Freiburg im Breisgau (siehe Tabelle 5.3).

	weiblich	männlich
Comic MIT Vis	16	16
Comic OHNE Vis	17	19

Tabelle 5.3: Stichprobe Pilotierung II ( $N = 68$ )

Das Geschlechterverhältnis der Stichprobe ist wie auch bei der ersten Pilotierung ausgeglichen. Die Gruppen „Comic MIT Vis“ und „Comic OHNE Vis“ sind mit 32 und 36 Schüler/inne/n pro Gruppe recht ausgeglichen.

### 5.3.3 Ergebnisse

Die Ergebnisse der zweiten Pilotierung werden nachfolgend präsentiert, indem die in Abschnitt 5.3.1 aufgestellten Fragen beantwortet werden.

*Sind der weiterentwickelte Lerncomic und dessen Bestandteile verständlich?*

Analog zur ersten Pilotierung werden einzelne Schüler/innen während und nach dem Unterricht durch Interviews befragt, ob die Texte, die Lernaufgaben und die sogenannte Dichtematrix im Comic verständlich sind. Typische Fragen der Untersuchungsleitung sind:

- „Gibt es auf dieser Seite Worte, die du nicht verstehst?“
- „Weißt du, was du bei dieser Aufgabe machen sollst?“
- „Was musst du bei dieser Aufgabe machen?“
- „Verstehst du das Bild?“

Die Schülerantworten zeigen, dass der eingesetzte Lerncomic und dessen Bestandteile als verständlich empfunden werden. Typische Antworten der Schüler/innen sind:

- „Ich verstehe alles auf dieser Seite.“
- „Ich weiß, was ich machen muss.“
- „Das Bild hilft mir.“

Bezüglich der sogenannten Dichtematrix („das Bild“) wird die Frage der Verständlichkeit von den Schüler/inne/n bejaht. Beobachtungen der Untersuchungsleitung zeigen, dass die Schüler/innen in der Lage sind, die Aufgaben zur Dichtematrix korrekt zu lösen.

Die Dichtematrix ist ein Kernelement der Intervention, welche den Aufbau eines Dichteverständnisses begünstigen soll. Da davon ausgegangen wird, dass die Lernenden die Matrix verstanden haben, wird vermutet, dass der Lernerfolg der Schüler/innen im Vergleich zur ersten Pilotierung steigt. Inwiefern dies zutrifft, wird nachfolgend dargelegt.

*Trägt der weiterentwickelte Lerncomic zu einem Lernerfolg im Bereich Schwimmen und Sinken bei?*

Bei dieser Pilotierung werden zwei unterschiedliche Lerncomics eingesetzt: Comic MIT Vis und Comic OHNE Vis. Da der inhaltliche Aufbau, die Struktur sowie die Lernzeit der Comics identisch sind, erfolgt die nachfolgende Beschreibung im Singular.

Bei der Frage, ob der weiterentwickelte Lerncomic zu einem Lernerfolg beiträgt, sind zwei Aspekte interessant. Zum einen soll geklärt werden, ob der Lerncomic durch die Weiterentwicklung generell lernwirksamer ist als bei der ersten Pilotierung. Dafür werden sowohl die Schüler/innen berücksichtigt, die mit dem Comic MIT Vis lernen als auch die Schüler/innen, welche den Unterricht mit dem Comic OHNE Vis durchlaufen. Es ist legitim,

eine derartige übergreifende Lernwirksamkeitsanalyse durchzuführen, da sich die Comicvarianten lediglich in ihrer Gestaltung und nicht bezüglich des Inhalts zum Schwimmen und Sinken unterscheiden. Zum anderen stellt sich die Frage, ob durch die verschiedenen Comicvarianten unterschiedlich hohe Lernerfolge erzielt werden.

Beide Aspekte werden nachfolgend untersucht. Dafür werden die Prä- und Posttests (jeweils 20 Items im Single-Choice-Antwortformat) der Schüler/innen zum Schwimmen und Sinken analysiert und mithilfe von Mittelwertvergleichen ausgewertet. Die maximal erreichbare Punktzahl beträgt 20 Punkte je Test.

Durch einen Mittelwertvergleich der Prä- und Posttests wird deutlich, dass der Lernerfolg der Schüler/innen ( $N = 68$ ) im Vergleich zur ersten Pilotierung höher ist. Während die Schüler/innen im Prätest im Schnitt 9.32 ( $SD = 3.34$ ) von 20 Punkten erreichen, sind es im Posttest 12.74 Punkte ( $SD = 3.24$ ). Dies entspricht einer Steigerung von durchschnittlich 3.42 Punkten im Posttest im Vergleich zum Prätest. Ein  $t$ -Test für gepaarte Stichproben zeigt, dass dieser Lernzuwachs signifikant ( $p = .000$ ) ist.

Es kommen zwei verschiedene Comicvarianten (Comic MIT Vis und Comic OHNE Vis) zum Einsatz. Daher wird geprüft, ob der Lernerfolg der Schüler/innen von der jeweiligen Variante abhängt. Abbildung 5.3 zeigt die im Durchschnitt erreichten Punkte der Schüler/innen im Prä- und Posttest – kategorisiert nach der Comicvariante. Die maximal erreichbare Punktzahl beträgt 20 Punkte.

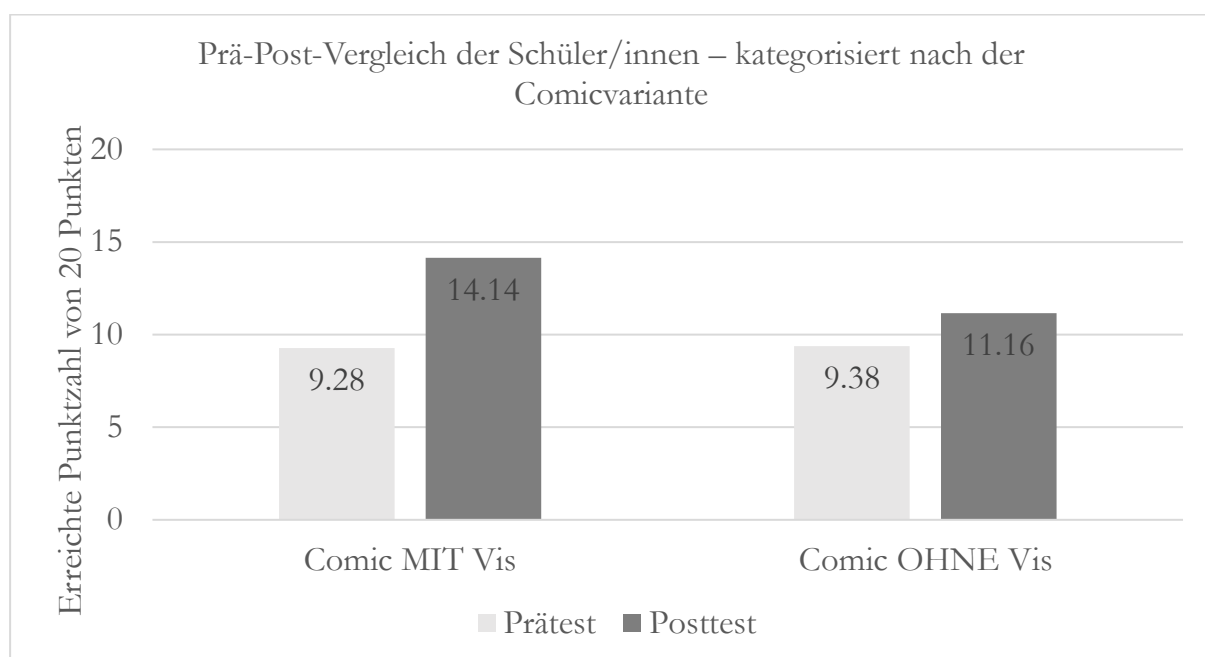


Abbildung 5.3: Pilotierung II – Prä-Post-Vergleich der Schüler/innen bezüglich des Fachwissens zum Schwimmen und Sinken bei einer maximal erreichbaren Punktzahl von 20 – kategorisiert nach Comic mit Lernunterstützungen in Form von zusätzlichen Visualisierungen (Comic MIT Vis) und Comic ohne Lernunterstützungen in Form von zusätzlichen Visualisierungen (Comic OHNE Vis)

Abbildung 5.3 verdeutlicht, dass die Schüler/innen der beiden Gruppen („Comic MIT Vis“ und „Comic OHNE Vis“) ungefähr mit gleichem Vorwissen in die Intervention starten. Die Schüler/innen, die mit dem Comic MIT Vis lernen, erreichen im Prätest durchschnittlich 9.28 Punkte ( $SD = 3.48$ ). Schüler/innen, welche die Intervention mit dem Comic OHNE Vis durchlaufen, erzielen 9.38 Punkte ( $SD = 3.22$ ) im Prätest.

Bei der Betrachtung der Posttests wird deutlich, dass die Schüler/innen der Gruppe „Comic MIT Vis“ besser abschneiden als die Schüler/innen der Gruppe „Comic OHNE Vis“. Während die Schüler/innen der Gruppe „Comic MIT Vis“ im Posttest 14.14 Punkte ( $SD = 2.76$ ) erreichen, erzielen die Schüler/innen der Gruppe „Comic OHNE Vis“ lediglich 11.16 Punkte ( $SD = 3.10$ ). Eine Steigerung von durchschnittlich 4.86 Punkten (Comic MIT Vis) beziehungsweise von 1.78 Punkten (Comic OHNE Vis) wird festgehalten.

*Ist die Skala des weiterentwickelten Fachwissenstests zum Schwimmen und Sinken reliabel?*

Die Reliabilität des weiterentwickelten Fachwissenstests zum Schwimmen und Sinken wird mithilfe des Reliabilitätskoeffizienten Cronbachs  $\alpha$  bestimmt. Dieser stellt ein Maß für die interne Konsistenz einer Skala dar und sollte nicht kleiner als .70 sein (Blanz, 2021).

Durch eine Reliabilitätsanalyse des Fragebogens wird deutlich, dass der Fragebogen zum Schwimmen und Sinken eine gute interne Konsistenz (George & Mallery, 2002) mit Cronbachs  $\alpha = .81$  aufweist. Berücksichtigt werden 136 Fragebögen (Prä- und Posttests der 68 Schüler/innen) zum Schwimmen und Sinken. Tabelle 5.4 zeigt die Ergebnisse der Reliabilitätsanalyse.

	<b>Skalenmittelwert, wenn Item weggelassen</b>	<b>Skalenvarianz, wenn Item weggelassen</b>	<b>Korrigierte Item-Skala- Korrelation</b>	<b>Cronbachs <math>\alpha</math>, wenn Item weggelassen</b>
Fall_Ma1	9.44	12.73	.33	.80
Fall_Ma2	9.58	12.49	.39	.80
Fall_Wu1	9.52	12.85	.42	.81
Fall_Wu2	9.57	12.38	.51	.80
Fall_Wu3	9.44	12.48	.34	.79
Fall_Wu4	9.51	13.37	.39	.80
Fall_Wu5	9.81	12.74	.33	.80
Fall_Wu6	9.82	12.84	.30	.79
Fall_Wa1	9.35	13.25	.31	.80
Fall_Wa2	9.42	12.36	.38	.80
Fall_Wa3	9.37	12.36	.49	.80
Fall_Wa4	9.42	13.16	.33	.79
Fall_BaSi	9.57	12.45	.36	.80
Fall_Ba	9.58	12.64	.37	.80
Fall_MeSi	9.71	11.83	.53	.81
Fall_Me	9.77	11.79	.51	.81
Fall_KnSi	9.85	12.44	.55	.80
Fall_Kn	9.71	12.28	.58	.80
Fall_En	9.80	12.41	.56	.81
Fall_Ri	9.71	12.06	.49	.79

$N = 136$ ; Cronbachs  $\alpha = .81$

Tabelle 5.4: Pilotierung II – Reliabilitätsanalyse des Fachwissenstests zum Schwimmen und Sinken

In Tabelle 5.4 sind die Trennschärfen (korrigierte Item-Skala-Korrelation) der Items des Fachwissenstests aufgeführt. Werte über .30 werden als gut eingestuft (Blanz, 2021). Die Werte der 20 Items liegen alle über .30.

*Erfüllt der Fragebogen zur Erfassung selbstbezogener Schülermerkmale die Gütekriterien eines Fragebogens?*

Die Objektivität, die Reliabilität und die Validität sind Gütekriterien der Fragebogenkonstruktion (Moosbrugger & Kelava, 2020).

Die Pilotierung findet in allen drei Grundschulklassen durch dieselbe Untersuchungsleitung statt und ist durch analoge Vorgehensweisen (zum Beispiel gleiche Bearbeitungsreihenfolge der Fragen) gekennzeichnet. Die Items des Fragebogens haben ein geschlossenes Format (vierstufige Likert-Skala), weshalb kein Interpretations- und Auswertungsspielraum der Schülerantworten besteht. Die Objektivität des Fragebogens wird als gegeben angesehen.

Der Fragebogen (Prä-Post) erhebt verschiedene Variablen: „Selbstkonzept Sachunterricht“ (Prä-Post), „Selbstkonzept Lesen“ (Prä-Post), „Selbstwirksamkeit zum Schwimmen und Sinken“ (Post) und „Interesse an der Intervention“ (Post). Dementsprechend sind vier Skalen auf Reliabilität zu prüfen. Die Reliabilität wird anhand der internen Konsistenz durch den Reliabilitätskoeffizienten Cronbachs  $\alpha$  und die Trennschärpen überprüft. Für eine akzeptable Skala sollte Cronbachs  $\alpha$  nicht kleiner als .70 sein (Blanz, 2021). Alle vier Skalen des Fragebogens übersteigen diesen Wert (siehe Tabelle 5.5). Je nach Skala variiert die Itemanzahl zwischen drei und vier.

Skala	Anzahl Items	Reliabilität (Cronbachs $\alpha$ )
Selbstkonzept Sachunterricht	4	.72
Selbstkonzept Lesen	4	.72
Selbstwirksamkeit zum Schwimmen und Sinken	3	.77
Interesse an der Intervention	3	.70

Tabelle 5.5: Pilotierung II – Reliabilität der Skalen des Fragebogens zur Erfassung selbstbezogener Schülermerkmale

Der Reliabilitätskoeffizient Cronbachs  $\alpha$  zeigt, dass die jeweiligen Skalen eine akzeptable interne Konsistenz (George & Mallery, 2002) aufweisen. Die Trennschärpen der Items der jeweiligen Skalen liegen alle über .40.

Neben der Reliabilität stellt die Validität ein Gütekriterium für eine brauchbare Skala dar (Moosbrugger & Kelava, 2020). Die Skalen sind adaptiert von Blumberg (2008). Die Autorin beschreibt, dass die Validität der aufgeführten Skalen gegeben ist.

### 5.3.4 Fazit

Durch die zweite Pilotierung wird geschlussfolgert, dass die Schüler/innen den weiterentwickelten Comic und dessen Bestandteile als verständlich bewerten. Durch Interviews wird deutlich, dass die Schüler/innen die eingesetzte Dichtematrix im Vergleich zur ersten Pilotierung verstehen. Beobachtungen zeigen, dass die Schüler/innen die Aufgaben zur Matrix korrekt lösen.

Aus der Pilotierung geht hervor, dass der weiterentwickelte Lerncomic zu einem Lernerfolg beiträgt. Durch einen Prä-Post-Vergleich zum Wissen im Bereich Schwimmen und Sinken wird deutlich, dass die Schüler/innen im Vergleich zur ersten Pilotierung einen höheren Lernzuwachs erzielen. Dieser Lernzuwachs ist signifikant ( $p = .000$ ). Damit kann der Ansatz des comicbasierten Lernmaterials im Bereich Schwimmen und Sinken als erfolgreich angesehen werden.

Im Unterricht kamen zwei Comicvarianten (Comic MIT Vis und Comic OHNE Vis) zum Einsatz. Die Schüler/innen der Gruppen „Comic MIT Vis“ und „Comic OHNE Vis“ wurden hinsichtlich ihres Lernerfolgs verglichen. Deskriptive Daten zeigen, dass sich der Lernerfolg der Schüler/innen je nach Comicvariante unterscheidet. Schüler/innen, die mit dem Comic MIT Vis lernen, erzielen höhere Lernerfolge als Schüler/innen, welche die Intervention mit dem Comic OHNE Vis durchlaufen.

Die Pilotierung liefert erste Indizien auf die in Kapitel 4 formulierte Forschungsfrage, inwiefern das Lernmaterial den Lernerfolg der Schüler/innen im Themenbereich Schwimmen und Sinken beeinflusst. Da die Ergebnisse der Pilotierung darauf hindeuten, dass je nach Comicvariante unterschiedliche Lernerfolge erzielt werden, erfolgen weitere Untersuchungen bei der Hauptuntersuchung.

Der Fachwissenstest zum Schwimmen und Sinken wurde wie bereits bei der ersten Pilotierung vor und nach der Intervention eingesetzt und auf Reliabilität erprobt. Durch eine Reliabilitätsanalyse wird festgehalten, dass der Fragebogen eine gute interne Konsistenz (George & Mallery, 2002) mit Cronbachs  $\alpha = .81$  aufweist und somit für den Einsatz bei der Hauptuntersuchung geeignet ist.

Außerdem zeigt die Pilotierung, dass der Fragebogen zur Erhebung selbstbezogener Schülermerkmale die Gütekriterien eines Fragebogens erfüllt. Die vier Skalen des Fragebogens erweisen sich dabei als reliabel. Der Fragebogen wird bei der Haupterhebung eingesetzt.

Da bei der zweiten Pilotierung keine nennenswerten Probleme auftauchen, kommen die Materialien ohne größere Überarbeitung bei der Haupterhebung zum Einsatz. Die Haupterhebung wird im folgenden Abschnitt beschrieben.

## 5.4 Hauptuntersuchung

Nachdem Pilotierungsmaßnahmen durchgeführt und die relevanten Materialien überarbeitet wurden, konnte die Hauptuntersuchung beginnen. In diesem Abschnitt wird zunächst

das Untersuchungsdesign präsentiert (Abschnitt 5.4.1). Anschließend erfolgt die Beschreibung der Stichprobe (Abschnitt 5.4.2) und die Darlegung des Ablaufs der Untersuchung (Abschnitt 5.4.3). Danach werden der Ablauf und die Bestandteile der Intervention beschrieben (Abschnitt 5.4.4). Dabei wird auf das Unterrichtsmaterial (Abschnitt 5.4.4.1) und auf deren Variation bezüglich der verschiedenen Interventionsgruppen eingegangen (Abschnitt 5.4.4.2).

### 5.4.1 Untersuchungsdesign

Die in Kapitel 4 formulierten Forschungsfragen und Hypothesen werden im Rahmen der Hauptuntersuchung anhand einer quasi-experimentellen Studie mit Prä-Post-Design überprüft. Hierzu werden vor der Intervention das Vorwissen zum Schwimmen und Sinken, selbstbezogene Schülermerkmale (beispielsweise das Selbstkonzept des Sachunterrichts) sowie das Leseverständnis erhoben. Nach der Intervention findet die Erfassung des Wissens zum Schwimmen und Sinken ebenfalls statt, um einen möglichen Lernzuwachs der Schüler/innen zu identifizieren. Des Weiteren werden bei der Posttestung selbstbezogene Schülermerkmale (beispielsweise das Selbstkonzept zum Lesen) erfasst, um Interventionseffekte zu belegen. Eine ausführliche Beschreibung des Ablaufs der Hauptuntersuchung erfolgt in Abschnitt 5.4.3.

Die kompletten Testinstrumente der Untersuchung bestehen aus Paper-Pencil-Tests, die im Klassenraum bearbeitet werden. Diese werden in Abschnitt 5.5 genauer diskutiert. Eine Übersicht zum Design der Hauptuntersuchung gibt Abbildung 5.4.



Abbildung 5.4: Überblick Untersuchungsdesign

### 5.4.2 Stichprobe

Die Stichprobe der Hauptuntersuchung umfasst insgesamt 166 Schüler/innen. Davon müssen 9 Schüler/innen aufgrund von Fehlzeiten während der Intervention oder Fehlzeiten während der Prä- oder Posttestung aus dem Datensatz gestrichen werden. Es liegen deshalb vollständige Daten von 157 Schüler/inne/n vor (siehe Tabelle 5.6).

Die Untersuchung erfolgt in acht vierten Klassen an fünf verschiedenen Schulen in Baden-Württemberg im Raum Freiburg im Breisgau.



Geschlecht	weiblich 73	männlich 84
Gruppe	„Comic“ 118	„KEIN Comic“ 39
Comicvariante in Gruppe Comic	Comic MIT Vis 60	Comic OHNE Vis 58

Tabelle 5.6: Stichprobe der Hauptuntersuchung inklusive Kontrollgruppe ( $N = 157$ )

Das Geschlechterverhältnis ist bei der Stichprobe der Hauptuntersuchung ausgeglichen. Die Gruppe „Comic“ wird unterteilt in zwei Experimentalgruppen. Experimentalgruppe I stellt die Gruppe dar, welche einen Comic MIT zusätzlichen Visualisierungen bekommt. Die Schülergruppe, welche den Comic OHNE zusätzliche Visualisierungen erhält, wird als Experimentalgruppe II bezeichnet. Außerdem gibt es die Gruppe „KEIN Comic“, welche die Intervention nicht mit einem Comic, sondern mit konventionellem Lernmaterial in Form von strukturierten Arbeitsblättern durchläuft.

In Bezug auf Forschungsfrage 1 (Untersuchung des Einflusses des Lernmaterials auf den Lernerfolg; siehe Kapitel 4) und Forschungsfrage 2 (Untersuchung des Einflusses des Lernmaterials auf verschiedene Schülermerkmale; siehe Kapitel 4) sind alle drei Schülergruppen „Comic MIT Vis“, „Comic OHNE Vis“ und „KEIN Comic“ von Relevanz. Hinsichtlich Forschungsfrage 3 (Untersuchung von differenziellen Effekten unter Berücksichtigung von Lernvoraussetzungen; siehe Kapitel 4) sind die Gruppen „Comic MIT Vis“ und „Comic OHNE Vis“ von Bedeutung.

Um Rückschlüsse auf Forschungsfrage 3 ziehen zu können, wird eine weitere Kategorisierung (nach Lernvoraussetzungen) vorgenommen, welche der Tabelle 5.7 zu entnehmen ist. Was unter höheren und niedrigeren Lernvoraussetzungen zu verstehen ist, wird in Abschnitt 6.4.1 erläutert.

		Lernmaterial	
		Comic MIT Vis	Comic OHNE Vis
Lernvoraussetzung	höher	$n = 33$	$n = 27$
	niedriger	$n = 27$	$n = 31$

Tabelle 5.7: Kategorisierung der Gruppen für Forschungsfrage 3

Die Kreuztabelle (siehe Tabelle 5.7) veranschaulicht einen mehrfaktoriellen Versuchsplan mit einem 2x2 Design (Sarris, 1992).

### 5.4.3 Ablauf der Hauptuntersuchung

Der Ablauf der Untersuchung geht aus Abbildung 5.5 hervor.

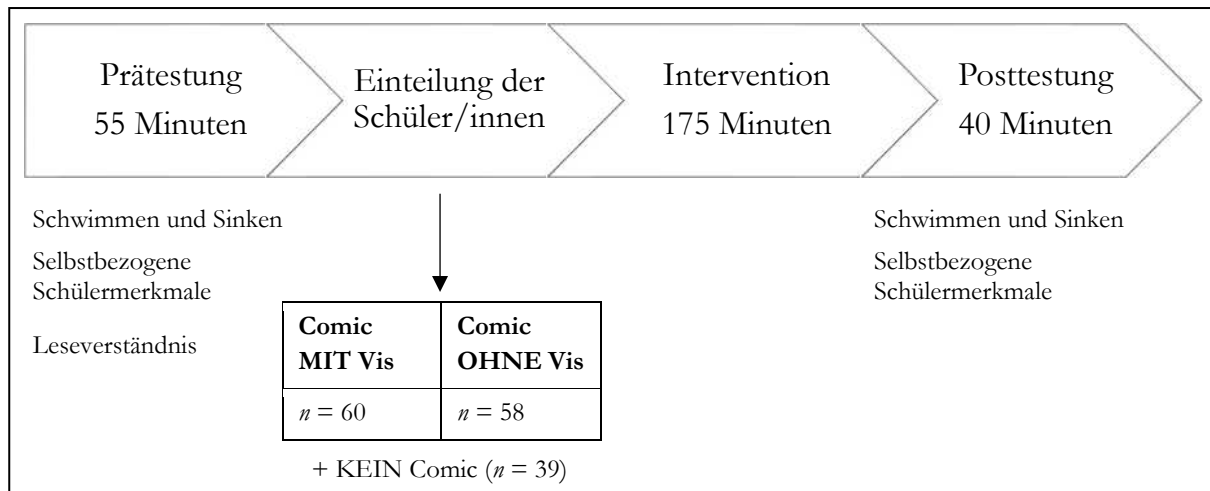


Abbildung 5.5: Überblick zum Ablauf der Untersuchung

Die Untersuchung inklusive Intervention wird an zwei Tagen mit jeweils drei Schulstunden durchgeführt. Zwischen den beiden Untersuchungstagen liegen zwei Tage. Die Prätestung erfolgt unmittelbar vor der Intervention zum Schwimmen und Sinken und umfasst 55 Minuten. Hierbei kommen drei verschiedene Untersuchungsinstrumente zum Einsatz, um das Vorwissen im Bereich Schwimmen und Sinken, selbstbezogene Schülermerkmale sowie das Leseverständnis zu erheben. Außerdem wird eine Einschätzung der Lehrer/innen bezüglich des Leseverständnisses der Schüler/innen eingeholt.

Nach der Prätestung findet die Einteilung der Schüler/innen in die beiden Experimentalgruppen statt: „Comic MIT Visualisierungen“ („Comic MIT Vis“) und „Comic OHNE Visualisierungen“ („Comic OHNE Vis“). Die Einteilung erfolgt zufällig durch die Untersuchungsleitung innerhalb einer Klasse. Um einen natürlichen Unterricht sicherzustellen, wird die Klasse nicht separiert. Die Intervention findet dementsprechend in einem Klassenraum statt. Die Gruppe „KEIN Comic“ wird zusätzlich zur Beantwortung von Forschungsfrage 1 (Untersuchung des Einflusses des Lernmaterials auf den Lernerfolg; siehe Kapitel 4) und Forschungsfrage 2 (Untersuchung des Einflusses des Lernmaterials auf verschiedene Schülermerkmale; siehe Kapitel 4) herangezogen. Diese Gruppe wird separat unterrichtet.

Die Intervention zum Schwimmen und Sinken, welche stets von derselben Lehrperson durchgeführt wird, umfasst insgesamt 175 Minuten (circa vier Schulstunden). Diese vier Schulstunden werden auf zwei Tage aufgeteilt. Dabei endet die Intervention am ersten Untersuchungstag nach circa zwei Schulstunden. Die Aufteilung der Intervention in zwei Teile geschieht in den einzelnen Klassen zum gleichen Unterrichtsstand, um eine Gleichheit der Untersuchung zu gewährleisten.

Die Posttestung erfolgt unmittelbar nach der Intervention des zweiten Untersuchungstages und umfasst 40 Minuten. Hierbei wird der identische Fragebogen zum Schwimmen und Sinken sowie ein weiterer Fragebogen zur Erhebung selbstbezogener Schülermerkmale eingesetzt.

#### 5.4.4 Ablauf und Bestandteile der Intervention

Im Folgenden wird der Ablauf der Intervention erläutert, welcher bei den drei Gruppen „Comic MIT Vis“, „Comic OHNE Vis“ und „KEIN Comic“ identisch ist. Die Gruppen unterscheiden sich lediglich im Unterrichtsmaterial, welches die Intervention durchgängig strukturiert.

Die Gruppe „Comic MIT Vis“ bekommt den Comic mit zusätzlichen Lernunterstützungen in Form von Visualisierungen, die Gruppe „Comic OHNE Vis“ hingegen den Comic ohne Lernunterstützungen in Form von zusätzlichen Visualisierungen. Die Gruppe „KEIN Comic“ durchläuft die analoge Intervention mithilfe von konventionellem Lernmaterial in Form von strukturierten Arbeitsblättern.

Bei der Intervention handelt es sich um einen vielfältigen Unterricht mit verschiedenen Demonstrationsexperimenten, Schülerexperimenten, Arbeitsphasen mit kognitiven Aktivierungen, kollektiven Inputphasen und kollektiven Sicherungsphasen zum Thema Schwimmen und Sinken. Da es sich beim Schwimmen und Sinken um einen komplexen Unterrichtsinhalt handelt, ist die Intervention stark strukturiert. Dadurch soll eine generelle Überforderung der Schüler/innen vermieden werden.

Der Unterrichtseinstieg in das Thema Schwimmen und Sinken erfolgt, indem die Schüler/innen Vermutungen aufstellen, ob ausgewählte Gegenstände schwimmen oder sinken und woran dies liegen könnte. Die Vermutungen der Schüler/innen werden durch die Lehrperson für eine spätere Diskussion im Unterricht gesammelt und verschriftlicht. Nach dem Einstieg in das Thema schließt ein Demonstrationsexperiment durch die Lehrperson an. Die ausgewählten Gegenstände des Einstiegs werden hierbei auf ihr Schwimmverhalten getestet und die Vermutungen der Schüler/innen überprüft. Anschließend folgen verschiedene Arbeitsphasen, die durch das jeweilige Lernmaterial (Comic MIT Vis, Comic OHNE Vis oder KEIN Comic) angeleitet werden. Zusätzlich bekommt jede/r Schüler/in eine Experimentierkiste mit verschiedenen Dosen, die sich hinsichtlich Volumen und Masse unterscheiden. Durch diese Experimentierkisten sollen die Schüler/innen typische aus der Forschung bekannte Schülervorstellungen wie „Dinge schwimmen, wenn sie klein sind. Dinge sinken, wenn sie groß sind.“ oder „Dinge schwimmen, wenn sie wenig wiegen. Dinge sinken, wenn sie viel wiegen.“ experimentell überprüfen. Die Ergebnisse zu den Schülerexperimenten werden im Plenum besprochen und gesichert. Die verschiedenen Plenumsphasen werden durch Stoppschilder im Lernmaterial eingeleitet. Für schnellere Schüler/innen werden einfache Rechenaufgaben bereitgestellt, welche nicht mit der Intervention zusammenhängen.

Neben den eigenständigen Schülerexperimenten werden Demonstrationsexperimente von der Lehrperson durchgeführt, welche im jeweiligen Lernmaterial eingebettet sind. Beispielsweise wird mithilfe von Tropenholz gezeigt, dass nicht jedes Holz – konträr der Schülervorstellung „Holz schwimmt immer.“ – schwimmt. Es wird ein kognitiver Konflikt erzeugt.

Außerdem wird ein Demonstrationsexperiment zur Schülervorstellung „Dinge schwimmen, wenn sie Luft in sich haben.“ durchgeführt. Mithilfe verschiedener Badeenten, welche mit Luft und weiteren unterschiedlichen Materialien gefüllt sind, wird die Schülerfehlvorstellung „Dinge, die Luft in sich haben, schwimmen“, aufgearbeitet.

Abgeschlossen wird die Intervention durch eine Beschreibung eines Dichtebegriffs ohne Anwendung algebraischer Formeln, um eine kognitive Überforderung der Schüler/innen zu vermeiden. Es wird lediglich ein intuitiver Dichtebegriff durch die Sätze „Dinge schwimmen, wenn sie weniger wiegen als gleich viel Wasser.“ und „Dinge sinken, wenn sie mehr wiegen als gleich viel Wasser.“ vermittelt. Um auf diese Erkenntnisse zu kommen, wird eine speziell entwickelte Dichtematrix eingesetzt (Salim et al., 2023). Diese ist wichtiger Bestandteil der Intervention und taucht in allen drei Lernmaterialien (Comic MIT Vis, Comic OHNE Vis und KEIN Comic) auf. Aufgrund der hohen Relevanz der Matrix für die Intervention, wird diese in der folgenden Abbildung 5.6 veranschaulicht und anschließend erläutert.

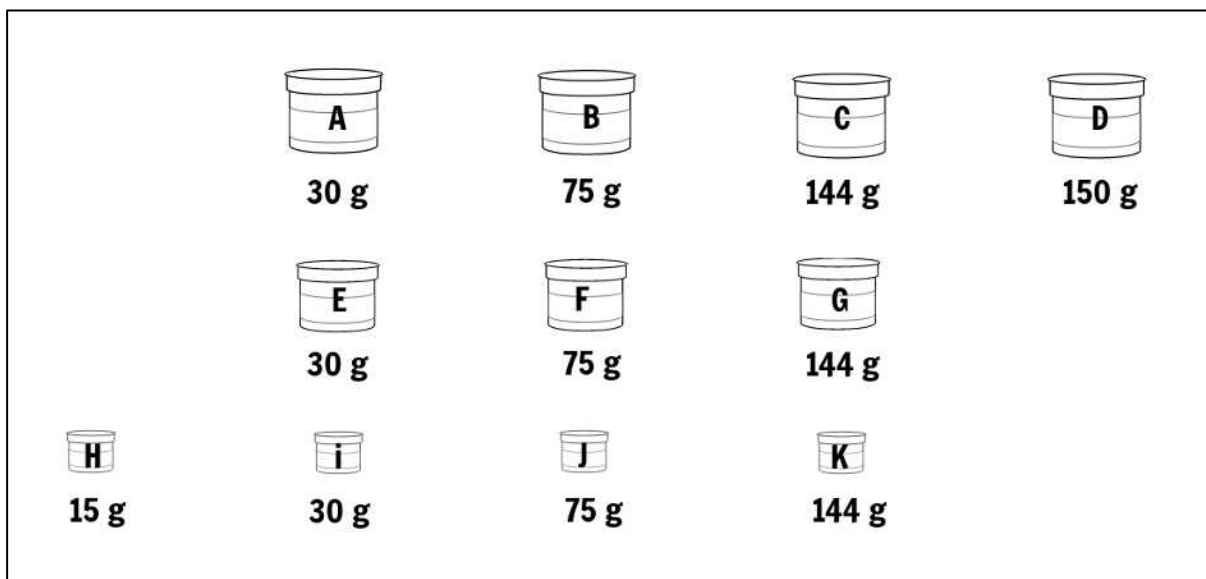


Abbildung 5.6: Konzept der Matrix für die Intervention (schwarz-weiß)

Die dargestellte Matrix in Abbildung 5.6 besteht aus unterschiedlich großen Dosen mit verschiedenen Massen. Die Anordnung der Dosen in der Matrix ist von großer Bedeutung, da durch diese im Unterrichtsverlauf ein Verständnis zum Schwimmen und Sinken aufge-

baut wird. Die Dosen in der Abbildung wurden real nachgestellt und sind für Schülerexperimente während der Intervention existent. In Abbildung 5.7 sind die realen Dosen dargestellt.

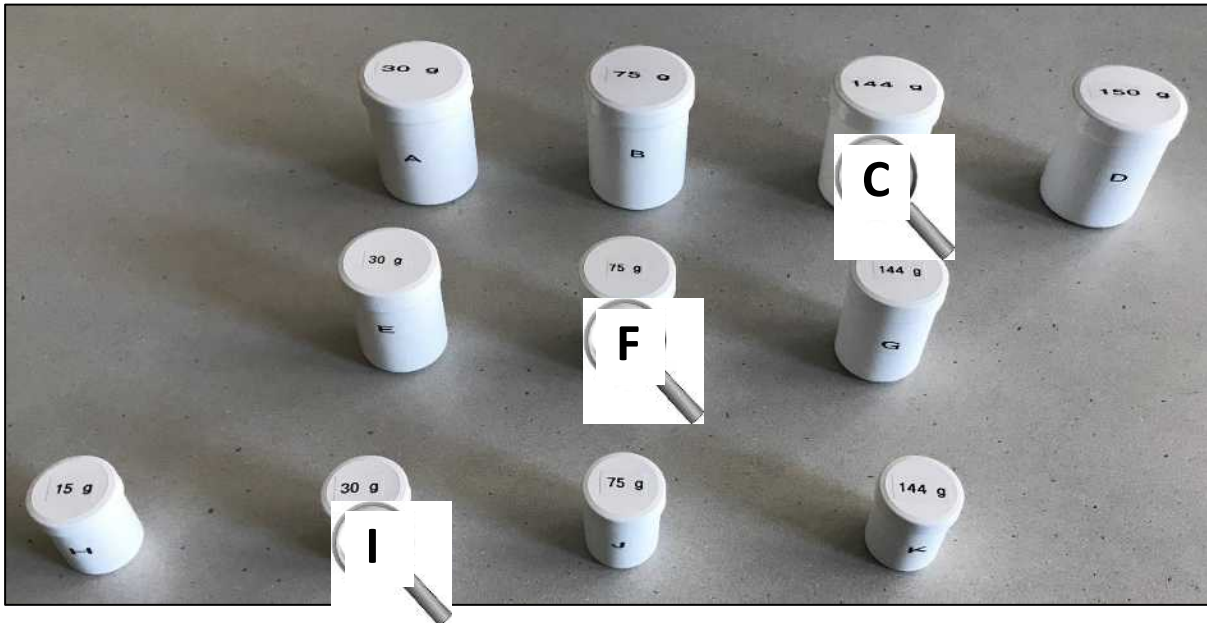


Abbildung 5.7: Reale Dosen für die Intervention in Anlehnung an Salim et al. (2023)

Im Laufe der Intervention werden die realen Dosen C, F und I geöffnet. Die Schüler/innen finden hierbei heraus, dass sich in den Dosen Wasser befindet. Diese drei Dosen werden daraufhin in der dargestellten Matrix, die den Schüler/inne/n vorliegt, blau angemalt. Dadurch ergibt sich eine blaue Diagonale.

Im weiteren Verlauf der Intervention werden die weiteren Dosen auf ihr Schwimmverhalten untersucht. Dabei fällt den meisten Schüler/inne/n auf, dass alle Dosen links von der blauen Diagonale schwimmen und alle Dosen rechts von der blauen Diagonale sinken. Die Dosen, die schwimmen, werden in der Matrix grün angemalt. Sie wiegen weniger als die entsprechend gleich große Wasserdose. Die Dosen, die sinken, werden in der Matrix wiederum rot angemalt. Sie wiegen mehr als die entsprechend gleich große Wasserdose. Dadurch ergibt sich ein Farbschema (siehe Abbildung 5.8), welches den Schüler/inne/n auffällt. Die Erkenntnis „Dinge schwimmen, wenn sie weniger wiegen als gleich viel Wasser.“ und „Dinge sinken, wenn die mehr wiegen als gleich viel Wasser.“ wird getroffen (Salim et al., 2023).

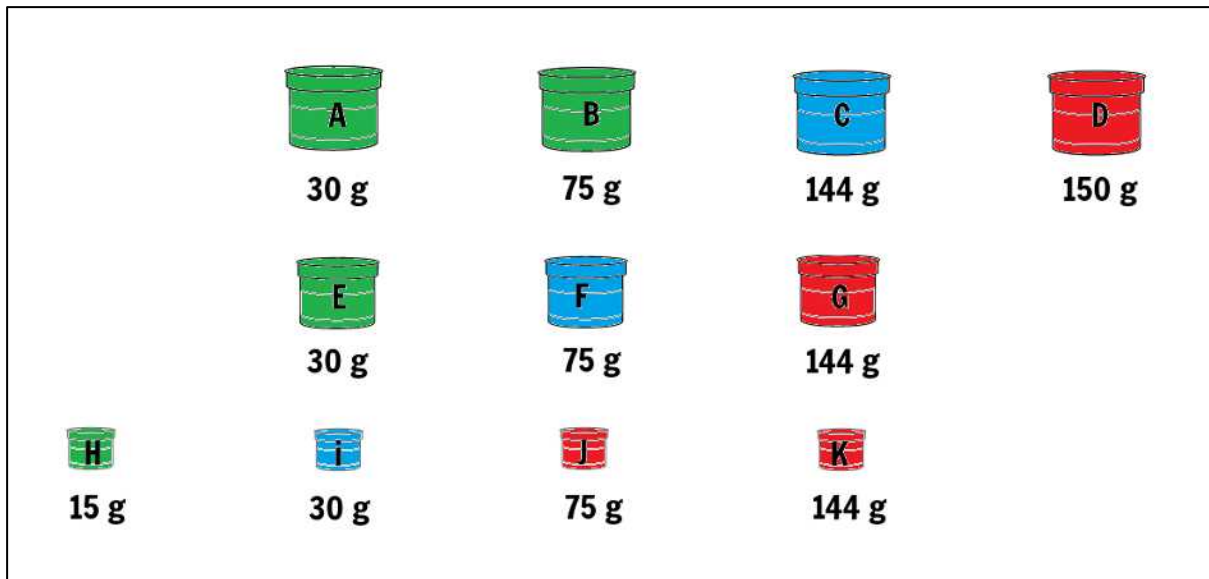


Abbildung 5.8: Konzept der Matrix für die Intervention (farbig)

#### 5.4.4.1 Beschreibung des Unterrichtsmaterials

Während der Intervention in der Gruppe „Comic“ werden zwei verschiedene Comicvarianten eingesetzt, welche sich in der Anzahl und Auswahl der Visualisierungen unterscheiden (siehe Abschnitt 3.2.2). Da die beiden Comicvarianten ausnahmslos den gleichen inhaltlichen Aufbau haben, erfolgt die folgende Beschreibung im Singular.

Der Comic besteht aus insgesamt über 60 Panels und führt die Schüler/innen während der gesamten Intervention durch den Unterricht. Die beiden Hauptcharaktere des Comics (Kim und Karl) stoßen auf verschiedene Probleme und Fragestellungen zum Thema Schwimmen und Sinken, die bewältigt und beantwortet werden müssen. Kim und Karl geben den bearbeitenden Schüler/innen Denkanstöße und helfen dabei, das Thema Schwimmen und Sinken zu verstehen. Im Verlauf des Comics tauchen außerdem andere Charaktere (Lehrerin Frau Akwa und Mitschüler Börni) auf, die dem Comic zusätzliche Nuancen einer geschlossenen Geschichte verleihen (Salim & Mikelskis-Seifert, 2020). In Abbildung 5.9 sind die ersten sechs Panels des Comics zu sehen. Die Hauptcharaktere Kim und Karl befinden sich dort auf einem Boot und führen in das Thema Schwimmen und Sinken ein.

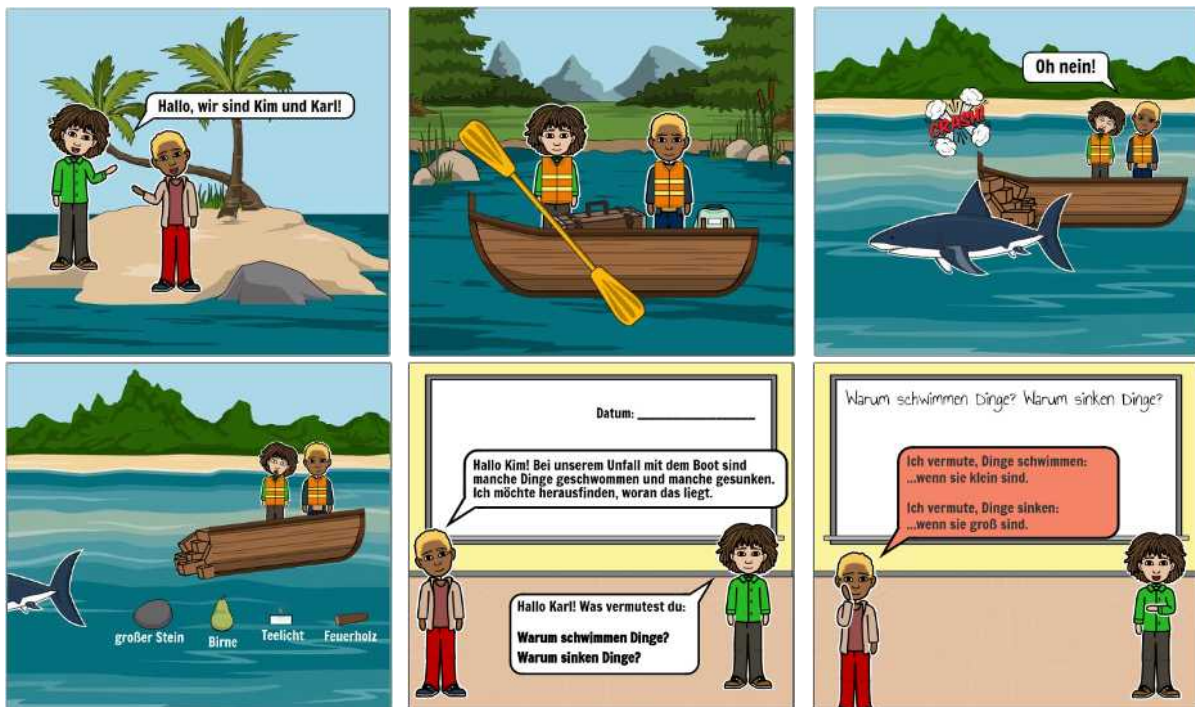


Abbildung 5.9: Auszug aus dem konzipierten Comic

Der Comic ist als Lerncomic zu sehen, der speziell für einen Wissenserwerb im Bereich Schwimmen und Sinken konzipiert wurde (siehe Abschnitt 3.2). Dabei ist zu betonen, dass im Comic Lernaufgaben enthalten sind. Diese Aufgaben sind in die Geschichte des Comics eingebettet. Sie sollen die Lernenden kognitiv aktivieren und zur Elaboration des Gelernten beitragen.

Der Comic wird in Form eines links gebundenen DIN A5 Heftes gedruckt und ausgeteilt. Ein Panel des Comics wird auf eine Seite gedruckt, um die Bearbeitung der Lernaufgaben aus Platzgründen zu ermöglichen. Bei zwei zusammenhängenden Panels wird stets darauf geachtet, dass diese im DIN A5 Heft nebeneinander abgebildet beziehungsweise gedruckt sind (siehe Gestaltungsprinzipien in Abschnitt 3.2.1).

#### 5.4.4.2 Variation des Unterrichtsmaterials

Ein Anliegen dieser Forschungsarbeit ist die Untersuchung der Wirkung von differenziellen Lernmaterialien auf den Lernerfolg im Bereich Schwimmen und Sinken und auf verschiedene Schülermerkmale. Die Interventionsgruppen „Comic MIT Vis“, „Comic OHNE Vis“ und „KEIN Comic“ unterscheiden sich daher durch die Gestaltung des Lernmaterials. Die genauen Unterschiede der Gruppen beziehungsweise die Unterschiede der Gestaltung der Lernmaterialien werden im Folgenden erläutert. Hierzu erfolgt in Abschnitt 5.4.4.2.1 die Beschreibung des Unterschieds zwischen den Lernmaterialien Comic MIT Vis und Comic OHNE Vis. Anschließend wird in Abschnitt 5.4.4.2.2 der Unterschied zwischen den Lernmaterialien Comic und KEIN Comic dargestellt.

#### **5.4.4.2.1 Unterschied Comic MIT Vis versus Comic OHNE Vis**

Es wird angenommen, dass Lernende mit verschiedenen Lernvoraussetzungen unterschiedlich gefördert werden können. Der Expertise-Umkehr-Effekt (Kalyuga, 2007; Kalyuga et al., 2003) besagt zum Beispiel, dass Lernende mit ungünstigeren Voraussetzungen (etwa hinsichtlich sprachlichen Fähigkeiten) von Lernunterstützungen profitieren, umgekehrt solche Maßnahmen bei Lernenden mit günstigeren Voraussetzungen jedoch nachteilig sind (siehe Abschnitt 3.1.2.2). Daher wurden zwei Comicvarianten erstellt und eingesetzt. Inwieweit die Comicvarianten sich unterscheiden, wird im Folgenden erläutert.

Der inhaltliche Aufbau und die Struktur der beiden Comicvarianten sowie die Lernzeit der Gruppen sind identisch. Bei beiden Comicvarianten wurden außerdem die in Abschnitt 3.2.1 beschriebenen Gestaltungsprinzipien beachtet.

Die zwei Ausführungen unterscheiden sich lediglich in der Anzahl und Auswahl der Visualisierungen. Während der Comic MIT Vis zusätzliche Lernunterstützungen in Form von Visualisierungen enthält, wird im Comic OHNE Vis auf diese zusätzlichen Visualisierungen verzichtet. Wichtig ist zu erwähnen, dass es sich beim Comic OHNE Vis nicht um einen Comic handelt, in dem keinerlei Visualisierungen vorkommen.

Unter Berücksichtigung von Studien zu verschiedenen lernunterstützenden Visualisierungsarten – speziell auch im Themenbereich Schwimmen und Sinken (siehe Abschnitt 3.2.2) – werden im Comic MIT Vis zwei Arten von zusätzlichen Visualisierungen eingesetzt:

- Visualisierungen von Arbeitsaufträgen (R. E. Mayer, 2012; Schwamborn et al., 2010)
- Visualisierungen von Balkenwaagen (Hardy & Stern, 2011; K. Möller et al., 2002)

Auf der einen Seite sollen Visualisierungen von Arbeitsaufträgen den Schüler/inne/n Hilfestellungen geben, indem sie sprachunterstützend agieren. Auf der anderen Seite werden Hypothesen der Comiccharaktere wie „Dinge schwimmen, wenn sie klein sind. Dinge sinken, wenn sie groß sind.“ durch Balkenwaagen visualisiert. Diese Visualisierungen sollen die Lernenden sowohl sprachlich als auch beim Aufbau eines kohärenten mentalen Modells unterstützen (Schnotz, 2001, 2022; Schnotz et al., 1996), um letztlich einen Wissenserwerb beim Thema Schwimmen und Sinken zu begünstigen.

In Abschnitt 3.2.2 wurden konkrete Beispiele der beiden Visualisierungsarten vorgestellt. Außerdem ist dort die Wahl der beiden Visualisierungsarten begründet.

