CARL VON OSSIETZKY universität OLDENBURG
FAKULTÄT I
BILDUNGS- UND SOZIALWISSENSCHAFTEN

Lernförderung im Mathematikunterricht durch Advance Organizer

Eine quantitativ-empirische Erhebung zur Untersuchung der Wirksamkeit eines Advance Organizer für heterogene Lerngruppen im Mathematikunterricht der 3. Jahrgangsstufe

Von der Carl von Ossietzky Universität Oldenburg
- Fakultät I Bildungs- und Sozialwissenschaften -
zur Erlangung des Grades einer
Doktorin der Philosophie (Dr. phil.)

Dissertation

von
Frau Carolin Reinck
geb. am 20.06.1987
in Neubrandenburg

Referent:	Prof. Dr. Clemens Hillenbrand
Korreferent:	Prof. Dr. Matthias Grünke
Tag der Disputation:	06. Juli 2015

Zusammenfassung

Die Entwicklung zu einem inklusiven Schulsystem hat zur Folge, dass der Unterricht stärker für heterogene Lerngruppen, d.h. für Schülerinnen und Schüler mit divergierenden Unterstützungsbedarfen, angepasst werden muss. Dabei müssen die individuellen Lernvoraussetzungen, wie u.a. das Vorwissen, optimal berücksichtigt werden, da diese einen zentralen Prädiktor für die schulischen Leistungen darstellen (Krajewski & Schneider, 2006; Dornheim, 2008; Siegler et al., 2012; Watts, Duncan, Siegler & Davis-Kean, 2014). Die mathematische Entwicklung in der Primar- und Sekundarstufe wird durch das spezifische mathematische Vorwissen entscheidend beeinflusst. Metaanalytische Befunde (Baker, Gersten & Lee, 2002; Kroesbergen & Luit, 2003; Gersten, Chard, et al., 2009; Ise, Dolle, Pixner & Schulte-Körne, 2012) schätzen u.a. die Methode der Direkten Instruktion als hoch effektiv für die Unterstützung bei mathematischen Schwierigkeiten ein. Die Direkte Instruktion beinhaltet eine Phase, in der die Aktivierung des Vorwissens essentiell ist. Dieses Ziel kann bspw. durch einen Advance Organizer erreicht werden, mit dem Schülerinnen und Schülern zu Beginn des Unterrichts in einer lehrerzentrierten Präsentation eine Organisationshilfe für neue Lerninhalte zur Verfügung gestellt wird. Befunde aus Metaanalysen (Kozlow, 1978; Luiten, Ames & Ackerson, 1980; Lott, 1983; Stone, 1983; Rolheiser-Bennett, 1986; Mahar, 1992; Preiss & Gayle, 2006) bestätigen die generelle Wirksamkeit dieser Methode. Gleichzeitig fehlen umfangreiche Befunde für den Einsatz im Mathematikunterricht sowie in der Primarstufe. Forschungsziel des vorliegenden Projekts ist die Evaluation eines Advance Organizer für heterogene Lerngruppen im Mathematikunterricht der dritten Jahrgangsstufe. In einer empirisch-quantitativen Untersuchung an Oldenburger Grundschulen mit einem randomisierten Kontrollgruppendesign mit Prätest, Intervention, Posttest und zwei Follow-Up-Messungen wird diese Methode hinsichtlich ihrer Wirksamkeit evaluiert. Positive Wirkungen des Advance Organizer zeigen sich besonders im Behalten spezifischer Wissensinhalte für die Gesamtgruppe. Für Schülerinnen und Schüler unter Risikobedingungen werden höhere Effekte im Behalten spezifischer sowie allgemeiner Mathematikleistungen erkennbar. Unabhängig vom Einsatz des Advance Organizer beeinflussen besonders das Vorwissen aber auch das Lernverhalten das Lernen und Behalten der vermittelten Wissensinhalte. Die zusätzliche Verwendung von Übungsstunden neben dem Advance Organizer führt zu höheren Lernleistungen, besonders für Schülerinnen und Schüler unter Risikobedingungen. Unter Berücksichtigung der Einschränkungen der vorliegenden Studie sollten weitere Forschungen zur Wirksamkeit des Advance Organizer erfolgen. Resümierend eignet sich der Einsatz des Advance Organizer zur Unterstützung des Lernens mathematischer Inhalte in heterogenen Lerngruppen unter besonderer Berücksichtigung von Schülerinnen und Schülern mit ungünstigen Lernvoraussetzungen.

Danksagung

Für das Gelingen dieser Arbeit möchte ich mich vorab bei allen Beteiligten bedanken. Ein besonderer Dank gilt den Schülerinnen und Schülern sowie den Lehrkräften und Erziehungsberechtigten für ihre Zustimmung zur Teilnahme an diesem Projekt. Ein großer Dank gilt zudem den Studentinnen (Stephanie Ahl, Sophia Bahnemann, Vanessa Diestelhorst, Neele Dägling, Sabrina Eckelmann, Svenja Essing, Paula Ferchland, Kathrin Gieseking, Rebecca Gortmann, Annika Helmers, Sabine Holzenkamp, Wiebke Hoogstraat, Sina Kruse, Susanne Meyer, Insa Milich, Mirjam Peters, Rebecca Scheele, Lisa-Marie Schnittker, Marie Tietjen, Simone Weßling, Rebecca Wiese), die engagiert bei der Erstellung der Interventionen mitgewirkt und das Projekt in der Praxis realisiert haben. Ohne ihre Mitarbeit wären die vorliegenden Erkenntnisse nicht möglich.

Der größte Dank gilt meinem Erstgutachter Prof. Dr. Clemens Hillenbrand: Lieber Clemens, vielen Dank für die enge Begleitung, die vielen Freiheiten sowie die wertschätzende Unterstützung bei der Erstellung dieser Arbeit. Vielen Dank!

Danken möchte ich auch meinem Zweitgutachter Prof. Dr. Matthias Grünke: Matthias, du hast mir bereits mit deinen Vorträgen und Veröffentlichungen viele Anregungen für meine Arbeit gegeben. Aber auch die kurzen Gespräche mit dir haben mich jedes Mal einen riesigen Schritt vorangebracht. Vielen Dank für deine Ideen.

Ein weiterer Dank gilt den Initiatoren für die Projekte zum Advance Organizer an der Universität Oldenburg: Liebe Conny, Lieber Ralf, durch euch habe ich den Advance Organizer kennen gelernt. Durch die Zusammenarbeit mit euch in den Projekten habe ich das wissenschaftliche Arbeiten kennen und schätzen gelernt. Vielen Dank für eure Begeisterung für dieses Thema.

Bei der Erstellung dieser Arbeit ist mir viel Unterstützung von einer Kollegin und Mit-Doktorandin zuteil geworden: Liebe Marie, das parallele Schreiben unserer Dissertationen ist für mich stets motivierend, konstruktiv und produktiv gewesen. Danke für die gemeinsamen Problembewältigungen.

Eine treue Begleitung auf dem Weg zum Verfassen dieser Arbeit waren und sind meine Kolleginnen und Kollegen an der Universität Oldenburg (Carin de Vries, Timo Hennig, Carolina Käter, Tobias Käter, Marianne Irmler, Imke Rebensburg, Julia Rensing, Annika Schell): Danke, dass ihr mir zu jeder Zeit mit eurer Einschätzung, Empfehlung oder Erfahrung eine Antwort auf meine vielen Fragen gegeben habt. Die tägliche Zusammenarbeit mit euch war sehr motivierend.

Und zu guter Letzt möchte ich mich bei den vielen Korrekturleserinnen und -lesern bedanken (Heike Cordes, Mirjam Giesers, Timo Jeck, Anne Schmedes, Lisa Scholz, Lara Tscherney): Danke, dass ihr euch neben den beruflichen sowie privaten Herausforderungen Zeit für das Lesen dieser vielen Zeilen genommen habt.

Inhaltsverzeichnis

1 Problemstellung ... 1

2 Unterstützung des Lernens in heterogenen Lerngruppen ... 4

2.1 Schulisches Rahmenkonzept zur Unterstützung des Lernens ... 4

2.2 Komponenten einer lernförderlichen Unterrichtsgestaltung ... 12

2.3 Bedeutung des Vorwissens ... 17

2.4 Zusammenfassung ... 18

3 Lernen im Mathematikunterricht der Primarstufe ... 19

3.1 Modelle des mathematischen Lernens ... 19

3.1.1 Entwicklung früher mathematischer Vorläuferfertigkeiten ... 20

3.1.2 Entwicklung schulischer Mathematikfertigkeiten ... 27

3.1.3 Bedeutung des Arbeits- und Langzeitgedächtnisses ... 32

3.2 Schwierigkeiten im Lernen mathematischer Inhalte ... 35

3.2.1 Rechenschwierigkeiten, Rechenstörung, Dyskalkulie ... 35

3.2.2 Diagnostik ... 41

3.3 Unterstützung des Lernens im Mathematikunterricht ... 58

3.3.1 Unterstützung entsprechend des RtI-Modells ... 59

3.3.2 Universelle Unterstützung durch effektive Vermittlungsformen ... 61

3.3.3 Fokussierte und intensive Unterstützung durch spezifische Förderprogramme ... 71

3.4 Zusammenfassung ... 77

4 Advance Organizer zur Unterstützung des Lernens ... 78

4.1 Begriffsbestimmung ... 78

4.2 Assimilationstheorie ... 82

4.3 Konstruktion und Gestaltung eines Advance Organizer ... 87

4.3.1 Kriterien verschiedener Autoren ... 87

4.3.2 Neuformulierung von Konstruktionsschritten und Gestaltungsprinzipien ... 95

4.4 Advance Organizer zur Unterstützung des Lernens ... 99

4.4.1 Unterstützung für erfolgreiches Lernen ... 100

4.4.2 Unterstützung beim Lernen mathematischer Inhalte ... 100

4.5 Wirksamkeit von Advance Organizer ... 101

4.5.1 Metaanalysen ... 102

4.5.2 Reviews ... 109

4.5.3 Differenzierte Ergebnisse der Metaanalyse nach Reinck und Hillenbrand ... 114

4.5.4 Zusammenfassung ... 122

5 Zielstellung, Fragestellung und Hypothesen ... 123
5.1 Ziel- und Fragestellung ... 123
5.2 Hypothesen ... 124
5.2.1 Wirksamkeit für das Lernen und Behalten ... 124
5.2.2 Wirksamkeit für Schülerinnen und Schüler unter Risikobedingungen 125
5.2.3 Wirksamkeit unter Kontrolle des Lernverhaltens ... 126
5.2.4 Wirksamkeit in Kombination mit Übungsstunden ... 127

6 Methodik ... 129
6.1 Stichprobe ... 129
6.2 Forschungsdesign ... 130
6.3 Erhebungsinstrumente ... 131
6.3.1 Test zur Erfassung der spezifischen Mathematikleistung (Wissensquiz) ... 132
6.3.2 Heidelberger Rechentest 1-4 (HRT 1-4) ... 134
6.3.3 Grundintelligenztest Skala 2 – Revision (CFT 20-R) ... 135
6.3.4 Lehrereinschätzliste für das Sozial- und Lernverhalten (LSL) ... 136
6.4 Interventionen ... 137
6.4.1 Mathematikunterricht ... 138
6.4.2 Advance Organizer ... 140
6.4.3 Übungsstunden ... 144
6.5 Durchführung der Untersuchung ... 146
6.6 Auswertungsstrategien ... 147

7 Ergebnisse ... 152
7.1 Deskriptive Beschreibung der Stichprobe ... 152
7.2 Wirksamkeit des Advance Organizer für das Lernen und Behalten 156
7.3 Wirksamkeit des Advance Organizer für Schülerinnen und Schüler unter Risikobedingungen ... 159
7.4 Wirksamkeit des Advance Organizer unter Kontrolle des Lernverhaltens ... 170
7.5 Wirksamkeit des Advance Organizer in Kombination mit Übungsstunden ... 177

8 Diskussion ... 190
8.1 Bewertung der Wirksamkeit des Advance Organizer ... 190
8.2 Methodenkritische Reflexion ... 203
8.3 Folgerungen für Schule und Unterricht ... 207
8.4 Ausblick ... 208

9 Quellenverzeichnis ... 211

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1 - Ausgewählte Gütekriterien zur Bewertung diagnostischer Testverfahren nach Schmidt-Atzert & Amelang (2012) 11

Tabelle 2 - Dimensionen des Langzeitgedächtnisses 17

Tabelle 3 – Arten von Lernstörungen und Beispiele von Beeinträchtigungen mathematischer Fähigkeiten modifiziert nach Klauer und Lauth (1997)36

Tabelle 4 - Standardisierte Diagnostik mathematischer Leistungen für die universelle Ebene 45

Tabelle 5 - Standardisierte Diagnostik mathematischer Leistungen auf der fokussierten Ebene 48

Tabelle 6 - Standardisierte Diagnostik mathematischer Leistungen auf der intensiven Ebene 50

Tabelle 7 - Fehlerkategorien für den Bereich der Arithmetik nach Winter (2011) und der Bruchrechnung nach Eichelmann et al. (2012) 54

Tabelle 8 - Verfahren zur Kompetenzdiagnostik mathematischer Leistungen in der Grundschule 56

Tabelle 9 - Standardisierte Diagnostikinstrumente der universellen Ebene mit Cut-off-Werten 60

Tabelle 10 - Metaanalysen zu effektiven Unterrichtsmethoden für Schülerinnen und Schüler mit Mathematikschwierigkeiten 63

Tabelle 11 - Empfohlene Unterrichtsmethoden für Schülerinnen und Schüler mit Mathematikschwierigkeiten in der deutschsprachigen Literatur 64

Tabelle 12 - Verschiedene Übungsformen und deren Ziel 70

Tabelle 13 - Evidenzbasierte Fördermaßnahmen auf der fokussierten und intensiven Ebene 74

Tabelle 14 - Konstruktions- und Gestaltungskriterien eines Advance Organizer nach Ausubel (1960, 1978; Ausubel et al., 1980) 88

Tabelle 15 - Richtlinien zur Konstruktion eines einführenden Advance Organizer nach Callihan und Bell (1978, Übers. d. Verf.) 89

Tabelle 16 - Komponenten eines Advance Organizer nach Lenz et al. (1987, Übers. d. Verf.) 89

Tabelle 17 - Eigenschaften eines Advance Organizer nach C. K. West et al. (1991, Übers. d. Verf.) 90

Tabelle 18 - Kriterien der Präsentation eines Advance Organizer nach Joyce und Weil (2003, Übers. d. Verf.) 91

Tabelle 19 - Schritte zur Konstruktion eines Advance Organizer nach NETnet (2005, Übers. d. Verf) 91

Tabelle 20 - Konstruktionsprinzipien eines Advance Organizer nach Wahl (2005, 2011) 93

Tabelle 21 - Grundelemente eines Advance Organizer nach Ludwig und Herold (2007) 94

Tabelle 22 - 4 Schritte zur Konstruktion eines Advance Organizer nach Martenstein et al. (2013) 95

Tabelle 23 - Synthese der Schritte zur Konstruktion eines Advance Organizer 96

Tabelle 24 - Synthese der Prinzipien zur Gestaltung eines Advance Organizer 98

Tabelle 25 - Metaanalysen zum Advance Organizer und zentrale Ergebnisse 106

Tabelle 26 - Reviews zum Advance Organizer und zentrale Ergebnisse 112

Tabelle 27 - Reichweite und Operationalisierung der Outcomeparameter 124

Tabelle 28 - Risikogruppen und deren Auswahlkriterium 125

Tabelle 29 - Randomisierter Vier-Gruppen-Plan mit Prätest, Intervention und drei Posttestungen 130

Tabelle 30 - Format und Ziele der Aufgaben im Wissensquiz 132

Tabelle 31 - Ergebnisse der Hauptachsen-Faktorenanalyse des HRT 1-4 und Wissensquiz 134

Tabelle 32 - Beispielitems aus den verwendeten Subtests des HRT 1-4 (Haffner et al., 2005) 135

Tabelle 33 - Einschätzung des Intelligenzquotienten 136

Tabelle 34 - Aussagenbereiche und Items zum Lernverhalten aus dem LSL (Petermann & Petermann, 2013) 137

Tabelle 35 - Aufbau und Inhalte der Unterrichtseinheit 139

Tabelle 36 - Schwierigkeitsstufen der Aufgaben der fünf Übungsstunden 145

Tabelle 37 - Zeitlicher Ablauf der Untersuchung 146

Tabelle 38 - Auswertungsstrategie für die einzelnen Hypothesenkomplexe 147

Tabelle 39 - Ergebnisse der demographischen und diagnostischen Variablen zum Prätest 153

Tabelle 40 - Ergebnisse der spezifischen und allgemeinen Mathematikleistung der Experimentalgruppe I (EG-AO) und Kontrollgruppe (KG) 157

Tabelle 41 - Effekte der Gesamtgruppenanalyse mit α-Adjustierung und Teststärke 159

Tabelle 42 - Ergebnisse der spezifischen und allgemeinen Mathematikleistung für Schülerinnen und Schüler mit reduzierten kognitiven Leistungen $(\mathrm{IQ} \leq 84)$ 160

Tabelle 43 - Ergebnisse der spezifischen und allgemeinen Mathematikleistung für Schülerinnen und Schüler mit unterdurchschnittlicher, allgemeiner Mathematikleistung $(\mathrm{PR} \leq 50)$ 164

Tabelle 44 - Ergebnisse der spezifischen und allgemeinen Mathematikleistung für Schülerinnen und Schüler mit unterdurchschnittlicher, spezifischer Mathematikleistung $(\mathrm{PR} \leq 50)$ 167

Tabelle 45 - Effekte der Subgruppenanalyse mit α-Adjustierung und Teststärke 169

Tabelle 46 - Ergebnis der multiplen linearen Regressionsanalyse zur Vorhersage der Wissensquizergebnisse im Posttest 171

Tabelle 47 - Ergebnis der multiplen linearen Regressionsanalyse zur Vorhersage der Wissensquizergebnisse im Follow-Up I 173

Tabelle 48 - Ergebnis der multiplen linearen Regressionsanalyse zur Vorhersage der Wissensquizergebnisse im Follow-Up II 174

Tabelle 49 - Ergebnis der multiplen linearen Regressionsanalyse zur Vorhersage der HRT 1-4-Ergebnisse im Follow-Up II 176

Tabelle 50 - Ergebnisse der Regressionsanalysen mit α-Adjustierung und Teststärke 177

Tabelle 51 - Ergebnisse der spezifischen und allgemeinen Mathematikleistung der Experimentalgruppe II (EG-Ü) und III (EG-AO+Ü) 179

Tabelle 52 - Ergebnisse der spezifischen und allgemeinen Mathematikleistung für Schülerinnen und Schüler mit unterdurchschnittlicher, allgemeiner Mathematikleistung $(\mathrm{PR} \leq 50)$ 182

Tabelle 53 - Ergebnisse der spezifischen und allgemeinen Mathematikleistung für Schülerinnen und Schüler mit unterdurchschnittlicher, spezifischer Mathematikleistung $(\mathrm{PR} \leq 50)$ 186

Tabelle 54 - Effekte der Gesamt- und Subgruppenanalyse mit α-Adjustierung und Teststärke 189

Tabelle 55 - Vergleich der Effekte für Hypothesenkomplex I und II 200

Tabelle 56 - Vergleich der Effekte für Hypothesenkomplex IV und V 202

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1 - Komponenten des RtI-Modells (modifiziert nach NCRTI, 2010) 5
Abbildung 2 - Mehrstufiges Unterstützungssystem des RtI-Modells (modifiziert nach NCRTI, 2010) 7
Abbildung 3 - Evidenzstufen nach Odom et al. (2005, Übers. d. Verf.) 10
Abbildung 4 - Handlungsmodell nach Matthes (2009) 12
Abbildung 5 - Modell der individuellen Voraussetzungen nach Hasselhorn und Gold (2013) 13
Abbildung 6 - Modell der Informationsverarbeitung nach Atkinson und Shiffrin (1968) 14
Abbildung 7 - Komponenten des Arbeitsgedächtnis nach Baddeley (2000, 2012) 15
Abbildung 8 - Entwicklungsmodell der Zahl-Größen-Verknüpfung nach Krajewski (2014) 21
Abbildung 9 - Modell der mathematischen Kompetenzentwicklung nach Fritz et al. (2009) 24
Abbildung 10 - Entwicklungsmodell der Zahlverarbeitung nach Clausen-Suhr (2009a) 26
Abbildung 11 - Kompetenzstrukturmodell von Reiss (2004) 28
Abbildung 12 - Triple-Code-Modell nach Dehaene (1992) in vereinfachter Form nach Aster et al. (2005) 30
Abbildung 13 - Modell der Entwicklung der Zahlenverarbeitung nach Aster et al. (2005) 31
Abbildung 14 - Teufelskreislauf geringer mathematischer Kompetenzen in der beruflichen Entwicklung basierend auf Parsons und Bynner (2005) . 41
Abbildung 15 - Mehrstufiges Unterstützungssystem für den Mathematikunterricht 59
Abbildung 16 - Hierarchische Inhaltsstruktur zum Themenfeld Nahrung 97
Abbildung 17 - Erweiterte hierarchische Inhaltsstruktur zum Thema Nahrung 97
Abbildung 18 - Forest Plot der Primärstudien mit schriftlichem Advance Organizer . 115
Abbildung 19 - Forest Plot der Primärstudien mit mündlichem Advance Organizer .. 116
Abbildung 20 - Forest Plot der Primärstudien mit visuellem Advance Organizer 117
Abbildung 21 - Forest Plot der Primärstudien mit spielerischem Advance Organizer118
Abbildung 22 - Forest Plot der Primärstudien mit einer kurzen Präsentation 119
Abbildung 23 - Forest Plot der Primärstudien mit einer langen Präsentation 120
Abbildung 24 - Forest Plot der Primärstudien mit mehrmaliger Präsentation 121
Abbildung 25 - Moderatorvariable: Lernverhalten im Mathematikunterricht 126
Abbildung 26 - Stufenweise Randomisierung der Schülerinnen und Schüler (S.) zu den vier Untersuchungsgruppen 131
Abbildung 27 - Struktur und Kontexteinordnung des Themas Zeit 140
Abbildung 28 - Advance Organizer zum Thema Zeit 142
Abbildung 29 - Schrittweise Präsentation des Advance Organizer 143
Abbildung 30 - Heterogenität innerhalb der Untersuchungsgruppen hinsichtlich der diagnostischen Variablen 155

Abbildung 31 - Entwicklung der spezifischen Mathematikleistung in der Experimentalgruppe I (EG-AO) und Kontrollgruppe (KG) vom Prä- zum Follow-Up II-Test 156

Abbildung 32 - Entwicklung der spezifischen Mathematikleistung differenziert für die Anforderungsbereiche in der Experimentalgruppe I (EG-AO) und Kontrollgruppe (KG)..... 158

Abbildung 33 - Entwicklung der spezifischen Mathematikleistung in der Experimentalgruppe I (EG-AO) und Kontrollgruppe (KG) für Schülerinnen und Schüler mit reduzierten kognitiven Leistungen $(\mathrm{IQ} \leq 84)$ 161

Abbildung 34 - Entwicklung der spezifischen Mathematikleistung differenziert für die Anforderungsbereiche in der Experimentalgruppe I (EG-AO) und Kontrollgruppe (KG) für Schülerinnen und Schüler mit reduzierten kognitiven Leistungen $(\mathrm{IQ} \leq 84)$ 162

Abbildung 35 - Ergebnisse der Subtests des HRT 1-4 in der Experimentalgruppe I (EG-AO) und Kontrollgruppe (KG) 163

Abbildung 36 - Entwicklung der spezifischen Mathematikleistung in der Experimentalgruppe I (EG-AO) und Kontrollgruppe (KG) für Schülerinnen und Schüler mit unterdurchschnittlicher, allgemeiner Mathematikleistung $(\mathrm{PR} \leq 50)$ 165

Abbildung 37 - Entwicklung der spezifischen Mathematikleistung differenziert für die Anforderungsbereiche in der Experimentalgruppe I (EG-AO) und Kontrollgruppe (KG) mit unterdurchschnittlicher, allgemeiner Mathematikleistung $(\mathrm{PR} \leq 50)$ 166

Abbildung 38 - Entwicklung der spezifischen Mathematikleistung in der Experimentalgruppe I (EG-AO) und Kontrollgruppe (KG) für Schülerinnen und Schüler mit unterdurchschnittlicher, spezifischer Mathematikleistung $(\mathrm{PR} \leq 50)$ 168

Abbildung 39 - Entwicklung der spezifischen Mathematikleistung differenziert für die Anforderungsbereiche in der Experimentalgruppe I (EG-AO) und Kontrollgruppe (KG) mit unterdurchschnittlicher, spezifischer Mathematikleistung $(\mathrm{PR} \leq 50)$ 169

Abbildung 40 - Einfluss des Lernverhaltens auf den Zusammenhang zwischen dem Vorwissen und der Wissensquizleistung im Posttest in der gesamten Kontroll- und Experimentalgruppe I..... 172

Abbildung 41 - Einfluss des Lernverhaltens auf den Zusammenhang zwischen dem Vorwissen und der Wissensquizleistung im Follow-Up I in der gesamten Kontroll- und Experimentalgruppe I..... 173

Abbildung 42 - Einfluss des Lernverhaltens auf den Zusammenhang zwischen dem Vorwissen und der Wissensquizleistung im Follow-Up II in der gesamten Kontroll- und Experimentalgruppe I..... 175

Abbildung 43 - Einfluss des Lernverhaltens auf den Zusammenhang zwischen dem Vorwissen und der Leistung im HRT 1-4 im Follow-Up II in der gesamten Kontroll- und Experimentalgruppe I..... 176

Abbildung 44 - Entwicklung der spezifischen Mathematikleistung in der Experimentalgruppe II (EG-Ü) und III (EG-AU+Ü) vom Prä- zum Follow-Up II-Test 180

Abbildung 45 - Entwicklung der spezifischen Mathematikleistung differenziert für die Anforderungsbereiche in der Experimentalgruppe II (EG-Ü) und III (EG-AU+Ü) 181

Abbildung 46 - Entwicklung der spezifischen Mathematikleistung in der Experimentalgruppe II (EG-Ü) und III (EG-AU+Ü) für Schülerinnen und Schüler mit unterdurchschnittlicher, allgemeiner Mathematikleistung $(\mathrm{PR} \leq 50)$ 183

Abbildung 47 - Entwicklung der spezifischen Mathematikleistung differenziert für die Anforderungsbereiche in der Experimentalgruppe II (EG-Ü) und III (EG-AU+Ü) mit unterdurchschnittlicher, allgemeiner Mathematikleistung $(\mathrm{PR} \leq 50)$ 184

Abbildung 48 - Ergebnisse der Subtests des HRT 1-4 in der Experimentalgruppe II (EG-Ü) und III (EG-AU+Ü)..... 185

Abbildung 49 - Entwicklung der spezifischen Mathematikleistung in der Experimentalgruppe II (EG-Ü) und III (EG-AU+Ü) für Schülerinnen und Schüler mit unterdurchschnittlicher, spezifischer Mathematikleistung $(\mathrm{PR} \leq 50)$ 187

Abbildung 50 - Entwicklung der spezifischen Mathematikleistung differenziert für die Anforderungsbereiche in der Experimentalgruppe II (EG-Ü) und III (EG-AU+Ü) mit unterdurchschnittlicher, spezifischer Mathematikleistung $(\mathrm{PR} \leq 50)$ 188

Abbildung 51 - Ergebnisse der Subtests des HRT 1-4 in der Experimentalgruppe II (EG-Ü) und III (EG-AU+Ü)..... 188

Abbildung 52 - Zusammenfassung der signifikanten (*) Prädiktoren $(\mathrm{R2})$ für die Outcomemaße..... 201

Abkürzungsverzeichnis

ADHS ..... *Aufmerksamkeitsdefizit-Hyperaktivitätsstörung*

EBP ..... *evidenzbasierte Praxis*

IGLU ..... *Internationale Grundschul-Lese-Untersuchung*

KI ..... *Konfidenzintervall*

MARKUS ..... *Mathematik-Gesamterhebung Rheinland-Pfalz: Kompetenzen, Unterrichtsmerkmale, Schulkontext*

PISA ..... *Programme for International Student Assessment*

QUASUM..... *Qualitätsuntersuchung an Schulen zum Unterricht in Mathematik*

RtI ..... *Response to Intervention*

TIMSS ..... *Trends in International Mathematics and Science Study*

VERA ..... *Vergleichsarbeiten*

1 Problemstellung

> Schüler wollen in aller Regel etwas lernen, und es liegt am Lehrer, ihnen dafür gute Voraussetzungen zu schaffen (Wellenreuther, 2014a, S. 270).

Lehrkräfte rücken bezüglich einer Bedeutung für den Lernerfolg von Schülerinnen und Schülern immer stärker in den Fokus. Verschiedene Studien (Einsiedler, 1997, S. 225f.; Krajewski, Nieding & Schneider, 2008; Watts et al., 2014) untersuchen neben dem Einfluss von familiären bzw. sozioökonomischen Aspekten oder individuellen Schuleingangsvoraussetzungen weitere, vom individuellen Lernenden unabhängige Beeinflussungsfaktoren. Die Unterrichtsqualität einer Lehrperson ist in Bezug auf die Lernleistung eine hoch wirksame Einflussgröße. Hattie (2012, S. 18) führt in diesem Zusammenhang an: „Teachers are among the most powerful influences in learning“. Mit der Weiterentwicklung des bestehenden Schulsystems zu einem inklusiven Bildungssystem (United Nations, 2008, S. 17) steigt die Herausforderung für Lehrkräfte, Unterricht unter Berücksichtigung der heterogenen Voraussetzungen der Schülerschaft zu organisieren. In dem Zeitraum von 2000 bis 2013 hat sich im deutschen Bildungssystem der Anteil von Schülerinnen und Schülern mit einem Unterstützungsbedarf an allgemeinbildenden Schulen verdoppelt (Autorengruppe Bildungsberichterstattung, 2014, S. 178). Dennoch führt die Veränderung auf schulorganisatorischer Ebene nicht zu einem garantierten Gelingen der schulischen Inklusion (Hillenbrand, 2014, S. 7). Internationale Forschungen zeigen, dass die Qualität auf der Unterrichtsebene einen bedeutenden Faktor für die erfolgreiche Realisierung inklusiver Settings darstellt (K. D. Huber, Rosenfeld & Fiorello, 2001, S. 503; Mastropieri & Scruggs, 2001, S. 266; McLeskey, Waldron & Redd, 2012, S. 68). Lehrkräfte müssen u.a. Wissen und Fähigkeiten über den Einsatz effektiver Methoden zur Lernförderung besitzen. Wirksame Konzepte bzw. Methoden zur Lernförderung, die den Bedürfnissen der Lernenden gerecht werden, sind daher sowohl ein wissenschaftliches wie auch ein unterrichtspraktisches Thema, das große Aufmerksamkeit verdient. Die didaktische sowie methodische Gestaltung des Unterrichts in inklusiven Settings muss auf heterogene Lerngruppen angepasst werden, um für alle Schülerinnen und Schüler auf unterschiedlichen Leistungsniveaus einen Lernfortschritt zu erzielen. Dafür müssen Methoden zum Einsatz kommen, von denen sowohl leistungsschwächere als auch leistungsstärkere Lernende profitieren.

Ein zentraler Themenbereich, in dem eine große Leistungsheterogenität der Schülerinnen und Schüler vorherrscht und gleichzeitig nur wenige wirksame Konzepte und Methoden zur Lernförderung vorliegen, ist der Mathematikunterricht. Der Erwerb mathematischer Basiskompetenzen ist das zentrale Ziel in der Primarstufe. Die weitere mathematische Entwicklung in der Sekundarstufe wird durch diese Basisfähigkeiten entscheidend beeinflusst. Aktuelle Forschungsbefunde konstatieren einen hohen Anteil von Sekundarschülerinnen und -schülern mit großen Defiziten in den mathematischen Basiskompetenzen (Krajewski & Ennemoser, 2010; Ennemoser,

Krajewski & Schmidt, 2011; Ehlert, Fritz, Arndt & Leutner, 2013). Internationale Vergleichsstudien zeigen (Bos, Wendt, Köller & Selter, 2012, S. 103; OECD, 2013, S. 5), dass ca. *20%* der Schülerinnen und Schüler der vierten sowie der achten Jahrgangsstufe unterdurchschnittliche Kompetenzen im Bereich Mathematik aufweisen. Ausgehend von metaanalytischen Befunden (Baker et al., 2002; Kroesbergen & Luit, 2003; Gersten, Chard, et al., 2009; Ise et al., 2012) können Methoden ermittelt werden, die für die Förderung bei mathematischen Schwierigkeiten und somit für die präventive Unterstützung im Mathematikunterricht geeignet sind.

Die von Ausubel (1960) entwickelte Methode des Advance Organizer bietet eine geeignete Möglichkeit, die Anforderungen eines inklusiven Settings zu erfüllen. Ein Advance Organizer stellt einen „Vorausorganisator“ (Frey & Frey-Eiling, 2010, 101) bzw. eine „kognitive Vorstrukturierung“ (Ballstaedt, 1997, 23) dar, bei der vorhandene sowie neu zu erlernende Wissensinhalte vor der eigentlichen Lerneinheit thematisiert werden. Durch den Einsatz eines Advance Organizer kann sowohl vorhandenes Wissen aktiviert als auch eine geeignete Vorwissensbasis geschaffen werden. Mit Blick auf die fortschreitende inklusive Schulentwicklung ermöglicht diese Methode, Schülerinnen und Schüler mit unterschiedlichen Vorkenntnissen gemeinsam zu unterrichten. Aufgrund der umfangreichen Erkenntnisse des Nutzens dieser Methode im sprachlichen Kontext soll mittels des vorliegenden Promotionsvorhabens die Effektivität des Advance Organizer im Mathematikunterricht geprüft werden. Die aktuelle Umsetzung der Inklusion in Grundschulen führt zu einer geplanten Schließung der Primarstufe der Förderschulen mit dem Schwerpunkt Lernen in Niedersachsen (§ 4 Abs. 1-2 NschG). Um zukünftig nutzbare Erkenntnisse zu gewinnen, werden heterogene Lerngruppen der Primarstufe der allgemeinbildenden Schulen als Untersuchungseinheit der vorliegenden Studie betrachtet.

Ziel der theoretischen Auseinandersetzung ist die Darstellung des Advance Organizer als eine lernförderliche Methode für den Mathematikunterricht mit einer heterogenen Lerngruppe. Eingangs werden allgemeine Unterstützungsmerkmale für das Lernen beschrieben (Kapitel 2). Dazu zählt ein organisatorisches Modell auf der Schulebene, welches eine Passung zwischen Lernbedarf und -angebot herstellen kann (Kapitel 2.1). Zudem werden Komponenten auf der Individualebene, die für einen erfolgreichen Lernprozess von Schülerinnen und Schülern relevant sind (Kapitel 2.2 und 2.3), näher betrachtet. Nach den Ausführungen über Modelle zur Entwicklung mathematischer Kompetenzen (Kapitel 3.1) und der Skizzierung von Schwierigkeiten im mathematischen Bereich (Kapitel 3.2) werden Unterstützungsmöglichkeiten zur Förderung der mathematischen Kompetenzen für eine heterogene Lerngruppe auf verschiedenen Ebenen dargestellt (Kapitel 3.3). Zum Abschluss der theoretischen Auseinandersetzung wird der Advance Organizer als eine ausgewählte Unterrichtsmethode zur Unterstützung im Lernen mathematischer Inhalte in einer heterogenen Lerngruppe vorgestellt (Kapitel 4). Nach einer Begriffsbestimmung (Kapitel 4.1) und einer Einordnung in die Lerntheorie (Kapitel 4.2) erfolgt die theoriebasierte Synthese und Neuformulierung von Konstruktionsschritten und Gestaltungprinzipien für Advance Organizer (Kapitel

4.3). Darüber hinaus erfolgt die theoretische sowie empirische Begründung für die lernunterstützende Wirksamkeit des Advance Organizer.

Ziel der empirischen Arbeit ist die statistische Überprüfung der Wirksamkeit eines Advance Organizer im Mathematikunterricht mit Schülerinnen und Schülern der dritten Jahrgangsstufe. Zudem wird die Effektivität des Advance Organizer in Kombination mit Übungsstunden als. Nach der Begründung des Forschungsvorhabens (Kapitel 5) folgt die methodische Darstellung (Kapitel 6) sowie der Auswertung der durchgeführten quantitativ-empirischen Erhebung (Kapitel 7). Die Frage, ob der Advance Organizer Schülerinnen und Schüler im Lernen unterstützt, sodass mehr Inhalte gelernt und behalten werden, wird basierend auf den ermittelten Ergebnissen diskutiert (Kapitel 8). Abschließend wird die praktische Relevanz dieser Methode zur Unterstützung des Lernens in heterogenen Lerngruppen (Kapitel 8.3) sowie ein Ausblick auf weitere Forschungsbedarfe formuliert (Kapitel 8.4).

2 Unterstützung des Lernens in heterogenen Lerngruppen

Sowohl die Salamanca-Erklärung (UNESCO, 1994) als auch die UN-Konvention über die Rechte von Menschen mit Behinderung (United Nations, 2008) fordern ein Bildungssystem, dass für alle Menschen unabhängig der individuellen Bedürfnisse zugänglich ist. Eine frühzeitige Zuweisung in ein gegliedertes Schulsystem, in der eine geringe Durchlässigkeit zwischen allgemeinbildenden und Förderschulen besteht, entspricht somit nicht den internationalen Zielen. Es bedarf einer Umstrukturierung bzw. Weiterentwicklung, sodass den heterogenen Bedürfnissen dieser Schülerschaft Rechnung getragen werden kann und somit alle Schülerinnen und Schüler in einem System verschiedener Schulen effektiv beschult werden können. Dafür ist nicht nur eine äußere Veränderungen, auf der organisatorischen Ebene der Schulformen notwendig, sondern auch eine Veränderung auf der schulinternen Ebene, dem Unterricht.

Nachfolgend wird ein schulisches Rahmenkonzept vorgestellt werden, in dem die frühzeitige Unterstützung im schulischen Lernen im Fokus steht (Kapitel 2.1). Dieses Konzept eignet sich somit zur Realisierung eines Bildungssystems für alle Schülerinnen und Schüler ungeachtet der individuellen Bedürfnisse. Anschließend werden schülerspezifische Voraussetzungen für das Lernen beschrieben (Kapitel 2.2), die Lehrkräfte von heterogenen Lerngruppen kennen müssen, um Unterricht lernförderlich gestalten zu können (Europäische Agentur für Entwicklungen in der sonderpädagogischen Förderung, 2012, S. 17). Abschließend wird die Komponente des vorhandenen Wissens bzw. Vorwissens genauer betrachtet, da diese für die weitere Arbeit von besonderer Bedeutung ist (Kapitel 2.3).

2.1 Schulisches Rahmenkonzept zur Unterstützung des Lernens

Ein Schulsystem mit den folgenden vier Strukturelementen (Tomasevski, 2001, S. 12; Lindmeier, 2009, S. 7f.) ermöglicht allen Schülerinnen und Schülern die Teilnahme an Bildung trotz individuell unterschiedlicher Bedürfnisse:

- Verfügbarkeit: Allen Schülerinnen und Schülern stehen sowohl Bildungseinrichtungen mit den notwendigen Ausstattungen als auch ausgebildete Lehrkräfte sowie Lehrmaterialien zur Verfügung.
- Zugänglichkeit: Bildungseinrichtungen sind für alle Schülerinnen und Schüler sowohl physisch als auch finanziell zugänglich.
- Akzeptierbarkeit: Die individuellen Unterschiede der Schülerinnen und Schüler werden akzeptiert und gleichzeitig werden alle individuell gefördert, sodass mit einem einheitlichen Curriculum allgemeingültige Bildungsziele vermittelt werden.
- Adaptierbarkeit: Das Bildungssystem muss flexibel sein, um sich den individuellen Bedürfnissen der Schülerinnen und Schüler anpassen zu können.

Ein konkretes Handlungskonzept zur Umsetzung dieser Strukturelemente stellt das in den USA weitgehend verwirklichte „Response to Intervention-Modell“ (RtI) dar. Es ist ein Handlungsmodell zur Gestaltung eines präventiv ausgerichteten Schulsystems, in dem Schülerinnen und Schüler mit Lernschwierigkeiten frühzeitig unterstützt werden (D. Fuchs & Fuchs, 2006, S. 93). Schwierigkeiten im Lernen werden nicht, wie in medizinischen Klassifikationssystemen (z.B. ICD-10, DSM-5), als Diskrepanz zwischen der Schulleistung und der Intelligenz beschrieben, sondern differenzierter betrachtet: Es handelt sich einerseits um Schülerinnen und Schüler, die nicht erfolgreich von den angebotenen Lernmöglichkeiten profitieren. Bleibt ein Lernfortschritt auch bei Veränderungen der Lernmöglichkeiten aus, so wird bei diesen Schülerinnen und Schüler von einer generell reduzierten Lernmöglichkeit durch konventionelle Angebote ausgegangen, sodass eine spezifische Unterstützung notwendig ist (L. S. Fuchs & Fuchs, 2007, S. 2).

Dieses Handlungsmodell ist keine festgeschriebene Schulkonzeption, sondern bietet vielmehr eine Rahmenkonzeption zur Gestaltung eines Schulsystems für eine heterogene Schülerschaft unter Berücksichtigung der jeweiligen politischen, geographischen und sozialen Begebenheiten. Dabei stützt sich dieses Modell auf vier zentrale Komponenten (Abbildung 1):

- ein mehrstufiges System der Unterstützung
- Screening-Verfahren
- Beobachtung der Lernprozesse und
- datenbasierte Entscheidungen (NCRTI 2010, S. 1).

Ein weiteres zentrales Merkmal, welches jedoch in der Aufzählung des NCRTI (2010, S. 1) nicht gesondert aufgeführt wird, ist die Evidenzbasierung. Dieses Merkmal soll nachfolgend als Einflussvariable auf alle Komponenten des RtI-Modells beschrieben werden.

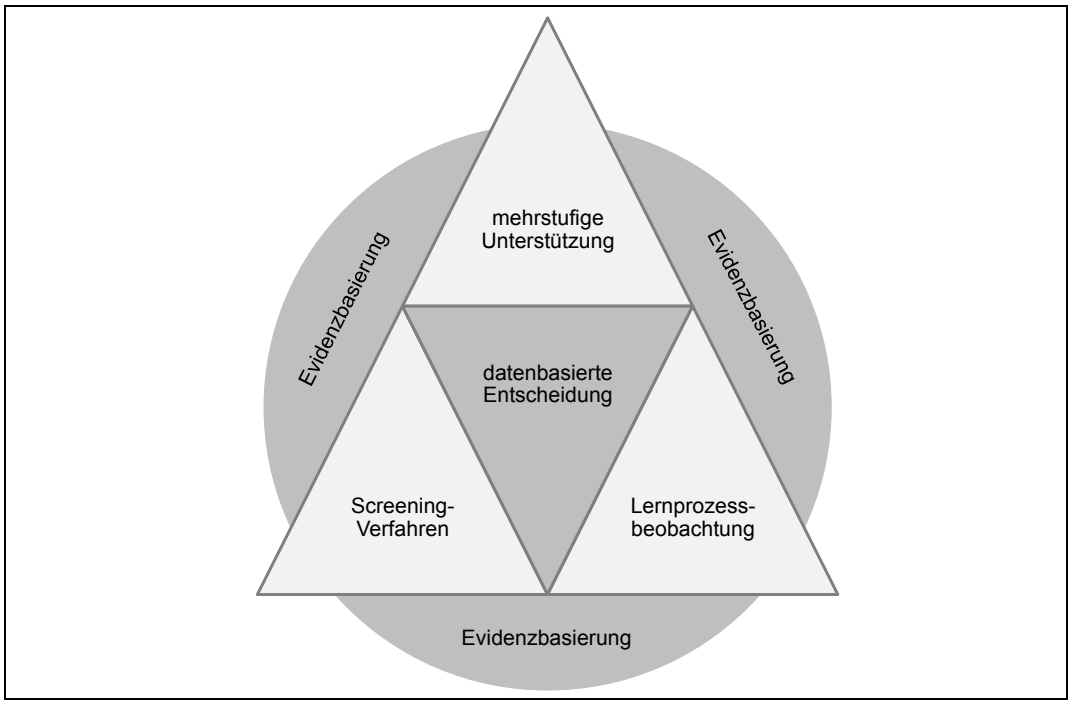


Abbildung 1 - Komponenten des RtI-Modells (modifiziert nach NCRTI, 2010)

Um Schülerinnen und Schüler mit Lernschwierigkeiten frühzeitig zu erkennen und um präventiv handeln zu können, ist die frühe Identifikation von Schülerinnen und Schülern unter Risikobedingungen von zentraler Bedeutung. Dieses Ziel wird mit dem Einsatz von *Screening-Verfahren* erreicht. Diese Verfahren werden zu Beginn des Schuljahres eingesetzt (D. Fuchs & Fuchs, 2006, S. 93; NCRTI 2010, S. 5) und dienen dann als Eingangsdiagnostik. Zudem können sie zwei- bis dreimal im Schuljahr wiederholt werden. Dies ermöglicht die Identifizierung von Schülerinnen und Schüler, die möglicherweise zu einem vorherigen Zeitpunkt noch nicht auffällig geworden sind bzw. derjenigen Schülerinnen und Schüler, die fälschlicherweise als auffällig eingeschätzt werden (NRCLD 2006, S. 1.4). Screening-Verfahren werden mit allen Schülerinnen und Schülern durchgeführt, um sogenannte Indikatoren einer Störung (Tröster, 2009, S. 68), d.h. risikoerhöhende Einflussvariablen bei Lernschwierigkeiten, zu überprüfen. Die Vorgehensweisen, um Schülerinnen und Schüler als auffällig zu definieren, sind sehr verschieden und führen daher zu unterschiedlichen Resultaten. Standardisierte Screening-Verfahren nutzen teilweise statistisch ermittelte Cut-off-Werte, die eine Unterscheidung zwischen Schülerinnen und Schülern mit und ohne Risikobedingungen ermöglichen. Darüber hinaus können auch normbasierte Kriterien, wie bspw. das erste Quartil, genutzt werden (D. Fuchs & Fuchs, 2006, S. 93). Für Schülerinnen und Schüler, die in dieser Screening-Prozedur als auffällig gelten, werden in einem weiteren Prozess die Risikobereiche differenzierter überprüft.

Bei auffälligen Ergebnissen im Screening wird der individuelle Lernprozess der Schülerinnen und Schüler stärker in den Fokus genommen, um die individuelle Wirksamkeit des Unterrichts zu ermitteln (D. Fuchs & Fuchs, 2006, S. 93; NCRTI 2010, S. 5). Dies kann mittels *Lernprozessbeobachtungen* erfolgen, die sich durch folgende Merkmale kennzeichnen:

- Sie erheben spezifische Fähigkeiten entsprechend der curricularen Vorgaben.
- Sie erheben ausgewählte Fähigkeiten, die zum Erreichen des Unterrichtsziels beitragen.
- Sie sind sensibel gegenüber kleinen Lernfortschritten im Laufe der Zeit.
- Sie sind effizient in einem kurzen Zeitraum einsetzbar.
- Sie können wiederholt eingesetzt werden (mit variierenden Aufgaben).
- Sie führen zu Ergebnissen, die in geeigneter Weise für Lehrkräfte visualisiert werden.
- Sie ermöglichen Vergleiche zwischen den Schülerinnen und Schülern.
- Sie sind für die Beobachtung individueller Lernprozesse von Schülerinnen und Schülern geeignet.
- Sie sind für die Unterrichtsgestaltung und die Auswahl der Lerninhalte bedeutsam, um die Unterstützungsbedarfe zu berücksichtigen (NASDSE, 2005, S. 25-26 zitiert nach NRCLD 2006, S. 2.2, Übers. d. Verf.)

Konkrete Formen der Lernprozessbeobachtung werden im Englischen unter dem Sammelbegriff „curriculum-based assessment“ (Diehl, Hartke & Knopp, 2009, S. 123; Stefanko, 2011, S. 454) zusammengefasst. Besonders viel Aufmerksamkeit bzw. große Verbreitung hat die spezifische Form „curriculum-based measurement“ (Deno, 2003, S. 184) erhalten. Im deutschsprachigen Raum werden für diese Form die Begriffe „Lernfortschrittsmessung“ (Klauer, 2006, S. 17; Diehl & Hartke, 2007, S. 195), „Lernverlaufsdiagnostik“ (Hasselhorn,

Schneider & Trautwein, 2014, S. VII; Klauer, 2011, S. 208; Wilbert & Linnemann, 2011, S. 226) oder „Curriculumbasiertes Messen“ (Walter, 2008, S. 63, 2009, S. 162; Müller & Hartmann, 2009, S. 37) synonym verwendet.

Die Daten aus den Screening-Verfahren und den Lernprozessbeobachtungen geben sowohl Aufschluss über die Wirksamkeit des Unterrichts als auch über die Effektivität von differenzierenden Lernangeboten (NCRTI 2010, S. 7). Auf der Grundlage dieser Ergebnisse können *datenbasierte Entscheidungen* getroffen werden. Diese Entscheidungen umfassen sowohl die Bestimmung derjenigen Schülerinnen und Schüler, die als auffällig gelten, als auch Art und Umfang der Unterstützung, die sie erhalten sollen.

Ziel des RtI-Modells ist es, alle Schülerinnen und Schüler bestmöglich im Schulerfolg zu unterstützen: „The purpose of RTI is to provide all students with the best opportunities to succeed in school“ (NCRTI 2010, S. 8). Um die Schülerinnen und Schüler gemäß der individuellen Fähigkeiten sowie Bedürfnisse optimal zu fördern, wird ein *mehrstufiges Unterstützungssystem* empfohlen (Abbildung 2). Die Anzahl der Stufen wird von zwei- bis vierstufig sehr unterschiedlich angegeben bzw. umgesetzt (D. Fuchs, Mock, Morgan & Young, 2003, S. 168; Berkeley, Bender, Peaster & Saunders, 2009, S. 91), wobei mehrheitlich ein dreistufiges System beschrieben wird (NCRTI 2010, S. 3).

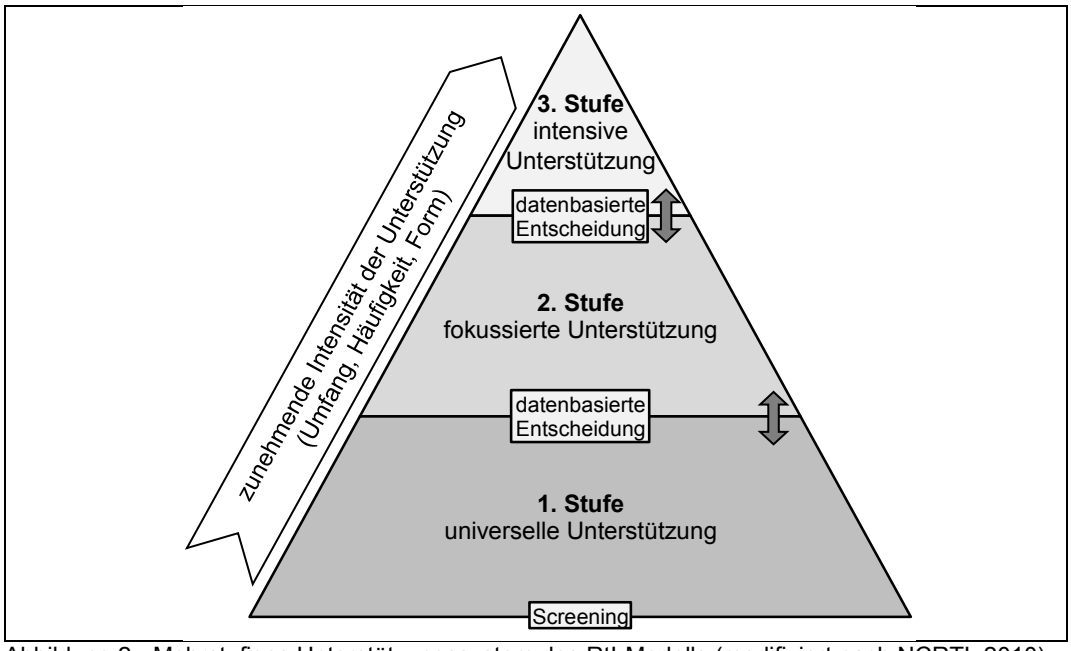


Abbildung 2 - Mehrstufiges Unterstützungssystem des RtI-Modells (modifiziert nach NCRTI, 2010)

Die erste Stufe, die primäre Prävention (NCRTI 2010, S. 3; Voß et al., 2014, S. 116), kann als eine universelle Unterstützung (NRCLD 2006, S. 3.2; Tröster, 2009, S. 25) verstanden werden, da diese Lernangebote für die Bedürfnisse der gesamten Klasse bzw. Lerngruppe abgestimmt sind. Dies umfasst sowohl einen qualitativ hochwertigen Unterricht (NRCLD 2006, S. 3.4; NCRTI 2010, S. 4; C. Huber & Grosche, 2012, S. 314) als auch den Einsatz von „research-based curricula“ (NCRTI 2010, S. 6) bzw. „scientifically-based instruction programs“ (NRCLD 2006, S. 3.4). Der Einsatz wissenschaftlich überprüfter Methoden innerhalb dieser Ebene sichert eine geeignete und effektive Vermittlung der

curricularen Inhalte. Für Schülerinnen und Schüler, bei denen anhand der diagnostischen Daten keine erwartete Lernentwicklung festgestellt werden kann, ist eine zusätzliche Unterstützung auf der zweiten Stufe erforderlich. Diese ist im Vergleich zur ersten Stufe gezielter auf die Bedürfnisse der jeweiligen Schülerinnen und Schüler ausgerichtet, sodass von einer fokussierten Unterstützung mit evidenzbasierten Interventionen bzw. Instruktionsmethoden gesprochen werden kann. Diese Unterstützungsstufe wird häufig mit einer Kleingruppenförderung gleichgesetzt (NRCLD, 2006, S. 3.14; Berkeley et al., 2009, S. 86; NCRTI, 2010, S. 10; C. Huber & Grosche, 2012, S. 314). Dies impliziert eine remediale Förderung (Hartke, 2010, S. 41) der Lernvoraussetzung: Aufgrund einer divergierenden Zielsetzung bzw. ein vom Curriculum abweichender Förderinhalt kann die Unterstützung möglicherweise nicht in den Unterricht der ersten Stufe integriert werden, sondern erfolgt separiert. Jedoch sollten auf dieser Stufe auch Formen einer kompensatorischen Förderung (ebd.) berücksichtigt werden: Durch einen zusätzlichen Einsatz von Methoden oder Materialien werden fehlende Lernvoraussetzungen kompensiert und die Teilnahme am regulären Unterricht der universellen Ebene wird ermöglicht. Ist diese fokussierte Unterstützung auf der zweiten Stufe nicht ausreichend, erfolgt auf der dritten Stufe eine intensive Unterstützung, die auf die Bedürfnisse von einzelnen Schülerinnen und Schülern angepasst wird (NCRTI, 2010, S. 4). Diese Unterstützung ist dabei im Vergleich zu den vorherigen Stufen am intensivsten und umfangreichsten (D. Fuchs & Fuchs, 2006, S. 94; NRCLD 2006, S. 3.29; Berkeley et al., 2009, S. 86). Alle drei Stufen der Unterstützung werden durch den regelmäßigen Einsatz von Screenings und curriculumbasierten Messungen evaluiert, wobei dies auf der zweiten und dritten Stufe häufiger erfolgt. Auf der Grundlage dieser Daten wird die Entscheidung über die zusätzliche oder reduzierte Unterstützung getroffen, sodass in Abhängigkeit der Lernentwicklung ein flexibler Wechsel zwischen den Stufen erfolgen kann.

Als ein weiterer zentraler Aspekt des RtI-Modells wird die *evidenzbasierte Praxis* aufgeführt. Laut Definition lässt sich damit vornehmlich die Art der Unterstützung näher beschreiben (NCRTI, 2010, S. 2). Voß (2013, S. 120) bewertet diesen Aspekt gleichwertig zu den übrigen Komponenten des RtI-Modells. Im Folgenden wird der Aspekt der evidenzbasierten Praxis nicht als eine weitere Komponente, sondern als ein übergeordnetes Merkmal betrachtet, welches für alle Komponenten des RtI-Modells bestimmend ist. Der Begriff ‚evident' wird im deutschsprachigen Raum mit den Worten „unmittelbar einleuchtend, keines Beweises bedürfend" (Bibliographisches Institut GmbH, 2013) bzw. „augenfällig, offenkundig" (ebd.) erklärt. Diese Bedeutung steht im Widerspruch sowohl zu der englischen Wortbedeutung (Oxford University Press, 2015) als auch zum fachlichen Verständnis dieses Begriffes. Der Ursprung der evidenzbasierten Praxis liegt in der Medizin und wird wie folgt definiert:

> Evidence based medicine is the conscientious, explicit, and judicious use of current best evidence in making decisions about the care of individual patients. The practice of evidence based medicine means integrating individual clinical expertise with the best available external clinical evidence from systematic research (Sackett, Rosenberg, Gray, Haynes & Richardson, 1996, S. 71).

Das Konzept der evidenzbasierten Medizin kombiniert wissenschaftlich fundierte Behandlungsformen mit einer fachlichen Expertise, sodass die bestmögliche Versorgung des einzelnen Patienten erreicht wird. Die Bedeutung der evidenzbasierten Praxis im Bildungswesen nimmt seit einigen Jahren zu (Slavin, 2002). Cook und Cook (2011, S. 73) definieren evidenzbasierte Praxis (EBP) für den pädagogischen Kontext wie folgt:

> Generally, then, we define EBPs as practices that are supported by multiple, high-quality studies that utilize research designs from which causality can be inferred and that demonstrate meaningful effects on student outcomes.

Verfahren, die nach diesen Kriterien als evidenzbasiert gelten, werden bspw. von dem Institute of Educational Science (U.S. Department of Education, 2015) vorgestellt. Diese Plattform stellt hauptsächlich umfangreiche Programme vor, die Möglichkeiten zur Umsetzung des Curriculums sowie vollständige Instruktions- und Übungssitzungen enthalten. Derartige Programme können als „macro EBPs“ (Cook & Cook, 2011, S. 76) bezeichnet werden. Hattie (2013) stellt demgegenüber in der Synthese von mehr als 800 Metaanalysen „micro EBPs“ (Cook & Cook, 2011, S. 76) vor. Hierbei handelt es sich um einzelne Instruktionsformen, die flexibel in die Umsetzung des Curriculums eingebaut werden können. Für die Ermittlung evidenzbasierter Handlungsformen fassen Cook und Cook (2011, S. 75, Übers. d. Verf.) vier Kriterien für die Sichtung von Studien in der Sonderpädagogik zusammen:

- Forschungsdesign: experimentelle und quasi-experimentelle Designs mit Gruppen sowie Einzelfallstudien
- Qualität der Studien: strenge Indikatoren für Methodenqualität
- Quantität der Studien: mehr als eine Studie mit geeignetem Design und geeigneter Qualität
- Größe der Effekte: signifikanter Unterschied der gewichteten Effektstärke von Null

Fingerle und Ellinger (2008, S. 9f.) formulieren drei Kategorien für die Bewertung sonderpädagogischer Förderprogramme auf der Grundlage psychologischer sowie pädagogischer Beurteilungskriterien (APA, 2002; NCEE, 2003; Levant, 2005). Diese Bewertungsstufen setzen jedoch immer eine empirische Überprüfung zur Einordnung einer Maßnahme voraus. Förderprogramme, die lediglich von Experten empfohlen werden, werden systematisch ausgeschlossen. Die vierstufige Bewertungsskala nach Odom et al. (2005, S. 144) ist empfehlenswert, da sowohl theoretisch als auch empirisch wirksame Maßnahmen eingeordnet werden können (Abbildung 3).

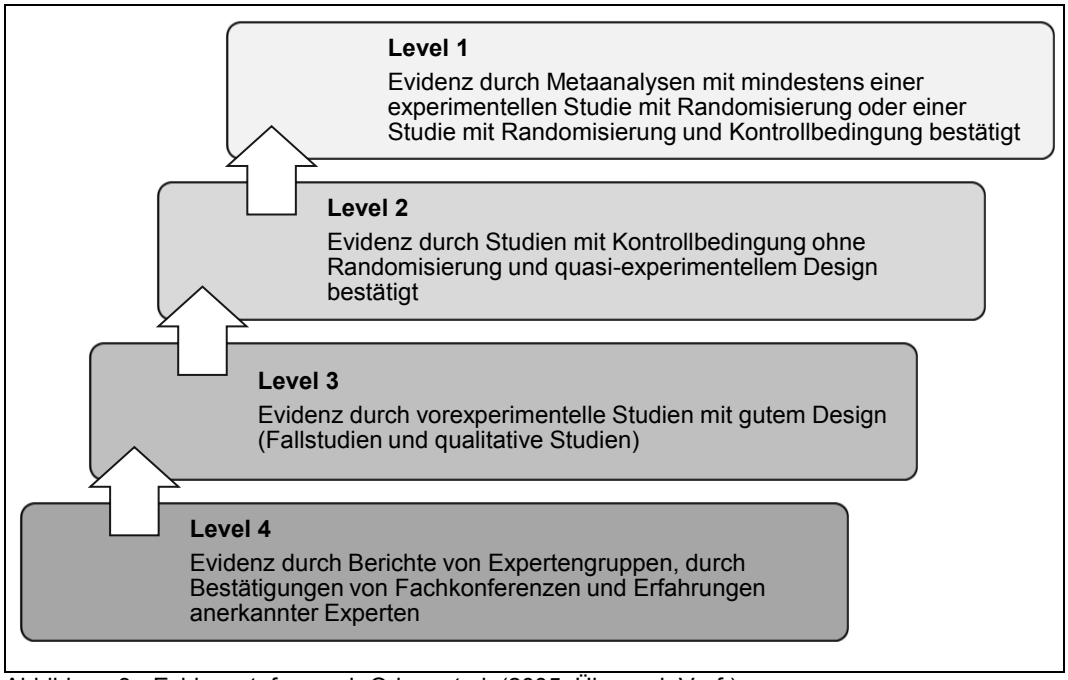


Abbildung 3 - Evidenzstufen nach Odom et al. (2005, Übers. d. Verf.)

Das Konzept der Evidenzbasierung sollte jedoch nicht nur auf die Ermittlung von konkreten Maßnahmen bzw. Methoden zur Unterstützung von Schülerinnen und Schülern im schulischen Kontext reduziert werden. Wie in der evidenzbasierten Praxis der Medizin sollte auch der Prozess der Entscheidungsfindung für eine geeignete Unterstützung eingeschlossen werden. Dies umfasst im RtI-Modell einerseits die diagnostische Datenerhebung durch Screening-Verfahren und curriculumbasierte Messungen. Im Sinne der Evidenzbasierung die Gütekriterien zur Ermittlung qualitativ hochwertiger Diagnostikinstrumente genutzt werden (Tabelle 1). Die Hauptgütekriterien Objektivität, Reliabilität und Validität sowie das Gütekriterium Normierung werden in den meisten Diagnostikmanualen ausführlich berichtet. Dagegen fehlt häufig eine Bewertung der Nebengütekriterien Ökonomie und Nützlichkeit, die jedoch im Sinne der evidenzbasierten Praxis die Praktikabilität sowie Passung zwischen Diagnostikverfahren und individuumspezifischen Bedürfnissen verdeutlichen könnten. Der Prozess der Entscheidungsfindung kann in zweifacher Hinsicht als evidenzbasiert betrachtet werden: sowohl durch die Bezugnahme auf Daten, ermittelt mit qualitativ hochwertige Diagnostikinstrumente, als auch durch die Berücksichtigung effizienter Unterstützungsmaßnahmen. Zugleich fehlen für diesen Prozess Erkenntnisse bzgl. wirksamer organisatorischer Rahmenbedingungen sowie effiziente Entscheidungskriterien für die Auswahl geeigneter Unterstützungsmaßnahmen in Abhängigkeit zu den individuellen Bedürfnissen.

Tabelle 1 - Ausgewählte Gütekriterien zur Bewertung diagnostischer Testverfahren nach Schmidt-Atzert & Amelang (2012)

Gütekriterien	Erläuterung
Objektivität	*Unabhängigkeit der Testergebnisse vom Testleiter*
Durchführungs-objektivität	Standardisierung der Rahmenbedingungen & Testinstruktion
Auswertungs-objektivität	Instruktion zur Bewertung der Testantworten
Interpretations-objektivität	Anleitung zur Bewertung der Ausprägung eines definierten Merkmals
Reliabilität	*Genauigkeit der Messung eines Merkmals durch ein Testverfahren*
Retest-Reliabilität	Wiederholung eines Testverfahrens mit derselben Stichprobe
Paralleltest-Reliabilität	Wiederholung paralleler Testversionen innerhalb kurzer Zeit
Testhalbierungs-Reliabilität	Halbierung des Tests in zwei äquivalente Teile und Vergleich dieser
Interne Konsistenz	Zerlegung des Tests in mehrere Teile entsprechend der Anzahl der Items
Validität	*Angemessenheit des Testverfahrens hinsichtlich des Ziels*
Inhaltsvalidität	Repräsentativität der Items für das zu messende Merkmal
Kriteriums-validität	Zusammenhang zwischen Testergebnis und einem Kriterium, welches relevant für den Test ist
Konstruktvalidität	Zusammenhang zwischen weiteren Items des gleichen Konstrukts und Indikatoren anderer Konstrukte
Normierung	*Vergleich individueller Testergebnisse mit einem Bezugssystem (d.h. einer größeren, repräsentativen Stichprobe)*
Ökonomie	*geringer zeitlicher & kostengünstiger Aufwand durch den Einsatz eines Testverfahrens*
Nützlichkeit	*zuverlässige, valide & ökonomische Erfassung von Merkmalen im Vergleich zu weiteren Testverfahren*

Sowohl die Metaanalyse von Burns, Appleton und Stehouwer (2005) sowie das Review von Hughes und Dexter (2007) bestätigen die Effektivität des RtI-Modells zur Unterstützung von Schülerinnen und Schülern in heterogenen Lerngruppen. Es zeigen sich einerseits positive Effekte auf Schülerebene (Burns et al., 2005, S. 389f.), d.h. positive Leistungsentwicklungen der einzelnen Schülerinnen und Schüler, auch für diejenigen unter Risikobedingungen (Hughes & Dexter, 2007). Andererseits lassen sich auch positive Effekte auf Schulebene durch das RtI-Modell feststellen, d.h. mehr Schülerinnen und Schüler erhalten eine benötigte zusätzliche Unterstützung und gleichzeitig nimmt der Umfang sonderpädagogischer Unterstützung ab (Burns et al., 2005, S. 389f.). Hughes und Dexter (2007) finden nur in wenigen Studien die Bestätigung für eine abnehmende Quote von Schülerinnen und Schülern mit sonderpädagogischem Unterstützungsbedarf, überwiegend zeigt sich keine Veränderung. Die Autoren (ebd.) weisen jedoch daraufhin, dass in vielen Studien keine eindeutige Definition dieser Subgruppe erfolgt.

Zusammenfassend stellt das RtI-Modell ein schulisches Rahmenmodell dar, mit dem die Unterstützung des Lernens in heterogenen Lerngruppen organisiert

werden kann. Für die konkrete Ausgestaltung der Unterstützung auf den verschiedenen Ebenen werden Rahmenbedingungen beschrieben. Es fehlen hingegen spezifische Aspekte für eine lernförderliche Gestaltung der Unterstützungsangebote, welche nachfolgend näher beschrieben werden sollen.

2.2 Komponenten einer lernförderlichen Unterrichtsgestaltung

Für die Gestaltung lernförderlicher Unterrichtsangebote sollten nicht nur evidenzbasierte Maßnahmen und datenbasierte Entscheidungen die Basis sein. Gleichzeitig müssen die Voraussetzungen für erfolgreiches Lernen bzw. die Bedingungen für einen gelingenden Lernprozess berücksichtigt werden. Derartige Aspekte werden u.a. durch Matthes (2009, S. 26) in einem Handlungsmodell zusammengefasst, welches zunächst ausführlich dargestellt wird. Hasselhorn und Gold (2013, S. 70) führen in ihrem Modell eine weitere Voraussetzung für erfolgreiches Lernen an, sodass auch dieses Modell näher beschrieben wird. Der kognitive Prozess der Informationsverarbeitung wird in beiden Modellen aufgeführt. Diese Komponente wird abschließend dargelegt, um deren Bedeutung für den Lernprozess hervorzuheben.

Handlungsmodell nach Matthes (2009)

In dem Handlungsmodell nach Matthes (2009, S. 26) werden Komponenten zusammengefasst, die eine zentrale Bedeutung im Prozess einer Lernhandlung einnehmen. Dabei kann zwischen Komponenten, die die Verarbeitung von Informationen bedingen, und Komponenten, die sich auf Aktivitäten beim Lernen beziehen, unterschieden werden (Abbildung 4).

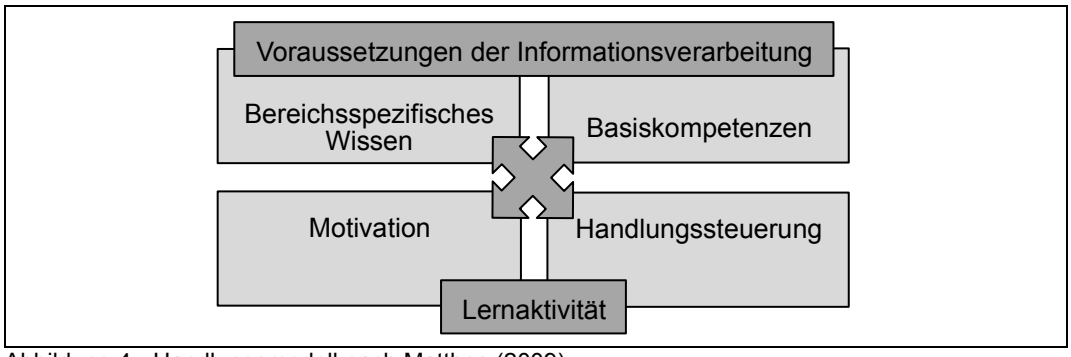


Abbildung 4 - Handlungsmodell nach Matthes (2009)

Als *Voraussetzung der Informationsverarbeitung* gilt einerseits das bereichsspezifische Wissen. Es stellt die Wissensbasis dar, die für das Lernen in den verschiedenen Unterrichtsfächern zur Verfügung steht (Matthes, 2009, S. 27). Andererseits sind Basiskompetenzen eine Voraussetzung der Informationsverarbeitung. Diese umfassen spezifische Fähigkeiten, die die Aufnahme von Informationen in verschiedenen Bereichen, wie bspw. der Sprache oder dem sozialen Verhalten, ermöglichen (ebd.).

Die *Lernaktivität* wird sowohl durch die Motivation als auch durch die Steuerung einer Lernhandlung beeinflusst. Die Motivation für eine Lernhandlung wird durch das Selbstwertgefühl und die Erfolgs- oder Misserfolgserwartungen bestimmt (Matthes, 2009, S. 29). Ferner sind die Emotionen, die bei der Umsetzung und

bei der abschließenden Bewertung einer Lernhandlung entstehen, für die Motivation für weitere Lernsituationen bedeutsam (ebd., S. 30). Die Handlungssteuerung kennzeichnet sich durch metakognitive Strategien, die der Reflexion der Lernhandlung dienen, sowie dem kognitiven Stil, mit dem die Herangehensweise an eine Lernhandlung charakterisiert wird (ebd.). Zudem wird die Handlungssteuerung durch die Kompetenzen im Bereich der Impulskontrolle und der Erregungsregulation beeinflusst (ebd.).

Die Berücksichtigung dieser Komponenten bei der Planung und Umsetzung von Lernprozessen unterstützt Schülerinnen und Schüler im Lernen (Hagen & Hillenbrand, 2012, S. 325). Gleichzeitig bestätigen Lauth, Hammes-Schmitz und Lebens (2014, S. 360), dass diese vier Komponenten zusätzlich zu familiären und schulischen Kontextbedingungen die Schwere von Lernschwierigkeiten bedingen. In einem präventiv ausgerichteten Unterricht mit einer heterogenen Lerngruppe, wie dies im RtI-Modell auf der ersten Stufe vorgesehen ist, in dem diese vier Komponenten berücksichtigt werden, können somit alle Schülerinnen und Schüler trotz der individuell unterschiedlichen Bedürfnisse im Lernen gefördert werden.

INVO-Modell nach Hasselhorn und Gold (2013)

Das Modell der kognitiven und motivational-volitionalen individuellen Voraussetzungen erfolgreichen Lernens (INVO-Modell) nach Hasselhorn und Gold (2013, S. 70) enthält teilweise die gleichen Komponenten wie das Handlungsmodell nach Matthes (2009, S. 26). Diese werden jedoch in Bezug auf den Lernprozess anders angeordnet (Abbildung 5).

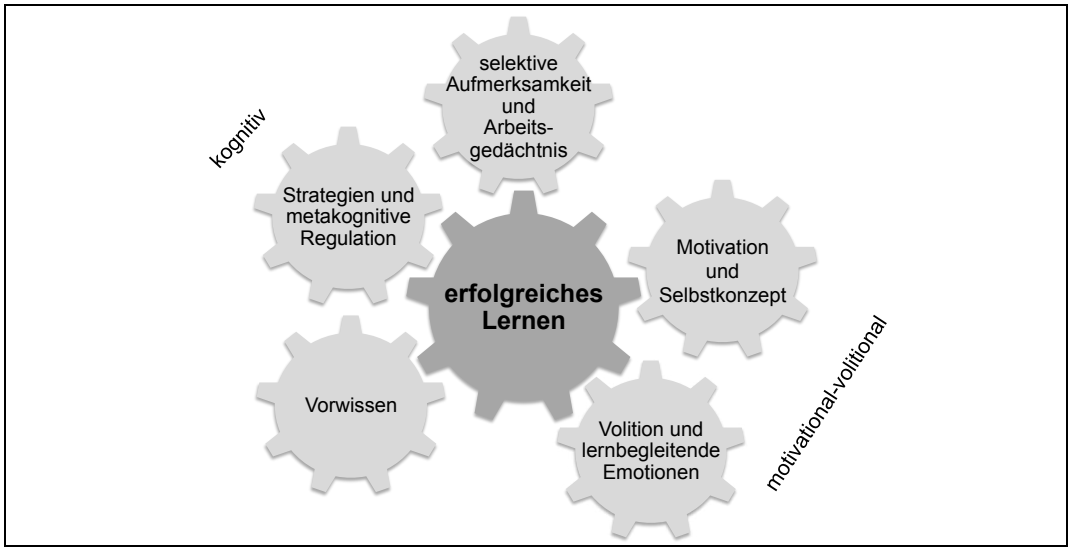


Abbildung 5 - Modell der individuellen Voraussetzungen nach Hasselhorn und Gold (2013)

Als *kognitive* Lernvoraussetzungen gelten das Vorwissen, vergleichbar mit dem bereichsspezifischen Wissen nach Matthes (2009, S. 27), sowie Strategien und die metakognitive Regulation, ähnlich wie die Komponenten der Handlungssteuerung bei Matthes (2009, S. 30). Eine weitere kognitive Voraussetzung ist die selektive Aufmerksamkeit und das Arbeitsgedächtnis. Diese sind sinngemäß zu den Basiskompetenzen nach Matthes (2009, S. 27), wobei dieser Bereich in dem vorliegenden Modell umfangreicher ist. Für einen

erfolgreichen Lernprozess wird nicht nur die Informationsaufnahme als Voraussetzung beschrieben, sondern auch das Arbeitsgedächtnis zur Speicherung und Verarbeitung von Informationen (Hasselhorn & Gold, 2013, S. 74ff.).

Zu den *motivational-volitionalen* Lernvoraussetzungen gehört der Bereich der Motivation und des Selbstkonzepts, vergleichbar mit der Komponente Motivation nach Matthes (2009, S. 29f.). Zusätzlich führen Hasselhorn und Gold (2013, S. 70) die Volition und die lernbegleitenden Emotionen als weitere Lernvoraussetzung an, welche sich nur in Ansätzen in der Komponente Motivation bei Matthes (2009, S. 29f.) wiederfinden lassen. Die Volition ist der Wille, sich mit einer Aufgabe auseinanderzusetzen (Hasselhorn & Gold, 2013, S. 119f.), die sowohl die Initiierung einer Lernhandlung als auch den Prozess des Lernens beeinflusst. Positive, aktivierend negative und desaktivierend negative Emotionen beeinflussen in unterschiedlicher Weise den Lernprozess (ebd., S. 127f.) und stellen somit auch für das erfolgreiche Lernen eine Voraussetzung dar.

Erfolgreiche Verarbeitung von Informationen

Die Theorie der Informationsverarbeitung ist der kognitionspsychologischen Sichtweise innerhalb der verschiedenen Lerntheorien zuzuordnen (Imhof, 2012, S. 55). Lernen wird dabei als ein aktiver, kognitiver Prozess zur Wissensaneignung, -speicherung, -reproduktion sowie -anwendung verstanden (Woolfolk, 2014, S. 276). Der Prozess der Informationsverarbeitung wird durch verschiedene Gedächtnis- bzw. Speichersysteme abgebildet, sodass häufig der Begriff Mehrspeichermodell (Seel, 2003, S. 43; Swanson, Cooney & McNamara, 2008, S. 51; Lohaus & Vierhaus, 2013, S. 30) für diese Theorie synonym verwendet wird.

Das ursprüngliche Modell nach Atkinson und Shiffrin (1968, S. 93) besteht aus drei Gedächtnissystemen: dem sensorischen Register, dem Kurzzeitgedächtnis und dem Langzeitgedächtnis (Abbildung 6). Mittlerweile liegen zu den einzelnen Systemen weitere Erkenntnisse vor, sodass nachfolgend die Gedächtnissysteme näher beschrieben werden.

Abbildung 6 - Modell der Informationsverarbeitung nach Atkinson und Shiffrin (1968)

Das *sensorische Register* wird auch als Ultrakurzzeitgedächtnis (Swanson, Cooney, et al., 2008, S. 52; Gluck, Mercado & Myers, 2012, S. 174) bezeichnet. In diesem Gedächtnissystem werden Informationen, die über die Sinnesorgane wahrgenommen werden, erstmalig verarbeitet und ähneln den physikalischen Reizen (Swanson, Cooney, et al., 2008, S. 52; Woolfolk, 2014, S. 281). Während die Speicherkapazität sehr umfangreich ist (Woolfolk, 2014, S. 281), stehen

diese Information jedoch nur für eine sehr kurze Dauer von durchschnittlich einer bis drei Sekunden (ebd.), max. fünf Sekunden (Swanson, Cooney, et al., 2008, S. 52) zur Verfügung. Für den weiteren Verarbeitungs- bzw. Lernprozess ist dabei von Bedeutung wie die Information wahrgenommen wird und welche Aufmerksamkeit dieser Information zuteil wird. Das Wahrnehmen einer Information bzw. eines Reizes besteht zum einen in dem Erfassen dieser und zum anderen in der Zuschreibung einer Bedeutung für die Information (Woolfolk, 2014, S. 282). Die Wahrnehmung kann durch die Analyse eines Reizes, d.h. durch das Identifizieren von Merkmalen in einem Reiz erfolgen, oder durch Verknüpfen mit Erfahrungen und Wissen, welches im Langzeitgedächtnis gespeichert ist (ebd.). Auch die Aufmerksamkeit ist abhängig von den Inhalten des Langzeitgedächtnisses und zusätzlich von den Informationen, die aktuell im Kurzzeit- bzw. Arbeitsgedächtnis verarbeitet werden (ebd.). Da die Aufmerksamkeitskapazität begrenzt ist, ist eine gezielte Fokussierung auf die Wahrnehmung ausgewählter Informationen notwendig. Diese Fähigkeit wird als selektive Aufmerksamkeit definiert (Hasselhorn & Gold, 2013, S. 72; Woolfolk, 2014, S. 282). Zur Unterstützung des weiteren Verarbeitungsprozesses sollte sowohl auf eine eindeutige Wahrnehmung neuer Informationen als auch auf die notwendige Aufmerksamkeit für die zentralen Informationen geachtet werden.

Das Modell nach Atkinson und Shiffrin (1968, S. 93) führt als zweite Instanz der Informationsverarbeitung das *Kurzzeitgedächtnis* an. Dieses Gedächtnissystem wurde in den letzten Jahren zunehmend erforscht (Hasselhorn, Schuchardt & Mähler, 2010; Grube & Seitz-Stein, 2012) und weiter ausdifferenziert. Die ursprüngliche Charakteristik einer kurzzeitigen Speicherung musste durch weitere umfangreiche Funktionen ergänzt werden, sodass dieses System nun als *Arbeitsgedächtnis* (Swanson, Cooney, et al., 2008, S. 62; Baddeley, 2012, S. 4; Hasselhorn & Gold, 2013; Woolfolk, 2014, S. 285) bezeichnet wird. Mit dieser Bezeichnung werden die Prozesse der Verarbeitung zusätzlich zu der kurzzeitigen Speicherung hervorgehoben, die besonders diese Komponente kennzeichnen (Baddeley, 2003, S. 829; Grube, 2006, S. 13). Nach Baddeley (2000, S. 421) besteht das Arbeitsgedächtnis aus vier Komponenten (Abbildung 7).

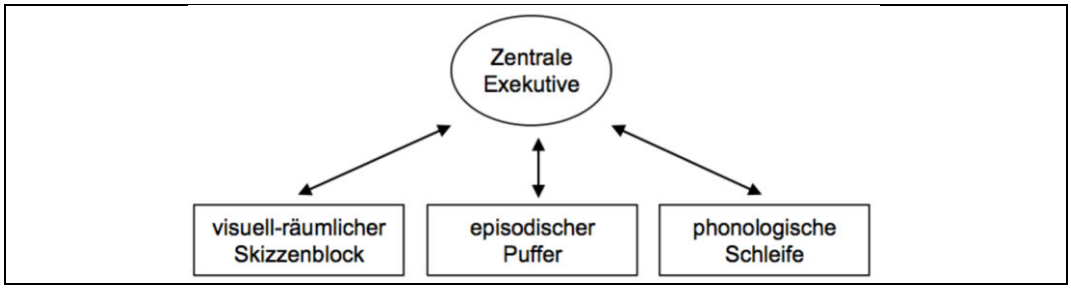


Abbildung 7 - Komponenten des Arbeitsgedächtnis nach Baddeley (2000, 2012)

Die zentrale Exekutive stellt die Hauptkomponente (Baddeley, 2003, S. 835; Andersson, 2008, S. 182) dieses Gedächtnissystems dar und übernimmt folgende Kontrollprozesse bei der Verarbeitung von Informationen:

- gleichzeitige Durchführung von zwei Aufgaben, bspw. Informationsverarbeitung und -speicherung (Baddeley, 1996, S. 14),
- ständiger Wechsel zwischen Abruf und Bearbeitung (ebd., S. 18),
- selektive Aufmerksamkeitsfokussierung und Unterdrücken irrelevanter Informationen (ebd., S. 21)
- Abruf von Informationen aus dem Langzeitgedächtnis (ebd., S. 25).

Eine weitere Subkomponente des Arbeitsgedächtnisses ist die phonologische Schleife, in der die Verarbeitung sprachlicher und akustischer Informationen erfolgt (Hasselhorn & Gold, 2013, S. 78). Auditive Informationen werden im phonologischen bzw. phonetischen Speicher kurzzeitig behalten und durch einen subvokalen Wiederholungsprozess aktualisiert (Baddeley, 2003, S. 830; Swanson, Cooney, et al., 2008, S. 65f.; Hasselhorn & Gold, 2013, S. 79). Die Verarbeitung visueller und räumlicher Informationen findet im visuell-räumlichen Skizzenblock (Swanson, Cooney, et al., 2008, S. 68) bzw. Notizblock (Gluck et al., 2012, S. 179) statt. Auch diese Subkomponente enthält einen Speicher, um derartige Informationen kurzzeitig aufzubewahren, sowie einen inneren Schreibprozess, der ähnlich wie der subvokale Wiederholungsprozess der Aufrechterhaltung der Informationen dient (Baddeley, 2003, S. 834; Hasselhorn & Gold, 2013). Der episodische Puffer dient als Zwischenspeicher sowohl für Informationen aus den übrigen Subsystemen des Arbeitsgedächtnisses als auch für Informationen aus dem Langzeitgedächtnis (Baddeley, 2000, S. 421, 2012, S. 15; Woolfolk, 2014, S. 288). Für einen erfolgreichen Prozess der Informationsverarbeitung sollten vordergründig die Aufgaben der zentralen Exekutive berücksichtigt und unterstützt werden. Zudem sind sowohl die verschiedenen Verarbeitungsmöglichkeiten von Informationen als auch die begrenzte Kapazität der einzelnen Speicherkapazitäten relevant für die Gestaltung von Lernprozessen.

Das *Langzeitgedächtnis* ermöglicht eine unbegrenzte Speicherung von Informationen (Swanson, Cooney, et al., 2008, S. 60; Lohaus & Vierhaus, 2013, S. 32; Woolfolk, 2014, S. 292), sodass diese dauerhaft bereitgehalten werden können. Verschiedene Subsysteme des Langzeitgedächtnisses enthalten dabei unterschiedliche Informationen sowie eine andere Organisation dieser Informationen. Diese Systeme können nicht eindeutig voneinander getrennt werden, sondern lassen sich lediglich durch verschiedene Dimensionen näher kategorisieren.

Die Dimensionen Inhalt und Bewusstheit (Tabelle 2) werden am häufigsten für Beschreibungen der verschiedenen Langzeitgedächtnissysteme genutzt (Gerrig & Zimbardo, 2008, S. 245; Gluck et al., 2012, S. 89; Lohaus & Vierhaus, 2013, S. 32; Woolfolk, 2014, S. 295). Das deklarative und prozedurale Gedächtnis kann neben der inhaltlichen Dimension auch durch die Dimension Repräsentation differenziert werden (Krause & Stark, 2006, S. 40): Informationen des deklarativen Gedächtnisses werden überwiegend in Form von Netzwerken gespeichert (Krause & Stark, 2006, S. 40; Woolfolk, 2014, S. 298), wohingegen Informationen des prozeduralen Gedächtnissystems als „Wenn-Dann-Regeln“ (Krause & Stark, 2006, S. 40) repräsentiert werden.

Tabelle 2 - Dimensionen des Langzeitgedächtnisses

	Gedächtnissystem	Beschreibung
Inhalt	deklaratives Gedächtnis	Inhalte sind durch Sprache oder Visualisierungen kommunizierbar
	episodisches Gedächtnis	individuelle Ereignisse und Erfahrungen verknüpft mit Informationen zu Zeit und Ort
	semantisches Gedächtnis	lexikalisches Wissen, welches bedeutsam für das schulische Lernen ist
	prozedurales Gedächtnis	Wissen über Abläufe, Handlungen, Prozesse
Bewusstheit	explizites Gedächtnis	bewusste Inhalte, die gezielt aktiviert werden können
	implizites Gedächtnis	nicht bewusst verfügbare Informationen, die automatisch aktiviert werden

Die Inhalte des Langzeitgedächtnisses lassen sich zudem bzgl. der Domänenspezifität charakterisieren: In allen Gedächtnissystemen können sowohl allgemeine, themenübergreifende als auch spezifische, tiefgründige Informationen gespeichert werden (Krause & Stark, 2006, S. 39; Woolfolk, 2014, S. 294). Darüber hinaus unterscheidet sich dieses Wissen hinsichtlich der Wissenschaftlichkeit (Krause & Stark, 2006, S. 40). Während das semantische Gedächtnis viele Informationen enthält, die auf wissenschaftlichen Erkenntnissen beruhen, werden in anderen Gedächtnissystemen überwiegend Informationen basierend auf Erfahrungen gespeichert, die folglich sehr subjektiv und abhängig von den individuellen Wahrnehmungen sind.

Um eine bestmögliche Verarbeitung von Informationen zu sichern, ist die Berücksichtigung der Funktionen sowie Kapazitäten der verschiedenen Gedächtnissysteme eine notwendige Bedingung für die Gestaltung von Lernprozessen. Dieser Prozess der Informationsverarbeitung wird durch unterschiedliche Variablen beeinflusst. Nachfolgend wird die Bedeutung des Vorwissens, d.h. bereits vorhandener Informationen im Langzeitgedächtnis, für das Lernen dargestellt.

2.3 Bedeutung des Vorwissens

Nach Dochy und Alexander (1995, S. 227f.) kann das Vorwissen als das gesamte Wissen einer Person definiert werden, dass

- dynamischer Natur ist,
- vor der Bearbeitung einer Lernaufgabe zur Verfügung steht,
- strukturiert ist,
- in unterschiedlichen Formen (z.B. deklarativ, prozedural und konditional) vorliegt,
- sowohl explizit als auch implizit ist und
- konzeptuelle und metakognitive Wissenskomponenten umfasst (ebd., Übers. d. Verf.).

Dieses Vorwissen ist für schulische Lernprozesse bedeutsamer als die Intelligenzleistung, d.h. schulische Leistungen können besser durch bereits vorhandenes Wissen als durch die Intelligenzleistung vorhergesagt werden. Dieses Ergebnis wird sowohl durch Studien aus dem Bereich der

Expertiseforschung als auch durch Lehr-Lern-Untersuchungen bestätigt (Renkl, 2008, S. 134). W. Schneider, Körkel & Weinert (1989, S. 311) zeigen in einer Studie mit einem Vergleich von Fußballexperten und Fußballnovizen, dass nicht die allgemeine Intelligenzleistung der beste Prädiktor für das Textverständnis und den späteren Abruf fußballspezifischer Informationen ist, sondern das bereits vorhandene Wissen in diesem Themenbereich. Dieser Befund wird auch in der Längsschnittuntersuchung der SCHOLASTIK-Studie bestätigt: Während die Mathematikleistungen in der zweiten Jahrgangsstufe in einem annähernd gleichen Zusammenhang zu der Intelligenz und den mathematikspezifischen Vorkenntnissen stehen, nimmt der Zusammenhang zu der Intelligenzleistung bis zur vierten Jahrgangsstufe stetig ab (Helmke, 1997, S. 211). Demgegenüber steigt der Zusammenhang zum Vorwissen in der dritten und vierten Klasse und ist dann fast doppelt so hoch wie die Intelligenzleistung (ebd.).

Die Forschungsergebnisse der Expertise-Untersuchungen ermöglichen Rückschlüsse auf die Merkmale des Vorwissens von Experten (Bransford, Brown & Cocking, 2000, S. 31, Übers. d. Verf.):

- Experten nehmen Merkmale und bedeutsame Informationen wahr, die von Novizen nicht bemerkt werden.
- Experten haben domänenspezifisches Wissen in einem großen Umfang erworben, welches derart organisiert ist, dass ein tiefes Verständnis zum Ausdruck kommt.
- Expertenwissen ist nicht eine Menge isolierter Fakten oder Aussagen, sondern spiegelt den Anwendungskontext, d.h. die Zusammenhänge des Wissens in bestimmten Bedingungen, wider.
- Experten sind in der Lage, wichtige Informationen ihres Wissens flexibel und mit geringem Aufmerksamkeitsaufwand abzurufen.
- Obwohl Experten ein vollständiges Wissen in ihrer Disziplin haben, gewährleistet dies nicht, dass sie dieses Wissen an andere weitergeben können.
- Experten besitzen verschiedene, flexibel einsetzbare Herangehensweisen an neue Situationen.

Da derartiges Wissen förderlich für weitere Lernprozesse ist, sollte der Aufbau von expertenartigem Wissen Ziel eines lernförderlichen Unterrichts sein.

2.4 Zusammenfassung

Für die Realisierung eines inklusiven Schulsystems stellt das RtI-Modell einen geeigneten Handlungsrahmen dar. In diesem Modell werden sowohl auf eine frühzeitige Identifizierung von Lernschwierigkeiten bei Schülerinnen und Schülern wie auch auf verschiedene Unterstützungsmöglichkeiten, von unterrichtsintegrierten bis zu stark individualisierten Maßnahmen, hingewiesen. Sämtliche Unterstützungsmaßnahmen müssen dabei Komponenten berücksichtigen, die einen erfolgreichen Lernprozess beeinflussen: Dies sind zum einen Einflussvariablen der kognitiven Informationsverarbeitung als auch Aspekte der motivational-volitionalen Einstellung gegenüber der Lernaktivität. Empirische Studien belegen, dass dem Vorwissen als lernförderliche Komponente eine zentrale Rolle zukommt. Das bereits vorhandene Wissen beeinflusst die Qualität weiterer Lernprozesse und folglich den weiteren Wissenszuwachs.

3 Lernen im Mathematikunterricht der Primarstufe

Die modellhafte Darstellung der Entwicklung von mathematischen Kompetenzen bildet eine Grundlage, um mögliche Schwierigkeiten in diesem Fähigkeitsbereich aufdecken zu können. Kenntnisse über Schwierigkeiten in dieser Entwicklung ermöglichen die Entwicklung möglicher Interventionsmaßnahmen sowie die Konzipierung von Präventionsstrategien. Aus diesem Grund werden eingangs verschiedene Modelle der mathematischen Entwicklung dargestellt (Kapitel 3.1). Hierbei wird eine Unterscheidung hinsichtlich der Entwicklung mathematischer Vorläuferfertigkeiten und der Entwicklung schulischer Fertigkeiten vorgenommen sowie die Bedeutung des Arbeitsgedächtnisses in diesen Entwicklungsprozessen herausgestellt. Nachfolgend werden Schwierigkeiten in der mathematischen Entwicklung detailliert dargelegt und diagnostische Verfahren zur Feststellung dieser aufgelistet (Kapitel 3.2). Die Vorstellung verschiedener Maßnahmen zur Unterstützung der mathematischen Entwicklung bildet den Abschluss dieses Kapitels (Kapitel 3.3).

3.1 Modelle des mathematischen Lernens

Bis dato liegt kein einheitliches Modell zur Beschreibung der Entwicklung mathematischer Kompetenzen vor, welches international anerkannt ist (Landerl & Kaufmann, 2008, S. 86; Ufer, Reiss & Heinze, 2009, S. 65). In der aktuellen Forschung werden überwiegend Prädiktoren untersucht, die mathematische Kompetenzen in den verschiedenen Jahrgangsstufen bestmöglich aufklären (Krajewski & Schneider, 2006; Duncan et al., 2007; Dornheim, 2008; Siegler et al., 2012; Claessens & Engel, 2013; Watts et al., 2014). Indes würde ein solch einheitliches Modell einen Einblick in die jeweiligen Fähigkeiten und deren Aufbau bieten, sodass die Entwicklung nachvollzogen und folglich initiiert, unterstützt sowie gefördert werden kann. Aufbauend auf dieser diagnostischen Einschätzung kann die Entwicklung der mathematischen Kompetenzen durch passende Lernangebote begleitet werden.

Im Folgenden werden drei Modelle von deutschsprachigen Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern vorgestellt (Kapitel 3.1.1), die den Aufbau mathematischer Vorläuferfertigkeiten fokussieren. Anschließend werden zwei Modelle dargestellt (Kapitel 3.1.2), in denen der Erwerb mathematischer Kompetenzen bzw. die Verarbeitung von Zahlen mit Bedeutung für das schulische Lernen beschrieben wird. Abschließend wird die Bedeutung des Arbeits- und des Langzeitgedächtnisses für die Entwicklung mathematischer Kompetenzen dargestellt (Kapitel 3.1.3).

Die Auswahl der Modelle erfolgt entsprechend der Zielstellung der Arbeit, sodass lediglich theoretische Modelle mit einer Bedeutung für den Bereich der Grundschule beschrieben werden. Zudem werden ausschließlich Modelle berücksichtigt, die eine zeitliche Entwicklung der mathematischen Kompetenzen vom Elementarbereich über die vier Jahrgangsstufe des Primarbereichs veranschaulichen.

3.1.1 Entwicklung früher mathematischer Vorläuferfertigkeiten

Vorläuferfertigkeiten im Allgemeinen sind überprüfbare Kenntnisse, die für die Entwicklung von weiteren Fähigkeiten eine Voraussetzung darstellen (Ennemoser, Krajewski und Schmidt, 2011, S. 229; Ennemoser, Sinner & Krajewski, 2015, S. 55; Werner, 2009, S. 110). Derartige Vorläuferfertigkeiten stellen eine zentrale Voraussetzung für das Lernen weiterer mathematischer Kompetenzen dar. In entsprechenden Forschungen werden Belege für die kausale Beziehung zwischen mathematischen Vorläuferfertigkeiten und der schulischen Mathematikleistung aufgezeigt (Krajewski & Schneider, 2006, S. 247). Die nachfolgenden Modelle bilden frühe mathematische Vorläuferfertigkeiten ab, d.h. Fähigkeiten die überwiegend vor Schuleintritt erworben werden (Ennemoser et al., 2015, S. 44).

Eingangs wird das Modell nach Krajewski, Renner, Nieding und Schneider (2007) vorgestellt, in dem auf drei Ebenen der Aufbau mathematischer Vorläuferfertigkeiten beschrieben wird. Anschließend wird das Modell von Fritz und Ricken (2008) näher erläutert, welches die Entwicklung auf fünf Ebenen abbildet. Zum Abschluss wird das Modell von Clausen-Suhr (2009a) beschrieben, welches dem Modell nach Krajewski, Renner et al. (2007) ähnelt, jedoch auf den einzelnen Ebenen einige Aspekte anders anordnet. Alle drei Modelle beziehen sich auf die theoretischen Grundlagen nach Fuson (1988) sowie Resnick (1989), wobei die Entwicklung jeweils geringfügig anders visualisiert wird. Die Modelle nach Krajewski et al. (2007) sowie Fritz und Ricken (2009) sind durch längsschnittliche Forschungsergebnisse bestätigt. Das Modell nach Clausen-Suhr (2009a) stellt die Grundlage für ein Förderprogramm dar, welches positiv evaluiert ist. Aufgrund dieser vorhandenen Forschungsergebnisse werden alle drei Modelle gleichwertig dargestellt. Am Ende des Kapitels wird die Bedeutung dieser Modelle für die Entwicklung mathematischer Fähigkeiten in der Schule herausgearbeitet.

3-Ebenen-Entwicklungsmodell der Zahl-Größen-Verknüpfung nach Krajewski et al. (2007)

Das Entwicklungsmodell der Zahl-Größen-Verknüpfung nach Krajewski et al. (2007) umfasst drei Kompetenzebenen, in denen die Entwicklung von den ersten mathematischen Basiskompetenzen bis hin zu einem tieferen Zahlverständnis beschrieben wird (Abbildung 8).

Die erste *Ebene der Basisfertigkeiten* umfasst zwei Teilbereiche, einerseits die Unterscheidung von Mengen und andererseits das Benennen von Zahlwörtern sowie die „exakte Zahlenfolge“ (W. Schneider, Küspert & Krajewski, 2013, S. 25). In der Fertigkeit der Mengenunterscheidung wird die Forschungserkenntnis aufgegriffen, dass Neugeborene und Babys bereits in der Lage sind, die Anzahl von ein bis vier Elementen zu unterscheiden (Landerl & Kaufmann, 2008, S. 56). Es handelt sich hierbei um eine pränumerische Kompetenz, da in diesem Entwicklungsalter noch kein direkter Bezug zu den konkreten Zahlmengen hergestellt wird (W. Schneider et al., 2013, S. 26). Das Lernen der Zahlwörter sowie der Zählprozedur ist ein Teil der sprachlichen Entwicklung ab dem zweiten Lebensjahr (ebd.), bei dem jedoch noch keine Verknüpfung mit dem Kardinalaspekt einer Zahl erfolgt, d.h. die Menge einer konkreten Zahl wird noch

nicht erfasst (ebd.). Auf dieser Ebene gelingt dennoch die Umsetzung einiger zentraler Prinzipien des Zählens, wie sie Gelmann und Gallistel (1978, S. 73–82) beschrieben haben. Sowohl das Prinzip der Eins-zu-Eins-Zuordnung, d.h. jedem Objekt wird genau ein Zahlwort zugeordnet (Landerl & Kaufmann, 2008, S. 63), als auch das Prinzip der stabilen Abfolge, die sprachlich richtige Abfolge der Zahlwörter (ebd.), werden beim Zählen von Objekten beachtet. Teilweise erfolgt bereits die Berücksichtigung des Prinzips der Irrelevanz der Abfolge sowie des Prinzips der Irrelevanz des Zählinhalts (Landerl & Kaufmann, 2008, S. 88). Es erfolgt somit ein flexibler Umgang mit der Abfolge der Zählwörter, sodass das Zählen bei verschiedenen Zahlen beginnen und auch rückwärts erfolgen kann. Darüber hinaus wird erkannt, dass jegliche Gegenstände der Umwelt gezählt werden können.

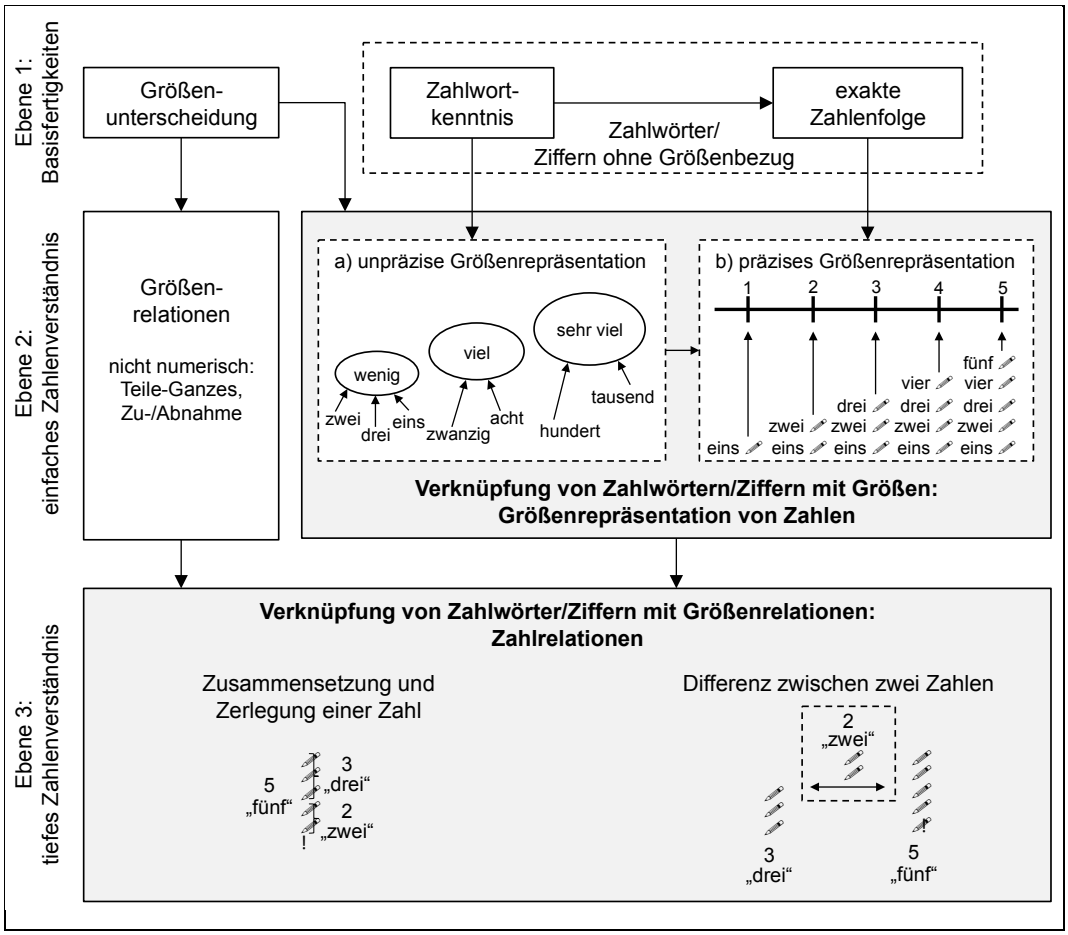


Abbildung 8 - Entwicklungsmodell der Zahl-Größen-Verknüpfung nach Krajewski (2014)

Auf der zweiten Ebene wird ein *einfaches Zahlverständnis* erreicht, indem die beiden ersten Basiskompetenzen, d.h. das Wissen um die Zahlen und Zahlenfolge sowie die Unterscheidung von Mengen, verbunden werden. Diese Entwicklung erfolgt ab dem dritten Lebensjahr und vollzieht sich in zwei Schritten (W. Schneider et al., 2013, S. 27). Zunächst wird ein unpräzises Konzept von Mengenrepräsentationen ausgebaut, d.h. es erfolgt eine Zuordnung von Mengen zu den unspezifischen Kategorien „wenig“, „viel“ und „sehr viel“ (ebd.). Im zweiten Schritt erfolgt eine Präzisierung des Konzepts derart, dass Zahlen zu

konkreten Mengen geordnet werden können. Demzufolge gelingt die Einsicht in das Kardinalitätsprinzip der Zahlwortreihe: Das letzte Wort der Zahlwortreihe wird mit der Menge der gezählten Elemente gleichgesetzt (Landerl & Kaufmann, 2008, S. 63). Somit wird eine genaue Feststellung der Größenunterschiede zwischen zwei benachbarten Zahlen möglich. Neben der Weiterentwicklung des Anzahlkonzeptes erfolgt auf der Ebene 2 auch die Weiterentwicklung des Mengenverständnisses ohne Bezug zu konkreten Zahlen (W. Schneider et al., 2013, S. 29). Basierend auf den Erfahrungen zur Mengenunterscheidung auf der ersten Ebene wird einerseits die Invarianz von Mengen verstanden, sodass gleiche Mengen unabhängig von der physikalischen Ausdehnung als gleich bewertet werden. Dies schließt mit ein, dass eine Veränderung von Mengen nur dann erfolgt, wenn der Menge etwas hinzugefügt oder entfernt wird. Andererseits entwickelt sich auf der zweiten Ebene das Verständnis, dass Mengen in mehrere Teile zerlegbar sind und durch Zusammenfassung der Teile die Ausgangsmenge wiederhergestellt werden kann. Die Relationen zwischen den Mengenteilen sowie die Mengenveränderung können auf dieser Ebene noch nicht mit konkreten Zahlen ausgedrückt werden.

Die dritte Ebene, die ab dem vierten bis sechsten Lebensjahr erreicht wird, führt zu einem *tiefen Zahlenverständnis* (W. Schneider et al., 2013, S. 30). Auf dieser Ebene erfolgt die Verknüpfung des präzisen Konzepts der Mengenrepräsentationen mit dem Mengenverständnis. Folglich wird die Fähigkeit erreicht, dass eine konkrete Menge in zwei konkret benennbare Teilmengen zerlegt werden kann, d.h. die Zerlegung von größeren Zahlen in kleinere Zahlen und deren Zusammenführung (ebd.). Ebenso erfolgt auf der dritten Ebene die Einsicht, dass der Unterschied zwischen zwei Zahlen eine andere Zahl ist, sodass der Mengenunterschied durch eine konkrete Zahl dargestellt werden kann. Diese Kompetenzen der Ebene 3 stellen eine wichtige Voraussetzung für das Rechnen dar.

Die Gültigkeit des Modells wird von W. Schneider et al. (2013, S. 25) für den Entwicklungsbereich von der Geburt bis zum Grundschulalter konstatiert. Die Mengenunterscheidung der Ebene 1 wird dabei bereits Säuglingen zugeordnet (W. Schneider et al., 2013, S. 26). Offen bleibt, welchen Einfluss diese frühe pränumerische Mengenunterscheidung auf die mathematische Kompetenzentwicklung im Elementarbereich und in der Primarstufe nimmt und inwiefern eine Förderung dieser Basisfertigkeit möglich ist. Dem Grundschulalter wird vor allem die Ebene 3, das Verknüpfen von Mengen und Teilmengen mit präzisen Anzahlen, zugeordnet (ebd., S. 31). Jedoch bildet diese Kompetenz nur einen sehr kleinen Bereich der Kompetenzen ab, die entsprechend der Bildungsstandards in der Primarstufe (KMK, 2005a, S. 7f.) erreicht werden sollen. In dem Modell wird somit durch die Ebene 3 eine Vorläuferfertigkeit beschrieben, die für den Erwerb weiterer mathematischer Fähigkeiten in der Grundschule relevant ist. Für diese Entwicklungsphase erfolgt allerdings keine Abbildung der weiteren Entwicklung der mathematischen Fähigkeiten.

Dieses Entwicklungsmodell konnte bereits durch längsschnittliche Forschungsergebnisse bestätigt werden (W. Schneider et al., 2013, S. 24). Zudem ist dieses Modell die Grundlage für das Trainingsprogramm „Mengen, zählen, Zahlen“ (Krajewski, Nieding & Schneider, 2007) für den vorschulischen

und schulischen Einsatz. Außerdem stellt das Entwicklungsmodell die Grundlage für zwei Diagnostikinstrumente, MBK-0 sowie MBK-1 (Sinner, Ennemoser & Krajewski, 2011, S. 115–120), zur Erfassung der mathematischen Basiskompetenzen für die Vorschule sowie für das erste Grundschuljahr dar.

5-Stufen-Modell der mathematischen Kompetenzentwicklung nach Fritz und Ricken (2008)

Das Modell der mathematischen Kompetenzentwicklung nach Fritz und Ricken (2008) stellt die Entwicklung mathematischer Vorläuferfertigkeiten in fünf Stufen dar. Ähnlich wie in dem Modell von Krajewski et al. (2007) werden auf der *ersten Stufe* zwei Basiskompetenzen beschrieben, welche die Grundlage für die weitere mathematische Entwicklung bilden: Dies ist einerseits die Kompetenz, Mengen vergleichen zu können, wobei dies ohne Verbindung zu konkreten Zahlen, sondern unspezifisch mit Bewertungen wie „wenig“ oder „mehr“ erfolgt. Es wird ebenfalls die Erkenntnis aufgegriffen, dass bereits Säuglinge kleine Mengen unterscheiden können (Fritz, Ricken & Gerlach, 2009, S. 7). Die Fähigkeit des Mengenvergleichs haben Kinder auf dieser Ebene erfolgreich erlangt, wenn sie aus zwei Mengen durch einen „1-zu-1-Vergleich“ (Fritz et al., 2009, S. 8), d.h. jedem Objekt der einen Menge wird ein Objekt der zweiten Menge zugeordnet, die kleinere bzw. größere Menge ermitteln können. Andererseits wird auf der ersten Stufe die Kompetenz entwickelt, die Zahlwörter zu benennen und in der entsprechenden Abfolge, die sogenannte Fähigkeit zur Seriation (Fritz et al., 2009, S. 7), aufzusagen.

