

**Kompetenzerwerb im Physikunterricht**

**eine interessenbezogene**

**Unterrichtsintervention in der Sekundarstufe I**

Dissertation

zur Erlangung des akademischen Grades

doctor philosophiae (Dr. phil.)

vorgelegt dem Rat der Fakultät für Sozial- und Verhaltenswissenschaften  
der Friedrich-Schiller-Universität Jena  
von Diplom-Physikerin Helene Henriette Brakhage  
geboren am 04. Februar 1976 in Karl-Marx-Stadt

Begutachtende:

Prof. Dr. Alexander Gröschner,  
Friedrich-Schiller-Universität Jena

Prof. Dr. Michaela Gläser-Zikuda,  
Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg

Tag der mündlichen Prüfung: 25. Mai 2020

## Zusammenfassung

Die vorliegende Dissertationsschrift stellt die Ergebnisse einer quasi-experimentellen Studie im Physikunterricht der Sekundarstufe I an Thüringer Gymnasien vor. Ziel der Studie war es, die unterstützende Wirkung der Einbindung individuell interessierender Themen in den Unterricht auf den fachspezifischen Kompetenzerwerb empirisch zu bestätigen. Dafür wurden für eine Stichprobe von insgesamt 115 Lernenden – 60 Lernende in der Treatmentgruppe (TG) und 55 Lernende in der Kontrollgruppe (KG) – Unterrichtsmaterialien zum Themengebiet *Halbleiter* entwickelt, welche eine vergleichende Beobachtung von Unterricht *mit* (TG) vs. *ohne* (KG) Einbeziehung von individuellen, auch fachfremden Interessengebieten der Lernenden ermöglichten. Neben der Erhebung von fachspezifischen *Lernvoraussetzungen* und der Ausprägung des *situationalen Interesses* während der Unterrichtsreihe zu vier Messzeitpunkten wurde mit einem elaborierten Testinstrument vor und nach der Unterrichtsreihe die *Kompetenz im übergeordneten Fachwissensbereich Elektrizitätslehre* erfasst. Bezugnehmend auf die *pädagogische Theorie des Interesses* wurde nach der interessenbezogenen Unterrichtsreihe ein höherer Kompetenzwert *im übergeordneten Kompetenzbereich Fachwissen Elektrizitätslehre* erwartet.

Lernende in der TG zeigten hypothesenkonform insbesondere im Bereich höherer Komplexität einen beobachtbaren Effekt in der Ausprägung des untersuchten Kompetenzbereiches gegenüber der KG. Dabei hatte eine Integration von individuellen, auch fachfremden Interessengebieten der Lernenden in den Unterricht eine in der TG höhere Ausprägung des situationalen Interesses während der Unterrichtsreihe zur Folge. Die Analyse der Zusammenhänge zwischen dem erreichten Kompetenzwert am Ende der Unterrichtsreihe und fachspezifischen Lernvoraussetzungen wie *Interesse am Unterrichtsfach Physik*, *Vorleistung im Unterrichtsfach Physik*, *Vorwissen zum Unterrichtsthema Halbleiter* sowie *dem Fähigkeitsselbstkonzept im Schulfach Physik* zeigten eine für die Unterrichtspraxis wegweisende Charakteristik: Während innerhalb der Kontrollgruppe die fachspezifischen Lernvoraussetzungen ihren theoretisch begründbaren sowie empirisch bestätigten positiven Einfluss auf die Kompetenzentwicklung im Fach entfalteten, was auch bedeutete, dass Lernende mit ungünstigeren fachspezifischen Lernvoraussetzungen theoriekonform schlechtere Kompetenzergebnisse erzielten, zeigten sich in der TG hierzu keine statistisch signifikanten Zusammenhänge. In einem Unterricht, in den individuelle, auch fachfremde Interessen Lernender eingebunden werden, konnte ein von fachspezifischen Lernvoraussetzungen unabhängiger hoher Kompetenzzuwachs am Ende der Unterrichtsreihe beobachtet werden. Die Zusammenhänge und Ergebnisse bestätigen die angenommene Bedeutung individueller, auch fachfremder Interessenbezüge für den fachspezifischen Kompetenzerwerb.



# Inhaltsverzeichnis

<b>Zusammenfassung</b>	<b>III</b>
<b>1 Einleitung</b>	<b>1</b>
<b>2 Theoretische Grundlagen</b>	<b>6</b>
<b>2.1 Lernen mit Interesse</b>	<b>6</b>
2.1.1 Begriff und Konzepte des Lernens	7
2.1.2 Interesse als Lernmotiv - die pädagogische Theorie des Interesses	10
2.1.3 Die Rolle des Fähigkeitsselbstkonzepts beim Lernen mit Interesse	30
2.1.4 Zusammenfassung	37
<b>2.2 Kompetenzen im Physikunterricht</b>	<b>38</b>
2.2.1 Kompetenz als Begriff und Konstrukt	38
2.2.2 Kompetenzen messen	40
2.2.3 Implikationen für die Kompetenzentwicklung beim Lernen mit Interesse	41
2.2.4 Die Bedeutung naturwissenschaftlicher Kompetenzen als Teil der allgemeinen Bildung – eine bildungstheoretische Sicht auf den Physikunterricht	44
2.2.5 Naturwissenschaftliche Kompetenzen als Scientific Literacy	52
2.2.6 Kompetenzbegriff in den nationalen Bildungsstandards sowie am Beispiel des Lehrplans im Fach Physik an Thüringer Gymnasien	55
2.2.7 Physikalische Kompetenz als messbare Größe - ein Kompetenzmodell zur empirischen Überprüfung kognitiver Lernergebnisse und -voraussetzungen im Physikunterricht	56
2.2.8 Zusammenfassung	57
<b>2.3 Konsequenzen für die Gestaltung von Physikunterricht</b>	<b>58</b>
2.3.1 Verständnisansätze für das Lernen im Physikunterricht	58
2.3.2 Physikdidaktische Schwerpunktsetzungen im Bereich der Unterrichtsqualität	63
2.3.3 Planung von Physikunterricht	77
2.3.4 Zusammenfassung	90
<b>2.4 Herleitung der Forschungsfragen und Forschungshypothesen</b>	<b>91</b>
<b>3 Forschungsfragen und Forschungshypothesen</b>	<b>92</b>
<b>3.1 Kompetenzerwerb im Treatment-Kontrollgruppen-Vergleich (Haupteffekt)</b>	<b>92</b>
<b>3.2 Zusammenhang zwischen erreichter Kompetenz und Merkmalen der Lernenden</b>	<b>92</b>
3.2.1 Unterschiede im Kompetenzerwerb bei Lernenden mit unterschiedlich hohem Vorwissen zum Themengebiet Halbleiter	93
3.2.2 Unterschiede im Kompetenzerwerb bei Lernenden mit unterschiedlichem Vorleistungsstand im Schulfach Physik	93

3.2.3	Unterschiede im Kompetenzerwerb bei Lernenden mit verschiedenen Fähigkeitsselbstkonzept im Schulfach Physik	93
3.2.4	Unterschiede im Kompetenzerwerb bei Lernenden mit verschiedenem Interesse am Schulfach Physik zu Beginn der Unterrichtsreihe	93
<b>3.3</b>	<b>Veränderungen in den Interessenmerkmalen der Stichprobe im Verlauf der Unterrichtsreihe</b>	<b>93</b>
3.3.1	Einfluss der interessenorientierten Unterrichtsgestaltung auf das situationale Interesse während der Unterrichtsreihe	93
3.3.2	Entwicklung des Interesses am Schulfach Physik	94
<b>4</b>	<b>Methodisches Vorgehen</b>	<b>95</b>
<b>4.1</b>	<b>Design</b>	<b>95</b>
<b>4.2</b>	<b>Intervention</b>	<b>96</b>
4.2.1	Rahmenbedingungen der Materialentwicklung und Implementation	96
4.2.2	Beschreibung der Unterrichtsreihe	99
4.2.3	Didaktische Analyse zum Thema Halbleiter	107
4.2.4	Unterrichtsanalyse nach dem Berliner Modell	113
<b>4.3</b>	<b>Variablen der Untersuchung und Instrumente</b>	<b>125</b>
4.3.1	Kompetenztest	125
4.3.2	Kontrolle des Halbleiterwissens	126
4.3.3	Prä-/Post-Fragebogen	127
4.3.4	Kurzfragebogen	130
<b>4.4</b>	<b>Stichprobe</b>	<b>133</b>
4.4.1	Auswahl der Klassenstufe	133
4.4.2	Gewinnung der Stichprobe	133
4.4.3	Zusammensetzung der Stichprobe	134
<b>4.5</b>	<b>Empirische Überprüfung des Interventionsverlaufs</b>	<b>142</b>
4.5.1	Wahrgenommener Unterrichtsbezug zu individuellen Interessen (Treatmentcheck)	142
4.5.2	Veränderung des Wissens zum Thema Halbleiter	144
4.5.3	Ergebnisse der Klassenarbeit zum Thema Halbleiter	145
4.5.4	Zusammenfassung der Interventionsprüfung	145
<b>4.6</b>	<b>Datenanalyse</b>	<b>146</b>
<b>5</b>	<b>Ergebnisse</b>	<b>148</b>
<b>5.1</b>	<b>Kompetenzerwerb im Treatment-Kontrollgruppen-Vergleich</b>	<b>148</b>
<b>5.2</b>	<b>Gruppenunterschiede im Zusammenhang zwischen erreichter Kompetenz und Merkmalen der Lernenden</b>	<b>151</b>

<b>5.3</b>	<b>Vorhersage des Kompetenzerwerbs durch ausgewählte Variablen</b>	<b>152</b>
<b>5.4</b>	<b>Differenzielle Analysen</b>	<b>154</b>
5.4.1	Unterschiede im Kompetenzerwerb bei Lernenden mit verschiedenem Vorwissen zum Themengebiet Halbleiter	154
5.4.2	Unterschiede im Kompetenzerwerb bei Lernenden mit verschiedenem Vorleistungsstand im Schulfach Physik	159
5.4.3	Unterschiede im Kompetenzerwerb bei Lernenden mit verschiedenem Fähigkeitsselbstkonzept im Schulfach Physik	163
5.4.4	Unterschiede im Kompetenzerwerb bei Lernenden mit verschiedenem Interesse am Schulfach Physik	167
<b>5.5</b>	<b>Interessenmerkmale im Treatment-Kontrollgruppen-Vergleich</b>	<b>171</b>
5.5.1	Das situationale Interesse während der Unterrichtsreihe	171
5.5.2	Interesse am Schulfach Physik und Informationsinteresse (Häufigkeit) an Physik in der Freizeit im Prä-Post-Vergleich	176
<b>6</b>	<b>Diskussion</b>	<b>178</b>
<b>6.1</b>	<b>Kompetenzerwerb im Treatment-Kontrollgruppen-Vergleich</b>	<b>179</b>
<b>6.2</b>	<b>Zusammenhang zwischen erreichter Kompetenz und Merkmalen der Lernenden</b>	<b>180</b>
<b>6.3</b>	<b>Veränderungen in den Interessenmerkmalen der Stichprobe im Verlauf der Unterrichtsreihe</b>	<b>183</b>
6.3.1	Einfluss der Interessenorientierung auf das situationale Interesse während der Unterrichtsreihe	183
6.3.2	Entwicklung des Interesses am Schulfach Physik	185
<b>6.4</b>	<b>Limitationen und Fazit</b>	<b>187</b>
	<b>Literaturverzeichnis</b>	<b>190</b>
	<b>Abbildungs- und Tabellenverzeichnis</b>	<b>205</b>
	<b>Anhang</b>	<b>209</b>
	<b>Ehrenwörtliche Erklärung</b>	<b>i</b>
	<b>Danksagung</b>	<b>ii</b>



# 1 Einleitung

Nicht erst seitdem weltweit Lernende an Schulen mit der Unterrichts-Streik-Bewegung *Fridays for future* ein Zeichen für *unsere gesellschaftliche Verantwortung der Natur gegenüber* setzen wollen, wird deutlich, dass dieses, eng mit naturwissenschaftlichen Problemstellungen verbundene entscheidende Thema unserer modernen Gesellschaft auch in der Schulbildung eine wichtige Position einnehmen muss. Während wir, die Generation ihrer Eltern, Großeltern, Lehrenden und Wegbereitenden gesellschaftspolitisch und ökologisch dringend notwendige Entscheidungen aufschieben, fordert die heranwachsende Generation von uns, dass ihre schulische Allgemeinbildung die *großen* Fragen unserer Zeit sowie die Vermittlung der für die Gestaltung der Zukunft notwendigen Fähigkeiten nicht aus dem Blick verliert. Damit tritt die Bedeutung naturwissenschaftlicher Bildung für die allgemeine Bildung als Herausbildung einer *Scientific Literacy* (Gräber, Nentwig, Koballa & Evens, 2002) deutlich hervor. Auch der Schulpädagoge und Erziehungswissenschaftler Wolfgang Klafki (1985, S. 56) hat in seinen Schriften die *Umweltfrage* als eines der „Schlüsselprobleme der modernen Gesellschaft“ benannt. Daneben sprach er mit dem Problem der *Gefahren und Möglichkeiten der neuen technischen Steuerungs-, Informations- und Kommunikationsmedien* auch ein weiteres, eng mit einem modernen Verständnis naturwissenschaftlicher Kompetenzen verbundenes gesellschaftliches Schlüsselproblem an. Auch wenn naturwissenschaftliche Inhalte heute im Fächerkanon allgemeinbildender Schulen ihren festen und unbestrittenen Platz haben und die Methoden des naturwissenschaftlichen Denkens und Arbeitens über die Fächergrenzen hinaus wissenschaftliche und gesellschaftliche Anerkennung genießen, scheint es in der Gestaltung des naturwissenschaftlichen Unterrichts in den Fächern Physik und Chemie immer noch nur schwer zu gelingen, diese allgemeine Bedeutsamkeit und Anerkennung der im Fach zu entwickelnden naturwissenschaftlichen Kompetenzen zu etablieren. Internationale Vergleichsstudien (TIMSS<sup>1</sup>, PISA<sup>2</sup>) zeigten, dass sich die Ergebnisse Lernender an deutschen Schulen insbesondere im

---

<sup>1</sup> TIMSS ist eine seit 1995 im Vierjahresrhythmus durchgeführte internationale Leistungsvergleichsstudie für den mathematisch-naturwissenschaftlichen Bereich. Ihr gingen in den 70er und 80er Jahren je zwei Studien getrennt für die Bereiche Mathematik und Naturwissenschaften und ohne deutsche Beteiligung voraus. Durch die Zählung der Studien entstand die ursprüngliche Bezeichnung „third international mathematics and science study“, welche bei den späteren Erhebungsjahren dann in „Trends in international mathematics and science study“ umbenannt wurde. Die Studie erhebt Leistungen in Mathematik und Naturwissenschaften von Lernenden der Grundschule sowie Sekundarstufe 1 und 2 in den jeweiligen Teilnehmerstaaten.

<sup>2</sup> PISA – Program for International Student Assessment - ist eine internationale Schulleistungsstudie. Sie wird seit dem Jahr 2000 im Dreijahresrhythmus durchgeführt. Getestet wird der Leistungsstand 15jähriger. Im Fokus der PISA-Studie stehen mathematische und naturwissenschaftliche Kompetenzen, die Lesekompetenz sowie für die jeweiligen Studiendurchläufe spezielle Kompetenzschwerpunktsetzungen. Beginnend mit der Lesekompetenz wurde bei jeder Erhebung einer der drei zentralen Kompetenzbereiche fokussiert. Im Zusammenhang mit den PISA-Erhebungen erfolgten auch nationale Tests, die neben dem internationalen Vergleich auch eine differenzierte innerdeutsche Sicht auf die Bildungserfolge zuließen und zulassen.

## Einleitung

naturwissenschaftlich-mathematischen Bereich im Vergleich mit dem Leistungsstand Gleichaltriger anderer Länder nur in einem breiten Mittelfeld wiederfanden, was die Erwartungen der Verantwortungstragende aber auch der Rezipienten unseres hoch entwickelten Bildungssystems enttäuschte. Lernende nehmen die Inhalte der Fächer als schwer verständlich, zu wenig lebensnah und mit zunehmendem Schuljahr als weniger interessant wahr (Hoffmann, Häußler & Lehrke, 1998). Zahlreiche Forschungsarbeiten haben sich seitdem den Problemen und Möglichkeiten der Gestaltung mathematisch-naturwissenschaftlichen Unterrichts auch für das Fach Physik gewidmet. Dabei galt die Aufmerksamkeit neben Lernvoraussetzungen (Hoffmann et al., 1998) und der Wirksamkeit bestimmter thematischer Schwerpunktsetzungen und Kontextualisierungen (Duit & Mikelskis-Seifert, 2010) auch methodischen Aspekten (Seidel, Prenzel, Rimmel, Dalehefte, Herweg, Kobarg & Schwindt, 2006b) und Mustern der Interaktion zwischen Lehrenden und Lernenden (Seidel et al., 2006b). Im Bereich der Schulentwicklung wurden Programme zur Verbesserung des mathematisch-naturwissenschaftlichen Unterrichts entwickelt (SINUS). Auch die Erarbeitung nationaler Bildungsstandards wurde initiiert und für das Fach Physik eine nationale Standardorientierung für den mittleren Schulabschluss (KMK, 2004) vorgelegt, welche ein stärker an allgemeiner Bildung und dem Konzept der *Scientific Literacy* (Bybee, 2002; Gräber et al., 2002) orientiertes Kompetenzmodell für den Physikunterricht vorschlug. In der weiteren Etablierung und im Monitoring dieser Standards galt es, ausdifferenzierte Teilkonzepte zur Orientierung in der Unterrichtsgestaltung zu entwickeln sowie messbare Teilkompetenzmodellierungen zu entwerfen - ein Prozess, der noch an keinem Schlusspunkt angekommen ist.

Mit der vorliegenden Forschungsarbeit wird eine durch das Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) geförderte<sup>3</sup> Studie als Dissertationsschrift vorgelegt, welche Erkenntnisse aus den Bereichen der prozessorientierten sowie der produktorientierten Unterrichtsforschung im Physikunterricht verbindet. Dabei wurde eine Unterrichtsreihe entwickelt und im Treatment-Kontrollgruppen-Vergleich untersucht, welche sich an individuellen, insbesondere auch fachfremden Interessenbereichen der Lernenden orientiert. Von forschungsleitendem Interesse war dabei die Beobachtung des Kompetenzzuwachses im Rahmen der Auseinandersetzung mit dem gesellschaftlich bedeutungsvollen Themengebiet *Halbleiter*. Die Erarbeitung dieses Themenkomplexes stellt sowohl mit Blick auf erneuerbare Energien als auch mit Blick auf die Verantwortung im Umgang mit den Möglichkeiten und Grenzen moderner Technologien einen wichtigen fachlichen Grundstein dar. Durch die Bezugnahme auf individuell interessierende Themen wurden im Sinne der pädagogisch-psychologischen Merkmale des Interessenhandelns positive Voraussetzungen und Bedingungen im Lernprozess ermöglicht sowie genutzt. Die Wirksamkeit der Maßnahme auf die Interessantheit des Unterrichts

---

<sup>3</sup> BMBF-Förderkennzeichen 01JG1051, Projekttitel: Interessenorientierte Unterrichtsgestaltung im Physikunterricht, wissenschaftliche Leitung: Prof. Dr. Michaela Gläser-Zikuda

wurde durch die begleitende Beobachtung des situationalen Interesses im Unterricht überprüft. Zur Erfassung des Lernerfolgs fand eine auf Grundlage aktueller Kompetenzmodellierungen *selektive* Messung des Kompetenzerwerbs in einem übergeordneten Kompetenzbereich – dem Kompetenzbereich *Fachwissen Elektrizitätslehre* (Geller, Neumann, Boone & Fischer, 2014) - statt. Die theoretische Konzeption der Forschungsthese basiert dabei auf einer Übertragung von Erkenntnissen aus der Erforschung der Lesekompetenz (Schiefele & Krapp, 1996). Hier konnte gezeigt werden, dass thematisch am Text interessierte Lesende, die beim Lesen erforderlichen Kompetenzen effektiver und elaborierter zum Einsatz brachten als uninteressierte Lesende. Dabei wurde beobachtet, dass ein thematisches Interesse die Performanz einer vom Interessenthema unabhängigen und lediglich zur Wissenserweiterung im Interessenbereich notwendigen Kompetenz positiv beeinflusste. Die vorliegende Forschungsarbeit verfolgt das Ziel, die beobachtete Schlüsselrolle des Interesses für den Kompetenzeinsatz auf den Bereich des Zusammentreffens von *Freizeitinteressen Lernender* und der *Anwendung naturwissenschaftlicher Kompetenzen im Physikunterricht* zu übertragen und den Wirkungszusammenhang zu erforschen. Inwiefern ein solcher Effekt über die Performanzebene hinaus auch auf Kompetenzentwicklungen hinweisen kann, wird dabei im Rahmen der vorliegenden Studie diskutiert. Die leitende Forschungshypothese lautet, dass ein an den auch fachfremden Interessen der Lernenden orientierter Physikunterricht den Einsatz sowie den Erwerb fachspezifischer Kompetenzen fördert. Im Rahmen der Zielsetzungen dieser Arbeit soll an dieser Stelle auch auf ein nahestehendes Forschungsanliegen hingewiesen werden, welchem sich diese Arbeit nicht widmet: Die vorliegende Studie verfolgt nicht das Ziel, den Zusammenhang zwischen dem Interesse an Physik und der Kompetenzentwicklung im Fach zu untersuchen. Das Phänomen des Physikinteresses wird im Rahmen der vorliegenden Forschungsarbeit in Form einer erklärenden Variablen beleuchtet.

Der Bereich individuell interessierender Themen wurde im Vorfeld der Unterrichtsentwicklung allgemein für die ausgewählte Altersklasse erfasst und im Sinne einer Bezugnahme auf allgemein interessierende Themen integriert. Die Unterrichtskonzeption ist insofern als eine *in den Kontext von Alltagsinteressen eingebundene* Erarbeitung des physikalischen Themengebietes *Halbleiter* zu verstehen, wobei die pädagogisch-psychologischen Merkmale des Lernens mit Interesse in der theoretischen Fundierung der vorliegenden Forschungsarbeit sowie in der Interpretation der Ergebnisse ausdrückliche Beachtung fanden.

Im Folgenden wird zusammenfassend durch die einzelnen Abschnitte der Dissertationsschrift geführt: Im *theoretischen Teil* wird im *Abschnitt 2.1* zuerst ein zugrundeliegendes konstruktivistisches Verständnis von Lernen erörtert. Darauf aufbauend wird das pädagogisch-psychologische Phänomen des Interesses im Rahmen der pädagogischen Theorie des Interesses dargestellt und im Zusammenhang mit dem Fähigkeitsselbstkonzept sowie hinsichtlich seiner Wechselwirkungen mit anderen Merkmalen im

## Einleitung

Lernprozess beleuchtet. Im *Abschnitt 2.2* steht der Bereich naturwissenschaftlicher Kompetenzen im Fokus der Betrachtung. Hierbei wird einleitend auf den Begriff der Kompetenzen eingegangen, bevor eine bildungstheoretische Betrachtung des naturwissenschaftlichen Bereiches als Teil der allgemeinen Bildung über die Kerngedanken der Scientific Literacy zu einem aktuellen Kompetenzmodell für den Physikunterricht hinführt. Abschließend wird der Bereich der zu erwerbenden Kompetenzen im Physikunterricht hinsichtlich seiner Modellierung als selektiv messbare Größe vorgestellt. *Abschnitt 2.3* des Theorieteils widmet sich dem Physikunterricht. Unter Bezugnahme auf allgemeine Aspekte der Unterrichtsqualitätsforschung sowie der Unterrichtsplanung werden speziell für den Physikunterricht etablierte Ansätze zum Verständnis von Lernprozessen, zur Unterrichtsqualität, zur Unterrichtsplanung sowie zur methodischen Umsetzung diskutiert. Dabei werden einschlägige empirische Studien im Bereich der Physikdidaktik vorgestellt und einbezogen. Daran anschließend werden in *Abschnitt 2.4* die zur Entwicklung der Forschungshypothesen wichtigen und im Theorieteil ausführlich diskutierten Kerngedanken zusammengeführt und daraus die Forschungshypothesen hergeleitet, welche gemeinsam mit den Forschungsfragen in *Abschnitt 3* benannt werden. *Abschnitt 4* stellt das *methodische Vorgehen der Studie* vor. Neben der Darstellung des Studienablaufs, der Instrumente sowie der Zusammensetzung der Stichprobe wird in diesem Abschnitt eine *detaillierte Beschreibung der durchgeführten Unterrichtsreihe* vorgelegt, wobei dabei auch auf pädagogische, organisatorische sowie forschungsmethodische Möglichkeiten und Grenzen der Unterrichtsentwicklung und Implementation eingegangen wird. Abschließend werden im *Abschnitt 4.5.4* die genutzten Methoden der Datenanalyse benannt. *Abschnitt 5* widmet sich der Darstellung der Ergebnisse, welche in *Abschnitt 6* mit Bezug auf die theoretischen Grundlagen dieser Arbeit diskutiert werden. In einem abschließenden Fazit werden Hinweise auf Limitationen der Studie, weiterführende Forschungsanliegen und die Bedeutung der Studie für die Praxis des Physikunterrichts zusammengefasst.

Im Rahmen der gesamten Dissertationsschrift wurde eine *geschlechterreflektierte Arbeitsweise* angestrebt. Daher werden keine geschlechterselektiven Interpretationen oder Schlussfolgerungen zitiert oder selbst vollzogen. Hiermit folgt die Arbeit dem im Thüringer Bildungsplan bis 18 Jahre in der folgenden Formulierung zu *geschlechterreflektiertem Arbeiten* empfohlenen Vorgehen:

„Pädagogisch Tätige sind im Sinne einer Pädagogik, die von individueller Vielfalt als Normalität ausgeht, aufgefordert, [auch] Diskriminierungen aufgrund von Geschlecht und sexueller Orientierung abzubauen und stereotypisierenden und homogenisierenden Konzepten von Geschlecht (Kultur etc.) kritisch entgegenzutreten. Dazu gehört unter anderem das Hinterfragen von Methoden und Materialien in Bezug auf stereotype oder gar diskriminierende Aspekte, also auch darauf, ob bestimmte geschlechtliche und sexuelle Seinsweisen repräsentiert sind. Ebenso gehört dazu der kritische Umgang mit öffentlichen

Darstellungen von Geschlechterunterschieden (z.B. von Studien und Forschungen), die in vielen Fällen Unterschiede zu Lasten von Gemeinsamkeiten überbetonen und so eine Verfestigung stereotyper Sichtweisen fördern. Pädagogisches Handeln sollte vielmehr die Mehrfachzugehörigkeiten der einzelnen Kinder und Jugendlichen berücksichtigen und sich an den daraus ergebenden vielfältigen Bedürfnissen und Interessen orientieren sowie neue Handlungsspielräume eröffnen.“

(Konsortium des Thüringer Bildungsplans bis 18 Jahre, 2015, S. 28)

## 2 Theoretische Grundlagen

Dieses Kapitel widmet sich der Darstellung des theoretischen Fundaments der vorliegenden Forschungsarbeit. Im ersten Teil *Lernen mit Interesse* werden für diese Arbeit bedeutsame lernpsychologische Aspekte insbesondere im Bereich des im Fokus dieser Arbeit stehenden Phänomens des Interesses dargestellt. Der zweite Teil *Kompetenzen im Physikunterricht* nimmt ausgehend von einer Betrachtung des Begriffs *Kompetenz* im bildungswissenschaftlichen Gebrauch das im Fokus dieser Studie stehende Schulfach Physik und die darin liegende Kompetenzdimensionen aus einer bildungstheoretischen Perspektive in den Blick. Dabei wird abschließend die Konzeption eines aktuellen Kompetenzmodells für das Fach Physik vorgestellt und dessen Modellierung als messbares Konstrukt ausgeführt und diskutiert. Der dritte Teil *Konsequenzen für die Gestaltung von Physikunterricht* befasst sich mit dem Unterricht als institutionalisiertem Lernort. Dabei werden, bezugnehmend auf allgemeine Aspekte der Unterrichtsqualität und Didaktik, die insbesondere im Kontext dieser Studie relevanten Möglichkeiten zur Gestaltung des unterrichtlichen Angebots im Physikunterricht auf Grundlage empirischer Erkenntnisse vorgestellt. Der vierte Teil *Herleitung der Forschungsfragen und Forschungshypothesen* widmet sich abschließend der fokussierten Zusammenfassung der für die Herleitung der Forschungsfragen notwendigen Theorieaspekte.

### 2.1 Lernen mit Interesse

Bevor in diesem Abschnitt das Phänomen Interesse im Rahmen der pädagogischen Interessentheorie vorgestellt und hinsichtlich seiner Wechselwirkungen mit anderen im Lernprozess relevanten Merkmalen diskutiert wird, werden einfürend grundlegende Aspekte und Theorien von Lernen vorgestellt. In der Betrachtung von Lernprozessen werden in den weiteren Ausführungen *Lernprozesse im schulischen Kontext* und deren Auftauchen im Unterricht fokussiert, wobei mit Unterricht nach Reinmann und Mandl (2006, S. 615 f)

„solche Situationen gemeint [sein sollen], in denen professionell tätige Lehrende innerhalb eines bestimmten institutionellen Rahmens mit pädagogischer Absicht und in organisierter Weise Lernprozesse initiieren, fördern und erleichtern. [Dabei besteht] eine durch Unterricht hergestellte Lernumgebung aus einem Arrangement von Unterrichtsmethoden, Unterrichtstechniken, Lernmaterialien und Medien. Dieses Arrangement ist durch die besondere Qualität der aktuellen Lernsituation in zeitlicher, räumlicher und sozialer Hinsicht charakterisiert und schließt letztlich auch den jeweiligen kulturellen Kontext ein“.

### 2.1.1 Begriff und Konzepte des Lernens

„Die Fähigkeit zu Lernen gehört zur biologischen Grundausstattung des Menschen und ist eines seiner hervorstechendsten Merkmale.“ (Nückles & Wittwer, 2014, S. 226)

Doch was charakterisiert diese für uns Menschen so wesentliche und bedeutungsvolle Fähigkeit? Nückles und Wittwer (2014) benennen die folgenden Merkmale: (1) Menschen „müssen [lernen], um sich zu entwickeln sowie auf die Anforderungen und Ereignisse ihrer Umwelt [zu] reagieren“, (2) *Lernen* bedeutet „eine dauerhafte Veränderung im Individuum, sei es im Verhalten, im Wissen oder in persönlichen Einstellungen“ (3) *Lernen* ist die „Folge von Erfahrungen mit der Umwelt“. (4) Die Fähigkeit zu *Lernen* setzt eine „Instanz, welche die aufgetretenen Veränderungen speichert“ – ein Gedächtnis – voraus. (5) Das Individuum wird durch die durch *Lernen* entstandenen „Veränderungen befähigt, zukünftige Situationen erfolgreicher als zuvor zu bewältigen, indem es das Gelernte anwendet“. (6) Und es lassen sich für das Lernen *Prozesse des Lernens* und *Produkte des Lernens* wie Wissen, Fertigkeiten, Verhaltensmuster als unterschiedliche Facetten betrachten (Nückles & Wittwer, 2014, S. 226). Mit *Wissen* wird hier ein in engem Zusammenhang mit dem Lernen stehender Begriff eingeführt. Wissen kann unterschieden werden in *deklaratives Wissen*, welches sowohl aus einzelnen Fakten als auch aus Zusammenhängen von Fakten bestehen kann, und *prozedurales Wissen*, welches zur Anwendung kommt, wenn Tätigkeiten und Prozesse der Problemlösung aktiv ausgeführt werden. Beide Wissensbereiche greifen in ihrer alltäglichen Erscheinungsform ineinander. Als eine dritte Form des Wissens wird das *metakognitive Wissen* eingeführt, als Wissen über das Wissen. Diese Form kann sowohl deklarativer als auch prozeduraler Natur sein (Renkl, 2015) und bildet in Lernprozessen eine wichtige Voraussetzung zur Moderation des eigenen Lernens (Renkl, 2015). Reinmann-Rothmeier und Mandel (2019) führen aus, dass entsprechend einer „(gemäßigt) konstruktivistischen Auffassung, Wissen kein Reservoir objektiver wissenschaftlicher Resultate, sondern Ausgangspunkt, Weg und Ziel menschlicher Realitätskonstruktionen zugleich“ ist. Aus konstruktivistischer Sicht sind die ablaufenden individuellen Prozesse bei der Begegnung und Auseinandersetzung mit der umgebenden Welt und deren Bewertung entscheidend für den Wissensaufbau (Reinmann-Rothmeier & Mandl, 2019). Dieses Verständnis von Wissen steht in engem Zusammenhang mit dem im Folgenden vorgestellten Verständnis von Lernen.

#### 2.1.1.1 Lernen als Anpassung zwischen Individuum und Lebenswelt

*Piaget* (1969) beschreibt Lernen als einen Prozess der Anpassung (Adaption) vorhandener Verhaltens- oder Wissensschemata in einem Wechselspiel aus Assimilation – der Eingliederung von Neuem in vorhandene Strukturen - und Akkommodation – der Erweiterung vorhandener Strukturen. Das lernende Individuum *selbst* baut *eigene Wissensschemata* auf (*Piaget*, 1969). Dabei spielen Erfahrungen mit der umgebenden Welt eine Schlüsselrolle. Diese Erfahrungen können unfreiwilligen oder aufsuchenden Ursprungs sein. Erfahrungen werden stets und unwillkürlich hinsichtlich ihrer Passung mit bereits

vorhandenen Schemata überprüft und lösen somit Prozesse der Assimilation und Akkommodation aus. Auch John Deweys pragmatischer Ansatz und seine Ausführungen zur Bedeutung der *experience* für das Lernen (Dewey, 1916/1997; 1916/1993), welche im *Abschnitt 2.2.4* ausführlicher vorgestellt werden, gehen aus von Mechanismen, die das alltägliche Lernen bestimmen. Dewey beschreibt Lernprozesse als *learning by doing* – Individuen lernen etwas, während sie dazu herausgefordert sind, es zu tun oder sich willentlich diesen Herausforderungen oder Anwendungssituationen stellen. Dabei folgen diese grundlegenden Prozesse zuerst dem *trial and error*-Prinzip, bevor durch wiederholte Fehlversuche Lernprozesse in der Weise in Gang gesetzt werden, dass Individuen gezielt als erfolgreich erfahrene Wege bei der Problemlösung einschlagen und diese Erfahrung dabei verstärken. Diese Formen der in unserer Lebenswelt immer wieder bestehenden Lerngelegenheiten sind ein wesentlicher Baustein zur Entwicklung unserer Fähigkeit zur Anpassung an das, was unser konkreter Alltag von uns fordert. Hinsichtlich der Rolle und Funktion der umgebenden sozialen Welt können im individuellen Konstruktionsprozess des Wissens die folgenden zwei Theorieperspektiven unterschieden werden (Nückles & Wittwer, 2014, S. 227ff): Aus Sicht der *kognitiv-konstruktivistischen Perspektive* wird das soziale Umfeld als Erfahrungsraum für den individuellen Aufbau von Wissen betrachtet, aber in seiner Wirkung auf die Konstruktionsprozesse der dinglichen Welt gleichgestellt. Somit bleibt das Individuum in dieser Betrachtungsweise in Auseinandersetzung mit der sozialen Umwelt eigenständig und unabhängig. Die *Situertheitsperspektive* (auch *soziokulturelle Perspektive* genannt) lenkt den Betrachtungsfokus auf das menschliche Bedürfnis der Ermöglichung und Erarbeitung gesellschaftlicher Teilhabe und sozialer Bezogenheit. Hier wird den erlernten Schemata immer eine gesellschaftliche Handlungsdimension zugewiesen, die zu Fähigkeits- und Wissensmustern führt, welche von der sozialen Situation beim Erwerb sowie beim Einsatz abhängig sind. Dabei gestaltet das teilhabende Individuum die Gemeinschaft mit und verändert auch dadurch eigene Muster. Beide Perspektiven liefern „wichtige Einsichten und Ansatzpunkte zur Erforschung von Lernen und Wissenserwerb“ (Nückles & Wittwer, 2014, S.231) und schließen eine einander ergänzende Akzeptanz nicht aus. Im Rahmen der vorliegenden Forschungsarbeit stellt die in *Abschnitt 2.2.7* diskutierte messmethodisch notwendige Einschränkung des Kompetenzbegriffs auf kognitive Merkmale (siehe auch die Diskussion des Kompetenzbegriffs *Abschnitt 2.2.1*) eine nur auf Grundlage der kognitiv-konstruktivistischen Perspektive sinnvoll begründbare Komplexitätseinschränkung dieses Konstruktes dar, während in der in *Abschnitt 2.1.2* dargestellten Perspektive auf das Lernen aus Sicht der pädagogischen Theorie des Interesses die Grundannahmen der Situertheitsperspektive erkennbar sind. Insbesondere im Bereich des schulischen Lernens machen auch die drei von Klafki (1985, S. 40) formulierten Zieldimensionen der Bildung als Befähigung zur *Selbstbestimmung, Mitbestimmung und Solidarität* (siehe auch *Abschnitt 2.2.4*) die Bedeutung der Situertheitsperspektive deutlich.

### 2.1.1.2 Lernen als individuelle Konstruktion von Wissen

Sowohl die Überlegungen Deweys (1916/1997; 1916/1993), als auch die beschriebene Modellierung von Lernprozessen nach Piaget (1969) verstehen Lernprozesse als individuelle Entwicklungsprozesse in Auseinandersetzung von Individuen mit der sie umgebenden Umwelt. Beide gehen einen wesentlichen Schritt weg von der eindeutigen Abbildung äußerer Realitäten im menschlichen Denken und hin zur Idee individueller Konstruktionsprozesse von Wissensbeständen in stetiger Korrespondenz zwischen erfahrener Realität, bereits vorhandenen Überzeugungen, Vorstellungen und Wissensbeständen, sowie Begegnung mit der Wissensrepräsentation einer Verständigungsgemeinschaft. Diese Grundgedanken sind in verschiedenen Strömungen konstruktivistischer Erkenntnistheorie unter verschiedenen Blickwinkeln und in unterschiedlicher Radikalität beleuchtet worden. Überblicke und Abgrenzungen dieser Strömungen zueinander finden sich auch in der pädagogischen Literatur vielfach (z.B. bei Gerstenmaier & Mandl, 1995; Reich, 1996; Terhart, 1999). Ein konstruktivistisches Verständnis von Lernen sieht Lernende als Hauptakteure im individuellen Konstruktionsprozess des eigenen Wissens. Dabei nutzen die Lernenden auch die ihnen bereits zur Verfügung stehenden Wissensbestände um Neues aufzubauen und zu integrieren. Eine auf konstruktivistischen Grundannahmen aufbauende Didaktik (weiterführend dazu auch *Abschnitt 2.3.3.1*) verwendet neben dem Begriff der *Konstruktion* auch noch die Begriffe der *Rekonstruktion* und *Dekonstruktion* (Reich, 2012, 1996; Neubert, Reich & Voß, 2001). Als Rekonstruktionen werden jene Prozesse bezeichnet, in denen das Individuum sich mit Wissensbeständen der umgebenden Welt auseinandersetzt, sie erarbeitet und in eigene Wissenskonstruktionen übersetzt und integriert. Dekonstruktionsprozesse beschreiben den Vorgang des Umbaus äußerer oder innerer Schemata zum Zwecke der Erweiterung, Veränderung und individuell bewerteten Verbesserung der eigenen Wissenskonstruktionen. Da es aus konstruktivistischer Sicht kein Kriterium dafür geben kann, dass etwas genau in der einen Weise von unterschiedlichen Individuen für wahr zu halten ist, kommt das Konzept der *Wahrheit* hier an seine Grenzen (Glaserfeld v., 1987). Im Konstruktivismus wird deshalb der Begriff der *Viabilität* eingeführt (Glaserfeld v., 1987), welcher ein *individuelles Richtigkeits-Kriterium* darstellt. Er beschreibt, wie gut die jeweilige Konstruktion für das Individuum zu Problemsituationen oder Lebensausschnitten passt, in denen diese Konstruktion zur gedanklichen oder praktischen Anwendung kommt. Passen Inhalte oder Erlebnisse nicht zu bisher vorhandenen Konstruktionen – liegt für das Individuum also ein Viabilitätskonflikt vor - so kann es nach Piagets Modell (Piaget, 1969) zu Prozessen der Akkommodation, also der Erweiterung bisheriger Schemata, kommen. Diese Erweiterungsprozesse können auch dekonstruktiver Natur sein, da es nötig werden kann, eine bisherige Vorstellung aufgrund neuer Erfahrungen ganz neu zu organisieren. Dabei ist aber nicht nur die Dekonstruktion *bisheriger Vorstellungen* denkbar, sondern auch eine Dekonstruktion *wahrgenommener und erlebter Widersprüche* – also ein (*nachträgliches*) *Infragestellen des Wahrgenommenen* - ein Phänomen, das gerade auch im Bereich des Physiklernens in der

Auseinandersetzung mit der Stabilität vorunterrichtlicher Vorstellungen (Duit, 2007, S. 589) gegenüber angebotenen wissenschaftlichen Sichtweisen im Fokus der Forschung steht (Duit, 2010, 2006; siehe auch *Abschnitt 2.3.1* in der vorliegenden Forschungsarbeit).