#### **5.4.4.2.2 Unterschied Comic versus KEIN Comic**

Die Gruppen „Comic“ und „KEIN Comic“ unterscheiden sich lediglich in der Gestaltung des Lernmaterials. Beim inhaltlichen Aufbau, der Struktur des Unterrichts sowie der Lernzeit gibt es keine Unterschiede. Das heißt zum Beispiel, dass die Schüler/innen die identi-



schen Schülerexperimente durchführen und dieselben Lernaufgaben bearbeiten. Die Anleitung des Unterrichts der beiden Gruppen erfolgt jedoch auf unterschiedliche Weise. Während die Gruppe „Comic“ durch zwei Comiccharaktere – in einer Geschichte – angeleitet wird, geschieht die Anleitung bei der Gruppe „KEIN Comic“ durch konventionelles Lernmaterial in Form von Arbeitsblättern. Die Arbeitsblätter sind strukturiert und enthalten ebenfalls Visualisierungen, die für die Intervention maßgeblich sind (beispielsweise die in Abschnitt 5.4.4 beschriebene Matrix). Ein Beispiel eines Unterschieds zwischen den Lernmaterialien Comic und KEIN Comic zeigt Abbildung 5.10.

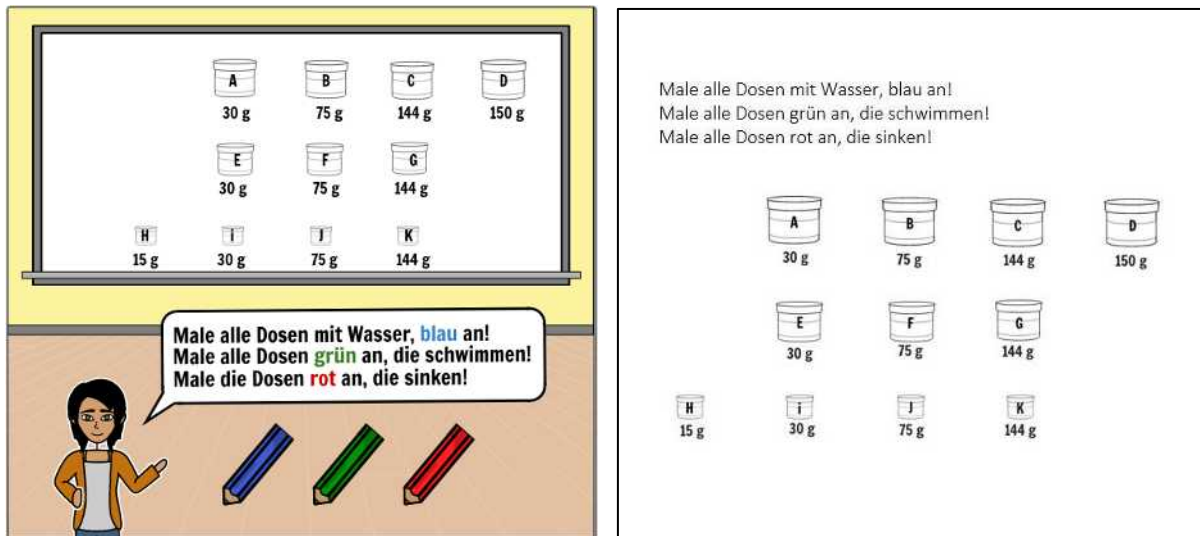


Abbildung 5.10: Unterschied zwischen den Lernmaterialien Comic (links) und KEIN Comic (rechts) – ein Beispiel

## 5.5 Untersuchungsinstrumente der Hauptuntersuchung

In Abschnitt 5.4.3 erfolgte die Darstellung des Ablaufs der Hauptuntersuchung. Es wurde ersichtlich, dass vor und nach der Intervention zum Schwimmen und Sinken mehrere Fragebögen zum Einsatz kommen. Die Untersuchungsinstrumente werden in diesem Abschnitt näher betrachtet.

Die komplette Erhebung findet mit insgesamt fünf schriftlichen Fragebögen statt:

- Fachwissenstest zum Schwimmen und Sinken (Abschnitt 5.5.1),
- Erfassung selbstbezogener Schülermerkmale im Prätest (Abschnitt 5.5.2),
- Erfassung selbstbezogener Schülermerkmale im Posttest (Abschnitt 5.5.2),
- Erfassung des Leseverständnisses durch ELFE II (Abschnitt 5.5.3) und
- Lehrereinschätzungsbogen (Abschnitt 5.5.3).

Bei den Untersuchungen werden Beispielitems mit den Schüler/inne/n besprochen, um die Verständlichkeit der Items zu gewährleisten. Während der Untersuchung gibt es außerdem klare Regeln und analoge Herangehensweisen. Beispielsweise werden die Fragebögen stets in gleicher Reihenfolge von den Schüler/inne/n der verschiedenen Klassen bearbeitet und die Untersuchungen erfolgen ausschließlich durch dieselbe Untersuchungsleitung. Es wird davon ausgegangen, dass die Objektivität als Gütekriterium bei den Untersuchungen gegeben ist. Weitere Gütekriterien zu den einzelnen Fragebögen beziehungsweise Skalen finden sich in den jeweiligen Abschnitten wieder.

### 5.5.1 Fachwissenstest zum Schwimmen und Sinken

Um das Vorwissen und den Lernzuwachs im Bereich Schwimmen und Sinken zu erheben, wurde ein Testinstrument – bestehend aus 20 Items – entwickelt. Dieses Testinstrument in Form eines Fragebogens wurde mehrfach pilotiert (siehe Abschnitt 5.2 und Abschnitt 5.3), um eine Eignung für die Hauptuntersuchung zu gewährleisten. Bei den Items handelt es sich um ein Single-Choice-Antwortformat. Pro richtig beantworteter Frage gibt es einen Punkt. Das heißt, die maximal erreichbare Punktzahl beträgt 20 Punkte. Ein Beispielitem des Fragebogens ist in Abbildung 5.11 zu sehen.

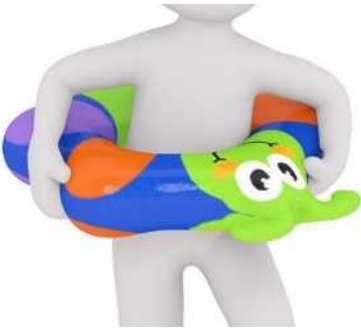
Schwimmen und Sinken	FALL_Ri
<p>Dieser Ring <u>schwimmt</u> im Wasser. <b>Warum?</b></p> 	
<input type="checkbox"/> Der Ring schwimmt, weil er lackiert ist.	
<input type="checkbox"/> Der Ring schwimmt, weil er weniger wiegt als gleich viel Wasser.	
<input type="checkbox"/> Der Ring schwimmt, weil er so wenig wiegt.	
<input type="checkbox"/> Der Ring schwimmt, weil alles mit Luft in sich schwimmt.	
<input type="checkbox"/> Der Ring schwimmt, weil er unten eine runde Form hat.	

Abbildung 5.11: Beispielitem – Schwimmen und Sinken Fragebogen

Durch den Fragebogen werden Kenntnisse zum Schwimmen und Sinken überprüft. Dabei sind typische aus der Forschung bekannte Schülervorstellungen als Antwortmöglichkeiten enthalten, um den Schwierigkeitsgrad des Fragebogens zu erhöhen.

Damit der Fragebogen für Grundschul Kinder übersichtlich bleibt, wird ein Item jeweils auf eine Seite gedruckt. Zudem wird auf einfache Sprache geachtet, indem möglichst kurze einzeilige Sätze gebildet werden. Den Schüler/inne/n wird außerdem klar kommuniziert, dass pro Seite des Fragebogens immer nur ein Kreuz vorgesehen ist. Um zur Verständlichkeit des Fragebogens beizutragen, werden vor der Testung Beispielitems im Plenum besprochen.

Da während der Intervention visuell gelernt wird, scheint es des Weiteren plausibel, in möglichem Umfang Visualisierungen im Fragebogen zu verwenden. Hierbei wird darauf geachtet, dass keine Visualisierungen gewählt werden, die in einer Interventionsgruppe zum Einsatz kommen, um einen Vorteil bestimmter Gruppen auszuschließen.

Die Reliabilität (Zuverlässigkeit) des Fragebogens wird mithilfe des Reliabilitätskoeffizienten Cronbachs  $a$  bestimmt. Dieser stellt ein Maß für die interne Konsistenz einer Skala dar und sollte für einen akzeptablen Fragebogen nicht kleiner als .70 sein (Blanz, 2021). Die hier beschriebene Skala weist eine gute interne Konsistenz mit einem Cronbachs  $a$  von .84 auf. Zu Grunde gelegt werden dabei 314 Fragebögen (Prä- und Posttests). In Tabelle 5.8 werden die Ergebnisse der Reliabilitätsanalyse präsentiert.

	<b>Skalenmittelwert, wenn Item weggelassen</b>	<b>Skalenvarianz, wenn Item weggelassen</b>	<b>Korrigierte Item-Skala- Korrelation</b>	<b>Cronbachs <math>\alpha</math>, wenn Item weggelassen</b>
Fall_Ma1	9.07	20.04	.36	.83
Fall_Ma2	9.18	19.99	.34	.83
Fall_Wu1	9.06	19.59	.47	.83
Fall_Wu2	9.11	19.62	.45	.83
Fall_Wu3	9.15	19.83	.39	.83
Fall_Wu4	9.46	20.13	.36	.83
Fall_Wu5	9.50	20.40	.31	.83
Fall_Wu6	9.39	20.32	.29	.84
Fall_Wa1	8.97	20.23	.36	.83
Fall_Wa2	9.15	20.07	.33	.83
Fall_Wa3	9.11	19.63	.44	.83
Fall_Wa4	9.02	20.04	.38	.83
Fall_BaSi	9.27	20.08	.32	.83
Fall_Ba	9.14	20.09	.33	.83
Fall_MeSi	9.43	19.38	.54	.82
Fall_Me	9.31	19.22	.53	.82
Fall_KnSi	9.46	19.50	.53	.82
Fall_Kn	9.35	19.14	.56	.82
Fall_En	9.44	19.44	.53	.82
Fall_Ri	9.36	19.57	.46	.83

$N = 314$ ; Cronbachs  $\alpha = .84$

Tabelle 5.8: Reliabilitätsanalyse – Skala des Fachwissenstests zum Schwimmen und Sinken

Tabelle 5.8 zeigt die Trennschärfen (korrigierte Item-Skala-Korrelation) der einzelnen Items, welche bei 19 von 20 Items über .30 liegen. Lediglich Item „Fall\_Wu6“ liegt leicht darunter (.29), was sich vermutlich mit der Komplexität der Aufgabe erklären lässt.

Neben der Objektivität und der Reliabilität ist die Validität (Gültigkeit) ein wichtiges Gütekriterium für die Fragebogenkonstruktion (Moosbrugger & Kelava, 2020). In den Abschnitten 5.2 und 5.3 erfolgte die Beschreibung von Pilotierungsmaßnahmen verschiedener Materialien für die Hauptuntersuchung. Hierbei wurde unter anderem die Entwicklung des

Fragebogens zum Schwimmen und Sinken aufgegriffen. Während den Pilotierungen wurden die Schüler/innen mithilfe von qualitativen Einzelinterviews bezüglich der Items des Fragebogens befragt. Die Interviewfragen dienten dabei der Validitätsprüfung und Optimierung des Testinstruments.

### 5.5.2 Erfassung selbstbezogener Schülermerkmale (Prä/Post)

Zur Erfassung selbstbezogener Schülermerkmale werden unmittelbar vor und nach der Intervention quantitative Fragebögen eingesetzt. Erhoben werden die Variablen „Lesen von Comics in der Freizeit“, „Selbstkonzept Sachunterricht“, „Selbstkonzept Lesen“, „Selbstwirksamkeit zum Schwimmen und Sinken“ und „Interesse an der Intervention“. Einen Überblick über die enthaltenen Variablen im jeweiligen Fragebogen (Prä/Post) gibt Tabelle 5.9.

Fragebogen Prätest	Fragebogen Posttest
Lesen von Comics in der Freizeit (Ja/Nein)	Selbstkonzept Sachunterricht
Selbstkonzept Sachunterricht	Selbstkonzept Lesen
Selbstkonzept Lesen	Selbstwirksamkeit zum Schwimmen und Sinken
	Interesse an der Intervention

Tabelle 5.9: Überblick Variablen – selbstbezogene Schülermerkmale (Prä/Post)

Es wird deutlich, dass die Skalen zum Selbstkonzept Sachunterricht und Selbstkonzept Lesen im Prä- und Posttest ihren Einsatz finden. Hier ist auf einen Unterschied der Skalen hinzuweisen. Während im Eingangsfragebogen allgemeine Formulierungen wie „Ich bin gut im Sachunterricht.“ eingesetzt werden, finden im Fragebogen nach der Intervention spezifischere Fragen Verwendung. Anders als im Prätest lautet das Item entsprechend „Ich war gut im Unterricht zum Schwimmen und Sinken.“

Die Items der Prä- und Posttests werden von allen Schüler/inne/n der acht Untersuchungsklassen ( $N = 166$ ) durch ein geschlossenes Antwortformat in Form einer vierstufigen Likert-Skala (von (1) stimmt gar nicht bis (4) stimmt genau) bearbeitet. Einzig die Variable „Lesen von Comics in der Freizeit“ wird nicht mit einer Likert-Skala erhoben, sondern ist eine dichotome Frage.

Bei der Auswertung der Likert-Skalen werden die Antwortkategorien ordinal skaliert. Dabei bekommt die am höchsten zustimmende Antwort einen Wert von vier und die am meisten ablehnende Antwort einen Wert von eins. Damit beim Antworten eine Tendenz zur Mitte

vermieden wird, stehen bei allen Items vier Antwortmöglichkeiten zur Auswahl (Schnell et al., 2014).

Bei den Items werden außerdem Symbole (Smileys) verwendet, um die Abstufungen der Antwortmöglichkeiten für die Grundschul Kinder verständlicher zu gestalten (Blumberg, 2008). Ein Beispielitem (zum Selbstkonzept Sachunterricht) ist in Abbildung 5.12 zu finden. Die Items der Fragebögen sind adaptiert von Blumberg (2008).

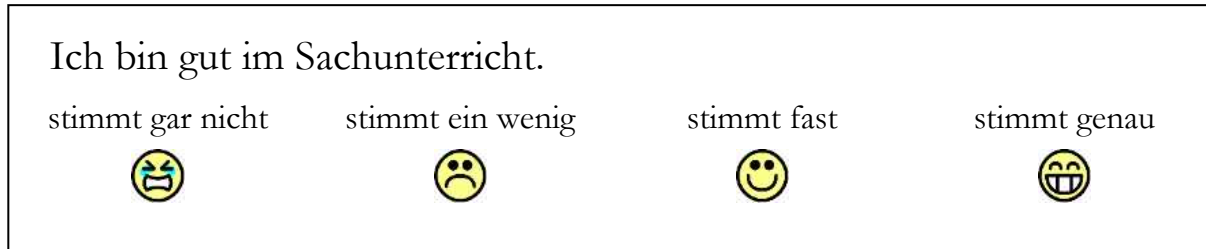


Abbildung 5.12: Beispielitem – Erfassung selbstbezogener Schülermerkmale

Bei den Items wird auf eine doppelte Verneinung verzichtet, um sie für die Grundschul Kinder einfach zu halten. Außerdem wird die Skalenorientierung durchgängig beibehalten. Das heißt, dass die Antwortmöglichkeiten „stimmt gar nicht“, „stimmt ein wenig“, „stimmt fast“ und „stimmt genau“ immer in dieser Reihenfolge präsentiert werden.

Zu erwähnen ist, dass die Items der Gruppen „Comic MIT Vis“ und „Comic OHNE Vis“ identisch sind. Die Items der Gruppe „KEIN Comic“ sind im Vergleich zur Gruppe „Comic“ teilweise leicht abgeändert, damit der Kontext des Lernmaterials (strukturierte Arbeitsblätter statt Comic) zutrifft. Statt des Begriffs Comic wird die Bezeichnung Lernheft im Fragebogen verwendet.

Im Folgenden zeigt Tabelle 5.10 jeweils ein Beispiel und Kennwerte der Skalen aus den Fragebögen (Prä/Post) zur Erfassung selbstbezogener Schülermerkmale.

Skala	Beispielitem	Anzahl Items	Reliabilität (Cronbachs $\alpha$ )
Selbstkonzept Sachunterricht	Ich bin gut im Sachunterricht.	4	.70
Selbstkonzept Lesen	Ich bin gut im Lesen.	4	.74
Selbstwirksamkeit zum Schwimmen und Sinken	Ich schaffe es jetzt, anderen die Lösung zu erklären.	3	.73
Interesse an der Intervention	Ich mochte den Unterricht sehr gerne.	3	.70

Tabelle 5.10: Kennwerte der Skalen zur Erfassung selbstbezogener Schülermerkmale (Prä/Post)

Die Reliabilität (Zuverlässigkeit) der Skalen wird anhand der internen Konsistenz durch den Reliabilitätskoeffizienten Cronbachs  $\alpha$  und die Trennschärfen überprüft. Je nach Skala variiert die Anzahl der Items zwischen drei und vier. Für eine akzeptable Skala sollte Cronbachs  $\alpha$  nicht kleiner als .70 sein (Blanz, 2021). Alle vier Skalen „Selbstkonzept Sachunterricht“, „Selbstkonzept Lesen“, „Selbstwirksamkeit zum Schwimmen und Sinken“ und „Interesse an der Intervention“ übersteigen diesen Wert (siehe Tabelle 5.10).

Die vollständige Darstellung der Reliabilitätsanalysen befindet sich im Anhang A.2. Dort sind auch die Trennschärfen der einzelnen Items der Skalen ersichtlich. Die Trennschärfen der jeweiligen Items liegen dabei alle über .40.

Neben der Reliabilität stellt die Validität ein wichtiges Gütekriterium für eine brauchbare Skala dar (Moosbrugger & Kelava, 2020). Diese ist nach Blumberg (2008) bei den beschriebenen adaptierten Skalen gegeben.

### 5.5.3 Leseverständnis – ELFE II und Lehrereinschätzung

Das Leseverständnis der Schüler/innen wird mithilfe zwei unterschiedlicher Verfahren erhoben. Zum einen wird das standardisierte und normierte Testverfahren ELFE II (Ein Leseverständnistest für Erst- bis Siebtklässler – Version II) in Papierform eingesetzt. Der Test geht dabei sowohl auf fundamentale als auch höhere Leseprozesse ein (Lenhard et al., 2017). Er umfasst drei verschiedene Untertests: Wortverständnis, Satzverständnis und Textverständnis. Zur Interpretation des Leseverständnisses der Proband/inn/en werden die Subtestergebnisse dieser Untertests zu einem Gesamtergebnis verrechnet.

Beim ELFE II handelt es sich um ein etabliertes Testinstrument. Testgütekriterien wie die Reliabilität oder Validität sind im Manual beschrieben und werden als gegeben angesehen (Lenhard et al., 2017).

Zur weiteren Erfassung des Leseverständnisses der Schüler/innen werden die Lehrpersonen der acht Untersuchungsklassen nach einer Einschätzung des Leseverständnisses ihrer Schüler/innen befragt. Dabei müssen die Lehrpersonen vor der Intervention angeben, ob sie die einzelnen Schüler/innen als lesestark oder leseschwach einschätzen.

## 5.6 Zusammenfassung

In diesem Kapitel erfolgte die Beschreibung der Anlage der Untersuchung. Dafür wurde zunächst ein Überblick über die gesamte Untersuchung gegeben. Anschließend fand die Darstellung von drei wesentlichen Untersuchungen (Pilotierung I, Pilotierung II und Hauptuntersuchung) statt.

Es wurde eine erste Pilotierung beschrieben, deren Ziel es war, die selbst konzipierten Materialien zu erproben. Dabei stand vor allem ein innovativer Comic als Lernmaterial, ein Fachwissenstest zum Schwimmen und Sinken und der Lernerfolg von Schüler/inne/n verschiedener Klassenstufen (drei und vier) im Vordergrund. Durch die erste Pilotierung konnte gezeigt werden, dass die Texte der Materialien verständlich sind, der Comic intuitiv

richtig gelesen wird und die Intervention insgesamt als positiv einzustufen ist. Lediglich beim Lernen mit einer sogenannten Dichtematrix, die Bestandteil des Comics ist, haben die Schüler/innen Verständnisprobleme.

Zur Prüfung des Lernerfolgs der Schüler/innen, wurde ein Prä-Post-Vergleich des Fragebogens zum Schwimmen und Sinken herangezogen. Es zeigte sich, dass die Schüler/innen geringe Lernerfolge erzielen. Infolgedessen wurde die Unterrichtseinheit beziehungsweise der Comic durch Lern- und Transferaufgaben erweitert. Außerdem wurde beschlossen, dass die nachfolgenden Untersuchungen ausschließlich in der vierten Klasse durchgeführt werden, um eine kognitive Überforderung von Drittklässler/inne/n zu vermeiden.

Des Weiteren wurde durch die Pilotierung gezeigt, dass der Fachwissenstest zum Schwimmen und Sinken die Gütekriterien für einen Fragebogen erfüllt. Aufgrund der Erweiterung der Unterrichtseinheit wurde der Fragebogen für die zweite Pilotierung durch weitere Items ergänzt.

Als nächstes fand die Beschreibung der Pilotierung II statt. Da es Hinweise aus der Forschung gibt, dass Lernende mit verschiedenen Lernvoraussetzungen von unterschiedlichen Gestaltungsprinzipien bei multimedialen Lernmaterialien profitieren (z.B. Böhme & Munser-Kiefer, 2020; Kalyuga, 2007; R. E. Mayer, 2012), kamen bei dieser Pilotierung zwei differenzielle Comicvarianten (Comic MIT Vis und Comic OHNE Vis) zum Einsatz. Neben den beiden Comicvarianten wurden außerdem der erweiterte Fachwissenstest zum Schwimmen und Sinken sowie ein weiterer Fragebogen mit Skalen zur Erfassung selbstbezogener Schülermerkmale vor und nach der Intervention eingesetzt und getestet. Es wurde deutlich, dass die Schüler/innen die Inhalte der Comics und die Items der Fragebögen verstehen und keine Unstimmigkeiten während der Intervention auftauchen. Im Vergleich zur ersten Pilotierung erzielen die Schüler/innen höhere Lernerfolge. Mittelwertvergleiche haben verdeutlicht, dass die Schüler/innen, welche mit dem Comic mit Lernunterstützungen in Form von Visualisierungen lernen, höhere Lernerfolge erzielen als Schüler/innen, die den Unterricht mit dem Comic ohne Lernunterstützungen in Form von Visualisierungen durchlaufen.

Es erfolgte die Beschreibung der Gütekriterien der eingesetzten Fragebögen. Bezüglich des Fachwissenstests zum Schwimmen und Sinken wurde eine gute interne Konsistenz berichtet. Ebenfalls wurde festgehalten, dass der Fragebogen zur Erfassung selbstbezogener Schülermerkmale die Gütekriterien erfüllt.

Anschließend kam es zur Darstellung der Hauptuntersuchung. Dabei wurde zunächst das Untersuchungsdesigns veranschaulicht und die Stichprobe sowie der Ablauf der Untersuchung vorgestellt. Dadurch wurden die charakteristischen Merkmale der Untersuchung verdeutlicht. Es wurde erläutert, dass es sich um eine quasi-experimentelle Studie mit Prä-Post-Design handelt, bei der insgesamt 157 Schüler/innen an zwei Untersuchungstagen teilnehmen. Danach folgte die Darlegung des Ablaufs und der Bestandteile der Intervention. Hierbei wurde auf das Unterrichtsmaterial und auf deren Variation bezüglich der verschiedenen Interventionsgruppen („Comic MIT Vis“, „Comic OHNE Vis“ und „KEIN Comic“) eingegangen. Die Unterschiede der Gruppen „Comic MIT Vis“ versus „Comic OHNE Vis“



und „Comic“ versus „KEIN Comic“ wurden verdeutlicht. Es kam zur Erklärung, dass sich die Interventionsgruppen lediglich in der Gestaltung des Lernmaterials unterscheiden und wichtige lernrelevante Komponenten (wie eine Dichtematrix) bei allen Gruppen zum Einsatz kommen.

Zum Schluss des Kapitels wurden die Untersuchungsinstrumente der Hauptuntersuchung vorgestellt. Dabei erfolgte die Beschreibung der Fragebögen „Fachwissenstest zum Schwimmen und Sinken“, „Erfassung selbstbezogener Schülermerkmale im Prätest“, „Erfassung selbstbezogener Schülermerkmale im Posttest“ sowie „Erfassung des Leseverständnisses“ durch ELFE II und „Lehrereinschätzungsbogen“. Außerdem wurden die jeweiligen Skalen der Fragebögen analysiert. Dabei konnte gezeigt werden, dass die verschiedenen Skalen eine gute interne Konsistenz aufweisen (belegt durch den Reliabilitätskoeffizienten Cronbachs  $\alpha$ ).

In diesem Kapitel wurde die Anlage der Untersuchung beschrieben. Dadurch kann als nächstes die Auswertung und Interpretation der Daten erfolgen, um die in Kapitel 4 genannten Forschungsfragen zu beantworten.



## 6. Auswertung und Ergebnisse

Nachdem in Kapitel 5 die Anlage der Untersuchung präsentiert wurde, erfolgt als nächstes die Auswertung der Daten und die Interpretation der Ergebnisse. Dafür wird zunächst ein Überblick über die relevanten Variablen gegeben (Abschnitt 6.1). Danach findet eine Lernwirksamkeitsanalyse des Lernmaterials statt, da dieses neu für die Studie konzipiert wurde (Abschnitt 6.2). Anschließend werden die Auswertung und Interpretation der Daten zur Forschungsfrage 1 und 2 (Abschnitt 6.3) sowie Forschungsfrage 3 (Abschnitt 6.4) dargelegt. Die Forschungsfragen werden dabei beantwortet und ein Fazit für die Unterrichtspraxis gezogen.

### 6.1 Überblick über die Variablen

Bevor die Auswertung der Daten und die Interpretation der Ergebnisse erfolgt, wird zunächst ein Überblick über die relevanten Variablen gegeben. Tabelle 6.1 veranschaulicht im Folgenden die maßgeblichen Größen der Prä- und Posttestung der Untersuchung mit Angabe der Itemanzahlen.

<b>Prätestung</b>	<b>Posttestung</b>
<b>Fachwissen zum Schwimmen und Sinken (20 Items)</b>	<b>Fachwissen zum Schwimmen und Sinken (20 Items)</b>
<b>Leseverständnis</b>	
<b>Selbstbezogene Schülermerkmale:</b> Lesen von Comics in der Freizeit (ein Item) Selbstkonzept Sachunterricht (4 Items) Selbstkonzept Lesen (4 Items)	<b>Selbstbezogene Schülermerkmale:</b> Selbstkonzept Sachunterricht (4 Items) Selbstkonzept Lesen (4 Items) Selbstwirksamkeit zum Schwimmen und Sinken (3 Items) Interesse an der Intervention (3 Items)

Tabelle 6.1: Überblick über die relevanten Variablen

Warum eine Erhebung der in Tabelle 6.1 aufgeführten Variablen erfolgt, wird in den nachfolgenden Abschnitten beschrieben. Es wird erläutert, warum das Fachwissen zum Schwimmen und Sinken (Abschnitt 6.1.1), das Leseverständnis (Abschnitt 6.1.2), das Lesen von Comics in der Freizeit (Abschnitt 6.1.3), das Selbstkonzept Sachunterricht und Selbstkonzept Lesen (Abschnitt 6.1.4), die Selbstwirksamkeit zum Schwimmen und Sinken (Abschnitt 6.1.5) und das Interesse an der Intervention (Abschnitt 6.1.6) erfasst wird.

### 6.1.1 Fachwissen zum Schwimmen und Sinken

Die Erhebung der Variable „Fachwissen zum Schwimmen und Sinken“ erfolgt mit dem in Abschnitt 5.5.1 beschriebenen Fragebogen, welcher 20 Items beinhaltet. Da die vorliegende Forschungsarbeit untersucht, inwiefern differenzielle Lernmaterialien den Lernerfolg und verschiedene Schülermerkmale im Bereich Schwimmen und Sinken beeinflussen, wird die Variable „Fachwissen zum Schwimmen und Sinken“ vor und nach der Intervention erhoben. Dadurch sollen mögliche Lernerfolge und differenzielle Effekte des Lernmaterials belegt und die Forschungsfragen dieser Arbeit beantwortet werden.

### 6.1.2 Leseverständnis

Aus der Literatur geht hervor, dass das Leseverständnis eine Schlüsselqualifikation für den Lernerfolg im naturwissenschaftlichen Unterricht darstellt (z.B. Becker-Mrotzek et al., 2013; Härtig & Kohnen, 2017; Schmellentin et al., 2017; Wagenschein, 1968).

Da Texte zentraler Lerngegenstand der Intervention sind, ist es naheliegend, das Leseverständnis vor dem Unterricht zu erheben, um potenziell unterschiedliche Lernvoraussetzungen ausfindig zu machen. Dadurch soll überprüft werden, ob die Gruppen hinsichtlich des Leseverständnisses vergleichbar sind.

Außerdem wird das Leseverständnis der Schüler/innen erhoben, um mögliche Rückschlüsse auf die dritte Forschungsfrage ziehen zu können. Diese beschäftigt sich mit der Frage, inwiefern das Lernmaterial den Lernerfolg von Schüler/innen im Themenbereich Schwimmen und Sinken beeinflusst, wenn die Lernvoraussetzungen der Schüler/innen berücksichtigt werden und eine Variation des Materials zwischen Comics mit und ohne zusätzliche/n Visualisierungen erfolgt. In Kapitel 4 wurden diesbezüglich Hypothesen aufgestellt.

Zum einen wird vermutet, dass Schüler/innen mit niedrigeren Lernvoraussetzungen einen höheren Lernerfolg erzielen, wenn sie die Intervention mit einem Comic mit Lernunterstützungen in Form von zusätzlichen Visualisierungen durchlaufen. Zum anderen besteht die Hypothese, dass Schüler/innen mit höheren Lernvoraussetzungen einen größeren Lernerfolg erzielen, wenn sie einen Comic ohne Lernunterstützungen in Form von zusätzlichen Visualisierungen erhalten. Begründet wird dies mit dem Expertise-Umkehr-Effekt (Kalyuga, 2007; Kalyuga et al., 2003; siehe Abschnitt 3.1.2.2).

Da der Comic mit zusätzlichen Visualisierungen darauf abzielt, den Lerninhalt sprachlich zu unterstützen, ist es plausibel, das Leseverständnis der Schüler/innen als Lernvoraussetzung zu wählen (siehe Abschnitt 6.4.1). Es kommt zur Annahme, dass leseschwache Schüler/innen von den sprachlichen Unterstützungen in Form von zusätzlichen Visualisierungen profitieren und mit dem Comic MIT Vis besser lernen als mit dem Comic OHNE Vis. Umgekehrt wird angenommen, dass lesestarke Schüler/innen die sprachlichen Unterstüt-

zungen in Form von zusätzlichen Visualisierungen nicht benötigen und durch diese kognitiv belastet anstatt entlastet werden (z.B. Kalyuga et al., 2003; R. E. Mayer, 2012; Sweller et al., 2019).

Um diese Annahmen zu überprüfen, wird das normierte Testverfahren ELFE II (Ein Leseverständnistest für Erst- bis Siebtklässler – Version II) und ein Lehrereinschätzungsbogen eingesetzt (siehe Abschnitt 5.5.3). Dadurch kann eine Kategorisierung der Schüler/innen in lesestark und leseschwach erfolgen und mögliche differenzielle Effekte des Lernmaterials unter Berücksichtigung des Leseverständnisses belegt werden.

### 6.1.3 Lesen von Comics in der Freizeit

Durch die Erprobung der Unterrichtsmaterialien wurde die Erkenntnis erlangt, dass Schüler/innen den eingesetzten Comic und dessen Sprechblasen intuitiv in korrekter Reihenfolge lesen und verstehen (siehe Abschnitt 5.2 und Abschnitt 5.3).

Allerdings nehmen verschiedene Autor/inn/en – ohne empirische Belege – an, dass der adäquate Umgang mit Comics nicht vorausgesetzt werden darf und geübt werden muss (z.B. Frey & Fisher, 2004; Grünewald, 2000; Precht, 2013b). Deshalb wird die Variable erhoben, ob die Schüler/innen der Interventionsstudien Comics in ihrer Freizeit lesen. In Bezug auf die Forschungsfrage 3 soll dadurch herausgefunden werden, inwiefern der Lernerfolg der Schüler/innen davon abhängt, ob sie in ihrer Freizeit Comics lesen.

### 6.1.4 Selbstkonzept Sachunterricht und Selbstkonzept Lesen

J. Möller und Trautwein definieren das Selbstkonzept als „Einschätzungen und Einstellungen bezüglich [...] unterschiedlicher Aspekte der eigenen Person.“ (2020, S. 188).

Das Selbstkonzept von Schüler/inne/n ist eines der am gründlichsten erforschten Variablen im schulischen Kontext (J. Möller & Trautwein, 2020). Studien zeigen, dass das Selbstkonzept in einem bestimmten Bereich (beispielsweise das Selbstkonzept der Schüler/innen in Bezug auf den Sachunterricht) die Lernleistung beeinflusst (z.B. Eckert et al., 2006; Helmke, 1992; Helmke & van Aken, 1995; Huang, 2011).

Eine Metaanalyse von Valentine et al. (2004) untersucht 60 Studien (mit über 50 000 Teilnehmer/inne/n), die in den Jahren 1978 bis 2001 veröffentlicht wurden. Die Analyse zeigt, dass es in fast allen Studien einen positiven Effekt zwischen dem Selbstkonzept und der Lernleistung gibt. Dabei wird ein signifikanter Effekt nach Cohen ( $r = .10$ ; kleiner Effekt) festgehalten.

Aufgrund des positiven Zusammenhangs zwischen den Einschätzungen/Einstellungen (also dem Selbstkonzept) der Schüler/innen und der Lernleistung, wird das Selbstkonzept zum Sachunterricht und das Selbstkonzept zum Lesen vor der eigenen Intervention erhoben. Dadurch soll überprüft werden, ob Unterschiede in Bezug auf die Eingangsvoraussetzungen der Selbstkonzepte der drei Interventionsgruppen existieren, oder ob die Gruppen vergleichbar sind. Nach der Intervention wird das Selbstkonzept der Schüler/innen zum

Sachunterricht und Lesen ebenfalls erhoben. Hierdurch soll überprüft werden, inwiefern es Veränderungen des Selbstkonzepts gibt und ob sich die drei Interventionsgruppen im Post-test unterscheiden.

### 6.1.5 Selbstwirksamkeit zum Schwimmen und Sinken

Die Selbstwirksamkeitserwartung (kurz Selbstwirksamkeit) ist nach Bandura (2012) die subjektive Überzeugung eines Individuums, eine schwierige Situation oder Aufgabe lösen zu können.

In Kapitel 4 wurde die Hypothese aufgestellt, dass Schüler/innen einen höheren Lernerfolg erzielen, wenn sie die Intervention mit einem Comic mit Lernunterstützungen in Form von zusätzlichen Visualisierungen durchlaufen. Darauf aufbauend fand die Beschreibung des Skill-Development-Ansatzes (Skaalvik & Hagtvet, 1990) statt. Dieser besagt, dass sich Schüler/innen durch einen höheren Lernerfolg als kompetenter erleben und einschätzen (Marsh & O'Mara, 2008; Pinxten et al., 2010). Es wird deshalb vermutet, dass sich die Schüler/innen, die mit einem Comic mit zusätzlichen Visualisierungen lernen, selbstwirksamer einschätzen. Um diese Hypothese zu überprüfen, erfolgt nach der Intervention die Erhebung der Selbstwirksamkeit zum Thema Schwimmen und Sinken. Hierdurch können mögliche differenzielle Effekte des Lernmaterials (Comic MIT Vis, Comic OHNE Vis und KEIN Comic) aufgezeigt werden.

### 6.1.6 Interesse an der Intervention

Das Interesse wird in der pädagogischen Psychologie als ein Phänomen beschrieben, das sich aus der Interaktion zwischen einer Person und ihrer Umwelt ergibt (Krapp, 1998). Aus Interesse zu handeln heißt im schulischen Kontext, sich einem bestimmten Unterrichtsthema oder einer bestimmten Aktivität zuzuwenden (Krapp, 1998).

In Abschnitt 2.2.2.3 wurde beschrieben, dass Comics das Interesse am Unterricht wecken und den Lernerfolg dadurch positiv beeinflussen (z.B. Frey & Fisher, 2004; Grünewald, 1984; Hosler & Boomer, 2011; Morrison et al., 2002; Ranker, 2007; Sandmann & Wenning, 2015). Deshalb wird die Variable „Interesse an der Intervention“ nach der Unterrichtseinheit erhoben, um herauszufinden, ob sich die Interventionsgruppen („Comic MIT Vis“, „Comic OHNE Vis“ und „KEIN Comic“) diesbezüglich unterscheiden. Hierbei ist vor allem interessant, ob das Interesse der Gruppe „Comic“ höher ist als das Interesse der Gruppe „KEIN Comic“.

## 6.2 Lernwirksamkeitsanalyse des konzipierten Lernmaterials

Bevor die drei Forschungsfragen dieser Arbeit beantwortet werden, erfolgt zunächst eine übergreifende Analyse, ob die Schüler/innen durch das innovative Lernmaterial zum Schwimmen und Sinken einen Lernzuwachs erzielen. Dabei ist anzumerken, dass sich die

Lernmaterialien der drei Interventionsgruppen („Comic MIT Vis“, „Comic OHNE Vis“ und „KEIN Comic“) lediglich in ihrer Gestaltung unterscheiden (siehe Abschnitt 5.4.4.2). Der inhaltliche Aufbau, die Struktur sowie die Lernzeit der Interventionsgruppen sind identisch. Aus diesem Grund kann eine derartige übergreifende Lernwirksamkeitsanalyse durchgeführt werden.

Nachfolgend finden als erstes die Auswertung und Interpretation der Daten statt (Abschnitt 6.2.1). Danach wird ein potenzieller Testwiederholungseffekt überprüft (Abschnitt 6.2.2).

### 6.2.1 Auswertung und Interpretation der Daten

Die Frage, ob das konzipierte Lernmaterial zum Schwimmen und Sinken lernförderlich ist, wird mithilfe eines gepaarten  $t$ -Tests beantwortet. Ausgangsbasis für die Auswertung sind die Schüler/innen aller Interventionsgruppen ( $N = 157$ ; siehe Abschnitt 5.4.2) und deren Leistungen im Prä- und Posttest zum Thema Schwimmen und Sinken. Einen Überblick über die Mittelwerte und Standardabweichungen der Prä- und Posttests gibt die nachfolgende Tabelle 6.2.

Messzeitpunkt	$M$ ( $SD$ )
Prätest	7.73 (2.99)
Posttest	11.78 (3.60)

Tabelle 6.2: Effekt des konzipierten Lernmaterials auf den Lernerfolg aller Interventionsgruppen – Mittelwert ( $M$ ) und Standardabweichung ( $SD$ ) Prä-Post (maximal erreichbare Punktzahl 20)

Während die Schüler/innen im Prätest im Schnitt 7.73 ( $SD = 2.99$ ) von 20 möglichen Punkten erreichen, sind es nach der Intervention im Posttest 11.78 Punkte ( $SD = 3.60$ ). Das entspricht einer Steigerung von durchschnittlich 4.05 Punkten ( $SD = 2.52$ ). Durch den Vergleich der im Durchschnitt erreichten Punkte der Prä- und Posttests wird deutlich, dass die Schüler/innen einen Wissenszuwachs erzielen.

Ein  $t$ -Test für gepaarte Stichproben ( $t(156) = 20.11, p = .000$ ) zeigt, dass das Fachwissen zum Schwimmen und Sinken zwischen den beiden Messzeitpunkten signifikant ( $p = .000$ ) mit einer Effektstärke nach Cohen von  $d = 1.60$  steigt, was nach Cohen (2013) einen großen Effekt darstellt. Deshalb wird festgehalten, dass es sich bei dem konzipierten Lernmaterial zum Schwimmen und Sinken um eine lohnende Möglichkeit handelt, das Thema lernförderlich zu unterrichten.

### 6.2.2 Prüfung eines Testwiederholungseffekts

Um zu gewährleisten, dass der in Abschnitt 6.2.1 interpretierte Lerneffekt nicht von einem Testwiederholungseffekt betroffen ist, wird eine Kontrollgruppe ( $N = 20$ ) hinzugezogen. Diese durchläuft keine Intervention. Sie bearbeitet lediglich den Fragebogen zum Schwimmen und Sinken zu zwei Messzeitpunkten in einem zeitlichen Abstand von zwei Tagen, was dem gleichen zeitlichen Abstand wie in den Interventionsgruppen entspricht.

Die Auswertung zeigt, dass die Schüler/innen der Kontrollgruppe beim ersten Bearbeiten des Fragebogens im Schnitt 8.10 ( $SD = 3.08$ ) von 20 möglichen Punkten erreichen. Im zweiten Durchlauf erzielen die Schüler/innen im Schnitt 8.25 Punkte ( $SD = 3.10$ ). Durch einen Mittelwertvergleich wird deutlich, dass sich kein nennenswerter Lernzuwachs einstellt. Ein  $t$ -Test zeigt zudem, dass es keinen signifikanten ( $p = 1.000$ ) Unterschied zwischen den beiden Messzeitpunkten gibt.

Ein Testwiederholungseffekt wird ausgeschlossen. Wenn in den folgenden Abschnitten von Lerneffekten berichtet wird, können diese auf die Lernförderlichkeit des Lernmaterials zurückgeführt werden.

## 6.3 Forschungsfragen 1 und 2

Gemäß Forschungsfragen 1 und 2 wird untersucht, welche Wirkung differenzielle Lernmaterialien (Comic MIT Vis, Comic OHNE Vis und KEIN Comic) auf den Lernerfolg (Forschungsfrage 1) von Schüler/inne/n im Themenbereich Schwimmen und Sinken und auf verschiedene Schülermerkmale (Forschungsfrage 2) haben.

In diesem Abschnitt werden die beiden Forschungsfragen gemeinsam aufgegriffen, da sie übergreifend der Frage nach Treatmenteffekten nachgehen. Bei den Analysen werden 157 Schüler/innen berücksichtigt, wobei 60 Schüler/innen der Gruppe „Comic MIT Vis“, 58 Schüler/innen der Gruppe „Comic OHNE Vis“ und 39 Schüler/innen der Gruppe „KEIN Comic“ zugehören.

Bevor auf die ersten beiden Forschungsfragen eingegangen wird, sollen zunächst die Eingangsvoraussetzungen der drei Interventionsgruppen überprüft werden. Hierdurch sollen mögliche vorunterrichtliche Unterschiede der Gruppen ausfindig gemacht werden (Abschnitt 6.3.1). Im Anschluss daran erfolgt die Auswertung und Interpretation der Daten zur Forschungsfrage 1 (Abschnitt 6.3.2) und deren Beantwortung (Abschnitt 6.3.3). Danach findet die Auswertung und Interpretation der Daten zur Forschungsfrage 2 (Abschnitt 6.3.4) sowie die Beantwortung der Forschungsfrage 2 statt (Abschnitt 6.3.5).

### 6.3.1 Prüfung der Eingangsvoraussetzungen der drei Interventionsgruppen

Zur Überprüfung potenzieller vorunterrichtlicher Unterschiede zwischen den drei Interventionsgruppen („Comic MIT Vis“, „Comic OHNE Vis“ und „KEIN Comic“) erfolgt eine Kontrolle der Eingangsvoraussetzungen. Dafür werden die Mittelwerte der erreichten



Punkte zum Vorwissen im Bereich Schwimmen und Sinken und zum Leseverständnis sowie die Mittelwerte der Skalen zum Selbstkonzept Sachunterricht und zum Selbstkonzept Lesen gebildet. Der jeweilige Mittelwert wird anschließend als abhängige Variable einer univariaten Varianzanalyse (ANOVA) mit der Interventionsgruppenzugehörigkeit („Comic MIT Vis“, „Comic OHNE Vis“ und „KEIN Comic“) als unabhängige Variable unterzogen. Bevor auf die ANOVAs eingegangen wird, zeigt Tabelle 6.3 zunächst einen deskriptiven Überblick über die Mittelwerte und Standardabweichungen der verschiedenen Bereiche unter Berücksichtigung der jeweiligen Interventionsgruppenzugehörigkeit.

	„Comic MIT Vis“ <i>M (SD)</i>	„Comic OHNE Vis“ <i>M (SD)</i>	„KEIN Comic“ <i>M (SD)</i>
Vorwissen Schwimmen und Sinken	7.68 (2.88)	7.33 (2.77)	8.41 (3.41)
Leseverständnis	82.05 (18.21)	81.48 (18.88)	88 (19.33)
Selbstkonzept Sachunterricht	3.32 (0.54)	3.21 (0.57)	3.19 (0.46)
Selbstkonzept Lesen	3.45 (0.53)	3.37 (0.54)	3.37 (0.63)

Tabelle 6.3: Vergleich der Eingangsvoraussetzungen der Interventionsgruppen („Comic MIT Vis“, „Comic OHNE Vis“ und „KEIN Comic“) – Mittelwert (*M*) und Standardabweichung (*SD*)

Aus Tabelle 6.3 geht hervor, dass die Gruppen „Comic MIT Vis“ und „Comic OHNE Vis“ keine wesentlichen Unterschiede bezüglich der Eingangsvoraussetzungen der aufgeführten Bereiche aufweisen. Des Weiteren gibt es zwischen den drei Gruppen im Bereich des Selbstkonzepts Sachunterricht und des Selbstkonzepts Lesen keine nennenswerten Unterschiede. Allerdings wird ersichtlich, dass die Gruppe „KEIN Comic“ hinsichtlich des Vorwissens zum Schwimmen und Sinken und des Leseverständnisses höher in die Intervention einsteigt als die Gruppen „Comic MIT Vis“ und „Comic OHNE Vis“.

Zur Überprüfung, ob der Unterschied zwischen den Gruppen signifikant ist, werden ANOVAs (siehe Tabelle 6.4) herangezogen. Wird in statistischen Tests auf Signifikanz geprüft, ist ein Signifikanzniveau von  $p = .050$  zu Grunde gelegt.

	Quadratsumme	df	Mittel der Quadrate	F	p
Vorwissen Schwimmen und Sinken	27.57	2	13.79	1.55	.215
Leseverständnis	1146.74	2	573.37	1.63	.199
Selbstkonzept Sachunterricht	0.54	2	0.27	0.97	.383
Selbstkonzept Lesen	0.27	2	0.13	0.42	.656

Tabelle 6.4: Eingangsvoraussetzungen der Interventionsgruppen („Comic MIT Vis“, „Comic OHNE Vis“ und „KEIN Comic“) – Ergebnisse der univariaten Varianzanalysen (ANOVAs)

Tabelle 6.4 zeigt, dass sich die drei Interventionsgruppen („Comic MIT Vis“, „Comic OHNE Vis“ und „KEIN Comic“) hinsichtlich der genannten Eingangsvoraussetzungen (Vorwissen Schwimmen und Sinken, Leseverständnis, Selbstkonzept Sachunterricht und Selbstkonzept Lesen) nicht signifikant ( $p > .050$ ) voneinander unterscheiden.

Zusammenfassend besteht eine Homogenität der Eingangsvoraussetzungen der drei Interventionsgruppen in den genannten Bereichen. Wenn in den folgenden Abschnitten eine Beschreibung von Treatmenteffekten erfolgt, wird davon ausgegangen, dass die Effekte nicht durch die Eingangsvoraussetzungen der Schüler/innen beeinflusst werden.

### 6.3.2 Forschungsfrage 1 – Auswertung und Interpretation der Daten

In Abschnitt 6.2 wurde gezeigt, dass die konzipierten Lernmaterialien zum Schwimmen und Sinken generell lernförderlich sind. In Abschnitt 6.3.1 erfolgte mithilfe univariater Varianzanalysen (ANOVAs) eine Überprüfung potenzieller vorunterrichtlicher Unterschiede der drei Interventionsgruppen („Comic MIT Vis“, „Comic OHNE Vis“ und „KEIN Comic“) in den Bereichen Vorwissen zum Schwimmen und Sinken, Leseverständnis, Selbstkonzept zum Sachunterricht und Selbstkonzept zum Lesen. Es konnte gezeigt werden, dass sich die Interventionsgruppen vor dem Unterricht nicht signifikant voneinander unterscheiden. Deshalb werden leistungshomogene Interventionsgruppen angenommen. Die Daten zur Forschungsfrage 1 können nachfolgend ausgewertet werden.

Gemäß Forschungsfrage 1 wird untersucht, inwiefern das Lernmaterial den Lernerfolg von Schüler/inne/n im Themenbereich Schwimmen und Sinken beeinflusst, wenn eine Variation des Materials zwischen Comics mit und ohne zusätzliche/n Visualisierungen sowie strukturierten Arbeitsblättern ohne zusätzliche Visualisierungen erfolgt. Um der Frage

nachgehen zu können, wurde vor und nach der Intervention ein Fachwissenstest zum Schwimmen und Sinken eingesetzt.

Die Auswertung zur Forschungsfrage 1 findet im Folgenden durch deskriptive Daten und durch eine univariate Varianzanalyse (ANOVA) mit Messwiederholung statt. Dabei ist der Innersubjektfaktor der ANOVA mit Messwiederholung die Zeit und der Zwischensubjektfaktor die Interventionsgruppenzugehörigkeit („Comic MIT Vis“, „Comic OHNE Vis“ und „KEIN Comic“).

#### *Zuverlässigkeit der ANOVA*

Die Zuverlässigkeit einer ANOVA mit Messwiederholung hängt davon ab, ob bestimmte Voraussetzungen gegeben sind. Es sollte zum Beispiel geprüft werden, ob jede Stufe des Innersubjektfaktors innerhalb der einzelnen Gruppen normalverteilt ist und ob die Varianzen der Gruppen homogen sind (Field, 2013).

Die Normalverteilung innerhalb der einzelnen Gruppen für die Stufen des Innersubjektfaktors wurde mithilfe des Shapiro-Wilk-Tests überprüft. Relevant sind der Messzeitpunkt 1 (1. MZP; Prätest) und der Messzeitpunkt 2 (2. MZP; Posttest). Signifikanzwerte ( $p$ ) kleiner als .050 bedeuten eine signifikante Abweichung von der Normalverteilung.

Einen Überblick über die Ergebnisse der Prüfung zur Normalverteilung gibt Tabelle 6.5.