Auf der *zweiten Stufe* erfolgt die Weiterentwicklung der Seriationskompetenz, sodass die Zählprozedur durch die Zuordnung einer Zahl zu einem Objekt gelingt. Durch die Festigung der Zahlwortreihe wird zudem die Einsicht erlangt, dass jeder Zahl eine weitere Zahl folgt und dass der nachfolgenden mehr Objekte zugeordnet werden. Einige Kinder erwerben bereits frühzeitig die Kompetenz, die Zahlwortreihe rückwärts aufzusagen und gelangen dadurch zu einem flexibleren Umgang mit den Zahlwörtern. Diese Kompetenz ist auch dieser zweiten Stufe zuzuordnen. Ein direktes Mengenverständnis für den Vergleich von Mengen ist auf dieser Stufe noch nicht vorhanden. Ein Vergleich von Mengen wird jedoch erfolgreich durch die Ermittlung der jeweiligen Positionen der Zahlen in der Zahlwortreihe vorgenommen. Auf der zweiten Stufe erfolgt ebenfalls die Weiterentwicklung der Kompetenz, Mengen vergleichen zu können, indem das „Schema des Vermehrens und Verminderns“ (Fritz et al., 2009, S. 9) verstanden wird: Die Veränderung einer Menge kann durch das Hinzufügen oder Wegnehmen von Objekten nachvollzogen werden. Durch die Erweiterung der Zählprozedur sowie die Erweiterung des Mengenverständnisses sind Kinder auf dieser Ebene in der Lage, kleine Rechenaufgaben durch das Weiterzählen in der Zahlwortreihe bzw. durch das Abzählen übriger Objekte zu lösen.

Die *Stufe 3* ist durch das Erreichen des mathematischen Verständnisses gekennzeichnet, dass Zahlen die *„Anzahl der in ihnen enthaltenen Objekte“* (Fritz et al., 2009, S. 10, Herv. im Orig.) repräsentieren. Mit dem Verständnis für das Kardinalitätsprinzip der Zahlwortreihe wird das Beginnen einer Zählprozedur bei der Zahl 1 durch das Weiterzählen von einer beliebigen Stelle der Zahlwortreihe ersetzt. Darüber hinaus wird mit der Einsicht in das Kardinalitätsprinzip verstanden, dass das letzte Zahlwort die zuvor gezählten Zahlworte enthält.

Dadurch ist es möglich, den Vorgänger und Nachfolger einer Zahl ohne vorheriges Abzählen zu benennen.

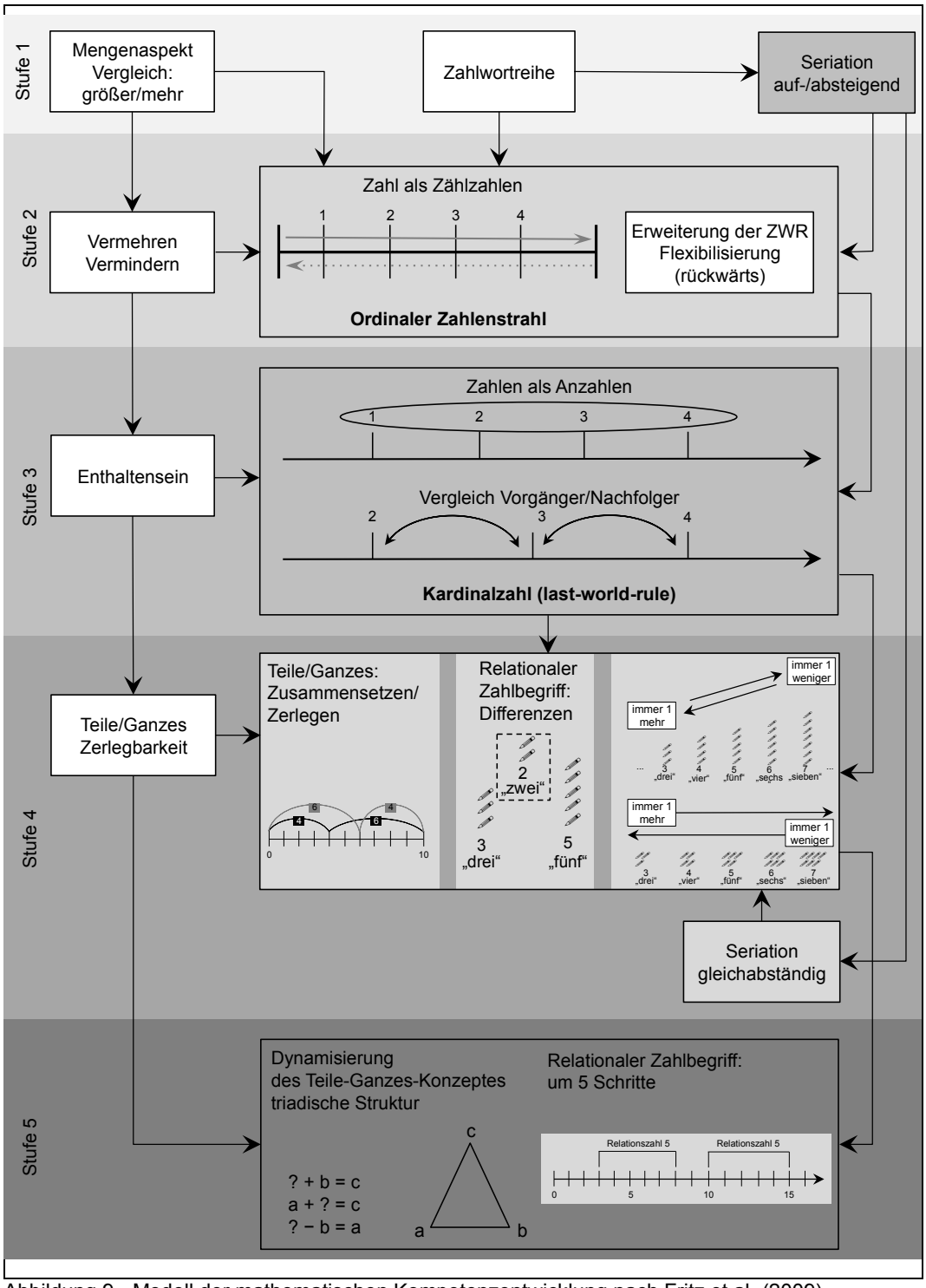


Abbildung 9 - Modell der mathematischen Kompetenzentwicklung nach Fritz et al. (2009)

Die zuvor erworbenen Kompetenzen im Bereich des Mengenverständnisses sowie der Zahlwortreihe ermöglichen auf der *vierten Stufe* das Verständnis für das „Teile-Ganzes-Konzept“ (Fritz et al., 2009, S. 11). Sowohl Zahlen als auch Mengen können dann in andere Zahlen bzw. Teilmengen zerlegt und wieder

zusammengeführt werden. Zudem erfolgt eine Erweiterung der Fähigkeiten der Zahlwortreihe dahingehend, dass der Unterschied zwischen zwei benachbarten Zahlen immer 1 beträgt und die Zahlwortreihe somit stets um die Menge 1 ansteigt. Gleichzeitig erfolgt auf der vierten Stufe ein anfängliches Verständnis für Relationen: Eine beliebige Zahl entspricht nicht mehr nur einem beliebigen Glied in der Zahlwortreihe (Ordinalzahl) und einer konkreten Menge (Kardinalzahl), sondern auch der Unterschied zwischen zwei Zahlen kann durch eine konkrete Zahl benannt werden (Relationszahl).

Die *Stufe 5* ist durch die Flexibilisierung und Vertiefung der Fähigkeiten der vierten Ebene gekennzeichnet. Das Mengenverständnis entwickelt sich weiter, sodass Mengen ohne eine Veränderung der Ausgangmenge in unterschiedliche Teilmengen zerlegt werden können. Dies stellt eine wichtige Voraussetzung für das Bearbeiten von Additions- und Subtraktionsaufgaben mit geeigneten Lösungsstrategien dar (Fritz et al., 2009, S. 12f.). Die Zahlwortreihe sowie das Anzahlkonzept werden auf dieser Stufe derart verinnerlicht, dass das Weiterzählen von einer beliebigen Startzahl um eine beliebige Zahl erfolgen kann. Die Weiterentwicklung des relationalen Verständnisses von Zahlen (ebd., S. 14) erfolgt durch die Festigung des Teil-Ganze-Konzepts, sodass eine Teilmenge ausgehend von einer Gesamtmenge und von den Beziehungen der Teilmengen ermittelt werden kann.

Das Modell nach Fritz und Ricken (2008) berücksichtigt auch wie das Modell nach Krajewski et al. (2007) die pränumerischen Kompetenzen von Säuglingen, wobei die Bedeutung dieser Kompetenzen für die weitere mathematische Entwicklung nicht eindeutig geklärt ist. Gleichzeitig bildet dieses Modell auch nur die anfänglichen Kompetenzen, die eingangs in der Primarstufe erreicht werden sollten, ab. Dennoch ist diese Veranschaulichung der Entwicklung der frühen mathematischen Fähigkeiten in den verschiedenen Ebenen ausführlicher als das zuvor dargestellte Modell. Dies erleichtert die Identifizierung von möglichen Schwierigkeiten in dem Entwicklungsprozess. Auch das Modell von Fritz und Ricken (2008) ist empirisch bestätigt (Fritz et al., 2009, S. 7). Es bildet die Grundlage für die zwei Trainingsprogramme, „Kalkulie“ (Fritz et al., 2009) und „Marko-T“ (Gerlach, Fritz & Leutner, 2013) sowie für zwei Diagnostikinstrumente, einerseits das Diagnoseprogramm „Kalkulie“ (Fritz et al., 2009) und andererseits das Instrument „Marko-D“ (Ricken, Fritz & Balzer, 2013).

3-Ebenen-Entwicklungsmodell der Zahlverarbeitung nach Clausen-Suhr (2009a)

Das Entwicklungsmodell der Zahlvorstellung nach Clausen-Suhr (2009a) beschreibt ebenfalls die Entwicklung der mathematischen Vorläuferfertigkeiten ab dem Säuglingsalter. In drei Schritten wird die Entwicklung bis hin zu einem vollständigen Zahlkonzept nachvollzogen (Abbildung 10).

Der erste Schritt, die Entwicklung von *Basisfertigkeiten*, beinhaltet zwei Aspekte: Einerseits gelingt die Wahrnehmung von Mengenunterschieden, sodass Mengen mit „viel“ oder „wenig“ bewertet werden können. Andererseits erfolgt mit der Entwicklung von sprachlichen Kompetenzen auch die Entwicklung der Zählfertigkeit (Clausen-Suhr, 2009a, S. 14). Die Zahlwortreihe wird in dieser Entwicklungsphase wie ein „erlerntes Gedicht“ (Clausen-Suhr, 2009a, S. 14) aufgesagt und noch nicht mit dem Wissen über Mengen verknüpft.

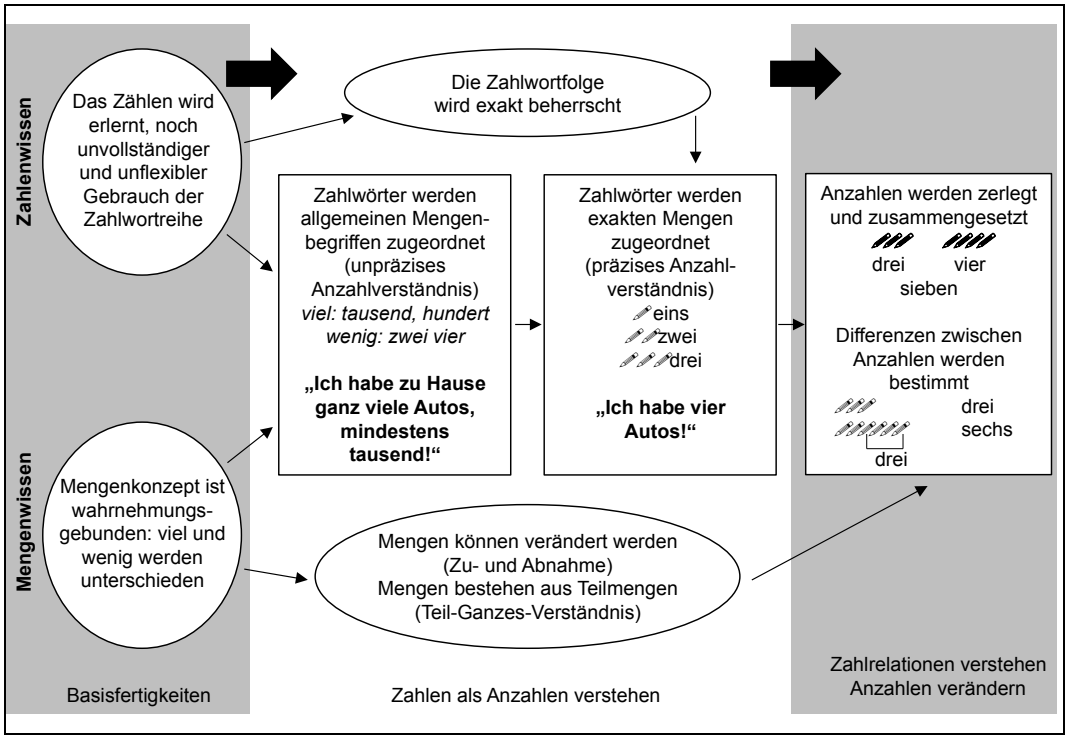


Abbildung 10 - Entwicklungsmodell der Zahlverarbeitung nach Clausen-Suhr (2009a)

Im zweiten Schritt zur Entwicklung einer Zahlvorstellung wird das Verständnis erlangt, dass *Anzahlen durch Zahlen* ausgedrückt werden können. Dabei erfolgt zunächst der Aufbau eines unpräzisen Anzahlverständnisses. Verschieden große Mengen können auf dieser Ebene mit „viel“ oder „wenig“ eingeschätzt, aber auch mit „mehr als“ oder „weniger als“ verglichen werden. In unpräziser Form erfolgt auf dieser Ebene die Beschreibung von Mengenveränderungen durch Begriffe wie „mehr als vorher“ oder „weniger als vorher“ (Clausen-Suhr, 2009a, S. 14). Ebenfalls besteht ein auf dieser Ebenen noch ein unspezifisches Verständnis für die Zerlegung und Zusammensetzung von ganzen Mengen in Teilmengen. Diese Prozedur kann zwar beschrieben werden, jedoch nicht mit konkreten Anzahlen. Wird die Zählprozedur sicher umgesetzt, so ist die Entwicklung des präzisen Anzahlkonzeptes möglich. Dabei werden den jeweiligen Zahlen die entsprechenden Mengen zugordnet, indem das Kardinalitätsprinzip der Zahlwortreihe berücksichtigt wird. In der Anwendung dieser Fähigkeiten wird die Erfahrung gemacht, dass die Dauer des Abzählens für größere Zahlen zunimmt und folglich ein längerer Zählvorgang für eine größere Zählmenge steht.

Im dritten Schritt erfolgt die Einsicht, dass Teil-Ganze-Beziehungen durch *Zahlenrelationen* ausgedrückt und *Anzahlen* verändert werden können. Die vorherige unspezifische Zerlegung von Mengen in Teilmengen kann auf dieser Ebene mit konkreten Anzahlen beschrieben werden. Ebenfalls können Beziehungen zwischen Zahlen durch Zahlen ausgedrückt werden.

Dieses Modell nach Clausen-Suhr (2009a) unterscheidet sich in nur wenigen Details und in keinen inhaltlichen Fakten von dem Modell nach Krajewski, Renner et al. (2007). Es ist im Vergleich zu den vorherigen Modellen weniger spezifisch und detailliert. Hervorzuheben ist in diesem Modell jedoch der stärkere

Bezug zu den notwendigen oder erreichten sprachlichen Fähigkeiten. Das vorschulische Förderprogramm „Mit Baldur ordnen, zählen, messen“ (Clausen-Suhr, 2009b) basiert auf diesem Modell und konnte bereits mit positiven Effekten evaluiert werden (Clausen-Suhr, 2011).

Bedeutung dieser Modelle für die schulische Entwicklung

Alle abgebildeten Modelle, die vordergründig die vorschulische Entwicklung sowie die frühen mathematischen Vorläuferfertigkeiten fokussieren, stellen eine geeignete Grundlage für Modelle dar, in denen das Mathematiklernen in der Schule fokussiert wird. Gleichzeitig besitzen diese Modelle auch eine Bedeutung für die Entwicklung mathematischer Kompetenzen in der Primar- und Sekundarstufe.

Die abgebildeten Vorläuferfertigkeiten gelten als spezifische Prädiktoren für die mathematischen Leistungen in der Grundschulzeit. Sowohl die Kompetenzen der Ebene I, die Basiskompetenzen, als auch die der Ebene II, das einfache Zahlenverständnis, aus dem Modell nach Krajewski, Renner, et al. (2007) gelten als signifikante Prädiktoren (Krajewski & Schneider, 2006, S. 256). Diese vorschulischen Kompetenzen stellt das Vorwissen für weitere mathematische Lernprozesse dar und ist folglich sehr bedeutsam (Kapitel 2.3). Diese Prädiktoren bzw. dieses spezifische Vorwissen beeinflussen die Leistungen in der ersten Grundschulklasse sowie die Mathematikleistungen am Ende der Grundschulzeit (Krajewski & Schneider, 2006, S. 258).

Eine weitere Bedeutung dieser Modelle zeigt sich in der Forschung von mathematischen Basiskompetenzen mit Sekundarschülern. Für die Erschließung eines neuen Zahlenraumes, wie in den Entwicklungsmodellen veranschaulicht, werden ähnliche Entwicklungsschritte vollzogen (Krajewski & Ennemoser, 2010, S. 366). Ennemoser und Kollegen (2011, S. 237) zeigen, dass sich die Mengen-Zahlen-Kompetenz noch in der Sekundarstufe von der fünften bis zur neunten Klasse unabhängig von der Schulform weiterentwickelt. Zudem verdeutlichen diese Studienergebnisse, dass die Mengen-Zahlen-Kompetenz die Mathematikleistung in der neunten Klasse am meisten vorhersagt (Ennemoser et al., 2011, S. 239).

3.1.2 Entwicklung schulischer Mathematikfertigkeiten

Im Gegensatz zum schriftsprachlichen Bereich, in dem sowohl Modelle für die Entwicklung der Lesekompetenz als auch Modelle für die Rechtschreibentwicklung vorliegen (Klicpera, Schabmann, Gasteiger-Klicpera, 2013), können im mathematischen Bereich keine fundierten Aussagen für die Entwicklung in verschiedenen Fähigkeitsbereichen getroffen werden. Aktuell gewinnen die zuvor dargestellten Modelle, die ursprünglich nur die vorschulische Entwicklung fokussierten, eine stärkere Bedeutung für die schulische Entwicklung: Derartige Prozesse werden auch in der Primar- sowie Sekundarstufe vollzogen (Ennemoser et al., 2011, S. 240). Dennoch lassen sich die umfangreichen Fertigkeiten, die in der Primar- und Sekundarstufe erworben werden, wie u.a. die Grundrechenarten, das Stellenwertsystem, das Bruchrechnen, nicht annähernd mit diesen Modellen abbilden.

Um diese Entwicklung nachvollziehen zu können, werden im Folgenden zwei Modelle mit Fokus auf die schulische Entwicklung vorgestellt. Zum einen wird das Kompetenzstrukturmodell nach Reiss (2004) beschrieben, welches auf mathematikdidaktischen Grundlagen basiert. Zum anderen wird das Modell der Entwicklung der Zahlverarbeitung nach Aster et al. (2005) vorgestellt, welches auf neuropsychologischen Grundlagen aufbaut.

Modell nach Reiss (2004)

Das Kompetenzstrukturmodell nach Reiss (2004, S. 645f.) entspricht einem Strukturgitter (Abbildung 11), in dem sowohl die Entwicklung der Kompetenzen während der Grundschulzeit als auch eine Stufung der einzelnen mathematischen Kompetenzen berücksichtigt wird. Übrige Kompetenzstrukturmodelle für den Grundschulbereich, wie u.a. in der IGLU-Studie (Walther, Geiser, Langeheine & Lobemeier, 2004, S. 122) beschrieben, stellen die Entwicklung der Kompetenzen in keiner zeitlichen Abfolge dar. Reiss (2004, S. 645f.) kritisiert dieses Vorgehen, da der Verlauf der Entwicklung nicht nachvollzogen werden kann. In diesem Kompetenzmodell werden fünf Kompetenzstufen der mathematischen Fähigkeiten von der ersten bis zur vierten Klasse der Grundschule differenziert.

Kompetenzstufe V Anspruchsvolles Problemlösen im mathematischen Kontext	Beschreiben und Modellieren von Sachsituationen	Problemlösender Umgang mit Größen	Anwendung mehrerer Grundrechenarten in komplexen Sachsituationen	Bewältigung kombinatorischer Fragestellungen
Kompetenzstufe IV Beherrschung der Grundrechenarten unter Nutzung der Dezimalstruktur und begriffliche Modellierung	Addition und Subtraktion mit Zehnerzahlen	Rechnen in Sachkontexten (z.B. Längen)	Informationen in Sachsituationen nutzen und verarbeiten	Sichere Beherrschung der schriftlichen Rechenverfahren in Sachkontexten
Kompetenzstufe III Sicheres Rechnen in curricularem Umfang und einfaches Modellieren	Zählfähigkeiten über 30 hinaus	Gute Beherrschung des kleinen Einmaleins	Halbschriftliches Rechnen im Zahlenraum bis 1000	Rechenergebnisse überschlagen
Kompetenzstufe II Grundfertigkeiten im Umgang mit dem Zehnersystem, der ebenen Geometrie und Größen	Grundlagen des kleinen Einspluseins (z.B. mit kleinen Summanden)	Grundlagen des kleinen Einmaleins (z.B. Zweier- und Fünferreihe)	Kontextfreies Rechnen im Zahlenraum bis 100	Schriftliche Addition im Zahlenraum bis 1000 ohne Übergänge
Kompetenzstufe I Numerisches und begriffliches Grundlagenwissen (Routineprozeduren)	Zählfähigkeiten bis etwa 20	Übertragung der Ergebnisse des kleinen Einspluseins auf Zehnerzahlen	Grundlagen des kleinen Einmaleins	Kontextfreies Rechnen im Zahlenraum bis 100
	Klasse 1	**Klasse 2**	**Klasse 3**	**Klasse 4**

Abbildung 11 - Kompetenzstrukturmodell von Reiss (2004)

Die fünf Kompetenzstufen beinhalten einen stetigen Anstieg des Anforderungsniveaus. Auf den ersten drei Kompetenzstufen werden Vorläuferfähigkeiten (z.B. die Zählprozedur) und Faktenwissen (z.B. das kleine Einspluseins sowie Einmaleins), aber auch basale Rechenfertigkeiten abgebildet.

Dieses Faktenwissen und die grundlegenden Rechenfertigkeiten stellen die Voraussetzung dar, um auf den Kompetenzstufen IV und V dieses Wissen flexibel nutzen und in mathematischen Sach- und Problemlöseaufgaben anwenden zu können. Ein Anstieg des Anforderungsniveaus erfolgt ebenfalls von einer Klasse zur nächsten Klasse. Dabei stellen die erreichten Kompetenzen der vorherigen Klasse die Voraussetzung dar, um die Kompetenzen der nächsten Klasse erreichen zu können.

Reiss (2004, S. 647) stellt heraus, dass ein derartiges Kompetenzstrukturmodell die Basis für die Entwicklung von Beispielaufgaben zur Überprüfung der einzelnen Kompetenzebenen darstellt. Mittels derartiger Beispielaufgaben kann zugleich eine Entwicklung innerhalb der Grundschulzeit über die verschiedenen Niveaus dokumentiert werden. Dieser Vorschlag wird sowohl in den Bildungsstandards für das Fach Mathematik (Sekretariat der Ständigen Konferenz der Kultusminister der Länder in der Bundesrepublik Deutschland (KMK), 2005a) als auch in den Standards des Instituts für Qualitätsentwicklung im Bildungswesen (Walther, Heuvel-Panhuizen, Granzer & Köller, 2011) berücksichtigt. Das Modell nach Reiss (2004) sowie andere ähnliche Kompetenzstrukturmodelle sind bisher nicht empirisch überprüft. Somit sind sowohl die Zuordnung der Kompetenzstufen zu den einzelnen Jahrgängen der Grundschule als auch die Inhalte der einzelnen Kompetenzstufen nur begrenzt gültig. Darüber hinaus werden für die Bearbeitung der verschiedenen Kompetenzen auf den einzelnen Stufen und Jahrgängen unterschiedliche Teilkompetenzen sowie kognitive Fähigkeiten benötigt. Diese werden jedoch in dem Kompetenzstrukturmodell nicht näher aufgeführt, sodass bei der Auswahl von Aufgaben zur Kompetenzdiagnostik bzw. Kompetenzentwicklung eine detailliertere Differenzierung empfehlenswert ist. Gleichzeitig werden in dem Kompetenzmodell nicht alle mathematischen Fertigkeiten abgebildet, die in den ersten vier Jahrgangsstufen vermittelt werden. Hierbei fehlt eine Begründung, warum die einbezogenen Kompetenzen die Entwicklung der schulischen Mathematikfähigkeiten am geeignetsten abbilden.

Modell nach Aster, Kucian, Schweiter und Martin (2005)

Das Entwicklungsmodell nach Aster et al. (2005) basiert auf dem „Triple-Code-Modell“ von Dehaene (1992) sowie neuropsychologischen Ergebnissen. Dieses Modell soll im Folgenden kurz dargestellt werden, um den Aufbau des vierstufigen Modells der Entwicklung zahlenverarbeitender Fähigkeiten nach Aster et al. (2005) besser nachvollziehen zu können.

Dehaene (1992, S. 31) entwickelt ausgehend von Ein-Routen-Transkodiermodellen (McCloskey, Caramazza & Basili, 1985; Noël & Seron, 1993) ein Modell mit drei Modulen und vielfältigen Verarbeitungswegen. Sowohl die Module als auch die Beziehung dieser Module zueinander sind durch neuropsychologische Befunde bestätigt worden (W. Schneider et al., 2013, S. 43). In dem Triple-Code-Modell werden drei verschiedene Repräsentationsformen von Zahlen veranschaulicht, die für die kognitive Verarbeitung einer Zahl notwendig sind (Abbildung 12). Diese drei Formen, die verbale, die visuelle und die semantische, bilden neuronale Netzwerke und lassen sich unterschiedlichen Gehirnregionen zuordnen (Aster et al., 2005, S. 614).

In dem *sprachlich-alphabetischen Modul* erfolgt die Verarbeitung von Zahlwörtern, sowohl von gesprochenen als auch von geschriebenen. Diesem Modul wird ebenfalls das Zahlwortlexikon zugeordnet, welches für die Zählprozedur sowie für die Nutzung des kleinen Einspluseins und Einmaleins notwendig ist (W. Schneider et al., 2013, S. 44). Die Verarbeitung von Zahlen in der arabischen Schreibweise erfolgt im *visuell-arabischen Modul*. Dieses Modul befähigt sowohl Ziffern zu lesen als auch zu schreiben und wird für die Berücksichtigung des Stellenwertsystems bei Rechenprozessen genutzt.

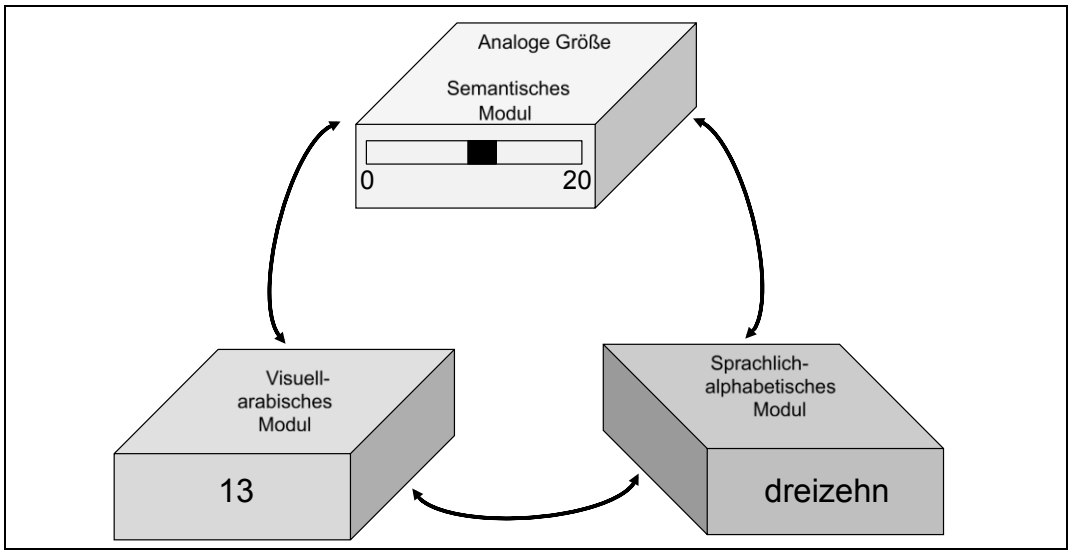


Abbildung 12 - Triple-Code-Modell nach Dehaene (1992) in vereinfachter Form nach Aster et al. (2005)

Das *semantische Modul mit der analogen Größenrepräsentation* umfasst die Fähigkeit, Zahlen mit den entsprechenden Mengen zu verknüpfen. Durch dieses Modul können Zahlen bezüglich ihrer Größe verglichen, Überschlagsrechnungen bzw. Schätzungen durchgeführt sowie die visuelle Simultanerfassung von kleinen Mengen ohne Abzählen umgesetzt werden (ebd.). Diese drei Module stehen bei Verarbeitungsprozessen von Zahlen in ständiger Wechselbeziehung und ermöglichen das Transkodieren von Zahlen in unterschiedliche Repräsentationsformen: Das Diktieren einer Rechenaufgabe beansprucht eingangs das sprachlich-alphabetische Modul. Bei der Verschriftlichung der Aufgabe wird das visuell-arabische Modul aktiviert. Für eine Überschlagsrechnung zur Überprüfung des Ergebnisses der Rechenaufgabe erfolgt dann der Einsatz des semantischen Moduls. Für die abschließende Verbalisierung des Ergebnisses wird dann wiederum auf das sprachlich-alphabetische Modul zurückgegriffen.

Diese grundlegende Vorstellung der Verarbeitung von Zahlen wird von Aster et al. (2005) in Verbindung mit der Entwicklung der jeweiligen kognitiven Funktionen in einem Entwicklungsmodell dargestellt (Abbildung 13).

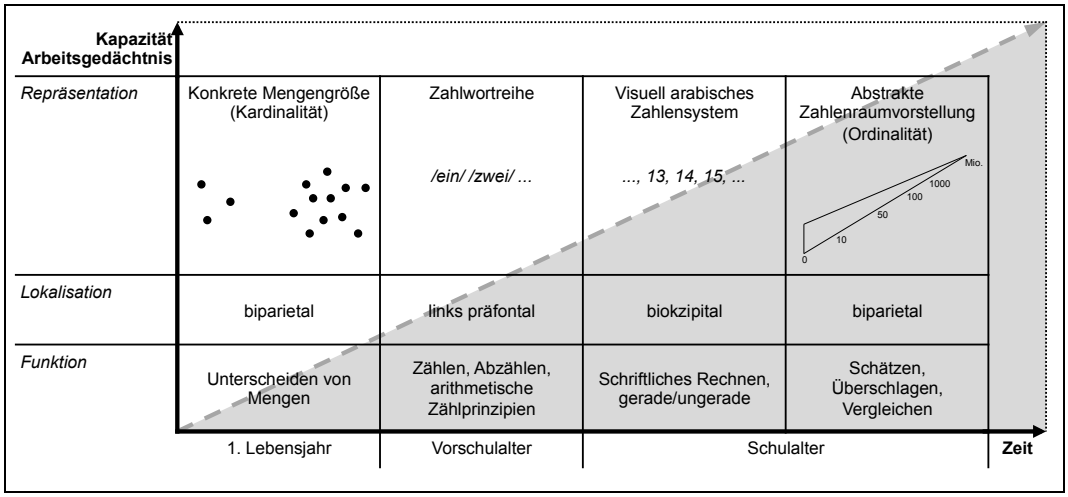


Abbildung 13 - Modell der Entwicklung der Zahlenverarbeitung nach Aster et al. (2005)

Wie die Modelle zu den mathematischen Vorläuferfertigkeiten wird auch in diesem Modell die Erkenntnis berücksichtigt, dass bereits im *ersten Lebensjahr* Mengen unterschieden werden können (Aster et al., 2005, S. 614). Diese frühe Kompetenz stellt nach Aster et al. (ebd., S. 612) eine fundamentale Basisfertigkeit dar, die Vorbedingung für das Lernen abstrakterer Kompetenzen ist. Zunächst wird *vor dem Schuleintritt* der Erwerb der Zahlwortreihe, d.h. der sprachlichen Fähigkeit Anzahlen und Mengen wiederzugeben, erlangt. In den *ersten Jahren der Schulzeit* werden u.a. die arabischen Zeichen der Ziffern erlernt, sodass mit dem visuellen Zahlensystem schriftliche Rechenverfahren durchgeführt werden können. Die Kompetenz, Zahlen sowohl in ihrer verbalen als auch in der visuellen Repräsentation auszudrücken, ist Voraussetzung für den Erwerb der dritten Repräsentation, der abstrakten Zahlenraumvorstellung während der *Schulzeit*. Diese Kompetenz entspricht dem semantischen Modul des Triple-Code-Modells (Abbildung 12). Die Entwicklung über diese vier Phasen ist abhängig von individuellen Ressourcen, wie Intelligenz, Arbeitsgedächtniskapazität, Verarbeitungsgeschwindigkeit und zugleich von Erfahrungen, der sozialen Umwelt sowie dem Mathematikunterricht (Aster et al., 2005, S. 616). Während der Entwicklung steigt u.a. die Kapazität des Arbeitsgedächtnisses, sodass während der Schulzeit mehr kognitive Prozesse gleichzeitig ablaufen können, als dies während des ersten Lebensjahres der Fall ist (diagonaler Pfeil in Abbildung 13). Darüber hinaus vergrößern sich im Laufe der Entwicklung die neuronalen Netzwerke der jeweiligen Gehirnregionen. Bei einer guten Ausbildung dieser Netzwerke und damit auch der einzelnen Kompetenzen ist für die Bearbeitung mathematischer Aufgaben keine zusätzliche Unterstützung, bspw. durch das Arbeitsgedächtnis, notwendig (Aster et al., 2005, S. 616).

In diesem Modell werden auch die Vorläuferfertigkeiten differenzierter betrachtet als die Entwicklung der schulischen Kompetenzen. Dennoch können mit dem Triple-Code-Modell die Prozesse, die bei der Bearbeitung mathematischer Aufgaben der Primar- und Sekundarstufe stattfinden, nachvollzogen werden. Das Modell nach Aster et al. (2005) stellt die Basis für die Diagnostikinstrumente ZAREKI-K, ZAREKI-R (Aster, Weinhold Zulauf & Horn, 2009) und TeDDy-PC (Schroeders & Schneider, 2008) dar. Gleichzeitig basiert das

Computerprogramm Calcularis (Aster, Käser, Kucian & Gross, 2012; T. Käser, Baschera, et al., 2013) zur Förderung von Rechenschwierigkeiten auf diesen Grundlagen.

3.1.3 Bedeutung des Arbeits- und Langzeitgedächtnisses

Für die Verarbeitung und Speicherung mathematischer Informationen bieten die zuvor dargestellten Modelle keine umfassende Erklärung. Demgegenüber werden derartige Prozesse sowohl durch das Arbeitsgedächtnismodell nach Baddeley (2012, S. 16) als auch durch Befunde zum Langzeitgedächtnis veranschaulicht. Darüber hinaus zeigen aktuelle Forschungsergebnisse, dass die Leistung des Arbeitsgedächtnisses ein besserer Prädiktor für die schulischen Leistungen in den ersten Jahren darstellt, als dies der Intelligenzquotient ermöglicht (Alloway & Alloway, 2010, S. 26). Im Folgenden wird die Bedeutung der einzelnen Komponenten des Arbeitsgedächtnisses und des Langzeitgedächtnisses für mathematische Prozesse beschrieben.

Die nachfolgend aufgeführten Studien untersuchen mit sehr unterschiedlichem Vorgehen die Bedeutung der einzelnen Komponenten des Arbeitsgedächtnisses. Einerseits besteht eine große Varianz in den Aufgaben, mittels derer die Funktion der Komponenten festgestellt werden: Sowohl der Inhalt der mathematischen Aufgaben, bspw. leichte Addition, komplexe Multiplikation oder Textaufgaben, als auch die Form der Zweitaufgabe, die der experimentellen Überprüfung der Arbeitsgedächtnisressourcen dient (Seitz-Stein et al., 2012, S. 7), variieren sehr stark. Andererseits unterscheiden sich die Studien bezüglich der Stichprobe. Es werden sowohl Studien mit Kindern und Erwachsenen als auch mit Probanden, die eine Beeinträchtigung bspw. im Bereich Lesen, Rechtschreiben und/oder Mathematik haben, durchgeführt (Raghubar, Barnes & Hecht, 2010, S. 110). Ein weiterer Unterschied besteht hinsichtlich des Designs, sodass Längsschnittstudien Aussagen über die Arbeitsgedächtniskomponenten als Prädiktor für spezifische Leistungen treffen können.

Die nachfolgenden Ausführungen beziehen sich auf mathematische Inhalte, die im Rahmen der Primarstufe an die Schülerinnen und Schüler gestellt werden. Anhand konkreter Aufgabentypen wird beispielhaft die Bedeutung der einzelnen Arbeitsgedächtniskomponenten herausgearbeitet. Eine vollständige Darstellung sämtlicher Gedächtnisprozesse kann an dieser Stelle nicht vorgenommen werden, da die Bearbeitung von mathematischen Aufgaben auf unterschiedlichen Lösungswegen mit diversen Strategien stattfindet (Grube & Seitz-Stein, 2012, S. 146).

Zentrale Exekutive

Wie bei anderen Prozessen der Informationsverarbeitung übernimmt die zentrale Exekutive bei mathematischen Herausforderungen Kontroll- und Steuerungsprozesse. Bei Rechenaufgaben werden die notwendigen Verarbeitungsprozesse der Subsysteme von dieser Komponente des Arbeitsgedächtnisses gesteuert (Seitz & Schumann-Hengsteler, 2000, S. 568; Grube & Barth, 2004, S. 246). Darüber hinaus koordiniert die zentrale Exekutive den Abruf von Informationen aus dem Langzeitgedächtnis, bspw. von arithmetischem Faktenwissen (Seitz & Schumann-Hengsteler, 2000, S. 567; Grube & Barth, 2004, S. 248; Andersson, 2008, S. 196). Eine weitere Aufgabe

der zentralen Exekutive besteht darin, die Aufmerksamkeit für die kognitive Bearbeitung einer Rechenaufgabe zu gewährleisten (Busch, Oranu, Schmidt & Grube, 2013, S. 218). Andersson (2008, S. 196) stellt zudem als Aufgabe der zentralen Exekutiven heraus, Informationen einer Rechenaufgabe gleichzeitig zu verarbeiten und zu speichern sowie zwischen mathematischen Operationen wechseln zu können. Swanson (2006, S. 277f.), Andersson (2007, S. 1213) sowie Toll, van der Ven, Kroesbergen und van Luit (2011, S. 529) ergänzen dies insofern, als dass die zentrale Exekutive eine wesentliche Bedeutung für mathematisches Problemlösen besitzt. Die Manipulation von Aufgabeninformationen und das Zusammenfügen von Informationen aus dem Langzeitgedächtnis sind Teilaspekte dieser Arbeitsgedächtnisressource und stellen gleichzeitig Anforderungen für das Lösen mathematischer Probleme dar.

Frühe mathematische Anforderungen, wie das Subitizing oder das Zählen in einem kleinen Zahlenraum, stellen sich weniger komplex dar und benötigen für die Bearbeitung nicht die zentrale Exekutive (Espy et al., 2004, S. 479; Krajewski, Schneider & Nieding, 2008, S. 111).

Die Studienergebnisse von Grube und Barth (2004, S. 248) verdeutlichen, dass die Leistungsfähigkeit der zentralen Exekutive die fortgeschrittene Rechenleistung, z.B. das schriftliche Rechnen im Zahlenraum bis Tausend, beeinflusst. McLean und Hitch (1999, S. 254) bestätigen diese Bedeutung dahingehend, dass das Bereithalten von Informationen durch diese Arbeitsgedächtnisressourcen für den Aufbau von Faktenwissen im Langzeitgedächtnis relevant ist. Diese Kapazität der zentralen Exekutive stellt einen wesentlichen Prädiktor für die mathematischen Leistungen in der Grundschulzeit dar (Swanson, 2006, S. 277f.; Geary, 2011, S. 1548).

Phonologische Schleife

Einerseits ist die phonologische Schleife für Prozesse beim Rechnen von Bedeutung: Die phonologische Schleife wird u.a. beim verbalen Zählen beansprucht (Grube & Barth, 2004, S. 246). Auch bei Kopfrechenaufgaben und schriftlichen Rechenaufgaben werden die Mathematikaufgabe selbst sowie Zwischenergebnisse in der phonologischen Schleife präsent gehalten (Seitz & Schumann-Hengsteler, 2000, S. 561; Andersson, 2008, S. 199). Ist eine visuelle Präsentation der Aufgabe vorhanden, so ist keine Zwischenspeicherung der Aufgabe notwendig und die phonologische Schleife wird nicht beansprucht (Thomas, Zoelch, Seitz-Stein & Schumann-Hengsteler, 2006, S. 287). Darüber hinaus ist die phonologische Schleife bei der Bearbeitung von mathematischen Problemen sowie Textaufgaben von Bedeutung (Swanson & Beebe-Frankenberger, 2004, S. 487; Andersson, 2007, S. 1211).

Andererseits ist eine gute Funktionsfähigkeit der phonologischen Schleife für den Aufbau des mathematischen Faktenwissens im Langzeitgedächtnis bedeutsam (Grube, 2006, S. 169; Ricken & Fritz, 2006, S. 272).

Visueller Skizzenblock

In diesem Subsystem des Arbeitsgedächtnisses werden diejenigen Informationen von mathematischen Aufgaben vorübergehend bereitgehalten, die visuelle oder räumliche Aspekte, wie Bilder, enthalten (Busch et al., 2013, S. 218). De Smedt

et al. (2009, S. 197f.) stellen dar, dass dieser Komponente eine Bedeutung für das Erlernen früher mathematischer Inhalte zukommt. Das Erlernen dieser Inhalte erfolgt anhand konkreter Repräsentationen von Zahlen, Mengen und Rechenaufgaben und für die Verarbeitung dieser mathematischen Aspekte ist der visuelle Skizzenblock notwendig. Für die Bearbeitung einfacher mathematischer Rechenaufgaben kann ebenfalls von einer Beteiligung des visuellen Skizzenblocks ausgegangen werden (Swanson, Jerman & Zheng, 2008, S. 365). Das Lösen von einfachen sowie komplexen Multiplikationsaufgaben (Seitz & Schumann-Hengsteler, 2000, S. 566) und von komplexen mathematischen Problemen (Swanson, Jerman, et al., 2008, S. 365) findet ebenfalls unter Beteiligung des visuellen Skizzenblocks statt.

Die Bedeutung dieser Komponente nimmt im Laufe der Schulzeit ab. Ergebnisse aus Längsschnittstudien bestätigen die Relevanz des visuellen Skizzenblocks bei mathematischen Aufgabenstellungen für die vorschulische Phase sowie für das erste Schuljahr (Smedt et al., 2009, S. 197). Für die weiteren Schuljahre lassen sich jedoch diese Ergebnisse nicht bestätigen (ebd.). Hier kann von einer Veränderung gesprochen werden: ausgehend von einer visuellen Repräsentation von mathematischen Inhalten hin zu einer größeren verbalen Verarbeitung dieser Informationen.

Episodischer Puffer

Der episodische Puffer wird erst seit 2000 (Baddeley, 2000) als weitere Komponente des Arbeitsgedächtnisses beschrieben. In vielen Publikationen erfolgt noch keine Berücksichtigung dieser Arbeitsgedächtnisressource in Bezug auf die mathematischen Leistungen. Zudem liegen bis dato keine empirischen Befunde über die Bedeutung dieses Subsystems für mathematische Prozesse vor (Busch et al., 2013, S. 218).

Langzeitgedächtnis

Ausgewählte Rechenaufgaben (kleines Einspluseins, kleines Einmaleins u.a.) sowie Rechenstrategien (z.B. Wissen über das Vorgehen bei Additionsaufgaben) festigen sich durch Übung und Wiederholung (Landerl & Kaufmann, 2008, S. 38). Diese Inhalte werden als sogenanntes arithmetisches Faktenwissen und prozedurales Wissen im Langzeitgedächtnis gespeichert.

Der Abruf arithmetischen Faktenwissens, wie die Lösung von Aufgaben des Einmaleins, erfolgt direkt aus dem Langzeitgedächtnis und beansprucht weder die phonologische Schleife noch den visuellen Skizzenblock (Seitz & Schumann-Hengsteler, 2000, S. 560f.). Gelingt der Faktenabruf aus dem Langzeitgedächtnis, so kann die Belastung des Arbeitsgedächtnisses reduziert werden. Diese verringerte Inanspruchnahme ermöglicht gleichzeitig, dass mehr Kapazitäten für andere (Teil-)Aufgaben bereitstehen (Grube & Barth, 2004, S. 246). Dem arithmetischen Faktenwissen kommt eine weitere zentrale Bedeutung zu, wenn neue mathematische Inhalte gelernt werden sollen. Dieses bereits vorhandene Wissen erleichtert den Erwerb weiterer mathematischer Inhalte, d.h. die bekannten Inhalte unterstützen die strukturiertere Einordnung von neuen Informationen (Grube, 2005, S. 118).

Die Modelle zum Arbeits- und Langzeitgedächtnis sowie die Erkenntnisse zur Bedeutung dieser Gedächtnissysteme für das Verarbeiten und Speichern mathematischer Inhalte stellen eine geeignete Ergänzung zu den entwicklungspsychologischen und kompetenzorientierten Modellen dar. Gleichzeitig verdeutlichen die vielen Aufgaben sowie die begrenzten Kapazitäten der verschiedenen Arbeitsgedächtniskomponenten, dass viele Hindernisse in einem Lernprozess zu überwinden sind. Für eine bestmögliche Unterstützung im Lernen mathematischer Inhalte ist die gleichzeitige Beachtung aller Subsysteme relevant. Diesbezüglich fehlen jedoch praxisrelevante Konzepte, wie eine geeignete Verknüpfung der verschiedenen Arbeitsgedächtniskomponenten innerhalb einer lernförderlichen Gestaltung des Mathematikunterrichts erreicht werden kann.

3.2 Schwierigkeiten im Lernen mathematischer Inhalte

Die vorherigen Modelle veranschaulichen einen gelungenen Entwicklungs- bzw. Lernprozess mathematischer Inhalte. Jede einzelne Entwicklungsstufe bzw. Komponente in diesen Modellen kann eine Hürde für Schülerinnen und Schüler darstellen, sodass Mathematikschwierigkeiten die Folge. Diese Schwierigkeiten können dabei sehr unterschiedlich sein, sodass zuerst eine begriffliche Einordnung vorgenommen wird (Kapitel 3.2.1). Um diese vielfältigen mathematischen Fähigkeiten und Schwierigkeiten feststellen zu können, werden unterschiedliche Verfahren für die Diagnostik vorgestellt (Kapitel 3.2.2).

3.2.1 Rechenschwierigkeiten, Rechenstörung, Dyskalkulie

Eingangs erfolgt eine Einordnung verschiedener Begrifflichkeiten, die Schwierigkeiten im mathematischen Fähigkeitsbereich thematisieren. Anschließend werden epidemiologischer Daten wie Prädiktoren, Prävalenzen, Komorbiditäten, Stabilität sowie Langzeiteffekte bezüglich Rechenschwierigkeiten dargestellt. An dieser Stelle wird keine umfassende Darlegung der Symptomatik von Rechenschwierigkeiten vorgenommen, da diese sehr umfangreich ist und sämtliche mathematischen Themengebiete betreffen kann.

Begriffliche Einordnung

Eine spezifische Form der Lernbeeinträchtigung stellt die Beeinträchtigung mathematischer Fähigkeiten dar. Wie auch bei Lernstörungen im Allgemeinen liegt bei dieser Form der Lernbeeinträchtigung eine „Minderleistung beim absichtsvollen Lernen“ (Simon & Grünke, 2010, S. 25; Lauth, Brunstein & Grünke, 2014, S. 17) vor. Die Leistungen von Schülerinnen und Schülern mit einer Beeinträchtigung im Lernen mathematischer Inhalte liegen erkennbar unter dem Leistungsspektrum der Gleichaltrigen sowie unter den individuellen Leistungen in anderen Leistungsbereichen. Die Art der Beeinträchtigungen in den mathematischen Fähigkeiten variieren wie auch bei allgemeinen Lernstörungen sehr stark, lassen sich jedoch hinsichtlich zeitlicher und domänenspezifischer Aspekte unterscheiden (Tabelle 3).

Tabelle 3 – Arten von Lernstörungen und Beispiele von Beeinträchtigungen mathematischer Fähigkeiten modifiziert nach Klauer und Lauth (1997)

	bereichsspezifisch, partiell	**umfassend-allgemein**
vorübergehend	Lernrückstände in Einzelfächern; *anfängliche Schwierigkeiten in der Mal-Folge der Zahl 7*	Schulschwierigkeiten, Neurotische Störung; *Rechenangst*
überdauernd	Lese-Rechtschreibschwäche, Rechenschwäche; *Schwierigkeiten im Themenbereich Geometrie*	Lernschwäche, Lernbehinderung, Lernbeeinträchtigung, Geistige Behinderung; *fehlende Einsicht in Teil-Ganze-Zusammenhänge von Mengen*

In der Literatur werden verschiedene Begrifflichkeiten verwendet, die einen Unterstützungsbedarf im Lernen mathematischer Inhalte ausdrücken, bspw. Rechenschwäche, Rechenstörung, Rechenschwierigkeiten oder Dyskalkulie. Diese Begrifflichkeiten lassen sich jedoch nicht eindeutig den zeitlichen und domänenspezifischen Unterscheidungen von mathematischen Beeinträchtigungen zuordnen. Sämtliche Schwierigkeiten ungeachtet der begrifflichen Einordnung können als Rechenschwierigkeiten zusammengefasst werden: Der „Terminus *Rechenschwierigkeiten* [...] schließt alle Kindern ein, bei denen sich Probleme beim Rechnenlernen bereits von Beginn der ersten Klasse an zeigen“ (Fritz & Ricken, 2008, S. 14, Herv. im Original).

Überdauernde sowie umfassende Beeinträchtigungen in den mathematischen Fähigkeiten lassen sich mit den Begriffen Rechenstörung und Dyskalkulie ausdrücken. In der Internationalen Klassifikation der Krankheiten (ICD-10) wird die Bezeichnung „Rechenstörung“ (Deutsches Institut für Medizinische Dokumentation und Information, 2013, S. 221, F81.2) verwendet und dem Bereich der Entwicklungsstörungen, konkreter dem Bereich „Umschriebene Entwicklungsstörungen schulischer Fertigkeiten“ (ebd.) zugeordnet. Die definitorische Beschreibung lautet:

> Diese Störung beinhaltet eine umschriebene Beeinträchtigung von Rechenfertigkeiten, die nicht allein durch eine allgemeine Intelligenzminderung oder eine eindeutig unangemessene Beschulung erklärbar ist. Das Defizit betrifft die Beherrschung grundlegender Rechenfertigkeiten wie Addition, Subtraktion, Multiplikation und Division, weniger die höheren mathematischen Fertigkeiten, die für Algebra, Trigonometrie, Geometrie oder Differential- sowie Integralrechnung benötigt werden (WHO, 2014, S. 338).

In der DSM-5-Klassifikation (American Psychiatric Association, 2013) wird von einer Beeinträchtigung in der Mathematik („impairment in mathematics“, ebd., S. 67, 315.1) gesprochen und als eine spezifische Form der Lernstörung („specific learning disorders“, ebd., S. 66) eingeordnet. In dieser Klassifikation werden Bereiche aufgelistet, in denen Schwierigkeiten bestehen können: „number sense, memorization of arithmetic facts, accurate or fluent calculation, accurate math reasoning“ (American Psychiatric Association, 2013, S. 67). Darüber hinaus wird der Begriff Dyskalkulie näher ausgeführt:

> Dyscalculia is an alternative term used to refer to a pattern of difficulties characterized by problems processing numerical information, learning arithmetic facts, and performing accurate or fluent calculations. If dyscalculia is used to specify this particular pattern of mathematic difficulties, it is important also to specify any additional difficulties that are present, such as difficulties with math reasoning or word reasoning accuracy (ebd.).

Diese begriffliche Einordnung verdeutlicht, dass bei einer Dyskalkulie einerseits mehrere Schwierigkeiten in verschiedenen mathematischen Bereichen gleichzeitig vorliegen können und andererseits die Abgrenzung von Schwierigkeiten in anderen Fähigkeitsbereichen bedeutsam ist. Im Gegensatz zu früheren Definitionen wird hierbei kein festgelegtes Kriterium zur Unterscheidung zwischen Rechenschwierigkeiten mit oder ohne Intelligenzdefizit bzw. Rechenschwierigkeit mit oder ohne Lese-/Rechtschreibschwierigkeiten für die Diagnostik festgelegt. Diese Definition ist somit zu empfehlen, da das Diskrepanzkriterium kritisch hinterfragt werden muss:

- Bisherige Forschungsergebnisse legen keine Schlussfolgerung nahe, dass Unterschiede hinsichtlich der Ursachen, der Symptome oder der Förderung bei rechenschwachen Schülerinnen und Schülern mit einer niedrigen oder einer hohen Intelligenzleistung vorliegen (Landerl & Kaufmann, 2008, S. 96; Fischbach et al., 2013, S. 66; Kuhn, Raddatz, Holling & Dobel, 2013, S. 242; W. Schneider et al., 2013, S. 186). Demzufolge erleichtert dieses Kriterium weder die Diagnostik noch die Förderung.
- Die Feststellung der Intelligenzleistung mittels standardisierter Verfahren erfolgt meist nicht ohne die Erhebung mathematikspezifischer Leistungen (Landerl & Kaufmann, 2008, S. 97). Viele Intelligenztests enthalten Subtests, in denen bspw. Rechenleistungen erhoben werden. Schülerinnen und Schüler mit einer Beeinträchtigung im mathematischen Bereich sind folglich in der Feststellung der Intelligenzleistung benachteiligt.
- Bei einer Beeinträchtigung der mathematischen Fähigkeiten bedarf es einer Förderung, welche jedoch unabhängig von der Intelligenz- bzw. Schriftsprachleistung konzipiert und umgesetzt werden kann (Simon & Grünke, 2010, S. 26). Die Berücksichtigung des Diskrepanzkriteriums führt zu einer medizinisch-rechtlichen Verweigerung einer mathematikspezifischen Förderung für Schülerinnen und Schüler, die sowohl in den mathematischen als auch in kognitiven und/oder schriftsprachlichen Leistungen eine Beeinträchtigung aufweisen. Fischbach et al. (2013, S. 71) geben an, dass für ca. 43% der Schülerinnen und Schüler mit einer Beeinträchtigung in einem Fähigkeitsbereich dieses Diskrepanzkriterium nicht zutreffend ist und ihnen somit rechtlich keine zusätzliche Förderung zusteht.

Verschiedene Autoren bilden ausgehend von den Ursachen der Beeinträchtigung der mathematischen Leistung verschiedene Subtypen (Geary, 2004; Aster et al., 2005; Dornheim, 2008). Eine eindeutige Bestätigung dieser Subtypen konnte bisher nicht geliefert werden. Zudem liegen keine eindeutigen Kriterien vor, die eine Zuordnung von Schülerinnen und Schülern mit Schwierigkeiten in den mathematischen Fähigkeiten ermöglichen. Ferner gibt es keine Aussagen

darüber, ob eine spezifische Förderung entsprechend der Subtypen wirksamer ist als eine subtypen-unspezifische Förderung.

Prädiktoren

Die Mathematikleistung wird sowohl durch unspezifische als auch durch spezifische Prädiktoren beeinflusst. Unspezifische Prädiktoren haben nicht nur einen Einfluss auf die Entwicklung von mathematischen Kompetenzen, sondern auch auf andere Fähigkeitsbereiche, bspw. auf die schriftsprachlichen Leistungen (W. Schneider et al., 2013, S. 55). Zu diesen Prädiktoren zählen nach Schneider et al. (ebd.) die Intelligenzleistung, der Anregungsgehalt der Umwelt, das Geschlecht, das Arbeitsgedächtnis und die phonologische Bewusstheit. Simon und Grünke (2010, S. 31ff.) geben Bedingungen an, die die Entstehung und Aufrechterhaltung einer Rechenschwäche begünstigen. Diese können ebenfalls als unspezifische Prädiktoren eingeordnet werden. Dazu gehören ungünstige genetische Voraussetzungen, widrige Sozialisationsfaktoren, ungenügende schulische Förderangebote, mangelnde Möglichkeiten zur Kompensation vorhandener Rückstände sowie negative Folgen durch Motivationsverlust (ebd.).

Spezifische Prädiktoren stellen diejenigen Kompetenzen dar, die ausschließlich die mathematischen Leistungen beeinflussen. Zu diesen spezifischen Prädiktoren zählen u.a. numerische Basisfertigkeiten, d.h. das Zahlenwissen und die Zahlreihenfolge, die durch Arbeitsgedächtnisleistungen als unspezifischer Prädiktor beeinflusst werden (Krajewski & Schneider, 2006, S. 256; Dornheim, 2008, S. 389). Zudem sind die Fertigkeiten im Bereich der Anzahlen, der Invarianz und dem Rechnen spezifische Prädiktoren (ebd.). Diese spezifischen mathematischen Kompetenzen können die Mathematikleistungen in der Grundschulzeit vorhersagen (ebd.). Darüber hinaus stellen die Mathematikfertigkeiten vor Schulbeginn bzw. in der ersten Jahrgangsstufe einen spezifischen Prädiktor für die Mathematikfertigkeiten in der Sekundarstufe dar (Siegler et al., 2012; Watts et al., 2014). Zusammenfassung ist das mathematische Vorwissen ein großer Prädiktor für andere bzw. spätere mathematische Leistungen.

Das Wissen über spezifische und unspezifische Prädiktoren bietet eine geeignete Grundlage für die differenzierte Feststellung der mathematischen Schwierigkeiten und deren Ursachen. Im Folgenden sollen verschiedene Formen der Diagnostik von mathematischen Fähigkeiten beschrieben werden.

Prävalenz

Hasselhorn und Schuchardt (2006) berücksichtigen in einer Sichtung epidemiologischer Studien sowohl nationale als auch internationale Literatur. Aus dem Zeitraum von 1974 bis 2005 lassen sich Prävalenzraten von $3{,}6\%$ bis $6{,}5\%$ finden. Diese unterschiedlichen Raten ergeben sich durch unterschiedliche Kriterien, die für die Eingrenzung einer Beeinträchtigung im mathematischen Bereich herangezogen werden. Zum Teil wird das Diskrepanzkriterium nicht berücksichtigt oder es werden unterschiedliche Schwellenwerte (IQ ≥ 70 oder IQ ≥ 85, Diskrepanz zwischen Schulleistung und IQ $1{,}2$ oder $1{,}5$ Standardabweichung) genutzt.

Fischbach et al. (2013, S. 70) unterscheiden bei der Berechnung der Prävalenzraten zwischen einer isolierten Rechenschwäche und einer isolierten Rechenstörung. Bei der isolierten Rechenschwäche ist der IQ-Wert≥ 85, d.h. mindestens im durchschnittlichen Bereich, und in der schulischen Mathematikleistung im unterdurchschnittliches Bereich (T-Wert ≤ 40). Die Prävalenzrate der isolierten Rechenschwäche liegt bei 5% (ebd.). Bei der isolierten Rechenstörung ist ebenfalls eine Minderleistung im Rechnen (T-Wert ≤ 40) vorhanden. Zudem liegt die Intelligenzleistung um $1{,}2$ Standardabweichungen über der Mathematikleistung (ebd., S. 69). Diese Form der Störung tritt bei $2{,}6\%$ aller Schülerinnen und Schüler auf (ebd., S. 70).

Das Geschlechterverhältnis für eine Beeinträchtigung der mathematischen Fertigkeiten wird sehr unterschiedlich dargestellt: Landerl und Kaufmann (2008, S. 98) geben eine Gleichverteilung der Dyskalkulie für Jungen und Mädchen an. Simon und Grünke (2010, S. 29) konstatieren, dass Mädchen doppelt so häufig von einer Rechenschwäche betroffen sind als Jungen. Hingegen ergeben die Berechnungen von Fischbach et al. (2013, S. 70), dass sowohl die isolierte Rechenschwäche als auch die isolierte Rechenstörung dreimal so häufig bei Mädchen auftreten als bei Jungen.

Komorbidität

Die Beeinträchtigung mathematischer Fähigkeiten geht häufig mit weiteren Beeinträchtigungen einher. Eine der häufigsten komorbiden Störungen ist die Lese- und/oder Rechtschreibstörung (Hasselhorn & Schuchardt, 2006, S. 213). Die Angaben über den Anteil der Schülerinnen und Schüler mit einer Beeinträchtigung der Rechenleistung bei gleichzeitiger Lese- und/oder Rechtschreibbeeinträchtigung variieren sehr stark: Lewis, Hitch und Walker (1994, S. 289) zeigen, dass 64% der Schülerinnen und Schüler mit Rechenschwierigkeiten gleichzeitig eine Beeinträchtigung in der Lesefähigkeit aufweisen. Hingegen geben Gross-Tsur, Manor und Shalev (1996) einen Anteil von 17% mit Dyslexie innerhalb der Schülerschaft mit einer Rechenbeeinträchtigung an. Aster, Schweiter und Weinhold Zulauf (2007, S. 93) kommen zu dem Ergebnis, dass 70% gleichzeitig eine Rechen- und Lese-Rechtschreibstörung aufweisen. Die Prävalenzberechnungen von Fischbach et al. (2013, S. 70) verdeutlichen einen Anteil von 46% bei rechenschwachen Schülerinnen und Schülern und bei Schülerinnen und Schülern mit einer Rechenstörung 43% mit gleichzeitiger schriftsprachlicher Schwäche bzw. Störung. Ein möglicher Grund für diese sehr divergierenden Zahlen kann in der Definition und der Berücksichtigung bzw. Unberücksichtigung des Diskrepanzkriteriums der einzelnen Störungen liegen.

Als weitere komorbide Beeinträchtigung bei einer Rechenschwäche wird eine Aufmerksamkeitsdefizit-Hyperaktivitätsstörung angeführt. Gross-Tsur et al. (1996) zeigen, dass 26% der rechenschwachen Schülerinnen und Schüler gleichzeitig eine ADHS-Symptomatik aufweisen. Shalev, Auerbach, Manor und Gross-Tsur (2000, S. 61) bestätigen die Aufmerksamkeitsproblematik bei rechenschwachen Schülerinnen und Schülern. Zudem wird in dieser Studie deutlich, dass Schülerinnen und Schüler mit einer Beeinträchtigung im mathematischen Bereich signifikant mehr Angst bzw. Depressionen und eher internalisierende als unter externalisierende Störungen aufweisen (ebd.).

Stabilität und Langzeiteffekte

Zum Verlauf der Beeinträchtigung der mathematischen Leistungen, d.h. zur Stabilität und den Langzeiteffekten liegen bisher wenige Erkenntnisse vor (Hasselhorn & Schuchardt, 2006, S. 212). Swanson und Jerman (2006, S. 265) kommen in einer Metaanalyse über Lernbeeinträchtigungen im mathematischen Bereich zu dem Ergebnis, dass diese Defizite über die gesamte Altersspanne hinweg persistent sind. Gleichzeitig liegen Studienergebnisse vor, in denen frühe Minderleistungen im ersten Schuljahr kompensiert werden können, aber auch Ergebnisse, die eine Stabilität der Defizite bereits ab der zweiten Klasse verdeutlichen (Landerl & Kaufmann, 2008, S. 99).

Die Auswirkungen einer Beeinträchtigung in den mathematischen Schulleistungen für die berufliche Entwicklung werden sowohl national als auch international wenig diskutiert. Parsons und Bynner (2005, S. 4–7) zeigen jedoch anhand längsschnittlicher Ergebnisse in Großbritannien, dass Langzeiteffekte sehr umfassend sein können:

- Mehr Frauen und Männern mit geringen Rechenleistungen verlassen die Schule bereits mit 16 Jahren im Vergleich zu Frauen und Männern mit guten Rechenleistungen.
- Frauen und Männer mit einer Rechenschwäche sind im Alter von 16 bis 29 Jahren seltener in einer Vollzeitbeschäftigung und im Alter ab 30 am geringsten in Vollzeitbeschäftigungen im Verhältnis zu Gleichaltrigen.
- Frauen und Männer mit Rechenschwäche ab dem 30. Lebensjahr sind im Gegensatz zu denjenigen ohne Rechenschwäche doppelt so häufig arbeitslos.
- Männer mit einer Rechenschwäche sind häufiger in ungelernten Arbeitsfeldern tätig, haben weniger Fortbildungen und erhalten weniger Unterstützungsmöglichkeiten. Zudem haben sie den geringsten Stundenlohn.
- Schüler bzw. Männer mit geringen mathematischen Fähigkeiten, unabhängig von den schriftsprachlichen Fertigkeiten, haben weniger Chancen auf eine Stelle mit einer Rentenversicherung, haben ein höheres Risiko für Depressionen, sind weniger an Politik interessiert und haben ein größeres Risiko, von der Schule suspendiert bzw. strafrechtlich auffällig zu werden.
- Schülerinnen bzw. Frauen mit geringen mathematischen Fähigkeiten, unabhängig von den schriftsprachlichen Fertigkeiten, sind seltener in einer Vollzeitbeschäftigung, sind vermehrt in unausgebildeten Arbeitsfeldern und als Hausfrau tätig, haben ein geringes Interesse an Politik und Wahlen, berichten über mehr gesundheitliche Beschwerden in den letzten zwölf Monaten, leben häufiger in einem Haushalt ohne Erwerbstätige, haben häufiger ein geringes Selbstwertgefühl und haben das Gefühl, ihr Leben nicht kontrollieren zu können.

Parsons und Bynner (2005, S. 7) schlussfolgern, dass Frauen und Männer mit einer Beeinträchtigung in den mathematischen Kompetenzen durch reduzierte Möglichkeiten für einen Kompetenzausbau in einen Teufelskreislauf gelangen (Abbildung 14). Folglich können schulische Schwierigkeiten im Lernen

mathematischer Inhalte zu langfristigen Nachteilen führen, sodass eine frühzeitige Identifizierung von Schwierigkeiten notwendig ist.

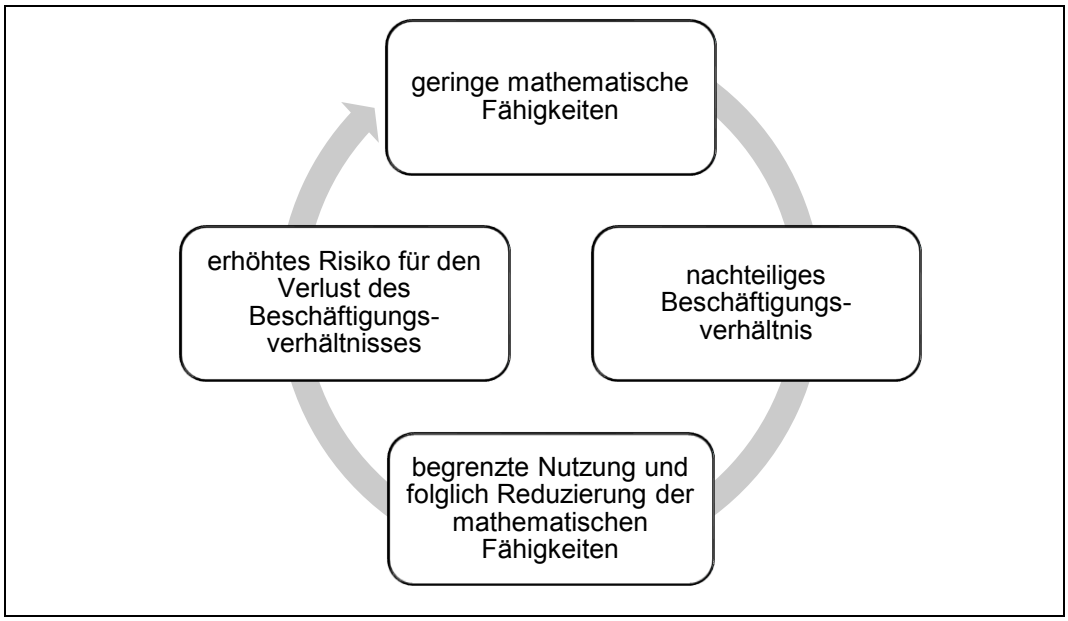


Abbildung 14 - Teufelskreislauf geringer mathematischer Kompetenzen in der beruflichen Entwicklung basierend auf Parsons und Bynner (2005)

3.2.2 Diagnostik

Das Ziel der diagnostischen Überprüfung von mathematischen Fähigkeiten bei Schülerinnen und Schülern ist nicht die Aufstellung einer Diagnose mit defizitärer Perspektive, die Grundlage für eine Selektionsentscheidung ist. Vielmehr ist es das Ziel, die Diagnostik als einen Teil des gesamten Förderprozesses zu verstehen (Bundschuh, 2010, S. 64). Die Diagnostik mathematischer Kompetenzen bzw. Schwierigkeiten stellt somit die Basis für eine differenzierte Förderung dar. Um eine adäquate Unterstützung der Schülerinnen und Schüler in ihren individuellen Leistungen zu erzielen, sollte sowohl die frühzeitige Feststellung von möglichen Schwierigkeiten als auch die präzise Beurteilung über den Umfang der mathematischen Fähigkeiten und Schwierigkeiten mit Hilfe der Diagnostik ermöglicht werden.

Für das Erreichen dieser diagnostischen Ziele können unterschiedliche Vorgehensweisen genutzt werden. Einerseits liegen standardisierte Testverfahren vor, die sich durch eine strenge Berücksichtigung von psychometrischen Gütekriterien (Tabelle 1) kennzeichnen. Andererseits gibt es nicht-standardisierte Verfahren, die sich für eine adaptive Diagnostik eignen. Darüber hinaus werden vermehrt Verfahren der Kompetenzdiagnostik eingesetzt, welche hauptsächlich durch internationale Vergleichsstudien an Bedeutung gewonnen haben.

Das Wissen über geeignete diagnostische Verfahren ist ein zentraler Bestandteil der diagnostischen Kompetenz von Lehrkräften. Diese Kompetenz ermöglicht Lehrkräften „sachgerechte diagnostische Urteile abzugeben, die für die Planung, Gestaltung und Evaluation pädagogischen Handelns und die Bewertung von

Lernergebnissen nötig sind“ (Schrader, 2009, S. 238). Nach Helmke ist diese Kompetenz sogar eine „*Katalysatorvariable*“ (Helmke, 2009, S. 132, Herv. im Orig.): Der Lernerfolg von Schülerinnen und Schülern kann durch eine gute didaktisch-methodische Aufbereitung der Lernangebote positiv beeinflusst werden. Eine gute diagnostische Kompetenz von Lehrkräften führt zu einer effektiveren Ausgestaltung der Lernangebote und beeinflusst damit indirekt den Lernerfolg der Schülerinnen und Schüler. Die Bedeutung dieser diagnostischen Wissensbasis ist einerseits für sonderpädagogische Lehrkräfte im inklusiven Setting von Relevanz. Melzer und Hillenbrand (2013, S. 197) kommen in ihrem Literaturreview zu dem Ergebnis, dass die Diagnostik die zweithäufigste von zwölf Aufgaben für Sonderpädagogen in inklusiven Bildungsformen ist. Andererseits ist diese Kompetenz für Lehrkräfte der allgemeinbildenden Schulen in einem inklusiven Setting ebenso relevant. Eine zentrale Komponente des RtI-Modells als Rahmenkonzept für eine inklusive Schule stellen die „datenbasierten Entscheidungen“ (NCRTI 2010, S. 2) dar, die u.a. durch den Einsatz geeigneter diagnostischer Instrumente umgesetzt werden können. Des Weiteren wird im RtI-Modell der Einsatz von Screening-Verfahren (ebd.) zur frühzeitigen Feststellung von Schwierigkeiten gefordert. Für die Umsetzung dieser zentralen Merkmale ist das Wissen über geeignete diagnostische Verfahren eine wesentliche Voraussetzung und bildet die Grundlage für ein diagnostisches Urteil über die bestmögliche Unterstützung von Schülerinnen und Schülern.

Im Folgenden werden entsprechend der Zielstellung der Arbeit ausschließlich Verfahren für den Grundschulbereich vorgestellt. Darüber hinaus werden lediglich deutschsprachige sowie aktuelle Verfahren, d.h. Instrumente, die seit 2000 veröffentlicht wurden, aufgeführt. Es werden aufgrund des umfangreichen Angebots keine Diagnoseinstrumente vorgestellt, mit denen gleichzeitig mehrere Fähigkeitsbereiche getestet werden, wie dies bspw. in allgemeinen Schulleistungstests der Fall ist.

Standardisierte Testverfahren

Testverfahren, in denen die Gütekriterien in einem gewissen Umfang erfüllt sind sowie die Untersuchungsbedingungen und das Vorgehen genauestens beschrieben werden, gelten als standardisiert (Bundschuh, 2010, S. 121). Für die Diagnostik mathematischer Fähigkeiten sowie Schwierigkeiten eignen sich standardisierte Testverfahren, weil eine objektive, d.h. eine vom Testausführenden unabhängige Durchführung, Auswertung und Interpretation gegeben ist (Hesse & Latzko, 2011, S. 60). Ein weiterer Vorteil besteht in den Maßstäben, die derartige Verfahren zur Verfügung stellen, um die individuelle Ausprägung eines Merkmals auf einer Skala einordnen und bewerten zu können (ebd., S. 61).

Unterschiede zwischen diesen standardisierten Verfahren liegen u.a. in den theoretischen Grundlagen, auf der die Diagnostikverfahren basieren. Die entwicklungstheoretischen Vorstellungen nach Fritz und Ricken (2008) werden bspw. in dem Diagnoseinstrument „Kalkulie“ berücksichtigt. Die neuropsychologischen Grundlagen zum Erwerb mathematischer Inhalte nach Aster et al. (2005) bilden u.a. die Basis der Verfahren „TeDDy-PC“ sowie „ZAREKI-R“. Neben der entwicklungs- und neuropsychologischen Perspektive

finden im Diagnoseverfahren „BADYS“ auch kognitionspsychologische Grundlagen Berücksichtigung.

Ein weiterer Unterschied zwischen diesen Verfahren besteht in der Einsatzmöglichkeit. Simon und Grünke (2010, S. 34) nehmen in Anlehnung an Kretschmann (2006, S. 143) eine Unterscheidung bezüglich der Zeitpunkte vor, zu denen eine Diagnostik eingesetzt werden kann. Sie führen vier Zeitpunkte an:

- zu Schuljahresbeginn die Eingangsdiagnostik,
- bei Schwierigkeiten im mathematischen Lernen die Förderdiagnostik,
- während des Lernprozesses die prozessbegleitende Diagnostik sowie
- nach dem Lernprozess die Verlaufs- und Fortschreibungsdiagnostik (ebd., S. 34–42).

In Ergänzung zu dieser zeitlichen Unterteilung dient die diagnostische Überprüfung im RtI-Modell (NCRTI 2010, S. 2) neben der ständigen Überprüfung der Wirksamkeit der Lernangebote auch der frühzeitigen Identifikation von Schülerinnen und Schülern mit Lernschwierigkeiten. Diese Forderungen sollen auf den drei Präventionsebenen des RtI-Modells (ebd., S. 3) umgesetzt werden. Hierfür muss eine Passung zwischen den diagnostischen Verfahren und den unterschiedlichen Organisations- und Vermittlungsformen der drei Ebenen bestehen. Im Folgenden werden standardisierte, deutschsprachige Diagnostikinstrumente entsprechend der beschriebenen Einsatzmöglichkeiten den drei Ebenen universell, fokussiert oder intensiv zugeordnet.

Diagnostikinstrumente der *universellen Ebene* (Tabelle 4) lassen sich als Gruppenverfahren, d.h. mit einer gesamten Klasse, einsetzen. Mit diesen Instrumenten kann sowohl eine Eingangsdiagnostik als auch, im Sinne der Screening-Prozedur, eine frühzeitige Erkennung von anfänglichen Rechenschwierigkeiten erfolgen. Für ein Screening besteht bei den meisten Verfahren die Möglichkeit einzelne Subtests auszuwählen, um ausgewählte Fähigkeitsbereiche in einer kürzeren Testdurchführung zu überprüfen und gleichzeitig eine Normstichprobe für den Vergleich heranziehen zu können. Darüber hinaus liegen bei vielen Verfahren Paralleltestformen vor, sodass ein Abschreiben zwischen den Schülerinnen und Schülern verhindert wird. Zudem besteht durch die Parallelform die Möglichkeit einer wiederholten Messung im Sinne der Verlaufsdiagnostik.

Testverfahren, die der *fokussierten Ebene* zugeordnet werden (Tabelle 5), eignen sich sowohl für eine Einzel-, Kleingruppen- als auch für eine Gruppendurchführung. Ziel dieser Verfahren ist nicht nur das Überprüfen von mathematischen Inhalten, sondern auch das Abbilden der Strategien bzw. Vorgehensweisen, die bei den mathematischen Prozeduren verwendet werden. Für diese Verfahren liegen überwiegend Paralleltests vor, sodass auch hier eine Messwiederholung zur Abbildung eines Lernprozesses möglich ist.

Verfahren der *intensiven Ebene* (Tabelle 6) können ausschließlich im Einzelsetting durchgeführt werden und ermöglichen eine Differenzierung im unterdurchschnittlichen Leistungsspektrum. Aus diesem Grund bieten sich diese Verfahren für die Diagnose einer Rechenstörung (F81.2) entsprechend der ICD-10 (WHO, 2014, S. 338) an. Neben der Diagnostik mit derartigen Verfahren müssen dabei folgende diagnostische Kriterien berücksichtigt werden:

- Die Rechenleistung des Kindes muss eindeutig unterhalb des Niveaus liegen, welches aufgrund des Alters, der allgemeinen Intelligenz und der Schulklasse zu erwarten ist. (...)
- Die Lese- und Rechtschreibfähigkeiten des Kindes müssen im Normbereich liegen (...).
- Die Rechenschwierigkeiten dürfen nicht wesentlich auf unangemessene Unterrichtung oder direkt auf Defizite im Sehen, Hören oder auf neurologische Störungen zurückzuführen sein.
- Ebenso dürfen sie nicht als Folge irgendeiner neurologischen, psychiatrischen oder anderen Krankheit erworben worden sein (ebd.).

Neben den Einsatzmöglichkeiten der Verfahren werden in den nachfolgenden Übersichten (Tabelle 4-6) die mathematischen Inhalte der Diagnostikinstrumente mit den genauen Bezeichnungen der Subtests aufgeführt. Diese Informationen sollen neben der Einschätzung der Nützlichkeit hinsichtlich Ziel und Inhalt auch die Bewertung der Ökonomie, d.h. dem Verhältnis zwischen zeitlichem Umfang und Aussagekraft, ermöglichen. Zudem werden die Angaben zu der Objektivität, Reliabilität, Validität sowie der Normierung dargestellt. Für die Einordnung der Daten können folgende Richtlinie zu Grunde gelegt werden (Cohen, 1988, S. 79f.):

$r \geq .10$ kleiner Zusammenhang

$r \geq .30$ mittlerer Zusammenhang

$r \geq .50$ großer Zusammenhang

Die Interne Konsistenz lässt sich mittels Cronbachs α ausdrücken. Werden in einem Testverfahren Werte von $\alpha \geq .80$ erreicht, so kann die Interne Konsistenz als gut bewertet werden (Bortz & Döring, 2009; Schnell, Hill & Esser, 2011).

Tabelle 4 - Standardisierte Diagnostik mathematischer Leistungen für die universelle Ebene

	Verfahren	Einsatzbereich	Mathematische Inhalte	Gütekriterien
universelle Ebene	*DEMAT 1 bis 4* (Krajewski, Küspert & Schneider, 2002) (Krajewski, Liehm & Schneider, 2004) (Roick, Gölitz & Hasselhorn, 2004) (Gölitz, Roick & Hasselhorn, 2006)	*Ziel*: curricular-valide Leistungstestung *Klasse*: Ende 1. bis Ende 4. *Durchführung*: 45 Minuten	Mengen-Zahlen Zahlenraum Arithmetik Zahlenzerlegung/-ergänzung Teil-Ganzes Kettenaufgaben Ungleichungen Zahleneigenschaften Längenvergleich Verdoppeln/Halbieren Sachrechnen und Größen Geometrie	*Normierung*: 2936 (DEMAT 1), 4014 (DEMAT 2), 4209 (DEMAT 3) und 5266 (DEMAT 4) Schülerinnen und Schüler *Objektivität*: Durchführungs- & Auswertungsobjektivität gegeben *Validität*: $r = .77$ (DEMAT 1 & Mathematikleistung), $r = .52$ (DEMAT 1 & Intelligenz), $r = .66$ (DEMAT 2 & Mathematiknote), $r = .41$ (DEMAT 2 & Intelligenz), $r = -.61$ (DEMAT 3 & Mathematiknote), $r = .72$ (DEMAT 4 & Mathematikleistung) *Reliabilität*: Interne Konsistenz $\alpha = .89$ (DEMAT 1), $\alpha = .93$ (DEMAT 2), $\alpha = .83$ (DEMAT 3), $\alpha = .84$ (DEMAT 4); Paralleltestrelibilität $r = .83$ (DEMAT 3), $r = .63$ (DEMAT 4)
	DIRG (Grube, Weberschock, Blum & Hasselhorn, 2010)	*Ziel*: Speedtest (Einschätzung grundlegender Rechenfertigkeiten) *Klasse*: Ende 1. bis Ende 4. *Durchführung*: 16-30 Minuten (Modul BASIS), 7 Minuten (Modul Multiplikation), 7 Minuten (Modul Division), 13 Minuten (Modul Dreistellige Zahlen)	Addition & Subtraktion im Zahlenraum bis 20 mit und ohne Zehnerübergang Multiplikation im kleinen Einmaleins Division im kleinen Einsdurcheins Addition & Subtraktion dreistelliger Zahlen	*Normierung*: 5428 (Modul BASIS), 2034 (Modul Multiplikation), 1180 (Modul Division) & 2156 (Modul Dreistellige Zahlen) Schülerinnen und Schüler *Objektivität*: Durchführungs- & Auswertungsobjektivität gegeben *Validität*: $.65 < r < .89$ (Mathematikleistung), $.12 < r < .40$ (Intelligenz), $-.03 < r < .35$ (Konzentration), $-.46 < r < -.39$ (Mathematiknote) *Reliabilität*: Retestreliabilität $.65 < r < .94$

Tabelle 4 (Fortsetzung)

	Verfahren	Einsatzbereich	Mathematische Inhalte	Gütekriterien
universelle Ebene	*HRT 1-4* (Haffner, Baro, Parzer & Resch, 2005)	*Ziel*: Speed-Test (Lösungsgeschwindigkeit und Leistungsmenge bedeutsam) *Klasse*: Ende 1. bis Ende 4. *Durchführung*: ca. 50 Minuten	Rechenoperationen Logische Zahlenverarbeitung Mengenerfassung Räumlich-visuelle Fähigkeiten	*Normierung*: 3354 Schülerinnen und Schüler (Grund- & Förderschule) *Objektivität*: Durchführungs- & Auswertungsobjektivität gegeben *Validität*: $r = -.68$ (Mathematiknote), $r = .72$ (Mathematikleistung), $r = -.51$ (Deutschnote) *Reliabilität*: Retestreliabilität $r = .93$
	Inventar Rechenfische (Knopp & Hartke, 2010)	*Ziel*: Lernfortschrittsmessung *Klasse*: Mitte bis Ende 1. *Durchführung*: 2 x 45 Minuten	Zahl-Mengen-Zuordnung Addition Subtraktion Zahlen zerlegen Bild-Rechenoperation-Zuordnung Zahlreihen ergänzen Textaufgaben Größer-Kleiner-Vergleiche Zahlenstrahl Kettenaufgaben	*Normierung*: 1688 Schülerinnen und Schüler (Grund- & Förderschule) *Objektivität*: o.A. *Validität*: $.51 < r < .57$ (kognitive Fähigkeit), $r = .41$ (Lesegeschwindigkeit); $.73 < r < .79$ (Mathematikleistung) *Reliabilität*: Interne Konsistenz: $.98 < \alpha < .99$; Retestreliabilität $.68 < r < .76$

Tabelle 4 (Fortsetzung)

	Verfahren	Einsatzbereich	Mathematische Inhalte	Gütekriterien
universelle Ebene	*KEKS* (May & Bennöhr, 2013)	*Ziel*: Erfassung von Kompetenzen, Beschreibung von Lernentwicklungen *Klasse*: Anfang 1. bis Ende 4. *Durchführung*: 45 Minuten	Umgang mit Mengen Zählen Skalen ablesen, Zahlenstrahl ergänzen Zahlenfolge fortsetzen Einfaches, direktes Rechnen Komplexes, indirektes Rechnen Umgang mit dem Stellenwertsystem Umgang mit Brüchen	*Normierung*: 2254 (Klasse 1), 2286 (Klasse 2), 2272 (Klasse 3), 2304 (Klasse 4) Schülerinnen und Schüler *Objektivität*: Durchführungs- & Auswertungsobjektivität gegeben *Validität*: $.46 < r < .67$ (Lehrereinschätzung) *Reliabilität*: Interne Konsistenz: $\alpha = .93$; Paralleltestreliabilität $.68 < r < .99$
	KR 3-4 (Roick, Gölitz & Hasselhorn, 2012)	*Ziel*: Speed-Test (effiziente Bearbeitung von Aufgaben aus dem arithmetischen Faktenwissen) *Klasse*: Mitte 3. bis Ende 4. *Durchführung*: ca. 25 Minuten	Addition, Subtraktion, Multiplikation im Zahlenraum bis 20	*Normierung*: 3363 Schülerinnen und Schüler *Objektivität*: Durchführungs- & Auswertungsobjektivität gegeben *Validität*: $.66 < r < .74$ (Mathematikleistung) *Reliabilität*: Interne Konsistenz $\alpha = .99$; Retestreliabilität $r = .94$
	LVD-M 2-4 (Strathmann & Klauer, 2012)	*Ziel*: Veränderungsdiagnostik (Feststellung des Lernverlaufs und -fortschritts) *Klasse*: 2. bis 4. *Durchführung*: 15 Minuten	Addition Subtraktion Multiplikation Division	*Normierung*: 3471 Schülerinnen und Schüler *Objektivität*: Durchführungsobjektivität gegeben *Validität*: $.53 < r < .80$ (Mathematikleistung); $-.77 < r < -.54$ (Mathematiknote) *Reliabilität*: Testhalbierungsreliabilität $.70 < r < .92$; Trennschärfe $.61 < r < .91$

Tabelle 5 - Standardisierte Diagnostik mathematischer Leistungen auf der fokussierten Ebene

	Verfahren	Einsatzbereich	Mathematische Inhalte	Gütekriterien
fokussierten Ebene	*BIRTE 2* (Schipper, Wartha & Schroeders, 2013)	*Ziel*: Erfassung arithmetischer Kompetenzen & Differenzierung im unterdurchschnittlichen Leistungsbereich *Klasse*: Mitte 2. *Durchführung*: o.A.	Orientierung im Zahlenraum Basiskompetenzen Rechnen Grundvorstellungen	*Normierung*: 2087 Schülerinnen und Schüler *Objektivität*: Durchführungs-, Auswertungs- und Interpretationsobjektivität gegeben *Validität*: Mathematiknote $r = -.62$ *Reliabilität*: Interne Konsistenz $\alpha = .96$; Testhalbierungsreliabilität $r = .97$
	ERT 0+ bis 4+ (Lenart, Schaupp & Holzer, 2014) (Schaupp, Holzer & Lenart, 2007) (Lenart, Holzer & Schaupp, 2008) (Holzer, Schaupp & Lenart, 2010) (Schaupp, Lenart & Holzer, 2010)	*Ziel*: Erkennung von Rechenschwäche/Dyskalkulie *Klasse*: Mitte 1. bis Mitte 5. *Durchführung*: 60-120 Minuten (ERT 0+), 90 Minuten (ERT 1+), 60 Minuten (ERT 2+), 30-90 Minuten (ERT 3+), 90-135 Minuten (ERT 4+)	Kognitive Grundfertigkeiten Mengen-Wissen Zahlen-Wissen Mathematische Ordnungsstrukturen Algebraische Strukturen Größenbeziehungen Angewandte Mathematik	*Normierung*: 2094 (ERT 0+), 2117 (ERT 1+), 2538 (ERT 2+), 2473 (ERT 3+), 1848 (ERT 4+) Schülerinnen und Schüler *Objektivität*: Durchführungs- und Auswertungsobjektivität gegeben *Validität*: Mathematiknote $r = -.48$ (ERT 1+), $r = -.52$ (ERT 2+), $r = -.58$ (ERT 3+), $r = -.55$ (ERT 4+) *Reliabilität*: Interne Konsistenz $\alpha = .98$ (ERT 0+), $\alpha = .96$ (ERT 1+), $\alpha = .96$ (ERT 2+), $\alpha = .98$ (ERT 3+), $\alpha = .96$ (ERT 4+); Retestreliabilität $r = .78$ (ERT 0+), $r = .83$ (ERT 1+), $r = .85$ (ERT 2+), $r = .84$ (ERT 3+), $r = .88$ (ERT 4+); Testhalbierungsreliabilität $.86 < r < .98$ (ERT 1+), $.61 < r < .62$ (ERT 2+), $.90 < r < .96$ (ERT 3+), $.84 < r < .96$ (ERT 4+)

Tabelle 5 (Fortsetzung)

	Verfahren	Einsatzbereich	Mathematische Inhalte	Gütekriterien
fokussierten Ebene	*HaRet* (Lorenz, 2011)	*Ziel*: Eingangsdiagnostik & Erkennen einer Rechenschwäche *Klasse*: jeweils zu Beginn der 1. bis 4. *Durchführung*: 45 Minuten	Vergleichen; Eins-zu-Eins zuordnen; Suchbilder; Puzzle; Mosaik; Präpositionen; Bilder ordnen; Vergleichen von Mengen; Größere Zahlen umkreisen; Vorgänger/Nachfolger; Würfelaufgaben; Zahlenfolgen; Zahlen nach Größe ordnen; Addition/Subtraktion; Zahlenstrahl; Ungleichungen; Würfelnetze; Operationen finden; Textaufgaben; Rechenaufgaben; Klecksaufgaben; Ergänzen; Schätzaufgaben; Operationen	*Normierung*: 557 (HaRet 1), 546 (HaRet 2), 542 (HaRet 3), 512 (HaRet 4) Schülerinnen und Schüler der Vor- und Grundschule *Objektivität*: Durchführungs- und Auswertungsobjektivität gegeben *Validität*: o.A. *Reliabilität*: Interne Konsistenz $\alpha = .96$ (HaRet 1), $\alpha = .87$ (HaRet 2), $\alpha = .97$ (HaRet 3), $\alpha = .95$ (HaRet 4)
	Kalkulie (Fritz et al., 2009)	*Ziel*: Screening zur Identifizierung von Rechenschwäche *Klasse*: Beginn 1. bis Ende 3. *Durchführung*: ca. 45 Minuten (Teil 1 & 2), ca. 60 Minuten (Teil 3)	Diagnoseaufgaben Teil 1: pränumerische & elementar numerische Kompetenzen Diagnoseaufgaben Teil 2: strukturierte Vorstellungen von Zahlen & Zahlenraum, Zahlen als Quantitäten Diagnoseaufgaben Teil 3: Verfügbarkeit nicht-zählender Strategien, Teile-Ganzes-Verständnis, Automatisierung der Grundaufgaben	*Normierung*: 2513 Schülerinnen und Schüler *Objektivität*: Durchführungs- und Auswertungsobjektivität gegeben *Validität*: $r = .65$ (OTZ), $r = .69$ (DEMAT1+) *Reliabilität*: Interne Konsistenz $.77 < \alpha < .89$; Retest-Reliabilität $r > .90$; Testhalbierungsreliabilität $r = .40$

Tabelle 6 - Standardisierte Diagnostik mathematischer Leistungen auf der intensiven Ebene

	Verfahren	Einsatzbereich	Mathematische Inhalte	Gütekriterien
intensive Ebene	*BADYS 1-4* (Schardt & Merdian, 2012)	*Ziel*: Dyskalkuliediagnostik *Klasse*: Ende 1. bis Anfang 6. *Durchführung*: je nach Form 50-90 Minuten	Visuell-räumliche Grundfertigkeiten Gedächtnisleistung Mathematische Begriffe Mengenerfassung Zahlerfassung Addition & Subtraktion Multiplikation & Division Umgang mit Maßen	*Normierung*: 1957 Schülerinnen und Schüler *Objektivität*: Durchführungs- und Auswertungsobjektivität vorhanden *Validität*: $r = -.50$ (Langform & Mathematiknote), $r = -.56$ (Kurzform & Mathematiknote), $r = .80$ (Langform & Demat 1), $r = .58$ (Langform & Demat 2), $r = .72$ (Langform & HRT 3), $r = .66$ (Langform & HRT 4) *Reliabilität*: Interne Konsistenz $.88 < \alpha < .92$
	BASIS-MATH 4-8 (Moser Opitz et al., 2010)	*Ziel*: Erkennen einer Rechenschwäche *Klasse*: Ende 4. bis Ende 8. *Durchführung*: 20-45 Minuten	Mathematischer Basisstoff (Zählen, Beziehung Teil-Ganzes, Dezimalsystem, Mathematisierungsfähigkeit & Problemlösen) Rechenwege (Rechenwege beim Kopfrechnen & bei halbschriftlichen Aufgaben)	*Normierung*: 692 Schülerinnen und Schüler mit & ohne mathematische Schwierigkeiten (Grund-, Sekundar-, Förderschulen) *Objektivität*: Durchführungs-, Auswertungs- & Interpretationsobjektivität gegeben *Validität*: $r = .57$ (Einschätzung der Lehrkraft) *Reliabilität*: Interne Konsistenz $\alpha = .92$; Testhalbierungsreliabilität $r = .87$

Tabelle 6 (Fortsetzung)

	Verfahren	Einsatzbereich	Mathematische Inhalte	Gütekriterien
intensive Ebene	*RZD 2-6* (Jacobs & Petermann, 2005)	*Ziel*: Qualitative Bearbeitungs- und Fehleranalyse *Klasse*: Ende 2. bis Mitte 6. *Durchführung*: 30-45 Minuten	Zahlen lesen & schreiben Abzählen vorwärts und rückwärts Positionen auf dem Zahlenstrahl Mengenschätzen Kontextbezogene Mengenschätzung Größenvergleich von Zahlen (visuell & verbal) Kopfrechnen Addition, Subtraktion, Multiplikation, Division Schriftliches Rechnen Flexibles Anwenden Regelverständnis Zählrahmen Textaufgaben	*Normierung*: 497 Schülerinnen und Schüler *Objektivität*: Durchführungs- und Auswertungsobjektivität gegeben *Validität*: $r = -.39$ (Schulnote), $r = -.44$ (Elternurteil) *Reliabilität*: Interne Konsistenz $\alpha = .91$
	TeDDy-PC (Schroeders & Schneider, 2008)	*Ziel*: Dyskalkuliediagnostik & Feststellung mathematischer Hochbegabung *Klasse*: Ende 1. bis Anfang 4. *Durchführung*: ca. 25 Minuten	Grundrechenarten Erkennen geometrischer Figuren Sachaufgaben	*Normierung*: 796 Schülerinnen und Schüler *Objektivität*: Durchführungs-, Auswertungs- & Interpretationsobjektivität gegeben *Validität*: $-.55 < r < -.66$ (Mathematiknote), $.57 < r < .62$ (Mathematikleistung), $.35 < r < .45$ (Konzentration) *Reliabilität*: Testhalbierungsreliabilität $r = .90$; Interne Konsistenz $.50 < \alpha < .90$

Tabelle 6 (Fortsetzung)

	Verfahren	Einsatzbereich	Mathematische Inhalte	Gütekriterien
intensive Ebene	*TEDI-MATH* (Kaufmann et al., 2009)	*Ziel*: Dyskalkuliediagnostik, Verlaufsdiagnostik & qualitative Bewertung *Klasse*: Ende Kindergarten bis Mitte 3. *Durchführung*: je nach Batterie (Kern- oder Gesamtbatterie) 30 bis 70 Minuten	Zählprinzipien Zahlenverarbeitung Rechnen	*Normierung*: 873 Schülerinnen und Schüler *Objektivität*: Durchführungs-, Auswertungs- und Interpretationsobjektivität vorhanden *Validität*: $r = -.58$ (Mathematiknote) *Reliabilität*: Interne Konsistenz $\alpha = .84$; Retestreliabilität $r = .92$
	ZAREKI-R (Aster et al., 2009)	*Ziel*: Dyskalkuliediagnostik (Überprüfung der verschiedenen Kompetenzen der kognitiven Zahlenverarbeitung) *Klasse*: 1. bis 4. *Durchführung*: ca. 35 Minuten	Zahlen- und Faktenwissen Analog-semantische & arithmetische Fähigkeiten Zählfertigkeiten Numerisches Arbeitsgedächtnis	*Normierung*: 764 Schülerinnen und Schüler *Objektivität*: Durchführungs- und Auswertungsobjektivität gegeben *Validität*: $r = .64$ (Mathematiknote) *Reliabilität*: Interne Konsistenz $\alpha = .97$

Nicht-standardisierte Testverfahren

Neben diesen standardisierten Verfahren gibt es weitere Verfahren, die bis dato hinsichtlich der Gütekriterien nicht überprüft wurden. Darüber hinaus liegen für diese Instrumente keine standardisierten Durchführungs- und Auswertungsbeschreibungen vor. Dies ist ein zentrales Merkmal und ein Vorteil dieser Verfahren, um flexibel auf die individuellen Voraussetzungen während der Testung reagieren zu können. Diese Testverfahren zeichnen sich ferner durch eine qualitative Vorgehensweise aus, sodass der Fokus auf der individuellen Be- und Verarbeitung mathematischer Aufgaben liegt.

Das *Diagnostische Inventar zur Förderung Mathematischer Basiskompetenzen* (DIFMaB, de Vries, 2013) bietet sowohl die Möglichkeit der Diagnostik der individuellen Lernvoraussetzungen als auch die Planung sowie Dokumentation der Förderung. Die Durchführung der Diagnostik erfolgt in einer Einzelsituation. Dabei werden Aufgaben aus dem pränumerischen Bereich, Aspekte des Zahlenbegriffs sowie Rechenkompetenzen getestet. Diese drei Inhaltsbereiche werden mit unterschiedlichen Materialien auf den drei Zugangsebenen enaktiv, ikonisch und symbolisch nach Bruner (1974, S. 17) getestet. In einem Gespräch zwischen Lehrkraft und Schülerin bzw. Schüler erfolgt die Bearbeitung der 21 Aufgabenblöcke, welche jeweils auf drei Niveaustufen entsprechend der Zugangsebenen differenziert werden. Die Bewertung der Aufgabenbearbeitung erfolgt ebenfalls auf drei Ebenen: Hier kann zwischen der eigenständigen Bearbeitung und der Bearbeitung mit wenig oder mit viel Hilfe unterschieden werden. Der Einsatz dieses Testverfahrens auf der intensiven Ebene eignet sich für die Einschätzung der Fähigkeiten im Bereich der mathematischen Vorläuferfertigkeiten bzw. im Bereich des Anzahl- und Mengenkonzepts.

Das *Elementarmathematische Basisinterview* (EMBI, Peter-Koop, Wollring, Spindeler & Grüßing, 2007) eignet sich für die Feststellung mathematischer Vorläuferfertigkeiten im Kindergarten, der Vorschule sowie der Grundschule. Zentrale Inhalte sind im Bereich der Arithmetik das Zählen, die Stellenwerte, Strategien bei der Addition und Subtraktion sowie Strategien bei der Multiplikation und Division (Peter-Koop et al., 2007). Zudem liegt eine weitere Form dieses Verfahrens für den Bereich der Größenvorstellungen vor. Für die Bewertung der Leistungen gibt es sechsstufige Skalen, mit denen die „Ausprägung“ einer Fähigkeit eingestuft werden kann. Für die Mehrzahl der Aufgaben werden Kriterien für das Beenden einer Aufgabe definiert, sodass eine Überforderung und damit verbundene negative Emotionen vermieden werden. Das Interview kann in einzelnen Teilen durchgeführt werden und sollte dabei nicht länger als 30 Minuten sein. Es bietet auf intensiver Ebene eine Möglichkeit für die Beschreibung der individuellen Fähigkeiten. Schwierigkeiten bestehen jedoch darin, dass für diese Diagnostik sowohl gute sprachliche Fähigkeiten wie auch ein gewisser mathematischer Wortschatz bei den Schülerinnen und Schülern vorhanden sein müssen. Zudem ist eine hohe fachliche Kompetenz auf Seiten des Durchführenden in diesen Themenbereichen notwendig, um die Ausprägung der Fähigkeiten realistisch einschätzen zu können.

Die *Fehleranalyse* stellt innerhalb einer positiven Fehlerkultur (Spychiger, Oser, Hascher & Mahler, 1999, S. 44) bzw. innerhalb eines positiven Fehlerklimas (Steuer, 2014, S. 50) einen wichtigen Aspekt dar. Dabei sind Fehler ein zentraler

Teil des Lernprozesses und müssen dementsprechend gewürdigt sowie bearbeitet werden. Die Fehleranalyse ist im diagnostischen Prozess der ersten Phase, dem Einholen von Vorinformationen, zuzuordnen (Scherer & Moser Opitz, 2010, S. 42) und dient als Grundlage für die Hypothesenbildung sowie deren Überprüfung mittels weiterer diagnostischer Verfahren (Bundschuh, 2010, S. 135). Bei der Fehleranalyse bezüglich mathematischer Inhalte wird davon ausgegangen, dass Schülerinnen und Schülern unterschiedliche Fehler machen und diese speziellen Kategorien zugeordnet werden können. Hierbei liegen sehr allgemeine Kategorisierungen vor, bspw. typische oder systematische Fehler nach Käser (2011, S. 170), bis hin zu sehr differenzierten Kategorisierungen für den Bereich der Arithmetik von Winter (2011) und für den Bereich der Bruchrechnung von Eichelmann, Narciss, Schnaubert und Melis (2012) (Tabelle 7).

Tabelle 7 - Fehlerkategorien für den Bereich der Arithmetik nach Winter (2011) und der Bruchrechnung nach Eichelmann et al. (2012)

Arithmetik	Fehler in der Arithmetik in halbschriftlichen und mündlichen Rechenverfahren, operationsübergreifend
	Nullfehler in verschiedenen Operationen und Rechenverfahren
	nur in schriftlichen Verfahren auftretende typische Fehler
	Persevationsfehler in mündlichen und schriftlichen Rechenverfahren
	Übertragsfehler in verschiedenen Rechenverfahren, insbesondere schriftlichen
Bruchrechnung	Typische Fehler beim Repräsentieren von Brüchen
	Typische Fehler beim Umwandeln gemischte Zahl – Bruch
	Typische Fehler beim Umwandeln Bruch – ganze Zahl
	Typische Fehler beim Vergleichen und Ordnen von Brüchen
	Typische Fehler bei der Bildung des Hauptnenners
	Typische Fehler beim Erweitern
	Typische Fehler beim Kürzen
	Typische Fehler beim Addieren von Brüchen
	Typische Fehler beim Subtrahieren von Brüchen

Bei der Durchführung dieser diagnostischen Vorgehensweise muss berücksichtigt werden, dass möglichst alle kognitiven Prozeduren durch die Schülerinnen und Schüler verbalisiert bzw. schriftlich festgehalten werden. Eine Schwierigkeit im Bereich Mathematik liegt darin, dass unterschiedliche Vorgehensweisen beim Rechnen zum selben Ergebnis führen können (Scherer & Moser Opitz, 2010, S. 43), sodass ungünstige Strategien teilweise schwer identifizierbar sind. Für Schülerinnen und Schüler mit Prüfungsangst besteht hingegen eine Chance in diesem diagnostischen Vorgehen: Für die Umsetzung der Analyse ist keine standardisierte Durchführung nötig, d.h. sämtliche Arbeitsergebnisse von Lernenden können für die diagnostische Überprüfung genutzt werden. Diese geringe Standardisierung fordert jedoch eine hohe Fachkompetenz beim Diagnostizierenden, sowohl für die Aufgabengenerierung als auch für die Auswertung und Interpretation. Daraus lässt sich schlussfolgern,

dass der Einsatz der Fehleranalyse auf universeller Ebene, d.h. für die Durchführung mit einer Klasse, nicht geeignet ist. Vielmehr bietet sie sich für den Einsatz auf fokussierter und intensiver Ebene an, sodass in Kleingruppen oder mit einzelnen Schülerinnen oder Schülern dieses diagnostische Vorgehen durchgeführt werden kann.

Kompetenzdiagnostik

Eine diagnostische Alternative zu den zuvor dargestellten Verfahren bilden Aufgaben, die im Rahmen von Unterrichtsevaluationen oder der Überprüfung der Bildungsstandards verwendet werden (Fritz & Ricken, 2008, S. 63). Sowohl in internationalen Schulleistungsstudien, wie PISA und TIMSS, in nationalen Schulleistungsstudien, wie MARKUS und QUASUM, als auch in Vergleichsarbeiten, wie VERA, werden mathematische Leistungen erhoben. Ähnlich wie in dem Kompetenzstrukturmodell nach Reiss (2004) erfolgt in derartigen Studien die Formulierung von Kompetenzstufen, die die Entwicklung einer spezifischen Leistung abbilden. Drei Verfahren, in denen die Mathematikkompetenzen in der Grundschule im Fokus stehen, werden näher aufgeführt (Tabelle 8).

Tabelle 8 - Verfahren zur Kompetenzdiagnostik mathematischer Leistungen in der Grundschule

	Verfahren	Zielgruppe	Mathematische Inhalte	Kompetenzstufen
Universelle Ebene	*ILEA* Individuelle Lernstandsanalyse (Landesinstitut für Schule und Medien Berlin-Brandenburg, 2010a) (Landesinstitut für Schule und Medien Berlin-Brandenburg, 2010b) (Landesinstitut für Schule und Medien Berlin-Brandenburg, 2010c)	1. bis 3. Klasse	Pränumerische Kompetenzen Zahlen und Operationen Formen und Veränderung	*Klasse 1:* 1. Stufe: Die Kinder können Gegenstände nach ihren Eigenschaften sinnvoll unterscheiden und ordnen. (...) Eventuell können Kinder auf dieser Stufe die Zahlwortreihe bis 10 aufsagen (...). 2. Stufe: Die Kinder können einer vorliegenden Menge von Elementen eine gleichmächtige Menge zuordnen und diese Mengen nach mehr, weniger, gleichviel beurteilen. Allerdings lassen sie sich beim Vergleich der Mächtigkeit von der Anordnung und/oder von deren Aussehen irritieren. (...) 3. Stufe: Die Kinder können die Mengen bis zu 5 Elementen simultan erfassen und sie nach dem Merkmal der Anzahligkeit mit einem Zahlwort benennen, vergleichen, ordnen und zerlegen. Die Kinder haben verstanden, dass die Mächtigkeit einer Menge unabhängig von der Anordnung, Größe und der Form der Dinge ist. (...) Im Zahlenraum bis 10 können sie rechnen, wenn eine praktische oder eine vorstellbare Handlungssituation gegeben ist. (...) 4. Stufe: Die Kinder können im Zahlenraum bis 10 die Zahlen zerlegen. Sie haben die Zeichen +, -, = verstanden und rechnen damit im Zahlenraum bis 10. (...) 5. Stufe: Die Kinder verfügen über stabile Zahlvorstellungen und haben bereits Einblick in das Stellenwertsystem der natürlichen Zahlen entwickelt. Sie addieren und subtrahieren mit Überschreitung des Zehners (...). *Klasse 2 und 3:* Grundfähigkeiten: Solche von den Kindern erworbenen Grundfähigkeiten sind von zentraler Bedeutung für eine erfolgreiche Nutzung von Mathematik und basieren auf der Anwendung von elementaren Kenntnissen. Mathematisches Modellieren: Sachtexten und anderen Darstellungen der Lebenswirklichkeit die relevanten Informationen entnehmen; Sachprobleme in die Sprache der Mathematik übersetzen, innermathematisch lösen und diese Lösung auf die Ausgangssituation beziehen; zu Termen, Gleichungen und bildlichen Darstellungen Sachaufgaben formulieren.