### **2.1.1.3 Lernen als Erweiterung der Lebenswelt**

Auch im Bereich des schulischen Lernens wird immer wieder auf die Bedeutung lebensweltlicher Relevanz der angebotenen Lerngegenstände hingewiesen und eine Einbindung von Lebensweltbezügen in den Unterricht gefordert. Die Auseinandersetzung mit alltagsnahen Problemstellungen wird als Ausgangs- und Anknüpfungspunkt an individuelle Vorerfahrungen als notwendig und unersetzlich erachtet (Duit & Mikelskis-Seifert, 2010; Muckenfuß, 1995; Wagenschein, 1968). Die Anpassung an die lebensweltlichen Herausforderungen kann aber nicht als alleinige Zieldimension schulischen Lernens gesehen werden. Ein Anspruch allgemeinbildender Schulen ist es gerade auch, ein Lernen zu ermöglichen, welches über alltägliche, lebensweltliche Erfahrungen hinausgeht. Auch lebensweltfernere Wissens- und Fähigkeitsbereiche wie z.B. Sprachen ferner Länder, Wissen über zurückliegende Ereignisse der Menschheitsgeschichte oder entfernte geologische Phänomene, Kenntnisse über die Welt der kleinsten Teilchen oder die Entstehung unseres Sonnensystems sollen in inszenierten Lerngelegenheiten eingebettet und als Unterrichtsangebot aufgearbeitet werden. Auf diese Weise kann Lernenden ein Blick auf die Welt ermöglicht werden, der größer ist, als ihr jeweiliger individueller Lebensausschnitt. Wiederkehrende Phänomene können erkannt und übertragen werden. Nicht zuletzt bedeutet das Angebot dieser lebensweltfernen Inhalte auch den Blick aus der Lebenswelt der Lehrenden hinaus zu wagen. So kann der Versuch unternommen werden, die Heranwachsenden mit dem Lernangebot auf eine Zukunft vorzubereiten, deren Herausforderungen aus gegenwärtiger Sicht nicht umfassend benannt werden können. Auch unter dem Aspekt der Ermöglichung von Bildungsgerechtigkeit für Lernende aus unterschiedlichen Lebenswelten (Terhart, 1999) kann die Forderung nach Lebensweltbezügen von Lerngegenständen nur *ein* Aspekt bei der Auswahl von Lerngegenständen sein. Je weniger aber die zu erlernenden Inhalte und Fähigkeiten mit der direkten Bewältigung unseres Alltags zu tun haben, umso mehr rückt auf Seiten der Lernenden bewusst oder unbewusst die Frage *danach* in den Vordergrund, *warum* etwas erlernt werden sollte. Welche Motive können Lernende und Lehrende wecken und entwickeln, um auch lebensweltfernes Wissen zugänglich zu machen? Anhand der im Folgenden dargelegten interessentheoretischen Überlegungen soll das, in einer *Einbindung alltagsnaher Interessenbereiche auch in lebensweltfernere Unterrichtsaspekte* liegende, weitreichende Potential bei der Gestaltung motivierenden Unterrichts erörtert werden.

### **2.1.2 Interesse als Lernmotiv - die pädagogische Theorie des Interesses**

Im Rahmen dieser Arbeit steht das Interesse als gegenstandsorientierte Motivation beim Lernen im Fokus. Das pädagogisch-psychologische Phänomen *Interesse* wird dabei aus Sicht der *pädagogischen*

*Interesstheorie* (Krapp, 1992b; Prenzel, Krapp & Schiefele, 1986) betrachtet. Nach seiner lateinischen Wortherkunft kann der Begriff des Interesses als *dazwischen sein* verstanden werden (Stowasser, Petschenig & Skutsch, 1971; auch bei Dewey, 1993, S. 171). Er meint somit eine Verbindung zwischen zwei Polen. *Interesse* wird als „eine besondere, durch bestimmte Merkmale herausgehobene Beziehung einer Person zu einem Gegenstand“ beschrieben (Krapp, 2006, S. 281). In der Verwendung des Begriffes wird deutlich, dass er weder ohne Bezug auf eine oder mehrere Personen noch ohne Bezug auf Gegenstände, Handlungen oder Situationen sinnvoll sprachlich verwendet werden kann: Im Interesse verbinden sich Subjekt und Objekt. In der Interessenforschung haben verschiedene Ansätze den Fokus der Forschung entweder eher auf die Objekt-, also Gegenstandseite oder eher auf die Subjekt-, also Personenseite gelegt, wobei die jeweils andere Seite als variabler Bezugspunkt notwendigerweise in die Betrachtungen einbezogen und auf Forschungsansätze aus diesen Bereichen Bezug genommen wurde. Im Folgenden steht die pädagogische Theorie des Interesses als Ausgangspunkt der interesstheoretischen Konzeption der vorliegenden Forschungsarbeit im Fokus der Darstellung.

#### 2.1.2.1 *Vorannahmen für das Verständnis der pädagogischen Theorie des Interesses*

In der theoretischen Konzeption wird davon gesprochen, dass „Interesse als relationales Konstrukt“ (Krapp, 1992b, S. 300) zu verstehen ist – einer Relation zwischen Individuen und Ausschnitten ihrer Umwelt. Bevor eine genauere theoretische Bestimmung der sich im Interesse zeigenden Merkmale vorgenommen werden kann, ist es daher nötig, grundlegende Aussagen bezüglich der an der Relation beteiligten Elemente zu treffen. Hierbei ist zum einen eine genaue Beschreibung einer möglichen *Relation* zwischen Person und Gegenstand von grundlegender Bedeutung. Darüber hinaus sind das *Individuum* sowie der *Gegenstand* in dieser Relation näher zu bestimmen. Um diese Zusammenhänge näher zu erläutern, benennt Krapp (1992b) deshalb *metatheoretische Prämissen der pädagogischen Interesstheorie*. Als *erste Prämisse* wird auf die „wechselseitige Abhängigkeit von Mensch und Umwelt“ hingewiesen, die eine „rein personenzentrierte Interpretation des menschlichen Erlebens und Verhaltens als unzulänglich erscheinen lässt.“ Hier ist insbesondere der Aspekt bedeutsam, dass Personen und ihre Umwelt sich durch die Auseinandersetzung miteinander gegenseitig verändern (Krapp, 2005, 2006). Dies gilt sowohl material als auch bezüglich der mentalen Repräsentation. Als *zweite Prämisse* wird grundlegend angenommen, dass das menschliche Subjekt „die Fähigkeit zu rationaler und intentionaler Steuerung seines Tuns“ besitzt (Schiefele, Prenzel, Krapp, Heiland & Kasten, 1983, S. 8) und dadurch auch bewusst gestaltend in die Wechselwirkung zwischen Person und Umwelt eingreifen kann (Krapp, 2005). Die Diskussion des Phänomens Interesse kann mit Blick auf die handelnde, also aktiv beschäftigte Auseinandersetzung eines Individuums mit einem Gegenstand somit auf

handlungstheoretischer Ebene erfolgen. Der Begriff der Handlung<sup>4</sup> soll hier definiert werden als „organisiertes Verhalten und Erleben“, wobei „Wahrnehmungen, Gedanken, Emotionen, Fertigkeiten, Aktivitäten in koordinierter Weise eingesetzt werden, um entweder Ziele zu erreichen oder sich von nicht lohnenden oder unerreichbaren Zielen zurückzuziehen“ (Heckhausen & Heckhausen, 2010a, S. 2). Krapp (1992b) weist jedoch darauf hin, dass eine ausschließlich handlungstheoretische Perspektive zu kurz greift. Die Betrachtung längerfristiger Entwicklungen von Präferenzen in der Beziehung zwischen Personen und ihrer Umwelt bedarf darüber hinaus der Beachtung dahinterliegender „psychischer Mechanismen [...] im Prozess der Persönlichkeitsgestaltung“ (Krapp, 1992b, S. 300) – also einer persönlichkeits-theoretischen Verortung. Hier nimmt die pädagogische Theorie des Interesses als *dritte Prämisse* auf die *Theorie der Selbstbestimmung* von Deci und Ryan (2000, 1993, 1985) Bezug, welche die persönlichkeits-theoretische Grundlegung der Theorie der Selbstbestimmung wie folgt formulieren:

„Im Zentrum der Theorie steht der Begriff des Selbst. Dieses Selbst kann zugleich als Prozess und Ergebnis der Entwicklung interpretiert und untersucht werden. Das Prinzip der *organismischen Integration* bestimmt die Entwicklung des Selbst von Anfang an. [...] Die Struktur des Selbst erweitert und verfeinert sich im Laufe der Entwicklung durch die Auseinandersetzung mit der sozialen Umwelt; sie ist das sich ständig ändernde Produkt von Prozessen und Strukturen dieser organismischen Dialektik. [...] Organismisch ist sie [die Theorie] insofern als eine fundamentale Tendenz zur stetigen Integration der menschlichen Entwicklung postuliert wird. [...] Als dialektisch bezeichnen wir die Theorie, weil eine permanente interaktive Beziehung zwischen diesem organismischen Integrationsprozess und den Einflüssen der sozialen Umwelt unterstellt wird.“ (Deci & Ryan, 1993, S. 223)

Grundlegende Fähigkeiten des Individuums, dessen Interessen und Ziele werden als Faktoren in der Entwicklung des Selbst gesehen, denen ebenjene organismische Dialektik eigen ist, die sich darin zeigt, dass sie in diesem Entwicklungsprozess sowohl als Voraussetzungen als auch als Antriebsmechanismen und Folgen auftauchen. Die Entwicklung des individuellen Selbst ist als Differenzierungsprozess zu

---

<sup>4</sup> Nach Brandtstädter (2001) lassen sich vier handlungspsychologische Theoriefamilien unterscheiden: *Motivationspsychologische Ansätze*, *Systemtheoretische Ansätze*, *Strukturalistische Ansätze* und *Sozialkonstruktivistische Ansätze*. Die handlungstheoretische Betrachtung des Phänomens „Lernen aus Interesse“ lässt sich im Rahmen der benannten Theoriefamilien auf unterschiedliche Weise und mit entsprechend unterschiedlichen Schwerpunktsetzungen aufgreifen: Die Betrachtung hierarchischer Ordnungen von Handlungsabläufen wie sie sich in systemtheoretischen Ansätzen findet, die Erforschung bestimmter struktureller Merkmale beim Kenntnisaufbau, wie es strukturalistische Ansätze fokussieren, sowie theoriegeleitete Betrachtung sozialer Einflüsse und entsprechender Vorerfahrungen auf das Handeln aus Interesse, wie es sich in sozialkonstruktivistischen Ansätzen findet. Für die in dieser Arbeit vorgenommene Untersuchung der Wirkung interessenorientierter schulischer Lernprozesse auf die Entwicklung von Kompetenzen im Physikunterricht ist somit eine abgrenzende handlungspsychologische Theoriezuordnung nicht weiterführend und wird deshalb nicht vorgenommen.

verstehen (Krapp, 2005). Dabei werden die Facetten des gesunden Selbst im Laufe der Entwicklung so ausgeprägt, dass sich das Individuum selbst nicht als zersplittert und inkonsistent erlebt. Die Ausprägung widersprüchlicher Facetten wird möglichst vermieden. Entsprechend werden Fähigkeiten, Ziele und Interessen so organisiert, dass ein *stimmiges Bild* entsteht (Krapp, 1992b, 1998). Welche Ausdeutung in der jeweiligen Individualentwicklung dem Begriff *stimmig* zukommt, ist wiederum stark von Wechselwirkungen zwischen Individuum und Umwelt und wechselseitigen Bewertungen abhängig. Es wird davon ausgegangen, dass das komplexe Organisationsgefüge der Persönlichkeit Bereiche enthält, die unterschiedlich nah an einem Kernbereich des Selbst angesiedelt sind (Krapp, 1992b, 1998). Entsprechend können auslösende Mechanismen für Auseinandersetzungen mit der Umwelt dem Selbst näher oder ferner sein. Deci und Ryan (2000, 1993) benennen drei, dem Kernbereich des Selbst entspringende, grundlegende psychologischen Bedürfnisse des Individuums (welche auch in *Abchnitt 2.1.2.3* im Bereich der motivationalen Einordnung der Interessenhandlung näher betrachtet werden): *die Bedürfnisse nach Selbstbestimmung, Kompetenzerleben und sozialer Bezogenheit*. Auch diese Bedürfnisse sind dabei in der interaktiven Beziehung von Person und Umwelt in doppelter Weise von Bedeutung. Zum einen spielt das Streben des Individuums nach Erfüllung dieser Grundbedürfnisse eine wesentliche Rolle für die Entscheidungsmechanismen für mögliche Auseinandersetzungen mit der Umwelt und den damit verbundenen Entwicklungsschritten. Zum anderen sorgt das Auftreten von Zufriedenheit hinsichtlich dieser Bedürfnisse, als eine Art Antwort der umgebenden Welt auf Auseinandersetzungen mit ihr, für eine positive Bewertung von Umweltausschnitten und Gegenständen (Krapp, 2005). In der Folge wird die Verortung entsprechender Gegenstände in größerer Nähe zum Selbst für wahrscheinlicher gehalten. In Anlehnung an die Theorie von Deci und Ryan erläutert Krapp (1992b), dass das Individuum in seinem Bedürfnis nach *Kompetenzerleben* zum Ausdruck bringt, dass es bestrebt ist, handlungsfähig zu sein. Dabei beschreibt er, dass dieses Bedürfnis ein „Vertrauen in die eigene Lern- und Entwicklungsfähigkeit“ (Krapp, 1992b, S. 303) ausdrückt. Im Bestreben nach Selbstbestimmung zeigt sich das Bedürfnis, „Ziele und Vorgehensweisen eigenen Tuns selbst bestimmen“ zu können (Krapp, 1992b, S. 303). Damit stehen beide Merkmale in engem Zusammenhang mit der oben benannten zweiten Prämisse der Interessentheorie, *der Fähigkeit zu rationaler und intentionaler Steuerung des Tuns*. Bandura (1977) führte das verwandte Konzept der *Selbstwirksamkeit* und ihrer Bedeutung für Handlungsprozesse ein, welches bzgl. seiner Schnittmengen mit Aspekten der Lernmotivation bei Krapp und Ryan (2002) kritisch diskutiert wird. Das Bedürfnis nach *sozialer Bezogenheit* beschreibt den Wunsch des Individuums nach sozialer Geborgenheit und „Anerkennung von Seiten zentraler Bezugspersonen“ (Krapp, 1992b, S. 304; Krapp, 2005). Krapp macht hierbei darauf aufmerksam, dass das Streben nach Erfüllung dieses dritten Grundbedürfnisses auch in der Lage ist, im Streben um Zugehörigkeit und Anerkennung durch bestimmte Bezugspersonen, die beiden anderen Grundbedürfnisse zu korrumpieren (Krapp 1992b).

Abschließend sollte der Begriff des *Gegenstands* in der Person-Gegenstands-Relation näher betrachtet werden. Die Rahmenkonzeption der pädagogischen Theorie des Interesses beschreibt den Bedeutungshorizont des Begriffs zunächst wie folgt: „Ein Gegenstand ist ein subjektiv bestimmter Umweltausschnitt, den die Person von anderen Umweltausschnitten unterscheidet und als eingegrenzte und strukturierte Einheit abbildet“ (Prenzel, Krapp & Schiefele, 1986, S. 166). Dabei ist aus konstruktivistischer Perspektive zu beachten, dass hier eine Abbildung von Umweltausschnitten im individuellen Repräsentationssystem gemeint ist (Krapp, 2006), welche sich in einem stetigen Veränderungsprozess befindet (Krapp, 1992b, 2006). Individuell wahrgenommene Interessengegenstände sind somit zum einen ebenfalls einer dynamischen Veränderung unterworfen. Zum anderen sind sie in ihrer subjektiven Repräsentation von einem Gegenüber nie vollständig erfassbar. Über die mentale Repräsentation des Interessengegenstands hinaus wird diesen Gegenständen aber auch im Bereich des Realen eine *objektive Existenz* zugesprochen, deren Gemeinsamkeiten mit der mentalen Repräsentation sich aber der vollständigen Überprüfung entziehen. (Krapp, 1992b)

#### *2.1.2.2 Kognitive, wertbezogene und emotionale Merkmale des Interesses*

Die pädagogische Theorie des Interesses (Krapp, 1992b; Prenzel, Krapp & Schiefele, 1986) charakterisiert den interessierten Bezug einer Person zu einem Gegenstand anhand dreier in der Person ausgeprägter Bezugsmerkmale: der *kognitiven, emotionalen und wertbezogenen Valenz*. Bezeichnet eine Person einen Gegenstand, Wissens- oder Tätigkeitsbereich als ein Interessenfeld, so bildet die Annahme, dass die Person bereits eine Art *kognitive Repräsentation* dieses Objektbereiches besitzt eine notwendige Verständnisgrundlage. Diese Repräsentation ist einer ständigen Veränderung und Differenzierung unterworfen, weswegen interessierte Personen mit der Zeit eine immer komplexer werdende Vorstellung vom interessierenden Gegenstandsbereich entwickeln. Je nach Entwicklungsstand verfügen sie über ein „umfangreiches Repertoire an Handlungsmöglichkeiten“ und zeigen eine „differenzierende und vielfältig variierende Gegenstandsauffassung...“, [die sich bei] über längere Zeit bestehendem Interessenbezug ... in der Person in differenziertem und integriertem Wissen über den Gegenstandsbereich“ manifestiert (Prenzel, Krapp & Schiefele, 1986; S. 166). Krapp (1992b) weist aber darauf hin, dass über die reine kognitive Fähigkeit, den Interessengegenstand als solchen zu erfassen, eine kognitive Valenz als Voraussetzung der Interessenbeziehung *nicht* notwendig ist. Vielmehr wird eine Interessenbeziehung eine besondere kognitive Repräsentation des Interessengegenstandes zur Folge haben, insbesondere aufgrund des günstigen Wechselspiels individueller Konstruktionsprozesse mit den beiden folgenden Merkmalen. Der zweite Merkmalsbereich des Interesses ist der Bereich *persönlicher Wertzuschreibung*. Prenzel, Krapp und Schiefele (1986) beschreiben hier eine Korrespondenz mit der dem Handeln aus Interesse zugeschriebenen *Selbstintentionalität*. Durch die Einordnung des Gegenstandes in besonderer Nähe zum Selbst prägen Interessengegenstände das Selbstkonzept (siehe

hierzu auch *Abschnitt 2.1.3*). Sowohl durch die mentale Repräsentation als auch durch die aktive Bezugnahme auf Interessengegenstände stärkt die Person somit ihre Identität (Prenzel, Krapp & Schiefele, 1986). Als dritter Merkmalsbereich wird der Bereich *emotionalen Erlebens* benannt. Sowohl die mentale Repräsentation als auch der Umgang mit Interessensfeldern und Interessengegenständen zeichnen sich durch eine „insgesamt als anregend und angenehm erlebte emotionale Tönung“ aus. „Das Interessenhandeln wird von angenehmen Gefühlen begleitet, zum Beispiel von Freude, angenehmer Spannung oder [...] Flow-Erlebnissen“ (Prenzel, Krapp & Schiefele, 1986; S. 166). Das emotionale Phänomen des *Flow-Erlebens* (Csikszentmihalyi & Csikszentmihalyi, 1975) wird als völliges Aufgehen in der durchgeführten Tätigkeit beschrieben. Man beobachtet hierbei eine besondere Form der Ausgewogenheit zwischen wahrgenommenem Anforderungsniveau der Situation und erlebter Fähigkeitsausprägung. Flow-Erleben steht im Zusammenhang mit herausfordernden, aber unter Ausschöpfung der persönlichen Ressourcen als leistbar erwarteten Handlungsanforderungen. Das führt zur Wahrnehmung von Beherrschbarkeit, Sicherheit, völliger Konzentration und Zeitlosigkeit im Handlungsablauf. Aus emotionaler Sicht kommt den bereits benannten Merkmalen der kognitiven und wertbezogenen Valenz im Zusammenhang mit den in *Abschnitt 2.1.2.1* sowie im Folgenden benannten grundlegenden Bedürfnissen eine je eigene Bedeutungskomponente zu. Es wird davon ausgegangen, dass Handlungen, die sich auf persönlich wertvolle und kognitiv differenzierte – also im Sinne der Definition *interessierende* – Gegenstände beziehen, aufgrund *erlebter Kompetenz*, aufgrund *erlebter sozialer Bezogenheit und Anerkennung* bzgl. einer als relevant wahrgenommenen Bezugsgruppe sowie aufgrund *erlebter Autonomie*, von positiven Emotionen begleitet werden. Rheinberg und Vollmeyer (2000) diskutieren die wertbezogene sowie die emotionale Valenz im Interesse auch im Zusammenhang mit der Motivation bei leistungsthematischen Herausforderungen. Sie beschreiben diese Merkmale als wesentliche Auswahlkriterien bei der Frage, welchen der möglichen Herausforderungen mit passendem Anforderungsniveau sich ein Individuum tatsächlich zu stellen entscheidet (Rheinberg & Vollmeyer, 2000). Auch in den verwandten Konzepten des Anreizes (Beckmann & Heckhausen, 2010) einer Handlung sowie der mit einer Handlung verbundenen Erwartungen (Beckmann & Heckhausen, 2010), welche für die Konzeption von Erwartungs-mal-Wert-Theorien<sup>5</sup> eine wesentliche Rolle spielen, sind Parallelen zu den Grundgedanken der wertbezogenen sowie der emotionalen Valenz im Interesse erkennbar. Eccles und Wigfield (2002) unterteilen den Wertaspekt einer Aufgabenbewältigung in ihrem Erwartungs-mal-Wert-Modell in vier Anteile. Dabei werden hier, über die im Interesse implizierten Wertaspekte wie Freude und empfundene persönliche Bedeutsamkeit während der

---

<sup>5</sup> „Nach der Erwartungs-mal-Wert-Theorie wird bei der Wahl zwischen mehreren Handlungsalternativen jene bevorzugt, bei der das Produkt von erzielbarem Wert (Anreiz), mit der Wahrscheinlichkeit, ihn zu erzielen (Erwartung), maximal ist.“ (Beckmann & Heckhausen, 2010, S. 106)

Aufgabenbewältigung, auch extrinsische Wertaspekte einbezogen. Ein aufgrund seiner Bezüge zum Selbst dem Verständnis der Wertaspekte im Interesse nahestehender Aspekt ist der „Zielerreichungswert“ (Eccles & Wigfield, 2002, S.119), welcher beschrieben werden kann mit der Frage, ob eine Handlung bzw. Aufgabenbewältigung „geeignet scheint, bestimmte wertgeschätzte Eigenschaften des Selbst zur Geltung kommen zu lassen“ (Urhahne, 2002, S.59). Darüber hinaus werden die „wahrgenommene Nützlichkeit der Aufgabe für das Erreichen späterer Ziele“ (Urhahne, 2002, S.60) sowie die aufzubringenden Investitionen für die Durchführung einer Handlung wie „die empfundenen Anstrengung bei einer Aufgabe, Aspekte der Leistungsangst oder Furcht vor Versagen, oder die verlorengegangene Zeit, die für andere Tätigkeiten nicht mehr zur Verfügung steht“ (Urhahne, 2002, S.60), als weitere Wertaspekte benannt. Auf die Bedeutung des Wertaspektes für Persistenz und Selektivität im Interessenbezug und der damit verbundenen Handlungssteuerung wird auch im Folgenden (*siehe Abschnitt 2.1.2.4*) noch eingegangen.

### *2.1.2.3 Motivationale Merkmale des Interesses*

Neben diesen, sowohl für die Betrachtung der in der Persönlichkeit verankerten Interessenbezüge als auch für die Charakterisierung interessierter Gegenstandsauseinandersetzungen gültigen Bestimmungsmerkmalen des Interesses besitzt das Interesse bezüglich der handelnden Auseinandersetzung mit einem Gegenstand besondere motivationale Merkmale. Als Handlungsmotiv ordnet die pädagogische Interessentheorie das Interesse dem Bereich intrinsischer Motivation zu, wobei der Begriff der intrinsischen Motivation hinsichtlich der Person im Sinne der *Selbstbestimmungstheorie der Motivation* von Deci und Ryan (2000, 1993, 1985) verwendet wird. Die Forschergruppe um Deci und Ryan nähert sich motivationspsychologisch auch der Auslösung von Handlungen über die Annahme, dass alle Menschen die Erfüllung dreier grundlegender Bedürfnisse anstreben. Als die *basic human needs* werden die Bedürfnisse nach dem *Erleben eigener Kompetenz*, nach *Selbstbestimmung* sowie nach *sozialer Bezogenheit* aufgeführt (*siehe auch Abschnitt 2.1.2.1*). Die Theorie der Selbstbestimmung beschreibt die Idee der intrinsischen Motivation, welche durch die Zufriedenstellung der grundlegenden Bedürfnisse gekennzeichnet ist und insbesondere durch eine *ganz in der Person liegende* Handlungsverursachung definiert wird. Darauf aufbauend unterscheiden sie Regulationsstufen des Handelns über den Grad an erlebter Selbstbestimmung: Extrinsisch motiviert ist eine Handlung demnach, wenn deren Verursachung außerhalb der eigenen Person liegt. Dabei werden vier Stufen der extrinsischen Handlungsregulation unterschieden: die externale, die introjizierte, die identifizierte und die integrierte Form. In der hier gewählten Reihenfolge erhöht sich von Stufe zu Stufe die Verinnerlichung der Handlungsverursachung und somit das Maß an wahrgenommener Selbstbestimmung. Die Autoren betonen, dass in der Regulation des Handelns über eine ständige Interaktion des Individuums mit der sozialen Umwelt und den darin liegenden Veränderungsprozessen die Theorie einen organismischen

Charakter aufweist: Das Individuum selbst sowie das soziale Umfeld werden nicht als statisch angenommen sondern als veränderliche Bezugspunkte der Handlungsregulation (Deci & Ryan, 1993). Hier wird ein komplexer Mechanismus entworfen, welcher die Bedeutung der Möglichkeit zu selbstbestimmtem Handeln als Ausprägungsqualität der Motivation und das Streben nach Erfüllung aller drei Grundbedürfnisse miteinander verbindet.<sup>6</sup>

Im Rahmen der pädagogischen Theorie des Interesses wird darüber hinaus *intrinsisch motiviert* auch hinsichtlich des interessierenden Gegenstandes ausgedeutet und eine bzgl. der Gegenstandsseite im Interessegegenstand selbst liegende Handlungsverursachung definiert.

Die Betrachtung des *Interesses* als besondere Form intrinsischer Motivation hat dabei beidseitig interpretative Folgen. Zum einen wird in Anlehnung an die Selbstbestimmungstheorie davon ausgegangen, dass das Interesse an einem Gegenstand, einer Sache oder einer Handlung einer ganz im Inneren einer Person verankerten Beziehung zu etwas entspricht. Interessierte Handlungen sind somit als Ausdruck gelebter Selbstbestimmung zu verstehen. Auch das Erleben von Kompetenz und zumeist auch sozialer Bezogenheit zu einer Bezugsgruppe werden hier besonders angestrebt. Auf Personenseite weist die pädagogische Theorie des Interesses also interessierten Handlungen theoriegeleitet einen hohen Grad an Verwirklichung der Grundbedürfnisse zu. Andererseits können Gegenstandsauseinandersetzungen dann als Interesse an einer Sache beobachtet und identifiziert werden, wenn die spontane Auseinandersetzung erkennbar geprägt ist durch selbstbestimmtes Vorgehen sowie das Erleben von Kompetenz und sozialer Bezogenheit. Die pädagogische Interessentheorie nähert sich diesen beiden Polen in der Unterscheidung von *individuellen* und *situationalen bzw. aktualisierten* Interessen (Krapp, 1992b), worauf in *Abschnitt 2.1.2.5* näher eingegangen wird.

---

<sup>6</sup>Das Vermeiden von Bestrafung sowie das Anstreben bestimmter Formen der Belohnung sind aus Sicht der Selbstbestimmungstheorie typische Beispiele für ad hoc als external reguliert bewertete Handlungen. Mit Blick auf die drei grundlegenden Bedürfnisse können aber sowohl das Vermeiden von Strafe als auch das Verdienen von Belohnungen erlernte und internalisierte Anteile des Strebens nach sozialer Bezogenheit oder auch des Erlebens von Kompetenz beinhalten, besonders dann, wenn entsprechende Handlungsmechanismen als erfolgreich im Sinne persönlicher Zielerreichung erfahren werden. Im Fall des Belohnens von Handlungen werden auch die Forschungsergebnisse zum „Korrumpierungseffekt“ kontrovers diskutiert. In zahlreichen Studien wurde untersucht, ob sich *Belohnen* bzw. *positives Verstärken* intrinsisch motiviert ausgeführter Handlungen evtl. negativ auf die intrinsische Qualität der Handlungsmotivation auswirken. (vgl. Rheinberg, 2010, S. 372f). Interessant ist dabei insbesondere die Frage, ob es für den individuellen Umgang mit Belohnungen und deren Wirkung im Sinne der Handlungsregulation möglicherweise von Bedeutung ist, welche sinnhafte oder pädagogische Beziehung die handelnden Personen zwischen der ausgeführten oder auszuführenden Handlung und möglicher externaler Handlungsverursachung bzw. -verstärkung erkennbar werden lassen.

#### 2.1.2.4 Persistenz und Selektivität im Interessenbezug

In den vorausgegangenen Abschnitten sind unterschiedliche Merkmale des Interesses benannt worden. Prenzel, Krapp und Schiefele (1986) weisen darüber hinaus aber in der Grundkonzeption der pädagogischen Interessentheorie auf zwei weitere Größen hin, welche für die handlungstheoretische Charakterisierung des Phänomens einer *interessierten Gegenstandsauseinandersetzung* eine besondere Rolle spielen. Die *Persistenz* und die *Selektivität*. „Das Aufrechterhalten des Bezugs zwischen Person und Gegenstand, ausgedrückt in wiederholten handelnden Auseinandersetzungen“ (Prenzel, Krapp & Schiefele, 1986, S. 168) wird als Persistenz bezeichnet. „Die im Verlauf wiederholter Auseinandersetzungen entstehende Bildung und Veränderung inhaltlicher Schwerpunkte wird als Selektivität definiert“ (Prenzel, Krapp & Schiefele, 1986, S. 168). Beide Merkmale tauchen nicht nur im Zusammenhang mit dem Phänomen *Interesse* auf. Von besonderer Bedeutung ist hier aber, inwieweit die Bestimmungsmerkmale des Interesses das Auftauchen von Persistenz und Selektivität unterstützen und steuern. Im Rahmen eines von Prenzel (1984) vorgeschlagenen Modells werden die kognitiven, emotionalen und wertbezogenen Merkmale des Interesses hinsichtlich ihrer Wirkung auf die Handlungssteuerung bei der Auseinandersetzung mit interessierenden Gegenständen diskutiert. Die Größen *Persistenz* und *Selektivität* bilden im Modell die abhängigen Variablen. Als unabhängige Variablen definiert das Modell *kognitive* und *emotionale Effekte* sowie *bewusste* und *nicht bewusste Steuerung*, wobei der wertbezogene Merkmalsbereich des Interesses „als wichtige Bezugsgröße in den Steuerungsbereich übernommen“ (Prenzel, Krapp & Schiefele, 1986, S. 170) wurde. Für die tatsächliche Ausführung und Steuerung einer Handlung sind neben Zielvorstellungen und einer vorhandenen Handlungsmotivation auch Volition sowie Handlungskontrollstrategien nötig (Achtziger & Gollwitzer, 2010). Die Ausprägung der wahrgenommenen Differenz zwischen einem Istzustand und einem angestrebten Zustand wird als wesentlich für die Ausprägung volitionaler und motivationaler Steuerungsaspekte betrachtet. Für den Bereich des Interesses kann der angestrebte Zustand der Auseinandersetzung mit dem Interessengegenstand durch die bereits benannten Merkmale der Interessenhandlung beschrieben werden: positives emotionales Erleben, ein ausgeglichenes Verhältnis zwischen Anforderung, Anstrengung und Kompetenz, Auflösen kognitiver Diskrepanzen durch Veränderung und Differenzierung kognitiver Schemata, die Einordnung der Tätigkeit als bedeutsam für die eigene Persönlichkeitsentwicklung und das Gefühl des selbstbestimmten Handelns. Die Variable *Wert* nimmt dabei entscheidenden Einfluss auf die tatsächliche und bewusste Steuerung der Interessenhandlung, wobei Krapp (2006) die besondere Bedeutung des Wertaspektes im Fall der Interessenhandlung durch die Nähe zum Selbst betonte, welcher den Aspekt der Selbstintentionalität der Interessenhandlung steuert. Darüber hinaus sind die bereits in *Abschnitt 2.1.2.2* ausgeführten weiterführenden Ausdeutungen des Wertaspektes zu beachten. Auch emotionale Valenzen werden im Bereich der Handlungssteuerung wirksam (Prenzel, Krapp & Schiefele, 1986). Hier sind vor allem das

Auftreten von und das Erinnern an Kompetenzerleben sowie andere Erfahrungen positiver emotionaler Erlebensqualität bedeutungsvoll. Das gezielte *Herstellen* positiver Erlebenszustände kann einen wichtigen Teilaspekt der *bewussten* Steuerung bilden, emotionale Valenzen wirken aber auch im Bereich der unbewussten Steuerung. Das als epistemische Orientierung (Prenzel, 1988) bezeichnete Merkmal des *mehr darüber erfahren Wollens* und dessen Erhaltung bilden im Zusammenhang mit der aus Sicht der Handlungssteuerung notwendigen wahrgenommenen Differenz zwischen einem Istzustand und einem angestrebten Zustand eine wichtige Voraussetzung zum Auftreten von Persistenz. In einer Studie von Rotgans und Schmidt (2014) wird dieses auch als *Wissensdurst* bzw. *wahrgenommenes Wissensdefizit* (perceived knowledge deficit) bezeichnete Merkmal in seiner interessentheoretischen Bedeutung diskutiert. Die epistemische Orientierung im Interesse bildet die Voraussetzung für die Entwicklung differenzierter kognitiver Schemata im Bereich des Interesses, welche in der Folge das Auftreten von Selektivität und somit das Streben nach weiterer Differenzierung unterstützen können. Für die Ausprägung von Persistenz in der Auseinandersetzung mit einem Interessengegenstand ist es aber von entscheidender Bedeutung, dass ein *ausgewogenes* Verhältnis von *wertbezogener Valenz des Zielzustandes* und *Differenz zwischen aktuellem Zustand und angestrebtem Zielzustand* besteht. Daher kann das Auftreten von Persistenz auf kognitiver Ebene auch durch das Zustandekommen zu großer bzw. als unlösbar wahrgenommener kognitiver Diskrepanzen, oder auch durch aus anderen Gründen ausbleibende Kompetenzerweiterung in der weiteren Auseinandersetzung mit dem Interessengegenstand negativ beeinflusst werden. Auch Effekte im Bereich der Emotionen können die Persistenz beeinflussen. Hier ist das Bedürfnis danach, aktuelles emotionales Erleben zu verbessern, indem die positiven Emotionen einer Interessenhandlung aktiviert werden, von Bedeutung. Dabei sind die positiven emotionalen Bezüge zu Interessenhandlungen konservierbar und z.B. im *darüber Reden* oder *darin Denken* reproduzierbar (Prenzel, Krapp & Schiefele, 1986). Dieses Phänomen kann auch kurze mühsamere und anstrengendere Phasen in der Auseinandersetzung mit Interessengegenständen überbrücken und trotz ungünstiger Bedingungen die positive Person-Gegenstands-Beziehung erhalten (Lewalter, Krapp & Wild, 2000), wenn beispielsweise Musizierende mit viel Disziplin für Konzertauftritte üben oder im Sport für Wettkämpfe trainiert wird. Auch im schulischen Kontext zeigen sich fachlich interessierte Lernende im Bereich ihrer Interessen in ihrem Lernverhalten scheinbar weniger von der pädagogischen Qualität der Unterrichtssituationen abhängig als weniger interessierte Mitlernende. Heckhausen & Heckhausen (2010b, S. 431) machen darauf aufmerksam, dass bezüglich der „volitionale[n] Handlungssteuerung, die sicherstellt, dass Aufmerksamkeit und Verhalten auf ein einmal ausgewähltes Handlungsziel konzentriert“ bleiben, höhere Anforderungen bestehen, wenn es sich um „zustandsbezogene Ziele einer *mehrgliedrigen Handlungskette*“ handelt, wie es für die eben beschriebenen Handlungsabläufe zutrifft. Das als *Wirksamkeitsmotivation* bezeichnete Phänomen steht in engem Zusammenhang mit dem Streben nach Kompetenzerleben (Krapp, 1992b). Rheinberg und

Vollmeyer (2000) weisen auch darauf hin, dass das Bedürfnis nach Kompetenzentwicklung bei der interessierten Gegenstandsauseinandersetzung einen Zusammenhang mit leistungsthematischen Herausforderungen zeigt und sich somit im Interessenhandeln moderiert über das Anstreben von Kompetenzerleben auch die Wirkung von Leistungsmotiven<sup>7</sup> niederschlagen und verstärkend auswirken kann. Das Erleben anhaltender „zu geringer oder zu hoher und deshalb unangenehmer Spannungen [...], unangenehme[r] Gefühlstönungen und fehlendes Kompetenzgefühl“ (Prenzel, Krapp & Schiefele, 1986, S. 171) können die Persistenz aber auch negativ beeinflussen. Im Bereich der Prozesssteuerung werden Misserfolgserlebnisse wie das Nicht-erreichen gesetzter Ziele oder das Nicht-herstellen-können gewünschter emotionaler oder kognitiver Zielzustände als negative Einflussfaktoren auf die Persistenz beschrieben (Prenzel, Krapp & Schiefele, 1986). Zur Erhaltung der Persistenz ist auch die Passung der Ausprägungsqualität der Selektivität zu den benannten Merkmalen des interessierten Handelns von besonderer Bedeutung, da die Selektivität eine notwendige Voraussetzung für die Auswahl geeigneter und somit im beschriebenen Sinne die Persistenz ermöglichender Gegenstandsanschnitte bildet. Im vorgestellten Modell von Prenzel (1984) ist die Interessenhandlung somit ein sich im Idealfall selbst verstärkender Prozess.

### 2.1.2.5 Individuelles und situationales Interesse

In der Unterscheidung zwischen individuellem und situationalem Interesse (Hidi & Baird, 1988) wird das Phänomen *Interesse* hinsichtlich der Verursachung seines Auftretens differenziert. *Individuelle Interessen* werden als dispositionale Persönlichkeitsmerkmale bezeichnet (Krapp, 1992b). Sie können als eine Art generalisierte Handlungsbereitschaft verstanden werden. Individuelle Interessenbereiche differenzieren sich in Anpassung an und Auseinandersetzung mit der umgebenden Umwelt aus, im Zuge der Ansammlung unterschiedlicher Erfahrungen mit den eigenen Fähigkeiten, in Reaktion auf die Erwartungen bedeutungsvoller Anderer sowie in Auseinandersetzung mit Vorbildern und Ideen einer eigenen Rolle in der Gesellschaft. Im Laufe der Entwicklung bilden sie sich als relativ stabile Persönlichkeitsmerkmale heraus (Krapp, 1998). So werden individuelle Interessen zu einem Teil des *Selbst* und stehen in engem Zusammenhang mit dem Selbstkonzept (dazu auch *Abschnitt 2.1.3*). Für das Auftreten *situationalen Interesses* ist hingegen die motivationale Qualität einer Situation auslösend, auch als *Interessantheit* (Krapp, 1992b) bezeichnet. Der Terminus des *aktualisierten Interesses* (Krapp, 1992b)

---

<sup>7</sup> Brunstein und Heckhausen (2010, S. 159) definieren Leistungsmotive als „wiederkehrendes Anliegen, sich mit Gütestandards auseinanderzusetzen und Tüchtigkeitsmaßstäbe zu übertreffen“, wobei Rheinberg und Vollmeyer (2000) insbesondere die im Rahmen individueller Bezugsnorm entstehenden Maßstäbe in Betracht ziehen, also das „Bedürfnis nach individueller Kompetenzsteigerung“ (Rheinberg & Vollmeyer, 2000, S.3) und somit das Streben danach, eigene früher erbrachte Leistungen zu übertreffen, was die Autoren als ähnliches Phänomen wie das bei Deci und Ryan (2000, 1993, 1985) beschriebene Bedürfnis nach Kompetenzerleben verstehen.

wird für die spezielle Form eines situational auftretenden Interesses verwendet, welches aus einem zugrundeliegenden *individuellen* Interesse entspringt. Das Auftauchen situationalen Interesses setzt im Allgemeinen aber keinen bereits vorhandenen *stabilen* Bezug zwischen Gegenstand und Individuum voraus. Im Lernprozess wird das von individuellen Interessen unabhängige Auftreten situationalen Interesses auf die Anreizbedingungen der Situation zurückgeführt (Knogler, Harackiewicz, Gegenfurtner & Lewalter, 2015) und als eine Prozessgröße verstanden, während individuelle Interessen als statische Größen zu verstehen sind und als motivationale Disposition (Krapp 1992b) bezeichnet werden. Situationales Interesse kann am Auftreten bestimmter situationaler Merkmale identifiziert werden. Schiefele (1992, S. 112f) weist auf die Bedeutung der Merkmale „Konzentration (Fokus der Aufmerksamkeit), Motivation (Wunsch nach weiterer Auseinandersetzung), Emotion (Gefühle der Freude und des Beteiligtseins) und Aktiviertheit (sich aktiv und tätig fühlen)“ sowie auf die „Erlebenskomponenten Selbstwert und Selbstwirksamkeit“ im Zusammenhang mit auftretendem Interesse hin. Von Mitchell (1993) wird zwischen Merkmalen des neu geweckten situationalen Interesses (*catch*-Komponente) wie *Neugier, erhöhte Aufmerksamkeit* sowie *positives emotionales Erleben* und Merkmalen eines anhaltenderen situationalen Interesses (*hold*-Komponente) wie *Wissensdurst* und *Wertzuschreibungen* unterschieden. Krapp (1998, S. 192) führt aus, dass „nur bei einer insgesamt positiven Bilanz der Erlebensqualitäten während des Lernens auch künftig mit einer persistenten Auseinandersetzungsbereitschaft im neuen Gegenstandsbereich gerechnet werden“ kann. Damit sieht er auch in der *hold*-Komponente des situationalen Interesses emotionale Anteile als wichtige Größe. Das Bedürfnis, über einen Gegenstandsbereich mehr erfahren zu wollen (epistemische Orientierung bei Prenzel, 1988), stellt in unterschiedlichen Forschungen zum situationalen Interesse ein wichtiges Merkmal der *hold*-Komponente des situationalen Interesses dar und wird auch in aktuellen Studien (Rotgans & Schmidt, 2014) in Form des Bedürfnisses nach einem Wissenszuwachs in der jeweiligen Situation als wichtiges Merkmal situationaler Interessen beobachtet. Aufgrund der Situationsabhängigkeit wird das Phänomen des situationalen Interesses in seiner Erforschung unterschiedlichen Phänomenbereichen zugeordnet. Bei Cauet (2016) wird die Nähe zum Konzept der *kognitiven Aktivität* diskutiert, welches von Lipowsky (2015, S. 89) als „Anregung zum vertieften Nachdenken und zu einer elaborierten Auseinandersetzung mit dem Lerngegenstand“ beschrieben wird. Auch von Ziegelbauer (2012) wurden Ergebnisse vorgestellt, in denen Zusammenhänge zwischen situationalen Interessen und Kriterien der kognitiven Aktivität deutlich wurden, wobei hier die in der konkreten Unterrichtssituation gemessenen Merkmale *Organisation* und *nachvollziehende* sowie *vertiefende Elaboration* als Maß für die kognitive Aktivität genutzt wurden. In einigen Arbeiten (Silvia, 2005, 2006; Pekrun & Hoffman, 1999; Otto, Euler & Mandl, 2000) wird der emotionale Zustand beim Auftreten situationalen Interesses in den Fokus gerückt und das Phänomen dem Bereich der Emotionen zugeordnet. Dabei bleiben „Gegenstandsspezifität und Wertbezug [...] entscheidende Definitionskriterien des Interessenkonstrukts“ bei Krapp

(1992b, S. 751). Deshalb sollte nur dann von Interesse gesprochen werden, wenn „es sich auf einen bestimmten Gegenstand richtet, der für das Individuum eine über die aktuelle Handlungssituation hinausgehende Bedeutung besitzt“ (Krapp, 1992b, S. 751).