	<b>„Comic MIT Vis“ (<math>n = 58</math>)</b>	<b>„Comic OHNE Vis“ (<math>n = 60</math>)</b>	<b>„KEIN Comic“ (<math>n = 39</math>)</b>
1. MZP	$W(54) = 0.96, p = .071$	$W(54) = 0.96, p = .083$	$W(34) = 0.98, p = .681$
2. MZP	$W(54) = 0.98, p = .426$	$W(54) = 0.96, p = .040$	$W(34) = 0.97, p = .465$

Tabelle 6.5: Prüfung auf Normalverteilung des Fachwissenstests zum Schwimmen und Sinken durch einen Shapiro-Wilk-Test – Gruppen: „Comic MIT Vis“, „Comic OHNE Vis“ und „KEIN Comic“

Hinsichtlich des ersten Messzeitpunkts zeigt Tabelle 6.5, dass die erreichten Punktzahlen der Schüler/innen im Bereich Schwimmen und Sinken in den jeweiligen Interventionsgruppen normalverteilt sind. Zum Messzeitpunkt 2 sind die Punktzahlen der Schüler/innen der Gruppen „Comic MIT Vis“ ( $p = .426$ ) und „KEIN Comic“ ( $p = .465$ ) ebenfalls normalverteilt. Bei der Gruppe „Comic OHNE Vis“ zeigt der Shapiro-Wilk-Test zum zweiten Messzeitpunkt allerdings eine signifikante Abweichung von der Normalverteilung ( $p = .040$ ). Da es die Empfehlung gibt, Tests auf Normalverteilung durch  $Q-Q$ -Diagramme kritisch zu prüfen (Field, 2013), wird das  $Q-Q$ -Diagramm der Gruppe „Comic OHNE Vis“ herangezogen. Dieses deutet auf eine Normalverteilung hin.

Eine Überprüfung der Varianzhomogenität der drei Interventionsgruppen erfolgt mit dem Levene-Test. Dieser zeigt, dass die Varianzen – basierend auf dem Median – zu beiden Messzeitpunkten homogen sind (1. MZP  $p = .446$  und 2. MZP  $p = .496$ ).

Da die geprüften Voraussetzungen zur Durchführung einer ANOVA gegeben sind, wird diese zur Auswertung der Daten herangezogen.

*Lernerfolg – Treatmenteffekt*

Im Folgenden wird der Effekt des jeweiligen Treatments auf den Lernerfolg ausgewertet. Bevor auf die Ergebnisse der ANOVA mit Messwiederholung eingegangen wird, werden deskriptive Daten dargelegt. Um den Lernerfolg in den Interventionsgruppen („Comic MIT Vis“, „Comic OHNE Vis“ und „KEIN Comic“) zu erfassen, wurde ein Fachwissens-test zum Schwimmen und Sinken (siehe Abschnitt 5.5.1) vor und nach der Intervention eingesetzt. Die maximal erreichbare Punktzahl beträgt im Prä- und Posttest jeweils 20 Punkte.

Abbildung 6.1 zeigt nachfolgend die drei Interventionsgruppen mit den jeweiligen im Durchschnitt erreichten Punkten im Prä- und Posttest.

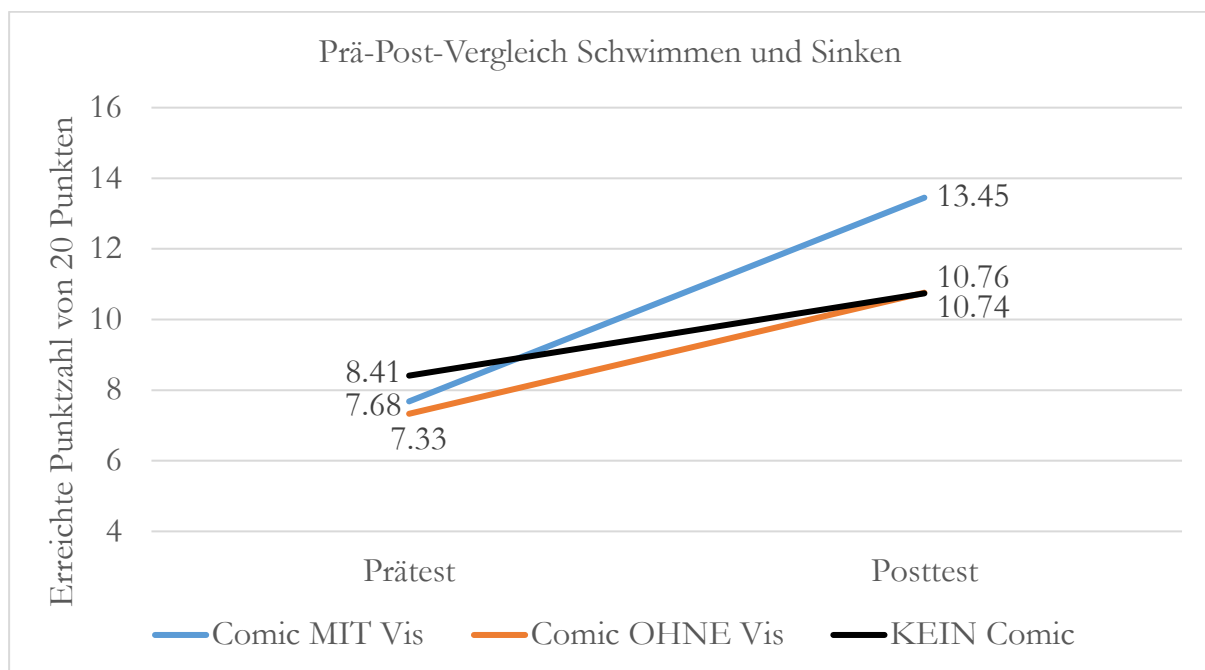


Abbildung 6.1: Summe der im Durchschnitt erreichten Punkte im Bereich Schwimmen und Sinken – Prä-Post-Vergleich der Interventionsgruppen („Comic MIT Vis“, „Comic OHNE Vis“ und „KEIN Comic“) bei einer maximal erreichbaren Punktzahl von 20

Aus Abbildung 6.1 geht hervor, dass die drei Interventionsgruppen unterschiedlich hohes Vorwissen (Prätest) zum Schwimmen und Sinken aufweisen. Während die Schüler/innen der Gruppe „Comic MIT Vis“ im Prätest im Schnitt 7.68 Punkte ( $SD = 2.88$ ) erreichen,

erzielen die Schüler/innen der Gruppe „Comic OHNE Vis“ 7.33 Punkte ( $SD = 2.77$ ) und die Schüler/innen der Gruppe „KEIN Comic“ im Schnitt 8.41 Punkte ( $SD = 3.41$ ). In Abschnitt 6.3.1 wurde diesbezüglich aufgeklärt, dass der Unterschied nicht signifikant ist ( $p = .215$ ).

Aus Abbildung 6.1 sind außerdem die Summen der im Durchschnitt erreichten Punkte zum Schwimmen und Sinken im Posttest ersichtlich. Es wird deutlich, dass die Gruppe „Comic MIT Vis“ im Posttest mit durchschnittlich 13.45 Punkten ( $SD = 3.14$ ) am höchsten abschneidet. Im Vergleich zum Prätest entspricht dies einem Lernzuwachs von 5.77 Punkten. Die Gruppen „Comic OHNE Vis“ und „KEIN Comic“ erreichen im Posttest hingegen lediglich 10.74 Punkte ( $SD = 3.46$ ) beziehungsweise 10.76 Punkte ( $SD = 3.55$ ). Dies entspricht einem Lernzuwachs von 3.41 Punkten in der Gruppe „Comic OHNE Vis“ und einem Lernzuwachs von 2.35 Punkten in der Gruppe „KEIN Comic“. Die Unterschiede zwischen den Prä- und Posttests sind bei allen Gruppen signifikant ( $p = .000$ ).

Um neben den deskriptiven Analysen zu überprüfen, ob das Lernmaterial (Comic MIT Vis, Comic OHNE Vis und KEIN Comic) einen Einfluss auf den Lernerfolg hat, wird eine ANOVA mit Messwiederholung herangezogen. Dadurch können die Daten auf potenziell unterschiedliche Entwicklungen über die Zeit überprüft werden. Wenn auf Signifikanz geprüft wird, ist ein Signifikanzniveau von  $p = .050$  zu Grunde gelegt.

Die Auswertung zeigt einen signifikanten Haupteffekt des Zeitfaktors,  $F(1,154) = 505.96$ ,  $p = .000$ ,  $\eta^2 = 0.77$  auf den Lernzuwachs. Dies entspricht nach Cohen (2013) einem großen Effekt. Des Weiteren wird ein Interaktionseffekt zwischen den Untersuchungsgruppen und der Zeit festgehalten  $F(2,154) = 35.57$ ,  $p = .000$ ,  $\eta^2 = .32$ . Nach Cohen (2013) liegt hier ein großer Effekt vor. Das bedeutet, dass das Lernmaterial einen Einfluss auf den Lernerfolg hat.

Um herauszufinden, wo die genauen Unterschiede zwischen den drei Gruppen liegen, werden Bonferroni-korrigierte paarweise Vergleiche (Post-Hoc-Test) hinzugezogen. Es zeigt sich, dass sich die Gruppe „Comic MIT Vis“ signifikant ( $p = .026$ ) von der Gruppe „Comic OHNE Vis“ unterscheidet. Außerdem unterscheidet sich die Gruppe „Comic MIT Vis“ signifikant ( $p = .021$ ) von der Gruppe „KEIN Comic“. Zwischen den Gruppen „Comic OHNE Vis“ und „KEIN Comic“ gibt es keinen signifikanten Unterschied ( $p = 1.000$ ). Die Gesamtübersicht des Post-Hoc-Tests ist im Anhang A.3 einsehbar.

Nachdem die Daten zur Forschungsfrage 1 ausgewertet und interpretiert wurden, erfolgt im Folgenden die Beantwortung der Forschungsfrage.

### 6.3.3 Beantwortung der Forschungsfrage 1 und Fazit für die Unterrichtspraxis

Gemäß Forschungsfrage 1 wurde untersucht, inwiefern das Lernmaterial den Lernerfolg von Schüler/innen im Themenbereich Schwimmen und Sinken beeinflusst, wenn eine

Variation des Materials zwischen Comics mit und ohne zusätzliche/n Visualisierungen sowie strukturierten Arbeitsblättern ohne zusätzliche Visualisierungen erfolgt. In Abschnitt 6.3.2 fand die Auswertung und Interpretation der Daten zu dieser ersten Forschungsfrage statt. Im Folgenden wird die Forschungsfrage beantwortet, indem auf die in Kapitel 4 aufgestellten Hypothesen eingegangen wird.

Die erste Hypothese in Bezug auf Forschungsfrage 1 lautete, dass Schüler/innen, welche die Intervention mit einem Comic mit Lernunterstützungen in Form von zusätzlichen Visualisierungen durchlaufen, einen höheren Lernerfolg erzielen als Schüler/innen, welche mit einem Comic ohne Lernunterstützungen in Form von zusätzlichen Visualisierungen lernen. Die Auswertung der Daten in Abschnitt 6.3.2 zeigt, dass die Gruppe „Comic MIT Vis“ einen signifikant höheren Lernerfolg erzielt als die Gruppe „Comic OHNE Vis“. Deshalb wird die aufgestellte Hypothese bestätigt und geschlussfolgert, dass die eingesetzten zusätzlichen Visualisierungen die Schüler/innen beim Lernen unterstützen und zu einem höheren Lernerfolg im Themenbereich Schwimmen und Sinken beitragen.

Als zweites wurde vermutet, dass Schüler/innen, welche die Intervention mit einem Comic durchlaufen, einen höheren Lernerfolg erzielen als Schüler/innen, die konventionelles Lernmaterial in Form von strukturierten Arbeitsblättern erhalten. Die Auswertung der Daten zeigt hierbei, dass die Schüler/innen der Gruppe „Comic MIT Vis“ einen signifikant höheren Lernerfolg erzielen als die Schüler/innen der Gruppe „KEIN Comic“. Allerdings unterscheiden sich die Schüler/innen der Gruppen „Comic OHNE Vis“ und „KEIN Comic“ bezüglich des Lernerfolgs nicht signifikant voneinander. Das bedeutet, dass der alleinige Wechsel des Unterrichtsmaterials von konventionellem Lernmaterial in Form von strukturierten Arbeitsblättern zu einem Comic keinen signifikant höheren Lernerfolg mit sich bringt. Erst die Erweiterung des Comics durch die zusätzlichen Visualisierungen trägt zu einer Erhöhung des Lernerfolgs bei. Die Hypothese, dass Schüler/innen mit einem Comic höhere Lernerfolge erzielen als mit konventionellem Lernmaterial in Form von strukturierten Arbeitsblättern, wird deshalb widerlegt und soll im Folgenden diskutiert werden.

Die zweite Vermutung wurde mit bestehenden Studien begründet, welche belegen, dass Lernende mit Comics höhere Lernerfolge erzielen als mit anderen Materialien (Liu, 2004; Olson, 2008; Özdemir, 2010; Wenning et al., 2018; siehe Abschnitt 2.2.3). Da dies bei der vorliegenden Forschungsarbeit nicht zutrifft, wird nachfolgend ein möglicher Grund dafür genannt.

In Abschnitt 2.2.2.1 wurde beschrieben, dass der Comic als Lernunterstützung gesehen wird, weil er zur Strukturierung des Lerninhalts beitragen kann. Da bei den genannten Studien (siehe Abschnitt 2.2.3) nicht klar hervorgeht, inwiefern die Kontrollgruppen ebenso strukturiertes Lernmaterial erhalten, kann keine Aussage darüber getroffen werden, ob bei den Studien kontrollierte Vergleiche der Lerngruppen – hinsichtlich der Struktur der Lernmaterialien – durchgeführt wurden.

Bei der vorliegenden Studie ist der Lerninhalt zum Schwimmen und Sinken durch alle drei Lernmaterialien (Comic MIT Vis, Comic OHNE Vis und KEIN Comic) gleichermaßen stark strukturiert. Eine Studie von Blumberg (2008) zeigt, dass dies beim Thema Schwimmen und Sinken im Sachunterricht der Grundschule maßgeblich für den Lernerfolg der Schüler/innen ist. Da das konventionelle Lernmaterial in Form von Arbeitsblättern gleichermaßen strukturiert ist wie der Comic, wird vermutet, dass die Struktur entscheidend für den Lernerfolg ist. Der Comic ohne die zusätzlichen Visualisierungen erhöht den Lernerfolg deshalb nicht. An dieser Stelle wird die in Abschnitt 3.2.1 beschriebene Tatsache deutlich, dass Visualisierungen nicht willkürlich gewählt werden dürfen (z.B. R. E. Mayer, 2012). Comics bieten zwar die Möglichkeit, den Unterricht durch Text-Bild-Kombinationen lernerunterstützend zu gestalten, allerdings wird durch die Auswertung und Interpretation der Daten zur Forschungsfrage 1 deutlich, dass lediglich die zusätzlichen Visualisierungen, welche die Schüler/innen sprachlich und kognitiv unterstützen sollen, zur Erhöhung des Lernerfolgs beitragen.

#### *Fazit für die Unterrichtspraxis*

Die Ergebnisse zur ersten Forschungsfrage zeigen, dass ein Wechsel des Unterrichtsmaterials von konventionellem Lernmaterial zu einem Comic die Höhe des Lernerfolgs nicht beeinflusst. Der Lernerfolg von Schüler/inne/n kann demnach nicht gesteigert werden, indem ein Unterrichtsgegenstand in eine Comicform überführt wird. Lediglich durch den Einsatz von Visualisierungen, welche Schüler/innen sprachlich und/oder kognitiv unterstützen, kann der Lernerfolg erhöht werden. Solche Visualisierungen können jedoch auch in konventionelles Lernmaterial implementiert werden. In Bezug auf den Lernerfolg wird deshalb festgehalten, dass der Comic im Vergleich zu strukturierten Arbeitsblättern keinen Mehrwert bietet.

Es stellt sich allerdings die Frage, ob das aufwändige Erstellen eines Comics andere Vorzüge mit sich bringt. Auswertungen dazu finden sich im nächsten Abschnitt.

#### **6.3.4 Forschungsfrage 2 – Auswertung und Interpretation der Daten**

Gemäß Forschungsfrage 2 wird untersucht, inwiefern das Lernmaterial verschiedene Schülermerkmale – wie das Selbstkonzept Sachunterricht, das Selbstkonzept Lesen, die Selbstwirksamkeit zum Thema Schwimmen und Sinken und das Interesse an der Intervention – beeinflusst, wenn eine Variation des Materials zwischen Comics mit und ohne zusätzliche/n Visualisierungen sowie strukturierten Arbeitsblättern ohne zusätzliche Visualisierungen erfolgt. Um die Forschungsfrage beantworten zu können, wurden Items in Form von Likert-Skalen eingesetzt (siehe Abschnitt 5.5.2).

Für die Auswertung werden die Antwortkategorien der Likert-Skala ordinal skaliert. Die am höchsten zustimmende Antwortoption erhält einen Wert von vier und die am meisten ablehnende Antwortoption einen Wert von eins. Zur Datenauswertung wird je Schüler/in ein Skalenmittelwert des jeweiligen Bereichs gebildet. Die Mittelwerte liegen zwischen eins

und vier, wobei eins eine niedrige und vier eine hohe Ausprägung (beispielsweise des Selbstkonzepts Sachunterricht) darstellt.

Die Erfassung des Selbstkonzepts Sachunterricht und des Selbstkonzepts Lesen der Schüler/innen fand vor und nach der Intervention statt. Die Selbstwirksamkeit zum Thema Schwimmen und Sinken und das Interesse an der Intervention wurden nach dem Unterricht erhoben. Die Darstellung der Auswertung und Interpretation der Daten erfolgt, indem die vier genannten Bereiche einzeln aufgeführt und auf Treatmenteffekte analysiert werden. Analog zur Forschungsfrage 1 werden deskriptive Daten gezeigt und univariate Varianzanalysen (ANOVAs) durchgeführt.

Bei den Bereichen Selbstkonzept Sachunterricht und Selbstkonzept Lesen werden ANOVAs mit Messwiederholung gerechnet. Der Innersubjektfaktor der jeweiligen ANOVA mit Messwiederholung ist die Zeit und der Zwischensubjektfaktor die Gruppenzugehörigkeit („Comic MIT Vis“, „Comic OHNE Vis“ und „KEIN Comic“).

Bei den Bereichen Selbstwirksamkeit zum Thema Schwimmen und Sinken und Interesse an der Intervention kommen ANOVAs mit der Interventionsgruppenzugehörigkeit („Comic MIT Vis“, „Comic OHNE Vis“ und „KEIN Comic“) als unabhängige Variable zum Einsatz.

### *Zuverlässigkeit der ANOVA*

Damit die Zuverlässigkeit einer ANOVA gegeben ist, müssen bestimmte Voraussetzungen erfüllt werden. Beispielsweise sollte eine Normalverteilung für jede Stufe des Innersubjektfaktors der einzelnen Gruppen gegeben und die Varianzen der Gruppen homogen sein (Field, 2013).

Die Normalverteilung wird mit dem Shapiro-Wilk-Test und graphisch mit  $Q-Q$ -Diagrammen überprüft. Der Shapiro-Wilk-Test zeigt in 16 von 18 Fällen eine signifikante Abweichung von der Normalverteilung. Die Betrachtung der  $Q-Q$ -Diagramme spricht allerdings in allen Bereichen für eine Normalverteilung. Da angeraten wird, Tests auf Normalverteilung kritisch zu prüfen und  $Q-Q$ -Diagramme einzubeziehen (Field, 2013), wird von einer Normalverteilung ausgegangen.

Die Überprüfung auf Gleichheit der Fehlervarianzen der relevanten Skalen – teilweise mit zweitem Messzeitpunkt (MZP) – in Bezug auf die drei Interventionsgruppen erfolgt mit dem Levene-Test. Einen Überblick über die Ergebnisse der Prüfung gibt nachfolgend Tabelle 6.6. Signifikanzwerte ( $p$ ) kleiner als .050 bedeuten eine signifikante Abweichung der Varianzhomogenität.



	Selbstkonzept Sachunterricht	Selbstkonzept Lesen	Selbstwirksamkeit Schwimmen und Sinken	Interesse Intervention
1. MZP	$p = .323$	$p = .795$	$p = .804$	$p = .787$
2. MZP	$p = .512$	$p = .724$	-	-

Tabelle 6.6: Überprüfung auf Varianzhomogenität der Skalen der drei Interventionsgruppen

Die Ergebnisse des Levene-Tests (siehe Tabelle 6.6) zeigen, dass die Varianzen – basierend auf dem Median – der jeweiligen Skalen homogen sind, da die Signifikanzwerte alle größer als .050 sind.

Es wird festgehalten, dass die geprüften Voraussetzungen zur Durchführung einer ANOVA gegeben sind. Deshalb werden im Folgenden ANOVAs (teilweise mit Messwiederholung) herangezogen, um die Daten zur Forschungsfrage 2 auszuwerten. Die Auswertung erfolgt nachfolgend einzeln für die vier Bereiche: Selbstkonzept Sachunterricht, Selbstkonzept Lesen, Selbstwirksamkeit zum Schwimmen und Sinken und Interesse an der Intervention. Wird in statistischen Tests auf Signifikanz geprüft, ist von einem Signifikanzniveau von  $p = .050$  auszugehen.

#### *Selbstkonzept Sachunterricht – Treatmenteffekt*

Nachfolgend wird analysiert, ob das jeweilige Treatment (Comic MIT Vis, Comic OHNE Vis und KEIN Comic) zu einer Veränderung des Selbstkonzepts des Sachunterrichts der Schüler/innen führt.

Zur Erhebung kamen vor und nach der Intervention vier Items in Form von vierstufigen Likert-Skalen zum Einsatz (siehe Abschnitt 5.5.2). Die Antwortoptionen wurden von eins bis vier kodiert, wobei eins eine niedrige und vier eine hohe Ausprägung des Selbstkonzepts darstellt. Pro Schüler/in wurde ein Skalenmittelwert für die vier Items gebildet. Dies scheint legitim, da eine Reliabilitätsanalyse der Skala einen Zusammenhang der Items bestätigt (siehe Abschnitt 5.5.2).

Bevor die Auswertung der Daten durch eine ANOVA mit Messwiederholung erfolgt, werden deskriptive Daten dargelegt. Tabelle 6.7 zeigt die drei Interventionsgruppen mit den entsprechenden Mittelwerten und Standardabweichungen bezüglich des Selbstkonzepts Sachunterricht zum jeweiligen Messzeitpunkt (MZP). Dabei stellt der erste Messzeitpunkt die Prätestung und der zweite Messzeitpunkt die Posttestung dar.

	„Comic MIT Vis“ <i>M (SD)</i>	„Comic OHNE Vis“ <i>M (SD)</i>	„KEIN Comic“ <i>M (SD)</i>
1. MZP	3.31 (0.54)	3.21 (0.57)	3.21 (0.42)
2. MZP	3.59 (0.43)	3.58 (0.33)	3.51 (0.33)

Tabelle 6.7: Vergleich der Interventionsgruppen hinsichtlich des Selbstkonzepts Sachunterricht – Mittelwert (*M*) und Standardabweichung (*SD*)

Die deskriptiven Daten zeigen eine Steigerung des Selbstkonzepts Sachunterricht in allen drei Interventionsgruppen. Außerdem wird ersichtlich, dass sich die Schüler/innen der drei Gruppen sowohl zum ersten als auch zum zweiten Messzeitpunkt ähnlich einschätzen. Dies lässt vermuten, dass es keinen Treatmenteffekt auf das Selbstkonzept Sachunterricht gibt.

Um neben den deskriptiven Analysen zu überprüfen, ob das Lernmaterial (Comic MIT Vis, Comic OHNE Vis und KEIN Comic) einen Einfluss auf das Selbstkonzept Sachunterricht hat, wird eine ANOVA mit Messwiederholung herangezogen. Dadurch erfolgt eine Überprüfung der Daten auf potenziell unterschiedliche Entwicklungen des Selbstkonzepts.

Die ANOVA mit Messwiederholung zeigt einen signifikanten Effekt des Faktors Zeit,  $F(1,148) = 45.44, p = .000, \eta^2 = 0.23$  auf das Selbstkonzept Sachunterricht. Das Selbstkonzept zum Sachunterricht steigt also in allen drei Gruppen signifikant. Nach Cohen (2013) besteht ein großer Effekt.

Die Interaktion der Untersuchungsgruppen und der Zeit ist jedoch nicht signifikant  $F(1,148) = 0.47, p = .626, \eta^2 = 0.0032$ . Demnach liegt kein Interaktionseffekt zwischen der Zeit und den drei Treatmentgruppen vor.

#### *Selbstkonzept Lesen – Treatmenteffekt*

Als nächstes wird geprüft, ob das jeweilige Treatment (Comic MIT Vis, Comic OHNE Vis und KEIN Comic) eine Veränderung des Selbstkonzepts in Bezug auf das Lesen der Schüler/innen bewirkt.

Zur Erfassung wurden – wie beim Selbstkonzept zum Sachunterricht – vor und nach der Intervention vier Items in Form von vierstufigen Likert-Skalen eingesetzt (siehe Abschnitt 5.5.2). Die Auswertung erfolgt, indem die Antwortoptionen von eins bis vier kodiert werden. Die am höchsten zustimmende Antwort auf der Likert-Skala erhält einen Wert von vier (hohes Selbstkonzept in Bezug auf das Lesen) und die am meisten ablehnende Antwort einen Wert von eins (niedriges Selbstkonzept bezüglich des Lesens). Pro Schüler/in wird ein Skalenmittelwert gebildet. Dies scheint legitim, da eine Reliabilitätsanalyse der Skala zufriedenstellende Werte aufweist (siehe Abschnitt 5.5.2).

Bevor die Daten durch eine ANOVA mit Messwiederholung ausgewertet werden, findet die Darlegung deskriptiver Daten statt. Tabelle 6.8 zeigt die drei Interventionsgruppen mit den entsprechenden Mittelwerten und Standardabweichungen bezüglich des Selbstkonzepts Lesen zum jeweiligen Messzeitpunkt (MZP).

	„Comic MIT Vis“ <i>M (SD)</i>	„Comic OHNE Vis“ <i>M (SD)</i>	„KEIN Comic“ <i>M (SD)</i>
1. MZP	3.45 (0.54)	3.37 (0.54)	3.39 (0.64)
2. MZP	3.68 (0.37)	3.64 (0.34)	3.59 (0.39)

Tabelle 6.8: Vergleich der Interventionsgruppen hinsichtlich des Selbstkonzepts Lesen – Mittelwert (*M*) und Standardabweichung (*SD*)

Die Mittelwerte in Tabelle 6.8 zeigen eine Zunahme des Selbstkonzepts Lesen in allen drei Interventionsgruppen. Aus den Daten geht außerdem hervor, dass sich die Schüler/innen der drei Gruppen sowohl zum ersten als auch zum zweiten Messzeitpunkt ähnlich einschätzen. Deshalb wird vermutet, dass kein Treatmenteffekt auf das Selbstkonzept Lesen zu verzeichnen ist.

Um neben den deskriptiven Daten zu überprüfen, ob das Lernmaterial (Comic MIT Vis, Comic OHNE Vis und KEIN Comic) einen Einfluss auf das Selbstkonzept Lesen hat, wird eine ANOVA mit Messwiederholung gerechnet. Dadurch soll eine Interpretation der Daten hinsichtlich potenzieller Treatmenteffekte über die Zeit erfolgen.

Die ANOVA mit Messwiederholung zeigt einen signifikanten Effekt des Zeitfaktors,  $F(1,148) = 24.44$ ,  $p = .000$ ,  $\eta^2 = 0.14$  auf das Selbstkonzept Lesen. Das Selbstkonzept zum Lesen steigt demnach in allen drei Gruppen signifikant. Nach Cohen (2013) liegt ein großer Effekt vor.

Die Interaktion der Treatmentgruppen und der Zeit ist allerdings nicht signifikant  $F(1,148) = 0.14$ ,  $p = .873$ ,  $\eta^2 = 0.0009$ . Demnach liegt – wie beim Selbstkonzept Sachunterricht – kein Interaktionseffekt zwischen der Zeit und den drei Untersuchungsgruppen vor.

#### *Selbstwirksamkeit zum Schwimmen und Sinken – Treatmenteffekt*

Im Folgenden wird beleuchtet, ob das jeweilige Treatment (Comic MIT Vis, Comic OHNE Vis und KEIN Comic) einen Effekt auf die Selbstwirksamkeit der Schüler/innen hat. Konkret geht es um die Selbstwirksamkeit der Schüler/innen, das Thema Schwimmen und Sinken künftig erklären zu können.

Zur Erhebung der Selbstwirksamkeit kamen nach der Intervention drei Items in Form von vierstufigen Likert-Skalen zum Einsatz (siehe Abschnitt 5.5.2). Die Antwortoptionen der

Likert-Skala wurden von eins bis vier kodiert. Dabei stellt eins eine niedrige und vier eine hohe Einschätzung der Selbstwirksamkeit zum Thema Schwimmen und Sinken dar. Je Schüler/in wird ein Skalenmittelwert gebildet (dieses Vorgehen wird als legitim angesehen, da eine Reliabilitätsanalyse einen Zusammenhang der Items bestätigt).

Bevor die Daten mithilfe einer ANOVA ausgewertet werden, erfolgt ein Mittelwertvergleich der drei Interventionsgruppen. Tabelle 6.9 zeigt die drei Gruppen mit den entsprechenden Mittelwerten und Standardabweichungen bezüglich der Selbstwirksamkeit zum Schwimmen und Sinken.

<b>Interventionsgruppe</b>	<b><i>M (SD)</i></b>
„Comic MIT Vis“ ( <i>n</i> = 56)	3.39 (0.52)
„Comic OHNE Vis“ ( <i>n</i> = 58)	3.44 (0.57)
„KEIN Comic“ ( <i>n</i> = 37)	3.14 (0.54)

Tabelle 6.9: Vergleich der Interventionsgruppen hinsichtlich der Selbstwirksamkeit zum Schwimmen und Sinken – Mittelwert (*M*) und Standardabweichung (*SD*)

Der Mittelwertvergleich in Tabelle 6.9 zeigt, dass die Selbstwirksamkeit der Schüler/innen aller Gruppen hoch ist. Es ist außerdem ersichtlich, dass sich die Schüler/innen der Gruppen „Comic MIT Vis“ und „Comic OHNE Vis“ selbstwirksamer einschätzen als die Schüler/innen der Gruppe „KEIN Comic“. Ob dieser Effekt signifikant ist, soll nachfolgend geklärt werden. Dafür wird eine ANOVA gerechnet, bei der die Interventionsgruppenzugehörigkeit („Comic MIT Vis“, „Comic OHNE Vis“ und „KEIN Comic“) die unabhängige Variable darstellt. Die Ergebnisse der ANOVA sind in Tabelle 6.10 dargestellt.

		Quadrat- summe	df	Mittel der Quadrate	F	p
Selbstwirksamkeit zum Schwimmen und Sinken	Zwischen den Gruppen	2.28	2	1.14	3.90	.022
	Innerhalb der Gruppen	43.25	148	0.29		
	Gesamt	45.53	150			

Tabelle 6.10: Vergleich der Interventionsgruppen hinsichtlich der Selbstwirksamkeit zum Schwimmen und Sinken – Ergebnisse der univariaten Varianzanalyse (ANOVA)

Das Ergebnis der ANOVA zeigt, dass sich die Selbstwirksamkeit der Schüler/innen der drei Interventionsgruppen statistisch signifikant voneinander unterscheidet,  $F(2,148) = 3.90$ ,  $p = .022$ ,  $\eta^2 = 0.05$ . Das heißt, dass es einen Treatmenteffekt auf die Selbstwirksamkeit der Schüler/innen gibt. Nach Cohen (2013) ist ein kleiner bis mittlerer Effekt des Treatments auf die Selbstwirksamkeit zu verzeichnen.

Da durch die ANOVA ein signifikanter Unterschied der Gruppen belegt wird, erfolgen anschließend Bonferroni-korrigierte paarweise Vergleiche (Post-Hoc-Test), um die genauen Unterschiede zwischen den drei Gruppen aufzuzeigen.

Der Post-Hoc-Test legt dar, dass sich die Gruppe „Comic MIT Vis“ signifikant ( $p = .023$ ) von der Gruppe „KEIN Comic“ unterscheidet. Die Gruppen „Comic MIT Vis“ und „Comic OHNE Vis“ unterscheiden sich hingegen nicht signifikant voneinander ( $p = 1.000$ ). Ebenso gibt es keinen signifikanten ( $p = 0.088$ ) Unterschied zwischen den Gruppen „Comic OHNE Vis“ und „KEIN Comic“. Eine Gesamtübersicht des Post-Hoc-Tests befindet sich im Anhang A.3.

Zusammenfassend kann festgehalten werden, dass das Treatment einen Einfluss auf die Selbstwirksamkeit der Schüler/innen hat. Die Schüler/innen der Gruppe „Comic MIT Vis“ schätzen sich nach der Intervention selbstwirksamer ein als Schüler/innen der Gruppe „KEIN Comic“, wenn es darum geht das Thema Schwimmen und Sinken zu erklären.

#### *Interesse an der Intervention – Treatmenteffekt*

Nachfolgend wird analysiert, ob das jeweilige Treatment (Comic MIT Vis, Comic OHNE Vis und KEIN Comic) einen Effekt auf das Interesse an der Intervention hat.

Zur Erhebung des Interesses wurden nach der Intervention drei Items in Form von vierstufigen Likert-Skalen eingesetzt (siehe Abschnitt 5.5.2). Die Antwortoptionen der Likert-Skala („stimmt gar nicht“, „stimmt ein wenig“, „stimmt fast“ und „stimmt genau“) werden von eins bis vier kodiert und ausgewertet. Dabei bildet eins ein niedriges und vier ein hohes Interesse an der Intervention ab. Pro Schüler/in wird ein Skalenmittelwert gebildet. Dies

scheint zulässig, da eine Reliabilitätsanalyse der Skala zufriedenstellende Werte aufweist (siehe Abschnitt 5.5.2).

Die Daten werden mithilfe einer ANOVA ausgewertet. Davor erfolgt allerdings ein Mittelwertvergleich der drei Interventionsgruppen. Tabelle 6.11 veranschaulicht die Mittelwerte und Standardabweichungen der drei Gruppen bezüglich des Interesses an der Intervention.

<b>Interventionsgruppe</b>	<b><i>M (SD)</i></b>
„Comic MIT Vis“ ( <i>n</i> = 56)	3.64 (0.57)
„Comic OHNE Vis“ ( <i>n</i> = 57)	3.61 (0.45)
„KEIN Comic“ ( <i>n</i> = 36)	3.27 (0.40)

Tabelle 6.11: Vergleich der Interventionsgruppen hinsichtlich des Interesses an der Intervention – Mittelwert (*M*) und Standardabweichung (*SD*)

Der Mittelwertvergleich zeigt, dass das Interesse an der Intervention in allen drei Gruppen hoch ist. Es wird außerdem deutlich, dass sich die Schüler/innen der Gruppen „Comic MIT Vis“ und „Comic OHNE Vis“ kaum voneinander unterscheiden. Allerdings unterscheiden sich die beiden Gruppen „Comic MIT Vis“ und „Comic OHNE Vis“ von der Gruppe „KEIN Comic“. Das heißt auf Basis der Mittelwerte, dass die Schüler/innen, die einen Comic als Lernmaterial erhalten, ein höheres Interesse an der Intervention entwickeln als die Schüler/innen der Gruppe „KEIN Comic“. Inwiefern dieser Effekt signifikant ist, wird nachfolgend durch eine ANOVA geprüft. Als unabhängige Variable wird dabei die Interventionsgruppenzugehörigkeit („Comic MIT Vis“, „Comic OHNE Vis“ und „KEIN Comic“) zu Grunde gelegt. Das Ergebnis der ANOVA ist der Tabelle 6.12 zu entnehmen.

		Quadrat- summe	<i>df</i>	Mittel der Quadrate	<i>F</i>	<i>p</i>
Interesse an der Intervention	Zwischen den Gruppen	3.45	2	1.72	7.20	.001
	Innerhalb der Gruppen	34.94	146	0.24		
	Gesamt	38.38	148			

Tabelle 6.12: Vergleich der Interventionsgruppen hinsichtlich des Interesses an der Intervention – Ergebnisse der univariaten Varianzanalyse (ANOVA)

Das Ergebnis der ANOVA legt dar, dass sich das Interesse der Schüler/innen der drei Interventionsgruppen statistisch signifikant voneinander unterscheidet,  $F(2,146) = 7.20$ ,  $p = .001$ ,  $\eta^2 = 0.09$ . Das bedeutet, dass ein Treatmenteffekt auf das Interesse der Schüler/innen zu verzeichnen ist. Nach Cohen (2013) besteht ein mittlerer bis großer Effekt des Treatments auf das Interesse.

Da das Ergebnis der ANOVA einen signifikanten Unterschied der Gruppen belegt, werden im Folgenden Bonferroni-korrigierte paarweise Vergleiche (Post-Hoc-Test) analysiert, um die genauen Unterschiede zwischen den drei Gruppen aufzuzeigen.

Der Post-Hoc-Test zeigt, dass sich die Gruppe „Comic MIT Vis“ signifikant ( $p = .002$ ) von der Gruppe „KEIN Comic“ unterscheidet. Außerdem unterscheidet sich die Gruppe „Comic OHNE Vis“ signifikant ( $p = .004$ ) von der Gruppe „KEIN Comic“. Die Gruppen „Comic MIT Vis“ und „Comic OHNE Vis“ unterscheiden sich dagegen nicht signifikant voneinander ( $p = 1.000$ ). Eine Gesamtübersicht des Post-Hoc-Tests ist in Anhang A.3 dargestellt.

Es kann geschlussfolgert werden, dass das Interesse der Schüler/innen durch das Treatment beeinflusst wird. Schüler/innen, die ein Comic als Lernmaterial erhalten, entwickeln ein höheres Interesse an der Intervention als Schüler/innen, welche die Intervention mit konventionellem Lernmaterial in Form von strukturierten Arbeitsblättern durchlaufen.

In diesem Abschnitt wurde ausgewertet und interpretiert, inwiefern das Lernmaterial (Variation zwischen Comic MIT Vis, Comic OHNE Vis und KEIN Comic) verschiedene Schülermerkmale – wie das Selbstkonzept Sachunterricht, das Selbstkonzept Lesen, die Selbstwirksamkeit zum Thema Schwimmen und Sinken und das Interesse an der Intervention – beeinflusst. Es können verschiedene Treatmenteffekte auf die vier genannten Bereiche zusammengefasst werden.

Beim Selbstkonzept Sachunterricht und Selbstkonzept Lesen gibt es keine Treatmenteffekte. Die Entwicklung des Selbstkonzepts der drei Interventionsgruppen ist identisch. Allerdings wird in beiden Bereichen ein signifikanter Effekt des Zeitfaktors festgehalten. Demnach steigt das Selbstkonzept in Bezug auf den Sachunterricht und das Selbstkonzept in Bezug auf das Lesen aller Schüler/innen der Interventionsgruppen.

Bei der Selbstwirksamkeit zum Thema Schwimmen und Sinken (nach der Intervention) und beim Interesse an der Intervention werden hingegen Treatmenteffekte dokumentiert. Die Selbstwirksamkeit der Schüler/innen der Gruppe „Comic MIT Vis“ ist signifikant höher als die der Gruppe „KEIN Comic“. Die Gruppen „Comic MIT Vis“ und „Comic OHNE Vis“ sowie die Gruppen „Comic OHNE Vis“ und „KEIN Comic“ unterscheiden sich jedoch nicht signifikant voneinander. Das heißt, die Kombination aus Comic und zusätzlichen Visualisierungen hat im Vergleich zu konventionellem Lernmaterial in Form von strukturierten Arbeitsblättern (KEIN Comic) eine höhere Einschätzung der Selbstwirksamkeit zum Schwimmen und Sinken zur Folge.

Beim Interesse an der Intervention zeigt sich, dass die Schüler/innen, welche die Intervention mit einem Comic durchlaufen, ein signifikant höheres Interesse haben als die Schüler/innen, die nicht mit einem Comic, sondern mit konventionellem Lernmaterial in Form von strukturierten Arbeitsblättern lernen. Die Gruppen „Comic MIT Vis“ und „Comic OHNE Vis“ unterscheiden sich nicht signifikant bezüglich des Interesses an der Intervention. Daraus ergibt sich die Schlussfolgerung, dass Schüler/innen ein höheres Interesse an der Intervention haben, wenn sie mit einem Comic lernen.

Nachdem die Daten zur Forschungsfrage 2 ausgewertet und interpretiert wurden, erfolgt anschließend in Abschnitt 6.3.5 die Beantwortung der Forschungsfrage und eine Diskussion der Ergebnisse.

### **6.3.5 Beantwortung der Forschungsfrage 2 und Fazit für die Unterrichtspraxis**

Gemäß Forschungsfrage 2 wurde untersucht, inwiefern das Lernmaterial verschiedene Schülermerkmale – wie das Selbstkonzept Sachunterricht, das Selbstkonzept Lesen, die Selbstwirksamkeit zum Thema Schwimmen und Sinken und das Interesse an der Intervention – beeinflusst, wenn eine Variation des Materials zwischen Comics mit und ohne zusätzliche/n Visualisierungen sowie strukturierten Arbeitsblättern ohne zusätzliche Visualisierungen erfolgt.

Um die Forschungsfrage beantworten zu können, wurden die relevanten Daten in Abschnitt 6.3.4 ausgewertet und interpretiert. Darauf aufbauend kann die Beantwortung der Forschungsfrage 2 stattfinden.

Da es verschiedene Treatmenteffekte gibt, wird einzeln auf die vier Bereiche (Selbstkonzept Sachunterricht, Selbstkonzept Lesen, Selbstwirksamkeit zum Schwimmen und Sinken und Interesse an der Intervention) eingegangen, um eine Übersichtlichkeit zu gewährleisten. Da



je nach Bereich verschiedene Hypothesen (siehe Kapitel 4) aufgestellt wurden, werden diese aufgegriffen und verifiziert oder falsifiziert. Nachfolgend werden die vier Teilbereiche/Teilfragen aufgeführt.

*Selbstkonzept Sachunterricht – Inwiefern beeinflusst das Lernmaterial das Selbstkonzept der Schüler/innen bezüglich des Sachunterrichts, wenn eine Variation des Materials zwischen Comics mit und ohne zusätzliche/n Visualisierungen sowie strukturierten Arbeitsblättern ohne zusätzliche Visualisierungen erfolgt?*

Hinsichtlich des Selbstkonzepts in Bezug auf den Sachunterricht wurde die Hypothese aufgestellt, dass Schüler/innen, welche mit einem Comic mit zusätzlichen Visualisierungen lernen, ein höheres Selbstkonzept entwickeln als Schüler/innen, die ein Lernmaterial ohne zusätzliche Visualisierungen (Comic OHNE Vis und KEIN Comic) erhalten (siehe Kapitel 4).

Durch die Auswertung der Daten konnte allerdings gezeigt werden, dass die Variation des Lernmaterials keinen Einfluss auf die Entwicklung des Selbstkonzepts in Bezug auf den Sachunterricht hat. Es wird festgehalten, dass die Variation des Lernmaterials (Comic MIT Vis, Comic OHNE Vis und KEIN Comic) die Entwicklung des Selbstkonzepts zum Sachunterricht nicht beeinflusst. Allerdings wurde gezeigt, dass sich das Selbstkonzept in allen drei Gruppen positiv entwickelt.

Nach K. Möller (2000) ermöglichen Lernsituationen, bei denen Schüler/innen Kompetenz erfahren und selbstständig denken, einen Aufbau eines positiven Selbstkonzepts. Warum es bei der vorliegenden Forschungsarbeit keinen Treatmenteffekt gibt, könnte daran liegen, dass sich die Schüler/innen durch die schrittweise Anleitung während des Unterrichts in allen drei Interventionsgruppen als kompetent erleben. Da die Lernmaterialien außerdem die identischen Arbeitsaufträge (mit Dichtematrix) enthalten, ist die Anregung zum selbstständigen Denken in allen Gruppen im gleichen Maße gegeben. Deshalb wird gefolgert, dass sich die Schüler/innen aller Interventionsgruppen als kompetent erleben und die zusätzlichen Visualisierungen sowie der damit einhergehende höhere Lernerfolg (siehe Abschnitt 6.3.3) keinen weiteren Effekt auf die Entwicklung des Selbstkonzepts zum Sachunterricht haben.

*Selbstkonzept Lesen – Inwiefern beeinflusst das Lernmaterial das Selbstkonzept der Schüler/innen bezüglich des Lesens, wenn eine Variation des Materials zwischen Comics mit und ohne zusätzliche/n Visualisierungen sowie strukturierten Arbeitsblättern ohne zusätzliche Visualisierungen erfolgt?*

Bezüglich des Selbstkonzepts zum Lesen wurde vermutet, dass Schüler/innen, welche mit einem Comic mit zusätzlichen Visualisierungen lernen, ein höheres Selbstkonzept entwickeln als Schüler/innen, die ein Lernmaterial ohne zusätzliche Visualisierungen (Comic OHNE Vis und KEIN Comic) erhalten (siehe Kapitel 4).

Die Auswertung der Daten zeigt jedoch, dass die Variation des Lernmaterials keinen Einfluss auf die Entwicklung des Selbstkonzepts in Bezug auf das Lesen hat. Daher wird festgehalten, dass das Lernmaterial (Comic MIT Vis, Comic OHNE Vis und KEIN Comic) die Entwicklung des Selbstkonzepts zum Lesen nicht beeinflusst. Allerdings zeigt die Auswertung in Abschnitt 6.3.4, dass sich das Selbstkonzept in allen drei Interventionsgruppen positiv entwickelt.

Nach K. Möller (2000) erfahren Schüler/innen eine positive Entwicklung des Selbstkonzepts, wenn sie beim Lernen Kompetenz erfahren. Da in allen drei Lernmaterialien einfache Schriftsprache (zum Beispiel kurze Sätze) zum Einsatz kommt, wird vermutet, dass sich die Schüler/innen der verschiedenen Interventionsgruppen gleichermaßen als lesekompetent erleben. Es wird dokumentiert, dass sich die Schüler/innen aller Gruppen als lesekompetent erleben und die zusätzlichen Visualisierungen keinen Effekt auf die Entwicklung des Selbstkonzepts in Bezug auf das Lesen haben.

*Selbstwirksamkeit zum Schwimmen und Sinken – Inwiefern beeinflusst das Lernmaterial die Selbstwirksamkeit der Schüler/innen zum Thema Schwimmen und Sinken, wenn eine Variation des Materials zwischen Comics mit und ohne zusätzliche/n Visualisierungen sowie strukturierten Arbeitsblättern ohne zusätzliche Visualisierungen erfolgt?*

Mit Blick auf die Selbstwirksamkeit der Schüler/innen zum Thema Schwimmen und Sinken wurde in Kapitel 4 folgende Hypothese aufgestellt: Schüler/innen, welche die Intervention mit einem Comic mit zusätzlichen Visualisierungen durchlaufen, schätzen sich nach der Intervention selbstwirksamer ein als Schüler/innen, deren Lernmaterial keine zusätzlichen Visualisierungen enthält.

Die Auswertung der Daten in Abschnitt 6.3.4 zeigt einen signifikanten ( $p = .022$ ) Einfluss des Lernmaterials auf die Selbstwirksamkeit. Allerdings unterscheiden sich lediglich die Gruppen „Comic MIT Vis“ und „KEIN Comic“ signifikant ( $p = .023$ ) voneinander. Da sich die Gruppen „Comic MIT Vis“ und „Comic OHNE Vis“ nicht signifikant ( $p = 1.000$ ) unterscheiden, wird die aufgestellte Hypothese widerlegt. Das heißt, die alleinige Ergänzung von zusätzlichen Visualisierungen in einem Comic trägt nicht zu einer höheren Selbstwirksamkeit der Schüler/innen bei.

Die Auswertung zeigt außerdem, dass sich die Gruppen „Comic OHNE Vis“ und „KEIN Comic“ nicht signifikant voneinander unterscheiden. Dadurch wird deutlich, dass der alleinige Wechsel des Lernmaterials von strukturierten Arbeitsblättern zu einem Comic keine höhere Selbstwirksamkeit der Schüler/innen bewirkt.

Schlussfolgernd führt eine Kombination aus einem Comic und zusätzlichen Visualisierungen zu einer Erhöhung der Selbstwirksamkeit beim Thema Schwimmen und Sinken im Vergleich zu konventionellem Lernmaterial in Form von strukturierten Arbeitsblättern.

*Interesse an der Intervention – Inwiefern beeinflusst das Lernmaterial das Interesse der Schüler/innen an der Intervention, wenn eine Variation des Materials zwischen Comics mit und ohne zusätzliche/n Visualisierungen sowie strukturierten Arbeitsblättern ohne zusätzliche Visualisierungen erfolgt?*

Hinsichtlich des Interesses an der Intervention wurde vermutet (siehe Kapitel 4), dass Schüler/innen, die mit Comics lernen, ein höheres Interesse an der Intervention entwickeln als Schüler/innen, die konventionelles Lernmaterial in Form von strukturierten Arbeitsblättern erhalten. Die Auswertungen zeigen, dass diese Hypothese bestätigt werden kann.

Die Variation des Lernmaterials hat einen Effekt auf das Interesse an der Intervention zum Schwimmen und Sinken. Sowohl die Gruppe „Comic MIT Vis“ als auch die Gruppe „Comic OHNE Vis“ unterscheiden sich signifikant ( $p = .002$  und  $p = .004$ ) von der Gruppe „KEIN Comic“. Das heißt, Schüler/innen entwickeln im Vergleich zu strukturierten Arbeitsblättern ein höheres Interesse, wenn sie mit einem Comic lernen. Da sich die Gruppen „Comic MIT Vis“ und „Comic OHNE Vis“ nicht signifikant ( $p = 1.000$ ) voneinander unterscheiden, wird außerdem festgehalten, dass die zusätzlichen Visualisierungen das Interesse nicht zusätzlich verstärken.

Es wird geschlussfolgert, dass das Interesse von Schüler/inne/n durch Comics als Lernmaterial gesteigert werden kann.

Abschließend kann festgehalten werden, dass es verschiedene Treatmenteffekte auf die vier ausgewählten Schülermerkmale (Selbstkonzept Sachunterricht, Selbstkonzept Lesen, Selbstwirksamkeit zum Schwimmen und Sinken und Interesse an der Intervention) gibt. Um die Forschungsfrage übersichtlich zu beantworten, wurden die Bereiche einzeln aufgegriffen. Übergreifend wird geschlussfolgert, dass das Lernmaterial die verschiedenen Schülermerkmale beeinflusst. Inwiefern die Variation des Lernmaterials die Schülermerkmale beeinflusst, ist den jeweiligen Unterüberschriften dieses Abschnitts zu entnehmen.