Tabelle 8 (Fortsetzung)

	Verfahren	Zielgruppe	Mathematische Inhalte	Kompetenzstufen
Universelle Ebene	*TIMSS* Trends in International Mathematics and Science Study (Mullis, Martin, Foy & Arora, 2012, S. 87; Bos et al., 2012, S. 89)	4. Klasse	Arithmetik Geometrie & Messen Umgang mit Daten	I Die S. verfügen über ein elementares mathematisches Basiswissen. II Die S. können elementares mathematisches Wissen sowie elementare mathematische Fertigkeiten und Fähigkeiten in einfachen Situationen anwenden. III Die S. können ihre mathematischen Fertigkeiten und Fähigkeiten anwenden und für das Lösen von Problemen verwenden. IV Die S. können ihr mathematisches Wissen sowie die Fertigkeiten und Fähigkeiten beim Lösen vielfältiger komplexer Probleme anwenden und ihre Vorgehensweise begründen.
	VERA Vergleichsarbeiten (Kultusministerkonferenz, Institution zur Qualitätsentwicklung im Bildungswesen (IQB) & Institution zur Qualitätsentwicklung im Bildungswesen, 2013)	3. Klasse	Zahlen oder Operationen oder Daten und Häufigkeit oder Wahrscheinlichkeit	I Technische Grundlagen (Routineprozeduren auf Grundlage einfachen begrifflichen Wissens) II Mindeststandard: Einfache Anwendungen von Grundlagenwissen (Routineprozeduren in einem klar strukturieren Kontext) III Regelstandard: Erkennen und Nutzen von Zusammenhängen in einem vertrauten (mathematischen und sachbezogenen) Kontext IV Regelstandard plus: Sicheres und flexibles Anwenden von begrifflichem Wissen und Prozeduren im curricularen Umfang V Optimalstandard: Modellierung komplexer Probleme unter selbstständiger Entwicklung geeigneter Strategien

Anmerkung: S. Schülerinnen und Schüler

3.3 Unterstützung des Lernens im Mathematikunterricht

Ziel des Mathematikunterrichts der Primarstufe ist laut dem Kerncurriculum sowohl die Vermittlung prozessbezogener Kompetenzen, wie das Argumentieren und Kommunizieren, Darstellen, Modellieren sowie Problemlösen, als auch die Vermittlung von Kompetenzen in den Inhaltsbereichen Zahlen und Operationen, Größen und Messen, Raum und Form, Muster und Strukturen sowie Daten und Zufall (Niedersächsiches Kultusministerium, 2006, S. 13). Der amerikanische Lehrerverband der Mathematiklehrkräfte hat neben curricularen Standards, die den inhalts- und prozessbezogenen Kompetenzen des Kerncurriculums ähneln, sechs allgemeingültige Prinzipien veröffentlicht, die eine Orientierung für den Mathematikunterricht bieten sollen (NCTM, 2000, 2014):

- Gerechtigkeit: Ein exzellenter Mathematikunterricht erfordert eine Gleichberechtigung, d.h. allen Schülerinnen und Schüler wird eine hohe Erwartung entgegengebracht und alle erhalten eine intensive Unterstützung.
- Curriculum: Der Lehrplan muss mehr als eine Sammlung von Unterrichtsthemen sein. Das Curriculum muss schlüssig sein, die zentralen mathematischen Inhalte fokussieren sowie für die verschiedenen Klassenstufen verständlich formuliert sein.
- Vermittlung: Die effektive Vermittlung mathematischer Inhalte erfordert die Kenntnis darüber, was Schülerinnen und Schüler bereits wissen und was sie noch lernen müssen. Um diese Inhalte gut zu lernen, werden die Schülerinnen und Schüler gefordert und gefördert.
- Lernen: Das Lernen mathematischer Inhalte erfordert ein Verständnis der Schülerinnen und Schüler für diese Inhalte. Ausgehend von vorhandenen Erfahrungen und Vorkenntnissen muss neues Wissen aufgebaut werden.
- Methoden: Die Methoden sind bedeutsam sowohl für die Vermittlung als auch für das Lernen mathematischer Inhalte. Sie beeinflussen den Mathematikunterricht und verbessern das Lernen für die Schülerschaft. (ebd., Übersetzung d. Verf.)

Neben dem Curriculum, in dem inhaltliche Kompetenzen und Ziele für die verschiedenen Klassenstufen beschrieben werden, bedarf es folglich einer Aufstellung, welche Vermittlungsformen und welche Methoden alle Schülerinnen und Schüler im Lernen von mathematischen Inhalten unterstützen. Dieses wird nachfolgend vorgenommen. Dabei liegt der Fokus auf der Umsetzung des Mathematikunterrichts in einem inklusiven Schulsetting, sodass die Prävention von sowie die Intervention bei Mathematikschwierigkeiten gleichzeitig berücksichtigt werden. Eingangs erfolgt die Beschreibung eines Rahmenkonzepts für den Mathematikunterricht in einem inklusiven Setting (Kapitel 3.3.1). Nachfolgend werden lernförderliche Methoden für den Einsatz im Mathematikunterricht auf der universellen Ebene der Unterstützung beschrieben (Kapitel 3.3.2). Abschließend erfolgt die Darstellung fokussierter und intensiver Unterstützungsmöglichkeiten zur Differenzierung und Individualisierung bei heterogenen Lerngruppen (Kapitel 3.3.3).

3.3.1 Unterstützung entsprechend des RtI-Modells

Das RtI-Modell bietet nach Gersten et al. (2009, S. 1) auch einen geeigneten Rahmen für Schülerinnen und Schüler mit Schwierigkeiten in Mathematik: „use Response to Intervention (RtI) to identify students who need assistance in mathematics and to address the needs of these students through focused interventions“. Dieses schulische Rahmenkonzept ermöglicht die frühzeitige Identifizierung von Schülerinnen und Schüler mit Rechenschwierigkeiten mittels regelmäßiger Überprüfung der mathematischen Fähigkeiten. Auf Grundlage dieser Daten können Entscheidungen über eine passgenaue Unterstützung der mathematischen Schwierigkeiten mit evidenzbasierten Vermittlungsformen getroffen werden. Einzelne Forschungsergebnisse (Ardoin, Witt, Connell & Koenig, 2005; Duhon, Mesmer, Atkins, Greguson & Olinger, 2009; Prewett et al., 2012) bestätigen die Realisierbarkeit sowie einen lernförderlichen Effekt des RtI-Modells im Mathematikunterricht. Im Folgenden wird die Umsetzung dieses Rahmenmodells für den Mathematikunterricht detailliert dargestellt (Abbildung 15).

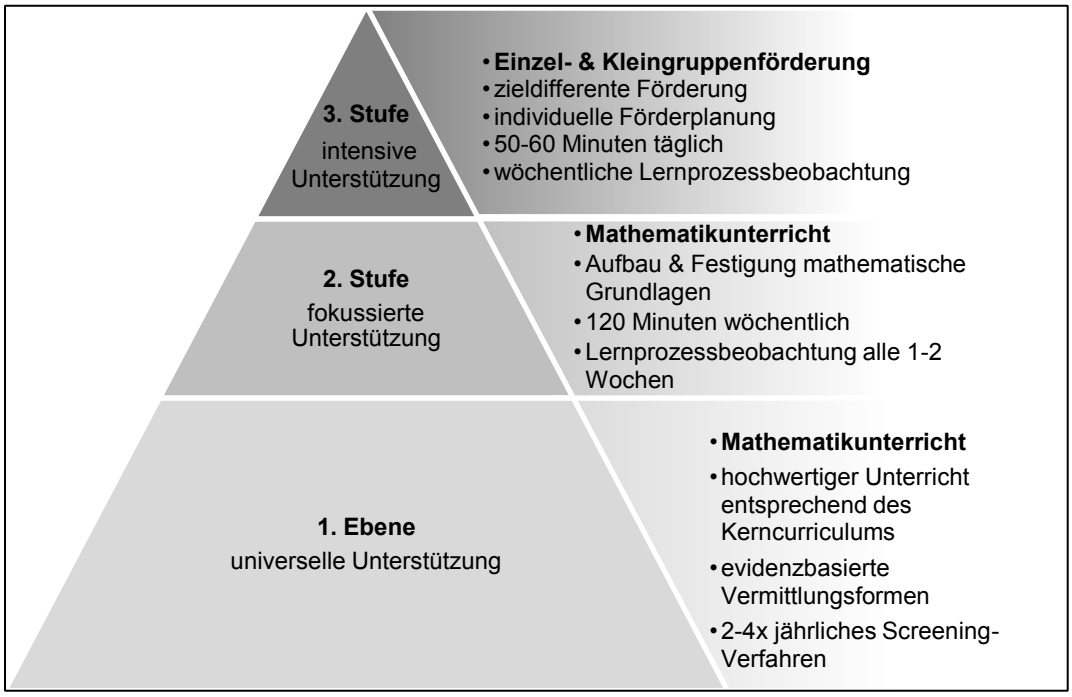


Abbildung 15 - Mehrstufiges Unterstützungssystem für den Mathematikunterricht

Auf der ersten, der *universellen Ebene* erhalten alle Schülerinnen und Schüler den täglichen Mathematikunterricht (Forbringer & Fuchs, 2012; Lembke, Hampton & Beyers, 2012, S. 265) entsprechend des Kerncurriculums (z.B. Niedersächsiches Kultusministerium, 2006) bzw. den Bildungsstandards (Sekretariat der Ständigen Konferenz der Kultusminister der Länder in der Bundesrepublik Deutschland (KMK), 2005a). Ziel dabei ist es, allen Lernenden ein fundiertes Verständnis in den mathematischen Inhalten zu vermitteln (Mahlau et al., 2014, S. 109). Wie Mathematikunterricht gestaltet sein muss, um diese Ziele zu erreichen, lässt sich nicht genau spezifizieren: „There is no clear consensus on the characteristics of instruction other than that it is ‘high quality’”

(Gersten, Beckmann, et al., 2009, S. 5). Es wird jedoch gefordert, dass der Mathematikunterricht auf dieser Ebene auf die Bedürfnisse aller Schülerinnen und Schüler einer Klasse abgestimmt sein muss (ebd.). Somit bedarf es einer Differenzierung im Mathematikunterricht entsprechend der variierenden Fähigkeiten (Forbringer & Fuchs, 2012, S. 5; Lembke et al., 2012, S. 266). Zusammenfassend gibt es für diese Ebene einen Forschungsbedarf hinsichtlich einer effektiven Unterrichtsgestaltung sowie wirksame Instruktionsformen, die im Mathematikunterricht für die gesamte Klasse eingesetzt werden können und bereits an dieser Stelle präventiv zur Vermeidung von mathematischen Lernschwierigkeiten dienen.

Ob neben dem regulären Unterricht auf der ersten Ebene eine zusätzliche Unterstützung für das Lernen mathematischer Inhalte notwendig ist, muss durch eine entsprechende Diagnostik festgestellt werden. Screening-Verfahren, die im Mathematikunterricht zwei bis vier Mal im Jahr eingesetzt werden, dienen der frühzeitigen Erkennung eines Unterstützungsbedarfs im Lernen mathematischer Inhalte (Forbringer & Fuchs, 2012, S. 2f.). Diese Verfahren charakterisieren sich durch einen begrenzten Zeitumfang, durch die Durchführung mit der gesamten Lerngruppe und durch die Möglichkeit, Schülerinnen und Schülern mit kritischen Mathematikleistungen zu identifizieren (Tröster, 2009, S. 68). Für die Primarstufe empfehlen Lembke, Hampton und Beyers (2012, S. 259) sowohl Aufgaben im Bereich der mathematischen Vorläuferfertigkeiten (Zahlenwissen, Zählen und Mengenvergleiche), Rechenaufgaben, Vervollständigen von Gleichungen als auch Aufgaben zum Thema Daten, Zeit und Längenmaße. Ein standardisiertes Screening-Instrument zur Früherkennung mathematischer Schwierigkeiten liegt im deutschsprachigen Raum bisher nicht vor. Dennoch können die vorhandenen Diagnostikinstrumente bzw. ausgewählte Subskalen dieser Verfahren auf der universellen Ebene als Screening genutzt werden. Die jeweiligen Angaben der verschiedenen Testverfahren zu den Grenzen der Risikobereiche können als Cut-off-Werte genutzt werden (Tabelle 9), die eine Differenzierung zwischen auffälligen und unauffälligen Testergebnissen (Tröster, 2009, S. 109) ermöglichen.

Tabelle 9 - Standardisierte Diagnostikinstrumente der universellen Ebene mit Cut-off-Werten

	Verfahren	**Cut-off-Werte**	
		Prozentrang	T-Wert
universelle Ebene	*DEMAT 1* (Krajewski et al., 2002)	$PR = 25$	$T = 40$
	DEMAT 2+ (Krajewski et al., 2004)	$PR = 25$	$T = 40$
	DEMAT 3+ (Roick et al., 2004)	$PR = 24$	$T = 42$
	DEMAT 4+ (Gölitz et al., 2006)	$PR = 24$	$T = 42$
	DIRG (Grube et al., 2010)	$PR = 15$	$T = 40$
	HRT 1-4 (Haffner et al., 2005)	$PR = 25$	$T = 45$
	KEKS (May & Bennöhr, 2013)	$PR = 25$	-
	KR 3-4 (Roick et al., 2012)	$PR = 24$	$T = 42$

Um eine frühzeitige Feststellung von Mathematikschwierigkeiten zusätzlich zu dem zweimal jährlichen Screening zu gewährleisten, ist eine fortlaufende Beobachtung des Lernprozesses von großer Bedeutung (U.S. Department of Education, 2014). Diese Beobachtung sollte ebenfalls mit geeigneten Diagnostikinstrumenten erfolgen, die sowohl standardisiert sind und gleichzeitig den Lernprozess valide abbilden. Dies bedeutet, dass die Verfahren direkt die Inhalte des Mathematikunterrichts abfragen und während einer Themeneinheit in kurzen Abständen wiederholt zum Einsatz kommen müssen, jedoch selbst wenig Zeit in Anspruch nehmen dürfen. Diese Kriterien erfüllen curriculumbasierte Messverfahren (Deno, 2003, S. 185). Für den deutschsprachigen Raum liegen für die erste Klasse das ‚Inventar Rechenfische' (Knopp & Hartke, 2010) und für die zweite bis vierte Klasse die LVD-M 2-4 (Strathmann & Klauer, 2012) vor (Tabelle 4). Liegen die Ergebnisse bei einem derartigen Verfahren zu drei Zeitpunkten unterhalb einer zuvor ermittelten Ziellinie (Walter, 2009, S. 168) bzw. einer Leistungsprognose (Voß & Hartke, 2014, S. 87), so muss dies als auffällig bewertet werden.

Basierend auf Daten aus Screenings bzw. Lernprozessbeobachtungen kann je nach Bedarf nach einer differenzierteren Diagnostik (Mahlau et al., 2014, S. 111) eine zusätzliche, zielgerichtete Unterstützung auf der zweiten, der fokussierten Ebene angeboten werden. Diese Unterstützung erfolgt zusätzlich zum Mathematikunterricht der ersten Ebene und sollte ungefähr 120 Minuten, das heißt 30 Minuten an vier Tagen der Woche (Forbringer & Fuchs, 2012, S. 4) umfassen. Ziel ist es in Kleingruppen mathematische Fertigkeiten aufzubauen (Gersten, Beckmann, et al., 2009, S. 5) bzw. fehlende Grundlagen zu festigen (Forbringer & Fuchs, 2012, S. 5), die die Schülerinnen und Schüler für das Lernen im Mathematikunterricht benötigen. Zeigen sich in der ein- bis zweiwöchentlichen Lernprozessbeobachtung wiederum auffällige Werte, so ist eine zusätzliche Unterstützung auf der dritten Ebene, der intensiven Unterstützung, in einem Kleingruppen- oder Eins-zu-Eins-Setting (Gersten, Beckmann, et al., 2009, S. 5) empfehlenswert. Inhaltliches Ziel ist ebenfalls der gezielte Aufbau fehlender Kenntnisse. Je nach individuellem Unterstützungsbedarf kann auf dieser Ebene auch eine zieldifferente Förderung erfolgen, sodass nicht die Inhalte des Curriculums der ersten Ebene im Vordergrund stehen (Forbringer & Fuchs, 2012, S. 6). Dies ist mit einer individuellen Förderplanung und wöchentlichen Lernprozessbeobachtungen verbunden und sollte täglich in einem Umfang von 50 bis 60 Minuten erfolgen (ebd.). Zeigen die Ergebnisse weiterer Screenings bzw. curriculumbasierter Lernprozessbeobachtungen keine auffälligen Ergebnisse, so kann die Unterstützung auf Ebene zwei und drei schrittweise ausgeblendet werden.

Nachfolgend werden sowohl die Gestaltung eines qualitativ hochwertigen Mathematikunterrichts zur universellen Unterstützung sowie evidenzbasierte Verfahren zur Unterstützung auf der zweiten und dritten Ebene dargestellt werden.

3.3.2 Universelle Unterstützung durch effektive Vermittlungsformen

Ein zentrales Prinzip des RtI-Modells ist der Einsatz von evidenzbasierten Vermittlungsformen (NCRTI 2010, S. 2), um einen qualitativ hochwertigen Unterricht zu gewährleisten. Evidenzbasierte Methoden bzw. Programme

kennzeichnen sich durch eine wissenschaftliche Überprüfung (NCRTI 2010, S. 6), bspw. mit einem starken Forschungsdesign, wie sie von Rost (2013, S. 140f.) beschrieben werden. Neben evidenzbasierten Verfahren wird der Einsatz von forschungsbasierten Lehrplänen bzw. Lehrwerken empfohlen (NCRTI 2010, S. 6). Bisher liegen im deutschen Sprachraum keine Lehrwerke bzw. Lehrpläne für den Mathematikunterricht vor, die als vollständiges Programm wissenschaftlich evaluiert sind. Lediglich die Lehrwerkreihe „Das Zahlenbuch“ (Wittmann & Müller, 2012) aus dem Forschungsprojekt Mathe 2000+ (Wittmann & Müller, 2014) für die Grundschule kennzeichnet sich durch eine wissenschaftliche Fundierung, da evidenzbasierte Methoden sowie weitere Forschungsergebnisse berücksichtigt werden. Dennoch ist auch dieses Lehrwerk nicht als vollständiges Programm wissenschaftlich überprüft.

Ein qualitativ hochwertiger Mathematikunterricht kann dennoch umgesetzt werden, indem evidenzbasierte Unterrichtsmethoden zum Einsatz kommen. Im Sinne des RtI-Modells und der präventiven Ausrichtung des Unterrichts sollten vornehmlich Methoden verwendet werden, die eine positive Wirkung für Schülerinnen und Schüler mit Schwierigkeiten im Lernen mathematischer Inhalten besitzen und gleichzeitig im Klassensetting umgesetzt werden können. Seit 2000 liegen vier Metaanalysen vor (Baker et al., 2002; Kroesbergen & Luit, 2003; Gersten, Chard, et al., 2009; Ise et al., 2012), die ausgewählte Methoden bzgl. der Wirksamkeit für Schülerinnen und Schüler mit Unterstützungsbedarf in Mathematik untersuchen. Die Gegenüberstellung der vier Analysen (Tabelle 10) zeigt, dass die explizite bzw. direkte Instruktion, peergestützte Lernformen, Schülerfeedback sowie Selbst-/Strategieinstruktion übereinstimmend als effektiv bewertet werden. Lediglich in einer Metanalyse werden die Methoden Lehrerinstruktion anstelle Computerinstruktion, Verbalisierung mathematischer Gedanken, Visualisierungshilfen, Beispiele bzw. konkrete Gegenstände sowie das Lehrerfeedback angeführt. Im deutschsprachigen Raum liegen seit 2000 fünf Fachbücher vor (Fritz & Ricken, 2008; Werner, 2009; Scherer & Moser Opitz, 2010; Simon & Grünke, 2010; Born & Oehler, 2011), die sowohl die Förderung von Schülerinnen und Schülern mit mathematischen Schwierigkeiten fokussieren, als auch Unterrichtsmethoden zur Förderung dieser Zielgruppe empfehlen (Tabelle 11). In der weiteren deutschsprachigen Fachliteratur zum Thema Mathematikschwierigkeiten (Moser Opitz, 2007; Lorenz & Radatz, 2008; Gaidoschik, 2009) werden vornehmlich einzelne mathematische Inhalte und deren spezifische Verständnisprobleme, jedoch keine Unterrichtsmethoden fokussiert. Im Vergleich zu den vier Metaanalysen werden in der deutschsprachigen Literatur die Methoden peergestützte Lernformen, Lehrerinstruktion anstelle von Computerinstruktion und Lehrerfeedback zur Förderung von Schülerinnen und Schülern mit Mathematikschwierigkeiten nicht berücksichtigt. Die Methode Verbalisierung mathematischer Gedanken wird lediglich durch Werner (2009, S. 82) empfohlen. Die weiteren Methoden der Metaanalysen werden durch die deutschsprachigen Fachbücher mehrfach bestätigt. Zudem werden in der deutschsprachigen Literatur zwei weitere Unterrichtsmethoden zur Förderung angeführt: die Vorwissensaktivierung und das Üben. Nachfolgend sollen die einzelnen Methoden dargestellt und der konkrete Einsatz im Mathematikunterricht diskutiert werden.

Tabelle 10 - Metaanalysen zu effektiven Unterrichtsmethoden für Schülerinnen und Schüler mit Mathematikschwierigkeiten

Autor (Jahr)	Primär-studien	Methoden							
		Explizite/ Direkte Instruktion	Peer-gestützte Lernformen	Schüler-feedback	Selbst-/ Strategie-instruktion	Lehrer-instruktion anstelle Computer	Verbalisierung mathematischer Gedanken	Visualisie-rungen nutzen	Beispiele, konkrete Gegen-stände
Baker, Gersten & Lee (2002)[a]	$n = 15$ 1989-1999	$d = .58$[c]	$d = .66$	$d = .57$					
Kroesbergen & van Luit (2003)[a]	$n = 62$ 1985-2000	$d = .91$			$d = 1.45$	$d = 1.05$			
Gersten, Chard, et al. (2009)[a b]	$n = 42$ 1982-2005	$d = 1.22$	$d = 1.02$ (jahrgangs-übergreifend)	$d = .23$	$d = 1.56$		$d = 1.04$	$d = .47$	$d = .82$
Ise et al. (2012)	$n = 8$ 1997-2011					Computer: $d = .63$ Lehrer: $d = .57$ Therapeut: $d = 1.35$			

Anmerkung:
[a] Es werden die gewichteten Effektstärken mit einer signifikanten Abweichung von 0 angegeben.
[b] Die Autoren verwenden Hedges g als Effektstärkemaß, verwenden jedoch die gleiche Formel zur Berechnung der Effektstärke wie in den übrigen Metaanalysen. Zur besseren Vergleichbarkeit werden die Effekte hier mit Cohens d dargestellt.
[c] Die Größe der Effekte kann nach (Cohen, 1988, S. 25f.) wie folgt bewertet werden: $d \geq .20$ kleiner Effekt; $d \geq .50$ mittlerer Effekt; $d \geq .80$ großer Effekt.

Tabelle 11 - Empfohlene Unterrichtsmethoden für Schülerinnen und Schüler mit Mathematikschwierigkeiten in der deutschsprachigen Literatur

Autor (Jahr)	Methoden							
	Explizite/ Direkte Instruktion	Schüler-feedback	Selbst-/ Strategie-instruktion	Verbalisierung mathematischer Gedanken	Visualisierun-gen nutzen	Beispiele, konkrete Gegenstände	Vorwissens-aktivierung	Übung
Fritz & Ricken (2008)			X		X		X	X
Werner (2009)	X			X	X		X	
Scherer & Moser Opitz (2010)				X	X	X		X
Simon & Grünke (2010)	X	X					X	X
Born & Oehler (2011)	X	X	X		X	X	X	X

Die *explizite* bzw. *direkte Instruktion* zeigt in drei der vier Metaanalysen einen mittleren bis großen Effekt ($.58 < d < 1.22$) für die Lernleistung und wird in drei deutschsprachigen Fachbüchern empfohlen. Dabei handelt es sich um eine lehrerzentrierte Unterrichtsmethode, bei der die Lernziele, die Lerninhalte sowie der Lernprozess durch die Lehrkraft kleinschrittig vorstrukturiert werden (Grünke, 2006, S. 241). Die Schülerinnen und Schüler erschließen sich somit einen Lerninhalt nicht eigenständig, sondern er wird ihnen explizit bzw. direkt vorgestellt (Wember, 2007, S. 164). Zu berücksichtigen ist dabei, dass diese Instruktionsform nicht mit dem im deutschen Sprachraum bekannten Frontalunterricht identisch ist. Im Gegensatz zum Frontalunterricht, bei dem der Lerninhalt im Vordergrund steht, ist die explizite Instruktion durch eine Schülerorientierung gekennzeichnet (Wellenreuther, 2014b, S. 8). Ausgehend von den Schülerfähigkeiten erfolgt adaptiv die Konzeptionierung der Instruktionsphasen. Die direkte Instruktion umfasst nicht nur eine einzelne Unterrichtsphase, sondern besteht aus mehreren Teilschritten:

- Das Definieren von eindeutigen Lernzielen, welche beobachtbares Verhalten oder konkrete Lernerfolge beinhalten, stellen den ersten Schritt dar (Forbringer & Fuchs, 2012, S. 60f.). Innerhalb des Unterrichtseinstiegs wird die Bedeutung der Lerninhalte vorgestellt sowie eine Beurteilung vorgenommen, ob alle Schülerinnen und Schüler die notwendigen Vorkenntnisse besitzen (ebd., S. 59).
- In der anschließenden Phase werden die neuen Inhalte durch eine lehrerzentrierte Präsentation vorgestellt. Die Inhalte werden durch die Lehrkraft modellhaft mit der Methode „lautes Denken“ schrittweise und präzise verdeutlicht (ebd., S. 64).
- Um mögliche Missverständnisse oder Verständnisschwierigkeiten frühzeitig zu erkennen, folgt eine Phase der gelenkten Übung (ebd., S. 68). Dabei wenden die Schülerinnen und Schüler die neuen Inhalte an, wobei dieser Prozess durch die Lehrkraft strukturiert und begleitet wird. In dieser ersten Übungsphase erhalten einerseits die Schülerinnen und Schüler Rückmeldung, um mögliche Korrekturen vorzunehmen. Andererseits erhält die Lehrkraft anhand der Fragen und Probleme der Schülerinnen und Schüler Rückmeldung über das erreichte Verständnis bei den Schülerinnen und Schülern (ebd.).
- In der zweiten Übungsphase erfolgt die selbstständige Übung der neuen Inhalte. Diese Übungsphase sollte zum einen direkt nach der Präsentation der neuen Inhalte erfolgen, um deren Anwendung bei unterschiedlichen Aufgaben mit identischer Anforderung zu festigen (konzentrierte Übungsphase). Zum anderen sollte in immer größer werdenden Zeitabständen kleine Übungsphasen zur Wiederholung dieser Inhalte eingebaut werden (verteilte Übungsphase).
- Der Abschluss der expliziten Instruktion besteht aus einer Zusammenfassung der gelernten Inhalte durch die Schülerinnen und Schüler sowie einem Ausblick auf die nächsten Lernphasen (ebd., S. 59).

Die Methode der direkten Instruktion eignet sich im Mathematikunterricht besonders für die Vermittlung neuer Inhalte. Das modellhafte Lehrerverhalten

sowie die kleinschrittige Präsentation der neuen mathematischen Inhalte unterstützen die Verarbeitung dieser Informationen. Durch die verschiedenen Übungsphasen werden die neuen Inhalte zunehmend gefestigt, sodass eine langfristige Speicherung unterstützt wird.

Peergestützte Lernformen werden in den Metaanalysen ebenfalls mit einer mittleren bis großen Wirksamkeit ($.66 < d < 1.02$) für Schülerinnen und Schüler mit Mathematikschwierigkeiten aufgeführt. Peergestützte Methoden umfassen ein breites Spektrum verschiedenster Vorgehensweisen, wobei im Fokus sowohl der gemeinsame Lernprozess von mehreren Schülerinnen und Schülern als auch die gegenseitige Unterstützung zum Erreichen des Lernziels steht. Beim tutoriellen Lernen arbeiten zwei Schülerinnen bzw. Schüler mit verteilten Rollen, bspw. „Tutor“ und „Tutand“ (Grünke, 2006, S. 242), zusammen. Eine gleichrangige Zusammenarbeit ohne Rollenunterschiede werden unter kollaborativen Lernformen zusammengefasst (Souvignier, 2007, S. 139; Konrad, 2014, S. 80). Beim kooperativen Lernen erfolgt nicht nur die Erarbeitung neuer Inhalte, sondern auch die gegenseitige Vermittlung, sodass alle Gruppenmitglieder gemeinsam ein Lernziel erreichen (ebd.). Bei dieser Methode müssen folgende zentrale Prinzipien berücksichtigt werden, sodass das Lernen positiv unterstützt werden kann:

- Die Mitglieder einer Gruppe müssen in einer positiven Abhängigkeit zueinander stehen, sodass jedes einzelne Gruppenmitglied für den Erfolg der Gruppe verantwortlich ist (D. W. Johnson & Johnson, 2009, S. 367; Green & Green, 2010, S. 76).
- Trotz Aufgabenverteilung muss sich jedes einzelne Mitglied der Gruppe für die eigene Aufgabe individuell verantwortlich fühlen. Dies ist gleichzeitig mit einer Rechenschaftspflicht gegenüber der Gruppe verbunden (D. W. Johnson & Johnson, 2009, S. 368; Konrad, 2014, S. 83).
- Die Zusammenarbeit der Gruppenmitglieder sollte in einer unterstützenden Interaktion stattfinden, d.h. jede/jeder sollte bei der Bearbeitung der Aufgabe bzw. bei der Erreichung der Ziele unterstützt werden (D. W. Johnson & Johnson, 2009, S. 368).
- Um kooperativ arbeiten zu können, müssen die Schülerinnen und Schüler soziale Kompetenzen sowie Teamfähigkeiten lernen und anwenden (D. W. Johnson & Johnson, 2009, S. 369; Green & Green, 2010, S. 76).
- Das kooperative Lernen der Gruppe muss durch Gruppenprozesse gezeichnet sein, in denen die Aufgabenbearbeitung reflektiert wird, sowie gemeinsame Entscheidungen über die weiteren Bearbeitungsschritte getroffen werden (D. W. Johnson & Johnson, 2009, S. 369).

Peergestützte Methoden können in den vielfältigen Formen während der Übungsphasen im Mathematikunterricht eingesetzt werden. Diese Methoden ermöglichen eine vertiefende Auseinandersetzung mit mathematischen Inhalten, weil diese Inhalte kommunikativ bearbeitet werden. Zudem kann die Zusammenarbeit in kooperativen Lerngruppen eine geeignete Unterstützung bei möglichen Schwierigkeiten bieten sowie zur Aufgabenbearbeitung motivieren.

In zwei der vier Metaanalysen wird das *Feedback* für Schülerinnen und Schüler mit einem kleinen bis mittleren Effekt ($.23 < d < .57$) angegeben. In den Metaanalysen werden unter dieser Methode, Einzelstudien zusammengefasst, in denen eine formative Leistungsbewertung vorgenommen wird. Im Gegensatz zu summativen Leistungsbeurteilungen, in denen das Lernergebnis am Ende eines Lernprozesses im Fokus steht, wird bei der formativen Beurteilung die Entwicklung im Lernprozess abgebildet (Bürgermeister, Klieme, Rakoczy, Harks & Blum, 2014, S. 42). Die formative Leistungsdiagnostik ist somit durch eine Prozessorientierung, d.h. dem Verdeutlichen der Lernziele, dem Beobachten und Beurteilen der Entwicklung hinsichtlich der Ziele sowie der Implementation der Lernprozessergebnisse, gekennzeichnet (ebd., S. 43). Im Mathematikunterricht kann dies durch curriculumbasierte Messungen (z.B. Inventar Rechenfische, LVD-M 2-4) oder informelle Methoden, wie Beobachtungen, Unterrichts- und Kleingruppengespräche (Bürgermeister, 2014, S. 43), umgesetzt werden. Diese Lernprozesserhebungen stellen die Basis für eine Rückmeldung der Prozessergebnisse an die Lernenden dar. Die Rückmeldung an die Schülerinnen und Schüler kann auf vier verschiedenen Ebenen erfolgen (Hattie & Timperley, 2007, S. 87):

- zur Lernaufgabe bzw. zum Aufgabenergebnis,
- zum Lernprozess bzw. zur Bearbeitung einer Aufgabe,
- zur Selbstregulation bei der Aufgabenbearbeitung und
- zum Lernenden als Person.

Die Rückmeldung im Mathematikunterricht sollte sich auf die ersten drei der genannten Ebenen beziehen. Feedback bezüglich des Lernergebnisses, bspw. ob eine Aufgabe richtig oder falsch gerechnet wurde, sollte in zeitlicher Nähe zur Bearbeitung der Aufgabe erfolgen. Dies ist ein Vorteil von Computerprogrammen (A. Lenhard, Lenhard, Schug & Kowalski, 2011, S. 80), lässt sich jedoch auch auf Arbeitsblättern, bspw. in Form von Lösungswörtern, anwenden. Dennoch sollte der Fokus nicht ausschließlich auf der „Richtigkeit des Resultats“ (Niedersächsiches Kultusministerium, 2006, S. 34) entsprechend der ersten Feedbackebene gelegt werden. Auch der Lösungsweg bei Rechenaufgaben bzw. das Lernen aus Rechenfehlern sowie die Selbstkontrolle und der Einsatz metakognitiver Strategien beim Bearbeiten mathematischer Aufgaben sollten beurteilt bzw. rückgemeldet werden. Die Form der Rückmeldung ist abhängig davon, 1) ob der Lernende weitere Aspekte berücksichtigen sollte, 2) ob spezielle Aspekte im Lernprozess vermieden werden sollen, 3) zu welchem Zeitpunkt das Feedback erteilt werden kann und 4) auf welchem Leistungsniveau der Lernende sich befindet. Empfehlungen und Richtlinien für formatives Feedback formuliert Shute (2008, S. 177–181) als Ergebnis eines systematischen Reviews.

Mit einem großen Effekt ($1.45 < d < 1.56$) wird in zwei Metaanalysen die *Selbst- bzw. Strategieinstruktion* aufgeführt. Bei dieser Methode werden die Schülerinnen und Schüler befähigt, sich Inhalte selbstständig zu erarbeiten und geeignete Strategien eigenständig zu nutzen (Wember, 2007, S. 165). Ziel dieser Methode ist es, sowohl spezielle Lerninhalte aufzubauen bzw. zu vertiefen als auch metakognitive Kompetenzen während des Lernprozesses oder mnemotechnische Strategien zum Abruf von Informationen zu trainieren (Grünke,

2006, S. 241). Folgende sechs Schritte dienen als Leitfaden für die erfolgreiche Vermittlung sowie Implementation von Strategien (Wember, 2007, S. 165f.):

- In der Eingangsphase sind die Schülerinnen und Schüler durch eine Kurzdarstellung der Strategie sowie durch eine Begründung bzw. Verdeutlichung der Bedeutung dieser Strategie zu aktivieren und motivieren.
- Anschließend erfolgt adäquat zur Methode Explizite Instruktion eine modellhafte Präsentation der Strategie durch die Lehrkraft.
- In einer Übungsphase erfolgt die Anwendung der Strategie durch die Lernenden, wobei die Unterstützung durch die Lehrkraft schrittweise ausgeblendet wird.
- Für einen generellen Einsatz der Strategie wird in einer weiteren Phase der Strategieeinsatz in Transfersituation sowie mit individuellen Anpassungen geübt.
- Im weiteren Lernprozess erfolgt eine eigenständige Steuerung sowie Kontrolle für den Einsatz der Strategie durch die Lernenden. Die Hinweise der Lehrkraft für den Einsatz der Methode werden somit sukzessiv ausgeblendet, vorhandene Strategiekarten werden schrittweise weggelassen.
- Der Einsatz der Strategie wird regelmäßig reflektiert, sodass die Schülerinnen und Schüler ihren Lernprozess mit der Strategie eigenständig bewerten.

In der Mathematik gibt es viele Algorithmen, bei denen in einer begrenzten Anzahl an Schritten und einer festgelegten Vorgehensweise die Lösung einer Aufgabe erreicht werden kann (Reiss & Hammer, 2013, S. 61). Die Strategieinstruktion kann für die selbstständige Anwendung mathematischer Algorithmen durch die Schülerinnen und Schüler eingesetzt werden.

In den Metaanalysen von Kroesbergen und van Luit (2003) sowie Ise et al. (2012) erfolgt ein Vergleich zwischen der *Instruktion durch eine Lehrkraft oder durch einen Computer*. Mit einem großen Effekt ($1.05 < d < 1.35$) zeigt sich die Überlegenheit der personenbezogenen Instruktion gegenüber dem Computer. Dabei muss jedoch berücksichtigt werden, dass erst in den letzten Jahren der gezielte Computereinsatz im Unterricht zunimmt. Dies wird auch in der Anzahl der Studien, die in den Metaanalysen berücksichtigt werden, deutlich: 51 Studien untersuchen die Wirksamkeit der Lehrerinstruktion, lediglich 14 Studien die Computerinstruktion. Dennoch bietet auch der Einsatz digitaler Medien Vorteile, bspw. in der zeitnahen, direkten Rückmeldung sowie bezüglich der Motivation (A. Lenhard et al., 2011, S. 80; Kullik, 2014, S. 285). Angemessene Computerprogramme kennzeichnen sich nach Grünke (2006, S. 242) durch ein geeignetes Layout sowie einer Adaptivität hinsichtlich der Instruktion und der Rückmeldungen an die individuellen Schülereingaben. Eine Kombination beider Instruktionsformen bietet sich in Form des „Blended Learning“ (Horz, 2009, S. 121) an. Eine konkrete Methode stellt dabei das umgekehrte Lernen bzw. das vertauschte Klassenzimmer, englisch „flipped learning” oder „inverted classroom”, da (Lage, Platt & Treglia, 2000; Staker & Horn, 2012), welches auch im Mathematikunterricht eingesetzt werden kann (Fulton, 2012). Die Vermittlung

der Inhalte erfolgt nicht wie traditionell im Klassenraum durch die Lehrkraft, sondern anhand digitaler Medien, bspw. durch Videos im außerschulischen Setting (Lage et al., 2000, S. 32). Im Klassenraum hingegen erfolgt die Beantwortung von inhaltlichen Fragen sowie die Vertiefung der Inhalte durch peergestützte Lernformen (Bishop & Beach, 2013, S. 5). Bis dato liegen nur sehr wenige Studien bezüglich der allgemeinen Effektivität (ebd.) bzw. keine für den Mathematikunterricht in der Primarstufe vor.

Die *Verbalisierung mathematischer Gedanken* stellt eine weitere Methode mit einer hohen Effektivität ($d = 1.04$) für den Mathematikunterricht dar. Das „laute Denken“ sollte bereits durch die Lehrkraft modellhaft angewendet werden, wie es bspw. bei der direkten Instruktion (Forbringer & Fuchs, 2012, S. 64) vorgesehen ist. Zudem erfolgt die stetige Aufforderung der Schülerinnen und Schüler, ihre Strategien sowohl gegenüber den Mitschülerinnen und Mitschülern als auch gegenüber der Lehrkraft zu verbalisieren, sodass eine gemeinsame Sprache im Mathematikunterricht verwendet werden kann (Gersten, Beckmann, et al., 2009, S. 23).

Weiterhin empfiehlt sich für den Mathematikunterricht aufgrund der hohen Effektstärke ($d = 0.82$) der Einsatz von *konkreten Gegenständen und Beispielen*. Mit einem kleinen Effekt ($d = .47$) wird zudem die Methode der *Visualisierung* angeführt. Diese beiden Methoden lassen sich in die Vermittlung von Inhalten auf der enaktiven, ikonischen und symbolischen Ebene nach Bruner (1974, S. 17) einordnen. Witzel (2005, S. 50) spricht diesbezüglich von einem Vermittlungsprozess von der konkreten über die visuelle zur abstrakten Ebene. Die Verwendung von Gegenständen bzw. Anschauungsmitteln stellt die enaktive, konkrete Ebene dar und soll mathematische Aufgabenstellungen greifbar machen, wodurch eine bessere mentale Abbildung der mathematischen Herausforderung erreicht wird (Forbringer & Fuchs, 2012, S. 79). Die Repräsentation dieser konkreten Gegenstände durch Abbildungen bzw. Visualisierungen stellt die zweite Ebene dieses Vermittlungsprozesses dar. Ziel des Einsatzes von Visualisierungen ist die Entlastung des Arbeitsgedächtnisses (Wellenreuther, 2010, S. 22), um die Verarbeitung der vielfältigen Informationen bei mathematischen Aufgaben zu erleichtern. In der deutschsprachigen Fachliteratur (u.a. Werner, 2009; Scherer & Moser Opitz, 2010; Born & Oehler, 2011) erfolgt eine sehr differenzierte Diskussion über geeignete Veranschaulichungs- bzw. Visualisierungsmittel für mathematische Inhalte. Kriterien für die Auswahl dieser Arbeitsmittel sowie die Bewertung ausgewählter Materialien legen Scherer und Moser Opitz (2010, S. 87–92) vor. Auf der symbolischen bzw. abstrakten Ebene erfolgt der Einsatz der mathematischen Notation. Auf diesen drei Ebenen empfiehlt sich zudem der Einsatz mehrerer Beispiele (Gersten, Chard, et al., 2009, S. 1219). Dies bedeutet, dass nach einmaligem Verdeutlichen durch die Lehrkraft die Bearbeitung einer Mathematikaufgabe nicht eigenständig durch die Lernenden ausgeführt werden sollte. Die Verwendung mehrerer Lösungsbeispiele dient als Orientierung für die zunehmend selbstständige Bearbeitung mathematischer Problemstellungen (Wellenreuther, 2010, S. 22).

Ziel einer *Vorwissensaktivierung* im Mathematikunterricht ist das Klären der Bedeutung neuer Mathematikinhalte (Simon & Grünke, 2010, S. 43) sowie das

Verdeutlichen von Zusammenhängen zu bereits vorhandenem Wissen. Diese Methode wird in den Metaanalysen nicht gesondert aufgeführt, stellt jedoch bei der expliziten/direkten Instruktion eine zentrale Phase dar (Forbringer & Fuchs, 2012, S. 59). Um eine geeignete Vorwissensaktivierung vornehmen zu können, muss die Lehrkraft die vorhandenen Kompetenzen der Schülerinnen und Schüler kennen. Fritz und Ricken (2008, S. 81) empfehlen hierfür eine Diagnostik: Diese muss jedoch nicht im Umfang einer Statusdiagnostik erfolgen, sondern lediglich gezielt diejenigen Inhaltsaspekte erfassen, die für das Lernen der neuen Inhalte von Relevanz sind. Werner (2009, S. 245) betont zudem die gezielte Überprüfung der im Unterricht verwendeten Mathematikaufgaben hinsichtlich des Anforderungsniveaus und der notwendigen Vorkenntnisse zur erfolgreichen Bearbeitung dieser. Neben diesen sehr allgemeinen Empfehlungen, die Voraussetzungen für eine Vorwissensaktivierung darstellen, liegen bisher weder konkrete Kriterien über für eine erfolgreiche Vorwissensaktivierung noch über eine Auswahl an empirisch überprüften Methoden vor.

Eine weitere Methode, die in den Metaanalysen nicht explizit aufgeführt wird, stellt das *Üben* dar. Diese Methode ist ebenfalls eine Phase der direkten Instruktion (Forbringer & Fuchs, 2012, S. 59). Das selbstständige Üben wird in der Mathematik-Fachdidaktik differenzierter betrachtet (Zech, 1998; Bruder, 2008; Lorenz & Radatz, 2008; Schipper, 2009). Die verschiedenen Übungsformen besitzen dabei unterschiedliche Zielstellungen (Tabelle 12), sodass sie unterschiedlichen Phasen im Lernprozess zugeordnet werden können. Ein Vergleich bezüglich der Wirksamkeit der verschiedenen Übungsformen ist aufgrund fehlender empirischer Überprüfung nicht möglich. Lediglich für regelmäßige, aber kurze Übungssphasen, in denen das Faktenwissen im Bereich der Grundrechenarten thematisiert wird, bestätigen Gersten et al. (2009, S. 37) die Wirksamkeit ($.11 \leq \mathrm{d} \leq 2.21$) auf der Grundlagen von sieben Einzelstudien.

Tabelle 12 - Verschiedene Übungsformen und deren Ziel

Übungsformate & -formen nach Bruder (2008)	**Übungsformen nach Schipper (2009)**	**Ziel**
vermischte Kopfübungen	automatisierendes Üben	Wiederholen & Aufrechterhalten von Basiswissen
intelligentes Üben	operatives Üben	vertieftes Verständnis mathematischer Zusammenhänge
produktives, vernetzendes Üben	strukturorientiertes Üben	Vernetzen verschiedener mathematischer Themenfelder & Ausprobieren verschiedener Lösungswege
komplexe Übung	anwendungs-orientiertes Üben	implizite Wiederholung (Basiswissen im Anwendungskontext)
reflektiertes Üben		Lernprozessbeobachtung & Selbsteinschätzung

Zusammenfassend bestätigen die Metaanalysen neun wirksame Methoden. In der deutschsprachigen Fachliteratur finden sich zudem zwei weitere Methoden, die Schülerinnen und Schüler mit Mathematikschwierigkeiten unterstützen. Diese Methoden sollten somit im Mathematikunterricht auf der universellen Ebene eingesetzt werden, um bereits auf dieser Ebene präventiv das Entstehen von Schwierigkeiten zu reduzieren.

Beachtet werden muss dabei, dass weder in den Metaanalysen noch in der deutschsprachigen Fachliteratur zur Unterstützung von Schülerinnen und Schülern mit Mathematikschwierigkeiten die Methoden des problembasierten Lernens benannt werden. Dennoch wird diese Methode aktuell in vielen konkreten Materialien für den Mathematikunterricht berücksichtigt. Für Schülerinnen und Schüler mit Mathematikschwieirigkeiten stellt dieses Vorgehen eine große Herausforderung dar, weil viele Kompetenzen wie Basiswissen, Handlungssteuerung oder Motivation gleichzeitig zur erfolgreichen Aufgabenbearbeitung benötigt werden. Bei vorhandenen Mathematikschwierigkeiten muss eine Einführung in das problembasierte Lernen mit den zuvor genannten Methoden erfolgen (Forbringer & Fuchs, 2012, S. 217). Zudem bewerten Gersten et al. (2009, S. 26) die Vermittlung von Strategien zum Lösen von Wortbedeutung als hoch effektiv, da einzelne Wörter bei mathematischen Problemstellungen den Zugang zu den Operationen darstellen.

Ist die Unterstützung beim Lernen mathematischer Inhalte auf der universellen Ebene nicht ausreichend, so muss ausgehend von einer diagnostischen Überprüfung der individuell vorhandenen Fähigkeiten sowie Schwierigkeiten eine zusätzliche Unterstützung erfolgen.

3.3.3 Fokussierte und intensive Unterstützung durch spezifische Förderprogramme

Bei zunehmendem Bedarf an Unterstützung zum Lernen mathematischer Inhalte erfolgt eine Intensivierung der Maßnahmen von Ebene zu Ebene. Dies bedeutet nach Fuchs und Fuchs (2006) eine Intensivierung hinsichtlich

- lehrerzentrierter, systematischer und expliziter Vermittlungsmethoden,
- regelmäßiger sowie längerfristiger Maßnahmen,
- kleinerer sowie homogener Gruppen und
- Personal mit mehr Erfahrung.

Gersten et al. (2009) formulieren ausgehend von der Zusammenfassung qualitativ hochwertiger Studien sieben Empfehlungen für die fokussierte und intensive Ebene des RtI-Modells, um Schülerinnen und Schüler mit Mathematikschwierigkeiten effektiv zu unterstützen. Als hoch effektiv werden die folgenden zwei Merkmale eine Unterstützungsmaßnahme eingestuft (ebd., S. 6):

- Die Vermittlung sollte explizit und strukturiert erfolgen. Dabei sollten Problemlösestrategien, lautes Denken, gelenktes Üben, korrigierende Rückmeldungen sowie regelmäßige Lernprozessbewertungen einbezogen werden.

- Die Maßnahmen sollten Strategien zum Lösen von Wortbedeutung vermitteln, die mathematischen Textaufgaben bzw. Problemstellungen zugrunde liegen.

Moderate Effekte zur Unterstützung von Schülerinnen und Schülern auf der fokussierten und intensiven Ebene zeigen die folgenden zwei Bedingungen (ebd.):

- Die Maßnahme sollte den Schülerinnen und Schülern die Möglichkeit geben, mit Visualisierungen der Mathematikaufgaben zu arbeiten. Dabei sollte die Lehrperson im Umgang mit den Visualisierungsmöglichkeiten geübt sein.
- In der Maßnahme sollten bei jeder Sitzung zehn Minuten für den Aufbau sowie für den schnellen Abruf von arithmetischem Faktenwissen eingeplant werden.

Lediglich eine geringe evidenzbasierte Wirksamkeit zeigt sich für die nachfolgenden drei Rahmenbedingungen (ebd.):

- In der Maßnahme sollte eine Vertiefung zu den ganzen sowie rationalen Zahlen in Abhängigkeit von der Jahrgangsstufe erfolgen.
- Der Lernprozess der Schülerinnen und Schüler, die eine zusätzliche Unterstützung erhalten oder ein Risiko für das Entstehen von Mathematikschwierigkeiten besitzen, sollte beobachtet werden.
- Die Maßnahme sollte eine motivationale Unterstützung enthalten.

Darüber hinaus benennen L. S. Fuchs et al. (2008, S. 85) sowie Vaughn, Wanzek und Murray (2012, S. 5) weitere Prinzipien für die intensive Unterstützung von Schülerinnen und Schülern mit mathematischen Schwierigkeiten:

- Verwendung von Strategien, wie z.B. Selbstregulations- und Gedächtnisstrategien, zur Unterstützung kognitiver Prozesse,
- Unterricht mit weniger Herausforderungen für das Lernen,
- zusätzliche Rückmeldungen an die Schülerinnen und Schüler,
- zusätzliche Unterrichtszeit,
- zusätzliche Überprüfungen und
- kleine Gruppen.

Neben einem intensiveren Einsatz von Unterrichtsmethoden der universellen Ebene bieten sich für die fokussierte und intensive Ebene die Verwendung spezifischer Mathematikförderprogramme an. Nachfolgend sollen deutschsprachige Interventionsmaßnahmen für die Primarstufe vorgestellt werden, die als evidenzbasiert bewertet werden können.

Um auch Förderprogramme mit wissenschaftlich-theoretischer Fundierung, jedoch ohne bisherige empirische Studienergebnisse vorzustellen, werden die Förderprogramme hinsichtlich der Evidenzstufen nach Odom (2005, S. 144) eingeordnet (Abbildung 3). Es liegen neun deutschsprachige Programme zur Förderung mathematischer Fähigkeiten in der Primarstufe vor (Tabelle 13). Diese

werden alphabetisch vorgestellt und die Einsatzmöglichkeiten sowie konkreten Förderinhalte näher aufgeführt. Die Einordnung entsprechend der Evidenzstufen wird durch vorhandene Literaturverweise bzw. Studien belegt und die empirisch ermittelten Effekte konkret beschrieben.

Tabelle 13 - Evidenzbasierte Fördermaßnahmen auf der fokussierten und intensiven Ebene

Trainingsprogramm (Autor)	Einsatzmöglichkeiten	Inhalt	Evidenzstufe/Evaluation	Effekte
Blitzrechnen 1/2 & 3/4 (Wittmann & Müller, 2009a, 2009b)	1. bis 6. Klasse 44 Spiele	Rechnen bis 20 Rechnen bis 100 Rechnen bis 1000 Rechnen bis 1 Million	Level 2/Studien: – randomisiertes Kontrollgruppen-Design: $N = 16$ (Walter, Glöer & Wellen, 1999) – Einzelfallstudien: $N = 6$ (Knorr, 2007)	Steigerung der Rechengeschwindigkeit & der Anzahl richtig gerechneter Aufgaben reduzierte Nutzung von zählenden Vorgehensweisen keine signifikante Effekte im Vergleich zur Kontrollbedingung
Calcularis (Aster et al., 2012; Dybuster AG, 2013)	1. bis 4. Klasse 11 Spiele	Zahlenrepräsentationen & Übersetzungsprozesse Arithmetisches Operationsverständnis	Level 2/Studien: – randomisiertes Kontrollgruppen-Design: $N = 32$ (T. Käser, Baschera, et al., 2013) – Kontrollgruppendesign ohne Randomisierung: $N = 63$ (T. Käser, Busetto, et al., 2013)	signifikante Leistungsverbesserung in der Subtraktion und der Zahlrepräsentation Steigerung in der Komplexität der Aufgaben und der Bearbeitungszeit für die Subtraktion keine signifikanten Effekte für Mengenvergleiche und Schätzen
Dortmunder Zahlbegriffstraining (Moog & Schulz, 2005)	1. Klasse 2. bis 3. Klasse bei Schülerinnen und Schüler mit Lernschwierigkeiten 19 Fördereinheiten	Zähl- und Abzählfertigkeiten automatisieren Mengen- und Zahlrelationen, Mengenoperationen Numerisches Rechnen im Zahlenraum bis 20	Level 2/Studien: – quasi-experimentelles Design: $N = 20$ (Moog, 1995) – Kontrollgruppendesign ohne Randomisierung: $N = 14$ (Moog & Schulz, 1997) – Kontrollgruppendesign ohne Randomisierung: $N = 25$ (Schulz, 2000) – Kontrollgruppendesign ohne Randomisierung: $N = 30$ (Schulz, 2000)	signifikant weniger Fehler signifikante Leistungssteigerungen im Dortmunder Rechentest keine signifikanten Langzeiteffekte

Tabelle 13 (Fortsetzung)

Trainingsprogramm (Autor)	Einsatzmöglichkeiten	Inhalt	Evidenzstufe/Evaluation	Effekte
Kalkulie (Fritz et al., 2009)	1. bis 3. Klasse	Fertigkeitsspezifische Voraussetzungen (Reihen bilden, Zahlen- & Mengenwissen u.a.) Strukturen im Zwanzigerraum Nicht-zählende Rechenstrategien	Level 4/Empfehlung: – Koch (2008) – Ricken (2009) – Schneider et al. (2013) – Voß et al. (2014)	
Marko-T (Gerlach et al., 2013)	Kindergarten bis 2. Klasse 57 Fördereinheiten	Zählen Ordinaler Zahlenstrahl Kardinalität und Zerlegbarkeit Enthaltensein und Klasseninklusion Relationalität	Level 2/Studie: – Kontrollgruppendesign ohne Randomisierung: $N = 137$ (Gerlach et al., 2013)	signifikanter Zuwachs in den mathematischen Kompetenzen bei rechenschwachen Kindern
Merlins Rechenmühle (Schoppek & Laue, 2005)	2. bis 5. Klasse	Orientierung im Zahlenraum Rechenaufgaben in Form von Gleichungen Sach- und Textaufgaben Übungen am Zahlenstrahl	Level 2/Studie: – randomisiertes Kontrollgruppendesign: $N = 31$ (Schoppek & Laue, 2005) – vor-experimentelles Design: $N = 20$ (Schoppek & Laue, 2005)	signifikanter Zuwachs in der Mathematikleistung

Tabelle 13 (Fortsetzung)

Trainingsprogramm (Autor)	Einsatzmöglichkeiten	Inhalt	Evidenzstufe/Evaluation	Effekte
Mengen, zählen, Zahlen (Krajewski, Nieding, et al., 2007)	Kindergarten bis 1. Klasse 24 Sitzungen	Zahlen als Anzahlen Anzahlordnung Teil-Ganzes-Beziehung und Anzahlordnung	Level 2/Studien: – Kontrollgruppendesign ohne Randomisierung: $N = 221$ (Krajewski, Nieding, et al., 2008) – Kontrollgruppendesign mit Matching: $N = 40$ (Sinner & Kuhl, 2010) – Kontrollgruppendesign ohne Randomisierung: $N = 64$ (Sinner, 2011) – Kontrollgruppendesign ohne Randomisierung: $N = 119$ (Sinner, 2011) – Reanalyse: $N = 24$ (Hecht, Sinner, Kuhl & Ennemoser, 2011) – Kontrollgruppendesign mit Randomisierung: $N = 64$ (Ennemoser et al., 2015)	signifikante kurz- und langfristige Effekte im Bereich der mathematischen Basiskompetenzen & der Mathematikleistung mittlerer kurzfristiger Effekt für Schülerinnen und Schüler mit Unterstützungsbedarf im Lernen mittlerer kurzfristiger Effekt für Schülerinnen und Schüler unter Risikobedingungen langfristig signifikanter Zuwachs im Bereich der Zahl-Größen-Kompetenz für Schülerinnen und Schüler unter Risikobedingungen mittlerer Effekt auf die Rechenleistung für Schülerinnen und Schüler unter Risikobedingungen
Rechenspiele mit Elfe & Mathis I (W. Lenhard & Lenhard, 2010)	1. bis 3. Klasse	Mengen Zahlen Sachaufgaben Bilder Rechnen	Level 2/Studie: – Kontrollgruppendesign ohne Randomisierung: $N = 213$ (A. Lenhard et al., 2011)	signifikant höhere Mathematikleistung
Rechenspiele mit Elfe und Mathis II (W. Lenhard, Lenhard & Lingel, 2010)	3. bis 5. Klasse	Geometrie Rechnen Sachaufgaben	Level 4/Empfehlung: – Schneider et al. (2013)	

Mit diesen evidenzbasierten Mathematikförderprogrammen wird ein breites inhaltliches Spektrum gefördert: Neben frühen mathematischen Kompetenzen, wie das Zählen oder einfache Mengenvergleiche, werden auch mathematische Fähigkeiten im Bereich der Grundrechenarten und deren Anwendung in Sachaufgaben unterstützt. Die Mehrheit dieser Maßnahmen sind Computerprogramme (Blitzrechnen, Calcularis, Merlins Rechenmühle, Rechenspiele mit Elfe & Mathis I und II), die keine konkreten Angaben über den Umfang und die Anzahl der Fördereinheiten geben, sodass eine individuelle Anpassung vorgenommen werden kann. Hinsichtlich der Evidenzstufen ist für die meisten Programme bereits eine Bestätigung auf dem zweiten Level nach Odom et al. (2005, S. 144) vorhanden. Die Effekte der Förderprogramme liegen vorwiegend in den geförderten Teilbereichen, d.h. es werden wenige Transfereffekte in andere mathematische Fähigkeitsbereiche untersucht. Zudem liegen wenige Untersuchungen hinsichtlich der Langzeitwirkungen der Maßnahmen vor. Insgesamt bieten diese mathematischen Förderprogramme eine ausreichende Auswahl, um in Abhängigkeit des individuellen Bedarfs der Schülerinnen und Schüler eine passgenaue Unterstützung der mathematischen Fähigkeiten zu organisieren. Die Mehrheit der Förderprogramme kann sowohl in einer Kleingruppe als auch in einem Einzelsetting durchgeführt werden. Die Metaanalyse nach Ise et al. (2012, S. 189) zeigt jedoch, dass bei bereits diagnostizierten Rechenschwierigkeiten die Einzelförderung im Vergleich zur Gruppen- oder Klassenförderung am effektivsten ($d = 1.39$) ist.

3.4 Zusammenfassung

Die Entwicklung der frühen sowie schulischen mathematischen Kompetenzen wird über verschiedene Modelle mit entwicklungs-, neuro- oder kognitionspsychologischen Grundlagen dargestellt. Nach Raghubar et al. (2010, S. 120) sollte es das Ziel sein, eine Theorie der mathematischen Verarbeitung mit der Verknüpfung dieser verschiedenen Modellvorstellungen zu entwickeln. Zusätzlich sollte eine derartige Theorie Studienergebnisse von Schülerinnen und Schülern mit einer Beeinträchtigung in den mathematischen Fähigkeiten sowie den Einfluss des Alters, des Fähigkeitsniveaus und verschiedener Instruktionsformen berücksichtigen (ebd.). Ein derartiges Modell liegt bislang nicht vor. Dennoch leisten die vorgestellten Modelle einen wesentlichen Beitrag für die Praxis, da Vorschläge für Diagnose- und Fördermöglichkeiten gegeben werden.

Mathematische Schwierigkeiten können an unzähligen Stellen der verschiedenen Entwicklungsmodelle auftreten, sodass es sich um ein sehr komplexes Konstrukt einer spezifischen Lernschwierigkeit handelt. Um eine differenzierte Einschätzung über Kompetenzen und Unterstützungsbedarfe in den mathematischen Fertigkeiten zu ermitteln, ist das Wissen über und der Einsatz von verschiedenen Diagnostikinstrumenten notwendig. Eine frühzeitige diagnostische Überprüfung erleichtert die präventive Unterstützung der mathematischen Entwicklung mit geeigneten Methoden.

Für die Unterstützung des Lernens mathematischer Inhalte gibt es verschiedene Unterrichtsmethoden, die in einer heterogenen Lerngruppe in einem inklusiven Setting eingesetzt werden können. Daneben ist eine zusätzliche Unterstützung mit verschiedenen, evidenzbasierten Mathematikförderprogrammen möglich.

4 Advance Organizer zur Unterstützung des Lernens

Die bisherige Darstellung verdeutlicht, dass es einige konkrete Lösungsmöglichkeiten gibt, eine heterogene Lerngruppe mit geeigneten Methoden im Mathematikunterricht zu unterrichten. Für den deutschsprachigen Raum liegen jedoch keine bis wenige empirische Befunde für diese Methoden vor. Ziel des Unterrichts in einem inklusiven Setting ist es, allen Schülerinnen und Schülern gleichermaßen Bildung zugänglich zu machen. Für die Gestaltung des Unterrichts bedeutet dies, die individuellen Bedürfnisse aller in den Blick zu nehmen und alle bestmöglich zu unterstützen. Es bedeutet jedoch nicht, Unterricht derart zu gestalten, dass für jede Schülerin bzw. jeden Schüler ein individueller Lehrplan verfolgt wird. Dies würde einerseits die Realisierung von Bildungszielen wie bspw. die „Akzeptanz vor der Würde des anderen Menschen“ (KMK, 2005b) nicht ermöglichen und andererseits für die einzelne Lehrkraft eine beachtliche Herausforderung darstellen.

Im folgenden Kapitel soll der Advance Organizer als eine Methode für den Unterricht vorgestellt werden, die mit allen Schülerinnen und Schülern einer Lerngruppe genutzt werden kann. Gleichzeitig wird das Lernen nach individuellen Bedürfnissen ermöglicht. Eingangs erfolgt eine Begriffsbestimmung zur besseren Verständlichkeit des Anglizismus (Kapitel 4.1). Der Ursprung dieser Methode liegt in der Assimilationstheorie von Ausubel, die anschließend vorgestellt wird (Kapitel 4.2). Mit der Einordnung des Advance Organizer in diese kognitionspsychologische Theorie des Lernens gehen bereits einige Forderungen einher, die bei der Entwicklung und dem Einsatz dieser Methode berücksichtigt werden sollten. Es erfolgt eine Ergänzung dieser ursprünglichen Aspekte, um Konstruktionsschritte, die seit Beginn der Forschungen zur Wirksamkeit des Advance Organizer Einsatz finden (Kapitel 4.3). Dennoch liegen bis dato keine allgemeingültigen Konstruktionsschritte vor. Aus der Zusammenfassung der bisher verwendeten Prinzipien wird ein Vorschlag für Minimalstandards für die Konstruktion und Gestaltung von Advance Organizer angeführt. Darüber hinaus wird dargestellt, inwiefern der Einsatz eines derartigen Organizer das Lernen im Allgemeinen aber auch das Lernen von mathematischen Inhalten im Speziellen unterstützen kann (Kapitel 4.4). Diese theoretischen Aspekte werden abschließend durch empirische Ergebnisse aus Metaanalysen und Reviews gestützt (Kapitel 4.5).

4.1 Begriffsbestimmung

Ausubel (1960, S. 268) beschreibt den Advance Organizer in seiner ersten Studie als Einführungsmaterial, welches Hintergrundwissen für das Lernmaterial enthält und abstrakter, genereller und umfassender als das Lernmaterial ist. Ausubel erweitert diese Beschreibung, um folgende Merkmale:

- Ein Advance Organizer wird vor dem neuen Lernmaterial präsentiert (Ausubel, 1970, S. 6; Ausubel, Novak & Hanesian, 1980, S. 212).

- Der Advance Organizer selbst muss erlernbar sein (Ausubel et al., 1980, S. 212), d.h. bereits bekannte Elemente enthalten.
- Die Inhalte des Advance Organizer beziehen sich auf Informationen, die bereits in der Wissensbasis vorhanden sind (Ausubel, 1970, S. 6).
- Ein Advance Organizer ist nicht vergleichbar mit einer Zusammenfassung oder einem Überblick (Ausubel & Robinson, 1972, S. 316; Ausubel et al., 1980, S. 209), da diese sich bezüglich der Generalität, Abstraktion und Reichweite nicht vom Lernmaterial unterscheiden, sondern vor allem durch die Wiederholung sowie die Hervorhebungen zentraler Inhalte wirken.

Im deutschen Sprachraum hat sich bisher weder eine einheitliche Übersetzung noch eine übereinstimmende Definition durchgesetzt. Ausubel spricht in deutschen Veröffentlichungen von einem „Vororganisator“ (Ausubel et al., 1980, S. 149) bzw. von „Organisationshilfen“ (Ausubel et al., 1980, S. 209; Ausubel & Thol, 1983, S. 64). Darüber hinaus lassen sich die Bezeichnungen „kognitive Vorstrukturierung“ (Ballstaedt, 1997, S. 23) sowie „Vorausorganisator“ (Frey & Frey-Eiling, 2010, S. 101) finden. Neben diesen uneinheitlichen Übersetzungen lassen sich unterschiedliche Schreibweisen des Begriffs finden. Sowohl in der englisch- als auch in der deutschsprachigen Literatur wird die Bezeichnung „advanced organizer“ (Peterson, Thomas, Lovett & Bright, 1973; Padberg, 1979; Brünken & Seufert, 2006; Preiss & Gayle, 2006) verwendet. Dennoch ist diese Schreibweise als kritisch zu bewerten. Einerseits entspricht sie nicht der originalen Schreibweise, wie sie von Ausubel (1960) eingeführt wurde. Andererseits ist der Begriff „advanced“ nicht zutreffend, da es sich um Einführungsmaterialien handelt, die im Voraus präsentiert werden („advance”) und nicht um Materialien, die fortschrittlicher, weiterentwickelter („advanced”) sind. Um diese Vielfalt an Bezeichnungen für dieselbe Methode nicht weiter auszugestalten, ist es empfehlenswert die originäre Bezeichnung „Advance Organizer” zu verwenden. Zudem erleichtert die Verwendung dieses Begriffes die eindeutige Zuordnung zu der von Ausubel erstmals beschriebenen Methode.

Bereits West und Fensham (1974) konstatieren, dass der Begriff bzw. die Methode weiter geschärft werden muss: „need to be refined much further“ (ebd., S. 77). Diese Forderung wird von weiteren Autoren (Barnes & Clawson, 1975, S. 653; Mayer, 1979, S. 162; Corkill, 1992, S. 62) unterstützt. Mayer stellt in seiner Definition das Ziel bzw. die Funktion eines Advance Organizer heraus:

> A good advance organizer provides an organized conceptual framework that is meaningful to the learner, and that allows the learner to relate concepts in the instructional material to elements of the framework (Mayer, 1979, S. 162).

Corkill (1992) erstellt als Ergebnis ihres Reviews eine Definition für Advance Organizer und berücksichtigt vordergründig die Gestaltung:

> Advance organizer should: (a) be presented before the to-be-learned material, (b) be in written paragraph form, (c) be written in concrete fashion, and (d) contain an example that encourages the reader to note the analogous relationship between ideas in the advance organizer and the ideas to come in the to-be-learned material (Corkill, 1992, S. 63).

Wahl (2005, 2011) nimmt für den deutschsprachigen Raum eine Art Übersetzung des Begriffs vor, indem er folgende Begriffsbestimmung vornimmt:

> Damit (mit dem Advance Organizer, Anm. d. Verf.) ist eine im Voraus (‚in advance') gegebene Lernhilfe gemeint. Diese soll die Inhalte organisieren und strukturieren (‚organizer'). Es handelt sich folglich um einen ‚organizer in advance', also eine früh im Lernprozess vermittelte Expertenstruktur (Wahl, 2005, S. 139).

Die Definition von Wahl (2005, 2011) impliziert erstmals, dass der Advance Organizer eine Lehrmethode ist, d.h. diese Methode kann der „Vermittlung von Lehrzielen und Lehrinhalten dienen, also Lernen bewirken" (Einsiedler, 1981, S. 17). Dennoch bleibt offen, welcher Dimension von Lehrmethoden (Klauer & Leutner, 2007, S. 151) der Advance Organizer zuzuordnen ist – eine Methode für den „vom Lehrer gesteuerten Unterricht" (ebd.) oder eine Methode, bei der die „Lernenden weitgehend Verantwortung für die Lernaktivität selbst übernehmen" (ebd.).

In der Definition nach Niegemann et al. (2008) wird die schriftliche Präsentationsform des Advance Organizer wie auch bei Corkill (1992) als ein elementares Merkmal angeführt. Daneben erfolgt die Darstellung der Funktion eines Organizer für die Lernenden.

> Advance Organizer sind einem Text vorangestellte kurze Texte, die Vorwissen explizit thematisieren. Sie zeigen dem Lernenden auf, über welches Wissen er bereits verfügen sollte und wo sein Wissen Anknüpfungspunkte für das neu im Text vorgestellte Wissen aufweist (Niegemann et al., 2008, S. 628).

Martenstein, Melzer und Reinck (2013) beantworten mit ihrer Definition, welcher Dimension von Lehrmethode der Advance Organizer zuzuordnen ist:

> Der Advance Organizer ist eine **Organisationshilfe**, die einem neuen Lerninhalt vorausgeht und dessen Verinnerlichung unterstützt. Er ist eine **lehrerzentrierte Unterrichtsmethode**, die von Ihnen (den Lehrkräften, Anm. d. Verf.) als Unterrichtseinstieg dargeboten wird (Martenstein et al., 2013, S. 3, Hervorhebungen im Original).

In allen dargestellten Definitionen wird der Aspekt der Organisation als Ziel eines Advance Organizer berücksichtigt. Der Aspekt der zeitlichen Position, nämlich vor der Vermittlung neuer Lerninhalte, wird jedoch nur teilweise aufgegriffen. Daneben fehlt in allen Definitionen das zentrale Element, womit Advance Organizer nach Ausubel (1978) charakterisiert werden:

> In all cases I define advance organizer as introductory material at a higher level of abstraction, generality, and inclusiveness than the learning passage itself (Ausubel, 1978, S. 252).

Eine Definition des Advance Organizer sollte sowohl eine Erklärung des Anglizismus enthalten, als auch die von Ausubel festgelegten Definitionsaspekte enthalten. Die folgende Definition erfüllt diese Ansprüche und ist darüber hinaus in Form einer klassischen, aristotelischen Definition mit „genus proximum" und „differentia specifica" (Roelcke, 2010, S. 62) aufgebaut:

Ein Advance Organizer ist eine lehrerzentrierte Unterrichtsmethode, die als Einführung vor neuen Wissensinhalten eingesetzt wird (‚in advance') und deren Inhalte abstrakter, genereller sowie umfassender als die neuen Lerninhalte sind, um als Organisationshilfe (‚organizer') bereits bekannte mit neuen Inhalten verknüpfen zu können.

Diese Definition erleichtert die Abgrenzung zu Unterrichtsmethoden, die ähnlich sind, jedoch den zentralen Merkmalen eines Advance Organizer nicht entsprechen. Wie bereits erwähnt, grenzt Ausubel den Advance Organizer von Methoden wie Überblicken und Zusammenfassungen ab (Ausubel & Robinson, 1972, S. 316; Ausubel et al., 1980, S. 209). Diese erfüllen einerseits nicht die Forderung, dass sie im Voraus, d.h. vor neuen Lerninhalten eingesetzt werden. Grundsätzlich ist ein Einsatz dieser Methoden vor der Einführung neuer Lerninhalte möglich, allerdings ist diese zeitliche Stellung nicht zwingend notwendig, wodurch ein deutlicher Unterschied zum Advance Organizer besteht. Andererseits ist es sowohl für einen Überblick als auch für eine Zusammenfassung nicht zutreffend, dass die Inhalte auf einer höheren Ebene der Abstraktion, Generalität und Reichweite verfasst sind. Beide Methoden greifen lediglich die neu zu lernenden Inhalte auf und stellen Sie in einer anderen Weise, aber auf der gleichen Ebene dar. Somit ist die Beschreibung, der Advance Organizer ermöglicht „einen ersten Überblick" (Thal & Vormdohre, 2009, S. 31), nicht passend.

In der deutschsprachigen Literatur findet sich ferner der Vergleich des Advance Organizer mit einer „Lernlandkarte" (Herold & Landherr, 2005, S. 10; Wilms, 2005, S. 32; Wenzel, 2010, S. 28). Eine nähere Betrachtung der Beschreibung von Lernlandkarten verdeutlicht jedoch, dass dieser Vergleich bzw. diese Übersetzung ungeeignet sind. Wildt (2009) beschreibt Lernlandkarten wie folgt: Sie "visualisiert das kognitive Netz einer Person von einem bestimmten Lerngegenstand" (ebd., S. 4). Hier wird bereits ein zentraler Unterschied deutlich: Während Lernlandkarten im Laufe bzw. am Ende des Lernprozesses zur Abbildung des Wissensstandes einer Person eingesetzt werden, wird ein Advance Organizer zur Einführung neuer Wissensinhalte verwendet. (ebd.) unterscheidet zwischen fremd- und selbsterstellten Lernlandkarte, womit sich ein weiterer Kontrast zum Advance Organizer zeigt. Ein Advance Organizer ist eine lehrerzentrierte Methode, die durch die Konstruktion und Ausgestaltung der Lehrkraft gekennzeichnet ist. Das gemeinsame Ziel, eine bessere Orientierung im Lernprozess (Wildt, 2009, S. 4; Wahl, 2011, S. 200), ist nicht ausreichend, um die Methoden Advance Organizer und Lernlandkarte äquivalent zu nutzen.

Ein weiterer Unterschied des Advance Organizer zu anderen Methoden ist, dass dieser auf der Grundlage einer Theorie des Lernens entwickelt worden ist. Diese Theorie soll im Nachfolgenden dargestellt werden, um einerseits die Einordnung des Advance Organizer als lernunterstützende Methode nachvollziehen und andererseits das zentrale Merkmal von Advance Organizer, die Anordnung der Inhalte auf einer höheren Ebene der Abstraktion, Generalität und Reichweite, verstehen zu können.

4.2 Assimilationstheorie

Die Assimilationstheorie lässt sich den kognitionspsychologischen Theorien zuordnen, da die geistigen Prozesse, d.h. die Verarbeitung von Informationen bei menschlichen Lernprozessen fokussiert werden (Lefrançois, 2015, S. 212). Im Englischen wird diese Theorie häufig unter dem Begriff „subsumption theory" aufgeführt (Mahar, 1992, S. 20). Ausubel et al. (1980, S. 36) betonen die Bedeutung einer Lerntheorie als Grundlage für Theorien über das Lehren:

> Wenn eine valide Theorie des Lernens uns auch nicht vorschreiben kann, wie unterrichtet werden muss, zeigt sie uns doch den besten Ausgangspunkt für die Entdeckung allgemeiner Prinzipien des Lehrens (ebd.).

Nachfolgend wird der Assimilationsprozess nach Ausubel detailliert beschrieben sowie seine Auffassung über die kognitive Struktur dargelegt. Abschließend werden seine Vorschläge zur Unterstützung eines Lernprozesses aufgeführt.

Assimilation

Mit der Assimilationstheorie wird der Prozess, mit dem neue Informationen von dem Lernenden aufgenommen und gespeichert werden, beschrieben. Das Lernen eines neuen Inhaltes erfolgt, wenn dieser mit einem bereits bekannten Inhalt des Lernenden in Verbindung gesetzt werden kann (Ausubel et al., 1980, S. 159). Erfolgt eine Verknüpfung der neuen Inhalte mit Bekanntem, so findet eine Modifikation beider Inhalte statt, d.h. sie werden um den jeweils anderen Inhalt ergänzt. Folgendes Beispiel kann diesen Prozess verdeutlichen: Ein Kind besitzt bereits eine Vorstellung davon, was Obst ist, d.h. es kann Apfel, Banane und Birne als konkrete Obstsorten einordnen. Beim Einkaufen sieht das Kind neben diesen Obstsorten etwas bisher Unbekanntes. Dem Kind wird erklärt, dass dies eine Papaya, auch eine Obstsorte, genauso wie Apfel, Banane und Birne ist. Das Kind kann nun diese neue Information „Papaya" mit dem bereits vorhandenen Wissen über Obst in Verbindung setzen. Die neue Information „Papaya" wird dann als Obst einsortiert und somit modifiziert, gleichzeitig wird das Wissen über die Kategorie Obst modifiziert, indem eine weitere Sorte neben den bereits bekannten Sorten hinzugefügt wird. Die neue Information „Papaya" ist folglich mit dem bekannten Wissen über Obst assimiliert. Zusammenfassend ist das Ergebnis der Assimilation ein Interaktionsprodukt aus der Modifizierung der vorhandenen und der neuen Information (Ausubel et al., 1980, S. 160).

Die Assimilation eines neuen Inhalts kann auf vier verschiedenen Wegen erfolgen (Ausubel, 1968, S. 52f.). Bei der *derivativen Subsumtion* erfolgt die Zuordnung eines neuen Inhalts unter einen bereits vorhandenen Oberbegriff. Ähnlich wie im oben angeführten Beispiel kann bei dieser Form der Assimilation ein bekannter Inhalt um ein weiteres Beispiel oder eine weitere Veranschaulichung ergänzt werden. Bei der *korrelativen Subsumtion* findet ebenfalls eine Zuordnung eines neuen Inhaltes unter einen vorhandenen Oberbegriff statt, zugleich erfolgt jedoch eine Modifikation, Erweiterung, Konkretisierung oder Einschränkung des bereits bekannten Inhalts. Im Gegensatz zu der Subsumtion, bei der Neues unter bereits Bekanntes angeordnet wird, wird beim *übergeordneten Lernen* ein neuer Oberbegriff für bereits vorhandene Inhalte gelernt. Eine weitere Form der Assimilation ist das *kombinatorische Lernen*. Hierbei wird ein neuer Inhalt mit Begriffen auf einer

gleichwertigen Ebene, d.h. derselben Reichweite, Generalität und Abstraktion, kombiniert, sodass diese Begriffe gemeinsame Kriteriumsattribute besitzen und in einem Verhältnis zueinander stehen. Im Vergleich der verschiedenen Assimilationsformen zeigt sich nach Ausubel (1968, S. 152), dass das subsumptive Lernen leichter als das übergeordnete und kombinatorische Lernen ist. Es ist folglich weniger aufwendig, zu dem Oberbegriff Obst weitere konkrete Beispiele, d.h. Obstsorten, zu lernen. Schwieriger ist es jedoch, die bekannten Obstsorten Kirsche, Pflaume und Nektarine im Nachhinein als Steinobst, einer übergeordneten Klassifizierung, einzuordnen.

Der Prozess der Assimilation ist jedoch nach der Verknüpfung eines neuen mit einem bekannten Inhalt, dem Lernprozess, nicht abgeschlossen, sondern es folgen weitere Prozesse, die das Behalten bzw. Vergessen der gelernten Inhalte beschreiben. Das Behalten neuer Informationen wird bereits durch die Assimilation unterstützt (Ausubel et al., 1980, S. 162f.). Die Assimilation eines neuen Inhaltes mit einer bereits vorhandenen Idee führt zu einer geeigneten Verankerung und somit zu einer günstigen Stabilität. Die Verknüpfung eines neuen Inhaltes mit einer geeigneten Ankeridee begünstigt das sinnvolle In-Beziehung-Setzen beider Inhalte zueinander und verhindert so das gegenseitige Überlagern, d.h. das Reduzieren auf vereinzelte Bedeutungen der jeweiligen Inhalte. Die Assimilation eines neuen Inhaltes mit einer relevanten Idee des Vorwissens führt zu einer sinnvollen Interaktionseinheit, die in einem Prozess des Informationsabrufes leichter wiedererkannt werden kann. Diese Prozesse unterstützen die Verfügbarkeit, d.h. das Behalten der Informationen. Nach der Assimilation unterliegt das Interaktionsprodukt einem „zersetzenden Einfluss des allgemeinen reduzierenden Trends“ (ebd., S. 164), d.h. der Abnahme der Verfügbarkeit, wodurch Informationen vergessen werden. Das Vergessen von Informationen ist notwendig, um ökonomisch und systematisch ausschließlich die relevanten und verankerten Inhalte zu behalten. Dieser Vergessensprozess setzt bereits mit der Assimilation ein, wenn eine „graduelle ‚Reduktion'“ (ebd., S. 164) durch die Modifizierung beider Inhalte, sowohl der neuen als auch der bekannten, erfolgt. Für das oben eingeführte Beispiel bedeutet dies, dass bspw. nur die Bezeichnung „Papaya“, jedoch nicht das konkrete Aussehen der Frucht behalten wird. Für diese Informationen erfolgt keine geeignete Verknüpfung mit bereits vorhandenen Ankerideen, bspw. mit dem Aussehen anderer Obstsorten. Dieser Prozess des Vergessens setzt sich mit der „auslöschenden Assimilation“ (ebd., S. 165) fort. Dabei werden die neu-gelernten Inhalte von ihren Ankerideen untrennbar, sodass die neue Idee nicht mehr separat von der vorhandenen Idee identifiziert werden kann. Die jeweiligen Ideen vor dem Prozess der Assimilation können dann nicht mehr beschrieben werden. In Bezug auf das Beispiel bedeutet dies, dass der Gegenstand „Papaya“ nicht mehr ohne die Zuordnung zu der Idee „Obst“ beschrieben werden kann. Das Vergessen von Informationen bei der derivaten und korrelativen Subsumtion, die zwei Formen der untergeordneten Assimilation, bezeichnen Ausubel et al. (1980, S. 173) als „auslöschende Subsumtion“. Dabei werden neuerlernte untergeordnete Ideen vergessen, die teilweise mit einer effizienteren Nutzung der vorhandenen Wissensinhalte einhergehen. Somit könnten Details der „Papaya“, wie dem Geschmack oder dem Aussehen der Frucht vergessen werden, weil sie bei der alltäglichen

Obstauswahl nicht zur Verfügung steht und diese Informationen somit bei der Auswahl von genüsslichem Obst nicht nützlich ist.

Kognitive Struktur

Der Wissensumfang einer Person sowie die Anordnung dieses Wissens wird als kognitive Struktur bezeichnet (Ausubel, Novak & Hanesian, 1981, S. 717), welche im Lernprozess von großer Bedeutung ist. Die Formen der Assimilation lassen bereits erkennen, dass die Anordnung von Wissensinhalten auf unterschiedlichen Ebenen erfolgt. Ausubel (1968, S. 92, 1980, S. 163) vergleicht die Anordnung von Wissen in der individuellen kognitiven Struktur mit der Form einer Pyramide. Die Inhalte sind hierarchisch organisiert, sodass sehr allgemeine und abstrakte Aspekte mit einem hohen Erklärungsgehalt im oberen Teil der Pyramide verortet sind. Weniger allgemeine und differenzierte Inhalte subsumieren sich unter diese. Der Umfang sowie die Anordnung des vorhandenen Wissens in der kognitiven Struktur beeinflussen das Lernen und das Behalten.

Die *„Verfügbarkeit (von) besonders relevanten verankernden Ideen“* (Ausubel et al., 1980, S. 206f, Hervorhebung im Original) ist für das Lernen und Behalten von Bedeutung. Kann in einem Lernprozess auf vorhandene und als relevant eingeschätzte Ankerideen zurückgegriffen werden, so kann der neue Lerninhalt auf geeignete Weise in die kognitive Struktur integriert werden. Die neue Information kann in einem Prozess des Wiederabrufes gezielt identifiziert werden und steht für weitere kognitive Prozesse zur Verfügung. Sind derartige Ankerideen nicht vorhanden bzw. werden diese Anker in einem Lernprozess als nicht relevant bewertet, so kann ein neuer Lerninhalt nicht sinnvoll in die kognitive Struktur eingeordnet werden. Der neue Inhalt kann einerseits an ungünstigen Ankerideen assimiliert werden, sodass „relativ unstabile und mehrdeutige Bedeutungen von nur kurzer Dauer“ (ebd., S. 207) entstehen. Andererseits können sich neue Lerninhalte, die ohne Verknüpfung mit relevanten Ankerideen in die kognitive Struktur einverleibt werden, als sogenanntes Inselwissen anordnen, d.h. wenig vernetzte Strukturen aufweisen (Edelmann & Wittmann, 2012, S. 136). Dieses Wissen stellt ein in sich geschlossenes System dar, sodass keine Relation zu übrigem Wissen in der kognitiven Struktur hergestellt wird und der Informationsabruf in Transfersituationen erschwert ist.

Um diese ungünstigen Verknüpfungen neuer Informationen in der kognitiven Struktur zu vermeiden, ist der Einsatz von vorwissensaktivierenden Methoden, die relevante Ankerideen in der kognitiven Struktur verfügbar machen, bei der Wissensvermittlung empfehlenswert. Diese Unterstützung des Lernens kann durch den Advance Organizer erzielt werden. Einen weiteren Einfluss der kognitiven Struktur auf das Lernen und Behalten hat die *Diskriminierbarkeit* neuer von bekannten Inhalten (Ausubel et al., 1980, S. 222). Können neue Informationen nicht eindeutig von vorhandenen unterschieden werden, so sind die Bedeutungen beider nicht sinngemäß in der kognitiven Struktur verankert, sondern es entstehen „mehrdeutige Bedeutungen, die von Zweifel, Verwirrungen und alternativen oder konkurrierenden Bedeutungen durchsetzt sind“ (ebd., S. 223). Letztendlich kommt es zu einer Reduktion beider Inhalte, sodass deren Unterschied nicht eindeutig identifizierbar ist und weitere Lernprozesse in diesem Inhaltsbereich erschwert sind. Derartige Ideen sind durch wenig *„Stabilität und*

Klarheit" (ebd., S. 207, Hervorhebungen im Original) in der kognitiven Struktur gekennzeichnet. Als weiteres Merkmal wirkt sich die Stabilität und Klarheit vorhandener und neuer Informationen auf das Lernen und Behalten aus. Stabile und klare Ideen, d.h. Inhalte, die an geeigneten Positionen in der kognitiven Struktur verankert sind und eindeutig von ähnlichen Inhalten unterschieden werden können, bilden einen geeigneten Anker für neue Inhalte. Unstabile und mehrdeutige Ideen der kognitiven Struktur stellen hingegen keine günstige Basis für die Verknüpfung mit neuen Inhalten dar, sondern führen zu größerer Instabilität und weiteren Mehrdeutigkeiten. Für die Vermittlung neuer Wissensinhalte bedeutet dies einerseits, dass frühzeitig bei der Einführung in die Thematik Ähnlichkeiten und Unterschiede zu bereits bekannten Inhalten herausgearbeitet werden müssen. Hierfür empfehlen Ausubel und Kollegen „vergleichende Organisationshilfen" (ebd., S. 224), die eine spezielle Form des Advance Organizer darstellen (Kapitel 4.3.1). Andererseits sollten neue Lerninhalte erst dann vermittelt werden, wenn die vorhergehenden Informationen in der kognitiven Struktur gefestigt sind und eine Rückmeldung über die passende bzw. unpassende Verknüpfung der neuen Informationen in die kognitive Struktur erfolgt ist (ebd., S. 226f.).

Unterstützung des Lernens

Aus den Formen der Assimilation sowie den Merkmalen der kognitiven Struktur lässt sich schlussfolgern, dass bei der Gestaltung von Lernprozessen vorrangig das subsumptive Lernen an geeigneten Ankerideen der kognitiven Struktur initiiert werden sollte. Das untergeordnete Lernen von Inhalten lässt sich durch das Prinzip der *progressiven Differenzierung* umsetzen (Ausubel et al., 1980, S. 158). Dies bedeutet, dass bei der Vermittlung eines Themeninhaltes zunächst übergeordnete Inhalte vermittelt und im Lernprozess zunehmend differenzierter und detaillierter betrachtet werden. Diesem Prinzip folgt auch der Advance Organizer. So werden mit dieser Methode in der Einführung allgemeinere und umfassendere Inhalte präsentiert und bei der anschließenden Vermittlung bzw. Aneignung spezifische Inhaltsaspekte vermittelt. Um das Verknüpfen neuer Inhalte mit bereits Bekanntem zu berücksichtigen und den Aufbau von Inselwissen zu vermeiden, sollte nach (ebd., S. 233ff.) das Prinzip der *integrativen Vereinigung* berücksichtigt werden. Wie bereits erläutert, beeinflussen sowohl der Umfang als auch der Aufbau der kognitiven Struktur alle weiteren Lernprozesse. Bei der Vermittlung neuer Inhalte müssen demnach frühzeitig geeignete Ankerideen in der kognitiven Struktur aktiviert werden, um das gezielte Integrieren in diese Strukturen zu unterstützen. Ebenso müssen bei der Vermittlung von Inhalten, die große Ähnlichkeiten zu bereits vorhandenen Inhalten besitzen, die Unterschiede hervorgehoben werden, sodass das gezielte Verankern der neuen Inhalte neben den bereits vorhanden möglich ist, ohne dass beide auf wenige Bedeutungen reduziert werden.

Das Assimilieren neuer Inhalte mit bereits vorhandenem Wissen in der kognitiven Struktur stellt eine Bedingung für *sinnvolles Lernen* dar (Ausubel, 1968, S. 21). Im Gegensatz dazu steht das mechanische Lernen (ebd.). *Mechanisches Lernen* erfolgt dann, wenn der Lernende keine adäquaten Vorwissensstrukturen besitzt, um einen neuen Lerninhalt zielführend mit dem vorhandenen Wissen der kognitiven Struktur in Verbindung zu setzen. Sinnvolles Lernen führt folglich zu

einem Assimilationsprozess, während mechanisches Lernen den Aufbau von Inselwissen fördert. Demzufolge ist auch das Behalten der Informationen in dem Prozess des sinnvollen Lernens größer als dies beim mechanischen Lernen der Fall ist. Darüber hinaus unterscheiden sich das sinnvolle und mechanische Lernen bezüglich der Lernbereitschaft. Während beim sinnvollen Lernen der Lernende eine adäquate Lerneinstellung für die Umsetzung sinnvollen Lernens einnimmt (ebd., S. 24), besitzt der Lernende beim mechanischen Lernen die Einstellung, sich einen Lerninhalt willkürlich und wortwörtlich anzueignen. Zum Aufbau eines umfassenden Wissens innerhalb eines Lernbereichs ist somit das sinnvolle Lernen dem mechanischen Lernen vorzuziehen (Ausubel et al., 1980, S. 51). Um die Prinzipien, die progressive Differenzierung und die integrative Vereinigung, zur Unterstützung der gezielten Verknüpfung neuer Inhalte mit der kognitiven Struktur systematisch umzusetzen, sollte *rezeptives Lernen* angewendet werden. Beim rezeptiven Lernen wird der Lerninhalt dem Lernenden vollständig präsentiert (ebd., S. 47). Neue Inhalte können folglich derart präsentiert werden, dass sowohl die Bedingungen für sinnvolles Lernen erfüllt werden als auch geeignete Assimilationsprozesse stattfinden. Demgegenüber steht das *entdeckende Lernen*, bei dem keine Vorstellung der Lerninhalte erfolgt. Bei dieser Form des Lernens müssen die Lerninhalte erst vom Lernenden selbst entdeckt werden, um die Inhalte anschließend sinnvoll oder mechanisch lernen zu können. Bei dieser Form des Lernens gibt es keine Vergessensprozesse, sondern jede neue Lernaufgabe, also auch der Informationsabruf stellen einen neuen Prozess des entdeckenden Lernens dar (ebd., S. 171). Ausubel (1968, S. 23) spricht sich gegen das entdeckende Lernen aus, welches es kaum ermöglicht, Inhalte effizient aufzunehmen. Zusammenfassend ergeben sich aus diesen zwei Paaren für das schulische Lernen folgende vier Formen (Ausubel et al., 1980, S. 46):

- sinnvoll entdeckendes,
- sinnvolles rezeptives,
- mechanisch entdeckendes und
- mechanisch rezeptives Lernen.

Wie auch beim sinnvollen Lernen eignet sich das rezeptive Lernen vor allem für die Aneignung umfassender Lerninhalte (ebd., S. 49), „weil es der menschliche Mechanismus par excellence ist, die ungeheure Menge von Gedanken und Informationen aufzunehmen und zu speichern, die auf einem Wissensgebiet dargeboten werden“ (ebd., S. 63). Ausubel et al. (ebd.) verstehen das sinnvoll entdeckende Lernen als einen komplexeren Lernvorgang, der bspw. in der wissenschaftlichen Forschung stattfindet.

Die empirischen Studien zu der Bedeutung des Vorwissens (Kapitel 2.3) bestätigen die Theorie nach Ausubel dahingehend, dass die Verknüpfung mit bereits vorhandenem Wissen eine zentrale Voraussetzung für einen erfolgreichen Lernprozess darstellt. Zudem lässt sich die hierarchische Anordnung von Informationen für große Wissensgebiete für semantische Gedächtnisinhalte bestätigen (Gerrig & Zimbardo, 2008, S. 260; Edelmann & Wittmann, 2012, S. 118f.).

Die Assimilationstheorie nach Ausubel lässt erkennen, dass diese Theorie sich „unmittelbar auf jene Lernprozesse und auf jene Umgebungsbedingungen, die in der Schule eine Rolle spielen“ (Straka & Macke, 2006, S. 89) bezieht. Für die Gestaltung von Lernprozessen lassen sich aus diesen theoretischen Grundlagen vielfältige praktische Schlüsse ziehen. Dies soll im Folgenden für den Advance Organizer geschehen, mit dem das sinnvoll rezeptive Lernen und Behalten unterstützt wird und die Prinzipien der progressiven Differenzierung und integrativen Vereinigung Berücksichtigung finden.

4.3 Konstruktion und Gestaltung eines Advance Organizer

Der Advance Organizer stellt einen „pädagogischen Kunstgriff“ (Ausubel et al., 1980, S. 149) dar, der das Lernen und Behalten, wie es der theoretisch ablaufende Prozess der Assimilation vorsieht, initiieren kann. Trotz der praktischen Relevanz dieser Methode differieren bisherige Umsetzungsversuche des Advance Organizer sehr stark auseinander. Seit der Beschreibung des Advance Organizer durch Ausubel (1960) liegt keine einheitliche und nachvollziehbare Operationalisierung dieser Methode vor, was von vielen Autoren (Barnes & Clawson, 1975; Mayer, 1979; Corkill, 1992; Mahar, 1992; Williams & Butterfield, 1992) kritisiert wird. Ausubel (1960, 1968; Ausubel et al., 1980) beschreibt hauptsächlich den Einsatz und den Nutzen, jedoch nicht die konkrete Konstruktion und Gestaltung eines Advance Organizer, was Clark und Bean (1982, S. 5) sowie Mahar (1992, S. 60) kritisch anmerken.

In bisherigen Veröffentlichungen lassen sich verschiedene Kriterien für die Konstruktion und Gestaltung eines Advance Organizer finden. Eingangs werden diese Kriterien in der Reihenfolge des Veröffentlichungsjahres beschrieben und kritisch untersucht (Kapitel 4.3.1). Als Ergebnis dessen werden Prinzipien formuliert, die für die zukünftige Konstruktion sowie Gestaltung eines Advance Organizer empfohlen werden (Kapitel 4.3.2).

4.3.1 Kriterien verschiedener Autoren

Ausubel beschreibt in seinen Veröffentlichungen das Ziel und die Wirkungsweise, die mit dem Einsatz eines Advance Organizer verfolgt werden. Eine explizite Anleitung für die Konstruktion oder Kriterien für die Gestaltung eines guten Advance Organizer werden von ihm nicht formuliert. Es lassen sich lediglich vereinzelte Aspekte finden, die bei der Konstruktion und Gestaltung berücksichtigt werden sollten (Tabelle 14).

Tabelle 14 - Konstruktions- und Gestaltungskriterien eines Advance Organizer nach Ausubel (1960, 1978; Ausubel et al., 1980)

1	Prätestung (Durchführung einer Prätestung, um vorhandene Vorwissenskonzepte zu ermitteln (Ausubel, 1978, S. 252))
2	Begrifflichkeiten des Advance Organizer sind auf einer höheren Ebene der Abstraktion, Generalität und Reichweite als das Lernmaterial (Ausubel, 1960, S. 268)
3	Auswahl zwischen erläuterndem und vergleichendem Advance Organizer (Erläuternde Organizer bieten sich bei der Einführung in völlig unbekannte Themen an, während vergleichende Organizer bei vorhandenem Wissen bzw. bekannten Inhalten zur Abgrenzung gegenüber den neuen Lerninhalten eingesetzt werden (Ausubel, 1978, S. 252f.; Ausubel et al., 1980, S. 211)

Ausubel (1978, S. 252) setzt der eigentlichen Konstruktion eines Advance Organizer einen Schritt voraus. Um feststellen zu können, welche Wissensinhalte bei den Lernenden schon vorhanden sind, bietet sich eine Prätestung an. Dieses Vorgehen ermöglicht eine fundierte Datenbasis für die Anpassung der Methode an die jeweiligen Realisierungsbedingungen und ermöglicht im Sinne des adaptiven Unterrichts einen effektiven Einsatz dieser Methode. Im zweiten Aspekt ist das zentrale Kriterium eines Advance Organizer enthalten (Ausubel, 1960, S. 268). Jedoch fehlt eine konkrete Beschreibung, wie dieses Kriterium erfüllt bzw. umgesetzt werden kann. In Bezug auf die konkrete Ausgestaltung werden zwei unterschiedliche Formen eines Organizer (erläuternder und vergleichender Organizer) genannt (Ausubel, 1978, S. 252f.; Ausubel et al., 1980, S. 211). Konkrete Beschreibungen, wie diese konstruiert bzw. gestaltet werden können fehlen jedoch. Ausubel (1978, S. 251) begründet dies wie folgt:

> Apart from describing organizers in general terms with an appropriate example, one cannot be more specific about the construction of an organizer; for this always depends on the nature of the learning material, the age of the learner, and his degree of prior familiarity with the learning passage.

Doch sowohl für den Einsatz eines Advance Organizer in der Praxis als auch für die wissenschaftliche Überprüfung der Effektivität dieser Methode ist die Operationalisierung eine zentrale Voraussetzung. Diesen Bedarf sehen auch weitere Autoren und formulieren verschiedene Konstruktions- und Gestaltungsprinzipien.

Callihan und Bell (1978, S. 435) nutzen in ihrer Studie zwei Richtlinien (Tabelle 15) für die Gestaltung eines Advance Organizer in einführender Form.

Tabelle 15 - Richtlinien zur Konstruktion eines einführenden Advance Organizer nach Callihan und Bell (1978, Übers. d. Verf.)

1	Identifikation der relevanten Vorwissenskonzepte mit den entsprechenden/jeweiligen Bezeichnungen/Begriffen, die das Lernen neuer Informationen erleichtern
2	Nutzen der zuvor identifizierten Begrifflichkeiten (als Vertreter für die Vorwissenskonzepte) für die Formulierung des Organizer, sodass diese Begrifflichkeiten auf einer höheren Ebene der Abstraktion, Generalität und Reichweite das Subsumieren der neuen Lerninhalte ermöglichen

In diesen Richtlinien wird die von Ausubel (1960, S. 268) formulierte Beschreibung von Advance Organizer, „a much higher level of abstraction, generality, and inclusiveness“, direkt aufgegriffen. Ebenso verdeutlichen diese Richtlinien, das von Ausubel (1960, S. 271) geforderte Ziel von Advance Organizer, die Aktivierung bereits bekannter Inhalte zur besseren Verankerung neuer Lerninhalte in die kognitive Struktur. Diese genannten Richtlinien stellen somit zwei wesentliche Schritte zur Konstruktion eines Advance Organizer dar. Jedoch lassen sich bei Callihan und Bell (1978) keine näheren Ausführungen über die Gestaltung von Advance Organizer finden.

Lenz, Alley und Schumaker (1987, S. 56) formulieren zwölf Komponenten, die einen effektiven Advance Organizer kennzeichnen (Tabelle 16). Diese Komponenten werden basierend auf einem Review der Literatur über Advance Organizer sowie der Literatur über Organisationsschwierigkeiten bei Jugendlichen zusammengetragen und in einem Review-Prozess von elf Experten aus den Bereichen Curriculum, Lernpsychologie und Sonderpädagogik begutachtet sowie überarbeitet (Lenz et al., 1987, S. 55).

Tabelle 16 - Komponenten eines Advance Organizer nach Lenz et al. (1987, Übers. d. Verf.)

1	Lernende über das Ziel des Advance Organizer informieren
2	Klären der Form der Aufgaben, die vom Lehrer übernommen werden
3	Form der Aufgaben klären, die vom Lernenden übernommen werden
4	Thema der (Lern-)Aufgabe darstellen
5	Unterthemen in Bezug auf die (Lern-)Aufgaben darbieten
6	Hintergrundinformationen zur Verfügung stellen
7	Ziele, die erreicht werden sollen, benennen
8	Ziele, die erreicht werden sollen, verdeutlichen
9	Lernende durch Begründungen motivieren
10	Neue Wörter und Begrifflichkeiten einführen und wiederholen
11	Organisatorischer Rahmen für die Lernaufgabe zur Verfügung stellen
12	Gewünschtes Ergebnis darstellen, das durch einen engagierten Lernprozesses erreicht werden kann

Bei der Verwendung dieser Konstruktionskomponenten ist zu berücksichtigen, dass Lenz et al. (1987, S. 56) den Advance Organizer als eine Methode darstellen, mittels der Verhaltensweisen im Vorhinein antizipiert werden. Es wird somit nicht die Unterstützung für das Lernen und Behalten in den Blick genommen, wie dies bei Ausubel (1960) vorgesehen ist. Dennoch sollten derartige Verhaltenskomponenten nicht außer Acht gelassen werden. Wie bereits Ausubel und Kollegen herausstellen, ist für sinnvolles Lernen „eine entsprechende Lerneinstellung“ (1980, S. 51) notwendig. Ursachen von Beeinträchtigungen im Lernen können auch im Verhalten liegen, sodass die Unterstützung eines geeigneten Lern- und Arbeitsverhaltens nicht unberücksichtigt bleiben sollte (Kapitel 2.2).

C. K. West, Farmer und Wolff (1991) beschreiben sieben Merkmale, die einen Advance Organizer kennzeichnen. Dabei werden sowohl Aussagen zu der formalen Ausgestaltung, die Zielstellung für den Einsatz eines Advance Organizer sowie die Funktion dessen, d.h. in welcher Art und Weise der Organizer den Lernprozess beeinflussen soll, thematisiert.

Tabelle 17 - Eigenschaften eines Advance Organizer nach C. K. West et al. (1991, Übers. d. Verf.)

1	Er ist ein kurzer, abstrakter, schriftlicher Abschnitt.
2	Er ist eine Brücke, die neue Informationen mit Bekanntem verbindet. (Die Basis bilden Ähnlichkeiten bzw. Gemeinsamkeiten zwischen den alten und neuen Inhalten. Ohne eine zentrale Gemeinsamkeit ist der Advance Organizer nicht zielführend.)
3	Er ist die Einführung in eine neue Unterrichtsstunde, Unterrichtseinheit oder ein neues Unterrichtsfach.
4	Er ist ein abstrakter Entwurf der neuen Informationen und eine Neuformulierung des Vorwissens.
5	Er unterstützt die Lernenden mit einer Struktur der neuen Inhalte.
6	Er fordert die Lernenden zum Transfer oder Anwendung ihres vorhandenen Wissens auf.
7	Er beinhaltet Informationen, die eine Bedeutung und einen Sinn enthalten und nicht nur allgemein bekannt sind.

Diese ersten drei Eigenschaften entsprechen den Merkmalen des Advance Organizer, welcher von Ausubel (1960) erstmals empirisch auf die Wirksamkeit überprüft wurde. Hierbei muss besonders die Charakterisierung als kurzer, abstrakter Textabschnitt kritisch betrachtet werden. Diese Form stellt weder für den Prozess der Assimilation eine Voraussetzung dar, noch werden die Merkmale nach Ausubel (1960; 1980) für einen Advance Organizer beachtet. Die übrigen vier Merkmale fokussieren die Wirksamkeit, die durch einen Advance Organizer im Lernprozess erreicht werden sollen. Dennoch bieten diese Eigenschaften keine Anleitung für die praktische Konstruktion eines Organizer, sondern können eher nach dem Lernprozess zur Reflexion der Lehrkräfte mit den Schülerinnen und Schülern über den Nutzen des Advance Organizer verwendet werden.

Nach Joyce und Weil (2003, S. 273) beinhaltet das Lehrkonzept des Advance Organizer drei Phasen: In der ersten Phase erfolgt die Präsentation des Advance Organizer, in der zweiten Phase wird die Lernaufgabe bzw. das Lernmaterial präsentiert und abschließend erfolgt die Festigung der Organisation der neuen Inhalte innerhalb der vorhandenen. Nach der Klärung der Stundenziele kennzeichnet sich die Phase der Organizer-Präsentation durch vier Kriterien (Tabelle 18), wobei gezielt das vorhandene Vorwissen sowie die Erfahrungen der Schülerinnen und Schüler genutzt werden sollen.

Tabelle 18 - Kriterien der Präsentation eines Advance Organizer nach Joyce und Weil (2003, Übers. d. Verf.)

1	Festgelegte Merkmale /Eigenschaften benennen
2	Geeignete Bespiele und Visualisierungen anbieten
3	In den Kontext einordnen
4	Wiederholen

In diesen Kriterien findet der Konstruktionsprozess für die praktische Erstellung eines Advance Organizer keine Berücksichtigung. Mit den Präsentationskriterien wird hingegen keine Präsentationsform, d.h. ausschließlich schriftlich, mündlich oder visuell, vorgegeben. Es werden lediglich zentrale Merkmale genannt, die das Lernen auf unterschiedlichen Wegen unterstützen: Die zentralen Inhaltsmerkmale sollen sowohl visuell (Prinzip 2) als auch verbal (Prinzip 4) dargestellt werden. Das dritte Prinzip ähnelt den ursprünglichen Kriterien nach Ausubel (1960, S. 268), der höheren Abstraktion, Generalität und Reichweite.

Githua und Nyabwa (2008, S. 448) verwenden in ihrer Studie für die Konstruktion eines Advance Organizer sechs Schritte, die durch NETnet (2005) veröffentlicht werden (Tabelle 19).

Tabelle 19 - Schritte zur Konstruktion eines Advance Organizer nach NETnet (2005, Übers. d. Verf)

1	Beschreibung des Unterrichtsziels (Präsentation des Advance Organizer in Form eines Handouts, einer Tabelle, eines Diagramms, einer mündlichen Präsentation oder in Form einer Concept Map. Eine Concept Map eignet sich dafür, die Beziehungen zwischen verschiedenen Aspekten darzustellen, um somit die neuen Inhalte zu bereits gelerntem Wissen in Beziehung zu setzen)
2	Präsentation der Materialien (Präsentation des Materials in einer gut strukturierten Form, Reihenfolge des Lernmaterials verdeutlichen: generelle Ideen zu Beginn auf die schrittweise mehr Details und Besonderheiten folgen)
3	Integrative Verbindungen nutzen (Vermittlung eines größeren Bildes des Themengebietes, bei dem Beziehungen zwischen neuen und bereits gelernten Inhalten hergestellt werden. Wiederholung von Definitionen und den Gebrauch von neuen Begrifflichkeiten in Diskussionen fördern. Anregen zum kritischen Reflektieren der Materialien, indem die wichtigsten Merkmale der neuen Inhalte zusammengefasst und Unterschiede in den Materialien herausgearbeitet werden)

Tabelle 19 (Fortsetzung)

4	Unterstützung des aktiven Lernens (Mithilfe einer Concept Map oder eines Diagramms wird das neue Wissen in Bezug zum Vorwissen gesetzt, indem neue Beispiele formuliert werden sollen und anhand dessen verdeutlicht wird, was neu gelernt wurde. Um flexible Denkprozesse anzuregen, kann das Lernmaterial von einer anderen Perspektive betrachtet werden und zu widersprüchlichen Erfahrungen oder Wissen in Bezug gesetzt werden)
5	Anregen einer kritischen Auseinandersetzung mit der Thematik (Untersuchung des Lernmaterials auf Annahmen, die zwischen den Zeilen stehen. Aktive Rolle der Lernenden im Lernprozess verlangen, indem Beurteilungen vorgenommen oder Folgerungen aus möglichen Widersprüchen gezogen werden)
6	Klären, Verdeutlichen (Vermittelte Informationen wiederholen und die neuen Inhalte hervorheben. Neu gelernte Informationen abfragen, indem die Informationen auf neue Probleme oder Beispiele angewendet werden)

Diese Schritte greifen an verschiedenen Stellen die theoretischen Grundlagen der Assimilationstheorie sowie die von Ausubel (1980) beschriebenen Kennzeichen von Advance Organizer auf: Sowohl in Schritt 1 „Beschreibung des Unterrichtsziels“ als auch in Schritt 3 „Integrative Verbindungen nutzen“ wird die Verknüpfung von neuen mit bekannten Inhalten vorgeschlagen. Im zweiten Schritt „Präsentation der Materialien“ wird das von Ausubel et al. (1980, S. 149) beschriebene Prinzip der progressiven Differenzierung aufgegriffen. Die Konstruktionsprinzipien von NETnet (2005) werden zudem näher erläutert, indem konkrete Umsetzungsmöglichkeiten gegeben werden. In Schritt 1 „Beschreibung des Unterrichtsziels“ werden unterschiedliche Gestaltungsformen für einen Advance Organizer angeführt. In Schritt 4 „Unterstützung des aktiven Lernens“ und in Schritt 5 „Anregen einer kritischen Auseinandersetzung mit der Thematik“ werden konkrete Aufgabenformate beschrieben, die zur Umsetzung der Schritte genutzt werden können. Kritisch zu betrachten ist die geringfügige Unterscheidung zwischen der Konstruktion eines Advance Organizer als Methode für den Unterrichtsbeginn und der Gestaltung eines Lernprozesses innerhalb einer Unterrichtsstunde. Die Konstruktionsprinzipien von NETnet (2005) sehen den Einsatz eines Advance Organizer sowohl zu Unterrichtsbeginn in Schritt 1 als auch für die Erarbeitung und Vertiefung von Lerninhalten in den Schritten 3, 4 und 5 sowie für den Abschluss einer Unterrichtsstunde durch Schritt 6 vor. Dies bedeutet folglich, dass der Advance Organizer nicht nur als Methode für den Unterrichtsbeginn aufgefasst wird, sondern die Gestaltung einer gesamten Lerneinheit beeinflusst. Dabei ist zu erwähnen, dass sich nicht alle curricularen Inhalte eignen, um sie in der von NETnet (2005) vorgeschlagenen Form umzusetzen. Darüber hinaus ist kritisch anzumerken, dass eine Vermischung von verschiedenen Methoden erfolgt. In Schritt 1 sowie 2 wird auf die Verwendung einer Concept Map verwiesen. Hierbei sollte berücksichtigt werden, dass zwischen den Methoden des Advance Organizer und einer Concept Map große Differenzen vorhanden sind: Während Concept Maps zur Visualisierung von Zusammenhängen und Beziehungen zwischen Begrifflichkeiten einer Thematik dienen (Dunker, 2010, S. 15), zielen Advance

Organizer darauf ab, die kognitive Struktur für das Lernen und Behalten neuer Inhalte vorzubereiten. Ein weiterer Unterschied liegt in den Einsatzmöglichkeiten: Während Concept Maps sowohl von einer Lehrkraft für Schüler als auch von jedem Schüler individuell erstellt werden können, gelten Advance Organizer hingegen als eine lehrerzentrierte Methode. Der gemeinsame Aspekt, die Verknüpfung von Inhalten untereinander, ist somit nicht ausreichend, um die Methoden äquivalent zu nutzen.