#### *2.1.2.6 Entwicklung und Erhaltung von Interessen im Lernprozess*

Das Auftreten von Interesse in Lernprozessen lässt sich anhand der aufgeführten Merkmale und Zusammenhänge leicht als wünschenswertes Phänomen identifizieren. Damit kommt der Erforschung der Möglichkeiten und Bedingungsfaktoren zur Entwicklung und Erhaltung sowohl des individuellen als auch des situationalen Interesses eine besondere Bedeutung zu, was auch die Zusammenhänge beider Interessenformen in den Fokus der Betrachtung rückt. In der Theorie der *Interessengenese* (Krapp, 1998) wird zwischen situationalem Interesse und individuellem Interesse ein mögliches Entwicklungskontinuum gezeichnet. Eine stärkere Ausprägung der Merkmale der *hold*-Komponente des situationalen Interesses wird im Rahmen dieser Theorie als beginnendes individuelles Interesse interpretiert. Dabei wird davon ausgegangen, dass die Ermöglichung einer Bedürfniserfüllung im Bereich der *basic needs*, wie sie im Rahmen der Theorie der Selbstbestimmung (Deci & Ryan, 1993, 1985) als notwendig für das Entstehen intrinsischer Handlungsmotivation beschrieben wird, von grundlegender Bedeutung für das Zustandekommen situationalen Interesses ist (Lewalter, Krapp & Wild, 2000). Somit besteht ein wechselseitiges Bedingungsgefüge zwischen situationalem Interesse und intrinsisch motiviertem Handeln, wobei für das Phänomen Interesse darüber hinaus ein spezifischer Gegenstandsbezug charakterisierend ist. Für Lernarrangements bedeutet das, dass die Ermöglichung der Erfahrung von Kompetenz, sozialer Bezogenheit und autonomen Entscheidungssituationen im Lernprozess die Entstehung situationalen Interesses und in der Folge die Ausprägung individueller Interessen begünstigen. Herausfordernde Situationen sollten auf individuell als ausgewogen erlebtem Niveau angeboten werden, um die Entstehung von Flow im Lernprozess zu ermöglichen. Dafür sind Differenzierungen im Anforderungsniveau von Lernaufgaben unterstützend, welche selbstbestimmt und auf als anregend erlebtem Anforderungsniveau ausgewählt werden können (Lewalter, Krapp & Wild, 2000). Kompetenzerleben und Bezogenheit innerhalb einer sozialen Gruppe, welche individuelle Wertzuschreibungen zu Lerngegenständen achtet und/oder teilt, begünstigen die Entwicklung individueller Interessen (Lewalter, Krapp & Wild, 2000). Das von Hidi und Renninger (2006) vorgeschlagene Vier-Phasen-Modell der Interessenentwicklung benennt vier Entwicklungsphasen des Interesses: *getriggertes situationales Interesse*, *aufrechterhaltenes situationales Interesse*, *entstehendes individuelles Interesse* und *gut entwickeltes individuelles Interesse*. Als charakteristisch wird hier eine wachsende Unabhängigkeit des motivationalen Zustands *Interesse* von situationalen Bedingungen beschrieben. Den ersten beiden Phasen kommt dabei aus schulpädagogischer Sicht eine besondere Bedeutung zu, da innerhalb dieses theoretischen Ansatzes in diesen beiden Phasen noch eine relativ starke

Abhängigkeit von der konkreten Lernsituation besteht und durch das Triggern und Stabilisieren des situationalen Interesses im Lernprozess mithilfe thematischer oder methodischer Schwerpunktsetzungen Ansatzpunkte zur Ausprägung stabiler Interessen geschaffen werden können. Dabei können die im situationalen Interesse auffindbaren Merkmale der Verblüffung und Neugier bzw. des Wissensdurstes durch die gezielte Integration bestimmter Elemente und methodischer Zugänge gefördert werden (Knogler, Harackiewicz, Gegenfurtner & Lewalter, 2015). Mit Blick auf die Persistenz einer interessierten Auseinandersetzung Lernender mit (Lern-) Gegenständen wird in der stetigen Erzeugung kognitiver Dissonanzen in Form von Wissensdurst in Bereichen, in denen Lernende aufgrund empfundener individueller Bedeutsamkeit eine Weiterentwicklung ihrer Kompetenzen anstreben, eine wesentliche Voraussetzung gesehen (Prenzel, 1992) (siehe auch *Abschnitt 2.1.2.4* der vorliegenden Untersuchung). Damit gilt es zum einen Lerngegenstände mit individueller Bedeutsamkeit zu ermöglichen und zum anderen Wissensdurst zu erzeugen und zu erhalten (Rotgans & Schmidt, 2014). Über den Aspekt des Strebens nach Kompetenzerleben können dabei auch im Interessenlernen leistungsmotivationale Orientierungen angesprochen werden (Rheinberg und Vollmeyer, 2000).

#### 2.1.2.7 Pädagogische Wirkung des Interesses

Aufgrund der benannten positiven Handlungsmerkmale der Interessenhandlung wird, wie bereits ausgeführt, beiden Formen des Interesses eine besondere pädagogische Bedeutung beigemessen. Empirische Überprüfungen dieser Zusammenhänge konnten theoretisch angenommene lernförderliche Aspekte des Lernens mit Interesse belegen. In einem zusammenfassenden Forschungsbericht von Krapp (1992a) werden einige Studien benannt, welche die Annahme bestätigen, dass interessierte Lernende höherwertige Lernstrategien einsetzen, dabei ein tieferes Verstehen erzielen und Lerngegenstände in komplexere Zusammenhänge einbinden können (z.B. Schiefele & Krapp, 1996). Der Einsatz gezielter und effektiver Strategien beim Wissenserwerb ist ebenfalls bei der interessierten Auseinandersetzung mit Lerngegenständen häufiger zu beobachten (Krapp, 1992a). Lepper (1988) weist darauf hin, dass die Bereitschaft, sich mit einer Sache *um ihrer selbst willen* auseinanderzusetzen sowie die Tatsache, dass die Gegenstandsauseinandersetzung auf einer eigenen Willensentscheidung beruht, positive Auswirkungen auf das Lerngeschehen haben. Es werden dabei eigene Wege zur Wissenserarbeitung gesucht und eine intensive Auseinandersetzung mit dem Lerngegenstand beobachtet. Da die Selbstintentionalität ein wesentliches Merkmal der Interessenhandlung darstellt, ist anzunehmen, dass interessengeleitete Lernprozesse die von Lepper (1988) beobachteten Charakteristika aufweisen (Krapp, 1992a). Forschungsergebnisse zur Aufmerksamkeit beim interessierten Lesen weisen darauf hin, dass interessierte Auseinandersetzungen mit einem Lerngegenstand entsprechend der Theorie von Kahnemann (1973) „einer unwillkürlichen, spontanen Aufmerksamkeit unterliegen, die eine geringe kognitive Kapazität und ein geringes Maß an bewusster Kontrolle erfordert“ (Krapp, 1992a, S.

762). Für den Bereich der Aktivierung (arousal) wird davon ausgegangen, dass interessierte Auseinandersetzungen mit Lerngegenständen ein günstigeres Aktivierungsniveau aufweisen als andere Lernprozesse (Krapp 1992a). Auch das Phänomen des flow-Erlebens (siehe auch *Abschnitt 2.1.2.2*), welches im Zusammenhang mit Interessenhandlungen auftaucht, stellt eine in verschiedener Hinsicht optimale Anregung im Handlungsverlauf dar. Dabei spielen neben der kognitiven Anregung auch die in der Interessenhandlung besonders günstigen emotionalen Zustände eine Rolle. Von Bedeutung sind hierbei neben der Freude und einem optimalen Gefühl der Spannung auch das Erleben und Erwarten eigener Kompetenz. Es konnte empirisch nachgewiesen werden, dass insbesondere kreative Denkleistungen im Zusammenhang mit positiven Stimmungen, welche die Interessenhandlung charakterisieren, erzielt werden können (Krapp, 1992a).

Die Fähigkeit zur Ausprägung *individueller Interessen* mit der damit verbundenen Entwicklung eigener Wertbezüge und der Ausprägung von Persistenz und Selektivität in der Auseinandersetzung mit ausgewählten Gegenstandsbereichen wird als wichtiges Bildungsziel betrachtet (Krapp, 1998). Das Vorhandensein *individueller Interessen* wird für das einzelne Individuum aber jeweils nur in einigen für die Person stimmigen Bereichen möglich sein (siehe auch *Abschnitt 2.1.2.1*). Auch wenn eine vielseitige Interessenlage der Lernenden vor allem in den Fachbereichen der Schulfächer als eine günstige Grundlage für den Wissenserwerb in der Schule gesehen wird, ist es im Zuge der Persönlichkeitsentwicklung ein natürlicher und wichtiger Prozess, dass einzelne Bereiche als Interessenbereiche fokussiert werden, andere aber in den Hintergrund treten. Dieser Zusammenhang erklärt auch einen Teil der generellen Tendenz zum Absinken des Interesses an schulischen Fachbereichen mit wachsender Klassenstufe (Krapp, 1998). Eine wesentliche Aufgabe der Schule bei der Interessenentwicklung kann hierbei aber sein, relevante Themen und Gegenstandsbereiche anzubieten, die Bedeutung der Ausbildung stabiler Wertbezüge im Selbst für die Persönlichkeitsentwicklung zu vermitteln und den Aufbau solcher Wertbezüge zu ermöglichen und zu akzeptieren. Insbesondere das Streben nach Kompetenzerleben im Zusammenhang mit bereits differenzierten kognitiven Konzepten von Interessengegenständen kann Lernenden im Bereich von Interessenfeldern Lernerfahrungen ermöglichen, die die Aneignung, Anwendung und somit auch Festigung gezielter und effektiver Lernstrategien unterstützen (Schiefele & Krapp, 1996). So können schulfachfremde Interessen ihre positive Wirkung auf schulische Lernprozesse entfalten, auch wenn die Interessengegenstände nicht den Lerngegenständen entsprechen. Aufbauend und weiterführend zu diesen Annahmen und Ergebnissen werden im Folgenden exemplarisch einige Forschungsarbeiten vorgestellt.

### *2.1.2.8 Ausgewählte Forschungsergebnisse*

Die Fragen danach, welche Zusammenhänge zwischen dem Auftreten situationaler Interessen, dem Vorhandensein individueller Interessen und dem Wissenserwerb bestehen und wie es gelingen kann,

diese Zusammenhänge in ihrer möglichen pädagogischen Wirksamkeit in der Gestaltung von Unterricht zu nutzen, stellen aktuelle Themen der Interessenforschung dar. Eine exemplarische Auswahl von Forschungsarbeiten im Bereich des Interesses wird einige für die vorliegende Arbeit bedeutsame Aspekte des Diskurses deutlich machen. Während die beiden ersten und älteren Studien in der empirischen Erfassung keine operationalisierte Unterscheidung zwischen den Erscheinungsformen des Interesses vornehmen und somit generelle Zusammenhänge zwischen (aktualisiertem) Interesse und Lernen zu erfassen suchen, beschäftigen sich die aktuelleren Studien explizit mit der Unterscheidung der Interessenformen und ihrer unterschiedlichen Wirkung im Lernprozess.

Eine Metaanalyse von Schiefele, Krapp & Schreyer (1993) fasste Ergebnisse von Studien aus den Jahren 1965-1990 zusammen. Es wurden in dieser Metastudie insgesamt 21 Studien in die Auswahl eingeschlossen, aus welchen sich eine Zahl von 127 unabhängigen Stichproben in 19 verschiedenen Ländern ergab. Die Metaanalyse zeigte, dass sich durchschnittlich 10% der beobachteten Varianz der Leistung durch die Interessenausprägung erklären ließen, wobei die Einzelstudien systematische Unterschiede von diesem Durchschnittswert für bestimmte Fachbereiche aber auch für ältere Lernende vs. jüngere Lernende aufwiesen. Insgesamt bestätigt die Metastudie, dass zwischen dem inhaltlichen Interesse am Unterrichtsthema und der Leistungsentwicklung in unterschiedlichsten Studien signifikante Zusammenhänge erkennbar sind, wobei die Wirkrichtung dieser Zusammenhänge aufgrund des Studiendesigns nur selten eindeutig zu identifizieren war. Theoriegeleitet ist ein wechselseitiger Zusammenhang zu diskutieren. Ausblickend wurden Forschungen empfohlen, die sich der Kausalität der Zusammenhänge widmen, indem neben fachlichen Interessenmerkmalen und einer Leistungsentwicklung, situational Merkmale des Lernprozesses erfasst werden, durch welche die Zusammenhänge zwischen Interesse und Leistungsentwicklung erklärt werden können.

Auch die Forschungsarbeiten zum Zusammenhang zwischen dem Lesen von Texten und dem Interesse am Inhalt der Texte haben für die vorliegende Studie wegweisende Ergebnisse hervorgebracht, die im Folgenden exemplarisch anhand einer Studie von Schiefele und Krapp (1996) dargestellt werden. In einer Stichprobe von N = 80 Studierenden wurde dabei das Textverstehen in Abhängigkeit vom thematischen Interesse an einem Text zum Thema *Psychologie der Kommunikation* untersucht. Es wurden die Intelligenz, das Vorwissen und das Interesse am Thema erfasst. Nach der Lektüre des Textes waren die Probanden aufgefordert, die Hauptinformationen des Textes zusammenzufassen und wiederzugeben, woran sie sich erinnern. Innerhalb der Studie konnte beobachtet werden, dass das Interesse am Thema einen wesentlichen Einfluss auf die Qualität des Textverstehens hatte. Bei interessierten Lesenden konnten tiefere Verstehensebenen signifikant öfter beobachtet werden. Es wurde darüber hinaus die Aktivierung/Anregung im Leseprozess sowie die Aufmerksamkeit und die Nutzung bestimmter Lernstrategien erfasst. Auch hier zeigten sich signifikante Zusammenhänge zum thematischen

Interesse, allerdings konnte lediglich für den Aspekt der Aktivierung/Anregung gezeigt werden, dass dieses Merkmal als (schwacher) Mediator im Zusammenhang zwischen thematischem Interesse und Textverstehen wirksam ist. Bezüglich der erfassten Merkmale Intelligenz und Vorwissen konnten die Autoren keinen Zusammenhang zum Textverstehen erkennen. Es wurde aber darauf aufmerksam gemacht, dass die Varianz dieser Merkmale in der Stichprobe sehr gering war.

Rotgans und Schmidt (2014) stellen drei Studien vor, in denen sie den *Zusammenhang von situationalem Interesse und Wissenserwerb* untersuchten. Die Studien konnten die Hypothese bestätigen, dass situationales Interesse dann auftrat, wenn die Lernenden das Bedürfnis erlebten, in einem fachlichen Zusammenhang eine Wissenslücke zu füllen. Wenn die Lücke zwischen *verfügbarem Wissen* und *Wissen, welches man erworben haben möchte* z.B. um ein gegebenes Problem zu lösen, gefüllt war, klang auch das situationale Interesse ab. Die Forscher diskutierten hier, dass sich anhand ihrer Studien zeigte, dass vorhandenes bzw. im Lernprozess erworbenes Wissen die Ausprägung situationalen Interesses im Lernprozess negativ beeinflussen kann, wenn der Wissensdurst dadurch gestillt und nicht erweitert wird.

Eine Studie von Knogler et al. (2015) befasste sich ebenfalls mit den *Bedingungen für das Zustandekommen und die Erhaltung situationalen Interesses* in Lernsituationen. Im Rahmen dieser Studie konnte die theoretische Annahme bestätigt werden, dass das Zustandekommen eines situationalen Interesses wesentlich durch Bedingungen der Situation (und weniger durch persönliche Präferenzen) beeinflusst wurde. Variiert wurden in der Studie insbesondere die methodischen Zugänge zu problem-basierten Lerngelegenheiten. Der Aspekt bereits vorhandenen individuellen Interesses am Fachthema erbrachte dabei zur Erklärung des situationalen Interesses in unterschiedlichen Lernsituationen nur einen kleinen Beitrag. Ein wichtiges Ergebnis dieser Studie war die empirische Untermauerung der angenommenen Phasen in der Modellierung des theoretischen Konstruktes *situationales Interesse* im Vier-Phasen-Modell der Interessenentwicklung von Hidi und Renninger (2006).

Auch Rotgans und Schmidt (2017b) untersuchten den *Einfluss individueller Interessen auf das Zustandekommen situationalen Interesses und den Lernerfolg* und kamen zu dem Ergebnis, dass individuelles Interesse lediglich zu Beginn der Lernsituation eine signifikante Vorhersagekraft für situationales Interesse besitzt. Der Erfolg des Lernens kann ihren Ergebnissen zufolge nicht durch das vorhandene individuelle Interesse am Unterrichtsthema vorhergesagt werden sondern lediglich durch das auftretende situationale Interesse, welches durch Merkmale der Unterrichtssituation beeinflusst wird.

Eine weitere Studie von Rotgans und Schmidt (2017a) beschäftigte sich mit der Frage, welcher *Wirkzusammenhang zwischen individuellem Interesse und Wissenserwerb* besteht. Dabei kamen sie zu dem Ergebnis, dass sich individuelles Interesse eher als Nebenprodukt erworbenen Wissens darstellt, denn

als motivationaler Auslöser des Wissenserwerbs. Zudem untersuchten sie (Rotgans & Schmidt, 2017c) in welchem Entwicklungszusammenhang situationale Interessen und individuelle Interessen stehen. Dabei konnten sie bestätigen, dass das Vorhandensein situationaler Interessen sich positiv auf die Entwicklung individueller Interessen auswirkt und dass dabei Situationsmerkmale der Lernumgebung von besonderer Bedeutung waren.

Die Studien weisen darauf hin, dass dem Vorhandensein individuellen Interesses am Unterrichtsfach im Vergleich zum Ermöglichen situationaler Interessen im Unterricht eine geringere Bedeutung zugewiesen werden kann. Auch die Studie von Schiefele und Krapp (1996) zur Bedeutung des thematischen Interesses beim verstehenden Lesen, welche das Konstrukt des Interesses nicht in situationale und individuelle Interessen aufspaltet, zeigt, dass insbesondere situationalen Aspekten des Interesses wie Aktivierung/Anregung im Leseprozess eine Mediatorwirkung zwischen Interesse und Textverstehen zufällt. Eine besondere Bedeutung wird in den Studien von Rotgans und Schmidt (2014) dem Vorhandensein des Wissensdurstes beim Lernen nachgewiesen, wobei dieser nicht nur zu den Merkmalen der *hold*-Komponente situationaler Interessen, sondern auch zu den Merkmalen individueller Interessen zu zählen ist. Zudem konnte erworbenes Wissen sowohl als günstige Voraussetzung für die Ausprägung individueller Interessen beobachtet werden, als auch der umgekehrte Zusammenhang der positiven Wirkung vorhandenen Interesses auf den Wissenserwerb nachgewiesen werden. Für das Vorhandensein situationalen Interesses im Lernprozess konnte in unterschiedlichen Studien eine unterstützende Rolle beim Wissenserwerb beobachtet werden.

Die Aktualität und Intensität des Forschungsdiskurses in diesem Bereich zeigen, dass die empirische Bestätigung der theoretischen Modellierung des Konstruktes *situationales Interesse* nicht abgeschlossen ist. Insbesondere die empirische Überprüfung der Rolle situationaler Interessen im Lernprozess sowie die Zusammenhänge zwischen individuellem Interesse und situationalem Interesse stehen im Fokus aktueller Forschungen. Mit Blick auf die vorgestellten Fragestellungen, welche sowohl die theoretische Modellierung der Konstrukte *situationales und individuelles Interesse* als auch die Wirkzusammenhänge dieser Konstrukte mit anderen im Lernprozess beobachtbaren Merkmalen untersuchen, sei darauf hingewiesen, dass die zum Teil unterschiedlichen und überlappenden theoretischen Ansätze bei der Konstruktmodellierung als Grundlage des jeweiligen forschungsmethodischen Vorgehens den Ergebnisraum durch die gewählte Betrachtungsweise beeinflussen und eingrenzen und somit eine gemeinsame Diskussion der unterschiedlichen Ergebnisse erschweren. Dies gilt insbesondere auch mit Blick auf die Auswahl der im Rahmen der jeweiligen Fragestellungen geeigneten Messinstrumente, welche je unterschiedliche Konstruktaspekte fokussieren.

### *2.1.2.9 Gegenstandsbezogene Interessenmodelle*

Neben der subjektorientierten Seite der Interessenforschung, die sich mit den pädagogisch-psychologischen Merkmalen der Interessenhandlung befasst und die Gegenstandsseite als variabel versteht, hat auch die Beforschung der Gegenstandsseite des Interesses unterschiedliche Theorien hervorgebracht. An dieser Stelle werden exemplarisch zwei Ansätze vorgestellt. Das erste Modell wurde im Rahmen der am *Institut für die Pädagogik der Naturwissenschaften (IPN)* in Kiel durchgeführten Interessenstudie (Hoffman, Häußler & Lehrke, 1998) entwickelt. Es bildet eine operationalisierte Charakteristik des Physik-Interesses ab, welche den Gegenstandsbereich der *Beschäftigung mit Physik* hoch differenziert erfasst. Auf der Seite des Individuums werden die in der pädagogischen Theorie des Interesses angenommenen Merkmale der Interessenhandlung als korrespondierende theoretische Grundlage betrachtet.

Das zweite Modell bietet eine auch im Bereich der Persönlichkeitsmerkmale feingliedrig operationalisierte, dabei aber statische Theorie der beruflichen Interessen (Holland, 1985), welche einerseits eindrücklich die Zusammenhänge zwischen Persönlichkeitsmerkmalen und Interessenfacetten darstellt, andererseits aber die ständige wechselseitige Beeinflussung von Person und Umwelt aufgrund seiner Statik nicht abbilden kann.

#### *1. Das Interesse an Physik*

Für den Bereich der Physik ist im Rahmen der IPN-Interessenstudie (Hoffman, Häußler & Lehrke, 1998) ein *differenziertes Konzept physikalischer Interessen* durch die Kieler Forschergruppe entwickelt worden. Aufbauend auf einer Delphi-Studie, in der ein ausgewählter Personenkreis zur physikalischen Bildung befragt wurde und zu den unten benannten Aspekten Zuordnungen vornahm, wurde der Bereich des sogenannten Sachinteresses an Physik (verstanden als individuelles Physikinteresse) wie folgt erfasst: Erfragt wurde ein Zusammenspiel aus „(1) Interesse an einem Kontext, in dem Physik bedeutsam ist, (2) Interesse an einem physikalischen Gebiet, mit dem man sich in diesem Kontext auseinandersetzt, und (3) Interesse an Tätigkeiten, auf die man sich im Zusammenhang mit diesem Inhalt einlassen kann.“ (Häußler & Hoffman, 1995, S. 110). Die im Rahmen dieser Delphi-Studie ermittelten Kontexte wurden mit den ermittelten physikalischen Gebieten sowie den Tätigkeitsfeldern, welche sich aus der Delphi-Studie als relevant ergeben hatten, kombiniert. Durch die Zusammenstellung eines Item-Kataloges zu Kontexten, Fachgebieten und Tätigkeiten konnte ein differenziertes Bild des Sachinteresses an Physik<sup>8</sup> erfasst werden. Darüber hinaus wurde auch das Interesse am Unterrichtsfach – das sogenannte Fachinteresse - als Bereich des Physikinteresses erfasst (Häußler & Hoffman, 1995, S. 111). Im

---

<sup>8</sup> Als Teilaspekt ist hier auch das im Rahmen der vorliegenden Forschungsarbeit erhobene Informationsinteresses in der Freizeit abbildbar.

Fokus der Forschergruppe lagen dabei sowohl das individuelle und überdauernde Persönlichkeitsmerkmal als auch das situativ auftauchende Merkmal *Interesse*. Dabei sollten über spezielle Tätigkeitsbereiche, sowie über das Unterrichtsklima auch situationale Anteile des Interesses miterfasst werden. Ausgewählte Ergebnisse der IPN-Interessenstudie werden im *Abschnitt 2.3.2.2* vorgestellt.

## II. *Das RIASEC-Modell*

Die Forschergruppe um Holland (1985) hat sich mit beruflichen Interessen auseinandergesetzt und ein im Bereich der Arbeits- und Organisationspsychologie viel beachtetes Modell entworfen. Holland (1985) beschreibt in seinem *RIASEC-Modell* sechs *reine* Interessentypen: R-realistic; I- investigative; A-artistic; S- social; E- enterprising und C- conventional. Für die einzelnen Typen wird je eine bestimmte Charakteristik benannt, die berufsfeldrelevante Persönlichkeitsmerkmale beschreibt. So stehen sich z.B. *Vermeidung vs. Aufsuchen klar strukturierter und wenig selbstbestimmter Situationen* oder *unkonventionelle Wertvorstellungen vs. Streben nach materiellem Besitz und Status* in der Beschreibung der einzelnen Typen gegenüber. In der Praxis werden im Individuum Typenkombinationen angenommen, wobei bestimmte Kombinationen als günstig, andere als unvereinbar und negativ für die eigene berufliche Zufriedenheit interpretiert werden. In die Charakterisierung der Interessentypen werden sowohl Persönlichkeitsmerkmale und bevorzugtes Sozialverhalten als auch Tätigkeitsvorlieben und Themenfelder einbezogen. Auf Grundlage des von Holland für berufliche Interessen entwickelten Modells schlagen Todt, Drewes und Heils (1991) eine Erweiterung in die Bereiche Freizeit und Schule vor und eine Abstufung der Interessen in allgemeine, spezifische und situationale Interessen, wobei auf Personenseite hier wiederum die Merkmale der Interessenhandlung entsprechend der pädagogischen Theorie des Interesses angenommen werden. Es entsteht ein dreidimensionales Modell, welches ermöglicht, für jeden Interessentyp nach Lebensbereich und Art des Interesses eine Zuschreibung zu treffen.

Im Rahmen der jeweiligen Forschungsansätze und aufbauend auf den objektorientierten Sichtweisen auf Interessen sind Messinstrumente entwickelt worden, die eine feingliedrige Erfassung dieser Interessenbereiche ermöglichen. In der vorliegenden Arbeit erfolgte die Erfassung des Interesses an Physik mithilfe der Instrumente der IPN-Interessenstudie, wobei auch andere thematische Interessenbereiche hier in Anlehnung an diese Messinstrumente erfragt wurden. Eine differenzierte Erfassung von Freizeitinteressen und beruflichen Orientierungen, wurde im Rahmen der vorliegenden Forschungsarbeit nicht durchgeführt, da auch eine Anpassung der entwickelten Unterrichtsmaterialien an Freizeitinteressen nur auf verallgemeinerbarer inhaltlicher Ebene – also in Anlehnung an größere Interessenfelder – und nicht auf der Ebene von Persönlichkeitsmerkmalen möglich und für die Altersklasse sinnvoll war. Die kurze Darstellung dieses theoretischen Ansatzes wurde hier aber dennoch angeboten, um die in der Theorie von Holland (1985) deutlich werdenden starken Zusammenhänge

zwischen Persönlichkeitsmerkmalen und der Ausprägung individueller Interessenbereiche und späterer beruflicher Vorlieben zu unterstreichen.

### **2.1.3 Die Rolle des Fähigkeitsselbstkonzepts beim Lernen mit Interesse**

In den vorherigen Abschnitten wurde die Bedeutung interessierter Gegenstandsbezüge für die Identitätsentwicklung eines Individuums besprochen. Dabei wurden die konstruktimmanenten kognitiven und emotionalen Bezüge – sowie die persönlichen Wertbezüge und ihre Verankerung im *Selbst* diskutiert. Die Gesamtheit der Überzeugungen einer Person über das eigene *Selbst* wird als *Selbstkonzept* bezeichnet (Hannover, 1997). Aspekte wie Themen und Gegenstandsbereiche, die für eine Person von Interesse sind; Motive und Ziele die sich als handlungsleitend zeigen; die Art und Weise wie diese Facetten kognitiv und emotional repräsentiert werden und in welcher Weise ihr persönlicher Wert verankert ist, werden durch das Selbstkonzept einer Person erfasst. Im Folgenden wird das Konstrukt vorgestellt und hinsichtlich seiner Bedeutung für die vorliegende Forschungsarbeit erläutert. Dabei werden sowohl ausgewählte Grundgedanken der Selbstkonzeptforschung und schulischer Fähigkeitsselbstkonzepte, als auch empirisch bestätigte Zusammenhänge zwischen Fähigkeitsselbstkonzept, Leistungsentwicklung und Interessen benannt.

#### *2.1.3.1 Grundlagen des Selbstkonzepts*

William James als Begründer der Selbstkonzeptforschung (James, 1892/1999) unterteilte das Selbst in seinen Betrachtungen in einen beobachtenden Teil – das *I* – und einen beobachteten Teil – das *Me*. In seinem Modell betrachtet das *I*, als (inter-)aktiver Teil des Selbst, das *Me*, welches als eine Art Abbildung zu verstehen ist, die in der Betrachtung durch das *I* eine spezifische Ausgestaltung erhält. Selbstwahrnehmungen, aber auch Veränderungen und Entwicklungen versteht er dabei immer als ein Wechselspiel zwischen *I* und *Me*. Unterschiedliche Personen können so z.B. trotz ähnlicher Fähigkeiten zu ganz unterschiedlichen Einschätzungen ihrer eigenen Fähigkeiten gelangen. Im Rahmen dieser Modellvorstellung der Teilaspekte des Selbst können wichtige Mechanismen der Selbstkonzeptentwicklung und -ausprägung erklärt werden. So wird z.B. in der Adoleszenz deutlich, dass über die Ausprägung von Interessen, Vorlieben und Sichtweisen nicht nur das eigene Erkennen von Fähigkeiten und thematischer Neugier im Selbst entscheidet sondern auch die Orientierung an Vorbildern und Peers und deren wahrgenommene Einstellung bzgl. der eigenen Vorlieben die Sicht auf die eigenen Fähigkeiten und Neigungen beeinflussen und diese bewerten (Möller & Trautwein, 2015). James nimmt eine hierarchische Struktur des *Me* an, welche sich aus drei Ebenen zusammensetzt. Das *spirituelle Selbst* bildet die höchste Ebene und umfasst „Wissen über eigene Eigenschaften, Fähigkeiten und Einstellungen“ (Möller & Trautwein, 2015, S.179). In diesen Bereich ordnet man auch die später etablierten Begriffe der „fähigkeitsbezogenen Selbstkonzepte sowie schulfachbezogene Interessen“ (Möller & Trautwein, 2015, S. 179) ein. Die zweite Ebene bildet das *soziale Selbst*. Hier werden die eigenen Vorstellungen

darüber, wie wir von anderen Personen gesehen werden, organisiert. Es ist in seiner Vielfalt dadurch bestimmt, wie viele Personen in unserer Wahrnehmung „sich in unterschiedlicher Weise“ (Möller & Trautwein, 2015, S. 179) an uns erinnern. „Das *materielle Selbst* umfasst Wissen über den eigenen Körper, wichtige andere Personen (Familie) und vertraute Gegenstände“ (Möller & Trautwein, 2015, S. 180).

Mit dem Begriff des symbolischen Interaktionismus wird eine spätere Forschungslinie in der Selbstkonzeptforschung beschrieben (Möller & Trautwein, 2015), welche das eigene Selbstkonzept in erster Linie als ein Resultat der Fremdwahrnehmung durch andere Personen annimmt. Diese Modellierung macht die inzwischen als unstrittig geltende wesentliche Bedeutung des sozialen Umfeldes für die Entwicklung des Selbstkonzeptes deutlich. Empirische Untersuchungen haben aber auch gezeigt, dass es zwischen der Wahrnehmung, die Individuen selbst von dem haben, wie andere sie wahrnehmen und der tatsächlichen Fremdwahrnehmung geringere Übereinstimmungen gibt, als die Theorie des symbolischen Interaktionismus erwarten lässt (Möller & Trautwein, 2015). Die Antwort auf die Frage, von welcher Art der Fremdwahrnehmung wir unser Selbstkonzept in welcher Weise mitgestalten lassen, ist also im Bereich des eigenen Selbstkonzeptes zu suchen. Die ausgewählten theoretischen Ansätze im Bereich der Selbstkonzeptforschung lassen deutlich werden, dass das Selbstkonzept eines Individuums als ein sich im Laufe seiner Entwicklung zeitweise ausdifferenzierendes, sich gestaltendes und sich stabilisierendes Konstrukt zu verstehen ist (Möller & Trautwein, 2015). Das gilt auch für die Bereiche des Selbstkonzeptes, in denen sich die im schulischen Kontext zu entwickelnden und zum Einsatz kommenden Fähigkeiten abbilden. Shavelson, Hubner und Stanton (1976) entwarfen ein Modell des allgemeinen Selbstkonzeptes, in welchem emotionale, soziale, physische und akademische Bereiche des Selbstkonzeptes unterschieden werden, denen hierarchisch Unterbereiche zugeordnet sind. Empirisch gewonnene Erkenntnisse zu den Facetten der einzelnen Bereiche des Fähigkeitsselbstkonzeptes lockerten aber die von Shavelson et al. (1976) vertretene Vorstellung der vorhandenen Hierarchien auf (Möller & Trautwein, 2015).

### *2.1.3.2 Das Fähigkeitsselbstkonzept im schulischen Kontext*

Für den schulischen Bereich ging das ursprüngliche Modell von Shavelson et al. (1976) von einem generellen schulischen Selbstkonzept aus, „welches eine Art Integration der einzelnen unterrichtsfachspezifischen Selbstkonzepte [...] darstellen sollte.“ (Möller & Trautwein, 2015, S. 184) Die Konzeption eines übergeordneten generellen schulischen Selbstkonzeptes, welches alle fachspezifischen Facetten enthält, konnte aber empirisch nicht bestätigt werden: Für bestimmte Fachbereiche zeigte sich keine positive Korrelation der unterrichtsfachspezifischen Selbstkonzepte untereinander. Diese Ergebnisse legen nahe, dass sich die unterschiedlichen akademischen Teilbereiche nicht alle als Teile eines gemeinsamen übergeordneten Konstruktes entwickeln, sondern eigenständige Facetten bilden. Es

wurde daher das theoretische Konzept zweier im Wesentlichen getrennter schulischer Selbstkonzepte im mathematisch-naturwissenschaftlichen Bereich sowie im verbalen Bereich modelliert (Marsh, Byrne & Shavelson, 1988). Für die Ausprägung der Fähigkeitsselbstkonzepte spielen Vergleiche eine wichtige Rolle (Möller & Trautwein, 2015): Zum einen werden im Fall „*temporaler Vergleiche*“ (Möller & Trautwein, 2015, S. 187) eigene Fähigkeiten mit einem eigenen früheren Fähigkeitsniveau in diesem Bereich verglichen. Im Fall „*dimensionaler Vergleiche*“ (Möller & Trautwein, 2015, S. 187) werden unterschiedliche eigene Fähigkeiten und Fähigkeitsbereiche aneinander gemessen. Untersuchungen zu den einzelnen Domänen des schulischen Selbstkonzeptes legen dabei nahe, dass Lernende bei der vergleichenden Bewertung innerhalb der Bereiche des mathematischen und verbalen Fähigkeitsselbstkonzeptes sowie zwischen diesen bestimmte Bewertungstendenzen zeigen können: Innerhalb der Bereiche einer Domäne des Fähigkeitsselbstkonzeptes konnte beobachtet werden, dass positive Leistungserfahrungen in einem Fach auf das Fähigkeitsselbstkonzept anderer Fächer dieser Domäne übertragen werden (Möller & Trautwein, 2015). Andererseits zeigen sich Wechselwirkungen in der Weise, dass positive Leistungserfahrungen in einer Domäne zu Fähigkeiten der anderen Domäne kontrastiert werden und somit z.B. aufgrund positiver mathematischer Leistungserfahrungen, Leistungen im verbalen Bereich besonders kritisch betrachtet werden. (Möller & Trautwein, 2015). Neuere Studien von Marsh et al. (2018) bestätigen hier die in der Arbeitsgruppe um Marsh bereits früher beobachteten deutlichen Effekte der Wirkung von Deutsch- bzw. Mathematiknoten auf das schulische Fähigkeitsselbstkonzept in Mathematik in der beschriebenen Weise. Aktuelle Kompetenzansätze wie zum Beispiel das der Scientific Literacy (Bybee, 2002; Gräber et al., 2002; siehe auch *Abschnitt 2.2.5*) und die darauf aufbauende Kompetenzmodellierung im Fach Physik (siehe *Abschnitt 2.2.6*) legen aber nahe, dass das Ziel einer umfassenden naturwissenschaftlichen Grundbildung ein Fähigkeitsspektrum darstellt, welches wesentliche Überschneidungen der Domänen unterschiedlicher Fächer und somit auch unterschiedlicher Fähigkeitsbereiche innerhalb eines Fachverständnisses aufweist. Insbesondere für die in *Abschnitt 2.2.6* erläuterten Kompetenzbereiche *Kommunikation* und *Bewertung* erfordert es auch und gerade Verbindungen zwischen dem mathematisch-naturwissenschaftlichen Bereich und dem Bereich des verbalen Fähigkeitsselbstkonzeptes. Durch eine veränderte Unterrichtspraxis, welche verstärkt auch im mathematisch-naturwissenschaftlichen Bereich verbale Fähigkeiten und ethisch-moralische sowie gesellschaftspolitische Urteilsfähigkeit entwickelt und anerkennt, ist auch eine sich verändernde Entwicklung und Wechselwirkung der Domänen schulischer Fähigkeitsselbstkonzepte denkbar. Die dritte Form des Vergleiches sind „*kriteriale Vergleiche*“ (Möller & Trautwein, 2015, S. 187), welche die eigenen Fähigkeiten an eigenen oder fremden Kriterien der Leistungserfüllung in bestimmten Bereichen messen. Eine für die Entwicklung der Fähigkeitsselbstkonzepte besonders bedeutsame vierte Form der Vergleiche sind „*soziale Vergleiche*“ (Möller & Trautwein, 2015, S. 187). Hierbei sind sowohl positive als auch negative Übertragungseffekte beobachtet worden (Marsh et al. 2018;

Marsh, Kong & Hau, 2000), auf die in *Abschnitt 2.1.3.3* noch näher eingegangen wird. Die Bedeutung sozialer Bezugsgruppen ist auch im Rahmen der vorangegangenen Ausführungen zum symbolischen Interaktionismus in der Selbstkonzeptforschung schon angesprochen worden. Vergleichsmechanismen bei der Entwicklung der Facetten des Fähigkeitsselbstkonzeptes können dabei ähnlich der Bedeutung der Bezugsnormorientierung in der externen Bewertung von Entwicklungen betrachtet werden. Während temporale Vergleiche (entsprechend individueller Bezugsnorm) auf individueller Ebene auch kleinere Entwicklungen verdeutlichen und die Selbsteinschätzungen dabei zumeist positiv ausfallen (Möller & Trautwein, 2015) und kriteriale Vergleiche (entsprechend kriterialer Bezugsnorm) je nach gewähltem Maßstab ein verallgemeinerbares Maß abbilden, können dimensionale Vergleiche (ähnlich Beurteilungsfehlern, in denen von einem Leistungsbereich auf einen anderen geschlossen wird) und soziale Vergleiche (entsprechend der sozialen Bezugsnorm) auch für Wahrnehmungsverzerrungen und ungünstige Selbsteinschätzungen sorgen, je nach wahrgenommener Position innerhalb der Vergleichsgruppe. Zwischen den Individuen einer Gruppe kann bereits im Grundschulalter eine weitgehend stabile Verteilung des Fähigkeitsselbstkonzeptes beobachtet werden (Möller & Trautwein, 2015), was insbesondere im Bereich ungünstigerer Ausprägungen aus pädagogischer Sicht eine Schwierigkeit darstellt. Das pädagogische Bemühen um die Unterstützung der Entwicklung positiv ausgeprägter Fähigkeitsselbstkonzeptbereiche sollte, auch im Sinne der Unterstützung der Entwicklung möglicher individueller Interessen trotz angenommener Stabilisierung pädagogisches Anliegen bleiben (Marsh, Trautwein, Lüdtke, Köller & Baumert, 2005; Tracey, 2002; siehe dazu auch *Abschnitt 2.1.3.4*). Das stellt für Lehrende oft eine große Herausforderung dar, weil sie neben der Aufgabe, den Lernenden die Werkzeuge und das nötige Selbstvertrauen mit auf den Weg zu geben, um ihre individuellen Ressourcen möglichst optimal ausschöpfen zu können, auch eine im Sinne der Gestaltung einer zukünftigen Gesellschaft und im Sinne der Ermöglichung gesellschaftlicher Teilhabe realistische Einschätzung des Fähigkeitsprofils zu unterstützen aufgefordert sind (Sozialisations-, Selektions- und Allokationsfunktion von Schule, Fend, 1980). Diese *realistische* Einschätzung entspringt aber zu einem wesentlichen Teil auch einer subjektiven und in ihrer Zeit verorteten Bewertung durch Lehrpersonen, während es im Rahmen einer sich ständig weiterentwickelnde Gesellschaft notwendige Bildungsaufgabe ist, auch das in den individuellen Fähigkeiten der Lernenden liegende Potential für eine zukünftige Gesellschaft zu erkennen und zu fördern.

Wie im *Abschnitt 2.1.2.1* bereits dargestellt, wird davon ausgegangen, dass das sich entwickelnde Selbst und die dazugehörenden akademischen Fähigkeitsselbstkonzepte im Sinne der persönlichkeits-theoretischen Grundlagen der Theorie der Selbstbestimmung von Deci und Ryan (1993, 1985) zugleich als Ursache und Ergebnis des Entwicklungsprozesses betrachtet werden können. Es wird also von wiederkehrenden Rückkopplungen zwischen bereits ausgeprägten Überzeugungen bezüglich des eigenen Selbst und Erfahrungen mit der umgebenden Welt ausgegangen. Während Vorschulkinder noch davon

ausgehen, dass sie ganz unterschiedliche Herausforderungen in ähnlicher Qualität meistern könnten, wenn sie sich ihnen nur stellen und die notwendige, aber aus ihrer Sicht machbare Anstrengung aufbringen (Möller & Trautwein, 2015), beginnen Kinder mit zunehmendem Alter ihre individuellen Möglichkeiten und Grenzen anhand der beschriebenen Vergleichsmechanismen kritischer einzuschätzen bzw. zu erkennen (Möller & Trautwein, 2015). Diese vorsichtiger werdende Einschätzung eigener Fähigkeiten und das damit beobachtbare Sinken des Gruppenmittelwertes des Fähigkeitsselbstkonzepts (Möller & Trautwein, 2015) entspringen also auch einem wachsenden Erfahrungsschatz in der Bewältigung von Anforderungssituationen. Dies entspricht einem natürlichen Prozess der Persönlichkeitsentwicklung, welcher auch eng mit der Ausprägung und Differenzierung individueller Interessen in Verbindung steht (Möller & Trautwein, 2015).