#### *Fazit für die Unterrichtspraxis*

Im Vergleich zu konventionellem Lernmaterial erhöht ein Comic das Interesse von Schüler/inne/n am Unterricht. Hinsichtlich anderer Schülermerkmale (Selbstkonzept Sachunterricht, Selbstkonzept Lesen, Selbstwirksamkeit zum Schwimmen und Sinken) führt der Einsatz eines Comics zu keinem Vorteil.

In Bezug auf die Unterrichtspraxis stellt sich die Frage, ob die Verwendung/Erstellung eines Comics als Lernmaterial vorteilhaft ist. Eine pauschale Antwort zu finden, wirkt schwierig. Eine Lehrperson sollte den Nutzen eines Comics (Interessenssteigerung) und „die Kosten“ (zum Beispiel Zeitaufwand zur Erstellung des Comics) individuell in Relation setzen und den Einsatz entscheiden.

## 6.4 Forschungsfrage 3

Durch die Beantwortung der ersten Forschungsfrage wurde gezeigt, dass der Lernerfolg von Schüler/inne/n beim Thema Schwimmen und Sinken vom Lernmaterial beeinflusst wird, wenn eine Variation des Materials zwischen Comics mit und ohne zusätzliche/n Visualisierungen sowie strukturierten Arbeitsblättern ohne zusätzliche Visualisierungen erfolgt. Es wurde festgehalten, dass Schüler/innen, welche die Intervention mit einem Comic mit Lernunterstützungen in Form von zusätzlichen Visualisierungen durchlaufen, höhere Lernerfolge erzielen als Schüler/innen, die mit einem Comic ohne Lernunterstützungen in Form von zusätzliche Visualisierungen lernen (siehe Abschnitt 6.3.3).

Aus der Forschung ist allerdings bekannt, dass Lernende mit unterschiedlichen Lernvoraussetzungen (zum Beispiel sprachlichen Voraussetzungen) nicht gleichermaßen von Lernunterstützungen wie Text-Bild-Kombinationen profitieren (z.B. Kalyuga et al., 2003; R. E. Mayer, 2012; siehe Abschnitt 3.1.3). Deshalb wird untersucht, inwiefern das Lernmaterial (Variation zwischen Comics mit und ohne zusätzliche/n Visualisierungen) den Lernerfolg von Schüler/inne/n im Themenbereich Schwimmen und Sinken beeinflusst, wenn die Lernvoraussetzungen der Schüler/innen berücksichtigt werden (Forschungsfrage 3).

Auf der einen Seite wird vermutet, dass Schüler/innen mit niedrigeren Lernvoraussetzungen einen höheren Lernerfolg erzielen, wenn sie die Intervention mit einem Comic mit Lernunterstützungen in Form von zusätzlichen Visualisierungen durchlaufen. Auf der anderen Seite wird angenommen, dass Schüler/innen mit höheren Lernvoraussetzungen einen größeren Lernerfolg erzielen, wenn sie mit einem Comic ohne Lernunterstützungen in Form von zusätzlichen Visualisierungen lernen (siehe Kapitel 4).

Zur Überprüfung der dritten Forschungsfrage werden 118 Schüler/innen berücksichtigt. Dabei gehören 60 Schüler/innen der Gruppe „Comic MIT Vis“ (Comic mit zusätzlichen Lernunterstützungen in Form von Visualisierungen) und 58 Schüler/innen der Gruppe „Comic OHNE Vis“ (Comic ohne zusätzliche Lernunterstützungen in Form von Visualisierungen) an.

Bevor in diesem Abschnitt die Auswertung und Interpretation der Forschungsfrage 3 erfolgt, wird beschrieben, nach welcher Variable (Fähigkeit) die Lernenden in „Schüler/innen mit niedrigeren Lernvoraussetzungen“ und „Schüler/innen mit höheren Lernvoraussetzungen“ kategorisiert werden (Abschnitt 6.4.1). Außerdem wird vor der Auswertung überprüft, ob das Lesen von Comics in der Freizeit einen Einfluss auf den Lernerfolg der Schüler/innen hat (Abschnitt 6.4.2). Danach findet die Auswertung und Interpretation der Daten zur Forschungsfrage 3 statt (Abschnitt 6.4.3), um die Forschungsfrage letztlich beantworten zu können (Abschnitt 6.4.4).

### 6.4.1 Kategorisierung der Schüler/innen in höhere und niedrigere Lernvoraussetzungen

Lernvoraussetzungen können sich auf verschiedene Aspekte wie kognitive, emotionale oder motivationale Voraussetzungen beziehen (Winther & Achtenhagen, 2008).

Um Forschungsfrage 3 beantworten zu können, bedarf es einer Definition von „Schüler/innen mit höheren Lernvoraussetzungen“ und „Schüler/innen mit niedrigeren Lernvoraussetzungen“. Genauer muss eine Variable (Fähigkeit) bestimmt werden, nach der eine Kategorisierung der Schüler/innen erfolgt. Diese sogenannte Kategorisierungsvariable wird nachfolgend begründet.

Die Schüler/innen der Interventionsstudie lernen mit Comics, welche Informationen und Aufgabenstellungen in Form von Texten präsentieren. Das bedeutet, dass das Leseverständnis einen hohen Stellenwert im Unterricht hat. Aus der Literatur geht hervor, dass das Leseverständnis eine Schlüsselqualifikation für weitere Lernprozesse im naturwissenschaftlichen Unterricht darstellt (z.B. Becker-Mrotzek et al., 2013; Härtig & Kohnen, 2017; Schmellentin et al., 2017; Wagenschein, 1968). Da mit Texten gelernt wird, scheint es deshalb plausibel, die Schüler/innen in lesestark und leseschwach zu gruppieren.

Erhoben wird das Leseverständnis (siehe Abschnitt 5.5.3) mit dem Testverfahren ELFE II (Ein Leseverständnistest für Erst- bis Siebtklässler – Version II) und mit einem Lehrereinschätzungsbogen. Ein Chi-Quadrat-Test zeigt, dass die Daten der beiden Erhebungsinstrumente zur Kategorisierung der Schüler/innen in lesestark und leseschwach statistisch signifikant zusammenhängen,  $\chi^2(4) = 250.76$ ,  $p = .000$ ,  $\varphi = 0.90$ . Keine erwarteten Zelloberhäufigkeiten sind kleiner als 5. Die Übereinstimmung der Ergebnisse der beiden Erhebungsinstrumente ist hoch (Phi-Koeffizient ist größer als 0.50).

Da in der Schulpraxis regelmäßige Erhebungen des Leseverständnisses durch Testverfahren wie ELFE II unüblich sind, wird bei der Auswertung in Abschnitt 6.4.3 auf die Daten der Lehrereinschätzungsbögen zurückgegriffen. Die Kategorisierung der Schüler/innen erfolgt mithilfe der Lehrereinschätzung in zwei Gruppen („lesestark“ und „leseschwach“).

### 6.4.2 Hat das Lesen von Comics in der Freizeit einen Einfluss auf den Lernerfolg?

Ergebnisse der ersten Pilotierung dieser Forschungsarbeit zeigen, dass die Schüler/innen der Intervention den eingesetzten Comic und dessen Sprechblasen intuitiv in korrekter Reihenfolge lesen und verstehen (siehe Abschnitt 5.2.3).

Ohne empirische Befunde gehen verschiedene Autor/inn/en davon aus, dass der adäquate Umgang mit Comics nicht vorausgesetzt werden darf, sondern erlernt werden muss (z.B. Frey & Fisher, 2004; Grünewald, 2000; Prechtel, 2013b). Zur Überprüfung, inwiefern der Lernerfolg im Bereich Schwimmen und Sinken vom Lesen von Comics in der Freizeit beeinflusst wird, wurde die Variable „Lesen von Comics in der Freizeit“ durch eine dichotome

Frage vor der Intervention erhoben. Die Schüler/innen, die angeben, dass sie in ihrer Freizeit Comics lesen, werden daraufhin als „Comicleser/innen“ bezeichnet. Schüler/innen, die das Lesen von Comics in der Freizeit verneinen, werden der Gruppe „keine Comicleser/innen“ zugeordnet. Der Lernerfolg wird anhand eines Prä-Post-Vergleichs des Fachwissenstests zum Schwimmen und Sinken ermittelt.

Mithilfe deskriptiver Daten und einer univariaten Varianzanalyse (ANOVA) mit Messwiederholung findet im Folgenden die Beantwortung der Frage statt. Der Innersubjektfaktor der ANOVA mit Messwiederholung ist die Zeit und der Zwischensubjektfaktor die Schülergruppe („Comicleser/in“ versus „kein/e Comicleser/in“).

*Zuverlässigkeit der ANOVA*

Für die Zuverlässigkeit einer ANOVA mit Messwiederholung müssen bestimmte Voraussetzungen gegeben sein. Beispielsweise sollte geprüft werden, ob jede Stufe des Innersubjektfaktors innerhalb der einzelnen Gruppen normalverteilt ist und ob die Varianzen der Gruppen homogen sind (Field, 2013).

Die Normalverteilung innerhalb der Gruppen („Comicleser/in“ und „kein/e Comicleser/in“) für die Stufen des Innersubjektfaktors wurde mithilfe des Shapiro-Wilk-Tests überprüft. Relevant sind Messzeitpunkt 1 (1. MZP; Prätest Fachwissenstest) und Messzeitpunkt 2 (2. MZP; Posttest Fachwissenstest). Signifikanzwerte ( $p$ ) kleiner .050 werden als eine signifikante Abweichung von der Normalverteilung gedeutet. Einen Überblick über die Ergebnisse der Prüfung zur Normalverteilung gibt Tabelle 6.13.

	<b>„Comicleser/innen“ (<math>n = 63</math>)</b>	<b>„keine Comicleser/innen“ (<math>n = 53</math>)</b>
1. MZP	$W(63) = 0.98, p = .287$	$W(53) = 0.96, p = .063$
2. MZP	$W(63) = 0.97, p = .099$	$W(53) = 0.98, p = .525$

Tabelle 6.13: Prüfung auf Normalverteilung des Fachwissenstests zum Schwimmen und Sinken durch einen Shapiro-Wilk-Test – Gruppen: „Comicleser/innen“ und „keine Comicleser/innen“

Tabelle 6.13 zeigt, dass die Summenscores der Prä- und Posttests in den jeweiligen Gruppen normalverteilt sind ( $p > .050$ ).

Die Varianzhomogenität der zwei Gruppen wird mit dem Levene-Test geprüft. Dieser zeigt, dass die Varianzen – basierend auf dem Median – zu den beiden Messzeitpunkten homogen sind (1. MZP  $p = .478$  und 2. MZP  $p = .725$ ).

Die geprüften Voraussetzungen zur Durchführung einer ANOVA sind also gegeben. Entsprechend wird eine ANOVA gerechnet, um die Daten auszuwerten. Bevor allerdings auf die Ergebnisse der ANOVA mit Messwiederholung eingegangen wird, werden deskriptive Daten dargelegt.

#### *Deskriptive Analyse*

Um den Lernerfolg der Schüler/innen der Gruppen („Comicleser/innen“ und „keine Comicleser/innen“) zu vergleichen, werden Prä-Post-Vergleiche des Fachwissenstests zum Schwimmen und Sinken (siehe Abschnitt 5.5.1) herangezogen. Die maximal erreichbare Punktzahl beträgt jeweils 20 Punkte. Abbildung 6.2 zeigt nachfolgend die zwei Gruppen mit den im Durchschnitt erreichten Punkten im Prä- und Posttest.

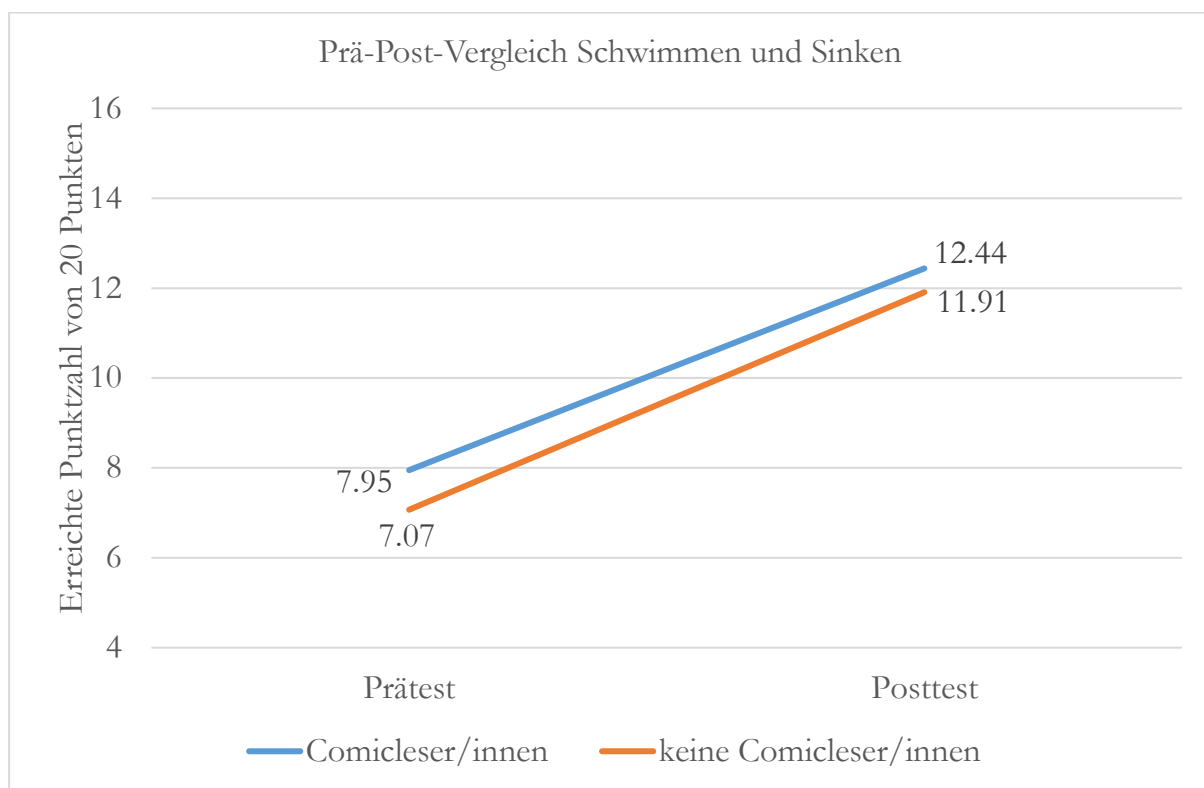


Abbildung 6.2: Summe der im Durchschnitt erreichten Punkte im Bereich Schwimmen und Sinken – Prä-Post-Vergleich der Gruppen („Comicleser/innen“ und „keine Comicleser/innen“) bei einer maximal erreichbaren Punktzahl von 20 Punkten

Aus Abbildung 6.2 geht hervor, dass die zwei Gruppen mit unterschiedlich hohem Vorwissen (Prätest) zum Schwimmen und Sinken in die Intervention starten. Während die Schüler/innen der Gruppe „Comicleser/innen“ im Prätest im Schnitt 7.95 Punkte ( $SD = 3.00$ ) erreichen, erzielen die Schüler/innen der Gruppe „keine Comicleser/innen“ 7.07 Punkte ( $SD = 2.54$ ). Eine univariate Varianzanalyse (ANOVA) zeigt allerdings, dass dieser Unterschied nicht signifikant ( $p = .332$ ) ist.

Außerdem werden in Abbildung 6.2 die Summen der im Durchschnitt erreichten Punkte zum Schwimmen und Sinken im Posttest ersichtlich. Die Schüler/innen der Gruppe „Comicleser/innen“ erreichen im Posttest durchschnittlich 12.44 Punkte ( $SD = 3.51$ ). Dies entspricht einem Lernzuwachs von 4.49 Punkten. Die Schüler/innen der Gruppe „keine Comicleser/innen“ erzielen dagegen 11.91 Punkte ( $SD = 3.67$ ) im Posttest. Das entspricht einem Lernzuwachs von 4.84 Punkten. Das bedeutet, dass die Schüler/innen der Gruppe „keine Comicleser/innen“ durchschnittlich 0.35 Punkte mehr erreichen als die Schüler/innen der Gruppe „Comicleser/innen“.

### *ANOVA mit Messwiederholung*

Um neben den deskriptiven Analysen zu überprüfen, ob das Lesen von Comics in der Freizeit einen Einfluss auf den Lernerfolg hat, wird eine ANOVA mit Messwiederholung gerechnet. Dadurch sollen die Daten auf potenziell unterschiedliche Entwicklungen über die Zeit überprüft werden. Die Auswertung zeigt, dass es keinen Interaktionseffekt zwischen den Untersuchungsgruppen und der Zeit gibt  $F(1,114) = 0.69, p = .409$ .

Basierend auf den vorliegenden Daten der ANOVA wird geschlussfolgert, dass die Variable "Lesen von Comics in der Freizeit" keinen Einfluss auf den Lernerfolg hat. Somit kann davon ausgegangen werden, dass das Lesen von Comics in der Freizeit keine Störgröße für die nachfolgende Auswertung darstellt.

### **6.4.3 Auswertung und Interpretation der Daten**

Um Rückschlüsse auf Forschungsfrage 3 ziehen zu können, werden die Daten anhand einer hierarchischen Regression ausgewertet und anschließend interpretiert. Zu Grunde gelegt wird ein Datensatz mit 118 Schüler/inne/n (siehe Abschnitt 5.4.2).

Im Folgenden wird eine hierarchische Regression mit zwei Modellen (Modell 1 und Modell 2) präsentiert. Die abhängige Variable (Kriteriumsvariable) ist dabei die erreichte Punktzahl der Schüler/innen im Posttest (Fachwissenstest zum Schwimmen und Sinken).

Aus der Forschung ist bekannt, dass das Vorwissen in einem bestimmten Themenbereich ein wichtiger Prädiktor für den Lernerfolg ist (z.B. Bloom, 1976; Dochy et al., 1999; Renkl, 1996). Deshalb wird in einem ersten Modell überprüft, inwiefern das Vorwissen zum Schwimmen und Sinken zur Varianzaufklärung beiträgt. Dafür wird der Fachwissenstest zum Schwimmen und Sinken herangezogen.



Nachfolgend zeigt Tabelle 6.14 die Parameter des ersten Modells der hierarchischen Regression.

<b>Modell 1</b>	<i>b</i>	<b>SE <i>b</i></b>	<i>β</i>	<i>p</i>
<b>Konstante</b>	5.06	0.55		.000
95% KI	[3.96; 6.16]			
<b>Vorwissen</b>	0.87	0.07	2.60	.000
95% KI	[0.74; 1.00]			
$R^2 = .52; F(1,155) = 168.30; p = .000$				
$N = 118$				

Tabelle 6.14: Modell 1 der hierarchischen Regression – erreichte Punktzahl im Posttest (Fachwissenstest zum Schwimmen und Sinken) als Kriteriumsvariable

Aus Tabelle 6.14 geht hervor, dass das Modell signifikant ist  $F(1,155) = 168.30, p = .000$ . Das Bestimmtheitsmaß  $R^2$  (korrigiertes  $R^2$ ) gibt Aufschluss über die aufgeklärte Varianz des Modells.  $R^2 = .52$  bedeutet, dass das Modell 52% der Varianz erklärt, was nach Cohen (2013) bei  $f = 1.04$  einem starken Effekt entspricht.

Tabelle 6.14 zeigt außerdem, dass der Regressionskoeffizient  $b$  des Vorwissens signifikant ausfällt (Bootstrap Konfidenzintervall vollzieht keinen Vorzeichenwechsel). Das heißt, dass der Regressionskoeffizient  $b$  des Vorwissens nicht 0 ist und das Vorwissen zum Schwimmen und Sinken einen signifikanten Einfluss auf die erreichte Punktzahl im Posttest (Fachwissenstest zum Schwimmen und Sinken) hat. Der Koeffizient wird wie folgt interpretiert: Wenn das Vorwissen zum Schwimmen und Sinken um eine Einheit steigt (ein Punkt mehr im Prätest), nimmt die erreichte Punktzahl im Posttest um 0.87 Punkte zu.

Als nächstes werden zusätzliche Prädiktoren (Dummy-Variablen) in die Regression eingeschlossen, um die dritte Forschungsfrage beantworten zu können. Hinzugefügt werden die Variablen „Comicvariante“ (Comic MIT Vis versus Comic OHNE Vis), „Leseverständnis“ (höheres Leseverständnis versus niedrigeres Leseverständnis) sowie die Interaktion der beiden Variablen (Comicvariante \* Leseverständnis).

Nachfolgend wird überprüft, inwiefern die Hinzugabe der Variablen zu einer signifikanten Verbesserung (d.h. zu einer signifikant höheren Varianzaufklärung) des Modells beiträgt. Tabelle 6.15 zeigt die Parameter des zweiten Modells der hierarchischen Regression. Das Modell enthält das Vorwissen zum Schwimmen und Sinken, die Comicvariante, das Leseverständnis sowie die Interaktion zwischen Comicvariante und Leseverständnis als Prädiktoren.

<b>Modell 2</b>	<i>b</i>	<i>SE b</i>	$\beta$	<i>p</i>
<b>Konstante</b>	3.82	0.59		.000
95% KI	[2.65; 4.99]			
<b>Vorwissen</b>	0.81	0.08	2.42	.000
95% KI	[0.66; 0.96]			
<b>Comicvariante</b>	3.24	0.55	1.11	.000
95% KI	[2.16; 4.32]			
<b>Leseverständnis</b>	2.10	0.58	0.59	.000
95% KI	[0.95; 3.24]			
<b>Comicvariante*Leseverständnis</b>	-1.78	0.76	-0.44	.021
95% KI	[-3.29; -0.28]			

$R^2 = .67$ ;  $F(4,113) = 69.25$ ;  $p = .000$

$N = 118$

Tabelle 6.15: Modell 2 der hierarchischen Regression – erreichte Punktzahl im Posttest (Fachwissenstest zum Schwimmen und Sinken) als Kriteriumsvariable

Tabelle 6.15 zeigt, dass das zweite Modell der hierarchischen Regression signifikant ist  $F(4,113) = 69.25$ ,  $p = .000$ . Das Bestimmtheitsmaß  $R^2$  (korrigiertes  $R^2$ ) erhöht sich von  $R^2 = .52$  auf  $R^2 = .67$ . Das bedeutet, dass das Modell 67% der Varianz erklärt. Bei  $f = 1.42$  entspricht dies nach Cohen (2013) einem starken Effekt. Die Erhöhung des Bestimmtheitsmaßes ist mit  $F(4,113) = 17.12$  signifikant ( $p = .000$ ).

Der Regressionskoeffizient  $b$  von „Comicvariante“ und „Leseverständnis“ fällt signifikant aus (Bootstrap Konfidenzintervall vollzieht keinen Vorzeichenwechsel). Das bedeutet, dass die Regressionskoeffizienten ungleich null sind und die Prädiktoren einen signifikanten Einfluss auf die erreichte Punktzahl im Posttest (Fachwissenstest zum Schwimmen und Sinken) haben. Die Koeffizienten werden folgendermaßen interpretiert: Die Variablen „Comicvariante“ und „Leseverständnis“ sind dichotom kodiert (1: Comicvariante „Comic MIT Vis“ sowie Gruppe „Lesestärke Schüler/innen“; 0: Comicvariante „Comic OHNE Vis“ sowie Gruppe „Leseschwache Schüler/innen“). Das heißt, dass Schüler/innen, welche mit dem Comic mit zusätzlichen Lernunterstützungen lernen, im Schnitt 3.24 Punkte mehr im Posttest erzielen als Schüler/innen, die den Comic ohne zusätzliche Lernunterstützungen erhalten. Außerdem erzielen lesestarke Schüler/innen durchschnittlich 2.10 Punkte mehr im Posttest als leseschwache Schüler/innen. Es wird deutlich, dass das Leseverständnis den Lernerfolg beeinflusst.

Zur Beantwortung der dritten Forschungsfrage ist der Regressionskoeffizient  $b$  von „Comicvariante\*Leseverständnis“ relevant, welcher die Interaktion zwischen „Comicvariante“ und „Leseverständnis“ berücksichtigt. Der Regressionskoeffizient  $b$  von „Comicvariante\*Leseverständnis“ beträgt -1.78. Der Koeffizient wird wie folgt interpretiert: Die Variablen „Comicvariante“ und „Leseverständnis“ sind dichotom kodiert. Das heißt, dass Schüler/innen mit höherem Leseverständnis 1.78 Punkte weniger Punkte im Posttest erzielen, wenn sie als Lernmaterial den Comic mit zusätzlichen Lernunterstützungen erhalten, statt den Comic ohne Lernunterstützungen in Form von Visualisierungen. Umgekehrt erzielen leseschwache Schüler/innen 1.78 Punkte mehr im Posttest, wenn sie mit dem Comic mit zusätzlichen Lernunterstützungen lernen, anstatt mit dem Comic ohne Lernunterstützungen in Form von Visualisierungen. Da das Konfidenzintervall die Null nicht überlappt, gibt es einen signifikanten Interaktionseffekt auf den Lernerfolg mit einer Irrtumswahrscheinlichkeit von 5%.

Zum Vergleich des Einflusses der Variablen werden die standardisierten Regressionskoeffizienten  $\beta$  verglichen.  $\beta_{\text{Vorwissen}}$  beträgt 2.42 und ist am höchsten. Der Größe absteigend folgen  $\beta_{\text{Comicvariante}}$  mit 1.11,  $\beta_{\text{Leseverständnis}}$  mit 0.59 und  $\beta_{\text{Comicvariante*Leseverständnis}}$  mit -0.44. Das Vorwissen hat demnach den größten Einfluss auf den Posttest.

#### *Zuverlässigkeit der hierarchischen Regression*

Es wurde überprüft, ob das zweite Modell der hierarchischen Regression – welches mehrere Prädiktoren einschließt – die Voraussetzungen für eine lineare Modellierung erfüllt.

Für die Prüfung der Residuen auf Homoskedastizität und Normalverteilung wurde das entsprechende  $Q-Q$ -Diagramm analysiert. Die optische Prüfung bestätigt eine Homoskedastizität und Normalverteilung der Residuen.

Außerdem sind die Fehlerterme unabhängig. Es besteht also keine Autokorrelation der Residuen (Durbin-Watson-Statistik beträgt 2.04, ideal wäre 2).

Des Weiteren liegt keine Multikollinearität vor. Das heißt, es gibt keine übermäßige Korrelation der unabhängigen Variablen miteinander (Variance-Inflation-Factor-Werte liegen zwischen 1.27 und 2.32).

Zuletzt wurde der Datensatz auf einflussreiche Fälle („Ausreißer“) überprüft, da diese einen großen Einfluss auf die Vorhersagegüte der Regression haben können (Field, 2013). Hierbei hat sich gezeigt, dass die Cook-Distanzen alle unter 1 liegen. Es existieren demnach keine einflussreichen Fälle im Datensatz.

#### **6.4.4 Beantwortung der Forschungsfrage 3 und Fazit für die Unterrichtspraxis**

Gemäß der dritten Forschungsfrage dieser Arbeit wurde untersucht, inwiefern das Lernmaterial den Lernerfolg von Schüler/inne/n im Themenbereich Schwimmen und Sinken beeinflusst, wenn die Lernvoraussetzungen der Schüler/innen berücksichtigt werden und eine Variation des Materials zwischen Comics mit und ohne zusätzliche/n Visualisierungen

erfolgt. In Abschnitt 6.4.3 wurden die Daten zur dritten Forschungsfrage ausgewertet und interpretiert. Nun soll die Frage beantwortet werden, indem auf die in Kapitel 4 aufgestellten Hypothese eingegangen wird.

Hypothese 1 lautete, dass Schüler/innen mit niedrigeren Lernvoraussetzungen einen höheren Lernerfolg erzielen, wenn sie die Intervention zum Schwimmen und Sinken mit einem Comic mit Lernunterstützungen in Form von zusätzlichen Visualisierungen durchlaufen. Aus dem zweiten Modell der hierarchischen Regression in Abschnitt 6.4.3 geht hervor, dass leseschwache Schüler/innen durchschnittlich 1.78 Punkte mehr im Posttest (Fachwissenstest zum Schwimmen und Sinken) erzielen, wenn sie mit dem Comic mit zusätzlichen Lernunterstützungen lernen. Die aufgestellte Hypothese wird deshalb verifiziert.

Des Weiteren wurde vermutet, dass Schüler/innen mit höheren Lernvoraussetzungen einen größeren Lernerfolg erzielen, wenn sie einen Comic ohne Lernunterstützungen in Form von zusätzlichen Visualisierungen erhalten.

Das zweite Modell der hierarchischen Regression zeigt, dass lesestarke Schüler/innen durchschnittlich 1.78 Punkte weniger im Posttest (Fachwissenstest zum Schwimmen und Sinken) erzielen, wenn sie die Intervention mit dem Comic mit zusätzlichen Lernunterstützungen durchlaufen. Die zweite Vermutung wird daher ebenfalls bestätigt.

Die Ergebnisse zeigen auf der einen Seite, dass sich die Lernunterstützungen in Form von zusätzlichen Visualisierungen positiv auf den Lernerfolg der Lernenden mit niedrigeren Lernvoraussetzungen (genauer leleschwache Lernende) auswirken. Auf der anderen Seite wird klar, dass die zusätzlichen Visualisierungen für Lernende mit höheren Lernvoraussetzungen (genauer lesestarke Lernende) lernhinderlich sind. Der Expertise-Umkehr-Effekt wird durch die vorliegende Studie bestätigt.

### *Fazit für die Unterrichtspraxis*

Es wird konkludiert, dass Schüler/innen mit unterschiedlichen Lernvoraussetzungen nicht gleichermaßen von Lernunterstützungen profitieren. Leseschwache Schüler/innen sind auf Unterstützungen angewiesen. Sie erreichen höhere Lernerfolge durch Unterstützungsmaßnahmen. Lesestarke Schüler/innen werden von den Maßnahmen negativ beeinflusst und erzielen niedrigere Lernerfolge.

Für die Unterrichtspraxis bedeutet dies, dass die Lernvoraussetzungen der Schüler/innen bei der Ausgabe des Lernmaterials berücksichtigt werden sollten. Erhalten Lernende mit niedrigeren Lernvoraussetzungen keine Unterstützungen, erreichen sie nicht den höchstmöglichen Lernerfolg. Gleiches gilt für Lernende mit höheren Voraussetzungen, die Unterstützungen erhalten, die sie nicht benötigen. Der höchstmögliche Lernerfolg wird dann erreicht, wenn das Unterrichtsmaterial an die Lernvoraussetzungen der Schüler/innen angepasst ist.

## 6.5 Zusammenfassung

In diesem Kapitel erfolgte die Auswertung der Daten und die Interpretation der Ergebnisse der Untersuchung. Dafür wurde zunächst ein Überblick über die relevanten Variablen gegeben: Fachwissen zum Schwimmen und Sinken, Leseverständnis, Lesen von Comics in der Freizeit, Selbstkonzept Sachunterricht und Selbstkonzept Lesen, Selbstwirksamkeit zum Schwimmen und Sinken sowie Interesse an der Intervention. Es wurde angemerkt, dass diese Variablen für die Beantwortung der Forschungsfragen erhoben werden müssen.

Es fand eine Lernwirksamkeitsanalyse des konzipierten Lernmaterials statt. Hierbei wurde belegt, dass die innovative Lerneinheit zum Themenbereich Schwimmen und Sinken lernförderlich ist. Ein  $t$ -Test für gepaarte Stichproben ( $t(156) = 20.11, p = .000$ ) zeigte, dass das Fachwissen der Schüler/innen im Posttest signifikant ( $p = .000$ ) steigt (Effektstärke nach Cohen von  $d = 1.60$ ).

Außerdem erfolgte die Überprüfung, ob der interpretierte Lerneffekt von einem Testwiederholungseffekt betroffen ist. Es stellte sich heraus, dass eine Kontrollgruppe – welche keine Intervention durchläuft und lediglich den Fragebogen zum Schwimmen und Sinken (zweifach) bearbeitet – keinen Lernzuwachs verzeichnet. Ein  $t$ -Test zeigte, dass sich die Summenscores der Schüler/innen (bezogen auf zwei Messzeitpunkte) nicht signifikant ( $p = 1.000$ ) unterscheiden. Ein Testwiederholungseffekt konnte daher ausgeschlossen werden.

Bei den Analysen zur Forschungsfrage 1 und 2 fanden 157 Schüler/innen Berücksichtigung. Um bei den Untersuchungen eine Vergleichbarkeit der Interventionsgruppen („Comic MIT Vis“, „Comic OHNE Vis“ und „KEIN Comic“) zu gewährleisten, wurden die Schüler/innen zunächst hinsichtlich potenzieller vorunterrichtlicher Unterschiede überprüft. Dabei konnte festgehalten werden, dass sich die Gruppen in Bezug auf das Vorwissen zum Schwimmen und Sinken, die Höhe des Leseverständnisses, das Selbstkonzept Sachunterricht und das Selbstkonzept Lesen nicht signifikant ( $p > .050$ ) voneinander unterscheiden. Eine Homogenität der Eingangsvoraussetzungen der Interventionsgruppen wurde dokumentiert.

Durch die Beantwortung der ersten Forschungsfrage wurde überprüft, inwiefern das Lernmaterial den Lernerfolg von Schüler/inne/n im Themenbereich Schwimmen und Sinken beeinflusst, wenn eine Variation des Materials zwischen Comics mit und ohne zusätzliche/n Visualisierungen sowie strukturierten Arbeitsblättern ohne zusätzliche Visualisierungen erfolgt.

Eine univariate Varianzanalyse (ANOVA) mit Messwiederholung zeigte einen signifikanten Interaktionseffekt zwischen den Untersuchungsgruppen und der Zeit  $F(2,154) = 35.57, p = .000, \eta^2 = 0.32$ . Ein Treatmenteffekt auf den Lernerfolg wurde dadurch belegt. Je nach Unterrichtsmaterial (Comic MIT Vis, Comic OHNE Vis und KEIN Comic) werden verschiedene Lernerfolge von den Schüler/inne/n verzeichnet.

Gemäß Forschungsfrage 2 wurde untersucht, inwiefern das Lernmaterial verschiedene Schülermerkmale – wie das Selbstkonzept Sachunterricht, das Selbstkonzept Lesen, die Selbstwirksamkeit zum Thema Schwimmen und Sinken und das Interesse an der Intervention – beeinflusst, wenn eine Variation des Materials zwischen Comics mit und ohne zusätzliche/n Visualisierungen sowie strukturierten Arbeitsblättern ohne zusätzliche Visualisierungen erfolgt. Durch ANOVAs mit Messwiederholung konnten verschiedene Treatmenteffekte auf die vier Bereiche belegt werden.

Auf der einen Seite gibt es keinen Effekt beim Selbstkonzept Sachunterricht und Selbstkonzept Lesen. Auf der anderen Seite wurden Effekte bei der Selbstwirksamkeit zum Thema Schwimmen und Sinken (nach der Intervention) und beim Interesse an der Intervention dokumentiert. Beim Interesse an der Intervention zeigte sich beispielsweise, dass Schüler/innen, welche die Intervention mit einem Comic durchlaufen, ein signifikant höheres Interesse haben als Schüler/innen, die nicht mit einem Comic lernen. Übergreifend wurde geschlussfolgert, dass das Lernmaterial die verschiedenen Schülermerkmale beeinflusst.

Aus der Forschung ist bekannt, dass Lernende mit unterschiedlichen Lernvoraussetzungen (zum Beispiel sprachlichen Voraussetzungen) nicht gleichermaßen von Lernunterstützungen wie Text-Bild-Kombinationen profitieren (z.B. Kalyuga et al., 2003; R. E. Mayer, 2012). Deshalb wurde untersucht, inwiefern das Lernmaterial (Variation zwischen Comics mit und ohne zusätzliche/n Visualisierungen) den Lernerfolg von Schüler/innen im Themenbereich Schwimmen und Sinken beeinflusst, wenn die Lernvoraussetzungen der Schüler/innen berücksichtigt werden (Forschungsfrage 3).

Zur Überprüfung der dritten Forschungsfrage wurden 118 Schüler/innen berücksichtigt. Zunächst erfolgte die Überprüfung, ob die Variable „Lesen von Comics in der Freizeit“ einen Einfluss auf den Lernerfolg der Schüler/innen hat. Eine ANOVA mit Messwiederholung zeigte, dass es keinen Interaktionseffekt der Gruppen („Comicleser/innen“ versus „keine Comicleser/innen“) und der Zeit gibt  $F(1,114) = 0.69, p = .409$ . Die Variable „Lesen von Comics in der Freizeit“ wurde somit als etwaige Störgröße für die Untersuchung ausgeschlossen.

Die Auswertung der dritten Forschungsfrage fand mithilfe einer hierarchischen Regression statt. Das zweite Modell der Regression (Kriteriumsvariable: erreichte Punktzahl der Schüler/innen im Posttest zum Schwimmen und Sinken; Prädiktoren: Vorwissen, Comicvariante, Leseverständnis und Interaktion zwischen Comicvariante und Leseverständnis) ist signifikant  $F(4,113) = 69.25, p = .000$ . Das Modell klärt 67% der Varianz auf. Bei  $f = 1.42$  entspricht dies nach Cohen (2013) einem starken Effekt.

Es wurde festgehalten, dass Schüler/innen mit unterschiedlichen Lernvoraussetzungen (höherem und niedrigerem Leseverständnis) nicht gleichermaßen von den eingesetzten Lernunterstützungen profitieren. Auf der einen Seite wirken sich die Unterstützungen in Form von Visualisierungen positiv auf Schüler/innen mit niedrigeren Lernvoraussetzungen (genauer leseschwache Schüler/innen) aus. Auf der anderen Seite sind die Unterstützungen für Schüler/innen mit höheren Lernvoraussetzungen (genauer lesestarke Schüler/innen)

kontraproduktiv. Lesestarke Schüler/innen erzielten 1.78 Punkte weniger im Posttest, wenn sie als Unterrichtsmaterial den Comic mit zusätzlichen Lernunterstützungen erhalten, statt den Comic ohne Lernunterstützungen.

Der sogenannte Expertise-Umkehr-Effekt (Kalyuga, 2007; Kalyuga et al., 2003; siehe Abschnitt 3.1.2.2) wurde mit den vorliegenden Daten bestätigt. Der höchstmögliche Lernerfolg von Schüler/inne/n wird erreicht, wenn das Unterrichtsmaterial an die Lernvoraussetzungen der Schüler/innen angepasst ist. Lernende mit niedrigeren Lernvoraussetzungen erreichen mit Unterstützungen den höchstmöglichen Lernerfolg. Lernende mit höheren Lernvoraussetzungen werden von Unterstützungen, die sie nicht benötigen, negativ beeinflusst. Für die Unterrichtspraxis bedeutet dies, dass die Lernvoraussetzungen der Schüler/innen – im Sinne von adaptivem Unterricht – berücksichtigt werden sollten.





Teil IV  
Zusammenfassung,  
Diskussion und Ausblick



## Zusammenfassung

In der vorliegenden Forschungsarbeit wurden quasi-experimentelle Interventionsstudien im naturwissenschaftlichen Unterricht der Primarstufe durchgeführt. Zum Einsatz kamen dabei verschiedene Lernmaterialien, mit deren Hilfe das Thema Schwimmen und Sinken behandelt wurde. Das übergeordnete Ziel der Arbeit war es zu analysieren, inwiefern die differenziellen Lernmaterialien den Lernerfolg von Schüler/inne/n im Bereich Schwimmen und Sinken sowie verschiedene Schülermerkmale beeinflussen. Da es Hinweise aus der Lehr-Lernforschung gibt, dass Schüler/innen mit verschiedenen Lernvoraussetzungen von unterschiedlichem Unterrichtsmaterial profitieren, wurden die individuellen Voraussetzungen der Schüler/innen erhoben. Dadurch konnten differenzielle Auswirkungen der Lernmaterialien eruiert werden.

Im Folgenden werden der theoretische und empirische Teil der Arbeit zusammengefasst.

## Theoretischer Teil

### Das Thema Schwimmen und Sinken

#### *Motivation der Wahl des Unterrichtsgegenstands Schwimmen und Sinken*

Das Thema Schwimmen und Sinken ist im Grundschulbereich aus curricularer Sicht von Bedeutung, hat eine hohe Relevanz im Alltag der Schüler/innen und ist Gegenstand zahlreicher und jahrelang andauernder Forschung. Deshalb wurde das Thema im Rahmen der vorliegenden Forschungsarbeit im Sachunterricht der Grundschule als Unterrichtsgegenstand ausgewählt.

#### *Physikalischer Hintergrund zum Schwimmen und Sinken*

Der physikalische Hintergrund zum Schwimmen und Sinken mit den Größen Dichte, Druck, Auftrieb sowie das archimedische Prinzip wurde dargelegt. Zweifellos ist eine didaktische Reduktion der Thematik für Grundschulkinder unumgänglich. Mögliche verkürzte Darstellungen des Themas über einen Dichtevergleich zwischen der Dichte eines Körpers in Bezug auf die Dichte des Fluids, in dem der Körper untersucht wird, wurden thematisiert.

#### *Bestehende Unterrichtsansätze und ausgewählte Forschungsbefunde zum Schwimmen und Sinken*

Mithilfe eines stufenübergreifenden Einblicks in den Forschungsstand des Unterrichtsthemas wurde deutlich, dass das Schwimmen und Sinken ein viel beforschtes Thema ist, welches den Schüler/inne/n über viele Altersstufen hinweg Verständnisprobleme bereitet. Damit Schüler/innen trotz der Komplexität der Thematik ein konzeptionelles Verständnis entwickeln können, müssen verschiedene Maßnahmen von Lehrpersonen ergriffen werden.

Interventionsstudien zum Schwimmen und Sinken zeigen, dass beispielsweise klar strukturierte Unterrichtsumgebungen (Hardy et al., 2006; van Schaik et al., 2020), Instruktionen zur Variablenkontrollstrategie (Schalk et al., 2019; Zoupidis et al., 2016) und der Einsatz von visuellen Repräsentationen (Hardy & Stern, 2011; K. Möller et al., 2002; Vitale et al., 2019) lohnende Lernunterstützungen darstellen.

### *Schülervorstellungen im Primarbereich*

Schülervorstellungen, die in den Unterricht mitgebracht werden, sind beim Lernen von naturwissenschaftlichen Inhalten von besonderer Bedeutung (z.B. Carey, 2000; Jonen, Möller & Hardy, 2003). Im Bereich Schwimmen und Sinken gibt es eine Vielzahl an Schülervorstellungen, die nicht im Einklang mit der wissenschaftlichen Sichtweise sind (z.B. Pollmeier et al., 2011). Gängige Schülervorstellungen sind:

- „Was leicht ist, schwimmt. Was schwer ist, geht unter.“
- „Alles aus Holz schwimmt. Alles aus Metall sinkt.“
- „Es liegt daran, ob etwas Luft in sich hat. Ein Schiff aus Metall schwimmt zum Beispiel, weil dort Luft drin ist.“
- „Enten gehen nicht unter, weil sie mit den Füßen paddeln.“

### *Implikationen für die eigene Forschungsarbeit*

Den gegenwärtigen Forschungsergebnissen folgend, wurde die Lernumgebung der eigenen Intervention lernunterstützend gestaltet. Bei der Planung des Unterrichts für die Interventionsstudien fanden die aus der Forschung bekannten Schülervorstellungen Berücksichtigung. Sie wurden im Unterricht adressiert und aufgearbeitet. Dadurch wurde ein Konzeptwechsel der Schüler/innen zur wissenschaftlich korrekten Vorstellung forciert.

## **Das Medium Comic**

### *Definition – Was ist ein Comic?*

Durch verschiedene Comicdefinitionen kam zum Ausdruck, dass die Informationsvermittlung oder die Vermittlung einer Geschichte charakteristisch für einen Comic sind.

### *Der Comic als Lernmaterial im Unterricht*

In der Vergangenheit war die Haltung gegenüber Comics als Lernmaterial in der Schule nicht immer positiv. Der Comic wurde meist kritisch betrachtet und als triviales Massenmedium beschrieben (Neuhaus, 2017). Die vielfältige Einsatzmöglichkeit des Comics im Unterricht wurde jedoch bald erkannt.

*Lernunterstützung durch die Struktur eines Comics*

Comics bieten die Möglichkeit, Unterricht durch deren Struktur lernunterstützend zu gestalten. Zum einen kann ein Comic durch das Erzählen in Sequenzen zur inhaltlichen Strukturierung eines Lerngegenstands beitragen. Zum anderen kann er dazu dienen, den Unterricht beziehungsweise den Lerngegenstand durch Anregungen oder kognitive Prompts, kognitiv zu strukturieren.

*Lernunterstützung durch Text-Bild-Kombinationen*

Durch einen Comic können Text-Bild-Kombinationen genutzt werden, um die Schüler/innen beim Wissenserwerb zu unterstützen. Der positive Effekt von Text-Bild-Kombinationen wird in der Literatur als Multimedia Effekt (z.B. R. E. Mayer, 2012, 2022; R. E. Mayer & Moreno, 2003) bezeichnet. Wichtige theoretische Grundlagen bezüglich des Multimedia Effekts liefern:

- die Cognitive Load Theory (Sweller, 1988, 1994, 2010, 2012; Sweller et al., 2011; Sweller et al., 2019),
- die duale Kodierungstheorie (Paivio, 1986),
- die Cognitive Theory of Multimedia Learning (R. E. Mayer, 2012, 2022; R. E. Mayer & Moreno, 2003) und
- das Modell des Text- und Bildverstehens (z.B. Schnotz, 2022; Schnotz & Bannert, 2003).

Die Cognitive Load Theory setzt sich mit der kognitiven Belastung beim Lernen auseinander. Sie geht von drei Arten der kognitiven Belastung beim Lernprozess aus: Intrinsic Cognitive Load (intrinsische kognitive Belastung), Extraneous Cognitive Load (extrinsische kognitive Belastung) und Germane Cognitive Load (lernbezogene kognitive Belastung). Diese drei Arten der kognitiven Belastung bilden zusammen den gesamten Cognitive Load.

Neben der Cognitive Load Theory gibt es weitere Theorien (siehe oben), die sich mit dem Lernen mit multimedialen Lernmaterialien beschäftigen. Die Theorien gehen davon aus, dass Informationen in zwei verschiedenen kognitiven Systemen verarbeitet werden: im verbal organisierten und im visuell organisierten Kanal (Schnotz & Bannert, 2003).

Die duale Darbietung von Informationen kann den Lernprozess unterstützen. Beispielsweise können leseschwache Lernende durch Text-Bild-Kombinationen den visuellen Verarbeitungskanal nutzen, um Texte besser zu verstehen (Schnotz & Bannert, 2003).

*Förderung affektiver Aspekte durch Comics*

Neben der Strukturierungsmöglichkeit und Möglichkeit der Lernunterstützung durch Text-Bild-Kombinationen können Comics affektive Aspekte von Schüler/inne/n fördern. Dabei stellt der Comic sowohl ein motivations- als auch ein interessensförderndes

Lernmaterial dar (z.B. Frey & Fisher, 2004; Hosler & Boomer, 2011; Morrison et al., 2002; Ranker, 2007; Sandmann & Wenning, 2015).

#### *Forschungsstand zur Lernwirksamkeit von Comics als Lernmaterial*

Da die Lernwirksamkeit ein zentrales Qualitätsmerkmal von Unterricht ist, wurden Lernwirksamkeitsstudien im Kontext von Comics als Lernmaterial analysiert. Studien belegen einen positiven Effekt von Comics auf das Lernen von verschiedenen Sachverhalten in unterschiedlichen Altersstufen.

#### *Implikationen für die eigene Forschungsarbeit*

Aufgrund der positiven Eigenschaften von Comics wurden im Unterricht für die eigene Forschungsarbeit Comics eingesetzt.

### **Konzept zur Gestaltung des Lernmaterials für die eigene Intervention**

#### *Definition – Was sind adaptive Lernsettings?*

Für den Unterricht der Interventionsstudien wurden adaptive Lernsettings konzipiert. Unter adaptiven Lernsettings werden Lernumgebungen verstanden, welche an die Voraussetzungen der Lernenden angepasst sind. Sie sollen dabei helfen, den individuellen Fähigkeiten und Bedürfnissen einzelner Schüler/innen gerecht zu werden (z.B. Corno & Snow, 1986; Glaser, 1972).

#### *Relevanz – Warum braucht es adaptive Lernsettings?*

Die Gründe für den Einsatz von adaptiven Lernsettings sind vielfältig. Die Heterogenität der Schüler/innen, der Expertise-Umkehr-Effekt sowie die Förderung/Erhaltung der Motivation beim Lernen sprechen für den Einsatz derartiger Lernumgebungen.

#### *Ausgewählte Forschungsbefunde zur Wirkung von adaptivem Unterricht*

Einige Studien in der Sekundarstufe I belegen, dass der Lernerfolg von Schüler/inne/n von der Passung zwischen Lehrmethode und Lernvoraussetzungen abhängt (z.B. Kalyuga, 2008; Kalyuga et al., 1998; H. Lee et al., 2006; Spanjers et al., 2011; Yeung et al., 1998). Der sogenannte ATI-Ansatz („Aptitude Treatment Interaction-Ansatz“; z.B. Cronbach & Snow, 1977) wird dabei verfolgt.

Im Zuge des ATI-Ansatzes ist der Expertise-Umkehr-Effekt (Kalyuga, 2007; Kalyuga et al., 2003) geläufig. Dieser besagt, dass Lernende mit ungünstigeren Lernvoraussetzungen von Unterstützungen profitieren, umgekehrt jedoch Unterstützungen für Lernende mit günstigeren Voraussetzungen nachteilig sein können.

#### *Implikationen für die eigene Forschungsarbeit*

Adaptive Lernsettings bieten die Möglichkeit auf die Heterogenität der Lernenden einzugehen. Durch die Anpassung des Lernmaterials an die Schüler/innen können diese besser

gefördert werden und ihr volles Potenzial entfalten. Für die Interventionsstudien der eigenen Forschungsarbeit wurden deshalb adaptive Lernsettings entwickelt und eingesetzt, um die Schüler/innen individuell zu fördern. Es wurden Lernmaterialien für Schüler/innen mit höheren und niedrigeren Lernvoraussetzungen konzipiert.