Im deutschsprachigen Raum hat Wahl (2005, 2011) sechs Prinzipien zur Konstruktion eines Advance Organizer aufgestellt, wobei der Schwerpunkt dieser auf der Ausgestaltung und Präsentation liegt (Tabelle 20). Diese Prinzipien finden im englischen Sprachraum bisher keine Verwendung.

Tabelle 20 - Konstruktionsprinzipien eines Advance Organizer nach Wahl (2005, 2011)

1	Erstellen einer Expertenstruktur (15 bis 20 Begriffen der Thematik in deren Zusammenhang mittels der Struktur-Lege-Technik setzen)
2	Problemstellung (Formulierung einer interessanten Problemstellung zur Motivierung und Aufmerksamkeitssteigerung für das Thema)
3	Mehrfachcodierung (Aktivierung des Vorwissens durch Verwenden von bekannten Begrifflichkeiten, konkreten Beispielen bzw. Situationen, Vergleichen bzw. Analogien und visuelle Unterstützung durch Hervorhebungen, Bilder, Veranschaulichungen; wenig Text wird durch eine mündliche Präsentation ausgeglichen)
4	Entwickelnd Präsentieren (die Bestandteile des Advance Organizer schrittweise präsentieren)
5	Nicht zu kurz und nicht zu lange präsentieren (Präsentationsdauer zwischen fünf und 15 Minuten)
6	Verfügbar machen (Advance Organizer in Form einer Kopie, eines Plakates o.ä. dauerhaft während der Lerneinheit zur Verfügung stellen)

Die Konstruktionsprinzipien nach Wahl (2005, 2011) stellen eine geeignete Grundlage für die Gestaltung eines Advance Organizer dar. Mit den Prinzipien 2 bis 6 werden konkrete Handlungsmöglichkeiten beschrieben, die durch vielfältige Beispiele näher ausgeführt werden. Im Vergleich zu den zuvor dargestellten Konstruktionsprinzipien bieten die von Wahl (2005, 2011) formulierten Prinzipien eine praxisrelevante Darstellung für die Ausgestaltung eines Advance Organizer. Bei der Verwendung dieser Prinzipien ist jedoch zu berücksichtigen, dass die von Ausubel (1960, 1968) beschriebenen Merkmale eines Advance Organizer nur begrenzt berücksichtigt werden. Im dritten Prinzip nimmt Wahl (2005, S. 146) sehr allgemein Bezug auf das Ziel eines Advance Organizer, nämlich die Vorwissensaktivierung. In dem ersten Prinzip, der Erstellung der Expertenstruktur, gibt es weder einen Bezug zu der von Ausubel et al. (1980) beschriebenen Assimilationstheorie noch zu dem zentralen Kriterium eines Advance Organizer, „a much higher level of abstraction, generality, and

inclusiveness“ (Ausubel, 1960, S. 268). Darüber hinaus thematisiert lediglich das Prinzip 1 die Konstruktion, wohingegen die Prinzipien 2 bis 6 die Ausgestaltung näher erläutern. Somit fehlt eine konkrete Handlungsanleitung für die Konstruktion eines Advance Organizer.

Ludwig und Herold (2007, S. 115f.) formulieren für die Konstruktion und Gestaltung eines Advance Organizer vier grundlegende Bestandteile (Tabelle 21). Entsprechend der Betitelung der vier Elemente fassen sie diese als „4-B-Formel“ (Ludwig & Herold, 2007, S. 115) zusammen.

Tabelle 21 - Grundelemente eines Advance Organizer nach Ludwig und Herold (2007)

1	Bedeutung (entsteht durch den Einsatz des Advance Organizer in der jeweiligen Lernsituation)
2	Begriffe (zur Beschreibung des Lerninhaltes Begriffe generieren und aus geeigneten Begriffseinheiten übergeordnete Begriffe formulieren, die als Ankerpunkte dienen)
3	Beziehungen (ausgehend von den gesammelten Begriffen eine Struktur legen)
4	Bilder (dienen der Ergänzung bzw. Ersetzung der gesammelten Begrifflichkeiten; erleichtern das Erfassen und Erinnern der Begriffsstruktur)

Die von Ludwig und Herold (2007) beschriebenen Grundelemente stellen eine kompakte Zusammenstellung von Konstruktions- und Gestaltungsprinzipien dar. Dabei ist der Titel „4-B-Formel“ (Ludwig & Herold, 2007, S. 115) eine gute Unterstützung zur Verinnerlichung der Vorgehensweise. Wie auch in den Konstruktionsprinzipien nach Wahl (2005, 2011) erfolgen in einem ersten Schritt die Generierung von Begriffen und dann die Verknüpfung der Begrifflichkeiten in einem Struktur-Lege-Prozess. Ebenso wird der Einsatz von Bildern zur Unterstützung zur Verständlichkeit vorgeschlagen. Dennoch ist anzumerken, dass lediglich in dem zweiten Aspekt, der Generierung von Begriffen, der theoretische Bezug zur Assimilationstheorie hergestellt wird. Die zentrale Forderung, dass die Begriffe des Advance Organizer auf einer höheren Ebene der Abstraktion, Generalität und Reichweite als das Lernmaterial zu formulieren sind, findet keine Verwendung. Wenig erläutert wird der erste Aspekt, die Bedeutung eines Advance Organizer. Hier lässt sich vermuten, dass die Klärung der Zielstellung dieser Methode, wie es auch Lenz et al. (1987) in der ersten Komponente anführen, beabsichtigt ist. Jedoch fehlt eine konkrete Beschreibung, wie dies erreicht werden kann.

Martenstein et al. (2013, S. 5) formulieren ausgehend von den Konstruktionsprinzipien nach Wahl (2005, 2011) vier Konstruktionsschritte. Dabei erfolgt jedoch eine stärkere Fokussierung auf die Erstellung der sogenannten Expertenstruktur und gleichzeitig eine Reduktion bezüglich der konkreten Ausgestaltung.

Tabelle 22 - 4 Schritte zur Konstruktion eines Advance Organizer nach Martenstein et al. (2013)

1	Ableitung (15 bis 20 Begriffe aus einer Sachstrukturanalyse)
2	Bündelung (der Begriffe sowie Abstrahierung von übergeordneten Bezeichnungen)
3	Sortierung (der übergeordneten Bezeichnungen und In-Verbindung-Setzen dieser)
4	Didaktische Inszenierung (mit Mehrfachkodierung, Schüleraktivierung und vorbereiteten Satzanfängen)

Die Konstruktion eines Advance Organizer erfolgt nach Martenstein et al. (2013) ausgehend von der Sachstruktur und nicht wie bei anderen Autoren (u.a. Ausubel, 1978; Callihan & Bell, 1978) ausgehend von dem Vorwissen der Lernenden. Nach der Bündelung der Sachstrukturbegriffe erfolgt, wie von Ausubel (1960, S. 268) vorgegeben, die Generierung von Begriffen mit höherer Abstraktion, Generalität und Reichweite. Durch Sortieren und Verbinden der Begriffe soll dann eine Expertenstruktur entstehen, mit der die inhaltliche Struktur abgebildet werden kann. Die Präsentation des Advance Organizer wird zusammenfassend in dem vierten Prinzip angeführt. Hierbei ist anzumerken, dass die Aktivierung der Schüler während der Präsentationsphase explizit erwähnt wird. Zudem wird das Vorformulieren von Sätzen bzw. Satzanfängen für Lehrkräfte vorgeschlagen, um eine adäquate Lehrerpräsentation zu gewährleisten.

Nach der ersten Beschreibung des Advance Organizer nach Ausubel (1960) lassen sich in der Literatur sehr unterschiedliche Prinzipien zur Konstruktion und Gestaltung eines Advance Organizer finden. Diese variieren sowohl im Umfang der Kriterien als auch sehr stark im Inhalt. Im Folgenden wird das Ergebnis einer Synthese dieser Prinzipien dargestellt und eine vereinheitlichende Reformulierung der Prinzipien vorgeschlagen.

4.3.2 Neuformulierung von Konstruktionsschritten und Gestaltungsprinzipien

In der bisherigen Literatur erfolgt bei der Beschreibung der Prinzipien für Advance Organizer keine Bezugnahme der einzelnen Autoren untereinander. Lediglich die erste Beschreibung nach Ausubel (1960, S. 268) wird in den meisten Prinzipien berücksichtigt. Nachfolgend werden die theoretischen Beschreibungen der Autoren durch eine Synthese zusammengefasst und einheitliche Prinzipien formuliert.

Dabei wird eine Differenzierung nach Konstruktionsschritten und Gestaltungsprinzipien vorgenommen. Bei der Konstruktion handelt es sich um einen Prozess, der für die Bewältigung einer großen Informationsmenge geeignet ist (König & Riedel, 1976, S. 44). Die Entwicklung eines Advance Organizer erfolgt in einem Konstruktionsprozess, der in mehrere Konstruktionsschritte gegliedert wird. Die Realisierung des Konstruktionsproduktes mit Schülerinnen und Schülern stellt einen Gestaltungsprozess dar (König & Riedel, 1975, S. 2). Die Gestaltungsprinzipien für Advance Organizer dienen als Vorschlag für die

Ausgestaltung eines lernförderlichen Organizer, müssen jedoch stets an die Voraussetzungen der Lerngruppe angepasst werden.

Konstruktionsschritte

Die Schwierigkeit bei der Erstellung eines Advance Organizer besteht darin, dass eine bloße Abbildung der Themenstruktur nicht ausreichend ist. Ferner ist es entsprechend der Assimilationstheorie das Ziel, geeignete Ankerpunkte in der Wissensstruktur der Lernenden zu aktivieren, um eine geeignete Anknüpfung neuer Inhalte zu ermöglichen. Um diese Funktionsweise sicherzustellen, bedarf es einer schrittweisen Anleitung zur Entwicklung eines Advance Organizer.

Vier zentrale Konstruktionsschritte (Tabelle 23) lassen sich als Ergebnis der Synthese herausstellen. Dabei werden lediglich die Aussagen berücksichtigt, die sich auf die inhaltliche Ausgestaltung des Advance Organizer beziehen bzw. den Entstehungsprozess betreffen.

Tabelle 23 - Synthese der Schritte zur Konstruktion eines Advance Organizer

Konstruktions-schritte	Themen-struktur	Kontext-einordnung	Vorwissens-konzepte	Ziel-formulierung
Ausubel (1960, 1978, 1980)		X	X	
Callihan & Bell (1978)		X	X	
Lenz et al. (1987)	X		X	X
C. K. West et al. (1991)	X	X	X	X
Joyce & Weil (2003)		X	X	
NETnet (2005)		X	X	X
Wahl (2005, 2011)	X			X
Ludwig & Herold (2007)	X		X	X
Martenstein et al. (2013)	X	X		

Die aus der Synthese ermittelten Schritte werden nachfolgend in der Reihenfolge beschrieben, wie sie sich für die Erstellung eines Advance Organizer eignen.

1. Visualisierung der Themenstruktur: Ausgangspunkt für die Erstellung eines Advance Organizer, der als Einstieg in eine Unterrichteinheit bzw. -stunde genutzt werden kann, stellt der Inhalt bzw. das Thema selbst dar. Mit Hilfe einer Sachstrukturanalyse bzw. geeigneten Quellen kann der Inhalt in eine graphische Struktur gebracht werden. Mit Blick auf die weiteren Schritte ist hierfür eine hierarchische Struktur zu empfehlen, wobei das Thema selbst an der höchsten Stelle anzusiedeln ist (Abbildung 16). Bei der Erstellung dieser graphischen Inhaltstruktur ist zu berücksichtigen, dass lediglich die Themenfelder angeführt werden, die auch in der Unterrichtseinheit vorkommen. An dieser Stelle sollte bereits eine didaktische Reduktion (Lehner, 2012, S. 9) erfolgen.

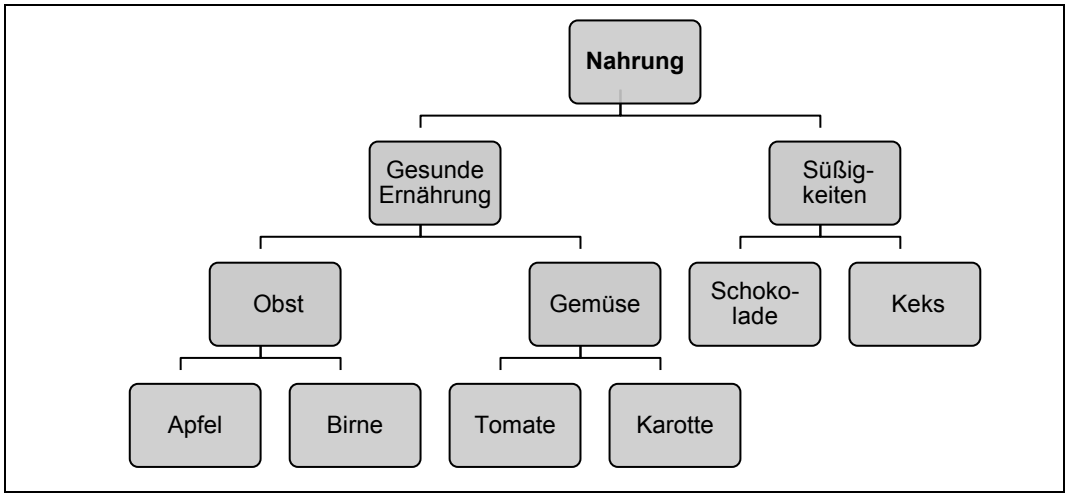


Abbildung 16 - Hierarchische Inhaltsstruktur zum Themenfeld Nahrung

2. Einordnung in den Kontext: Das zentrale Kennzeichen eines Advance Organizer besteht in der höheren Abstraktion, Generalität und Reichweite (Ausubel, 1960, S. 268) der Inhalte im Vergleich zu den Inhalten der Unterrichtsstunde. Hierfür bietet es sich an, die zuvor erstellte Themenstruktur nach „oben“ hin zu erweitern (Abbildung 17). Dies bedeutet, dass der für das Thema relevante Kontext abgebildet wird.

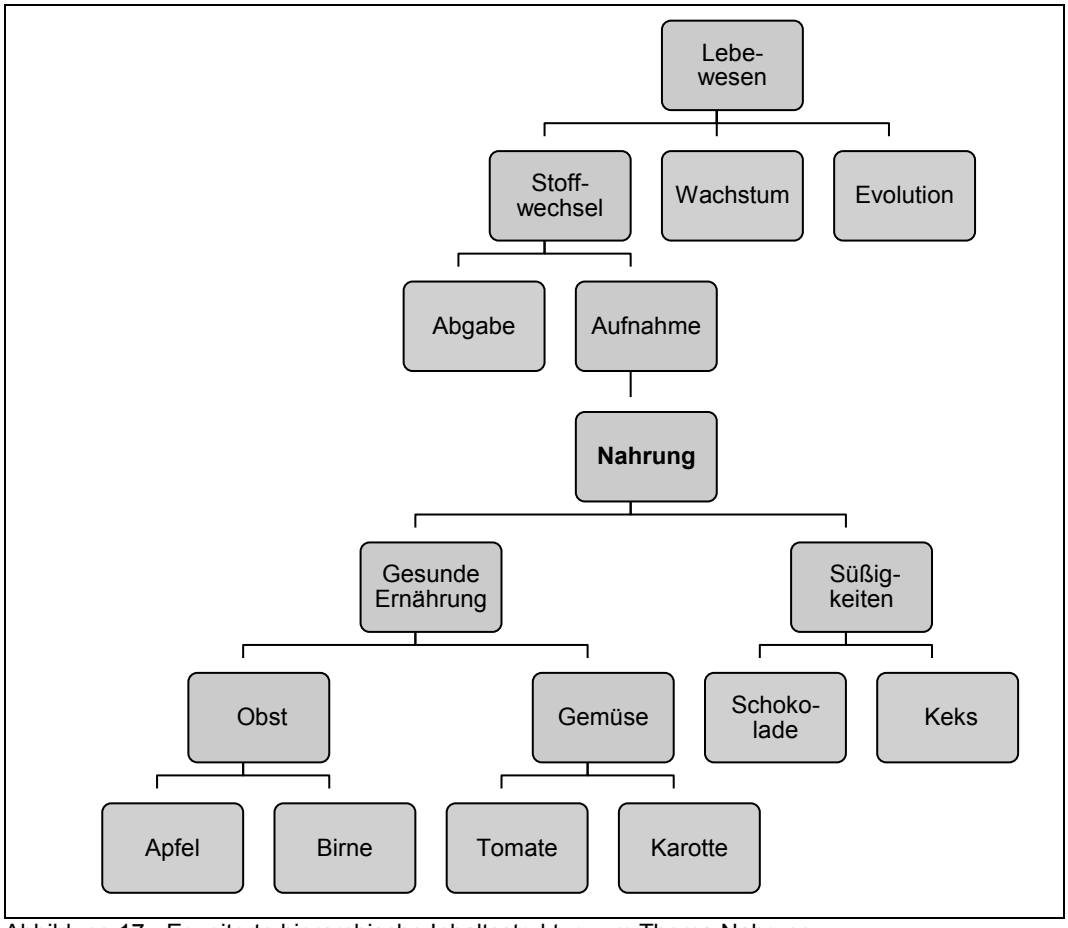


Abbildung 17 - Erweiterte hierarchische Inhaltsstruktur zum Thema Nahrung

3. Integration der Vorwissenskonzepte: Ziel eines Unterrichtseinstiegs mit dem Advance Organizer, ist die Aktivierung von bereits vorhandenem Wissen auf Seiten der Lernenden, um die neuen Inhalte auf geeignete Weise abzuspeichern. Inwiefern die Wissenselemente des Kontextes entsprechend der erweiterten hierarchischen Inhaltstruktur bei den Schülern vorhanden sind, muss für die weitere Konstruktion eines Advance Organizer ermittelt werden. Ausubel (1978, S. 252) empfiehlt hierfür eine Prätestung. Diese muss jedoch nicht im Sinne einer Leistungsdiagnostik erfolgen. Es eignen sich ebenso Brainstorming-Verfahren, bei denen die Lernenden ihre vorhandenen Ideen zum Thema unstrukturiert sammeln (Siebert, 2010, S. 123).

4. Formulierung des Ziels: Abschließend muss eine sogenannte Brücke (Ausubel et al., 1980, S. 210) zwischen dem Kontext des Themas und dem speziellen Thema der Einheit bzw. der Stunde hergestellt werden. Dies kann über die Formulierung einer Zielstellung erfolgen, mit der folgende exemplarische Fragen beantwortet werden: 1) Wozu dient die Kontexteinordnung? 2) Warum ist das Kontextwissen wichtig? 3) Inwiefern unterstützt dieses Wissen das Lernen in der Stunde/Einheit?

Diese vier Schritte bilden die inhaltliche Struktur des jeweiligen Themas ab und stellen damit die zentrale Grundlage des Advance Organizer dar. Dennoch reicht diese Themenstruktur inklusive einer Zielstellung nicht aus, um das Vorwissen der Lernenden umfassend zu aktivieren. Hierfür ist eine intensivere Fokussierung der Voraussetzungen der Lerngruppe notwendig und dessen Berücksichtigung bei der konkreten Ausgestaltung des Organizer.

Gestaltungsprinzipien

Ausgehend von der Themenstruktur und dem Themenkontext gelten für die Gestaltung eines Advance Organizer sechs Prinzipien. Diese müssen jedoch sowohl an die Lerngruppe, an die Inhalte und Struktur der genauen Stundeninhalte als auch an die Rahmenbedingungen des Unterrichts angepasst werden, um das Lernen optimal zu unterstützen.

Die sechs ermittelten Gestaltungsprinzipien der Synthese (Tabelle 24) beziehen sich zum einen auf das konkrete Design des Advance Organizer und zum anderen auf die Präsentation dessen.

Tabelle 24 - Synthese der Prinzipien zur Gestaltung eines Advance Organizer

Gestaltungs-prinzipien	**Mehrfach-codierung**	**konkrete Bespiele**	**kurze Präsen-tation**	**schritt-weise Präsen-tation**	**Aktivie-rung**	**Wieder-holung/ Verfüg-barkeit**
C. K. West et al. (1991			**X**			
Joyce & Weil (2003)	**X**	**X**				**X**
NETnet (2005)	**X**	**X**		**X**	**X**	**X**
Wahl (2005, 2011)	**X**		**X**	**X**		**X**
Ludwig & Herold (2007)	**X**					
Martenstein et al. (2013)	**X**	**X**	**X**	**X**	**X**	**X**

5. Design: Wahl (2011) verwendet die Bezeichnung „*Mehrfachcodierung*“ und meint damit die Darstellung eines Inhaltes durch unterschiedliche Modalitäten, d.h. mit Visualisierungen, verbalen und schriftlichen Wörtern. Vor allem die Verwendung von Visualisierungen wird von mehreren Autoren erwähnt. Ziel dieser verschiedener Wahrnehmungs- und Verarbeitungsmodalitäten ist die möglichst umfassende Aktivierung des Vorwissens aller Lernenden, welches jedoch sehr unterschiedlich abgespeichert sein kann. Neben der multimodalen Abbildung der Inhalte ist ein Advance Organizer durch *konkrete Bespiele* gekennzeichnet. Obwohl die Forderung bei der Konstruktion nach einer höheren Abstraktion der Advance Organizer-Inhalte besteht, gibt es keinen Widerspruch, dies mit konkreten Beispielen auszufüllen.

6. Präsentation: Die Darbietung des Advance Organizer erfolgt in der Phase des Unterrichtseinstiegs, sodass lediglich ein *kurzer Zeitrahmen* für die Präsentation besteht. Zusätzlich empfiehlt es sich, die Präsentation *schrittweise* zu gestalten. Parallel zum Aufbau der Unterrichtseinheit sollte ein Advance Organizer in mehrere Abschnitte gegliedert werden. Zu Beginn der entsprechenden Unterrichtsstunden wird jeweils ein Abschnitt des Advance Organizer vorgestellt. Innerhalb einer Präsentation sollten sukzessiv immer weitere Begriffe, Visualisierungen und Beispiele angeführt werden. Diese schrittweise Vorgehensweise bietet den Lernenden die Möglichkeit die Kontext- und Themenstruktur kleinschrittig nachzuvollziehen und reduziert die Gefahr einer Überforderung durch die Konfrontation mit einer umfangreichen Themenstruktur. Dies kann zudem durch eine gezielte *Aktivierung* der Lernenden während der Präsentation berücksichtigt werden. Gezielte Nachfragen bzw. der bewusste Einbezug unterstützt die Aufmerksamkeit der Schülerinnen und Schüler. Abschließend sollte der Advance Organizer nicht nur vereinzelt zu Beginn ausgewählter Unterrichtsstunden zum Einsatz kommen. Um das Lernen während einer gesamten Unterrichtseinheit zu unterstützen, sollten die Inhalte *regelmäßig wiederholt* werden. Dies kann mittels eines regelmäßigen Bezugnehmens zu den Inhalten des Advance Organizer erfolgen. Durch eine ständige Verfügbarkeit des Advance Organizer in Form eines Plakates oder Arbeitsblattes kann diese Wiederholung zudem individuell und je nach Bedarf im Unterricht erfolgen.

Diese sechs Konstruktions- und Gestaltungsprinzipien können als Leitfaden für die Erstellung eines Advance Organizer dienen. Ausgehend von der inhaltlichen Struktur muss die Gestaltung des Advance Organizer immer durch Anpassung an die Lernvoraussetzungen der Schülerinnen und Schüler und die konkrete Unterrichtsgestaltung erfolgen. Inwiefern ein derartiger Advance Organizer von Nutzen für das Lernen, die Informationsverarbeitung und das Lernen mathematischer Inhalte ist, wird nachfolgend diskutiert.

4.4 Advance Organizer zur Unterstützung des Lernens

Eine Möglichkeit für die Unterstützung auf der ersten Stufe als auch auf der zweiten Stufe des RtI-Modells (Kapitel 2.1) ist der Advance Organizer. Zu Beginn des Unterrichts wird mit dem Advance Organizer das bereits vorhandene Vorwissen der Schülerinnen und Schüler aktiviert bzw. werden passende Anker für das Speichern der neuen Lerninhalte geschaffen. Mit Bezug zum RtI-Modell bildet der Advance Organizer eine geeignete Möglichkeit mit allen Schülerinnen

und Schülern auf der ersten sowie zweiten Stufe gemeinsam in den Unterricht zu beginnen. Mittels des Organizer kann eine gemeinsame Vorwissensbasis geschaffen werden, die es allen Lernenden ermöglicht, am nachfolgenden Unterricht teilzunehmen.

In den nächsten zwei Kapiteln werden die Unterstützungsmöglichkeiten des Advance Organizer allgemein für das Lernen in heterogenen Lerngruppen (Kapitel 4.4.1) und spezifisch für das Lernen im Mathematikunterricht (Kapitel 4.4.2) dargestellt, sodass eine Einordnung dieser Methode in die zuvor dargestellten theoretischen Grundlagen erfolgt.

4.4.1 Unterstützung für erfolgreiches Lernen

Sowohl Matthes (2009, S. 26) als auch Hasselhorn und Gold (2013, S. 70) benennen das bereichsspezifische Wissen bzw. das Vorwissen als eine zentrale Voraussetzung für einen erfolgreichen Lernprozess (Kapitel 2.2). Die Aktivierung des Vorwissens aus dem Langzeitgedächtnis kann durch den Advance Organizer erfolgen, sodass die Schülerinnen und Schüler dieses Wissen erfolgreich für den gesamten Lernprozess nutzen können. Darüber hinaus kann durch die Formulierung einer Zielstellung mit dem Advance Organizer die Handlungssteuerung bzw. die metakognitive Regulation (Matthes, 2009, S. 26; Hasselhorn & Gold, 2013, S. 70) unterstützt werden, sodass die Lernhandlung der Schülerinnen und Schüler zielorientiert geplant, ausgeführt und reflektiert werden kann. Gleichzeitig unterstützt eine Zieltransparenz die Motivation für den Lernprozess bzw. die Lernaktivitäten, indem das angestrebte Resultat des Unterrichts stetig präsent ist und der individuelle Erfolg hinsichtlich der Zielerreichung messbar wird. Eine adressatengerechte Gestaltung des Advance Organizer, bspw. mit einer Aktivierung der Lernenden und einer multimodalen Begriffspräsentation, kann zudem die Aufmerksamkeit positiv beeinflussen, sodass eine weitere lernförderliche Komponente (Hasselhorn & Gold, 2013, S. 70) begünstigt wird.

Als eine konkrete Methode für den Unterrichtseinstieg vermittelt der Advance Organizer für die Schülerinnen und Schüler eine Orientierung über die Unterrichtsinhalte bzw. eine Strukturierung dieser und entspricht somit einem zentralen Prinzip effektiven Unterrichtens nach Brophy (2000, S. 15) sowie einem Bereich der Unterrichtsqualität (Klarheit und Strukturiertheit) nach Helmke (2009, S. 197). Die umfangreiche thematische Auseinandersetzung, die für die Konstruktion eines Advance Organizer notwendig ist, hat eine intensive Unterrichtsvorbereitung der Lehrkraft zur Folge, sodass ein wesentliches Kriterium für erfolgreiches Classroom Management sichergestellt werden kann (Hennemann & Hillenbrand, 2010, S. 270).

4.4.2 Unterstützung beim Lernen mathematischer Inhalte

Zusätzlich zu den allgemeinen Unterstützungsmöglichkeiten bietet der Einsatz eines Advance Organizer im Mathematikunterricht weitere spezifischere Unterstützungsmöglichkeiten. Peterson Miller, Strawser und Mercer (1996, S. 34) empfehlen für die Vermittlung mathematischer Inhalte die Einrichtung einer methodisch-orientierten Unterrichtsumgebung, d.h. die Integration von ausgewählten Lernstrategien in den Unterricht, zu denen auch der Advance Organizer gehört. Der Einsatz von Advance Organizer im Mathematikunterricht

dient der Vorbereitung der Schülerinnen und Schüler auf die Unterrichtsinhalte, der Verdeutlichung der Unterrichtsziele sowie dem Klären der Zusammenhänge zu vorherigen Unterrichtsstunden (Mercer & Peterson Miller, 1992, S. 27; Peterson Miller et al., 1996, S. 35; Allsopp, 1999, S. 74; Maccini, Gagnon, Mulcah & Leon, 2006, S. 214).

Die Methode der Direkten Instruktion stellt eine hoch effektive Maßnahme für den Mathematikunterricht dar (Kapitel 3.3.2). Der Advance Organizer ermöglicht hierbei die Realisierung der zentralen Aspekte, die für die Einstiegsphase der Direkten Instruktion relevant sind: die Formulierung einer Zielstellung. Zudem werden mit dem Advance Organizer die Inhalte in den Gesamtkontext eingeordnet, sodass die Relevanz der neuen Wissensinhalte verdeutlicht werden kann. Ferner kann durch die aktivierenden Elemente des Advance Organizer das Vorwissen der Schülerinnen und Schüler erfragt werden. Die Forschungsergebnisse von Gagnon und Maccini (2007, S. 50) bestätigen, dass sowohl Sonderpädagogen als auch Lehrkräfte der allgemeinbildenden Schule diese Methode regelmäßig im Rahmen der Direkten Instruktion anwenden.

Einzelne Empfehlungen nach Gersten, Beckmann, et al. (2009), die effektive Möglichkeiten zur Unterstützung von Schülerinnen und Schülern mit mathematischen Schwierigkeiten auf der zweiten und dritten Unterstützungsstufe des RtI-Modells (Kapitel 2.1) enthalten, können ebenfalls durch den Einsatz von Advance Organizer realisiert werden:

- „Recommendation 3. Instruction during the intervention should be explicit and systematic“ (Gersten, Beckmann, et al., 2009, S. 21): Der Advance Organizer ist eine lehrerzentrierte Methode, sodass bei Einhaltung der Konstruktions- und Gestaltungsprinzipien ein systematischer Unterrichtseinstieg und eine gezielte Aktivierung des Vorwissens erfolgen kann.
- “Recommendation 4. Interventions should include instruction on solving word problems that is based on common underlying structures“ (Gersten, Beckmann, et al., 2009, S. 26): Die Gestaltungsprinzipien für Advance Organizer legen fest, dass eine multimodale Präsentation zentraler Begrifflichkeiten zu verwenden ist, sodass ein höheres Verständnis über die inhaltliche Bedeutung erzielt werden kann. Die wiederholte Präsentation eines Organizer und die ständige Verfügbarkeit dessen bieten eine Art kompensatorische Unterstützung, sodass bei Begriffsschwierigkeiten der Advance Organizer zur Klärung genutzt werden kann.

4.5 Wirksamkeit von Advance Organizer

Im deutschsprachigen Raum existieren relativ wenige Studien zur Überprüfung der Wirksamkeit des Advance Organizer, was ein möglicher Grund für die geringe Verbreitung in der Praxis sein könnte. Im internationalen Sprachraum gibt es verhältnismäßig wenige Studienergebnisse, die die Effektivität für Schülerinnen und Schüler aus dem Primarbereich untersuchen. Eine Notwendigkeit zur differentiellen Beschreibung eines Advance Organizer wird auch durch die Veröffentlichung von John Hattie (2013) deutlich. Dieser fasst in seiner Megaanalyse den Advance Organizer mit „Behavioral Objectives“

zusammen, ohne explizite Hinweise auf die Verschiedenheit der theoretischen Grundlagen und Zielsetzungen beider Methoden zu geben.

Im folgenden Kapitel wird ein Überblick über den aktuellen Forschungsstand bezüglich der Effektivität des Advance Organizer gegeben. Eingangs werden die Metaanalysen in der Reihenfolge ihrer Veröffentlichung vorgestellt und die Ergebnisse verglichen (Kapitel 4.5.1). Nachfolgend werden systematische Reviews beschrieben und die Befunde gegenübergestellt (Kapitel 4.5.2). Dabei werden lediglich Reviews berücksichtigt, die eine systematische Sichtung sowie Zusammenfassung der Literatur vornehmen (Hussy, Schreier & Echterhoff, 2010, S. 153). Abschließend werden differenzierte Ergebnisse basierend auf der Metaanalyse zum Advance Organizer im Mathematikunterricht (Reinck & Hillenbrand, o.A.) vorgestellt (Kapitel 4.5.3), die eine empirische Überprüfung einzelner Konstruktionsschritte und Gestaltungsprinzipien (Kapitel 4.3.2) ermöglichen.

4.5.1 Metaanalysen

Überblick über vorhandene Metaanalysen

Kozlow (1978) fasst in einer Metaanalyse 77 Studien aus den Jahren von 1960 bis 1977 zusammen. In dieser Untersuchung sind lediglich Advance Organizer in Textform aufgenommen worden: „The primary mode of presentation of information in the advance organizer must be prose“ (Kozlow, 1978, S. 10), die jedoch unterschiedlich präsentiert werden können. Es werden 65 unabhängige Variablen in Bezug auf die abhängige Variable, dem Mittelwertsunterschied zwischen der Experimental-/Advance Organizer- und der Kontrollgruppe, untersucht. Zur Überprüfung, inwieweit die Klassenstufe, die Lernfähigkeit, die Behaltensleistung, die Präsentationsdauer und -form des Advance Organizer sowie das Unterrichtsfach in einem Zusammenhang mit den Mittelwertsunterschieden zwischen Experimental- und Kontrollgruppe stehen, erfolgt durch die Berechnung von Korrelationen. Darüber hinaus nimmt Kozlow (1978, S. 120) eine Regressionsanalyse vor, um zu ermitteln, welche unabhängigen Variablen die größte Vorhersagekraft für die Unterschiede in den Mittelwerten zwischen den Untersuchungsgruppen erbringen.

Die Metaanalyse von Luiten, Ames und Ackerson (1980) umfasst 135 Primärstudien aus dem Zeitraum 1960 bis 1979. Die Wirksamkeit des Advance Organizer wird differenziert für das Lernen und Behalten betrachtet. Diese Differenzierung erfolgt auch bei der Untersuchung möglicher Einflussvariablen, wie bspw. die Schulform und das Unterrichtsfach. Außerdem wird die Effektivität in Abhängigkeit der Fähigkeiten der Schülerinnen und Schüler, der Präsentationsform sowie hinsichtlich der mündlichen Form für die verschiedenen Schulformen dargestellt. Abschließend nehmen Luiten et al. (1980, S. 216f.) Bezug zu vier Empfehlungen des Reviews von Barnes und Clawson (1975).

Lott (1983) untersucht in seiner Metaanalyse die Effektivität des Advance Organizer im naturwissenschaftlichen Unterricht. 16 Einzelstudien aus dem Zeitraum von 1957 bis 1980 werden in die Analyse einbezogen. Dabei ist kritisch anzumerken, dass bei der Recherche lediglich eine Fachzeitschrift und die Sichtung von Dissertationen einbezogen worden sind. Lott (1983, S. 447) berechnet einerseits Korrelationskoeffizienten für Studienmerkmale sowie

einzelne Effektstärken des Advance Organizer in Abhängigkeit von unterschiedlichen Variablen, wie bspw. Schulform, Form des Advance Organizer und Fähigkeitsniveau.

In der Metaanalyse von Stone (1983) werden 29 Primärstudien von 1970 bis 1980 zusammengefasst. Es werden differenzierte Effektstärken für die Beschaffenheit von Advance Organizer, für Merkmale von Schülerinnen und Schülern und Rahmenbedingungen angegeben. Darüber hinaus werden Interaktionseffekte zwischen verschiedenen Merkmalen des Advance Organizer sowie zwischen Merkmalen des Organizer und der Form des Posttests (Fakten- oder Anwendungswissen) berechnet.

Rolheiser-Bennett (1986) vergleicht mittels metaanalytischer Berechnungen vier unterschiedliche Lehrkonzepte bezüglich der Lerneffekte für Schülerinnen und Schüler. Diese ausgewählten Strategien sollen eine Alternative zu der häufig verwendeten Methode, dem „Frage-Antwort-Spiel“ zwischen Lehrkraft und Schülerschaft, darstellen (Rolheiser-Bennett, 1986, S. 9). Der Advance Organizer wird dabei als eine alternative Strategie berücksichtigt, die hinsichtlich der Wirksamkeit für den Erwerb und das Behalten von Informationen untersucht wird. In der Metaanalyse werden 16 Studien aus dem Zeitraum von 1960 bis 1980 berücksichtigt. Es werden lediglich die Outcomemaße und nicht spezifische Organizer-Merkmale bzw. differentielle Effekte für unterschiedliche Zielgruppen untersucht.

Mahar (1992) nimmt in ihrer Dissertation sowohl ein Review als auch eine Metaanalyse vor. In dem Review werden drei Bücher, 37 veröffentlichte Artikel, 13 Tagungsberichte sowie 6 Abschlussarbeiten aus dem Zeitraum von 1960 bis 1990 zusammengefasst. In einem narrativen Review erfolgt die Zusammenfassung ausgewählter Studien sowie eine Darstellung der Rechercheergebnisse nach ausgewählten Gesichtspunkten: Einerseits wird die Diskussion um die Definition sowie die Konstruktions- und Gestaltungsprinzipien eines Advance Organizer angeführt. Andererseits erfolgt eine Darstellung der Diskussion über die visuelle oder mündliche Präsentationsform, über den Umfang sowie über die Position eines Advance Organizer vor oder nach einer Lerneinheit. Ein systematisches Review erfolgt für Studien aus dem Zeitraum von 1979 bis 1989. In der Metaanalyse werden 29 Studien aus dem Zeitraum von 1980 bis 1990 integriert und mit den Ergebnissen der Metaanalysen von Luiten et al. (1980) und Stone (1983) verglichen. Des Weiteren wird die Wirksamkeit des Advance Organizer in Abhängigkeit von dessen Gestaltung untersucht, wobei die Konstruktionsprinzipien nach C. K. West et al. (1991) genutzt werden.

Preiss und Gayle (2006, S. 333) sehen einen Forschungsbedarf von Advance Organizer in mündlicher Form: „there has been very little investigation of oral AOs apart from written and mixed-format AOs“. 20 Primärstudien aus den Jahren von 1971 bis 1997 werden in dieser Metaanalyse zusammengefasst. Differenzierte Effektstärken für die Wirksamkeit des Advance Organizer werden sowohl für die Schulform, das Unterrichtsfach sowie für den Zeitpunkt der Leistungsüberprüfung dargestellt.

Reinck und Hillenbrand (o.A.) untersuchen in einer Metaanalyse die differenzierte Wirksamkeit des Advance Organizer für das Lernen mathematischer Inhalte. Aus dem Zeitraum von 1967 bis 2012 werden 15 Einzelstudien zusammengefasst.

Die Wirksamkeit des Advance Organizer für die Vermittlung mathematischer Inhalte wird differenziert für das Lernen und Behalten, drei Altersgruppen, für verschiedene Formen der Präsentation sowie für die Länge der Präsentationszeit dargestellt.

Zusammenfassung der Ergebnisse der Metaanalysen

Eine Zusammenfassung der zentralen Ergebnisse der Metaanalysen wird im Folgenden gegeben (Tabelle 25). Im Hinblick auf die zugrundeliegende Zielstellung dieser Arbeit werden bei einzelnen Ergebnissen nur ausgewählte Aspekte dargestellt. Dies betrifft zum einen die Wirksamkeit des Advance Organizer in Abhängigkeit von der Schulform. Hier werden lediglich Effektstärken für die Primarstufe und Förderschulen angegeben. Hinsichtlich des Unterrichtsfachs werden Effektstärken für den mathematisch-naturwissenschaftlichen Unterricht sowie hinsichtlich des Fähigkeitsniveaus bzw. des Wissenstands für geringe Fähigkeiten und wenig Vorwissen angegeben.

Die Berechnung der Effektstärken erfolgt überwiegend mit der von Glass (1976) und Cohen (1988) empfohlenen Formel:

$$\Delta_{Glass} = d_{Cohen} = \frac{M_{EG} - M_{KG}}{SD_{KG}}$$

In der Metaanalyse von Kozlow (1978) sowie Preiss und Gayle (2006) werden die Effektstärke mit dem Korrelationskoeffizienten r angegeben. Diese Werte werden zur besseren Vergleichbarkeit mit der folgenden Formel in Cohens d umgerechnet:

$$d_{Cohen} = \frac{2r}{\sqrt{1 - r^2}}$$

Die Bewertung der Größe der Effekte basiert auf der Einteilung nach Cohen (1988, S. 25f.):

$d \geq 0.2$ kleiner Effekt

$d \geq 0.5$ mittlerer Effekt

$d \geq 0.8$ großer Effekt

Die acht Metaanalysen fassen Studien aus 52 Jahren zur Forschung über die Effektivität des Advance Organizer zusammen. Dabei werden insgesamt 330 Primärstudien mit 610 einzelnen Effektstärken zur Berechnung mittlerer Effektstärken für den Advance Organizer genutzt. Die Spannbreite der Effekte ist dabei sehr groß, von negativen Effekten, bspw. für Advance Organizer in der Primarstufe ($d = -0.2$) in der Metaanalyse von Mahar (1992), bis hin zu großen Effekten, z. B. für die Behaltensleistung ab 22 Tagen ($d = 1.78$) ebenfalls in der Metaanalyse von Mahar (1992).

Die Metaanalysen von Lott (1983), Mahar (1992), Preiss und Gayle (2006) sowie Reinck und Hillenbrand (o.A.) kommen zu dem Ergebnis, dass für Advance Organizer ein kleiner Gesamteffekt zu verzeichnen ist. Während Stone (1983) einen mittleren Effekt für Advance Organizer berechnet, kommen Kozlow (1978) und Rolheiser-Bennett (1986) zu einem großen Effekt für dessen Einsatz. Lediglich in der Metaanalyse von Luiten et al. (1980) wird kein Gesamteffekt angegeben, sondern lediglich Effekte bezüglich ausgewählter Aspekte.

Für die Lern- und Behaltensleistung werden nicht in allen Metaanalysen differenzierte Effekstärken für den Advance Organizer errechnet. In Bezug auf die Frage, ob die Wirksamkeit des Advance Organizer größer für das Lernen als für das Behalten ist, gibt es keinen eindeutigen Befund. Die Analysen von Luiten et al. (1980), Mahar (1992) sowie Preiss und Gayle (2006) verdeutlichen, dass die Effekte für das Lernen geringer sind als für das Behalten. Hier werden für die Lernleistung kleine Effekte von $d = 0.21$ (Luiten et al., 1980) bis $d = 0.45$ (Mahar, 1992) angegeben. Die metaanalytischen Ergebnisse von Reinck und Hillenbrand (o.A.) sowie Rolheiser-Bennett (1986) zeigen höhere Effekte für das Lernen mit $d = 0.42$ bzw. $d = 1.35$ als für das Behalten. Sowohl Lott (1983) als auch Rolheiser-Bennett (1986) nehmen eine Unterscheidung in der Qualität der Lernergebnisse vor, d.h. zwischen der reinen Wissensreproduktion sowie der Wissensanwendung. Die Ergebnisse sind jedoch nicht einheitlich: Während in der Metaanalyse von Lott (1983) der Advance Organizer für die Anwendung des Wissens größere Effekte zeigt, liegen bei der Analyse von Rolheiser-Bennett (1986) die Effekte für die einfache Reproduktion von Inhalten über denen der Wissensanwendung.

Für die Behaltensleistung liegen die Ergebnisse in der Spannbreite von keinen ($d = 0.18$ bei Reinck und Hillenbrand, o.A.) bis hin zu sehr großen Effekten ($d = 1.78$ bei Mahar, 1992). Luiten et al. (1980), Rolheiser-Bennett (1986) und Mahar (1992) zeigen darüber hinaus, dass die Effekte größer werden, umso später die Behaltensleistung gemessen wird. Im Gegensatz dazu wird in der Metaanalyse von Stone (1983) eine Abnahme der Wirksamkeit des Advance Organizer für das langfristige Behalten sichtbar.

Tabelle 25 - Metaanalysen zum Advance Organizer und zentrale Ergebnisse

Autor (Jahr)	Primärstudie	Effekt-stärken	Wirksamkeit AO					
			Effekt-stärke	Lernen & Behalten	Form des Advance Organizer	Schulform	Unterrichtsfach	Fähigkeitsniveau/ Wissensstand
Kozlow (1978)	$n = 77$ 1960-1977	$n = 99$	$d = 0.89$		nichtschriftlich: $d = 0.52$ Text mit Diagrammen: $d = 0.32$		Mathematik: $d = -0.1$	
Luiten, Ames & Ackerson (1980)	$n = 135$ 1960-1979	$n = 160$		Lernen: $d = 0.21$ Behalten (2-6 Tage): $d = 0.19$ Behalten (22 Tage): $d = 0.38$	schriftlich: $d = 0.17$ mündlich: $d = 0.37$	Förderschule (Lernen): $d = 0.28$ Primarstufe (Lernen): $d = 0.17$ Primarstufe (Behalten): $d = 0.33$	Mathematik (Lernen): $d = 0.10$ Mathematik (Behalten): $d = 0.17$	geringe Fähigkeiten: $d = 0.13$
Lott (1983)	$n = 16$ 1957-1980	$n = 147$	$d = 0.24$	Lernen (Faktenwissen): $d = 0.09$ Lernen (Anwendung): $d = 0.77$	schriftlich: $d = -0.09$ mündlich: $d = 0.02$	Primarstufe (10-12 J.): $d = 0.02$		geringe Fähigkeiten: $d = 0.26$
Stone (1983)	$n = 29$ 1970-1980	$n = 112$	$d = 0.66$	Behalten (7-21 Tage): $d = 0.59$ Behalten (22-42 Tage): $d = 0.37$	schriftlich: $d = 0.43$ schriftlich & visuell: $d = 0.52$ nichtschriftlich: $d = 0.83$	Primarstufe: $d = 0.64$	Naturwissen-schaften/ Mathematik: $d = 0.72$	geringe Fähigkeiten: $d = 0.26$ geringer Wissensstand: $d = 0.32$

Tabelle 25 (Fortsetzung)

Autor (Jahr)	Primärstudie	Effektstärken	Wirksamkeit AO					
			Effektstärke	Lernen & Behalten	Form des Advance Organizer	Schulform	Unterrichtsfach	Fähigkeitsniveau/ Wissensstand
Rolheiser-Bennett (1986)	$n = 16$ 1960-1980	$n = 19$	$d = 0.80$	Lernen (Wissensreproduktion): $d = 1.35$ Lernen (Wissensanwendung): $d = 0.42$ Behalten (<21 Tage): $d = 0.33$ Behalten (>21 Tage): $d = 0.57$				
Mahar (1992)	$n = 23$ 1980-1990	$n = 29$	$d = 0.45$	Lernen: $d = 0.45$ Behalten (7-21 Tage): $d = 0.50$ Behalten (22 Tage und mehr): $d = 1.78$		Primarstufe: $d = -0.2$ Förderschule: $d = 1.07$	Mathematik: $d = 1.39$	
Preiss & Gayle (2006)	$n = 19$ 1971-1995	$n = 20$	$d = 0.46$	Lernen: $d = 0.35$ Behalten: $d = 0.78$		Primarstufe: $d = 0.99$ Förderschule: $d = 0.17$	Naturwissenschaften: $d = 0.31$	
Reinck & Hillenbrand (o.A.)	$n = 15$ 1967-2012	$n = 23$	$d = 0.39$	Lernen: $d = 0.42$ Behalten: $d = 0.18$	schriftlich: $d = 0.19$ mündlich: $d = 0.63$ visuell: $d = 0.46$	Primarbereich: $d = 0.40$		

Während Kozlow (1978, S. 35) in seiner Metaanalyse Advance Organizer in Textform berücksichtigt, untersuchen Preiss und Gayle (2006, S. 333) in ihrer Metaanalyse die Effektivität von mündlich präsentierten Advance Organizer. In den übrigen Analysen wird der Unterschied zwischen einer schriftlichen und mündlichen Präsentation genauer betrachtet. Stone (1983) führt in ihrer Metaanalyse nicht konkrekt die mündliche Form auf, jedoch ist diese Form in der Kategorie „andere“ (ebd., S. 195) enthalten. Insgesamt unterliegt die schriftliche Präsentationsform des Advance Organizer der mündlichen Form. Die Spannbreite der Effekte von schriftlichen Advance Organizer ist sehr groß – von negativen Effekten ($d = -0.09$ in der Metaanalyse von Lott (1983)) bis hin zu kleinen Effekten ($d = 0.43$ in der Metaanalyse von Stone (1983)). Für mündliche Advance Organizer werden sowohl keine Effekte ($d = 0.02$ in der Metaanalyse von Lott (1983)) bis hin zu großen Effekten ($d = 0.83$ in der Metaanalyse von Stone (1983)) angeführt. Die Wirksamkeit von visuellen Elementen bei der Präsentation von Advance Organizer wird in den Metaanalyse von Kozlow (1978), Stone (1983) sowie Reinck und Hillenbrand (o.A.) berücksichtigt. Für schriftliche Advance Organizer mit visuellen Elementen zeigt sich ein kleiner ($d = 0.32$ bei Kozlow (1978)) bis mittlerer Effekt ($d = 0.52$ bei Stone (1983)), wohingegen sich eine kleine Effektstärke ($d = 0.46$) für ausschließlich visuelle Advance Organizer bei Reinck und Hillenbrand (o.A.) zeigt.

Die Wirksamkeit des Advance Organizer in der Primarstufe umfasst sowohl keine Effekte ($d = 0.17$ bei Luiten et al. (1980)) als auch große Effekte $d = 0.99$ bei Preiss und Gayle (2006)). Die nicht vorhandenen Effekte ($d = 0.02$) der Metaanalyse von Lott (1983) sollten kritisch betrachtet werden, da hier lediglich Studien aus naturwissenschaftlichen Unterrichtsfächern eingegangen sind, die in dieser Form nicht in der Primarstufe unterrichtet werden. Die Effektivität des Advance Organizer an Förderschulen wird bei Luiten et al. (1980), Mahar (1992) sowie Preiss und Gayle (2006) untersucht. Hier zeigt sich eine große Spannbreite der Wirksamkeitsbefunde, von keinen Effekten ($d = 0.17$ bei Preiss und Gayle (2006)) bis hin zu großen Effekten ($d = 1.07$ bei Mahar (1992)).

Eine ähnlich hohe Spannbreite in den Effekten lässt sich im mathematisch-naturwissenschaftlichen Unterrichtsfach finden. In der Metaanalyse von Kozlow (1978) zeigt sich ein geringfügig negativer Effekt. Luiten et al. (1980) geben sowohl im Lernen mathematischer Inhalte ($d = 0.10$) als auch im Behalten dieser Inhalte ($d = 0.17$) unter dem Einsatz eines Advance Organizer keine Effekte an. Preiss und Gayle (2006) geben kleine Effekte ($d = 0.31$) für Advance Organizer in den Naturwissenschaften an. Stone (1983) und Mahar (1992) hingegen kommen zu dem Ergebnis, dass für Advance Organizer ein mittlerer bis großer Effekt ($d = 0.72$ bzw. $d = 1.39$) im mathematisch-naturwissenschatflichen Unterricht zu verzeichnen ist. Gleichzeitig ist zu berücksichtigen, dass lediglich 9% aller Studien im Zeitraum von 1960 bis 1990 die Wirksamkeit des Advance Organizer im Mathematikunterricht untersuchen (Mahar, 1992, S. 161).

Für Schülerinnen und Schüler mit geringem Fähigkeitsniveau oder geringen Vorkenntnissen ergeben sich auf Grundlage der Metaanalyse kleine bis mittlere Effekte durch den Einsatz eines Advance Organizer. Bei geringem Fähigkeitsniveau werden für die Effektivität dieser Form von Organizer Effekte von $d = 0.13$ (Luiten et al., 1980) bis hin zu Effekten von $d = 0.26$ (Lott, 1983;

Stone, 1983) angegeben. Allein Stone (1983) untersucht die Wirksamkeit in Abhängigkeit von den Vorkenntnissen. Sie gibt für Schülerinnen und Schüler mit geringem Vorwissen einen kleinen Effekt von $d = 0.32$ an.

Die Ergebnisse der Synthese von Fraser, Walberg, Welch und Hattie (1987) sowie der Synthese von Hattie (2013) werden kurz dargestellt, bleiben jedoch in der Gegenüberstellung der Metaanalysen aufgrund von methodischen und inhaltlichen Diskrepanzen unberücksichtigt. In beiden Arbeiten werden Ergebnisse von Megaanalysen, d.h. die empirische Zusammenfassung der Ergebnisse von Metaanalysen (Walter, 2007, S. 873), dargestellt. Fraser et al. (1987) integrieren sechs Metaanalysen aus dem Zeitraum von 1979 bis 1984. Neben drei Metaanalysen zum Advance Organizer (Kozlow, 1978; Luiten et al., 1980; Stone, 1983) werden zwei weitere Metaanalysen dem Bereich des Advance Organizer zugordnet, welche jedoch die Wirksamkeit von metakognitiven Strategien und Verhaltenszielen untersuchen. Darüber hinaus wird die Metaanalyse von Luiten et al. (1980) doppelt berücksichtigt, zum einen bezüglich der Wirksamkeit des Advance Organizer für das Lernen und zum anderen für das Behalten. Dieses Vorgehen ist als kritisch zu bewerten, da beiden Effektstärken dieselbe Stichprobe zugrunde liegt und somit die Ergebnisse nicht unabhängig voneinander betrachtet werden können (Rustenbach, 2003, S. 111). Fraser et al. (1987, S. 205) kommen insgesamt zu dem Ergebnis, dass Advance Organizer mit einer Effektstärke von $d = 0.37$ die Schulleistung beeinflussen. Hattie (2013, S. 193) fasst in seiner Megaanalyse sieben Metaanalysen zum Advance Organizer sowie vier Studien zu Verhaltenszielen aus dem Zeitraum 1978 bis 2006 als einen Faktor aus dem Bereich Unterrichten zusammen. Dabei erfolgt keine Begründung für das Kombinieren dieser beiden Methoden. Während mit dem Advance Organizer das Lernen und Behalten von deklarativem Wissen unterstützt werden soll, dient der Einsatz von Verhaltenszielen vordergründig dem Aufbau von prozeduralem Wissen (Kapitel 2.2). Somit bietet sich eine derartige Zusammenfassung der Metaanalysen nicht an. Dennoch kommt Hattie (2013, S. 199) zu dem Ergebnis, dass Verhaltensziele und Advance Organizer zusammen mit einer Effektstärke von $d = 0.41$ das schulische Lernen unterstützen.

Zusammenfassend kann bezüglich der Effektivität für den Einsatz eines Advance Organizer festgestellt werden, dass sowohl kleine als auch große Effekte in den Metaanalysen konstatiert werden. In Abhängigkeit von Rahmenbedingungen wie u. a. die Präsentationsform oder die Schulform fallen diese kleiner oder größer aus. Nur wenige negative Effekte sind zu konstatieren, sodass eine unterstützende Funktion des Advance Organizer festgehalten werden kann. Dies gilt sowohl für das Lernen und Behalten, für mündliche und schriftlich-visuelle Organizer, für mathematisch-naturwissenschaftliche Inhalte als auch für Schülerinnen und Schüler an Primar- und Förderschulen sowie mit geringen Fähigkeits- und Vorwissensniveau.

4.5.2 Reviews

Überblick über systematische Reviews

West und Fensham (1974) untersuchen in ihrem Review die Nützlichkeit der Assimilationstheorie nach Ausubel und des Advance Organizer für den

naturwissenschaftlichen Unterricht. Es werden die Schlussfolgerungen von 14 Einzelstudien aus dem Zeitraum 1960 bis 1972 dargestellt. West und Fensham (1974, S. 71) nehmen an, dass insignifikante Ergebnisse nicht dem Advance Organizer zugeschrieben werden müssen, sondern Lernende bereits ein geeignetes Vorwissen für das Lernen ohne Advance Organizer haben:

> The failure of an advance organizer treatment to show a significant advantage over a control treatment may result, not because advance organizer do not assist learning, but because most of the learners possessed sufficient prior knowledge subsumers for meaningful learning of the particular task involved (ebd.).

Barnes und Clawson (1975) untersuchen in ihrem Review die Fragestellung, ob Advance Organizer das Lernen erleichtern. Die Autoren analysieren 32 Primärstudien aus den Jahren 1960 bis 1974 auf signifikante Ergebnisse, die für die Wirksamkeit des Advance Organizer sprechen. Darüber hinaus werden die Ergebnisse in Abhängigkeit von ausgewählten Variablen, wie die Schulform, das Unterrichtsfach oder die Form des Advance Organizer näher betrachtet. Als Ergebnis ihres Reviews stellen die Autoren 12 Empfehlungen vor, die bei weiteren Forschungen berücksichtigt werden sollten.

Hartley und Davies (1976) vergleichen vier vorstrukturierende Strategien, wobei neben Prätests, Verhaltenszielen und Überblicken auch der Advance Organizer Berücksichtigung findet. Es erfolgt eine Darstellung der grundlegenden Merkmale jeder Strategie sowie eine Zusammenfassung des aktuellen Forschungsstandes. In diesem Review zum Advance Organizer werden 27 Forschungsergebnisse aus dem Zeitraum von 1960 bis 1974 zusammengefasst. Als Ergebnis des Vergleichs werden unterschiedliche Einsatzgebiete für die vier vorstrukturierenden Strategien angegeben.

Mayer (1979) untersucht in einem Review die Wirksamkeit des Advance Organizer und unterschiedet dabei zwei Forschungsdesigns, in denen dieser Verwendung findet. Studien, die die Wirksamkeit im Vergleich zu einer Kontrollgruppe untersuchen, werden als „standard advance organizer studies“ (ebd., S. 138) bezeichnet und Studien, die einen Advance Organizer mit einem Post Organizer vergleichen, werden als „modified advance organizer studies“ (ebd., S. 145) zusammengefasst. Insgesamt werde Ergebnisse aus 44 Einzelstudien aus dem Zeitraum von 1960 bis 1979 zusammengetragen. Mayer (1979) untersucht darüber hinaus die Interaktion des Advance Organizer mit der Beschaffenheit des Lernmaterials, mit Schülermerkmalen und mit der Verwendung von Wissens- und Transferaufgaben im Posttest. Aus dem Ergebnis des Reviews werden sieben Empfehlungen abgeleitet, die in zukünftigen Forschungen Berücksichtigung finden sollten.

Edgar und Shepherd (1983) untersuchen in einem Review die Effektivität des Advance Organizer für Schülerinnen und Schüler, die ohne Schwierigkeiten die Schule durchlaufen, sowie für diejenigen, die eine Beeinträchtigung aufweisen. 22 Studien aus dem Zeitraum von 1960 bis 1982 werden dargestellt, von denen vier die ursprünglichen Studien von Ausubel (1960; 1961; 1962; 1963) sind, sich neun Studien auf Schülerinnen und Schülern ohne Beeinträchtigung und fünf Studien auf Schülerinnen und Schülern mit einer Beeinträchtigung beziehen. Außerdem führen Edgar und Shepherd (1983) vier weitere

Forschungsergebnisse an, die den Ergebnissen aus den Metaanalyen von Kozlow (1978) und Luiten et al. (1980) sowie aus den Reviews von Barnes und Clawson (1975) und Mayer (1979) entsprechen.

Corkill (1992) berücksichtigt in ihrem Review Studien, die nach dem Review von Barnes und Clawson (1975) veröffentlicht werden. Lediglich diejenigen Einzelstudien werden in die Untersuchung eingeschlossen, die einen Advance Organizer in schriftlicher Form verwenden. Auf der Grundlage von 29 Einzelstudien aus dem Zeitraum von 1977 bis 1988 werden negative und positive Wirkungen des Advance Organizer sowie Funktionen für die Erarbeitung von Textmaterial herausgearbeitet.

Williams und Butterfield (1992) tragen in einem Review über die Wirkung von Advance Organizer für das Textverständnis 35 Forschungsergebnisse aus 23 Jahren (1960 bis 1983) zusammen. Zum einen werden Effekte für das Verstehen, Interpretieren und Erinnern von Textinhalten beschrieben. Zum anderen werden Effekte für Schülerinnen und Schüler mit fehlendem Vorwissen und geringem Fähigkeitsniveau sowie Effekte bezüglich der Gestaltung des Advance Organizer herausgearbeitet.

Zusammenfassung der Ergebnisse der Reviews

Die zentralen Ergebnisse aus den Reviews werden in der folgenden Übersicht (Tabelle 26) zusammengefasst. Wie bereits bei der Darstellung der Ergebnisse der Metaanalysen werden auch nachfolgend ausgewählte Ergebnisse angeführt, die Relevanz im Hinblick auf die Zielstellung dieser Arbeit besitzen: Es werden wiederum die differenzierten Effekte für das Lernen und Behalten, für schriftliche, mündliche und visuelle Advance Organizer sowie die Ergebnisse für die Schulformen Primar- und Förderschule dargestellt. Außerdem erfolgt die Ergebnisdarstellung für die Unterrichtsfächer Mathematik und Naturwissenschaften (Nawi) sowie die Wirksamkeit des Advance Organizer für Schülerinnen und Schüler mit geringem Fähigkeitsniveau und/oder reduziertem Vorwissen. Die Systematik, anhand derer in den Reviews einzelne Studien zusammengefasst werden, ist sehr divergierend. Für eine Vergleichbarkeit der Ergebnisse der Reviews erfolgt eine Kodierung einzelner Aussagen: (1) Werden positive Wirkungen für einen Advance Organizer beschrieben, so ist dies durch ein Plus-Zeichen kenntlich gemacht, (2) Wird eine negative Wirkung beschrieben, dann ist ein Minus-Zeichen notiert, (3) Kann weder eindeutig eine positive Wirkung, noch eindeutig eine negative Wirkung ermittelt werden, so ist dies durch eine Null gekennzeichnet.

Derzeit liegen sieben Reviews aus dem Zeitraum von 1974 bis 1992 vor. In den Übersichtsarbeiten werden 203 Studien aus 28 Jahren (1960 bis 1988) zusammengefasst. Auffällig ist, dass abgesehen von Corkill (1992) alle Autoren die erste Studie von Ausubel (1960) zum Advance Organizer einbeziehen. Eindeutige Aussagen über die Effektivität in den ausgewählten Bereichen werden nur vereinzelt getroffen. Es werden keine negativen, jedoch einige positive Wirksamkeiten beschrieben. Generell werden jedoch die zur Zielstellung fokussierten Bereiche in den meisten Reviews kaum bis gar nicht aufgegriffen.

Tabelle 26 - Reviews zum Advance Organizer und zentrale Ergebnisse

Autor (Jahr)	Primär-studien	Lernen	Behalten	Form des AO			Schulform		Unterrichtsfach		Fähigkeitsniveau/ Wissensstand
				schriftlich	mündlich	visuell	Primar-schule	Förder-schule	Mathe	Nawi	gering
West & Fensham (1974)	$n = 14$ 1960-1972	+								+	
Barnes & Clawson (1975)	$n = 32$ 1960-1974	0	0 (1-5 Tage) 0 (6-10 und mehr Tage)	0	0	0	0		0	0	0
Hartley & Davies (1976)	$n = 27$ 1960-1974	+	+		+	+					0
Mayer (1979)	$n = 44$ 1960-1979	+	+								+
Edgar & Shepherd (1983)	$n = 22$ 1960-1982	+		0	+						+
Corkill (1992)	$n = 29$ 1977-1988		+								+
Williams & Butterfield (1992)	$n = 35$ 1960-1983				+	+					+

Anmerkung: + positive Wirkung, 0 keine Wirkung

Die Wirksamkeit des Advance Organizer für das Lernen wird in vier Reviews (L. H. T. West & Fensham, 1974; Hartley & Davies, 1976; Mayer, 1979; Edgar & Shepherd, 1983) als positiv bewertet und in einem Review (Barnes & Clawson, 1975) wird keine Wirksamkeit festgestellt. Diese Ergebnisse unterstützen somit mehrheitlich die Ergebnisse aus den Metaanalysen, dass eine positive Wirkung des Advance Organizer für die Lernleistung angenommen werden kann. Bezüglich der Effektivität des Advance Organizer für das Behalten stellen drei Reviews (Hartley & Davies, 1976; Mayer, 1979; Corkill, 1992) eine positive Wirkung heraus und stützen damit die positiven Ergebnisse bezüglich der Behaltensleistung in den Metaanalysen. In dem Review von Barnes und Clawson (1975) zeigen sich keine Wirkungen unabhängig von dem Zeitpunkt der Erhebung. Diese Ergebnisse stehen im Gegensatz zu den Befunden aus der Metaanalyse von Luiten et al. (1980), die mit der Zeit eine Zunahme der Effektivität feststellen.

Bezüglich der Präsentationsform des Advance Organizer lassen sich keine einheitlichen Ergebnisse finden. Die Ergebnisse der Reviews sind damit ähnlich heterogen wie die Ergebnisse aus den Metaanalysen. Für die schriftliche Form lässt sich sowohl bei Barnes und Clawson (1975) als auch bei Edgar und Shepherd (1983) keine Wirkung finden. Mündliche Advance Organizer werden von Edgar und Shepherd (1983) und Williams und Butterfield (1992) als positiv wirksam, hingegen bei Barnes und Clawson (1975) als unwirksam beschreiben. Advance Organizer in visueller Form gelten wiederum bei Barnes und Clawson (1975) als unwirksam und bei Williams und Butterfield (1992) als positiv wirksam. Somit wird am häufigsten die mündliche Form als positiv wirksam eingeschätzt, sodass sich hier wiederum die überwiegend positiven Ergebnisse aus den Metaanalysen bestätigen lassen.

Lediglich in dem Review von Barnes und Clawson (1975) wird die Wirksamkeit von Advance Organizer in Abhängigkeit von der Schulform untersucht. Sie können keine Wirksamkeit für die Primarschule feststellen. Die Wirksamkeit des Advance Organizer im naturwissenschaftlichen Unterricht bewerten West und Fensham (1974) als positiv, wohingegen Barnes und Clawson (1975) keine Effekte weder für den Mathematik- noch für den naturwissenschaftlichen Unterricht beschreiben. Vergleichsweise einheitlich lässt sich die Wirkung des Advance Organizer für Schülerinnen und Schüler mit geringem Fähigkeitsniveau bzw. geringen Vorkenntnissen beschreiben: Vier Reviews (Mayer, 1979; Edgar & Shepherd, 1983; Corkill, 1992; Williams & Butterfield, 1992) bestätigen die positive Wirkung für diese Schülergruppe. Lediglich in den Reviews von Barnes und Clawson (1975) sowie von Hartley und Davies (1976) wird keine besondere Wirkung für diese Gruppe festgestellt. Dieses Ergebnis stützt den Befund aus der Zusammenschau der Metaanalysen, dass für Schülerinnen und Schüler mit geringem Fähigkeits- und Vorwissensniveau kleine bis mittlere Effekte erreicht werden können.

Zusammenfassend können die Befunde aus den Metaanalysen überwiegend durch die Ergebnisse aus den Reviews bestätigt werden. Dies gilt hinsichtlich der Wirksamkeit des Advance Organizer sowohl für das Lernen und Behalten, für die mündliche und visuelle Präsentationsform als auch für Schülerinnen und Schüler mit geringem Fähigkeits- und Vorwissensniveau. Die Ergebnisse hinsichtlich

schriftlicher Advance Organizer, die Wirksamkeit für die Primarstufe sowie für den mathematisch-naturwissenschaftlichen Unterricht lassen sich durch die Reviews nicht zusätzlich bestätigen.

4.5.3 Differenzierte Ergebnisse der Metaanalyse nach Reinck und Hillenbrand

Im Folgenden werden ausgewählte Ergebnisse der Metaanalyse von Reinck und Hillenbrand (o. A.) zu der Wirksamkeit von Advance Organizer für das Lernen und Behalten mathematischer Inhalte detaillierter vorgestellt. Ziel ist es dabei, zusätzliche Aussagen über die effektive Konstruktion und Gestaltung von Advance Organizer im Mathematikunterricht zu gewinnen. Dabei werden einzelne Studienergebnisse mit vergleichbar hohen Effekten näher beschrieben, um als „good practice"-Beispiele zu dienen.

Für diese differenzierte Darstellung der metaanalytischen Berechnungen werden Forest Plots gewählt. Dabei handelt es sich um eine Diagrammform, die sich für die Visualisierung von Ergebnissen einer Metaanalyse eignet (S. Lewis & Clarke, 2001, S. 1479). Die Effektstärke jeder Primärstudie wird dabei als Quadrat abgebildet und das 95%-Konfidenzintervall (KI) durch eine horizontale Linie. Der erste Diamant in jeder Grafik stellt die gewichtete Effektstärke des jeweilig untersuchten Aspektes dar. Der zweite Diamant steht für die gewichtete Effektstärke $\mathrm{g} = 0.39$ $(KI_{95}: .28 - .50, p < .001)$ des Advance Organizer bei der Vermittlung mathematischer Inhalte, welches Ergebnis der Metaanalyse von Reinck und Hillenbrand (2014) ist.

Eingangs werden verschiedene Präsentationsformen des Advance Organizer bei der Vermittlung mathematischer Inhalte näher betrachtet. Anschließend erfolgt die Darstellung der verschiedenen Ergebnisse für die Präsentation eines Advance Organizer für weniger als 15 Minuten sowie für eine längere Präsentation. Zudem werden die Ergebnisse für den mehrfachen Einsatz eines Advance Organizer innerhalb einer mathematischen Lerneinheit dargestellt.

Präsentationsform des Advance Organizer

In der Metaanalyse von Reinck und Hillenbrand (o. A.) werden die in den Primärstudien verwendeten Organizer vier Kategorien zugeordnet – schriftliche, mündliche, visuelle und spielerische Advance Organizer.

Ausubel (1960; 1961; 1962; 1963) verwendet in seinen ersten Studien zur Untersuchung der Wirksamkeit des Advance Organizer die schriftliche Form. Seit diesen Studien wird diese Präsentationsform des Advance Organizer am häufigsten verwendet. In der Metaanalyse von Reinck und Hillenbrand (o.A.) verwenden 12 von 23 Studien schriftliche Advance Organizer bei der Vermittlung mathematischer Inhalte. Die Effektstärke für derartige Organizer liegt bei $g = .19$ ($KI_{95}: .01 - .38, p < .05$) und ist somit deutlich geringer als der gewichtete Gesamteffekt für Advance Organizer im Mathematikunterricht.

Die Darstellung (Abbildung 18) der Effektstärken sowie der Konfidenzintervalle der Primärstudien mit einem schriftlichen Advance Organizer verdeutlicht eine relativ große Streuung der Effekte. Bis auf eine Studie (Gurlitt, Dummel, Schuster & Nückles, 2012, Studie 1) enthalten alle Studien in ihrem 95% -Konfidenzintervall den Wert 0 und weisen damit keine signifikanten Effekte auf.

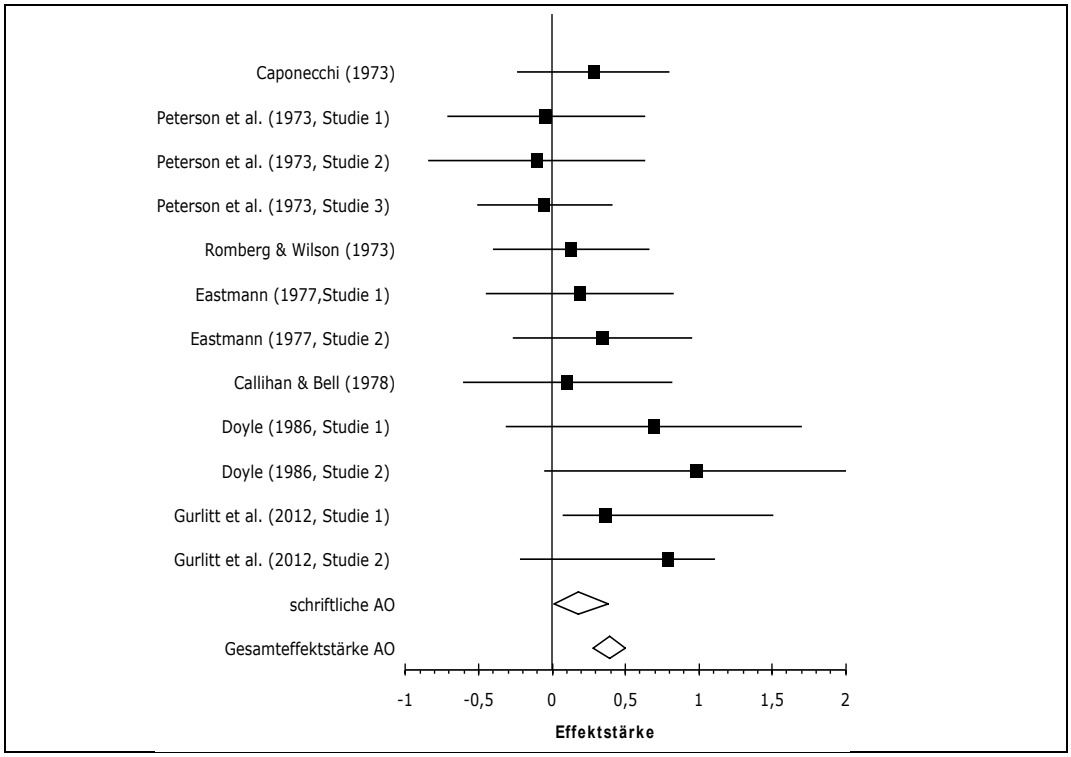


Abbildung 18 - Forest Plot der Primärstudien mit schriftlichem Advance Organizer

Außerhalb des 95%-Konfidenzintervalls für schriftliche Advance Organizer sowie außerhalb des Gesamteffektes liegen die zwei Studien von Doyle (1986) sowie die zweite Studie von Gurlitt et al. (2012). Doyle (1986, S. 115) verwendet in seinen Studien einen Text gefolgt von Fragen mit Diagrammen. Die Verwendung von Fragen kann als eine Form der Aktivierung während der Advance Organizer-Präsentation eingeordnet werden (Kapitel 4.3.2, Gestaltungsprinzip: Präsentation), sodass das aktive Verarbeiten der Informationen die Wirksamkeit des Advance Organizer steigert. Der kombinierte Einsatz des schriftlichen Advance Organizer mit Diagrammen kann als eine multimodale Gestaltung eingeordnet werden (Kapitel 4.3.2, Gestaltungsprinzip: Design). Der Einsatz der Visualisierung kann das Verständnis der Inhalte des Advance Organizer unterstützen und somit eine größere Wirksamkeit erzielen. Zudem ist der Text des Advance Organizer, der mit Studenten eingesetzt wird, von der Textschwierigkeit der Jahrgangsstufe 9 zuzuordnen (Doyle, 1986, S. 511). Die Effektivität des Advance Organizer wird demzufolge gesteigert, indem die verwendeten Begrifflichkeiten und Formulierungen leicht verständlich für die Zielgruppe sind. Somit wird das Vorwissen der Zielgruppe (Kapitel 4.3.2, Konstruktionsschritt: Integration der Vorwissenskonzepte) berücksichtigt. In der zweiten Studie von Gurlitt et al. (2012) werden unterschiedliche mathematische Berechnungen in einer einheitlichen Rahmenhandlung und anhand von verschiedenen Beispielen konkretisiert. Sowohl die Einordnung der Thematik in ein allgemeines Konzept (Kapitel 4.3.2, Konstruktionsschritt: Einordnen in den Kontext) als auch die Berücksichtigung von konkreten Beispielen (Kapitel 4.3.2, Gestaltungsprinzip: Design) führen somit zu einer größeren Wirksamkeit des Advance Organizer.

Drei Primärstudien, die in der Metaanalyse von Reinck und Hillenbrand (o.A.) integriert werden, verwenden einen mündlichen Advance Organizer. Im Gegensatz zu schriftlichen Organizer erzielt diese Form eine wesentlich höhere Effektstärke von $g = .63$ ($KI_{95}: .28 - .97, p < .01$) und liegt damit über dem Gesamteffekt für Advance Organizer (Abbildung 19).

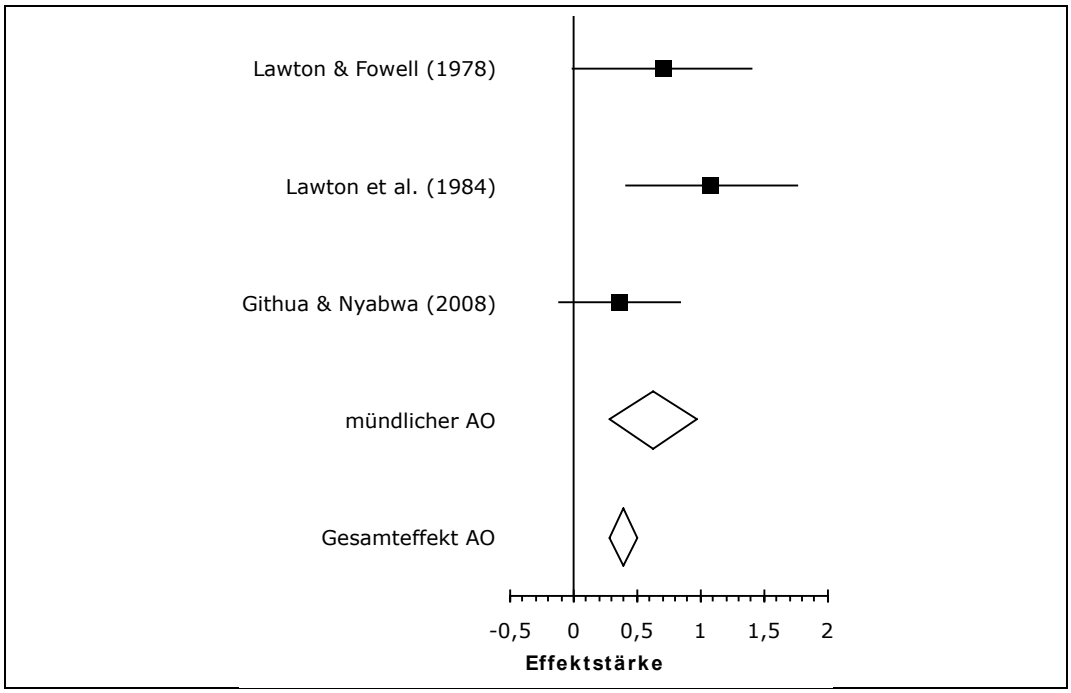


Abbildung 19 - Forest Plot der Primärstudien mit mündlichem Advance Organizer

Das Konfidenzintervall der Studie von Githua und Nyabwa (2008) reicht minimal in den negativen Bereich hinein und auch die Studie von Lawton und Fowell (1978) schließt im Konfidenzintervall den Wert 0 ein. Die Wirksamkeit des mündlichen Advance Organizer in der Primärstudie von Lawton, Hooper, Saunders und Roth (1984) ist jedoch deutlich höher. In dieser Erhebung wird ein signifikanter Effekt erreicht, erkennbar in dem Konfidenzintervall außerhalb des Wertes 0. In dieser Untersuchung wird eine Geschichte verwendet und die Studienteilnehmer durch aktive Handlungen in die Präsentationsphase eingeschlossen. Demzufolge erhöht auch die Verwendung von aktivierenden Elementen (Kapitel 4.3.2, Gestaltungsprinzip: Präsentation) die Wirksamkeit bei mündlichen Advance Organizer.

Sechs Primärstudien der Metaanalyse von Reinck und Hillenbrand (o.A.) setzen einen Advance Organizer in visueller Form ein (Abbildung 20). Diese Präsentationsform hat eine kleine Effektstärke von $g = .46$ ($KI_{95}: .30 - .61, p < .01$) und ist damit dem Gesamteffekt sehr ähnlich. Im Vergleich zu schriftlichen Advance Organizer ist diese Form effektiver, jedoch nicht so wirksam wie mündliche Advance Organizer.

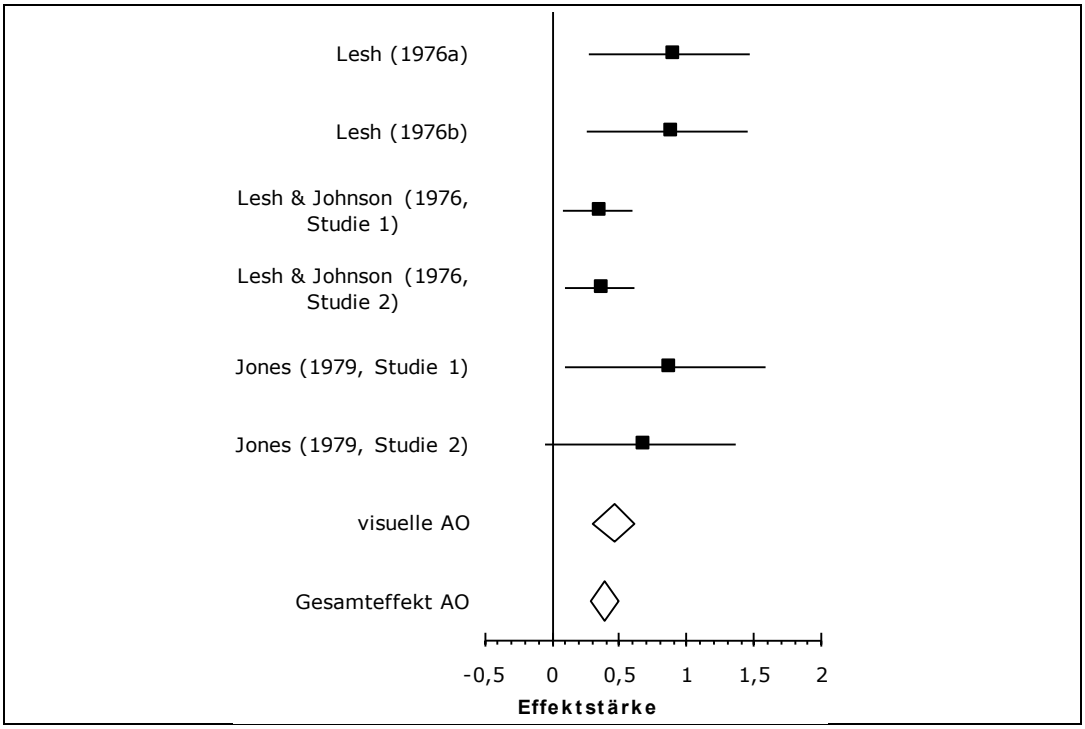


Abbildung 20 - Forest Plot der Primärstudien mit visuellem Advance Organizer

Bis auf das Ergebnis der zweiten Studie von Jones (1979) liegen alle Konfidenzintervalle der Primärstudien über dem Wert 0 und gelten somit als signifikante Effekte des visuellen Advance Organizer. Die Effektstärken der Studien von Lesh (1976a, 1976b) und der ersten Studie von Jones (1979) liegen deutlich oberhalb des Konfidenzintervalls der visuellen Advance Organizer und werden somit näher betrachtet. Lesh (1976a, 1976b) verwendet in seinen Studien einen Film als Advance Organizer. In diesen erfolgt durch den Einsatz konkreter Materialien sowie konkreter Beispiele die Veranschaulichung der Inhalte. Hierin zeigt sich die Bedeutung von Analogien und Beispielen in der Ausgestaltung des Advance Organizer (Kapitel 4.3.2, Gestaltungsprinzip: Design), um diesen möglichst effektiv zu gestalten. Jones (1979) nutzt in seiner Studie eine Diapräsentation, in der ein Rückblick auf bereits vermittelte Inhalte, eine kurze Einführung in den neuen Inhalt und die Bedeutung des neuen Inhaltes thematisiert werden. Diese Form des Advance Organizer unterstreicht sowohl die Notwendigkeit der Zielformulierung (Kapitel 4.3.2, Konstruktionsschritt: Formulierung des Ziels) als auch die Einordnung der neuen in die bereits vermittelten Inhalte (Kapitel 4.3.2, Konstruktionsschritt: Einordnen in den Kontext).

Zwei Studien derselben Autorengruppen (Scandura & Wells, 1967, Studie 1 und 2) verwenden einen Advance Organizer in Form eines Spiels. Mit einer Effektstärke von $g = .41$ (KI_{95}: $.02 - .8, p < .05$) für spielerische Organizer ist diese der Gesamteffektstärke für Advance Organizer sehr ähnlich. Spiele als Advance Organizer sind nicht so effektiv wie mündliche und visuelle Organizer, aber zeigen eine höhere Wirksamkeit als schriftliche Advance Organizer (Abbildung 21).

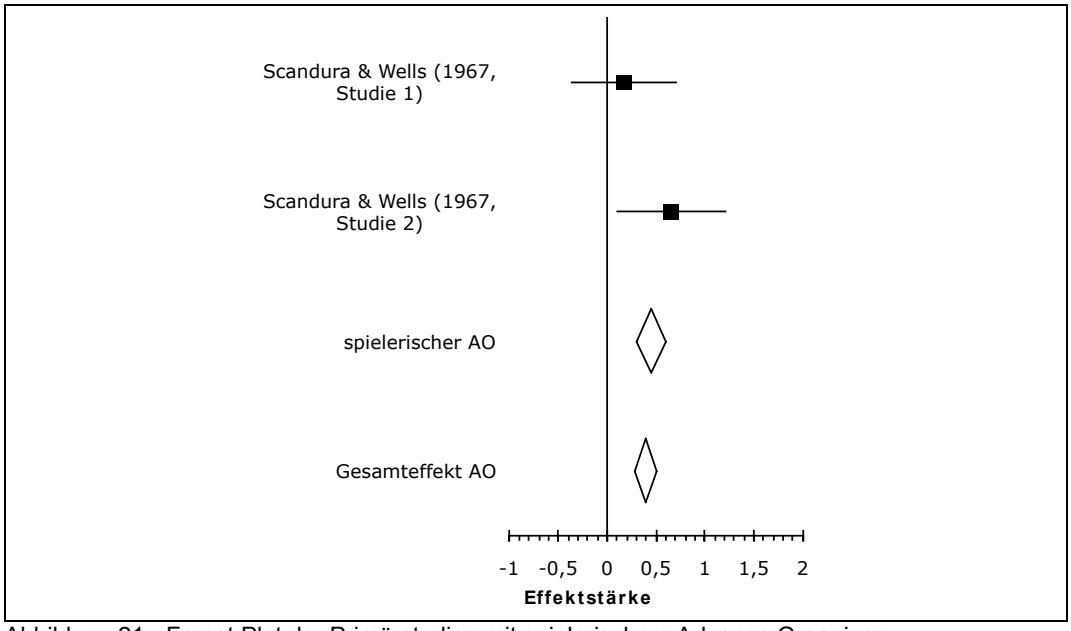


Abbildung 21 - Forest Plot der Primärstudien mit spielerischem Advance Organizer

Während die erste Studie von Scandura und Wells (1967) keine signifikante Effekte erzielt, liegt das 95%-Konfidenzintervall der zweiten Studie von Scandura und Wells (1967) über dem Wert 0. In dieser zweiten Studie sind die Studienteilnehmer innerhalb einer Rahmenhandlung tätig und setzen die mathematischen Prozesse in einer Aktivität um (Scandura & Wells, 1967, S. 297). Dieses Ergebnis unterstützt somit einerseits die Bedeutung der Einordnung der Inhalte in einen gewissen Rahmen (Kapitel 4.3.2, Konstruktionsschritt: Einordnen in den Kontext) und andererseits die Berücksichtigung von aktivierenden Elementen in der Ausgestaltung eines Advance Organizer (Kapitel 4.3.2, Gestaltungsprinzip: Präsentation).

Zusammenfassend zeigt sich, dass bei allen Präsentationsformen einige Studien signifikante und wirksamere Ergebnisse erzielen als die jeweiligen Gesamteffekte. In diesen Studien erfolgt stets die Verwendung einiger Konstruktionsschritte und Gestaltungsprinzipien. Somit ist anzunehmen, dass die Berücksichtigung dieser Prinzipien zu einer höheren Effektivität des Advance Organizer führt. Hier würde sich zukünftig nicht eine Analyse nach der Präsentationsform, sondern nach der Berücksichtigung der Konstruktionsschritte und der Gestaltungsprinzipien anbieten. Dies soll im Folgenden speziell für die Dauer für das Gestaltungsprinzip „Präsentation“ erfolgen.

Präsentationsdauer des Advance Organizer

Innerhalb einer Unterrichtseinheit bzw. -stunde ist der Advance Organizer eine Methode für den Einstieg. Diese Phase ist durch verschiedene Merkmale gekennzeichnet, u.a. durch ihre kurze Zeitdauer (G. Schneider, 2007, S. 595). Wahl (2011, S. 199) empfiehlt in seinen Konstruktionsprinzipien für einen Advance Organizer eine Präsentationzeit von mehr als fünf und weniger als 15 Minuten. Weitere Aussagen über die Präsentationsdauer für einen Advance Organizer lassen sich nicht finden.

In der Metaanalyse von Reinck und Hillenbrand (o.A.) lassen sich in 11 der 23 Primärstudien Aussagen über die Präsentationsdauer finden: Sechs Studien verwenden einen Organizer in kurzer Form, d.h. für die Präsentation werden weniger als 15 Minuten benötigt (Abbildung 22). In fünf Primärstudien erfolgt die Präsentation des Advance Organizer über mehr als 15 Minuten (Abbildung 23).

Advance Organizer, die für die Vermittlung mathematischer Inhalte eingesetzt werden und entsprechend der Vorgabe von Wahl (2005, S. 199) kürzer als 15 Minuten dauern, haben eine Effektstärke von $g = .41$ (KI_{95}: $.25 - .57, p < .01$).

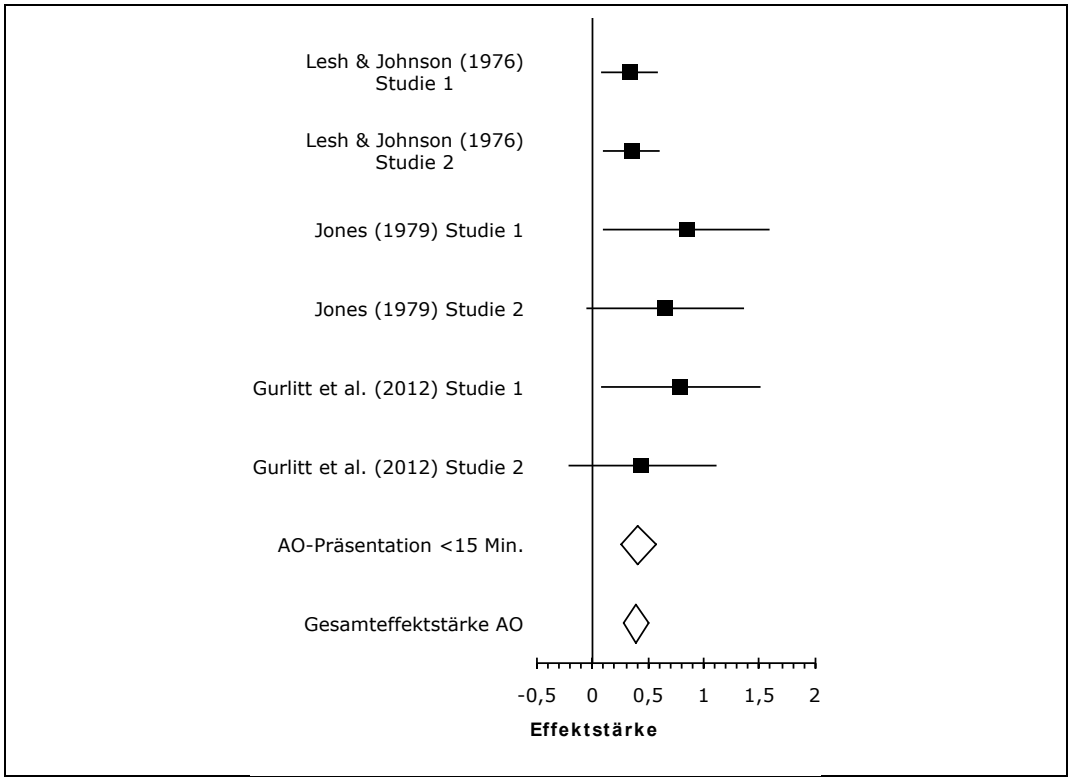


Abbildung 22 - Forest Plot der Primärstudien mit einer kurzen Präsentation

Zwei Primärstudien (Jones, 1979, Studie 2; Gurlitt et al., 2012, Studie 2) zeigen keine signifikanten Effekte für einen Advance Organizer mit kurzer Präsentationszeit. Kleine, jedoch signifikante Effekte erzielen die beiden Studien von Lesh und Johnson (1976) mit einem Advance Organizer, der 15 Minuten dauert. Sowohl die erste Studie von Jones (1979) als auch die erste Studie von Gurlitt et al. (2012) zeigen große Effekte für die Verwendung eines kurzen Advance Organizer. Die Darbietung dieser beiden Organizer dauert 8,5 Minuten (Jones, 1979, S. 48) bzw. 6 Minuten (Gurlitt et al., 2012, S. 360). Diese Studienergebnisse lassen somit vermuten, dass eine Präsentationszeit zwischen fünf und zehn Minuten eine hohe Effektivität erzielen kann.

In fünf Primärstudien der Metaanalyse von Reinck und Hillenbrand (o.A.) lassen sich Angaben über eine Präsentationszeit von mehr als 15 Minuten finden (Abbildung 23). Die Effektstärke für diese Gruppe beträgt $g = .55$ (KI_{95}: $.28 - .83, p < .01$).

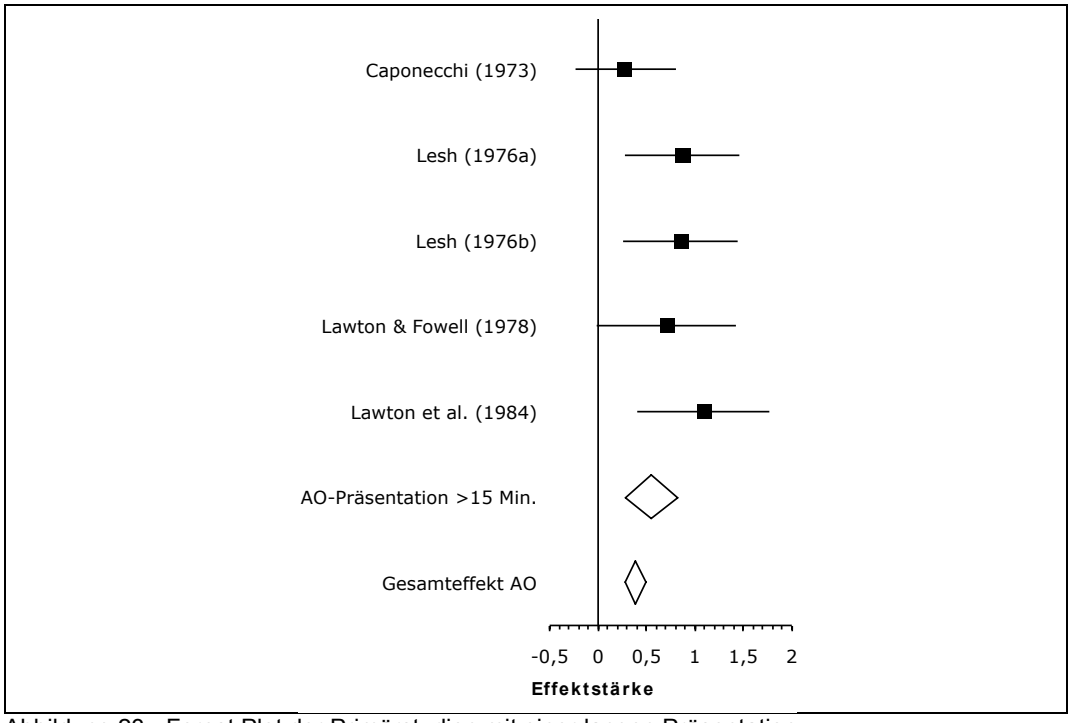


Abbildung 23 - Forest Plot der Primärstudien mit einer langen Präsentation

Sowohl die Studie von Caponecchi (1973) als auch von Lawton und Fowell (1978) erreichen keine signifikanten Effekte für die Verwendung eines Advance Organizer mit längerer Präsentationsdauer. Sehr große Effekte erzielen die Studien von Lesh (1976a, 1976b) und von Lawton et al. (1984). Die Präsentationszeit des Advance Organizer beträgt in der ersten Studie von Lesh (1976b, S. 82) 30 Minuten und in der zweiten Studie von Lesh (1976b, S. 89) 70 Minuten. Lawton et al. (1984, S. 151) geben eine durchschnittliche Präsentationszeit von 20 Minuten an. Diese zeitintensive Organizer-Präsentation zusammen mit den hohen Effekten lassen vermuten, dass der Advance Organizer nicht die Funktion eines aktivierenden Unterrichtseinstieges, sondern als eine zusätzliche Lerneinheit übernommen hat. Somit liegt die Wirksamkeit nicht darin, ein anfängliches Gerüst zur Unterstützung weiterer Lernprozesse anzubieten, sondern zusätzliche Informationen für das Lernen weiterer Inhalte zu vermitteln. Dies entspricht jedoch nicht einem Advance Organizer, bei dem nach Ausubel (1960) keine zentralen Inhalte vorweggenommen werden.

Mehrmalige Präsentation des Advance Organizer

Die Anzahl der Advance Organizer-Präsentationen wird bei der Konstruktion bzw. Gestaltung wenig bis gar nicht diskutiert. Häufig wird die von Ausubel (1960) verwendete Vorgehensweise, eine einmalige Präsentation vor einer Lerneinheit, umgesetzt. Bei einer längeren Lerneinheit mit mehreren Einzelsitzungen werden jedoch mehrere Einstiege in die jeweiligen Lernphasen benötigt. Durch Wiederholungen oder Ergänzungen können die Inhalte und Bedeutung in einem Einstieg vergegenwärtigen werden. Insofern kann ein Advance Organizer, der als Einstieg in jede Stunde der Lerneinheit genutzt wird, einen transparenten Rahmen bieten.

Drei Studien der Metaanalyse von Reinck und Hillenbrand (o.A.) setzen den Advance Organizer zur Vermittlung mathematischer Inhalte mehr als einmal ein (Abbildung 24).

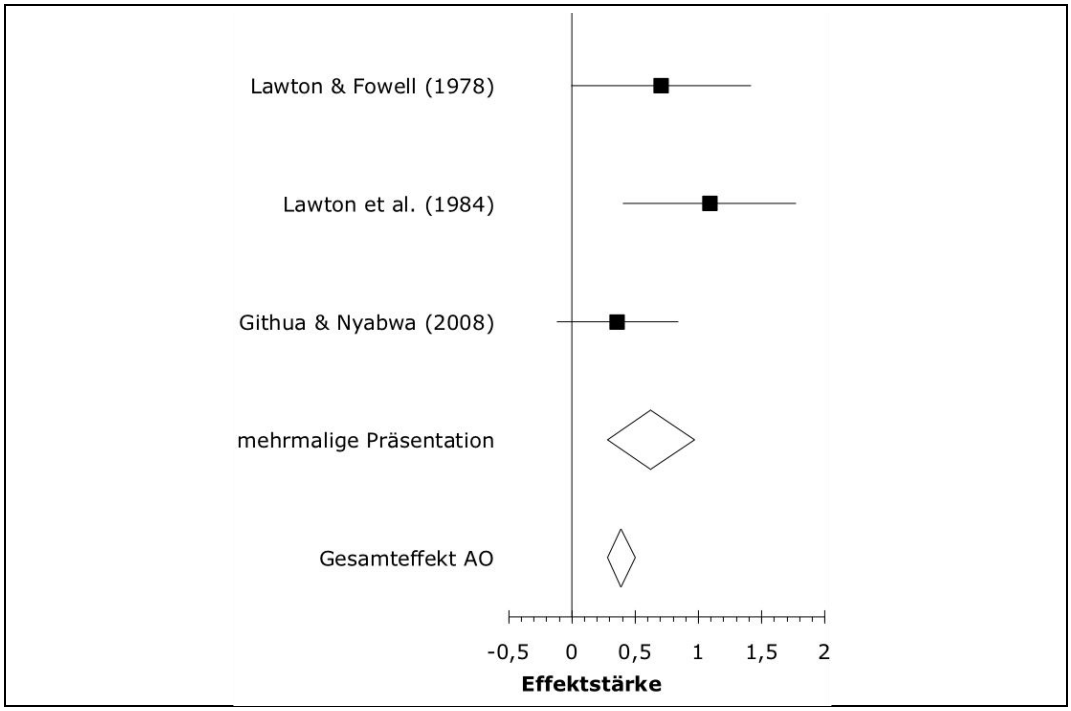


Abbildung 24 - Forest Plot der Primärstudien mit mehrmaliger Präsentation

Bei der Betrachtung dieser Ergebnisse muss kritisch angefügt werden, dass diese drei Studien nicht nur den Advance Organizer mehrmals präsentieren, sondern auch diejenigen Studien sind, die einen mündlichen Advance Organizer verwenden. Somit sind weder die Effekte für die mündliche Präsentationsform noch die Effekte für die mehrmalige Präsentation uneingeschränkt zu bewerten. Dennoch lässt sich anmerken, dass die Studie von Lawton et al. (1984, S. 153f.) mit einer Anzahl von 64 Sitzungen unter Einsatz eines Advance Organizer große signifikante Effekte erzielt. Demgegenüber erzielen Lawton und Fowell (1978, S. 78) mit der Verwendung des Advance Organizer in 8 Sitzungen bzw. Githua und Nyabwa (2008, S. 448) mit circa vier Sitzungen keine signifikanten Effekte. Basierend auf diesen Ergebnissen ist eine Tendenz sichtbar, dass die Wirksamkeit des Advance Organizer für die Vermittlung mathematischer Inhalte durch einen langfristigen Einsatz zunimmt. Diese Annahme muss jedoch mit weiteren Forschungsergebnissen untersucht werden.

Abschließend zeigt sich, dass sich die meisten „good practice“-Studien einige Konstruktionsschritte und Gestaltungsprinzipien berücksichtigen. Zudem wird deutlich, dass vor allem in Bezug auf die Präsentationsdauer, die Anzahl der Advance Organizer-Wiederholungen sowie eine gruppenspezifische Wirksamkeit nur sehr wenige Studienergebnisse vorliegen und somit nur Tendenzen beschrieben werden können.

4.5.4 Zusammenfassung

Der Advance Organizer stellt eine Unterrichtsmethode dar, die sowohl in der internationalen als auch nationalen Literatur beachtet, jedoch sehr divergierend dargestellt wird. Die Gegenüberstellung der verschiedenen Definitionen sowie die Neuformulierung erleichtern die Abgrenzung zu anderen, ähnlichen Unterrichtsmethoden und präzisieren das Ziel sowie die Funktion des Advance Organizer. Die Umsetzung dieser Methode, wie sie von Ausubel in der Assimilationstheorie konzipiert ist, wird von diversen Autoren verschieden interpretiert. Die Synthese der Komponenten, die einen Advance Organizer entsprechend der verschiedenen Forschergruppen charakterisieren, ermöglicht eine praxisrelevante Zusammenstellung von Konstruktionsschritten und Gestaltungsprinzipien.

Mit dem Einsatz des Advance Organizer soll eine Vorwissensaktivierung erreicht werden, sodass eine bedeutsame Komponente eines erfolgreichen Lernprozesses unterstützt wird. Zudem kann der Advance Organizer als geeignete lernförderliche Methoden für den Mathematikunterricht betrachtet werden.

Zahlreiche Metaanalysen und Reviews fokussieren die überprüfbare Wirksamkeit des Advance Organizer und bestätigen generell einen positiven Effekt. Dennoch liegen verschiedene Befunde für das Lernen und Behalten, für unterschiedliche Präsentationsformen, für die Primarstufe und den Mathematikunterricht vor. Die Wirksamkeit des Advance Organizer im Mathematikunterricht der Primarstufe wird von wenigen Studien fokussiert. Darüber hinaus zeigt die differenzierte Betrachtung der Metaanalyse über die Wirksamkeit des Advance Organizer im Mathematikunterricht, dass in Abhängigkeit der Gestaltung des Advance Organizer unterschiedliche Effekte erzielt werden. Bisher liegt keine Studie vor, die empirisch überprüfte Gestaltungsprinzipien des Advance Organizer verwendet.

5 Zielstellung, Fragestellung und Hypothesen

Die bisherigen Forschungsbefunde bestätigen einen lernwirksamen Effekt des Advance Organizer. Mit einer sehr großen Spannbreite variieren die Effekte sowohl für die Primarstufe als auch für den Mathematikunterricht. Zudem liegen große Unterschiede in der Gestaltung und dem Einsatz eines Advance Organizer im Mathematikunterricht vor. Die vorliegende Studie wird in der dritten Klasse der Grundschule im Mathematikunterricht mit einem Advance Organizer durchgeführt, der mündlich mehrmals präsentiert wird sowie visuelle und aktivierende Elemente enthält. Welche Ziel- und Fragestellung durch diese Studie beantwortet werden, wird eingangs näher beschrieben (Kapitel 5.1). Anschließend werden fünf Hypothesenkomplexe zur differenzierten Betrachtung der Fragestellung aufgestellt (Kapitel 5.2).

5.1 Ziel- und Fragestellung

Ziel der vorliegenden Arbeit ist die Überprüfung des Advance Organizer als eine Unterrichtsmethode zur Unterstützung des Lernens und Behaltens in heterogenen Lerngruppen. Aufgrund der Veränderung im Bildungssystem, d.h. der Entwicklung eines inklusiven Schulsystems, und der daraus folgenden gemeinsamen Beschulung von Schülerinnen und Schülern mit und ohne Unterstützungsbedarf muss Unterricht für eine heterogene Lerngruppe geplant und angepasst werden. Dieser Unterricht, der die heterogene Schülerschaft unterstützen soll, muss durch eine hohe Qualität gekennzeichnet sein (NRCLD 2006, S. 3.4; NCRTI 2010, S. 4; C. Huber & Grosche, 2012, S. 314), welche u.a. durch den Einsatz evidenzbasierter Unterrichtsmethoden sichergestellt werden kann (NCRTI, 2010, S. 2). Für den Mathematikunterricht sind u.a. eine direkte Instruktion (Baker et al., 2002; Kroesbergen & Luit, 2003; Gersten, Chard, et al., 2009) und die Vorwissensaktivierung (Fritz & Ricken, 2008; Werner, 2009; Simon & Grünke, 2010; Born & Oehler, 2011) als effektiv zu bewerten. Der Advance Organizer dient der Aktivierung des Vorwissens mit dem Ziel, neue Inhalte effizienter zu lernen und langfristig sicher zu speichern (Ausubel et al., 1980). Um die Wirksamkeit dieser Methode im Mathematikunterricht der Primarstufe zu konkretisieren, wird im Rahmen der vorliegenden Evaluationsstudie die folgende Fragestellung geprüft:

Unterstützt der Advance Organizer die Schülerinnen und Schüler im Mathematikunterricht, sodass mehr Inhalte gelernt werden und langfristig verfügbar sind?

Die vorliegende Arbeit soll damit einen Beitrag zur effektiven Gestaltung des Mathematikunterrichts für eine heterogene Lerngruppe leisten, die in der aktuellen Entwicklung eines inklusiven Bildungssystems von besonderer Relevanz ist.

Ausgehend von der Fragestellung und basierend auf den bisherigen theoretischen und empirischen Grundlagen können folgende Hypothesen aufgestellt werden, die in der vorliegenden Studie näher untersucht werden.

5.2 Hypothesen

Die empirischen Befunde zum Advance Organizer bestätigen die positive Wirkung sowohl für das Lernen, d.h. dem direkten Zuwachs an Wissen nach einem Lernprozess, als auch für das Behalten, also die langfristige Verfügbarkeit dieses Wissens. In der vorliegenden Studie wird die Wirksamkeit für das Lernen und Behalten durch die Mathematikleistung der Schülerinnen und Schüler überprüft (Tabelle 27). Diese Outcomeparameter werden hinsichtlich spezifischer und allgemeiner Leistungen differenziert: Die spezifische Mathematikleistung umfasst den einfachen Abruf und die Anwendung domänenspezifischen Wissens. Ob das Lernen spezifischer Wissensinhalte einen Einfluss für domänenübergreifendes Wissen besitzt, soll durch die allgemeine Mathematikleistung überprüft werden. Zudem soll untersucht werden, inwiefern durch den Advance Organizer der Einfluss des Lernverhaltens für die spezifische und allgemeine Mathematikleistung verändert wird.