### *2.1.3.3 Fähigkeitsselbstkonzept und Leistung*

Die Bedeutung unterschiedlicher Vergleichsprozesse und ihre Korrespondenz mit der Bezugsnormorientierung bei Leistungsrückmeldungen wurden bereits erläutert. Dabei kommt der diagnostischen Qualität der Leistungsrückmeldung eine besondere Wirkkraft zu. Während es neben der Beachtung intraindividuelle Entwicklungen mit individueller Bezugsnorm wichtig ist, dass Heranwachsende aufgrund kriteriengeleiteter Leistungsrückmeldung auch Selbstkonzeptüberhöhungen relativieren können und ihre abrufbaren Fähigkeiten einschätzen lernen, kann insbesondere der soziale Vergleich auch zu ungünstigen negativen Verzerrungen des Selbstkonzeptes führen. Anschauliches Beispiel dieser Wirkkraft ist der *Big Fish little Pond* Effekt (Marsh et al. 2018; Marsh, 1987; Köller, 2004), welcher beschreibt, dass Lernende gleichen Fähigkeitsniveaus in einer Bezugsgruppe mit geringerem Leistungsspektrum eine positivere Einschätzung ihrer Fähigkeiten aufweisen als in einer leistungsstärkeren Gruppe. Allgemein ließ sich zeigen, dass je nach Leistungsposition innerhalb einer Gruppe auch das Fähigkeitsselbstkonzept entsprechend ausfällt (Möller & Trautwein, 2015). Im schulischen Kontext sorgen hier die auch im deutschen Schulsystem lange Zeit vorherrschenden möglichst homogenen Lerngruppen zu deutlichen Effekten bei den Übergängen. Marsh et al. (2000) konnten aber auch einen umgekehrten Effekt beobachten. Die Zugehörigkeit zu einer Schulgemeinschaft an Schulen mit gesellschaftlich anerkannt hohem Leistungsniveau, wie es in bestimmten Fachbereichen hoch spezialisierte Schulen bzw. Eliteschulen aufweisen, beeinflusste das schulische Fähigkeitsselbstkonzept der Lernenden positiv. Allgemein zeigte sich, dass soziale Vergleiche stärker wirken als andere Vergleichsmechanismen (Möller & Trautwein, 2015). Aus theoretischer Perspektive und auf Grundlage der Erkenntnisse von Köller (2004) kann deshalb die Annahme geäußert werden, dass Lernende bei geringer Varianz des Fähigkeitsniveaus in der Lerngruppe auch die im sozialen Vergleich auftauchenden Differenzen in der eigenen Fähigkeitswahrnehmung gegenüber temporalen oder kriterialen Vergleichsergebnissen überbewerten. Im Zuge der in Deutschland systembedingt angestrebten Zugehörigkeit zu üblicherweise

wenig heterogenen Lerngruppen werden soziale Vergleichsergebnisse überdeutlich wahrgenommen. Zum Aufbau selbstwertschätzender schulischer Fähigkeitsselbstkonzepte sind aber insbesondere auch temporale und kriteriale Vergleichsprozesse bedeutungsvoll. Eine günstige Auswirkung offensichtlich und bewusst gestalteter Heterogenität in Lerngruppen auf die Entwicklung temporaler und kriterialer Vergleichsstrategien und somit auf die Entwicklung von Fähigkeitsselbstkonzepten ist daher anzunehmen.

Auf Grundlage der angenommenen wechselseitigen Beeinflussung von Umwelt und Selbst, können beobachtbare Zusammenhänge zwischen Fähigkeitsselbstkonzepten und Leistungsentwicklungen (Möller & Trautwein, 2015) und ihr pädagogisches Wirken auch theoriebasiert in beide Richtungen interpretiert werden. Neben der Wirkung von eigenen und fremden Leistungseinschätzungen auf die Entwicklung des fachlichen Selbstkonzeptes, wie es der *Skill-Development-Ansatz* beschreibt, wird im *Self-Enhancement-Ansatz* auch davon ausgegangen, dass ein Einfluss des Fähigkeitsselbstkonzeptes auf die abrufbaren Leistungen in diesem Fähigkeitsbereich besteht. Auch diese Zusammenhänge konnten empirisch bestätigt werden (zusammenfassend in Möller & Trautwein, 2015). Sie werden in engem Zusammenhang mit vorhandenen Selbstwirksamkeitsüberzeugungen (Bandura, 1977) und Wertzuweisungen in der Handlungssteuerung (Wigfield & Eccles, 1992, 2002) interpretiert. Auch vorhandene Interessen werden innerhalb dieses Modells in ihrer Wirkung auf die Leistungsentwicklung in dieser Weise diskutiert.

#### 2.1.3.4 Fähigkeitsselbstkonzept und Interesse

Im Zusammenhang mit der Reifung des Selbstkonzepts ist auch die Bedeutung bzw. die Entwicklung von Interessen zu beachten. Die Zusammenhänge zwischen akademischem Selbstkonzept in bestimmten Fachbereichen und Interessen in diesen Bereichen sind vielfach untersucht worden. Hier zeigen sich insbesondere in und nach der Adoleszenz starke Zusammenhänge (Möller & Trautwein, 2015). Vorschulkinder weisen im Vergleich zu späteren Messungen in unterschiedlichen Bereichen positivere Fähigkeitsselbstkonzepte (Möller & Trautwein, 2015) auf. Auch ihre Interessenbereiche sind noch weiter gefächert und sie scheinen sich dabei weniger durch die wahrgenommenen Fähigkeiten und gesellschaftlich zugewiesene Sinnhaftigkeit einschränken zu lassen (Krapp, 1998). In der Zeit der Adoleszenz werden jene Interessenbereiche fokussiert, welche zum einen zu den an der eigenen Person wahrgenommenen zum anderen aber auch zu (sozial) erwünschten Fähigkeiten passen (Krapp, 1998). Entsprechend der persönlichkeits-theoretischen Grundannahme, dass die Entwicklung des Selbst in einem stetigen Interaktionsprozess zwischen Person und Umwelt geschieht, ist auch hier von einer beidseitigen Einflussnahme auszugehen. In Studien von Marsh et al. (2005) sowie Tracey (2002) konnte beobachtet werden, dass günstige Fähigkeitsselbstkonzepte die Entwicklung von zu diesen Fähigkeitsbereichen passenden Interessen fördern. Wirken sich zum anderen aber auch vorhandene

individuelle Interessen positiv auf die Entwicklung schulischer Selbstkonzepte in entsprechenden Domänen aus? Theoriegeleitet kann die Bedeutung des Kompetenzerlebens nach Deci und Ryan (2000, 1993, 1985; siehe auch *Abschnitt 2.1.2.3*) auch in dieser Wirkrichtung als ein verbindendes Konstrukt zwischen Interesse und Selbstkonzept betrachtet werden und eine gemeinsame Entwicklungsrichtung beider Konzepte begründen. Anhand der innerhalb der *pädagogischen Theorie des Interesses* (Krapp, 1992b; Prenzel, Krapp & Schiefele, 1986) beschriebenen Merkmale sind im persistenten Interessenbezug *eine zu wachsender Differenzierung gelangende kognitive Repräsentation eines Interessengegenstandes* sowie *erlebbare Kompetenzerweiterungen* beobachtbar und notwendig (siehe *Abschnitte 2.1.2.2* und *2.1.2.3*). Dies bewirkt auch eine Erweiterung der Möglichkeiten zum Kompetenzerleben in entsprechenden Fähigkeitsbereichen. Auch im Zusammenhang mit der Entwicklung schulischer Leistungen ist die Korrespondenz zwischen schulischem Selbstkonzept und individuellen Interessenbereichen von Bedeutung. So lassen sich Zusammenhänge zwischen allen drei Merkmalen theoretisch argumentieren und empirisch belegen (Möller & Trautwein, 2015). Dabei sind neben Zusammenhängen hoher Leistungen mit positiven Selbstkonzepten (Skill-Development-Ansatz) und der günstigen Wirkung positiver Selbstkonzepte auf die Leistungsentwicklung (Self-Enhancement-Ansatz) auch Wirkzusammenhänge zwischen Interessen, vorhandenen Fähigkeiten und ansteigenden Leistungsentwicklungen erkennbar (Schiefele, Krapp & Schreyer, 1993). Diese sind wiederum mit einem positiven Selbstkonzept in diesen Bereichen verbunden. Die Wirkzusammenhänge zwischen Leistungsentwicklungen, Selbstkonzept und individuellen Interessen sind somit als jeweils wechselseitig zu erwarten (Möller & Trautwein, 2015).

Mit Blick auf das Modell des Selbstkonzepts von Shavelson et al. (1976) ist anzunehmen, dass die im Zusammenhang mit individuellen und in der Freizeit wahrgenommenen Interessen angesprochenen Fähigkeitsbereiche häufig mit den schulischen Fähigkeitsdomänen nur wenig Überlappungsbereich aufweisen. Eine Integration solcher Interessen wird hier aber dennoch auch mit Blick auf die Bedeutung des Fähigkeitsselbstkonzepts im Lernprozess als wirksames Werkzeug der Unterstützung von Lernverläufen erachtet. So kann durch die Einbeziehung individueller Interessen in den Unterricht das individuell wahrgenommene im Schulfach leistungsrelevante Fähigkeitsspektrum in einen Bereich erweitert werden, in dem das Fähigkeitsselbstkonzept positivere Merkmale aufweist. Damit können durch die Integration von individuellen Interessen in den Fachunterricht neben den günstigen motivationalen, emotionalen und kognitiven Merkmalen der Interessenhandlung auch die im Interessenbereich positiven (möglicherweise fachfremden) Selbstkonzeptmerkmale für die Leistungsentwicklung ausgeschöpft werden. Darüber hinaus kann durch die gezielte Einbindung fachfremder Interessen in den Unterricht der Versuch unternommen werden, den *Teufelskreis* der bestehenden wechselseitigen Zusammenhängen zwischen einem gegebenenfalls ungünstigen fachlichen Selbstkonzept, gering ausgeprägten fachlichen Interessen in diesem Fach und einer geringen Leistungsentwicklung (Möller &

Trautwein, 2015) aufzubrechen, indem gezielt und fachlich sinnvoll fachfremde Interessenbereiche mit positiveren Motivations-, Selbstkonzept- und Leistungsmerkmalen im Unterricht angesprochen werden.

#### **2.1.4 Zusammenfassung**

Für die hier vorliegende Forschungsarbeit ist die Betrachtung der Merkmale von Interessenhandlungen im Lernprozess von forschungsleitender Bedeutung, insbesondere die Frage, wie es gelingen kann, die positiven Merkmale der Interessenhandlung im Lernprozess zu aktivieren. Zusammenhänge vorhandener thematischer Interessen mit Lernprozessen und Lernerfolg innerhalb der jeweiligen Unterrichtsthematik konnten empirisch vielfach bestätigt werden. Offen blieb dabei, welche Wirkmechanismen den Einfluss individueller Interessen auf den Lernerfolg im Einzelnen vermittelten. Die vorgestellten empirischen Ergebnisse weisen darauf hin, dass insbesondere das Auftreten und Erzeugen situationaler Aspekte des Interesses für den Lernerfolg von Bedeutung sind, wobei die Wirkung vorhandener individueller Interessen in diesem Zusammenhang unterschiedlich diskutiert wird. Mögliche Wirkzusammenhänge zwischen individuellen Interessen als Teil der Persönlichkeit der Lernenden und ihrem akademischen Fähigkeitsselbstkonzept wurden ebenfalls dargestellt und es wurden empirische Zusammenhänge mit dem Lernerfolg berichtet.

## 2.2 Kompetenzen im Physikunterricht

Im Folgenden wird der Gegenstandsbereich der naturwissenschaftlichen Kompetenzen insbesondere für das Schulfach Physik näher beleuchtet. Dabei werden im ersten Schritt der Begriff der *Kompetenz* sowie Konzepte der Modellierung, Entwicklung und Messung von Kompetenzen erörtert. Im Anschluss daran werden ein grundlegendes Selbstverständnis des naturwissenschaftlichen Wissens und Könnens im Bildungskanon der allgemeinbildenden Schulen hergeleitet und darauf aufbauende Spezifika physikalischer Bildung herausgearbeitet. Abschließend wird ein elaboriertes Modell physikalischer Kompetenz als messbares Konstrukt vorgestellt.

### 2.2.1 Kompetenz als Begriff und Konstrukt

Ausgehend vom Bereich der beruflichen Bildung wurde mit der Fokussierung des Begriffs *Kompetenz*, als zu erarbeitendes Bildungsgut, eine Verschiebung der Blickrichtung weg von der von materialen Aspekten dominierten Idee der Qualifikation (welche vor allem die in den jeweiligen Berufsfeldern typischen Bedarfe aufgriff) hin zu einer stärkeren Orientierung am Individuum und einer Gewichtung formaler Bildungsaspekte (Arnold & Schüssler, 2001, S. 54) angeregt. Dabei sollte auch die Orientierung an den individuellen Möglichkeiten und Ressourcen beim Fähigkeitserwerb verstärkt werden (Arnold & Schüssler, 2001, S. 54). Über die Verwendung in der beruflichen Bildung hinaus ist der Begriff der Kompetenz insbesondere durch die Konzeption und Diskussion großer Leistungsvergleichsstudien wie PISA und TIMSS auch im Bereich der vorberuflichen Bildung etabliert und breit diskutiert worden. Bei der Konkretisierung und Eingrenzung des Kompetenzbegriffs in den verschiedenen Bildungsbereichen bildet sich als gemeinsamer Fokus das Ziel der Handlungsfähigkeit in Anwendungssituationen (Birkelbach, 2005) ab. Dabei wurde z.B. die Frage der Bereichsspezifität von Kompetenzen kontrovers diskutiert. An dem aus der beruflichen Bildung stammenden Begriff der Schlüsselkompetenzen zeigt sich, dass auch hier der Zugang über den Aspekt der Handlungsfähigkeit in konkreten Situationen konsensfördernd ist. Hartig und Klieme (2006) kommentieren hierzu, dass, mit einem breiter angelegten Verständnis relevanter Anwendungssituationen, sich das Verständnis der Schlüsselqualifikation in einen bereichsspezifischen Kompetenzbegriff einordnen lässt. An gleicher Stelle wird eine begriffliche Festschreibung von Kompetenzen als „kontextspezifische kognitive Leistungsdispositionen unter Ausschluss motivationaler und affektiver Faktoren“ vorgenommen (Hartig & Klieme, 2006, S. 129). Diese Definition wird insbesondere dort, wo Kompetenzen empirisch erfasst werden sollen, häufig als Ausgangspunkt genutzt, da den bisher vorliegenden Möglichkeiten der Erfassung von Kompetenzen eine Modellbildung zugrunde liegt, welche sich auf kognitive Dispositionen beschränkt. Wenn es um die beschreibende Modellierung von Kompetenz geht, wird der Begriff hingegen häufig mit der von Weinert formulierte Kompetenzdefinition eingeführt:

„Kompetenzen sind die bei Individuen verfügbaren oder durch sie erlernbaren kognitiven Fähigkeiten und Fertigkeiten, um bestimmte Probleme zu lösen, sowie die damit verbundenen motivationalen, volitionalen und sozialen Bereitschaften und Fähigkeiten, um die Problemlösungen in variablen Situationen erfolgreich und verantwortungsvoll nutzen zu können“ (Weinert, 2001, S.27f).

Diese Definition bildet neben einer rein kognitiven Seite zahlreiche weitere Aspekte ab und spricht von variablen Situationen, von Motivation, Volition und sozialer Bereitschaft, aber auch von Verantwortung und Erfolg. Unter Kompetenz ist in diesem Sinne weit mehr zu verstehen als eine kognitive Ressource. Franke spricht von Kompetenzen als „mehrstelligen Prädikaten“ welche

„die vielgestaltigen Anforderungen und Herausforderungen komplexer Situationen (S), die Leistungen (L) und die Handlungsweisen (H) einer Person mit dem individuellen Handlungssubstrat, also den (instruktionsresistenten) Persönlichkeitsmerkmalen (P) und der Wissensbasis der Person (W): $[(S \wedge P \wedge W) \rightarrow H] \rightarrow L$ “ (Franke, 2005, S. 35)

verknüpfen. Theoretische Kompetenzmodelle nehmen das Zusammenspiel einzelner Kompetenzanteile auf der Ebene des Wissens, des Handelns, des Bewertens, des Planens, der sozialen Interaktion uvm. an. Franke schreibt hierzu:

„Es ist wichtig hervorzuheben, dass Kompetenz mehr ist als die Summe der bereits im alltagssprachlichen Kompetenzbegriff enthaltenen Entitäten (Fähigkeiten, Fertigkeiten, Regeln, Normen, Werte, Ziele, Einstellungen usw.), die individuell typischerweise zur Realisierung konkreter Tätigkeiten psychisch aktualisiert werden. Das Kompetenzkonstrukt bezieht sich hier auf die prozessuale und systemische Verknüpfung der einzelnen Entitäten und auf die ganzheitlichen Wechselwirkungen der Konstituenten.“ (Franke, 2005, S. 35f)

Bei der Modellierung von Kompetenz wird zwischen Kompetenzstrukturmodellen und Kompetenzniveau-modellen (auch Kompetenzentwicklungsmodellen) unterschieden (Schecker & Parchmann, 2006; Hartig & Klieme, 2006). Strukturmodelle beschreiben für eine Kompetenz eine angenommene Facettenstruktur, d.h. die Zusammensetzung dieser Kompetenz aus unterschiedlichen Teilbereichen. Eine Unterteilung der (Handlungs-)Kompetenz in die drei ineinandergreifenden Teilkompetenzen Fach-, Methoden und Sozialkompetenz (Rützel, 1994) sowie die Annahme einer darunterliegenden emotionalen Kompetenz (Goleman, 1997) stellen ein grundlegendes Strukturmodell von (Handlungs-)Kompetenz dar, wobei der Begriff der Handlungskompetenz insofern eine begriffliche Dopplung in sich trägt, als Kompetenz immer auf Handeln zu beziehen ist.

Niveau-, Stufen- bzw. Entwicklungsmodelle hingegen beschreiben Ausprägungen einer Kompetenz. Entwicklungsmodelle bilden eine Teilmenge der Niveau- oder Stufenmodelle, auch wenn anzunehmen ist, dass Entwicklungsverläufe nicht zwingend die Niveaustufen eines Modells durchlaufen

(Aufschnaiter, v. & Rogge, 2010). Insbesondere zur selektiven Erfassung der Kompetenzentwicklung in Bildungsverläufen sind Entwicklungsmodelle von wesentlicher Bedeutung. Für die Bildungsforschung ist es eine wesentliche Frage, *ob* und wenn ja *welche* typischen Entwicklungsverläufe bestimmter Kompetenzbereiche anzutreffen sind und wie diese Verläufe gefördert werden können. Dabei stellt die Annahme voneinander abgrenzbarer Stufen oder Niveaus einer Kompetenz eine Vereinfachung dar, welche die Existenz eines Kontinuums in der Ausprägung einer Kompetenz nicht verneint, sondern lediglich modellhaft Bereiche festlegt, um die Komplexität im Messprozess zu reduzieren (Hartig & Klieme, 2006, S.133). Die Niveaubildung innerhalb einer Kompetenz kann dabei durch die Erfassung einer bestimmten Kompetenz mithilfe geeigneter schwierigkeitsabgestufter Aufgaben erfolgen (Hartig & Klieme, 2006, S.133).

### **2.2.2 Kompetenzen messen**

In der konkreten Ausdeutung der unterschiedlichen Modelle wird deutlich, dass neben der Schwierigkeit, die verschiedenen Aspekte des Konstruktes theoretisch zu erfassen, insbesondere die Messung solcher Konstrukte eine große Schwierigkeit darstellt. Der Messbarkeit erschließt sich maximal das, was in der konkreten Handlungssituation beobachtbar wird. Im Kompetenzdiskurs spricht man hier von Performanz (angelehnt an die von Chomsky in der Linguistik eingeführte Differenzierung zwischen *Kompetenz* und *Performanz* (Chomsky, 1969)). Auf der Ebene der Performanz können Defizite in einem Kompetenzbereich durch andere Kompetenzbereiche ausgeglichen werden und im inter- oder intraindividuellen Vergleich zum gleichen Messergebnis führen (Franke, 2005). Die situativen Bedingungen von Testsituation können individuell unterschiedlich wahrgenommen werden (unterschiedlicher Erwartungsdruck von Bezugspersonen, Fächerneigungen, Prüfungsangst, Erwartungsdruck in anderen Bereichen) und auf die Performanz verschieden stark Einfluss nehmen. Über die Wirkung und die Art des Zusammenspiels einzelner Kompetenzanteile sind daher nur Vermutungen möglich. Insgesamt bauen alle Kompetenzmessungen auf der Annahme auf, dass eine auf Performanzebene beobachtbare Fähigkeiten auf das Vorhandensein einer dahinterliegenden Kompetenz schließen lässt (Franke, 2005). Aus dem Anstieg einer gezeigten Leistung wird danach auch vereinfachend auf den Anstieg einer korrespondierenden Kompetenz geschlossen (hierzu auch kritisch Franke, 2005). Wenn es um die Dokumentation schulischer Leistungsentwicklungen geht, werden die zu messenden Aspekte in der Regel auch in der Kompetenzdefinition auf die rein kognitiven Anteile des Kompetenzbegriffs eingeschränkt (Birkelbach, 2005; Hartig & Klieme, 2006; auch Erpenbeck, Grote & Sauter, 2017). Entsprechende Modelle basieren auf zum Teil empirisch bestätigten und zum Teil rein theoretisch begründeten Stufen (Klieme, 2004) der Komplexität und Schwierigkeit einzelner Problemstellungen (hierzu auch Schecker & Parchmann, 2006; zum kognitiven Aufwand: Franke, 2005; zu Aufgabenschwierigkeit im physikalischen Bereich: Kauertz, 2008; zur Komplexität: Franke, 2005). Die Notwendigkeit der Eingrenzung der

Kompetenzdefinition auf den kognitiven Bereich im Rahmen schulischer Kompetenztests wird dabei auch von Weinert (2001; Klieme, Maag-Merki & Hartig, 2007) selbst expliziert. Birkelbach (2005, S.10) argumentiert, dass hier von einer laborähnlichen Testsituation ausgegangen wird, die sich in ihren affektiven Merkmalen für die Lernenden scheinbar statisch gestaltet. Eine kritische Sicht auf diese Anpassung des Kompetenzbegriffs an die messtechnischen Möglichkeiten findet sich z.B. auch bei Parchmann (2007). Sie merkt an, dass, trotz einer für den Messprozess erfolgenden Eingrenzung der Kompetenzdefinition auf die messbaren kognitiven Anteile aus Kompetenztestergebnissen, häufig Rückschlüsse auf ein umfassenderes Kompetenzkonstrukt gezogen werden, welches auch affektive Anteile umfasst (Parchmann, 2007, S. 8). Aspekte der Volition und Motivation, der erfolgsorientierten bzw. verantwortungsbewussten Handlungsplanung sowie soziale Aspekte beim Fähigkeitseinsatz können im günstigen Fall begleitend erfasst und kontrolliert werden, wie es auch von Weinert (2001) empfohlen wird. Ein solches Vorgehen vernachlässigt allerdings, dass auch die Stärke des Einflusses der Bedingungen der Situation auf die gezeigte Leistung, von der Ausprägungsstärke der dahinterliegenden Kompetenz abhängt (Aufschnaiter, v. & Rogge, 2010). Somit können auch bei scheinbar gleichen äußeren Bedingungen die oben benannten individuellen Bedingungsfaktoren in Testsituationen in zweierlei Hinsicht intra- und interindividuelle Schwankungen der gezeigten Leistung hervorrufen. Neben der individuell möglicherweise unterschiedlichen Wahrnehmung der Bedingungen in der Testsituation, ist auch die Intensität der Auswirkungen auf die Performanz individuell unterschiedlich. Darüber hinaus ist unbekannt, wie stark und in welcher Weise der vom Entwicklungsstand der dahinterliegenden Kompetenz (zum jeweiligen Messzeitpunkt) abhängige Einfluss in der Performanz-Situation anzunehmen ist. Auch hier sind individuelle Unterschiede wahrscheinlich. Das Bedingungsgefüge der auf Ebene der Performanz beobachtbaren Veränderung ist daher sehr komplex. Diese Tatsache erschwert insbesondere die für die Erforschung kompetenzfördernder Maßnahmen notwendige empirische Erfassung und Bestätigung von Kompetenzentwicklungsverläufen (Aufschnaiter, v. & Rogge, 2010).

### **2.2.3 Implikationen für die Kompetenzentwicklung beim Lernen mit Interesse**

Über die Annahme hinaus, dass motivationale, soziale und volitionale Merkmale in der Performanz-Situation wesentliche Einflussfaktoren sind, wird angenommen, dass diese Merkmale nicht nur für den Einsatz, sondern auch für den *Erwerb* einer Kompetenz von Bedeutung sind. Diese Aspekte stehen in engem Zusammenhang mit den in 2.1 dargestellten Merkmalen des Lernens mit Interesse. Ausgewählte theoretische Anhaltspunkte für diese Annahme sollen im Folgenden dargestellt werden.

- Individuelle Wertbezüge

Die Entwicklung und Existenz individueller Wertesysteme für bestimmte Wissensbereiche wird als Teil der Höherentwicklung einer im weiteren Sinne verstandenen Kompetenz, also einer Handlungsfähigkeit in konkreten Situationen, angesehen (Franke, 2005). Die Entwicklung individueller

Wertvorstellungen steht dabei in engem Zusammenhang mit der Handlungssteuerung (Prenzel, Krapp & Schiefele, 1986; siehe auch *Abschnitt 2.1.2.4*). Nach Wigfield und Eccles (1992) entscheidet der Wert einer Handlung über die Motivation die aufgebracht wird, um ein solche Handlung auszuführen. Im Zusammenhang mit dem Auftreten individueller Interessen bestehen Wertbezüge zu Wissensbereichen und Tätigkeiten (Krapp, 1992b; siehe auch *Abschnitt 2.1.2.2* der vorliegenden Arbeit). Somit können das Vorhandensein sowie das Entwickeln von Interesse als ein Bedingungsfaktor der Höherentwicklung von Kompetenzen verstanden werden.

- Bedeutung des Kompetenzerlebens

Der insbesondere in der Selbstbestimmungstheorie der Motivation von Deci und Ryan (1993, 1985; siehe auch *Abschnitt 2.1.2.1*) für die Handlungsmotivation zentrale Aspekt des Kompetenzerlebens meint den von handelnden Personen selbst erlebten Zustand des erfolgreichen Handlungsvollzugs in entsprechenden Anforderungssituationen. Das Erleben dieses Zustandes nehmen die Autoren der Selbstbestimmungstheorie als eines von drei handlungsmotivierenden Grundbedürfnissen an. Das Erleben eigener Kompetenz bildet somit eine wichtige Bedingungsvariable daraus folgender Handlungsmotivation, deren rückwirkende Bedeutung für den Kompetenzaufbau die folgenden zwei Aspekte verdeutlichen.

- Aufbauende Entwicklung von Kompetenzen

Die schulischen Curricula weisen in der Struktur ihrer thematischen Einheiten im Allgemeinen eine intern aufbauende Architektur auf. Angelehnt an „das Modell des kumulativen Lernens von Gagne (1962) bereiten Lehr-Lern-Prozesse immer auf die jeweils folgenden Lehr-Lernprozesse vor und schaffen damit die notwendigen Voraussetzungen für das weitere Lernen“ (Reinmann & Mandl, 2006, S. 623). Die Themenauswahl folgt also in ihrem angebotenen Wissensaufbau einer angenommenen Architektur der zu entwickelnden Kompetenz (Aufschnaiter, v. & Rogge, 2010; Neumann, Kauertz, Lau, Notarp & Fischer, 2007). Unterrichtliche Situationen enthalten in ihrem Zusammenspiel aus Erarbeitung von Neuem einerseits und Übungs- und Anwendungssituationen andererseits dabei immer auch Phasen der Performanz bereits aufgebauter Kompetenzen. Diese Performanz-Situationen bilden im individuellen Konstruktionsprozess der Fähigkeiten somit einen möglichen Ausgangspunkt für die Weiterentwicklung von Kompetenzen. Eine im Interessenhandeln durch motivationale, volitionale, emotionale, soziale u.a. Aspekte günstig beeinflusste Performanz im Aufbauprozess und das damit verbundene Kompetenzerleben bieten somit einen besseren Ausgangspunkt für den aufbauenden Kompetenzerwerb.

- Effiziente Handlungsplanung

Kompetenzeinsatz im weiteren Sinne umfasst auch eine effiziente Handlungsplanung (Franke, 2005). Neben den oben benannten Wertaspekten werden auch Erwartungen in die Handlungsplanung

einbezogen. Eine realistische Einschätzung und Abwägung der vorhandenen Ressourcen, der entstehenden Kosten und somit der erreichbaren Ziele einer Handlung bilden eine wesentliche Grundlage des kompetenten Handelns (Wigfield & Eccles, 1992). Da der Lernprozess als Handlungssituation verstehbar ist, kann somit angenommen werden, dass eine im Interessenbereich positive Bewertung der eigenen Leistungsfähigkeit sowie Persistenz und Selektivität (siehe auch *Abschnitt 2.1.3*) in einem Kompetenzbereich auch die Weiterentwicklung dieses Kompetenzbereichs positiv unterstützt.

**Tabelle 1.** Wirkmechanismen zwischen Interesse, Lernhandlung und Kompetenzerwerb.

<b>Vorhandenes Interesse</b>	<b>Lernhandlung mit Interesse</b>	<b>Kompetenzentwicklung</b>	<b>Ausprägung von Interesse</b>
Wertbezug im Interessenfeld (Krapp, 1992b)	Persönlicher Wertbezug stärkt Handlungsmotivation und -steuerung im Unterricht (Prenzel et al., 1986)	Wertvorstellungen bilden Teilaspekt einer Höherentwicklung entsprechender Kompetenzen (Franke, 2005)	Entwickelte Wertbezüge bilden Grundstein möglicher Interessen
günstige Einschätzung eigener Fähigkeiten durch positive Erlebensqualität im Interessenhandeln (Krapp, 1992b)	Unterstützt Handlungsplanung durch Vertrauen in eigene Leistungsfähigkeit (Wigfield & Eccles, 1992)	Effektive und zielorientierte Planung und Umsetzung einer Handlung ist Teilaspekt der Kompetenz (Franke, 2005).	Höher entwickelte Kompetenz und Handlungssicherheit ermöglicht Kompetenzerleben als Bedingung für
Kompetenzerleben im Interessenfeld (Krapp, 1992b)	Intrinsische Handlungsmotivation beim Lernen (Deci & Ryan, 1993, 1985)	Vorhandenen Kompetenz begünstigt Weiterentwicklung dieser (Reinmann & Mandl, 2006)	intrinsische Motivation und Interesse

Über das Verständnis des Lernprozesses als aktivem Handlungsprozess der Lernenden, wie es ein konstruktivistisches Verständnis von Lernen (siehe dazu *Abschnitt 2.1.1.2*) nahelegt, lassen sich die im Fokus der vorliegenden Studie stehenden Wirkmechanismen in der folgenden Weise zusammenführen (siehe Tabelle 1).

Anhand der benannten Aspekte lässt sich argumentieren, dass auch für die hier vorliegende Forschungsarbeit ein auf rein kognitive Leistungsdispositionen eingegrenzter Blickwinkel auf den

Kompetenzbegriff nicht ausreichend ist. Im Sinne der von Weinert (2001) explizierten Kompetenzdefinition wird angenommen, dass die Performanz und somit auch der Erwerb rein kognitiver Leistungsdispositionen von volitionalen, motivationalen und sozialen Bedingungsfaktoren beeinflusst werden. Die Konzeption eines Kompetenzmodells, welches neben kognitiven Stufen auch eine Selektivität im Sinne einer Variation der Einsatzbedingungen von kognitiven Fertigkeiten und Fähigkeiten enthält, sowie die Entwicklung entsprechender Tests, durch welche die Wirkung der sozialen, volitionalen und motivationalen Bedingungen beim Fähigkeitseinsatz messbar gemacht werden können, steht noch aus. Somit wird auch in der im Folgenden vorgestellten Kompetenzmodellierung im Fachbereich Physik eine Beschränkung auf den kognitiven Bereich vorgenommen. Eine messmethodisch selektive Abbildung der Wirkung motivationaler, volitionaler und sozialer Bedingungen für den Fähigkeitseinsatz ist mit dem vorgestellten Modell nicht möglich.

Zum weitreichenderen Verständnis der Möglichkeiten, Probleme und Grenzen naturwissenschaftlicher Bildung an allgemeinbildenden Schulen und der Bedeutung überfachlicher Kompetenzaspekte wird der Darstellung eines aktuellen Kompetenzmodells für den Physikunterricht eine bildungstheoretische Betrachtung der Naturwissenschaft Physik vorangestellt. Das im Rahmen der vorliegenden Forschungsarbeit gemessene Teilkonstrukt physikalischer Fachkompetenz entspringt einer in den darauffolgenden *Abschnitten 2.2.6 und 2.2.7* näher erläuterten Kompetenzmodellierung.

#### **2.2.4 Die Bedeutung naturwissenschaftlicher Kompetenzen als Teil der allgemeinen Bildung – eine bildungstheoretische Sicht auf den Physikunterricht**

Neben einem fachunabhängigen Diskurs zum Kompetenzbegriff um Geltungsbereiche der einzelnen Teilaspekte sowie um die Messbarkeit der dahinterstehenden Merkmale ist in der Auseinandersetzung mit dem Begriff der *Kompetenzen* auch in den einzelnen Fächerdomänen ein bildungswissenschaftlicher Diskurs lebendig. Mit der Umsetzung einer staatlichen Pflicht zum Besuch einer allgemeinbildenden Schule geht auch die Frage danach, welche Inhalte an diesen Schulen gelehrt werden sollen über die Verantwortung einzelner Lehrender, der einzelnen Fächerdomäne, der Einzelschule, auch des einzelnen Bundeslandes hinaus. Schulen haben den Auftrag, denen in ihnen Lernenden nicht nur Wissen und Können im Sinne verschiedener fachwissenschaftlicher Disziplinen zu vermitteln: Indem die Schule für jede und jeden Einzelnen im Rahmen der individuellen Möglichkeiten den Entwurf einer eigenen Rolle innerhalb unserer Gesellschaft institutionalisiert begleitet, kommt ihr neben der Qualifikations- und Selektionsfunktion auch eine Legitimationsfunktion zu (Fend, 1980). Ein Blick auf die Bedeutung der allgemeinbildenden Schulen und die dort vermittelten Inhalte sollte deshalb neben der unabdingbaren Notwendigkeit der Ermöglichung vergleichbarer Bildungschancen für alle Heranwachsenden auch der gesellschaftlichen Bedeutung der vermittelten Inhalte und ihrer Reflexion im Kontext des Fächerkanons Beachtung schenken. Die Vermittlung eines gegenwärtigen Bestandes gesellschaftlicher

Errungenschaften und deren fachwissenschaftlicher Hintergründe kann die Lernenden nur im Ansatz auf die Herausforderungen ihrer Zukunft vorbereiten, auch wenn Schulen bestenfalls den neusten Erkenntnisstand ihrer jeweiligen Zeit weitergeben. Der Diskurs um die Frage, welche Inhalte von überdauernder Bedeutsamkeit sind und welche durch neue ausgetauscht werden können und sollten, wird dabei immer auch einen Konflikt der Generationen abbilden. Insbesondere auch die Gefahr der Festschreibung gesellschaftlicher Missstände, die in einer institutionalisierten Reproduktion der gesellschaftlichen Verhältnisse liegt, darf dabei nicht aus dem Blick geraten. Auch aus diesem Grund ist es notwendig, die zu vermittelnden Kompetenzen hinsichtlich ihrer Begründungen im Fächerkanon immer wieder auch zwischen den Polen materialer und formaler Schwerpunktsetzungen historisch, gegenwärtig und in ihrer zukünftigen Bedeutung zu betrachten und kritisch zu diskutieren. Der Wert einer allgemeinen *fachdidaktischen Bildungstheorie*, welche die generelle Bedeutung der Fachlichkeit in der Bildungstheorie historisch und aktuell beleuchtet, wurde z.B. im Beitrag „Fachliche Bildung – auf dem Weg zu einer fachdidaktischen Bildungstheorie“ vorgelegt (Frederking & Bayrhuber, 2017); eine Diskussion, die auch die einzelnen Fachdidaktiken betrifft (Bayrhuber, 2012; Terhart, 2011).

Klafki benennt in seinen Ausführungen zu einem „zeitgemäßen Konzept allgemeiner Bildung“ (Klafki, 1985, S. 15ff) als Ziel der Bildung die Fähigkeit zu *vernünftiger Selbstbestimmung*, die nur individuell erworben werden kann, deren Erwerb aber im Kontext gesellschaftlicher Gegebenheiten und in der sozialen Gemeinschaft erfolgen muss. Klafkis Verständnis des Bildungsbegriffs steht damit in der Tradition der Bildungstheoretiker um 1900 und somit in der Tradition der *Aufklärung*. Kant formulierte

„Aufklärung ist der Ausgang des Menschen aus seiner selbstverschuldeten Unmündigkeit. Unmündigkeit ist das Unvermögen, sich seines Verstandes ohne Leitung eines anderen zu bedienen. Selbstverschuldet ist diese Unmündigkeit, wenn die Ursache derselben nicht am Mangel des Verstandes, sondern der EntschlieÙung und des Mutes liegt, sich seiner ohne Leitung eines anderen zu bedienen. Sapere aude! Habe Mut dich deines eigenen Verstandes zu bedienen!“ (Kant, 1784, S.481).

Für die Bildung ergeben sich daraus die zentralen Anliegen, einerseits den Verstand der und des Einzelnen bestmöglich auszubauen und andererseits die Fähigkeit zur Selbstbestimmung zu entwickeln. Bei Letzterem geht es sowohl um das Wahrnehmen als auch um das Abgrenzen der Bedürfnisse und Ziele der und des Einzelnen als Teil einer Gemeinschaft. Dieses in der klassischen Bildungstheorie aufgegriffene Verständnis von Aufklärung als Anliegen der Bildung ist auch bei Klafki zentral. In seiner kritisch-konstruktiven Didaktik verallgemeinert Klafki das - jede Art fachspezifischer Inhaltsfragen umspannende - Ziel der Bildung als den Erwerb der Fähigkeiten zu *Selbstbestimmung, Mitbestimmung und Solidarität* (Klafki, 1985, S. 40). Den Begriff *des Allgemeinen* in der klassischen Bildungstheorie sieht Klafki in folgender Weise ausgedeutet: „Allgemeinbildung als Bildung *für alle* – als kritische

Auseinandersetzung mit einem neu zu durchdenkenden Gefüge *des Allgemeinen als des uns alle Angehenden* – als Bildung *aller* uns heute erkennbaren humanen Fähigkeitsdimensionen des Menschen“ (Klafki, 1985, S. 40). Die Diskussion darüber, welche Inhalte in diesem Sinne in den Kanon der an allgemeinbildenden Schulen gelehrtens Bildungsinhalte aufgenommen werden sollen und müssen, kann nicht an Aktualität verlieren. Jede Zeit, jede gesellschaftliche Entwicklung, jede Strukturveränderung wirft sie neu auf.

In der konkreten inhaltlichen Ausdeutung dieser Aspekte spricht Klafki von *epochaltypischen Schlüsselproblemen* (Klafki, 1985 S.56), in deren Deutungshorizont sich die Herausforderungen finden lassen, mit deren Bewältigung sich der mündige moderne Mensch befassen können muss. Er benennt hier *die Friedensfrage, die Umweltfrage, das Problem der gesellschaftlich produzierten Ungleichheit, Gefahren und Möglichkeiten der neuen technischen Steuerungs-, Informations- und Kommunikationsmedien sowie die Auseinandersetzung mit den Fragen, Möglichkeiten und Lebensformen von Ich-Du-Beziehungen*. Dabei ist diese Liste für Klafki „keineswegs beliebig erweiterbar“ (Klafki, 1985; S. 60) Er bezeichnet diese fünf Schlüsselprobleme von seiner zeitgeschichtlichen Position aus als Kernelemente einer „Theorie des gegenwärtigen Zeitalters und seiner Potenzen und Risiken im Hinblick auf die Zukunft“. Ein Anspruch auf überdauernde Vollständigkeit kann mit Blick auf die sich stets verändernden gesellschaftlichen Bedingungen aber nicht sinnvoll erhoben werden, auch wenn die von ihm angesprochenen Themen aus heutiger Sicht, also gut 30 Jahre später, nicht an Aktualität verloren haben. Welche Bedeutung diesen Schlüsselproblemen in der Diskussion um einen Bildungskanon an allgemeinbildenden Schulen zukommen soll und was das für einzelne Schulfächer bedeutet, hat immer wieder für kontroverse Auseinandersetzungen mit Klafkis Position gesorgt. Eine Lesart der von Klafki benannten Schlüsselprobleme im Sinne einer Ausgrenzung von Themen und insofern als den Versuch einer Festschreibung und Beschränkung eines allgemeinen Bildungskanons wird hier abgelehnt. Vielmehr soll Klafkis Auflistung hier verstanden werden als der von ihm beschriebene „Aufriss des gegenwärtigen Zeitalters“ (Klafki, 1985; S. 60) der verdeutlichen soll, welche Problemsituationen wir als epochaltypische Probleme unserer Zeit auch auf die heranwachsende Generation zukommen sehen. In diesem Zusammenhang bleibt die Frage bestehen, wie im Einzelnen Bildung im kategorialen Sinne, also sowohl bezüglich der materialen Aspekte als auch bezüglich der formalen Aspekte, ermöglicht werden kann, um die Heranwachsenden auf die benannten Herausforderungen vorzubereiten und sie im Umgang mit diesen Herausforderungen handlungsfähig zu machen. Dieser Aufgabe muss sich die Pädagogik stellen, obgleich sie keine überdauernden Lösungen hervorbringen kann, weil eine bestehende Generation, immer geleitet von den gegenwärtigen Anforderungen, ihren wahrgenommenen Defiziten im Umgang mit diesen und lernend aus der Vergangenheit, eine Zukunftsvision erzeugt, auf die wir die nachwachsende Generation vorbereiten – eine Generation in deren Erwachsenenalltag wir als die Lehrenden in ihrer Schulzeit lediglich ein Teil und Zeitzeugen ihrer Vergangenheit sein werden.