### *Gestaltung eines eigenen Comics*

Bei der Konzeption der Lernmaterialien wurden verschiedene Gestaltungsprinzipien zum multimedialen Lernen (engl.: Principles of Multimedia Learning; Fiorella & Mayer, 2022; R. E. Mayer, 2012, 2022; R. E. Mayer & Moreno, 2003; Richter et al., 2016) berücksichtigt. Vor allem das räumliche Kontiguitätsprinzip, das Signaling-Prinzip, das Kohärenzprinzip sowie das Personalisierungsprinzip wurden bei der Gestaltung bedacht.

Für die Interventionsstudien wurden zwei verschiedene Comics konzipiert. Ein Comic mit zusätzlichen Visualisierungen zielte darauf ab, Schüler/innen mit niedrigeren Lernvoraussetzungen durch Visualisierungen zu unterstützen. Hierbei wurden zwei spezielle Visualisierungsarten in den Comic integriert, welche empirisch als lernförderlich identifiziert wurden: Visualisierungen von Arbeitsaufträgen und Visualisierungen von Balkenwaagen.

## **Forschungsfragen**

Auf Basis der theoretischen Überlegungen wurden drei Forschungsfragen formuliert:

### *Forschungsfrage 1*

Inwiefern beeinflusst das Lernmaterial den Lernerfolg von Schüler/inne/n im Themenbereich Schwimmen und Sinken, wenn eine Variation des Materials zwischen Comics mit und ohne zusätzliche/n Visualisierungen sowie strukturierten Arbeitsblättern ohne zusätzliche Visualisierungen erfolgt?

### *Forschungsfrage 2*

Inwiefern beeinflusst das Lernmaterial verschiedene Schülermerkmale – wie das Selbstkonzept in Bezug auf den Sachunterricht, das Selbstkonzept in Bezug auf das Lesen, die Selbstwirksamkeit in Bezug auf das Schwimmen und Sinken und das Interesse an der Intervention – wenn eine Variation des Materials zwischen Comics mit und ohne zusätzliche/n Visualisierungen sowie strukturierten Arbeitsblättern ohne zusätzliche Visualisierungen erfolgt?

*Forschungsfrage 3*

Inwiefern beeinflusst das Lernmaterial den Lernerfolg von Schüler/inne/n im Themenbereich Schwimmen und Sinken, wenn die Lernvoraussetzungen der Schüler/innen berücksichtigt werden und eine Variation des Materials zwischen Comics mit und ohne zusätzliche/n Visualisierungen erfolgt?

## **Empirischer Teil**

### **Anlage der Untersuchung**

Die Unterrichtsmaterialien sowie verschiedene Untersuchungsinstrumente wurden weitestgehend selbst konzipiert. Es waren mehrere Untersuchungsmaßnahmen erforderlich, um die Güte der Materialien zu überprüfen.

#### *Pilotierung I*

Durch eine erste umfangreiche Pilotierung wurden das innovative Unterrichtsmaterial und ein für die Studie konzipierter Fachwissenstest zum Schwimmen und Sinken erprobt. Die Pilotierung zeigte, dass die Schüler/innen einen eingesetzten Lerncomic (= Unterrichtsmaterial) und dessen Bestandteile weitestgehend verstehen und in korrekter Reihenfolge lesen.

Allerdings zeigte ein Prä-Post-Vergleich des Fachwissens zum Schwimmen und Sinken, dass die Schüler/innen geringe Lernerfolge erzielen. Deshalb wurde die Lernzeit der Intervention erhöht und die Logik einer sogenannten Dichtematrix verstärkt unterrichtet.

Der Fachwissenstest zum Schwimmen und Sinken erfüllte bereits die Gütekriterien für einen Fragebogen. Es wurden wenige sprachliche Überarbeitungen vorgenommen und vier Fragen ergänzt.

#### *Pilotierung II*

In einer weiteren Pilotierung wurden zwei differenzielle Comicvarianten (Comic MIT Vis und Comic OHNE Vis) als Lernmaterial eingesetzt und erprobt. Außerdem wurde der erweiterte Fachwissenstest zum Schwimmen und Sinken sowie ein weiterer Fragebogen mit Skalen zur Erfassung selbstbezogener Schülermerkmale vor und nach der Intervention getestet. Im Vergleich zur ersten Pilotierung stellte sich heraus, dass die Schüler/innen höhere Lernerfolge erzielen. Mittelwertvergleiche verdeutlichten außerdem, dass die Schüler/innen, welche mit dem Comic mit Lernunterstützungen in Form von Visualisierungen lernen, höhere Lernerfolge erzielen als Schüler/innen, die den Unterricht mit dem Comic ohne Lernunterstützungen in Form von Visualisierungen durchlaufen. Die Gütekriterien der eingesetzten Fragebögen waren erfüllt.



*Hauptuntersuchung*

Bei der Hauptuntersuchung handelte es sich um eine quasi-experimentelle Interventionsstudie mit Prä-Post-Design, bei der insgesamt 157 Schüler/innen an zwei Untersuchungsstagen teilnahmen. Die Studie umfasste drei verschiedene Interventionsgruppen („Comic MIT Vis“, „Comic OHNE Vis“ und „KEIN Comic“). Entsprechend der Gruppenzugehörigkeit bekamen die teilnehmenden Schüler/innen das dazugehörige Lernmaterial. Dieses unterschied sich lediglich in deren Gestaltung. Lernzielrelevante Unterrichtskomponenten (wie zum Beispiel eine Dichtematrix) waren Bestandteil aller Interventionsgruppen.

*Untersuchungsinstrumente der Hauptuntersuchung*

Verschiedene Skalen der eingesetzten Fragebögen wurden analysiert. Dabei konnte beispielsweise gezeigt werden, dass alle Skalen eine gute interne Konsistenz aufweisen (belegt durch den Reliabilitätskoeffizienten Cronbachs  $\alpha$ ).

**Ergebnisse der Untersuchung***Lernwirksamkeitsanalyse des konzipierten Lernmaterials*

Bevor die drei Forschungsfragen der Arbeit beantwortet wurden, erfolgte eine übergreifende Analyse, ob die Schüler/innen ( $N = 157$ ) durch das innovative Lernmaterial zum Schwimmen und Sinken einen Lernzuwachs erzielen.

Ein  $t$ -Test für gepaarte Stichproben zeigte, dass das Fachwissen zum Schwimmen und Sinken zwischen Prä- und Posttest signifikant steigt ( $p = .000$ ). Nach Cohen (2013) entspricht dies einem großen Effekt ( $d = 1.60$ ). Es wurde festgehalten, dass es sich bei dem konzipierten Lernmaterial zum Schwimmen und Sinken um eine lohnende Möglichkeit handelt, das Thema lernförderlich zu unterrichten.

Zur Kontrolle, ob der Lerneffekt von einem Testwiederholungseffekt betroffen ist, wurde eine Kontrollgruppe hinzugezogen. Diese durchlief keine Intervention und bearbeitete lediglich den Fachwissenstest zum Schwimmen und Sinken zu zwei Messzeitpunkten. Ein  $t$ -Test zeigte, dass es keinen signifikanten ( $p = 1.000$ ) Unterschied zwischen den beiden Messzeitpunkten gibt. Ein Testwiederholungseffekt wurde ausgeschlossen.

*Beantwortung der Forschungsfrage 1*

Durch eine Variation des Lernmaterials (Comic MIT Vis, Comic OHNE Vis und KEIN Comic) wird der Lernerfolg von Schüler/inne/n im Themenbereich Schwimmen und Sinken beeinflusst.

- Schüler/innen der Gruppe „Comic MIT Vis“ erzielen einen höheren Lernerfolg als Schüler/innen der Gruppe „Comic OHNE Vis“.
- Schüler/innen der Gruppe „Comic MIT Vis“ erzielen einen höheren Lernerfolg als die Schüler/innen der Gruppe „KEIN Comic“.

Schüler/innen der Gruppen „Comic OHNE Vis“ und „KEIN Comic“ unterscheiden sich nicht hinsichtlich des Lernerfolgs. Das bedeutet, dass der alleinige Wechsel des Unterrichtsmaterials von konventionellem Lernmaterial (in Form von strukturierten Arbeitsblättern) zu einem Comic keinen höheren Lernerfolg zur Folge hat. Erst die Erweiterung des Comics durch die zusätzlichen Visualisierungen trägt zu einer Erhöhung des Lernerfolgs im Bereich Schwimmen und Sinken bei.

*Beantwortung der Forschungsfrage 2*

Durch eine Variation des Lernmaterials („Comic MIT Vis“, „Comic OHNE Vis“ und „KEIN Comic“) werden verschiedene Schülermerkmale beeinflusst.

- Schüler/innen der Gruppe „Comic MIT Vis“ schätzen sich nach der Intervention selbstwirksamer in Bezug auf das Thema Schwimmen und Sinken ein als Schüler/innen der Gruppe „KEIN Comic“.
- Schüler/innen der Gruppe „Comic MIT Vis“ entwickeln ein höheres Interesse an der Intervention als Schüler/innen der Gruppe „KEIN Comic“.
- Schüler/innen der Gruppe „Comic OHNE Vis“ entwickeln ein höheres Interesse an der Intervention als Schüler/innen der Gruppe „KEIN Comic“.

Hingegen werden andere Schülermerkmale nicht von der Variation des Lernmaterials beeinflusst.

- Die Variation des Lernmaterials hat keinen Einfluss auf die Entwicklung des Selbstkonzepts in Bezug auf den Sachunterricht.
- Die Variation des Lernmaterials hat keinen Einfluss auf die Entwicklung des Selbstkonzepts in Bezug auf das Lesen.

*Beantwortung der Forschungsfrage 3*

Der Lernerfolg der Schüler/innen wird von der Interaktion zwischen dem Lernmaterial (Comic MIT Vis versus Comic OHNE Vis) und der Lernvoraussetzung (Leseverständnis) beeinflusst.

- Schüler/innen mit niedrigeren Lernvoraussetzungen erzielen einen höheren Lernerfolg, wenn sie die Intervention zum Schwimmen und Sinken mit dem Comic MIT Vis durchlaufen.
- Schüler/innen mit höheren Lernvoraussetzungen erzielen einen höheren Lernerfolg, wenn sie mit einem Comic ohne Lernunterstützungen in Form von zusätzlichen Visualisierungen lernen.

*Fazit*

Auf den ersten Blick scheint es so, dass alle Schüler/innen, welche den Unterricht mit einem Comic mit zusätzlichen Lernunterstützungen in Form von Visualisierungen durchlaufen, höhere Lernerfolge erzielen als Schüler/innen, die mit einem Comic ohne zusätzliche Unterstützungen lernen. Werden allerdings die Lernvoraussetzungen der Schüler/innen berücksichtigt, zeigen sich differenzielle Effekte. Die eingesetzten Unterstützungen führen lediglich bei Schüler/inne/n mit niedrigeren Lernvoraussetzungen zu höheren Erfolgen. Erhalten Schüler/innen mit höheren Voraussetzungen die identischen Unterstützungen, erreichen sie niedrigere Lernerfolge. Der sogenannte Expertise-Umkehr-Effekt (Kalyuga, 2007; Kalyuga et al., 2003) wird durch die vorliegende Arbeit in der Grundschule belegt.

Der höchstmögliche Lernerfolg von Schüler/inne/n wird erreicht, wenn das Unterrichtsmaterial an die individuellen Lernvoraussetzungen der Schüler/innen angepasst ist. Schüler/innen mit niedrigeren Voraussetzungen erreichen mit Unterstützungen den höchstmöglichen Lernerfolg. Schüler/innen mit höheren Lernvoraussetzungen werden von Unterstützungen, die sie nicht benötigen, negativ beeinflusst. Ihr Lernerfolg ist niedriger.

Für die Unterrichtspraxis heißt dies, dass die Lernvoraussetzungen der Schüler/innen bei der Vergabe des Unterrichtsmaterials – im Sinne von adaptivem Unterricht – berücksichtigt werden sollten.



## Diskussion und Ausblick

Die vorliegende Untersuchung liefert wichtige Erkenntnisse über die Wirkung differenzieller Lernmaterialien auf den Lernerfolg von Schüler/innen mit unterschiedlichen Lernvoraussetzungen. Trotz aussagekräftiger Ergebnisse kann die Untersuchung beziehungsweise der Unterricht der Untersuchung verfeinert werden. Im Folgenden wird die Arbeit kritisch reflektiert und es werden Veränderungsvorschläge genannt, die zur Inspiration zukünftiger Forschungsbemühungen dienen können.

### *Spezifischere Anpassung der Lernmaterialien*

Es sollte in Betracht gezogen werden, die Lernmaterialien noch spezifischer auf die individuellen Lernbedürfnisse der Schüler/innen abzustimmen. Dafür könnten zusätzliche Schülermerkmale wie der sozioökonomische Hintergrund, die kognitive Fähigkeit oder die Bildkompetenz (engl. visual literacy) von Schüler/innen erhoben und weitere angepasste Lernmaterialien erstellt werden. Diese weiteren Lernmaterialien – zum Beispiel Simulationen, interaktive Spiele, Videos oder Arbeitsblätter – könnten genauer untersucht werden, um herauszufinden, welche Formate für welche Schüler/innen am effektivsten sind. Solche Untersuchungen, die weitere Schülermerkmale in den Blick nehmen, könnten dazu beitragen, die Effektivität von verschiedenen Lernmaterialien noch besser zu verstehen.

### *Erhebungsinstrumente*

Der Fachwissenstest zum Schwimmen und Sinken sowie die Fragebögen zur Erhebung von verschiedenen Schülermerkmalen erfordern ein gewisses Maß an Leseverständnis. Lernende mit niedrigerem Leseverständnis könnten beim Beantworten des Fachwissenstests Probleme haben.

Um die Abhängigkeit der Lesefähigkeit während der Erhebung zu minimieren, sind Lernunterstützungen für Schüler/innen mit geringerer Lesefähigkeit denkbar. Beispielsweise könnte die Befragung auditiv oder visuell unterstützt werden. Zu berücksichtigen ist auch hier, dass Schüler/innen mit höherer Lesefähigkeit von den Unterstützungen benachteiligt werden können. Die Gestaltung des Erhebungsinstruments sollte daher an die Lernvoraussetzungen angepasst sein.

### *Erfassung der kognitiven Belastung*

Die Ergebnisse der vorliegenden Forschungsarbeit werden mit der Cognitive Load Theory und dem Expertise-Umkehr-Effekt erklärt. Die Ergebnisse können jedoch nicht eindeutig auf die theoretischen Modelle zurückgeführt werden. An dieser Stelle würde eine Erhebung der kognitiven Belastung während der Intervention Abhilfe schaffen.

Es könnte untersucht werden, wie die zusätzlichen Visualisierungen wahrgenommen werden und inwiefern sie zur Überlastung des Arbeitsgedächtnisses beitragen. Konkret könnte während der Intervention gefragt werden, wie sehr sich die Schüler/innen beim Bearbeiten des Comics (MIT/OHNE Visualisierungen) anstrengen konnten.

Bei einer Erhebung der kognitiven Belastung ist darauf zu achten, dass die Erfassung selbst auch kognitiv belastend sein kann. Daher sollte die Erhebung sorgfältig geplant werden, damit es nicht zu einer Verzerrung der Ergebnisse kommt.

### *Fokus auf eine Visualisierungsart*

Im Comic mit zusätzlichen Lernunterstützungen werden zwei Visualisierungsarten eingesetzt: Visualisierungen von Arbeitsaufträgen und Visualisierungen von Balkenwaagen. Abschließend kann nicht identifiziert werden, welche Visualisierung mehr/weniger zu einem Lernerfolg beiträgt. Durch das Verwenden nur einer Visualisierungsart im Comic könnten hier weitere Erkenntnisse erlangt werden.

### *Zeitökonomie*

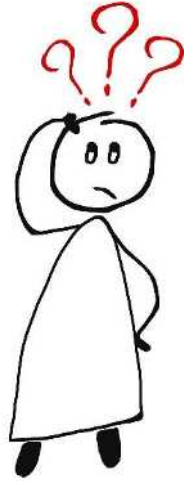
Im Unterricht der Interventionsstudien werden den Schüler/innen Experimentiermaterialien zur Verfügung gestellt. Das Erstellen der Materialien ist aufwändig und mit einem hohen Zeitaufwand verbunden. Um diesen Aufwand zu vermeiden, kann die Lernumgebung in eine Simulation implementiert werden. Dadurch könnte die Lernumgebung anderen Lehrkräften zur Verfügung gestellt werden. Darüber hinaus können in einer Simulation weitere Lernunterstützungen (z.B. Erklärvideos) eingesetzt werden.

Teil V  
Anhang





## A.1 Fragebogen zum Schwimmen und Sinken



Liebe Schülerin, lieber Schüler!

In diesem Fragebogen findest du Fragen zum Schwimmen und Sinken.

Bitte lies jede Frage aufmerksam durch!

Beantworte die Fragen so gut du kannst!


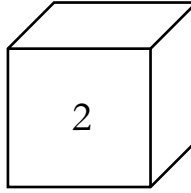
Es gibt keine „falschen“ Antworten.

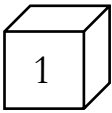
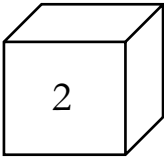
Gib einfach die Antwort, die für dich am besten passt!

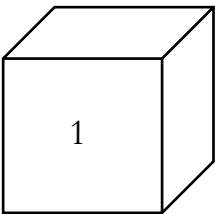
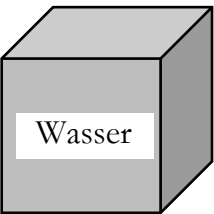
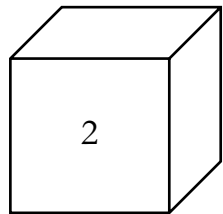
Mach als Antwort ein Kreuz in die Kästchen ☒!

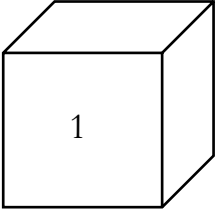
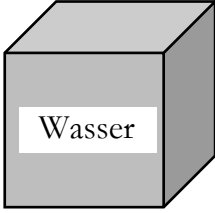
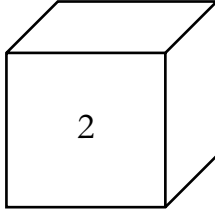
Auf jeder Seite darf nur ein Kreuz gemacht werden!

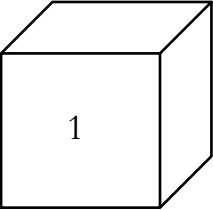
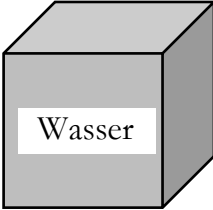
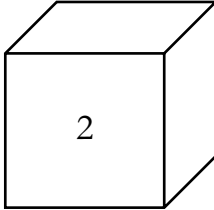
Meine Nummer ist: \_\_\_\_\_


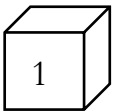
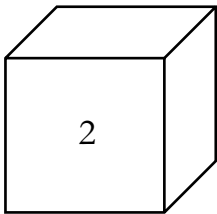
Schwimmen und Sinken	FALL_Ma1
<p>Du siehst unten zwei unterschiedlich große Würfel.            Sie wiegen gleich viel (100 Gramm).  <b>Woraus sind die Würfel gemacht?</b>  <b>Kreuze die beste Antwort an!</b></p> <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"> <div style="text-align: center;">  <p>1</p> <p>100 Gramm</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>2</p> <p>100 Gramm</p> </div> </div>	
<p><input type="checkbox"/> Würfel 1 ist aus Metall. Würfel 2 aus Holz.</p>	
<p><input type="checkbox"/> Würfel 1 ist aus Holz. Würfel 2 ist aus Metall.</p>	
<p><input type="checkbox"/> Würfel 1 und Würfel 2 sind beide aus dem gleichen Holz.</p>	
<p><input type="checkbox"/> Würfel 1 und Würfel 2 sind beide aus dem gleichen Metall.</p>	


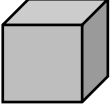
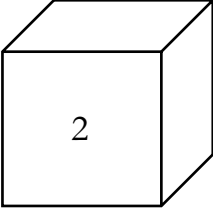
Schwimmen und Sinken	FALL_Ma2
<p>Du siehst unten zwei unterschiedlich große Würfel. Sie wiegen gleich viel (100 Gramm). <b>Woraus sind die Würfel gemacht?</b> <b>Kreuze die beste Antwort an!</b></p> <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"><div style="text-align: center;"><p>1</p><p>100 Gramm</p></div><div style="text-align: center;"><p>2</p><p>100 Gramm</p></div></div>	
<input type="checkbox"/> Würfel 1 ist aus Knete. Würfel 2 aus Stein.	
<input type="checkbox"/> Würfel 1 ist aus Stein. Würfel 2 ist aus Knete.	
<input type="checkbox"/> Würfel 1 und Würfel 2 sind beide aus der gleichen Knete.	
<input type="checkbox"/> Würfel 1 und Würfel 2 sind beide aus dem gleichen Stein.	

Schwimmen und Sinken	FALL_Wu1
<p>Du siehst unten drei gleich große Würfel.            Sie wiegen alle unterschiedlich viel.            Der graue Würfel in der Mitte ist aus Wasser.  <b>Was passiert mit Würfel 1, wenn man ihn in eine Wasserkiste legt?</b>  <b>Was passiert mit Würfel 2, wenn man ihn in eine Wasserkiste legt?</b></p> <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"> <div style="text-align: center;">  <p>1</p> <p>70 Gramm</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>Wasser</p> <p>100 Gramm</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>2</p> <p>130 Gramm</p> </div> </div>	
<input type="checkbox"/> Würfel 1 schwimmt. Würfel 2 schwimmt.	
<input type="checkbox"/> Würfel 1 schwimmt. Würfel 2 sinkt.	
<input type="checkbox"/> Würfel 1 sinkt. Würfel 2 schwimmt.	
<input type="checkbox"/> Würfel 1 sinkt. Würfel 2 sinkt.	


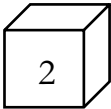
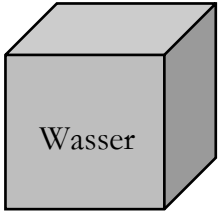
Schwimmen und Sinken	FALL_Wu2
<p>Du siehst unten drei gleich große Würfel. Sie wiegen alle unterschiedlich viel. Der graue Würfel in der Mitte ist aus Wasser. <b>Was passiert mit Würfel 1, wenn man ihn in eine Wasserkiste legt?</b> <b>Was passiert mit Würfel 2, wenn man ihn in eine Wasserkiste legt?</b></p> <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"><div style="text-align: center;"><p>1</p><p>130 Gramm</p></div><div style="text-align: center;"><p>Wasser</p><p>100 Gramm</p></div><div style="text-align: center;"><p>2</p><p>160 Gramm</p></div></div>	
<input type="checkbox"/> Würfel 1 schwimmt. Würfel 2 schwimmt.	
<input type="checkbox"/> Würfel 1 schwimmt. Würfel 2 sinkt.	
<input type="checkbox"/> Würfel 1 sinkt. Würfel 2 schwimmt.	
<input type="checkbox"/> Würfel 1 sinkt. Würfel 2 sinkt.	

Schwimmen und Sinken	FALL_Wu3
<p>Du siehst unten drei gleich große Würfel. Sie wiegen alle unterschiedlich viel. Der graue Würfel in der Mitte ist aus Wasser. <b>Was passiert mit Würfel 1, wenn man ihn in eine Wasserkiste legt?</b> <b>Was passiert mit Würfel 2, wenn man ihn in eine Wasserkiste legt?</b></p> <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"><div style="text-align: center;"><p>40 Gramm</p></div><div style="text-align: center;"><p>100 Gramm</p></div><div style="text-align: center;"><p>90 Gramm</p></div></div>	
<input type="checkbox"/> Würfel 1 schwimmt. Würfel 2 schwimmt.	
<input type="checkbox"/> Würfel 1 schwimmt. Würfel 2 sinkt.	
<input type="checkbox"/> Würfel 1 sinkt. Würfel 2 schwimmt.	
<input type="checkbox"/> Würfel 1 sinkt. Würfel 2 sinkt.	

Schwimmen und Sinken	FALL_Wu4
<p>Du siehst unten drei unterschiedlich große Würfel. Sie wiegen alle gleich viel (3 Gramm). Der graue Würfel ist aus Wasser.</p> <p><b>Was passiert mit Würfel 1, wenn man ihn in eine Wasserkiste legt?</b> <b>Was passiert mit Würfel 2, wenn man ihn in eine Wasserkiste legt?</b></p> <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: flex-start;"><div style="text-align: center;"><p>Wasser</p><p>3 Gramm</p></div><div style="text-align: center;"><p>3 Gramm</p></div><div style="text-align: center;"><p>3 Gramm</p></div></div>	
<p><input type="checkbox"/> Würfel 1 schwimmt. Würfel 2 schwimmt.</p>	
<p><input type="checkbox"/> Würfel 1 schwimmt. Würfel 2 sinkt.</p>	
<p><input type="checkbox"/> Würfel 1 sinkt. Würfel 2 schwimmt.</p>	
<p><input type="checkbox"/> Würfel 1 sinkt. Würfel 2 sinkt.</p>	

Schwimmen und Sinken	FALL_Wu5
<p>Du siehst unten drei unterschiedlich große Würfel.            Sie wiegen alle gleich viel (25 Gramm).            Der graue Würfel ist aus Wasser.</p> <p><b>Was passiert mit Würfel 1, wenn man ihn in eine Wasserkiste legt?</b>  <b>Was passiert mit Würfel 2, wenn man ihn in eine Wasserkiste legt?</b></p> <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"> <div style="text-align: center;">  <p>25 Gramm</p> </div> <div style="text-align: center;"> <p>Wasser</p>  <p>25 Gramm</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>25 Gramm</p> </div> </div>	
<input type="checkbox"/> Würfel 1 schwimmt. Würfel 2 schwimmt.	
<input type="checkbox"/> Würfel 1 schwimmt. Würfel 2 sinkt.	
<input type="checkbox"/> Würfel 1 sinkt. Würfel 2 schwimmt.	
<input type="checkbox"/> Würfel 1 sinkt. Würfel 2 sinkt.	



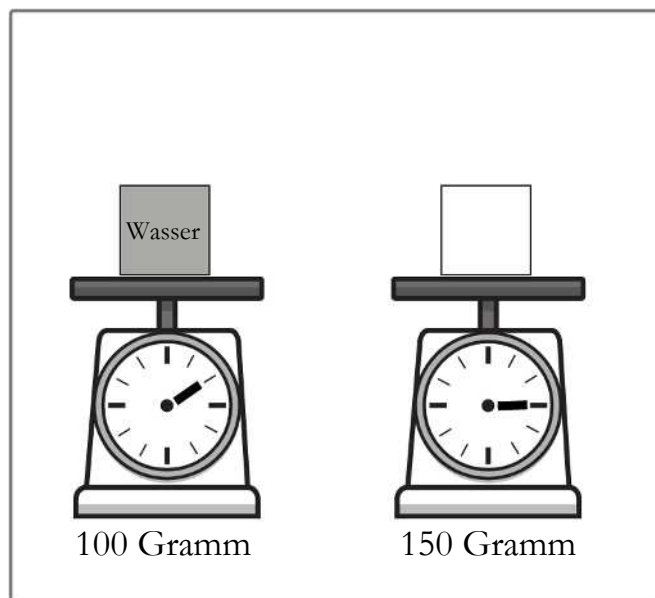
Schwimmen und Sinken	FALL_Wu6
<p>Du siehst unten drei unterschiedlich große Würfel. Sie wiegen alle gleich viel (100 Gramm). Der graue Würfel ist aus Wasser.</p> <p><b>Was passiert mit Würfel 1, wenn man ihn in eine Wasserkiste legt?</b> <b>Was passiert mit Würfel 2, wenn man ihn in eine Wasserkiste legt?</b></p> <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"><div data-bbox="296 976 475 1088" style="text-align: center;"> 100 Gramm</div><div data-bbox="711 976 890 1144" style="text-align: center;"> 100 Gramm</div><div data-bbox="1067 976 1286 1256" style="text-align: center;"> 100 Gramm</div></div>	
<input type="checkbox"/> Würfel 1 schwimmt. Würfel 2 schwimmt.	
<input type="checkbox"/> Würfel 1 schwimmt. Würfel 2 sinkt.	
<input type="checkbox"/> Würfel 1 sinkt. Würfel 2 schwimmt.	
<input type="checkbox"/> Würfel 1 sinkt. Würfel 2 sinkt.	

Du siehst unten zwei Waagen.

Der graue Würfel ist aus Wasser und wiegt 100 Gramm.

Der weiße Würfel ist gleich groß und wiegt 150 Gramm.

**Was passiert mit dem weißen Würfel, wenn man ihn in eine Wasserkiste legt?**



- Der weiße Würfel sinkt, weil er mehr wiegt als der graue Würfel.
- Der weiße Würfel sinkt, weil er weniger wiegt als der graue Würfel.
- Der weiße Würfel schwimmt, weil er mehr wiegt als der graue Würfel.
- Der weiße Würfel schwimmt, weil er weniger wiegt als der graue Würfel.

Schwimmen und Sinken

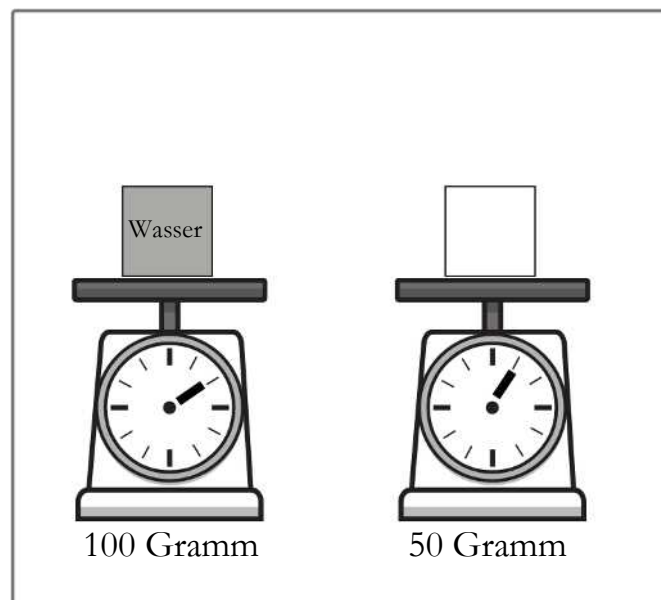
FALL\_Wa2

Du siehst unten zwei Waagen.

Der graue Würfel ist aus Wasser und wiegt 100 Gramm.

Der weiße Würfel ist gleich groß und wiegt 50 Gramm.

**Was passiert mit dem weißen Würfel, wenn man ihn in eine Wasserkiste legt?**



- Der weiße Würfel sinkt, weil er mehr wiegt als der graue Würfel.
- Der weiße Würfel sinkt, weil er weniger wiegt als der graue Würfel.
- Der weiße Würfel schwimmt, weil er mehr wiegt als der graue Würfel.
- Der weiße Würfel schwimmt, weil er weniger wiegt als der graue Würfel.

Schwimmen und Sinken

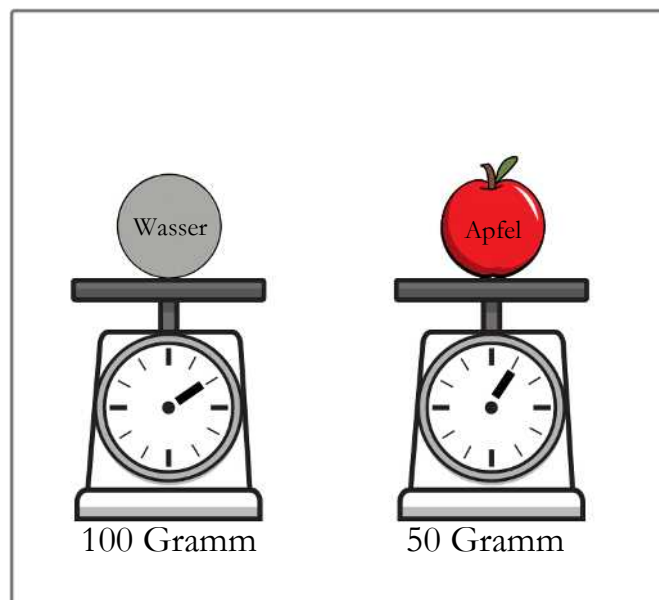
FALL\_Wa3

Du siehst unten zwei Waagen.

Die graue Kugel ist aus Wasser und wiegt 100 Gramm.

Der Apfel ist gleich groß und wiegt 50 Gramm.

**Was passiert mit dem Apfel, wenn man ihn in eine Wasserkiste legt?**



- Der Apfel sinkt, weil er mehr wiegt als die graue Kugel.
- Der Apfel sinkt, weil er weniger wiegt als die graue Kugel.
- Der Apfel schwimmt, weil er mehr wiegt als die graue Kugel.
- Der Apfel schwimmt, weil er weniger wiegt als die graue Kugel.

## Schwimmen und Sinken

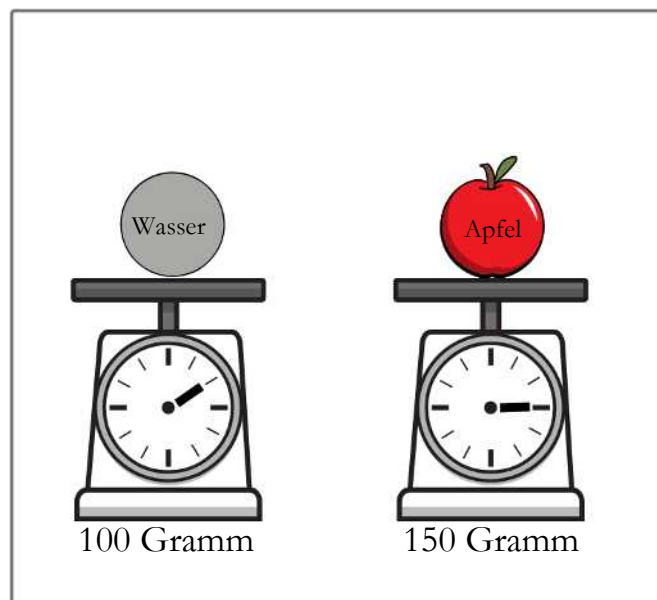
FALL\_Wa4

Du siehst unten zwei Waagen.


Die graue Kugel ist aus Wasser und wiegt 100 Gramm.


Der Apfel ist gleich groß und wiegt 150 Gramm.


**Was passiert mit dem Apfel, wenn man ihn in eine Wasserkiste legt?**




- Der Apfel sinkt, weil er mehr wiegt als die graue Kugel.
- Der Apfel sinkt, weil er weniger wiegt als die graue Kugel.
- Der Apfel schwimmt, weil er mehr wiegt als die graue Kugel.
- Der Apfel schwimmt, weil er weniger wiegt als die graue Kugel.


Schwimmen und Sinken	FALL_BaSi
<p>Der sehr große und schwere Baumstamm <u>sinkt</u> im Meer. <b>Warum?</b></p> <div data-bbox="549 770 1059 1151" data-label="Image"></div>	
<p><input type="checkbox"/> Der Baumstamm sinkt, weil Holz immer sinkt.</p>	
<p><input type="checkbox"/> Der Baumstamm sinkt, weil er eine Rinde hat.</p>	
<p><input type="checkbox"/> Der Baumstamm sinkt, weil er mehr wiegt als gleich viel Wasser.</p>	
<p><input type="checkbox"/> Der Baumstamm sinkt, weil im Meer sehr viel Wasser ist.</p>	
<p><input type="checkbox"/> Der Baumstamm sinkt, weil große und schwere Dinge immer sinken.</p>	

Schwimmen und Sinken	FALL_Ba
<p>Der sehr große und schwere Baumstamm <u>schwimmt</u> im Meer. <b>Warum?</b></p>  <p>The image shows a large, weathered log lying on a bed of dry leaves and twigs. The log is covered in green moss and lichen, indicating it has been outdoors for a long time. It is cut into two sections, with the cut ends showing the natural grain of the wood. The log is positioned horizontally across the frame.</p>	
<p><input type="checkbox"/> Der Baumstamm schwimmt, weil er weniger wiegt als gleich viel Wasser.</p>	
<p><input type="checkbox"/> Der Baumstamm schwimmt, weil Holz immer schwimmt.</p>	
<p><input type="checkbox"/> Der Baumstamm schwimmt, weil er aus der Natur kommt. Alles was aus der Natur kommt schwimmt.</p>	
<p><input type="checkbox"/> Der Baumstamm schwimmt, weil im Meer sehr viel Wasser ist.</p>	
<p><input type="checkbox"/> Der Baumstamm schwimmt, weil große und schwere Dinge immer schwimmen.</p>	

Schwimmen und Sinken	FALL_MeSi
<p>Der Metallring wird mit Schwung in ein Glas Wasser geworfen. Der Metallring <b><u>sinkt</u></b>. Warum?</p> 	
<p><input type="checkbox"/> Der Metallring sinkt, weil er so viel wiegt.</p>	
<p><input type="checkbox"/> Der Metallring sinkt, weil er so klein ist.</p>	
<p><input type="checkbox"/> Der Metallring sinkt, weil in einem Glas wenig Wasser ist. Im Meer würde der Metallring schwimmen, weil dort viel Wasser ist.</p>	
<p><input type="checkbox"/> Der Metallring sinkt, weil er mehr wiegt als gleich viel Wasser.</p>	
<p><input type="checkbox"/> Der Metallring sinkt, weil er lackiert ist.</p>	



Schwimmen und Sinken	FALL_Me
<p>Das Schiff aus Metall <u>schwimmt</u> im Meer. <b>Warum?</b></p> 	
<p><input type="checkbox"/> Das Schiff schwimmt, weil im Meer Wellen sind.</p>	
<p><input type="checkbox"/> Das Schiff schwimmt, weil es weniger wiegt als gleich viel Wasser.</p>	
<p><input type="checkbox"/> Das Schiff schwimmt, weil es einen Motor hat.</p>	
<p><input type="checkbox"/> Das Schiff schwimmt, weil ein Kapitän es steuert.</p>	
<p><input type="checkbox"/> Das Schiff schwimmt, weil es lackiert ist.</p>	

Schwimmen und Sinken	FALL_KnSi
<p>Der Holzknopf <u>sinkt</u> im Wasser. <b>Warum?</b></p> 	
<p><input type="checkbox"/> Der Holzknopf sinkt, weil er Löcher hat.</p>	
<p><input type="checkbox"/> Der Holzknopf sinkt, weil er weniger wiegt als gleich viel Wasser.</p>	
<p><input type="checkbox"/> Der Holzknopf sinkt, weil er so viel wiegt.</p>	
<p><input type="checkbox"/> Der Holzknopf sinkt, weil er eine glatte Oberfläche hat.</p>	
<p><input type="checkbox"/> Der Holzknopf sinkt, weil er mehr wiegt als gleich viel Wasser.</p>	


Schwimmen und Sinken


FALL\_Kn

Der Holzknopf schwimmt im Wasser. **Warum?**



- Der Holzknopf schwimmt, weil er so wenig wiegt.
- Der Holzknopf schwimmt, weil er weniger wiegt als gleich viel Wasser.
- Der Holzknopf schwimmt, weil er Löcher hat.
- Der Holzknopf schwimmt, weil er mehr wiegt als gleich viel Wasser.
- Der Holzknopf schwimmt, weil er eine glatte Oberfläche hat.

Schwimmen und Sinken	FALL_En
<p>Die Badeente <b><u>schwimmt</u></b> im Wasser. <b>Warum?</b></p> <div data-bbox="574 873 1021 1142" style="text-align: center;"></div>	
<p><input type="checkbox"/> Die Badeente schwimmt, weil sie unten eine runde Form hat.</p>	
<p><input type="checkbox"/> Die Badeente schwimmt, weil sie so wenig wiegt.</p>	
<p><input type="checkbox"/> Die Badeente schwimmt, weil alles mit Luft in sich schwimmt.</p>	
<p><input type="checkbox"/> Die Badeente schwimmt, weil sie weniger wiegt als gleich viel Wasser.</p>	
<p><input type="checkbox"/> Die Badeente schwimmt, weil sie so klein ist.</p>	

Schwimmen und Sinken	FALL_Ri
<p>Dieser Ring <u>schwimmt</u> im Wasser. <b>Warum?</b></p> 	
<p><input type="checkbox"/> Der Ring schwimmt, weil er lackiert ist.</p>	
<p><input type="checkbox"/> Der Ring schwimmt, weil er weniger wiegt als gleich viel Wasser.</p>	
<p><input type="checkbox"/> Der Ring schwimmt, weil er so wenig wiegt.</p>	
<p><input type="checkbox"/> Der Ring schwimmt, weil alles mit Luft in sich schwimmt.</p>	
<p><input type="checkbox"/> Der Ring schwimmt, weil er unten eine runde Form hat.</p>	



## A.2 Reliabilitätsanalysen der verwendeten Skalen

	Skalenmittelwert, wenn Item weggelassen	Skalenvarianz, wenn Item weggelassen	Korrigierte Item-Skala- Korrelation	Cronbachs $\alpha$ , wenn Item weggelassen
Selbstkonzept SU1	10.19	2.42	.51	.62
Selbstkonzept SU2	10.05	2.52	.44	.66
Selbstkonzept SU3	10.40	2.10	.47	.65
Selbstkonzept SU4	10.20	2.25	.52	.61

$N = 308$ ; Cronbachs  $\alpha = .70$

Tabelle A.1: Reliabilitätsanalyse – Skala Selbstkonzept Sachunterricht

	Skalenmittelwert, wenn Item weggelassen	Skalenvarianz, wenn Item weggelassen	Korrigierte Item-Skala- Korrelation	Cronbachs $\alpha$ , wenn Item weggelassen
Selbstkonzept Le1	10.46	2.32	.58	.65
Selbstkonzept Le2	10.49	2.33	.54	.67
Selbstkonzept Le3	10.56	2.25	.57	.65
Selbstkonzept Le4	10.71	2.34	.43	.74

$N = 308$ ; Cronbachs  $\alpha = .74$

Tabelle A.2: Reliabilitätsanalyse – Skala Selbstkonzept Lesen

## A.2 Reliabilitätsanalysen der verwendeten Skalen

	<b>Skalenmittelwert, wenn Item weggelassen</b>	<b>Skalenvarianz, wenn Item weggelassen</b>	<b>Korrigierte Item-Skala- Korrelation</b>	<b>Cronbachs <math>\alpha</math>, wenn Item weggelassen</b>
Selbstwirk SchSi1	6.91	1.37	.49	.73
Selbstwirk SchSi2	6.82	1.34	.55	.65
Selbstwirk SchSi3	6.76	1.26	.64	.55

$N = 114$ ; Cronbachs  $\alpha = .73$

Tabelle A.3: Reliabilitätsanalyse – Skala Selbstwirksamkeit zum Schwimmen und Sinken

	<b>Skalenmittelwert, wenn Item weggelassen</b>	<b>Skalenvarianz, wenn Item weggelassen</b>	<b>Korrigierte Item-Skala- Korrelation</b>	<b>Cronbachs <math>\alpha</math>, wenn Item weggelassen</b>
Interesse1	7.19	1.30	.56	.56
Interesse2	7.29	1.24	.45	.69
Interesse3	7.26	1.07	.55	.56

$N = 113$ ; Cronbachs  $\alpha = .70$

Tabelle A.4: Reliabilitätsanalyse – Skala Interesse an der Intervention



### A.3 Post-Hoc-Tests der ANOVAs

			95% Konfidenzintervall				
			Mittelwert- differenz	Standard- fehler	<i>p</i>	Unter- grenze	Ober- grenze
Bonferroni	OHNE Vis	MIT Vis	-1.52	0.55	.026	-2.86	-0.18
		KEIN Comic	-0.53	0.62	1.000	-2.04	0.97
	MIT Vis	OHNE Vis	1.52	0.55	.026	0.18	2.86
		KEIN Comic	0.99	0.62	.021	-0.51	2.49
	KEIN Comic	OHNE Vis	0.53	0.62	1.000	-0.97	2.04
		MIT Vis	-0.99	0.62	.021	-2.49	0.51

Tabelle A.5: Post-Hoc-Test – Treatmenteffekt der Lernmaterialien auf den Lernerfolg

			95% Konfidenzintervall				
			Mittelwert- differenz	Standard- fehler	<i>p</i>	Unter- grenze	Ober- grenze
Bonferroni	OHNE Vis	MIT Vis	-0.06	0.10	1.000	-0.30	0.19
		KEIN Comic	0.25	0.11	.088	-0.03	0.53
	MIT Vis	OHNE Vis	0.06	0.10	1.000	-0.19	0.30
		KEIN Comic	0.31	0.11	.023	0.03	0.58
	KEIN Comic	OHNE Vis	-0.25	0.11	.088	-0.53	0.03
		MIT Vis	-0.31	0.11	.023	-0.58	-0.03

Tabelle A.6: Post-Hoc-Test – Treatmenteffekt der Lernmaterialien in Bezug auf die Selbstwirksamkeit zum Schwimmen und Sinken

### A.3 Post-Hoc-Tests der ANOVAs

			95% Konfidenzintervall				
			Mittelwert- differenz	Standard- fehler	<i>p</i>	Unter- grenze	Ober- grenze
Bonferroni	OHNE Vis	MIT Vis	-0.03	0.09	1.000	-0.25	0.19
		KEIN Comic	0.34	0.10	.004	0.09	0.59
	MIT Vis	OHNE Vis	0.03	0.09	1.000	-0.19	0.25
		KEIN Comic	0.37	0.10	.002	0.12	0.62
	KEIN Comic	OHNE Vis	-0.34	0.10	.004	-0.59	-0.09
		MIT Vis	-0.37	0.10	.002	-0.62	-0.12

Tabelle A.7: Post-Hoc-Test – Treatmenteffekt der Lernmaterialien in Bezug auf das Interesse an der Intervention

## Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1.1: Wassersäule in Anlehnung an Tipler und Mosca (2009) .....	13
Abbildung 1.2: Vergleich Gewichts- und Auftriebskraft.....	15
Abbildung 2.1: Comicbeispiel mit verschiedenen Comicelementen in Anlehnung an Sieve und Prechtl (2013) .....	33
Abbildung 2.2: Der Umgang mit Texten im Fachunterricht (Leisen, 2012).....	39
Abbildung 2.3: Abhängigkeit des Vorwissens bezüglich des Cognitive Loads in Anlehnung an Künsting (2007) .....	42
Abbildung 2.4: (a) Cognitive Overload und (b) Verringerung des Extraneous Loads in Anlehnung an Hecht (2014) .....	43
Abbildung 2.5: Verbales und nonverbales System der dualen Kodierungstheorie in Anlehnung an Clark und Paivio (1991).....	44
Abbildung 2.6: Cognitive Theory of Multimedia Learning (R. E. Mayer, 2022).....	46
Abbildung 2.7: Das Modell des Text- und Bildverstehens (Schnotz & Bannert, 2003) ....	47
Abbildung 3.1: Beispiel einer Lernaufgabe im Comic – Aufgabe angelehnt an Hardy et al. (2006).....	64
Abbildung 3.2: Beispiel räumliches Kontiguitätsprinzip .....	66
Abbildung 3.3: Beispiel Signaling-Prinzip .....	67
Abbildung 3.4: Beispiel Visualisierung eines Arbeitsauftrags .....	70
Abbildung 3.5: Beispiel ohne Visualisierung des Arbeitsauftrags .....	71
Abbildung 3.6: Beispiel Visualisierung einer Balkenwaage .....	72
Abbildung 5.1: Überblick über die Untersuchung .....	83
Abbildung 5.2: Pilotierung I – Prä-Post-Vergleich der Klassenstufen bezüglich des Fachwissens zum Schwimmen und Sinken bei einer maximal erreichbaren Punktzahl von 16.....	88
Abbildung 5.3: Pilotierung II – Prä-Post-Vergleich der Schüler/innen bezüglich des Fachwissens zum Schwimmen und Sinken bei einer maximal erreichbaren Punktzahl von 20 – kategorisiert nach Comic mit Lernunterstützungen in Form von zusätzlichen Visualisierungen (Comic MIT Vis) und Comic ohne Lernunterstützungen in Form von zusätzlichen Visualisierungen (Comic OHNE Vis) .....	93
Abbildung 5.4: Überblick Untersuchungsdesign .....	98
Abbildung 5.5: Überblick zum Ablauf der Untersuchung .....	100
Abbildung 5.6: Konzept der Matrix für die Intervention (schwarz-weiß) .....	102
Abbildung 5.7: Reale Dosen für die Intervention in Anlehnung an Salim et al. (2023)...	103
Abbildung 5.8: Konzept der Matrix für die Intervention (farbig).....	104
Abbildung 5.9: Auszug aus dem konzipierten Comic.....	105
Abbildung 5.10: Unterschied zwischen den Lernmaterialien Comic (links) und KEIN Comic (rechts) – ein Beispiel .....	107
Abbildung 5.11: Beispielitem – Schwimmen und Sinken Fragebogen.....	108
Abbildung 5.12: Beispielitem – Erfassung selbstbezogener Schülermerkmale .....	112

Abbildung 6.1: Summe der im Durchschnitt erreichten Punkte im Bereich Schwimmen und Sinken – Prä-Post-Vergleich der Interventionsgruppen („Comic MIT Vis“, „Comic OHNE Vis“ und „KEIN Comic“) bei einer maximal erreichbaren Punktzahl von 20 ..... 126

Abbildung 6.2: Summe der im Durchschnitt erreichten Punkte im Bereich Schwimmen und Sinken – Prä-Post-Vergleich der Gruppen („Comicleser/innen“ und „keine Comicleser/innen“) bei einer maximal erreichbaren Punktzahl von 20 Punkten ..... 145