Tabelle 27 - Reichweite und Operationalisierung der Outcomeparameter

Reichweite	Outcomeparameter	Operationalisierung
proximal	spezifische Mathematikleistung	Wissensreproduktion Wissensanwendung
distal	allgemeine Mathematikleistung	Wissenssynthese

Die Überprüfung des Advance Organizer soll sowohl für eine allgemeine Wirksamkeit als auch für eine differentielle Wirksamkeit für Subgruppen erfolgen. Außerdem soll die Wirksamkeit des Advance Organizer durch Verknüpfung mit Übungsstunden betrachtet werden. Nachfolgend werden jeweils die ausformulierten Forschungshypothesen sowie die statistischen Hypothesen dargestellt. Dabei wird neben der Nullhypothese (H_0) die Alternativhypothese (H_1) abgebildet. Die hochgestellten Notationen ($Ia - Vb$) verdeutlichen die Zuordnung zur Hypothese. Die jeweilige statistische Hypothese enthält den Vergleich zwischen dem erwarteten Mittelwert (μ) oder dem gewichteten Regressionsgewicht (β) der Experimental- (EG) und der Kontrollgruppe (KG) bzw. der Schülerinnen und Schüler unter Risikobedingungen aus der Experimental- ($EGuR$) oder aus der Kontrollgruppe ($KGuR$). Die tiefgestellten Notationen enthalten die berücksichtigen Erhebungszeitpunkte (LE für Lernen, d.h. Prä-Post-Vergleich; BE für Behalten, d.h. Post-Follow-Up I-Follow-Up II- oder Prä-Follow-Up II-Vergleiche) und die Outcomeparameter ($spez$ für spezifische Mathematikleistung; $allg$ für allgemeine Mathematikleistung). Die Berücksichtigung einer weiteren unabhängigen Variablen wird als Interaktion gekennzeichnet ($EG^{*}LV$).

5.2.1 Wirksamkeit für das Lernen und Behalten

Die Vorwissensaktivierung durch den Advance Organizer unterstützt das Lernen sowie Behalten von Wissensinhalten. Deshalb ist anzunehmen, dass eine allgemeine Wirksamkeit des Advance Organizer sowohl in der spezifischen als auch in der allgemeinen Mathematikleistung festgestellt werden kann.

Hypothese I

Schülerinnen und Schüler, die an der Präsentation des Advance Organizer teilnehmen, weisen positivere Veränderungen in den spezifischen Mathematikleistungen (gemessen mit dem Wissensquiz) im Prä-Post-Vergleich und im Post-Follow-Up I-Follow-Up II-Vergleich sowie in der allgemeinen Mathematikleistung (gemessen mit dem HRT 1-4) im Prä-Follow-Up II-Vergleich auf als Schülerinnen und Schüler, die keine Vorwissensaktivierung erhalten.

Im Prä-Post-Vergleich:

$H_0^{Ia}: \mu_{EG.LE.spez} \leq \mu_{KG.LE.spez}$ $\quad$ $H_1^{Ia}: \mu_{EG.LE.spez} > \mu_{KG.LE.spez}$

Im Post-Follow-Up I-Follow-Up II-Vergleich:

$H_0^{Ib}: \mu_{EG.BE.spez} \leq \mu_{KG.BE.spez}$ $\quad$ $H_1^{Ib}b: \mu_{EG.BE.spez} > \mu_{KG.BE.spez}$

Im Prä-Follow-Up II-Vergleich:

$H_0^{Ic}: \mu_{EG.BE.allg} \leq \mu_{KG.LE.allg}$ $\quad$ $H_1^{Ic}: \mu_{EG.LE.allg} > \mu_{KG.LE.allg}$

5.2.2 Wirksamkeit für Schülerinnen und Schüler unter Risikobedingungen

Die bisherigen Forschungsbefunde bestätigen die Wirksamkeit des Advance Organizer auch für Schülerinnen und Schüler mit geringen Vorkenntnissen und/oder geringen allgemeinen Schulleistungen. Komponenten, die einen Lernprozess entweder positiv oder negativ beeinflussen, können sehr vielfältig sein (Matthes, 2009, S. 26; Hasselhorn & Gold, 2013, S. 70). Als Prädiktoren der Mathematikleistung gelten sowohl die Intelligenzleistung als auch mathematische Basiskompetenzen (W. Schneider et al., 2013, S. 55, 65ff.). Zudem kann das Vorwissen als eine entscheidende Einflussvariable für den Lernprozess gesehen werden (Kapitel 2.3). Für Schülerinnen und Schüler, die in einem dieser Prädiktoren einen kritischen Wert aufweisen (Tabelle 28), wird die differentielle Wirksamkeit des Advance Organizer für das Lernen und Behalten genauer betrachtet.

Tabelle 28 - Risikogruppen und deren Auswahlkriterium

	Risikogruppe	Auswahlkriterium
I	reduzierte kognitive Leistung	Intelligenzquotient $IQ \leq 84$ ermittelt im CFT 20-R
II	unterdurchschnittliche allgemeine Mathematikleistung	Prozentrang-Wert $PR \leq 50$ in einem der Subtests des HRT 1-4
III	unterdurchschnittliche spezifische Mathematikleistung	Prozentrang-Wert $PR \leq 50$ im Wissensquiz

Im Unterricht der universellen Ebene mit einer heterogenen Lerngruppe ist nicht nur die Unterstützung aller Schülerinnen und Schüler unter Berücksichtigung der individuellen Bedürfnisse von Bedeutung. Unterricht mit einer präventiven Ausrichtung entsprechend des RtI-Modells, d.h. der frühzeitigen Unterstützung bei ungünstigen Lernvoraussetzungen (D. Fuchs & Fuchs, 2006, S. 93), sollte

auch bei auftretenden Risikobedingungen effektiv sein. Die Vorwissensaktivierung durch den Advance Organizer kann eine derartige Unterstützung bieten.

Hypothese II

Schülerinnen und Schüler unter Risikobedingungen, die an der Präsentation des Advance Organizer teilnehmen, zeigen eine positivere Entwicklung in den spezifischen Mathematikleistungen (gemessen mit dem Wissensquiz) im Prä-Post-Vergleich und im Post-Follow-Up I-Follow Up II-Vergleich sowie in der allgemeinen Mathematikleistung (gemessen mit dem HRT 1-4) im Prä-Follow-Up II-Vergleich als Schülerinnen und Schüler unter Risikobedingungen, die vor dem Mathematikunterricht keine Vorwissensaktivierung erhalten.

Im Prä-Post-Vergleich:

$H_0^{IIa}: \mu_{EGuR.LE.spez} \leq \mu_{KGuR.LE.spez}$ $H_1^{IIa}: \mu_{EGuR.LE.spez} > \mu_{KGuR.LE.spez}$

Im Post-Follow-Up I-Follow-Up II-Vergleich:

$H_0^{IIb}: \mu_{EGuR.BE.spez} \leq \mu_{KGuR.BE.spez}$ $H_1^{IIb}b: \mu_{EGuR.BE.spez} > \mu_{KGuR.BE.spez}$

Im Prä-Follow-Up II-Vergleich:

$H_0^{IIc}: \mu_{EGuR.BE.allg} \leq \mu_{KGuR.LE.allg}$ $H_1^{IIc}: \mu_{EGuR.LE.allg} > \mu_{KGuR.LE.allg}$

5.2.3 Wirksamkeit unter Kontrolle des Lernverhaltens

Hinsichtlich der differentiellen Wirksamkeit des Advance Organizer soll zudem der Einfluss des Lernverhaltens der Schülerinnen und Schüler im Mathematikunterricht untersucht werden. Sowohl die Motivation als auch die Handlungssteuerung beeinflussen einen erfolgreichen Lernprozess (Matthes, 2009, S. 26). Ob der Einfluss des Lernverhaltens auch mit einem Advance Organizer bestehen bleibt, wird für die spezifische und allgemeine Mathematikleistung betrachtet.

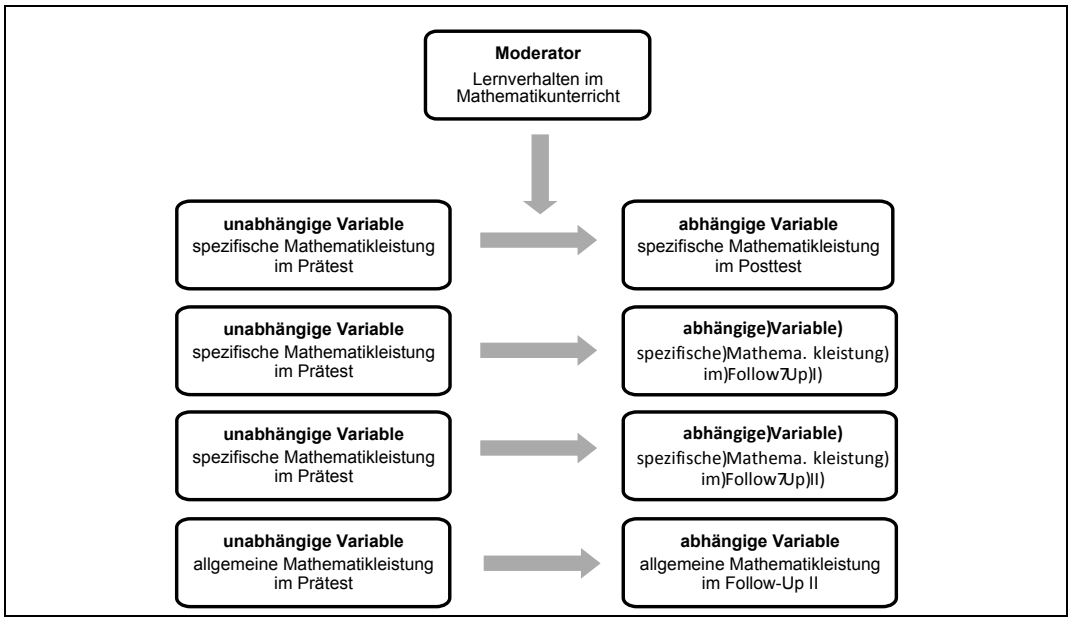


Abbildung 25 - Moderatorvariable: Lernverhalten im Mathematikunterricht

Hypothese III

Das Lernverhalten moderiert bei der Präsentation des Advance Organizer geringer die spezifische Mathematikleistung (gemessen mit dem Wissensquiz) im Prä-Post- und im Post- Follow-Up I-Follow-Up II-Vergleich sowie die allgemeine Mathematikleistung (gemessen mit dem HRT 1-4) im Prä-Follow-Up II-Vergleich im Vergleich zu der Moderation ohne Vorwissensaktivierung.

Im Prä-Post-Vergleich:

$H_0^{IIIa}: \beta_{EG^*LV.LE.spez} \geq \beta_{KG^*LV.LE.spez}$ $H_1^{IIIa}: \beta_{EG^*LV.LE.spez} < \beta_{KG^*LV.LE.spez}$

Im Post-Follow-Up I-Follow-Up II-Vergleich:

$H_0^{IIIb}: \beta_{EG^*LV.BE.spez} \geq \beta_{KG^*LV.BE.spez}$ $H_1^{IIIb}: \beta_{EG^*LV.BE.spez} < \beta_{KG^*LV.BE.spez}$

Im Prä-Follow-Up II-Vergleich:

$H_0^{IIIc}: \beta_{EG^*LV.BE.allg} \geq \beta_{KG^*LV.BE.allg}$ $H_1^{IIIc}: \beta_{EG^*LV.BE.allg} < \beta_{KG^*LV.BE.allg}$

5.2.4 Wirksamkeit in Kombination mit Übungsstunden

Die empirischen Befunde bestätigen, dass nicht nur die Vorwissensaktivierung im Mathematikunterricht lernförderlich ist (Fritz & Ricken, 2008; Werner, 2009; Simon & Grünke, 2010; Born & Oehler, 2011), sondern auch Übungsphasen (Fritz & Ricken, 2008; Scherer & Moser Opitz, 2010; Simon & Grünke, 2010; Born & Oehler, 2011). Beide Methoden sind Teilaspekte der direkten Instruktion (Forbringer & Fuchs, 2012, S. 60), die eine der wirksamsten Methoden im Mathematikunterricht ist (Baker et al., 2002; Kroesbergen & Luit, 2003; Gersten, Chard, et al., 2009).

Hypothese IV

Schülerinnen und Schüler, die an der Präsentation des Advance Organizer und an Übungsstunden teilnehmen, profitieren in den spezifischen Mathematikleistungen (gemessen mit dem Wissensquiz) im Prä-Post-Vergleich und im Post-Follow-Up I-Follow-Up II-Vergleich sowie in der allgemeinen Mathematikleistung (gemessen mit dem HRT 1-4) im Prä-Follow-Up II-Vergleich stärker vom Advance Organizer als Schülerinnen und Schüler, die keine Vorwissensaktivierung, jedoch Übungsstunden erhalten.

Im Prä-Post-Vergleich:

$H_0^{IVa}: \mu_{EG.LE.spez} \leq \mu_{KG.LE.spez}$ $H_1^{IVa}: \mu_{EG.LE.spez} > \mu_{KG.LE.spez}$

Im Post-Follow-Up I-Follow-Up II-Vergleich:

$H_0^{IVb}: \mu_{EG.BE.spez} \leq \mu_{KG.BE.spez}$ $H_1^{IVb}b: \mu_{EG.BE.spez} > \mu_{KG.BE.spez}$

Im Prä-Follow-Up II-Vergleich:

$H_0^{IVc}: \mu_{EG.BE.allg} \leq \mu_{KG.LE.allg}$ $H_1^{IVc}: \mu_{EG.LE.allg} > \mu_{KG.LE.allg}$

Hypothese V

Schülerinnen und Schüler unter Risikobedingungen, die an der Präsentation des Advance Organizer und an Übungsstunden teilnehmen, profitieren in den spezifischen Mathematikleistungen (gemessen mit dem Wissensquiz) im Prä-Post-Vergleich und im Post-Follow-Up I-Follow-Up II-Vergleich sowie in der allgemeinen Mathematikleistung (gemessen mit dem HRT 1-4) im Prä-Follow-Up II-Vergleich stärker vom Advance Organizer als Schülerinnen und Schüler unter Risikobedingungen, die keine Vorwissensaktivierung, jedoch Übungsstunden erhalten.

Im Prä-Post-Vergleich:

$H_0^{Va}: \mu_{EGuR.LE.spez} \leq \mu_{KGuR.LE.spez}$ $H_1^{Va}: \mu_{EGuR.LE.spez} > \mu_{KGuR.LE.spez}$

Im Post-Follow-Up I-Follow-Up II-Vergleich:

$H_0^{Vb}: \mu_{EGuR.BE.spez} \leq \mu_{KGuR.BE.spez}$ $H_1^{Vb}b: \mu_{EGuR.BE.spez} > \mu_{KGuR.BE.spez}$

Im Prä-Follow-Up II-Vergleich:

$H_0^{Vc}: \mu_{EGuR.BE.allg} \leq \mu_{KGuR.LE.allg}$ $H_1^{Vc}: \mu_{EGuR.LE.allg} > \mu_{KGuR.LE.allg}$

6 Methodik

Die Untersuchung der Zielstellung bzw. die Beantwortung der Fragestellung erfolgt durch eine empirisch-quantitative Studie. Mit welcher Stichprobe (Kapitel 6.1) und welchem Forschungsdesign (Kapitel 6.2) dieses Forschungsvorhaben umgesetzt wird, ist nachfolgend näher aufgeführt. Ferner werden die eingesetzten Erhebungsinstrumente (Kapitel 6.3), die verschiedenen Interventionen (Kapitel 6.4) sowie zentrale Aspekte der Durchführung (Kapitel 6.5) erläutert. Abschließend werden entsprechend der zuvor aufgestellten Hypothesen die Auswertungsstrategien beschrieben, um die Ermittlung der Ergebnisse nachvollziehen zu können (Kapitel 6.6).

6.1 Stichprobe

Die vorliegende Studie wird mit Schülerinnen und Schülern der dritten Jahrgangsstufe durchgeführt. Nachfolgend wird diese Stichprobenauswahl begründet sowie die Rekrutierung der Stichprobe dargestellt.

Stichprobenauswahl

Die bisherigen Forschungen zum Advance Organizer erfolgen überwiegend mit Schülerinnen und Schülern der Sekundarstufe bzw. Studentinnen und Studenten an Hochschulen. Für den Primarbereich zur Unterstützung des mathematischen Lernens liegen lediglich drei Studien vor (Reinck & Hillenbrand, o.A.). Die Primarstufe umfasst in Deutschland die erste bis vierte Jahrgangsstufe (Autorengruppe Bildungsberichterstattung, 2014, S. XII). Sowohl die erste als auch die vierte Klassenstufe sind durch den Übergang von oder in andere Bildungseinrichtungen geprägt. Zudem wird vermehrt an den Grundschulen das Konzept einer jahrgangsübergreifenden Eingangsstufe umgesetzt, in der die Schülerinnen und Schüler ein bis drei Schuljahre unterrichtet werden. Diese Rahmenbedingungen begünstigen die Auswahl der dritten Jahrgangsstufe als Stichprobe.

Stichprobenrekrutierung

Als Grundgesamtheit der Studie gelten alle dritten Jahrgangsstufen der Bundesrepublik Deutschland. Die Auswahlgesamtheit (Schnell et al., 2011, S. 261) umfasst alle dritten Jahrgangsstufen der Stadt Oldenburg, wobei jede einzelne Klasse als ein Klumpen (Bortz & Döring, 2009) bezeichnet werden kann. Zur Rekrutierung der Stichprobe (Bortz & Döring, 2009; Schnell et al., 2011) erhielten die Grundschulen der Stadt Oldenburg ($N = 25$) telefonisch sowie postalisch Informationen über den Inhalt und den Umfang der Studie. Für die Teilnahme an der Studie erklärten sich 11 Schulen mit 20 Klassen freiwillig bereit. Eine zufällige Auswahl der Schulen bzw. Klassen aus Oldenburg wird nicht vorgenommen: Einerseits lagen keine genauen Angaben über die Anzahl der Klassen pro Schulen sowie der Anzahl der Schülerinnen und Schüler der Klassen vor. Andererseits kann davon ausgegangen werden, dass Personen mit einer freiwilligen Teilnahmebereitschaft ein höheres Interesse zeigen sowie eine größere Relevanz dem Untersuchungsgegenstand beimessen (Bortz & Döring,

2009). Dieser Effekte soll genutzt werden, um die Durchführung der Studie zu erleichtern.

6.2 Forschungsdesign

Zur Beschreibung eines Forschungsdesigns gehören die Zuordnungsprozedur zu den Untersuchungsgruppen, die Art und der Zeitpunkt der Messungen, die Darstellung der Vergleichsgruppen sowie die Beschreibung der Intervention (Shadish, Cook & Campbell, 2002, S. 157). Diese Elemente werden nachfolgend für das verwendete Forschungsdesign beschrieben (Tabelle 29).

Tabelle 29 - Randomisierter Vier-Gruppen-Plan mit Prätest, Intervention und drei Posttestungen

	T_1 (vor der Intervention)	I	T_2 (ein Tag nach der Intervention)	T_3 (zwei Wochen nach der Intervention)	T_4 (sechs Wochen nach der Intervention)
EG-AO	$O_{I.1}$; $P_{I.1}$; $Q_{I.1}$; $R_{I.1}$	X_A; X_B	$Q_{I.2}$	$Q_{I.3}$	$P_{I.2}$; $Q_{I.4}$
EG-Ü	$O_{II.1}$; $P_{II.1}$; $Q_{II.1}$; $R_{II.1}$	X_A; X_C	$Q_{II.2}$	$Q_{II.3}$	$P_{II.2}$; $Q_{II.4}$
EG-AO+Ü	$O_{III.1}$; $P_{III.1}$; $Q_{III.1}$; $R_{III.1}$	X_A; X_B; X_C	$Q_{III.2}$	$Q_{III.3}$	$P_{III.2}$; $Q_{III.4}$
KG	$O_{IV.1}$; $P_{IV.2}$; $Q_{IV.4}$; $R_{IV.2}$	X_A	$Q_{IV.2}$	$Q_{IV.3}$	$P_{IV.2}$; $Q_{IV.4}$

O ... kognitive Leistung
P ... allgemeine Mathematikleistung
Q ... spezifische Mathematikleistung
R ... Lernverhalten im Mathematikunterricht
I – IV ... Untersuchungsgruppe
1 – 4 ... Messzeitpunkt
X_A ... Mathematikunterricht
X_B ... Advance Organizer
X_C ... Übungsstunden

Die allgemeine sowie differenzielle Wirksamkeit des Advance Organizer wird in einer experimentellen Felduntersuchung überprüft (Bortz & Döring, 2009). Mittels Randomisierung, d.h. der zufälligen Zuordnung der Versuchspersonen zu den Untersuchungsgruppen (Bortz & Döring, 2009; Schnell et al., 2011), wird die Stichprobe gleichmäßig den drei Experimentalbedingungen (EG-AO; EG-Ü; EG-AO+Ü) bzw. der Kontrollgruppe (KG) zugeordnet (Abbildung 26): Dafür werden einerseits die Schulen zufällig auf die Untersuchungsgruppen mit und ohne Übungsstunden verteilt. Andererseits erfolgt eine randomisierte Zuordnung zu den Untersuchungsgruppen mit und ohne Advance Organizer anhand von Schichten in der Klumpenstichprobe (Bortz & Döring, 2009; Schnell et al., 2011), d.h. den bestehenden Klasse. Hierfür wird eine Medianhalbierung anhand der Prätestergebnisse bezüglich der spezifischen Mathematikleistung vorgenommen, sodass zwei Schichten, Schülerinnen und Schüler mit einer geringen oder einer hohen spezifischen Mathematikleistung, entstehen. Die Schülerinnen und Schüler dieser zwei Schichten werden randomisiert auf die Untersuchungsgruppen mit und ohne Advance Organizer verteilt.

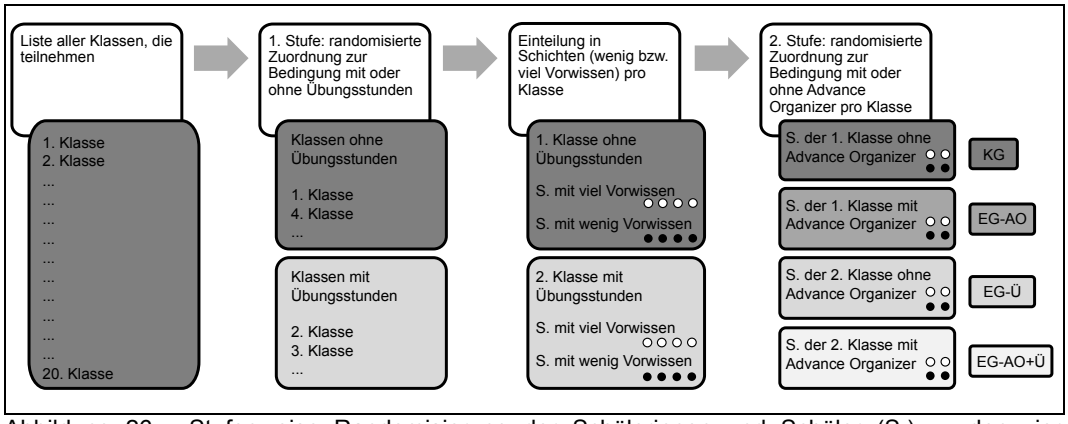


Abbildung 26 - Stufenweise Randomisierung der Schülerinnen und Schüler (S.) zu den vier Untersuchungsgruppen

Alle Untersuchungsgruppen nehmen an einem einheitlich konzipierten Mathematikunterricht (X_A) teil. Zwei Experimentalgruppen (EG-AO; EG-AO+Ü) wird vor dem Mathematikunterricht der Advance Organizer (X_B) präsentiert. Diese Präsentationszeit bzw. Unterrichtsphase wird in den zwei Untersuchungsgruppen ohne Advance Organizer (EG-Ü; KG) mit einem Hörspiel (Arthur, Francis & Pasetti, 2005) überbrückt. Zusätzlich zum Mathematikunterricht erhalten zwei Untersuchungsgruppen (EG-Ü; EG-AO+Ü) Übungsstunden (X_C).

Neben einem Gruppenvergleich soll das Ausmaß der Wirksamkeit des Advance Organizer durch einen Vergleich ausgewählter Kriterien (O; P; Q; R) zu mehreren Zeitpunkten (τ_1 bis τ_4) überprüft werden. Die Prätestung (τ_1) ermöglicht die Kontrolle hinsichtlich der ausgewählten Kriterien, um mögliche Verzerrungen oder Drop-outs in den Untersuchungsgruppen aufzuzeigen (Shadish et al., 2002, S. 158). Eine Posttestung ermöglicht die Feststellung eines Zusammenhangs zwischen einer Ursache und einer Wirkung (ebd.), sodass mit dem Posttest (τ_2) die Wirksamkeit des Advance Organizer direkt nach der Intervention (I) abgebildet werden kann. Weitere Posttestungen können zeitversetzte Wirkungen oder das Anhalten eines Effekts aufdecken (ebd., S. 198). Die zwei Follow-Up-Erhebungen (T_3 und T_4) sollen somit die Unterstützung des Advance Organizer für das langfristige Behalten untersuchen.

Dieser randomisierte Vier-Gruppen-Plan mit Prätest, Intervention und drei Nachtestungen ermöglicht die Kontrolle verschiedener Störfaktoren der internen sowie externen Validität (Campbell & Stanley, 1963, S. 5f.; Schnell et al., 2011, S. 205–209; Rost, 2013, S. 122–130).

6.3 Erhebungsinstrumente

Zur Erhebung der Wirksamkeit des Advance Organizer werden unterschiedliche Messinstrumente zu unterschiedlichen Zeitpunkten sowie mit verschiedenen Zielsetzungen verwendet. Für die Auswahl der Erhebungsinstrumente sind die zeitliche Begrenzung, die Umsetzung als Gruppenverfahren sowie die Testgütekriterien von Bedeutung. Zunächst werden die Erhebungsinstrumente, mit denen die proximalen (Kapitel 6.3.1) sowie distalen Outcomeparameter (Kapitel 6.3.2) erhoben werden, aufgeführt. Abschließend werden die Instrumente dargestellt, mit denen ein möglicher Einfluss auf die Outcomeparameter untersucht wird (Kapitel 6.3.3 und 6.3.4).

6.3.1 Test zur Erfassung der spezifischen Mathematikleistung (Wissensquiz)

Zur Erfassung der spezifischen Mathematikleistung, d.h. der direkt geförderten Kompetenzen, wird ein Verfahren mit selbstkonstruierten Aufgaben in Kombination mit einem standardisierten Test verwendet (Anhang Kapitel 2.1., S. 242-245) Aus der Schultestbatterie zur Erhebung des Lernstandes in Mathematik, Schreiben und Lesen II (SBL II; Kautter, Storz & Munz, 2002) wird aus dem Fachtest Mathematik der Untertest ‚Rechnen mit Zeitmaßen' vollständig berücksichtigt. Dieses Testverfahren kann als Gruppenverfahren eingesetzt werden und die reine Aufgabenbearbeitung für den ausgewählten Subtest umfasst ca. vier Minuten (ebd., S. 7, 23ff.). Mit diesen Aufgaben wird ausschließlich die Anwendung von Wissen getestet. Um zudem die Wissensreproduktion zu erheben, wird dieser Subtest um vier selbstkonstruierte Aufgaben ergänzt (Tabelle 30). Bei diesem zusammengestellten Testverfahren handelt es sich um eine Paper-Pencil-Version, für die insgesamt eine Bearbeitungszeit von 20 Minuten eingeplant wird.

Tabelle 30 - Format und Ziele der Aufgaben im Wissensquiz

Nr.	Ziel	Aufgabe	Format
1	Reproduktion: Zeitmessgeräte wiedererkennen	Mit welchen Gegenständen kann man die Zeit messen?	Multiple Choice
2	Anwendung: Zeitintervall bewerten	Was kann man in einer Minute machen?	Multiple Choice
3 (SBL II)	Anwendung: Zeitformat übertragen	Wie spät ist es auf dieser Uhr?	Multiple Choice
	Anwendung: Zeitformat übertragen	Welche Uhr zeigt die richtige Uhrzeit?	Multiple Choice
	Anwendung: Addition von Zeitpunkt & Zeitdauer	Um wie viel Uhr ist die Ankunft in der Schule?	offenes Antwortformat
	Anwendung: Differenz zwischen Zeitbeginn & -ende	Wie lange dauert der Schulweg?	offenes Antwortformat
	Anwendung: Differenz von Zeitende & Dauer	Um wie viel Uhr wird das Haus verlassen?	offenes Antwortformat
	Anwendung: Addition von Zeitpunkt & Zeitdauer	Um wie viel Uhr wird das Ziel erreicht?	offenes Antwortformat
	Reproduktion: Umrechnen von Wochen in Tage	Wie viele Tage sind es?	offenes Antwortformat
	Anwendung: Umrechnen von Tagen in Wochen	Wie viele Wochen sind es?	offenes Antwortformat

Tabelle 30 (Fortsetzung)

4	Reproduktion: Umrechnen von Stunden in Minuten bzw. Minuten in Sekunden	Wie viele Minuten bzw. Sekunden sind es?	offenes Antwortformat
5	Anwendung: Fahrpläne lesen	Wann kommt die nächste Fähre?	Multiple Choice
	Anwendung: Differenz zwischen Zeitbeginn & -ende	Wie lange müsst ihr noch auf die Fähre warten?	Multiple Choice
	Anwendung: Differenz zwischen Zeitbeginn & -ende & Vergleich mit weiterer Zeitdauer	Wie viele Minuten vom Hörspiel kann er sich nicht anhören?	Multiple Choice

Für den Subtest des SBL II sind die Hauptgütekriterien erfüllt (Kautter et al., 2002, S. 122ff.). Durch die Instruktionsanleitung und Auswertungsregeln werden die Durchführungs- sowie Auswertungsobjektivität sichergestellt. Für die Genauigkeit des Subtests wird eine Interne Konsistenz von $\alpha = .83$ angegeben und die Inhalts- und Konstruktvalidität werden bestätigt. Auch für die erweiterte Form durch die selbstkonstruierten Aufgaben kann die Objektivität hinsichtlich der Durchführung und der Auswertung angenommen werden. Es liegt sowohl eine ausführliche Instruktionsanleitung als auch eine Anleitung zu Auswertung vor (Anhang Kapitel 2.2. und 2.3, S. 246-252).

Zur Bestimmung der Dimensionen der allgemeinen und spezifischen Mathematikleistung wird eine explorative Faktorenanalyse berechnet, wobei alle Subtests des HRT 1-4 (Kapitel 6.3.2) sowie die Aufgaben des Wissensquiz, getrennt nach Reproduktion und Anwendung, aus dem Prätest einbezogen werden.

Die Prüfung der Voraussetzungen ergibt für das Kaiser-Mayer-Olkin-Maß zur Stichprobeneignung einen Wert von $.826$ sowie für alle Anti-Image-Korrelationen zur Eignung der Testkennwerte $r > .6$, sodass diese als zufriedenstellend bewertet werden können (Bühner, 2011, S. 355f.). Im Bartlett-Test auf Sphärizität wird eine signifikante Korrelation ermittelt ($\chi^2(21) = 1137{,}519; p < .001$). Die Kommunalitäten liegen bei $h^2 > .4$. Dies kann bei einer Stichprobengröße von $n = 314$ als angemessen eingeschätzt werden.

Die Hauptachsen-Faktorenanalyse ergibt entsprechend dem Eigenwert-Kriterium > 1 bzw. dem Scree-Test eine Zwei-Faktoren-Lösung (Tabelle 31). Der erste Faktor umfasst die fünf Subskalen des HRT 1-4 mit einer guten Internen Konsistenz ($\alpha = .879$) und stellt somit die allgemeine Mathematikleistung dar. Die Reproduktions- und Anwendungsaufgaben des Wissensquiz bilden den zweiten Faktor mit einer geringen Varianzaufklärung (10.318%) und einer akzeptablen Internen Konsistenz ($\alpha = .631$), sodass diese Subskalen als spezifische Mathematikleistung zusammengefasst werden können.

Tabelle 31 - Ergebnisse der Hauptachsen-Faktorenanalyse des HRT 1-4 und Wissensquiz

Skalen	Faktor	
	1	2
HRT 1-4, Addition	.787	.003
HRT 1-4, Subtraktion	.840	.000
HRT 1-4, Multiplikation	.919	-.104
HRT 1-4, Division	.789	.027
HRT 1-4, Größer-Kleiner-Vergleich	.593	.103
Wissensquiz, Reproduktion	-.097	.689
Wissensquiz, Anwendung	.125	.771
Erklärte Varianz (%)	50.787	10.318
Interne Konsistenz (α)	.879	.631

Anmerkung: Extraktionsmethode: Hauptachsenfaktorenanalyse. Rotationsmethode: Promax mit Kaiser-Normalisierung.

6.3.2 Heidelberger Rechentest 1-4 (HRT 1-4)

Die Überprüfung der allgemeinen Mathematikleistung erfolgt anhand des Heidelberger Rechentests 1-4 (Haffner et al., 2005). Unabhängig von den Lehrplänen für die Primarstufen werden mit diesem Diagnostikinstrument die Fähigkeiten im Bereich der Grundrechenarten, dem Lösen von Gleichungen und Ungleichungen, numerisch-logische sowie visuell-räumliche Kompetenzen getestet (ebd., S. 9). Die Aufgaben enthalten ausschließlich numerisch-mathematische oder visuell-räumliche Informationen, sodass die Aufgabenbearbeitung unabhängig von den sprachlichen Fähigkeiten erfolgen kann (ebd., S. 13). Folglich werden Schülerinnen und Schüler mit einem Unterstützungsbedarf im Bereich der Sprache bzw. mit Migrationshintergrund nicht benachteiligt. Der HRT 1-4 (ebd.) ist als Paper-Pencil-Verfahren sowie Speedtest konzipiert, sodass bei begrenzter Bearbeitungszeit neben der Leistungsmenge auch die Lösungsgeschwindigkeit berücksichtigt wird. Dieses Diagnostikinstrument kann als Gruppenverfahren eingesetzt werden, jedoch beträgt die Testdauer mit 50 bis 60 Minuten (Haffner et al., 2005, S. 14) mehr als eine Unterrichtsstunde. Aus diesem Grund wird eine Auswahl von Subtests vorgenommen, sodass die Bearbeitung der HRT 1-4 zusammen mit dem Test zur Erfassung der spezifischen Mathematikleistung (Kapitel 6.3.1) innerhalb einer Unterrichtsstunde möglich ist. Hierzu wird der Fokus auf die Skala Rechenoperationen gelegt, mit der die mathematischen Basiskompetenzen erhoben werden. Aus dieser Skala werden die Subtests Addition, Subtraktion, Multiplikation, Division sowie Größer-Kleiner-Aufgaben ausgewählt, für die eine reine Bearbeitungszeit von zehn Minuten angegeben und eine zusätzliche Instruktionszeit von ca. zehn Minuten angenommen wird. Pro Subtest sind 40 Aufgabenitems innerhalb von zwei Minuten zu bearbeiten, wobei die Schwierigkeit der Aufgaben zunimmt (Tabelle 32).

Tabelle 32 - Beispielitems aus den verwendeten Subtests des HRT 1-4 (Haffner et al., 2005)

Subtest	Bespielitems		
Addition	$1 + 6$	$9 + 11$	$234 + 567$
Subtraktion	$4 - 1$	$14 - 7$	$756 - 432$
Multiplikation	$3 \cdot 1$	$7 \cdot 9$	$17 \cdot 17$
Division	$6:2$	$35:5$	$432:9$
Größer-Kleiner-Vergleich	$11 \bigcirc 12$	$90 - 60 \bigcirc 30$	$9876 \bigcirc 8765 + 4321$

Für die Auswertung werden in jedem Subtest die Anzahl der richtig gelösten Items ermittelt. Bei dem Untertest Größer-Kleiner-Vergleich wird die Berücksichtigung der halben Fehleranzahl empfohlen (Haffner et al., 2005, S. 18). Der HRT 1-4 (Haffner et al., 2005) kann als geeignetes Erhebungsinstrument bewertet werden, da die Hauptgütekriterien erfüllt sind (Tabelle 4).

6.3.3 Grundintelligenztest Skala 2 – Revision (CFT 20-R)

Zur Feststellung der kognitiven Leistungsfähigkeit vor der Intervention wird ein Intelligenzverfahren eingesetzt. Der CFT 20-R (Weiß, 2006, S. 11) ermöglicht Aussagen über den sogenannten g-Faktor bzw. die fluide Intelligenz nach Cattell (1963) und Spearman (1904), d.h. die allgemeine kognitive Leistungsfähigkeit. Durch visuelle Aufgaben mit diversen Figuren erfolgt die Messung unabhängig vom soziokulturellen Status, der sozialen Schicht sowie der Sprache bzw. Herkunft (ebd.). Dieses Testverfahren kann mit einer Gruppe durchgeführt werden und dauert in der Kurzform mit verlängerter Testzeit 40 Minuten (ebd., S. 13), sodass sich keine organisatorischen Schwierigkeiten bei der Umsetzung in einer Klasse und einer Schulstunde ergeben. Die Kurzform beinhaltet die einmalige Durchführung der vier Subtests Reihenfortsetzen, Klassifikation, Matrizen und Topologien (ebd., S. 13). Eine Testzeitverlängerung wird sowohl bei Versuchspersonen mit Migrationshintergrund, Sprachschwierigkeiten und/oder Aufmerksamkeitsdefiziten empfohlen (ebd., S. 14). Da vor der Prätestung für die rekrutierte Stichprobe keine Informationen hinsichtlich dieser Kriterien vorlagen und das Vorhandensein dieser Kriterien nicht ausgeschlossen werden kann, wird die verlängerte Testzeit verwendet. Beim CFT 20-R (Weiß, 2006) handelt es sich um ein Paper-Pencil-Verfahren, wobei jedoch die Aufgabenbearbeitung und die Ergebnisdokumentation auf unterschiedlichen Bögen erfolgen. Dies kann eine mögliche Fehlerquelle darstellen. Für die Auswertung sowie Interpretation werden die Rohwerte mittels Normtabellen in IQ-Werte übertragen. Normwerte liegen für die Altersstufe von $8;5$ bis $19;0$ Jahre sowie für die Klassenstufe 3 bis 13 (Weiß, 2006, S. 27f.). Die IQ-Skala hat einen Mittelwert von $M = 100$ sowie eine Standardabweichung von $SD = 15$ (Maltby, Day & Macaskill, 2011, S. 517), sodass folgende Einschätzung (Tabelle 33) für den IQ-Wert vorgenommen werden kann (Quaiser-Pohl & Rindermann, 2010, S. 105; Maltby et al., 2011, S. 518; Deutsches Institut für Medizinische Dokumentation und Information, 2013, S. 217f.):

Tabelle 33 - Einschätzung des Intelligenzquotienten

IQ	Klassifizierung
< 20	schwerste Intelligenzminderung
$20 - 34$	schwere Intelligenzminderung
$35 - 49$	mittelgradige Intelligenzminderung
$50 - 69$	leichte Intelligenzminderung
$70 - 84$	unterdurchschnittliche Intelligenz
$85 - 114$	durchschnittliche Intelligenz
$115 - 129$	überdurchschnittlich Intelligenz
$130 \leq$	weit überdurchschnittliche Intelligenz

Hinsichtlich der Hauptgütekriterien ist die Objektivität vollständig gegeben, da sowohl die Durchführung, die Auswertung sowie die Interpretation detailliert beschreiben werden. Die Genauigkeit des CFT 20-R (Weiß, 2006, S. 48) zeigt sich in der Retest-Reliabilität ($.69 < r < .91$), in der Testhalbierungsreliabilität ($.80 < r < .82$) und der Internen Konsistenz ($r = .95$). Die Kriteriumsvalidität kann als gegeben angesehen werden (Weiß, 2006, S. 86f.). Es zeigt sich sowohl ein Zusammenhang mit einem weiteren Intelligenzverfahren (PSB-R 4-6: $.56 < r < .63$) als auch mit den Schulnoten (Mathematik: $.45 < r < .50$; Deutsch: $.23 < r < 43$; Sachunterricht: $.27 < r < .41$).

6.3.4 Lehrereinschätzliste für das Sozial- und Lernverhalten (LSL)

Zur Erfassung des Lernverhaltens im Mathematikunterricht erfolgt eine Befragung der Mathematiklehrkräfte mit der Lehrereinschätzliste für das Sozial- und Lernverhalten (Petermann & Petermann, 2013). Mit diesem Rating-Verfahren werden sozial-emotionale Kompetenzen in den Bereichen Kooperation, Selbstwahrnehmung, Selbstkontrolle, Einfühlungsvermögen und Hilfsbereitschaft, angemessene Selbstbehauptung sowie Sozialkontakt erfasst. Diese Komponenten stehen nicht in einem direkten Zusammenhang mit der Lernförderung des Advance Organizer im Mathematikunterricht, sodass der Aussagebereich Sozialverhalten nicht erhoben wird. Zudem zeigen faktorenanalytische Berechnungen, dass die verschiedenen Skalen in die zwei, voneinander unabhängigen Bereiche Sozial- und Lernverhalten differenziert werden können (Sparfeldt, Rost, Schleebusch & Heise, 2012, S. 156) und somit die isolierte Einschätzung des Lernverhaltens unproblematisch ist. Die Einschätzung des Lernverhaltens erfolgt in vier Bereichen, die jeweils durch fünf konkrete Verhaltensweisen spezifiziert werden (Tabelle 34). Das Verhalten in diesen Bereichen soll basierend auf den Beobachtungen der letzten vier Wochen mittels einer vierstufigen Skala erfolgen (Petermann & Petermann, 2013, S. 22).

Tabelle 34 - Aussagenbereiche und Items zum Lernverhalten aus dem LSL (Petermann & Petermann, 2013)

Aussagebereiche	Items
Anstrengungs-bereitschaft und Ausdauer	Arbeitet ohne ständige Rückmeldung/ Hilfe
	Bearbeitet Aufgaben mit Ausdauer, selbst wenn diese uninteressant sind
	Strengt sich an, um eine Aufgabe zu lösen
	Bearbeitet Aufgaben über die Pflichtaufgaben hinaus
	Zeigt Ausdauer bei interessanten Aufgaben
Konzentration	Lenkt die Aufmerksamkeit gezielt auf eine Aufgabe, wenn dies erforderlich ist
	Arbeitet ohne Unterbrechungen
	Arbeitet im Allgemeinen ohne Flüchtigkeitsfehler
	Sieht bei Anforderungen genau hin
	Hört bei Anforderungen genau zu
Selbstständigkeit beim Lernen	Geht gezielt vor
	Kann erreichte Ergebnisse selbstständig bewerten
	Setzt sich erreichbare Ziele
	Holt nur Hilfe, wenn dies die Aufgabe erfordert
	Führt eine Aufgabe vollständig allein aus
Sorgfalt beim Lernen	Geht mit schulischen Arbeitsmaterialien sorgfältig um
	Erledigt Hausaufgaben sorgfältig
	Macht Hausaufgaben vollständig
	Geht mit Heften ordentlich um
	Bereitet Materialien für den nächsten Schultag vor

Für die Auswertung werden die Skalenwerte der einzelnen Aussagenbereiche summiert. Je geringer der Wert ist, desto kritischer kann das Lernverhalten eingeschätzt werden.

Dieses Testverfahren kann bezüglich der Gütekriterien als gut bewertet werden. Sowohl für die Durchführung als auch für die Auswertung und Interpretation liegen konkrete Vorgaben vor (Petermann & Petermann, 2013, S. 22ff.), sodass die Objektivität in diesen Bereichen gegeben ist. Für die Interne Konsistenz liegen Werte zwischen $.82 < \alpha < .95$ (ebd., S. 17) vor, sodass auch die Genauigkeit erfüllt ist. Hinsichtlich der Reliabilität zeigen sich sowohl Korrelationen mit den Schulnoten $(-0.10 < r < -0.47)$ als auch mit prosozialem Verhalten $(.52 < r < .82)$ und Verhaltensauffälligkeiten $(-0.43 < r < -0.74)$.

6.4 Interventionen

Zur Untersuchung der Wirksamkeit des Advance Organizer für das Lernen und Behalten mathematischer Inhalte wird eine Unterrichtseinheit im Fach Mathematik für die dritte Jahrgangsstufe geplant. Diese Einheit wird nachfolgend dargestellt (Kapitel 6.4.1). Basierend auf dieser Unterrichtseinheit wird ein Advance Organizer konstruiert und passend für die Zielgruppe gestaltet (Kapitel 0). Zur Wiederholung und Festigung der Mathematikinhalte werden zusätzliche

Übungsstunden eingesetzt, welche abschließend dargestellt werden (Kapitel 6.4.3).

Die Ermittlung des Unterrichtsthemas erfolgte in mehreren Schritten sowie in Abhängigkeit von mehreren Faktoren. Ausgehend von der Analyse verschiedener Lehrwerke für den Mathematikunterricht, die im Bundesland Niedersachsen eingesetzt werden, erfolgte eine Eingrenzung auf Inhalte, die im zweiten Halbjahr der dritten Jahrgangsstufe thematisiert werden. In Rücksprache mit allen teilnehmenden Schulen musste ein Themenbereich gewählt werden, der innerhalb des Schuljahres noch nicht bearbeitet wurde. Zudem musste dieses Thema zeitlich flexibel in einer Art Projekt in den Mathematikunterricht eingefügt werden können, da der Beginn in den verschiedenen Schulen nicht in derselben Woche erfolgen konnte. Außerdem musste dieser Themenbereich unabhängig von anderen Mathematikinhalten sein, da die Bearbeitung vorheriger Themen hinsichtlich der inhalts- und prozessbezogenen Kompetenzen nicht kontrolliert werden konnte. Als Ergebnis dieses Abstimmungsprozesses wurde das Thema „Zeit“ gewählt.

6.4.1 Mathematikunterricht

Die Unterrichtseinheit zum Thema *Zeit* besteht aus fünf Unterrichtsstunden, in denen ausgewählte Inhalte entsprechend der Vorgaben des Kerncurriculums (Niedersächsiches Kultusministerium, 2006) und den Bildungsstandards (KMK, 2005a) vermittelt werden (Tabelle 35). Der thematische Einstieg in diese Einheit erfolgt durch das vertiefte Kennenlernen von der Dauer einer Minute, im dem die Länge dieser Zeitspanne sowohl geschätzt als auch mit unterschiedlichen Messinstrumenten gestoppt wird. Das Ablesen der Zeit von einer analogen Uhr und die Umrechnung zwischen verschiedenen Zeiteinheiten stellen die zentralen Inhalte dieser Unterrichtseinheit dar. Die Anwendung dieser Inhalte wird durch das Verstehen des Unterschiedes zwischen Zeitpunkten sowie Zeitspannen geübt. Die Berechnung von Zeitpunkten und Zeitspannen wird anhand von Zeitplänen, bspw. mit den Zeitangaben eines Busfahrplans, vertieft. Um den Fokus auf die mathematischen Aspekte innerhalb des Themenfeldes zu legen, werden innerhalb dieser Einheit keine Bezüge zum Sachunterricht hergestellt.

Für die einzelnen Unterrichtsstunden liegen Verlaufspläne vor, in denen das Unterrichtsgeschehen ausführlich dargelegt wird (Anhang Kapitel 3, S. 253-259). Dies soll eine größtmögliche Einheitlichkeit der Unterrichtsstunden in den verschiedenen Klassen ermöglichen. Jede Unterrichtsstunde beginnt mit einer getrennten Phase für die Schülerinnen und Schüler der Experimental- und Kontrollgruppe. Nach dieser Phase erfolgt ein gemeinsamer Einstieg mit der gesamten Lerngruppe, in dem das Ziel und das Thema der jeweiligen Stunde vorbereitet werden. Danach werden in einer stärker lehrerzentrierten Erarbeitungsphase die Themeninhalte direkt vermittelt. In der anschließenden Vertiefungsphase üben die Schülerinnen und Schüler eigenständig der Anwendung dieser Inhalte. Der Abschluss der Unterrichtsstunden wird durch eine spielerische Anwendung der Stundeninhalte bzw. einer Fortsetzung der Einstiegsphase gestaltet. Diese Stundenstruktur ähnelt der sehr effektiven Methode der direkten Instruktion (Kapitel 3.3.2).

Tabelle 35 - Aufbau und Inhalte der Unterrichtseinheit

Unterrichtsstunde & Themenschwerpunkt	Inhaltsbezogene Kompetenz	Prozessbezogene Kompetenz	Methoden
1 **Zeit einschätzen & Messinstrumente**	S. schätzen und messen eine Minute. S. benennen Aktivitäten, die innerhalb einer Minute durchgeführt werden können.	S. führen in Partnerarbeit kleine Experimente durch und werten diese aus. S. kommunizieren und bewerten Inhalte.	Erstellung einer Mind Map Experimentieren mit Stopp- & Sanduhr
2 **Einheiten, Zeit bestimmen & Uhr lesen**	S. zählen die Bestandteile einer Uhr auf. S. berechnen Zeitpunkte in konkreten Situationen.	S. erschließen sich Textaufgaben. S. bearbeiten Aufgaben in Einzelarbeit.	Direkte Instruktion Arbeit mit konkretem Anschauungsmaterial
3 **Einheiten umrechnen**	S. benennen die Zeiteinheiten Sekunde, Minute, Stunde, Tag sowie deren Abkürzungen & erläutern das Umrechnen zwischen diesen Einheiten. S. addieren, subtrahieren, multiplizieren und dividieren mit den verschiedenen Zeiteinheiten.	S. arbeiten in einer Kleingruppe. S. vergleichen Ergebnisse eigenständig mit Lösungsvorlagen.	Direkte Instruktion Stationsarbeit
4 **Zeitspanne, Zeitdauer, Zeitpunkt**	S. beschreiben den Unterschied zwischen Zeitpunkt und Zeitspanne. S. erkennen Zeitspannen. S. identifizieren Zeitpunkte und berechnen die Differenz zwischen Ende & Anfang.	S. vergleichen Ergebnisse eigenständig mit Lösungsvorlagen.	Arbeit mit konkretem Anschauungsmaterial Direkte Instruktion
5 **Bus- & Zugfahrplan lesen**	S. beschreiben den Aufbau von Fahrplänen. S. beantworten Fragen zum Aufbau eines Busfahrplans. S. lösen Additions-, Subtraktions-, Multiplikations- & Divisionsaufgaben mit verschiedenen Zeiteinheiten.	S. wählen mit einem Partner Aufgaben aus. S. vergleichen Ergebnisse eigenständig mit Lösungsvorlagen.	Lerntheke Arbeit mit konkretem Anschauungsmaterial

S. Schülerinnen und Schüler

Die Unterrichtseinheit ist durch den Einsatz vielfältiger Arbeitsblätter gekennzeichnet (digitaler Anhang, Ordner Mathematikunterricht), da kein einheitliches Lehrwerk in den verschiedenen Schulen verwendet wird. Diese selbsterstellten Arbeitsmaterialien enthalten weitestgehend eine sofortige Lösungskontrolle, damit die Schülerinnen und Schüler ein zeitnahes Feedback zu der Richtigkeit der Aufgabenbearbeitung erhalten. Dies stellt eine sehr effektive Methode, besonders zur Unterstützung bei Schwierigkeiten im Lernen mathematischer Inhalte dar (Kapitel 3.3.2).

6.4.2 Advance Organizer

Basierend auf der Struktur sowie den Inhalten der Unterrichtseinheit erfolgt die Entwicklung des Advance Organizer anhand der theoretisch abgeleiteten Prinzipien für Advance Organizer (Kapitel 4.3.2). Zunächst wird die Konstruktion, d.h. das thematische Gerüst des Advance Organizer, nachvollzogen und anschließend die Gestaltung für die Zielgruppe, Schülerinnen und Schüler der dritten Jahrgangsstufe, erläutert.

Konstruktion

1. Visualisierung der Themenstruktur
In der Unterrichtseinheit zum Thema Zeit wird eine didaktische Reduzierung auf die Unterthemen Zeit messen, Zeit einteilen sowie Lesen der Uhr und Zeitplänen vorgenommen. Diese Inhalte bilden somit die Themenstruktur für den Advance Organizer (Abbildung 27, unter dem Begriff Zeit).

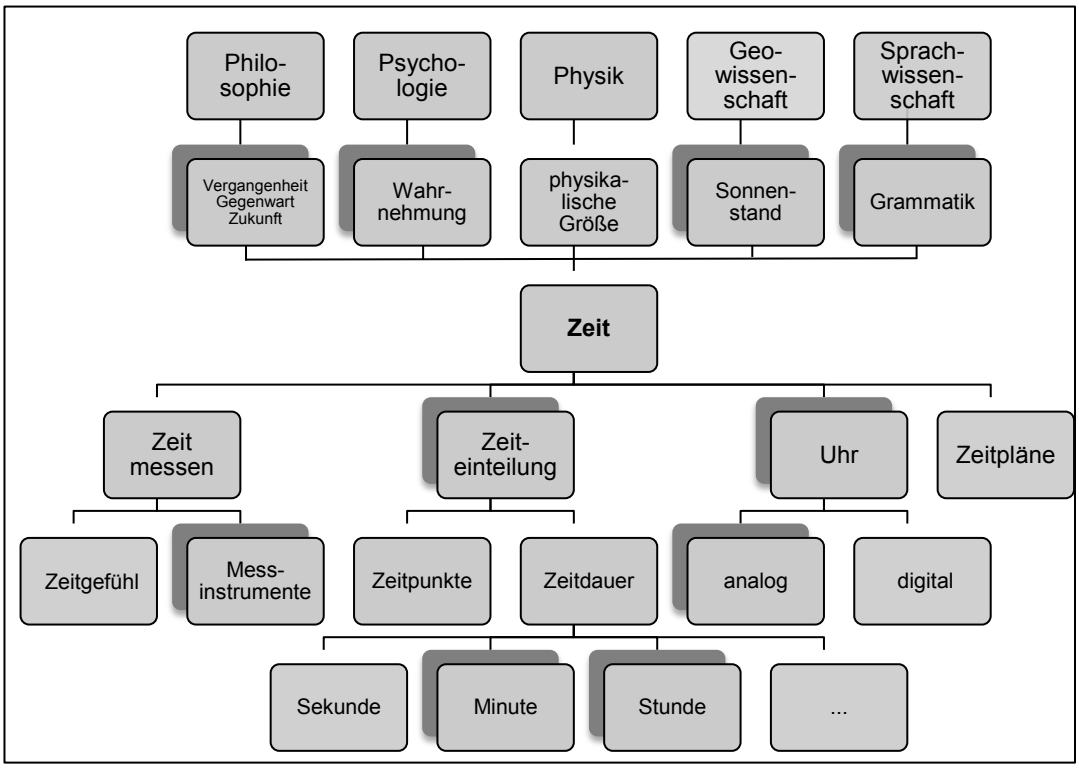


Abbildung 27 - Struktur und Kontexteinordnung des Themas Zeit

2. Einordnung in den Kontext
Das Thema Zeit ist ein sehr umfangreiches Themengebiet, welches in verschiedenen Wissenschaften relevant ist und unterschiedliche Bedeutungen hat (Abbildung 27, oberhalb des Begriffs Zeit).

3. Integration der Vorwissenskonzepte
Es kann angenommen werden, dass die Schülerinnen und Schüler bereits Vorkenntnisse sowohl in den spezifischen Themeninhalten der Unterrichtseinheit als auch in dem Kontextbereich zum Thema Zeit haben (Abbildung 27, grau schattierte Begriffsfelder). Das Themengebiet Zeit ist laut Kerncurriculum (Niedersächsiches Kultusministerium, 2006, S. 23ff.) innerhalb der ersten zwei Schuljahre ein vorgegebener Inhalt, sodass einige Kenntnisse im Bereich der Zeiteinheiten und dem Lesen der Uhr vorhanden sein könnten. Zudem haben die Schülerinnen und Schüler wahrscheinlich die Einordnung von Ereignissen in Vergangenheit und Zukunft erfahren, welche gegebenenfalls mit der Verwendung von unterschiedlichen Zeitformen von Verben verknüpft ist. Zudem kann angenommen werden, dass die Schülerinnen und Schüler sowohl zwischen Tag und Nacht aufgrund Helligkeit bzw. des Sonnenlichtes unterscheiden können und Zeit bereits in unterschiedlichen Situationen unterschiedlich wahrgenommen haben.

4. Formulierung des Ziels
Das Vorwissen der Schülerinnen und Schüler in den verschiedenen Kontextbereichen zum Thema Zeit soll durch die Unterrichtseinheit konkretisiert werden, sodass spezifischere Angaben sowohl über Zeitpunkte als auch Zeitspannen gegeben werden können. Mit dem Advance Organizer soll folgende Fragestellung verfolgt werden: Wie kann die Uhrzeit gemessen werden?

Gestaltung

5. Design
Die Strukturierung des Advance Organizer resultiert aus den Subthemen der einzelnen Unterrichtsstunden. Da jedoch das erste Stundenthema, das Schätzen und Messen von Zeit, mit allen weiteren Themen in Zusammenhang steht, wird dieses Thema mittig platziert. Die weiteren Unterrichtsthemen ordnen sich im Uhrzeigersinn an (Abbildung 28). Das erste Kreissegment dient der Visualisierung der Fragestellung, auf welche in allen Stunden Bezug genommen wird.

Alle Themenbereiche kennzeichnen sich durch eine Mehrfachcodierung, d.h. es werden sowohl Abbildungen, geschriebene Begriffe als auch Verbalisierungen genutzt, um die Inhalte des Advance Organizer mit größtmöglichem Verständnis für die Schülerinnen und Schüler zu veranschaulichen. Zudem werden durchgehend konkrete Beispiele, bspw. typische Aktivitäten aus dem Alltag, genutzt, um möglichst viel Vorwissen der Schülerinnen und Schüler zu aktivieren.

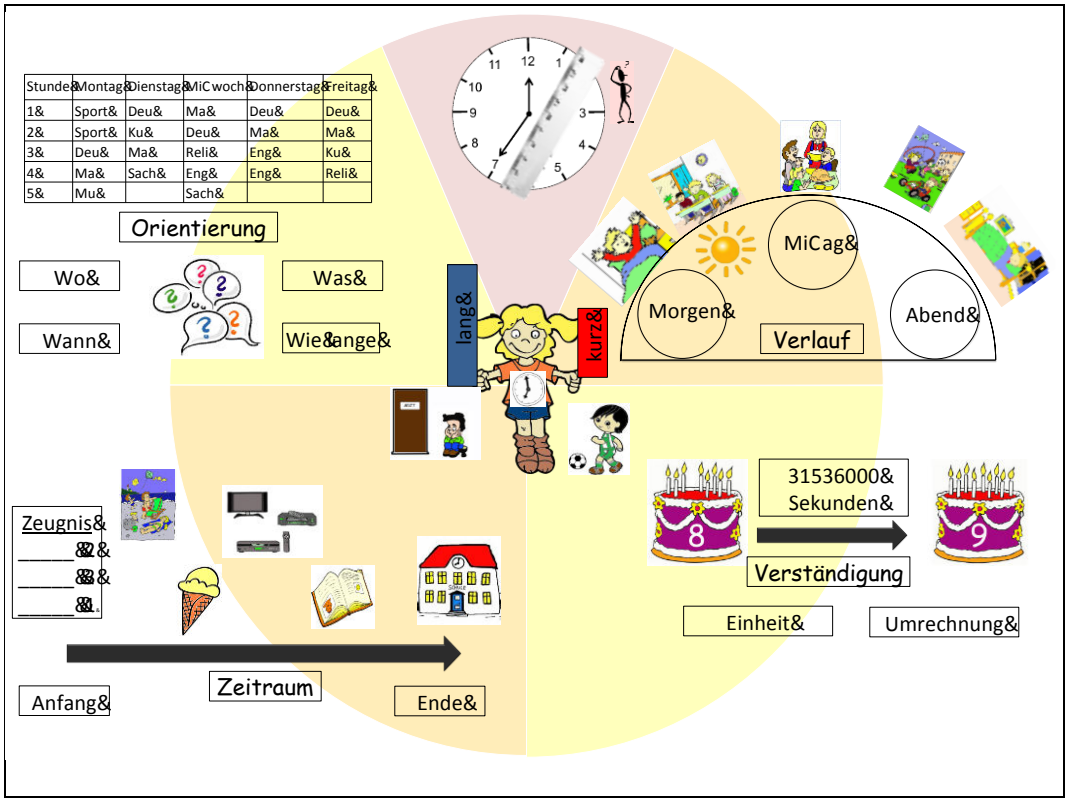


Abbildung 28 - Advance Organizer zum Thema Zeit

6. Präsentation

Der Advance Organizer wird mittels eines Posters und einer festgelegten verbalen Erklärung (Anhang Kapitel 4, S. 260-266) präsentiert. Für die Präsentation werden in jeder Unterrichtsstunde zehn Minuten eingeplant, sodass es sich um eine kurze Präsentationszeit handelt. Zudem wird der Advance Organizer schrittweise präsentiert. Dies bedeutet einerseits, dass zu Beginn jeder Unterrichtsstunde lediglich ein Ausschnitt des Advance Organizer-Posters erläutert wird (Abbildung 29). Andererseits werden bei einer einzelnen Präsentation des Advance Organizer die Begriffe sowie Visualisierungen schrittweise angebracht, sodass die Schülerinnen und Schüler die Erläuterungen sukzessiv nachvollziehen können.

Ferner werden die Inhalte der bereits präsentierten Teile des Advance Organizer bei jeder weiteren Einführung kurz wiederholt, sodass die Bezüge zwischen den einzelnen Teilen hergestellt werden. Aufgrund des Forschungsdesign (Kapitel 6.2) kann der Advance Organizer den Schülerinnen und Schülern nicht dauerhaft während des Mathematikunterrichts zur Verfügung gestellt werden. Die Schülerinnen und Schüler einer Klasse, die der Kontrollbedingung zugeordnet sind, hätten sonst einen Zugriff auf die Experimentalbedingung.

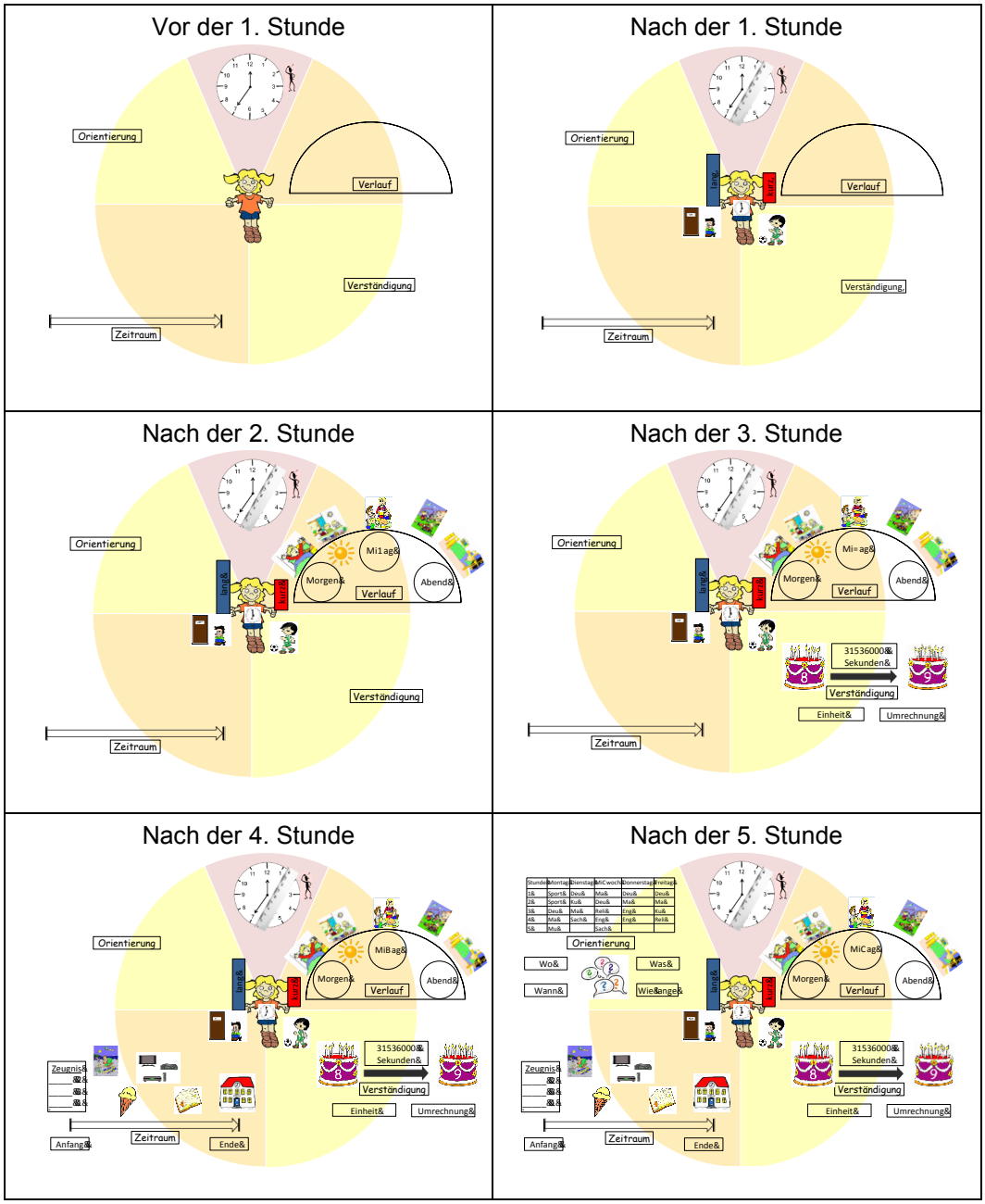


Abbildung 29 - Schrittweise Präsentation des Advance Organizer

Während der Präsentation des Advance Organizer werden die Schülerinnen und Schüler in kurze Aktivierungsmethoden einbezogen, sodass die Aufmerksamkeit innerhalb dieser Vorstellung auf das Poster sowie Erläuterungen gerichtet bleibt. Es werden kurze Ja-/Nein-Fragen, die mittels Antwortkarten oder Daumenabfrage beantwortet werden sollen, verwendet. Zudem werden einzelne Schülerinnen bzw. Schüler zum Anbringen von Begriffen oder Bildern aufgefordert.

6.4.3 Übungsstunden

Passend zu den Themen der fünf Stunden der Unterrichtseinheit können diese Inhalte in fünf weiteren Unterrichtsstunden wiederholt und vertieft werden. Innerhalb des Lernens mathematischer Inhalte nimmt das Üben eine sehr zentrale Rolle ein und wird sowohl als Teil der direkten Instruktion durch metaanalytische Befunde als auch durch Experten als wirksam eingeschätzt (Kapitel 3.3.2). Die Übungsstunden sind in Form einer Lerntheke konzipiert, sodass die Schülerinnen und Schüler selbstständig Aufgaben aus dem Angebot zur Bearbeitung in Einzel- oder Partnerarbeit auswählen. Die Aufgaben liegen für jede Stunde in drei verschiedenen Schwierigkeitsstufen (* - ***) mit bis zu sechs verschiedenen Auswahlmöglichkeiten und einer zusätzlichen Knobelaufgabe vor (Tabelle 36).

Ähnlich wie die Arbeitsmaterialien in den Unterrichtsstunden kommen in den Übungsstunden zusätzliche Arbeitsblätter zum Einsatz (digitaler Anhang, Ordner Übungsstunden), um eine einheitliche Vertiefung in den verschiedenen Schulklassen zu gewährleisten. Die Arbeitsblätter kennzeichnen sich wiederum durch eine Kontrollmöglichkeit der Aufgabenlösungen, um ein zeitnahes Feedback über die Bearbeitung zu erhalten. Darüber hinaus enthalten die Arbeitsblätter zwei bis drei Beispiele, um die Vorgehensweise bei der Aufgabenbearbeitung zu verdeutlichen und Orientierung für die weiteren Aufgaben zu ermöglichen. Das Nutzen von Beispielen stellt ebenfalls eine effektive Methode dar (Kapitel 3.3.2) und unterstützt zudem das selbstständige Arbeiten der Schülerinnen und Schüler.

Tabelle 36 - Schwierigkeitsstufen der Aufgaben der fünf Übungsstunden

Lerntheke	1 Einschätzen & Messinstrumente	2 Uhrzeiten ermitteln	3 Einheiten umrechnen	4 Zeitpunkt & Zeitspanne	5 Fahrpläne lesen
* leicht	Eine Sekunde kennen lernen	Fehlende Uhrzeiten errechnen (Stunden)	Stunde, Minute, Sekunde auf der Uhr	Zeiger eintragen nach ?? Stunden	Bus-Abfahrtzeiten ermitteln
	Verschiedene Uhren mit unterschiedlichem Nutzen	Fehlende Uhrzeiten errechnen (Minuten)	Minuten & Stunden umrechnen & vergleichen	Zeiger eintragen nach ?? Minuten	Bus-Fahrplan lesen
	Zeit einschätzen & überprüfen	Uhrzeit vom Ziffernblatt ablesen	Fehlende Sekunden bis zur 1. Minute	Textaufgaben – Wie viel Zeit ist vergangen?	Unterrichtsdauer/-ende berechnen
		Minutenzeiger eintragen	Brüche	Wie viele Stunden sind es?	
		Zeiger eintragen			
** mittel	Laufzeiten ermitteln	Uhrzeiten zum Nachmittag	Schwimmzeiten	Textaufgaben	Zugfahrzeit berechnen
	Dauer von Tätigkeiten einschätzen	Fehlende Uhrzeiten errechnen (Minuten)	Minuten in Stunden umrechnen	Nächste volle Stunde und fehlende Minuten ermitteln	Umsteigezeit berechnen
	Zeit einschätzen & überprüfen	Uhrzeiten ermitteln (Digitalschreibweise)	Stunden in Minuten umrechnen	Wie viele Sekunden sind vergangen?	Hausaufgaben-Tabelle
		Textaufgabe Autofahrt	Minuten in Sekunden umrechnen	Wie viel Zeit ist seit 14 Uhr vergangen?	
		Textaufgabe Schwimmbad		Jürgens Sonntag	
		Zeiger eintragen			
*** schwer	Uhrenpyramide	23:59. Wie spät ist es in einer Minute?	1000 Sekunden schätzen und umrechnen	Wie viel Zeit ist vergangen?	Fahrplaninformationen verwenden
		Nächste volle Stunde & fehlende Minuten	1000 Minuten schätzen und umrechnen	Zugfahrt durch Deutschland	Abfahrtszeit ermitteln
		Uhrzeiten vom Vormittag und Nachmittag	Minute in Sekunden zerlegen	Beginn, Dauer, Ende berechnen	Flugdauer berechnen
		Textaufgabe Radtour	Radioprogramm gestalten	Dauer ermitteln	Textaufgabe Flugzeiten
				Ende berechnen	
				Wanderungen	
Knobel-aufgabe	Uhrenvergleich	Ziffernblatt zerlegen	Bis 1 Mio. zählen	15 Minuten Ei	Schiffsleiter

6.5 Durchführung der Untersuchung

Im Schuljahr 2011/2012 erfolgte eine Studie zum Advance Organizer im Sachunterricht der Primarstufe unter der Leitung von Dr. Conny Melzer und Ralf Martenstein an der Carl von Ossietzky Universität Oldenburg. Dabei konnten erste positive Befunde aufgezeigt werden (Martenstein & Melzer, 2013). Ausgehend von diesen Ergebnissen wird in der vorliegenden Erhebung der Forschungsbedarf zu effektiven Methoden im inklusiven Mathematikunterricht sowie die Forschungslücke zum Advance Organizer im Mathematikunterricht in der Primarstufe fokussiert. Das Vorgehen bei der Konzeptionierung sowie der Durchführung erfolgt teilweise parallel zu der bereits erfolgreich durchgeführten Studie.

Studiendurchführung

Nach der methodischen Konzeptionierung der Studie erfolgt die Rekrutierung von Studierenden der Sonderpädagogik der Carl von Ossietzky Universität Oldenburg, die sowohl in die Erstellung der Interventionen als auch in deren Umsetzung involviert sind. Insgesamt sind 21 Studentinnen (1 Bachelor of Arts, 20 Master of Education) bei der Untersuchung beteiligt, die auf der Basis dieser Studie ihre Abschlussarbeit (Bachelor- oder Masterarbeit) verfasst haben. Alle Studierende werden paarweise zwei Klassen zugeordnet, sodass eine gegenseitige Unterstützung und eine sinngemäße Umsetzung der Erhebungsinstrumente sowie der Interventionen gewährleistet werden kann.

Tabelle 37 - Zeitlicher Ablauf der Untersuchung

Zeitraum	Inhalte
02/2013	Einführungsveranstaltung für die Studierenden
02/2013 - 03/2013	Prätest
	Prätest
03/2013 - 04/2013	1. Mathematikstunde mit Advance Organizer
	1. Übungsstunde
	2. Mathematikstunde mit Advance Organizer
	2. Übungsstunde
	3. Mathematikstunde mit Advance Organizer
	3. Übungsstunde
	4. Mathematikstunde mit Advance Organizer
	4. Übungsstunde
	5. Mathematikstunde mit Advance Organizer
	5. Übungsstunde
03/2013 - 04/2013	Posttest
04/2013 - 05/2013	Follow-Up I
05/2013 - 06/2013	Follow-Up II

Im Februar 2013 werden die Studierenden auf die Durchführung der Untersuchung vorbereitet. Dabei werden sowohl der Einsatz der

Erhebungsinstrumente sowie die Realisierung der Interventionen thematisiert. Aufgrund der Mitarbeit aller Studentinnen bei der Entwicklung des Mathematikunterrichts, des Advance Organizer und der Übungsstunden erfolgt keine detaillierte Einführung in diese Untersuchungsaspekte. In Absprache mit den Lehrkräften der teilnehmenden Klassen vereinbarten die Studierenden den Beginn des Projektes eigenständig, sodass dies flexibel in dem Zeitraum von Februar bis März 2013 erfolgen konnte. Durch die Osterferien des Bundeslandes Niedersachsen war der Ablaufplan der Untersuchung unterbrochen. Es wurde darauf geachtet, dass die Unterrichtseinheit entweder vollständig vor oder nach den Ferien stattfand.

Dateneingabe

Die Eingabe der Ergebnisse aus den Erhebungsinstrumenten wird überwiegend mit einem Scanner vorgenommen. Neben dem CFT 20-R werden die Ergebnisse aus dem Wissensquiz und dem LSL elektronisch erfasst. Lediglich die Ergebnisse des HRT 1-4 werden manuell ausgewertet. Das elektronische Einlesen soll sowohl die Fehlerquelle bei der Auswertung der Erhebungsbögen minimieren als auch das Zusammenfassen der Daten in dem Auswertungsprogramm erleichtern.

6.6 Auswertungsstrategien

Die einzelnen Hypothesen werden mit verschiedenen Auswertungsstrategien überprüft, welche nachfolgend näher beschrieben werden (Tabelle 38). Zudem wird die Vorgehensweise zur Berechnung der Effektstärke, die Berücksichtigung der α-Fehlerkumulierung sowie die Ermittlung der Teststärke näher ausgeführt.

Tabelle 38 - Auswertungsstrategie für die einzelnen Hypothesenkomplexe

Hypothese		Auswertungsstrategie
I	Wirksamkeit des Advance Organizer für das Lernen und Behalten	Prä- Post-Follow-Up I-Follow-Up II-Vergleich: Varianzanalyse mit Messwiederholung
II	Wirksamkeit des Advance Organizer für Schülerinnen und Schüler unter Risikobedingungen	Theoriebasierte Kriterienauswahl zur Ermittlung der Risikogruppe Prä- Post-Follow-Up I-Follow-Up II-Vergleich: Varianzanalyse mit Messwiederholung
III	Wirksamkeit des Advance Organizer unter Kontrolle des Lernverhaltens	Prä-Post-Follow-Up I-Follow-Up II-Vergleich: Regressionsanalyse
IV	Wirksamkeit des Advance Organizer in Kombination mit Übungsstunden	Prä-Post- Follow-Up I-Follow-Up II-Vergleich: Varianzanalyse mit Messwiederholung
V	Wirksamkeit des Advance Organizer in Kombination mit Übungsstunden für Schülerinnen und Schüler unter Risikobedingungen	Theoriebasierte Kriterienauswahl zur Ermittlung der Risikogruppe Prä-Post- Follow-Up I-Follow-Up II-Vergleich: Varianzanalyse mit Messwiederholung

Für die Auswertung der Daten wird die Statistiksoftware IBM® SPSS® Statistics (Version 22) und in Ergänzung die Software Microsoft® Excel® (Version 14.4.7) genutzt. Die Auswertung erfolgt basierend auf den Rohwerten. Es stehen nicht für alle verwendeten Erhebungsinstrumente Prozentrang- oder T-Werte zur Verfügung, sodass eine Übertragung der Testergebnisse zu einem Verlust des Informationsgehaltes führen würde. Dies gilt nicht für die Rohwerte aus dem CFT 20-R, welche in den Intelligenzquotienten transformiert werden.

Mehrfaktorielle Varianzanalyse mit Messwiederholung

Die Varianzanalyse stellt ein Verfahren dar, dass den Vergleich zwischen mehr als zwei Gruppen sowie bei mehreren unabhängigen Variablen ermöglicht (Bühner & Ziegler, 2009, S. 326). Bei mehr als zwei Erhebungszeitpunkten, wie es in dem vorliegenden Forschungsdesign der Fall ist, wird eine Varianzanalyse mit Messwiederholung berechnet, sodass die Abhängigkeit der Messzeitpunkte untereinander Berücksichtigung findet (Rasch, Friese, Hofmann & Naumann, 2010, S. 99). Die mehrfaktorielle Varianzanalyse mit Messwiederholung untersucht die Unterschiede in der Ausprägung eines Merkmals zu mehreren Messzeitpunkten, die von mehreren unabhängigen Variablen beeinflusst werden (Bühner & Ziegler, 2009, S. 435). Neben den verschiedenen Messzeitpunkten gelten auch die Gruppenzugehörigkeit sowie die Subtests bzw. einzelne Teile der Erhebungsinstrumente als Faktoren.

Als Voraussetzung für die mehrfaktorielle Varianzanalyse gelten folgende Aspekte:

- eine metrische Skalierung der abhängigen Variable,
- eine Normalverteilung aller Variablen in allen Gruppen,
- eine Homogenität der Varianzen zwischen den Gruppen,
- eine Varianz- und Kovarianzhomogenität der Messwiederholungen sowie
- eine Balanciertheit des Designs (Bühner & Ziegler, 2009, S. 518).

Das Verfahren ist robust gegenüber einer Verletzung der Normalverteilung bei gleich großem Stichprobenumfang der Vergleichsgruppen (Bühner & Ziegler, 2009, S. 518; Rost, 2013, S. 213). Zur Überprüfung der Homogenität der Varianzen und Kovarianzen wird der Mauchly-W-Test genutzt (Bühner & Ziegler, 2009, S. 519). Bei Verletzung der Sphärizität wird der Huynh-Feldt-Korrektur-Wert verwendet, der bei einer leichten Verletzung empfehlenswert ist und eine liberale Korrektur ermöglicht (Rasch et al., 2010, S. 111). Um der Balanciertheit des Designs Rechnung zu tragen, werden lediglich Versuchspersonen mit Daten zu allen Messzeitpunkten berücksichtigt.

Zur Spezifizierung der Varianzanalyse bietet sich eine Kontrastanalyse an (Sedlmeier & Renkewitz, 2013, S. 500). Dabei werden ausgewählte Gruppenmittelwerte in einem Einzelvergleich gegenübergestellt (Bühner & Ziegler, 2009, S. 528).

Regressionsanalyse

Die multiple lineare Regression ermöglicht die Testung einer Variablen hinsichtlich einer Moderation auf den Zusammenhang zwischen zwei Variablen

(Bühner & Ziegler, 2009, S. 701). Dabei wird ein Produktterm aus der unabhängigen Variable und der Moderatorvariable gebildet (ebd.). Dieser Produktterm wird neben einzelnen unabhängigen Variablen in der Regressionsanalyse berücksichtigt (Rasch et al., 2010, S. 163).

Für die Durchführung einer linearen Regression müssen folgende Voraussetzungen überprüft werden: Es müssen

- ein linearer Zusammenhang zwischen den Variablen,
- eine Unabhängigkeit und eine Normalverteilung der Residuen,
- die Homoskedastizität zwischen den Residuen und der unabhängigen Variablen sowie
- keine Kollinearität der unabhängigen Variablen vorliegen (Janssen & Laatz, 2013, S. 432ff.)

Die erste Voraussetzung, der lineare Zusammenhang, kann über eine grafische Analyse und dem Verlauf der Anpassungslinie zwischen den Prädiktoren und dem Kriterium untersucht werden. Die Unabhängigkeit der Residuen wird mithilfe der Durbin-Watson-Statistik überprüft, bei der ein Wert von 2 oder im Bereich von $1{,}5$ bis $2{,}5$ wünschenswert ist (Bühner & Ziegler, 2009, S. 679). Ob eine Normalverteilung der Residuen vorhanden ist, kann durch ein Histogramm mit einer Normalverteilungskurve oder durch ein P-P-Diagramm überprüft werden. Eine Verletzung der Normalverteilung ist nach Bühner und Ziegler (2009, S. 677f.) bei einer Stichprobe von $N \geq 100$ als unproblematisch zu bewerten. Die Voraussetzung der Homoskedastizität lässt sich durch ausgewählte Streudiagramme näher analysieren. Eine konstante Streuung der Residuen mit Zunahme der unabhängigen Variable sollte erkennbar sein (Janssen & Laatz, 2013, S. 434). Für die Überprüfung der letzten Voraussetzung, der Kollinearität stehen drei statistische Kennwerte zur Verfügung: Der VIF-Wert sollte > 10, der Tolerance-Wert $< .10$ und der Konditionsindex < 15 sein.

In der Regressionsanalyse wird der Anteil der Varianz des Kriteriums, der durch den Anteil der Varianz in den Prädiktoren vorhergesagt werden kann, durch den Wert R^2 ausgedrückt (Bühner & Ziegler, 2009, S. 656). Für die Interpretation dieses Wertes können folgende Richtlinien genutzt werden (ebd., S. 667):

$R^2 \geq 0.02$ kleiner Effekt

$R^2 \geq 0.13$ mittlerer Effekt

$R^2 \geq 0.26$ großer Effekt

Effektstärke

Neben der statistischen Signifikanz, die sowohl mit der Varianz- als auch mit der Regressionsanalyse ermittelt wird, ist die Angabe der Größe des Effektes relevant (Bühner & Ziegler, 2009, S. 178; Schnell et al., 2011, S. 443; Rost, 2013, S. 246). Für die Effektstärke liegen verschiedene Maße, d.h. unterschiedliche Berechnungen, mit unterschiedlichen Richtlinien zur Interpretation der Größe des Effektes vor. In der vorliegenden Arbeit wird das Effektstärkemaß d nach Cohen (1988) mit der folgenden Formel gewählt:

$$d = \frac{M_{EG} - M_{KG}}{SD_{KG}}$$

Anstelle der Standardabweichung der Kontrollgruppe wird die gepoolte Standardabweichung genutzt. Dies ermöglicht die Berücksichtigung von Unterschieden in den Streuungen der Mittelwerte der beiden Gruppen (Borenstein, Hedges, Higgins & Rothstein, 2009, S. 27). Die gepoolte Standardabweichung wird wie folgt berechnet:

$$SD_{gepoolt} = \sqrt{\frac{(n_{EG} - 1)SD_{EG}^2 + (n_{KG} - 1)SD_{KG}^2}{n_{EG} + n_{KG} - 2}}$$

Um mögliche Unterschiede zwischen den Gruppen im Prätest zu berücksichtigen, wird die korrigierte Effektstärke jeweils durch die Differenz zwischen einer der drei Nachtestungen und der Prätestung ermittelt (Klauer, 2001, S. 182):

$$d_{korr_prä} = d_{Nachtest} - d_{Prätest}$$

Zusätzlich werden korrigierte Effektstärken für die Berücksichtigung der Posttestergebnisse in den weiteren Nachtests berechnet. Die Differenz zwischen den Follow-Up-Erhebungen und dem Posttest soll die Effekte der Behaltensleistung wiederspiegeln:

$$d_{korr_post} = d_{Nachtest} - d_{Posttest}$$

Die Berechnung der Effektgröße als Ergebnis der Varianzanalyse, bei der mehrere Mittelwerte verglichen werden, ist über die Umrechnung des $partiellen\ \eta^2$-Wertes möglich. Cohen (1988, S. 276, 281) empfiehlt diesbezüglich folgende Vorgehensweise:

$$d = 2f = 2\sqrt{\frac{\eta_{partiell}^2}{(1 - \eta_{partiell}^2)}}$$

Zur Interpretation der Größe eines Effektes kann folgende Einteilung genutzt werden (Cohen, 1988, S. 25f.):

$d \geq 0.2$ kleiner Effekt

$d \geq 0.5$ mittlerer Effekt

$d \geq 0.8$ großer Effekt.

α-Adjustierung

Die Überprüfung der Hypothesen erfolgt mit einer 5%-Irrtumswahrscheinlichkeit der fälschlichen Ablehnung einer Nullhypothese, sodass das α-Niveau auf $\alpha = .05$ festgelegt wird. Da an derselben Stichprobe mehrere Hypothesen (Kapitel 5.2) überprüft werden, muss eine α-Adjustierung vorgenommen werden (Rost, 2013, S. 258). Dieses Vorgehen verhindert eine Kumulation des α-Fehlers und die fälschliche Ablehnung einer Nullhypothese. Die α-Adjustierung wird für die fünf Hypothesenkomplexe (Kapitel 5.2.1 bis 5.2.4) separat, d.h. „family wise" (Rost, 2013, S. 258) vorgenommen. Auf diese Weise wird das α-Niveau nicht zu sehr reduziert, wodurch die Zunahme der Wahrscheinlichkeit eines β-Fehlers, d.h. der fälschlichen Ablehnung einer Alternativhypothese, entgegengewirkt wird.

Aufgrund der hohen Anzahl der Signifikanztests (fünf Hypothesenkomplexe mit insgesamt 15 Hypothesenpaaren) wird eine „effektstärkenbasierte sukzessive α-Abwärtsadjustierung“ (Rost, 2013, S. 255) vorgenommen. Diese Vorgehensweise ist weniger konservativ, sodass die Wahrscheinlichkeiten für einen α- und einen β-Fehler in einem akzeptablen Verhältnis bleiben.

Für die α-Adjustierung der einzelnen Hypothesenkomplexe werden die Effekte mit den dazugehörigen Signifikanzniveaus der Rangfolge sortiert. Das α-Niveau wird bei der 5%-Irrtumswahrscheinlichkeit

- für den größten Effekt auf $\frac{\alpha}{1} = .05$,
- für den zweitgrößten Effekt auf $\frac{\alpha}{2} = .025$ und
- für den drittgrößten Effekt auf $\frac{\alpha}{3} = .017$ adjustiert.

Poweranalyse

Mittels einer Poweranalyse kann die Teststärke eines ermittelten Effektes berechnet werden, d.h. die Wahrscheinlichkeit eine Alternativhypothese anzunehmen, wenn diese gültig ist (Rasch et al., 2010, S. 79). Dies entspricht genau dem Gegenteil der β-Fehlerwahrscheinlichkeit, sodass die Teststärke mit $1 - \beta$ ausgedrückt wird (ebd.). Die Berechnung der Teststärke erfolgt mit dem Programm G*Power (Faul, Erdfelder, Lang & Buchner, 2014). Für die Einschätzung liegen verschiedene Empfehlungen vor: Sachs (2004, S. 198) gibt eine Teststärke von mindestens 70% ($1 - \beta = .70$) an. Hingegen bewerten Rost (2013, S. 247) sowie Bortz und Döring (2009, S. 742) eine Teststärke von 80% als angemessen und Rasch et al. (2010, S. 80) fordern eine Teststärke von 90%. In der vorliegenden Arbeit wird β-Niveau auf $\beta = .20$ festgelegt, sodass eine Teststärke von 80% zur statistischen Absicherung eines Effekts festgelegt wird.

7 Ergebnisse

Die Darstellung der Ergebnisse erfolgt entsprechend der Reihenfolge der aufgestellten Hypothesen (Kapitel 5.2). Eingangs erfolgt eine deskriptive Stichprobenbeschreibung, differenziert für die vier Untersuchungsgruppen (Kapitel 7.1). Nachfolgend werden die inferenzstatistischen Ergebnisse zu den einzelnen Hypothesenkomplexen dargestellt (Kapitel 7.2 bis 7.5).

7.1 Deskriptive Beschreibung der Stichprobe

Für die Untersuchung der Ziel- und Fragestellung stehen Daten von insgesamt $N = 296$ Schülerinnen und Schülern zur Verfügung. Dabei sind hinsichtlich der Stichprobengröße die Kontroll- $(n = 100)$ und Experimentalgruppe I $(n = 107)$, sowie die Experimentalgruppe II $(n = 43)$ und III $(n = 46)$ vergleichbar (Tabelle 39).

Für die vier Untersuchungsgruppen werden die Ergebnisse der verschiedenen demographischen und diagnostischen Variablen des Prätests (T_1) detailliert aufgeführt (Tabelle 39). In der vorliegenden Stichprobe ergibt sich bezüglich des Geschlechts keine signifikante Abweichung von einer Gleichverteilung zwischen den Gruppen $(\chi^2(3) = 6.06, p = .109)$. Für die Intelligenzleistung zeigt sich mittels der einfaktoriellen Varianzanalyse kein signifikanter Unterschied zwischen den Untersuchungsgruppen $(F(3) = 1.78, p = .151)$. Hinsichtlich des Alters und der Ergebnisse im Wissensquiz, sowohl in der Gesamtleistung als auch in unterschiedlichen Anforderungsbereichen, gibt es keine Unterschiede zwischen den vier Untersuchungsgruppen. Die Gesamtergebnisse im HRT 1-4 sind ebenfalls gleichverteilt zwischen den Gruppen. Jedoch zeigen sich sowohl in dem Subtest Multiplikation als auch in dem Subtest Division signifikante Unterschiede zwischen den Gruppen, wobei jedoch keine signifikanten Unterschiede zwischen den direkten Vergleichsgruppen vorliegen (KG und EG-AO: Multiplikation $H(1) = .00, p = .971$, Division: $H(1) = .86$, p=.353; EG-Ü und EG-AO+Ü: Multiplikation $H(1) = 1.20, p = .273$, Division $H(1) = 1.12, p = .291$). Das Gesamtergebnis in der Lehrereinschätzung des Lernverhaltens ist gleichverteilt zwischen der Kontroll- und den Experimentalgruppen. Signifikante Unterschiede liegen lediglich in dem Aussagenbereich „Sorgfalt beim Lernen“ vor, wobei diese Differenz zwischen den direkten Vergleichsgruppen nicht signifikant ist (KG und EG-AO: $H(1) = .12, p = .728$, EG-Ü und EG-AO+Ü: $H(1) = 2.12, p = .145$).

Die geringfügigen Gruppenunterschiede verdeutlichen eine erfolgreiche randomisierte Zuteilung der Schülerinnen und Schüler auf die vier vorhandenen Untersuchungsbedingungen. Es kann folglich ausgeschlossen werden, dass nachfolgend ermittelte Effekte auf Vortestunterschiede zurückzuführen sind.

Tabelle 39 - Ergebnisse der demographischen und diagnostischen Variablen zum Prätest

	Kontrollgruppe (KG)	Experimentalgruppe I (EG-AO)	Experimentalgruppe II (EG-Ü)	Experimentalgruppe III (EG-AO+Ü)	
Gesamtgruppe	$n = 100$	$n = 107$	$n = 43$	$n = 46$	
Geschlecht Mädchen/Jungen	$n = 39/n = 61$	$n = 54/n = 53$	$n = 18/n = 25$	$n = 27/n = 19$	$\chi^2(3) = 6.06, p = .109$
	M (SD)	**M (SD)**	**M (SD)**	**M (SD)**	
Alter	9.16 (.46)	9.24 (.41)	9.17 (.49)	9.25 (.49)	$H(3) = 4.53, p = .209$
IQ	102 (15.31)	101.40 (14.84)	106 (15.30)	106.42 (14.32)	$F(3) = 1.78, p = .151$
HRT 1-4	101.25 (23.36)	102.21 (29.15)	107.15 (29.56)	105.89 (28.96)	$H(3) = 3.06, p = .382$
Addition	25.18 (4.56)	25.05 (5.18)	24.24 (5.94)	25.11 (5.98)	$H(3) = .24, p = .971$
Subtraktion	23.63 (5.50)	23.69 (6.48)	23.27 (6.74)	23.50 (5.19)	$H(3) = .08, p = .994$
Multiplikation	16.66 (5.41)	16.75 (6.52)	19.61 (6.21)	18.50 (6.81)	$H(3) = 9.25, \boldsymbol{p} = .\mathbf{026}$
Division	14.15 (7.00)	15.45 (8.09)	18.12 (8.31)	16.32 (7.94)	$H(3) = 7.94, \boldsymbol{p} = .\mathbf{047}$
Größer-Kleiner-Vergleich	21.65 (6.89)	21.27 (7.94)	21.90 (7.71)	22.45 (8.14)	$H(3) = 1.96, p = .581$
Wissensquiz	27.16 (4.19)	25.84 (5.89)	26.73 (4.71)	25.86 (3.76)	$H(3) = 3.79, p = .286$
Reproduktion	12.98 (1.58)	12.51 (2.48)	12.76 (2.07)	12.28 (2.10)	$H(3) = 2.68, P = .444$
Anwendung	14.18 (3.23	13.33 (3.93)	13.98 (3.20)	13.58 (2.52)	$H(3) = 3.72, p = .294$
LSL	48.82 (12.79)	48.23 (12.85)	47.56 (11.74)	44.36 (12.04)	$H(3) = 7.28, p = .063$
Anstrengung & Ausdauer	11.77 (3.73)	11.66 (3.51)	11.65 (3.42)	10.52 (3.49)	$H(3) = 5.32, p = .150$
Konzentration	11.53 (3.76)	11.74 (3.56)	11.30 (3.68)	10.20 (3.56)	$H(3) = 7.30, p = .063$
Selbstständigkeit	11.90 (3.66)	11.77 (3.77)	11.28 (3.71)	10.96 (3.39)	$H(3) = 3.99, p = .262$
Sorgfalt	13.04 (3.28)	13.30 (2.83)	13.23 (2.39)	12.15 (3.00)	$H(3) = 9.06, \boldsymbol{p} = .\mathbf{029}$

Anmerkung: χ^2 Chi^2-Test, H Kruskal-Wallis-Test, F Varianzanalyse

Heterogenität der Lerngruppe

Ziel der vorliegenden Arbeit ist es, die Wirksamkeit des Advance Organizer für eine heterogene Lerngruppe zu untersuchen. Trotz einer homogenen Verteilung der verschiedenen Leistungen zwischen den Gruppen lässt sich innerhalb der einzelnen Untersuchungsgruppen eine Heterogenität in den jeweiligen Fähigkeiten zum Prätest feststellen (Abbildung 30). In Abhängigkeit der jeweiligen Skalen der verschiedenen Erhebungsinstrumente zeigt sich eine große Spannbreite zwischen dem kleinsten und dem größten Wert der unterschiedlichen Leistungsaspekte. Gleichzeitig wird ein großes Spektrum im durchschnittlichen Leistungsbereich in allen Variablen deutlich. Auch die vereinzelten Ausreißerwerte lassen auf eine weitere Heterogenität innerhalb der einzelnen Gruppen schließen.

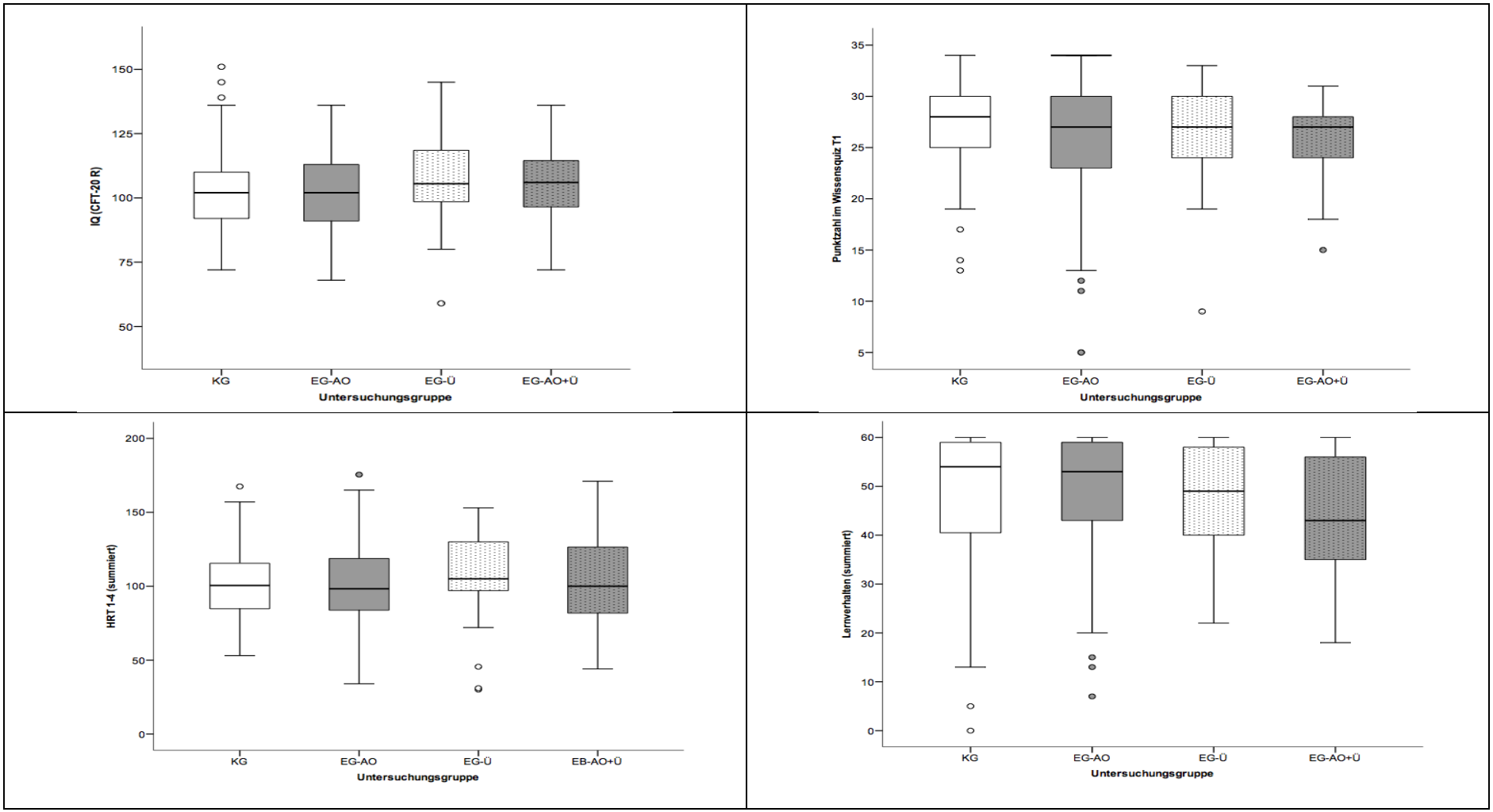


Abbildung 30 - Heterogenität innerhalb der Untersuchungsgruppen hinsichtlich der diagnostischen Variablen

7.2 Wirksamkeit des Advance Organizer für das Lernen und Behalten

Der erste Hypothesenkomplex, die Wirksamkeit des Advance Organizer für das Lernen (Prä-Post-Vergleich) und Behalten (Post-Follow-Up-Vergleich) spezifischer und allgemeiner Mathematikinhalte wird durch die Gegenüberstellung der Experimentalgruppe I (EG-AO) und der Kontrollgruppe (KG) untersucht (Tabelle 40). Die inferenzstatistische Analyse erfolgt mittels zwei- oder dreifaktorieller Varianzanalyse mit Messwiederholung. Dabei ist für beide Gruppen die Voraussetzung der Normalverteilung der abhängigen Variablen nicht gegeben. Für den Vergleich der Experimentalgruppe I und der Kontrollgruppe bezüglich der Gesamtleistung im Wissensquiz ist zudem die Voraussetzung der Homogenität der Varianzen und Kovarianzen (Mauchly-W-Test: $p = .000$) für die Varianzanalyse mit Messwiederholung verletzt (Bühner & Ziegler, 2009, S. 461), sodass der Huynh-Feldt-Korrekturfaktor ($p = .876$) genutzt wird. Die zweifaktorielle Varianzanalyse mit Messwiederholung (Faktor 1: Zeit, Faktor 2: Gruppe) zeigt im Wissensquiz zu den verschiedenen Erhebungszeitpunkten keinen signifikanten Unterschied ($F(2.63) = 1.95, p = .130$) zwischen den Gruppen (Abbildung 31).

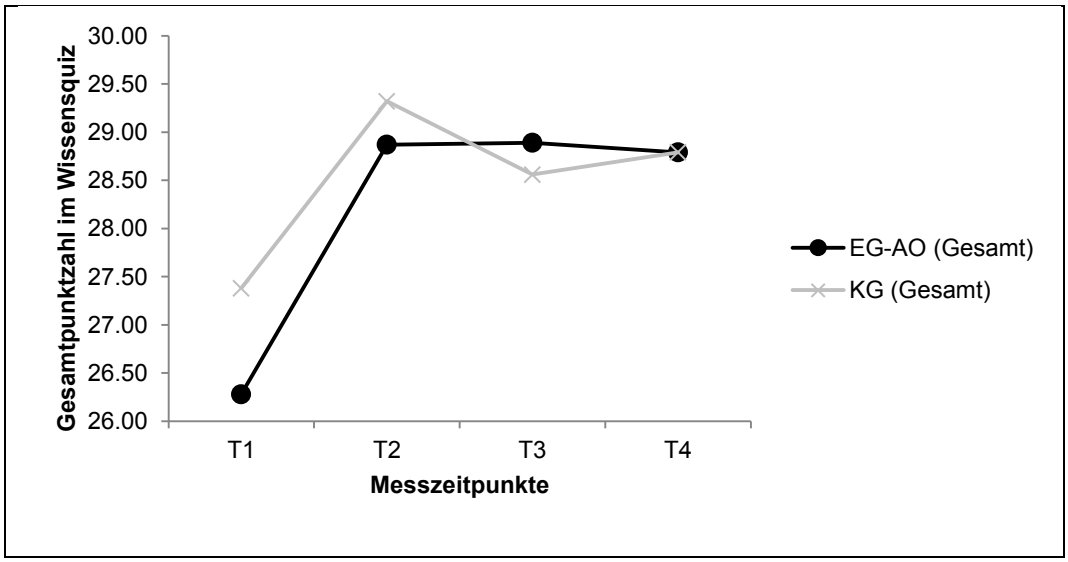


Abbildung 31 - Entwicklung der spezifischen Mathematikleistung in der Experimentalgruppe I (EG-AO) und Kontrollgruppe (KG) vom Prä- zum Follow-Up II-Test

Für beide Gruppen zusammen zeigt sich eine signifikante Veränderung über die vier Messzeitpunkte ($F(2.63) = 21.38, p < .001$). Die Kontrastanalyse zeigt, dass diese signifikanten Veränderungen in beiden Gruppen lediglich vom Prä- zum Posttest vorhanden ist ($F(1) = 51.82, p < .001$), welches einem Effekt von $d = 1.15$ entspricht.

Auffällig ist die abnehmende Entwicklung in der Kontrollgruppe vom Post- zum Follow-Up I-Test. Diese ist signifikant ($F(1) = 4.90, p = .030$), unterscheidet sich jedoch nicht signifikant von der Experimentalgruppe I.

Tabelle 40 - Ergebnisse der spezifischen und allgemeinen Mathematikleistung der Experimentalgruppe I (EG-AO) und Kontrollgruppe (KG)

			EG-AO			KG					
		T	N	M	SD	N	M	SD	$d_{korr_prä}$	d_{korr_post}	
Wissensquiz	**Gesamt**	Prä	76	26.28	5.81	84	27.38	4.17			
		Post	76	28.87	3.95	84	29.32	3.83	.10		
		Follow-Up I	76	28.89	4.00	84	28.56	4.16	.30	.20	
		Follow-Up II	76	28.79	4.05	84	28.79	4.17	.22	.12	$F(2.63) = 1.95, p = .130$
	Reproduktion	Prä	74	12.55	2.59	80	13.01	1.64			
		Post	74	13.54	1.66	80	13.86	1.38	.00		
		Follow-Up I	74	13.34	1.69	80	13.78	1.52	-.06	-.06	
		Follow-Up II	74	13.49	1.61	80	13.93	1.37	-.08	-.08	
	Anwendung	Prä	74	13.49	4.05	80	14.48	3.34			
		Post	74	15.30	2.86	80	15.83	2.53	.07		
		Follow-Up I	74	15.47	2.89	80	15.05	3.20	.41	**.33**	
		Follow-Up II	74	15.65	2.21	80	15.41	2.97	.36	.29	$F(2.80) = 4.54, \boldsymbol{p} = .\mathbf{005}$
HRT 1-4	**Addition**	Prä	76	25.37	5.20	80	25.28	4.63			
		Follow-Up II	76	26.10	5.36	80	26.00	4.77	.00		
	Subtraktion	Prä	76	24.17	6.54	80	23.60	5.44			
		Follow-Up II	76	25.33	6.01	80	24.81	5.61	-.01		
	Multiplikation	Prä	76	17.19	6.62	80	16.74	5.31			
		Follow-Up II	76	18.79	6.78	80	17.73	5.60	.10		
	Division	Prä	76	15.88	8.35	80	14.30	6.85			
		Follow-Up II	76	17.29	8.36	80	16.06	8.43	-.06		
	Größer-Kleiner-Vergleich	Prä	76	21.88	7.98	80	21.59	7.23			
		Follow-Up II	76	25.30	8.28	80	25.13	7.16	-.02		$F(3.50) = .028, p = .867$

Für die differenzierte Analyse der Wirksamkeit des Advance Organizer für die unterschiedlichen Anforderungsbereiche des Wissensquiz wird eine dreifaktorielle Varianzanalyse mit Messwiederholung (Faktor 1: Zeit, Faktor 2: Gruppe, Faktor 3: Wissensquizteil) durchgeführt (Abbildung 32). Der Mauchly-W-Test ist signifikant ($p = .001$), sodass der Huynh-Feldt-Korrekturwert ($p = .934$) genutzt wird. Es zeigt sich in den verschiedenen Wissensquizteilen über die vier Messzeitpunkte ein signifikanter Unterschied zwischen den Gruppen ($F(2.80) = 4.54, p = .005$). Dies entspricht einem Effekt von $d = .35$.

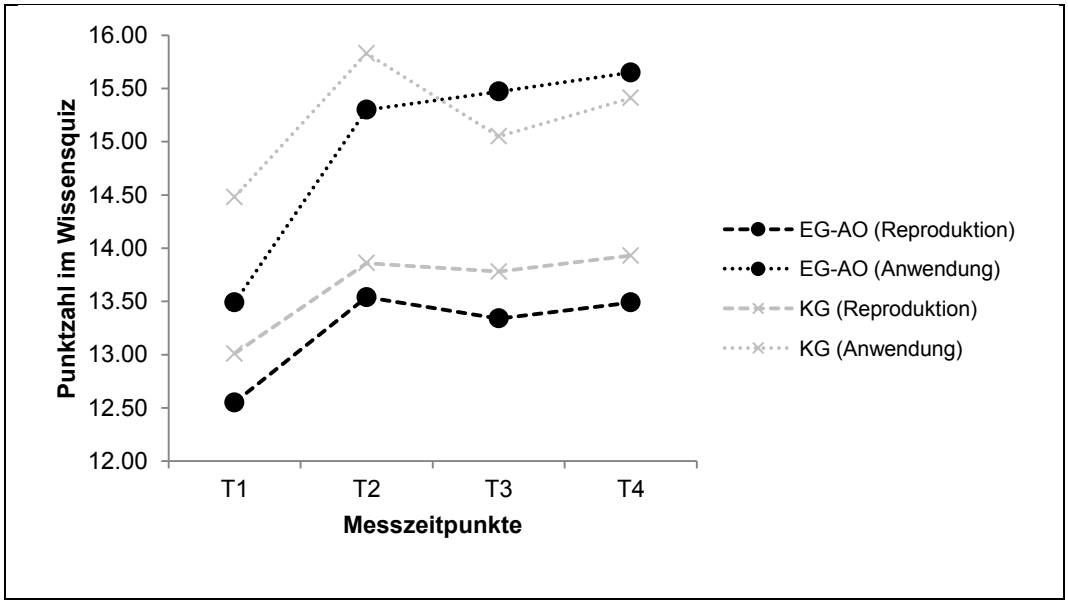


Abbildung 32 - Entwicklung der spezifischen Mathematikleistung differenziert für die Anforderungsbereiche in der Experimentalgruppe I (EG-AO) und Kontrollgruppe (KG)

Die Kontrastanalyse gibt Aufschluss darüber, dass dieser Gruppenunterschied zwischen den beiden Wissensquizteilen lediglich in der Post- zu Follow-Up I-Veränderung signifikant ist ($F(1) = 7.79, p = .006$). Die Entwicklung vom Post- zum Follow-Up I-Test der Experimentalgruppe I (EG-AO) zeigt in den Anwendungsaufgaben des Wissensquiz eine Zunahme, wohingegen in der Kontrollgruppe eine deutliche Abnahme sichtbar wird. Diese Differenz entspricht einer Effektstärke von $d = .33$.

Die Wirksamkeit des Advance Organizer für allgemeine Mathematikinhalte wird mittels einer dreifaktoriellen Varianzanalyse mit Messwiederholung (Faktor 1: Zeit, Faktor 2: Gruppe, Faktor 3: Subtest des HRT 1-4) berechnet. Es wird der Huynh-Feldt-Korrekturwert ($p = .875$) genutzt, da der Mauchly-W-Test signifikant ist ($p = .000$). Zwischen der Experimental- und Kontrollgruppe zeigen sich über die zwei Messzeitpunkte keine signifikanten Unterschiede in den fünf Subtests des HRT 1-4 ($F(3.50) = .028, p = .867$). Die differenzierte Analyse mittels Kontrasttests zeigt, dass unabhängig von der Gruppe eine signifikante Veränderung über die Zeit ($F(1) = 60.15, p = .000$) mit einer Effektstärke von $d = 1.25$ erfolgt ist.

Zusammenfassung

Die verschiedenen Analysen führen zu einem signifikanten Unterschied zwischen der gesamten Kontroll- und der Experimentalgruppe I. Dieser liegt in den Anwendungsaufgaben des Wissensquiz vom Post- zum Follow-Up I-Zeitpunkt. Dieser Effekt ($d = .33$) bleibt auch nach der α-Adjustierung signifikant und erreicht eine gute Teststärke von 91% (Tabelle 41), sodass dieses Ergebnis als gesichert gelten kann.