Ausgehend vom Streben nach Mündigkeit innerhalb unseres modernen Gesellschaftssystems und in Anbetracht der von Klafki angesprochenen epochaltypischen Schlüsselprobleme ist auch der Bestand naturwissenschaftlicher Bildungsinhalte im Bildungskanon allgemeinbildender Schulen unabdingbar. Nicht nur das hilfreiche Verständnis der Möglichkeiten und Grenzen der, unseren Alltag beherrschenden, technischen Errungenschaften macht naturwissenschaftliche Bildung zu einem notwendigen Bestandteil vernünftiger Selbstbestimmung. Zahlreiche gesellschaftliche Mechanismen werden, angelehnt an naturwissenschaftliche Denkweisen, in logischen Algorithmen gefasst oder mit Modellvorstellungen beschrieben. Das gezielte Beobachten und Analysieren natürlicher und technischer Vorgänge und die Fähigkeit, daraus die notwendigen Konsequenzen für das Verhalten und die Gestaltung der Lebenswelt zu ziehen, sind Anwendungsbereiche hilfreicher und gesellschaftlich selbstverständlich erwarteter naturwissenschaftlicher Fähigkeiten bei der Auseinandersetzung mit den gesellschaftlichen Herausforderungen, welche Klafki als Schlüsselprobleme bezeichnet.

In der Tradition der Bemühung um die bildungstheoretische Fundierung und Rechtfertigung der Naturwissenschaften im Kanon allgemeiner Bildung wird argumentativ auf das umfangreiche Werk Deweys aufgebaut. Für Dewey liegt in der anhaltenden und interaktiven Begegnung mit der Natur und der Lebenswelt die Voraussetzung für jedes Denken (Neubert, 2004). Er verwendet den Begriff der *experience* der für die anhaltend prozesshafte, wechselwirkende und somit auch immer wieder rückwirkende Auseinandersetzung mit Erfahrbarem in der uns umgebenden Lebenswelt steht. Diese kann nach Dewey nur denkend erfolgen. Auch ein auf Versuch und Irrtum aufbauender Umgang mit Erfahrungen fordert den denkenden Bezug zwischen Handlungen, ihren Folgen und zukünftigem Handeln. Die reflektierende Auseinandersetzung aber, welche die Suche nach Gründen dafür impliziert, warum vergangene Handlungen bestimmte Folgen hatten und wie diese Aspekte in spätere Handlungen so einzubeziehen sind, dass sie ein erwünschtes Ergebnis wahrscheinlicher machen, steigert den „Wert des Denkbestandteils“, so Dewey (1916/1993; S. 194). Gedanken sind deshalb auch nicht als Gedanken vermittelbar. Er schreibt:

„Worauf es mir hauptsächlich ankommt ist die Einsicht, daß kein Gedanke, kein Begriff als solcher von einer Person auf eine andere übertragen werden kann. Wenn ein Gedanke mitgeteilt wird, so ist er für den, der die Mitteilung entgegennimmt, nur eine gegebene Tatsache mehr, nicht ein Gedanke. ...Nur wenn er selbst um einen Ausweg ringt, seinen eigenen Ausweg sucht und findet, denkt er.“ (Dewey, 1916/1993; S. 213<sup>9</sup>).

---

<sup>9</sup> „It is that no thought, no idea, can possibly be conveyed as an idea from one person to another. When it is told, it is, to the one to whom it is told, another given fact, not an idea. [...] Only by wrestling with the conditions of the problem at first hand, seeking and finding his own way out, does he think.“ (Dewey, 1916/1997, S. 159f)

Dabei macht Dewey darauf aufmerksam, dass für die Begegnung mit der Natur und für die Auseinandersetzung und Verarbeitung dieser Begegnung „das Interesse die bewegende Kraft“ (Dewey, 1916/1993; S. 175<sup>10</sup>) darstellt. Persönliche Bedeutsamkeit von Fakten lassen diese zu Gedanken werden. Für die Bedeutung der Naturwissenschaften in der Bildung führt er aus:

„Das Leben des Menschen ist in die Vorgänge der Natur hineinverschlungen; seine Laufbahn hängt in Erfolg oder Mißerfolg davon ab, wie die Naturgegebenheiten in sie hineinspielen. Die Fähigkeit des Menschen seine eigenen Angelegenheiten planmäßig zu beherrschen, beruht auf der Fähigkeit, die Naturkräfte zu verwerten, und diese letzte Fähigkeit wiederum ist von der Einsicht in die Naturvorgänge abhängig. Was die Naturwissenschaft für den Fachmann auch sein mag: für Bildungszwecke bedeutet sie Kenntnis der Naturbedingungen des menschlichen Handelns“ (Dewey, 1916/1993; S. 302<sup>11</sup>).

Insbesondere die Prozesse der Abstraktion und Verallgemeinerung, die in der Auseinandersetzung mit der Naturwissenschaft eingeübt und perfektioniert werden, hält er für einen wesentlichen Bildungsgehalt der Naturwissenschaften.

„Aber Abstraktheit ist ein unentbehrlicher Zug in der denkenden Lenkung unseres Tuns. Eine Sachlage kehrt niemals unverändert wieder. [...] [Denn] die Abstraktion wählt aus früheren Erfahrungsstoffen planmäßig dasjenige aus, was für die Behandlung der neuen Sachlage Hilfe verspricht.“ (Dewey, 1916/1993; S. 298f <sup>12</sup>) „Das Gegenstück der Abstraktion ist die Verallgemeinerung, das Funktionieren der Abstraktion in ihrer Anwendung auf eine neue greifbare Erfahrung, ihre Anwendung zur Klärung und Beherrschung neuer Sachlagen. Die Bezugnahme auf diese möglichen Anwendungen ist notwendig, damit die Abstraktion nicht zur leeren, lediglich um ihrer selbst willen geschaffenen Formel wird,

---

<sup>10</sup> „Interest represents the moving force of objects - whether perceived or presented in imagination - in any experience having a purpose. In the concrete, the value of recognizing the dynamic place of interest in an educative development is that it leads to considering individual children in their specific capabilities, needs, and preferences. One who recognizes the importance of interest will not assume that all minds work in the same way because they happen to have the same teacher and textbook. Attitudes and methods of approach and response vary with the specific appeal the same material makes, this appeal itself varying with difference of natural aptitude, of past experience, of plan of life, and so on.“ (Dewey, 1916/1997, S. 130)

<sup>11</sup> „Man’s life is bound up in the processes of nature; his career, for success or defeat, depends upon the way in which nature enters it. Man’s power of deliberate control of his own affairs depends upon ability to direct natural energies to use: an ability which is in turn dependent upon insight into nature’s processes. Whatever natural science may be for the specialist, for educational purposes it is knowledge of the conditions of human action.“ (Dewey, 1916/1997, S. 228)

<sup>12</sup> „But abstraction is an indispensable trait in reflective direction of activity. Situations do not literally repeat themselves. [...] For abstraction deliberately selects from the subject matter of former experiences that which is thought helpful in dealing with the new.“ (Dewey, 1916/1997, S. 226)

sondern Früchte trägt. Die Verallgemeinerung ist ihrem Wesen nach ein soziales Hilfsmittel.“ (Dewey, 1916/1993; S. 299f<sup>13</sup>)

Auch Dewey sieht dabei deutlich das Problem der Entfremdung der Fakten von der Lebenserfahrung der Lernenden und hält methodisch das Verfahren „das mit der eigenen Erfahrung des Lernenden beginnt und von hier aus die geeigneten Formen der wissenschaftlichen Behandlung entwickelt“ (Dewey, 1916/1993; S. 291 <sup>14</sup>) für einen Ausweg.

Wagenschein als Zeitgenosse Klafkis und Vertreter einer bildungstheoretischen Sicht besonders auch auf die Naturwissenschaftsdidaktik sieht ebenfalls in der Begegnung mit der Natur eine wesentliche Voraussetzung für die Entwicklung der Denkstrukturen, die er z.B. für das Verständnis der Naturwissenschaft Physik für notwendig hält. Für ihn ist es die Idee der Einheit dreier Wesensformen des Lernens: des Genetischen, des Sokratischen sowie des Exemplarischen – die er auch über die Physik hinaus als Schwerpunkte seiner Didaktik setzt. Unter den drei Begriffen *genetisch*, *sokratisch* und *exemplarisch* bezeichnet er selbst den Begriff des *Genetischen* als am treffendsten (Wagenschein, 1968, S. 75). Im genetischen Lernen liegt für ihn der Anspruch, die Natur von Grund auf, von den einfachsten Phänomenen ausgehend verstehen zu lernen. „Pädagogik hat mit dem Werdenden zu tun: mit dem werdenden Menschen und – im Unterricht, als Didaktik – mit dem Werden des Wissens in ihm“ (Wagenschein, 1968, S. 75). Im Begriff des *sokratischen Lernens* verdeutlicht er die Bedeutung der Kommunikation beim Lernen. Er schreibt: „Die sokratische Methode gehört dazu, weil das Werden, das Erwachen geistiger Kräfte, sich am wirksamsten im Gespräch vollzieht“ (Wagenschein, 1968, S. 75). Darüber hinaus geht es um das Aufwerfen und Entwickeln von Fragen – den fragenden Wissensdurst (Wissensdurst im situationalen Interesse: siehe *Abschnitt 2.1.2.5*). Das *Prinzip des Exemplarischen* enthält ein strukturelles Verständnis der Wissenschaft, dass im einzelnen Phänomen immer auch eine verallgemeinerbare Struktur erkennbar wird, dass also aus Einzelbeispielen Säulen der Erfahrung erwachsen, welche eine Gewölbestruktur der Wissenschaft tragen können. Im Verständnis der Naturwissenschaft Physik findet sich bei Wagenschein die Ansicht, dass, wenn der Prozess des Lernens genetisch-sokratisch erfolgen kann, die Physik für alle verständlich wird.

---

<sup>13</sup> „Generalization is the counterpart of abstraction. It is the functioning of an abstraction in its application to a new concrete experience, -its extension to clarify and direct new situations. Reference to these possible applications is necessary in order that the abstraction may be fruitful, instead of a barren formalism ending in itself. Generalization is essentially a social device.“ (Dewey, 1916/1997, S. 226f)

<sup>14</sup> „The chronological method which begins with the experience of the learner and develops from that the proper modes of scientific treatment is often called the “psychological” method in distinction from the logical method of the expert or specialist. *The apparent loss of time involved is more than made up for by the superior understanding and vital interest secured.*“ (Dewey, 1916/1997, S. 220)

Muckenfuß (1995) stellt in seinem Werk „Lernen im sinnstiftenden Kontext – Entwurf einer zeitgemäßen Didaktik des Physikunterrichts“ eine umfassende und kritische Auseinandersetzung mit der Physikdidaktik Wagenscheins vor. Auch wenn er die um Verständnis bemühte und *am Kinde* orientierte Herangehensweise an die Physik honoriert, macht er deutlich, dass er in Wagenscheins Idee des genetischen Weges bei der Aneignung von Physik grundsätzliche Widersprüche zum Wesen der Physik sieht (Muckenfuß, 1995). Dabei deckt er sowohl aus pädagogischer als auch aus philosophischer Sicht Konflikte auf. Zum einen führt er aus:

„In vielen Fällen wird es aus pädagogischen Gründen geboten sein, mitzuteilen, in welcher besonderer und oft überhaupt nicht naheliegender Weise die Physik Dinge betrachtet. Dies kann dann ermutigend wirken, wenn Schülerinnen und Schüler erfahren, daß es nicht an ihrem persönlichen Unvermögen liegt, wenn sie die physikalische Idealgestalt nicht am sinnhaft Gegebenen entdecken können (z.B. durch ‚genaues Beobachten‘ oder ‚logisches Denken‘)“ (Muckenfuß, 1995; S. 179).

Zum anderen betont er:

„Denn gerade dann, wenn man unterstellt, die physikalische Erkenntnis schäle sich aus der komplexen Wirklichkeit heraus, ist kaum zu verhindern, daß sie für das ‚*Eigentliche*‘ gehalten wird, das durch das Beiwerk der ‚*sekundären Qualitäten*‘ verdeckt wird und deshalb ‚*ent-deckt*‘ werden muss“ (Muckenfuß, 1995; S. 182).

Er arbeitet die aus seiner Sicht der Naturwissenschaft Physik immanente Machtstellung der Struktur über die Natur (Muckenfuß, 1995) heraus. In der Tradition der Generation von Forschenden in den Naturwissenschaften nach dem zweiten Weltkrieg und in Anbetracht der entscheidenden Bedeutung, die den Forschenden in der Physik im Kriegsgeschehen zukam, thematisiert er, dass *Physik beherrschen* auch heißt, *die Natur zu beherrschen* und damit auch die Menschheit. Bestehende Vorbehalten gegenüber einer *naturwissenschaftlichen Bildung für alle* lassen sich für ihn unter diesem Blickwinkel deuten: Sowohl aus Außensicht einer Gesellschaft auf die Naturwissenschaft, die im Zuge des Erwerbs naturwissenschaftlicher Bildung auch die Gefahr des Sich-Erhebens Einzelner über andere sieht, als auch aus Innensicht der Vertretenden einer Wissenschaft, die im Anerkennen der allgemein schweren Zugänglichkeit zur eigenen Wissenschaft diese schwere Zugänglichkeit auch verteidigen und somit eine Machtposition behaupten.

„Im Blick auf die historischen Wurzeln der Physik erweist sich der elitäre Charakter als ideologischer Bestandteil der Naturwissenschaft. Sie steht – hinsichtlich der ihr

zugedachten gesellschaftlichen Funktionen – seit Bacon<sup>15</sup> und Descartes<sup>16</sup> auf der Seite der Macht“ (Muckenfuß, 1995; S. 122).

Für Muckenfuß ist dieser Konflikt nicht auflösbar. Er macht aber deutlich, dass die Bewusstmachung dieser Tatsache aus seiner Sicht wesentlich ist für den Umgang mit der Naturwissenschaft und ihren Machtansprüchen.

„Eine Didaktik, die das zwischen reinem Erkenntnisstreben und Verwertungsinteressen liegende Spannungsfeld weitgehend unbeachtet lässt, wird die desolante Motivationslage und Erfolgsbilanz bei der gegenwärtigen Schülergeneration, weder adäquat interpretieren noch verändern können“ (Muckenfuß, 1995; S. 122).

Ansätze wie Wagenscheins genetisches Prinzip, welche die Möglichkeit eines einfachen und kindlichen Zugangs zur Physik für alle suggerieren, sieht er deshalb kritisch. Als Zugang zur Physik schlägt Muckenfuß die Schaffung „sinnstiftender (weil existenziell bedeutender)“ (Muckenfuß, 1995, S.11) Kontexte vor, welche im Begriff des Wertbezugs einen Aspekt der interessierten Zuwendung zu einem Gegenstand beinhalten (Wertbezug im Interesse: siehe *Abschnitt 2.1.2.2*).

„Der naturwissenschaftliche Unterricht soll so weiterentwickelt werden, daß die Konstitution von Sinn sowie der Aufbau von Handlungskompetenz und –bereitschaft beim lernenden Menschen möglich wird“ (Muckenfuß, 1995; S. 15).

Im Entwurf einer zeitgemäßen Didaktik macht er die Notwendigkeit des Aufbaus von „Orientierungswissen“ (Muckenfuß, 1995; S. 211) deutlich, welches den Heranwachsenden hilft die Bedeutung der Naturwissenschaften in der Lebenswelt zu erfassen.

„Das tiefere und allgemeinere Anliegen, dem der Physikunterricht gegenwärtig nicht gerecht wird, betrifft das Bedürfnis, die Menschen, die Bedingungen ihrer Existenz und ihr Handeln zu verstehen! Naturerkenntnis ist immer auch Erkenntnis des Menschen“ (Muckenfuß, 1995, S. 65).

Hierbei benennt er die Aspekte „Nutzungsfähigkeit, Verantwortlichkeit, Wissenschaftsverständlichkeit und Kommunikationsfähigkeit“. (Muckenfuß, 1995, S. 216). Die Orientierung an Klafkis epochaltypischen Schlüsselproblemen (Klafki, 1985) nutzt er als Ausgangspunkt für den Entwurf einer kontextorientierten Gestaltung des Physikunterrichts, wobei er zur curricularen Strukturierung an fachimmanenten Phänomenen orientierte Rahmenkontexte vorschlägt. Im Rahmen der

---

<sup>15</sup> „Wissen und menschliche Macht sind dasselbe, da die Unkenntnis der Ursache die Wirkungserzeugung verhindert.“ (Bacon, 1627/1982, S. 67)

<sup>16</sup> „Denn diese Begriffe haben mir die Möglichkeit gezeigt, Ansichten zu gewinnen, die für das Leben sehr fruchtbringend sein würden, [...] und also im Stande sein würden, sie ebenso zu allem möglichen Gebrauch zu verwerten und uns auf diese Weise zu Herren und Eigentümern der Natur zu machen.“ (Descartes, 1961, S. 58, zitiert nach Muckenfuß, 1995, S. 107)

Kontextorientierung werden auch die weiterführenden Möglichkeiten und Grenzen fächerübergreifender Unterrichtskonzepte diskutiert.

### **2.2.5 Naturwissenschaftliche Kompetenzen als Scientific Literacy**

Angelehnt an die in ausgewählten Sichtweisen dargestellte Tradition bildungstheoretischer Auseinandersetzungen mit naturwissenschaftlichem Wissen und Können und beziehend auf allgemeine Überlegungen im Kompetenzdiskurs existiert eine breite Diskussion zur Bedeutung naturwissenschaftlicher Kompetenzen für den Erwerb allgemeiner Bildung über die Fächergrenzen der klassischen naturwissenschaftlichen Disziplinen hinaus. Insbesondere die ernüchternden Testergebnisse im naturwissenschaftlichen Bereich bei großen internationalen Vergleichsstudien hatten auch international eine Diskussion darüber ausgelöst, was unter naturwissenschaftlicher Kompetenz verstanden werden soll und wie sie gefördert werden kann. Schecker, Bethge, Breuer, Dwingelo-Lütten, Langensiepen, Graf & Gropengießer (1996) stellen in einem Grundlagenpapier *Naturwissenschaftlicher Unterricht im Kontext Allgemeiner Bildung* 16 Thesen vor, in denen der aus ihrer Sicht zu leistende Beitrag naturwissenschaftlicher Bildung für die allgemeine Bildung erläutert wird. Dabei gehen die Autoren auf die Aspekte *nichtinstitutionalisierte Allgemeine Bildung* bzw. *Allgemeine Bildung in der gymnasialen Oberstufe, Merkmale naturwissenschaftlicher Bildung, Aufgaben des naturwissenschaftlichen Unterrichts im Kontext allgemeiner Bildung* sowie *Naturwissenschaftlicher Unterricht und Studierfähigkeit* ein. Schlussfolgernd werden konkrete Maßnahmen zur Bestandserhaltung und Verbesserung der naturwissenschaftlichen Schulbildung vorgeschlagen. Fischer (1998) betont in seinem Aufsatz „Scientific Literacy und Physiklernen“ die Bedeutung des Erlernens geeigneter Formen der Kommunikation beim Erarbeiten und für die lebensweltliche Nutzung naturwissenschaftlicher Kompetenzen. Gräber et al. (2002) bieten mit dem Überblicksband zum Konzept der *Scientific Literacy* Einblicke vor allem in die amerikanische und deutsche Diskussion der Dimensionen dieses im Sinne allgemeiner Bildung zu verstehenden Begriffs für naturwissenschaftliche Grundbildung und führen verschiedene Perspektiven zusammen. Shamos (2002) kritisiert in seinem Beitrag das Ziel einer *Scientific Literacy*, welches er im Sinne einer flächendeckenden allgemeinen Ausstattung der Bevölkerung mit naturwissenschaftlichem Fachwissen ausdeutet. In seiner Forderung nach breiterem Verständnis für die Prozesse der Erkenntnisgewinnung in den Naturwissenschaften leistet er aber einen wichtigen Beitrag für das, was im Sinne der Ausführungen von Gräber und Nentwig (2002) im selben Band als der Beitrag der Naturwissenschaften zur allgemeinen Bildung verstanden werden soll. Gräber, Nentwig und Nicolson (2002) heben die Bedeutung selbstgesteuerten Lernens in den Naturwissenschaften hervor. „Die Selbstbestimmung beinhaltet die emanzipatorische Komponente. Die Selbstverantwortung zielt auf das vom Lehrer unabhängige Lernen; Verantwortung für den eigenen Lernprozess übernehmen, ist die Voraussetzung für die Anschlussfähigkeit schulischen Lernens und das lebenslange Lernen. Die Selbsttätigkeit ist die

zentrale Komponente konstruktivistischen Wissenserwerbs.“ (Gräber, Nentwig & Nicolson, 2002; S. 143) Mit Blick auf lebensweltliche Problemstellungen ist auch die Diskussion um die Aufweichung der Fächerdomänen und die Möglichkeiten und Grenzen einer die Naturwissenschaften vereinenden Gestaltung schulischer Angebote Teil der *Scientific Literacy*-Debatte (Schaefer, 2002; Labudde, 2006; Rehm, Bündler, Haas, Buck, Labudde, Brovelli, Østergaard, Rittersbacher, Wilhelm, Genseberger & Svoboda, 2008). Bybee (2002) nutzt den Begriff der *Scientific Literacy*, um in Zusammenführung unterschiedlicher Positionen ein hierarchisch strukturiertes Kompetenzmodell zu entwerfen, welches auch für die Entwicklung nationaler Bildungsstandards in Deutschland für den naturwissenschaftlichen Bereich richtungsweisend war. In diesem Modell wird eine Abstufung in nominale, funktionale, konzeptionelle und prozedurale *Scientific Literacy* vorgenommen. *Nominale Scientific Literacy* bezeichnet dabei ein Stadium, welches sich ausdrückt durch naive Theorien, unvollständiges Verständnis und möglicherweise fehlerhafte Vorstellungen von Begriffen, Ideen und Themen, die mit Naturwissenschaft und Technik assoziiert werden (Bybee, 2002). Dabei ist es Ziel des naturwissenschaftlichen Lehrens, die Lernenden darin zu unterstützen, dieses nominale Niveau verlassen zu können und höhere Niveaustufen zu erreichen. Unter *funktionaler Scientific Literacy* ist eine Niveaustufe zu verstehen, auf der naturwissenschaftliche und technische Begriffe korrekt und angemessen verwendet und verstanden werden. Die Bedeutung dieser Stufe wird kontrovers diskutiert. Nachdem historisch diesem Bereich eine besonders grundlegende Bedeutung im naturwissenschaftlichen Lernen zugeschrieben wurde, beschreibt Bybee (2002) auch eine Gegenströmung, die vor einer Überbewertung des Fachvokabulars als Voraussetzung für weitere Entwicklungsstufen warnt und einen ausgewogenen Umgang mit der Bedeutung dieser Niveaustufe empfiehlt. Auf dem Niveau *konzeptioneller und prozeduraler Scientific Literacy* können Begriffe innerhalb naturwissenschaftlicher Teilbereiche mit Erfahrungen und konzeptionellen Ideen der Naturwissenschaften in Beziehung gesetzt werden. Das schließt das Verständnis naturwissenschaftlicher Verfahren und Prozesse ein. Dazu gehört auch die Fähigkeit, diese Wissensbereiche als naturwissenschaftsspezifisch zu identifizieren und abzugrenzen (Bybee, 2002). In der Umsetzung der im Modell entwickelten Zieldimensionen einer *Scientific Literacy* empfiehlt Bybee einen ausgewogenen Umgang mit der Förderung aller drei von der nominalen Stufe abweichenden Niveaus. Die Hierarchisierung im Modell ist demnach mit einer Dimensionierung überlagert. Außer der Stufe der *nominalen Scientific Literacy*, die es zu überwinden gilt, sind die anderen drei Stufen zwar notwendige Voraussetzungen für die jeweils höhere Stufe, haben aber auch ihrer je eigenen themenspezifischen Entwicklungs- und Fördermöglichkeiten sowie Anwendungen. Als *Multidimensionale Scientific Literacy* wird eine Ausprägungsqualität der *Scientific Literacy* bezeichnet, auf deren Niveau naturwissenschaftliche Prozesse und Zusammenhänge auch aus Sicht anderer Wissensbereiche in den Blick genommen werden können. Hier geht es insbesondere auch um Zusammenhänge zwischen

naturwissenschaftlichen Erkenntnissen und gesellschaftlichen Entwicklungen historisch und gegenwärtig (Bybee, 2002).

Eine Veränderung des im Kontext allgemeinbildender Schulen existierenden Erwartungsbildes an das, was naturwissenschaftliche Bildung leisten kann und soll, ist im Gange. Sowohl auf der Makroebene im Bereich von Bildungsstandards, Lehrplänen und Bildungsplänen und der Schaffung ganz neuer, mehrere Naturwissenschaften zusammenführender Fachkonzeptionen; als auch auf der Mikroebene in der Konzeption einzelner Schulen, struktureller Maßnahmen der Fachgruppenzusammenarbeit, konkreter Gestaltungsvorschläge von Fachunterricht sowie der Schaffung zahlreicher außerschulischer Lernorte und medienbasierter Lerngelegenheiten naturwissenschaftlicher Bildung. Diese Bestrebungen stellen zweifellos eine Bereicherung der Bildungsmöglichkeiten im naturwissenschaftlichen Bereich dar. Für die agierenden Lehrenden bleibt aber häufig unscharf, welches neue Verständnis und welche gesellschaftliche Bedeutung naturwissenschaftlicher Bildung dabei vermittelt werden soll. Manche Maßnahmen führen gerade in der Phase des Umdenkens eher zur Verunsicherung als zur Etablierung einer konsensfähigen neuen Vorstellung von naturwissenschaftlicher Kompetenz im Sinne allgemeiner Bildung. Auch die Verbreitung außerschulischer naturwissenschaftlicher Lerngelegenheiten verfolgt häufig das Ziel, aufbereitete Lern- und Anwendungsmöglichkeiten naturwissenschaftlicher und technischer Erkenntnisse in die Lebenswelt junger Menschen zu integrieren, zum Teil aber ohne die dort bereits existierenden vielfältigen und scheinbar naturwissenschaftsfernen Einsatzbereiche naturwissenschaftlicher Kompetenzen aufzuzeigen. Die praktischen Bemühungen um Anerkennung der Bedeutung naturwissenschaftlicher Bildung für die allgemeine Bildung sollten sich nicht in der Realisierung speziell aufbereiteter naturwissenschaftlicher Bildungsgelegenheiten erschöpfen. In der Vermittlung naturwissenschaftlicher Fähigkeiten und Konzepte darf der zuletzt in der Theorie der *Scientific Literacy* formulierte Anspruch, neben fachimmanenten und fächerübergreifenden lebensweltlichen Problemstellungen auch scheinbar fachfremde Anwendungsbereiche naturwissenschaftlicher Kompetenzen in das unterrichtliche Angebot einzubeziehen, nicht aus dem Blick geraten. Hier steht die naturwissenschaftliche Bildung vor einer Herausforderung in zweierlei Hinsicht: Zum einen bedarf es im schulischen und außerschulischen Kontext der Integration und Anerkennung scheinbar fachfremder Kompetenzen für den Erwerb und Einsatz einer *Scientific Literacy* in naturwissenschaftlichen Anwendungsfeldern. In Anlehnung an die oben genannten Vertretenden der *Scientific Literacy* - Debatte sind hier z.B. ethisch-moralische, kommunikative, ästhetische, prozedurale und soziale Kompetenzen (Gräber et al., 2002) zu benennen. Zum anderen aber bedarf es einer Verdeutlichung der nichtnaturwissenschaftlichen Einsatzbereiche der *Scientific Literacy*, um den Einsatz solcher Kompetenzen über die Fächergrenzen hinaus und z.T. völlig unabhängig von naturwissenschaftlichen Problemstellungen zu verdeutlichen. Diesen Aspekt führt z.B. Dubs (2002) in seinem Beitrag *Scientific Literacy: Eine Herausforderung für die Pädagogik* anschaulich aus.

## 2.2.6 Kompetenzbegriff in den nationalen Bildungsstandards sowie am Beispiel des Lehrplans im Fach Physik an Thüringer Gymnasien

Für die Gestaltung von Physikunterricht in allgemeinbildenden Schulen bedarf es über ein allgemeines Konzept naturwissenschaftlicher Kompetenz hinaus konkreter Rahmenvorgaben, die es ermöglichen, den Bestand aber auch die Qualität der Ausbildung mithilfe gemeinsamer Inhalts- und Kompetenzkriterien zu sichern. Maßgeblich bei der Auswahl des zu unterrichtenden Stoffs sind für die Lehrpersonen im Schuldienst die von den Kultusministerien herausgegebenen Lehrpläne der einzelnen Fächer, welche sich zwischen den Schultypen und auch zwischen den Bundesländern zum Teil noch deutlich unterscheiden. Im Folgenden werden die im Fach Physik an Thüringer Gymnasien gültigen Rahmenvorgaben vorgestellt. Eine angestrebte und inzwischen fortgeschrittene Entwicklung ist es, die Lehrpläne der einzelnen Bundesländer und Fächer an den durch die gesamtdeutsche Kultusministerkonferenz (KMK) entworfenen Bildungsstandards zu orientieren. Dabei geht es vor allem auch um die Explikation fachspezifischer Kompetenzbereiche und die Schaffung eines Orientierungsrahmens für das Entwicklungspotential dieser Kompetenzen im Rahmen der jeweiligen fachlichen Entwicklung an allgemeinbildenden Schulen. Die unerwartet mittelmäßigen Ergebnisse deutscher Lernender in den großen Vergleichsstudien seit den 1990er Jahren haben auch auf politischer Ebene zu einem gemeinsamen Überdenken der Rahmenvorgaben im deutschen Bildungssystem geführt, so dass im Mai 2002 in Zusammenarbeit der Kultusminister der einzelnen Bundesländer flächendeckend die Schaffung nationaler Bildungsstandards als ein gesamtdeutscher Orientierungsrahmen für die einzelnen Schulfächer in den verschiedenen Bundesländern und jeweiligen Schultypen beschlossen und seitdem sukzessive umgesetzt wurde. Die Bildungsstandards beschreiben für das jeweilige Fach am Ende des jeweiligen Bildungsabschnitts (Primarbereich, Hauptschulabschluss, mittlerer Schulabschluss, Hochschulreife) zu erreichende Kompetenzen. Der Begriff der Kompetenzen wird dabei auch hier nach Weinert (2001, S. 27) definiert. In der Ausdeutung dieser allgemeinen Definition innerhalb der Lehrpläne in Thüringen (z.B. ThILLM, 2012) werden Kompetenzen unterteilt in *Lernkompetenzen* zum einen und *fachspezifische Kompetenzen* zum anderen. Die Lernkompetenzen umfassen die Bereiche Methoden-, Sozial- und Selbstkompetenz und werden überfachlich ausgedeutet. Der zweite Kompetenzbereich *fachspezifische Kompetenzen* wird unterteilt in die Bereiche Sachkompetenz und Methodenkompetenz. Die Sachkompetenz im Thüringer Lehrplan für das Fach Physik an Gymnasien (ThILLM, 2012) umfasst vor allem fachspezifisches Wissen und orientiert sich an den im Rahmen der *Bildungsstandards Physik für den mittleren Schulabschluss* (KMK, 2004) vorgeschlagenen vier Basiskonzepten *Materie*, *Wechselwirkung*, *System* und *Energie*. Die Idee der Basiskonzepte soll dabei dem Anspruch dienen, dass ein konkret erarbeiteter Inhalt erst durch eine aus speziellem Blickwinkel erfolgende Anwendungssituation in einen Handlungsanlass transformiert wird (Kauertz, Fischer, Mayer, Sumfleth & Walpuski, 2010). Einzelne Fachaspekte können in den unterschiedlichen

Basiskonzepten aus verschiedenen Blickwinkeln betrachtet werden. Die Methodenkompetenz beinhaltet die in den *Bildungsstandards Physik für den mittleren Schulabschluss* (KMK, 2004) beschriebenen Kompetenzen in den Bereichen der *fachspezifischen Erkenntnisgewinnungsmethoden* sowie *Methoden der Kommunikation, Reflexion und Bewertung naturwissenschaftlicher Sachverhalte in fachlichen und gesellschaftlichen Kontexten* (KMK, 2004; ThILLM, 2012). Dieses Kompetenzstrukturmodell wird darüber hinaus in den verschiedenen Teilbereichen durch eine Unterteilung in drei Anforderungsbereiche durch ein Kompetenzniveaumodell überlagert (KMK, 2004; ThILLM, 2012). Während die Lehrpläne im Bereich des fachspezifischen Wissens konkrete Inhalte benennen, die Bestandteil des Physikunterrichts bestimmter Schuljahre sein sollten und für diese Abschnitte auch beschreiben, welche Fähigkeiten die Lernenden im jeweiligen Abschnitt erworben haben sollten, explizieren die Bildungsstandards Physik für den mittleren Schulabschluss (KMK, 2004) auf den drei Anforderungsstufen ein für die vier Kompetenzbereiche umschriebenes Erwartungsbild am Ende der 10. Klasse. Ergänzend bietet das Werk Beispielaufgaben an, denen die jeweiligen Basiskonzepte, Kompetenzbereiche und Anforderungsstufen zugeordnet sind, um die vorgeschlagene Struktur und Niveaubildung verständlich zu machen. Die im Zusammenhang mit der *Scientific Literacy*-Debatte angestoßene überfachliche Erweiterung physikalischer Fachkompetenzen bildet sich am ehesten im Bereich der Methodenkompetenz ab, wobei es zu einer umfassenden auch überfachlichen Ausdifferenzierung der Teilbereiche *Erkenntnisgewinnung, Kommunikation* und *Bewertung* bis hin zu überprüfbaren Modellen noch ein weiter Weg ist. Verwiesen werden kann hier z.B. auf die Arbeit von Kulgemeyer und Schecker (2009; Kulgemeyer, 2010), die sich mit der Kommunikationskompetenz im Physikunterricht auseinandersetzt.

### **2.2.7 Physikalische Kompetenz als messbare Größe - ein Kompetenzmodell zur empirischen Überprüfung kognitiver Lernergebnisse und -voraussetzungen im Physikunterricht**

Mit Blick auf die Überprüfbarkeit neuer fachspezifischer Standards und zur Etablierung des veränderten Kompetenzmodells im Unterrichtsalltag war es notwendig, den Bereich fachspezifischer Kompetenzen weiter auszudifferenzieren, insbesondere weil die in den Bildungsstandards vorgegebene Struktur- und Niveaubildung noch keine messbare Abstufung schwierigkeiterzeugender Merkmale möglich macht (Kauertz et al., 2010; Neumann et al., 2007). Es wurde daher ein Modell entwickelt (Kauertz et al., 2010; Neumann et al., 2007), in dem eine Zuordnung der oben genannten vier Kompetenzbereiche Fachwissen, Erkenntnisgewinnung, Kommunikation und Bewertung zu den gestuften Merkmalen Komplexität und kognitive Prozesse vorgeschlagen wird. Als Level der Komplexität einer Aufgabe wurden die folgende fünf Stufen angenommen und empirisch bestätigt (in aufsteigender Reihenfolge notiert): *ein Fakt, zwei Fakten, ein Zusammenhang, zwei Zusammenhänge, ein übergeordnetes Konzept*. Eine theoretisch angenommene sechste Stufe als *Zusammenhang zwischen*

*übergeordneten Konzepten* konnte empirisch nicht nachgewiesen werden. Bei der Abstufung werden zwei Prinzipien zugrunde gelegt: zum einen die Anzahl an Elementen und zum anderen deren (funktionale) Verknüpfung. Als Elemente gelten Fakten, Zusammenhänge und Konzepte, wobei das Element *Zusammenhang* die funktionale Verknüpfung von Fakten beinhaltet und das Element *übergeordnetes Konzept* die Verknüpfung von Zusammenhängen. Der Bereich *kognitive Prozesse* wird in vier aufeinander aufbauende Tätigkeitsstufen eingeteilt: reproduzieren, selektieren, organisieren und integrieren. *Reproduzieren* meint die sinnvolle Wiedergabe von in Textform vorliegenden Fachinformationen, welche zuvor erfasst werden mussten. Beim *Selektieren* geht es um die Fähigkeit, fachliche Informationen neben und in anderen Textbausteinen zu erkennen und herausfiltern zu können. Das *Organisieren* beschreibt die Fähigkeit, fachliche Informationen sinnvoll zu ordnen und zu strukturieren, während das *Integrieren* die Fähigkeit meint, neue fachliche Informationen und Strukturen in vorhandene Wissensbereiche einzuordnen (Kauertz et al., 2010; Neumann et al., 2007). Auf diese Weise wird für die einzelnen Basiskonzepte Materie, Wechselwirkung, System und Energie je ein Fähigkeitsraum aus Kompetenzbereich, Komplexität und kognitivem Prozess aufgespannt, dessen gezielte Untersuchung mit Hilfe speziell für die einzelnen *Raumsegmente* entwickelter bzw. zu entwickelnder Tests möglich wird. Ein entsprechend für den Bereich Fachwissen Elektrizitätslehre entwickeltes Testinstrument, welches auch in der vorliegenden Forschungsarbeit zum Einsatz kommt, wurde von Geller et al. (2014) vorgelegt (siehe auch *Abschnitt 4.3.1*).

### **2.2.8 Zusammenfassung**

Die allgemeine Verwendung des Begriffes *Kompetenz* korrespondiert, wie ausgeführt wurde, mit einem vielseitigen und handlungsorientierten Konzept von Lernergebnissen. Eine bildungstheoretische Betrachtung des Schulfaches Physik zeigt dabei zahlreiche Ansatzpunkte der Entwicklung von Urteils- und Handlungsfähigkeit im Bereich der Physik und darüber hinaus auf. Im Begriff der *Scientific Literacy* werden diese Aspekte zusammengeführt. Die daraus entstehenden Implikationen für die konkrete und messbare Modellierung physikalischer Kompetenz, aber auch die Grenzen der Vereinbarkeit beider Ansprüche wurden aufgezeigt.

## 2.3 Konsequenzen für die Gestaltung von Physikunterricht

Dieses Kapitel widmet sich den Möglichkeiten, Bedingungen und Grenzen der Gestaltung von Physikunterricht. Mit Blick auf die entwickelte und in *Abschnitt 4.2* ausführlich dargestellte Unterrichtsreihe werden hier theoretische Konzeptionen zur Planung und Gestaltung von Physikunterricht vorgestellt. Einleitend wird auf zwei, für das Lernen von Physik bedeutsame, konstruktivistische Verständnisansätze eingegangen, welche die in *Abschnitt 2.1.1* dargestellten allgemeinen Überlegungen zum Lernen für den Bereich des Physikunterrichts konkretisieren. Im Anschluss daran werden, bezugnehmend auf allgemeine Überlegungen zur Unterrichtsplanung und Gestaltung, sowohl theoretische als auch empirisch bestätigte Konsequenzen für die Gestaltung von Physikunterricht diskutiert. Dabei wird auf einschlägige Forschungsarbeiten im Bereich der Physik- und Naturwissenschaftsdidaktik Bezug genommen. Es werden speziell für den Bereich der Physikdidaktik geeignete Modelle und Methoden vorgestellt, insbesondere im Zusammenhang mit der Bezugnahme auf die Interessen Lernender. Im Begriffsverständnis wird auf die zu Beginn des *Abschnitts 2.1* bereits eingeführte Definition von *Unterricht* nach Reinmann und Mandl (2006) verwiesen.

### 2.3.1 Verständnisansätze für das Lernen im Physikunterricht

Die hier vorgestellten Verständnisansätze für das Lernen von Physik greifen auf ein konstruktivistisches Grundverständnis von Lernen zurück, wie es der theoretischen Fundierung dieser Arbeit entspricht. Konstruktivistische Ansätze finden im Bereich der Physikdidaktik vielfache Anwendung. Dabei bilden sich auch hier unterschiedliche konstruktivistische Strömungen ab, die die Grundgedanken des Konstruktivismus' verschieden konsequent in Überlegungen zum Physiklernen einfließen lassen (hierzu auch Jung, 1997). Im Folgenden werden zwei konstruktivistische Ansätze in der Auseinandersetzung mit dem Lernen von Physik vorgestellt, deren Auswahl wie folgt begründet ist: Im Forschungsgebiet der *Schülervorstellungen* (Duit, 2010, 2006) steht die Bedeutung von auf Seite der Lernenden bestehenden Voraussetzungen und Grundlagen für mögliche Lernprozesse im Fokus, was auch für das Forschungsanliegen der vorliegenden Arbeit ein zentraler Aspekt ist. Das *Bremer Komplexitätsmodell* (Aufschnaiter, v. & Welzel, 1997) betrachtet den Aufbau von Kompetenzen im Physikunterricht unter konstruktivistischer Perspektive, wobei hier insbesondere die Frage danach, was wir über das konstruierte Wissen anderer überhaupt erfahrbar machen können, differenziert beleuchtet wird. Damit werden in besonders konsequenter Weise auch die Limitationen der empirischen Erfassung der *gesteuerten* Weiterentwicklung von Kompetenzen im Physikunterricht in den Blick genommen.