## Tabellenverzeichnis

Tabelle 1.1: Einblick in einige Dichten (Koch et al., 2007) .....	11
Tabelle 1.2: Interventionsstudien zum Schwimmen und Sinken im Primarbereich .....	24
Tabelle 2.1: Forschungsstand zur Lernwirksamkeit von Comics – Übersicht bestehender Studien.....	51
Tabelle 3.1: Überblick über weitere Multimedia-Prinzipien (R. E. Mayer, 2012) .....	68
Tabelle 5.1: Stichprobe Pilotierung I (N = 57) .....	85
Tabelle 5.2: Pilotierung I – Reliabilitätsanalyse des Fachwissenstests zum Schwimmen und Sinken .....	87
Tabelle 5.3: Stichprobe Pilotierung II (N = 68) .....	91
Tabelle 5.4: Pilotierung II – Reliabilitätsanalyse des Fachwissenstests zum Schwimmen und Sinken .....	95
Tabelle 5.5: Pilotierung II – Reliabilität der Skalen des Fragebogens zur Erfassung selbstbezogener Schülermerkmale.....	96
Tabelle 5.6: Stichprobe der Hauptuntersuchung inklusive Kontrollgruppe (N = 157) .....	99
Tabelle 5.7: Kategorisierung der Gruppen für Forschungsfrage 3 .....	99
Tabelle 5.8: Reliabilitätsanalyse – Skala des Fachwissenstests zum Schwimmen und Sinken .....	110
Tabelle 5.9: Überblick Variablen – selbstbezogene Schülermerkmale (Prä/Post).....	111
Tabelle 5.10: Kennwerte der Skalen zur Erfassung selbstbezogener Schülermerkmale (Prä/Post) .....	112
Tabelle 6.1: Überblick über die relevanten Variablen .....	117
Tabelle 6.2: Effekt des konzipierten Lernmaterials auf den Lernerfolg aller Interventionsgruppen – Mittelwert ( <i>M</i> ) und Standardabweichung ( <i>SD</i> ) Prä-Post (maximal erreichbare Punktzahl 20) .....	121
Tabelle 6.3: Vergleich der Eingangsvoraussetzungen der Interventionsgruppen („Comic MIT Vis“, „Comic OHNE Vis“ und „KEIN Comic“) – Mittelwert ( <i>M</i> ) und Standardabweichung ( <i>SD</i> ) .....	123
Tabelle 6.4: Eingangsvoraussetzungen der Interventionsgruppen („Comic MIT Vis“, „Comic OHNE Vis“ und „KEIN Comic“) – Ergebnisse der univariaten Varianzanalysen (ANOVAs) .....	124
Tabelle 6.5: Prüfung auf Normalverteilung des Fachwissenstests zum Schwimmen und Sinken durch einen Shapiro-Wilk-Test – Gruppen: „Comic MIT Vis“, „Comic OHNE Vis“ und „KEIN Comic“ .....	125
Tabelle 6.6: Überprüfung auf Varianzhomogenität der Skalen der drei Interventionsgruppen.....	131
Tabelle 6.7: Vergleich der Interventionsgruppen hinsichtlich des Selbstkonzepts Sachunterricht – Mittelwert ( <i>M</i> ) und Standardabweichung ( <i>SD</i> ) .....	132
Tabelle 6.8: Vergleich der Interventionsgruppen hinsichtlich des Selbstkonzepts Lesen – Mittelwert ( <i>M</i> ) und Standardabweichung ( <i>SD</i> ).....	133

Tabelle 6.9: Vergleich der Interventionsgruppen hinsichtlich der Selbstwirksamkeit zum Schwimmen und Sinken – Mittelwert ( $M$ ) und Standardabweichung ( $SD$ ).....	134
Tabelle 6.10: Vergleich der Interventionsgruppen hinsichtlich der Selbstwirksamkeit zum Schwimmen und Sinken – Ergebnisse der univariaten Varianzanalyse (ANOVA).....	135
Tabelle 6.11: Vergleich der Interventionsgruppen hinsichtlich des Interesses an der Intervention – Mittelwert ( $M$ ) und Standardabweichung ( $SD$ ) .....	136
Tabelle 6.12: Vergleich der Interventionsgruppen hinsichtlich des Interesses an der Intervention – Ergebnisse der univariaten Varianzanalyse (ANOVA) .....	137
Tabelle 6.13: Prüfung auf Normalverteilung des Fachwissenstests zum Schwimmen und Sinken durch einen Shapiro-Wilk-Test – Gruppen: „Comicleser/innen“ und „keine Comicleser/innen“ .....	144
Tabelle 6.14: Modell 1 der hierarchischen Regression – erreichte Punktzahl im Posttest (Fachwissenstest zum Schwimmen und Sinken) als Kriteriumsvariable.....	147
Tabelle 6.15: Modell 2 der hierarchischen Regression – erreichte Punktzahl im Posttest (Fachwissenstest zum Schwimmen und Sinken) als Kriteriumsvariable.....	148
Tabelle A.1: Reliabilitätsanalyse – Skala Selbstkonzept Sachunterricht.....	193
Tabelle A.2: Reliabilitätsanalyse – Skala Selbstkonzept Lesen.....	193
Tabelle A.3: Reliabilitätsanalyse – Skala Selbstwirksamkeit zum Schwimmen und Sinken .....	194
Tabelle A.4: Reliabilitätsanalyse – Skala Interesse an der Intervention.....	194
Tabelle A.5: Post-Hoc-Test – Treatmenteffekt der Lernmaterialien auf den Lernerfolg .....	195
Tabelle A.6: Post-Hoc-Test – Treatmenteffekt der Lernmaterialien in Bezug auf die Selbstwirksamkeit zum Schwimmen und Sinken .....	195
Tabelle A.7: Post-Hoc-Test – Treatmenteffekt der Lernmaterialien in Bezug auf das Interesse an der Intervention .....	196

## Literaturverzeichnis

- Akcanca, N. (2020). An Alternative Teaching Tool in Science Education: Educational Comics. *International Online Journal of Education and Teaching*, 7(4), 1550–1570.
- Anders, F. (2022). *Zentrale Merkmale für adaptiven Unterricht an Grundschulen*. Deutsches Schulportal. <https://deutsches-schulportal.de/unterricht/zentrale-merkmale-fuer-adaptiven-unterricht-an-grundschulen/> (Zugriff am 05.06.2023).
- Arnold, J. (2015). *Die Wirksamkeit von Lernunterstützungen beim Forschenden Lernen: Eine Interventionsstudie zur Förderung des wissenschaftlichen Denkens in der gymnasialen Oberstufe. Biologie lernen und lehren: Bd. 10*. Logos Berlin.
- Ayres, P. & Sweller, J. (2022). The Split-Attention Principle in Multimedia Learning. In R. E. Mayer & L. Fiorella (Hrsg.), *Cambridge handbooks in psychology. The Cambridge handbook of multimedia learning* (S. 199–211). Cambridge University Press.
- Baadte, C. & Schnotz, W. (2012). Das Verstehen von Texten mit Bildern. *Weiterbildung*, 6, 35–38.
- Baetge, C. (2018). Comics aus (medien-) biografischer Perspektive. In C. Dallmann, A. Hartung-Griemberg, A. Aigner & K.-T. Buchele (Hrsg.), *Comics: Interdisziplinäre Perspektiven aus Theorie und Praxis auf ein Stiefkind der Medienpädagogik : Festschrift für Ralf Vollbrecht zum 60. Geburtstag* (S. 167–182). kopaed.
- Ballweber, U., Boßlet, A., Dorfner, T., Fauth, B., Goy, A., Hapke, J., Müller, A., Neuhaus, B. J., Obert, A., Pilgrim, N., Scholz, A., Schwahl, M., Vogel, A., Waigel, S. & Zodel, A. (2019). *Kognitive Aktivierung im Unterricht: Befunde der Bildungsforschung und fachspezifische Zugänge* (A. Gawatz & K. Stürmer, Hg.) (Druck A). Westermann.
- Bandura, A. (2012). *Self-efficacy: The exercise of control* (13. printing). Freeman.
- Bannert, M. (2009). Promoting Self-Regulated Learning Through Prompts. *Zeitschrift für Pädagogische Psychologie*, 23(2), 139–145. <https://doi.org/10.1024/1010-0652.23.2.139>
- Becker-Mrotzek, M., Schramm, K., Thürmann, E. & Vollmer, H. J. (Hrsg.). (2013). *Ciando library: Bd. 3. Sprache im Fach: Sprachlichkeit und fachliches Lernen*. Waxmann.
- Berthold, K., Nückles, M. & Renkl, A. (2007). Do learning protocols support learning strategies and outcomes? The role of cognitive and metacognitive prompts. *Learning and Instruction*, 17(5), 564–577. <https://doi.org/10.1016/j.learninstruc.2007.09.007>
- Bimmel, P. & van Schooten, E. (2004). The Relationship between Strategic Reading Activities and Reading Comprehension. *L1-Educational Studies in Language and Literature*, 4(1), 85–102. <https://doi.org/10.1023/B:ESLL.0000033844.88918.e7>
- Blanz, M. (2021). *Forschungsmethoden und Statistik für die Soziale Arbeit: Grundlagen und Anwendungen* (2. Auflage). Verlag W. Kohlhammer.
- Blaufelder, R., Brey, L., Kimberger, R., Kröner, R., Pollak, A. & Weinzierl, C. (2015). *Kleeblatt - das Heimat- und Sachbuch* (Bayern, Neubearbeitung, Druck A). Schroedel.
- Bloom, B. (1976). *Human characteristics and school learning*.

- Blumberg, E. (2008). *Multikriteriale Zielerreichung im naturwissenschaftsbezogenen Sachunterricht der Grundschule: Eine Studie zum Einfluss von Strukturierung in schülerorientierten Lehr-Lernumgebungen auf das Erreichen kognitiver, motivationaler und selbstbezogener Zielsetzungen*.
- Blumberg, E., Möller, K. & Hardy, I. (2004). Erreichen motivationaler und selbstbezogener Zielsetzungen in einem schülerorientierten naturwissenschaftsbezogenen Sachunterricht – Bestehen Unterschiede in Abhängigkeit der Leistungsstärke? In W. Bos (Hrsg.), *Heterogenität: Eine Herausforderung an die empirische Bildungsforschung* (S. 41–55). Waxmann.
- Böhme, R. & Munser-Kiefer, M. (2020). Lernunterstützung mit digitalen Unterrichtsmaterialien. *MedienPädagogik: Zeitschrift für Theorie und Praxis der Medienbildung*, 427–454. <https://doi.org/10.21240/mpaed/jb17/2020.05.17.X>
- Breede, D., Posselt, T. & Stolte, R. (2018). *Pustelblume - das Sachbuch* (D. Kraft, Hg.) (Neubearbeitung, [Bremen, Hessen, Niedersachsen], Druck A). Schroedel Westermann.
- Broskwa, S. (2013). Comics im Unterricht. Vorab-Onlinepublikation. <https://doi.org/10.21243/mi-02-13-16>
- Brück-Hübner, A. (2022). Digitale Comics und Fotostorys im Unterricht. *Pädagogik*(1), 32–36.
- Brunnhuber, P. (1995). *Prinzipien effektiver Unterrichtsgestaltung* (19. Aufl.). Auer.
- Carey, S. (2000). Science Education as Conceptual Change. *Journal of Applied Developmental Psychology*, 21(1), 13–19. [https://doi.org/10.1016/S0193-3973\(99\)00046-5](https://doi.org/10.1016/S0193-3973(99)00046-5)
- Cepni, S. & Sahin, C. (2012). Effect of Different Teaching Methods and Techniques Embedded in the 5E Instructional Model on Students' Learning about Buoyancy Force. *EJPCE*(4(2), 97–127.
- Chandler, P. & Sweller, J. (1991). Cognitive Load Theory and the Format of Instruction. *Cognition and Instruction*, 8(4), 293–332. [https://doi.org/10.1207/s1532690xci0804\\_2](https://doi.org/10.1207/s1532690xci0804_2)
- Clark, J. M. & Paivio, A. (1991). Dual coding theory and education. *Educational Psychology Review*, 3(3), 149–210. <https://doi.org/10.1007/BF01320076>
- Cohen, J. (2013). *Statistical Power Analysis for the Behavioral Sciences* (2nd ed.). Taylor and Francis.
- Corno, L. & Snow, R. E. (1986). Adapting teaching to individual differences among learners. In M. C. Wittrock (Hrsg.), *Handbook of Research on Teaching* (S. 605–629). Macmillan.
- Cronbach, L. J. (1957). The two disciplines of scientific psychology. *American Psychologist*, 12(11), 671–684. <https://doi.org/10.1037/h0043943>
- Cronbach, L. J. & Snow, R. E. (1977). *Aptitudes and instructional methods: A handbook for research on interactions* (paperb. ed.). Irvington.
- Csikszentmihalyi, M. (1985). *Das flow-Erlebnis: Jenseits von Angst und Langeweile ; im Tun aufgehen. Konzepte der Humannwissenschaften Psychologie*. Klett-Cotta.
- Davidson, S. (2008). *Educational Comics: A Family Tree*. <https://imagetextjournal.com/educational-comics-a-family-tree/> (Zugriff am 03.01.2023).



- Deci, E. L. & Ryan, R. M. (2008). Self-determination theory: A macrotheory of human motivation, development, and health. *Canadian Psychology / Psychologie canadienne*, 49(3), 182–185. <https://doi.org/10.1037/a0012801>
- Dochy, F., Segers, M. & Buehl, M. (1999). The relation between assessment practices and outcomes of STudies: The case of research on prior knowledge. *Review of educational research*, 69(2), 145–186.
- Dorji, U. (2021). Misconception on floating and sinking. *International Journal of English Literature and Social Sciences*, 6(5), 243–249. <https://doi.org/10.22161/ijels.65.37>
- Duit, R. (2006). Initiativen zur Verbesserung des Physikunterrichts in Deutschland. *Physik und Didaktik in Schule und Hochschule*(2/5), 83–96.
- Duit, R. & Treagust, D. F. (1998). Learning in Science: From Behaviourism Towards Social Constructivism and Beyond. In B. J. Fraser & K. G. Tobin (Hrsg.), *Kluwer international handbooks of education: vol. 2. International handbook of science education* (S. 3–25). Kluwer Academic Publishers.
- Eckert, C., Schilling, D. & Stiensmeier-Pelster, J. (2006). Einfluss des Fähigkeitsselbstkonzepts auf die Intelligenz- und Konzentrationsleistung. *Zeitschrift für Pädagogische Psychologie*, 20(1/2), 41–48. <https://doi.org/10.1024/1010-0652.20.12.41>
- Einsiedler, W. & Hardy, I. (2010). Kognitive Strukturierung im Unterricht: Einführung und Begriffsklärung. *Unterrichtswissenschaft*, 38(3), 194–209.
- Eisner, W. (1987). *Comics & sequential art* (3. print). Poorhouse Press.
- Ericsson, K. A. & Charness, N. (1994). Expert performance: Its structure and acquisition. *American Psychologist*, 49(8), 725–747. <https://doi.org/10.1037/0003-066X.49.8.725>
- Field, A. (2013). *Discovering statistics using IBM SPSS statistics: And sex and drugs and rock 'n' roll* (4. ed.). Sage.
- Fiorella, L. & Mayer, R. E. (2022). Principles for Reducing Extraneous Processing in Multimedia Learning: Coherence, Signaling, Redundancy, Spatial Contiguity, and Temporal Contiguity Principles. In R. E. Mayer & L. Fiorella (Hrsg.), *Cambridge handbooks in psychology. The Cambridge handbook of multimedia learning*. Cambridge University Press.
- Frey, N. & Fisher, D. (2004). Using Graphic Novels, Anime, and the Internet in an Urban High School. *The English Journal*, 93(3), 19. <https://doi.org/10.2307/4128804>
- Gao, Y., Zhai, X., Andersson, B., Zeng, P. & Xin, T. (2020). Developing a Learning Progression of Buoyancy to Model Conceptual Change: A Latent Class and Rule Space Model Analysis. *Research in Science Education*, 50(4), 1369–1388. <https://doi.org/10.1007/s11165-018-9736-5>
- George, D. & Mallery, P. (2002). *SPSS for Windows Step by Step: A Simple Guide and Reference, 11.0* (4th ed.). Pearson Higher Education.
- Glaser, R. (1972). Individuals and Learning: The New Aptitudes. *Educational Researcher*, 1(6), 5–13. <https://doi.org/10.3102/0013189X001006005>
- Gruber, H. & Ziegler, A. (1996). *Expertiseforschung*. VS Verlag für Sozialwissenschaften. <https://doi.org/10.1007/978-3-663-12111-4>

- Grünewald, D. (1984). *Wie Kinder Comics lesen: Eine Untersuchung zum Prinzip Bildgeschichte, seinem Angebot und seinen Rezeptionsanforderungen sowie dem diesbezüglichen Lesevermögen und Leseinteresse von Kindern* (1. Aufl.). *Jugend und Medien: Bd. 7*. dipa-Verlag.
- Grünewald, D. (2000). *Comics. Grundlagen der Medienkommunikation: Bd. 8*. Niemeyer.
- Gundermann, C. (2013). Abschied von Farbe und Fiktion? Comics in der politisch-historischen Bildung. In U. Hangartner, F. Keller & D. Oechslin (Hrsg.), *Kultur- und Medientheorie. Wissen durch Bilder: Sachcomics als Medien von Bildung und Information* (S. 149–167). Transcript-Verl.
- Hadjiachilleos, S., Valanides, N. & Angeli, C. (2013). The impact of cognitive and affective aspects of cognitive conflict on learners' conceptual change about floating and sinking. *Research in Science & Technological Education*, 31(2), 133–152. <https://doi.org/10.1080/02635143.2013.811074>
- Hangartner, U. (2016). Sachcomics. In J. Abel & C. Klein (Hrsg.), *Comics und Graphic Novels: Eine Einführung* (S. 291–303). J.B. Metzler.
- Hangartner, U., Keller, F. & Oechslin, D. (2013). In Sachen Sachcomics. In U. Hangartner, F. Keller & D. Oechslin (Hrsg.), *Kultur- und Medientheorie. Wissen durch Bilder: Sachcomics als Medien von Bildung und Information* (S. 7–12). Transcript-Verl.
- Hardy, I., Hertel, S., Kunter, M., Klieme, E., Warwas, J., Büttner, G. & Lühken, A. (2011). Adaptive Lerngelegenheiten in der Grundschule. Merkmale, methodisch-didaktische Schwerpunktsetzungen und erforderliche Lehrerkompetenzen. *Zeitschrift für Pädagogik*(57), 819–833.
- Hardy, I., Jonen, A., Möller, K. & Stern, E. (2006). Effects of instructional support within constructivist learning environments for elementary school students' understanding of "floating and sinking.". *Journal of Educational Psychology*, 98(2), 307–326. <https://doi.org/10.1037/0022-0663.98.2.307>
- Hardy, I., Kleickmann, T., Koerber, S., Mayer, D., Möller, K., Pollmeier, J., Schwippert, K. & Sodian, B. (2010). Die Modellierung naturwissenschaftlicher Kompetenz im Grundschulalter. Projekt Science-P. *Kompetenzmodellierung. Zwischenbilanz des DFG-Schwerpunktprogramms und Perspektiven des Forschungsansatzes*, *Zeitschrift für Pädagogik, Beiheft*. <https://doi.org/10.25656/01:3385>
- Hardy, I. & Stern, E. (2011). Visuelle Repräsentationen der Dichte: Auswirkungen auf die konzeptuelle Umstrukturierung bei Grundschulkindern. *Unterrichtswissenschaft*, 39(1), 35–48.
- Härtig, H., Bernholt, S., Prechtel, H. & Retelsdorf, J. (2015). Unterrichtssprache im Fachunterricht – Stand der Forschung und Forschungsperspektiven am Beispiel des Textverständnisses. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 21(1), 55–67. <https://doi.org/10.1007/s40573-015-0027-7>
- Härtig, H., Kauertz, A. & Fischer, H. E. (2012). Das Schulbuch im Physikunterricht. Nutzung von Schulbüchern zur Unterrichtsvorbereitung in Physik. *MNU Journal*, 65(4), 197–200.

- Härtig, H. & Kohnen, N. (2017). Die Rolle der Termini beim Lernen mit Physikschulbüchern. In B. Ahrenholz, B. Hövelbrinks & C. Schmellentin (Hrsg.), *Fachunterricht und Sprache in schulischen Lehr-/Lernprozessen* (S. 55–72). Narr Francke Attempto.
- Hattie, J. (2013). *Lernen sichtbar machen für Lehrpersonen* (3. Nachdr., überarb. deutschsprachige Ausg. von Visible Learning). Schneider Hohengehren.
- Havu-Nuutinen, S. (2005). Examining young children's conceptual change process in floating and sinking from a social constructivist perspective. *International Journal of Science Education*, 27(3), 259–279. <https://doi.org/10.1080/0950069042000243736>
- Hecht, A. T. (2014). *Ressourcenorientierte Lernförderung in der Grundschule: Der Einfluss des Aufgabendesigns auf die Übungsleistungen von Zweitklässlern in Rechtschreiben und Mathematik*.
- Helmke, A. (1992). *Selbstvertrauen und schulische Leistungen*. Hogrefe.
- Helmke, A. (2017). *Unterrichtsqualität und Lehrerprofessionalität: Diagnose, Evaluation und Verbesserung des Unterrichts* (7. Aufl.). *Schule weiterentwickeln, Unterricht verbessern Orientierungsbund*. Klett / Kallmeyer.
- Helmke, A. & van Aken, M. A. G. (1995). The causal ordering of academic achievement and self-concept of ability during elementary school: A longitudinal study. *Journal of Educational Psychology*, 87(4), 624–637. <https://doi.org/10.1037/0022-0663.87.4.624>
- Helmke, A. & Weinert, F. (1997). *Bedingungsfaktoren schulischer Leistung* (Bd. 3).
- Hettmannsperger, R. (2015). *Lernen Mit Multiplen Repräsentationen Aus Experimenten: Ein Beitrag Zum Verstehen Physikalischer Konzepte*. Springer Fachmedien Wiesbaden GmbH.
- Hinz, A. (1993). *Heterogenität in der Schule : Integration, Interkulturelle Erziehung, Koedukation*.
- Hoffmann, J. (2020). Comics in der Schule - Schule im Comic: Zum gegenseitigen Verweischen von biographischen und literarischen Erfahrungen. In M. Engels, U. Preußner & F. Giesa (Hrsg.), *Comics in der Schule: Theorie und Unterrichtspraxis : 11. Wissenschaftstagung der Gesellschaft für Comicforschung (ComFor)* (1. Aufl., S. 197–221). Ch. A. Bachmann Verlag.
- Holtz-Bacha, C. (1980). *Comics: Ihre Entwicklung und Bedeutung*. Zugl.: Münster, Univ., Diss. Saur.
- Honnef-Becker, I. & Kühn, P. (2010). *Lesekompetenzen gezielt fördern: Gebrauchstexte und literarische Texte ; Lesestrategien ; für die Jahrgänge 3 und 4 [umfassender didaktischer Kommentar* (1. Aufl.). *Lehrerbücherei Grundschule Kopiervorlagen*. Cornelsen Scriptor.
- Hopf, M. & Wilhelm, T. (2018). Conceptual Change – Entwicklung physikalischer Vorstellungen. In H. Schecker, T. Wilhelm, M. Hopf, R. Duit, H. Fischler, C. Haagen-Schützenhöfer, D. Höttecke, R. Müller & R. Wodzinski (Hrsg.), *Lehrbuch. Schülervorstellungen und Physikunterricht: Ein Lehrbuch für Studium, Referendariat und Unterrichtspraxis* (S. 24–37). Springer Spektrum.
- Hosler, J. & Boomer, K. B. (2011). Are comic books an effective way to engage nonmajors in learning and appreciating science? *CBE life sciences education*, 10(3), 309–317. <https://doi.org/10.1187/cbe.10-07-0090>

- Hsin, C.-T. & Wu, H.-K. (2011). Using Scaffolding Strategies to Promote Young Children's Scientific Understandings of Floating and Sinking. *Journal of Science Education and Technology*, 20(5), 656–666. <https://doi.org/10.1007/s10956-011-9310-7>
- Huang, C. (2011). Self-concept and academic achievement: a meta-analysis of longitudinal relations. *Journal of school psychology*, 49(5), 505–528. <https://doi.org/10.1016/j.jsp.2011.07.001>
- Jiang, D., Kalyuga, S. & Sweller, J. (2018). The Curious Case of Improving Foreign Language Listening Skills by Reading Rather than Listening: an Expertise Reversal Effect. *Educational Psychology Review*, 30(3), 1139–1165. <https://doi.org/10.1007/s10648-017-9427-1>
- Jonen, A., Hardy, I. & Möller, K. (2003). Schwimmt ein Holzbrett mit Löchern? Erklärung von Kindern zum Schwimmen und Sinken verschiedener Gegenstände vor und nach dem Unterricht. In A. Speck-Hamdan (Hrsg.), *Kulturelle Vielfalt. Religiöses Lernen*. (S. 159–164). Kallmeyersche Verlagsbuchhandlung.
- Jonen, A. & Möller, K. (2005). Klassenkisten für den Sachunterricht: Ein Projekt des Seminars für Didaktik des Sachunterrichts im Rahmen von KiNT: "Kinder lernen Naturwissenschaft und Technik".
- Jonen, A., Möller, K. & Hardy, I. (2003). Lernen als Veränderung von Konzepten - am Beispiel einer Untersuchung zum naturwissenschaftlichen Lernen in der Grundschule. In D. Cech (Hrsg.), *Schriftenreihe der Gesellschaft für Didaktik des Sachunterrichts e.V.: Bd. 13. Lernwege und Aneignungsformen im Sachunterricht* (S. 93–108). Klinkhardt.
- Kalyuga, S. (2007). Expertise Reversal Effect and Its Implications for Learner-Tailored Instruction. *Educational Psychology Review*, 19(4), 509–539. <https://doi.org/10.1007/s10648-007-9054-3>
- Kalyuga, S. (2008). Relative effectiveness of animated and static diagrams: An effect of learner prior knowledge. *Computers in Human Behavior*, 24(3), 852–861. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2007.02.018>
- Kalyuga, S., Ayres, P., Chandler, P. & Sweller, J. (2003). The Expertise Reversal Effect. *Educational Psychologist*, 38(1), 23–31. [https://doi.org/10.1207/S15326985EP3801\\_4](https://doi.org/10.1207/S15326985EP3801_4)
- Kalyuga, S., Chandler, P. & Sweller, J. (1998). Levels of Expertise and Instructional Design. *Human Factors: The Journal of the Human Factors and Ergonomics Society*, 40(1), 1–17. <https://doi.org/10.1518/001872098779480587>
- Kalyuga, S., Chandler, P., Tuovinen, J. & Sweller, J. (2001). When problem solving is superior to studying worked examples. *Journal of Educational Psychology*, 93(3), 579–588. <https://doi.org/10.1037/0022-0663.93.3.579>
- Kleickmann, T. (2012). *Kognitiv aktivieren und inhaltlich strukturieren im naturwissenschaftlichen Sachunterricht*. IPN Leibniz-Institut f. d. Pädagogik d. Naturwissenschaften an d. Universität Kiel.
- Klewitz, E., Gramm, A., Just, N., Möller, K., Soostmeyer, M. & Sumfleth, E. (1988). *Zur Didaktik des naturwissenschaftlichen Sachunterrichts* [Dissertation]. GBV Gemeinsamer Bibliotheksverbund.

- Klieme, E. (2006). Empirische Unterrichtsforschung: aktuelle Entwicklungen, theoretische Grundlagen und fachspezifische Befunde. Einführung in den Thementeil. *Zeitschrift für Pädagogik*, 52(6), 765–773. <https://doi.org/10.25656/01:4487>
- Klieme, E. & Warwas, J. (2011). Konzepte der Individuellen Förderung. *Zeitschrift für Pädagogik*, 57(6), 805–818.
- Klingner, J. K. (2015). *Teaching reading comprehension to students with learning difficulties. What works for special-needs learners*. The Guilford Press.
- Koch, S. W., Halliday, D., Resnick, R. & Walker, J. (Hrsg.). (2007). *Physik* (Bachelor-Ed.). Wiley-VCH.
- Krapp, A. (1998). Entwicklung und Förderung von Interessen im Unterricht. *Psychologie in Erziehung und Unterricht*, 45(3), 185–201.
- Künsting, J. (2007). *Effekte von Zielqualität und Zielspezifität auf selbstreguliert-entdeckendes Lernen durch Experimentieren*.
- Lee, C. H. & Kalyuga, S. (2011). Effectiveness of on-screen pinyin in learning Chinese: An expertise reversal for multimedia redundancy effect. *Computers in Human Behavior*, 27(1), 11–15. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2010.05.005>
- Lee, H., Plass, J. L. & Homer, B. D. (2006). Optimizing cognitive load for learning from computer-based science simulations. *Journal of Educational Psychology*, 98(4), 902–913. <https://doi.org/10.1037/0022-0663.98.4.902>
- Leisen, J. (2007). Lesen und Verstehen lernen: Strategien und Prinzipien zur Arbeit mit Sachtexten im Unterricht. *Pädagogik*, 59(6), 11–15.
- Leisen, J. (2010). Sachtexte im Grundschulunterricht lesen - aber wie? *Grundschulunterricht*, 57, 4–7.
- Leisen, J. (2012). *Der Umgang mit Sachtexten im Fachunterricht*. [www.forumlecture.ch](http://www.forumlecture.ch)
- Lenhard, W., Lenard, A. & Schneider, W. (2017). *ELFE II: Ein Leseverständnistest für Erst- bis Siebtklässler - Version II* (1. Aufl.). Hogrefe.
- Lind, G. & Sandmann, A. (2003). Lernstrategien und Domänenwissen. *Zeitschrift für Psychologie / Journal of Psychology*, 211(4), 171–192. <https://doi.org/10.1026//0044-3409.211.4.171>
- Lipowsky, F. (1999). *Offene Lernsituationen im Grundschulunterricht: Eine empirische Studie zur Lernzeitnutzung von Grundschulern mit unterschiedlicher Konzentrationsfähigkeit*. Europäische Hochschulschriften Reihe 11, Pädagogik: Bd. 795. Lang.
- Lipowsky, F. (2020). Unterricht. In E. Wild & J. Möller (Hrsg.), *Pädagogische Psychologie* (S. 69–118). Springer Berlin Heidelberg.
- Liu, J. (2004). Effects of Comic Strips on L2 Learners' Reading Comprehension. *TESOL Quarterly*, 38(2), 225. <https://doi.org/10.2307/3588379>
- Loverude, M. E., Heron, P. R. L. & Kautz, C. H. (2010). Identifying and addressing student difficulties with hydrostatic pressure. *American Journal of Physics*, 78(1), 75–85. <https://doi.org/10.1119/1.3192767>

- Loyens, S. M. M. & Gijbels, D. (2008). Understanding the effects of constructivist learning environments: introducing a multi-directional approach. *Instructional Science*, 36(5-6), 351–357. <https://doi.org/10.1007/S11251-008-9059-4>
- Maclin, D., Grosslight, L. & Davis, H. (1997). Teaching for Understanding: A Study of Students' Preinstruction Theories of Matter and a Comparison of the Effectiveness of Two Approaches to Teaching About Matter and Density. *Cognition and Instruction*, 15(3), 317–393. [https://doi.org/10.1207/s1532690xci1503\\_2](https://doi.org/10.1207/s1532690xci1503_2)
- Marsh, H. W. & O'Mara, A. (2008). Reciprocal effects between academic self-concept, self-esteem, achievement, and attainment over seven adolescent years: unidimensional and multidimensional perspectives of self-concept. *Personality & social psychology bulletin*, 34(4), 542–552. <https://doi.org/10.1177/0146167207312313>
- Martschinke, S. & Frank, A. (2002). Wie unterscheiden sich Schüler und Schülerinnen in Selbstkonzept und Leistung am Schulanfang? In F. Heinzel & A. Prengel (Hrsg.), *Heterogenität, Integration und Differenzierung in der Primarstufe* (S. 191–197). VS Verlag für Sozialwissenschaften. [https://doi.org/10.1007/978-3-322-99542-1\\_21](https://doi.org/10.1007/978-3-322-99542-1_21)
- Mastropieri, M. A., Scruggs, T. E., Boon, R. & Butcher Carter, K. (2001). Correlates of Inquiry Learning in Science. *Remedial and Special Education*, 22(3), 130–137. <https://doi.org/10.1177/074193250102200301>
- Mayer, A. & Marks, D. (2019). Förderung des Textverständnisses durch die Vermittlung von Verstehensstrategien – Eine Metaanalyse zur Effektivität. *Forschung Sprache*, 7(1), 4–36.
- Mayer, R. E. (2012). *Multimedia Learning*. Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/CBO9780511811678>
- Mayer, R. E. (2022). Cognitive Theory of Multimedia Learning. In R. E. Mayer & L. Fiorella (Hrsg.), *Cambridge handbooks in psychology. The Cambridge handbook of multimedia learning* (S. 57–72). Cambridge University Press.
- Mayer, R. E. & Moreno, R. (2003). Nine Ways to Reduce Cognitive Load in Multimedia Learning. *Educational Psychologist*, 38(1), 43–52. [https://doi.org/10.1207/S15326985EP3801\\_6](https://doi.org/10.1207/S15326985EP3801_6)
- McCloud, S. (2021). *Comics richtig lesen: Die unsichtbare Kunst* (H. Anders, Übers.) (14. Aufl.). Carlsen Comics. Carlsen Verlag GmbH.
- 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), 1–43. [https://doi.org/10.1207/s1532690xci1401\\_1](https://doi.org/10.1207/s1532690xci1401_1)
- Medienpädagogischer Forschungsverbund Südwest. (2000). *KIM-Studie 2000: Kinder und Medien Computer und Internet*.
- Medienpädagogischer Forschungsverbund Südwest. (2016). *KIM-Studie 2016: Kindheit, Internet, Medien*.
- Medienpädagogischer Forschungsverbund Südwest. (2018). *KIM-Studie 2018: Kindheit, Internet, Medien*.

- Medienpädagogischer Forschungsverbund Südwest. (2020). *KIM-Studie 2020: Kindheit, Internet, Medien*.
- Meschede, N., Steffensky, M., Wolters, M. & Möller, K. (2015). Professionelle Wahrnehmung der Lernunterstützung im naturwissenschaftlichen Grundschulunterricht. *Unterrichtswissenschaft*, 43(4), 317–335.
- Meyer, H. (2004). *Was ist guter Unterricht? Sonderausgabe mit 65 Min.-Vortrag (DVD)* (1. Aufl., Sonderausg.). Cornelsen Verl. Scriptor.
- Ministerium für Kultus, Jugend und Sport Baden-Württemberg. (2016). *Bildungsplan der Grundschule: Sachunterricht*.
- Möller, J. & Trautwein, U. (2020). Selbstkonzept. In E. Wild & J. Möller (Hrsg.), *Pädagogische Psychologie* (S. 187–210). Springer Berlin Heidelberg.
- Möller, K. (1999). Konstruktivistisch orientierte Lehr-Lernprozeßforschung im naturwissenschaftlich-technischen Bereich des Sachunterrichts. In W. Köhlein, B. Marquardt-Mau & H. Schreier (Hrsg.), *Vielperspektivisches Denken im Sachunterricht* (Bd. 3, S. 125–191). Klinkhardt.
- Möller, K. (2000). Lehr-Lernprozessforschung im naturwissenschaftlich-technischen Bereich. In R. Duit (Hrsg.), *IPN: Bd. 169. Ergebnisse fachdidaktischer und psychologischer Lehr-Lern-Forschung: Beiträge zu einem Workshop an der Pädagogischen Hochschule Ludwigsburg* (S. 131–156). IPN.
- Möller, K. (2001). Konstruktivistische Sichtweisen für das Lernen in der Grundschule? In H.-G. Roßbach, K. Nölle & K. Czerwenka (Hrsg.), *Forschungen zu Lehr- und Lernkonzepten für die Grundschule* (S. 16–31). VS Verlag für Sozialwissenschaften. [https://doi.org/10.1007/978-3-322-97504-1\\_2](https://doi.org/10.1007/978-3-322-97504-1_2)
- Möller, K. (2006). Naturwissenschaftliches Lernen - eine (neue) Herausforderung für den Sachunterricht? In P. Hanke (Hrsg.), *Grundschule in Entwicklung: Herausforderungen und Perspektiven für die Grundschule heute* (1. Aufl., S. 107–127). Waxmann.
- Möller, K. (2016). Bedingungen und Effekte qualitätvollen Unterrichts – ein Beitrag aus fachdidaktischer Perspektive. In N. McElvany, W. Bos, H. G. Holtappels, M. M. Gebauer & F. Schwabe (Hrsg.), *Dortmunder Symposium der Empirischen Bildungsforschung: Band 1. Bedingungen und Effekte guten Unterrichts* (S. 43–64). Waxmann.
- Möller, K., Jonen, A., Hardy, I. & Stern, E. (2002). Die Förderung von naturwissenschaftlichem Verständnis bei Grundschulkindern durch Strukturierung der Lernumgebung. In M. Prenzel & J. Doll (Hrsg.), *Bildungsqualität von Schule: Schulische und außerschulische Bedingungen mathematischer, naturwissenschaftlicher und überfachlicher Kompetenzen* (S. 176–191). Beltz.
- Möller, K. & Wyssen, H.-P. (2017). *Spiralcurriculum Schwimmen und Sinken: Naturwissenschaftlich arbeiten und denken lernen.: Band 2: Primarbereich Ergänzungs-Handbuch* (Spiralcurriculum Schwimmen und Sinken: Naturwissenschaftlich arbeiten und denken lernen. Ein Curriculum vom Kindergarten bis zur 8. Klasse.).

- Moosbrugger, H. & Kelava, A. (2020). Qualitätsanforderungen an Tests und Fragebogen („Gütekriterien“). In H. Moosbrugger & A. Kelava (Hrsg.), *Testtheorie und Fragebogenkonstruktion* (S. 13–38). Springer Berlin Heidelberg. [https://doi.org/10.1007/978-3-662-61532-4\\_2](https://doi.org/10.1007/978-3-662-61532-4_2)
- Morrison, T., Bryan, G. & Chilcoat, G. (2002). Using Student-Generated Comic Books in the Classroom. *Journal of Adolescent & Adult Literacy*, 45(8).
- Muijselaar, M. M. L., Swart, N. M., Steenbeek-Planting, E. G., Droop, M., Verhoeven, L. & Jong, P. F. de (2017). Developmental Relations Between Reading Comprehension and Reading Strategies. *Scientific Studies of Reading*, 21(3), 194–209. <https://doi.org/10.1080/10888438.2017.1278763>
- Neuhaus, S. (2017). Grenzenlos: Comics im Unterricht – (Fach-)Grenzen überschreitend. In M. Harbeck, L.-R. Heyden & M. Schröer (Hrsg.), *Comics an der Grenze: Sub/Versionen von Form und Inhalt : 9. Wissenschaftstagung der Gesellschaft für Comicforschung (ComFor)* (1. Aufl., S. 315–322). Ch. A. Bachmann Verlag.
- Oechslin, D. (2013). Von Reflexion bis Persuasion – wenn der Sachcomic mehr will als informieren: Resultate einer Begleitstudie zu Hotnights. In U. Hangartner, F. Keller & D. Oechslin (Hrsg.), *Kultur- und Medientheorie. Wissen durch Bilder: Sachcomics als Medien von Bildung und Information* (S. 189–214). Transcript-Verl.
- Olson, J. (2008). *The Comic Strip as a Medium for Promoting Science Literacy*.
- Özdemir, E. (2010). *The effect of instructional Comics on sixth grade students' achievement in heat transfer*.
- Paas, F., Renkl, A. & Sweller, J. (2003). Cognitive Load Theory and Instructional Design: Recent Developments. *Educational Psychologist*, 38(1), 1–4. [https://doi.org/10.1207/S15326985EP3801\\_1](https://doi.org/10.1207/S15326985EP3801_1)
- Paas, F., Tuovinen, J., van Merriënboer, J. & Aubteen Darabi, A. (2005). A motivational perspective on the relation between mental effort and performance: Optimizing learner involvement in instruction. *Educational Technology Research and Development*, 53(3), 25–34. <https://doi.org/10.1007/BF02504795>
- Paik, S., Song, G., Kim, S. & Ha, M. (2017). Developing a Four-level Learning Progression and Assessment for the Concept of Buoyancy. *EURASIA Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 13(8). <https://doi.org/10.12973/eurasia.2017.00976a>
- Paivio, A. (1986). *Mental representations: A dual coding approach*. Oxford psychology series: Bd. 9. Clarendon Press; Oxford University Press.
- Philipp, M. (2012). Was wirkt? Zehn Prinzipien einer nachweislich effektiven Lese- und Schreibförderung. In M. Philipp (Hrsg.), *Selbstreguliertes Lesen: Ein Überblick über wirksame Leseförderansätze* (1. Aufl., S. 59–86). Klett Kallmeyer.
- Pinxten, M., Fraine, B. de, van Damme, J. & D'Haenens, E. (2010). Causal ordering of academic self-concept and achievement: effects of type of achievement measure. *The British journal of educational psychology*, 80(Pt 4), 689–709. <https://doi.org/10.1348/000709910X493071>



- Pollmeier, J., Hardy, I., Koerber, S. & Möller, K. (2011). Lassen sich naturwissenschaftliche Lernstände im Grundschulalter mit schriftlichen Aufgaben valide erfassen? *Zeitschrift für Pädagogik*, 57. <https://doi.org/10.25656/01:8784>
- Pollock, E., Chandler, P. & Sweller, J. (2002). Assimilating complex information. *Learning and Instruction*, 12(1), 61–86. [https://doi.org/10.1016/S0959-4752\(01\)00016-0](https://doi.org/10.1016/S0959-4752(01)00016-0)
- Posner, G. J., Strike, K. A., Hewson, P. W. & Gertzog, W. A. (1982). Accommodation of a scientific conception: Toward a theory of conceptual change. *Science Education*, 66(2), 211–227. <https://doi.org/10.1002/SCE.3730660207>
- Precht, M. (2013a). Gebildet durch Bilder: Sachcomics lesen und Chemie-Foto-Storys gestalten. *Naturwissenschaften im Unterricht Chemie*, 24(133), 8–12.
- Precht, M. (2013b). Potenziale der sequenziellen Kunst: Bildergeschichten und Comics im naturwissenschaftlichen Unterricht. In U. Hangartner, F. Keller & D. Oechslin (Hrsg.), *Kultur- und Medientheorie. Wissen durch Bilder: Sachcomics als Medien von Bildung und Information* (S. 271–300). Transcript-Verl.
- Rakoczy, K., Klieme, E., Drollinger-Vetter, B., Lipowsky, F., Pauli, C. & Reusser, K. (2007). Structure as a quality feature in mathematics instruction. Cognitive and motivational effects of a structured organisation of the learning environment vs. a structured presentation of learning content. In M. Prenzel (Hrsg.), *Studies on the educational quality of schools: The final report on the DFG priority programme* (S. 102–121). Waxmann.
- Rakoczy, K., Klieme, E., Lipowsky, F. & Drollinger-Vetter, B. (2010). Strukturierung, kognitive Aktivität und Leistungsentwicklung im Mathematikunterricht. *Unterrichtswissenschaft*, 38(3), 194–209.
- Ranker, J. (2007). Using Comic Books as Read-Alouds: Insights on Reading Instruction From an English as a Second Language Classroom. *The Reading Teacher*, 61(4), 296–305. <https://doi.org/10.1598/RT.61.4.2>
- Reich, K. (2012). *Konstruktivistische Didaktik: Das Lehr- und Studienbuch mit Online-Methodenpool* (5. Aufl.). *Pädagogik und Konstruktivismus*. Beltz.
- Renkl, A. (1996). Vorwissen und Schulleistung. In J. Möller (Hrsg.), *Pädagogische Psychologie Motivationspsychologie. Emotionen, Kognitionen und Schulleistung* (S. 175–190). Beltz Psychologie-Verl.-Union.
- Richter, J. & Scheiter, K. (2019). Studying the expertise reversal of the multimedia signaling effect at a process level: evidence from eye tracking. *Instructional Science*, 47(6), 627–658. <https://doi.org/10.1007/s11251-019-09492-3>
- Richter, J., Scheiter, K. & Eitel, A. (2016). Signaling text-picture relations in multimedia learning: A comprehensive meta-analysis. *Educational Research Review*, 17, 19–36. <https://doi.org/10.1016/j.edurev.2015.12.003>
- Richter, J., Scheiter, K. & Eitel, A. (2018). Signaling text–picture relations in multimedia learning: The influence of prior knowledge. *Journal of Educational Psychology*, 110(4), 544–560. <https://doi.org/10.1037/edu0000220>

- Roelle, J. & Berthold, K. (2013). The expertise reversal effect in prompting focused processing of instructional explanations. *Instructional Science*, 41(4), 635–656. <https://doi.org/10.1007/s11251-012-9247-0>
- Rösch, S., Stübi, C. & Labudde, P. (2017). *Spiralcurriculum Schwimmen und Sinken: Naturwissenschaftlich arbeiten und denken lernen.: Band 3: Sekundarbereich* (Spiralcurriculum Schwimmen und Sinken: Naturwissenschaftlich arbeiten und denken lernen. Ein Curriculum vom Kindergarten bis zur 8. Klasse.).
- Rubitzko, T. (2006). *Aktives Lernen mit multiplen Repräsentationen: Zur Vermittlung komplexer physikalischer Inhalte mit Texten, Bildern, Animationen und Simulationen*.
- Salim, C. A. & Mikelskis-Seifert, S. (2020). Comics als visuelle und strukturelle Lernhilfe im Physikunterricht. *MNU Journal*, 73(5), 400–404.
- Salim, C. A., Schwichow, M. & Mikelskis-Seifert, S. (2023). Schwimmen und Sinken anhand einer Matrix verstehen. *MNU Journal*, 76(1), 32–35.
- Sandmann, A. & Wenning, S. (Hrsg.). (2015). *Unterrichtsmaterialien aus Forschung und Praxis: Bd. 8. Lernen mit Comics: Aufgaben für den Biologieunterricht* (1. Aufl.). Books on Demand.
- Sarris, V. (1992). *Versuchsplanung und Stadien des psychologischen Experiments. Methodologische Grundlagen der Experimentalpsychologie / Viktor Sarris: Bd. 2*. Reinhardt.
- Schalk, L., Edelsbrunner, P. A., Deiglmayr, A., Schumacher, R. & Stern, E. (2019). Improved application of the control-of-variables strategy as a collateral benefit of inquiry-based physics education in elementary school. *Learning and Instruction*, 59, 34–45. <https://doi.org/10.1016/j.learninstruc.2018.09.006>
- Schecker, H. & Duit, R. (2018). Schülervorstellungen und Physiklernen. In H. Schecker, T. Wilhelm, M. Hopf, R. Duit, H. Fischler, C. Haagen-Schützenhöfer, D. Höttecke, R. Müller & R. Wodzinski (Hrsg.), *Lehrbuch. Schülervorstellungen und Physikunterricht: Ein Lehrbuch für Studium, Referendariat und Unterrichtspraxis* (S. 1–19). Springer Spektrum.
- Schecker, H., Wilhelm, T., Hopf, M., Duit, R., Fischler, H., Haagen-Schützenhöfer, C., Höttecke, D., Müller, R. & Wodzinski, R. (Hrsg.). (2018). *Lehrbuch. Schülervorstellungen und Physikunterricht: Ein Lehrbuch für Studium, Referendariat und Unterrichtspraxis*. Springer Spektrum.
- Scherres, C. (2013). *Niveauangemessenes Arbeiten in selbstdifferenzierenden Lernumgebungen: Eine qualitative Fallstudie am Beispiel einer Würfelnetz-Lernumgebung*. Zugl.: Dortmund, TU, Diss., 2012. *Research: Bd. 12*. Springer Spektrum. <https://doi.org/10.1007/978-3-658-02083-5>
- Schmellentin, C., Dittmar, M., Gilg, E. & Schneider, H. (2017). Sprachliche Anforderungen in Biologielehrmitteln. In B. Ahrenholz, B. Hövelbrinks & C. Schmellentin (Hrsg.), *Fachunterricht und Sprache in schulischen Lehr-/Lernprozessen* (S. 73–91). Narr Francke Attempto.
- Schmidt-Weigand, F., Hänze, M. & Wodzinski, R. (2009). Complex Problem Solving and Worked Examples. *Zeitschrift für Pädagogische Psychologie*, 23(2), 129–138. <https://doi.org/10.1024/1010-0652.23.2.129>

- Schmitz, A. (2015). *Verständlichkeit von Sachtexten: Wirkung der globalen Textkohäsion auf das Textverständnis von Schülern*. Springer Fachmedien Wiesbaden.
- Schneider, H. (2020). Das Lesen von Sachtexten verlangt nach Begleitung. *Buch & Maus*(1), 11–12.
- Schnell, R., Hill, P. B. & Esser, E. (2014). *Methoden der empirischen Sozialforschung* (10. Aufl.). Oldenbourg.
- Schnotz, W. (2001). Wissenserwerb mit Multimedia. *Unterrichtswissenschaft*, 29. <https://doi.org/10.25656/01:7717>
- Schnotz, W. (2014). Integrated Model of Text and Picture Comprehension. In R. E. Mayer (Hrsg.), *The Cambridge Handbook of Multimedia Learning* (S. 72–103). Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/CBO9781139547369.006>
- Schnotz, W. (2022). Integrated Model of Text and Picture Comprehension. In R. E. Mayer & L. Fiorella (Hrsg.), *Cambridge handbooks in psychology. The Cambridge handbook of multimedia learning* (S. 82–99). Cambridge University Press.
- Schnotz, W. & Bannert, M. (2003). Construction and interference in learning from multiple representation. *Learning and Instruction*, 13(2), 141–156. [https://doi.org/10.1016/S0959-4752\(02\)00017-8](https://doi.org/10.1016/S0959-4752(02)00017-8)
- Schnotz, W., Zink, T. & Pfeiffer, M. (1996). Visualisierungen im Lehr-Lern-Prozess. *Zeitschrift für Pädagogik*, 42(2), 193–213.
- Schwamborn, A., Thillmann, H., Leopold, C., Sumfleth, E. & Leutner, D. (2010). Der Einsatz von vorgegebenen und selbst generierten Bildern als Textverstehenshilfe beim Lernen aus einem naturwissenschaftlichen Sachtext. *Zeitschrift für Pädagogische Psychologie*, 24(3-4), 221–233. <https://doi.org/10.1024/1010-0652/a000018>
- Sieve, B. & Prechtel, M. (2013). Comics und Bildergeschichten - Chancen für den Chemieunterricht. *Naturwissenschaften im Unterricht Chemie*, 24(133), 2–7.
- Skaalvik, E. M. & Hagtvet, K. A. (1990). Academic achievement and self-concept: An analysis of causal predominance in a developmental perspective. *Journal of Personality and Social Psychology*, 58(2), 292–307. <https://doi.org/10.1037/0022-3514.58.2.292>
- Smith, C., Carey, S. & Wisner, M. (1985). On differentiation: A case study of the development of the concepts of size, weight, and density. *Cognition*, 21(3), 177–237. [https://doi.org/10.1016/0010-0277\(85\)90025-3](https://doi.org/10.1016/0010-0277(85)90025-3)
- Smith, C., Snir, J. & Grosslight, L. (1992). Using Conceptual Models to Facilitate Conceptual Change: The Case of Weight-Density Differentiation. *Cognition and Instruction*, 9(3), 221–283. [https://doi.org/10.1207/s1532690xci0903\\_3](https://doi.org/10.1207/s1532690xci0903_3)
- Spanjers, I. A., Wouters, P., van Gog, T. & van Merriënboer, J. (2011). An expertise reversal effect of segmentation in learning from animated worked-out examples. *Computers in Human Behavior*, 27(1), 46–52. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2010.05.011>
- Stanat, P., Schipolowski, S., Rjosk, C., Weirich, S. & Haag, N. (Hrsg.). (2017). *IQB-Bildungstrend 2016: Kompetenzen in den Fächern Deutsch und Mathematik am Ende der 4. Jahrgangsstufe im zweiten Ländervergleich*. Waxmann.