Tabelle 41 - Effekte der Gesamtgruppenanalyse mit α-Adjustierung und Teststärke

	T	d	p	α_{adj}	$1-\beta$
Gesamtgruppe Wissensquiz, Anwendung	Post Follow-Up I	.33	.001	.05	.915

Zusammenfassend müssen zwei der drei statistischen Alternativhypothesen abgelehnt werden, sodass die Nullhypothesen gelten:

Im Prä-Post-Vergleich: H_0^{Ia}: $\mu_{EG.LE.spez} \leq \mu_{KG.LE.spez}$

Im Prä-Follow-Up II-Vergleich: H_0^{Ic}: $\mu_{EG.BE.allg} \leq \mu_{KG.LE.allg}$

Lediglich eine statistische Alternativhypothese ist eingeschränkt, d.h. nur für Anwendungsleistungen, gültig:

Im Post-Follow-Up I-Follow-Up II-Vergleich: $H_1^{Ib}b$: $\mu_{EG.BE.spez} > \mu_{KG.BE.spez}$

7.3 Wirksamkeit des Advance Organizer für Schülerinnen und Schüler unter Risikobedingungen

Mit dem zweiten Hypothesenkomplex wird angenommen, dass der Einsatz des Advance Organizer eine differenzielle Unterstützung für Schülerinnen und Schüler unter Risikobedingungen leistet. Die Wirksamkeit des Advance Organizer für ausgewählte Risikogruppen wird ebenfalls inferenzstatistisch mit der zwei- oder dreifaktoriellen Varianzanalyse mit Messwiederholung überprüft.

Risikogruppe I: reduzierte kognitive Leistung

Die erste Risikogruppe bilden Schülerinnen und Schüler mit einer reduzierten kognitiven Leistung, sodass diejenigen mit einer unterdurchschnittlichen Intelligenz ($IQ \leq 84$) näher untersucht werden (Tabelle 42). Die Gesamtergebnisse im Wissensquiz sind für alle Messzeitpunkte normalverteilt (Kolmogorow-Smirnow-Test: $p = .200$), außer im Posttest der Experimentalgruppe I (Kolmogorow-Smirnow-Test: $p = .002$). Die Reproduktionsaufgaben zum Follow-Up I-Test für die Kontrollgruppe und zum Follow-Up II-Test für beide Gruppen sind nicht normalverteilt ($p < .05$). Für alle Messzeitpunkte und beide Gruppen liegt eine Normalverteilung ($p > .05$) der Anwendungsaufgaben vom Wissensquiz vor. Die übrigen Subtests des HRT 1-4 sind für die Gruppen und Messzeitpunkte normalverteilt ($p > .05$). Lediglich für die Experimentalgruppe (EG-AO) liegt zum Follow-Up II-Zeitpunkt im Subtest Multiplikation des HRT 1-4 keine Normalverteilung vor ($p = .027$).

Tabelle 42 - Ergebnisse der spezifischen und allgemeinen Mathematikleistung für Schülerinnen und Schüler mit reduzierten kognitiven Leistungen ($IQ \leq 84$)

			EG-AO			KG					
		T	N	M	SD	N	M	SD	$d_{korr_prä}$	d_{korr_post}	
Wissensquiz	**Gesamt**	Prä	10	20.20	8.00	11	23.73	5.31			
		Post	10	24.20	4.34	11	26.45	3.78	-.03		
		Follow-Up I	10	25.10	4.61	11	24.64	4.67	.62	.65	
		Follow-Up II	10	26.60	4.79	11	26.27	4.26	.60	.63	$F(3) = 1.51, p = .221$
	Reproduktion	Prä	9	11.11	3.33	10	11.90	1.85			
		Post	9	12.33	2.00	10	13.00	1.88	-.05		
		Follow-Up I	9	12.44	1.88	10	12.50	2.42	.27	.32	
		Follow-Up II	9	13.22	2.17	10	13.60	.84	.06	.11	
	Anwendung	Prä	9	10.00	4.92	10	11.60	4.43			
		Post	9	12.11	3.66	10	13.30	3.30	.00		
		Follow-Up I	9	12.78	3.27	10	11.60	4.09	.66	.66	
		Follow-Up II	9	14.00	2.87	10	13.50	3.87	.49	.49	$F(3) = .929, p = .433$
HRT 1-4	**Addition**	Prä	11	20.64	4.78	13	22.85	4.22			
		Follow-Up II	11	20.91	4.29	13	23.85	3.65	-.25		
	Subtraktion	Prä	11	19.64	4.43	13	20.00	5.80			
		Follow-Up II	11	20.36	5.10	13	21.85	5.10	-.22		
	Multiplikation	Prä	11	12.82	4.98	13	13.38	3.02			
		Follow-Up II	11	15.27	6.77	13	14.31	3.66	.32		
	Division	Prä	11	9.00	5.64	13	9.69	3.43			
		Follow-Up II	11	12.73	7.09	13	9.31	6.38	**.66**		
	Größer-Kleiner-Vergleich	Prä	11	10.95	9.48	13	16.58	9.92			
		Follow-Up II	11	18.36	12.13	13	21.38	9.44	.30		$F(3.24) = 1.56, p = .203$

Für die zweifaktorielle Varianzanalyse mit Messwiederholung (Faktor 1: Zeit, Faktor 2: Gruppe) ist die Voraussetzung der Varianz- und Kovarianzhomogenität erfüllt (Mauchly-W-Test: $p = .229$). Wie in der Gesamtgruppe zeigt sich lediglich eine signifikante Veränderung über die Zeit ($F(3) = 5.69, p = .002$) mit einer Effektstärke von $d = 1.10$, die sich jedoch nicht signifikant zwischen den Untersuchungsgruppen unterscheidet ($F(3) = 1.51, p = .221$). Dennoch wird bei den Schülerinnen und Schüler mit einer unterdurchschnittlichen Intelligenzleistung in der Experimentalgruppe I (EG-AO) eine konstante Zunahme in der spezifischen Mathematikleistung sichtbar (Abbildung 33). Die gleiche Risikogruppe der Kontrollbedingung zeigt hingegen eine unbeständige Entwicklung über die vier Messzeitpunkte.

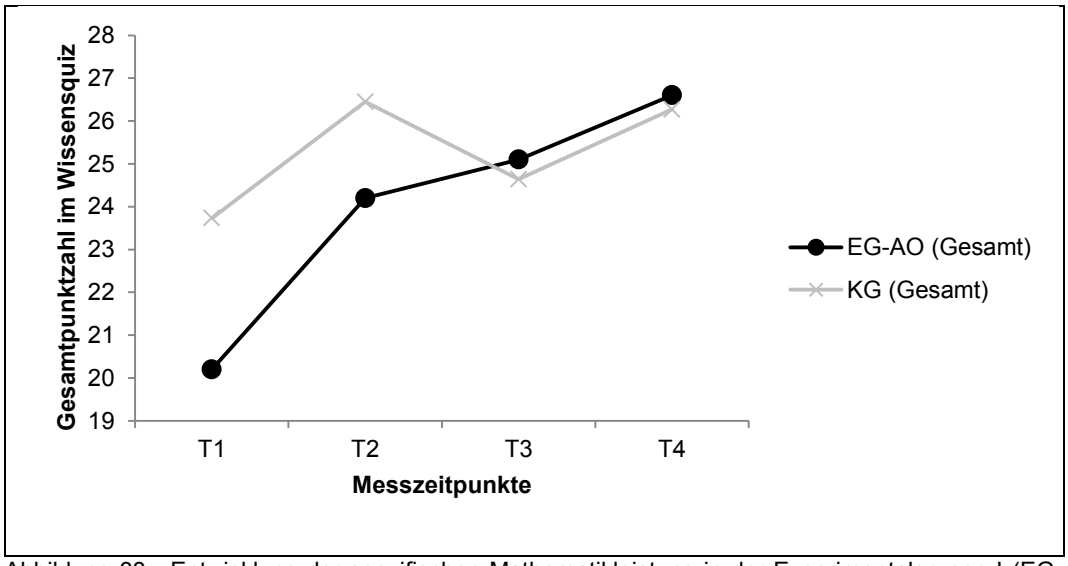


Abbildung 33 - Entwicklung der spezifischen Mathematikleistung in der Experimentalgruppe I (EG-AO) und Kontrollgruppe (KG) für Schülerinnen und Schüler mit reduzierten kognitiven Leistungen ($IQ \leq 84$)

Die stetigere Entwicklung der Experimentalgruppe im Vergleich zur Kontrollgruppe zeigt sich auch in den unterschiedlichen Anforderungsbereichen des Wissensquiz (Abbildung 34). In der dreifaktoriellen Varianzanalyse mit Messwiederholung (Faktor 1: Zeit, Faktor 2: Gruppe, Faktor 3: Wissensquizteil) ergibt sich kein signifikanter Wert im Mauchly-W-Test ($p = .696$). Trotz der divergierenden Entwicklungen liegt kein signifikanter Effekt zwischen den Gruppen vor ($F(3) = .929, p = .433$).

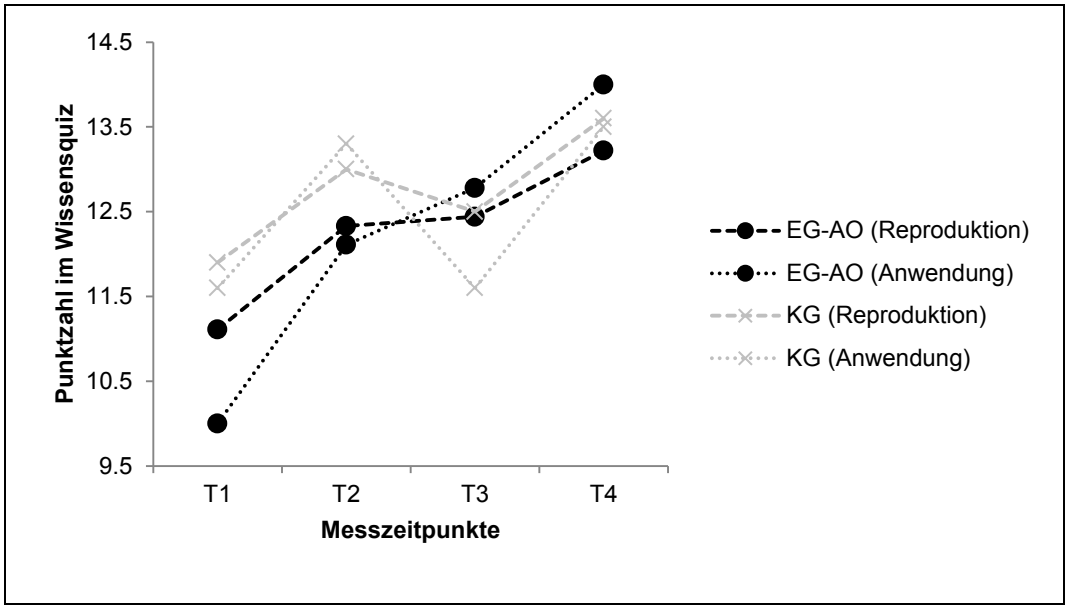


Abbildung 34 - Entwicklung der spezifischen Mathematikleistung differenziert für die Anforderungsbereiche in der Experimentalgruppe I (EG-AO) und Kontrollgruppe (KG) für Schülerinnen und Schüler mit reduzierten kognitiven Leistungen ($IQ \leq 84$)

Zur Untersuchung der Gruppenunterschiede hinsichtlich der allgemeinen Mathematikleistung wird eine dreifaktorielle Varianzanalyse mit Messwiederholung (Faktor 1: Zeit, Faktor 2: Gruppe, Faktor 3: Subtest des HRT 1-4) durchgeführt. Es wird der Huynh-Feldt-Korrekturwert ($p = .810$) genutzt, der keinen signifikanten Unterschied zwischen den Gruppen in den Subtests des HRT 1-4 über die Zeit verdeutlicht ($F(3.24) = 1.56, p = .203$). Die Kontrastanalyse deutet jedoch auf einen Unterschied zwischen den Subskalen und den Gruppen hin.

Mittels der zweifaktoriellen Varianzanalyse mit Messwiederholung (Faktor 1: Zeit, Faktor 2: Gruppe) wird die unterschiedliche Entwicklung in den Divisionsleistungen des HRT 1-4 näher untersucht (Abbildung 35). Der Huynh-Feldt-Korrekturwert ($p = 1.000$) zeigt einen signifikanten Unterschied im Subtest Disivion im Prä-Follow-Up II-Vergleich zwischen den Schülerinnen und Schüler mit einer reduzierten kognitiven Leistung in der Experimental- (EG-AO) und der Kontrollgruppe (KG) ($F(1) = 5.50, p = .028$). Diese Differenz entspricht einem Effekt von $d_{korr} = .66$.

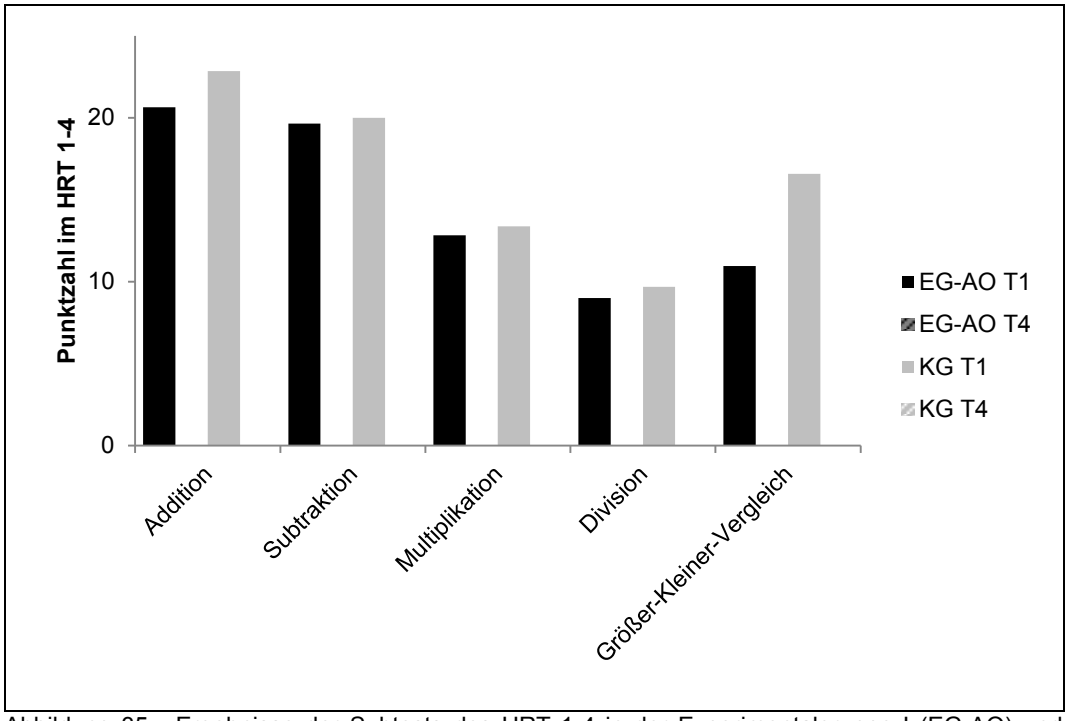


Abbildung 35 - Ergebnisse der Subtests des HRT 1-4 in der Experimentalgruppe I (EG-AO) und Kontrollgruppe (KG)

Risikogruppe II: unterdurchschnittliche allgemeine Mathematikleistung

Schülerinnen und Schüler, die in einem der fünf Subtests des HRT 1-4 eine unterdurchschnittliche Leistung ($PR \leq 50$) aufweisen, werden der zweiten Risikogruppe zugeordnet (Tabelle 43). Für diese Subgruppe liegt sowohl im gesamten Wissensquiz als auch in den beiden Anforderungsbereichen zu allen Messzeitpunkten keine Normalverteilung vor. Für den HRT 1-4 ist keine Normalverteilung zum Prä- und Follow-Up II-Test im Bereich Multiplikation sowie Größer-Kleiner-Vergleich für die beiden Gruppen sowie zum Prätest im Subtest Division für die Experimentalgruppe vorhanden.

Tabelle 43 - Ergebnisse der spezifischen und allgemeinen Mathematikleistung für Schülerinnen und Schüler mit unterdurchschnittlicher, allgemeiner Mathematikleistung ($PR \leq 50$)

			EG-AO			KG					
		T	N	M	SD	N	M	SD	$d_{korr_prä}$	d_{korr_post}	
Wissensquiz	Gesamt	Prä	42	24.17	6.18	45	26.18	4.50			
		Post	42	27.95	3.83	45	28.09	4.24	$\mathbf{.34}$		
		Follow-Up I	42	27.93	4.06	45	27.29	4.52	.52	.18	
		Follow-Up II	42	28.19	3.50	45	27.84	4.23	.46	.12	$F(2.57) = 3.91, \boldsymbol{p} = \mathbf{.014}$
	Reproduktion	Prä	41	12.27	2.44	42	12.79	1.79			
		Post	41	13.34	1.62	42	13.74	1.40	-.02		
		Follow-Up I	41	13.17	1.67	42	13.63	1.38	-.06	-.04	
		Follow-Up II	41	13.17	1.77	42	13.86	1.28	-.20	-.18	
	Anwendung	Prä	41	12.20	4.00	42	13.48	3.56			
		Post	41	14.76	2.83	42	14.93	2.90	.28		
		Follow-Up I	41	14.85	2.96	42	14.10	3.53	.57	.29	
		Follow-Up II	41	15.20	2.30	42	14.71	3.19	.51	.24	$F(2.78) = 3.99, \boldsymbol{p} = \mathbf{.010}$
HRT 1-4	Addition	Prä	48	22.33	4.33	50	22.94	4.04			
		Follow-Up II	48	22.98	4.38	50	23.68	4.33	-.01		
	Subtraktion	Prä	48	20.13	5.02	50	20.64	4.94			
		Follow-Up II	48	22.02	5.44	50	22.42	5.25	.03		
	Multiplikation	Prä	48	12.96	4.04	50	13.84	3.86			
		Follow-Up II	48	15.04	4.91	50	14.98	4.52	.24		
	Division	Prä	48	11.21	5.97	50	10.30	4.87			
		Follow-Up II	48	13.29	6.13	50	12.32	7.42	-.03		
	Größer-Kleiner-Vergleich	Prä	48	18.20	8.03	50	18.47	7.30			
		Follow-Up II	48	23.27	7.98	50	22.85	7.39	.09		$F(1.83) = .40, p = .654$

Die zweifaktorielle Varianzanalyse mit Messwiederholung (Faktor 1: Zeit, Faktor 2: Gruppe) ergibt im Huynh-Feldt-Korrekturwert ($p = .855$) einen signifikanten Effekt ($F(2.57) = 3.91, p = .014$), d.h. es liegt ein signifikanter Unterschied zwischen den Untersuchungsgruppen in der Wissensquizleistung über die Zeit vor. Die Kontrasttests verdeutlichen, dass dieser Effekt ($d = .34$) lediglich in der Prä-Post-Entwicklung zwischen den Gruppen signifikant wird ($F(1) = 4.15, p = .045$). Die unstetige Entwicklung der Kontrollgruppe gegenüber der konstanten Entwicklung der Experimentalgruppe zwischen dem Post- und dem Follow-Up II-Messzeitpunkt ist inferenzstatistisch nicht voneinander verschieden.

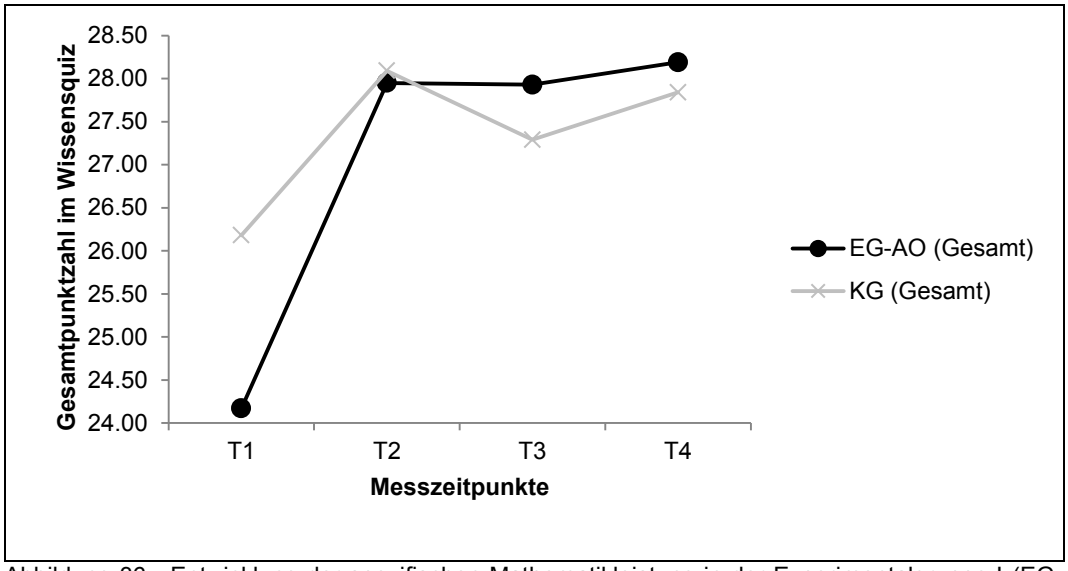


Abbildung 36 - Entwicklung der spezifischen Mathematikleistung in der Experimentalgruppe I (EG-AO) und Kontrollgruppe (KG) für Schülerinnen und Schüler mit unterdurchschnittlicher, allgemeiner Mathematikleistung ($PR \leq 50$)

Für die Überprüfung auf Unterschiede in den unterschiedlichen Anforderungsbereichen des Wissensquiz wird eine dreifaktorielle Varianzanalyse mit Messwiederholung (Faktor 1: Zeit, Faktor 2: Gruppe, Faktor 3: Wissensquizteil) berechnet. Der Huynh-Feldt-Korrekturwert ($p = .928$) führt zu einem signifikanten Unterschied zwischen den Gruppen ($F(2.78) = 3.99, p = .010$) und einer Effektstärke von $d = .44$. Die Kontrastanalyse gibt keinen weiteren Aufschluss darüber, worin der Effekt konkret liegen könnte. Die Entwicklung der Untersuchungsgruppen in den Reproduktionsaufgaben ist sehr ähnlich, wobei die Kontrollgruppe auf einem geringfügig höheren Level liegt und zum vierten Messzeitpunkt eine minimale Verbesserung zeigt (Abbildung 37). Der Verlauf der Anwendungsaufgaben ist hingegen in den Gruppen sehr unterschiedlich: Während die Experimentalgruppe einen starken Zuwachs vom Prä- zum Posttest und eine leicht zunehmende Weiterentwicklung vom Post- zum Follow-Up II-Test aufweist, ist die Entwicklung in der Kontrollgruppe unstetig und verzeichnet geringere Zuwächse.

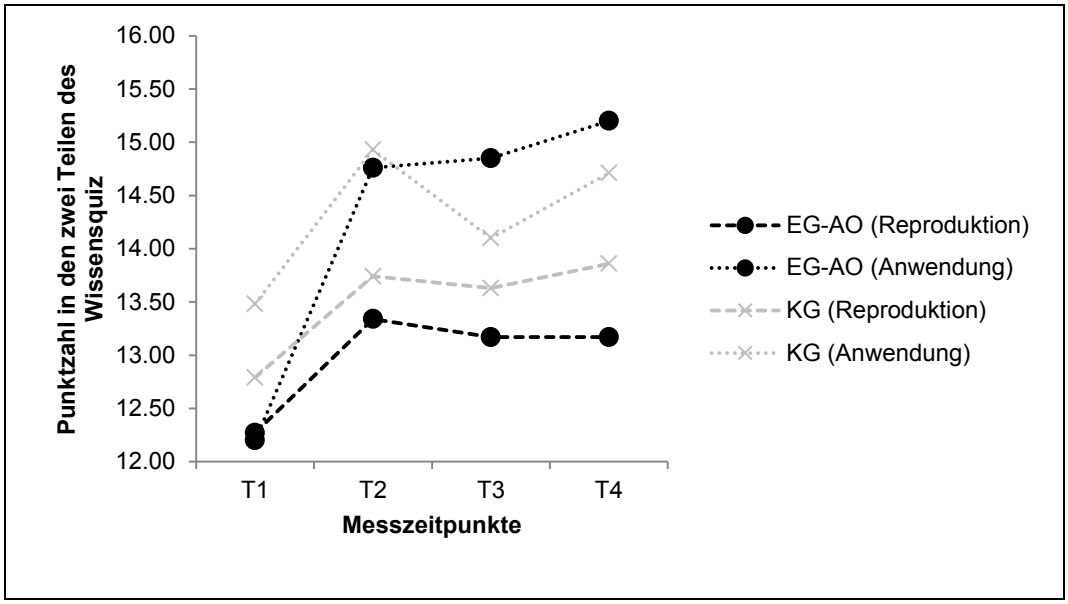


Abbildung 37 - Entwicklung der spezifischen Mathematikleistung differenziert für die Anforderungsbereiche in der Experimentalgruppe I (EG-AO) und Kontrollgruppe (KG) mit unterdurchschnittlicher, allgemeiner Mathematikleistung ($PR \leq 50$)

Hinsichtlich der allgemeinem Mathematikleistung zeigt sich in der zweiten Risikogruppe kein signifikanter Unterschied: Die dreifaktorielle Varianzanalyse (Faktor 1: Zeit, Faktor 2: Gruppe, Faktor 3: Subtest des HRT 1-4) führt im Huynh-Feldt-Korrekturwert ($p = .457$) zu keinem signifikanten Ergebnis ($F(1.83) = .40, p = .654$). Auch die Mittelwerte mit Standardabweichungen der beiden Gruppen (Tabelle 43) zeigen zu den verschiedenen Zeitpunkten in den einzelnen Subtests keine eindeutigen Unterschiede.

Risikogruppe III: unterdurchschnittliche spezifische Mathematikleistung

Der dritten Risikogruppe werden Schülerinnen und Schüler mit einer reduzierten Vorwissensbasis, d.h. einer unterdurchschnittlichen Leistung im Wissensquiz ($PR \leq 50$), zugeordnet (Tabelle 44). Für diese Subgruppe liegt im Gesamtergebnis lediglich für die Kontrollgruppe im Post- und im Follow-Up I-Zeitpunkt eine Normalverteilung vor. Zudem sind für diese Untersuchungsgruppe die Ergebnisse in den Anwendungsaufgaben des Wissensquiz im Prä-, Follow-Up I- und Follow-Up II-Test normalverteilt. Die Ergebnisse im HRT 1-4 sind im Prätest der Experimentalgruppe für alle Subtests bis auf den Subtest Größer-Kleiner-Vergleich normalverteilt und für die Kontrollgruppe lediglich im Subtest Addition. In der Follow-Up II-Erhebung liegt für die Experimentalgruppe in allen Subtests eine Normalverteilung vor. In der Kontrollgruppe sind hiervon die Subtests Multiplikation und Größer-Kleiner-Vergleich ausgenommen.

Tabelle 44 - Ergebnisse der spezifischen und allgemeinen Mathematikleistung für Schülerinnen und Schüler mit unterdurchschnittlicher, spezifischer Mathematikleistung ($PR \leq 50$)

			EG-AO			KG					
		T	N	M	SD	N	M	SD	$d_{korr_prä}$	d_{korr_post}	
Wissensquiz	**Gesamt**	Prä	38	22.50	5.22	33	23.55	3.56			
		Post	38	27.13	4.50	33	28.12	3.73	-.01		
		Follow-Up I	38	27.37	4.08	33	26.52	4.23	.44	.44	
		Follow-Up II	38	27.92	3.28	33	27.48	3.15	.37	.37	$F(2.80) = 3.78, \boldsymbol{p} = .\mathbf{013}$
	Reproduktion	Prä	38	11.58	2.27	33	11.88	1.71			
		Post	38	12.87	1.98	33	13.63	1.37	-.29		
		Follow-Up I	38	12.76	1.67	33	13.42	1.87	-.23	.07	
		Follow-Up II	38	12.94	1.83	33	13.97	1.31	-.49	-.20	
	Anwendung	Prä	38	10.92	3.57	33	11.67	3.10			
		Post	38	14.26	3.18	33	14.49	2.88	.15		
		Follow-Up I	38	14.61	3.12	33	13.09	3.45	.69	**.54**	
		Follow-Up II	38	14.97	2.10	33	13.52	2.85	.81	.66	$F(3) = 5.82, \boldsymbol{p} = .\mathbf{001}$
HRT 1-4	**Addition**	Prä	44	23.73	5.16	41	23.71	4.57			
		Follow-Up II	44	24.41	5.21	41	25.07	4.38	-.14		
	Subtraktion	Prä	44	22.09	5.60	41	21.85	5.47			
		Follow-Up II	44	23.36	6.19	41	23.62	5.70	-.09		
	Multiplikation	Prä	44	14.25	5.37	41	15.32	4.59			
		Follow-Up II	44	16.70	5.91	41	16.12	5.42	.32		
	Division	Prä	44	11.98	6.96	41	12.24	5.83			
		Follow-Up II	44	13.84	7.29	41	12.51	7.70	.22		
	Größer-Kleiner-Vergleich	Prä	44	18.91	8.79	41	19.70	7.08			
		Follow-Up II	44	23.34	9.01	41	23.48	7.28	.08		$F(1.86) = 1.46, p = .235$

Die zweifaktorielle Varianzanalyse mit Messwiederholung (Faktor 1: Zeit, Faktor 2: Gruppe) ergibt im Huynh-Feldt-Korrekturwert $(p = .932)$ einen signifikanten Effekt $(F(2.80) = 3.78, p = .013)$ mit einer Stärke von $d = .47$. Die Kontrasttests leisten keine weitere Aufklärung. Sichtbar ist jedoch eine ähnliche Entwicklung der Untersuchungsgruppen vom Prä- zum Posttest (Abbildung 38). Die Entwicklung nach dem Posttest ist hingegen divergierend: In der Experimentalgruppe I (EG-AO) wird eine konstante Zunahme im Wissensquiz deutlich. In der Kontrollgruppe hingegen erfolgt zum Follow-Up I eine starke Abnahme und zum Follow-Up II eine leichte Zunahme, die jedoch das Niveau vom Posttest nicht erreicht.

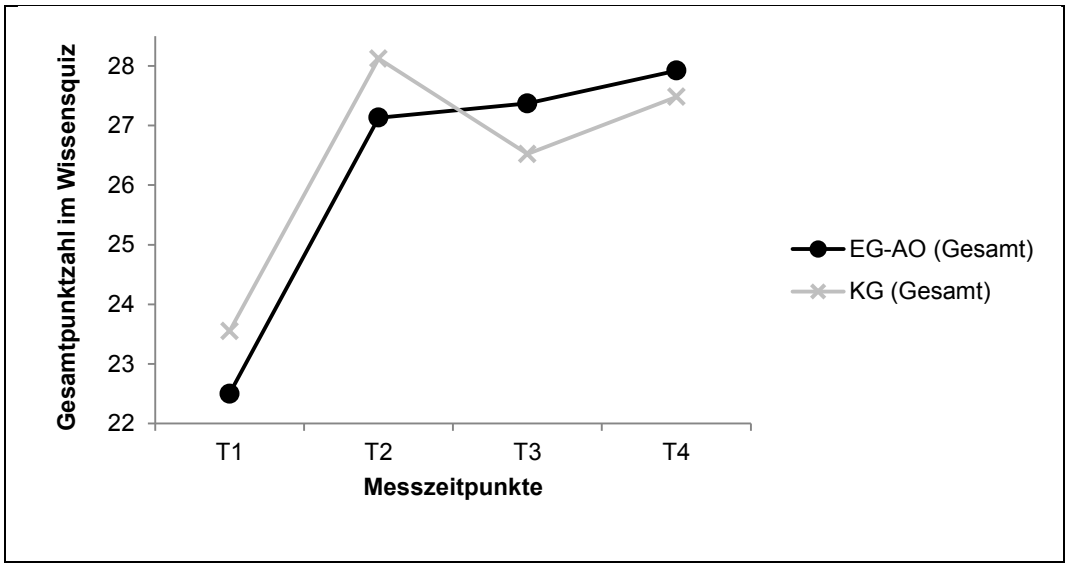


Abbildung 38 - Entwicklung der spezifischen Mathematikleistung in der Experimentalgruppe I (EG-AO) und Kontrollgruppe (KG) für Schülerinnen und Schüler mit unterdurchschnittlicher, spezifischer Mathematikleistung $(PR \leq 50)$

Die differenzierte Betrachtung der Entwicklung dieser Subgruppe in den unterschiedlichen Anforderungsbereichen des Wissensquiz geschieht mit der dreifaktoriellen Varianzanalyse mit Messwiederholung (Faktor 1: Zeit, Faktor 2: Gruppe, Faktor 3: Wissensquizteil). Die Varianz- und Kovarianzhomogenität ist vorhanden (Mauchly-W-Test: $p = .080$). Es wird ein signifikanter Effekt über die Zeit in den verschiedenen Wissensquizteilen zwischen den Gruppen erkennbar $(F(3) = 5.82, p = .001)$. Die Kontrastanalyse zeigt, dass dieser Effekt lediglich zwischen dem Post- und Follow-Up I-Zeitpunkt signifikant ist $(F(1) = 6.08, p = .016)$ und eine Stärke von $d_{korr} = .54$ erreicht. Auffällig ist in dieser Subgruppe zudem, dass die Kontrollgruppe nach dem Posttest in den Anwendungsaufgaben schlechtere Ergebnisse als in den Reproduktionsaufgaben erreicht (Abbildung 39). Gleichzeitig ist eine positivere Entwicklung in den Aufgaben zur Reproduktion im Follow-Up I- und II-Vergleich im Kontrast zur Experimentalgruppe erkennbar.

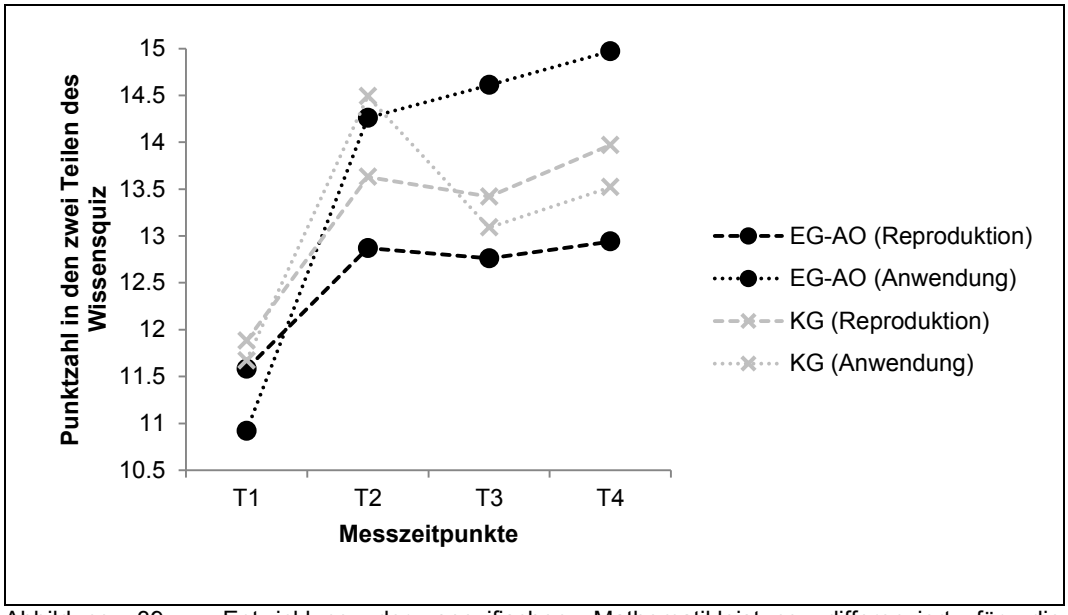


Abbildung 39 - Entwicklung der spezifischen Mathematikleistung differenziert für die Anforderungsbereiche in der Experimentalgruppe I (EG-AO) und Kontrollgruppe (KG) mit unterdurchschnittlicher, spezifischer Mathematikleistung ($PR \leq 50$)

Die Entwicklung der Schülerinnen und Schüler mit einer unterdurchschnittlichen, spezifischen Mathematikleistung hinsichtlich der allgemeinen Mathematikleistung zeigt keinen signifikanten Unterschied zwischen den Gruppen: Die dreifaktorielle Varianzanalyse (Faktor 1: Zeit, Faktor 2: Gruppe, Faktor 3: Subtest des HRT 1-4) erreicht im Huynh-Feldt-Korrekturwert ($p = .465$) keinen eindeutigen Unterschied ($F(1.86) = 1.46, p = .235$). Die deskriptiven Daten (Tabelle 44) deuten auf einen geringfügigen Unterschied im Bereich der Multiplikations- und Divisionsaufgaben hin, d.h. in diesen Subtests ist bei der Experimentalgruppe eine positivere Entwicklung als in der Kontrollgruppe erkennbar.

Zusammenfassung der Subgruppenanalyse

In der Subgruppenanalyse können fünf signifikante Unterschiede zwischen der Experimental- und der Kontrollgruppe aufgezeigt werden. Um sowohl die α-Fehlerkumulierung als auch die Power der einzelnen Effekte zu berücksichtigen, werden die fünf Effekte hinsichtlich der Teststärke untersucht (Tabelle 45).

Tabelle 45 - Effekte der Subgruppenanalyse mit α-Adjustierung und Teststärke

	T	d	p	α_{adj}	$1-\beta$
Risikogruppe 1 HRT 1-4, Subtest Disivion	Prä Follow-Up II	.66	.028	.05	.969
Risikogruppe 3 Wissensquiz, Anwendung	Post Follow-Up I	.54	.016	.025	.754
Risikogruppe 3 Wissensquiz, Gesamt	Prä Follow-Up II	.47	.013	.016	.957
Risikogruppe 2 Wissensquiz, Anwendung	Prä Follow-Up II	.44	.010	.0125	.701
Risikogruppe 2 Wissensquiz, Gesamt	Prä Post	.34	.045	.01	.665

Die Berücksichtigung des adjustierten α-Niveaus führt zum Ausschluss von einem Effekt: Der Unterschied in der zweiten Risikogruppe (Schülerinnen und Schüler mit einer unterdurchschnittlichen allgemeinen Mathematikleistung) erreicht in der Gesamtleistung im Wissensquiz nicht das notwendige Signifikanzniveau.

Hinsichtlich der Teststärke der einzelnen Effekte ist zu berücksichtigen, dass der zweitgrößte Effekt in den Anwendungsaufgaben des Wissensquiz in der Risikogruppe 3 (Schülerinnen und Schüler mit einer unterdurchschnittlichen spezifischen Mathematikleistung) lediglich eine Wahrscheinlichkeit von 75% vorhanden ist. Das festgelegte Niveau für die Teststärke von 80% wird zudem in dem Effekt der zweiten Subgruppe, der Schülerinnen und Schüler mit unterdurchschnittlichen allgemeiner Mathematikleistung, im Wissensquiz hinsichtlich der Anwendungsaufgaben nicht erreicht.

Zusammenfassend ist der signifikante Unterschied in der Divisionsleistung der Schülerinnen und Schüler mit unterdurchschnittlichen kognitiven Leistungen statistisch gesichert. Ebenfalls kann der signifikante Unterschied zwischen den Schülerinnen und Schülern mit einer unterdurchschnittlichen spezifischen Mathematikleistung der Experimental- und Kontrollgruppe in der Gesamtleistung des Wissensquiz nach der α-Adjustierung und der Überprüfung der Teststärke bestätigt werden.

Mit Bezug auf die statistischen Hypothesen kann für Schülerinnen und Schüler mit einer unterdurchschnittlichen spezifischen Mathematikleistung folgende Alternativhypothese angenommen werden:

Im Prä-Post-Vergleich: H_1^{IIa}: $\mu_{EGuR.LE.spez} > \mu_{KGuR.LE.spez}$

Im Post-Follow-Up I-Follow-Up II-Vergleich: $H_1^{IIb}b$: $\mu_{EGuR.BE.spez} > \mu_{KGuR.BE.spez}$

Für die Risikogruppen gelten diesbezüglich die Nullhypothesen:

Im Prä-Post-Vergleich: H_0^{IIa}: $\mu_{EGuR.LE.spez} \leq \mu_{KGuR.LE.spez}$

Im Post-Follow-Up I-Follow-Up II-Vergleich: H_0^{IIb}: $\mu_{EGuR.BE.spez} \leq \mu_{KGuR.BE.spez}$

Trotz der signifikanten Ergebnisse der ersten Risikogruppe in der Divisionsleistung muss die Nullhypothese für alle Risikogruppen hinsichtlich der allgemeinen Mathematikleistung bestehen bleiben.

Im Prä-Follow-Up II-Vergleich: H_0^{IIc}: $\mu_{EGuR.BE.allg} \leq \mu_{KGuR.LE.allg}$

7.4 Wirksamkeit des Advance Organizer unter Kontrolle des Lernverhaltens

Der Einfluss des Lernverhaltens als Moderator für die Lern- und Behaltensleistung in den spezifischen sowie allgemeinen Mathematikfähigkeiten wird mittels Regressionsanalyse überprüft. Wie im dritten Hypothesenkomplex angenommen, wird geprüft, ob der Einsatz des Advance Organizer zu einer Veränderung des Zusammenhangs führt. In der Regressionsanalyse werden immer das Lernverhalten (LSL), die Prätestergebnisse im Wissensquiz oder im gesamten HRT 1-4 sowie das jeweilige Interaktionsprodukt (Wissensquiz*LSL oder HRT 1-4*LSL) als Prädiktoren berücksichtigt. Zudem wird die Zugehörigkeit

zu der Experimental- oder Kontrollgruppe einbezogen. Als abhängige Variablen gelten die Gesamtergebnisse im Wissensquiz zum Post-, Follow-Up I- sowie zum Follow-Up II-Zeitpunkt oder die Gesamtergebnisse HRT 1-4 im Follow-Up II.

Prä-Post-Vergleich des Wissensquiz

Für die Überprüfung des Zusammenhangs zwischen den Prädiktoren und der Wissensquizleistungen im Posttest sind folgende Voraussetzungen erfüllt: Es liegt ein linearer Zusammenhang zwischen den unabhängigen und abhängigen Variablen vor (Abbildung 40). In der Durbin-Watson-Statistik ($= 1.85$) wird eine Unabhängigkeit der Residuen deutlich. Die Voraussetzung der Normalverteilung der Residuen ist nicht erfüllt, hingegen zeigt sich eine Varianzhomogenität zwischen den unabhängigen und abhängigen Variablen. Beim Zusammenhang zwischen den Prädiktorvariablen zeigt die Kollinearitätsstatistik (Toleranz: $> .84$, VIF < 1.18, Konditonsindex < 2.10) keine kritischen Werte.

Das Ergebnis der Regressionsanalyse zeigt (Tabelle 46), dass durch die berücksichtigten Prädiktoren 36% ($R^2 = .36$) der Leistungen des Wissensquiz zum Posttest aufgeklärt werden können. Die Berücksichtigung der Gruppenzugehörigkeit führt dabei zu keiner signifikanten Veränderung ($p = .386$). Darüber hinaus zeigt sich, dass das Interaktionsprodukt keinen signifikanten Beitrag ($p = .750$) zur Vorhersage der Wissensquizergebnisse im Posttest leistet. Dennoch führen die Prädiktoren getrennt voneinander zu einem signifikanten Einfluss: Die Vorwissensleistung im Wissensquiz erzielt eine höhere Kriteriumsvorhersage als das Lernverhalten. Durch das standardisierte Regressionsgewicht zeigt sich, dass bei einer Veränderung der Vorwissensleistungen um eine Standardabweichung eine Veränderung der Posttestergebnisse im Wissensquiz um eine halbe Standardabweichung ($\beta = .50$) erfolgt. Bei einer Änderung des Lernverhaltens um eine Standardabweichung ändert sich die Wissensquizleistung im Posttest hingegen nur um $.20$ Standardabweichungen.

Tabelle 46 - Ergebnis der multiplen linearen Regressionsanalyse zur Vorhersage der Wissensquizergebnisse im Posttest

	B	$SE\ B$	β	p
Konstante	28.49	.23		
Vorwissen (Wissensquiz)	.41	.04	.50	.000
Lernverhalten (LSL)	.06	.02	.20	.000
Interaktion Wissensquiz*LSL	-.00	.00	-.02	.750
Gruppe (EG-AO)	.36	.42	.04	.386

Anmerkung: $R^2 = .36$, $F(4) = 40.73, p = .000$, $B =$ unstandardisiertes Regressionsgewicht, $SE\ B =$ Standardfehler von des unstandardisierten Regressionsgewichts, $\beta =$ standardisierte Regressionsgewicht, $p =$ Signifikanzniveau

Die detaillierte Betrachtung des Einfluss des Lernverhaltens auf den Zusammenhang zwischen den Prä- und Postergebnisses des Wissensquiz lässt jedoch Unterschiede erkennen (Abbildung 40): Schülerinnen und Schüler mit einem unterdurchschnittlichen Lernverhalten ($PR \leq 25$ und $25 < PR \leq 50$)

erreichen sowohl im Prä- als auch im Posttest geringere Ergebnisse als Schülerinnen und Schüler mit einem überdurchschnittlichen Lernverhalten. Bei Schülerinnen und Schülern mit einem unterdurchschnittlichen Lernverhalten wird eine größere Streuung deutlich, sodass eine weitere Differenzierung vorgenommen wird. Sichtbar wird, dass die Schülerinnen und Schülern mit einem weit unterdurchschnittlichen Lernverhalten ($PR \leq 25$) weniger Punkte im Wissensquiz zum Prä- und Posttest erreichen als Schülerinnen und Schüler mit einem leicht unterdurchschnittlichen Lernverhalten ($25 < PR \leq 50$).

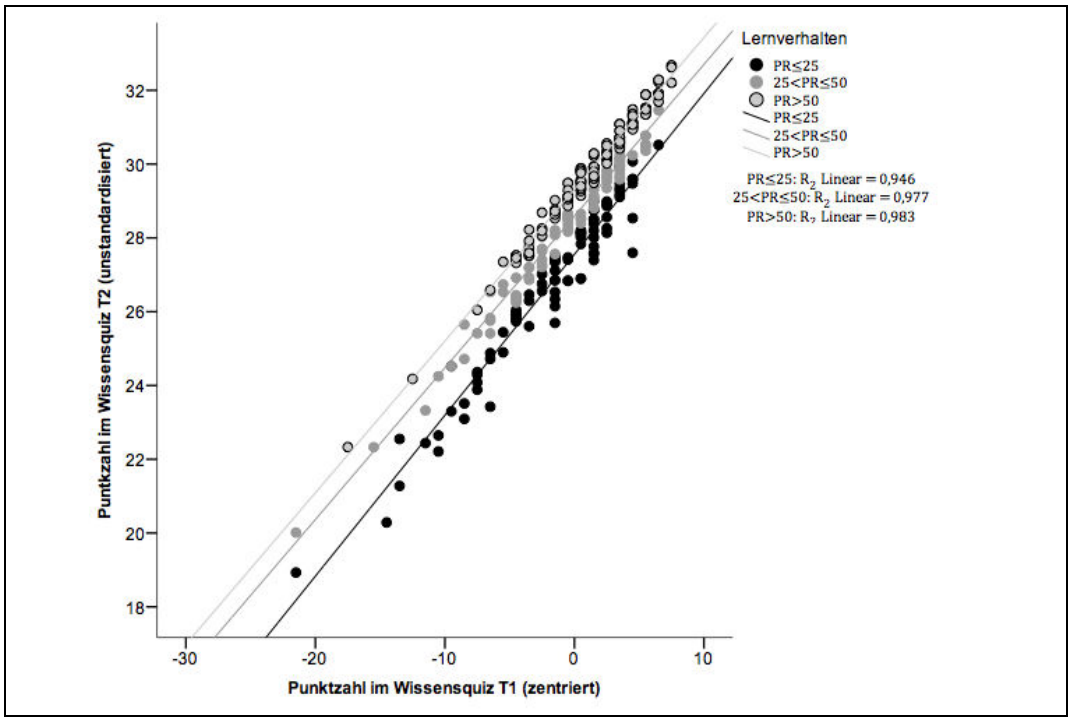


Abbildung 40 - Einfluss des Lernverhaltens auf den Zusammenhang zwischen dem Vorwissen und der Wissensquizleistung im Posttest in der gesamten Kontroll- und Experimentalgruppe I

Prä-Follow-Up I-Vergleich des Wissensquiz

Für die Überprüfung des Beitrages des Vorwissens und des Lernverhaltens zur Vorhersage der Leistung im Wissensquiz zum Follow-Up I-Messzeitpunkt sind folgende Voraussetzungen erfüllt: Es liegt ein linearer Zusammenhang vor (Abbildung 41) und die Durbin-Watson-Statistik ($= 1.98$) zeigt keinen kritischen Wert. Es liegt keine Normalverteilung, jedoch eine Varianzhomogenität der Residuen vor. Eine Kollinearität der Prädiktoren ist nicht gegeben (Toleranz: > 0.86, VIF < 1.15, Konditonsindex < 2.04).

Die Regressionsanalyse verdeutlicht, dass mit den Prädiktoren 35% der Wissensquizleistungen zum Follow-Up I vorhergesagt werden können (Tabelle 47). Die Statistik der einzelnen Prädiktoren lässt erkennen, dass lediglich durch das Vorwissen und das Lernverhalten eine signifikante Vorhersage des Kriteriums möglich ist. Die übrigen Prädiktoren erreichen nicht das erwartete Signifikanzniveau von $\alpha = .05$. Das standardisierte Regressionsgewicht für das Vorwissen liegt bei $\beta = .53$, sodass eine Veränderung der Wissensquizpunktzahl um eine Standardabweichung zu einer Änderung der Follow-Up I-Leistung um

eine halbe Standardabweichung führt. Das Lernverhalten führt zu einer signifikanten Veränderung um .16 Standardabweichungen.

Tabelle 47 - Ergebnis der multiplen linearen Regressionsanalyse zur Vorhersage der Wissensquizergebnisse im Follow-Up I

	B	$SE\ B$	β	p
Konstante	28.28	.23		
Vorwissen (Wissensquiz)	.44	.04	.53	.000
Lernverhalten (LSL)	.05	.02	.16	.002
Interaktion Wissensquiz*LSL	.00	.00	.02	.716
Gruppe (EG-AO)	.45	.43	.05	.292

Anmerkungen: $R^2 = .35$, $F(4) = 37.81, p = .000$, weitere Erläuterungen siehe Tabelle 46

Die differentielle Betrachtung zeigt zwischen den Prä- und Follow-Up I-Leistungen im Wissensquiz je nach Lernverhalten einen unterschiedlichen Zusammenhang (Abbildung 41): Bei einem überdurchschnittlichen Lernverhalten werden sowohl im Prä- als auch im Follow-Up I-Test höhere Ergebnisse im Wissensquiz erreicht. Schülerinnen und Schüler mit einem unterdurchschnittlichen Lernverhalten erreichen geringere Leistungen im Prätest und gleichzeitig im Follow-Up I-Test des Wissensquiz. Zudem wird für die Subgruppe mit überdurchschnittlichem Lernverhalten bei Veränderung der Prätestergebnisse des Wissensquiz ein größerer Anstieg in den Ergebnissen im Wissensquiz zum dritten Messzeitpunkt erreicht als für die Subgruppen mit unterdurchschnittlichem Lernverhalten.

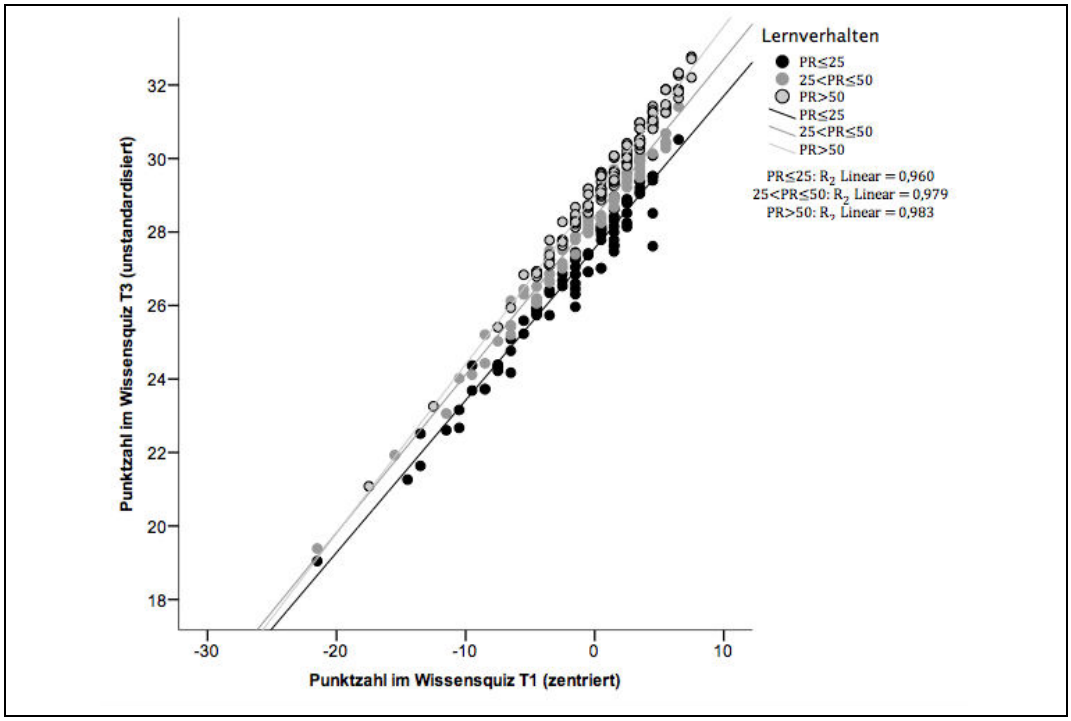


Abbildung 41 - Einfluss des Lernverhaltens auf den Zusammenhang zwischen dem Vorwissen und der Wissensquizleistung im Follow-Up I in der gesamten Kontroll- und Experimentalgruppe I

Prä-Follow-Up II-Vergleich des Wissensquiz

Für die Regressionsanalyse zur Überprüfung des Zusammenhangs zwischen den Prädiktoren und der Wissensquizleistungen im Follow-Up II-Zeitpunkt sind die Voraussetzungen wie folgt erfüllt: Es sind sowohl ein linearer Zusammenhang (Abbildung 42) als auch die Unabhängigkeit der Residuen (Durbin-Watson-Statistik: 1.96) vorhanden. Dennoch liegt keine Normalverteilung, jedoch eine Varianzhomogenität der Residuen vor. Die Kollinearitätsstatik weist keine kritischen Werte auf (Toleranz: > 0.84, VIF < 1.19, Konditonsindex < 2.04).

Die Prädiktoren, die in dem vorliegenden Regressionsmodell berücksichtigt werden, führen zu einer Varianzaufklärung von 19%. Das Vorwissen und das Lernverhalten stellen signifikante Prädiktoren dar (Tabelle 48). Eine Vorhersage der Wissensquizleistungen im Follow-Up II ist weder durch das Interaktionsprodukt noch durch die Gruppenzugehörigkeit möglich. Das standardisierte Regressionsgewicht lässt erkennen, dass das Vorwissen ($\beta = .31$) einen größeren Einfluss auf das Kriterium besitzt als das Lernverhalten.

Tabelle 48 - Ergebnis der multiplen linearen Regressionsanalyse zur Vorhersage der Wissensquizergebnisse im Follow-Up II

	B	$SE\ B$	β	p
Konstante	27.62	.31		
Vorwissen (Wissensquiz)	.30	.06	.31	.000
Lernverhalten (LSL)	.09	.02	.23	.000
Interaktion Wissensquiz*LSL	.01	.00	.08	.180
Gruppe (EG-AO)	.79	.57	.08	.164

Anmerkungen: $R^2 = .20$, $F(4) = 10.71, p = .000$, weitere Erläuterungen siehe Tabelle 46

Der Vergleich der Schülerinnen und Schüler mit unter- und überdurchschnittlichem Lernverhalten zeigt im Prä-Follow-Up II-Vergleich eindeutige Unterschiede (Abbildung 42): Schülerinnen und Schüler mit einem weit unterdurchschnittlichen Lernverhalten und einer geringen Punktzahl im Wissensquiz zum Prätest erreichen weniger Punkte beim Follow-Up II im Wissensquiz. Schülerinnen und Schüler mit einem leicht unterdurchschnittlichen Lernverhalten erhalten im Vergleich zu Schülerinnen und Schüler mit einem überdurchschnittlichen Lernverhalten neben einer geringeren Punktzahl im Wissensquiz beim Prätest auch weniger Punkte im Wissensquiz im Follow- Up II. Bei einer Veränderung der Ergebnisse im Wissensquiz des Prätests ist für die Subgruppe mit einem weit unterdurchschnittlichem Lernverhalten der geringste Anstieg in den Wissensquizergebnissen im Follow-Up II erkennbar.

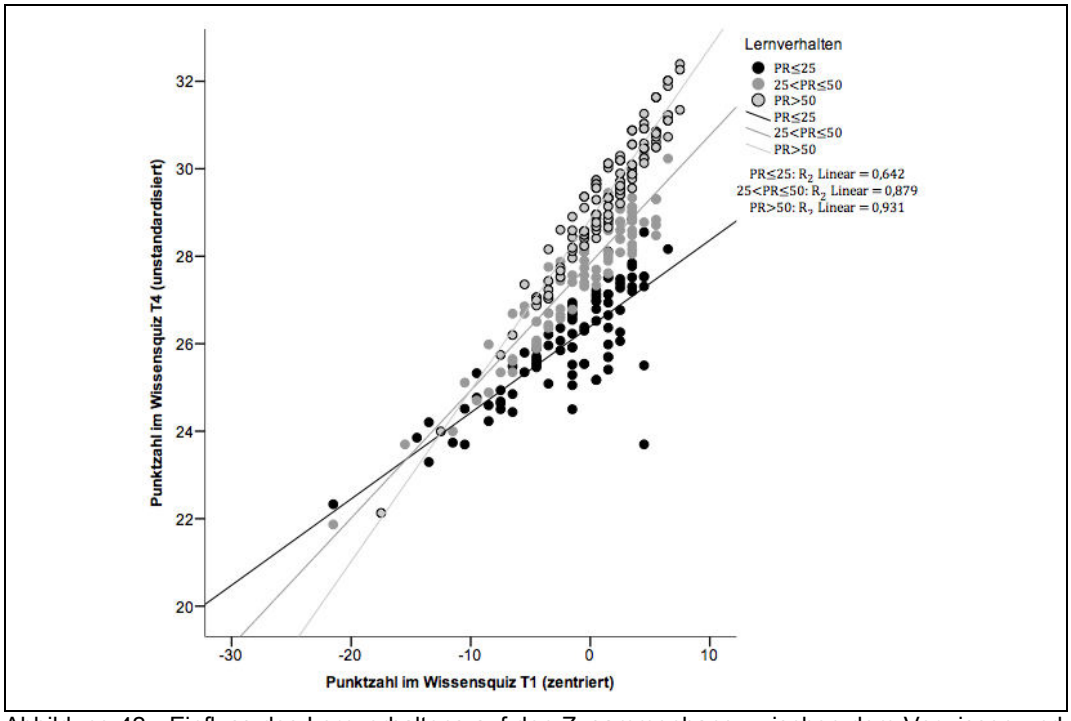


Abbildung 42 - Einfluss des Lernverhaltens auf den Zusammenhang zwischen dem Vorwissen und der Wissensquizleistung im Follow-Up II in der gesamten Kontroll- und Experimentalgruppe I

Prä-Follow-Up II-Vergleich des HRT 1-4

Zur Überprüfung des Zusammenhangs zwischen der HRT 1-4-Leistung im Prä- und Follow-Up II-Test und dem Einfluss des Lernverhaltens mittels der Regressionsanalyse sind folgende Voraussetzungen erfüllt: Es ist ein linearer Zusammenhang der unabhängigen und abhängigen Variablen (Abbildung 43) und eine Unabhängigkeit der Residuen (Durbin-Watson-Statistik: 1.80) vorhanden. Die Voraussetzung der Normalverteilung der abhängigen Variable ist nicht erfüllt, jedoch die Varianzhomogenität. Zwischen den Prädiktoren besteht keine Kollinearität (Toleranz: > 0.80, VIF < 1.24, Konditonsindex < 2.06).

Die Ergebnisse der regressionsanalytischen Berechnungen zeigen (Tabelle 49), dass sowohl die Prätestergebnisse im HRT 1-4, das Lernverhalten als auch das Interaktionsprodukt aus den HRT 1-4 Leistungen im Prätest und dem Lernverhalten einen signifikanten Prädiktor darstellen. Diese Variablen können eine Varianz von 78% der Leistungen des HRT 1-4 im Follow-Up II erklären. Das größte Regressionsgewicht besitzt dabei das HRT-Ergebnis im Prätest: Bei einer Veränderung der Prätestergebnisse um eine Standardabweichung wird eine Änderung der Follow-Up II-Ergebnisse im HRT 1-4 um 0.86 Standardabweichungen erreicht. Das Lernverhalten führt lediglich zu einer Veränderung von $.07$ Standardabweichungen. Für das Interaktionsprodukt liegt ein negatives Regressionsgewicht vor, sodass der Zusammenhang zwischen dem HRT 1-4-Ergebnis im Prä- und Follow-Up-II-Test durch das Lernverhalten beeinflusst wird.

Tabelle 49 - Ergebnis der multiplen linearen Regressionsanalyse zur Vorhersage der HRT 1-4-Ergebnisse im Follow-Up II

	B	$SE\ B$	β	p
Konstante	112.06	.98		
HRT 1-4 (Prätest)	.89	.03	.86	.000
Lernverhalten (LSL)	.16	.07	.07	.027
Interaktion HRT 1-4*LSL	-.01	.00	-.06	.049
Gruppe (EG-AO)	-.36	1.72	-.01	.835

Anmerkungen: $R^2 = .78$, $F(4) = 247.91, p = .000$, weitere Erläuterungen siehe Tabelle 46

Die graphische Analyse lässt keine eindeutige Verteilung der Ergebnisse im HRT 1-4 zum Prä- und Follow-Up II-Test in Abhängigkeit vom Lernverhalten erkennen (Abbildung 43). Lediglich die Regressionsgeraden verdeutlichen einen unterschiedlichen Zusammenhang: Für die Subgruppen mit einem weit bzw. leicht unterdurchschnittlichen Lernverhalten zeigt sich bei einer Veränderung der Prätestergebnisse im HRT 1-4 ein größerer Anstieg in den HRT-Ergebnissen im Follow-Up II als für die Subgruppe mit überdurchschnittlichem Lernverhalten. Dieser Anstieg ist für die Subgruppe mit weit unterdurchschnittlichem Lernverhalten wiederum größer als für diejenigen mit einem leicht unterdurchschnittlichem Lernverhalten.

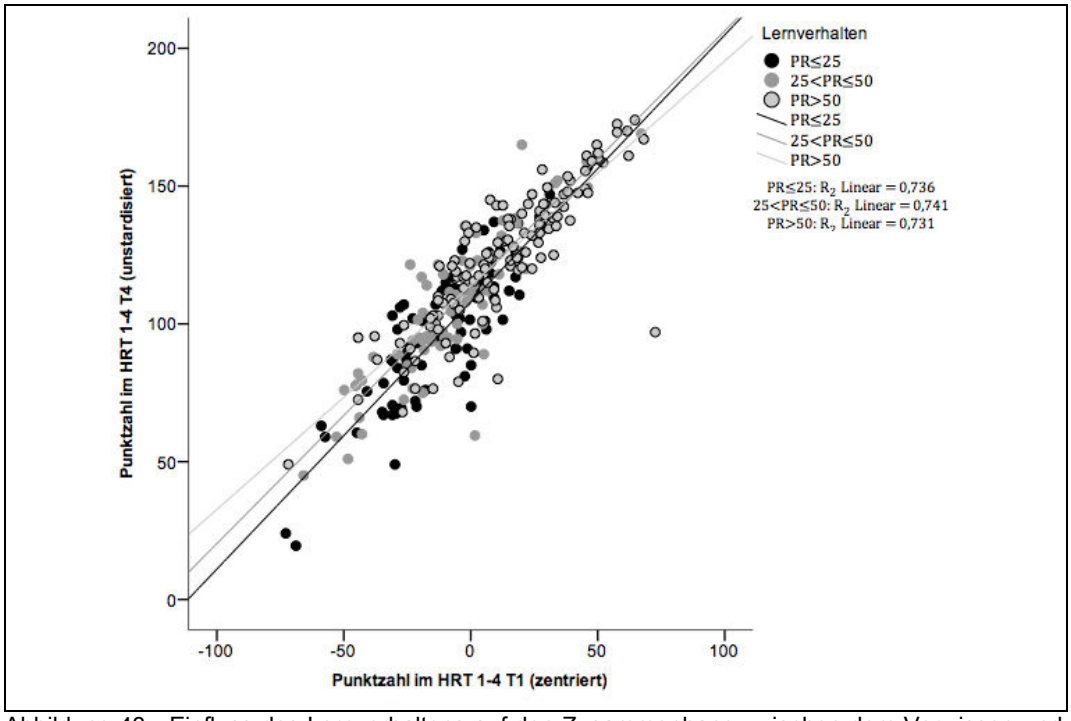


Abbildung 43 - Einfluss des Lernverhaltens auf den Zusammenhang zwischen dem Vorwissen und der Leistung im HRT 1-4 im Follow-Up II in der gesamten Kontroll- und Experimentalgruppe I

Zusammenfassung

Alle Regressionsanalysen führen zu einer signifikanten Varianzaufklärung der ausgewählten Kriterien durch die Prädiktoren. Die Effekte bleiben nach der α-Adjustierung signifikant und erreichen eine sehr gute Teststärke (Tabelle 50), sodass die Ergebnisse statistisch gesichert sind.

Tabelle 50 - Ergebnisse der Regressionsanalysen mit α-Adjustierung und Teststärke

	T	R^2	p	α_{adj}	$1-\beta$
HRT 1-4[a]	Prä Follow-Up II	.78	.000	.050	1.000
Wissensquiz, Gesamt[b]	Prä Post	.36	.000	.025	1.000
Wissensquiz, Gesamt[b]	Prä Follow-Up I	.35	.000	.017	1.000
Wissensquiz, Gesamt[b]	Prä Follow-Up II	.19	.000	.013	.999

Anmerkung: [a] weitere Prädiktoren: Lernverhalten (LSL), Interaktion (HRT 1-4*LSL), Gruppe (EG-AO); [b] weitere Prädiktoren: Lernverhalten (LSL), Interaktion (Wissensquiz*LSL), Gruppe (EG-AO)

Die angenommenen statistischen Hypothesen müssen dennoch abgelehnt werden, da zwischen den Untersuchungsgruppen keine signifikanten Unterschiede bestehen. Es gilt somit:

Im Prä-Post-Vergleich: H_0^{IIIa}: $\beta_{EG^*LV.LE.spez} \geq \beta_{KG^*LV.LE.spez}$

Im Post-Follow-Up I-Follow-Up II-Vergleich: H_0^{IIIb}: $\beta_{EG^*LV.BE.spez} \geq \beta_{KG^*LV.BE.spez}$

Im Prä-Follow-Up II-Vergleich: H_0^{IIIc}: $\beta_{EG^*LV.BE.allg} \geq \beta_{KG^*LV.BE.allg}$

7.5 Wirksamkeit des Advance Organizer in Kombination mit Übungsstunden

Ziel des Advance Organizer ist die Aktivierung des Vorwissens, um den Lernprozess von neuen Inhalten zu unterstützen. Durch Übungen sollen neu gelernte Informationen gefestigt werden. Im vierten und fünften Hypothesenkomplex wird angenommen, dass der kombinierte Einsatz der Methoden zu einer höheren Leistung führt. Der Vergleich der Experimentalgruppe II (EG-Ü) und III (EG-AO+Ü) soll Aufschluss darüber geben, ob die Wirksamkeit von Übungsphasen durch den Einsatz des Advance Organizer, erhöht werden kann. Zudem wird untersucht, ob Schülerinnen und Schüler unter Risikobedingungen mehr von einer kombinierten Unterstützung mit Vorwissensaktivierung und Übungsphasen profitieren oder ob einfache Übungsphasen ausreichend sind.

Gesamtgruppe

Der inferenzstatistische Vergleich zwischen den Untersuchungsgruppen in der Lern- und Behaltensleistung für die spezifischen und allgemeinen Mathematikleistungen (Tabelle 51) erfolgt mittels zwei- oder dreifaktorieller

Varianzanalyse. Hier ist die Voraussetzung der normalverteilten Variablen lediglich vereinzelt erfüllt: Im Gesamtergebnis des Wissensquiz liegt für die Kontrollgruppe im Prätest eine Normalverteilung vor. Die Ergebnisse der Anwendungsaufgaben sind im Prätest für die Kontrollgruppe und im Follow-Up II-Test für die Experimentalgruppe normalverteilt. Hinsichtlich der Prätestergebnisse des HRT 1-4 liegen für alle Subtests und beide Gruppen, außer dem Ergebnis des Größer-Kleiner-Vergleichs der Kontrollgruppe, normalverteilte Daten vor. Im Follow-Up II liegt wiederum für die Kontrollgruppe im Subtest Größer-Kleiner-Vergleich und zudem für beide Gruppen im Subtest Division keine Normalverteilung vor.

Tabelle 51 - Ergebnisse der spezifischen und allgemeinen Mathematikleistung der Experimentalgruppe II (EG-Ü) und III (EG-AO+Ü)

			EG-AO+Ü			EG-Ü					
		T	N	M	SD	N	M	SD	$d_{korr_prä}$	d_{korr_post}	
Wissensquiz	**Gesamt**	Prä	35	25.71	3.75	33	27.15	3.93			
		Post	35	28.34	4.14	33	28.36	4.69	.37		
		Follow-Up I	35	28.86	3.15	33	28.12	4.86	.56	.19	
		Follow-Up II	35	27.57	4.60	33	27.58	5.37	.37	.00	$F(2.81) = 1.58, p = .198$
	Reproduktion	Prä	33	12.21	2.22	28	13.00	2.00			
		Post	33	13.15	1.86	28	13.38	1.59	.24		
		Follow-Up I	33	13.39	1.39	28	13.43	1.62	.35	.11	
		Follow-Up II	33	13.30	1.45	28	13.43	1.81	.29	.05	
	Anwendung	Prä	33	13.39	2.57	28	14.89	2.15			
		Post	33	15.15	3.06	28	15.25	3.17	.60		
		Follow-Up I	33	15.45	2.33	28	16.00	2.24	.39	-.21	
		Follow-Up II	33	14.97	2.49	28	15.39	3.26	.48	-.11	$F(2.66) = .91, p = .427$
HRT 1-4	**Addition**	Prä	43	25.26	5.98	38	24.08	6.12			
		Follow-Up II	43	25.98	5.52	38	25.37	4.97	-.08		
	Subtraktion	Prä	43	23.58	5.22	38	23.03	6.93			
		Follow-Up II	43	25.19	5.68	38	24.37	6.90	.04		
	Multiplikation	Prä	43	18.67	6.79	38	19.26	6.21			
		Follow-Up II	43	20.98	6.71	38	21.53	7.14	.01		
	Division	Prä	43	16.56	7.87	38	17.95	8.30			
		Follow-Up II	43	20.88	8.83	38	20.82	9.46	.18		
	Größer-Kleiner-Vergleich	Prä	43	22.47	8.24	38	21.68	7.98			
		Follow-Up II	43	25.53	5.87	38	24.41	8.53	.06		$F(3.31) = .505, p = .687$

Die zweifaktorielle Varianzanalyse mit Messwiederholung (Faktor 1: Zeit, Faktor 2: Gruppe) ergibt im Gesamtergebnis des Wissensquiz im Huynh-Feldt-Korrekturwert $(p = .938)$ keinen signifikanten Gruppenunterschied $(F(2.81) = 1.58, \mathrm{p} = .198)$. Die Entwicklung zeigt in beiden Gruppen einen starken Zuwachs vom Prä- zum Posttest (Abbildung 44). In der Experimentalgruppe (EG-AO+Ü) bleibt der positive Entwicklungstrend zum Follow-Up I bestehen, wohingegen die Kontrollgruppe eine abnehmende Entwicklung aufweist. Beide Gruppen erzielen im Follow-Up II-Test ein geringeres Niveau als im Post- oder Follow-Up I-Test. Dennoch liegen die Ergebnisse beider Gruppen über dem Prätest-Ergebnis. Auffällig ist die abnehmende Entwicklung zwischen Follow-Up I und II dieser Untersuchungsgruppen im Vergleich zu der Kontroll- und Experimentalgruppe I (Kapitel 7.2).

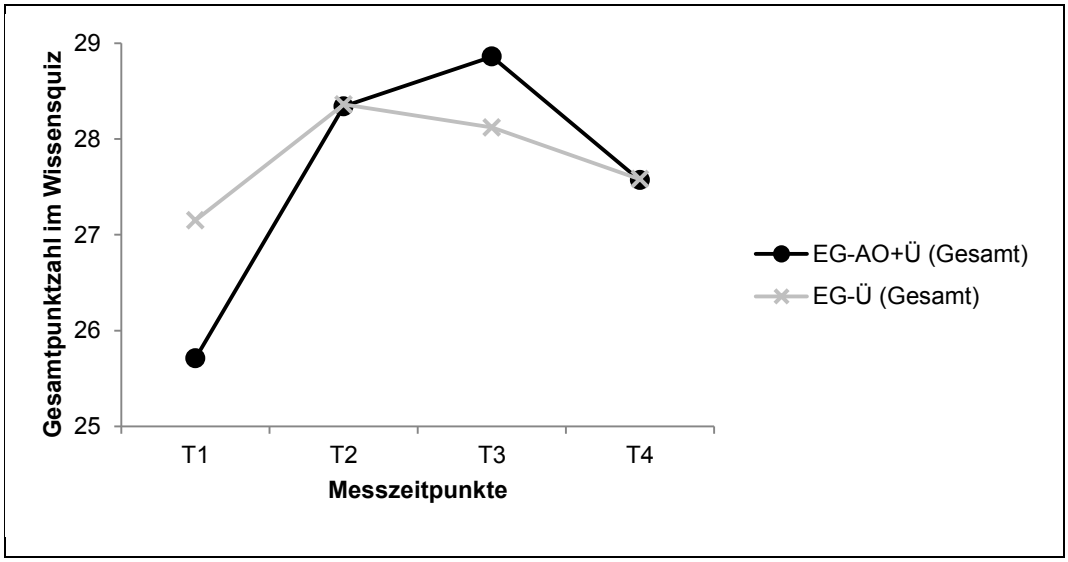


Abbildung 44 - Entwicklung der spezifischen Mathematikleistung in der Experimentalgruppe II (EG-Ü) und III (EG-AU+Ü) vom Prä- zum Follow-Up II-Test

Die dreifaktorielle Varianzanalyse mit Messwiederholung (Faktor 1: Zeit, Faktor 2: Gruppe, Faktor 3: Wissensquizteil) soll mögliche Differenzen hinsichtlich der Anforderungsbereiche des Wissensquiz für die Vergleichsgruppen aufzeigen. Aufgrund der Varianz- und Kovarianzinhomogenität wird der Huynh-Feldt-Korrekturwert $(p = .885)$ genutzt, der jedoch keinen signifikanten Gruppenunterschied erkennen lässt $(F(2.66) = .91, p = .427)$. Hinsichtlich der Reproduktionsleistung zeigt sich in der Experimentalgruppe III (EG-AO+Ü) ein stärkerer Zuwachs vom Prä- zum Posttest (Abbildung 45). Anschließend zeigen beide Gruppen eine annähernd konstante Weiterentwicklung. In den Anwendungsaufgaben wird ebenfalls eine größere Zunahme im Prä-Post-Vergleich für die Experimentalgruppe III (EG-AO+Ü) sichtbar. Zum Follow-Up I-Zeitpunkt zeigen beide Gruppen einen Zuwachs und zum vierten Messzeitpunkt erfolgt parallel eine Abnahme, die in der Experimentalgruppe III (EG-AO+Ü) unter die Leistung vom Posttest fällt.

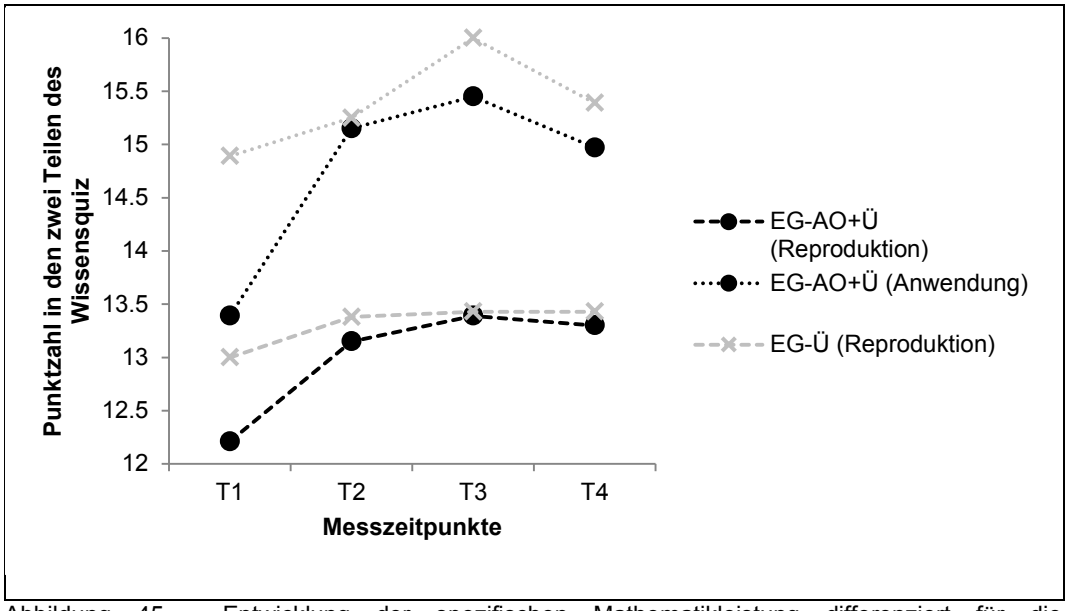


Abbildung 45 - Entwicklung der spezifischen Mathematikleistung differenziert für die Anforderungsbereiche in der Experimentalgruppe II (EG-Ü) und III (EG-AU+Ü)

Der Vergleich hinsichtlich der Entwicklung in der allgemeinen Mathematikleistung erfolgt mit der dreifaktoriellen Varianzanalyse (Faktor 1: Zeit, Faktor 2: Gruppe, Faktor 3: Subtest des HRT 1-4). Der Huynh-Feldt-Korrekturwert $(p = .783)$ zeigt keinen signifikanten Unterschied ($F(3.31) = .505, p = .687$) zwischen den Gruppen in den fünf Subtests des HRT 1-4 im Prä- Follow-Up II-Vergleich. Auch die deskriptiven Daten (Tabelle 51) verdeutlichen keine unterschiedlichen Entwicklungen der Untersuchungsgruppen in den verschiedenen Subtests des HRT 1-4.

Risikogruppe I: reduzierte kognitive Leistung

Die Untersuchung der Wirksamkeit des Advance Organizer in Kombination mit Übungsstunden für Schülerinnen und Schüler mit einer reduzierten kognitiven Leistung kann nicht durchgeführt werden, da zu wenige Fälle (EG-AO+Ü: $n = 1$, EG-Ü: $n = 3$) vorhanden sind. Aus diesem Grund können keine inferenzstatistischen Berechnungen durchgeführt werden.

Risikogruppe II: unterdurchschnittliche allgemeine Mathematikleistung

In der zweiten Risikogruppe wird die Wirksamkeit des Advance Organizer in Kombination mit Übungseinheiten für Schülerinnen und Schüler mit unterdurchschnittlichen allgemeinen Mathematikleistungen differenziert betrachtet (Tabelle 52). Es liegen im gesamten Wissensquiz zum Prätest für die Experimentalgruppe II (EG-Ü) sowie zu den beiden Follow-Up-Erhebungen für die Experimentalgruppe III (EG-AO+Ü) Normalverteilungen vor. Die Reproduktionsaufgaben sind lediglich im Follow-Up II für die Experimentalgruppe II (EG-Ü) normalverteilt. Hinsichtlich der Anwendungsaufgaben gibt es für die Experimentalgruppe II (EG-Ü) im Prä- und Follow-Up I-Test sowie für die Experimentalgruppe III (EG-AO+Ü) keine signifikante Abweichung von einer Normalverteilung.

Tabelle 52 - Ergebnisse der spezifischen und allgemeinen Mathematikleistung für Schülerinnen und Schüler mit unterdurchschnittlicher, allgemeiner Mathematikleistung ($PR \leq 50$)

			EG-AO+Ü			EG-Ü					
		T	N	M	SD	N	M	SD	$d_{korr_prä}$	d_{korr_post}	
Wissensquiz	**Gesamt**	Prä	20	24.90	4.44	17	26.47	3.71			
		Post	20	28.00	4.71	17	26.65	5.57	**.64**		
		Follow-Up I	20	28.35	3.31	17	26.59	5.67	.77	.12	
		Follow-Up II	20	26.80	3.55	17	24.76	6.14	.80	.15	$F(3) = 2.72, \boldsymbol{p} = .\mathbf{048}$
	Reproduktion	Prä	19	12.05	2.39	12	13.33	2.15			
		Post	19	13.47	1.71	12	13.33	1.87	.64		
		Follow-Up I	19	13.37	1.16	12	13.67	1.23	.30	-.33	
		Follow-Up II	19	12.84	1.61	12	13.08	2.43	.43	-.20	
	Anwendung	Prä	19	12.68	2.85	12	14.58	1.73			
		Post	19	14.42	3.55	12	13.92	4.01	.90		
		Follow-Up I	19	15.05	2.72	12	15.33	2.67	.66	-.24	
		Follow-Up II	19	14.16	2.75	12	13.42	4.17	.98	.09	$F(3) = .66, p = .581$
HRT 1-4	**Addition**	Prä	24	21.79	4.88	20	20.70	5.77			
		Follow-Up II	24	22.79	4.25	20	22.60	4.49	-.16		
	Subtraktion	Prä	24	20.50	3.88	20	18.55	6.30			
		Follow-Up II	24	22.08	4.57	20	20.00	6.65	-.01		
	Multiplikation	Prä	24	14.46	4.46	20	15.60	5.14			
		Follow-Up II	24	18.08	6.14	20	17.85	6.59	.27		
	Division	Prä	24	11.54	5.22	20	13.65	7.91			
		Follow-Up II	24	16.25	8.14	20	16.15	9.75	.33		
	Größer-Kleiner-Vergleich	Prä	24	18.04	7.46	20	17.33	8.31			
		Follow-Up II	24	22.79	4.43	20	19.85	9.28	.33		$F(3.13) = .711, p = .553$

Die zweifaktorielle Varianzanalyse mit Messwiederholung (Faktor 1: Zeit, Faktor 2: Gruppe) verdeutlicht bei angenommener Varianzhomogenität (Mauchly-W-Test: $p = .062$) einen signifikanten Gruppenunterschied ($F(3) = 2.72, p = .048$) mit einer Effektstärke von $d = .56$. Das Ergebnis der Kontrasttests verdeutlicht, dass der signifikante Gruppenunterschied ausschließlich vom ersten zum zweiten Messzeitpunkt ($F(1) = 4.176, p = .049$) mit einer Effektstärke von $d_{korr} = .64$ vorhanden ist. Während in der Experimentalgruppe III (EG-AO+Ü) eine Zunahme sowohl vom Prä- zum Posttest als auch zum Follow-Up I-Test erkennbar ist, wird keine positive Entwicklung über diese Zeitpunkte in der Experimentalgruppe II (EG-Ü) deutlich (Abbildung 46). Zum vierten Messzeitpunkt ist in beiden Untersuchungsgruppen eine Abnahme sichtbar. Dabei fällt die Leistung der Experimentalgruppe II (EG-Ü) unter die Leistungen vom Prätest.

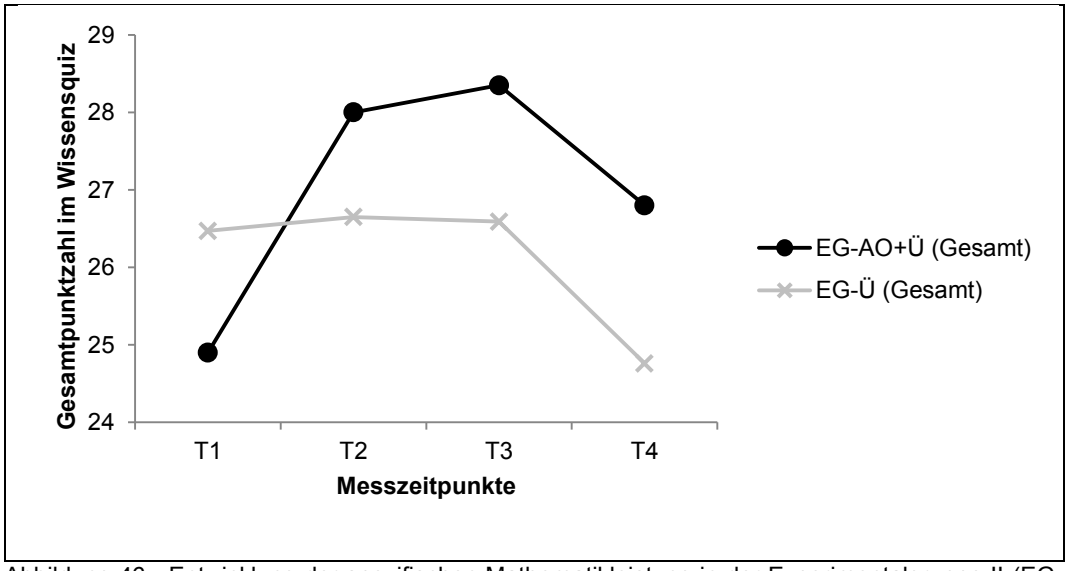


Abbildung 46 - Entwicklung der spezifischen Mathematikleistung in der Experimentalgruppe II (EG-Ü) und III (EG-AU+Ü) für Schülerinnen und Schüler mit unterdurchschnittlicher, allgemeiner Mathematikleistung ($PR \leq 50$)

Inwiefern ein Gruppenunterschied in den unterschiedlichen Anforderungsbereichen des Wissensquiz vorliegt, wird durch die dreifaktorielle Varianzanalyse mit Messwiederholung (Faktor 1: Zeit, Faktor 2: Gruppe, Faktor 3: Wissensquizteil) untersucht. Bei angenommener Varianzhomogenität (Mauchly-W-Test: $p = .081$) ist kein Gruppenunterschied erkennbar ($F(3) = .66, p = .581$). Dennoch wird in den Reproduktionsleistungen deutlich (Abbildung 47), dass die Experimentalgruppe III (EG-AO+Ü) einen größeren Zuwachs vom Prä- zum Posttest erreicht als die Experimentalgruppe II (EG-Ü). Zum Follow-Up I ist in der Experimentalgrupp III (EG-AO+Ü) bereits eine Abnahme in den Reproduktionsaufgaben erkennbar, wohingegen die Experimentalgruppe II (EG-Ü) eine geringfügige Verbesserung erzielt. Beide Gruppen zeigen eine parallele Abnahme zum vierten Messzeitpunkt. Hinsichtlich der Anwendungsaufgaben ist in der Experimentalgruppe III (EG-AO+Ü) eine stetige Zunahme vom Prä- zum Follow-Up I-Test sichtbar und eine Abnahme zum Follow-Up II-Test. In der Experimentalgruppe II (EG-Ü) ist bereits im Prä-Post-Vergleich eine Abnahme in

den richtig gelösten Anwendungsaufgaben erkennbar. Während zum dritten Messzeitpunkt ein großer Anstieg in der Leistung erfolgt, ist zum vierten Messzeitpunkt eine starke Abnahme zu erkennen. Diese Leistung liegt deutlich unter dem Prätestergebnis.

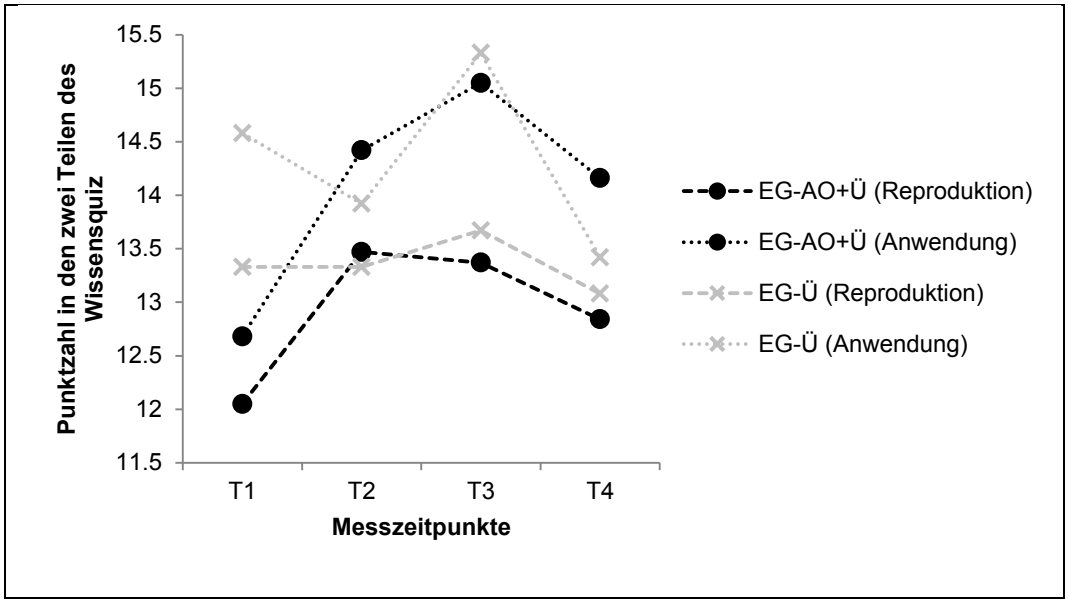


Abbildung 47 - Entwicklung der spezifischen Mathematikleistung differenziert für die Anforderungsbereiche in der Experimentalgruppe II (EG-Ü) und III (EG-AU+Ü) mit unterdurchschnittlicher, allgemeiner Mathematikleistung $(PR \leq 50)$

Die dreifaktorielle Varianzanalyse (Faktor 1: Zeit, Faktor 2: Gruppe, Faktor 3: Subtest des HRT 1-4) gibt Aufschluss darüber, dass es im Huynh-Feldt-Korrekturwert $(p = .781)$ keinen signifikanten Unterschied $(F(3.13) = .711, p = .553)$ in der Entwicklung der allgemeinen Mathematikleistung zwischen den ausgewählten Risikogruppen dieser Vergleichsgruppen gibt. Die Mittelwerte der Gruppen weisen jedoch einen geringen Unterschied im Subtest Größer-Kleiner-Vergleich des HRT 1-4 hin (Abbildung 48): Der Zuwachs in der Experimentalgruppe III (EG-AO+Ü) ist annähernd doppelt so groß wie in der Experimentalgruppe II (EG-Ü). In den Subtests Multiplikation und Division ist ebenfalls ein größerer Zuwachs in der Experimentalgruppe III (EG-AO+Ü) erkennbar, jedoch ist das Ergebnis im Follow-Up II vergleichbar mit der Experimentalgruppe II (EG-Ü).

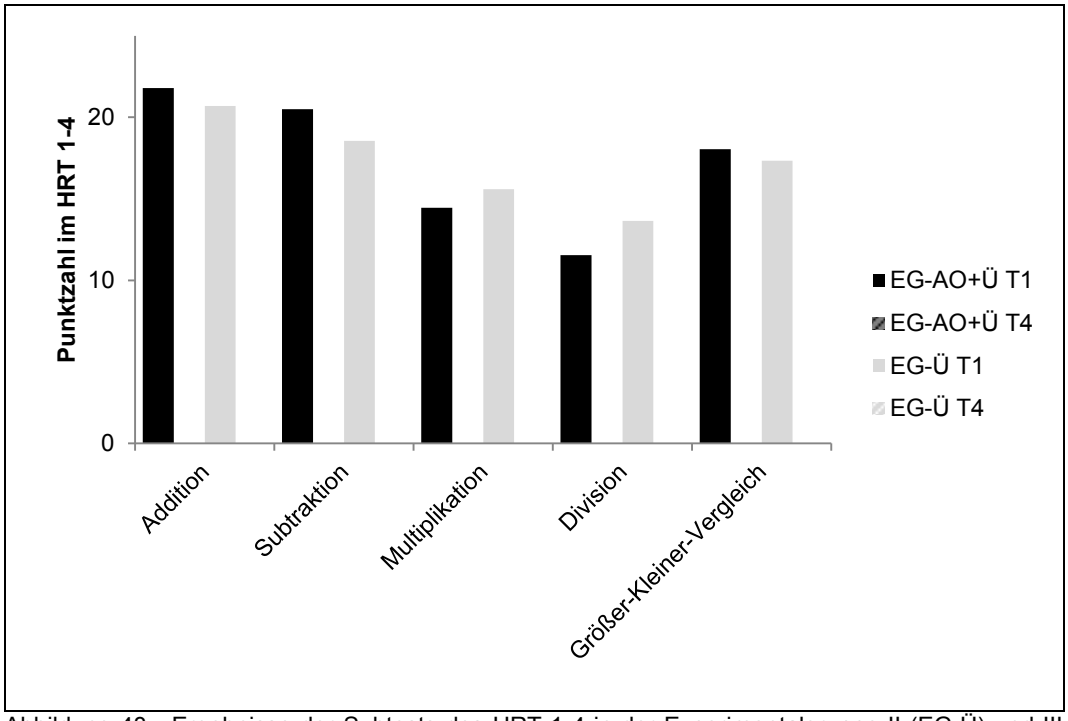


Abbildung 48 - Ergebnisse der Subtests des HRT 1-4 in der Experimentalgruppe II (EG-Ü) und III (EG-AU+Ü)

Risikogruppe III: unterdurchschnittliche spezifische Mathematikleistung

Die dritte Risikogruppe bilden Schülerinnen und Schüler mit einer unterdurchschnittlichen Leistung im Wissensquiz, d.h. mit einem geringen Vorwissen (Tabelle 53). Eine Normalverteilung im gesamten Wissensquiz liegt nicht für die Experimentalgruppe III (EG-AO+Ü) im Prätest und für die Experimentalgruppe II (EG-Ü) im Follow-Up II vor. Die Ergebnisse der Reproduktionsaufgaben des Wissensquiz sind für die Experimentalgruppe II (EG-Ü) im Follow-Up I und für die Experimentalgruppe III (EG-AO+Ü) im Prä- und Follow-Up I-Test normalverteilt. Die Ergebnisse der Anwendungsaufgaben sind für die Experimentalgruppe II im Prä und Follow-Up I-Test und für beide Gruppen im Follow-Up II normalverteilt. Ebenso sind die Daten der fünf Subtests des HRT 1-4, bis auf die Ergebnisse in der Multiplikation und im Größer-Kleiner-Vergleich der Experimentalgruppe II (EG-Ü), normalverteilt.

Tabelle 53 - Ergebnisse der spezifischen und allgemeinen Mathematikleistung für Schülerinnen und Schüler mit unterdurchschnittlicher, spezifischer Mathematikleistung ($PR \leq 50$)

			EG-AO+Ü			EG-Ü					
		T	N	M	SD	N	M	SD	$d_{korr_prä}$	d_{korr_post}	
Wissensquiz	**Gesamt**	Prä	20	23.50	3.55	16	23.69	2.36			
		Post	20	27.10	4.49	16	26.13	5.58	.26		
		Follow-Up I	20	28.10	3.26	16	25.69	5.30	.62	.37	
		Follow-Up II	20	27.20	3.41	16	24.75	6.01	.58	.32	$F(3) = 1.47, p = .229$
	Reproduktion	Prä	20	11.10	2.13	11	11.09	1.76			
		Post	20	12.60	1.90	11	13.09	2.12	-.25		
		Follow-Up I	20	12.90	1.41	11	12.91	1.38	-.01	.24	
		Follow-Up II	20	12.65	1.69	11	12.64	2.29	.00	.25	
	Anwendung	Prä	20	12.40	2.76	11	12.91	1.58			
		Post	20	14.50	3.35	11	13.45	3.98	.50		
		Follow-Up I	20	15.20	2.35	11	15.00	2.32	.30	-.21	
		Follow-Up II	20	14.55	2.56	11	14.00	4.29	.38	-.12	$F(2.40) = .93, p = .413$
HRT 1-4	**Addition**	Prä	22	25.00	6.66	19	21.68	6.45			
		Follow-Up II	22	25.45	5.76	19	24.00	5.15	-.24		
	Subtraktion	Prä	22	23.50	5.58	19	20.63	7.51			
		Follow-Up II	22	25.09	5.77	19	21.58	7.86	.08		
	Multiplikation	Prä	22	19.23	6.14	19	16.42	6.06			
		Follow-Up II	22	20.64	6.34	19	17.00	6.77	.10		
	Division	Prä	22	16.91	7.74	19	14.16	8.43			
		Follow-Up II	22	20.95	7.43	19	14.63	9.58	.40		
	Größer-Kleiner-Vergleich	Prä	22	23.36	8.06	19	19.66	8.22			
		Follow-Up II	22	26.61	5.88	19	22.18	10.38	.08		$F(3.26) = 2.00, p = .111$

Der Vergleich der Leistungen im gesamten Wissensquiz über die vier Messzeitpunkte führt in der zweifaktoriellen Varianzanalyse mit Messwiederholung (Faktor 1: Zeit, Faktor 2: Gruppe) für die angenommene Varianzhomogenität (Mauchly-W-Test: $p = .059$) zu keinem signifikantem Unterschied ($F(3) = 1.47, p = .229$). Dennoch zeigt sich nach dem zweiten Messzeitpunkt eine divergierende Entwicklung in den Untersuchungsgruppen (Abbildung 49): Während sich in der Experimentalgruppe II (EG-Ü) eine stetige Abnahme bis zum vierten Erhebungszeitpunkt vollzieht, ist in der Experimentalgruppe III (EG-AO+Ü) zwischen dem zweiten und dritten Messzeitpunkt ein leichter Anstieg sowie zum vierten Testzeitpunkt ein leichter Abfall erkennbar. Die Experimentalgruppe III (EG-AO+Ü) erreicht damit im vierten Messzeitpunkt ein vergleichbares Ergebnis wie im Posttest, wohingegen die Experimentalgruppe II (EG-Ü) deutlich unter die Leistungen vom Posttest fällt.

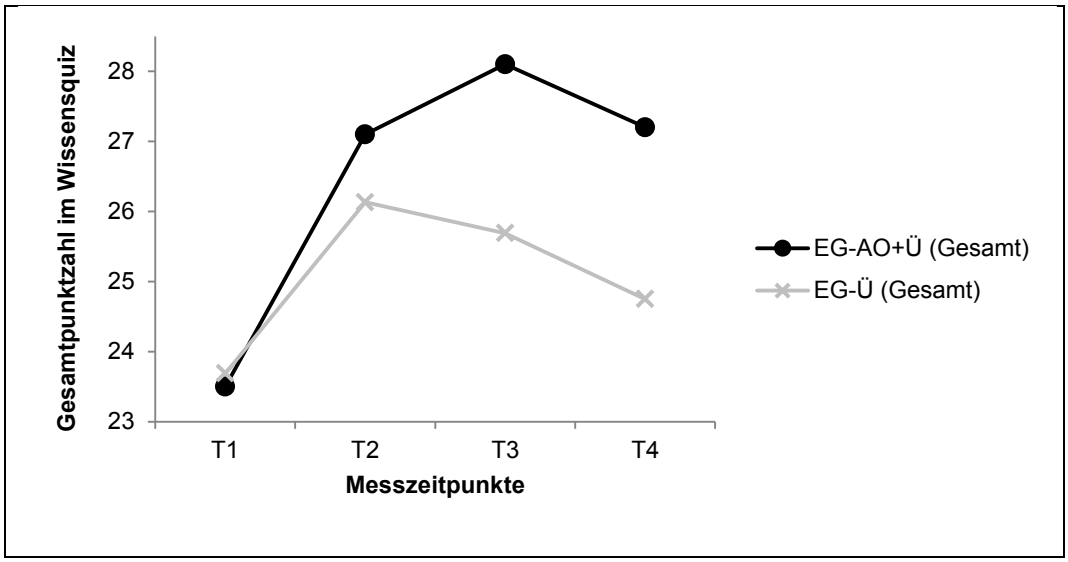


Abbildung 49 - Entwicklung der spezifischen Mathematikleistung in der Experimentalgruppe II (EG-Ü) und III (EG-AU+Ü) für Schülerinnen und Schüler mit unterdurchschnittlicher, spezifischer Mathematikleistung ($PR \leq 50$)

Die dreifaktorielle Varianzanalyse mit Messwiederholung (Faktor 1: Zeit, Faktor 2: Gruppe, Faktor 3: Wissensquizteil) soll einen möglichen Unterschied zwischen den Gruppen hinsichtlich der Anforderungsbereiche des Wissensquiz aufdecken. Der Huynh-Feldt-Korrekturwert ($p = .798$) zeigt jedoch, dass kein signifikanter Gruppenunterschied vorhanden ist ($F(2.40) = .93, p = .413$). Die Entwicklung der Gruppen in den Reproduktions- und Anwendungsaufgaben zeigt nur minimale Unterschiede (Abbildung 50): In der Experimentalgruppe III (EG-AO+Ü) ist der Zuwachs im Prä-Post-Vergleich nicht so hoch wie in der Experimentalgruppe II (EG-Ü), jedoch erreichen beide Gruppen zum dritten und vierten Messzeitpunkt sehr ähnliche Ergebnisse. In den Anwendungsaufgaben hingegen findet in der Experimentalgruppe III (EG-AO+Ü) ein stetigerer Anstieg vom Prä- zum Follow-Up I-Test statt. Dennoch fällt die Leistung in beiden Gruppen zum letzten Messzeitpunkt parallel ab.

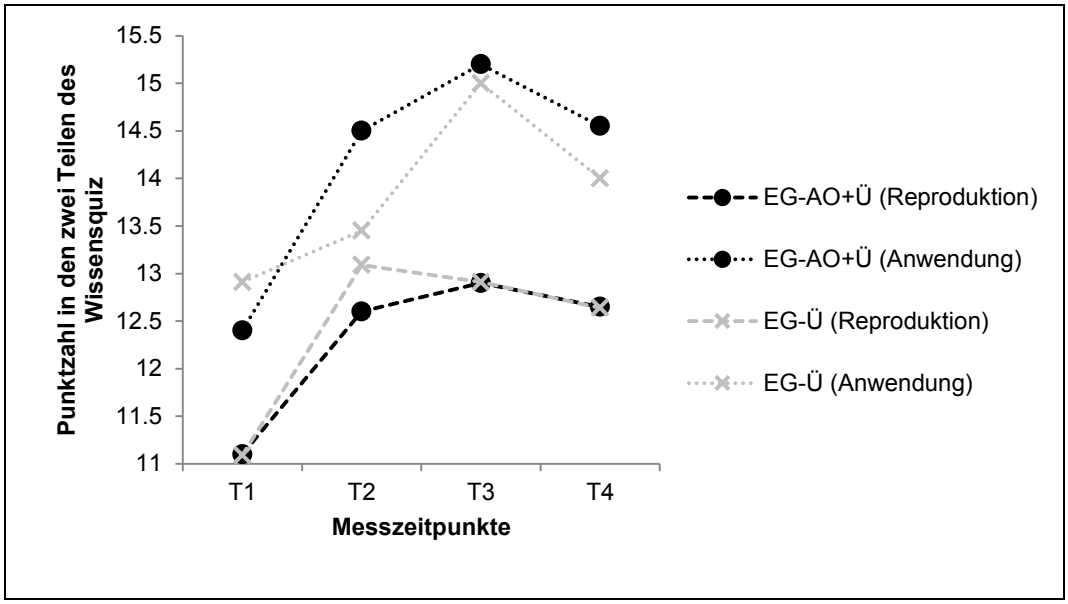


Abbildung 50 - Entwicklung der spezifischen Mathematikleistung differenziert für die Anforderungsbereiche in der Experimentalgruppe II (EG-Ü) und III (EG-AU+Ü) mit unterdurchschnittlicher, spezifischer Mathematikleistung ($PR \leq 50$)

Die Ergebnisse dieser Risikogruppe in den Subtests des HRT 1-4 werden mittels der dreifaktoriellen Varianzanalyse (Faktor 1: Zeit, Faktor 2: Gruppe, Faktor 3: Subtest des HRT 1-4) verglichen. Mit dem Huynh-Feldt-Korrekturwert ($p = .730$) wird deutlich, dass kein signifikanter Unterschied ($F(3.26) = 2.00, p = .111$) zwischen den Untersuchungsgruppen hinsichtlich der allgemeinen Mathematikleistung vorliegt.

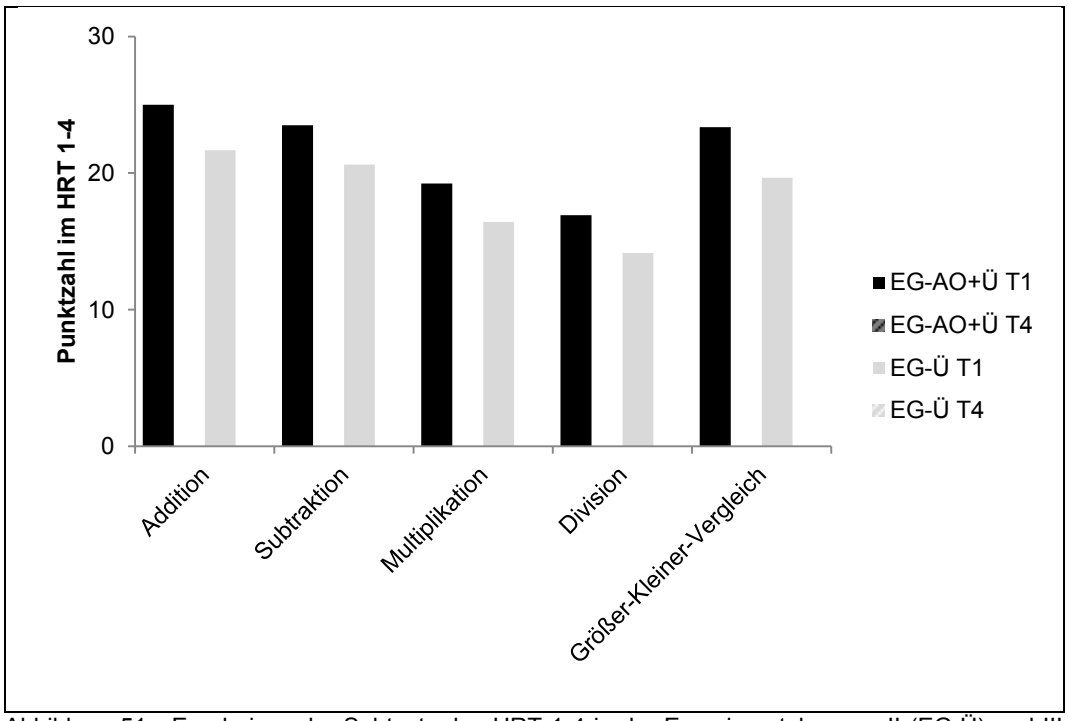


Abbildung 51 - Ergebnisse der Subtests des HRT 1-4 in der Experimentalgruppe II (EG-Ü) und III (EG-AU+Ü)

Die deskriptiven Daten lassen jedoch einen deutlichen Unterschied im Subtest Division erkennen (Abbildung 51). Im Gegensatz zu der Experimentalgruppe II (EG-Ü), in der ein minimaler Zuwachs vorhanden ist, kann sich die Experimentalgruppe III (EG-AO+Ü) fast um eine halbe Standardabweichung verbessern.

Zusammenfassung der Gesamt- und Subgruppenanalyse

Die Wirksamkeit von Übungsstunden im Vergleich zu der Kombination mit dem Advance Organizer führt nur zu einem signifikanten Effekt. Dieser zeigt sich für Schülerinnen und Schüler mit einer unterdurchschnittlichen allgemeinen Mathematikleistung im Prä-Post-Vergleich des Wissensquiz. Dieses Ergebnis ($d = .64$) erreicht auch nach der α-Adjustierung das Signifikanzniveau und weist eine sehr gute Teststärke von 99% auf. Somit kann dieser Effekt als gesichert gelten.

Tabelle 54 - Effekte der Gesamt- und Subgruppenanalyse mit α-Adjustierung und Teststärke

	T	d	p	α_{adj}	$1-\beta$
Risikogruppe II Wissensquiz, Gesamt	Prä Post	.64	.049	.05	.999

Zusammenfassend müssen für den vierten Hypothesenkomplex die Alternativhypothesen abgelehnt werden. Es gelten:

Im Prä-Post-Vergleich: H_0^{IVa}: $\mu_{EG.LE.spez} \leq \mu_{KG.LE.spez}$

Im Post-Follow-Up I-Follow-Up II-Vergleich: H_0^{IVb}: $\mu_{EG.BE.spez} \leq \mu_{KG.BE.spez}$

Im Prä-Follow-Up II-Vergleich: H_0^{IVc}: $\mu_{EG.BE.allg} \leq \mu_{KG.LE.allg}$

Für die Subgruppe der Schülerinnen und Schüler mit unterdurchschnittlichen allgemeinen Mathematikleistungen ist folgende Alternativhypothese zutreffend:

Im Prä-Post-Vergleich: H_1^{Va}: $\mu_{EGuR.LE.spez} > \mu_{KGuR.LE.spez}$

Für beide Subgruppen behalten die übrigen statistischen Nullhypothesen die Gültigkeit.