#### 2.3.1.1 Mit Vorstellungen arbeiten – Forschungen zu Schülervorstellungen im Physikunterricht

Das Kennenlernen naturwissenschaftlicher Konzepte und Modelle im naturwissenschaftlichen Unterricht und ein anwendungsbereites Verständnis dieser, stellt für viele Lernende eine große

Schwierigkeit dar (TIMSS, PISA). Untersuchungen bei Lernenden zum Verständnis von optischen Phänomenen (Jung, 1993) konnten z.B. zeigen, dass Lernende an vorunterrichtlichen Vorstellungen festhalten, auch wenn ihnen im Rahmen einer Unterrichtssequenz die Plausibilität einer wissenschaftlichen Sichtweise nach eigener Einschätzung deutlich geworden ist. So bleiben un- bzw. vorwissenschaftliche Vorstellungen zum Teil hartnäckige Gegenspieler wissenschaftlicher Modelle und Anschauungen (Duit, 2010; Wiesner, 1995). In der Auseinandersetzung mit Lehren und Lernen in dem benannten Spannungsfeld hat sich auch in den Naturwissenschaften ein konstruktivistisches Verständnis vom Wissensaufbau als weiterführend erwiesen und etabliert. Ein zentraler Aspekt ist dabei die Schaffung einer Verständigungsgemeinschaft, welche einerseits wissenschaftliche Perspektiven und andererseits Alltagsperspektiven der Lernenden beachtet und einbezieht. Eine wichtige Voraussetzung dafür ist, dass auch auf Seite der Lehrenden Wissen über und Verständnisbereitschaft für die mitgebrachten Vorstellungen der Lernenden und deren Plausibilität entstehen. Ausgelöst von einem Kenntnisdefizit an dieser Schnittstelle entwickelte sich in der Naturwissenschaftsdidaktik schon seit den 1970er Jahren ein eigener Forschungszweig im Bereich der *Schülervorstellungen*. Duit, aus dessen Team wichtige Arbeiten dieses Forschungsbereiches stammen, fasst die ersten Schritte dieser Forschungen in Duit (2006) aufschlussreich zusammen. Es entstanden verschiedene, auch fachthemen-spezifische, Forschungsarbeiten zu Schülervorstellungen im Physikunterricht. Der Begriff des *conceptual change*, der die Entwicklung der Wissenskonzepte der Lernenden ausgehend von vorunterrichtlichen Vorstellungen hin zu wissenschaftlichen Modellen und Strukturen meint, steht dabei in engem Zusammenhang mit dem Forschungsbereich der *Schülervorstellungen*. Von Posner, Strike, Hewson und Gertzog (1982) werden Voraussetzungen beschrieben, welche gegeben sein bzw. erzeugt werden müssten, damit die Lernenden Bereitschaft zeigen bzw. die Notwendigkeit erkennen, bisherige Modelle zu hinterfragen und anhand wissenschaftlicher Modellvorstellungen zu prüfen und gegebenenfalls zu dekonstruieren. Hier werden die folgenden vier Punkte genannt: „1. Die Lernenden müssen mit den bereits vorhandenen Vorstellungen unzufrieden sein. 2. Die neue Vorstellung muss logisch verständlich sein. 3. Sie muss einleuchtend, also intuitiv plausibel sein. 4. Sie muss fruchtbar, d.h. in neuen Situationen erfolgreich sein.“ (Posner et al., 1982, zitiert nach Duit, 2007, S. 591) In den benannten Bedingungen klingen mit Formulierungen wie *Unzufriedenheit mit dem Bisherigen* sowie *Erleben des Erfolges in neuen Situationen* auch die affektiven Aspekte der Bedingungen an. Es wird darüber hinaus auch an anderen Stellen (z.B. Duit, 2007; Laukenmann, Bleicher, Fuß, Gläser-Zikuda, Mayring & Rhöneck, v., 2000; Häußler, Gründer, Duit, Gräber & Mayer, 1998) darauf aufmerksam gemacht, dass affektive Merkmale in Lernprozessen eine nicht vernachlässigbare Rolle spielen. Die Berücksichtigung affektiver Aspekte wird auch für den *conceptual change* für wichtig erachtet und man nimmt vom Verständnis eines in diesem Sinne *cold conceptual change* Abstand. Darüber hinaus wird der Prozess eher als *growth* denn als *change* verstanden. Die Bezugnahme auf vorunterrichtliche Vorstellungen in der

Unterrichtsgestaltung ist ein wesentlicher Ansatzpunkt zur Gestaltung konstruktivistischer Lernumgebungen. Neben dem oben bereits benannten Punkt der Umsetzung einer gleichberechtigten Kommunikation im Unterricht wird so eine Orientierung an den Lernenden ermöglicht, die insbesondere auch bei der Integration individueller Interessenbereiche in den Unterricht, wie es in der vorliegenden Studie umgesetzt wurde, von Bedeutung ist. Eine in der Vermittlung der Naturwissenschaften Physik und Chemie häufig zurecht kritisch beobachtete Tendenz ist die Vermittlung eines scheinbaren Wahrheitsanspruchs der in diesen Wissenschaften zu findenden wissenschaftlichen Sichtweisen. Von einer solchen Praxis in der Kommunikation zwischen Lehrenden und Lernenden, bei der aus Sicht der Wissenschaften *falsches* Alltagswissen gegen *richtige* wissenschaftliche Vorstellungen ausgetauscht wird, soll aber Abstand genommen werden (siehe dazu auch Häußler et al., 1998, S. 182). Die Alltagsrelevanz naturwissenschaftlicher Erkenntnis kann im Unterrichtsprozess nur dann sinnstiftend entwickelt werden, wenn die Kenntnis vorunterrichtlicher Vorstellungen nicht nur schlicht als Ausgangspunkt verstanden wird, um gezielt einen Austauschprozess zugunsten wissenschaftlicher Vorstellungen anzustreben. Es ist notwendig, nicht nur die Angemessenheit wissenschaftlicher Sichtweisen gegenüber vorunterrichtlichen Vorstellungen, sondern auch die aus Sicht der Lernenden existierenden Verständniswurzeln und -vorteile ihrer Alltagsvorstellungen gegenüber wissenschaftlichen Sichtweisen zu kommunizieren und im Kontext ihrer jeweiligen Entstehung und Einsatzfelder einzuordnen und kritisch gegenüberzustellen (siehe dazu auch Duit, 2007). Durch die genaue Betrachtung der Vorteile wissenschaftlicher Darstellungen z.B. im Bereich der Verallgemeinerbarkeit und der Abstraktionsstufe, aber auch durch die Beachtung der Schwierigkeiten, die eine wissenschaftliche Beschreibung von Phänomenen mit sich bringen kann, z.B. in Form von verständniserschwerenden Modellannahmen und Vernachlässigungen, wird eine Annäherung möglich. Die im Bereich der konstruktivistischen Didaktik formulierte Schlüsselrolle der Kommunikation sowie der Beziehungen im Lernprozess (Reich, 2012) impliziert hier, dass es von zentraler Bedeutung ist, ob im kommunikativen Prozess des Unterrichts sowohl bestehende vorunterrichtliche als auch wissenschaftliche Vorstellungen angeboten und kommuniziert werden können. Dabei sollten Begegnungsmöglichkeiten geschaffen werden (z.B. in Form von Experimenten), welche im individuellen Konstruktionsprozess der Lernenden Beachtung finden und darauf aufbauend bisher konstruiertes Wissen anhand des unterrichtlichen Angebotes erweitert werden kann. Duit (2007, S. 593) beschreibt hierbei die folgenden Möglichkeiten: Eine erste Aktivität ist das *Anknüpfen* an bestehende Vorstellungen, um einen Entwicklungsweg von vorunterrichtlichen Vorstellungen zur wissenschaftlichen Vorstellung zu beschreiten. Ein solcher Weg kann fruchtbar sein, wenn die vorhandenen Konzepte noch nicht tiefgreifend und vor allem einem wissenschaftlichen Verständnis nicht widersprechend waren und sich das Vorhandene so als geeignetes Fundament zeigt. Eine zweite Möglichkeit ist das *Umdeuten*. Hier steht das Erarbeiten einer geeigneten gemeinsamen Sprache zur Verdeutlichung der Phänomene im Vordergrund, wobei

bestimmte Begrifflichkeiten durch andere, der wissenschaftlichen Sprache entsprechende umgedeutet werden. Beim *Konfrontieren*, einer dritten Variante, steht das Erzeugen kognitiver Konflikte zwischen wissenschaftlicher Sichtweise und vorunterrichtlicher Vorstellung bzw. zwischen experimentellen Befunden und erwarteten Ergebnissen im Vordergrund. Aus konstruktivistischer Sicht birgt die Methode des *Konfrontierens* besonders viele mögliche Missverständnisse in sich. Die Annahmen über das, was andere in Konfrontationssituationen sehen und erleben und eventuelle Verständigungsprobleme im kommunikativen Austausch darüber, können auf Seiten der Lehrenden zu einer irreführenden Wahrnehmung großer Überzeugungskraft bzgl. der inszenierten Konfliktsituation führen. Lernende sehen und erkennen aber auch im Realen oder Experimentellen möglicherweise genau das, was sie im Rahmen ihrer mitgebrachten Vorstellungen erwarten (Duit, 2007, S. 589). Daher erleben sie einen inszenierten kognitiven Konflikt möglicherweise viel weniger überzeugend als es die Lehrkraft annimmt. Hier wird die Schlüsselrolle der nachfolgenden Kommunikation über das Beobachtete besonders deutlich. Ohne das Bemühen um gegenseitiges Verdeutlichen der jeweiligen Vorstellungen und das Erarbeiten einer konsensfähigen sprachlichen Darstellung der gemeinsamen Beobachtungen sowie eventueller Konflikte kann das Potenzial inszenierter kognitiver Konflikte verpuffen.

### 2.3.1.2 *Ein konstruktivistischer Zugang zum Kompetenzaufbau im Physikunterricht – das Bremer Komplexitätsmodell*

Das Bremer Komplexitätsmodell (Aufschnaiter, v. & Welzel, 1997) bietet ein unter konstruktivistischen Grundannahmen anwendbares Prozessschema zum Verständnis individueller Lernprozesse auf der Basis von Bedeutungsentwicklungen. Grundlegend in diesem Ansatz ist die Unterscheidung verschiedener Repräsentationsformen von Wissen. Es nimmt neben dem sogenannten Instruktionwissen, welches gesellschaftlich verhandeltes Wissen darstellt und instruktiv angeboten wird, die Ebene sogenannter *Bedeutungen* an, welche im Zusammenhang mit konkreten Kontexten, Handlungen und jeweiligem *Instruktionwissen* ständig neu entstehen. Die Entwicklung von *Bedeutungen* geschieht situativ, ist individuell an die jeweilige Problemsituation angepasst und die *Bedeutungen* selbst sind zeitlich nicht stabil. Beeinflusst werden *Bedeutungen* somit zum einen durch die Situation, in der Lernende sich befinden, zum anderen aber durch bereits vorhandene stabilere kognitive Strukturen. Im konstruktivistischen Verständnis sind weder diese bei Lernenden bereits vorhandenen kognitiven Strukturen noch die in der Situation entstehenden *Bedeutungen* für ein beobachtendes Gegenüber bzw. für Lehrende direkt zugänglich. Deshalb wird als dritte Form des Wissens der Begriff der *Idee* verwendet für das, was Beobachtende in der in einer Person gerade wirkmächtigen *Bedeutung* erkennen. Auch das beobachtende Gegenüber selbst hat im jeweiligen Zusammenhang *Bedeutungen* entwickelt. Ein erster entscheidender Schritt in der Beobachtung von Lernprozessen ist hier, eigene

*Bedeutungen* von eigenen Ideen über die Bedeutungszuschreibungen anderer zu trennen und somit zum Beispiel eine Wertung durch Vergleiche dieser Ebenen zu vermeiden. Darüber hinaus ist es im Verständnis des Ansatzes wesentlich, dass in einer Situation erzeugte *Bedeutungen* sowie die (Beobachter-) *Ideen* keine eindeutigen Beziehungen zum jeweiligen Instruktionwissen haben. Zusätzlich zu den drei benannten Wissensformen (*Instruktionwissen*, *Bedeutungen* und *Ideen*) wird als vierte Form das *im Gedächtnis gespeicherte Wissen* eingeführt (Aufschnaiter, v. & Welzel, 1997). Auch dieses Wissen ist direkt nicht zugänglich, beeinflusst aber die Bedeutungsentwicklung. Das vorgestellte Modell bezieht das stetige Wechselspiel zwischen Symbolischem, Imaginärem und Realem (Reich, 2012) konsequent in die Vorstellung vom Wissensaufbau ein und berücksichtigt zudem die begrenzten Möglichkeiten zwischen Individuen ein umfassendes gegenseitiges Verstehen zu erreichen. In einer intensiven empirischen Beforschung der Entwicklung von *Bedeutungen* ist ein Modell von Powers (1973) weiterentwickelt worden, welches die vier Komplexitätsebenen (sowie Unterebenen) *Objekte*, *Eigenschaften* (*Fokussierungen*, *Operationen*), *Prinzipien* (*Ereignisse*, *Programme*) und *Systeme* (*Beziehungen*, *Vernetzungen*) enthält. Die Autoren diskutieren auch die Nähe zum Stufenmodell von Piaget<sup>17</sup> (1969), wobei hier explizit darauf hingewiesen wird, dass es sich im Bremer Komplexitätsmodell nicht um die Beschreibung altersgebundener Reifestadien handelt. In einem aufwendigen Verfahren der Analyse von Videos wurden durch Beobachtungen von Handlungssituationen beim physikalischen Experimentieren Handelnden jeweils Komplexitätsstufen der *Ideen* über dahinterliegende *Bedeutungen* zugewiesen. Es wurde dabei beobachtet, dass *Bedeutungen* situativ immer wieder neu entwickelt werden und ein Prozess in der Komplexitätsentwicklung immer mit *Bedeutungen* geringerer Komplexität beginnt (Aufschnaiter, v. & Welzel, 1997, S. 52). Dabei wurde deutlich, dass insbesondere das *Selbsttätig-Werden* z.B. an Experimentierplätzen im Physikunterricht den aus der Beobachterposition angenommenen Aufbau höherer Komplexitätsstufen in der *Bedeutungsentwicklung* unterstützt. Darüber hinaus wurde die *Bedeutungsentwicklung* determiniert durch „Erfahrungen, die Lernende bereits in inhaltlich und sozial vergleichbaren Umgebungen selbst gemacht hatten; [durch] die Schwierigkeit der Handlungsangebote im Hinblick auf diese Erfahrungen, sowie [durch] individuelle und soziale Randbedingungen für situiertes<sup>18</sup> Handeln“ (Aufschnaiter, v. & Welzel, 1997, S.55). Die Forschergruppe gelangte zu dem Beobachtungsergebnis, dass Lernende nur dann eine zu angebotenen *Instruktionwissen* passende *Bedeutung* erzeugen können, wenn das Komplexitätsniveau des *Instruktionwissens* dem Komplexitätsniveau der von Lernenden in der jeweiligen Situation erzeugbaren *Bedeutungen* entsprach (Aufschnaiter & Welzel, 1997, S. 51). Aus diesen Befunden lassen sich

---

<sup>17</sup> eine ausführliche Diskussion des Modells von Piaget in seiner Bedeutung für das Verständnis von Lernprozessen im naturwissenschaftlichen Unterricht findet sich bei Häußler, Bündler, Duit, Gräber & Mayer (1998, S. 183ff)

<sup>18</sup> *situiert* im Sinne der sozialen Situation entsprechend bzw. zu ihr passend

Handlungsoptionen für den Unterricht und Maßnahmen zur Unterstützung von Kompetenzentwicklungsprozessen ableiten. Das Bremer Komplexitätsmodell wird neben seiner Bedeutung für die Beforschung der Entwicklung von Kompetenzen im Physikunterricht auch im Hinblick auf seinen konsequenten Umgang mit einem konstruktivistischen Verständnis vom Wissenserwerb für das der vorliegenden Studie zugrundeliegende Verständnis des Kompetenzerwerbs im Physikunterricht als besonders bedeutsam erachtet.

### **2.3.2 Physikdidaktische Schwerpunktsetzungen im Bereich der Unterrichtsqualität**

Die bildungswissenschaftliche Diskussion um die Berechtigung der Vermittlung fachspezifischer Inhalte an allgemeinbildenden Schulen und die Beforschung und Modellierung fachspezifischer Kompetenzen im Physikunterricht wurden in *Abschnitt 2.2* bereits vorgestellt. Darüber hinaus ist auch die Übertragung der Erkenntnisse der Unterrichtsqualitätsforschung sowie die Anwendung allgemeiner didaktischer Modelle und Vorstellungen vom Lernen auf die speziellen Gegebenheiten des jeweiligen Fachunterrichts Aufgabe und Forschungsbereich der Fachdidaktik (Bayrhuber, 2012; Terhart, 2011). Dabei werden gezielt fachspezifische Methoden und Inhalte den allgemeinen Ansätzen gegenübergestellt und auf ihre Wirksamkeit im jeweiligen Fachunterricht diskutiert und beforscht. Von Labudde (2013, 2008) werden darüber hinaus die Bedeutung, aber auch die Möglichkeiten der methodischen und inhaltlichen Vernetzung der naturwissenschaftlichen Fachdisziplinen praxisnah und anwendungsorientiert dargelegt. Die Fachdidaktikforschung bemüht sich zudem, auf fachspezifische Phänomene in der Wahrnehmung des Schulfaches reagieren zu können. So haben insbesondere die empirische Beobachtung des für einen Teil der Lernenden im Laufe der Schulzeit abnehmenden Interesses am Schulfach Physik (Häußler et al., 1998, S.122) sowie das Phänomen des bei vielen Lernenden geringen Vertrauens in die eigenen Fähigkeiten, physikalische Inhalte verstehen zu können (Häußler et al., 1998, S. 127), zahlreiche Forschungsarbeiten hervorgebracht. Dabei stellte zum einen der *status quo* des Physikunterrichts ein grundlegendes Forschungsanliegen dar. Darauf aufbauend standen Fragen der besseren Passung zwischen Unterrichtspraxis und günstigen Lernbedingungen beim Erwerb physikalischer Kompetenzen im Fokus der Forschung. Im Folgenden werden aufbauend auf allgemeine Aspekte der Unterrichtsqualitätsforschung ausgewählte für die vorliegende Studie wegweisende empirische Arbeiten aus dem Bereich der Physikdidaktik vorgestellt.

#### **2.3.2.1 Allgemeine Aspekte der Unterrichtsqualitätsforschung**

Die Betrachtung der Qualität von Unterricht kann unter verschiedenen Blickwinkeln sehr unterschiedliche Themenfelder eröffnen. Einsiedler (2002) spricht von der *Prozessqualität* auf *Bedingungsseite* und der *Produktqualität* auf *Kriterienseite*. Beide Bereiche können weiter aufgegliedert werden in zahlreiche Faktoren. Helmke (2007, S. 18f) schreibt hierzu: „Gut ist ein Unterricht dann, wenn er bestimmte unterrichtsmethodische Forderungen erfüllt.“, zum anderen aber auch „Unterricht ist so gut, wie die

Wirkungen, die er erzielt.“ Darüber hinaus benennt er bei der Beforschung der Unterrichtsqualität neben dem Fokus auf bestimmte Merkmalsausprägungen des Prozesses bzw. der Wirkungen von Unterricht, wie sie in den benannten Bereichen zu identifizieren sind, auch die Frage danach, was die auf Seite der Lehrenden „erforderlichen Kompetenzen“ sind, um guten Unterricht zu ermöglichen (Helmke, 2007, S. 41). Meyer (2010, S. 11f) leitet seine Ausführungen zur Frage, was unter gutem Unterricht zu verstehen sei, mit der Differenzierung der Einzelfragen ein: „Gut für wen?“, „Gut für welche Fächer?“, „Gut für welche Ziele?“, „Nützlich wofür?“. Bei ihm findet sich auch der Hinweis darauf, dass das Unterrichtsgeschehens auch als täglicher Arbeitsplatz der Lehrenden bestimmten Qualitätskriterien genügen sollte (Meyer, 2010, S. 14). Die Vielfalt der möglichen Blickwinkel auf Unterrichtsqualität macht deutlich, dass auch die möglichen Ansatzpunkte, die Qualität von Unterricht zu beeinflussen, vielfältig sind. Die Fragen, welche Maßnahmen im Einzelnen zu ergreifen sind, um einerseits den Output oder andererseits den Prozess des schulischen Lernens, im günstigsten Fall auch beides zugleich zielgerichtet und zuverlässig positiv zu beeinflussen, hat schon zahlreiche Forschungsarbeiten hervor gebracht. Sollen diese Forschungen aber auf einen gemeinsamen Nenner gebracht werden, so ergibt sich das „ebenso verallgemeinerbare[n] wie enttäuschende[n] Resultat, dass sich keine substanziellen, stabilen und generell günstigen Zusammenhänge zwischen isolierten Unterrichtsmerkmalen und den verschiedenen Erfolgskriterien des Unterrichts finden lassen“, wie Weinert (1999a, S. 210) es zusammenfasst. Ditton (2002, S. 201f) kritisierte in diesem Zusammenhang auch ein „überwiegend induktive[s], theorielose[s] und additive[s] Vorgehen bei der Suche nach Effekten, d.h. dass Einzelmerkmale des Unterrichts in der Regel isoliert für sich betrachtet und Faktorenkombinationen oder Unterrichtsmuster nur selten näher untersucht“ wurden. Die Zusammenhänge der Bedingungsfaktoren sind komplex und lassen keine „isolierbaren und kontextfreien“ (Weinert, 1999a, S.210f) Aussagen über die Wirkung einzelner Maßnahmen auf Leistungen Lernender zu. Ein Modell, welches vielfältige Einflussvariablen auf schulisches Lernen veranschaulicht und in dessen Rahmen die unterschiedlichen Wirkmechanismen zwischen den Bedingungsfeldern umfangreich diskutiert wurden und werden, ist das *Angebots-Nutzungs-Modell unterrichtlicher Wirkung* (Helmke, 2012). Dieses Wirkmodell stellt neben dem Zusammenhang von *Angebot* (Unterricht), *Nutzung* (Lernaktivität) und *Ertrag* (Wirkungen), die Faktoren *Lehrperson*, *Familie*, *individuelles Lernpotential* und *Kontext* als Einflussfaktoren auf den Unterricht dar. Hinter den Begriffen Angebot, Nutzung und Ertrag verbirgt sich der unmittelbare Handlungsstrang des Unterrichts. Die Zusammenhangsstärke dieser drei Merkmale wird dabei wesentlich von sogenannten *Mediationsprozessen* beeinflusst, in die sowohl die bei den Lernenden stattfindende Wahrnehmung und Interpretation des Angebots im Unterricht, als auch die durch das Angebot und dessen Interpretation ausgelösten motivationalen, emotionalen und volitionalen Prozesse auf Seiten der Lernenden hineinwirken (Helmke, 2012). Das Angebots-Nutzungs-Modell unterrichtlicher Wirkungen verdeutlicht insbesondere die Komplexität der möglichen Einflussfaktoren auf unterrichtliche

Prozesse, was zu einem differenzierteren Blick auf die Zusammenhänge zwischen dem Unterrichtsangebot und den beobachtbaren Merkmalen der Prozess- oder Produktqualität beim Lernen ermahnt. Es macht aber auch die Vielfalt der möglichen Stellschrauben im Unterricht deutlich. Im Rahmen von Forschungsarbeiten, deren Forschungsziel es ist, den Zusammenhang von unterrichtlichen Interventionen und deren Wirkung auf den Lernerfolg zu erfassen, ist es unabdingbar, sich die Vielzahl der Einflussgrößen auf den Unterricht und auch die damit verbundene begrenzte Verallgemeinerbarkeit einzelner Maßnahmen deutlich zu machen. Dabei gilt es einerseits, kontrollierbare Einflussgrößen wie die Lehrperson sowie Kontextvariablen oder das Lernpotentials zu erfassen, um ihren Einfluss auf den im Fokus einer Studie stehenden Zusammenhang regulieren und diskutieren zu können. Zum anderen kann die Kenntnis darüber, welche Bedingungsfaktoren sich einer möglichen Kontrolle entziehen, aber dennoch vorhanden sind, helfen, die mögliche Effektstärke einer Maßnahme realistisch einzuordnen. Diese Zusammenhänge sind auch im Rahmen der Forschungen zur Implementationsqualität (Gräsel & Parchmann, 2004; Reinmann-Rothmeier & Mandl, 1998, siehe auch *Abschnitt 4.2.1*) bedeutungsvoll. Auf die Schwierigkeit, isolierbare und kontextunabhängige, also verallgemeinerbare Wirkzusammenhänge zwischen bestimmten unterrichtlichen Merkmalen und dem Lernerfolg empirisch herauszustellen, wurde bereits hingewiesen. In zahlreichen Studien sind aber kontextspezifische Erkenntnisse generiert und Annahmen formuliert worden, welche unterrichtlichen Bedingungen sich in welcher Form auf unterschiedliche Aspekte der Unterrichtsqualität auswirken können. Hattie (2008) hat in einer Metastudie zahlreiche Studien bzgl. der Effektstärke ihrer untersuchten und aufgedeckten Zusammenhänge zwischen unterschiedlichen lernbezogenen Merkmalen und dem Lernerfolg zusammengefasst. Als Ergebnis bietet die Studie eine Rangordnung empirisch ermittelter Einflussfaktoren auf den Lernerfolg. Die Hattie-Studie (2008) macht deutlich, dass an erster Stelle die Gruppe der Zusammenhänge zwischen Merkmalen der Lernenden und dem jeweiligen Lernerfolg steht, nämlich dem selbsteingeschätzten Leistungsniveau sowie der kognitiven Entwicklungsstufe der Lernenden. Gefolgt wird diese Gruppe von Merkmalen, die unter die Gruppe „Lehrperson und Unterricht“ zusammengefasst werden. Dabei geht es z.B. um die Kommunikation und Beziehungen im Unterricht sowie um die inhaltliche Klarheit. Auch die Hattie-Studie (2008) zeigt zahlreiche mögliche Ansatzpunkte zur Verbesserung des Lernerfolgs auf. Im Rahmen der Metastudie erfolgte notwendigerweise eine Zusammenfassung unterschiedlichster Datensätze, welche z.B. die Bildung eines *kleinsten gemeinsamen Nenners* des jeweiligen Merkmals der Einzelstudien für die Metastudie erforderte. Welche Schlussfolgerungen anhand der zusammengefassten Effektstärke dieses Merkmals gezogen wurden, ist daher auch hinsichtlich der gewählten Kriterien zur Vergleichbarkeit zu prüfen. Zu beachten ist auch, dass die einzige untersuchte Zieldimension die Leistungsentwicklung der Lernenden war und somit kein Einfluss auf affektive Merkmale des Lernens ableitbar ist. So zeigten sich im Rahmen der Metastudie von Hattie (2008) z.B. geöffnete Unterrichtsettings (im Sinne wählbarer Lernmaterialien, -methoden und -inhalte) im Vergleich

zu ungeöffneten Unterrichtssettings im Mittel *ohne* erkennbaren Treatmenteffekt für den Lernerfolg. Aus Untersuchungen der generellen Wirksamkeit offener Unterrichtsformen hinsichtlich der Unterrichtsqualität im Sinne der Outputkontrolle können aber ohne Konkretisierung weiterer Merkmale entsprechender Unterrichtssettings kaum verwertbare Konsequenzen gezogen werden. Ansatzpunkt gezielt entwickelter Interventionen für den Unterricht ist im Angebot-Nutzungs-Modell gesprochen der Bereich des Angebots. Insbesondere bei schülerorientierten Maßnahmen wird dabei das Lernpotenzial der Lernenden besonders berücksichtigt und somit je nach fokussiertem Ansatz eine bezüglich ausgewählter Merkmale günstige Ausgangsposition geschaffen. Unterrichtsmethoden wie z.B. die Projektarbeit, in deren Rahmen sich eine Schülerorientierung sinnvoll umsetzen lässt, bieten darüber hinaus viel Raum für die *Produktion* eines von Lernenden und Lehrenden gemeinsam entworfenen unterrichtlichen Angebots. Eine Bewertung der Lernergebnisse dieser Unterrichtsformen und somit eine Kontrolle der erzeugten Wirkungen des Unterrichts stellen dabei aber eine eher komplexe Aufgabe dar, weil gemeinsames Arbeiten, Einzelarbeit, Prozessbewertungen und Produktbewertungen zu einer komplexen Leistungsrückmeldung zusammenfließen (Bohl, 2004). Insbesondere dann, wenn die Bewertungsergebnisse mit Ergebnissen der Bewertung herkömmlicher Unterrichtsformen verglichen werden sollen, ist es schwer, angemessene Bewertungswerkzeuge anzuwenden. Ditton (2002, S. 203) weist in diesem Zusammenhang auch darauf hin, dass im Gegensatz zur Analyse von „Einzelfaktoren des Unterrichts“ jene Studien, die sich der Beforschung „übergreifender Unterrichtsmodelle“ wie *offenen Unterrichtsformen* oder dem *entdeckenden Lernen* widmen, häufig die Schwierigkeit haben, die beeinflussten Merkmale konkret zu operationalisieren. Darüber hinaus weisen, nach Ditton (2002, S. 203), Studien dieser Art „üblicherweise sehr begrenzte Stichproben und [eine] üblicherweise kurze Dauer von Unterrichtsversuchen“ auf, was die externe Validität dieser Studien problematisch macht. Die Zusammenführung empirischer Forschungsergebnisse und theoretischer Überlegungen zur Unterrichtsqualität haben eine Art Katalogisierung von Merkmalen guten Unterrichts hervorgebracht, die von verschiedenen Autoren (z.B. Helmke, 2012; Meyer, 2010; u.a.) gelistet werden. Lipowsky (2015) komprimiert in seiner Darstellung die Merkmale guten Unterrichts auf die drei Basisdimensionen *Classroom Management*, *Unterrichtsklima* und *Kognitive Aktivierung*, wobei er den Aspekt der kognitiven Aktivierung beschreibt als „Anregung zum vertieften Nachdenken und zu einer elaborierten Auseinandersetzung mit dem Lerngegenstand“ (Lipowsky, 2015, S. 89). Helmke spricht von den folgenden zehn Merkmalen, denen er eine besondere Bedeutung für das Gelingen von Unterricht beimisst: *Klassenführung*, *Klarheit und Strukturiertheit*, *Konsolidierung und Sicherung*, *Aktivierung*, *Motivierung*, *lernförderliches Klima*, *Schülerorientierung*, *Kompetenzorientierung*, *Umgang mit Heterogenität* und schließlich *Angebotsvariation* (Helmke, 2012, S. 168). Er macht dabei ausdrücklich darauf aufmerksam, dass die Berücksichtigung dieser Aspekte keine Garanten sind für lernwirksamen Unterricht oder großen Leistungszuwachs. Es geht auch nicht darum, eine maximale Ausprägung einzelner Aspekte

anzustreben. Vielmehr sind auch diese Merkmalslisten als mögliche Stellschrauben in der Gestaltung des Unterrichtsangebots zu verstehen. Im Bereich von Interventionsstudien im Unterricht gilt es dabei, ähnlich wie oben schon für das *Angebots-Nutzungs-Modell* diskutiert, die Ansatzpunkte, die Möglichkeiten, aber auch die Grenzen des speziell entwickelten Unterrichtsangebots kritisch zu hinterfragen.

### 2.3.2.2 Empirische Erkenntnisse zum Zusammenhang von Unterrichtsmerkmalen und Kompetenzerwerb im Physikunterricht

Durch die Qualitätsdiskussion im Bereich des naturwissenschaftlichen Unterrichts sind seit Ende der 80er Jahre einige wegweisende Studien und Programme initiiert worden, welche für zahlreiche aktuelle Studien wichtige Grundlagenarbeiten darstellten, vor allem weil sie auf Grund der Größe ihrer Anlage eine belastbare Datenbasis bieten. Insbesondere infolge der Diskussionen um die Ergebnisse deutscher Lernender bei internationalen Vergleichsstudien sind im Rahmen des mathematisch-naturwissenschaftlichen Unterrichts wegweisende Forschungsbemühungen im Bereich der Ursachensuche aber auch Veränderung naturwissenschaftlichen Unterrichts angestrengt worden. Eine Zusammenstellung wichtiger Forschungsarbeiten für den Physikunterricht und den Perspektiven, die sich daraus ergeben findet sich z.B. bei Fischer, Borowski, Kauertz und Neumann (2010), in der Festschrift *Lernen im Physikunterricht* (Girwidz, Gläser-Zikuda, Laukenmann & Rubitzko, 2006), in dem Band *Naturwissenschaftsdidaktische Forschung - Perspektiven für die Unterrichtspraxis* (Häußler et al., 1998) oder bei Duit (1995). Die im Folgenden vorgestellten Studien<sup>19</sup> können nur einen Ausschnitt der zahlreichen Forschungsarbeiten in diesem Bereich darstellen. Die Forschungsprojekte verdeutlichen auf je unterschiedliche Weise, wo mögliche Stellschrauben in der qualitätsorientierten Gestaltung von Physikunterricht liegen. Die hier erfolgte Auswahl soll mit Blick auf die Forschungsperspektive der vorliegenden Forschungsarbeit kurz benannt und begründet werden: In der IPN-Interessenstudie (Hoffman, Häußler & Lehrke, 1998) ist das auch im Zentrum der hier vorliegenden Studie stehende affektive Merkmal *Interesse* Forschungsgegenstand, welches dort deskriptiv durch längs- sowie querschnittliche Erhebungen erfasst wird. Die IPN-Videostudie (Seidel, Prenzel, Rimmel, Schwindt, Kobarg, Herweg & Dalehefte, 2006a) widmet sich der Beobachtung unterrichtlicher Prozesse im Physikunterricht. Auch diese Studie hat deskriptiven Charakter. Mit dem SINUS-Programm (SINUS online) wird ein auf Grundlage der gewonnenen Erkenntnisse entworfenes Entwicklungsprogramm zur Verbesserung des naturwissenschaftlich-mathematischen Unterrichts an Schulen vorgestellt. Physik im Kontext (PiKo) (Duit & Mikelskis-Seifert; 2010) stellt ein Projekt dar, welches ebenfalls aufbauend auf die davorliegenden Forschungen in zahlreichen Einzelprojekten konkrete Unterrichtsinterventionen entwirft und evaluiert. Die abschließend vorgestellte Studie zur Erfassung physikalischer Kompetenz anhand eines

---

<sup>19</sup> Die Rezeption der Studien erfolgt in Orientierung an der Empfehlungen zu *geschlechterreflektiertem Arbeiten* (Konsortium des Thüringer Bildungsplans bis 18 Jahre, 2015, S. 28; siehe *Abschnitt 1*).

speziell im Rahmen des vorliegenden Kompetenzmodells für den Fachbereich Physik entwickelten Messinstrumentes verdeutlicht differentielle Aspekte physikalischer Fachkompetenz, wie sie auch im Fokus der vorliegenden Studie stehen. Aus Sicht des Angebots-Nutzungs-Modells (Helmke, 2012) wählen die vorgestellten Forschungsarbeiten je eigene Zugänge: Während die IPN-Interessenstudie den Bereich der Lernvoraussetzungen auf Lernendenseite und ihre Passung zum unterrichtlichen Angebot in den Blick nimmt, beleuchtet die IPN-Videostudie das unterrichtliche Angebot und die Beobachtung ausgewählter Merkmale im Bereich des Ertrages. Im Sinus-Programm wird die Schnittstelle zwischen Lehrperson und unterrichtlichem Angebot in den Blick genommen und es werden Lehrkräfte bei der Realisierung eines guten Physikunterrichts unterstützt. Physik im Kontext entwirft und evaluiert Materialien, die eine bessere Passung zwischen Lernvoraussetzungen und unterrichtlichem Angebot ermöglichen sollen. Untersucht wird neben der unterrichtlichen Nutzung auch der *Ertrag* der Maßnahmen. Die Studie von Geller et al. (2014) konzentriert sich auf die selektive Messung der Variable *Kompetenz* als Ertrag des Unterrichts und bezieht beobachtete Zusammenhänge mit dem unterrichtlichen Angebot in die Analyse der Ausprägungsqualität einzelner Kompetenzfacetten ein. Somit stellen die ausgewählten Studien sowohl forschungsmethodisch als auch konzeptionell verschiedene Zugänge zum Physikunterricht dar und besitzen für die vorliegende Forschungsarbeit eine besondere Relevanz.

### I. Die IPN-Interessenstudie Physik

Angesichts des geringen Interesses am Unterrichtsfach Physik und sichtbaren Lernschwierigkeiten in diesem Fach führte das *Institut für die Pädagogik der Naturwissenschaften (IPN)* in Kiel in den Jahren 1984 bis 1989 eine quantitative Untersuchung zum Interesse Lernender an Physik durch – *die IPN-Interessenstudie* (Hoffmann, Häußler & Lehrke, 1998). Hierbei wurde eine längsschnittliche Fragebogenerhebung vom 5. bis zum 10. Schuljahr durchgeführt, mit dem Ziel, entwicklungsbedingte Veränderungen des Interesses an Physik und deren mögliche Ursachen aufdecken zu können (Häußler & Hoffman, 1995). Es nahmen rund 1200 Lernende in 51 Schulklassen verschiedener Schultypen an der jeweils am Schuljahresende durchgeführten Erhebung teil. Zusätzlich zu diesem Längsschnitt wurde zu Beginn des Erhebungszeitraums 1984 eine Querschnittserhebung des Physikinteresses von der 5. bis zur 10. Klasse mit je 24 Klassen durchgeführt und darüber hinaus in jedem Erhebungsjahr in 24 Klassen der 9. Klassenstufe. Somit ergab sich eine gesamte Stichprobengröße von 8000 Lernenden, deren Interesse an Physik erhoben wurde. Diese Studie war für zahlreiche weitere Forschungen im Bereich des Physikunterrichts von wegweisender Bedeutung. Ein besonderes Verdienst der Studie war dabei die genaue Operationalisierung des Forschungsgegenstandes *Physikinteresse*. Aufbauend auf einer Delphi-Studie, in der ein ausgewählter Personenkreis zur physikalischen Bildung befragt wurde und zu den unten benannten Aspekten Zuordnungen vornahm, wurde der Bereich des sogenannten

Sachinteresses an Physik (verstanden als individuelles Physikinteresse) wie folgt erfasst. Es wurde ein Zusammenspiel aus „(1) Interesse an einem Kontext, in dem Physik bedeutsam ist, (2) Interesse an einem physikalischen Gebiet, mit dem man sich in diesem Kontext auseinandersetzt, und (3) Interesse an Tätigkeiten, auf die man sich im Zusammenhang mit diesem Inhalt einlassen kann.“ (Häußler & Hoffman, 1995, S. 110) erfragt. Im Rahmen dieser Delphi-Studie ergaben sich die folgenden Kontexte: „(1) Physik als Mittel zur Bereicherung emotionaler Erfahrungen, (2) Physik als Mittel zum Verständnis technischer Objekte, (3) Physik als Grundlage für Berufe, (4) Physik als Methode und Denkgebäude, und (5) Physik in ihrer gesellschaftlichen Bedeutung“ (Häußler & Hoffman, 1995, S. 110). Diese wurden kombiniert mit den ermittelten Gebieten „(1) Wie Licht an Linsen und Spiegeln seine Richtung ändert und wie man mit optischen Instrumenten etwas größer oder näher sehen kann, (2) wie Töne, Klänge und Geräusche erzeugt werden und wie sie sich ausbreiten, (3) wie sich Wärme ausbreitet und wie Maschinen funktionieren, die Wärme in Bewegung umsetzen, (4) wie man die Bewegung eines Fahrzeugs physikalisch beschreiben kann und wie man mit einfachen Mitteln Kraft sparen kann, (5) was Elektrizität und Magnetismus eigentlich sind und wie man sie erzeugen kann, (6) wie Elektronik funktioniert und was man alles damit machen kann, (7) aus welchen kleinen und kleinsten Teilchen die ganze Welt aufgebaut ist, (8) wie Atome zerfallen oder gespalten werden und wie man dieses nutzen kann“ (Häußler & Hoffman, 1995, S. 110). Dazu wurden die Tätigkeitsfelder, welche sich aus der Delphi-Studie als relevant ergeben hatten, kombiniert. „(1) Tätigkeiten auf der rezeptiven Ebene, (2) Tätigkeiten auf der praktisch-konstruktiven Ebene, (3) Tätigkeiten auf der theoretisch-konstruktiven Ebene, und (4) Tätigkeiten auf der bewertenden Ebene.“ (Häußler & Hoffman, 1995, S. 110) Durch die Zusammenstellung eines Item-Kataloges zu Kontexten, Fachgebieten und der Häufigkeit ausgeübter Tätigkeiten konnte ein differenziertes Bild des Sachinteresses an Physik erfasst werden. Darüber hinaus wurde auch das Interesse am Unterrichtsfach – das sogenannte Fachinteresse - als Bereich des Physikinteresses erfasst (Häußler & Hoffman, 1995, S. 111). Im Fokus der Forschungsgruppe lagen dabei sowohl das individuelle und überdauernde Persönlichkeitsmerkmal als auch das situativ auftauchende Merkmal *Interesse*. Insbesondere über spezielle Tätigkeitsbereiche, aber auch über das Unterrichtsklima sollten auch situationale Anteile des Interesses mit erfasst werden.

Zentrale Ergebnisse der Interessenstudie waren, dass der Kontext, in den ein Fachinhalt eingebettet wird, für das Sachinteresse die größte Bedeutung hat im Vergleich zum Teilgebiet sowie zu relevanten Tätigkeiten. Dabei wird von den Lernenden der „wissenschaftliche Kontext“, in dem die Physik über „das Entdecken und Nachvollziehen von Gesetzmäßigkeiten um ihrer selbst willen“ erfahren wird, als weniger bedeutsam eingestuft. Relevanter sind anwendungsbezogene und lebenspraktische Kontexte. In der für die Interessendaten der neunten Klassenstufe durchgeführten Regression ergab sich die jeweilige Bereitschaft sich „von technischen Geräten“ bzw. „von Naturphänomenen“ faszinieren zu lassen als der stärkste Prädiktor des Sachinteresses (Häußler & Hoffman, 1995, S. 114). Diese Faktoren

spielten jedoch in der Aufklärung des *Fachinteresses* nur eine geringe Rolle. Hier erwies sich insbesondere das Konstrukt „Selbstvertrauen in die eigene Leistung (im Physikunterricht)“ als aussagekräftiger Prädiktor. Der zweitstärkste Prädiktor für das *Fachinteresse* war, ob der Unterricht als „Interesse stimulierend“ wahrgenommen wurde. Hier fließen insbesondere Anteile des situationalen Interesses, wie geweckte Neugier, Freude am Lernen, geweckter Wissensdurst, angenehme Lernatmosphäre ein (Faktor 1: Interesse stimulierendes Unterrichtsklima: Hoffmann, Häußler & Lehrke; 1998, S. 81). Es zeigte sich, dass bei einem Teil der Lernenden das Interesse am Schulfach Physik mit steigendem Schuljahr deutlich zurückgeht, wobei hier der Wahl der Kontexte in die Inhalte eingebettet werden eine wesentliche Bedeutung zur Erhaltung des *Fachinteresses* zukommt.

Auf Grundlage dieser Ergebnisse konnte also angenommen werden, dass Maßnahmen zur Unterstützung des fachbezogenen Selbstvertrauens (entsprechend dem fachbezogenen Fähigkeitsselbstkonzept, siehe *Abschnitt 2.1.3*) das *Fachinteresse* positiv beeinflussen. Auch eine Einbettung der Fachinhalte im Physikunterricht in die als interessierend ermittelten Kontexte wurde als günstig für die Erhaltung und Stärkung des *Fachinteresses* ermittelt. Ein durch die Interessenstudie initiiertes Modellversuch (BLK-Modellversuch: Häußler & Hoffmann, 1995) konnte die Bedeutung der benannten Aspekte für das Interesse am Schulfach Physik empirisch bestätigen und auch eine positive Wirkung eines entsprechenden Physikunterrichts in Bezug auf die kognitive Förderung zeigen. Weitere im Rahmen der IPN-Interessenstudie bis zum Zeitpunkt der Veröffentlichung verfasste Teilveröffentlichungen sind bei Hoffmann, Häußler & Lehrke (1998) gelistet.