- Sweller, J. (1988). Cognitive load during problem solving: Effects on learning. *Cognitive Science*, 12(2), 257–285. [https://doi.org/10.1016/0364-0213\(88\)90023-7](https://doi.org/10.1016/0364-0213(88)90023-7)
- Sweller, J. (1994). Cognitive load theory, learning difficulty, and instructional design. *Learning and Instruction*, 4(4), 295–312. [https://doi.org/10.1016/0959-4752\(94\)90003-5](https://doi.org/10.1016/0959-4752(94)90003-5)
- Sweller, J. (2010). Element Interactivity and Intrinsic, Extraneous, and Germane Cognitive Load. *Educational Psychology Review*, 22(2), 123–138. <https://doi.org/10.1007/s10648-010-9128-5>
- Sweller, J. (2012). Human cognitive architecture: Why some instructional procedures work and others do not. In K. R. Harris, S. Graham, T. Urdan, C. B. McCormick, G. M. Sinatra & J. Sweller (Hrsg.), *APA educational psychology handbook, Vol 1: Theories, constructs, and critical issues* (S. 295–325). American Psychological Association. <https://doi.org/10.1037/13273-011>
- Sweller, J., Ayres, P. & Kalyuga, S. (Hrsg.). (2011). *Explorations in the learning sciences, instructional systems and performance technologies. Cognitive load theory* (1. Aufl.). Springer.
- Sweller, J., van Merriënboer, J. & Paas, F. (1998). Cognitive Architecture and Instructional Design. *Educational Psychology Review*, 10(3), 251–296. <https://doi.org/10.1023/A:1022193728205>
- Sweller, J., van Merriënboer, J. & Paas, F. (2019). Cognitive Architecture and Instructional Design: 20 Years Later. *Educational Psychology Review*, 31(2), 261–292. <https://doi.org/10.1007/s10648-019-09465-5>
- Teo, T. W., Yan, Y. K. & Ong, W. L. M. (2017). An investigation of Singapore preschool children's emerging concepts of floating and sinking. *Pedagogies: An International Journal*, 12(4), 325–339. <https://doi.org/10.1080/1554480X.2017.1374186>
- Tipler, P. A. & Mosca, G. (2009). *Physik für Wissenschaftler und Ingenieure* (6., dt. Aufl.). Spektrum Akad. Verl.
- Trautmann, M. & Wischer, B. (2011). Heterogenität: Facetten und Probleme eines Schlüsselbegriffes. In M. Trautmann & B. Wischer (Hrsg.), *Heterogenität in der Schule* (S. 37–68). VS Verlag für Sozialwissenschaften. [https://doi.org/10.1007/978-3-531-92893-7\\_2](https://doi.org/10.1007/978-3-531-92893-7_2)
- Ünal, S. (2008). Changing students' misconceptions of floating and sinking using hands-on activities. *Journal of Baltic Science Education*, 7(3), 134–146.
- Valentine, J. C., DuBois, D. L. & Cooper, H. (2004). The Relation Between Self-Beliefs and Academic Achievement: A Meta-Analytic Review. *Educational Psychologist*, 39(2), 111–133. [https://doi.org/10.1207/s15326985ep3902\\_3](https://doi.org/10.1207/s15326985ep3902_3)
- van Gog, T. (2022). The Signaling (or Cueing) Principle in Multimedia Learning. In R. E. Mayer & L. Fiorella (Hrsg.), *Cambridge handbooks in psychology. The Cambridge handbook of multimedia learning* (S. 221–230). Cambridge University Press.
- van Merriënboer, J., Kester, L. & Paas, F. (2006). Teaching complex rather than simple tasks: balancing intrinsic and germane load to enhance transfer of learning. *Applied Cognitive Psychology*, 20(3), 343–352. <https://doi.org/10.1002/acp.1250>

- van Merriënboer, J. & Sweller, J. (2005). Cognitive Load Theory and Complex Learning: Recent Developments and Future Directions. *Educational Psychology Review*, 17(2), 147–177. <https://doi.org/10.1007/s10648-005-3951-0>
- van Schaik, J. E., Slim, T., Franse, R. K. & Raijmakers, M. E. J. (2020). Hands-On Exploration of Cubes' Floating and Sinking Benefits Children's Subsequent Buoyancy Predictions. *Frontiers in psychology*, 11, 1665. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2020.01665>
- Vitale, J. M., Applebaum, L. & Linn, M. C. (2019). Coordinating between Graphs and Science Concepts: Density and Buoyancy. *Cognition and Instruction*, 37(1), 38–72. <https://doi.org/10.1080/07370008.2018.1539736>
- Wagenschein, M. (1968). Die Sprache im Physikunterricht. In O. F. Bollnow (Hrsg.), *Sprache und Erziehung. Bericht über die Arbeitstagung der Deutschen Gesellschaft für Erziehungswissenschaft vom 7. bis 10. April 1968 in Göttingen* (S. 125–142). Beltz.
- Wellenreuther, M. (2013). *Lehren und Lernen - aber wie? Empirisch-experimentelle Forschungen zum Lehren und Lernen im Unterricht* (6. Aufl.). *Grundlagen der Schulpädagogik: Bd. 50*. Schneider-Verl. Hohengehren.
- Wenning, S., Krdzic, M. & Sandmann, A. (2018). Lernwirksamkeit von Comics im Biologieunterricht. *MNU Journal*(3), 191–195.
- Wilhelm, T. & Schecker, H. (2018). Strategien für den Umgang mit Schülervorstellungen. In H. Schecker, T. Wilhelm, M. Hopf, R. Duit, H. Fischler, C. Haagen-Schützenhöfer, D. Höttecke, R. Müller & R. Wodzinski (Hrsg.), *Lehrbuch. Schülervorstellungen und Physikunterricht: Ein Lehrbuch für Studium, Referendariat und Unterrichtspraxis* (S. 40–60). Springer Spektrum.
- Winther, E. & Achtenhagen, F. (2008). Personale Traits und selbstregulative States zur Beschreibung von Unterrichtsprozessen. *Unterrichtswissenschaft*, 36(3), 255–280.
- Wirth, J. (2009). Promoting Self-Regulated Learning Through Prompts. *Zeitschrift für Pädagogische Psychologie*, 23(2), 91–94. <https://doi.org/10.1024/1010-0652.23.2.91>
- Wodzinski, R. & Wilhelm, T. (2018). Schülervorstellungen im Anfangsunterricht. In H. Schecker, T. Wilhelm, M. Hopf, R. Duit, H. Fischler, C. Haagen-Schützenhöfer, D. Höttecke, R. Müller & R. Wodzinski (Hrsg.), *Lehrbuch. Schülervorstellungen und Physikunterricht: Ein Lehrbuch für Studium, Referendariat und Unterrichtspraxis* (S. 244–268). Springer Spektrum.
- Yeung, A. S., Jin, P. & Sweller, J. (1998). Cognitive Load and Learner Expertise: Split-Attention and Redundancy Effects in Reading with Explanatory Notes. *Contemporary educational psychology*, 23(1), 1–21. <https://doi.org/10.1006/ceps.1997.0951>
- Zoupidis, A., Pnevmatikos, D., Spyrtou, A. & Kariotoglou, P. (2016). The impact of procedural and epistemological knowledge on conceptual understanding: the case of density and floating–sinking phenomena. *Instructional Science*, 44(4), 315–334. <https://doi.org/10.1007/s11251-016-9375-z>



## Danksagung

# Vielen Dank an...

- Prof. Dr. Silke Mikelskis-Seifert.
- Prof. Dr. Maja Brückmann.
- Prof. Dr. Martin Schwichow.
- die Physikabteilung der Pädagogischen Hochschule Freiburg.
- alle weiteren Menschen, die zum Gelingen dieser Arbeit beigetragen haben.
- alle Menschen, die diese Forschungsarbeit sinnennehmend lesen und die Ergebnisse nutzen. Ohne die Wahrnehmung und Interpretation dieser Schrift durch Rezipient/inn/en wäre die Arbeit wenig wert.

Bisher erschienene Bände der Reihe „*Studien zum Physik- und Chemielernen*“

ISSN 1614-8967 (vormals *Studien zum Physiklernen* ISSN 1435-5280)

- 1 Helmut Fischler, Jochen Peuckert (Hrsg.): Concept Mapping in fachdidaktischen Forschungsprojekten der Physik und Chemie  
ISBN 978-3-89722-256-4 40.50 EUR
- 2 Anja Schoster: Bedeutungsentwicklungsprozesse beim Lösen algorithmischer Physikaufgaben. *Eine Fallstudie zu Lernprozessen von Schülern im Physiknachhilfeunterricht während der Bearbeitung algorithmischer Physikaufgaben*  
ISBN 978-3-89722-045-4 40.50 EUR
- 3 Claudia von Aufschnaiter: Bedeutungsentwicklungen, Interaktionen und situatives Erleben beim Bearbeiten physikalischer Aufgaben  
ISBN 978-3-89722-143-7 40.50 EUR
- 4 Susanne Haerberlen: Lernprozesse im Unterricht mit Wasserstromkreisen. *Eine Fallstudie in der Sekundarstufe I*  
ISBN 978-3-89722-172-7 40.50 EUR
- 5 Kerstin Haller: Über den Zusammenhang von Handlungen und Zielen. *Eine empirische Untersuchung zu Lernprozessen im physikalischen Praktikum*  
ISBN 978-3-89722-242-7 40.50 EUR
- 6 Michaela Horstendahl: Motivationale Orientierungen im Physikunterricht  
ISBN 978-3-89722-227-4 50.00 EUR
- 7 Stefan Deylitz: Lernergebnisse in der Quanten-Atomphysik. *Evaluation des Bremer Unterrichtskonzepts*  
ISBN 978-3-89722-291-5 40.50 EUR
- 8 Lorenz Hucke: Handlungsregulation und Wissenserwerb in traditionellen und computergestützten Experimenten des physikalischen Praktikums  
ISBN 978-3-89722-316-5 50.00 EUR
- 9 Heike Theyßen: Ein Physikpraktikum für Studierende der Medizin. *Darstellung der Entwicklung und Evaluation eines adressatenspezifischen Praktikums nach dem Modell der Didaktischen Rekonstruktion*  
ISBN 978-3-89722-334-9 40.50 EUR
- 10 Annette Schick: Der Einfluß von Interesse und anderen selbstbezogenen Kognitionen auf Handlungen im Physikunterricht. *Fallstudien zu Interessenhandlungen im Physikunterricht*  
ISBN 978-3-89722-380-6 40.50 EUR
- 11 Roland Berger: Moderne bildgebende Verfahren der medizinischen Diagnostik. *Ein Weg zu interessanterem Physikunterricht*  
ISBN 978-3-89722-445-2 40.50 EUR



- 12 Johannes Werner: Vom Licht zum Atom. *Ein Unterrichtskonzept zur Quantenphysik unter Nutzung des Zeigermodells*  
ISBN 978-3-89722-471-1 40.50 EUR
- 13 Florian Sander: Verbindung von Theorie und Experiment im physikalischen Praktikum. *Eine empirische Untersuchung zum handlungsbezogenen Vorverständnis und dem Einsatz grafikorientierter Modellbildung im Praktikum*  
ISBN 978-3-89722-482-7 40.50 EUR
- 14 Jörn Gerdes: Der Begriff der physikalischen Kompetenz. *Zur Validierung eines Konstruktes*  
ISBN 978-3-89722-510-7 40.50 EUR
- 15 Malte Meyer-Arndt: Interaktionen im Physikpraktikum zwischen Studierenden und Betreuern. *Feldstudie zu Bedeutungsentwicklungsprozessen im physikalischen Praktikum*  
ISBN 978-3-89722-541-1 40.50 EUR
- 16 Dietmar Höttecke: Die Natur der Naturwissenschaften historisch verstehen. *Fachdidaktische und wissenschaftshistorische Untersuchungen*  
ISBN 978-3-89722-607-4 40.50 EUR
- 17 Gil Gabriel Mavanga: Entwicklung und Evaluation eines experimentell- und phänomenorientierten Optikcurriculums. *Untersuchung zu Schülervorstellungen in der Sekundarstufe I in Mosambik und Deutschland*  
ISBN 978-3-89722-721-7 40.50 EUR
- 18 Meike Ute Zastrow: Interaktive Experimentieranleitungen. *Entwicklung und Evaluation eines Konzeptes zur Vorbereitung auf das Experimentieren mit Messgeräten im Physikalischen Praktikum*  
ISBN 978-3-89722-802-3 40.50 EUR
- 19 Gunnar Friege: Wissen und Problemlösen. *Eine empirische Untersuchung des wissenszentrierten Problemlösens im Gebiet der Elektrizitätslehre auf der Grundlage des Experten-Novizen-Vergleichs*  
ISBN 978-3-89722-809-2 40.50 EUR
- 20 Erich Starauschek: Physikunterricht nach dem Karlsruher Physikkurs. *Ergebnisse einer Evaluationsstudie*  
ISBN 978-3-89722-823-8 40.50 EUR
- 21 Roland Paatz: Charakteristika analogiebasierten Denkens. *Vergleich von Lernprozessen in Basis- und Zielbereich*  
ISBN 978-3-89722-944-0 40.50 EUR
- 22 Silke Mikelskis-Seifert: Die Entwicklung von Metakzepten zur Teilchenvorstellung bei Schülern. *Untersuchung eines Unterrichts über Modelle mithilfe eines Systems multipler Repräsentationsebenen*  
ISBN 978-3-8325-0013-9 40.50 EUR
- 23 Brunhild Landwehr: Distanzen von Lehrkräften und Studierenden des Sachunterrichts zur Physik. *Eine qualitativ-empirische Studie zu den Ursachen*  
ISBN 978-3-8325-0044-3 40.50 EUR

- 24 Lydia Murmann: Physiklernen zu Licht, Schatten und Sehen. *Eine phänomenografische Untersuchung in der Primarstufe*  
ISBN 978-3-8325-0060-3 40.50 EUR
- 25 Thorsten Bell: Strukturprinzipien der Selbstregulation. *Komplexe Systeme, Elementarisierungen und Lernprozessstudien für den Unterricht der Sekundarstufe II*  
ISBN 978-3-8325-0134-1 40.50 EUR
- 26 Rainer Müller: Quantenphysik in der Schule  
ISBN 978-3-8325-0186-0 40.50 EUR
- 27 Jutta Roth: Bedeutungsentwicklungsprozesse von Physikerinnen und Physikern in den Dimensionen Komplexität, Zeit und Inhalt  
ISBN 978-3-8325-0183-9 40.50 EUR
- 28 Andreas Saniter: Spezifika der Verhaltensmuster fortgeschrittener Studierender der Physik  
ISBN 978-3-8325-0292-8 40.50 EUR
- 29 Thomas Weber: Kumulatives Lernen im Physikunterricht. *Eine vergleichende Untersuchung in Unterrichtsgängen zur geometrischen Optik*  
ISBN 978-3-8325-0316-1 40.50 EUR
- 30 Markus Rehm: Über die Chancen und Grenzen moralischer Erziehung im naturwissenschaftlichen Unterricht  
ISBN 978-3-8325-0368-0 40.50 EUR
- 31 Marion Budde: Lernwirkungen in der Quanten-Atom-Physik. *Fallstudien über Resonanzen zwischen Lernangeboten und SchülerInnen-Vorstellungen*  
ISBN 978-3-8325-0483-0 40.50 EUR
- 32 Thomas Reyer: Oberflächenmerkmale und Tiefenstrukturen im Unterricht. *Exemplarische Analysen im Physikunterricht der gymnasialen Sekundarstufe*  
ISBN 978-3-8325-0488-5 40.50 EUR
- 33 Christoph Thomas Müller: Subjektive Theorien und handlungsleitende Kognitionen von Lehrern als Determinanten schulischer Lehr-Lern-Prozesse im Physikunterricht  
ISBN 978-3-8325-0543-1 40.50 EUR
- 34 Gabriela Jonas-Ahrend: Physiklehrvorstellungen zum Experiment im Physikunterricht  
ISBN 978-3-8325-0576-9 40.50 EUR
- 35 Dimitrios Stavrou: Das Zusammenspiel von Zufall und Gesetzmäßigkeiten in der nicht-linearen Dynamik. *Didaktische Analyse und Lernprozesse*  
ISBN 978-3-8325-0609-4 40.50 EUR
- 36 Katrin Engeln: Schülerlabors: authentische, aktivierende Lernumgebungen als Möglichkeit, Interesse an Naturwissenschaften und Technik zu wecken  
ISBN 978-3-8325-0689-6 40.50 EUR
- 37 Susann Hartmann: Erklärungsvielfalt  
ISBN 978-3-8325-0730-5 40.50 EUR

- 38 Knut Neumann: Didaktische Rekonstruktion eines physikalischen Praktikums für Physiker  
ISBN 978-3-8325-0762-6 40.50 EUR
- 39 Michael Späth: Kontextbedingungen für Physikunterricht an der Hauptschule. *Möglichkeiten und Ansatzpunkte für einen fachübergreifenden, handlungsorientierten und berufsorientierten Unterricht*  
ISBN 978-3-8325-0827-2 40.50 EUR
- 40 Jörg Hirsch: Interesse, Handlungen und situatives Erleben von Schülerinnen und Schülern beim Bearbeiten physikalischer Aufgaben  
ISBN 978-3-8325-0875-3 40.50 EUR
- 41 Monika Hüther: Evaluation einer hypermedialen Lernumgebung zum Thema Gasgesetze. *Eine Studie im Rahmen des Physikpraktikums für Studierende der Medizin*  
ISBN 978-3-8325-0911-8 40.50 EUR
- 42 Maike Tesch: Das Experiment im Physikunterricht. *Didaktische Konzepte und Ergebnisse einer Videostudie*  
ISBN 978-3-8325-0975-0 40.50 EUR
- 43 Nina Nicolai: Skriptgeleitete Eltern-Kind-Interaktion bei Chemiehausaufgaben. *Eine Evaluationsstudie im Themenbereich Säure-Base*  
ISBN 978-3-8325-1013-8 40.50 EUR
- 44 Antje Leisner: Entwicklung von Modellkompetenz im Physikunterricht  
ISBN 978-3-8325-1020-6 40.50 EUR
- 45 Stefan Rumann: Evaluation einer Interventionsstudie zur Säure-Base-Thematik  
ISBN 978-3-8325-1027-5 40.50 EUR
- 46 Thomas Wilhelm: Konzeption und Evaluation eines Kinematik/Dynamik-Lehrgangs zur Veränderung von Schülervorstellungen mit Hilfe dynamisch ikonischer Repräsentationen und graphischer Modellbildung – mit CD-ROM  
ISBN 978-3-8325-1046-6 45.50 EUR
- 47 Andrea Maier-Richter: Computerunterstütztes Lernen mit Lösungsbeispielen in der Chemie. *Eine Evaluationsstudie im Themenbereich Löslichkeit*  
ISBN 978-3-8325-1046-6 40.50 EUR
- 48 Jochen Peuckert: Stabilität und Ausprägung kognitiver Strukturen zum Atombegriff  
ISBN 978-3-8325-1104-3 40.50 EUR
- 49 Maik Walpuski: Optimierung von experimenteller Kleingruppenarbeit durch Strukturierungshilfen und Feedback  
ISBN 978-3-8325-1184-5 40.50 EUR
- 50 Helmut Fischler, Christiane S. Reiners (Hrsg.): Die Teilchenstruktur der Materie im Physik- und Chemieunterricht  
ISBN 978-3-8325-1225-5 34.90 EUR
- 51 Claudia Eysel: Interdisziplinäres Lehren und Lernen in der Lehrerbildung. *Eine empirische Studie zum Kompetenzerwerb in einer komplexen Lernumgebung*  
ISBN 978-3-8325-1238-5 40.50 EUR

- 52 Johannes Günther: Lehrerfortbildung über die Natur der Naturwissenschaften. *Studien über das Wissenschaftsverständnis von Grundschullehrkräften*  
ISBN 978-3-8325-1287-3 40.50 EUR
- 53 Christoph Neugebauer: Lernen mit Simulationen und der Einfluss auf das Problemlösen in der Physik  
ISBN 978-3-8325-1300-9 40.50 EUR
- 54 Andreas Schnirch: Gendergerechte Interessen- und Motivationsförderung im Kontext naturwissenschaftlicher Grundbildung. *Konzeption, Entwicklung und Evaluation einer multimedial unterstützten Lernumgebung*  
ISBN 978-3-8325-1334-4 40.50 EUR
- 55 Hilde Köster: Freies Explorieren und Experimentieren. *Eine Untersuchung zur selbstbestimmten Gewinnung von Erfahrungen mit physikalischen Phänomenen im Sachunterricht*  
ISBN 978-3-8325-1348-1 40.50 EUR
- 56 Eva Heran-Dörr: Entwicklung und Evaluation einer Lehrerfortbildung zur Förderung der physikdidaktischen Kompetenz von Sachunterrichtslehrkräften  
ISBN 978-3-8325-1377-1 40.50 EUR
- 57 Agnes Szabone Varnai: Unterstützung des Problemlösens in Physik durch den Einsatz von Simulationen und die Vorgabe eines strukturierten Kooperationsformats  
ISBN 978-3-8325-1403-7 40.50 EUR
- 58 Johannes Rethfeld: Aufgabenbasierte Lernprozesse in selbstorganisationsoffenem Unterricht der Sekundarstufe I zum Themengebiet ELEKTROSTATIK. *Eine Feldstudie in vier 10. Klassen zu einer kartenbasierten Lernumgebung mit Aufgaben aus der Elektrostatik*  
ISBN 978-3-8325-1416-7 40.50 EUR
- 59 Christian Henke: Experimentell-naturwissenschaftliche Arbeitsweisen in der Oberstufe. *Untersuchung am Beispiel des HIGHSEA-Projekts in Bremerhaven*  
ISBN 978-3-8325-1515-7 40.50 EUR
- 60 Lutz Kasper: Diskursiv-narrative Elemente für den Physikunterricht. *Entwicklung und Evaluation einer multimedialen Lernumgebung zum Erdmagnetismus*  
ISBN 978-3-8325-1537-9 40.50 EUR
- 61 Thorid Rabe: Textgestaltung und Aufforderung zu Selbsterklärungen beim Physiklernen mit Multimedia  
ISBN 978-3-8325-1539-3 40.50 EUR
- 62 Ina Glemnitz: Vertikale Vernetzung im Chemieunterricht. *Ein Vergleich von traditionellem Unterricht mit Unterricht nach Chemie im Kontext*  
ISBN 978-3-8325-1628-4 40.50 EUR
- 63 Erik Einhaus: Schülerkompetenzen im Bereich Wärmelehre. *Entwicklung eines Testinstruments zur Überprüfung und Weiterentwicklung eines normativen Modells fachbezogener Kompetenzen*  
ISBN 978-3-8325-1630-7 40.50 EUR

- 64 Jasmin Neuroth: Concept Mapping als Lernstrategie. *Eine Interventionsstudie zum Chemielernen aus Texten*  
ISBN 978-3-8325-1659-8 40.50 EUR
- 65 Hans Gerd Hegeler-Burkhart: Zur Kommunikation von Hauptschülerinnen und Hauptschülern in einem handlungsorientierten und fächerübergreifenden Unterricht mit physikalischen und technischen Inhalten  
ISBN 978-3-8325-1667-3 40.50 EUR
- 66 Karsten Rincke: Sprachentwicklung und Fachlernen im Mechanikunterricht. *Sprache und Kommunikation bei der Einführung in den Kraftbegriff*  
ISBN 978-3-8325-1699-4 40.50 EUR
- 67 Nina Strehle: Das Ion im Chemieunterricht. *Alternative Schülervorstellungen und curriculare Konsequenzen*  
ISBN 978-3-8325-1710-6 40.50 EUR
- 68 Martin Hopf: Problemorientierte Schülerexperimente  
ISBN 978-3-8325-1711-3 40.50 EUR
- 69 Anne Beerenwinkel: Fostering conceptual change in chemistry classes using expository texts  
ISBN 978-3-8325-1721-2 40.50 EUR
- 70 Roland Berger: Das Gruppenpuzzle im Physikunterricht der Sekundarstufe II. *Eine empirische Untersuchung auf der Grundlage der Selbstbestimmungstheorie der Motivation*  
ISBN 978-3-8325-1732-8 40.50 EUR
- 71 Giuseppe Colicchia: Physikunterricht im Kontext von Medizin und Biologie. *Entwicklung und Erprobung von Unterrichtseinheiten*  
ISBN 978-3-8325-1746-5 40.50 EUR
- 72 Sandra Winheller: Geschlechtsspezifische Auswirkungen der Lehrer-Schüler-Interaktion im Chemieanfangsunterricht  
ISBN 978-3-8325-1757-1 40.50 EUR
- 73 Isabel Wahser: Training von naturwissenschaftlichen Arbeitsweisen zur Unterstützung experimenteller Kleingruppenarbeit im Fach Chemie  
ISBN 978-3-8325-1815-8 40.50 EUR
- 74 Claus Brell: Lernmedien und Lernerfolg - reale und virtuelle Materialien im Physikunterricht. *Empirische Untersuchungen in achten Klassen an Gymnasien (Laborstudie) zum Computereinsatz mit Simulation und IBE*  
ISBN 978-3-8325-1829-5 40.50 EUR
- 75 Rainer Wackermann: Überprüfung der Wirksamkeit eines Basismodell-Trainings für Physiklehrer  
ISBN 978-3-8325-1882-0 40.50 EUR
- 76 Oliver Tepner: Effektivität von Aufgaben im Chemieunterricht der Sekundarstufe I  
ISBN 978-3-8325-1919-3 40.50 EUR

- 77 Claudia Geyer: Museums- und Science-Center-Besuche im naturwissenschaftlichen Unterricht aus einer motivationalen Perspektive. *Die Sicht von Lehrkräften und Schülerinnen und Schülern*  
ISBN 978-3-8325-1922-3 40.50 EUR
- 78 Tobias Leonhard: Professionalisierung in der Lehrerbildung. *Eine explorative Studie zur Entwicklung professioneller Kompetenzen in der Lehrererstausbildung*  
ISBN 978-3-8325-1924-7 40.50 EUR
- 79 Alexander Kauertz: Schwierigkeitserzeugende Merkmale physikalischer Leistungstestaufgaben  
ISBN 978-3-8325-1925-4 40.50 EUR
- 80 Regina Hübinger: Schüler auf Weltreise. *Entwicklung und Evaluation von Lehr-/Lernmaterialien zur Förderung experimentell-naturwissenschaftlicher Kompetenzen für die Jahrgangsstufen 5 und 6*  
ISBN 978-3-8325-1932-2 40.50 EUR
- 81 Christine Waltner: Physik lernen im Deutschen Museum  
ISBN 978-3-8325-1933-9 40.50 EUR
- 82 Torsten Fischer: Handlungsmuster von Physiklehrkräften beim Einsatz neuer Medien. *Fallstudien zur Unterrichtspraxis*  
ISBN 978-3-8325-1948-3 42.00 EUR
- 83 Corinna Kieren: Chemiehausaufgaben in der Sekundarstufe I des Gymnasiums. *Fragebogenerhebung zur gegenwärtigen Praxis und Entwicklung eines optimierten Hausaufgabendesigns im Themenbereich Säure-Base*  
978-3-8325-1975-9 37.00 EUR
- 84 Marco Thiele: Modelle der Thermohalinen Zirkulation im Unterricht. *Eine empirische Studie zur Förderung des Modellverständnisses*  
ISBN 978-3-8325-1982-7 40.50 EUR
- 85 Bernd Zinn: Physik lernen, um Physik zu lehren. *Eine Möglichkeit für interessanteren Physikunterricht*  
ISBN 978-3-8325-1995-7 39.50 EUR
- 86 Esther Klaes: Außerschulische Lernorte im naturwissenschaftlichen Unterricht. *Die Perspektive der Lehrkraft*  
ISBN 978-3-8325-2006-9 43.00 EUR
- 87 Marita Schmidt: Kompetenzmodellierung und -diagnostik im Themengebiet Energie der Sekundarstufe I. *Entwicklung und Erprobung eines Testinventars*  
ISBN 978-3-8325-2024-3 37.00 EUR
- 88 Gudrun Franke-Braun: Aufgaben mit gestuften Lernhilfen. *Ein Aufgabenformat zur Förderung der sachbezogenen Kommunikation und Lernleistung für den naturwissenschaftlichen Unterricht*  
ISBN 978-3-8325-2026-7 38.00 EUR
- 89 Silke Klos: Kompetenzförderung im naturwissenschaftlichen Anfangsunterricht. *Der Einfluss eines integrierten Unterrichtskonzepts*  
ISBN 978-3-8325-2133-2 37.00 EUR

- 90 Ulrike Elisabeth Burkard: Quantenphysik in der Schule. *Bestandsaufnahme, Perspektiven und Weiterentwicklungsmöglichkeiten durch die Implementation eines Medienservers*  
ISBN 978-3-8325-2215-5 43.00 EUR
- 91 Ulrike Gromadecki: Argumente in physikalischen Kontexten. *Welche Geltungsgründe halten Physikanfänger für überzeugend?*  
ISBN 978-3-8325-2250-6 41.50 EUR
- 92 Jürgen Bruns: Auf dem Weg zur Förderung naturwissenschaftsspezifischer Vorstellungen von zukünftigen Chemie-Lehrenden  
ISBN 978-3-8325-2257-5 43.50 EUR
- 93 Cornelius Marsch: Räumliche Atomvorstellung. *Entwicklung und Erprobung eines Unterrichtskonzeptes mit Hilfe des Computers*  
ISBN 978-3-8325-2293-3 82.50 EUR
- 94 Maja Brückmann: Sachstrukturen im Physikunterricht. *Ergebnisse einer Videostudie*  
ISBN 978-3-8325-2272-8 39.50 EUR
- 95 Sabine Fechner: Effects of Context-oriented Learning on Student Interest and Achievement in Chemistry Education  
ISBN 978-3-8325-2343-5 36.50 EUR
- 96 Clemens Nagel: eLearning im Physikalischen Anfängerpraktikum  
ISBN 978-3-8325-2355-8 39.50 EUR
- 97 Josef Riese: Professionelles Wissen und professionelle Handlungskompetenz von (angehenden) Physiklehrkräften  
ISBN 978-3-8325-2376-3 39.00 EUR
- 98 Sascha Bernholt: Kompetenzmodellierung in der Chemie. *Theoretische und empirische Reflexion am Beispiel des Modells hierarchischer Komplexität*  
ISBN 978-3-8325-2447-0 40.00 EUR
- 99 Holger Christoph Stawitz: Auswirkung unterschiedlicher Aufgabenprofile auf die Schülerleistung. *Vergleich von Naturwissenschafts- und Problemlöseaufgaben der PISA 2003-Studie*  
ISBN 978-3-8325-2451-7 37.50 EUR
- 100 Hans Ernst Fischer, Elke Sumfleth (Hrsg.): nwu-essen – 10 Jahre Essener Forschung zum naturwissenschaftlichen Unterricht  
ISBN 978-3-8325-3331-1 40.00 EUR
- 101 Hendrik Härtig: Sachstrukturen von Physikschulbüchern als Grundlage zur Bestimmung der Inhaltsvalidität eines Tests  
ISBN 978-3-8325-2512-5 34.00 EUR
- 102 Thomas Grüß-Niehaus: Zum Verständnis des Löslichkeitskonzeptes im Chemieunterricht. *Der Effekt von Methoden progressiver und kollaborativer Reflexion*  
ISBN 978-3-8325-2537-8 40.50 EUR

- 103 Patrick Bronner: Quantenoptische Experimente als Grundlage eines Curriculums zur Quantenphysik des Photons  
ISBN 978-3-8325-2540-8 36.00 EUR
- 104 Adrian Voßkühler: Blickbewegungsmessung an Versuchsaufbauten. *Studien zur Wahrnehmung, Verarbeitung und Usability von physikbezogenen Experimenten am Bildschirm und in der Realität*  
ISBN 978-3-8325-2548-4 47.50 EUR
- 105 Verena Tobias: Newton'sche Mechanik im Anfangsunterricht. *Die Wirksamkeit einer Einführung über die zweidimensionale Dynamik auf das Lehren und Lernen*  
ISBN 978-3-8325-2558-3 54.00 EUR
- 106 Christian Rogge: Entwicklung physikalischer Konzepte in aufgabenbasierten Lernumgebungen  
ISBN 978-3-8325-2574-3 45.00 EUR
- 107 Mathias Ropohl: Modellierung von Schülerkompetenzen im Basiskonzept Chemische Reaktion. *Entwicklung und Analyse von Testaufgaben*  
ISBN 978-3-8325-2609-2 36.50 EUR
- 108 Christoph Kulgemeyer: Physikalische Kommunikationskompetenz. *Modellierung und Diagnostik*  
ISBN 978-3-8325-2674-0 44.50 EUR
- 109 Jennifer Olszewski: The Impact of Physics Teachers' Pedagogical Content Knowledge on Teacher Actions and Student Outcomes  
ISBN 978-3-8325-2680-1 33.50 EUR
- 110 Annika Ohle: Primary School Teachers' Content Knowledge in Physics and its Impact on Teaching and Students' Achievement  
ISBN 978-3-8325-2684-9 36.50 EUR
- 111 Susanne Mannel: Assessing scientific inquiry. *Development and evaluation of a test for the low-performing stage*  
ISBN 978-3-8325-2761-7 40.00 EUR
- 112 Michael Plomer: Physik physiologisch passend praktiziert. *Eine Studie zur Lernwirksamkeit von traditionellen und adressatenspezifischen Physikpraktika für die Physiologie*  
ISBN 978-3-8325-2804-1 34.50 EUR
- 113 Alexandra Schulz: Experimentierspezifische Qualitätsmerkmale im Chemieunterricht. *Eine Videostudie*  
ISBN 978-3-8325-2817-1 40.00 EUR
- 114 Franz Boczianowski: Eine empirische Untersuchung zu Vektoren im Physikunterricht der Mittelstufe  
ISBN 978-3-8325-2843-0 39.50 EUR
- 115 Maria Ploog: Internetbasiertes Lernen durch Textproduktion im Fach Physik  
ISBN 978-3-8325-2853-9 39.50 EUR



- 116 Anja Dhein: Lernen in Explorier- und Experimentiersituationen. *Eine explorative Studie zu Bedeutungsentwicklungsprozessen bei Kindern im Alter zwischen 4 und 6 Jahren*  
ISBN 978-3-8325-2859-1 45.50 EUR
- 117 Irene Neumann: Beyond Physics Content Knowledge. *Modeling Competence Regarding Nature of Scientific Inquiry and Nature of Scientific Knowledge*  
ISBN 978-3-8325-2880-5 37.00 EUR
- 118 Markus Emden: Prozessorientierte Leistungsmessung des naturwissenschaftlich-experimentellen Arbeitens. *Eine vergleichende Studie zu Diagnoseinstrumenten zu Beginn der Sekundarstufe I*  
ISBN 978-3-8325-2867-6 38.00 EUR
- 119 Birgit Hofmann: Analyse von Blickbewegungen von Schülern beim Lesen von physikbezogenen Texten mit Bildern. *Eye Tracking als Methodenwerkzeug in der physikdidaktischen Forschung*  
ISBN 978-3-8325-2925-3 59.00 EUR
- 120 Rebecca Knobloch: Analyse der fachinhaltlichen Qualität von Schüleräußerungen und deren Einfluss auf den Lernerfolg. *Eine Videostudie zu kooperativer Kleingruppenarbeit*  
ISBN 978-3-8325-3006-8 36.50 EUR
- 121 Julia Hostenbach: Entwicklung und Prüfung eines Modells zur Beschreibung der Bewertungskompetenz im Chemieunterricht  
ISBN 978-3-8325-3013-6 38.00 EUR
- 122 Anna Windt: Naturwissenschaftliches Experimentieren im Elementarbereich. *Evaluation verschiedener Lernsituationen*  
ISBN 978-3-8325-3020-4 43.50 EUR
- 123 Eva Kölbach: Kontexteinflüsse beim Lernen mit Lösungsbeispielen  
ISBN 978-3-8325-3025-9 38.50 EUR
- 124 Anna Lau: Passung und vertikale Vernetzung im Chemie- und Physikunterricht  
ISBN 978-3-8325-3021-1 36.00 EUR
- 125 Jan Lamprecht: Ausbildungswege und Komponenten professioneller Handlungskompetenz. *Vergleich von Quereinsteigern mit Lehramtsabsolventen für Gymnasien im Fach Physik*  
ISBN 978-3-8325-3035-8 38.50 EUR
- 126 Ulrike Böhm: Förderung von Verstehensprozessen unter Einsatz von Modellen  
ISBN 978-3-8325-3042-6 41.00 EUR
- 127 Sabrina Dollny: Entwicklung und Evaluation eines Testinstruments zur Erfassung des fachspezifischen Professionswissens von Chemielehrkräften  
ISBN 978-3-8325-3046-4 37.00 EUR
- 128 Monika Zimmermann: Naturwissenschaftliche Bildung im Kindergarten. *Eine integrative Längsschnittstudie zur Kompetenzentwicklung von Erzieherinnen*  
ISBN 978-3-8325-3053-2 54.00 EUR

- 129 Ulf Saballus: Über das Schlussfolgern von Schülerinnen und Schülern zu öffentlichen Kontroversen mit naturwissenschaftlichem Hintergrund. *Eine Fallstudie*  
ISBN 978-3-8325-3086-0 39.50 EUR
- 130 Olaf Krey: Zur Rolle der Mathematik in der Physik. *Wissenschaftstheoretische Aspekte und Vorstellungen Physiklernender*  
ISBN 978-3-8325-3101-0 46.00 EUR
- 131 Angelika Wolf: Zusammenhänge zwischen der Eigenständigkeit im Physikunterricht, der Motivation, den Grundbedürfnissen und dem Lernerfolg von Schülern  
ISBN 978-3-8325-3161-4 45.00 EUR
- 132 Johannes Börlin: Das Experiment als Lerngelegenheit. *Vom interkulturellen Vergleich des Physikunterrichts zu Merkmalen seiner Qualität*  
ISBN 978-3-8325-3170-6 45.00 EUR
- 133 Olaf Uhden: Mathematisches Denken im Physikunterricht. *Theorieentwicklung und Problemanalyse*  
ISBN 978-3-8325-3170-6 45.00 EUR
- 134 Christoph Gut: Modellierung und Messung experimenteller Kompetenz. *Analyse eines large-scale Experimentiertests*  
ISBN 978-3-8325-3213-0 40.00 EUR
- 135 Antonio Rueda: Lernen mit ExploMultimedial in kolumbianischen Schulen. *Analyse von kurzzeitigen Lernprozessen und der Motivation beim länderübergreifenden Einsatz einer deutschen computergestützten multimedialen Lernumgebung für den naturwissenschaftlichen Unterricht*  
ISBN 978-3-8325-3218-5 45.50 EUR
- 136 Krisztina Berger: Bilder, Animationen und Notizen. *Empirische Untersuchung zur Wirkung einfacher visueller Repräsentationen und Notizen auf den Wissenserwerb in der Optik*  
ISBN 978-3-8325-3238-3 41.50 EUR
- 137 Antony Crossley: Untersuchung des Einflusses unterschiedlicher physikalischer Konzepte auf den Wissenserwerb in der Thermodynamik der Sekundarstufe I  
ISBN 978-3-8325-3275-8 40.00 EUR
- 138 Tobias Viering: Entwicklung physikalischer Kompetenz in der Sekundarstufe I. *Validierung eines Kompetenzentwicklungsmodells für das Energiekonzept im Bereich Fachwissen*  
ISBN 978-3-8325-3277-2 37.00 EUR
- 139 Nico Schreiber: Diagnostik experimenteller Kompetenz. *Validierung technologiegestützter Testverfahren im Rahmen eines Kompetenzstrukturmodells*  
ISBN 978-3-8325-3284-0 39.00 EUR
- 140 Sarah Hundertmark: Einblicke in kollaborative Lernprozesse. *Eine Fallstudie zur reflektierenden Zusammenarbeit unterstützt durch die Methoden Concept Mapping und Lernbegleitbogen*  
ISBN 978-3-8325-3251-2 43.00 EUR

- 141 Ronny Scherer: Analyse der Struktur, Messinvarianz und Ausprägung komplexer Problemlösekompetenz im Fach Chemie. *Eine Querschnittstudie in der Sekundarstufe I und am Übergang zur Sekundarstufe II*  
ISBN 978-3-8325-3312-0 43.00 EUR
- 142 Patricia Heitmann: Bewertungskompetenz im Rahmen naturwissenschaftlicher Problemlöseprozesse. *Modellierung und Diagnose der Kompetenzen Bewertung und analytisches Problemlösen für das Fach Chemie*  
ISBN 978-3-8325-3314-4 37.00 EUR
- 143 Jan Fleischhauer: Wissenschaftliches Argumentieren und Entwicklung von Konzepten beim Lernen von Physik  
ISBN 978-3-8325-3325-0 35.00 EUR
- 144 Nermin Özcan: Zum Einfluss der Fachsprache auf die Leistung im Fach Chemie. *Eine Förderstudie zur Fachsprache im Chemieunterricht*  
ISBN 978-3-8325-3328-1 36.50 EUR
- 145 Helena van Vorst: Kontextmerkmale und ihr Einfluss auf das Schülerinteresse im Fach Chemie  
ISBN 978-3-8325-3321-2 38.50 EUR
- 146 Janine Cappell: Fachspezifische Diagnosekompetenz angehender Physiklehrkräfte in der ersten Ausbildungsphase  
ISBN 978-3-8325-3356-4 38.50 EUR
- 147 Susanne Bley: Förderung von Transferprozessen im Chemieunterricht  
ISBN 978-3-8325-3407-3 40.50 EUR
- 148 Cathrin Blaes: Die übungsgestützte Lehrerrepräsentation im Chemieunterricht der Sekundarstufe I. *Evaluation der Effektivität*  
ISBN 978-3-8325-3409-7 43.50 EUR
- 149 Julia Suckut: Die Wirksamkeit von piko-OWL als Lehrerfortbildung. Eine Evaluation zum Projekt *Physik im Kontext* in Fallstudien  
ISBN 978-3-8325-3440-0 45.00 EUR
- 150 Alexandra Dorschu: Die Wirkung von Kontexten in Physikkompetenztestaufgaben  
ISBN 978-3-8325-3446-2 37.00 EUR
- 151 Jochen Scheid: Multiple Repräsentationen, Verständnis physikalischer Experimente und kognitive Aktivierung: *Ein Beitrag zur Entwicklung der Aufgabenkultur*  
ISBN 978-3-8325-3449-3 49.00 EUR
- 152 Tim Plasa: Die Wahrnehmung von Schülerlaboren und Schülerforschungszentren  
ISBN 978-3-8325-3483-7 35.50 EUR
- 153 Felix Schoppmeier: Physikkompetenz in der gymnasialen Oberstufe. *Entwicklung und Validierung eines Kompetenzstrukturmodells für den Kompetenzbereich Umgang mit Fachwissen*  
ISBN 978-3-8325-3502-5 36.00 EUR

- 154 Katharina Groß: Experimente alternativ dokumentieren. *Eine qualitative Studie zur Förderung der Diagnose- und Differenzierungskompetenz in der Chemielehrerbildung*  
ISBN 978-3-8325-3508-7 43.50 EUR
- 155 Barbara Hank: Konzeptwandelprozesse im Anfangsunterricht Chemie. *Eine quasixperimentelle Längsschnittstudie*  
ISBN 978-3-8325-3519-3 38.50 EUR
- 156 Katja Freyer: Zum Einfluss von Studieneingangsvoraussetzungen auf den Studienerfolg Erstsemesterstudierender im Fach Chemie  
ISBN 978-3-8325-3544-5 38.00 EUR
- 157 Alexander Rachel: Auswirkungen instruktionaler Hilfen bei der Einführung des (Ferro-)Magnetismus. *Eine Vergleichsstudie in der Primar- und Sekundarstufe*  
ISBN 978-3-8325-3548-3 43.50 EUR
- 158 Sebastian Ritter: Einfluss des Lerninhalts Nanogrößeneffekte auf Teilchen- und Teilchenmodellvorstellungen von Schülerinnen und Schülern  
ISBN 978-3-8325-3558-2 36.00 EUR
- 159 Andrea Harbach: Problemorientierung und Vernetzung in kontextbasierten Lernaufgaben  
ISBN 978-3-8325-3564-3 39.00 EUR
- 160 David Obst: Interaktive Tafeln im Physikunterricht. *Entwicklung und Evaluation einer Lehrerfortbildung*  
ISBN 978-3-8325-3582-7 40.50 EUR
- 161 Sophie Kirschner: Modellierung und Analyse des Professionswissens von Physiklehrkräften  
ISBN 978-3-8325-3601-5 35.00 EUR
- 162 Katja Stief: Selbstregulationsprozesse und Hausaufgabenmotivation im Chemieunterricht  
ISBN 978-3-8325-3631-2 34.00 EUR
- 163 Nicola Meschede: Professionelle Wahrnehmung der inhaltlichen Strukturierung im naturwissenschaftlichen Grundschulunterricht. *Theoretische Beschreibung und empirische Erfassung*  
ISBN 978-3-8325-3668-8 37.00 EUR
- 164 Johannes Maximilian Barth: Experimentieren im Physikunterricht der gymnasialen Oberstufe. *Eine Rekonstruktion übergeordneter Einbettungsstrategien*  
ISBN 978-3-8325-3681-7 39.00 EUR
- 165 Sandra Lein: Das Betriebspraktikum in der Lehrerbildung. *Eine Untersuchung zur Förderung der Wissenschafts- und Technikbildung im allgemeinbildenden Unterricht*  
ISBN 978-3-8325-3698-5 40.00 EUR
- 166 Veranika Maiseyenka: Modellbasiertes Experimentieren im Unterricht. *Praxistauglichkeit und Lernwirkungen*  
ISBN 978-3-8325-3708-1 38.00 EUR

- 167 Christoph Stolzenberger: Der Einfluss der didaktischen Lernumgebung auf das Erreichen geforderter Bildungsziele am Beispiel der W- und P-Seminare im Fach Physik  
ISBN 978-3-8325-3708-1 38.00 EUR
- 168 Pia Altenburger: Mehrebenenregressionsanalysen zum Physiklernen im Sachunterricht der Primarstufe. *Ergebnisse einer Evaluationsstudie.*  
ISBN 978-3-8325-3717-3 37.50 EUR
- 169 Nora Ferber: Entwicklung und Validierung eines Testinstruments zur Erfassung von Kompetenzentwicklung im Fach Chemie in der Sekundarstufe I  
ISBN 978-3-8325-3727-2 39.50 EUR
- 170 Anita Stender: Unterrichtsplanung: Vom Wissen zum Handeln.  
Theoretische Entwicklung und empirische Überprüfung des Transformationsmodells der Unterrichtsplanung  
ISBN 978-3-8325-3750-0 41.50 EUR
- 171 Jenna Koenen: Entwicklung und Evaluation von experimentunterstützten Lösungsbeispielen zur Förderung naturwissenschaftlich-experimenteller Arbeitsweisen  
ISBN 978-3-8325-3785-2 43.00 EUR
- 172 Teresa Henning: Empirische Untersuchung kontextorientierter Lernumgebungen in der Hochschuldidaktik. *Entwicklung und Evaluation kontextorientierter Aufgaben in der Studieneingangsphase für Fach- und Nebenfachstudierende der Physik*  
ISBN 978-3-8325-3801-9 43.00 EUR
- 173 Alexander Pusch: Fachspezifische Instrumente zur Diagnose und individuellen Förderung von Lehramtsstudierenden der Physik  
ISBN 978-3-8325-3829-3 38.00 EUR
- 174 Christoph Vogelsang: Validierung eines Instruments zur Erfassung der professionellen Handlungskompetenz von (angehenden) Physiklehrkräften. *Zusammenhangsanalysen zwischen Lehrerkompetenz und Lehrerperformanz*  
ISBN 978-3-8325-3846-0 50.50 EUR
- 175 Ingo Brebeck: Selbstreguliertes Lernen in der Studieneingangsphase im Fach Chemie  
ISBN 978-3-8325-3859-0 37.00 EUR
- 176 Axel Eghtessad: Merkmale und Strukturen von Professionalisierungsprozessen in der ersten und zweiten Phase der Chemielehrerbildung. *Eine empirisch-qualitative Studie mit niedersächsischen Fachleiter\_innen der Sekundarstufenlehrämter*  
ISBN 978-3-8325-3861-3 45.00 EUR
- 177 Andreas Nehring: Wissenschaftliche Denk- und Arbeitsweisen im Fach Chemie. Eine kompetenzorientierte Modell- und Testentwicklung für den Bereich der Erkenntnisgewinnung  
ISBN 978-3-8325-3872-9 39.50 EUR
- 178 Maike Schmidt: Professionswissen von Sachunterrichtslehrkräften. Zusammenhangsanalyse zur Wirkung von Ausbildungshintergrund und Unterrichtserfahrung auf das fachspezifische Professionswissen im Unterrichtsinhalt „Verbrennung“  
ISBN 978-3-8325-3907-8 38.50 EUR