Im Post-Follow-Up I-Follow-Up II-Vergleich: H_0^{Vb}: $\mu_{EGuR.BE.spez} \leq \mu_{KGuR.BE.spez}$

Im Prä-Follow-Up II-Vergleich: H_0^{Vc}: $\mu_{EGuR.BE.allg} \leq \mu_{KGuR.LE.allg}$

8 Diskussion

Die Überprüfung des Advance Organizer zur Unterstützung des Lernens und Behaltens in heterogenen Lerngruppen ist Ziel dieser Arbeit. Nach der Darstellung der Ergebnisse (Kapitel 7), die mit einem randomisierten Viergruppen-Design mit Prä-, Post und zwei Follow-Up Tests ermittelt worden sind, werden die zentralen Ergebnisse integriert und interpretiert (Kapitel 8.1). In einer methodenkritischen Reflexion (Kapitel 8.2) werden positive sowie negative Aspekte dieser Forschungsarbeit erörtert. Basierend auf den Befunden dieser Arbeit werden abschließend Folgerungen für die Schule und den Unterricht formuliert (Kapitel 8.3) sowie ein Ausblick auf weitere Forschungsfragen gegeben (Kapitel 8.4).

8.1 Bewertung der Wirksamkeit des Advance Organizer

Basierend auf den vorherigen Analysen der Ergebnisse der jeweiligen Erhebungsinstrumente werden die Ergebnisse nachfolgend für die einzelnen Hypothesenkomplexe zusammengefasst und interpretiert. Die zuvor aufgestellten Hypothesen (Kapitel 5.2) werden jeweils wiederholt und anhand der statistischen Hypothesen beantwortet. Die ermittelten Befunde werden dabei in die theoretischen Grundlagen sowie bisherige Forschungsergebnisse eingeordnet.

Wirksamkeit für das Lernen und Behalten

Die Untersuchung der Wirksamkeit des Advance Organizer für das Lernen und Behalten basiert auf der folgenden Annahme:

Schülerinnen und Schüler, die an der Präsentation des Advance Organizer teilnehmen, weisen positivere Veränderungen in den spezifischen Mathematikleistungen (gemessen mit dem Wissensquiz) im Prä-Post-Vergleich und im Post-Follow-Up I-Follow-Up II-Vergleich sowie in der allgemeinen Mathematikleistung (gemessen mit dem HRT 1-4) im Prä-Follow-Up II-Vergleich auf als Schülerinnen und Schüler, die keine Vorwissensaktivierung erhalten.

Im Prä-Post-Vergleich:

$H_0^{Ia}: \mu_{EG.LE.spez} \leq \mu_{KG.LE.spez}$ $\qquad$ $H_1^{Ia}: \mu_{EG.LE.spez} > \mu_{KG.LE.spez}$

Die Analyse der Wirksamkeit des Advance Organizer für das Lernen (Prä-Post-Vergleich) zeigt keine signifikanten Unterschiede zum Lernen der Kontrollgruppe ohne Advance Organizer. Die Effektstärke von $d_{korr} = .10$ weist auf einen geringfügig positiveren Trend für das Lernen mit Advance Organizer hin. Dennoch können die bisherigen Forschungsbefunde (Reinck & Hillenbrand, o.A.; Luiten et al., 1980; Mahar, 1992; Preiss & Gayle, 2006), die überwiegend einen mittleren Effekt für das Lernen durch den Advance Organizer konstatieren, nicht repliziert werden. Der Mathematikunterricht mit dem Einsatz von effektiven Methoden ist somit ausreichend, um einen signifikanten Lernzuwachs zu erzielen. Divergierende Forschungsbefunde liegen bisher hinsichtlich des Lernens für unterschiedliche Anforderungsbereiche vor (Lott, 1983; Rolheiser-Bennett, 1986). Mit der vorliegenden Arbeit werden die Ergebnisse von Lott (1983) insofern bestätigt, dass der Advance Organizer zu keinem Effekt für das

Lernen von Reproduktionsinhalten führt. Die Vermittlung dieser Inhalte im Mathematikunterricht ohne die vorherige Aktivierung und Strukturierung des Vorwissens ist folglich ausreichend, um Aufgaben auf der Anforderungsebene der Reproduktion lösen zu können. Die Ergebnisse von Lott (1983) und Rolheiser-Bennett (1986), die mittlere bis hohe Effekte für das Lernen mit dem Advance Organizer für Anwendungsaufgaben identifizieren, können mit den vorliegenden Ergebnissen nicht bestätigt werden. Es zeigt sich kein signifikanter Gruppenunterschied für den Anforderungsbereich der Anwendung im Prä-Post-Vergleich. Der Einsatz des Advance Organizer führt somit zu keiner zusätzlichen Unterstützung für das Lernen sowohl hinsichtlich der Reproduktion als auch für die Anwendung von Mathematikinhalten. Zusammenfassend muss somit die erste statistische Alternativhypothese abgelehnt werden. Ein Mathematikunterricht, der effektive Methoden zur Lernförderung von mathematischen Inhalten berücksichtigt, ist für einen hohen Lernzuwachs ausreichend. Der Einsatz des Advance Organizer führt zu keiner zusätzlichen Steigerung in den Lernleistungen. Dieses Ergebnis kann jedoch einen wichtigen Beitrag für die effektive Gestaltung des Mathematikunterrichts für eine heterogene Lerngruppe leisten. Diese Unterrichtsstruktur mit den verwendeten Methoden kann somit eine Lösung für den von Gersten, Beckmann et al. (2009) benannten Forschungsbedarf hinsichtlich der Gestaltung eines effektiven Mathematikunterrichts auf der universellen Ebene sein.

Im Post-Follow-Up I-Follow-Up II-Vergleich:

$H_0^{Ib}: \mu_{EG.BE.spez} \leq \mu_{KG.BE.spez}$ $\qquad$ $H_1^{Ib}b: \mu_{EG.BE.spez} > \mu_{KG.BE.spez}$

Die Analyse der Behaltensleistung in den ausgewählten Untersuchungsgruppen zeigt eine konstante Entwicklung für Schülerinnen und Schüler, die mit dem Advance Organizer gelernt haben. Eine unstetige Entwicklung mit signifikanten Verschlechterungen in der Behaltensleistung wird für diejenigen Schülerinnen und Schüler deutlich, die ausschließlich am Mathematikunterricht teilgenommen haben. Dennoch führt die ungleiche Entwicklung der Gruppen zu keinem signifikanten Unterschied in der allgemeinen Behaltensleistung und zu keinen Effekten ($.12 \leq d_{korr} \leq .20$). Die metaanalytischen Befunde, die teilweise große Effekte des Advance Organizer für die Behaltensleistung angeben (Stone, 1983; Rolheiser-Bennett, 1986; Mahar, 1992; Preiss & Gayle, 2006), können mit den vorliegenden Forschungsbefunden nicht bestätigt werden. Darüber hinaus sind weder eine Ab- noch eine Zunahme in den Behaltensleistungen für den Unterricht mit dem Advance Organizer erkennbar, sodass auch diese Ergebnisse der Metaanalysen (ebd.) nicht unterstützt werden können. Die bisherigen Forschungen nehmen für die Behaltensleistung keine Differenzierung hinsichtlich der Anforderungsbereiche vor. In Bezug auf die Reproduktionsleistungen zu den Follow-Up-Erhebungen zeigen sich keine signifikanten Unterschiede und sehr ähnliche Entwicklungen. Eine signifikant bessere Behaltensleistung in den Anwendungsaufgaben wird jedoch von den Schülerinnen und Schülern, die mit dem Advance Organizer gelernt haben, in der ersten Follow-Up-Messung erreicht. Es zeigt sich ein kleiner Effekt von $d_{korr} = .33$. In der zweiten Follow-Up-Erhebung ist dieser Unterschied nicht mehr signifikant, jedoch auf ähnlich hohem Niveau ($d_{korr} = .29$). In der Konsequenz wird in der Behaltensleistung ein größerer Gewinn durch den Einsatz des Advance Organizer deutlich als in den

Lernleistungen. Die Vorwissensaktivierung sowie -strukturierung erleichtert die gezielte Speicherung von neuen Inhalten und die sinnvolle Verknüpfung mit vorhandenem Wissen (Ausubel et al., 1980), sodass eine längerfristige Anwendung der Inhalte realisiert werden kann. Das Wissen, welches mit dem Advance Organizer und dem Mathematikunterricht aufgebaut wird, ist somit langfristig besser abrufbar als das Wissen, welches ausschließlich durch den Mathematikunterricht gelernt wird. Dieses sinnvoll vernetzte Wissen erleichtert Schülerinnen und Schüler wiederum das Lernen weiterer Inhalte (Bransford et al., 2000), sodass der Advance Organizer für den Aufbau einer sicheren, langfristig verfügbaren Wissensbasis von großer Bedeutung ist. Die zweite statistische Hypothese kann somit hinsichtlich der Behaltensleistung für Anwendungsaufgaben angenommen werden, jedoch nicht hinsichtlich der Reproduktionsaufgaben.

Im Prä-Follow-Up II-Vergleich:

$H_0^{Ic}: \mu_{EG.BE.allg} \leq \mu_{KG.LE.allg}$ $\quad$ $H_1^{Ic}: \mu_{EG.LE.allg} > \mu_{KG.LE.allg}$

Der Vergleich der allgemeinen Mathematikleistung vom ersten zum vierten Messzeitpunkt führt zu einer signifikanten Steigerung für alle Schülerinnen und Schüler. Dieser Lernzuwachs kann durch die Präsentation des Advance Organizer nicht zusätzlich gesteigert werden. Somit kann die dritte statistische Alternativhypothese nicht bestätigt werden. Der Lernzuwachs in den allgemeinen Mathematikleistungen weist jedoch darauf hin, dass der Fokus auf das Rechnen mit und Umrechnen zwischen Zeitmaßen gleichzeitig die mathematischen Basiskompetenzen im Bereich der Grundrechenarten fördert. Diese Fähigkeiten stellen eine zentrale Voraussetzung für das Lernen weiterer mathematischer Inhalte dar (Siegler et al., 2012; Watts et al., 2014), sodass der durchgeführte Mathematikunterricht eine geeignete Möglichkeit zur vertiefenden Festigung dieser Kompetenzen bietet.

Wirksamkeit für Schülerinnen und Schüler unter Risikobedingungen

Die differenzierte Analyse von Subgruppen erfolgt ausgehend von der folgenden Hypothese:

Schülerinnen und Schüler unter Risikobedingungen, die an der Präsentation des Advance Organizer teilnehmen, zeigen eine positivere Entwicklung in den spezifischen Mathematikleistungen (gemessen mit dem Wissensquiz) im Prä-Post-Vergleich und im Post-Follow-Up I-Follow-Up II-Vergleich sowie in der allgemeinen Mathematikleistung (gemessen mit dem HRT 1-4) im Prä-Follow-Up II-Vergleich als Schülerinnen und Schüler unter Risikobedingungen, die vor dem Mathematikunterricht keine Vorwissensaktivierung erhalten.

Im Prä-Post-Vergleich:

$H_0^{IIa}: \mu_{EGuR.LE.spez} \leq \mu_{KGuR.LE.spez}$ $\quad$ $H_1^{IIa}: \mu_{EGuR.LE.spez} > \mu_{KGuR.LE.spez}$

Der Lernzuwachs für alle Schülerinnen und Schüler unter Risikobedingungen ist vergleichbar und führt zu keinem signifikanten Unterschied zwischen dem Lernen im Mathematikunterricht oder dem Lernen im Mathematikunterricht mit Advance Organizer. Für Schülerinnen und Schüler mit einer unterdurchschnittlichen allgemeinen Mathematikleistung wird ein größerer Lernzuwachs durch den

Advance Organizer sichtbar ($d_{korr} = .34$), der jedoch nicht signifikant ist. Hinsichtlich der Anforderung der Reproduktion liegt ein vergleichbares Ergebnis vor: Das Lernen mit Advance Organizer führt für die Schülerinnen und Schüler unter Risikobedingungen zu keinem signifikant höherem Lernzuwachs. Im Bereich der Anwendung des Wissens im Prä-Post-Vergleich zeigt sich ebenfalls kein signifikanter Unterschied durch den Advance Organizer. Einzig für die Subgruppe mit einer geringen allgemeinen Mathematikleistung zeigt sich ein kleiner, jedoch nicht signifikanter Effekt ($d_{korr} = .28$). Die Alternativhypothese muss abgelehnt werden. Diese wenigen bzw. nur geringen Effekte bestätigen die metaanalytischen Befunde für Schülerinnen und Schüler mit einem geringen Fähigkeitsniveau (Luiten et al., 1980; Lott, 1983; Stone, 1983). Der durchgeführte Mathematikunterricht mit Methoden, die präventiv Schwierigkeiten verhindern, stellt eine geeignete Unterstützung für Schülerinnen und Schüler unter Risikobedingungen dar. Möglichweise knüpfte der Advance Organizer nicht gezielt an dem Vorwissen der Schülerinnen und Schüler an, welches jedoch ein zentraler Schritt in der Konstruktion eines Advance Organizer darstellt (Kapitel 4.3.2). Somit könnte es zu einer ungünstigen Passung zwischen dem individuellen Vorwissen und dem Advance Organizer kommen, sodass die Schülerinnen und Schüler keinen Nutzen aus dieser Methode für den Lernprozess erzielen (L. H. T. West & Fensham, 1974).

Im Post-Follow-Up I-Follow-Up II-Vergleich:

$H_0^{IIb}: \mu_{EGuR.BE.spez} \leq \mu_{KGuR.BE.spez} \quad H_1^{IIb}b: \mu_{EGuR.BE.spez} > \mu_{KGuR.BE.spez}$

Schülerinnen und Schüler unter Risikobedingungen profitieren hinsichtlich der Behaltensleistung vom Advance Organizer. In allen Subgruppen, die mit dem Advance Organizer und dem Mathematikunterricht gelernt haben, wird eine positivere Entwicklung deutlich. Für Schülerinnen und Schüler mit einer unterdurchschnittlichen Intelligenzleistung werden mittlere Effekte ($.63 \leq d_{korr} \leq .65$) erkennbar, jedoch sind diese nicht signifikant. In der Subgruppe der Schülerinnen und Schüler mit einem unterdurchschnittlichen Vorwissen werden die Unterschiede signifikant, sodass der Einsatz des Advance Organizer mit einem kleinen Effekt ($d = .47$) zu einer besseren Behaltensleistung führt. Kein Unterschied bzw. kein Effekt wird für die Schülerinnen und Schüler mit einer unterdurchschnittlichen allgemeinen Mathematikleistung sichtbar. Bisherige Forschungen haben die Behaltensleistung für Risikogruppen nicht genauer analysiert. Dies gilt auch für unterschiedliche Anforderungsbereiche in der Behaltensleistung. Hier zeigen die vorliegenden Ergebnisse im Bereich der Reproduktionsaufgaben keine signifikanten Unterschiede durch den Advance Organizer. Für die Risikogruppen mit einer unterdurchschnittlichen kognitiven Leistung wird ein kleiner, nicht signifikanter Effekt ($d_{korr} = .32$) erkennbar. Im Bereich der Anwendungsaufgaben werden hingegen signifikante Unterschiede in der Behaltensleistung für Schülerinnen und Schüler unter Risikobedingungen deutlich: Bei einer unterdurchschnittlichen spezifischen oder allgemeinen Mathematikleistung zeigen sich kleine bis mittlere Effekte ($.24 \leq d_{korr} \leq .66$). Die Alternativhypothese kann somit angenommen werden. Für Schülerinnen und Schüler unter Risikobedingungen stellt das Lernen mit dem Advance Organizer im Mathematikunterricht eine geeignete Unterstützung zur besseren Speicherung und langfristigen Verfügbarkeit der gelernten Informationen dar. Der Advance

Organizer erleichtert folglich die gezielte Verknüpfung neuer Informationen mit bereits vorhandenen, sodass diese langfristig abgerufen werden können (Ausubel et al., 1980). Damit ist der Advance Organizer eine geeignete Methode zur universellen Unterstützung im Mathematikunterricht, sodass Schülerinnen und Schüler mit ungünstigen Lernvoraussetzungen präventiv gefördert werden (Forbringer & Fuchs, 2012; Lembke et al., 2012).

Im Prä-Follow-Up II-Vergleich:

$H_0^{IIc}: \mu_{EGuR.BE.allg} \leq \mu_{KGuR.LE.allg} \quad H_1^{IIc}: \mu_{EGuR.LE.allg} > \mu_{KGuR.LE.allg}$

Für Schülerinnen und Schüler unter Risikobedingungen zeigen sich generell keine Unterschiede in der Entwicklung der allgemeinen Mathematikleistung durch das Lernen mit dem Advance Organizer. Gleichzeitig werden geringfügige Tendenzen deutlich: Im Bereich der Multiplikations- und Divisionsaufgaben erfolgt ein Zuwachs mit kleinen bis mittleren, aber nicht signifikanten Effekten ($.22 \leq d_{korr} \leq .66$). Einzig für Schülerinnen und Schüler mit einer reduzierten kognitiven Leistung wird ein signifikanter Unterschied mit einem mittleren Effekt ($d_{korr} = .66$) in der Divisionsleistung erreicht. Dennoch muss die Nullhypothese beibehalten werden. Das Rechnen und Umrechnen mit Zeiteinheiten und der zusätzlichen Präsentation des Advance Organizer führen dennoch zu einer größeren Unterstützung in der Multiplikations- und Divisionsleistung für Schülerinnen und Schüler unter Risikobedingungen. Da die Divisionsleistungen einen großen Prädiktor für spätere schulische Mathematikleistungen darstellen (Siegler et al., 2012), ist dieses Ergebnis von besonderer Bedeutung. Für Schülerinnen und Schüler mit ungünstigen Lernvoraussetzungen kann der Advance Organizer tendenziell bedeutsam für die Entwicklung in den allgemeinen Mathematikfertigkeiten sein.

Wirksamkeit unter Kontrolle des Lernverhaltens

Die Analyse des Lernverhaltens als Moderator basiert auf der folgenden Hypothese:

Das Lernverhalten moderiert bei der Präsentation des Advance Organizer geringer die spezifische Mathematikleistung (gemessen mit dem Wissensquiz) im Prä-Post- und im Post- Follow-Up I-Follow-Up II-Vergleich sowie die allgemeine Mathematikleistung (gemessen mit dem HRT 1-4) im Prä-Follow-Up II-Vergleich im Vergleich zu der Moderation ohne Vorwissensaktivierung.

Im Prä-Post-Vergleich:

$H_0^{IIIa}: \beta_{EG^*LV.LE.spez} \geq \beta_{KG^*LV.LE.spez} \quad H_1^{IIIa}: \beta_{EG^*LV.LE.spez} < \beta_{KG^*LV.LE.spez}$

Im Post-Follow-Up I-Follow-Up II-Vergleich:

$H_0^{IIIb}: \beta_{EG^*LV.BE.spez} \geq \beta_{KG^*LV.BE.spez} \quad H_1^{IIIb}: \beta_{EG^*LV.BE.spez} < \beta_{KG^*LV.BE.spez}$

Die inferenzstatistischen Ergebnisse belegen, dass das Lernverhalten für das Lernen sowie Behalten spezifischer Mathematikleistungen keinen Moderator darstellt. Dies gilt für beide Untersuchungsgruppen gleichermaßen, sodass die Nullhypothesen weiterhin gelten. Dennoch sind sowohl das spezifische Vorwissen als auch das Lernverhalten voneinander unabhängige, signifikante Prädiktoren für die spezifischen Leistungen zum Post-, Follow-Up I- sowie

Follow-Up II-Test. Schülerinnen und Schüler mit einem reduzierten spezifischen Vorwissen und einem ungünstigen Lernverhalten erzielen zu allen Nachtestungen geringere Ergebnisse im Vergleich zu den Schülerinnen und Schülern mit einem guten Vorwissen und gutem Lernverhalten. Das Gewicht dieser Prädiktoren, d.h. die Größe des Zusammenhangs mit den Leistungen in den Nachtestungen im Wissensquiz, verändert sich jedoch: Das spezifische Vorwissen steht in einem großen Zusammenhang zu den Leistungen im Wissensquiz zum Post- sowie Follow-Up I-Test ($.50 \leq \beta \leq .53$) und bestätigt damit die Bedeutung des Vorwissens für Lernprozesse (W. Schneider et al., 1989; Helmke, 1997; Bransford et al., 2000). Zum vierten Messzeitpunkt wird dieser Zusammenhang zwischen dem Vorwissen und den spezifischen Mathematikleistungen deutlich geringer ($\beta = .31$). Der Zusammenhang zwischen dem Lernverhalten und den Leistungen im Wissensquiz variiert hingegen nur geringfügig über die Messzeitpunkte ($.16 \leq \beta \leq .23$). Das Lernverhalten als stabiler Prädiktor sollte in zukünftigen Erhebungen zusätzlich erhoben werden. Zudem könnte der Zusammenhang des Lernverhaltens auf unterschiedliche Anforderungsbereiche in der Lern- und Behaltensleistung untersucht werden. Die bisherigen Forschungen betrachten die differenzierte Wirksamkeit des Advance Organizer lediglich für Schülerinnen und Schüler mit einem geringen Vorwissen oder geringen Fähigkeiten (Luiten et al., 1980; Lott, 1983; Stone, 1983). Das Lernverhalten als Bedingungsfaktor wird bisher nicht berücksichtigt. Die tendenziellen Unterschiede in den Anwendungsleistungen durch den Advance Organizer könnten hinsichtlich des Einflusses des Lernverhaltens differenzierter betrachtet werden.

Im Prä-Follow-Up II-Vergleich:

$H_0^{IIIc}: \beta_{EG^*LV.BE.allg} \geq \beta_{KG^*LV.BE.allg} \quad H_1^{IIIc}: \beta_{EG^*LV.BE.allg} < \beta_{KG^*LV.BE.allg}$

Die Ergebnisse der allgemeinen Mathematikleistung zum vierten Messzeitpunkt werden neben den Prätestergebnissen im HRT 1-4 und dem Lernverhalten auch durch die Interaktion des HRT 1-4 und dem Lernverhalten vorhergesagt. Somit stellt das Lernverhalten hinsichtlich der Entwicklung in den allgemeinen Mathematikfertigkeiten ein Moderator dar. Die Moderatoranalyse ergibt jedoch keinen signifikanten Unterschied aufgrund des Advance Organizer, sodass die Nullhypothese angenommen werden muss. Der größte Zusammenhang wird zwischen den Prä- und Follow-Up II-Ergebnissen im HRT 1-4 deutlich ($\beta = .86$). Demzufolge wird wieder die Bedeutung des Vorwissens für weitere Lernprozesse bestätigt (W. Schneider et al., 1989; Helmke, 1997; Bransford et al., 2000). Lediglich ein geringer Zusammenhang zeigt sich durch das Lernverhalten ($\beta = .07$). Diese beiden Prädiktoren stehen in einem positiven Zusammenhang zu den Ergebnissen im HRT 1-4. Dies bedeutet, dass bei einer positiven Veränderung der Prätestergebnisse im HRT 1-4 oder im Lernverhalten eine positive Veränderung in der allgemeinen Mathematikleistung im Follow-Up II erkennbar wird. Das Gewicht des Moderators erreicht hingegen einen negativen Wert ($\beta = -.06$). Für Schülerinnen und Schüler mit einem ungünstigen Lernverhalten liegt folglich ein größerer Zusammenhang in den allgemeinen Mathematikleistungen zwischen der ersten und der vierten Erhebung vor als für Schülerinnen und Schüler mit einem gutem Lernverhalten. Möglicherweise werden durch den strukturierten Mathematikunterricht, in dem effektive Methoden

zur Unterstützung bei Schwierigkeiten im Lernen mathematischer Inhalte eingesetzt werden, die Schülerinnen und Schüler mit ungünstigen Lernvoraussetzungen in höherem Maße gefördert. Der präventive Einsatz effektiver Unterrichtsmethode für das Lernen sowie Behalten mathematischer Inhalte (Kapitel 3.3.2) ist somit zielführend.

Wirksamkeit in Kombination mit Übungsstunden

Die Analyse und Interpretation der Daten basiert auf folgender Annahme:

Schülerinnen und Schüler, die an der Präsentation des Advance Organizer und an Übungsstunden teilnehmen, profitieren in den spezifischen Mathematikleistungen (gemessen mit dem Wissensquiz) im Prä-Post-Vergleich und im Post-Follow-Up I-Follow-Up II-Vergleich sowie in der allgemeinen Mathematikleistung (gemessen mit dem HRT 1-4) im Prä-Follow-Up II-Vergleich stärker vom Advance Organizer als Schülerinnen und Schüler, die keine Vorwissensaktivierung, jedoch Übungsstunden erhalten.

Im Prä-Post-Vergleich:

$H_0^{IVa}: \mu_{EG.LE.spez} \leq \mu_{KG.LE.spez}$ $\quad$ $H_1^{IVa}: \mu_{EG.LE.spez} > \mu_{KG.LE.spez}$

Die Analyse des Lernzuwachs durch den Mathematikunterricht mit den Übungsstunden führt durch Ergänzung des Advance Organizer zu keinem signifikanten Unterschied, aber zu einem kleinen Effekt ($d_{korr} = .37$). Signifikante Unterschiede werden auch nicht in den Reproduktions- und Anwendungsaufgaben erreicht. Dennoch zeigt sich auch hier ein tendenzieller Unterschied mit kleinen bis mittleren Effekten ($.24 \leq d_{korr} \leq .60$). Insgesamt muss die Nullhypothese beibehalten werden. Die Kombination des Advance Organizer mit dem Mathematikunterricht und den Übungsstunden ähnelt dem Aufbau der direkten Instruktion (Forbringer & Fuchs, 2012). Dennoch können die hohen Effekte für diese Methode (Kroesbergen & Luit, 2003; Gersten, Chard, et al., 2009) in der vorliegenden Arbeit nicht erreicht werden. Die Ursachen können einerseits in einer zu geringeren Anpassung der Interventionen an die Fähigkeiten der Schülerinnen und Schüler und andererseits in einer ungünstigen Verknüpfung der verschiedenen Interventionen liegen.

Im Post-Follow-Up I-Follow-Up II-Vergleich:

$H_0^{IVb}: \mu_{EG.BE.spez} \leq \mu_{KG.BE.spez}$ $\quad$ $H_1^{IVb}b: \mu_{EG.BE.spez} > \mu_{KG.BE.spez}$

Der Einsatz des Advance Organizer zusammen mit dem Mathematikunterricht und den Übungsstunden führt zu keinem zusätzlichen Effekt in den Behaltensleistungen. Es liegen sowohl im gesamten Wissensquiz als auch für die verschiedenen Anforderungsbereiche keine Effekte vor. Es gilt weiterhin die Nullhypothese. Auffällig ist jedoch, dass in beiden Gruppen nach dem Follow-Up I eine Leistungsreduktion erkennbar ist. Diese Entwicklung wird weder für die Gruppe, die nur den Mathematikunterricht erhalten hat, noch für die Gruppe, die mit dem Advance Organizer und dem Mathematikunterricht gelernt haben, sichtbar (Kapitel 7.2). Ein Vergleich der vier Gruppen sollte durchgeführt werden, um mögliche Erklärungen für diesen Unterschied zu finden. Hinsichtlich der Behaltensleistung zeigt sich insgesamt keine zusätzliche Unterstützung des Advance Organizer. Der Grund könnte wiederum die zu geringe Passung des

Advance Organizer zu den individuellen Lernvoraussetzungen sowie zwischen den verschiedenen Interventionen sein. In zukünftigen Forschungen müsste untersucht werden, wie eine geeignete Verknüpfung des Advance Organizer mit weiteren Lernphasen erreicht werden kann und welche Effekte dies erzielt.

Im Prä-Follow-Up II-Vergleich:

$H_0^{IVc}: \mu_{EG.BE.allg} \leq \mu_{KG.LE.allg}$ $\quad$ $H_1^{IVc}: \mu_{EG.LE.allg} > \mu_{KG.LE.allg}$

Keine signifikanten Unterschiede sowie keine zusätzlichen Effekte werden in der Entwicklung der allgemeinen Mathematikleistung durch den Advance Organizer erreicht, sodass weiterhin die Nullhypothese gilt. Diese Befunde ergänzen die Ergebnisse hinsichtlich der spezifischen Mathematikleistung. Der Einsatz des Advance Organizer führt zu keiner positiveren Entwicklung.

Für die differenzierte Analyse der Wirksamkeit des Advance Organizer in Kombination mit Übungsstunden für Schülerinnen und Schüler unter Risikobedingungen ist vorab folgende Hypothese formuliert worden:

Schülerinnen und Schüler unter Risikobedingungen, die an der Präsentation des Advance Organizer und an Übungsstunden teilnehmen, profitieren in den spezifischen Mathematikleistungen (gemessen mit dem Wissensquiz) im Prä-Post-Vergleich und im Post-Follow-Up I-Follow-Up II-Vergleich sowie in der allgemeinen Mathematikleistung (gemessen mit dem HRT 1-4) im Prä-Follow-Up II-Vergleich stärker vom Advance Organizer als Schülerinnen und Schüler unter Risikobedingungen, die keine Vorwissensaktivierung, jedoch Übungsstunden erhalten.

Im Prä-Post-Vergleich:

$H_0^{Va}: \mu_{EGuR.LE.spez} \leq \mu_{KGuR.LE.spez}$ $\quad$ $H_1^{Va}: \mu_{EGuR.LE.spez} > \mu_{KGuR.LE.spez}$

Hinsichtlich des Lernzuwachs zeigt sich für Schülerinnen und Schüler unter Risikobedingungen ein Gewinn durch den Advance Organizer: Für Schülerinnen und Schüler mit einer unterdurchschnittlichen allgemeinen Mathematikleistung zeigt sich ein signifikanter, mittlerer Effekt ($d_{korr} = .64$). Für die Schülerinnen und Schüler mit einem geringen spezifischen Vorwissen wird kein signifikanter Unterschied, aber ein kleiner Effekt ($d_{korr} = .29$) erreicht. Hinsichtlich der Reproduktionsaufgaben erreichen die Schülerinnen und Schüler mit einer geringen allgemeinen Mathematikleistung einen nicht signifikanten, dennoch deutlichen Lernzuwachs mit einem mittleren Effekt ($d_{korr} = .64$). Schülerinnen und Schüler mit einem geringen spezifischen Vorwissen erreichen einen ähnlichen Zuwachs, dieser unterscheidet sich jedoch nicht von dem Lernen ohne Advance Organizer. Eine positivere Entwicklung in den Lernleistungen wird auch in den Anwendungsaufgaben deutlich: In beiden Risikogruppen werden keine signifikanten Unterschiede erreicht. Aber es zeigt sich ein größerer Lernzuwachs mit einem mittleren bis großem Effekt ($.50 \leq d_{korr} \leq .90$). Da keine signifikanten Unterschiede erreicht werden, muss die Nullhypothese weiterhin angenommen werden. Dennoch belegen die Ergebnisse, dass der Advance Organizer eine zusätzliche Unterstützung für Schülerinnen und Schüler mit ungünstigen Lernvoraussetzungen bietet. Die ermittelten Effekte für die Risikogruppe sind deutlich höher als bisherige Forschungsergebnisse (Luiten et al., 1980; Lott, 1983; Stone, 1983). Die Kombination des Advance Organizer mit Übungsstunden

kann somit für die ausgewählte Subgruppe eine mögliche Steigerung in der Effektivität dieser Methode darstellen. Weitere Forschungen sind nötig, um eine geeignete Verknüpfung beider Methoden zu analysieren und bezüglich der Wirksamkeit zu überprüfen. Diese Ergebnisse bestätigen gleichzeitig die hohe Effektivität der direkten Instruktion für Schülerinnen und Schüler mit Schwierigkeiten in den mathematischen Fertigkeiten (Kroesbergen & Luit, 2003; Gersten, Chard, et al., 2009): Die Kombination des Advance Organizer mit dem Mathematikunterricht und den Übungsstunden entspricht dem generellen Aufbau der direkten Instruktion und kann somit als konkretes Umsetzungsbeispiel für die Methode gesehen werden.

Im Post-Follow-Up I-Follow-Up II-Vergleich:

$H_0^{Vb}: \mu_{EGuR.BE.spez} \leq \mu_{KGuR.BE.spez} \quad H_1^{Vb}b: \mu_{EGuR.BE.spez} > \mu_{KGuR.BE.spez}$

In den Behaltensleistungen zeigen sich für die Risikogruppen in Abhängigkeit vom Advance Organizer keine signifikanten Unterschiede. Während für Schülerinnen und Schüler mit einem geringen spezifischen Vorwissen kleine Effekte ($.32 \leq d_{korr} \leq .37$) auftreten, werden für Schülerinnen und Schüler mit einer unterdurchschnittlichen allgemeinen Mathematikleistung keine Effekte sichtbar. Hinsichtlich der Reproduktions- und Anwendungsaufgaben wird keine weitere differentielle Wirksamkeit durch den Advance Organizer sichtbar. Zusammenfassend muss die Alternativhypothese abgelehnt werden. Die Kombination der Interventionen und der Einsatz des Advance Organizer führen hinsichtlich der Behaltensleistung zu keinem zusätzlichen Gewinn. In den Subgruppen ist wie in der Gesamtgruppe eine negative Tendenz von der ersten zur zweiten Follow-Up-Erhebung sichtbar. Durch den Einsatz des Advance Organizer gelingt somit keine bessere Verankerung und längerfristige Speicherung der Lerninhalte entgegen der Theorie (Ausubel et al., 1980). Ein Vergleich dieser Untersuchungsgruppen mit der Kontroll- und der Experimentalgruppe, die den Advance Organizer ohne Übungsstunden erhalten hat, bietet sich an, um diese Unterschiede differenzierter zu prüfen. Gründe für diese Entwicklung liegen möglichweise in einer zu geringen Anpassung der Interventionen an die Lernvoraussetzungen der Schülerinnen und Schüler unter Risikobedingungen.

Im Prä-Follow-Up II-Vergleich:

$H_0^{Vc}: \mu_{EGuR.BE.allg} \leq \mu_{KGuR.LE.allg} \quad H_1^{Vc}: \mu_{EGuR.LE.allg} > \mu_{KGuR.LE.allg}$

Die allgemeine Mathematikleistung wird durch den zusätzlichen Einsatz des Advance Organizer zum Mathematikunterricht mit Übungsstunden nicht signifikant verändert. Geringfügige Tendenzen werden in den Aufgaben zur Multiplikation, Division und zum Größer-Kleiner-Vergleich deutlich: Durch den Advance Organizer wird ein größerer Lernzuwachs mit einem kleinen Effekt erzielt ($.27 \leq d_{korr} \leq .40$). Insgesamt gilt weiterhin die Nullhypothese. Für Schülerinnen und Schüler unter Risikobedingungen zeigt sich für die Entwicklung in der allgemeinen Mathematikleistung kein ergänzender Effekt durch den Einsatz des Advance Organizer.

Zusammenfassung

Um einen Vergleich der vielfältigen Ergebnisse der verschiedenen Hypothesenkomplexe zu ermöglichen, werden diese nachfolgend zusammengefasst. Zum einen werden der erste und der zweite Hypothesenkomplex nebeneinander gestellt (Tabelle 55). Dies sind die Gesamtgruppe sowie die Subgruppen, die den Mathematikunterricht und ggf. den Advance Organizer erhalten haben. Für diese Gruppen zeigt sich ein Vorteil des Advance Organizer besonders in den Behaltensleistungen. Zum anderen werden der vierte und fünfte Hypothesenkomplex (Tabelle 56) gegenüber gestellt. Dies sind die Ergebnisse für die Schülerinnen und Schüler, die neben dem Mathematikunterricht zusätzlich Übungseinheiten und ggf. den Advance Organizer erhalten haben. Die Wirksamkeit des Advance Organizer zeigt sich für diese Gruppen besonders in der Lernleistung. Die negativen Effekte, die eine höhere Leistung der jeweiligen Vergleichsgruppe ohne Advance Organizer verdeutlichen, werden nicht entsprechend der Höhe des Effektes farblich markiert. Diese Ergebnisse verdeutlichen nicht die negative Entwicklung dieser Gruppe, sondern zeigen nur einen geringeren Zuwachs. Dies bedeutet, dass bereits der Mathematikunterricht ohne Advance Organizer bzw. der Mathematikunterricht mit Übungsstunden und ohne Advance Organizer lernförderlich sind.

Aus den Ergebnissen der Moderatoranalysen werden die signifikanten Prädiktoren für die verschiedenen Outcomemaße grafisch zusammengefasst (Abbildung 52). Zu berücksichtigen ist, dass die Ergebnisse durch verschiedene Regressionsanalysen ermittelt werden und nicht einer Pfadanalyse bzw. einem Strukturgleichungsmodell (Sedlmeier & Renkewitz, 2013, S. 663) entsprechen. Die standardisierten Regressionsgewichte verdeutlichen einen größeren Einfluss des Vorwissens als das Lernverhalten unabhängig von dem Einsatz des Advance Organizer.

Tabelle 55 - Vergleich der Effekte für Hypothesenkomplex I und II

	Outcomemaße	Hypothesenkomplex I			Hypothesenkomplex II Risikogruppe I			Hypothesenkomplex II Risikogruppe II			Hypothesenkomplex II Risikogruppe III		
		H_1	d_{korr}	Power	H_1	d_{korr}	Power	H_1	d_{korr}	Power	H_1	d_{korr}	Power
Lernen	spezifische Mathematikleistung												
	Gesamtleistung	-	.10		-	-.03		-	.34		-	-.01	
	Wissensreproduktion	-	.00		-	-.05		-	-.02		-	-.29	
	Wissensanwendung	-	.07		-	.00		-	.28		-	.15	
Behalten I	spezifische Mathematikleistung												
	Gesamtleistung	-	.20		-	.65		-	.18		-	.44	
	Wissensreproduktion	-	-.06		-	.32		-	-.04		-	.07	
	Wissensanwendung	*	.33	.915	-	.66		-	.29		*	.54	.754
Behalten II	spezifische Mathematikleistung												
	Gesamtleistung	-	.12		-	.63		-	.12		-	.37	
	Wissensreproduktion	-	-.08		-	.11		-	-.18		-	-.20	
	Wissensanwendung	-	.29		-	.49		-	.24		-	.66	
	allgemeine Mathematikleistung												
	Addition	-	.00		-	-.25		-	-.01		-	-.14	
	Subtraktion	-	-.01		-	-.22		-	.03		-	-.09	
	Multiplikation	-	.10		-	.32		-	.24		-	.32	
	Division	-	-.06		*	.66	.969	-	-.03		-	.22	
	Größer-Kleiner-Vergleich	-	-.02		-	.30		-	.09		-	.08	

Anmerkung: H_1* = signifikantes Ergebnis nach α-Adjustierung, grün = kleiner Effekt ($d \geq 0.2$), orange = mittlerer Effekt ($d \geq 0.5$), rot = großer Effekt ($d \geq 0.8$)

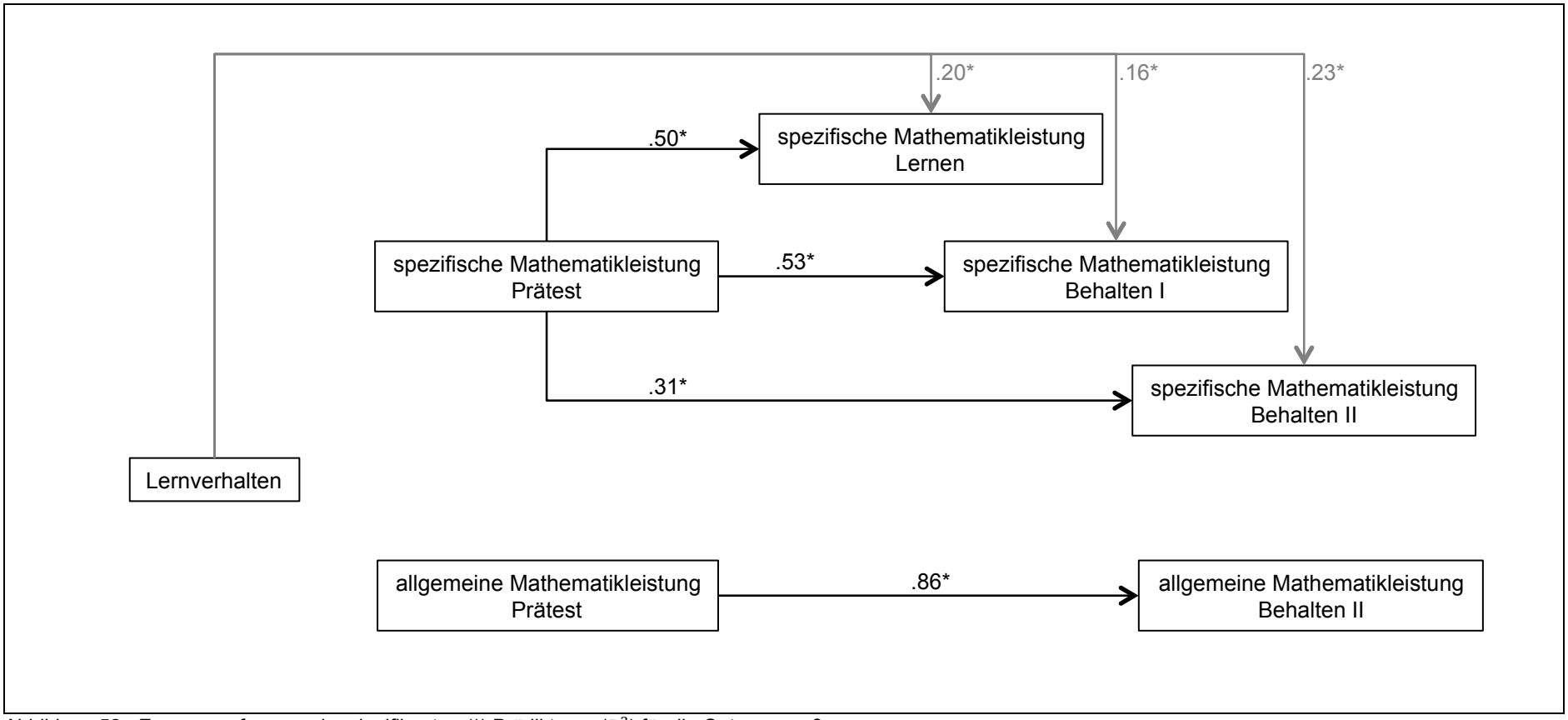


Abbildung 52 - Zusammenfassung der signifikanten (*) Prädiktoren (R^2) für die Outcomemaße

Tabelle 56 - Vergleich der Effekte für Hypothesenkomplex IV und V

	Outcomemaße	Hypothesenkomplex IV			Hypothesenkomplex V Risikogruppe II			Hypothesenkomplex V Risikogruppe III		
		H_1	d_{korr}	Power	H_1	d_{korr}	Power	H_1	d_{korr}	Power
Lernen	spezifische Mathematikleistung									
	Gesamtleistung	-	.37		*	.64	.999	-	.26	
	Wissensreproduktion	-	.24		-	.64		-	-.25	
	Wissensanwendung	-	.60		-	.90		-	.50	
Behalten I	spezifische Mathematikleistung									
	Gesamtleistung	-	.19		-	.12		-	.37	
	Wissensreproduktion	-	.11		-	-.33		-	.24	
	Wissensanwendung	-	-.21		-	-.24		-	-.21	
Behalten II	spezifische Mathematikleistung									
	Gesamtleistung	-	.00		-	.15		-	.32	
	Wissensreproduktion	-	.05		-	-.20		-	.25	
	Wissensanwendung	-	-.11		-	.09		-	-.12	
	allgemeine Mathematikleistung									
	Addition	-	-.08		-	-.16		-	-.24	
	Subtraktion	-	.04		-	-.01		-	.08	
	Multiplikation	-	.01		-	.27		-	.10	
	Division	-	.18		-	.33		-	.40	
	Größer-Kleiner-Vergleich	-	.06		-	.33		-	.08	

Anmerkung: H_1* = signifikantes Ergebnis nach α-Adjustierung, grün = kleiner Effekt ($d \geq 0.2$), orange = mittlerer Effekt ($d \geq 0.5$), rot = großer Effekt ($d \geq 0.8$)

8.2 Methodenkritische Reflexion

Die durchgeführte Untersuchung soll nachfolgend methodisch hinsichtlich des Forschungsdesigns, der Erhebungsinstrumente, der Durchführung und der Auswertungsstrategien sowie inhaltlich bezüglich der Interventionen kritisch reflektiert werden. Zukünftige Forschungen bzw. Replikationen könnten diese Aspekte begründet beibehalten oder optimieren.

Forschungsdesign

+ Positiv hervorzuheben ist das starke Design dieser Erhebung, sodass eine gute interne und externe Validität erfüllt werden. Die randomisierte Zuordnung der Schülerinnen und Schüler einer Klasse zu den Untersuchungsgruppen (Kapitel 6.2, Abbildung 26) ermöglicht eine angemessene Gleichverteilung verschiedener Kriterien zwischen den Gruppen, sodass personenbezogene Störvariablen in geeigneter Weise kontrolliert werden können. Die Felduntersuchung ermöglicht die Berücksichtigung der natürlichen Umgebung der Schülerinnen und Schüler, sodass auch die externe Validität als gut bewertet werden kann und generalisierbare Aussagen möglich sind.
+ Die kriteriengeleitete Randomisierung mittels des spezifischen Vorwissens, welches durch das Wissensquiz (Kapitel 6.3.1) erhoben wird, ist passend gewählt. Dieses Kriterium führt zu einer annähernden gleichen Verteilung der weiteren Kriterien, wie allgemeine Mathematikleistung, Intelligenz und Lernverhalten.

- Aufgrund der Randomisierung der Schülerinnen und Schüler einer Klasse in unterschiedliche Untersuchungsgruppen besteht eine Wahrscheinlichkeit, dass ein Austausch über die verschiedenen Interventionen stattfindet, der jedoch nicht kontrolliert werden kann. Dies könnte zu einer Diffusion der verschiedenen Untersuchungsbedingungen (Schnell et al., 2011, S. 211) führen. In einer Replikationsstudie könnte die Randomisierung auf Klassenebene erfolgen, um diese mögliche Störung zu kontrollieren und die Auswirkung auf die ermittelten Effekte zu untersuchen.
- In der vorliegenden Untersuchung erhält keine Gruppe ausschließlich den Advance Organizer, sondern die Wirksamkeit des Advance Organizer wird stets im Zusammenhang mit dem Mathematikunterricht erhoben. Aufgrund der praktischen Relevanz dieser Methode für die Gestaltung von Unterricht, in dem klassisch eine Einstiegs-, Erarbeitungs- und Abschlussphase enthalten sind, ist dieses Vorgehen empfehlenswert. Aus forschungstheoretischer Perspektive ist eine unabhängige Untersuchung des Advance Organizer vom Unterricht interessant, um die alleinige Wirksamkeit dieser Methode unter Ausschluss möglicher Störvariablen der weiteren Interventionen zu untersuchen. Des Weiteren sollte eine Kontrollgruppe einbezogen werden, die nicht den vorbereiteten Mathematikunterricht durch die Studierenden erhält. Ein Vergleich mit einer Gruppe, die zum selben Thema von der regulären Lehrkraft unterrichtet wird, könnte weitere Effekte aufzeigen.

- Die verspätete Absage einer Schule zur generellen Teilnahme am Projekt sowie die Ablehnung der Durchführung der Übungsstunden einer weiteren Schule führen zu einer ungleichen Verteilung der Schülerinnen und Schüler auf die vier Untersuchungsgruppen. Dieser Unterschied im Umfang der Teilstichproben erschwert einen Vergleich zwischen den vier Gruppen. Eine Generierung einer Zufallsstichprobe aus den umfangreicheren Teilstichproben wäre eine Strategie, um einen angemessenen Vergleich zwischen den vier Gruppen zu ermöglichen.

Erhebungsinstrumente

+ Die Kombination aus standardisierten und selbstkonstruierten Erhebungsinstrumenten stellt eine geeignete Vorgehensweise dar, um sowohl proximale als auch distale Outcomemaße bestmöglich zu erheben.
+ Der Einsatz von wenigen Erhebungsinstrumenten, die entsprechend der Ziel- und Fragestellung begründet ausgewählt werden, ist empfehlenswert. Zu allen vier Messzeitpunkten ist keine Überforderung der Schülerinnen und Schüler bzw. der Lehrkräfte zu verzeichnen. Diese zeitlich begrenzte Erhebung kann ohne Schwierigkeit in den Unterrichtsalltag an den teilnehmenden Schulen integriert werden.

- Der Test zur Erfassung der spezifischen Mathematikleistung (Kapitel 6.3.1) erfüllt nicht in vollem Umfang die Gütekriterien, sodass Messfehler in den Messungen auftreten können (Schnell et al., 2011, S. 211). In einer Replikationsstudie sollten zu den verschiedenen Erhebungszeitpunkten abwechselnd die Parallelformen des verwendeten Subtests aus dem SBL II (Kautter et al., 2002) verwendet werden.
- Der Einsatz des Wissensquiz könnte bereits zu einer Sensitivierung für das Thema der Intervention geführt und dadurch weitere Ergebnisse beeinflusst haben (Schnell et al., 2011, S. 210). Callihan und Bell (1978, S. 435) führen diesbezüglich an, dass ein Prätest bereits als Advance Organizer fungieren könnte. In weiteren Forschungen könnte adäquat zum Solomon-Vier-Gruppen-Plan (Rost, 2013, S. 145f.) eine Untersuchungsgruppe lediglich die Intervention und die Posttestung erhalten.
- Die Bedeutung des Intelligenzquotienten ist sowohl im Vergleich zum Vorwissen als auch mit zunehmender Jahrgangsstufe hinsichtlich der schulischen Leistungen als gering einzuschätzen (Kapitel 2.3). In zukünftigen Erhebungen sollte statt eines Intelligenztests, ein Erhebungsinstrument zur Erfassung der sprachlichen Fähigkeiten eingesetzt werden. Aktuelle Befunde (Willcutt et al., 2013; Cirino, Fuchs, Elias, Powell & Schumacher, 2015) bestätigen den hohen Zusammenhang zwischen den sprachlichen und mathematischen Leistungen, sodass die Wirksamkeit des Advance Organizer für die mathematischen Fertigkeiten in Abhängigkeit der sprachlichen Kompetenz untersucht werden kann.
- Eine zusätzliche Befragung der Schülerinnen und Schüler, denen der Advance Organizer präsentiert wird, wäre in weiteren Untersuchungen empfehlenswert. Einerseits könnte eine Bewertung hinsichtlich der

Gestaltungsprinzipien erfragt werden, sodass die Passung zwischen Konzeptionierung und Zielerreichung untersucht werden kann. Andererseits wäre eine Bewertung hinsichtlich des Nutzens des Advance Organizer für das Lernen in den einzelnen Unterrichtsstunden bzw. in der gesamten Unterrichtseinheit aufschlussreich.

- Störfaktoren, die nach der Umsetzung der Intervention Einfluss auf die Ergebnisse nehmen, könnten durch eine Befragung der Lehrkräfte der jeweiligen Klassen besser kontrolliert werden. Die ermittelten Ergebnisse werden möglicherweise durch eine weiterführende Thematisierung des Interventionsinhalts beeinflusst.

Interventionen

+ Die Erstellung des Advance Organizer anhand der neuformulierten Konstruktionsschritte und Gestaltungsprinzipien (Kapitel 4.3.2) ist als sehr praktikabel einzuschätzen und sollte in weiteren Studien zu Untersuchung der Wirksamkeit des Advance Organizer Verwendung finden.
+ Ziel des Mathematikunterrichts und der Übungsstunden ist die Unterstützung aller Schülerinnen und Schüler, sodass es sich um eine universelle Maßnahme handelt. Die Umsetzung dieser Interventionen konnte sehr gut in den Unterrichtsalltag der verschiedenen Schulen und Klassen integriert werden. Bei der Durchführung der Studie wurden die vorhandenen Gruppenzusammensetzungen sowie der ritualisierte Tagesablauf beibehalten. Dies führt zu einer guten externalen Validität der vorliegenden Studie (Rost, 2013, S. 128).

- Die Konzeptionierung der Interventionen konnte aus organisatorischen Gründen nicht in Abhängigkeit zu den individuellen Voraussetzungen der Schülerinnen und Schüler der umfangreichen Stichprobe erfolgen, sodass unterschiedliche Problem entstehen: Einerseits liegt im Wissensquiz zum Prätest-Zeitpunkt teilweise ein Deckeneffekt vor, d.h. einige Schülerinnen und Schüler erreichen bereits vor der Unterrichtseinheit die Höchstpunktzahl. Andererseits kann in der Konstruktion sowie in der Gestaltung des Advance Organizer nicht das individuelle Vorwissen berücksichtigt werden. In späteren Erhebungen sollten die Lehrkräfte vor der Konzeptionierung der Interventionen gebeten werden, eine Mind Map oder Begriffslisten von den Schülerinnen und Schüler zu dem jeweiligen Themenfeld anfertigen zu lassen, um darauf aufbauend eine gute Passung zwischen den Lernvoraussetzungen und Interventionszielen zu erreichen. Zudem wäre für die Konzeptionierung der verschiedenen Interventionen eine Zusammenarbeit mit den mitwirkenden Lehrkräften der verschiedenen Schulen empfehlenswert.
- Verbindendes Element der Interventionen ist das Thema Zeit, welche aus verschiedenen Gründen für diese Erhebung gewählt wurde (Kapitel 6.4). Kritisch anzumerken ist, dass für das Lernen dieser Themeninhalte eine entsprechende sprachliche Kompetenz notwendig ist. Darüber hinaus erfolgt die Vermittlung dieses Themengebietes teilweise in Verbindung mit dem Lösen von Sachaufgaben, welches stark abhängig von sprachlichen sowie

metakognitiven Kompetenzen ist. In einer Replikationsstudie sollten die sprachlichen Fähigkeiten der Schülerinnen und Schüler in der Prätestung erhoben werden, sodass eine Kontrolle der Effektivität in Abhängigkeit von der Sprachleistung möglich ist. Um die Wirksamkeit des Advance Organizer zur Lernförderung im Mathematikunterricht zu bestätigen, ist zudem die Anwendung innerhalb weiterer mathematischer Themenfelder notwendig.

- In den Interventionen ist eine große Passung zwischen dem Mathematikunterricht und den Übungsstunden hergestellt worden. Eine derartige Passung wurde zwischen dem Advance Organizer und den Übungsstunden nicht kontrolliert. Für eine zukünftige Replikationsstudie ist bei der Durchführung der Übungsstunden auf eine stärkere Bezugnahme zum Advance Organizer empfehlenswert.
- Die Durchführung der Interventionen erfolgt durch Studentinnen der Universität Oldenburg, die bereits mehrere Unterrichtserfahrungen in Praktika gesammelt haben. Diese Vorgehensweise begünstigt eine gute internale Validität. Dennoch zeigen sich hinsichtlich der Kriterien eines guten Classroom Managements vielfältige Schwierigkeiten, die vorab nicht vollständig antizipiert werden konnten und in Abhängigkeit der individuellen Kompetenzen der Studentinnen unterschiedlich gelöst wurden. In zukünftigen Erhebungen sollte für die Durchführenden eine Vertiefung in die Kriterien eines guten Classroom Managements bspw. nach Emmer und Evertson (2013) erfolgen.
- Die Interventionsdurchführung durch die Studierenden hätte sowohl durch einen Reflexionsbogen sowie durch regelmäßige Supervisionssitzungen intensiver begleitet werden können. Somit wären eine bessere Kontrolle der Umsetzungsqualität der einzelnen Unterrichtsstunden sowie eine frühzeitige Unterstützung bei Umsetzungsproblemen möglich gewesen. Der Einsatz eines standardisierten Reflexionsbogens hätte zudem die statistische Überprüfung von Versuchsleitereffekten ermöglicht.

Auswertungsstrategie

- Für die Auswertung der Daten werden entsprechend der verschiedenen Rechenverfahren lediglich die Fälle berücksichtigt, für die zu den entsprechenden Zeitpunkten Daten vorhanden sind. Folglich werden bei allen Berechnungen immer ein Teil der erhobenen Daten ausgeschlossen. Für eine weitere Analyse der vorliegenden Daten wäre eine Imputation fehlender Daten empfehlenswert (Quatember, 2014).
- Bei der Auswertung der Daten und der Prüfung der Voraussetzungen für die Durchführung der verschiedenen Rechenverfahren wird häufig die Normalverteilung der Daten in der untersuchten Stichprobe nicht erfüllt. Teilweise können die verwendeten Analyseverfahren als robust gegenüber dieser Voraussetzungsverletzung eingeschätzt werden. Dennoch ist zu berücksichtigen, dass eine Abweichung von der Normalverteilung zu Fehlern in den Signifikanztests und somit zu einer höheren Wahrscheinlichkeit eines α- oder β-Fehlers führen kann.

- Die Ergebnisse in dem selbstkonstruierten Erhebungsinstrument, dem Wissensquiz, verdeutlichen bereits in der Prätestung einen Deckeneffekt: Viele Schülerinnen und Schüler erreichen durchschnittliche bis sehr gute Ergebnisse, sodass keine gute Differenzierung in diesem Leistungsbereich vorgenommen werden kann (Bortz & Döring, 2009, S. 182). Demzufolge sollte eine Berechnung der Schwierigkeitsindizes sowie der Trennschärfe der Items vorgenommen werden (Bühner, 2011, S. 216). Die inferenzstatische Auswertung könnte dann mit geeigneten Items wiederholt werden.
- Neben einer theoriebasierten Selektion von Schülerinnen und Schülern unter Risikobedingungen wäre eine statistische Klassifizierung von Subgruppen anhand der Clusteranalyse möglich. Dieses Analyseverfahren ermöglicht eine Gruppenbildung ausgehend von mehreren Merkmalen gleichzeitig (Backhaus, Erichson, Plinke & Weiber, 2011, S. 397). Diese Vorgehensweise würde eine doppelte Berücksichtigung von Schülerinnen und Schüler, die hinsichtlich mehrerer Kriterien einer Risikogruppe zugeordnet werden können, verhindern.

8.3 Folgerungen für Schule und Unterricht

Der Advance Organizer ist eine Unterrichtsmethode zur Aktivierung und Strukturierung des Vorwissens und kann damit als eine geeignete Methode zur Lernförderung genutzt werden. Ein erfolgreicher Lernprozess wird maßgeblich durch das Vorwissen beeinflusst, sodass die Aktivierung des bereits vorhandenen Wissens unerlässlich ist. Der Einstieg in eine Unterrichtsstunde kann mit dem Advance Organizer für eine gesamte Lerngruppe, unberücksichtigt der individuellen Fähigkeiten oder Schwierigkeiten erfolgen. Eine derartige universelle Unterstützung einer heterogenen Lerngruppe stellt in inklusiven Settings eine zentrale Aufgabe dar, sodass hier der Einsatz des Advance Organizer empfehlenswert ist. Die neuformulierten Konstruktionsschritte sowie Gestaltungsprinzipien erleichtern zudem die Anpassung der Methode an die Voraussetzungen der Lerngruppe. Der Einsatz dieser Methode bedarf jedoch einer angemessenen Vorbereitung durch die Lehrkraft: Für die Umsetzung der Konstruktionsschritte müssen sowohl die Inhalte als auch der Aufbau der Unterrichtseinheit vorbereitet sein. Zudem sollte die Lehrkraft das Vorwissen der Schülerinnen und Schüler zu dem Unterrichtsthema einschätzen können, um dies in der Konstruktion des Advance Organizer zu berücksichtigen. Die Gestaltung eines Advance Organizer setzt unterrichtspraktische Erfahrungen voraus, sodass eine Anpassung in geeigneter Weise erfolgen kann. Folglich kann angenommen werden, dass die Qualität und Quantität des Einsatzes durch zunehmende Praxiserfahrungen mit der Methode steigen werden.

Für die Unterstützung bei Schwierigkeiten im Lernen mathematischer Inhalte ist ebenfalls die Aktivierung des Vorwissens bedeutsam sowie hoch effektiv. Der Advance Organizer stellt eine wirksame Methode zur Unterstützung des langfristigen Behaltens dar. Dies gilt auch für Schülerinnen und Schüler mit ungünstigen Lernvoraussetzungen, sodass die Bedeutung dieser Methode für den Unterricht in heterogenen Lerngruppen bestätigt wird. Die Kombination des Advance Organizer mit weiteren, zur Unterstützung des mathematischen

Lernens effektiven Methoden ist unproblematisch. Für Schülerinnen und Schüler mit ungünstigen Lernvoraussetzungen ist die Kombination des Advance Organizer mit zusätzlichen Übungseinheiten für das Lernen und Behalten wirksam. Die positiven Ergebnisse in den Behaltensleistungen durch den Advance Organizer sind für den Mathematikunterricht von besonderer Prägnanz: Die mathematischen Inhalte sind kumulativ aufgebaut, sodass die bereits vorhandenen mathematischen Fähigkeiten, also das Vorwissen, das Lernen weiterer mathematischer Inhalte erheblich beeinflussen. Somit sollte der Advance Organizer für das Lernen der Basiskompetenzen eingesetzt werden, um eine größtmögliche Behaltensleistung dieser Kompetenzen zu erzielen.

Darüber hinaus ist der Advance Organizer flexibel einsetzbar. Neben der ursprünglichen Zielstellung sind folgende Erweiterungen vorstellbar, die jedoch hinsichtlich der Praktikabilität und Wirksamkeit noch überprüft werden müssen:

- Am Ende jeder Unterrichtsstunde können mit dem Advance Organizer eine Zusammenfassung der gelernten Inhalte sowie eine wiederholte Einordnung der neuen Lerninhalte in das Vorwissen erfolgen. Außerdem kann anhand der Struktur des Advance Organizer ein Ausblick auf weitere Themen der kommenden Unterrichtsstunden gegeben werden.
- Nach der Einführung des Advance Organizer und der Vermittlung neuer Inhalte kann eine Überprüfung der individuellen Lernleistungen der Schülerinnen und Schüler anhand des Advance Organizer vorgenommen werden. Der Advance Organizer enthält keine direkten Lerninhalte, sondern lediglich eine geeignete Rahmenstruktur. In einem Gespräch könnten mit dem Advance Organizer die spezifischen Unterrichtsinhalte durch den Lernenden erläutert werden. Eine derartige Feststellung der individuellen Leistungen kann besonders für Schülerinnen und Schüler mit Prüfungsangst eine geeignete Alternative sein.
- Die Konzeptionierung des Advance Organizer kann in Teams von Lehrkräften erfolgen. Dies könnte für Jahrgangsstufenteams den inhaltlichen Austausch sowie die parallele Strukturierung von Unterrichtseinheiten erleichtern. Für Lehrkräfte, die in Tandems in einer Klasse zusammenarbeiten, kann die gemeinsame Konzeptionierung des Advance Organizer eine gemeinsame Ausgangsbasis sein, um nachfolgend differenzierte Lernangebote für die Schülerinnen und Schüler zu planen.

8.4 Ausblick

Die universelle Unterstützung einer heterogenen Lerngruppe, d.h. ein lernförderlicher Unterricht für alle Schülerinnen und Schüler unabhängig der individuellen Unterstützungsbedarfe, ist in inklusiven Settings eine fortwährende Aufgabe bzw. Herausforderung. International werden einige Methode diskutiert sowie evaluiert, die auf der universellen Ebene einsetzbar sind und zudem eine präventive Unterstützung des Lernens leisten. Diese Methoden finden national im Bereich der Unterrichtsforschung sowie zur Unterstützung bei Mathematikschwierigkeiten wenig Aufmerksamkeit. Eine international bekannte und national wenig untersuchte Methode ist der Advance Organizer. Die

Vorwissensaktivierung sowie -strukturierung mit dieser Methode unterstützt besonders die Behaltensleistung im Mathematikunterricht.

Forschungen zum Advance Organizer

Eine Replikation dieser Studie mit wiederholtem Einsatz des vorliegenden Designs und den verwendeten Interventionen ist wünschenswert, um die ermittelten Ergebnisse zu bestätigen (Rost, 2013, S. 258f.). Des Weiteren sollte der Einsatz und die Effektivität des Advance Organizer in weiteren mathematischen Themenfeldern untersucht werden.

Zukünftig sollten die Konstruktionsschritte sowie Gestaltungsprinzipien, die in dieser Arbeit theoriebasiert hergeleitet werden, neben der Sinnhaftigkeit auf die Praktikabilität überprüft werden. Durch eine Fortbildung von Lehrkräften könnte der Einsatz des Advance Organizer vermittelt und die praktische Implementation vorbereitet werden. Eine Befragung der Lehrkräfte, die einen Advance Organizer anhand der festgelegten Kriterien verwenden, könnte Aufschluss über mögliche Verständnis- oder Umsetzungsschwierigkeiten geben. Zudem könnten Experten basierend auf den Konstruktionsschritten und Gestaltungsprinzipien eine Einschätzung der verwendeten Advance Organizer vornehmen, sodass eine Überprüfung der Qualität erfolgt. Dies ermöglicht Rückschlüsse auf vorhandene Schwächen, die in den vorliegenden Konstruktionsschritten und Gestaltungsprinzipien nicht eindeutig kommuniziert werden.

Die Effektivität das Advance Organizer im Vergleich zu Kontrollbedingungen wird in den verschiedenen Metaanalysen (Kapitel 4.5) sowie in der vorliegenden Studie (Kapitel 8.1) bestätigt. In weiteren Untersuchungen sollte die Effektivität des Advance Organizer im Vergleich zu weiteren Methoden der Vorwissensaktivierung oder -strukturierung überprüft werden: Einerseits könnte eine Gegenüberstellung mit anderen Visualisierungsmethoden, wie einem Graphic Organizer (Dexter & Hughes, 2011; Ciullo & Reutebuch, 2013) oder einer Concept Map (Nesbit & Adesope, 2006) erfolgen. Andererseits wäre auch ein Vergleich mit Methoden einer offenen Vorwissensaktivierung (Krause & Stark, 2006) oder weniger lehrer- und stärker schülerzentrierten Vorwissensaktivierungen, wie bspw. der Erstellung einer Mind Map in einer peergestützten Lernformen, möglich.

Forschungsdesign

Das vorliegende Forschungsdesign mit einer kriteriengeleiteten Randomisierung innerhalb einer Klasse (Kapitel 6.2) weist viele forschungsmethodische sowie praktische Vorteile auf. Eine Kontrolle vieler Störvariablen ist möglich, sodass valide Aussagen getroffen werden können. Für die Evaluation von weiteren Unterrichtsmethoden für begrenzte Unterrichtsphasen, wie bspw. der Ergebnissicherung, sollte dieses Design Anwendung finden.

Praxisrelevanz

Die bestätigte Evidenz dieser Unterrichtsmethode sollte Lehrkräften in Fortbildungen präsentiert werden, sodass der Advance Organizer in der alltäglichen Unterrichtspraxis eingesetzt wird. Dabei ist zu beachten, dass der Einsatz derartiger Methoden sowohl von dem Wissen als auch von der Anzahl der bereits besuchten Methodenfortbildungen der Lehrkräfte beeinflusst wird

(Gagnon & Maccini, 2007). Die Einbettung des Advance Organizer in eine Fortbildungsreihe zu effektiven Unterrichtsmethoden zur Unterstützung des Lernens in heterogenen Gruppen könnte somit das Wissen über eine optimale Methodenvielfalt für eine bestmögliche Lernleistung (Helmke, 2009) aufbauen sowie eine effektive Umsetzung des Advance Organizer erzielen.

Die Vorwissensaktivierung mit dem Advance Organizer sollte in der Konzeptionierung von Schulbüchern bzw. Unterrichtsmaterialien Berücksichtigung finden (L. H. T. West & Fensham, 1974; Ausubel et al., 1980), sodass Lehrkräften der Einsatz dieser Methode empfohlen und gleichzeitig erleichtert wird. Die Konstruktionsschritte (Kapitel 4.3.2) könnten dabei größtenteils durch Experten realisiert werden. Aufgabe der Lehrkräfte wäre es dann, die Anpassung an die jeweilige Lerngruppe und eine geeignete Gestaltung des Advance Organizer vorzunehmen.

Mit der vorliegenden Forschungsarbeit zur Wirksamkeit des Advance Organizer kann ein wesentlicher Beitrag für die Umsetzung eines effektiven Unterrichts allgemein sowie spezifisch für den Mathematikunterricht in der Primarstufe mit heterogenen Lerngruppen geleistet werden. Darüber hinaus können viele weitere Forschungsbedarfe sowie -vorhaben aufgezeigt werden, sodass diese Arbeit eine Anregung zur Fortsetzung dieser Forschungen sein soll.

9 Quellenverzeichnis

Alloway, T. P. & Alloway, R. G. (2010). Investigating the Predictive Roles of Working Memory and IQ in Academic Attainment. *Journal of Experimental Child Psychology*, *106*(1), 20–29.

Allsopp, D. H. (1999). Using Modeling, Manipulatives, and Mnemonics with Eight-Grade Math Students. *TEACHING Exceptional Children*, *32*(2), 74–81.

American Psychiatric Association. (2013). *DSM-5. Diagnostic and Statistical Manual of Mental Disorders.* (5. Aufl.). Arlington: American Psychiatric Association.

American Psychological Association (APA). (2002). Criteria for valuating treatment guidelines. *American Psychologist*, *57*(12), 1052–1059.

Andersson, U. (2007). The Contribution of Working Memory to Children's Mathematical Word Problem Solving. *Applied Cognitive Psychology*, *21*, 1201–1216.

Andersson, U. (2008). Working Memory as a Predictor of Written Arithmetical Skills in Children: the Importance of Central Executive Functions. *The British Journal of Educational Psychology*, *78*, 181–203.

Ardoin, S. P., Witt, J. C., Connell, J. E. & Koenig, J. L. (2005). Application of a three-tiered response to intervention model for instructional planning, decision making, and the identification of children in need of services. *Journal of Psychoeducational Assessment*, *23*, 362–380.

Arthur, R., Francis, H. G. & Pasetti, P. (Hrsg.). (2005). Die drei ??? und der seltsame Wecker. Hamburg: BMG Ariola Miller.

Aster, M. von, Käser, T., Kucian, K. & Gross, M. (2012). Calcularis - Rechenschwäche mit dem Computer begegnen. *Schweizerische Zeitschrift für Heilpädagogik*, *18*(6), 32–36.

Aster, M. von, Kucian, K., Schweiter, M. & Martin, E. (2005). Rechenstörungen im Kindesalter. *Monatsschrift Kinderheilkunde*, *153*(7), 614–622.

Aster, M. von, Schweiter, M. & Weinhold Zulauf, M. (2007). Rechenstörungen bei Kindern. Vorläufer, Prävalenz und psychische Symptome. *Zeitschrift für Entwicklungspsychologie und Pädagogische Psychologie*, *39*(2), 85–96.

Aster, M. von, Weinhold Zulauf, M. & Horn, R. (2009). *Neuropsychologische Testbatterie für Zahlenverarbeitung und Rechnen bei Kindern (ZAREKI-R)*. Frankfurt am Main: Pearson.

Atkinson, R. C. & Shiffrin, R. M. (1968). Human Memory: A Proposed System and its Control Processes. *The Psychology of Learning and Motivation. Advances in Research and Theory*, *2*, 89–195.

Ausubel, D. P. (1960). The use of advance organizers in the learning and retention of meaningful verbal material. *Journal of Educational Psychology*, *51*(5), 267–272.

Ausubel, D. P. (1968). *Educational Psychology. A Cognitive View.* New York: Holt, Rinehart and Winston, Inc.

Ausubel, D. P. (1970). *The Use of Ideational Organizers in Science Teaching*. In *Science Series*. Columbus.

Ausubel, D. P. (1978). In Defense of Advance Organizers: A Reply to the Critics. *Review of Educational Research*, *48*(2), 251–257.

Ausubel, D. P. (1980). Schemata, Cognitive Structure, and Advance Organizers: A Reply to Anderson, Spiro, and Anderson. *American Educational Research Journal*, *17*(3), 400–404.

Ausubel, D. P. & Fitzgerald, D. (1961). The role of discriminability in meaningful verbal learning and retention. *Journal of Educational Psychology*, *52*, 8.

Ausubel, D. P. & Fitzgerald, D. (1962). Organizer, general background, and antecedent learning variables in sequential verbal learning. *Journal of Educational Psychology*, *53*(6), 243–249.

Ausubel, D. P., Novak, J. D. & Hanesian, H. (1980). *Psychologie des Unterrichts 1* (2., völl. überarb. Aufl.). Weinheim: Beltz Verlag.

Ausubel, D. P., Novak, J. D. & Hanesian, H. (1981). *Psychologie des Unterrichts 2* (2., völl. überarb. Aufl.). Weinheim: Beltz Verlag.

Ausubel, D. P. & Robinson, F. G. (1972). *School Learning. An Introduction to Educational Psychology.* London: Holt, Rinehart and Winston, Inc.

Ausubel, D. P. & Thol, N. J. (1983). Organisationshilfen als wirksame Lernstrategien. *Psychologie in Erziehung und Unterricht*, *30*, 64–66.

Ausubel, D. P. & Youssef, M. (1963). Role of discriminability in meaningful parallel learning. *Journal of Educational Psychology*, *54*(6), 331–336.

Autorengruppe Bildungsberichterstattung. (2014). *Bildung in Deutschland 2014. Ein indikatorengestützter Bericht mit einer Analyse zur Bildung von Menschen mit Behinderung*. Bielefeld: Bertelsmann Verlag. Verfügbar unter www.bildungsbericht.de

Backhaus, K., Erichson, B., Plinke, W. & Weiber, R. (2011). *Multivariate Analysemethoden. Eine anwendungsorientierte Einführung.* Berlin: Springer-Verlag.

Baddeley, A. (1996). Exploring the Central Executive. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology*, *49A*(1), 5–28.

Baddeley, A. (2000). The Episodic Buffer: a New Component of Working Memory? *Trends in Cognitive Sciences*, *4*(11), 417–423.

Baddeley, A. (2003). Working Memory: Looking Back and Looking Forward. *Nature Reviews Neuroscience*, *4*, 829–839.

Baddeley, A. (2012). Working Memory: Theories, Models, and Controversies. *Annual Review of Psychology*, *63*, 1–29.

Baker, S., Gersten, R. & Lee, D.-S. (2002). A Synthesis of Empirical Research on Teaching Mathematics to Low-Achieving Students. *The Elementary School Journal*, *103*(1), 51–73.

Ballstaedt, S.-P. (1997). *Wissensvermittlung. Die Gestaltung von Lernmaterial.* Weinheim: Psychologie Verlags Union.

Barnes, B. R. & Clawson, E. U. (1975). Do Advance Organizer Facilitate Learning? Recommendations for Further Research Based on an Analysis of 32 Studies. *Review of Educational Research*, *45*(4), 637–659.

Berkeley, S., Bender, W. N., Peaster, L. G. & Saunders, L. (2009). Implementation of Response to Intervention: A Snapshot of Progress. *Journal of Learning Disabilities*, *42*(1), 85–95.

Bibliographisches Institut GmbH. (2013). *Duden. evident*. Verfügbar unter http://www.duden.de/rechtschreibung/evident

Bishop, J. L. & Beach, D. (2013). *The Flipped Classroom: A Survey of the Research*. Atlanta.

Borenstein, M., Hedges, L. V., Higgins, J. P. T. & Rothstein, H. R. (2009). *Introduction to Meta-Analysis*. West Sussex: John Wiles & Sons, Ltd.

Born, A. & Oehler, C. (2011). *Kinder mit Rechenschwäche erfolgreich fördern* (4., überar. Aufl.). Stuttgart: Kohlhammer.

Bortz, J. & Döring, N. (2009). *Forschungsmethoden und Evaluation für Human- und Sozialwissenschaftler* (4., überar. Aufl.). Heidelberg: Springer.

Bos, W., Wendt, H., Köller, O. & Selter, C. (2012). *TIMSS 2011. Mathematische und naturwissenschaftliche Kompetenzen von Grundschulkindern in Deutschland im internationalen Vergleich*. Münster: Waxmann.

Bransford, J. D., Brown, A. L. & Cocking, R. R. (2000). *How people learn. Brain, Mind, Experience, and School*. Washington, DC: National Academy Press.

Brophy, J. (2000). *Teaching. Educational Practices Series-1.* Geneva.

Bruder, R. (2008). Üben mit Konzept. *mathematik lehren*, *147*, 4–11.

Bruner, J. S. (1974). *Entwurf einer Unterrichtstheorie*. Berlin: Berlin Verlag.

Brünken, R. & Seufert, T. (2006). Aufmerksamkeit, Lernen, Lernstrategien. In H. Mandl & H. F. Friedrich (Hrsg.), *Handbuch Lernstrategien*.

Bühner, M. (2011). *Einführung in die Test- und Fragebogenkonstruktion* (3., akt. Aufl.). München: Pearson.

Bühner, M. & Ziegler, M. (2009). *Statistik für Psychologen und Sozialwissenschaftler*. München: Pearson.

Bundschuh, K. (2010). *Einführung in die sonderpädagogische Diagnostik* (7., überar. Aufl.). München: Ernst Reinhardt Verlag.

Bürgermeister, A. (2014). *Leistungsbeurteilung im Mathematikunterricht. Bedingungen und Effekte von Beurteilungspraxis und Beurteilungsgenauigkeit*. Münster: Waxmann.

Bürgermeister, A., Klieme, E., Rakoczy, K., Harks, B. & Blum, W. (2014). Formative Leistungsbeurteilung im Unterricht: Konzepte, Praxisberichte und ein Diagnoseinstrument für das Fach Mathematik. In M. Hasselhorn, W. Schneider & U. Trautwein (Hrsg.), *Lernverlaufsdiagnostik* (S. 41–60). Göttingen: Hogrefe.

Burns, M. K., Appleton, J. J. & Stehouwer, J. D. (2005). Meta-Analytic Review of Responsiveness-To-Intervention Research: Examining Field-Based and Research-Implemented Models. *Journal of Psychoeducational Assessment*, (23), 381–394.

Busch, J., Oranu, N., Schmidt, C. & Grube, D. (2013). Rechenschwäche im Grundschulalter: Reduzierte Verfügbarkeit basalen arithmetischen Faktenwissens und Belastung des Arbeitsgedächtnisses bei Drittklässlern. *Lernen und Lernstörungen*, *2*(4), 217–227.

Callihan, H. D. & Bell, F. H. (1978). The effect of specially constructed advance organizers and post-organizers on mathematics learning. *International Journal of Mathematical Education in Science and Technology*, *9*(4), 433–450.

Campbell, D. T. & Stanley, J. C. (1963). *Experimental and quasi-experimental designs for research*. Boston: Houghton Mifflin.

Caponecchi, W. P. (1973). *A Comparative Study of an Advance Organizer in Mathematics to Determine its Effectiveness on Knowledge Acquisition and Retention*. University of Oklahoma.

Cattell, R. B. (1963). Theory of Fluid and Crystallized Intelligence: A Critical Experiment. *Journal of Educational Research*, *54*(1), 1–22.

Cirino, P. T., Fuchs, L. S., Elias, J. T., Powell, S. R. & Schumacher, R. F. (2015). Cognitive and Mathematical Profiles for Different Forms of Learning Difficulties. *Journal of Learning Disabilities*, *48*(2), 156–175.

Ciullo, S. P. & Reutebuch, C. (2013). Computer-based Graphic Organizers for Students with LD: A Systematic Review of Literature. *Learning Disabilities Research and Practice*, *28*(4), 196–210.

Claessens, A. & Engel, M. (2013). How Important Is Where You Start? Early Mathematics Knowledge and Later School Success. *Teachers College Record*, *115*, 1–29.

Clark, C. H. & Bean, T. W. (1982). Improving Advance Organizer Research: Persistent Problems and Future Directions. *Reading World*, *22*(1), 2–11.

Clausen-Suhr, K. (2009a). *Mit Baldur ordnen, zählen, messen. Theoriehandbuch*. Oberursel: Finken Verlag GmbH.

Clausen-Suhr, K. (2009b). *Mit Baldur ordnen, zählen, messen. Allgemeines Handbuch*. Oberursel: Finken Verlag GmbH.

Clausen-Suhr, K. (2011). Frühe mathematische Bildung im Kindergarten. *Heilpädagogische Forschung*, *3*, 144–159.

Cohen, J. (1988). *Statistical Power Analysis for the Behavioral Sciences* (2. Aufl.). Hillsdale: Erlbaum.

Cook, B. G. & Cook, S. C. (2011). Unraveling Evidence-Based Practices in Special Education. *The Journal of Special Education*, *47*(2), 71–82.

Corkill, A. J. (1992). Advance organizers: Facilitators of recall. *Educational Psychology Review*, *4*(1), 33–67.

Dehaene, S. (1992). Varieties of Numerical Abilities. *Cognition*, *44*, 1–42.

Deno, S. L. (2003). Developments in Curriculum-Based Measurement. *The Journal of Special Education*, *37*(3), 184–192.

Deutsches Institut für Medizinische Dokumentation und Information. (2013). *ICD-10-GM. Internationale statistische Klassifikation der Krankheiten und verwandter Gesundheitsprobleme, 10. Revision. German Modification.* Verfügbar unter www.dimdi.de/static/de/klassi/icd-10-gm/index.htm

Dexter, D. D. & Hughes, C. (2011). Graphic Organizer and Students with Learning Disabilities: A Meta-Analysis. *Learning Disability Quarterly*, *34*(1), 51–72.

Diehl, K. & Hartke, B. (2007). Curriculumnahe Lernfortschrittsmessung. *Sonderpädagogik*, *37*(4), 195–211.

Diehl, K., Hartke, B. & Knopp, E. (2009). Curriculum-Based Measurement & Leerlingonderwijsvolgsysteem – Konzepte zur theoriegeleiteten Lernfortschrittsmessung im Anfangsunterricht Deutsch und Mathematik? *Zeitschrift für Heilpädagogik*, (4), 122–130.

Dochy, F. J. R. C. & Alexander, P. A. (1995). Mapping Prior Knowledge: A Framework for Discussion among Researchers. *European Journal of Psychology of Education*, *10*(3), 225–242.

Dornheim, D. (2008). *Prädiktion von Rechenleistung und Rechenschwäche: Der Beitrag von Zahlen-Vorwissen und allgemein-kognitiven Fähigkeiten*. Berlin: Logos Verlag.

Doyle, W. H. (1986). Using an Advance Organizer to Establish a Subsuming Function Concept for Facilitating Achievement in Remedial College Mathematics. *American Educational Research Journal*, *23*(3), 507–516.

Duhon, G. J., Mesmer, E. M., Atkins, M. E., Greguson, L. A. & Olinger, E. S. (2009). Quantifying Intervention Intensity: A Systematic Approach to

Evaluating Student Response to Increasing Intervention Frequency. *Journal of Behavioral Education*, *18*, 101–118.

Duncan, G. J., Dowsett, C. J., Claessens, A., Magnuson, K., Huston, A. C., Klebanov, P., … Japel, C. (2007). School Readiness and Later Achievement. *Developmental Psychology*, *43*(6), 1428–1446.

Dunker, N. (2010). *Concept Maps im naturwissenschaftlichen Sachunterricht*. Oldenburg: Didaktisches Zentrum.

Dybuster AG. (2013). *Dybuster Calcularis*. Zugriff am 15. März 2015, unter www.calcularis.ch

Edelmann, W. & Wittmann, S. (2012). *Lernpsychologie* (7, vollst. überarb. Aufl.). Weinheim: Beltz.

Edgar, S. E. & Shepherd, M. J. (1983). *The Use of Advance Organizers to Aid Learning and Recall*. New York: Columbia University.

Ehlert, A., Fritz, A., Arndt, D. & Leutner, D. (2013). Arithmetische Basiskompetenzen von Schülerinnen und Schülern in den Klassen 5 bis 7 der Sekundarstufe. *Journal für Mathematik-Didaktik*, *34*, 237–263.

Eichelmann, A., Narciss, S., Schnaubert, L. & Melis, E. (2012). Typische Fehler bei der Addition und Subtraktion von Brüchen – Ein Review zu empirischen Fehleranalysen. *Journal für Mathematik-Didaktik*, *33*, 29–57.

Einsiedler, W. (1981). *Lehrmethoden: Probleme und Ergebnisse der Lehrmethodenforschung*. München: Urban & Schwarzenberg.

Einsiedler, W. (1997). Unterrichtqualität und Leistungsentwicklung: Literaturüberblick. In F. E. Weinert & A. Helmke (Hrsg.), *Entwicklung im Grundschulalter* (S. 225–240). Weinheim: Psychologie Verlags Union.

Ennemoser, M., Krajewski, K. & Schmidt, S. (2011). Entwicklung und Bedeutung von Mengen-Zahlen-Kompetenzen und eines basalen Konventions- und Regelwissens in den Klassen 5 bis 9. *Zeitschrift für Entwicklungspsychologie und Pädagogische Psychologie*, *43*(4), 228–242.

Ennemoser, M., Sinner, D. & Krajewski, K. (2015). Kurz- und langfristige Effekte einer entwicklungsorientierten Mathematikförderung bei Erstklässlern mit drohender Rechenschwäche. *Lernen und Lernstörungen*, *4*(1), 43–59.

Espy, K. A., McDiarmid, M. M., Cwik, M. F., Stalets, M. M., Hamby, A. & Senn, T. E. (2004). The Contribution of Executive Functions to Emergent Mathematic Skills in Preschool Children. *Developmental Neuropsychology*, *26*(1), 465–486.

Europäische Agentur für Entwicklungen in der sonderpädagogischen Förderung. (2012). *Ein Profil für inklusive Lehrerinnen und Lehrer*. Odense, Dänemark.

Evertson, C. M. & Emmer, E. T. (2013). *Classroom Management for Elementary Teachers*. Boston: Pearson.

Faul, F., Erdfelder, E., Lang, A.-G. & Buchner, A. (2014). *G*Power*. Düsseldorf: Heinrich Heine Universität Düsseldorf.

Fingerle, M. & Ellinger, S. (2008). *Sonderpädagogische Förderprogramme im Vergleich. Orientierungshilfen für die Praxis.* Stuttgart: Kohlhammer.

Fischbach, A., Schuchardt, K., Brandenburg, J., Klesczewski, J., Balke-Melcher, C., Schmidt, C., … Hasselhorn, M. (2013). Prävalenz von Lernschwächen und Lernstörungen: Zur Bedeutung der Diagnosekriterien. *Lernen und Lernstörungen*, *2*(2), 65–76.

Forbringer, L. I. & Fuchs, W. W. (2012). *RtI in Math. Evidence-Based Interventions for Struggling Students*. New York: Routledge.

Fraser, B. J., Walberg, H. J., Welch, W. W. & Hattie, J. A. (1987). Syntheses of educational productivity research. *International Journal for Educational Research*, *11*, 145–252.

Frey, K. & Frey-Eiling, A. (2010). *Ausgewählte Methoden der Didaktik*. Zürich: vdf Hochschulverlag AG.

Fritz, A. & Ricken, G. (2008). *Rechenschwäche*. München: Ernst Reinhardt Verlag.

Fritz, A. & Ricken, G. (2009). Grundlagen des Förderkonzepts >>Kalkulie<<. In A. Fritz, G. Ricken & S. Schmidt (Hrsg.), *Handbuch Rechenschwäche* (S. 374–395). Weinheim: Beltz Verlag.

Fritz, A., Ricken, G. & Gerlach, M. (2009). *Kalkulie. Diagnose- und Trainingsporgramm für rechenschwache Kinder. Handreichung zur Durchführung der Diagnose*. Berlin: Cornelson Verlag.

Fuchs, D. & Fuchs, L. S. (2006). Introduction to response to intervention: What, why, and how valid is it? *Reading Research Quarterly*, *41*(1), 93–99.

Fuchs, D., Mock, D., Morgan, P. L. & Young, C. L. (2003). Responsiveness-to-Intervention: Definitions, Evidence, and Implications for the Learning Disabilities Construct. *Learning Disabilities Research and Practice*, *18*(3), 157–171.

Fuchs, L. S. & Fuchs, D. (2007). *Progress Monitoring in the Context of Responsiveness-to-Intervention*. Verfügbar unter www.studentprogress.org/summer_institute/rti/UsingCBMDetermineRTI/UsingCBMRTI_manual.pdf

Fuchs, L. S., Fuchs, D., Powell, S. R., Seethaler, P. M., Cirino, P. T. & Fletcher, J. M. (2008). Intensive Intervention for Students with Mathematics Disabilities: Seven Principles of Effective Practice. *Learning Disability Quarterly*, (31), 79–92.

Fulton, K. P. (2012). 10 Reasons to Flip. *Phi Delta Kappan*, *94*(2), 20–24.

Fuson, K. C. (1988). *Children's Counting and Concepts of Number*. New York: Springer-Verlag.

Gagnon, J. C. & Maccini, P. (2007). Teacher-Reported Use of Empirically Validated and Standards-Based Instructional Approaches in Secondary Mathematics. *Remedial and Special Education*, *28*(1), 43–56.

Gaidoschik, M. (2009). *Rechenschwäche verstehen - Kinder gezielt fördern: ein Leitfaden für die Unterrichtspraxis*. Buxtehude: Persen.

Geary, D. C. (2004). Mathematics and Learning Disabilities. *Journal of Learning Disabilities*, *37*(1), 4–15.

Geary, D. C. (2011). Cognitive Predictors of Achievement Growth in Mathematics: A 5-Year Longitudinal Study. *Developmental Psychology*, *47*(6), 1539–1552.

Gelman, R. & Gallistel, C. R. (1978). *The Child's Understanding of Number*. Cambridge: Harvard University Press.

Gerlach, M., Fritz, A. & Leutner, D. (2013). *Mathematik- und Rechenkonzepte im Vor- und Grundschulalter - Training (Marko-T).* Göttingen: Hogrefe.

Gerrig, R. J. & Zimbardo, P. G. (2008). *Psychologie*. Hallbergmoos: Pearson.

Gersten, R., Beckmann, S., Clarke, B., Foegen, A., Marsh, L., Star, J. R. & Witzel, B. (2009). *Assisting Students Struggling with Mathematics: Response to Intervention (RtI) for Elementary and Middle Schools (NCEE 2009-4060)*. Washington, DC: National Center for Education Evaluation and Regional Assistance, Institute of Education Sciences, U.S. Department of Education.

Gersten, R., Chard, D. J., Jayanthi, M., Baker, S. K., Morphy, P. & Flojo, J. (2009). Mathematics Instruction for Students With Learning Disabilities: A Meta-Analysis of Instructional Components. *Review of Educational Research*, *79*(3), 1202–1242.

Githua, B. N. & Nyabwa, R. A. (2008). Effects of advance organiser strategy during instruction on secondary school students' mathematics achievement in Kenya's Nakuru district. *International Journal of Science and Mathematics Education*, *6*(3), 439–457.

Glass, G. V. (1976). Primary, Secondary, and Meta-Analysis of Research. *Educational Researcher*, *5*(10), 3–8.

Gluck, M. A., Mercado, E. & Myers, C. E. (2012). *Lernen und Gedächtnis. Vom Gehirn zum Verhalten*. Heidelberg: Spektrum Akademischer Verlag.

Gölitz, D., Roick, T. & Hasselhorn, M. (2006). *Deutscher Mathematiktest für vierte Klassen (DEMAT 4)*. Göttingen: Hogrefe.

Green, N. & Green, K. (2010). *Kooperatives Lernen im Klassenraum und im Kollegium. Das Trainingsbuch.* Seelze: Klett Kallmeyer.

Gross-Tsur, V., Manor, O. & Shalev, R. S. (1996). Developmental Dyscalculia: Prevalence and Demographic Features. *Developmental Medicine & Child Neurology*, *38*(1), 25–33.

Grube, D. (2005). Entwicklung des Rechnens im Grundschulalter. In M. Hasselhorn, H. Marx & W. Schneider (Hrsg.), *Diagnostik von Mathematikleistungen* (S. 105–124). Göttingen: Hogrefe.

Grube, D. (2006). *Entwicklung des Rechnens im Grundschulalter*. Münster: Waxmann.

Grube, D. & Barth, U. (2004). Rechenleistung bei Grundschülern. Zur Rolle von Arbeitsgedächtnis und basalem Faktenwissen. *Zeitschrift für Pädagogische Psychologie*, *18*(3/4), 245–248.

Grube, D. & Seitz-Stein, K. (2012). Arbeitsgedächtnis und Rechnen. In M. Hasselhorn & C. Zoelch (Hrsg.), *Funktionsdiagnostik des Arbeitsgedächtnisses* (S. 145–157). Göttingen: Hogrefe.

Grube, D., Weberschock, U., Blum, M. & Hasselhorn, M. (2010). *Diagnostisches Inventar zu Rechenfertigkeiten im Grundschulalter (DIRG)*. Göttingen: Hogrefe.

Grünke, M. (2006). Zur Effektivität von Fördermethoden bei Kindern und Jugendlichen mit Lernstörungen. Eine Synopse vorliegender Metaanalysen. *Kindheit und Entwicklung*, *15*(4), 239–254.

Gurlitt, J., Dummel, S., Schuster, S. & Nückles, M. (2012). Differently structured advance organizers lead to different initial schemata and learning outcomes. *Instructional Science*, *40*(2), 351–369.

Haffner, J., Baro, K., Parzer, P. & Resch, F. (2005). *Heidelberger Rechentest (HRT 1-4)*. Göttingen: Hogrefe.

Hagen, T. & Hillenbrand, C. (2012). Effektive Lernförderung in der Schuleingangsphase. *Zeitschrift für Heilpädagogik*, *8*, 323–334.

Hartke, B. (2010). Lernen fördern. In B. Hartke, K. Koch & K. Diehl (Hrsg.), *Förderung in der schulischen Eingangsstufe* (S. 19–54). Stuttgart: Kohlhammer.

Hartley, J. & Davies, I. K. (1976). Preinstructional Strategies: The Role of Pretests, Behavioral Objectives, Overviews and Advance Organizers. *Review of Educational Research*, *46*(2), 239–265.

Hasselhorn, M. & Gold, A. (2013). *Pädagogische Psychologie. Erfolgreiches Lernen und Lehren* (3., vollst. überarb. Aufl.). Stuttgart: Kohlhammer.

Hasselhorn, M., Schneider, W. & Trautwein, U. (2014). *Lernverlaufsdiagnostik*. Göttingen: Hogrefe.

Hasselhorn, M. & Schuchardt, K. (2006). Lernstörungen. Eine kritische Skizze zur Epidemiologie. *Kindheit und Entwicklung*, *15*(4), 208–215.

Hasselhorn, M., Schuchardt, K. & Mähler, C. (2010). Phonologisches Arbeitsgedächtnis bei Kindern mit diagnostizierter Lese- und/oder Rechtschreibstörung. Zum Einfluss von Wortlänge und Lexikalität auf die

Gedächtnisspanne. *Zeitschrift für Entwicklungspsychologie und Pädagogische Psychologie*, *42*(4), 211–216.

Hattie, J. A. (2012). *Visible learning for teachers: maximizing impact on learning*. London: Routledge.

Hattie, J. A. (2013). *Lernen sichtbar machen.* Baltmannsweiler: Schneider Verlag Hohengehren.

Hattie, J. A. & Timperley, H. (2007). The Power of Feedback. *Review of Educational Research*, *77*(1), 81–112.

Hecht, T., Sinner, D., Kuhl, J. & Ennemoser, M. (2011). Differenzielle Effekte eines Trainings der mathematischen Basiskompetenzen bei kognitiv schwachen Grundschülern und Schülern der Förderschule mit dem Schwerpunkt Lernen – Reanalyse zweier Studien. *Empirische Sonderpädagogik*, *4*, 308–323.

Helmke, A. (1997). Individuelle Bedingungsfaktoren der Schulleistung: Ergebnisse aus dem SCHOLASTIK-Projekt. In F. E. Weinert & A. Helmke (Hrsg.), *Entwicklung im Grundschulalter* (S. 203–221). Weinheim: Psychologie Verlags Union.

Helmke, A. (2009). *Unterrichtsqualität und Lehrerprofessionalität. Diagnose, Evaluation und Verbesserung des Unterrichts* (2. akt. Aufl.). Seelze-Velber: Klett Kallmeyer.

Hennemann, T. & Hillenbrand, C. (2010). Klassenführung - Classroom Management. In B. Hartke, K. Koch & K. Diehl (Hrsg.), *Förderung in der schulischen Eingangsstufe* (S. 255–279). Stuttgart: Kohlhammer.

Herold, M. & Landherr, B. (2005). *SOL. Selbstorganisiertes Lernen. Ein systemischer Ansatz für Unterricht.* Baltmannsweiler: Schneider Verlag Hohengehren.

Hesse, I. & Latzko, B. (2011). *Diagnostik für Lehrkräfte*. Opladen & Farmington Hills: Verlag Babara Budrich.

Hillenbrand, C. (2014). *Wirksamer Unterricht für inklusive Bildung. Auftrag-Befunde-Umsetzung.* Hannover: VBE-Medien.Service Nord.

Holzer, N., Schaupp, H. & Lenart, F. (2010). *Eggenberger Rechentest (ERT 3+)*. Bern: Verlag Hans Huber.

Horz, H. (2009). Medien. In E. Wild & J. Möller (Hrsg.), *Pädagogische Psychologie* (S. 103–134). Heidelberg: Springer Medizin Verlag.

Huber, C. & Grosche, M. (2012). Das response-to-intervention-Modell als Grundlage für einen inklusiven Paradigmenwechsel in der Sonderpädagogik. *Zeitschrift für Heilpädagogik*, *8*, 312–322.

Huber, K. D., Rosenfeld, J. G. & Fiorello, C. A. (2001). The differential impact of inclusion and inclusive practices on high, average, and low achieving general education students. *Psychology in the Schools*, *38*(6), 497–504.

Hughes, C. & Dexter, D. D. (2007). *Field Studies of RTI Programs, Revised*. Zugriff am 26. September 2014, unter www.rtinetwork.org/learn/research/field-studies-rti-programs

Hussy, W., Schreier, M. & Echterhoff, G. (2010). *Forschungsmethoden in Psychologie und Sozialwissenschaften.* Berlin: Springer-Verlag.

Imhof, M. (2012). *Psychologie für Lehramtsstudierende*. Wiesbaden: Springer Fachmedien.

Ise, E., Dolle, K., Pixner, S. & Schulte-Körne, G. (2012). Effektive Förderung rechenschwacher Kinder. Eine Metaanalyse. *Kindheit und Entwicklung*, *21*(3), 181–192.

Jacobs, C. & Petermann, F. (2005). *Rechenfertigkeiten- und Zahlenverarbeitungs-Diagnostikum für die 2. bis 6. Klasse (RZD 2-6)*. Göttingen: Hogrefe.

Janssen, J. & Laatz, W. (2013). *Statistische Datenanalyse mit SPSS: Eine anwendungsorientierte Einführung in das Basissystem und das Modul Exakte Tests* (8. Aufl.). Berlin: Springer Gabler.

Johnson, D. W. & Johnson, R. T. (2009). An Educational Psychology Success Story: Social Interdependence Theory and Cooperative Learning. *Educational Researcher*, *38*(5), 365–379.

Johnson, E., Mellard, D. F., Fuchs, D. & McKnight, M. A. (2006). *Responsiveness to intervention: How to do it.* Lawrence, KS.

Jones, E. E. (1979). The Discriminability Of Level Specific Advance Organizers. *School Science and Mathematics*, *79*(1), 45–53.

Joyce, B. & Weil, M. (2003). *Models of Teaching*. New Delhi: Prentice Hall of India.

Käser, T., Baschera, G.-M., Kohn, J., Kucian, K., Richtmann, V., Grond, U., … Aster, M. von. (2013). Design and evaluation of the computer-based training program Calcularis for enhancing numerical cognition. *Frontiers in psychology*, *4*(498), 1–13.

Käser, T., Busetto, A. G., Solenthaler, B., Baschera, G.-M., Kohn, J., Kucian, K., … Gross, M. (2013). Modelling and Optimizing Mathematics Learning in Children. *International Journal of Artificial Intelligence in Education*, *23*, 115–135.

Käser, U. (2011). Fehler begehen - Mathematik verstehen. Über die Bedeutung von Fehlern für das Verstehen. In M. Helmerich, K. Lengnink, G. Nickel & M. Rathgeb (Hrsg.), *Mathematik Verstehen. Philosophische und Didaktische Persepektiven* (S. 167–178). Wiesbaden: Vieweg+Teubner.

Kaufmann, L., Nuerk, H.-C., Graf, M., Krinzinger, H., Delazer, M. & Willmes, K. (2009). *Test zur Erfassung numerisch-rechnerischer Fertigkeiten vom Kindergarten bis zur 3. Klasse (TEDI-MATH)*. Bern: Verlag Hans Huber.

Kautter, H., Storz, L. & Munz, W. (2002). *Schultestbatterie zur Erfassung des Lernstandes in Mathematik, Schreiben und Lesen II (SBL II).* Göttingen: Beltz Test GmbH.

Klauer, K. J. (2001). Training des induktiven Denkens. In K. J. Klauer (Hrsg.), *Handbuch Kognitives Training* (2., überar., S. 165–210). Göttingen: Hogrefe.

Klauer, K. J. (2006). Erfassung des Lernfortschritts durch curriculumbasierte Messung. *Heilpädagogische Forschung*, *32*(1), 16–26.

Klauer, K. J. (2011). Lernverlaufsdiagnostik – Konzept, Schwierigkeiten und Möglichkeiten. *Empirische Sonderpädagogik*, (3), 207–224.

Klauer, K. J. & Lauth, G. W. (1997). Lernbehinderung und Lernschwierigkeiten bei Schülern. In N. Birbaumer, D. Frey, J. Kuhl, W. Prinz & F. E. Weinert (Hrsg.), *Psychologie des Unterrichts und der Schule* (S. 701–738). Göttingen: Hogrefe.

Klauer, K. J. & Leutner, D. (2007). *Lehren und Lernen. Einführung in die Instruktionspsychologie*. Weinheim: Beltz Verlag.

Klicpera, C., Schabmann, A. & Gasteiger-Klicpera, B. (2013). *Legastenie - LRS. Modelle, Diagnose, Therapie und Förderung*. München: Ernst Reinhardt.

Knopp, E. & Hartke, B. (2010). Das Inventar Rechenfische – Anwendung, Reliabilität und Validität eines Verfahrens zur Erfassung des Leistungsstandes von Erstklässlern in Mathematik. *Empirische Sonderpädagogik*, (3), 5–25.

Knorr, S. (2007). Effekte einer Förderung mit der Lernsoftware »Blitzrechnen« in der Förderschule. *Zeitschrift für Heilpädagogik*, (1), 7–17.

Koch, K. (2008). Förderung mathematischer Kompetenzen. In *Sonderpädagogische Förderprogramme im Vergleich. Orientierungshilfen für die Praxis* (S. 85–108). Stuttgart: Kohlhammer.

König, E. & Riedel, H. (1975). *Unterrichtsplanung I. Konstruktionsgrundlagen und -kriterien*. Weinheim: Beltz.

König, E. & Riedel, H. (1976). *Systemtheoretische Didaktik*. Weinheim: Beltz.

Konrad, K. (2014). *Lernen lernen – allein und mit anderen. Konzepte, Lösungen, Beispiele.* Wiesbaden: Springer Fachmedien.

Kozlow, M. J. (1978). *A Meta-Analysis of Selected Advance Organizer Research Reports from 1960-1977*. The Ohio State University.

Krajewski, K. (2014). Förderung des Zahlenverständnisses. In G. W. Lauth, M. Grünke & J. C. Brunstein (Hrsg.), *Interventionen bei Lernstörungen. Förderung, Training und Therapie in der Praxis* (2., überar., S. 199–208). Göttingen: Hogrefe.

Krajewski, K. & Ennemoser, M. (2010). Entwicklung mathematischer Basiskompetenzen in der Sekundarstufe. *Empirische Pädagogik*, *24*(4), 353–370.

Krajewski, K., Küspert, P. & Schneider, W. (2002). *Deutscher Mathematiktest für erste Klassen (DEMAT 1+)*. Göttingen: Hogrefe.

Krajewski, K., Liehm, S. & Schneider, W. (2004). *Deutscher Mathematiktest für zweite Klassen (DEMAT 2+)*. Göttingen: Hogrefe.

Krajewski, K., Nieding, G. & Schneider, W. (2007). *Mengen, zählen, Zahlen: Die Welt der Mathematik entdecken (MZZ)*. Berlin: Cornelson.

Krajewski, K., Nieding, G. & Schneider, W. (2008). Kurz- und langfristige Effekte mathematischer Frühförderung im Kindergarten durch das Programm „Mengen, zählen, Zahlen". *Zeitschrift für Entwicklungspsychologie und Pädagogische Psychologie*, *40*(3), 135–146.

Krajewski, K., Renner, A., Nieding, G. & Schneider, W. (2007). Frühe Förderung von mathematischen Kompetenzen im Vorschulalter. *Zeitschrift für Erziehungswissenschaft*, *10*(11), 91–103.

Krajewski, K. & Schneider, W. (2006). Mathematische Vorläuferfertigkeiten im Vorschulalter und ihre Vorhersagekraft für die Mathematikleistung zum Ende der Grundschule. *Psychologie in Erziehung und Unterricht*, *53*, 246–262.

Krajewski, K., Schneider, W. & Nieding, G. (2008). Zur Bedeutung von Arbeitsgedächtnis, Intelligenz, phonologischer Bewusstheit und früher Mengen-Zahlen-Kompetenz beim Übergang vom Kindergarten in die Grundschule. *Psychologie in Erziehung und Unterricht*, *55*, 100–113.

Krause, U.-M. & Stark, R. (2006). Vorwissen aktivieren. In *Handbuch Lernstrategien* (S. 38–49). Göttingen: Hogrefe.

Kretschmann, R. (2006). Diagnostik bei Lernbehinderungen. In U. Petermann & F. Petermann (Hrsg.), *Diagnostik sonderpädagogischen Förderbedarfs* (S. 139–162). Göttingen: Hogrefe.

Kroesbergen, E. H. & Luit, J. E. H. van. (2003). Mathematics Interventions for Children with Special Educational Needs: A Meta-Analysis. *Remedial and Special Education*, *24*(97), 97–114.

Kuhn, J.-T., Raddatz, J., Holling, H. & Dobel, C. (2013). Dyskalkulie vs. Rechenschwäche: Basisnumerische Verarbeitung in der Grundschule. *Lernen und Lernstörungen*, *2*(4), 229–247.

Kullik, U. (2014). PC-gestützte Übungsprogramme. In G. W. Lauth, M. Grünke & J. C. Brunstein (Hrsg.), *Interventionen bei Lernstörungen. Förderung, Training und Therapie in der Praxis* (2., überarb. Aufl., S. 384–394). Göttingen: Hogrefe.

Kultusministerkonferenz, Institution zur Qualitätsentwicklung im Bildungswesen (IQB) & Institution zur Qualitätsentwicklung im Bildungswesen. (2013). *Kompentenzstufenmodell zu den Bildungsstandards im Fach Mathematik für*

den Primarbereich (Jahrgangsstufe 4). Verfügbar unter www.iqb.hu-berlin.de/vera

Lage, M. J., Platt, G. J. & Treglia, M. (2000). Inverting the Classroom: A Gateway to Creating an Inclusive Learning Environment. *The Journal of Economic Education*, *31*(1), 30–43.

Landerl, K. & Kaufmann, L. (2008). *Dyskalkulie*. München: Ernst Reinhardt Verlag.

Landesinstitut für Schule und Medien Berlin-Brandenburg. (2010a). *ILeA 1. Individuelle Lernstandsanalysen. Lehrerhaft Deutsch/Mathematik.* Nuthetal: Druckerei Gieselmann.

Landesinstitut für Schule und Medien Berlin-Brandenburg. (2010b). *ILeA 2. Individuelle Lernstandsanalysen. Mathematik Lehrerheft.* Nuthetal: Druckerei Gieselmann.

Landesinstitut für Schule und Medien Berlin-Brandenburg. (2010c). *ILeA 3. Individuelle Lernstandsanalysen. Mathematik Lehrerhaft.* Nuthetal: Druckerei Gieselmann.

Lauth, G. W., Brunstein, J. C. & Grünke, M. (2014). Lernstörungen im Überblick: Arten, Klassifikation, Verbreitung und Erklärungsperspektiven. In W. Lauth, Gerhard, M. Grünke & J. C. Brunstein (Hrsg.), *Interventionen bei Lernstörungen. Förderung, Training und Therapie in der Praxis* (2., überarb. Aufl., S. 17–31). Göttingen: Hogrefe.

Lauth, G. W., Hammes-Schmitz, E. & Lebens, M. (2014). Eine empirische Bedingungsanalyse von Lernstörungen. *Empirische Sonderpädagogik*, (4), 350–364.

Lawton, J. T. & Fowell, N. (1978). Effects of Advance Organizers on Preschool Children's Learning of Math Concepts. *Journal of Experimental Education*, *47*(1), 76–81.

Lawton, J. T., Hooper, F. H., Saunders, R. A. & Roth, P. (1984). A Comparison of Logical Concept Develoment in three Preschool Programmes. *Human Learning*, *3*, 143–164.

Lefrançois, G. R. (2015). *Psychologie des Lernens* (5. Aufl.). Berlin: Springer.

Lehner, M. (2012). *Didaktische Reduktion*. Berne: Haupt Verlag.

Lembke, E. S., Hampton, D. & Beyers, S. J. (2012). Response to intervention in mathematics: Critical elements. *Psychology in the Schools*, *49*(3), 257–272.

Lenart, F., Holzer, N. & Schaupp, H. (2008). *Eggenberger Rechentest (ERT 2+)*. Bern: Huber.

Lenart, F., Schaupp, H. & Holzer, N. (2014). *Eggenberger Rechentest (ERT 0+). Diagnostikum für Dyskalkulie-Disposition für das Ende des Kindergartenalters bis Mitte der 1. Schulstufe*. Bern: Verlag Hans Huber.

Lenhard, A., Lenhard, W., Schug, M. & Kowalski, A. (2011). Computerbasierte Mathematikförderung mit den „Rechenspielen mit Elfe und Mathis I". *Zeitschrift für Entwicklungspsychologie und Pädagogische Psychologie*, *43*(2), 79–88.

Lenhard, W. & Lenhard, A. (2010). *Rechenspiele mit Elfe und Mathis I. Ein Mathematiktraining für Kinder der ersten bis dritten Jahrgangsstufe*. Göttingen: Hogrefe.

Lenhard, W., Lenhard, A. & Lingel, K. (2010). *Rechenspiele mit Elfe und Mathis II. Ein Mathematiktraining für Kinder der dritten bis fünften Jahrgangsstufe.* Göttingen: Hogrefe.

Lenz, B. K., Alley, G. R. & Schumaker, J. B. (1987). Activating the Inactive Learner: Advance Organizers in the Secondary Content Classroom. *Learning Disability Quarterly*, *10*, 53–67.