## II. IPN- Videostudie

Im Rahmen des DFG-Forschungsprojektes *Untersuchungen zur Bildungsqualität von Schule - schulische und außerschulische Bedingungen mathematischer, naturwissenschaftlicher und fächerübergreifender Kompetenzen* (2000 bis 2006), widmete sich die IPN-Videostudie (Seidel et al., 2006b) im Bereich des Physikunterrichts der Beobachtung unterrichtlicher Prozesse. Zentrale Fragestellungen der Studie waren: „(a) Welche Bedeutung hat der *Physikunterricht* in Anbetracht der Ergebnisse internationaler Vergleichsstudien? (b) Welche Merkmale charakterisieren den Physikunterricht in der Sekundarstufe in Deutschland? (c) Welche Lernentwicklungen vollziehen Schülerinnen und Schüler unter unterschiedlichen Unterrichtsbedingungen? (d) Gibt es Zusammenhänge zwischen Merkmalen der Lehrkräfte und ihrer Unterrichtsgestaltung?“ (Seidel et al., 2006b, S.799). Das Projekt teilte sich in zwei Phasen: „In der ersten Projektphase (2000-2002) [wurde] der Physikanfangsunterricht (Jahrgangsstufe 7/8) in einer Gelegenheitsstichprobe von 13 Schulklassen untersucht“ (Seidel et al., 2006b, S. 803). Die zweite Phase (2002-2004) nahm den Physikunterricht der 9. Jahrgangsstufe in 50 zufällig gezogenen Schulklassen aus vier deutschen Bundesländern in den Blick. Dabei wurde je eine zweistündige Unterrichtssequenz videographiert und im Anschluss mit einer Fragebogenerhebung zu Unterrichtsbedingungen,

Aspekten der Lernmotivation sowie zur kognitiven Lernaktivität ergänzt. Eine Befragung der Lehrkräfte mittels Fragebögen sowie Interviews konzentrierte sich auf die Aspekte „Unterrichtspraktiken, Lernbedingungen an der Schule und fachdidaktische Theorien und Überzeugungen“. Dabei sollte durch die systematische Eingrenzung der Beobachtungsbedingungen im fachinhaltlichen (Themen *Kraft; Optik*) sowie strukturellen Bereich (Verortung im Unterrichtszyklus; Eingrenzung der Schulformen auf Gymnasien und Realschulen) eine hohe Vergleichbarkeit der Beobachtungsergebnisse zwischen den einzelnen Unterrichtsvideos an verschiedenen Schulen erzielt werden. Die benannten Möglichkeiten der Datenerhebung und -auswertung aus unterschiedlichen Perspektiven boten zahlreiche methodische Vorteile insbesondere hinsichtlich der Ergänzung einer ausschließlich quantitativ über Fragebögen und Checklisten erfolgten Unterrichtsbeobachtung (Mayring, Gläser-Zikuda & Ziegelbauer, 2005). In einer theoretischen Rahmenkonzeption der Studie wurden zuerst Annahmen bezüglich der Gelingensbedingungen von naturwissenschaftlichem Unterricht formuliert, wobei der Bezug auf zum Zeitpunkt der Erarbeitung aktuelle Modelle, Theorien und Studien zu diesem Thema erfolgte. Abgeleitet aus dem Forschungsstand im Bereich der allgemeinen sowie fachspezifischen Unterrichtsqualitätsforschung (siehe dazu auch *Abschnitt 2.3*) wurde für die fünf Bereiche *Klassenorganisation, Zielorientierung, Lernbegleitung, Fehlerkultur* und *Rolle der Experimente* eine besondere Relevanz für die Gestaltung des Unterrichts und die darin zu erkennende Prozessqualität erwartet. Mit Blick auf diese Merkmale wurden die Unterrichtsvideos analysiert und die Häufigkeit der einzelnen Merkmale sowie ihre Ausprägungsqualität festgehalten. Auf Basis dieser Analysearbeit konnten die Einzelbeobachtungen verglichen und zusammengeführt werden. Als abhängige Variablen für die Outputqualität des Unterrichts wurden der Lernerfolg sowie motivational/affektive Variablen wie z.B. das Sachinteresse an Physik in den einzelnen Klassen erfasst. Eine zentrale Beobachtung der Studie war, dass der Physikunterricht an deutschen Schulen in den vielen unterschiedlichen Klassen zahlreiche Gemeinsamkeiten aufwies. Aufschlussreich sind hierzu die Überlegungen zu möglichen „Unterrichtsskripts“, die auf „kulturell geteilte[n] Vorstellungen von gelungenem Unterricht beruhen“ (Prenzel, Seidel, Lehrke, Rimmel, Duit, Euler, Geiser, Hoffmann, Müller & Widodo, 2002, S. 140). Die bestehenden Ähnlichkeiten werden somit als Spiegel des gemeinsamen kulturellen Kontextes eines Landes verstanden (Stigler, Gallimore & Hiebert, 2000; Oser & Patry, 1990). Die geringe beobachtete Streuung einzelner Merkmale führte zum Teil dazu, dass keine Aussagen bzgl. der Einflüsse dieser Prozessmerkmale auf die Outputvariablen abgeleitet werden konnten. Deutlich wurde, dass das fragend-entwickelnde Unterrichtsgespräch den Hauptanteil der unterrichtlichen Kommunikation im Physikunterricht an deutschen Schulen darstellte mit einer starken Dominanz der Lehrperson. Experimente waren auch in vielen Physikstunden enthalten, wobei diese aber häufig der *Demonstration* physikalischer Zusammenhänge dienten. Experimente, die von den Lernenden selbst durchgeführt wurden (Schülerexperimente), waren eher selten, insbesondere solche Formen, bei denen eigenständiges Entwickeln von Fragestellungen und

das Planen dafür geeigneter Experimentieranordnungen im Vordergrund standen (Seidel et al., 2006b; Tesch & Duit, 2004). Im Median waren die Lernenden bei einer 45-minütigen Unterrichtsstunde 8,6 Minuten lang in eigenständigen Arbeitsphasen beschäftigt (Seidel et al., 2006b, S. 805). Der naturwissenschaftliche Zugang zu den Unterrichtsinhalten erfolgte meist induktiv, wobei die physikalischen Inhalte z.B. ausgehend vom demonstrierten Experiment im lehrendenzentrierten Unterrichtsgespräch erarbeitet wurden. Die durch die Lehrperson gestellten Fragen waren häufig *Reproduktionsfragen*. Nur selten wurde mit einer Fragestellung auf mehrere physikalische Inhalte Bezug genommen und deren inhaltliche Verknüpfung erwartet. Unterrichtsziele wurden in den untersuchten Unterrichtsstunden „so gut wie nie“ (Seidel et al., 2006b, S. 805) expliziert. Lediglich über Anleitungen zu bestimmten Aufgabenstellungen war es den Lernenden gegebenenfalls möglich, implizite Unterrichtsziele aufzudecken. Bezüglich der erfassten Outputvariablen zeigte sich, dass die Lernenden in ihrer kognitiven Entwicklung von einer klaren Zielorientierung im Unterrichtsprozess profitierten. Die Ausprägungsstärke der beobachteten Merkmale *Nachvollziehbarkeit* und *Schlüssigkeit* zeigten hier einen Zusammenhang mit einer positiven Leistungsentwicklung. Die Lernenden selbst sahen in einem bezüglich dieser Merkmale positiv eingeschätzten Unterricht unterstützende Lehr-Lern-Bedingungen und ein hohes Maß an kognitiver Aktivität und zeigten eher selbstbestimmte Formen der Lernmotivation. Eine *Engführung im Klassengespräch* zeigte eine negative Wirkung auf die Motivation im Lernprozess. In den Klassen, in denen in den beobachteten Unterrichtsstunden eine zeitlich überdurchschnittliche Beteiligung der Lernenden am Unterrichtsgespräch beobachtbar war, schätzten die Lernenden selbst die Lehr-Lernbedingungen im aktuellen Unterricht als positiver ein. Für das erste Physikjahr konnte im Zusammenhang mit diesem Merkmal auch eine positive Leistungsentwicklung beobachtet werden. Im Bereich der Lernbegleitung zeigte sich, dass eine Adressatenorientierung hier von besonderer Bedeutung war. Lernende mit unterschiedlichen Voraussetzungen reagierten unterschiedlich auf die verschiedenen Formen der Lernbegleitung. Während sich für leistungsschwächere Lernende eine stärkere Begleitung positiv auf die kognitive Entwicklung auswirkte, schränkte eine solche Begleitung die Entwicklungsmöglichkeiten leistungsstärkerer Lernender zum Teil ein. Ein höherer Anteil von Experimentierphasen der Lernenden hatte dann positive Effekte für die kognitive Entwicklung, wenn auch bestimmte Qualitätsmerkmale der Experimentierphasen beobachtbar waren. So konnten *kreative Experimentierphasen* unter *Einbeziehung von Alltagsgegenständen* sowie *ausreichend Zeit* zum Experimentieren die kognitive Entwicklung positiv beeinflussen. Eine ausführliche Darstellung der beobachteten Zusammenhänge zwischen Merkmalen des Experimentierens und den Outputvariablen *Leistung* und *Interesse* findet sich auch bei Tesch und Duit (2004). Eindeutige Zusammenhänge zwischen Qualitätsmerkmalen des Experimentierens und dem Sachinteresse an Physik konnten nicht nachgewiesen werden. Weitere Zusammenstellungen der Ergebnisse der IPN-Videostudie wurden über die dargestellten Quellen hinaus auch von Meyer, Seidel und Prenzel (2006); Seidel, Prenzel, Duit

und Lehrke (2003); Seidel (2003); Tesch (2005) und Brückmann (2009) vorgelegt. Die im Rahmen der vorgestellten Video-Studie gesammelten Daten zum Prozess des naturwissenschaftlichen Unterrichts waren wegweisend für zahlreiche Studien im Bereich der empirischen Physikfachdidaktikforschung.

### III. SINUS-Programm

Ebenfalls ausgehend von den Ergebnissen der TIMS-Studien und den damit verbundenen Einblicken in die Praxis des mathematisch-naturwissenschaftlichen Unterrichts erarbeitete eine Gruppe von Vertretenden der Bildungswissenschaften sowie der Bildungspolitik (BLK-Projektgruppe: Innovationen im Bildungswesen) eine Expertise zum mathematisch-naturwissenschaftlichen Unterricht (SINUS online), in deren Folge das Programm SINUS initiiert wurde. Das 1998 gestartete Programm wurde ursprünglich an 180 Schulen erprobt, im weiteren Verlauf aber stetig erweitert. Die wissenschaftliche Koordination und Begleitung erfolgte auch hier vom Institut für die Pädagogik der Naturwissenschaften (IPN) in Kiel in Kooperation mit dem Zentrum zur Förderung des mathematisch-naturwissenschaftlichen Unterrichts (Z-MNU) der Universität Bayreuth und dem Staatsinstitut für Schulqualität und Bildungsforschung in München (ISB). Das Entwicklungsprogramm hatte eine modulare Struktur, die es den beteiligten Schulsets ermöglichte, sich auf Teilbereiche des Entwicklungskonzeptes zu konzentrieren. Die 11 Schwerpunkte des Programms werden im Folgenden benannt (SINUS online). *(1) Weiterentwicklung der Aufgabenkultur, (2) Naturwissenschaftliches Arbeiten, (3) aus Fehlern lernen, (4) Sicherung von Basiswissen – Verständnisvolles Lernen auf unterschiedlichen Niveaus, (5) Zuwachs von Kompetenzen erfahrbar machen: kumulatives Lernen, (6) Fächergrenzen erfahrbar machen, (7) adressatenorientiertes Fördern, (8) Kooperation von Lernenden, (9) Verantwortung für das eigene Leben stärken, (10) Prüfen: Erfassen und Rückmelden von Kompetenzzuwachs, (11) Qualitätssicherung und Entwicklung schulübergreifender Standards.* Idee des Projektes war es, auf Einzelschulebene Qualitätssteigerungen in der Praxis des mathematisch-naturwissenschaftlichen Unterrichts zu initiieren, indem Lehrpersonen im mathematisch-naturwissenschaftlichen Bereich zu einem oder mehreren ausgewählten Schwerpunktbereich(en) des Programms ihren Unterricht gezielt planten, reflektierten und weiterentwickelten. Dabei spielte die Kooperation mit anderen am Programm beteiligten Lehrkräften in Schulsets sowie die wissenschaftliche Begleitung eine wesentliche Rolle. Vernetzt wurden die Teilprojekte durch die Zusammenarbeit der Koordinierenden der einzelnen Teilprojekte bzw. Schulsets. Um eine noch bessere Vernetzung und Verbreitung der wegweisenden Ansätze des SINUS-Programms zu erreichen, startete 2003 eine erste zweijährige Phase des Anschluss-Programms SINUS-Transfer. Hier konnten die im Rahmen des SINUS-Programms qualifizierten Lehrkräfte die Projektideen im organisierten erweiterten Erfahrungsaustausch mit anderen Lehrenden weitergeben und verbreiten. Insgesamt liefen die Programme SINUS und im Anschluss SINUS-Transfer als zentral koordinierte nationale

Programme von 1998 bis 2007 und erreichten 1800 Schulen in Gesamtdeutschland. Seit 2007 liegt die Weiterführung der Programmideen in der Eigenverantwortung der Bundesländer (SINUS online).

### IV. PiKo-Projekte

Aufbauend auf den Erfahrungen im SINUS-Programm wurde das Projekt-Paket *Physik im Kontext* (PiKo) (Duit & Mikelskis-Seifert, 2010) initiiert. Im Rahmen der PiKo-Teilprojekte wurden gezielt für den Physikunterricht sowohl allgemeine physikdidaktische Schwerpunkte als auch konkrete Unterrichtsentwürfe und -materialien entwickelt. Die Teilprojekte hatten unterschiedliche Schwerpunktsetzungen und wurden diesen entsprechend empirisch begleitet. Besonderes Anliegen des Projekt-Paketes war es dabei, den Transfer von Forschungsergebnissen im Bereich der Fachdidaktikforschung positiv zu unterstützen. Zu diesem Zwecke erfolgt die Zusammenfassung und Veröffentlichung der Teilprojekte in 15 *PiKo-Briefen* (Duit & Mikelskis-Seifert, 2010), in denen konkrete Anregungen für die Unterrichtspraxis formuliert wurden. Dabei widmen sich die Briefe den folgenden Themen: *Schülervorstellungen und Lernen von Physik* (Duit, 2010a), *Affektive Aspekte und Lernen von Physik* (Rabe, 2010a), *Didaktische Rekonstruktion* (Duit, 2010b), *Merkmale guten Physikunterrichts* (Duit & Wodzinski, 2010), *kontextorientierter Unterricht* (Duit & Mikelskis-Seifert, 2010), *Naturwissenschaftliches Arbeiten* (Mikelskis-Seifert & Duit, 2010), *Das Experiment im Physikunterricht* (Duit, Tesch & Mikelskis-Seifert, 2010), *Denken in und mit Modellen* (Mikelskis-Seifert, 2010), *Methodenvielfalt* (Bell & Girwidz, 2010), *Forschendes Lernen* (Bell, 2010), *Lerndiagnose und Leistungsbeurteilung* (Wodzinski, 2010), *Methoden der Unterrichtsevaluation und des Feedbacks* (Rabe, 2010b) sowie *Moderne Technologien – neue Themen für den Unterricht* (Girwidz & Ziegelbauer, 2010). Wichtige Bezugspunkte der Projekte sind: eine intensive Aufarbeitung physikdidaktischer Forschungsansätze; die aus dem SINUS-Programm (SINUS online) ableitbaren Qualitätsaspekte naturwissenschaftlichen Unterrichts sowie die in der IPN-Interessenstudie (Hoffman, Häußler & Lehrke, 1998) empirisch deutlich gewordene Bedeutung von Kontextorientierungen.

### V. Studie zum Erwerb von Fachkompetenz im Bereich Fachwissen Elektrizitätslehre

Wie in *Abschnitt 2.2.1* ausführlich dargelegt, wurde der Begriff der *erreichbaren Qualifikationen* als statisches Ergebnis von Bildungsgängen durch den Begriff der *Kompetenzen*, als dynamische Verbindung zwischen abrechenbaren Fähigkeiten und deren Einsatz in vielfältigen Situationen abgelöst. Für die verschiedenen Fachbereiche wurden Kompetenzmodelle entwickelt und überarbeitet, die möglichst gut die unterschiedlichen Aspekte des erwerbbaaren Wissens und Könnens in einzelnen Bereichen abbilden sollten (zum Kompetenzmodell für das Schulfach Physik siehe *Abschnitte 2.2.6* und *2.2.7*). Im Folgenden wird eine Studie der Forschergruppe Geller et al. (2014) zur Erfassung des Fachwissens im Bereich Elektrizitätslehre als Teilbereich naturwissenschaftlicher Kompetenz im Vergleich der Länder Finnland, Schweiz und Deutschland vorgestellt. Dafür wurde ein Testinstrument entwickelt, dessen

Konzeption auf dem von Kauertz et. al. (2010) und Neumann et al. (2007) vorgeschlagene Modell physikalischer Kompetenz aufbaut. Dieses Modell und das hierzu entwickelte Testinstrument bieten die Möglichkeit, auch das Komplexitätsniveau des getesteten Wissensbereiches erfassen zu können. In der Studie wurde das themenspezifische Fachwissen bei finnischen, deutschen und schweizer Lernenden der 9. bzw. 10. Klassenstufe (N=2193) vor und nach einem Lernabschnitt zur Elektrizitätslehre getestet. Korrespondierend mit den Ergebnissen der PISA-Studien ergab sich, dass finnische Lernende besonders hohe Kompetenzergebnisse erzielten. Im Vergleich zum Anfangstest zeigte sich, dass deutsche Lernende zwar mit einem vergleichsweise guten Faktenwissen starten, aber über den Unterrichtslehrgang im Mittel keinen signifikanten Lernzuwachs zeigten, während schweizer und finnische Lernende dazulernten und insbesondere finnische Lernende ein Wissen höherer Komplexität erwarben. Es wurde darüber hinaus untersucht, inwiefern sich Zusammenhänge zwischen der besuchten Schulform und dem Lernzuwachs zeigten. Hier wurden im Rahmen der Studie keine signifikanten Zusammenhänge festgestellt. Allerdings zeigte sich deutlich, dass einzelne Klassen in Deutschland oder der Schweiz in ihrem Lernzuwachs durchaus in der Lage waren, das in Finnland relativ homogen vorhandene hohe Niveau des Lernzuwachses zu erreichen. Dieses Ergebnis legte die Schlussfolgerung nahe, dass es im Einzelnen auch in deutschen Klassenzimmern gelingt, exzellenten Naturwissenschaftsunterricht anzubieten, wobei es im Rahmen dieser Studie nicht möglich war, die kompetenzfördernden Prozessmerkmale im Einzelfall zu identifizieren.

Die dargestellten Forschungsarbeiten aus dem Bereich des naturwissenschaftlichen Unterrichts weisen eine nachvollziehbare und konsistent aufeinander aufbauende Struktur auf. Erkenntnisse der IPN-Interessenstudie (Hoffmann, Häußler & Lehrke, 1998) sowie der IPN-Videostudie (Seidel et al., 2006b) sind konsequent z.B. in das Entwicklungsprogramm SINUS (SINUS online) und die PiKo-Projekte (Duit & Mikelskis-Seifert, 2010) eingeflossen, wobei der Fokus auf der Prozessqualität des naturwissenschaftlichen Unterrichts lag. Dabei folgen die Maßnahmen sowohl der erarbeiteten theoretischen Basis als auch den empirischen Erkenntnissen der Vorgängerstudien. Eine Schwierigkeit stellt aber immer noch die Verbindung von konkreten Merkmalen der Unterrichtsqualität mit Aussagen über deren Wirkung auf das Lernen und den Erfolg des Unterrichts in Bezug auf entwickelte Kompetenzen und deren Abbildung in entsprechenden Kompetenzmodellen dar. Insbesondere auch das Fehlen geeigneter Messinstrumente zur differenzierten Erfassung der erworbenen Kompetenzen im Fachunterricht Physik machte dabei die Überprüfung der Wirkzusammenhänge schwierig. Mithilfe des Instruments von Geller et al. (2014) besteht die Möglichkeit, die Wirkung konkreter unterrichtlicher Maßnahmen im Hinblick auf den Erwerb bestimmter Kompetenzen und deren Ausprägungsqualität zu überprüfen.

### **2.3.2.3 Unterrichtsqualität im Physikunterricht**

Forschungsprojekte im naturwissenschaftlichen Unterricht wie die IPN-Videostudie, das SINUS-Programm oder die PiKo-Projekte haben im Zusammenhang mit der theoretischen Fundierung ihrer Arbeiten aus dem Forschungsstand Schwerpunktsetzungen für die Qualitätsmerkmale im naturwissenschaftlichen Unterricht erarbeitet.

Im Rahmen der IPN-Videostudie (Seidel et al., 2006b, S. 801) werden die im Folgenden benannten „sechs zentrale[n] Annahmen zu Lehr-Lern-Prozessen im Naturwissenschaftsunterricht zusammen[ge]fasst“: Der zeitlichen Strukturierung kommt erstens eine besondere Bedeutung zu. Sowohl die Lage der Stunden im Tageslauf (als Einfach- oder Doppelstunde) als auch die Zeitfenster für bestimmte Arbeitsphasen im Unterrichtsverlauf nehmen Einfluss auf die Unterrichtsqualität. Als zweiter Punkt wird die effektive Nutzbarkeit der Arbeitsphasen genannt, welche durch (a) klare Zielorientierungen, (b) wirksame und adressatenorientierte Lernbegleitung, (c) pädagogischen Umgang mit Fehlern (wertschätzende Bezugnahme auf das Einbringen und Überdenken vorunterrichtlicher Vorstellungen; Trennung von Lernraum und Leistungsüberprüfung) sowie (d) Anregen und Ermöglichen von experimentellem Denken und Arbeiten realisiert werden kann. Als dritter Punkt wird die Beachtung individueller Voraussetzungen wie z.B. des Vorwissens, der individuellen Interessen oder des Selbstkonzepts als wesentlich für die Wahrnehmung und langfristige Nutzung der behandelten Fachinhalte benannt. Der vierte benannte Punkt ist ein konstruktivistisches Verständnis des Wissensaufbaus. Fünfter Punkt ist die Realisierung von in verschiedener Hinsicht motivational unterstützenden Lerngelegenheiten insbesondere im Blick auf „das Zusammenspiel von elaborierenden und organisierenden Lernaktivitäten und die Qualität der mit dem Lernen verbundenen Motivation“ (Seidel et al., 2006b, S. 803). Als sechster Punkt wird benannt, dass auch naturwissenschaftlicher Unterricht neben einer Orientierung am Aufbau kognitiver Kompetenzen den Erwerb motivational-affektiver und sozialer Kompetenzen sowohl innerhalb der Fachdomäne als auch fächerübergreifend unterstützen sollte. Auch das SINUS-Programm (SINUS online) und die Konzeption der PiKo-Projekte (Duit & Mikelskis-Seifert, 2010) greifen diese wesentlichen Merkmale für den Naturwissenschaftsunterricht auf. Eine Auflistung von Merkmalen guten Physikunterrichts im Sinne einer veränderten Lehr-Lern-Kultur für das Fach Physik findet sich bei Duit & Wodzinski (2010). Dort werden für den Physikunterricht die folgenden Qualitätsaspekte formuliert:

- „Knüpft an Vorwissen, an Schülervorstellungen und Alltagserfahrungen an
- Berücksichtigt Interessen, Selbstkonzept, Einstellungen der Lernenden
- Gibt Gelegenheit aus Fehlern zu lernen
- Fordert das Denken heraus
- Ist fachlich konsistent und schlüssig

- Bietet Methodenvielfalt, aber keine Beliebigkeit
- Gibt Gelegenheit zum Üben
- Unterstützt das Lernen nachhaltig
- Legt Wert auf Klassengespräche, in denen die Lernenden eine Stimme haben
- Vermeidet enggeführte Klassengespräche
- Vernetzt Neues auf vielfältige Weise mit bereits Bekanntem
- Bietet eine Vorschau auf das Neue
- Bettet Experimente sinnvoll ein, erlaubt vielfältige Formen des Experimentierens
- Bettet neue Inhalte in Anwendungskonzepte ein.“

Grundsätzlich wird auch hier auf die bei Helmke (2012, siehe auch *Abschnitt 2.3.2.1*) benannten *Merkmale guten Unterrichts* Bezug genommen, wobei die Merkmalssammlung hier eher als eine Gesamtheit zu verstehen ist, bei der aber jeweilige Schwerpunktsetzungen Einzelmerkmale stärker in den Vordergrund rücken (Duit & Wodzinski, 2010). Im Rahmen einer Kompetenzorientierung wird besonders auf den Aspekt fachlicher Konsistenz und Schlüssigkeit Bezug genommen. Dabei wird darauf aufmerksam gemacht, dass die Kompetenzbereiche *Fachwissen*, *Erkenntnisgewinnung*, *Kommunikation* und *Bewertung*, die das Kompetenzmodell der Bildungsstandards für das Physiklernen (KMK, 2004) benennt, hier zum Teil jeweils eigene Schwerpunktsetzungen erfordern. Ein konstruktivistisches Verständnis des Lernprozesses wird als bedeutsam erachtet. In diesem Zusammenhang ist die Gestaltung des Unterrichtsgesprächs wesentlich, wie in *Abschnitt 2.3.3.1* erörtert wurde. Es wird im Rahmen der Qualitätsaspekte (s.o.) empfohlen, Klassengespräche so zu führen, dass die Lernenden „eine Stimme haben“ (Duit & Wodzinski, 2010, S. 21) und „enggeführte Klassengespräche“ (Duit & Wodzinski, 2010, S. 21) vermieden werden.

### **2.3.3 Planung von Physikunterricht**

Ergänzend zu den dargestellten Verständnisansätzen von Lernen im Physikunterricht sowie zu den Zusammenhängen zwischen konkreten Unterrichtsmerkmalen und der beobachtbaren Qualität des Unterrichts werden im Folgenden grundlegende Aspekte der Planung von Unterricht vorgestellt. Dabei wird ausgehend von drei allgemeinen didaktischen Modellen deren Anwendung im Physikunterricht konkretisiert. Darüber hinaus werden konkrete methodische Schwerpunktsetzungen im Physikunterricht diskutiert.

#### **2.3.3.1 Allgemeine Zugänge zur Unterrichtsplanung**

Im Zusammenhang mit der *Planung* von Unterricht spielt auch die *Analyse* von Unterricht eine wichtige Rolle. Hierbei geht es je nach Fokus und gewähltem Zugang zu Fragen des Unterrichts um die Analyse von inhaltlichen oder strukturellen, pädagogisch-psychologischen oder auch kognitiven Gegebenheiten, die als Ausgangspunkt und Grundlage zur Planung eines, im Sinne der jeweiligen

Schwerpunktsetzung aufgearbeiteten Unterrichts betrachtet werden. Diese Aspekte bilden zentrale Themen der *Didaktik*. Die Fragen danach, welche Schwerpunktsetzung und welcher Zugang dabei gewählt werden sollen, sind wesentliche Unterscheidungspunkte unterschiedlicher didaktischer Strömungen. Die didaktische Forschung hat dabei verschiedene Ansätze hervorgebracht, die als *didaktische Modelle* bezeichnet werden. Jank und Meyer (1994) definieren *didaktische Modelle* mit Bezug auf Definitionen von Blankertz (1986) und Ruprecht (1976) als „erziehungswissenschaftliche Theoriegebäude zur Analyse und Modellierung didaktischen Handelns in schulischen und nichtschulischen Handlungszusammenhängen“, wobei der „Anspruch, theoretisch umfassend und praktisch folgenreich die Voraussetzungen, Möglichkeiten und Grenzen des Lehrens und Lernens aufzuklären“ gestellt wird und dabei im „Theoriekern in der Regel [eine Zuordnung zu] einer wissenschaftstheoretischen Position (manchmal auch mehrerer)“ erfolgt (Jank & Meyer, 1994, S. 92).

In den folgenden Abschnitten wird auf vier *didaktische Modelle* Bezug genommen, welche den Unterricht aus unterschiedlichen Blickwinkeln analysieren. Im ersten Abschnitt werden die Grundzüge der *systemisch-konstruktivistischen Didaktik* (Reich, 2012, 1996) vorgestellt. Hierbei wird das dieser Arbeit zugrundeliegende konstruktivistische Verständnis von Lehren und Lernen didaktisch ausgedeutet. Als weiteres didaktisches Modell wird das im Rahmen der bildungstheoretischen Didaktik von Klafki vorgelegte und in seiner kritisch-konstruktiven Didaktik erweiterte Vorgehen der *Didaktischen Analyse* (Klafki, 1964) dargestellt, welches im Kern die Unterrichtsthematik analysiert und den Bildungsgehalt dieser hervorbringen sucht. Als drittes didaktisches Modell wird die *Strukturanalyse* des Unterrichts nach dem *Berliner Modell* (Heimann, Otto & Schulz, 1965) aufgeführt, welche insbesondere strukturelle Merkmale des Unterrichts und das Ineinandergreifen unterschiedlicher Strukturelemente analysiert. Die drei benannten Modelle sind Ausgangspunkte für das in der Naturwissenschaftsdidaktik etablierte Modell der *Didaktischen Rekonstruktion* (Kattman, Duit, Gropengießer & Komorek, 1997), welches im *Abschnitt 2.3.3.2* als viertes didaktisches Modell vorgestellt wird. Das Nebeneinander der didaktischen Ansätze ermöglicht es, anhand der Fragen der didaktischen Analyse den im Berliner Modell als Thematik bezeichneten Strukturbereich zu erarbeiten. Eine Gesamtplanung erfolgt dann in Korrespondenz der Thematik mit den anderen Strukturmerkmalen im Berliner Modell sowie unter Berücksichtigung der Voraussetzungen im Lernprozess. Die Aspekte eines konstruktivistischen Verständnisses beim Lehren und Lernen bilden die Verständnisgrundlage und wirken als relativierende Größe auf die Bedeutungsbewertung und Wirkungserwartung der Einzelteile. Auch der im Rahmen der vorliegenden Studie erarbeitete Unterrichtsentwurf (siehe *Abschnitt 4.2*) wurde unter Einbindung der hier vorgestellten didaktischen Modelle erarbeitet.

#### I. Grundzüge der Systemisch-konstruktivistischen Didaktik

Schulische Curricula stellen eine Ansammlung von Inhalten dar, die von dazu bemächtigten Vertretern unserer Gesellschaft als relevantes Wissen verstanden werden. Es liegt nahe, die Frage danach zu stellen, ob diesen Inhalten nicht auch ein Wahrheitsanspruch innewohnt, der vermittelt werden kann und soll. Die im Rahmen eines konstruktivistischen Verständnisses von Lernen relevante und in *Abschnitt 2.1.1* ausgeführte Auseinandersetzung damit, was aus konstruktivistischer Sicht unter Wahrheit verstanden werden kann, wirkt auch in die praktische Ausdeutung einer konstruktivistischen Didaktik hinein. Ob im Rahmen einer konstruktivistischen Didaktik gesellschaftlich vorausgewählte Inhalte als Zieldimension individueller Konstruktionen vorbereitbar und definierbar sind, und ob dabei individuelle Voraussetzungen und mitgebrachte Vorstellungen als unterschiedliche Ausgangsbedingungen in einem *geführten Konstruktionsprozess* lediglich berücksichtigt und dabei zielgerichtet überformt werden sollen, wird dabei in unterschiedlicher Konsequenz konstruktivistisch hinterfragt. Terhart (1999, S.638) merkt an, dass eine solche didaktische Ausdeutung konstruktivistischen Lernverständnisses „von radikaleren Vertretern mit einigem Recht als ‚trivialer Konstruktivismus‘ (Glaserfeld, v.) abgetan“ wird und betont, dass „das Konstruieren und Umkonstruieren von inneren Welten [...] keinesfalls aber im Verlauf und Ergebnis gesteuert werden kann“ (Terhart, 1999, S. 637). Auf der anderen Seite stellen radikale Vertretende konstruktivistischer Erkenntnistheorie auf Grundlage ihrer Überzeugung die Sinnhaftigkeit des Unterrichtens selbst als Aktivität zur Vermittlung von Wissen in Frage (Wolff, 1994). Zwischen diesen Polen finden sich unterschiedlichste Formen der Integration und Ablehnung von Ansätzen konstruktivistischen Lernverständnisses für die unterrichtliche Praxis. Hier soll der Ansatz der systemisch-konstruktivistischen Didaktik (Reich, 2012, 1996) vorgestellt werden. In diesem didaktischen Ansatz werden neben dem erkenntnistheoretischen Blickwinkel des Konstruktivismus auf den individuellen Prozess der Wissenskonstruktion die Ansätze der *systemischen Beratung* (Schlippe, v. & Schweizer, 1996) in die Konzeption der Unterrichtsgestaltung einbezogen. Mit den Begriffen *Konstruktion*, *Rekonstruktion* und *Dekonstruktion* von Wissen werden Prozesse beschrieben, in denen Lernende sich in Auseinandersetzung mit der Welt, mit angebotenen Themen, aber auch in kritischer Auseinandersetzung mit bestehenden Vorstellungen, eigene Wissenskonstruktionen aufbauen. Die Begegnung mit den neuen Inhalten erfolgt dabei in drei Dimensionen: im Bereich des *Symbolischen* – z.B. über Zeichensysteme und Sprachen; im Bereich des *Realen* - in der direkten Begegnung mit der Lebenswelt, der Natur, den Anderen; sowie im Bereich des *Imaginären* – in der Auseinandersetzung mit Vorstellungen, Emotionen, Ideen und Glaubenssätzen. Der systemische Beratungsansatz basiert ebenfalls auf einem konstruktivistischen Grundverständnis individueller Wirklichkeiten. Er arbeitet mit den individuellen Wirklichkeitskonstruktionen der Einzelnen innerhalb der Gruppe, die durch Interaktionen untereinander irritiert und zueinander in Beziehung gesetzt werden. So können De- und Rekonstruktionsprozesse angeregt werden, ohne dass Problemlösungen vorgegeben werden. Betreuende Beratende verstehen sich dabei als moderierend und den Prozess der *Hilfe zur Selbsthilfe*

unterstützend. Diese Methode wird nun zur Gestaltung und Reflexion der unterrichtlichen Kommunikation zugrunde gelegt. Im Unterrichtsprozess werden die Lernenden neben der Lehrmeinung der Lehrenden mit den Wirklichkeitskonstruktionen anderer Mitlernender sowie mit erfahrbaren Phänomenen im Bereich des Realen konfrontiert. Die Lehrperson verzichtet dabei darauf, bestehende Vorstellungen für richtig oder falsch zu erklären und durch wissenschaftliche Positionen ersetzen zu wollen. Die von Lehrpersonen moderierte Auseinandersetzung mit unterschiedlichen Positionen kann dabei der Irritation eigener Vorstellungen dienen und somit Prozesse der De- und Rekonstruktion von Wissensbeständen anregen. Reich (2012) beschreibt dabei drei für Lehrende und Lernende gleichermaßen bestehende Rollenmuster innerhalb der Kommunikation in der lernenden Gemeinschaft: Sie bringen sich als *Akteure*, *Teilnehmende* oder *Beobachtende* in die Gemeinschaft ein. Den jeweiligen Rollen liegen unterschiedliche individuelle Einstellungen zur Gruppe zugrunde – zu deren Agieren und den von anderen eingebrachten Informationen – und damit auch unterschiedliche Formen der Beteiligung. Eine einzelne Rolle wird dabei nicht ausschließlich eingenommen – vielmehr lässt sich die Position Einzelner in der Gruppe aus Sicht dieser Rollen unterschiedlich beschreiben. Die Kenntnis der Spezifika der Rollen sowie ihre zeitweilige Zuweisung stellen ein hilfreiches Instrument der (Selbst-)Reflexion des gemeinsamen Lernens dar. Sie dienen somit dem Lernen über den eigenen Lernprozess, also einem metakognitiven Lernaspekt. Die unterschiedliche Akzeptanz der Positionen Mitlernender und Lehrender im eigenen Konstruktionsprozess kann auf diese Weise bewusst gemacht werden. Das positive Potenzial der Reflexion der möglichen Rollenmuster wird dabei für Lehrende und Lernende gleichermaßen gesehen.

Die Qualität der Kommunikation und Beziehungen zwischen Lernenden und Lehrenden sind wesentliche Bedingungsmerkmale bei der Gestaltung systemisch-konstruktivistischer Lernumgebungen. Dabei spielt der Umgang mit bereits existierenden Vorstellungen und Wissensbeständen sowie den damit verbundenen Wertvorstellungen und Emotionen eine wichtige Rolle. Unter Verwendung der in der systemisch-konstruktivistischen Didaktik etablierten Begrifflichkeiten für die Felder, in denen Lernenden Wissensinhalte begegnen (das Reale, das Imaginäre, das Symbolische (Reich, 2012)), kann für zahlreiche Unterrichtsinhalte der Schluss gezogen werden, dass das unterrichtliche Angebot seinen Schwerpunkt im Bereich der Begegnungen im Symbolischen aufweist. Da der Bereich des Symbolischen in Form von Formeln und Sprache gewissermaßen einen bisher erarbeiteten Konsens der wissenschaftlichen Verständigungsgemeinschaft darstellt, ist diese besondere Repräsentation der Lerngegenstände im Bereich des Symbolischen nachvollziehbar. Darüber hinaus ist Verständigung über das Erlernte oder zu Lernende immer auf die Werkzeuge des Symbolischen angewiesen. So können die Prozesse der Rekonstruktion und Dekonstruktion in der Auseinandersetzung mit vorunterrichtlichen Vorstellungen und wissenschaftlichen Lehrmeinungen im Unterricht als gemeinsamem Erfahrungsraum kommuniziert werden und eine gemeinsame Sprache im Bereich des *Symbolischen* entwickelt

werden (Reich, 2012), was eine Veränderung auch individueller Wissenskonstruktionen zur Folge haben kann. Eine Ermöglichung der individuellen Begegnung mit Lerngegenständen im Realen z.B. durch selbsttätige Experimentiererfahrungen sowie die Einbindung des Imaginären durch Bezugnahme auf vorhandene Vorstellungen und Erfahrungen, Emotionen und Interessen im Zusammenhang mit den Lerngegenständen sind darüber hinaus aber wesentliche Unterrichtsbausteine zur Unterstützung konstruktivistischer Lernumgebungen. Jedoch, auch wenn reale Erfahrungen sowie die Reflexion angebotener Wissensbestände am Imaginären im gemeinsamen Unterricht erfolgen, bleiben sie individuell unterschiedlich und wesentliche Bestandteile der je eigenen Wissenskonstruktionen. Eine Gleichheit von Wissenskonstruktionen zwischen Menschen ist mit Blick auf die Unterschiedlichkeit individueller Bausteine sehr unwahrscheinlich und selbst wenn sie vorhanden wäre, nicht überprüfbar. Die Prozesse der Konstruktion, Rekonstruktion und Dekonstruktion lassen sich somit von Lehrenden lediglich z.B. durch vorbereitete Lernumgebungen moderieren. Zugänglich und somit überprüfbar wird dabei nur das, in welcher Form auch immer, von den Lernenden kommunizierte Wissen, was im Verständnis der Lehrenden wiederum von deren Vorstellungen und Wissenskonstruktionen überformt wird. In einer konstruktivistischen Didaktik wird dieser Schluss aber nicht als ein Plädoyer für die Nutzlosigkeit gemeinsamen schulischen Lernens betrachtet. Aus dem Blickwinkel einer systemisch-konstruktivistischen Didaktik betrachtet, haben die Lehrenden nicht die unlösbare Aufgabe zu meistern, möglichst einheitliche Wissensbestände *in die Köpfe der Lernenden einzuspeichern* und ihren Bestand abschließend zu überprüfen. Es geht vielmehr darum, in einer (lernenden) Gemeinschaft unter der Prämisse der unüberwindbaren Individualität der Wissensbestände gemeinsames Problemlösen, eine Verständigung darüber und somit Zusammenleben möglich werden zu lassen. Durch gelingende Kommunikation können verschiedene Positionen in den Diskurs einer Verständigungsgemeinschaft eingebracht werden und in Beziehungen zueinander eine für das Individuum in der Gemeinschaft funktionierende Konstruktion von Wirklichkeit entstehen lassen, welche die Positionen anderer - Mitlernender, Lehrender oder wissenschaftlicher Lehrmeinungen - wahrnimmt und re- oder dekonstruktiv einbezieht. Die Kommunikation in der Verständigungsgemeinschaft innerhalb, aber auch außerhalb des Klassenraums wird somit zum Einsatzfeld und Erfahrungsraum erworbener Wissensbestände. Hier können die Lernenden die Viabilität ihrer Konstruktionen prüfen. Und in einem Erfahrungsraum individueller Bedeutsamkeit, der durch Beziehungsqualität entsteht, kann die Bereitschaft entstehen, vorhandene Konstruktionen zu hinterfragen und zu überarbeiten. Eine konsequente Umsetzung der oben benannten Prinzipien erfordert die Offenheit des Unterrichtsangebots für individuelle Schwerpunktsetzungen und Lernwege, eine Orientierung an realen Problemstellungen sowie die Ermöglichung einer gemeinsamen Problemwahrnehmung und Lösungssuche.