- 179 Jan Winkelmann: Auswirkungen auf den Fachwissenszuwachs und auf affektive Schülermerkmale durch Schüler- und Demonstrationsexperimente im Physikunterricht  
ISBN 978-3-8325-3915-3 41.00 EUR
- 180 Iwen Kobow: Entwicklung und Validierung eines Testinstrumentes zur Erfassung der Kommunikationskompetenz im Fach Chemie  
ISBN 978-3-8325-3927-6 34.50 EUR
- 181 Yvonne Gramzow: Fachdidaktisches Wissen von Lehramtsstudierenden im Fach Physik. Modellierung und Testkonstruktion  
ISBN 978-3-8325-3931-3 42.50 EUR
- 182 Evelin Schröter: Entwicklung der Kompetenzerwartung durch Lösen physikalischer Aufgaben einer multimedialen Lernumgebung  
ISBN 978-3-8325-3975-7 54.50 EUR
- 183 Inga Kallweit: Effektivität des Einsatzes von Selbsteinschätzungsbögen im Chemieunterricht der Sekundarstufe I. *Individuelle Förderung durch selbstreguliertes Lernen*  
ISBN 978-3-8325-3965-8 44.00 EUR
- 184 Andrea Schumacher: Paving the way towards authentic chemistry teaching. *A contribution to teachers' professional development*  
ISBN 978-3-8325-3976-4 48.50 EUR
- 185 David Woitkowski: Fachliches Wissen Physik in der Hochschulausbildung. *Konzeptualisierung, Messung, Niveaubildung*  
ISBN 978-3-8325-3988-7 53.00 EUR
- 186 Marianne Korner: Cross-Age Peer Tutoring in Physik. *Evaluation einer Unterrichtsmethode*  
ISBN 978-3-8325-3979-5 38.50 EUR
- 187 Simone Nakoinz: Untersuchung zur Verknüpfung submikroskopischer und makroskopischer Konzepte im Fach Chemie  
ISBN 978-3-8325-4057-9 38.50 EUR
- 188 Sandra Anus: Evaluation individueller Förderung im Chemieunterricht. *Adaptivität von Lerninhalten an das Vorwissen von Lernenden am Beispiel des Basiskonzeptes Chemische Reaktion*  
ISBN 978-3-8325-4059-3 43.50 EUR
- 189 Thomas Roßbegalle: Fachdidaktische Entwicklungsforschung zum besseren Verständnis atmosphärischer Phänomene. *Treibhauseffekt, saurer Regen und stratosphärischer Ozonabbau als Kontexte zur Vermittlung von Basiskonzepten der Chemie*  
ISBN 978-3-8325-4059-3 45.50 EUR
- 190 Kathrin Steckenmesser-Sander: Gemeinsamkeiten und Unterschiede physikbezogener Handlungs-, Denk- und Lernprozesse von Mädchen und Jungen  
ISBN 978-3-8325-4066-1 38.50 EUR
- 191 Cornelia Geller: Lernprozessorientierte Sequenzierung des Physikunterrichts im Zusammenhang mit Fachwissenserwerb. *Eine Videostudie in Finnland, Deutschland und der Schweiz*  
ISBN 978-3-8325-4082-1 35.50 EUR

- 192 Jan Hofmann: Untersuchung des Kompetenzaufbaus von Physiklehrkräften während einer Fortbildungsmaßnahme  
ISBN 978-3-8325-4104-0 38.50 EUR
- 193 Andreas Dickhäuser: Chemiespezifischer Humor. *Theoriebildung, Materialentwicklung, Evaluation*  
ISBN 978-3-8325-4108-8 37.00 EUR
- 194 Stefan Korte: Die Grenzen der Naturwissenschaft als Thema des Physikunterrichts  
ISBN 978-3-8325-4112-5 57.50 EUR
- 195 Carolin Hülsmann: Kurswahlmotive im Fach Chemie. Eine Studie zum Wahlverhalten und Erfolg von Schülerinnen und Schülern in der gymnasialen Oberstufe  
ISBN 978-3-8325-4144-6 49.00 EUR
- 196 Caroline Körbs: Mindeststandards im Fach Chemie am Ende der Pflichtschulzeit  
ISBN 978-3-8325-4148-4 34.00 EUR
- 197 Andreas Vorholzer: Wie lassen sich Kompetenzen des experimentellen Denkens und Arbeitens fördern? *Eine empirische Untersuchung der Wirkung eines expliziten und eines impliziten Instruktionsansatzes*  
ISBN 978-3-8325-4194-1 37.50 EUR
- 198 Anna Katharina Schmitt: Entwicklung und Evaluation einer Chemielehrerfortbildung zum Kompetenzbereich Erkenntnisgewinnung  
ISBN 978-3-8325-4228-3 39.50 EUR
- 199 Christian Maurer: Strukturierung von Lehr-Lern-Sequenzen  
ISBN 978-3-8325-4247-4 36.50 EUR
- 200 Helmut Fischler, Elke Sumfleth (Hrsg.): Professionelle Kompetenz von Lehrkräften der Chemie und Physik  
ISBN 978-3-8325-4523-9 34.00 EUR
- 201 Simon Zander: Lehrerfortbildung zu Basismodellen und Zusammenhänge zum Fachwissen  
ISBN 978-3-8325-4248-1 35.00 EUR
- 202 Kerstin Arndt: Experimentierkompetenz erfassen. *Analyse von Prozessen und Mustern am Beispiel von Lehramtsstudierenden der Chemie*  
ISBN 978-3-8325-4266-5 45.00 EUR
- 203 Christian Lang: Kompetenzorientierung im Rahmen experimentalchemischer Praktika  
ISBN 978-3-8325-4268-9 42.50 EUR
- 204 Eva Cauet: Testen wir relevantes Wissen? *Zusammenhang zwischen dem Professionswissen von Physiklehrkräften und gutem und erfolgreichem Unterrichten*  
ISBN 978-3-8325-4276-4 39.50 EUR
- 205 Patrick Löffler: Modellanwendung in Problemlöseaufgaben. *Wie wirkt Kontext?*  
ISBN 978-3-8325-4303-7 35.00 EUR

- 206 Carina Gehlen: Kompetenzstruktur naturwissenschaftlicher Erkenntnisgewinnung im Fach Chemie  
ISBN 978-3-8325-4318-1 43.00 EUR
- 207 Lars Oettinghaus: Lehrerüberzeugungen und physikbezogenes Professionswissen. *Vergleich von Absolventinnen und Absolventen verschiedener Ausbildungswege im Physikreferendariat*  
ISBN 978-3-8325-4319-8 38.50 EUR
- 208 Jennifer Petersen: Zum Einfluss des Merkmals Humor auf die Gesundheitsförderung im Chemieunterricht der Sekundarstufe I. *Eine Interventionsstudie zum Thema Sonnenschutz*  
ISBN 978-3-8325-4348-8 40.00 EUR
- 209 Philipp Straube: Modellierung und Erfassung von Kompetenzen naturwissenschaftlicher Erkenntnisgewinnung bei (Lehramts-) Studierenden im Fach Physik  
ISBN 978-3-8325-4351-8 35.50 EUR
- 210 Martin Dickmann: Messung von Experimentierfähigkeiten. *Validierungsstudien zur Qualität eines computerbasierten Testverfahrens*  
ISBN 978-3-8325-4356-3 41.00 EUR
- 211 Markus Bohlmann: Science Education. Empirie, Kulturen und Mechanismen der Didaktik der Naturwissenschaften  
ISBN 978-3-8325-4377-8 44.00 EUR
- 212 Martin Draude: Die Kompetenz von Physiklehrkräften, Schwierigkeiten von Schülerinnen und Schülern beim eigenständigen Experimentieren zu diagnostizieren  
ISBN 978-3-8325-4382-2 37.50 EUR
- 213 Henning Rode: Prototypen evidenzbasierten Physikunterrichts. *Zwei empirische Studien zum Einsatz von Feedback und Blackboxes in der Sekundarstufe*  
ISBN 978-3-8325-4389-1 42.00 EUR
- 214 Jan-Henrik Kechel: Schülerschwierigkeiten beim eigenständigen Experimentieren. *Eine qualitative Studie am Beispiel einer Experimentieraufgabe zum Hooke'schen Gesetz*  
ISBN 978-3-8325-4392-1 55.00 EUR
- 215 Katharina Fricke: Classroom Management and its Impact on Lesson Outcomes in Physics. *A multi-perspective comparison of teaching practices in primary and secondary schools*  
ISBN 978-3-8325-4394-5 40.00 EUR
- 216 Hannes Sander: Orientierungen von Jugendlichen beim Urteilen und Entscheiden in Kontexten nachhaltiger Entwicklung. *Eine rekonstruktive Perspektive auf Bewertungskompetenz in der Didaktik der Naturwissenschaft*  
ISBN 978-3-8325-4434-8 46.00 EUR
- 217 Inka Haak: Maßnahmen zur Unterstützung kognitiver und metakognitiver Prozesse in der Studieneingangsphase. *Eine Design-Based-Research-Studie zum universitären Lernzentrum Physiktreff*  
ISBN 978-3-8325-4437-9 46.50 EUR



- 218 Martina Brandenburger: Was beeinflusst den Erfolg beim Problemlösen in der Physik?  
*Eine Untersuchung mit Studierenden*  
ISBN 978-3-8325-4409-6 42.50 EUR
- 219 Corinna Helms: Entwicklung und Evaluation eines Trainings zur Verbesserung der Erklärqualität von Schülerinnen und Schülern im Gruppenpuzzle  
ISBN 978-3-8325-4454-6 42.50 EUR
- 220 Viktoria Rath: Diagnostische Kompetenz von angehenden Physiklehrkräften. *Modellierung, Testinstrumentenentwicklung und Erhebung der Performanz bei der Diagnose von Schülervorstellungen in der Mechanik*  
ISBN 978-3-8325-4456-0 42.50 EUR
- 221 Janne Krüger: Schülerperspektiven auf die zeitliche Entwicklung der Naturwissenschaften  
ISBN 978-3-8325-4457-7 45.50 EUR
- 222 Stefan Mutke: Das Professionswissen von Chemiereferendarinnen und -referendaren in Nordrhein-Westfalen. *Eine Längsschnittstudie*  
ISBN 978-3-8325-4458-4 37.50 EUR
- 223 Sebastian Habig: Systematisch variierte Kontextaufgaben und ihr Einfluss auf kognitive und affektive Schülerfaktoren  
ISBN 978-3-8325-4467-6 40.50 EUR
- 224 Sven Liepertz: Zusammenhang zwischen dem Professionswissen von Physiklehrkräften, dem sachstrukturellen Angebot des Unterrichts und der Schülerleistung  
ISBN 978-3-8325-4480-5 34.00 EUR
- 225 Elina Platova: Optimierung eines Laborpraktikums durch kognitive Aktivierung  
ISBN 978-3-8325-4481-2 39.00 EUR
- 226 Tim Reschke: Lese geschichten im Chemieunterricht der Sekundarstufe I zur Unterstützung von situationalem Interesse und Lernerfolg  
ISBN 978-3-8325-4487-4 41.00 EUR
- 227 Lena Mareike Walper: Entwicklung der physikbezogenen Interessen und selbstbezogenen Kognitionen von Schülerinnen und Schülern in der Übergangsphase von der Primar- in die Sekundarstufe. *Eine Längsschnittanalyse vom vierten bis zum siebten Schuljahr*  
ISBN 978-3-8325-4495-9 43.00 EUR
- 228 Stefan Anthofer: Förderung des fachspezifischen Professionswissens von Chemielehramtsstudierenden  
ISBN 978-3-8325-4498-0 39.50 EUR
- 229 Marcel Bullinger: Handlungsorientiertes Physiklernen mit instruierten Selbsterklärungen in der Primarstufe. *Eine experimentelle Laborstudie*  
ISBN 978-3-8325-4504-8 44.00 EUR
- 230 Thomas Amenda: Bedeutung fachlicher Elementarisierungen für das Verständnis der Kinematik  
ISBN 978-3-8325-4531-4 43.50 EUR

- 231 Sabrina Milke: Beeinflusst *Priming* das Physiklernen?  
*Eine empirische Studie zum Dritten Newtonschen Axiom*  
ISBN 978-3-8325-4549-4 42.00 EUR
- 232 Corinna Erfmann: Ein anschaulicher Weg zum Verständnis der elektromagnetischen Induktion. *Evaluation eines Unterrichtsvorschlags und Validierung eines Leistungsdiagnoseinstruments*  
ISBN 978-3-8325-4550-5 49.50 EUR
- 233 Hanne Rautenstrauch: Erhebung des (Fach-)Sprachstandes bei Lehramtsstudierenden im Kontext des Faches Chemie  
ISBN 978-3-8325-4556-7 40.50 EUR
- 234 Tobias Klug: Wirkung kontextorientierter physikalischer Praktikumsversuche auf Lernprozesse von Studierenden der Medizin  
ISBN 978-3-8325-4558-1 37.00 EUR
- 235 Mareike Bohrmann: Zur Förderung des Verständnisses der Variablenkontrolle im naturwissenschaftlichen Sachunterricht  
ISBN 978-3-8325-4559-8 52.00 EUR
- 236 Anja Schödl: FALKO-Physik – Fachspezifische Lehrerkompetenzen im Fach Physik. *Entwicklung und Validierung eines Testinstruments zur Erfassung des fachspezifischen Professionswissens von Physiklehrkräften*  
ISBN 978-3-8325-4553-6 40.50 EUR
- 237 Hilda Scheuermann: Entwicklung und Evaluation von Unterstützungsmaßnahmen zur Förderung der Variablenkontrollstrategie beim Planen von Experimenten  
ISBN 978-3-8325-4568-0 39.00 EUR
- 238 Christian G. Strippel: Naturwissenschaftliche Erkenntnisgewinnung an chemischen Inhalten vermitteln. *Konzeption und empirische Untersuchung einer Ausstellung mit Experimentierstation*  
ISBN 978-3-8325-4577-2 41.50 EUR
- 239 Sarah Rau: Durchführung von Sachunterricht im Vorbereitungsdienst. *Eine längsschnittliche, videobasierte Unterrichtsanalyse*  
ISBN 978-3-8325-4579-6 46.00 EUR
- 240 Thomas Plotz: Lernprozesse zu nicht-sichtbarer Strahlung. *Empirische Untersuchungen in der Sekundarstufe 2*  
ISBN 978-3-8325-4624-3 39.50 EUR
- 241 Wolfgang Aschauer: Elektrische und magnetische Felder. *Eine empirische Studie zu Lernprozessen in der Sekundarstufe II*  
ISBN 978-3-8325-4625-0 50.00 EUR
- 242 Anna Donhauser: Didaktisch rekonstruierte Materialwissenschaft. *Aufbau und Konzeption eines Schülerlabors für den Exzellenzcluster Engineering of Advanced Materials*  
ISBN 978-3-8325-4636-6 39.00 EUR

- 243 Katrin Schüßler: Lernen mit Lösungsbeispielen im Chemieunterricht. *Einflüsse auf Lernerfolg, kognitive Belastung und Motivation*  
ISBN 978-3-8325-4640-3 42.50 EUR
- 244 Timo Fleischer: Untersuchung der chemischen Fachsprache unter besonderer Berücksichtigung chemischer Repräsentationen  
ISBN 978-3-8325-4642-7 46.50 EUR
- 245 Rosina Steininger: Concept Cartoons als Stimuli für Kleingruppendiskussionen im Chemieunterricht. *Beschreibung und Analyse einer komplexen Lerngelegenheit*  
ISBN 978-3-8325-4647-2 39.00 EUR
- 246 Daniel Rehfeldt: Erfassung der Lehrqualität naturwissenschaftlicher Experimentalpraktika  
ISBN 978-3-8325-4590-1 40.00 EUR
- 247 Sandra Puddu: Implementing Inquiry-based Learning in a Diverse Classroom: Investigating Strategies of Scaffolding and Students' Views of Scientific Inquiry  
ISBN 978-3-8325-4591-8 35.50 EUR
- 248 Markus Bliersbach: Kreativität in der Chemie. *Erhebung und Förderung der Vorstellungen von Chemielehramtsstudierenden*  
ISBN 978-3-8325-4593-2 44.00 EUR
- 249 Lennart Kimpel: Aufgaben in der Allgemeinen Chemie. *Zum Zusammenspiel von chemischem Verständnis und Rechenfähigkeit*  
ISBN 978-3-8325-4618-2 36.00 EUR
- 250 Louise Bindel: Effects of integrated learning: explicating a mathematical concept in inquiry-based science camps  
ISBN 978-3-8325-4655-7 37.50 EUR
- 251 Michael Wenzel: Computereinsatz in Schule und Schülerlabor. *Einstellung von Physiklehrkräften zu Neuen Medien*  
ISBN 978-3-8325-4659-5 38.50 EUR
- 252 Laura Muth: Einfluss der Auswertephase von Experimenten im Physikunterricht. *Ergebnisse einer Interventionsstudie zum Zuwachs von Fachwissen und experimenteller Kompetenz von Schülerinnen und Schülern*  
ISBN 978-3-8325-4675-5 36.50 EUR
- 253 Annika Fricke: Interaktive Skripte im Physikalischen Praktikum. *Entwicklung und Evaluation von Hypermedien für die Nebenfachausbildung*  
ISBN 978-3-8325-4676-2 41.00 EUR
- 254 Julia Haase: Selbstbestimmtes Lernen im naturwissenschaftlichen Sachunterricht. *Eine empirische Interventionsstudie mit Fokus auf Feedback und Kompetenzerleben*  
ISBN 978-3-8325-4685-4 38.50 EUR
- 255 Antje J. Heine: Was ist Theoretische Physik? *Eine wissenschaftstheoretische Betrachtung und Rekonstruktion von Vorstellungen von Studierenden und Dozenten über das Wesen der Theoretischen Physik*  
ISBN 978-3-8325-4691-5 46.50 EUR

- 256 Claudia Meinhardt: Entwicklung und Validierung eines Testinstruments zu Selbstwirksamkeitserwartungen von (angehenden) Physiklehrkräften in physikdidaktischen Handlungsfeldern  
ISBN 978-3-8325-4712-7 47.00 EUR
- 257 Ann-Kathrin Schlüter: Professionalisierung angehender Chemielehrkräfte für einen Gemeinsamen Unterricht  
ISBN 978-3-8325-4713-4 53.50 EUR
- 258 Stefan Richtberg: Elektronenbahnen in Feldern. Konzeption und Evaluation einer webbasierten Lernumgebung  
ISBN 978-3-8325-4723-3 49.00 EUR
- 259 Jan-Philipp Burde: Konzeption und Evaluation eines Unterrichtskonzepts zu einfachen Stromkreisen auf Basis des Elektronengasmodells  
ISBN 978-3-8325-4726-4 57.50 EUR
- 260 Frank Finkenbergr: Flipped Classroom im Physikunterricht  
ISBN 978-3-8325-4737-4 42.50 EUR
- 261 Florian Treisch: Die Entwicklung der Professionellen Unterrichtswahrnehmung im Lehr-Lern-Labor Seminar  
ISBN 978-3-8325-4741-4 41.50 EUR
- 262 Desiree Mayr: Strukturiertheit des experimentellen naturwissenschaftlichen Problemlöseprozesses  
ISBN 978-3-8325-4757-8 37.00 EUR
- 263 Katrin Weber: Entwicklung und Validierung einer Learning Progression für das Konzept der chemischen Reaktion in der Sekundarstufe I  
ISBN 978-3-8325-4762-2 48.50 EUR
- 264 Hauke Bartels: Entwicklung und Bewertung eines performanznahen Videovignetten-tests zur Messung der Erklärfähigkeit von Physiklehrkräften  
ISBN 978-3-8325-4804-9 37.00 EUR
- 265 Karl Marniok: Zum Wesen von Theorien und Gesetzen in der Chemie. *Begriffsanalyse und Förderung der Vorstellungen von Lehramtsstudierenden*  
ISBN 978-3-8325-4805-6 42.00 EUR
- 266 Marisa Holzapfel: Fachspezifischer Humor als Methode in der Gesundheitsbildung im Übergang von der Primarstufe zur Sekundarstufe I  
ISBN 978-3-8325-4808-7 50.00 EUR
- 267 Anna Stolz: Die Auswirkungen von Experimentiersituationen mit unterschiedlichem Öffnungsgrad auf Leistung und Motivation der Schülerinnen und Schüler  
ISBN 978-3-8325-4781-3 38.00 EUR
- 268 Nina Ulrich: Interaktive Lernaufgaben in dem digitalen Schulbuch eChemBook. *Einfluss des Interaktivitätsgrads der Lernaufgaben und des Vorwissens der Lernenden auf den Lernerfolg*  
ISBN 978-3-8325-4814-8 43.50 EUR

- 269 Kim-Alessandro Weber: Quantenoptik in der Lehrerfortbildung. *Ein bedarfsgeprägtes Fortbildungskonzept zum Quantenobjekt „Photon“ mit Realexperimenten*  
ISBN 978-3-8325-4792-9 55.00 EUR
- 270 Nina Skorsetz: Empathisierer und Systematisierer im Vorschulalter. *Eine Fragebogen- und Videostudie zur Motivation, sich mit Naturphänomenen zu beschäftigen*  
ISBN 978-3-8325-4825-4 43.50 EUR
- 271 Franziska Kehne: Analyse des Transfers von kontextualisiert erworbenem Wissen im Fach Chemie  
ISBN 978-3-8325-4846-9 45.00 EUR
- 272 Markus Elsholz: Das akademische Selbstkonzept angehender Physiklehrkräfte als Teil ihrer professionellen Identität. *Dimensionalität und Veränderung während einer zentralen Praxisphase*  
ISBN 978-3-8325-4857-5 37.50 EUR
- 273 Joachim Müller: Studienerfolg in der Physik. *Zusammenhang zwischen Modellierungskompetenz und Studienerfolg*  
ISBN 978-3-8325-4859-9 35.00 EUR
- 274 Jennifer Dörschelln: Organische Leuchtdioden. *Implementation eines innovativen Themas in den Chemieunterricht*  
ISBN 978-3-8325-4865-0 59.00 EUR
- 275 Stephanie Strelow: Beliefs von Studienanfängern des Kombi-Bachelors Physik über die Natur der Naturwissenschaften  
ISBN 978-3-8325-4881-0 40.50 EUR
- 276 Dennis Jaeger: Kognitive Belastung und aufgabenspezifische sowie personenspezifische Einflussfaktoren beim Lösen von Physikaufgaben  
ISBN 978-3-8325-4928-2 50.50 EUR
- 277 Vanessa Fischer: Der Einfluss von Interesse und Motivation auf die Messung von Fach- und Bewertungskompetenz im Fach Chemie  
ISBN 978-3-8325-4933-6 39.00 EUR
- 278 René Dohrmann: Professionsbezogene Wirkungen einer Lehr-Lern-Labor-Veranstaltung. *Eine multimethodische Studie zu den professionsbezogenen Wirkungen einer Lehr-Lern-Labor-Blockveranstaltung auf Studierende der Bachelorstudiengänge Lehramt Physik und Grundschulpädagogik (Sachunterricht)*  
ISBN 978-3-8325-4958-9 40.00 EUR
- 279 Meike Bergs: Can We Make Them Use These Strategies? *Fostering Inquiry-Based Science Learning Skills with Physical and Virtual Experimentation Environments*  
ISBN 978-3-8325-4962-6 39.50 EUR
- 280 Marie-Therese Hauerstein: Untersuchung zur Effektivität von Strukturierung und Binnendifferenzierung im Chemieunterricht der Sekundarstufe I. *Evaluation der Strukturierungshilfe Lernleiter*  
ISBN 978-3-8325-4982-4 42.50 EUR

- 281 Verena Zucker: Erkennen und Beschreiben von formativem Assessment im naturwissenschaftlichen Grundschulunterricht. *Entwicklung eines Instruments zur Erfassung von Teilfähigkeiten der professionellen Wahrnehmung von Lehramtsstudierenden*  
ISBN 978-3-8325-4991-6 38.00 EUR
- 282 Victoria Telser: Erfassung und Förderung experimenteller Kompetenz von Lehrkräften im Fach Chemie  
ISBN 978-3-8325-4996-1 50.50 EUR
- 283 Kristine Tschirschky: Entwicklung und Evaluation eines gedächtnisorientierten Aufgabendesigns für Physikaufgaben  
ISBN 978-3-8325-5002-8 42.50 EUR
- 284 Thomas Elert: Course Success in the Undergraduate General Chemistry Lab  
ISBN 978-3-8325-5004-2 41.50 EUR
- 285 Britta Kalthoff: Explizit oder implizit? *Untersuchung der Lernwirksamkeit verschiedener fachmethodischer Instruktionen im Hinblick auf fachmethodische und fachinhaltliche Fähigkeiten von Sachunterrichtsstudierenden*  
ISBN 978-3-8325-5013-4 37.50 EUR
- 286 Thomas Dickmann: Visuelles Modellverständnis und Studienerfolg in der Chemie. *Zwei Seiten einer Medaille*  
ISBN 978-3-8325-5016-5 44.00 EUR
- 287 Markus Sebastian Feser: Physiklehrkräfte korrigieren Schülertexte. *Eine Explorationsstudie zur fachlich-konzeptuellen und sprachlichen Leistungsfeststellung und -beurteilung im Physikunterricht*  
ISBN 978-3-8325-5020-2 49.00 EUR
- 288 Matylda Dudzinska: Lernen mit Beispielaufgaben und Feedback im Physikunterricht der Sekundarstufe 1. *Energieerhaltung zur Lösung von Aufgaben nutzen*  
ISBN 978-3-8325-5025-7 47.00 EUR
- 289 Ines Sonnenschein: Naturwissenschaftliche Denk- und Arbeitsprozesse Studierender im Labor  
ISBN 978-3-8325-5033-2 52.00 EUR
- 290 Florian Simon: Der Einfluss von Betreuung und Betreuenden auf die Wirksamkeit von Schülerlaborbesuchen. *Eine Zusammenhangsanalyse von Betreuungsqualität, Betreuermerkmalen und Schülerlaborzielen sowie Replikationsstudie zur Wirksamkeit von Schülerlaborbesuchen*  
ISBN 978-3-8325-5036-3 49.50 EUR
- 291 Marie-Annette Geyer: Physikalisch-mathematische Darstellungswechsel funktionaler Zusammenhänge. *Das Vorgehen von SchülerInnen der Sekundarstufe 1 und ihre Schwierigkeiten*  
ISBN 978-3-8325-5047-9 46.50 EUR
- 292 Susanne Digel: Messung von Modellierungskompetenz in Physik. *Theoretische Herleitung und empirische Prüfung eines Kompetenzmodells physikspezifischer Modellierungskompetenz*  
ISBN 978-3-8325-5055-4 41.00 EUR

- 293 Sönke Janssen: Angebots-Nutzungs-Prozesse eines Schülerlabors analysieren und gestalten. *Ein design-based research Projekt*  
ISBN 978-3-8325-5065-3 57.50 EUR
- 294 Knut Wille: Der Productive Failure Ansatz als Beitrag zur Weiterentwicklung der Aufgabenkultur  
ISBN 978-3-8325-5074-5 49.00 EUR
- 295 Lisanne Kraeva: Problemlösestrategien von Schülerinnen und Schülern diagnostizieren  
ISBN 978-3-8325-5110-0 59.50 EUR
- 296 Jenny Lorentzen: Entwicklung und Evaluation eines Lernangebots im Lehramtsstudium Chemie zur Förderung von Vernetzungen innerhalb des fachbezogenen Professionswissens  
ISBN 978-3-8325-5120-9 39.50 EUR
- 297 Micha Winkelmann: Lernprozesse in einem Schülerlabor unter Berücksichtigung individueller naturwissenschaftlicher Interessenstrukturen  
ISBN 978-3-8325-5147-6 48.50 EUR
- 298 Carina Wöhlke: Entwicklung und Validierung eines Instruments zur Erfassung der professionellen Unterrichtswahrnehmung angehender Physiklehrkräfte  
ISBN 978-3-8325-5149-0 43.00 EUR
- 299 Thomas Schubatzky: Das Amalgam Anfangs-Elektrizitätslehreunterricht. *Eine multiperspektivische Betrachtung in Deutschland und Österreich*  
ISBN 978-3-8325-5159-9 50.50 EUR
- 300 Amany Annaggar: A Design Framework for Video Game-Based Gamification Elements to Assess Problem-solving Competence in Chemistry Education  
ISBN 978-3-8325-5150-6 52.00 EUR
- 301 Alexander Engl: CHEMIE PUR – Unterrichten in der Natur: *Entwicklung und Evaluation eines kontextorientierten Unterrichtskonzepts im Bereich Outdoor Education zur Änderung der Einstellung zu „Chemie und Natur“*  
ISBN 978-3-8325-5174-2 59.00 EUR
- 302 Christin Marie Sajons: Kognitive und motivationale Dynamik in Schülerlaboren. *Kontextualisierung, Problemorientierung und Autonomieunterstützung der didaktischen Struktur analysieren und weiterentwickeln*  
ISBN 978-3-8325-5155-1 56.00 EUR
- 303 Philipp Bitzenbauer: Quantenoptik an Schulen. *Studie im Mixed-Methods Design zur Evaluation des Erlanger Unterrichtskonzepts zur Quantenoptik*  
ISBN 978-3-8325-5123-0 59.00 EUR
- 304 Malte S. Ubben: Typisierung des Verständnisses mentaler Modelle mittels empirischer Datenerhebung am Beispiel der Quantenphysik  
ISBN 978-3-8325-5181-0 43.50 EUR
- 305 Wiebke Kuske-Janßen: Sprachlicher Umgang mit Formeln von LehrerInnen im Physikunterricht am Beispiel des elektrischen Widerstandes in Klassenstufe 8  
ISBN 978-3-8325-5183-4 47.50 EUR

- 306 Kai Bliesmer: Physik der Küste für außerschulische Lernorte. *Eine Didaktische Rekonstruktion*  
ISBN 978-3-8325-5190-2 58.00 EUR
- 307 Nikola Schild: Eignung von domänenspezifischen Studieneingangsvariablen als Prädiktoren für Studienerfolg im Fach und Lehramt Physik  
ISBN 978-3-8325-5226-8 42.00 EUR
- 308 Daniel Averbeck: Zum Studienerfolg in der Studieneingangsphase des Chemiestudiums. *Der Einfluss kognitiver und affektiv-motivationaler Variablen*  
ISBN 978-3-8325-5227-5 51.00 EUR
- 309 Martina Strübe: Modelle und Experimente im Chemieunterricht. *Eine Videostudie zum fachspezifischen Lehrerwissen und -handeln*  
ISBN 978-3-8325-5245-9 45.50 EUR
- 310 Wolfgang Becker: Auswirkungen unterschiedlicher experimenteller Repräsentationen auf den Kenntnisstand bei Grundschulkindern  
ISBN 978-3-8325-5255-8 50.00 EUR
- 311 Marvin Rost: Modelle als Mittel der Erkenntnisgewinnung im Chemieunterricht der Sekundarstufe I. *Entwicklung und quantitative Dimensionalitätsanalyse eines Testinstruments aus epistemologischer Perspektive*  
ISBN 978-3-8325-5256-5 44.00 EUR
- 312 Christina Kobl: Förderung und Erfassung der Reflexionskompetenz im Fach Chemie  
ISBN 978-3-8325-5259-6 41.00 EUR
- 313 Ann-Kathrin Beretz: Diagnostische Prozesse von Studierenden des Lehramts – *eine Videostudie in den Fächern Physik und Mathematik*  
ISBN 978-3-8325-5288-6 45.00 EUR
- 314 Judith Breuer: Implementierung fachdidaktischer Innovationen durch das Angebot materialgestützter Unterrichtskonzeptionen. *Fallanalysen zum Nutzungsverhalten von Lehrkräften am Beispiel des Münchener Lehrgangs zur Quantenmechanik*  
ISBN 978-3-8325-5293-0 50.50 EUR
- 315 Michaela Oettle: Modellierung des Fachwissens von Lehrkräften in der Teilchenphysik. *Eine Delphi-Studie*  
ISBN 978-3-8325-5305-0 57.50 EUR
- 316 Volker Brüggemann: Entwicklung und Pilotierung eines adaptiven Multistage-Tests zur Kompetenzerfassung im Bereich naturwissenschaftlichen Denkens  
ISBN 978-3-8325-5331-9 40.00 EUR
- 317 Stefan Müller: Die Vorläufigkeit und soziokulturelle Eingebundenheit naturwissenschaftlicher Erkenntnisse. *Kritische Reflexion, empirische Befunde und fachdidaktische Konsequenzen für die Chemielehrer\*innenbildung*  
ISBN 978-3-8325-5343-2 63.00 EUR
- 318 Laurence Müller: Alltagsentscheidungen für den Chemieunterricht erkennen und Entscheidungsprozesse explorativ begleiten  
ISBN 978-3-8325-5379-1 59.00 EUR



- 319 Lars Ehlert: Entwicklung und Evaluation einer Lehrkräftefortbildung zur Planung von selbstgesteuerten Experimenten  
ISBN 978-3-8325-5393-71 41.50 EUR
- 320 Florian Seiler: Entwicklung und Evaluation eines Seminarkonzepts zur Förderung der experimentellen Planungskompetenz von Lehramtsstudierenden im Fach Chemie  
ISBN 978-3-8325-5397-5 47.50 EUR
- 321 Nadine Boele: Entwicklung eines Messinstruments zur Erfassung der professionellen Unterrichtswahrnehmung von (angehenden) Chemielehrkräften hinsichtlich der Lernunterstützung  
ISBN 978-3-8325-5402-6 46.50 EUR
- 322 Franziska Zimmermann: Entwicklung und Evaluation digitalisierungsbezogener Kompetenzen von angehenden Chemielehrkräften  
ISBN 978-3-8325-5410-1 49.50 EUR
- 323 Lars-Frederik Weiß: Der Flipped Classroom in der Physik-Lehre. *Empirische Untersuchungen in Schule und Hochschule*  
ISBN 978-3-8325-5418-7 51.00 EUR
- 324 Tilmann Steinmetz: Kumulatives Lehren und Lernen im Lehramtsstudium Physik. *Theorie und Evaluation eines Lehrkonzepts*  
ISBN 978-3-8325-5421-7 51.00 EUR
- 325 Kübra Nur Celik: Entwicklung von chemischem Fachwissen in der Sekundarstufe I. *Validierung einer Learning Progression für die Basiskonzepte „Struktur der Materie“, „Chemische Reaktion“ und „Energie“ im Kompetenzbereich „Umgang mit Fachwissen“*  
ISBN 978-3-8325-5431-6 55.00 EUR
- 326 Matthias Ungermann: Förderung des Verständnisses von Nature of Science und der experimentellen Kompetenz im Schüler\*innen-Labor Physik in Abgrenzung zum Regelunterricht  
ISBN 978-3-8325-5442-2 55.50 EUR
- 327 Christoph Hoyer: Multimedial unterstütztes Experimentieren im webbasierten Labor zur Messung, Visualisierung und Analyse des Feldes eines Permanentmagneten  
ISBN 978-3-8325-5453-8 45.00 EUR
- 328 Tobias Schüttler: Schülerlabore als interesselördernde authentische Lernorte für den naturwissenschaftlichen Unterricht nutzen  
ISBN 978-3-8325-5454-5 50.50 EUR
- 329 Christopher Kurth: Die Kompetenz von Studierenden, Schülerschwierigkeiten beim eigenständigen Experimentieren zu diagnostizieren  
ISBN 978-3-8325-5457-6 58.50 EUR
- 330 Dagmar Michna: Inklusiver Anfangsunterricht Chemie *Entwicklung und Evaluation einer Unterrichtseinheit zur Einführung der chemischen Reaktion*  
ISBN 978-3-8325-5463-7 49.50 EUR
- 331 Marco Seiter: Die Bedeutung der Elementarisierung für den Erfolg von Mechanikunterricht in der Sekundarstufe I  
ISBN 978-3-8325-5471-2 66.00 EUR

- 332 Jörn Hägele: Kompetenzaufbau zum experimentbezogenen Denken und Arbeiten. *Videobasierte Analysen zu Aktivitäten und Vorstellungen von Schülerinnen und Schülern der gymnasialen Oberstufe bei der Bearbeitung von fachmethodischer Instruktion*  
ISBN 978-3-8325-5476-7 56.50 EUR
- 333 Erik Heine: Wissenschaftliche Kontroversen im Physikunterricht. *Explorationsstudie zum Umgang von Physiklehrkräften und Physiklehrerstudierenden mit einer wissenschaftlichen Kontroverse am Beispiel der Masse in der Speziellen Relativitätstheorie*  
ISBN 978-3-8325-5478-1 48.50 EUR
- 334 Simon Goertz: Module und Lernzirkel der Plattform FLexKom zur Förderung experimenteller Kompetenzen in der Schulpraxis *Verlauf und Ergebnisse einer Design-Based Research Studie*  
ISBN 978-3-8325-5494-1 66.50 EUR
- 335 Christina Toschka: Lernen mit Modellexperimenten *Empirische Untersuchung der Wahrnehmung und des Denkens in Analogien beim Umgang mit Modellexperimenten*  
ISBN 978-3-8325-5495-8 50.00 EUR
- 336 Alina Behrendt: Chemiebezogene Kompetenzen in der Übergangsphase zwischen dem Sachunterricht der Primarstufe und dem Chemieunterricht der Sekundarstufe I  
ISBN 978-3-8325-5498-9 40.50 EUR
- 337 Manuel Daiber: Entwicklung eines Lehrkonzepts für eine elementare Quantenmechanik *Formuliert mit In-Out Symbolen*  
ISBN 978-3-8325-5507-8 48.50 EUR
- 338 Felix Pawlak: Das Gemeinsame Experimentieren (an-)leiten *Eine qualitative Studie zum chemiespezifischen Classroom-Management*  
ISBN 978-3-8325-5508-5 46.50 EUR
- 339 Liza Dopatka: Konzeption und Evaluation eines kontextstrukturierten Unterrichtskonzeptes für den Anfangs-Elektrizitätslehreunterricht  
ISBN 978-3-8325-5514-6 69.50 EUR
- 340 Arne Bewersdorff: Untersuchung der Effektivität zweier Fortbildungsformate zum Experimentieren mit dem Fokus auf das Unterrichtshandeln  
ISBN 978-3-8325-5522-1 39.00 EUR
- 341 Thomas Christoph Münster: Wie diagnostizieren Studierende des Lehramtes physikbezogene Lernprozesse von Schüler\*innen? Eine Videostudie zur Mechanik  
ISBN 978-3-8325-5534-4 44.50 EUR
- 342 Ines Komor: Förderung des symbolisch-mathematischen Modellverständnisses in der Physikalischen Chemie  
ISBN 978-3-8325-5546-7 46.50 EUR
- 343 Verena Petermann: Überzeugungen von Lehrkräften zum Lehren und Lernen von Fachinhalten und Fachmethoden und deren Beziehung zu unterrichtsnahem Handeln  
ISBN 978-3-8325-5545-0 47.00 EUR

- 344 Jana Heinze: Einfluss der sprachlichen Konzeption auf die Einschätzung der Qualität instruktionaler Unterrichtserklärungen im Fach Physik  
ISBN 978-3-8325-5545-0 47.00 EUR
- 345 Jannis Weber: Mathematische Modellbildung und Videoanalyse zum Lernen der Newtonschen Dynamik im Vergleich  
ISBN 978-3-8325-5566-5 68.00 EUR
- 346 Fabian Sterzing: Zur Lernwirksamkeit von Erklärvideos in der Physik *Eine Untersuchung in Abhängigkeit von ihrer fachdidaktischen Qualität und ihrem Einbettungsformat*  
ISBN 978-3-8325-5576-4 52.00 EUR
- 347 Lars Greitemann: Wirkung des Tablet-Einsatzes im Chemieunterricht der Sekundarstufe I unter besonderer Berücksichtigung von Wissensvermittlung und Wissenssicherung  
ISBN 978-3-8325-5580-1 50.00 EUR
- 348 Fabian Poensgen: Diagnose experimenteller Kompetenzen in der laborpraktischen Chemielehrer\*innenbildung  
ISBN 978-3-8325-5587-0 48.00 EUR
- 349 William Lindlahr: Virtual-Reality-Experimente *Entwicklung und Evaluation eines Konzepts für den forschend-entwickelnden Physikunterricht mit digitalen Medien*  
ISBN 978-3-8325-5595-5 49.00 EUR
- 350 Bert Schlüter: Teilnahmemotivation und situationales Interesse von Kindern und Eltern im experimentellen Lernsetting KEMIE  
ISBN 978-3-8325-5598-6 43.00 EUR
- 351 Katharina Nave: Charakterisierung situativer mentaler Modellkomponenten in der Chemie und die Bildung von Hypothesen *Eine qualitative Studie zur Operationalisierung mentaler Modell-komponenten für den Fachbereich Chemie*  
ISBN 978-3-8325-5599-3 43.00 EUR
- 352 Anna B. Bauer: Experimentelle Kompetenz Physikstudierender *Entwicklung und erste Erprobung eines performanzorientierten Kompetenzstrukturmodells unter Nutzung qualitativer Methoden*  
ISBN 978-3-8325-5625-9 47.00 EUR
- 353 Jan Schröder: Entwicklung eines Performanztests zur Messung der Fähigkeit zur Unterrichtsplanung bei Lehramtsstudierenden im Fach Physik  
ISBN 978-3-8325-5655-9 46.50 EUR
- 354 Susanne Gerlach: Aspekte einer Fachdidaktik Körperpflege *Ein Beitrag zur Standardentwicklung*  
ISBN 978-3-8325-5659-4 45.00 EUR
- 355 Livia Murer: Diagnose experimenteller Kompetenzen beim praktisch-naturwissenschaftlichen Arbeiten *Vergleich verschiedener Methoden und kognitive Validierung eines Testverfahrens*  
ISBN 978-3-8325-5657-0 41.50 EUR

- 356 Andrea Maria Schmid: Authentische Kontexte für MINT-Lernumgebungen *Eine zweiteilige Interventionsstudie in den Fachdidaktiken Physik und Technik*  
ISBN 978-3-8325-5605-1 57.00 EUR
- 357 Julia Ortmann: Bedeutung und Förderung von Kompetenzen zum naturwissenschaftlichen Denken und Arbeiten in universitären Praktika  
ISBN 978-3-8325-5670-9 37.00 EUR
- 358 Axel-Thilo Prokop: Entwicklung eines Lehr-Lern-Labors zum Thema Radioaktivität *Eine didaktische Rekonstruktion*  
ISBN 978-3-8325-5671-6 49.50 EUR
- 359 Timo Hackemann: Textverständlichkeit sprachlich variiertes physikbezogener Sachtexte  
ISBN 978-3-8325-5675-4 41.50 EUR
- 360 Dennis Dietz: Vernetztes Lernen im fächerdifferenzierten und integrierten naturwissenschaftlichen Unterricht aufgezeigt am Basiskonzept Energie *Eine Studie zur Analyse der Wirksamkeit der Konzeption und Implementation eines schulinternen Curriculums für das Unterrichtsfach „Integrierte Naturwissenschaften 7/8“*  
ISBN 978-3-8325-5676-1 49.50 EUR
- 361 Ann-Katrin Krebs: Vielfalt im Physikunterricht *Zur Wirkung von Lehrkräftefortbildungen unter Diversitätsaspekten*  
ISBN 978-3-8325-5672-3 65.50 EUR
- 362 Simon Kaulhausen: Strukturelle Ursachen für Klausurmisserfolg in Allgemeiner Chemie an der Universität  
ISBN 978-3-8325-5699-0 37.50 EUR
- 363 Julia Eckoldt: Den (Sach-)Unterricht öffnen *Selbstkompetenzen und motivationale Orientierungen von Lehrkräften bei der Implementation einer Innovation untersucht am Beispiel des Freien Explorierens und Experimentierens*  
ISBN 978-3-8325-5663-1 48.50 EUR
- 364 Albert Teichrew: Physikalische Modellbildung mit dynamischen Modellen  
ISBN 978-3-8325-5710-2 58.50 EUR
- 365 Sascha Neff: Transfer digitaler Innovationen in die Schulpraxis *Eine explorative Untersuchung zur Förderung der Implementation*  
ISBN 978-3-8325-5687-7 59.00 EUR
- 366 Rahel Schmid: Verständnis von Nature of Science-Aspekten und Umgang mit Fehlern von Schüler\*innen der Sekundarstufe I *Am Beispiel von digital-basierten Lernprozessen im informellen Lernsetting Smartfeld*  
ISBN 978-3-8325-5722-5 53.50 EUR
- 367 Dennis Kirstein: Individuelle Bedingungs- und Risikofaktoren für erfolgreiche Lernprozesse mit kooperativen Experimentieraufgaben im Chemieunterricht *Eine Untersuchung zum Zusammenhang von Lernvoraussetzungen, Lerntätigkeiten, Schwierigkeiten und Lernerfolg beim Experimentieren in Kleingruppen der Sekundarstufe I*  
ISBN 978-3-8325-5729-4 52.50 EUR

- 368 Frauke Düwel: Argumentationslinien in Lehr-Lernkontexten *Potenziale englischer Fachtexte zur Chromatografie und deren hochschuldidaktische Einbindung*  
ISBN 978-3-8325-5731-7 63.00 EUR
- 369 Fabien Güth: Interessenbasierte Differenzierung mithilfe systematisch variiertes Kontextaufgaben im Fach Chemie  
ISBN 978-3-8325-5737-9 48.00 EUR
- 370 Oliver Grewe: Förderung der professionellen Unterrichtswahrnehmung und Selbstwirksamkeitsüberzeugungen hinsichtlich sprachsensibler Maßnahmen im naturwissenschaftlichen Sachunterricht *Konzeption und Evaluation einer video- und praxisbasierten Lehrveranstaltung im Masterstudium*  
ISBN 978-3-8325-5738-6 44.50 EUR
- 371 Anna Nowak: Untersuchung der Qualität von Selbstreflexionstexten zum Physikunterricht *Entwicklung des Reflexionsmodells REIZ*  
ISBN 978-3-8325-5739-3 59.00 EUR
- 372 Dominique Angela Holland: Bildung für nachhaltige Entwicklung (BNE) kooperativ gestalten *Vergleich monodisziplinärer und interdisziplinärer Kooperation von Lehramtsstudierenden bei der Planung, Durchführung und Reflexion von Online-BNE-Unterricht*  
ISBN 978-3-8325-5760-7 47.00 EUR
- 373 Renan Marcello Vairo Nunes: MINT-Personal an Schulen *Eine Untersuchung der Arbeitssituation und professionellen Kompetenzen von MINT-Lehrkräften verschiedener Ausbildungswege*  
ISBN 978-3-8325-5778-2 51.00 EUR
- 374 Mats Kieserling: Digitalisierung im Chemieunterricht *Entwicklung und Evaluation einer experimentellen digitalen Lernumgebung mit universeller Zugänglichkeit*  
ISBN 978-3-8325-5786-7 45.50 EUR
- 375 Cem Aydin Salim: Die Untersuchung adaptiver Lernsettings im Themenbereich „Schwimmen und Sinken“ im naturwissenschaftlichen Unterricht  
ISBN 978-3-8325-5787-4 49.00 EUR
- 376 Novid Ghassemi: Evaluation eines Lehramtsmasterstudiengangs mit dem Profil Quereinstieg im Fach Physik *Erkenntnisse zu Eingangsbedingungen, professionellen Kompetenzen und Aspekten individueller Angebotsnutzung*  
ISBN 978-3-8325-5789-8 41.50 EUR

Alle erschienenen Bücher können unter der angegebenen ISBN direkt online (<http://www.logos-verlag.de>) oder telefonisch (030 - 42 85 10 90) beim Logos Verlag Berlin bestellt werden.



# Studien zum Physik- und Chemielernen

Herausgegeben von Martin Hopf und Mathias Ropohl

Die Reihe umfasst inzwischen eine große Zahl von wissenschaftlichen Arbeiten aus vielen Arbeitsgruppen der Physik- und Chemiedidaktik und zeichnet damit ein gültiges Bild der empirischen physik- und chemiedidaktischen Forschung im deutschsprachigen Raum.

Die Herausgeber laden daher Interessenten zu neuen Beiträgen ein und bitten sie, sich im Bedarfsfall an den Logos-Verlag oder an ein Mitglied des Herausgeberteams zu wenden.

## **Kontaktadressen:**

Univ.-Prof. Dr. Martin Hopf  
Universität Wien,  
Österreichisches Kompetenzzentrum  
für Didaktik der Physik,  
Porzellangasse 4, Stiege 2,  
1090 Wien, Österreich,  
Tel. +43-1-4277-60330,  
e-mail: martin.hopf@univie.ac.at

Prof. Dr. Mathias Ropohl  
Didaktik der Chemie,  
Fakultät für Chemie,  
Universität Duisburg-Essen,  
Schützenbahn 70, 45127 Essen,  
Tel. 0201-183 2704,  
e-mail: mathias.ropohl@uni-due.de

Der Expertise-Umkehr-Effekt besagt, dass Lernende mit ungünstigen Lernvoraussetzungen von Unterstützungsmaßnahmen profitieren, während diese für Lernende mit günstigen Voraussetzungen nachteilig sein können. Um Schüler:innen im naturwissenschaftlichen Unterricht der Primarstufe optimal zu fördern, müssen Unterrichtsmaterialien daher – im Sinne von adaptivem Unterricht – an die Voraussetzungen angepasst werden. In der vorliegenden Forschungsarbeit wurden zwei differenzielle Lernsettings zum Thema Schwimmen und Sinken erstellt – ein Comic mit und ein Comic ohne zusätzliche Visualisierungen – anhand derer der Expertise-Umkehr-Effekt untersucht wurde.

Das übergeordnete Ziel der Arbeit war die Untersuchung der Wirkungen der beiden unterschiedlichen Comics auf den Lernerfolg von Grundschulkindern in Abhängigkeit von ihren Voraussetzungen. Dazu wurden quasi-experimentelle Interventionsstudien ( $N = 166$ ) im Prä-Post-Design im naturwissenschaftlichen Unterricht der Primarstufe durchgeführt.

Es zeigt sich, dass leseschwache Schüler:innen mit dem Comic mit zusätzlichen Visualisierungen den höchstmöglichen Lernerfolg erzielen, während lesestarke Schüler:innen mit dem Comic ohne zusätzliche Visualisierungen einen höheren Lernerfolg erreichen. Im Rahmen der Untersuchung konnte anhand des Lernerfolgs der Expertise-Umkehr-Effekt repliziert werden. Für die Unterrichtspraxis liegen damit Beispiele für adaptive Lernmaterialien vor.

**Logos Verlag Berlin**

ISBN 978-3-8325-5787-4