Lesh, R. A. (1976a). The Influence of an Advanced Organizer on Two Types of Instructional Units about Finite Geometries. *Journal for Research in Mathematics Education*, *7*(2), 82–86.

Lesh, R. A. (1976b). The Influence of Two Types of Advanced Organizers on an Instructional Unit about Finite Groups. *Journal for Research in Mathematics Education*, *7*(2), 87–91.

Lesh, R. A. & Johnson, H. (1976). Models and Applications as Advanced Organizers. *Journal for Research in Mathematics Education*, *7*(2), 75–81.

Levant, R. F. (2005). *Report of the 2005 Presidential Task Force on Evidence-Based Practice*.

Lewis, C., Hitch, G. J. & Walker, P. (1994). The Prevalence of Specific Arithmetic Difficulties and Specific Reading Difficulties in 9- to 10-year-old Boys and Girls. *Journal of Child Psychology and Psychiatry*, *35*(2), 283–292.

Lewis, S. & Clarke, M. (2001). Forest plots: trying to see the wood and the trees. *British Medical Journal*, *322*, 1479–1480.

Lindmeier, C. (2009). Teilhabe und Inklusion. *Teilhabe*, *48*(1), 4–10.

Lohaus, A. & Vierhaus, M. (2013). *Entwicklungspsychologie des Kindes- und Jugendalters*. Berlin: Springer-Verlag.

Lorenz, J. H. (2011). *Hamburger Rechentest für die Klassen 1-4. Test zur Früherfassung von Lernschwierigkeiten im Mathamtikunterricht (HaRet 1-4).* Hamburg: bcsNetCom.

Lorenz, J. H. & Radatz, H. (2008). *Handbuch des Förderns im Mathematikunterricht*. Hannover: Schroedel.

Lott, G. W. (1983). The Effect of Inquiry Teaching and Advance Organizers upon Student Outcomes in Science Education. *Journal of Research in Science Teaching*, *20*(5), 437–451.

Ludwig, C. & Herold, M. (2007). Wie entsteht ein SOL-Arrangement? In P. Dehnbostel, H.-J. Lindemann & C. Ludwig (Hrsg.), *Lernen im Prozess der Arbeit in Schule und Betrieb* (S. 109–126). Münster: Waxmann.

Luiten, J., Ames, W. & Ackerson, G. (1980). A Meta-analysis of the Effects of Advance Organizers on Learning and Retention. *American Educational Research Journal*, *17*(2), 211–218.

Maccini, P., Gagnon, J. C., Mulcah, C. A. & Leon, P. E. (2006). Math Instruction for Committed Youth within Juvenile Correctional Schools. *The Journal of Correctional Education*, *57*(3), 210–230.

Mahar, C. L. (1992). *Thirty years after Ausubel: An updated meta-analysis of advance organizer research*. University of Illinois at Urbana-Champaign.

Mahlau, K., Blumenthal, Y., Diehl, K., Schöning, A., Sikora, S., Voß, S. & Hartke, B. (2014). Das Rügener Inklussionsmodell (RIM)-RTI in der Praxis. In M. Hasselhorn, W. Schneider & U. Trautwein (Hrsg.), *Lernverlaufsdiagnostik* (S. 101–125). Göttingen: Hogrefe.

Maltby, J., Day, L. & Macaskill, A. (2011). *Differentielle Psychologie, Persönlichkeit und Intelligenz*. München: Pearson Studium.

Martenstein, R. & Melzer, C. (2013). Der Advance Organizer in der Grundschule - eine effektive Lehrmethode für Unterricht in inklusiven Settings? *Zeitschrift für Heilpädagogik*, *1*, 4–13.

Martenstein, R., Melzer, C. & Reinck, C. (2013). Der Advance Organizer in der Grundschule. Grundlagen und Empfehlungen zum Einsatz. In H. Habeck (Hrsg.), *Attraktive Grundschule. Jedes Kind fordern und fördern.* Stuttgart: Dr. Josef Raabe Verlags-GmbH.

Mastropieri, M. A. & Scruggs, T. E. (2001). Promoting Inclusion in Secondary Classrooms. *Learning Disability Quarterly*, *24*, 265–274.

Matthes, G. (2009). *Individuelle Lernförderung bei Lernstörungen. Verknüpfung von Diagnostik, Förderplanung und Unterstützung des Lernens.* Stuttgart: Kohlhammer.

May, P. & Bennöhr, J. (2013). *Kompetenzerfassung in Kindergarten und Schule (KEKS). Handbuch. Konzept, theoretische Grundlagen und Normierung.* Berlin: Cornelson.

Mayer, R. E. (1979). Twenty years of research on advance organizers: Assimilation theory is still the best predictor of results. *Instructional Science*, *8*(2), 133–167.

McCloskey, M., Caramazza, A. & Basili, A. (1985). Cognitive Mechanisms in Number Processing and Calculation: Evidence from Dyscalculia. *Brain and Cognition*, *4*(2), 171–196.

McLean, J. F. & Hitch, G. J. (1999). Working Memory Impairments in Children with Specific Arithmetic Learning Difficulties. *Journal of Experimental Child Psychology*, *74*, 240–60.

McLeskey, J., Waldron, N. L. & Redd, L. (2012). A Case Study of a Highly Effective, Inclusive Elementary School. *The Journal of Special Education*.

Melzer, C. & Hillenbrand, C. (2013). Aufgaben sonderpädagogischer Lehrkräfte für die inklusive Bildung: empirische Befunde internationaler Studien. *Zeitschrift für Heilpädagogik*, *5*, 194–202.

Mercer, C. D. & Peterson Miller, S. (1992). Teaching Students with Learning Problems in Math to Acquire, Understand, and Apply Basic Math Facts. *Remedial and Special Education*, *13*(3), 19–35.

Moog, W. (1995). Flexibilisierung von Zahlbegriffen und Zählhandlungen - Ein Übungsprogramm. *Heilpädagogische Forschung*, *21*(3), 113–121.

Moog, W. & Schulz, A. (1997). Zahlbegriffstraining. Lernwirksamkeit eines Übungsprogramms zur Flexibilisierung von Zahlbegriffen und Zählhandlungen bei rechenschwachen Grundschülern. In F. Masendorf & P. Brehm (Hrsg.), *Experimentelle Sonderpädagogik* (S. 225–241). Weinheim: Deutscher Studien Verlag.

Moog, W. & Schulz, A. (2005). *Zahlen begreifen. Diagnose und Förderung bei Kindern mit Rechenschwäche* (2., überarb. Aufl.). Weinheim: Beltz.

Moser Opitz, E. (2007). *Rechenschwäche/Dyskalkulie: theoretische Klärungen und empirische Studien an betroffenen Schülerinnen und Schülern*. Bern: Haupt Verlag.

Moser Opitz, E., Reusser, L., Moeri Müller, M., Anliker, B., Wittich, C. & Freesemann, O. (2010). *Basisdiagnostik Mathematik für die Klassen 4-8 (BASIS-MATH 4-8)*. Bern: Verlag Hans Huber.

Müller, C. M. & Hartmann, E. (2009). Lernfortschritte im Unterricht erheben – Möglichkeiten und Grenzen des curriculumbasierten Messens. *Schweizerische Zeitschrift für Heilpädagogik*, *15*(10), 36–42.

Mullis, I. V. S., Martin, M. O., Foy, P. & Arora, A. (2012). *TIMSS 2011. International Results in Mathematics*. Chestnut Hill. Verfügbar unter timss.bc.edu/timss2011/international-results-mathematics.html

National Center for Education Evaluation and Regional Assistance (NCEE). (2003). *Identifying and Implementing Educational Practices Supported by Rigorous Evidence: A User Friendly Guide*. Verfügbar unter www2.ed.gov/rschstat/research/pubs/rigorousevid/index.html

National Center on Response to Intervention (NCRTI). (2010). *Essential Components of RTI – A Closer Look at Response to Intervention*. Washington, DC: U.S. Department of Education, Office of Special Education Programs, National Center on Response to Intervention.

National Council of Teachers of Mathematics (NCTM). (2000). *Principles and Standards for School Mathematics*. Reston.

National Council of Teachers of Mathematics (NCTM). (2014). *Principles and Standards for School Mathematics*. Verfügbar unter www.nctm.org/Standards-and-Positions/Principles-and-Standards/

Nesbit, J. C. & Adesope, O. O. (2006). Learning With Concept and Knowledge Maps: A Meta-Analysis. *Review of Educational Research*, *76*, 413–448.

Niedersächsiches Kultusministerium. (2006). *Kerncurriculum für die Grundschule Schuljahrgänge 1-4 Mathematik Niedersachsen*. Hannover: Unidruck.

Niedersächsisches Schulgesetz (NschG) in der Fassung vom 3. März 1998 (NDS. GVBI. S. 137), zuletzt geändert durch Artikel 1 des Gesetzes vom 19. Juni 2013 (NDS. GVBI. S. 165).

Niegemann, H. M., Domagk, S., Hessel, S., Hein, A., Hupfer, M. & Zobel, A. (2008). *Kompendium multimediales Lernen*. Berlin: Springer-Verlag.

Noël, M. & Seron, X. (1993). Arabic Number Reading Deficits. *Cognitive Neuropsychology*, *10*, 317–339.

Odom, S. L., Brantlinger, E., Gersten, R., Horner, R. H., Thompson, B. & Harris, K. R. (2005). Research in Special Education: Scientific Methods and Evidence-Based Practices. *Exceptional Children*, *71*(2), 137–148.

OECD. (2013). *PISA 2012. Ergebnisse im Fokus. Was 15-Jährige wissen und wie sie Wissen einsetzen können*. Verfügbar unter www.oecd.org/pisa/keyfindings/pisa-2012-results.htm

Oxford University Press. (2015). Oxford Dictionaries. Verfügbar unter http://www.oxforddictionaries.com/definition/english/evidence

Padberg, F. (1979). Zur Behandlung der Teilbarkeitsrelation im Unterricht der Primar- und Orientierungsstufe. Eine didaktische Analyse. *Sachunterricht und Mathematik in der Primarstufe*, *1*, 31–37.

Parsons, S. & Bynner, J. (2005). *Does Numeracy Matter More?* London. Verfügbar unter www.nrdc.org.uk

Peter-Koop, A., Wollring, B., Spindeler, B. & Grüßing, M. (2007). *Elementar Mathematisches Basis Interview (EMBI).* Offenburg: Mildenberger Verlag.

Petermann, U. & Petermann, F. (2013). *Lehrereinschätzliste für das Sozial- und Lernverhalten (LSL)*. Göttingen: Hogrefe.

Peterson, J. C., Thomas, H. L., Lovett, C. J. & Bright, G. W. (1973). The Effect of Organizers and Knowledge of Behavioral Objectives on Learning a Mathematical Concept. *Journal for Research in Mathematics Education*, *4*(5), 76–84.

Peterson Miller, S., Strawser, S. & Mercer, C. D. (1996). Promoting Strategic Math Performance among Students with Leaning Disabilities. *LD Forum*, *21*(2), 34–39.

Preiss, R. W. & Gayle, B. M. (2006). A Meta-Analysis of the Educational Benefits of Employing Advanced Organizers. In B. M. Gayle, R. W. Preiss, N. Burrel & M. Allen (Hrsg.), *Classroom Communication and Instructional Processes. Advances through Meta-Analysis* (S. 329–344). Mahwah: Lawrence Erlbaum Associates Inc.

Prewett, S., Mellard, D. F., Deshler, D. D., Allen, J., Alexander, R. & Stern, A. (2012). Response to Intervention in Middle Schools: Practices and Outcomes. *Learning Disabilities Research & Practice*, *27*(3), 136–147.

Quaiser-Pohl, C. & Rindermann, H. (2010). *Entwicklungsdiagnostik*. München: Ernst Reinhardt Verlag.

Quatember, A. (2014). *Datenqualität in Stichprobenerhebungen: Eine verständnisorientierte Einführung in Stichprobenverfahren und verwandte Themen*. Berlin: Springer-Verlag.

Raghubar, K. P., Barnes, M. A. & Hecht, S. A. (2010). Working memory and mathematics: A review of developmental, individual difference, and cognition approaches. *Learning and Individual Differences*, *20*, 110–122.

Rasch, B., Friese, M., Hofmann, W. & Naumann, E. (2010). *Quantitative Methoden 2. Einführung in die Statistik für Psychologen und Sozialwissenschaftler.* Berlin: Springer-Verlag.

Reinck, C. & Hillenbrand, C. (o. A.). *Advance Organizer in Mathematics Instruction: A Meta-analysis*.

Reiss, K. (2004). Bildungsstandards und die Rolle der Fachdidaktik am Beispiel der Mathematik. *Zeitschrift für Pädagogik*, *50*(5), 635–649.

Reiss, K. & Hammer, C. (2013). *Grundlagen der Mathematikdidaktik*. Basel: Springer.

Renkl, A. (2008). Lernen und Lehren im Kontext der Schule. In A. Renkl (Hrsg.), *Lehrbuch Pädagogische Psychologie* (S. 109–153). Bern: Verlag Hans Huber.

Resnick, L. B. (1989). Developing Mathematical Knowledge. *American Psychologist*, *44*(2), 162–169.

Ricken, G. (2009). Dyskalkulie. In A. Lohaus & H. Domsch (Hrsg.), *Psychologische Förder- und Interventionsprogramme für das Kindes- und Jugendalter* (S. 113–127). Heidelberg: Springer Medizin Verlag.

Ricken, G. & Fritz, A. (2006). Arbeitsgedächtnisleistungen bei unterschiedlich guten Rechnern im Kindergartenalter. *Psychologie in Erziehung und Unterricht*, *53*, 263–274.

Ricken, G., Fritz, A. & Balzer, L. (2013). *Mathematik- und Rechenkonzepte im Vorschulalter - Diagnose (MARKO-D)*. Göttingen: Hogrefe.

Roelcke, T. (2010). *Fachsprachen*. Berlin: Erich Schmidt Verlag.

Roick, T., Gölitz, D. & Hasselhorn, M. (2004). *Deutscher Mathematiktest für dritte Klassen (DEMAT 3+)*. Göttingen: Hogrefe.

Roick, T., Gölitz, D. & Hasselhorn, M. (2012). *Kettenrechner für dritte und vierte Klassen (KR 3-4)*. Göttingen: Hogrefe.

Rolheiser-Bennett, N. C. (1986). *Four Models of Teaching: a Meta-Analysis of Student Outcomes*. University of Oregon.

Rost, D. (2013). *Interpretation und Bewertung pädagogisch-psychologischer Studien* (3. Aufl.). Bad Heilbrunn: Klinkhardt UTB.

Rustenbach, S. J. (2003). *Metaanalyse. Eine anwendungsorientierte Einführung*. Bern: Verlag Hans Huber.

Sachs, L. (2004). *Angewandte Statistik. Anwendung statistischer Methoden.* (11., überarb. Aufl.). Berlin: Springer-Verlag.

Sackett, D. L., Rosenberg, W. M. C., Gray, J. A. M., Haynes, R. B. & Richardson, W. S. (1996). Evidence based medicine: what it is and what it isn't. *BMJ*, *312*(7023), 71–72.

Scandura, J. M. & Wells, J. N. (1967). Advance Organizers in Learning Abstract Mathematics. *American Educational Research Journal*, *4*(3), 295–301.

Schardt, K. & Merdian, G. (2012). *Bamberger Dyskalkuliediagnostik - Ein förderdiagnostisches Verfahren zur Erfassung von Rechenproblemen (BADYS 1-4+)*. Bamberg: PaePsy Verlag.

Schaupp, H., Holzer, N. & Lenart, F. (2007). *Eggenberger Rechentest (ERT 1+). Diagnostikum für Dyskalkulie für das Ende der 1. Schulstufe bis Mitte der 2. Schulstufe*. Bern: Verlag Hans Huber.

Schaupp, H., Lenart, F. & Holzer, N. (2010). *Eggenberger Rechentest (ERT 4+)*. Bern: Verlag Hans Huber.

Scherer, P. & Moser Opitz, E. (2010). *Fördern im Mathematikunterricht der Primarstufe*. Heidelberg: Spektrum Akademischer Verlag.

Schipper, W. (2009). *Handbuch für den Mathematikunterricht an Grundschulen*. Braunschweig: Schroedel.

Schipper, W., Wartha, S. & Schroeders, N. (2013). *Bielefelder Rechentest für das zweite Schuljahr (Birte 2). Handbuch zur Diagnostik und Förderung.* Braunschweig: Schroedel.

Schmidt-Atzert, L. & Amelang, M. (2012). *Psychologische Diagnostik*. Berlin: Springer-Verlag.

Schneider, G. (2007). Einstiege. In U. Mayer, H.-J. Pandel & G. Schneider (Hrsg.), *Handbuch Methoden im Geschichtsunterricht* (2., überar. Aufl., S. 595–617). Schwalbach: WOCHENSCHAU Verlag.

Schneider, W., Körkel, J. & Weinert, F. E. (1989). Domain-Specific Knowledge and Memory Performance: A Comparison of High- and Low-Aptitude Children. *Journal of Educational Psychology*, *81*(3), 306–312.

Schneider, W., Küspert, P. & Krajewski, K. (2013). *Die Entwicklung mathematischer Kompetenzen*. Paderborn: Ferdinand Schöningh.

Schnell, R., Hill, P. B. & Esser, E. (2011). *Methoden der empirischen Sozialforschung* (9. Aufl.). München: Oldenbourg Verlag.

Schoppek, W. & Laue, C. (2005). *Individuelle Förderung von Rechenfertigkeiten in der Grundschule durch ein computergestütztes Übungsprogramm*. Universität Bayreuth. Verfügbar unter psydok.sulb.uni-saarland.de/volltexte/2008/1556/pdf/Schoppek_Laue_2005.pdf

Schrader, F.-W. (2009). Anmerkungen zum Themenschwerpunkt Diagnostische Kompetenz von Lehrkräften. *Zeitschrift für Pädagogische Psychologie*, *23*(3-4), 237–245.

Schroeders, U. & Schneider, W. (2008). *Test zur Diagnose von Dyskalkulie (TeDDy-PC)*. Göttingen: Hogrefe.

Schulz, A. (2000). Formative Evaluation des Dortmunder Zahlbegriffstrainings. *Zeitschrift für Heilpädagogik*, *1*, 13–20.

Sedlmeier, P. & Renkewitz, F. (2013). *Forschungsmethoden und Statistik. Ein Lehrbuch für Psychologen und Sozialwissenschaftler.* (2., akt. Aufl.). München: Pearson.

Seel, N. M. (2003). *Psychologie des Lernens*. München: Ernst Reinhardt Verlag.

Seitz, K. & Schumann-Hengsteler, R. (2000). Mental multiplication and working memory. *European Journal of Cognitive Psychology*, *12*(4), 552–570.

Seitz-Stein, K., Schumann-Hengsteler, R., Zoelch, C., Grube, D., Mähler, C. & Hasselhorn, M. (2012). Diagnostik der Funktionstüchtigkeit des Arbeitsgedächtnisses bei Kindern zwischen 5 und 12 Jahren: Die Arbeitsgedächtnistestbatterie AGTB 5-12. In M. Hasselhorn & C. Zoelch (Hrsg.), *Funktionsdiagnostik des Arbeitsgedächtnisses* (S. 1–22). Göttingen: Hogrefe.

Sekretariat der Ständigen Konferenz der Kultusminister der Länder in der Bundesrepublik Deutschland (KMK). (2005a). *Beschlüsse der Kultusministerkonferenz. Bildungsstandards im Fach Mathematik für den Primarbereich (Jahrgangsstufe 4)*. München: Wolters Kluwer.

Sekretariat der Ständigen Konferenz der Kultusminister der Länder in der Bundesrepublik Deutschland (KMK). (2005b). *Bildungsstandards der Kultusministerkonferenz. Erläuterungen zur Konzeption und Entwicklung*. München: Luchterhand.

Shadish, W. R., Cook, T. D. & Campbell, D. T. (2002). *Experimental and quasi-experimental designs for generalized causal inference*. Boston: Houghton Mifflin.

Shalev, R. S., Auerbach, J., Manor, O. & Gross-Tsur, V. (2000). Developmental Dyscalculia: Prevalence and Prognosis. *European child & adolescent psychiatry*, *9*(2), 58–64.

Shute, V. J. (2008). Focus on Formative Feedback. *Review of Educational Research*, *78*(1), 153–189.

Siebert, H. (2010). *Methoden für die Bildungsarbeit: Leitfaden für aktivierendes Lehren*. Bielefeld: Bertelsmann Verlag.

Siegler, R. S., Duncan, G. J., Davis-Kean, P. E., Duckworth, K., Claessens, A., Engel, M., … Chen, M. (2012). Early Predictors of High School Mathematics Achievement. *Psychological Science*, *23*(7), 691–697.

Simon, H. & Grünke, M. (2010). *Förderung bei Rechenschwäche*. Stuttgart: Kohlhammer.

Sinner, D. (2011). *Prävention von Rechenschwäche durch ein Training mathematischer Basiskompetenzen in der ersten Klasse*. Justus-Liebig-Universität Gießen.

Sinner, D., Ennemoser, M. & Krajewski, K. (2011). Entwicklungspsychologische Frühdiagnostik mathematischer Basiskompetenzen im Kindergarten- und frühen Grundschulalter (MBK-0 und MBK-1). In M. Hasselhorn & W. Schneider (Hrsg.), *Frühprognose schulischer Kompetenzen* (S. 109–129). Göttingen: Hogrefe.

Sinner, D. & Kuhl, J. (2010). Förderung mathematischer Basiskompetenzen in der Grundstufe der Schule für Lernhilfe. *Zeitschrift für Entwicklungspsychologie und Pädagogische Psychologie*, *42*(4), 241–251.

Slavin, R. E. (2002). Evidence-Based Education Policies: Transforming Educational Practice and Research. *Educational Researcher*, *31*(7), 15–21.

Smedt, B. de, Janssen, R., Bouwens, K., Verschaffel, L., Boets, B. & Ghesquière, P. (2009). Working Memory and Individual Differences in Mathematics Achievement: a Longitudinal Study from First Grade to Second Grade. *Journal of Experimental Child Psychology*, *103*, 186–201.

Souvignier, E. (2007). Kooperatives Lernen. In U. Heimlich & F. B. Wember (Hrsg.), *Didaktik des Unterrichts im Förderschwerpuntk Lernen. Ein Handbuch für Studium und Praxis.* (S. 138–148). Stuttgart: Kohlhammer.

Sparfeldt, J. R., Rost, D. H., Schleebusch, R. & Heise, A.-L. (2012). Lehrerbeurteiltes Schülerverhalten. Eine Evaluation der “Lehrereinschätzliste für Sozial- und Lernverhalten” (LSL). *Psychologie in Erziehung und Unterricht*, *59*(2), 146–158.

Spearman, C. (1904). “General Intelligence,” Objectively Determined and Measured. *The American Journal of Psychology*, *15*(2), 201–292.

Spychiger, M., Oser, F., Hascher, T. & Mahler, F. (1999). Entwicklung einer Fehlerkultur in der Schule. In Wolfgang Althof (Hrsg.), *Fehlerwelten. Vom Fehlermachen und Lernen aus Fehlern* (S. 43–70). Opladen: Leske & Budrich.

Staker, H. & Horn, M. B. (2012). *Classifying K–12 Blended Learning*. Verfügbar unter www.christenseninstitute.org/wp-content/uploads/2013/04/Classifying-K-12-blended-learning.pdf

Stefanko, B. (2011). Curriculum-Based Assessment. In S. Goldstein & J. A. Naglieri (Hrsg.), *Encyclopedia of Child Behavior and Development* (S. 454–458). Boston, MA: Springer Science and Musiness Media.

Steuer, G. (2014). *Fehlerklima in der Klasse. Zum Umgang mit Fehlern im Mathematikunterricht*. Wiesbaden: Springer VS.

Stone, C. L. (1983). A Meta-Analysis of Advance Organizer Studies. *Journal of Experimental Education*, *51*(4), 194–199.

Straka, G. A. & Macke, G. (2006). *Lern-Lehr-Theoretische Didaktik* (4. Aufl.). Münster: Waxmann.

Strathmann, A. M. & Klauer, K. J. (2012). *Lernverlaufsdiagnostik - Mathematik für zweite bis vierte Klassen (LVD-M 2-4)*. Göttingen: Hogrefe.

Swanson, H. L. (2006). Cross-Sectional and Incremental Changes in Working Memory and Mathematical Problem Solving. *Journal of Educational Psychology*, *98*(2), 265–281.

Swanson, H. L. & Beebe-Frankenberger, M. (2004). The Relationship between Working Memory and Mathematical Problem Solving in Children at Risk and Not at Risk for Serious Math Difficulties. *Journal of Educational Psychology*, *96*(3), 471–491.

Swanson, H. L., Cooney, J. B. & McNamara, J. K. (2008). Lernstörungen und Gedächtnis. In B. Y. L. Wong (Hrsg.), *Lernstörungen verstehen* (S. 39–90). Berlin: Springer-Verlag.

Swanson, H. L. & Jerman, O. (2006). Math Disabilities: A Selective Meta-Analysis of the Literature. *Review of Educational Research*, *76*(2), 249–274.

Swanson, H. L., Jerman, O. & Zheng, X. (2008). Growth in Working Memory and Mathematical Problem Solving in Children at Risk and Not at Risk for Serious Math Difficulties. *Journal of Educational Psychology*, *100*(2), 343–379.

Thal, J. & Vormdohre, K. (2009). *Methoden und Entwicklung* (2., überarb. Aufl.). Baltmannsweiler: Schneider Verlag Hohengehren.

The Northeast Texas Network Consortium Coordinating Office (NETnet). (2005). *Advance Organizers. Creating and Using Advance Organizers for Distance Learning*. Verfügbar unter www.netnet.org/instructors/design/goalsobjectives/advance.htm#example

Thomas, J., Zoelch, C., Seitz-Stein, K. & Schumann-Hengsteler, R. (2006). Phonologische und zentral-exekutive Arbeitsgedächtnisprozesse bei der mentalen Addition und Multiplikation bei Grundschulkindern. *Psychologie in Erziehung und Unterricht*, *53*, 275–290.

Toll, S. W. M., Ven, S. H. G. van der, Kroesbergen, E. H. & Luit, J. E. . H. van. (2011). Executive Functions as Predictors of Math Learning Disabilities. *Journal of Learning Disabilities*, *44*(6), 521–532.

Tomasevski, K. (2001). *Human rights obligations: making education available, accessible, acceptable and adaptable*. Gothenburg: Novum Grafiska AB.

Tröster, H. (2009). *Früherkennung im Kindes- und Jugendalter. Strategien bei Entwicklungs-, Lern- und Verhaltensstörungen*. Göttingen: Hogrefe.

U.S. Department of Education. (2014). *Doing What Works: Research-Based Practices for K-6 Mathematics*. Verfügbar unter www.wested.org/resources/doing-what-works-research-based-practices-for-k-6-mathematics/

U.S. Department of Education. (2015). *What Works Clearinghouse?* Zugriff am 15. Januar 2015, unter www.ies.ed.gov/ncee/wwc/

Ufer, S., Reiss, K. & Heinze, A. (2009). BIGMATH - Ergebnisse zur Entwicklung mathematischer Kompetenz in der Primarstufe. In A. Heinze & M. Grüßing (Hrsg.), *Mathematiklernen vom Kindergarten bis zum Studium. Kontinutität und Kohärenz als Herausforderung für den Mathematikunterricht* (S. 61–85). Münster: Waxmann.

United Nations. (2008). *Convention on the Rights of Persons with Disabilities*. Verfügbar unter www.un.org/disabilities/convention/conventionfull.shtml

United Nations Educational Scientific and Cultural Organization (UNESCO). (1994). *Die Salamanca Erklärung und der Aktionsrahmen zur Pädagogik für besondere Bedürfnisse*. Salmanca. Verfügbar unter www.unesco.at/bildung/basisdokumente/salamanca_erklaerung.pdf

Vaughn, S., Wanzek, J. & Murray, C. S. (2012). *Intensive interventions for students struggling in reading and mathematics. A practice guide.* Portmouth.

Voß, S. (2013). *Curriculumbasierte Messverfahren im mathematischen Erstunterricht. Zur Güte und Anwendbarkeit einer Adaption US-amerikanischer Verfahren im deutschen Schulsystem*. Universität Rostock.

Voß, S., Blumenthal, Y., Sikora, S., Mahlau, K., Diehl, K. & Hartke, B. (2014). Rügener Inklusionsmodell (RIM) – Effekte eines Beschulungsansatzes nach dem Response to Intervention-Ansatz auf die Rechen- und Leseleistungen von Grundschulkindern. *Empirische Sonderpädagogik*, (2), 114–132.

Voß, S. & Hartke, B. (2014). Curriculumsbasierte Messverfahren (CBM) als Methode der formativen Leistungsdiagnostik im RTI-Ansatz. In M. Hasselhorn, W. Schneider & U. Trautwein (Hrsg.), *Lernverlaufsdiagnostik* (S. 83–99). Göttingen: Hogrefe.

Vries, C. de. (2013). *Diagnostisches Inventar zur Förderung Mathematischer Basiskompetenzen (DIFMaB).* Dortmund: verlag modernes lernen.

Wahl, D. (2005). Die besondere Bedeutung einer früh ("in advance") im Lernprozess vermittelten Experten-Struktur ("organizer"). In D. Wahl (Hrsg.), *Lernumgebungen erfolgreich gestalten. Vom trägen Wissen zum kompetenten Handeln.* Bad Heilbrunn: Verlag Julius Klinkhardt.

Wahl, D. (2011). Der Advance Organizer: Einstieg in eine Lernumgebung. In S. T. Brandt (Hrsg.), *Lehren und Lernen im Unterricht* (S. 185–202). Baltmannsweiler: Schneider Verlag Hohengehren.

Walter, J. (2007). Meta- und Megaanalysen als Erkenntnismethoden zur Darstellung von Trainingseffekten bei Schülern mit sonderpädagogischen Förderbedarf. In J. Walter & F. B. Wember (Hrsg.), *Sonderpädagogik des Lernens* (S. 873–896). Göttingen: Hogrefe.

Walter, J. (2008). Curriculumbasiertes Messen (CBM) als lernprozessbegleitende Diagnostik: erste deutschsprachige Ergebnisse zur Validität, Reliabilität und Veränderungssensibilität eines robusten Indikators zur Lernfortschrittsmessung beim Lesen. *Heilpädagogische Forschung*, *34*(2), 62–79.

Walter, J. (2009). Theorie und Praxis Curriculumbasierten Messens (CBM) in Unterricht und Förderung. *Zeitschrift für Heilpädagogik*, *5*, 162–170.

Walter, J., Glöer, S. & Wellen, P. (1999). Effekte eines computerunterstützten Intensivtrainings zur Automatisierung elementarer Rechenoperationen und dessen Wirkung im Vergleich zu herkömmlichen Materialien. *Sonderpädagogik*, *29*(3), 148–157.

Walther, G., Geiser, H., Langeheine, R. & Lobemeier, K. (2004). Mathematische Kompetenzen am Ende der vierten Jahrgangsstufe in einigen Ländern der Bundesrepublik Deutschland. In W. Bos, E.-M. Lankes, M. Prenzel, K. Schwippert, R. Valtin & G. Walther (Hrsg.), *IGLU. Einige Länder der Bundesrepublik Deutschland im nationalen und internationalen Vergleich* (S. 117–140). Münster: Waxmann.

Walther, G., Heuvel-Panhuizen, M. van den, Granzer, D. & Köller, O. (2011). *Bildungsstandards für die Grundschule: Mathematik konkret*. Berlin: Cornelson Verlag Scriptor.

Watts, T. W., Duncan, G. J., Siegler, R. S. & Davis-Kean, P. E. (2014). What's Past Is Prologue: Relations Between Early Mathematics Knowledge and High School Achievement. *Educational Researcher*, *43*(7), 352–360.

Weiß, R. H. (2006). *Grundintelligenztest Skala 2 - Revision (CFT 20-R).* Göttingen: Hogrefe.

Wellenreuther, M. (2010). Fördern im Mathematikunterricht – aber wie ? *Lehren & Lernen*, *4*, 20–24.

Wellenreuther, M. (2014a). *Lehren und Lernen - aber wie? Empirisch-experimentelle Forschungen zum Lehren und Lernen im Unterricht.* (7. korr. Aufl.). Baltmannsweiler: Schneider Verlag Hohengehren.

Wellenreuther, M. (2014b). Direkte Instruktion. Was ist das, und wie geht das? *Pädagogik*, *1*, 8-11.

Weltgesundheitsorganisation (WHO). (2014). *Internationale Klassifikation psychischer Störungen. ICD-10 Kapitel V (F). Klinisch-diagnostische Leitlinien.* (H. Dilling, W. Mombour & M. H. Schmidt, Hrsg.). Bern: Verlag Hans Huber.

Wember, F. B. (2007). Direkter Unterricht. In U. Heimlich & F. B. Wember (Hrsg.), *Didaktik des Unterrichts im Förderschwerpuntk Lernen. Ein Handbuch für Studium und Praxis.* (S. 163–175). Stuttgart: Kohlhammer.

Wenzel, B. (2010). *Kreative und innovative Methoden. Geschichtsunterricht einmal anders.* Schwalbach: WOCHENSCHAU Verlag.

Werner, B. (2009). *Dyskalkulie - Rechenschwierigkeiten. Diagnose und Förderung rechenschwacher Kinder an Grund- und Sonderschulen.* Stuttgart: Kohlhammer.

West, C. K., Farmer, J. A. & Wolff, P. M. (1991). *Instructional Design. Implications from Cognitive Science.* Englewood Cliffs: Prentice Hall.

West, L. H. T. & Fensham, P. J. (1974). Prior knowledge and the learning of science. *Studies in Science Education*, *1*(1), 61–81.

Wilbert, J. & Linnemann, M. (2011). Kriterien zur Analyse eines Tests zur Lernverlaufsdiagnostik. *Empirische Sonderpädagogik*, (3), 225–242.

Wildt, M. (2009). Wo stehe ich - wo will ich hin? Lernlandkarten als Mittel zur Selbsteinschätzung und Selbststeuerung. *Lernchancen*, *71*, 4–7.

Willcutt, E. G., Petrill, S. A., Wu, S., Boada, R., DeFries, J. C., Olson, R. K. & Pennington, B. F. (2013). Comorbidity Between Reading Disability and Math Disability: Concurrent Psychopathology, Functional Impairment, and Neuropsychological Functioning. *Journal of Learning Disabilities*, *46*(6), 500–516.

Williams, T. R. & Butterfield, E. C. (1992). Advance Organizers: A Review of the Research - Part I. *Journal of Technical Writing and Communication*, *22*(3), 259–272.

Wilms, F. E. P. (2005). Denken im Anwendungskontext - Advance Organizer. *Die Neue Hochschule*, *46*(6), 32–34.

Winter, K. (2011). *Entwicklung von Item-Distraktoren mit diagnostischem Potential zur individuellen Defizit- und Fehleranalyse. Didaktische Überlegungen, empirische Untersuchungen und konzeptionelle Entwicklung für ein internetbasiertes Mathematik-Self-Assessment*. Münster: Verlag für wissenschaftliche Texte und Medien.

Wittmann, E. C. & Müller, G. N. (2009a). *Blitzrechnen 1/2. Das innovative Kopfrechenprogramme von "mathe 2000"*. Stuttgart: Klett.

Wittmann, E. C. & Müller, G. N. (2009b). *Blitzrechnen 3/4. Das innovative Kopfrechenprogramme von "mathe 2000"*. Stuttgart: Klett.

Wittmann, E. C. & Müller, G. N. (2012). *Das Zahlenbuch 1. Begleitband*. Stuttgart: Klett.

Wittmann, E. C. & Müller, G. N. (2014). *Mathe 2000+. Intelligente Lösungen für die Praxis*. Zugriff am 29. Januar 2015, unter www.mathe2000.de

Witzel, B. S. (2005). Using CRA to Teach Algebra to Students with Math Difficulties in Inclusive Settings. *Learning Disabilies: A Contemporary Journal*, *3*(2), 49–60.

Woolfolk, A. (2014). *Pädagogische Psychologie*. Hallbergmoos: Pearson.

Zech, F. (1998). *Grundkurs Mathematikdidaktik*. Weinheim: Beltz Verlag.

Anhang

Inhaltsverzeichnis

1 Genehmigung der Landesschulbehörde 240

2 Test zur Erfassung der spezifischen Mathematikleistung 242

2.1 Schülerbogen 242

2.2 Instruktion 246

2.3 Auswertung 249

3 Verlaufspläne des Mathematikunterrichts 253

4 Mündliche Erläuterung zum Advance Organizer 260

5 Bildnachweise 267

1 Genehmigung der Landesschulbehörde

Niedersächsische Landesschulbehörde • Regionalabteilung Osnabrück
Postfach 35 69 • 49025 Osnabrück

Niedersächsische Landesschulbehörde

Herrn
Prof. Dr. Clemens Hillenbrand
Institut für Sonder- und Rehabilitationspädagogik
Carl von Ossietzky Universität Oldenburg

26111 Oldenburg

Bearbeitet von
Lena Themlitz
Regionalabteilung Osnabrück

Lena.Themlitz@nlschb.niedersachsen.de
Fax: 0541 314-9 443
Dienstgebäude: Mühleneschweg 8

Ihr Zeichen, Ihre Nachricht vom	Mein Zeichen (Bei Antwort angeben)	Telefon	Osnabrück
	OS 1 R.22-0541/2 N	0541 314-435	17.01.2013

Umfragen und Erhebungen an Schulen;
Antrag auf Genehmigung einer Erhebung im Rahmen von Schulpraktischen Studien und Seminarveranstaltungen zum Unterrichtsprojekt: „Erprobung einer Maßnahme zur Lernförderung“

RdErl. d. MK vom 05.12.2005 – 24-81 402 – VORIS 22410 –

Sehr geehrter Herr Prof. Dr. Hillenbrand,

hiermit genehmige ich die Durchführung der von Ihnen geplanten Erhebung an den von Ihnen im o.a. Antrag genannten Schulen.

Bei der Genehmigung gehe ich davon aus, dass Sie sich auf diese Schulen beschränken. Sollten Sie sich mit Ihrem Vorhaben an weitere Schulen wenden, bitte ich Sie mir eine Liste dieser Schulen zu übersenden. Diese dient lediglich zur Ergänzung der Unterlagen, eine weitere Genehmigung ist dafür nicht erforderlich.
Vorsorglich weise ich darauf hin, dass die Schulen mit dieser Genehmigung nicht zur Teilnahme verpflichtet werden. Die Entscheidung über die Teilnahme obliegt den einzelnen Schulen.

Ich weise darauf hin, dass die Beteiligung der Betroffenen freiwillig ist und die erhobenen Daten zu anonymisieren sind. Die Betroffenen müssen **vor Beginn der Erhebung auf die Freiwilligkeit der Teilnahme an der Erhebung hingewiesen werden und ihr zugestimmt haben.** (Bei minderjährigen Schülerinnen und Schülern ist das **schriftliche** Einverständnis der Erziehungsberechtigten einzuholen.) Dabei sind sie über das Ziel und den wesentlichen Inhalt des Vorhabens, die Art der Beteiligung an der Erhebung sowie über die Verwendung der erhobenen Daten aufzuklären. Liegt die Zustimmung nur eines Teils der Schülerinnen und Schüler bzw. deren Erziehungsberechtigten vor, ist die Erhebung auf diesen Personenkreis zu beschränken.

Durch die Erhebung darf nicht in die schutzwürdigen Rechte der Betroffenen eingegriffen werden, zum Beispiel darf die Erhebung nicht zur Diskriminierung von einzelnen Personen führen.

Ich bitte zu beachten, dass der Unterricht und der übrige Schulbetrieb nach Möglichkeit nicht beeinträchtigt werden. Die zur Durchführung der Erhebung in der Schule erforderlichen organisatorischen Maßnahmen sind jeweils mit der Schulleitung abzustimmen und bedürfen deren Zustimmung.

Adresse
Mühleneschweg 8
49090 Osnabrück

Telefonzentrale
0541 314-01
Telefax
0541 314-400

Internet
www.landesschulbehoerde-niedersachsen.de

Bankverbindung
Nord/LB (BLZ 250 500 00) Konto. 1 900 151 577
IBAN: DE57 2505 0000 1900 1528 26
SWIFT-BIC: NOLADE2H

Da die Gesamtverantwortung für den Unterricht bei der Fachlehrkraft verbleibt, ist diese bei der Durchführung des Projektes zu beteiligen.

Im Übrigen bitte ich die Ausführungen des o. g. Bezugserlasses zu beachten.

Ich bitte Sie mir zu gegebener Zeit eine Zusammenfassung der Ergebnisse der Abschlussarbeiten zu übersenden. Sollten Sie beabsichtigen die Ergebnisse des Projektes zu veröffentlichen, senden Sie mir bitte vorab ein Exemplar zu.

Mit freundlichen Grüßen
Im Auftrage

Bärbel Gerdes

2 Test zur Erfassung der spezifischen Mathematikleistung

2.1 Schülerbogen

Wissensquiz – Was weißt du?

Aufgabe 1
Mit welchen Gegenständen kann man die Zeit messen?

Beispiel:

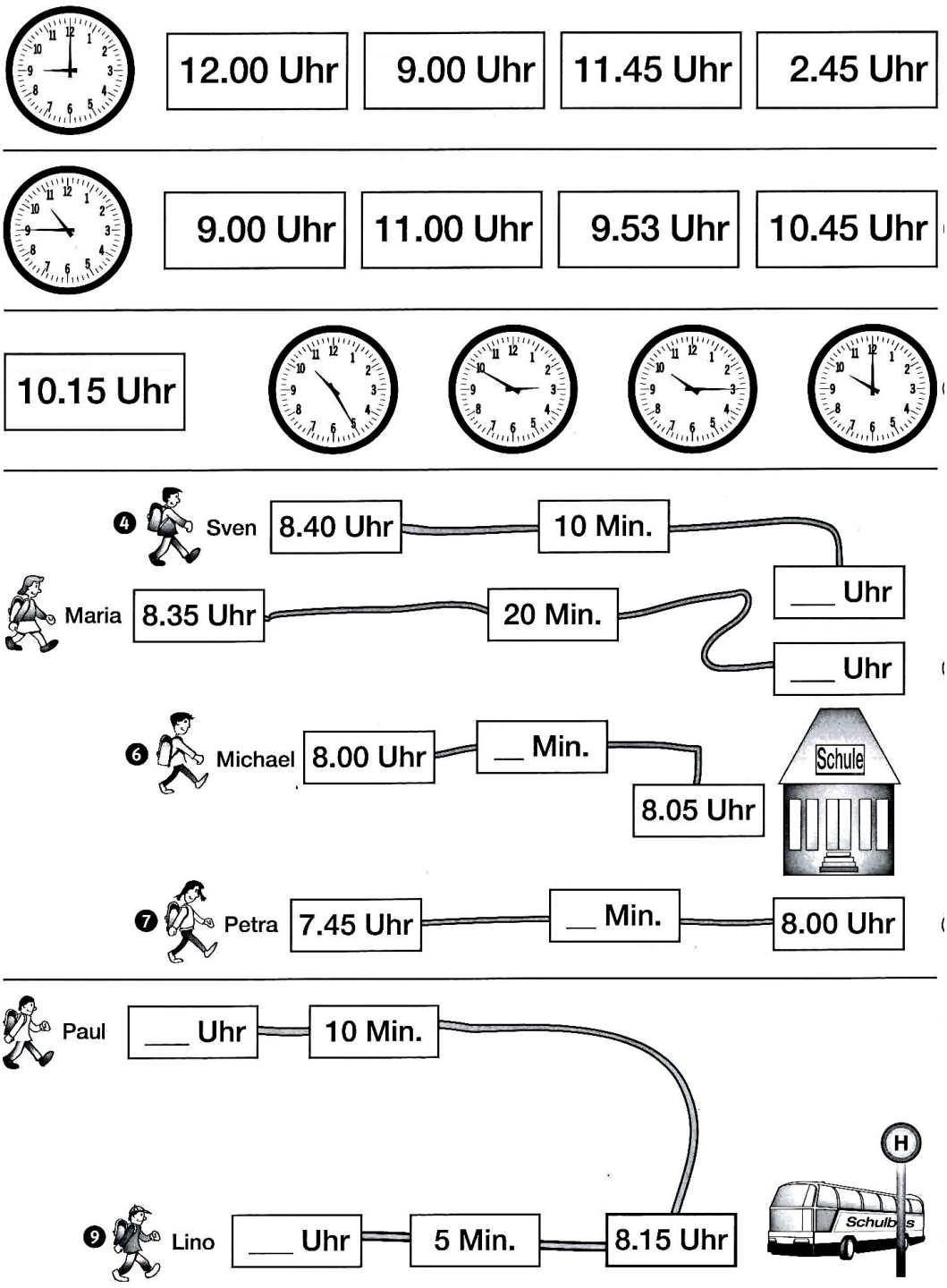
Aufgabe 2
Was kann man in einer Minute machen?

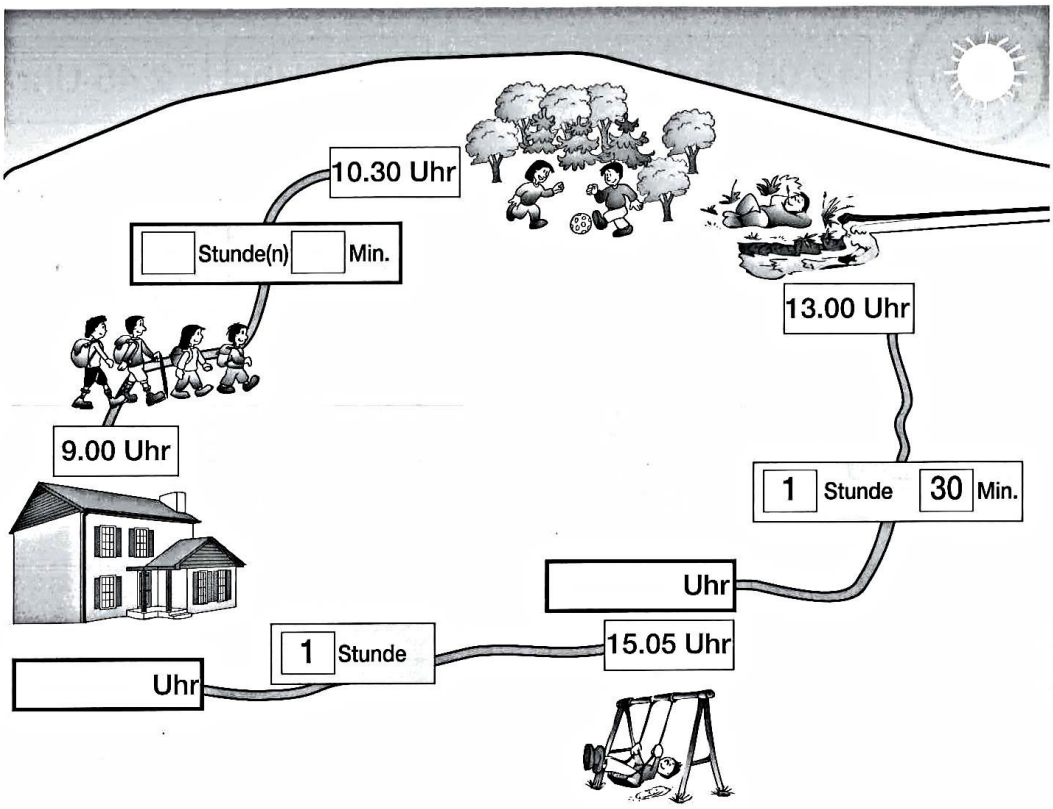
☐ Nach Amerika fahren

☐ Den eigenen Namen schreiben

☐ Einen Film von Anfang bis Ende gucken

Aufgabe 3


12.00 Uhr
9.00 Uhr
11.45 Uhr
2.45 Uhr
9.00 Uhr
11.00 Uhr
9.53 Uhr
10.45 Uhr
10.15 Uhr
4 Sven
8.40 Uhr
10 Min.
___ Uhr
Maria
8.35 Uhr
20 Min.
___ Uhr
6 Michael
8.00 Uhr
___ Min.
8.05 Uhr
Schule
7 Petra
7.45 Uhr
___ Min.
8.00 Uhr
Paul
___ Uhr
10 Min.
H
9 Lino
___ Uhr
5 Min.
8.15 Uhr
Schulbus



1 Woche = ☐ Tage

2 Wochen + 2 Tage = ☐ Tage

10 Tage = ☐ Woche(n) + ☐ Tage

12 Tage = ☐ Woche(n) + ☐ Tage

22 Tage = ☐ Woche(n) + ☐ Tage

STOP

Aufgabe 4

1	h	=		min
2	min	=		s
$1\frac{1}{2}$	min	=		s

Aufgabe 5

Ihr wollt einen Klassenausflug zur Insel „Juist" machen. Am Freitag, den 01.05.2013 kommt euer Bus um 11 Uhr in Norddeich an.

Fahrplan der Fähre Norddeich- Juist

Datum	Norddeich ab	Juist an
Donnerstag, 30.04.2013	13:14 Uhr	14:44 Uhr
Freitag, 01.05.2013	11:31 Uhr	13:01 Uhr
Samstag, 02.05.2013	12:45 Uhr	14:15 Uhr

a) Wann kommt die nächste Fähre?

☐ 11:31 Uhr ☐ 12:45 Uhr

☐ 9:10 Uhr ☐ 14:15 Uhr

b) Wie lange müsst ihr noch auf die Fähre warten?

☐ 6 Minuten ☐ 10 Minuten

☐ eine halbe Stunde ☐ 31 Minuten

c) Tim nimmt ein Hörspiel für die Zeit auf der Fähre mit.
Das Hörspiel dauert 35 Minuten.
Wie viele Minuten vom Hörspiel kann er sich nicht anhören?

☐ 1 Minute ☐ eine viertel Stunde

☐ Keine, er schafft das ganze Hörspiel. ☐ 4 Minuten

Geschafft!

2.2 Instruktion

Vorbereitungen Wissenstest
Bereiten Sie folgende Materialien vor:

- Testbogen für jede/n Schülerin/Schüler mit Kennziffer,
- Bleistift und Radiergummi zum Ersatz,
- jeweils für die Schülerinnen und Schüler Din A-5 Blatt zum Abdecken der unteren Aufgaben.

Instruktion Wissenstest
Halten Sie sich bei der Durchführung des Wissensquiz an die folgende Instruktion. Lesen Sie diese Instruktion so wenig wie möglich ab. Beachten Sie dabei folgende Hinweise:

- Bei der Durchführung sind keinerlei Hilfen erlaubt.
- Halten sie die Kinder zum Gebrauch eines Abdeckblattes an.
- Weisen sie die Kinder darauf hin, dass ein Radiergummi benutzt werden darf.
- Geben sie die Anweisungen immer erst dann, wenn sie der Aufmerksamkeit aller Kinder sicher sind.
- Verhindern sie, dass die Kinder ihre Lösungen laut bekannt geben oder voneinander abschreiben.

Instruktionen:

Ihr habt vor euch ein Wissensquiz liegen, darin sind verschiedene Aufgaben. Ihr sollt versuchen, so viele Aufgaben wie möglich zu lösen. Damit wir herausbekommen, wie viel jeder einzelne von euch schon weiß, haben wir zwei Versionen der Tests verteilt. Ihr könnt also nicht bei eurem Sitznachbarn abschauen.

Aufgabe 1: **Zieht das Abdeckblatt soweit herunter, dass ihr die Aufgabe 1 und die ersten beiden Bilder sehen könnt. Nun schaut euch einmal das Beispiel der Aufgabe 1 an. Kreuzt immer alle Gegenstände an, mit denen man die Zeit messen kann. Schaut einmal auf die Armbanduhr, mit der Uhr kann man die Zeit messen. Also kreuzt ihr unter der Armbanduhr das Kästchen an.**

Aufgabe 2: **Nun schauen wir uns das nächste Bild an…mit einem Vogel kann man die Zeit nicht messen, also lassen wir das Kästchen leer. Wenn ihr gleich mit der ersten Aufgabe fertig seid, könnt ihr bis zum Stoppzeichen unten auf der Seite weiter arbeiten.**

Deckt bitte das Abdeckblatt auf und bearbeitet die weiteren Bilder.

Aufgabe 3: **Nun blättert die Seite um. Jetzt kommen Aufgaben zur Uhrzeit, zu den Wochentagen und zum Kalender. Zuerst sollt ihr einige Aufgaben zur Uhrzeit lösen** (Hinweis auf Abdecken der unteren Aufgaben)

Hier ist eine Uhr gezeichnet. Ihr sollt herausfinden, wie spät es auf dieser Uhr ist. In den Kästchen daneben sind 4 Uhrzeiten aufgeschrieben. Eine davon ist die richtige Uhrzeit. Kreuze die richtige Uhrzeit an! Die nächste Aufgabe geht ebenso. Kreuze hinter der Uhr die Uhrzeit an, die man auf der Uhr ablesen kann! Löse die Aufgabe still für dich! (Bearbeitungszeit: 25 Sek.)

Schau dir die nächste Aufgabe an! In dem Kästchen steht 10 Uhr 15. Sprechweise hier und bei allen folgenden Aufgaben: „10 Uhr 15". **Daneben siehst du 4 Uhren. Du sollst herausfinden, auf welcher Uhr es 10 Uhr 15 ist. Kreuze die richtige Uhr an.** (Bearbeitungszeit: 25 Sek.)

Die nächsten 4 Aufgaben. **Du siehst hier 4 Kinder, die alle in die Schule gehen. Ganz oben siehst du Sven. Sven geht um 8.40 Uhr zu Hause los. Deshalb steht 8.40 Uhr auch im Kästchen neben seinem Namen. Er braucht 10 Minuten bis zum Schulhaus. Deshalb steht „10 Min." im Kästchen auf seinem Schulweg. Um wie viel Uhr ist er in der Schule? Schreibe das Ergebnis in das Kästchen am Ende seines Schulweges vor der Schule** (zeigen)**!**

Darunter siehst du Maria. Sie geht ebenfalls in die Schule. In den Kästchen steht, wann sie von zu Hause weggeht und wie lange sie für ihren Schulweg braucht. Schreibe in das Kästchen am Ende ihres Schulweges, wann Maria in der Schule ankommt. (Bearbeitungszeit: 30 Sek.)

Als nächstes siehst du Michael, der in die Schule geht. Michael geht um 8.00 Uhr von zu Hause weg und ist um 8.05 Uhr in der Schule (zeigen). **Wie lange hat er für seinen Schulweg gebraucht? Schreibe das Ergebnis in das Kästchen auf seinem Schulweg** (zeigen) **Das Wort Minuten musst du nicht mehr hinschreiben, dafür steht schon „Min." im Kästchen.**

Auch für Petra ist aufgeschrieben, um wie viel Uhr sie von zu Hause weggeht und um wie viel Uhr sie in der Schule ankommt. Schreibe in das Kästchen auf ihrem Schulweg, wie lange sie gebraucht hat. (Bearbeitungszeit: 30. Sek.)

Bei der nächsten Aufgabe siehst du zwei Kinder, die mit dem Schulbus zur Schule fahren. Der Bus fährt um 8.15 Uhr ab. Deshalb steht 8.15 Uhr in dem Kästchen bei der Bushaltestelle (zeigen).
Schau Paul an! Paul braucht 10 Minuten bis zur Bushaltestelle. Deshalb steht „10 Min." in dem Kästchen auf seinem Weg. Er ist um 8.15 Uhr an der Bushaltestelle. Wann ist Paul von zu Hause weggegangen? Schreibe das Ergebnis in das Kästchen neben seinem Namen!

Die nächste Aufgabe geht genau so. Auch Lino geht zur Bushaltestelle. In dem Kästchen auf seinem Weg steht, wie lange er braucht. Auch er kommt um 8.15 Uhr an der Bushaltestelle an. Wann ist er von zu Hause weggegangen? Schreibe die Uhrzeit in das Kästchen neben dem Namen! (Bearbeitungszeit: 30. Sek.)

Nächste Seite. **Schau dir das Bild an. Familie Maier macht eine Wanderung. Sie wandern um 9.00 Uhr los und machen um 10.30 Uhr in einem Wäldchen neben einem Bach eine Pause. Die Abmarschzeit 9.00 Uhr vor dem Haus und die Ankunftszeit 10.30 Uhr im Wäldchen sind angeschrieben** (zeigen). **Wie lange sind sie gewandert? …Richtig, sie sind 1 Stunde und 30 Minuten gewandert. Deshalb schreibt ihr in das Kästchen auf dem Weg vor dem Wort Stunden die Zahl 1. In das Kästchen vor der Abkürzung „Min." für Minuten schreibt ihr die Zahl 30** (zeigen).

Nach der Pause wandern sie um 13.00 Uhr weiter (zeigen). **Nach 1 Stunde und 30 Minuten kommen sie auf einen Spielplatz** (zeigen). **Deshalb steht auf dem**

Weg zwischen Bach und dem Spielplatz 1 Stunde und 30 Minuten. Wann kommen sie an dem Spielplatz an? Schreibe die Uhrzeit in das Kästchen neben der Schaukel (zeigen, Bearbeitungszeit: 20 Sek.).

Um 15.05 Uhr wandern sie vom Spielplatz wieder nach Hause. Sie brauchen noch 1 Stunde bis zur Wohnung. Deshalb steht im Kästchen auf dem Weg 1 Stunde. Wann kommt die Familie Maier zu Hause an? Schreibe die Uhrzeit in das Kästchen unter dem Haus.

Nächste Aufgabe. **Petra fährt in den Ferien zwei Wochen zu ihrer Oma. Wie viele Tage sind das? Schreibe die richtige Zahl in das Kästchen?**

Die Aufgabe darunter geht genauso. Du sollst in das Kästchen schreiben, wie viele Tage es sind.

Nächste Aufgabe. **Diese Aufgabe geht anders. Hier steht 10 Tage. Du sollst herausfinden, wie viele Wochen das sind. Richtig, es ist 1 Woche und es bleiben noch 3 Tage übrig. Schreibe 1 in das Kästchen vor dem Wort „Wochen" und 3 in das Kästchen vor dem Wort „Tage"!**

Die nächsten beiden Aufgaben gehen genauso. Die Anzahl der Wochen schreibst du in das Kästchen vor dem Wort „Wochen". Die Anzahl der übrigen Tage schreibst du in das Kästchen vor dem Wort „Tage".

Am Ende der Seite bis zum Stoppzeichen arbeiten und **dann wartet ihr auf mein Zeichen zum Umblättern**…warten bis alle fertig sind.

Aufgabe 4 & 5:. **Jetzt habt ihr eine Seite mit Aufgaben, die ihr selbstständig bearbeiten sollt. Versucht einmal die Aufgabe 4 und 5 ohne Hilfestellung zu lösen. Wenn ihr fertig seid oder nicht weiter kommt legt ihr das Heft oben an die Tischkannte. Ich komme dann zu euch.**

2.3 Auswertung

Gesamtpunkte ___/ 34!

Wissensquiz - Was weißt du?

!

Aufgabe 1 **10 Punkte**

Mit welchen Gegenständen kann man die Zeit messen?

Beispiel:

1 P.

1 P.

1 P.

1 P.

1 P.

1 P.

1 P.

1 P.

1 P.

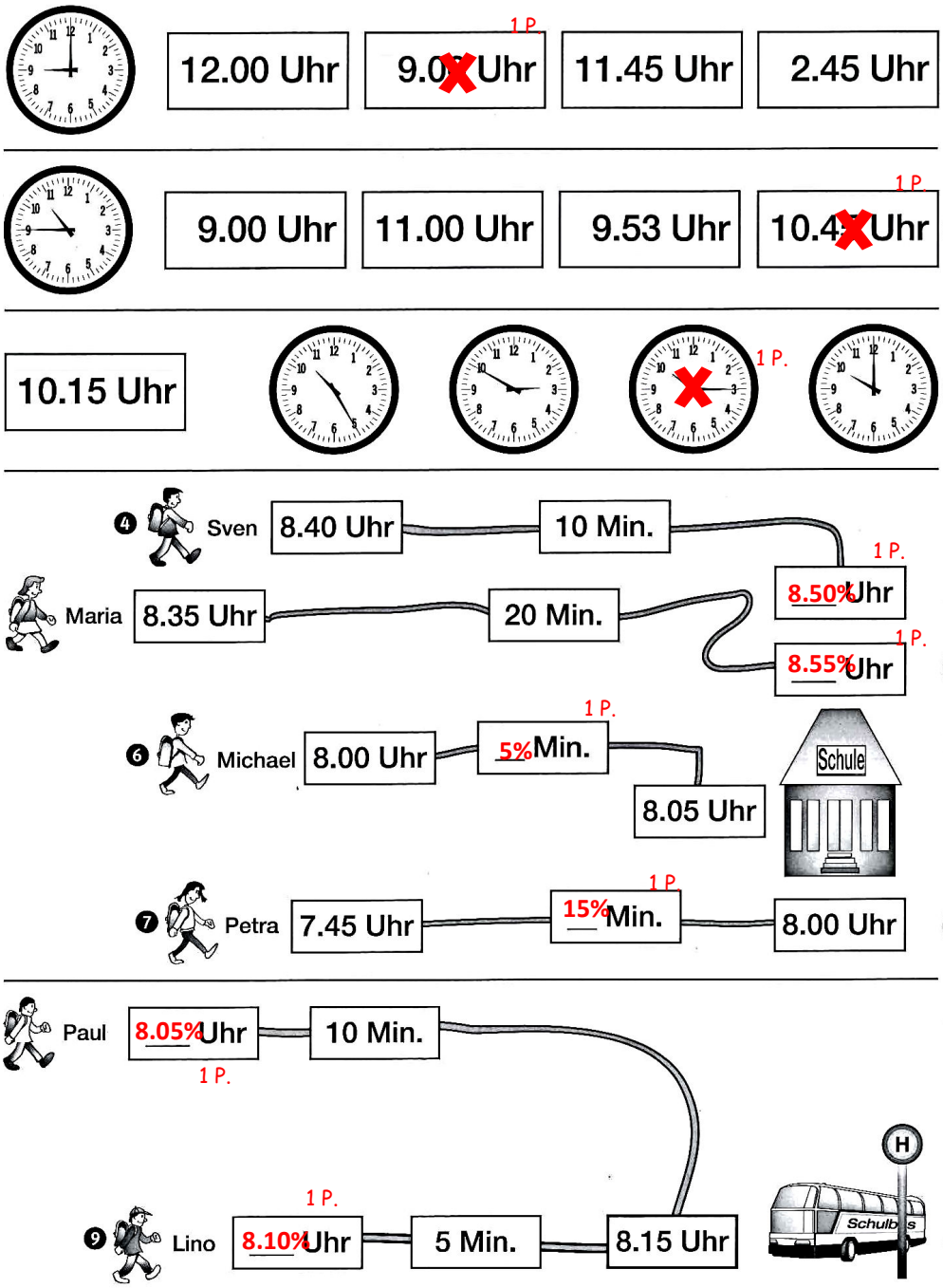
1 P.

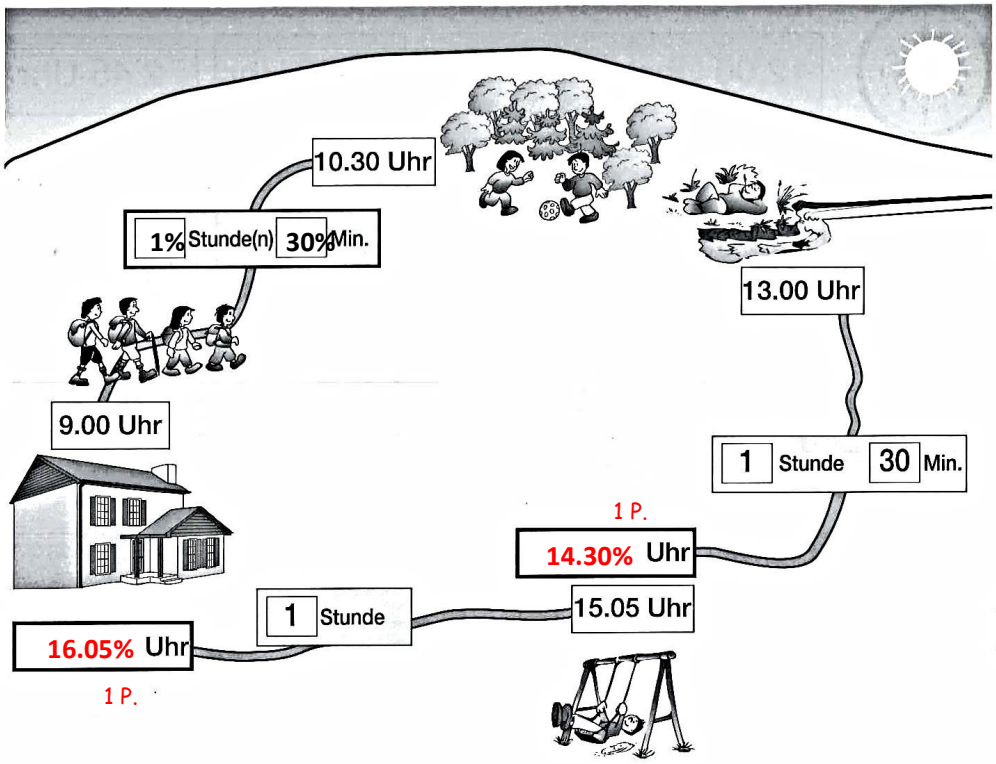
Aufgabe 2 **1 Punkt**

Was kann man in einer Minute machen?

- ☐ Nach Amerika fahren
- ✎ Den eigenen Namen schreiben
- ☐ Einen Film von Anfang bis Ende gucken

Aufgabe 3 **9 Punkte**





1 Woche = 7% Tage (1 P.)

2 Wochen + 2 Tage = 16% Tage (1 P.)

10 Tage = 1% Woche(n) + 3% Tage

12 Tage = 1 Woche(n) (1 P.) + 5% Tage (1 P.)

22 Tage = 3% Woche(n) (1 P.) + 1 Tage (1 P.)

8 Punkte

Aufgabe 4 **3 Punkte**

1	h	=	60%	min
2	min	=	120%	s
$1\frac{1}{2}$	min	=	90%	s

Aufgabe 5

Ihr wollt einen Klassenausflug zur Insel „Juist" machen. Am Freitag, den 01.05.2013 kommt euer Bus um 11 Uhr in Norddeich an.

Fahrplan der Fähre Norddeich- Juist

Datum	Norddeich ab	Juist an
Donnerstag, 30.04.2013	13:14 Uhr	14:44 Uhr
Freitag, 01.05.2013	11:31 Uhr	13:01 Uhr
Samstag, 02.05.2013	12:45 Uhr	14:15 Uhr

a) Wann kommt die nächste Fähre? **1 Punkt**

- [x] 11:31 Uhr
- [ ] 12:45 Uhr
- [ ] 9:10 Uhr
- [ ] 14:15 Uhr

b) Wie lange müsst ihr noch auf die Fähre warten? **1 Punkt**

- [ ] 6 Minuten
- [ ] 10 Minuten
- [ ] eine halbe Stunde
- [x] 31 Minuten

c) Tim nimmt ein Hörspiel für die Zeit auf der Fähre mit.
Das Hörspiel dauert 35 Minuten.
Wie viele Minuten vom Hörspiel kann er sich nicht anhören? **1 Punkt**

- [ ] 1 Minute
- [ ] eine viertel Stunde
- [x] Keine, er schafft das ganze Hörspiel.
- [ ] 4 Minuten

Geschafft!

3 Verlaufspläne des Mathematikunterrichts

Unterrichtsstunde	Thema
1	Zeit einschätzen & Messinstrumente
2	Einheiten, Zeit bestimmen & Uhr lesen
3	Einheiten umrechnen
4	Zeitspanne, Zeitdauer, Zeitpunkt
5	Bus- & Zugfahrplan lesen

Tabelle 1 - Verlaufsplan 1. Stunde

Phase/ Zeit	Geplantes Unterrichtsgeschehen	Sozial-/ Arbeitsform	Didaktisch-methodischer Kommentar	Medien/ Material
AO 10 Min.	L. schreibt Namen der Kinder aus AO-Gruppe an die Tafel. L. präsentiert entweder Hörspiel (KG) oder Advance Organizer (AO-Gruppe)	Frontal		Tafel AO-Plakat + Material Hörspiel
Einstieg 8 Min.	L. klappt Tafel auf, an der das Wort „Zeit“ & Oberbegriffe geschrieben sind. S. ziehen zu zweit Wort-/Bildkarten, beschreiben nacheinander, was darauf steht/ abgebildet ist, ordnen sie den Oberbegriffen zu. L. pinnt Worte/ Bilder an die Tafel. L. informiert die S. darüber, dass in dieser Stunde das Thema „Zeit messen“ behandelt wird und zeigt diesen auf dem Tafelbild	Frontal Klassengespräch Mind Map	Gelenkte Aktivierung des Vorwissens Strukturierung des Themas	Tafelbild Oberbegriffe Wort-/ Bildkarten in einem Beutel
Erarbeitung I 7 Min.	L. bittet S. ihre Augen für 1 Minute zu schließen: *„Schließt eure Augen. Jeder von euch öffnet die Augen dann wieder, wenn er meint, dass 1 Minute vergangen ist.“* S. schätzen Dauer von 1 Minute. L. misst die Zeit und sagt, wenn 1 Minute vergangen ist L. leitet Gespräch über Zeitempfinden ein und bindet die S. mit ein: *„Ist die 1 Minute schnell oder langsam vergangen? Wie habt ihr die Minute empfunden? Was meint ihr kann man in einer Minute noch alles schaffen“*	Frontal Frontal Klassengespräch	Schülereinbezug bzw. -aktivierung durch Experiment Verbalisierung von Erfahrungen aus dem Experiment	Stoppuhr
Erarbeitung II 11 Min.	L. teilt AB an S. aus S. bearbeiten Aufgaben, die sich mit Zeitmessgeräten beschäftigen.	Partnerarbeit	Selbstständiges Experimentieren Didaktische Reserve (AB A & B)	AB 1&2 Sanduhren & Stoppuhren

Tabelle 1 - Fortsetzung

Ergebnis-sicherung 5 Min.	L. fragt S., was sie herausgefunden haben (*„Wer war nah dran am gemessenen Ergebnis? Wer lag etwas weiter weg?“)* L. gibt ein Fazit: *„Es gibt viele verschiedene Möglichkeiten die Zeit zu messen. In verschiedenen Situationen kann man unterschiedliche Uhren einsetzen z.B. beim Zähne putzen eine Sanduhr und beim Wettrennen eine Stoppuhr.“* L. reflektiert Mitarbeit der S.	Frontal Klassengespräch	Verbalisierung der Arbeitsergebnisse Zusammenfassung der Ergebnisse Reflexion der Zusammenarbeit	
Abschluss 4 Min.	L. erläutert Abschlussspiel: *„Ich verteile nun an jeden von euch eine Karte, auf der eine Aktivität abgebildet ist. Die Aktivitäten dauern unterschiedlich lange. Ihr sollt euch gleich einer Ecke zuordnen.“* L. beschriftet 3 Ecken mit Sekunde, Stunde, oder Minute. Jeder S. erhält eine Aktivitätskarte. L. fragt: „*Welche Aktivitäten dauern etwa eine Sekunde/eine Minute/ eine Stunde?*“ S. ordnen sich einer Ecke zu L. fragt in den Gruppen nach, welche Aktivitäten zugeordnet wurden.	Spiel	Unterstützung der Motivation	Bildkarten Ecken-beschriftung

Tabelle 2 – Verlaufsplan 2. Stunde

Phase/ Zeit	Geplantes Unterrichtsgeschehen	Sozial-/ Arbeitsform	Didaktisch-methodischer Kommentar	Medien/ Material
AO 10 Min.	L. schreibt Namen der Kinder aus AO-Gruppe an die Tafel. L. präsentiert entweder Hörspiel (KG) oder Advance Organizer (AO-Gruppe)	Frontal		Tafel AO-Plakat + Material Hörspiel
Einstieg 5 Min.	L. hat Teile der analogen und digitalen Uhr an die Tafel. S. sollen die Teile zu einer analogen und einer digitalen Uhr zusammensetzen.	Klassengespräch	Aktivierung des Vorwissens	Teile der Uhr Tafel
Erarbeitung 15 Min.	S. erhalten kleine Uhr und AB 3. L. erklärt das Lesen der Uhr, das Zusammenspiel von großem und kleinem Zeiger und die Bestimmung eines Zeitpunktes an der Uhr an der Tafel. L. leitet S. an, den Lückentext zu bearbeiten.	Frontal	Direkte Vermittlung von Inhalten Festigung der neuen Inhalte	Kleine Uhren (Klassensatz) AB 3 ausführliche Erläuterung
Vertiefung 10 Min.	L. leitet Bearbeitung von AB an und löst gemeinsam mit S. die ersten drei Aufgaben. S. bearbeiten selbstständig weitere 3 Aufgaben.	Klassengespräch	Angeleitetes Üben Selbstständiges Üben Didaktische Reserve (AB C)	AB 4
Abschluss 5 Min.	L. erklärt, dass jeder S. eine Karte erhält, auf der eine Uhrzeit steht, jede Zeitangabe gibt es dreimal, in einer jeweils anderen Schreibweise (Text: viertel vor drei, Analog- und Digitalschreibweise) S. sollen jeweils die beiden Paare finden.	Spiel	Unterstützung der Motivation	Memory-Karten

Tabelle 3 – Verlaufsplan 3. Stunde

Phase/ Zeit	Geplantes Unterrichtsgeschehen	Sozial-/ Arbeitsform	Didaktisch-methodischer Kommentar	Medien/ Material
AO 10 Min.	L. schreibt Namen der Kinder aus AO-Gruppe an die Tafel. L. präsentiert entweder Hörspiel (KG) oder Advance Organizer (AO-Gruppe)	Frontal		Tafel AO-Plakat + Material Hörspiel
Wiederholung 10 Min.	L. fragt SuS nach bekannten Einheiten (Sekunde, Minute, Stunde, Tag) und den jeweiligen Abkürzungen. L. sichert die Antworten mit bereits vorgefertigten Karten an der Tafel und sortiert sie nach Größe (kleinste zuerst). L. erklärt Umrechnung: *Sekunden = Minuten (60 s = 1 min)* *Minuten = Sekunden (1 min = 60 s)* *Minuten = Stunden (60 min = 1 h)* *Stunde = Minuten (1h = 60 min)* *Tag = Stunden (1d = 24 h)* L. visualisiert das Vorgehen beim Umrechnen.	Frontal Klassengespräch	Aktivierung von Vorwissen Direkte Vermittlung von Inhalten Visualisierung der Rechenschritte	Tafel Karten mit Einheiten Tafelbild-vorlage
Vertiefung 20 Min.	L. erklärt S. das Vorgehen in der Stationsarbeit (Sekunden-, Minuten-, Stunden-Station) und die Regeln. L. teilt durch Auszählen S. in 3er-Gruppen ein und bestimmt Anfangsstation. & Wechsel erfolgt. S. wechseln Station nach Signal von L. im Uhrzeigersinn (6 Min. pro Station). L. begleitet die ersten drei Aufgaben an jeder Station.	Stationsarbeit Kleingruppen	Umrechnung zwischen verschiedenen Zeiteinheiten üben Zusatzstation als didaktische Reserve (AB D)	Stationen AB 5-7
Abschluss 5 Min.	L. reflektiert die Stationsarbeit und fragt S. *„Welche Aufgaben fandet ihr leicht? Und welche schwer?“* L. bittet S. für die nächste Stunde eine aktuelle Fernsehzeitung mitzubringen.	Frontal Klassengespräch	Reflexion der Arbeitsphase	

Tabelle 4 – Verlaufsplan 4. Stunde

Phase/ Zeit	Geplantes Unterrichtsgeschehen	Sozial-/ Arbeitsform	Didaktisch-methodischer Kommentar	Medien/ Material
AO 10 Min.	L. schreibt Namen der Kinder aus AO-Gruppe an die Tafel. L. präsentiert entweder Hörspiel (KG) oder Advance Organizer (AO-Gruppe)	Frontal		Tafel AO-Plakat + Material Hörspiel
Einstieg 3 Min.	S. holen ihre Fernsehzeitungen heraus. L. bespricht mit S. die verschiedenen Fernsehzeitungen: *„Welchen Titel hat denn eure Fernsehzeitung?, Wer hat eine aktuelle?, Wer benutzt regelmäßig die Fernsehzeitung?, Wann läuft denn eure Lieblingssendung?, Wo steht die in der Fernsehzeitung?“* S. antworten und bringen ihre Ideen dazu ein.	Frontal Klassengespräch	Vorwissensaktivierung mit Alltagsbezug	Fernseh-zeitungen
Erarbeitung 10 Min.	L. wählt eine Sendung aus. S. suchen Sendung in der Fernsehzeitung. L. erklärt Begriffe Zeitpunkt und Zeitspanne: *„Der Zeitpunkt beschreibt eine bestimmte Uhrzeit. Der Zeitabschnitt zwischen zwei Zeitpunkten wird als Zeitspanne bezeichnet.“* S. übertragen Erklärung auf Arbeitsblatt.	Frontal Klassengespräch	Direkte Vermittlung der Inhalte Alltagsbezug, Arbeit mit konkretem Beispiel	Tafel Erläuterung AB 9
Vertiefung 12 Min.	S. lösen Aufgaben.	Partnerarbeit	Selbstständiges Üben Sebstkontrolle Didaktische Reserve (AB E)	AB 9 &10 Selbstkontroll-bögen
Abschluss 5 Min.	L. leitet Spiel an: *„Ihr erhaltet jetzt Lose mit Uhrzeiten oder anderen Zeitangaben. Dann sollt ihr euch der richtigen Ecke zuordnen: Habt ihr eine Zeitspanne oder ein Zeitpunkt gezogen?“.*	Spiel	Ergebnissicherung Förderung der Motivation	Lose Ecken-beschriftung

Tabelle 5 – Verlaufsplan 5. Stunde

Phase/ Zeit	Geplantes Unterrichtsgeschehen	Sozial-/ Arbeitsform	Didaktisch-methodischer Kommentar	Medien/ Material
AO 10 Min.	L. schreibt Namen der Kinder aus AO-Gruppe an die Tafel. L. präsentiert entweder Hörspiel (KG) oder Advance Organizer (AO-Gruppe)	Frontal		Tafel AO-Plakat + Material Hörspiel
Einstieg 2 Min.	L. führt szenisches Spiel vor.	Frontal	Interesse/ Motivation wecken Alltagsbezug	Situations-beschreibung Haltestellen-schild Busfahrplan
Erarbeitung 13 Min.	L. verteilt Busfahrpläne. S. schauen sich den Fahrplan mit Partner an. L. bespricht mit den S. den Aufbau des Fahrplans.	Frontal Klassengespräch	Direkte Vermittlung der Inhalte Arbeit mit konkreten Beispielen	Fahrplan Erläuterung
Vertiefung 15 Min.	L. stellt Lerntheke vor. S. bearbeiten in Partnerarbeit die Fragekarten. S. kontrollieren die Ergebnisse mit Selbstkontrollbögen.	Partnerarbeit	Eigenständiges Üben Schwierigkeitsniveau selbstständig wählen Selbstkontrolle	Boxen mit Fragekarten AB 11 Selbstkontroll-bögen
Abschluss 5 Min.	L. führt das szenische Spiel fort.	Frontal	Förderung der Motivation	Situations-beschreibung Haltestellen-schild Busfahrplan

4 Mündliche Erläuterung zum Advance Organizer

1. Stunde

Streifen (blau/rot) bereits aus-/verteilen

Wir wollen uns in den nächsten Stunden mit der Uhrzeit beschäftigen! Dafür habe ich dieses Poster vorbereitet. Da sind schon ein paar Dinge drauf, aber eigentlich ist es doch noch ganz schön leer, oder? Das wird sich in den nächsten Stunden aber ändern! Denn gemeinsam werden wir vor jeder Unterrichtsstunde das Plakat immer weiter füllen! Also ist mit Absicht noch so viel Platz. Heute fangen wir hier in der Mitte **(auf die Mitte zeigen)** und mit diesem kleinen Stück hier oben **(auf hellrotes Kreissegement zeigen)** an. In den nächsten Stunden geht es dann im Uhrzeigersinn weiter mit dem Tagesverlauf **(auf oranges Kreissegment zeigen)** und in diesem Teil **(gelbes Kreissegment zeigen)** warum es überhaupt so viele unterschiedliche Wörter wie Sekunde oder Jahr bei der Uhrzeit gibt. In den letzen beiden Stunden **(auf letzten beiden Kreissegmente zeigen)** werden wir uns anschauen, was ein Zeitraum ist und wozu man überhaupt Zeitpläne benötigt. **(kleine Pause)**

Aber nun will ich euch erstmal etwas total Verrücktes erzählen! Das ist mir nämlich gestern passiert und da musste ich gleich an diese Stunde heute denken! Das passt nämlich so gut zu unserem Thema!

Also, ich habe gestern einen Mann getroffen und ihn nach der Uhrzeit gefragt. Daraufhin zog er ein Maßband aus der Tasche **(Maßband herausholen)**, hielt es gegen das Licht und sagte mir: „Es ist genau drei!" Ich war so verdutzt und hab ihn gefragt, was er denn da nun gemacht hat? Er meinte, er habe die Zeit gemessen! **(Hier kann das Bild mit dem Maßband angebracht werden)** Davon hab ich ja noch nie gehört!!! Messt ihr die Zeit etwa auch mit einem Maßband ab??? Nein, oder? Womit macht ihr das denn? Ja, genau mit einer Uhr, das habe ich auch gesagt! Mit einem Maßband geht das natürlich nicht! Und womit geht das denn eigentlich noch? (Plenum: Handy, PC....) Ja, das sind alles Geräte, die auch die Uhrzeit anzeigen. Früher haben viele Menschen die Zeit auch noch an etwas Anderem abgelesen. Wisst ihr was ich meine? Genau! Mithilfe der Sonne **(oder auflösen)**.

Und dann gibt es noch etwas, das haben fast alle Menschen. Damit kann man sich auch helfen, wenn man gerade keine Uhr dabei hat. Ich meine das Zeitgefühl. Das Gefühl also, das ich habe, wenn ich mir z.B. Gedanken darüber mache, wie lange die Autofahrt schon dauert oder ich an meinen Hausaufgaben schreibe. Oder auch, wenn mich wundere, dass ich beim Spielen schon wieder zum Essen gerufen werde! Ich habe ein Gefühl, das ich mit der Zeit in Verbindung bringe. Kennt ihr das Gefühl? Das ist wie so ein Bauchgefühl. (**Uhr in den Bauch vom Mädchen kleben)** Man spricht ja auch von einer inneren Uhr.

Wir können ja mal ausprobieren, ob wir ein ähnliches Zeitgefühl haben! Das kann nämlich in manchen Situationen ganz unterschiedlich sein. Wenn ihr meint, das kommt euch kurz vor, dann hebt ihr den roten Streifen hoch **(roten Streifen anbringen)** Wenn ihr das Gefühl habt, das dauert manchmal sehr lange, dann hebt ihr den blauen Streifen hoch **(blauen Streifen anbringen)**. Dann gucken wir mal, ob

unsere innere Uhr ähnlich tickt. Okay, es geht los! Wie fühlt es sich an, wenn man Heiligabend auf die Bescherung, also die Geschenke wartet? Kurz oder lang? Also ihr habt eher das Gefühl es dauert lange. Und wie empfindet ihr die Zeit, wenn man sein Lieblingsbuch liest oder seine Lieblingsserie guckt? Ahh ja, das ist ganz anders. Das empfindet ihr als eher kurz. Mal gucken wie es beim nächsten Beispiel ist. Das eine Bild zeigt einen Jungen im Wartezimmer **(Bild zeigen)**. Wie fühlt es sich an, wenn man beim Doktor darauf wartet aufgerufen zu werden? Lang oder kurz? Aha, die meisten/alle finden es ist eine lange Zeit, dann klebe ich das Bild unter die Hand mit dem blauen Streifen. **(Bild aufkleben)** Hier habe ich noch ein Bild mitgebracht, das zeigt einen Jungen beim Fußballspielen. Überlegt euch mal wie euch die Zeit vorkommt, wenn ihr eurem liebsten Hobby nachgeht. Das kann natürlich auch was ganz anderes sein, wie tanzen, reiten, Judo oder so! Habt ihr dann das Gefühl es war eine kurze Zeit oder eine lange Zeit? (Bitte haltet euren Streifen hoch.) Das dauert dann eher kurz. Gut dann kommt das Bild unter den roten Streifen. **(Bild aufkleben)**
Wisst ihr nun, welches Gefühl ich meine? Gut! Dieses Gefühl kann sehr wichtig sein. Und warum das so wichtig ist, gucken wir uns nun gemeinsam mit den anderen Kindern an. **(AO abnehmen)**

2. Stunde

In der letzten Stunde haben wir uns mit dem Zeitgefühl beschäftigt **(auf die Mitte zeigen).** Auch heute soll es wieder um das Thema Zeit gehen und wir wollen nochmal schauen, ob man wirklich mit einem Maßband die Zeit messen kann **(auf das hellrote Kreissegment zeigen)** oder wie man das richtig macht!?
Und außerdem haben wir ja in der letzten Stunde gesehen, dass uns unser Zeitgefühl, unsere innere Uhr (auf die Uhr im Mädchen zeigen) auch helfen kann die Zeit zu bestimmen. Da fragt man sich doch, wozu man eigentlich dir Uhr braucht. Außerdem kann man die Uhrzeit ja auch so ungefähr mit Hilfe der Sonne einschätzen. So haben das die Menschen früher, als es noch keine Uhr gab, ja schließlich auch gemacht.
Also mit der Sonne ist das doch so, wenn die Sonne morgens aufgeht **(Sonne an der linken Seite vom Bogen anbringen)**, dann wird es hell und dann klingelt der Wecker oder die Eltern machen einen wach und dann ist es an der Zeit aufzustehen. Wenn die Sonne aufgeht, wissen wir, dass ein neuer Tag beginnt **(Morgen an die Stelle der Sonne kleben).** Welches Bild passt denn zum Morgen? **(Schüler/in klebt Bild mit Kind im Bett an)**
Nach dem Aufstehen und dem Frühstück geht es für euch in die Schule, hier habt ihr verschiedene Unterrichtsstunden nacheinander, aber es gibt auch ein bisschen Zeit zum Spielen mit den Mitschülern in den Pausen. Die Sonne steigt während dieser Zeit am Himmel immer weiter auf **(Sonne umkleben)**, dadurch wissen wir, dass es später geworden ist. Welches Bild passt denn zum Vormittag? (**Schüler/in klebt Bild mit Kindern in Schule an)**
Wenn die Schule am Mittag zu Ende ist, dann ist es Zeit für eine ordentliche Mahlzeit. Woher wissen wir eigentlich, dass es Zeit ist zum Essen und, dass die Schule aus ist? Einmal weil der Magen knurrt! Aber zu dieser Zeit hat die Sonne am

Himmel ihren höchsten Punkt erreicht **(Sonne umkleben)**. (Im Sommer ist es dann am wärmsten.) Welches Bild passt am besten zu der Mittagszeit? (**Schüler/in klebt Bild mit Mittagessen an & Mittag an der Stelle der Sonne anbringen)**
Und am Nachmittag **(Sonne umkleben)** bleibt dann ganz viel Zeit für eure Hobbys, die ihr so macht. Die Sonne geht währenddessen langsam wieder unter. Es wird dann langsam dunkler und auch wieder kälter. Dann ist es bald Zeit, nach Hause zu gehen. Welches Bild passt denn zum Nachmittag am besten? (**Schüler/in klebt Bild mit Spielplatz an)**
Am Abend geht die Sonne dann unter. **(Sonne umkleben)** Dann geht der Tag langsam zu Ende und es wird Zeit, ins Bett zu gehen und dann bald zu schlafen. Welches Bild passt denn am besten zum Abend? (**Schüler/in klebt Bild mit schlafendem Jungen an & Sonne abnehmen und Abend ankleben)**
Ihr habt nun also gesehen, dass man sich bei dem, was man am Tag tut, an der Sonne orientieren kann. Manchmal, wenn aber schlechtes Wetter ist (wie heute), dann können wir die Sonne gar nicht sehen, weil sie hinter den Wolken versteckt ist. Aber sie geht ja trotzdem jeden Tag auf und auch wieder unter. Doch dann können wir uns nicht an der Sonne orientieren. Aber um trotzdem morgens pünktlich in der Schule zu sitzen, um damit mittags rechtzeitig das Essen fertig ist und ihr nachmittags rechtzeitig beim Reiten oder Tanzen oder Fußballspielen seid, braucht man vielleicht doch ein Hilfsmittel, mit dem man die genaue Zeit bestimmen kann.
Und ob das mit der Uhr wirklich gelingen kann, das schauen wir uns nun mal an! **(AO abnehmen)**

3. Stunde

Auch heute soll es wieder mit der Uhrzeit beschäftigen. Auf dem Poster sind nun ja schon mehr Bilder und Wörter und nun wollen wir ein weiteres Stück **(auf gelbes, unteres Kreissegment zeigen)** füllen. In der ersten Stunde haben wir das Zeitgefühl, unsere innere Uhr **(auf Mädchen mit Uhr im Bauch zeigen)** erforscht und in der letzten Stunde haben wir geschaut, warum man eigentlich eine Uhr braucht **(auf fragendes Männchen & Maßband zeigen)**, denn man kann sich ja eigentlich auch an der Sonne orientieren **(auf Verlauf und Bogen mit Tagesablauf zeigen)**. Aber weil die Sonne ja nicht immer zu sehen ist, haben wir uns angeschaut, wie man an einer Uhr die Zeit ablesen kann.
Heute möchte ich euch eine kurze Geschichte erzählen. Es ist schon ein wenig her, da kam ein Mädchen, das hieß Lena, zu mir und fragte mich: „Du Frau _____ **(Name einsetzen)** wissen Sie was in 31.536.000 Sekunden wieder sein wird?" **(Begriff 31536000 Sekunden anbringen).** Ohje, dachte ich mir. Ich hatte überhaupt keine Vorstellung wie lange **(auf blauen Streifen in der Hand des Mädchens zeigen)** oder wie kurz **(auf roten Streifen in der Hand des Mädchens zeigen)** das sein könnte! Ich hatte überhaupt keine Idee! Wie lang könnte das sein? Vielleicht ein paar Tage? Ein paar Wochen? Oder eins, zwei Monate? Vielleicht sogar Jahre??? Das ist ganz schön schwierig! Da hat mir mein Zeitgefühl, meine innere Uhr leider gar nicht weiterhelfen können.

Ich wusste es einfach nicht und konnte es auch nicht herausfinden. Da habe ich Lena gefragt, was denn nun in 31.536.000 Sekunden sein soll? Da sagte sie mir: „Dann habe ich wieder Geburtstag, genau wie heute!" Achso, dachte ich! Lena hatte also Geburtstag und ist 8 geworden **(Bild mit Kuchen mit 8 ankleben).** Und in 31.536.000 Sekunde wird Lena wieder Geburtstag haben **(Bild mit Kuchen mit der 9 anbringen)**. Und wie lange dauert es, bis jeder von uns wieder Geburtstag hat? **(Antwort abwarten)** Genau, ein Jahr! Jeder hat einmal im Jahr Geburtstag, immer am gleichen Datum. Zwischen diesen beiden Daten ist immer genau ein Jahr **(Pfeil zwischen Kuchen, unter Sekunden anbringen)**.

Hätte Lena mich gleich gefragt, ob ich weiß, was in einem Jahr wieder ist, hätte ich sie viel besser verstanden **(auf Verständigung zeigen)** und vielleicht leichter erraten können, dass sie Geburtstag hat. Und das ist ja nicht nur bei Zeit so! Man sagt ja auch nicht, dass man 1630 Millimeter groß ist, sondern ich bin 1 Meter und 63 Zentimeter groß.

Man kann also mit verschiedenen Einheiten das gleiche beschreiben. 31.560.000 Sekunden sind das gleiche wie 1 Jahr. **(Begriff Einheiten anbringen)** Wenn ich verschiedene Einheiten kenne, kann ich mein Zeitgefühl besser in Worte packen. Dann kann ich eine sehr lange Zeit eher in Jahren angeben, also es dauert noch ein Jahr bis ich wieder Geburtstag habe und Lena ist schon 8 Jahre als. Und Sekunden benutze ich dann eher für eine sehr kurze Zeit und eher nicht für eine so lange Zeit von einem zum nächsten Geburtstag. Das macht dann auch die Verständigung einfacher.

Aber Lena wusste nun auch, dass man 1 Jahr auch in einer anderen Einheit angeben kann. Sie kennt also nicht nur verschiedene Einheiten, sondern kann diese Einheiten auch umrechnen **(Begriff Umrechnung anbringen).** Und damit konnte sie mir ein Rätsel geben!

So konnte ich nicht meine Zeitgefühl zur Hilfe nehmen und hatte keine Vorstellung, wie lang oder kurz das sein könnte. Hätte ich gewusst, wie man diese große Zahl schnell umrechnen kann, hätte ich das Rätsel alleine lösen können.

Und nun wollen wir mal schauen, welche Einheiten es denn bei der Uhrzeit so gibt und vor allem wie man diese umrechnen kann. Aber keine Angst, so hohe Zahlen wie in Lenas Rätsel kommen bei uns nicht vor.

4. Stunde

Heute wollen wir uns wieder einen weiteren Bereich zum Thema Zeit anschauen. Mehr als die Hälfte haben wir auf dem Plakat nun schon gefüllt. Wir hatten mit der Frage begonnen, wie man eigentlich die Zeit messen kann **(auf das hellrote Kreissegment zeigen)**, wir haben uns mit dem Zeitgefühl, unserer inneren Uhr beschäftigt **(auf das Mädchen mit der Uhr im Bauch zeigen)** , dann haben wir überlegt, wozu man überhaupt die Uhr braucht, wenn es doch die Sonne gibt **(auf Kreisbogen beim Verlauf zeigen)**, aber wir haben gesehen, dass es ziemlich leicht ist, die Zeit von der Uhr abzulesen. In der letzten Stunde haben wir dann die verschiedenen Einheiten **(auf hellgelbes, unteres Kreissegment zeigen)**, die es bei der Zeit gibt, kennenlernt und umgerechnet.

Jetzt wollen wir mal schauen, was denn überhaupt mit Zeitraum gemeint ist **(auf den Begriff Zeitraum zeigen)**! Denken wir zum Beispiel mal an dem Sommer, wenn das Schuljahr zu Ende geht, denken wir mal an den letzten Tag in der dritten Klasse, was bekommt ihr dann von eurer Klassenlehrerin/eurem Klassenlehrer? **(Antwort abwarten)** Genau, jeder bekommt sein Zeugnis **(Bild mit Zeugnis an Pfeilbeginn aufkleben).** Aber das heißt, ja dann nicht, dass ihr nie wieder in die Schule müsst, sondern irgendwann ist es wieder an der Zeit, denn ihr wollt ja in die vierte Klasse kommen, oder? **(Bild von der Schule an Pfeilspitze anbringen)** Und was liegt denn zwischen der Zeugnisausgabe und dem ersten Schultag in der 4. Klassen? **(Antwort abwarten)** Genau, das sind die Sommerferien. Wie lang sind denn die Sommerferien? Ja, 6 Wochen lang **(Pfeil nachfahren)** müsst ihr nicht zur Schule gehen.
Wenn ihr euer Zeugnis dann bekommen habt und es euren Eltern, Geschwistern und Großeltern gezeigt habt, dann beginnen also die Ferien. Das ist also der Anfang der Ferien **(Begriff Anfang ganz links unter den Pfeil anbringen)**. Hier **(auf den Anfang des Pfeiles zeigen)** ist der Zeitpunkt, an dem ihr euren ersten freien Tag habt und ausschlafen könnt. Versucht euch mal an eure letzten Sommerferien, nach der zweiten Klasse zu erinnern. Was hat euch da euer Zeitgefühl gesagt **(auf die Uhr im Bauch des Mädchen zeigen)**? Sind die Ferien eher lang oder kurz?
Und hier **(auf die Pfeilspitze zeigen)** ist dann euer letzter freier Tag. Dann ist der Zeitpunkt gekommen, an dem ihr wieder eure Schultasche packen müsst und es wieder zur Schule geht. Dann sind die Ferien wieder zu Ende **(Begriff Ende unter Pfeilspitze anbringen)**. Was sagt euch denn dann euer Zeitgefühl, waren die Ferien kurz oder lang? Das Zeitgefühl kann manchmal also auch unterschiedlich sein, obwohl die Ferien genau 6 Wochen dauerten, sich also über einen Zeitraum von 6 Wochen erstreckten.
In diesen 6 Wochen erlebt ihr bestimmt immer ganz viele spannende Sachen. Ich bin früher mit meinen Eltern immer in den Urlaub gefahren. Was würdet ihr denn gerne in den nächsten Sommerferien machen? **(Bildkarten verteilen & anschauen lassen)** Ist bei den Bildern etwas dabei, worauf ihr selbst Lust habt? **(Schüler, auch zu zweit ein Bild möglich, nehmen Bild und beschreiben Erlebnis)**
Dann lasst uns nun mal ein paar Bilder aussuchen, die wir auf das Poster kleben. **(drei bis vier Bilder auswählen)** Und weil wir diese Dinge ja zwischen dem Anfang und dem Ende der Ferien machen, kleben wir sie auch dazwischen. **(Bilder ankleben)**
Jetzt können wir sehen, dass in der Zeit zwischen einem Anfang und einem Ende ganz viel passieren kann. Damit wir unsere vielen Aktivitäten planen können, ist es wichtig, dass wir wissen, wann genau etwas anfängt und wann es endet. Dann kann man nämlich ausrechnen, wie viel Zeit man hat. Außerdem kann man schauen, ob man überhaupt genügend Zeit hat für die ganzen Freizeitaktivitäten.
Und wie man das macht, das wollen wir uns nun mal genau anschauen.

5. Stunde

Heute haben wir die letzte Stunde zum Thema Zeit und es ist auch genau noch ein Stück auf unserem Poster frei, das wir jetzt gestalten wollen. Wir haben uns jetzt schon so viel mit der Zeit beschäftigt. Erinnert euch mal, erst haben wir geschaut

wie man die Zeit messen kann **(auf hellrotes Kreissegment zeigen)** und ob uns dabei unsere innere Uhr helfen kann **(auf Mädchen mit Uhr zeigen)**. Dann haben wir uns angeschaut, wie man mit der Uhr die Tageszeit **(auf Verlauf und Kreisbogen zeigen)** bestimmen kann, welche Einheiten es bei der Zeit gibt und wie man diese umrechnet **(auf Einheit & Umrechnung zeigen)**. Und in der letzten Stunde haben wir uns angeschaut, wie man die Länge oder Spanne eines Zeitraumes ausrechnen kann **(auf Zeitraum zeigen)**.

Für das letzte Stück **(auf freies Kreissegment zeigen)** habe ich euch euren Stundenplan mitgebracht **(Stundenplan ankleben)**. Wofür braucht ihr denn eigentlichen einen Stundenplan? Genau, gerade zum Schuljahresbeginn oder zum Halbjahr hilft er dabei, dass man sich am Schulalltag besser zurecht findet, dass man sich am Tag und in der Schule orientieren kann **(auf den Begriff Orientierung zeigen)**. Mit so einem Plan kann man viele Fragen mit einem Blick klären **(Bild mit Fragezeichen anbringen)**. Ganz am Anfang haben wir über das Zeitgefühl gesprochen **(auf das Mädchen mit der Uhr im Bauch zeigen)**. Zwar können wir uns damit auch etwas orientieren, aber das ist nicht immer zuverlässig. Euer Stundenplan dagegen steht fest und ist nicht mal so und in einer anderen Woche mal wieder anders. Der Stundenplan zeigt euch zum Beispiel „Was" ihr habt **(Begriff ‚Was' ankleben),** also welches Unterrichtsfach ihr habt, Deutsch, Mathe oder Sport. Außerdem sieht man im Stundenplan „Wie lange" ihr ein Fach habt **(Begriff ‚Wie lange' ankleben)**, eine Unterrichtsstunde oder vielleicht auch mal zwei Unterrichtsstunden hintereinander. Der Stundenplan zeigt euch auch „Wann" ihr zum Beispiel Mathe habt **(Begriff ‚Wann' ankleben)**, also am _____ **(Tag einfügen)** in der ____ Stunde **(Stunde einfügen)** oder am _____ in der ____ Stunde. Als letztes zeigt euch der Stundenplan noch, „Wo" ihr die verschiedenen Unterrichtsstunden seid **(Begriff ‚Wo' ankleben)**, zum Beispiel habt ihr Mathe im _____ (ggf. Klassenraum) oder Sport in der Turnhalle. Hätten wir den Stundenplan nicht, dann würden so einige Schüler aber bestimmt auch einige Lehrer nicht immer zur richtigen Zeit im richtigen Raum sein. Wenn man so einen Plan also lesen kann, findet man ganz schnell heraus, wo man zu welcher Zeit sein muss und für welches Fach man die Hefte dabei haben sollte.

Mal schauen, ob ihr euch in eurem Stundenplan gut orientieren könnt. Dafür machen wir eine Daumenabfrage. Ich stelle euch Fragen zu eurem Stundenplan, die ihr mit „Ja" Daumen hoch und „Nein" Daumen runter beantworten könnt. Dann hört gut zu :**(Fragen an Stundenplan anpassen)**

Leicht: Habt ihr am Dienstag Deutsch?

Mittel: Habt ihr am Donnerstag in der 5. Stunde Musik?

Schwer: Habt ihr montags in der 5. Stunde Mathe in der Turnhalle?

Ganz schwer: Habt ihr mittwochs in der 3. & 4. Stunde in der Turnhalle Sport?

Ihr könnt euch also gut auf dem Stundenplan orientieren. Wie funktioniert das denn eigentlich, dass man so einem Plan so gut verstehen kann und das ihr genau wisst, wo ihr gucken müsst, damit ihr die Frage beantworten könnt. Wahrscheinlich wisst ihr alle, dass hier oben **(auf die Zeile mit Wochentagen zeigen)** nebeneinander immer die Wochentage stehen. Und das ist ja bei jedem Stundenplan so. Die Tage stehen

dort ja auch immer in der gleichen Reihenfolge. Also da weiß man dann ganz schnell, wo welcher Tag steht. Und hier an der Seite **(auf die Spalte mit den Zeiten zeigen)** stehen untereinander immer die Stunden oder die Uhrzeiten, wann welche Stunde startet und endet. Und die Stunden sind ja auch immer in der gleichen Reihenfolge, es geht oben bei der ersten Stunde los und weiter unten steht immer die letzte Stunde. Und wenn man das weiß und wie ich eben gesehen habe, wisst ihr das alle, dann findet man sich super schnell im Stundenplan zurecht.
Viele andere Pläne sind auch so ähnlich aufgebaut. Dann muss man zu Beginn immer erstmal schauen, was wo steht, aber wenn sich auf dem Plan zurechtfindet, kann man viele Fragen ganz schnell beantworten. Und wie solche Pläne aussehen und was das mit unserem Thema zu tun hat, schauen wir uns jetzt mal an.

5 Bildnachweise

ClipArtBest.com. (2015). *ClipArtBest.com*. . Zugriff am 23. März 2015, unter http://www.clipartbest.com/clipart-MiLLqBK9T

Clipart Pal. (2015.) *Free Clipart of Sun.* Zugriff am 23. März 2015, unter www.clipartpal.com/clipart_pd/weather/sun_10446.html

Clipart Panda. (2014). *Clipart Question*. Zugriff am 23. März 2015, unter www.clipartpanda.com/clipart_images/clipart-question-6246145

Clipart Panda. (2014). *find the perfect clip-art?*. Zugriff am 23. März 2015, unter http://www.clipartpanda.com/clipart_images/find-the-perfect-clip-art-22493214

Coolclips. (o.A.). *Coolclibs. Armbanduhren.* Zugriff am 23. März 2015, unter de.coolclips.com/media/?D=vc036150

Free-Window-Color.de. (2001). *Vögel*. Zugriff am 23. März 2015, unter www.free-window-color.de/Malvorlagen/Kategorien/Vogel/vogel.html

Freebie™. (2015). *Freebie Vectors*. Zugriff 24. März 2015, unter www.freebievectors.com/de/abbildung/22424/lineal-clipart-herrscher-clip/

Freepik. (2015). *Wheater Symbols: Sun*. Zugriff am 24. März 2015, unter cdn3.freepik.com/image/th/17-309134816.jpg

Funclipart. de. (2012). *Strichmännchen Clipart. 16svml*. Zugriff am 24. März 2015, unter www.funclipart.de/cliparts/strichmaennchen/16svml

Gratismalvorlagen. (o.A.). *gratismalvorlagen*. Zugriff am 23. März 2015, unter www.gratismalvorlagen.com/ricerca/ausmalbilder-21798-wanderer.php

Idealo.de. (o.A.). *Fackelmann Messbecher San*. Zugriff am 23. März 2015, unter www.idealo.de/preisvergleich/OffersOfProduct/3718239_-messbecher-san-fackelmann.html

Janusz-Korczak-Schule. (o.A.). *Herzlich Willkommen in der Janusz-Korczak-Schule!* Zugriff am 23. März 2015, und www.kgs-janusz-korczak.de/

Johann Michael Sailer Verlag GmbH & Co. KG. (o.A.). *Ausmalbilder zum Thema Einschulung. Kostenlose Malvorlage: Kinder in der Schule*. Zugriff am 23. März 2015, unter http://www.schule-und-familie.de/assets/images/Malen/Einschulung/_th1_malvorlage_kinder_in_der_schule.jpg

Johann Michael Sailer Verlag GmbH & Co. KG. (o.A.). *Sport. Kostenlose Malvorlage: Fußballspieler*. Zugriff am 23. März 2015, unter www.schule-und-familie.de/malvorlagen/sport/fussballspieler.html

Lösken, U. (2008). *Auf Travellers Pfaden. Waage*. Zugriff am 23. März 2015, unter http://utatravel.twoday.net/stories/4696879/

Palavikou, U. (2014). *Malvorlage Maedchen springt*. Zugriff am 23. März 2015, unter

www.malvorlagenkostenlos.com/images/joomgallery/details/sommer_malvorlagen_31/malvorlage_maedchen_springt_20120519_1224392613.png

Pixgood.com. (2014). *Animated Icecream Scoops*. Zugriff am 24. März 2015, unter pixgood.com/animated-ice-cream-scoops.html

Schulbilder.org. (o.A.). *Malvorlage auf dem Spielplatz.* Zugriff am 23. März 2015, unter www.schulbilder.org/malvorlage-auf-dem-spielplatz-i7329.html

Schulbilder.org. (o.A.). *Malvorlage aufstehen.* Zugriff am 23. März 2015, unter www.schulbilder.org/malvorlage-aufstehen-i7312.html

Schulbilder.org. (o.A.). *Malvorlage Bild Buch - lesen.* Zugriff am 24. März 2015, unter www.schulbilder.org/bild-buch-lesen-i14825.html

Schulbilder.org. (o.A.). *Malvorlage Fernseher, Videoplayer, DVD-Player.* Zugriff am 23. März 2015, unter www.schulbilder.org/malvorlage-fernseher-videoplayer-dvdplayer-i9623.html

Schulbilder.org. (o.A.). *Malvorlage Ferien am Strand.* Zugriff am 24. März 2015, unter www.schulbilder.org/malvorlage-ferien-am-strand-i6597.html

Schulbilder.org. (o.A.). *Malvorlage Langeweile.* Zugriff am 23. März 2015, unter www.schulbilder.org/malvorlage-langeweile-i10754.html

Schulbilder.org. (o.A.). *Sanduhr.* Zugriff am 23. März 2015, unter www.schulbilder.org/malvorlage-sanduhr-i18856.html

Schulbilder.org. (o.A.). *Malvorlage schlafen.* Zugriff am 23. März 2015, unter www.schulbilder.org/malvorlage-schlafen-i73

Schulbilder.org. (o.A.). *Malvorlage Temperatur - Thermometer.* Zugriff am 23. März 2015, unter www.schulbilder.org/malvorlage-temperatur-thermometer-i12959.html

Schulbilder.org. (o.A.). *Malvorlage Torte.* Zugriff am 23. März 2015, unter www.schulbilder.org/malvorlage-torte-i12526.html

Schulbilder.org. (o.A.). *Malvorlage Zeit.* Zugriff am 23. März 2015, unter www.schulbilder.org/zeit-t14720.jpg

Shutterstock Inc. (2015). *Icons set of soccer elements*. Zugriff am 23. März 2015, unter www.shutterstock.com/pic-207115423/stock-photo-icons-set-of-soccer-elements-collection-of-symbols-for-association-football-qualitative-icons.html?src=FIGCX4Yuy8zDv3CyiyYN0Q-1-4

Source (o.A.). *Eieruhr – Retro. weiß*. Zugriff am 23. März 2015, unter http://www.source-werbeartikel.com/Eieruhr+Retro+weiss/41963

Stapelfeldt, T. (2012). *Uhren Ziffernblätter*. Zugriff am 23 März 2015, unter www.uhren-hobby-basteln.de/Uhren_Zifferblaetter/Uhren_Zifferblatt_4.jpg

Supercoloring. (2015). *Turkey Dinner coloring page*. Zugriff am 24. März 2015, unter www.supercoloring.com/pages/turkey-dinner-2

Wendt, S. (2010). *Stephans Fotoblog*. Fragezeichen. Zugriff am 23. März 2015, unter www.stephanwendt.de/?attachment_id=112

Erklärung

Hiermit versichere ich, dass ich die vorliegende Dissertation

Lernförderung im Mathematikunterricht durch Advance Organizer - Eine quantitativ-empirische Erhebung zur Untersuchung der Wirksamkeit eines Advance Organizer für heterogene Lerngruppen im Mathematikunterricht der 3. Jahrgangsstufe

selbständig verfasst, deren Inhalt nicht schon für eine Diplom- oder ähnliche Prüfungsarbeit verwendet habe. Die benutzten Hilfsmittel habe ich vollständig angegeben.

Hiermit versichere ich, dass die Leitlinien guter wissenschaftlicher Praxis an der Carl von Ossietzky Universität Oldenburg befolgt worden sind.

Oldenburg, April 2015