## II. Der Bildungsgehalt einer Thematik - Didaktische Analyse

Klafkis bildungstheoretische Position (Klafki, 1985), seine Forderung nach Ermöglichung von allgemeiner Bildung, was er darunter verstand sowie die von ihm benannte allgemeine Zielbestimmung der Bildung als Erwerb der *Fähigkeiten zu Selbstbestimmung, Mitbestimmung und Solidarität* fanden bereits zu Beginn des *Abschnitts 2.2.4* im Zusammenhang mit der Herausarbeitung eines Kompetenzbegriffs für das Fach Physik Beachtung und wurden dort diskutiert. Ausgehend von seinem Bildungsverständnis formulierte er in seinem Aufsatz *Didaktische Analyse als Kern der Unterrichtsvorbereitung* (Klafki, 1964) fünf Aspekte eines Themengebietes, welche es herauszuarbeiten und zu beachten gilt, um einen gegebenen Fachaspekt für die Lernenden zugänglich zu machen. Das sind *die Gegenwartsbedeutung, die Zukunftsbedeutung, die exemplarische Bedeutung, die Zugänglichkeit* sowie *die Struktur* eines Fachaspektes. An gleicher Stelle geht er ausführlich auf die intendierte Bedeutung der Begriffe ein. Die durch die Lehrenden zu vollziehende Analyse eines im Lehrplan vorgegebenen Fachaspektes dient der Aufdeckung des, dem Fachinhalt innewohnenden Bildungsgehaltes der Thematik, wie Klafki es bezeichnet. Dabei werden von ihm die Begriffe *das Elementare, das Fundamentale* und *das Exemplarische* verwendet für das, was durch die Herausarbeitung des Bildungsgehaltes erkennbar werden soll (Jank & Meyer, 1994, S. 146; Klafki, 1964, S.14). *Das Elementare* beschreibt den im behandelten Fachinhalt aufzudeckenden Bezug zu einem allgemeinen Prinzip, welches erfahrbar werden soll und somit den Lernenden die Möglichkeit gibt, zu erkennen, dass der Unterrichtsgegenstand durch die Aufdeckung dieses Elementaren über sich selbst hinausweist. *Das Fundamentale* bezeichnet die Ermöglichung der Begegnung mit etwas für die Lernenden grundlegend Neuem, welches Ausgangspunkt und somit Fundament eines neu aufgebauten Wissens sein kann. Der Begriff *des Exemplarischen* verdeutlicht den Anspruch, dass das, was den Lernenden beispielhaft angeboten wird, so ausgewählt ist, dass es möglich wird, das Fundamentale sowie das Elementare zu erkennen. Die didaktische Analyse wird hier als Werkzeug vorgestellt, um sich in der Planung des Unterrichts einer vorgegebenen Thematik zu nähern. Die konkrete Ausdeutung der Analyseschritte für die im Rahmen dieser Studie bearbeitete Unterrichtsthematik „Halbleiter“ findet sich im *Abschnitt 4.2.3*.

Aus dem Blickwinkel eines konstruktivistischen Verständnisses von Lehren und Lernen, welches der vorliegenden Studie zugrunde liegt, sei an dieser Stelle angemerkt, dass der von Klafki versprachlichte Gedanke, *des einer Sache innewohnenden Bildungsgehaltes* in einem konstruktivistischen Ansatz der Aufarbeitung von Unterrichtsgegenständen nicht geeignet ist. Dieser Konflikt besteht in zweierlei Hinsicht. Zum einen gibt es aus konstruktivistischer Sicht keinen Erkenntnisanteil, der einer Sache selbst innewohnt. Erkenntnis ist menschliche Konstruktion. Zum anderen implizieren die Begriffe des Elementaren und Fundamentalen die Möglichkeit herauszuschälender und zu vermittelnder Idealkonstruktionen für das Wissen über einen angebotenen Inhalt, die eben in der Weise ideal ist, dass sie der Sache selbst innewohnen. Eine konstruktivistische Didaktik aber traut und mutet dem lernenden

Individuum als selbstbestimmtem und selbstverantwortlichem Konstruierendem des eigenen Wissens diese Auswahlprozesse aus den angebotenen Inhalten selbst zu. Mit folgender Begründung wird aber die von Klafki vorgestellte Analyse auch für die Unterrichtsvorbereitung im Rahmen eines konstruktivistischen Verständnisses von Lehren und Lernen als nützlich und anwendbar erachtet: Die Auswahl der den Lernenden anzubietenden Inhalte ist Werk unserer Gesellschaft. Diese Inhalte entspringen somit einer für das Lernen in der Schule relevanten Verständigungsgemeinschaft. Insofern wird es als sinnvoll erachtet, dass Lehrende es als Teil ihrer Verantwortung sehen, diesen gesellschaftlich den Inhalten zugewiesenen Bedeutungshorizont sowie deren Bedeutungsfundament herauszuarbeiten. Auch wenn mit konstruktivistischem Verständnis weder davon ausgegangen noch fokussiert werden kann, dass das, was eine Lehrperson aus ihrer Sicht als *fundamental* und *elementar* aus einem Inhalt herausgearbeitet hat, für das lernende Individuum ebenjene Bedeutung erfüllt, so ist es doch für die Kommunikation im Klassenraum und die Entwicklung einer Verständigungsgemeinschaft zwischen Lehrenden und Lernenden von entscheidender Bedeutung, dass die auf Seiten der Lehrenden bestehenden Ideen des Elementaren, Fundamentalen und Exemplarischen in den Inhalten verdeutlicht werden können.

### III. Die Struktur des Unterrichts - Berliner Modell

Im lehr-lerntheoretischen Ansatz des Berliner Modells (Heimann, Otto & Schulz, 1965) wird der Blick auf das strukturelle Gesamtgefüge des Unterrichts und dessen Bedeutung für Lehren und Lernen gelenkt. Dabei wird eine Analyse der Unterrichtsstruktur anhand der Strukturmerkmale *Intentionalität*, *Thematik*, *Methodik* und *Medienwahl* durchgeführt. Auf Grundlage dieser Merkmale kann Unterricht sowohl geplant als auch reflektiert werden. In der Planung werden die einzelnen Merkmalsbereiche erarbeitet und gegeneinander abgewogen. Die zusätzliche Betrachtung zum einen der anthropogenen und zum anderen der soziokulturellen Voraussetzungen im Lernprozess soll eine aus diagnostischer und organisatorischer Sicht bestmögliche Adressatenorientierung des Unterrichtsangebots ermöglichen. Das Berliner Modell bietet eine Analysestruktur für die aus Erfahrungen der Lehrkräfte und theoriebasierten Ansätzen entstehenden Vorstellungen der Lehrenden über den möglichen Ablauf des Unterrichts und den auf Grundlage der Konzepte und Überzeugungen auf Seiten der Lehrkräfte zu erwartenden Wechselwirkungen. Insofern findet es vor allem als Werkzeug zur Professionalisierung des eigenen didaktischen Handelns Anwendung. Dabei kann es für die Lehrenden im Unterrichtsgeschehen Handlungsroutrinen ermöglichen, um Lernende, Unterrichtsabläufe und eigenes Handeln zu beobachten und anschließend zu reflektieren. Auch auf die Gefahr einer enggeführten Erwartung an das Unterrichtsgeschehen und einem daraus resultierenden Verlust an Flexibilität im Umgang mit realen Unterrichtsabläufen soll hier hingewiesen werden. Mit konstruktivistischem Blickwinkel auf das Berliner Modell kann auch hier angemerkt werden, dass den Einzelementen des Unterrichts aus Sicht

einer konstruktivistischen Didaktik keine eigene Kraft innewohnt, sondern die Lehrenden diese Wirkkraft und Bedeutung in die Elemente legen, deren intendierte Wirksamkeit und Wechselwirkungen durch die Gestaltung der Beziehungen und Kommunikation in der lernenden Gemeinschaft entfaltet werden können.

### *2.3.3.2 Entwicklung von Unterrichtskonzepten mit dem Modell der didaktischen Rekonstruktion*

Ein in der Physikdidaktik ausdifferenziertes didaktisches Modell, welches sich analytisch und mit einem konstruktivistischen Verständnis der Organisation und dem Aufbau des Unterrichts nähert, ist die *didaktische Rekonstruktion* (Kattman et al., 1997). Dem Begriff der Rekonstruktion wird in diesem Zusammenhang folgende Bedeutung zugewiesen: „Die didaktische Rekonstruktion umfaßt sowohl das Herstellen pädagogisch bedeutsamer Zusammenhänge, das Wiederherstellen von im Wissenschafts- und Lehrbetrieb verlorengegangenen Sinnbezügen, wie auch den Rückbezug auf Primärerfahrungen sowie auf originäre Aussagen der Bezugswissenschaften.“ (Kattman et al., 1997, S. 4). Dabei spricht die didaktische Rekonstruktion von drei aufeinander bezogenen Prozessen – dem fachdidaktischen Triplet: Der fachlichen Klärung, dem Erfassen von Schülervorstellungen sowie der didaktischen Strukturierung. Die Autoren geben der „Interdependenz didaktischer und fachlicher Aspekte“ (ebenda, S. 5) eine grundlegende Bedeutung. Die fachliche Klärung erfolgt als Inhaltsanalyse fachwissenschaftlicher Quellen. „Typische Fragen der fachlichen Klärung sind: Welche fachwissenschaftlichen Aussagen liegen zu diesem Thema vor, und wo zeigen sich Grenzen? Welche Genese, Funktion und Bedeutung haben die fachlichen Begriffe, und in welchem Kontext stehen sie jeweils? Welche Fachwörter werden verwendet, und welche Termini legen durch ihren Wortsinn lernhinderliche bzw. – förderliche Vorstellungen nahe?“ (ebenda, S. 11). Das Erfassen von Schülervorstellungen ist im Modell als eigene empirische Datenerhebung vorgesehen. Als typische Fragen werden hier genannt: „Welche Vorstellungen haben Schülerinnen und Schüler zu einem bestimmten Thema? Stammen die Vorstellungen aus lebensweltlichen oder fachorientierten Kontexten? Welche unterschiedlichen Bedeutungen werden zentralen Fachwörtern zugewiesen?“ (ebenda, S. 12). Auch die Ergebnisse dieser Datenerhebung werden inhaltsanalytisch aufgearbeitet. Beim Prozess der didaktischen Strukturierung sind unterstützende Fragestellungen: „Welche Korrespondenzen und unterrichtlichen Möglichkeiten eröffnen sich aus dem Vergleich der Vorstellungen von Wissenschaftlern und Schülern? Welche Schülervorstellungen sind bei der Vermittlung von Begriffen und bei der Verwendung von Termini zu beachten? Welche metafachlichen und metakognitiven Denkinstrumente könnten für ein angemesseneres und fruchtbareres Lernen nützlich sein?“ (ebenda, S. 12). Wesentlich ist im Modell der didaktischen Rekonstruktion dabei auch der Prozess der Elementarisierung. Hier wird explizit auf den bildungstheoretischen Begriff des *Elementaren* Bezug genommen, wie er bei Klafki (1959, 1964) diskutiert wird und auf grundlegende

Zusammenhänge und Ausgangspunkte eines Bildungsinhaltes verweist. Der Begriff wird dabei weitreichend sowohl bzgl. historischer Grundlagen, als auch im Sinne der im Lernenden liegenden Voraussetzung eines Bildungsprozesses, sowie auf die Idee *dem Inhalt innewohnender* fundamentaler fachlicher Gedanken bezogen. Die einzelnen Prozesse der didaktischen Rekonstruktion befinden sich in einem iterativen Bezug aufeinander und werden somit in einem stetigen aufeinander bezogenen Prozess weiterentwickelt. Eine besondere Leistung des Modells besteht darin, dass es drei in der didaktischen Tradition sehr verschieden verortete Ansätze – den der Didaktischen Analyse nach Klafki (1964), den der lehr-lerntheoretischen Didaktik im Berliner Modell (Heimann, Otto & Schulz, 1965) und eine konstruktivistische Vorstellung vom Lernen und Lehren (Reich, 2012, 1996) – gemeinsam in die konzeptionelle Planung von Unterricht einfließen lässt und somit die ergänzende Anwendbarkeit im Sinne des gemeinsamen Zieles der Unterrichtsgestaltung über die Differenzen der Strömungen legt. Darüber hinaus bedeutet die im Modell der didaktischen Rekonstruktion eingeforderte Beachtung vorunterrichtlicher Vorstellungen für die Konzeption und Gestaltung des Unterrichts einen wesentlichen Schritt in Richtung einer adressatenorientierteren Unterrichtspraxis. Die Autoren selbst schlagen ihr Modell vor „als theoretischen Rahmen für fachdidaktische Forschungs- und Entwicklungsarbeit“ (ebenda, S. 16). Eine alltägliche Anwendbarkeit des Modells in der Planung und Durchführung von Unterricht scheint aufgrund des bei konsequenter Umsetzung hohen begleitenden Forschungsaufwandes zur Erhebung und Auswertung der von den Lernenden eingebrachten Vorstellungen noch nicht realistisch. Kritisch soll hier zudem angemerkt werden, dass auch im Modell der *didaktischen Rekonstruktion* ein scheinbarer Hoheitsanspruch bezüglich einer im Unterricht zu erreichenden Zielkonstruktion formuliert wird, auch wenn diese Zieldimension unter iterativer Bezugnahme auf Schülervorstellungen entwickelt wurde. Ein solcher Anspruch wird einem konstruktivistischen Verständnis nicht konsequent gerecht. Die Autoren schreiben hierzu: „Aus den Ergebnissen der Teiluntersuchungen und aus deren wechselseitigem Vergleich erwächst die didaktische Strukturierung und damit die Planung von Lernwegen für Schülerinnen und Schüler“ (Kattman et al., 1997, S.5). Ein solcher didaktisch rekonstruktiv geplanter Lernprozess besitzt Zielvorstellungen, welche eine aus fachwissenschaftlicher und pädagogischer Sicht optimierte Repräsentation eines Wissensaspektes darstellen. „Die Schülervorstellungen müssen als Gegebenheiten, von denen auszugehen ist, für wahr genommen werden; die in der fachlichen Klärung gewonnenen wissenschaftlichen Aussagen bilden den Zielbereich, der im Unterricht angestrebt wird.“ (ebenda, S. 13). Die Methode suggeriert somit, dass unter gewissenhafter Berücksichtigung und Kontrolle individueller (Vor-)Konstruktionen und fachlicher Vorstellungen die Prozesse der Rekonstruktion und Dekonstruktion kontrolliert zu einer gemeinsamen wissenschaftlichen Zielvorstellung hinführbar sind, welche grundlegend dem Lerngegenstand selbst innewohnt. Dieser Anspruch aber kann unter einer konstruktivistischen Sicht auf das Lernen, welcher sich die Autorengruppe verpflichtet sieht (ebenda, S.14), nicht als Ziel eines Lernprozesses betrachtet werden

(siehe dazu auch *Abschnitt 2.3.3.1.II*). Darüber hinaus wird die Bedeutung von Kommunikation und Beziehungen im Lernprozess im Modell nicht deutlich herausgearbeitet. Im Sinne einer konstruktivistischen Didaktik (Reich, 2012, 1996) ist die Qualität unterrichtlicher Kommunikation zu stärken: somit gilt es im Unterricht eine von Lernenden und Lehrenden beidseitig akzeptierte Verständigungsgemeinschaft zu bilden, deren Wissen im kommunikativen Prozess sozial konstruiert wird. Neubert, Reich und Voß (2001, S. 259) schreiben, dass „Lernen gerade auf Beziehungsseite als ein grundlegend offene[r] Prozess zu begreifen“ ist, was „das Eingeständnis voraussetzt, dass Lernprozesse niemals vollständig symbolisch planbar und kontrollierbar sind – z.B. indem wir meinen, im Vorhinein hinreichend wissen und voraussagen zu können, wie sie in jedem konkreten Einzelfall verlaufen müssen“.

### *2.3.3.3 Unterricht öffnen - Freiheitsgrade in konstruktivistischen Unterrichtsentwürfen*

Die Vielfalt denkbarer Lernumgebungen und Unterrichtsentwürfe ist auch auf Grundlage einer konstruktivistischen Erkenntnistheorie groß. Bei Terhart (1999) findet sich eine Zusammenstellung konstruktivistischer Unterrichtsprinzipien nach Wolff (1994) bzw. nach Dubs (1995) und nach Meixner (1997). Bei Reinmann-Rothmeier und Mandl (1998) sind Überlegungen zu Gelingensbedingungen konstruktivistischer Lernarrangements in der Praxis zusammengefasst. Einen Überblick unterschiedlicher unter konstruktivistischen Grundannahmen gestalteter Lernumgebungen und Überlegungen zur Übertragbarkeit dieser in die Unterrichtspraxis geben Reinmann & Mandl (2006). Als Beispiele konstruktivistischer Unterrichtsentwürfe können z.B. das *problemorientierte Lernen* und die *Schaffung situierter Lernumgebungen* genannt werden. Im *anchored instruction Ansatz* wurde mit den *Abenteuern des Jasper Woodbury* (Cognition and Technology Group at Vanderbilt, 1992; Scharnhorst, 2001) als narrative Anker für komplexe reale Probleme, die Konzeption einer situierter Lernumgebung umgesetzt. Auch Bezeichnungen wie *selbstgesteuertes Lernen* und *entdeckendes Lernen* sind Begriffe für konstruktivistische Lernumgebungen. Gemeinsam ist diesen Ansätzen vor allem, dass bei der Konzeption solcher Unterrichtssettings die Kenntnis über den starken Zusammenhang zwischen individuellem Erleben und angestoßenen Wissenskonstruktionsprozessen von grundlegender Bedeutung ist, wie sie ein konstruktivistisches Verständnis von Lernen und Lehren nahelegt. Dabei weisen die Einzelmethoden hinsichtlich ihrer Merkmalszusammensetzung neben ihrem namensgebenden Hauptmerkmal häufig keine strenge Struktur auf, was Zuordnungen unscharf werden lässt. Im Bereich konstruktivistischer Lernumgebungen hat sich auch die Bezeichnung *offene Unterrichtsform* etabliert. Diese Bezeichnung meint, dass Lernenden in solchen Lernumgebungen in der Auseinandersetzung mit dem angebotenen Fachinhalt Freiheitsgrade gewährt werden, die Begegnungen mit Lerninhalten auf unterschiedlichen Ebenen und somit individuelle Lernwege ermöglichen. Der Begriff des *offenen Unterrichts* bleibt dabei aber unscharf und gibt als solcher wenig Auskunft über konkrete Gestaltungsformen. Als minimal verbindendes Element kann hier eine Öffnung des Unterrichts in einer oder mehreren Dimensionen

betrachtet werden. Dabei sind unterschiedliche Öffnungsdimensionen denkbar. Bohl und Kucharz (2010) unterteilen in die vier Öffnungsbereiche *Organisation, Methoden, Inhalt, Rechte & Normen*. Öffnungen in den unterschiedlichen Bereichen können auch für das Lehren und Lernen sehr unterschiedliche Konsequenzen haben und eine Individualisierung von Lernwegen unterschiedlich stark unterstützen (Hauk & Gröschner, 2020). Das Auftauchen offener Formen im Unterricht ist aber weder ein Garant für ein zugrundeliegendes konstruktivistisches Verständnis von Lernen und Lehren, noch sind solche Formen als bloße Methode in dieser Weise wirksam. Eine elaborierte Form des *offenen Unterrichts* stellt der *Projektunterricht* (Frey, 2010; siehe auch *Abschnitt 2.3.2*) dar. In der vorliegenden Arbeit erfolgt in *Abschnitt 4.2* eine konkrete Beschreibung des geplanten und durchgeführten Unterrichts. Dieses Vorgehen wird im Rahmen dieser Arbeit der Einordnung der entwickelten Unterrichtsreihe unter den Begriff des *offenen Unterrichts* vorgezogen, auch wenn die Intervention in einzelnen Abschnitten gezielt Öffnungen des Unterrichts hinsichtlich einzelner Öffnungsaspekte ermöglicht.

#### 2.3.3.4 Methodische Schwerpunktsetzungen im Physikunterricht

Abgeleitet aus zahlreichen Forschungsarbeiten und theoretischen Überlegungen ergibt sich auch für die methodische Praxis des naturwissenschaftlichen Unterrichts eine Fülle von Implikationen. Die hier getroffene Auswahl beschränkt sich auf zwei für die vorliegende Forschungsarbeit bedeutsame Bereiche. Zum einen wird das *Experimentieren* im Physikunterricht beleuchtet. Es nimmt als Bestandteil des Unterrichts eine zentrale Rolle ein und kommt auch im Rahmen der vorliegenden Interventionsstudie zum Einsatz. Darüber hinaus wird der *Projektunterricht* als Beispiel einer *offenen Lernumgebung* vorgestellt, welche sich auch für das kontextorientierte Lernen im Physikunterricht eignet und mit ausgewählten Aspekten in die Planung der vorliegenden Intervention einbezogen wurde.

##### I. Experimentieren

Die Tätigkeit des Experimentierens nimmt im Physikunterricht eine zentrale Rolle ein. Das haben Untersuchungen wie die IPN-Videostudie gezeigt. Dabei wird es aber nur zum Teil in einer Weise durchgeführt, wie es dem Kompetenzerwerb auch förderlich ist (Seidel et al., 2006b). Das Experimentieren im Physikunterricht ist zugleich als methodische Unterstützung des Kompetenzerwerbs sowie als Kompetenz selbst zu verstehen (KMK, 2004; ThILLM, 2012). Im Einzelnen bedeutet das, dass die im Zusammenhang mit dem Experimentieren auftretenden Tätigkeiten zum einen dem Bereich der im Fachunterricht zu erwerbenden Fähigkeiten angehören und zum anderen den Aufbau naturwissenschaftlichen Verständnisses fördern. Diese Doppelrolle des Experimentierens bedeutet insbesondere für die wichtige Trennung von Lern- und Leistungssituationen eine Herausforderung für die Unterrichtsgestaltung. Lernendenpraktika stehen häufig unter dem Druck, neben der forschenden Tätigkeit vor allem einzuüben, was am Ende als Handlungspraxis erlernt und abgeprüft werden soll. Die Folge sind Einschränkungen der experimentellen Freiheit – angefangen bei Materialien und Bauteilen, über

vorgefertigte Versuchspläne, standardisierte Protokolle, genaue Ergebnisvorstellungen und leistungsbewertende Beobachtung (Seidel et al., 2006b). Phänomene werden aus Zeitgründen oder zur Aufwands- oder Gefahrenminimierung häufig nur als Demonstrationsexperimente vorgeführt – Beobachtungen dabei nur gesammelt und in einer Unterteilung von *richtig* und *falsch* eingeordnet. Während Pannen und Fehler in Leistungssituationen von den Lernenden als Scheitern wahrgenommen werden und negative Auswirkungen auf das Lernen haben (Weinert 1999b; Meyer, Seidel & Prenzel, 2006), besitzen sie in Lernsituation kreatives Potential und können wichtige Entwicklungsprozesse auslösen (Seidel et al., 2006b). Experimentiersituationen sollten daher eindeutig entweder als Lernsituationen oder als Situationen der Diagnostik naturwissenschaftlicher Methodenkompetenz gekennzeichnet sein. In Lernsituationen können mögliche Fehlversuche beim Experimentieren als positives Potential im Lernprozess konstruktiv genutzt werden. Dabei sollte weder durch erwartete Leistungsbewertung noch durch das verbale Bewerten individueller experimenteller Befunde im Vergleich mit einem Idealverlauf des Experiments das eigene Experimentieren als Scheitern erlebt werden. Andererseits sollten Experimente in Situationen der Diagnostik naturwissenschaftlicher Methodenkompetenz für die Lernenden als solche gekennzeichnet und durch ausreichend Phasen des Erlernens der experimentellen Methoden vorbereitet und eingeübt werden. Wie in allen Unterrichtsphasen wird auch für das Experimentieren die Fehlerkultur als wesentliches Merkmal positiver Lehr-Lernbedingungen (Helmke, 2012; Duit & Wodzinski, 2010) erachtet. Notwendig ist es daher, dem kreativen Experimentieren unter Einbeziehung von Alltagsgegenständen, eigenen Experimentierplänen und Zielstellungen sowie fächerübergreifenden Ansätzen im Zusammenhang mit ausreichend Zeit zum Experimentieren und der Möglichkeit zum fehlertoleranten Ausprobieren und Diskutieren von Ergebnissen angemessen Raum zu geben. Aus konstruktivistischer Sicht wird den zuletzt beschriebenen Praktiken besondere Bedeutung für den Kompetenzerwerb beigemessen. Hier wird die Selbsttätigkeit gefördert. Ausgehend von eigenen Vorstellungen werden Effekte ausprobiert und die forschende Tätigkeit entwickelt. Das gemeinsam beobachtete oder durchgeführte Experiment bietet zudem eine wichtige Gelegenheit zur Unterrichtskommunikation, bei der vorunterrichtliche Vorstellungen und wissenschaftliche Modellierungen im Gesprächsprozess zu einer gemeinsamen konsensfähigen Darstellung finden können. Aus den Ergebnissen der Studien zum *Bremer Komplexitätsmodell* (Aufschnaiter, v. & Welzel, 1997) lässt sich dabei auch erkennen, dass es für den Kompetenzerwerb hilfreich ist, wenn den Lernenden parallel zum Experimentieren Grundlagenwissen auf unterschiedlichem Komplexitätsniveau zur Verfügung steht, welches sie je nach Erkenntnisstand in ihr forschendes Experimentieren einbeziehen können. Auch aus den Beobachtungen der IPN-Videostudie (Seidel et al., 2006b) zeigt sich, dass die Erhöhung des Anteils von Experimentierphasen der Lernenden nur dann eine positive Wirkung auf die Lernentwicklung hatte, wenn auch die eben benannten Qualitätsmerkmale der Experimentierphasen beobachtbar waren. Eine solche kreative Experimentierpraxis benötigt im Vergleich zu üblichen Experimentierpraktika einen größeren zeitlichen Spielraum und ist deshalb nicht

immer konsequent umsetzbar. Ein ausgewogenes Verhältnis unterschiedlich orientierter Experimentierphasen sollte aber angestrebt werden.

## II. Lernen in Projekten

Die *Projektmethode* als eine Form des offenen Unterrichts (siehe dazu auch *Abschnitt 2.3.3.3*) spielt für die Gestaltung des Physikunterrichts eine wichtige Rolle, weil sie insbesondere in der Herausbildung der Scientific Literacy, wie sie im *Abschnitt 2.2.5* beschrieben wurde, mit ihren vielfältig fächerübergreifenden Ansatzmöglichkeiten eine weitreichende methodische Chance darstellt. Auch im Zusammenhang mit der Einbindung interessierender Kontexte zeigt sich die Projektmethode als besonders geeignet. Eine grundlegende Darstellung der Projektmethode findet sich bei Frey (2010), wobei sich projektorientiertes Lernen auch historisch bei verschiedenen Autoren findet. Frey (2010) legt eine Zusammenfassung von Merkmalen vor, die sich durch thematische, organisatorische und gruppendynamische Selbstverantwortung auszeichnen. Ein Unterrichtsprojekt ist somit eine in der Verantwortung einer Lerngruppe liegende Arbeitseinheit, in der eine Thematik selbstorganisiert bearbeitet wird, was eine eigene Zielstellung, selbstbestimmte Arbeitsteilung und Methodenwahl, selbstorganisierte Erfassung und Reflexion des Arbeitsfortschritts und sozialer Prozesse innerhalb der Gruppe sowie die selbstständige Wahl und Gestaltung eines geeigneten Produktes beinhaltet. Kennzeichnend ist auch die aufgrund der lebensweltlichen Themenwahl entstehende Vernetzung unterschiedlicher Wissensdomänen. Aufgrund der in *Abschnitt 2.1.2* erläuterten pädagogisch-psychologischen Merkmale und Wirkungen des Interesses wird davon ausgegangen, dass Lernprozesse, in denen Lernende interessiert sind, günstigere affektive und kognitive Voraussetzungen besitzen und in einem Zustand intrinsischer Motiviertheit stattfinden können (Krapp, 1992b). Eine in Richtung der Freizeitinteressen erfolgende Öffnung der Kontexte, in denen Fachthemen eingebettet werden, erfordert die Möglichkeit der Mitbestimmung der Lernenden bei Fragen der Kontextualisierung, wie es die Projektmethode ermöglicht. Anknüpfend an die Ergebnisse der IPN-Interessenstudie (Hoffmann, Häußler & Lehrke, 1998), welche interessierende Kontexte physikalischer Lehrplanthemen aufdeckte, haben die Forschungsarbeiten im PiKo-Projekt (Duit & Mikelskis-Seifert, 2010) hilfreiche Materialien und Unterrichtsprojekte vorgeschlagen. Fachdidaktikwerke (z.B. Kircher, Girwidz & Häußler, 2007; Labudde 2008, 2013) sowie auch Lehrbücher für den Schulunterricht (z.B. Mikelskis & Wilke, 2004; Mikelskis, Schön & Wilke, 2006; Blume, Eilks, Muckenfuß, Ruppert, Spörhase-Eichmann & Nordmeier, 2007) oder die Fachzeitschrift *Naturwissenschaften im Unterricht Physik* (z.B. Hepp & Münzinger, 2001) greifen methodische Ansätze dieser Art auf. Hier finden sich auch Projektansätze, die nur in einigen Dimensionen die Freiheitsgrade der Methode ermöglichen. Inwiefern dabei grundlegende Prinzipien der Projektmethode unbeachtet bleiben, kann kritisch diskutiert werden. Wesentlich bleibt der Gedanke einer offenen Lernform, die zumindest in Teildimensionen Möglichkeiten der Mitbestimmung der Lernenden eröffnet. Insbesondere in Lerngruppen, die das Arbeiten in offenen Formen erst kennenlernen, ist ein stückweises Heranführen an die Öffnungsdimensionen im Bereich der Projektmethode und der

damit verbundenen Arbeitstechniken und Kompetenzen hilfreich. Dies beinhaltet auch eine gemeinsam mit der Lehrperson erfolgende Reflexion der aufgetretenen Schwierigkeiten im Bereich noch nicht ausgeprägter Arbeitstechniken. In der Praxis ist oft auch ein Wechsel zwischen offenen Formen wie dem selbstbestimmten Arbeiten in Projekten und geschlossenen Formen wie dem Lehrervortrag sinnvoll. Der von der Lehrperson vorbereitete Unterrichtsvortrag als Angebot fachlicher Expertise sowie das darauf aufbauende und reflektierende Unterrichtsgespräch sind für die Herausbildung einer Verständigungsgemeinschaft zwischen Lehrenden und Lernenden ebenso von Bedeutung wie die Möglichkeit der Lernenden in selbst gestalteten Beiträgen und in selbstbestimmten Arbeitsphasen ihr Wissen und ihre Vorstellungen einzubringen sowie in Kleingruppen zu diskutieren und selbstgesteuert zu erweitern.

Auch im Projektunterricht stellt die Unterscheidung von Lern- und Leistungssituationen eine wichtige Gelingensbedingung dar. Insbesondere die Bewertung von Teilaspekten des Prozesses der Projektarbeit erfordert neue Methoden (Bohl, 2004) und birgt ähnliche Gefahren, wie es für das Experimentieren oben beschrieben wurde. Ein auf Grundlage der diagnostischen Expertise der Lehrenden gemeinsam mit den Lernenden entwickelter und verhandelter Kriterienkatalog, wiederholte kriteriengeleitete Lernbeobachtungen sowie eine besondere Berücksichtigung der Selbsteinschätzung einer Gruppe bzw. der einzelnen Lernenden in der Gruppe können Ansatzpunkte einer Prozessbewertung sein. Als individuelles Reflexionswerkzeug eignet sich z.B. die Anfertigung von Portfolios, welche eigene Lernschritte festhalten und individuelle Meilensteine deutlich machen. Das Führen eines Portfolios kann die Lernenden dabei unterstützen, das in Projekten erworbene Wissen zu systematisieren. Darüber hinaus unterstützt es durch die Reflexion des Lernprozesses die Entwicklung metakognitiven Wissens. Es konnte gezeigt werden, dass die Arbeit mit Portfolios im Physikunterricht eine positive Wirkung auf die Emotionen bzgl. der im Fach erwarteten Leistungsherausforderungen erzielt (Limprecht, Janko & Gläser-Zikuda, 2013). Darüber hinaus wird auch für die Bewertung von Projektergebnissen bzw. Produkten in der gemeinsamen Entwicklung von Bewertungskriterien eine Maßnahme gesehen, welche die Übernahme von Verantwortung für den eigenen Lernprozess unterstützt und den Lernenden die Möglichkeit eröffnet, gezielt an der Erreichung selbstgesteckter Ziele zu arbeiten.

### **2.3.4 Zusammenfassung**

In Zusammenführung theoretischer Modelle aus den Bereichen der Unterrichtsqualitätsforschung und Didaktik sowie empirischer Erkenntnisse zum Lernen im Physikunterricht ergeben sich zahlreiche Implikationen für die Praxis des Physikunterrichts, welche ausführlich dargestellt wurden. Dabei sind neben konstruktivistischen Ansätzen für das Verständnis von Lernprozessen im Physikunterricht und konkreten Maßnahmen zur Ermöglichung guten Physikunterrichts auch methodische Schwerpunkte betrachtet worden. Das Zusammenspiel einer am Konzept der Scientific Literacy ausgerichteten Kompetenzorientierung mit der Möglichkeit der Einbindung von Fachthemen in interessierende Kontexte auf Grundlage eines konstruktivistischen Verständnisses von Lehren und Lernen wurde dabei besonders berücksichtigt.

## 2.4 Herleitung der Forschungsfragen und Forschungshypothesen

Ausgehend von der dargestellten empirischen Ausgangslage im Bereich der Physikdidaktikforschung sowie aufbauend auf den theoretischen Vorüberlegungen und den empirisch belegbaren Zusammenhängen ergeben sich für die vorliegende Arbeit die folgenden Implikationen: Ergebnisse zu den in deutschen Schulbiographien erworbenen naturwissenschaftlichen Kompetenzen zeigen, dass insbesondere die Aneignung eines über einfaches Faktenwissen hinausgehenden Wissens im Bereich der Naturwissenschaften im Rahmen der Schullaufbahn noch in ungenügendem Maße erfolgt. Es fällt den Lernenden schwer, ein komplexeres naturwissenschaftliches Verständnis aufzubauen und Vernetzungsleistungen zwischen verschiedenen Wissensbereichen zu zeigen.

Aus der pädagogisch-psychologischen Diskussion des Interesses sowie aus der Diskussion zum allgemeinen Kompetenzbegriff ist dabei abzuleiten, dass interessierende Themen positiv auf das Lernen wirken. Dabei wird beim interessierten Lernen eine Vernetzung verschiedener Kompetenzfacetten angenommen, da hier handlungsorientierte, emotionale und kognitive Bereiche ineinandergreifen und mit positiven selbstbezogenen Überzeugungen verbunden werden. Im herkömmlichen Unterricht haben deshalb die am Fachinhalt interessierten Lernenden häufig sowohl aus motivationaler Sicht als auch aus Sicht des Leistungsstandes und des fachlichen Selbstkonzeptes die besseren Bedingungen zum Kompetenzerwerb. Ein individuelles Interesse an der Naturwissenschaft Physik ist im schulischen Kontext kein häufiges Phänomen. In Forschungsarbeiten dazu konnte aber beobachtet werden, dass die Einbeziehung lebensweltlicher Kontexte eine positive Rolle im Lernprozess und zur Erhaltung des Fachinteresses spielen kann. In Zusammenführung dieser Ansätze wird hier eine Interventionsstudie vorgestellt, welche eine Kontextorientierung im Sinne einer Orientierung an alterstypischen individuellen, auch fachfremden Interessenbereichen umsetzt, um die positiven Merkmale des interessierten Lernens in die Lernprozesse im Physikunterricht einfließen zu lassen. Dabei geben die Forschungen zum Zusammenhang zwischen thematischem Textinteresse und der Lesekompetenz Anlass, eine positive Wirkung des individuellen Interesses auch in interessenferne Kompetenzfacetten hinein anzunehmen. Der vorgestellte Kompetenztest zum Fachwissen *Elektrizitätslehre* ermöglicht die Erfassung der Fachkompetenz vor bzw. nach der Intervention, wobei die gezeigten Kompetenzen mit Hilfe des Tests auch bzgl. ihres Komplexitätsniveaus erfassbar sind. Somit kann auch ein möglicher Einfluss des interessierten Lernens auf die Komplexität des erworbenen Wissens abgebildet werden. Auf Grundlage der dargestellten empirischen Erkenntnisse zur Bedeutung situationaler Interessen im Lernprozess muss angenommen werden, dass insbesondere dann eine positive Wirkung auf den Kompetenzerwerb zu erwarten ist, wenn es im Rahmen der interessenorientierten Intervention gelingt, das Auftreten situationalen Interesses im Unterricht positiv zu unterstützen. Eine mögliche Rückwirkung des Auftretens situationalen Interesses im Unterricht auf das individuelle Interesse am Schulfach Physik bzw. auf das Freizeitverhalten im Umgang mit physikalischen Themen wird ebenfalls untersucht.

### 3 Forschungsfragen und Forschungshypothesen

Nachdem das Forschungsanliegen durch die theoretischen Grundlagen in Berücksichtigung des Forschungsstandes fundiert wurde, werden im Folgenden die Fragestellungen und die dahinterliegenden Forschungshypothesen vorgestellt. Ausgangspunkt der vorliegenden Arbeit ist die Annahme, dass die Einbindung individueller Interessen der Lernenden in den Physikunterricht eine Wirksamkeit auf den Lernprozess im Sinne einer positiven Unterstützung des Kompetenzerwerbs zeigt. Dabei wird angenommen, dass insbesondere situationale Merkmale des Interesses den Zusammenhang beeinflussen. Die methodische Umsetzung einer solchen Einbindung individueller Interessen in den Physikunterricht sowie das forschungsmethodische Vorgehen der Studie werden in Kapitel 4 dargelegt.

#### 3.1 Kompetenzerwerb im Treatment-Kontrollgruppen-Vergleich (Haupteffekt)

Forschungsfrage 1:

Welcher Zuwachs der Kompetenzen im Fach Physik im Bereich *Fachwissen Elektrizitätslehre* lässt sich von Messpunkt  $t_{\text{prä}}$  (vor der Unterrichtsreihe) zu Messzeitpunkt  $t_{\text{post}}$  (nach der Unterrichtsreihe) unter Berücksichtigung der Gruppenzugehörigkeit zu Treatment- bzw. Kontrollgruppen erkennen?

Hypothese 1:

Der Kompetenzerwerb sowie der Einsatz vorhandener Kompetenzen im übergeordneten Fachwissensbereich *Elektrizitätslehre* werden durch die Unterrichtsreihe zum Themengebiet *Halbleiter* gefördert, wobei diese Förderung durch die Interessenorientierung innerhalb der Treatmentgruppe stärker ausfällt, insbesondere im Bereich höherer Komplexitätslevel.

#### 3.2 Zusammenhang zwischen erreichter Kompetenz und Merkmalen der Lernenden

Forschungsfrage 2:

Lässt sich der erreichte Kompetenzwert zum Ende der Unterrichtsreihe über ausgewählte fachspezifische Lernvoraussetzungen regressionsanalytisch modellieren?

Hypothese 2:

Die Berücksichtigung fachfremder Interessen als individuelle Lernvoraussetzungen im Physikunterricht verändert den Einfluss fachspezifischer Lernvoraussetzungen auf den Kompetenzerwerb.

### **3.2.1 Unterschiede im Kompetenzerwerb bei Lernenden mit unterschiedlich hohem Vorwissen zum Themengebiet Halbleiter**

Forschungsfrage 2.1:

Zeigen sich im zeitlichen Verlauf von  $t_{prä}$  zu  $t_{post}$  differenzielle Interventionseffekte im Vergleich zwischen Lernenden mit geringerem vs. größerem Vorwissen zum Themengebiet Halbleiter in Bezug auf den Kompetenzerwerb?

### **3.2.2 Unterschiede im Kompetenzerwerb bei Lernenden mit unterschiedlichem Vorleistungsstand im Schulfach Physik**

Forschungsfrage 2.2:

Zeigen sich im zeitlichen Verlauf von  $t_{prä}$  zu  $t_{post}$  differenzielle Interventionseffekte im Vergleich zwischen leistungsstarken und leistungsschwachen Lernenden in Bezug auf den Kompetenzerwerb?

### **3.2.3 Unterschiede im Kompetenzerwerb bei Lernenden mit verschiedenen Fähigkeitsselbstkonzept im Schulfach Physik**

Forschungsfrage 2.3:

Zeigen sich im zeitlichen Verlauf von  $t_{prä}$  zu  $t_{post}$  differenzielle Interventionseffekte im Vergleich zwischen Lernenden mit schwächerem bzw. stärkerem Fähigkeitsselbstkonzept im Schulfach Physik in Bezug auf den Kompetenzerwerb?

### **3.2.4 Unterschiede im Kompetenzerwerb bei Lernenden mit verschiedenem Interesse am Schulfach Physik zu Beginn der Unterrichtsreihe**

Forschungsfrage 2.4:

Zeigen sich im zeitlichen Verlauf von  $t_{prä}$  zu  $t_{post}$  differenzielle Interventionseffekte in Bezug auf den Kompetenzerwerb im Vergleich von Lernenden mit unterschiedlichem Interesse am Schulfach Physik zu Beginn der Unterrichtsreihe?

## **3.3 Veränderungen in den Interessenmerkmalen der Stichprobe im Verlauf der Unterrichtsreihe**

### **3.3.1 Einfluss der interessenorientierten Unterrichtsgestaltung auf das situationale Interesse während der Unterrichtsreihe**

Forschungsfrage 3.1:

Zeigt sich bei interessenorientierter Unterrichtsgestaltung eine im Vergleich zwischen Treatment- und Kontrollgruppe höhere Ausprägung des situationalen Interesses in der Treatmentgruppe?

Hypothese 3.1:

Eine Orientierung der Unterrichtsgestaltung an individuellen Interessen der Lernenden in der Treatmentgruppe steigert das situationale Interesse im Unterricht.

Forschungsfrage 3.2:

Zeigen sich Zusammenhänge zwischen situationalem Interesse und Kompetenzerwerb?

Hypothese 3.2:

Eine höhere Ausprägung situationaler Interessen zeigt eine positive Wirkung auf den Kompetenzerwerb.

### **3.3.2 Entwicklung des Interesses am Schulfach Physik**

Forschungsfrage 3.3:

Zeigen sich im Vergleich zwischen den Messzeitpunkten  $t_{\text{prä}}$  und  $t_{\text{post}}$  Gruppenunterschiede zwischen Treatment- und Kontrollgruppe im *Interesse am Schulfach Physik* sowie in der *Häufigkeit der Freizeitbeschäftigung mit Physik*?

Hypothese 3.3:

Eine interessenorientierte Unterrichtsgestaltung unterstützt die Ausprägung bzw. den Erhalt des *Interesses am Schulfach Physik* positiv und steigert die *Häufigkeit einer Auseinandersetzung mit Physik in der Freizeit*.

## 4 Methodisches Vorgehen

Im Folgenden wird die durchgeführte Interventionsstudie methodisch beschrieben. Dabei werden das gewählte Design, der Ablauf und Aufbau der Intervention und die eingesetzten Instrumente vorgestellt und erläutert. Die Stichprobe wird hinsichtlich der für die Studie relevanten Eigenschaften ausführlich vorgestellt. Abschließend erfolgt eine kurze Beschreibung der Datenanalyse.

### 4.1 Design

Zur Überprüfung der Forschungshypothesen wurde ein quasiexperimentelles Untersuchungsdesign gewählt. Im Zentrum stand eine Intervention in Form einer vorbereiteten Unterrichtsreihe im Physikunterricht der Sekundarstufe 1 zum Themengebiet *Halbleiter*. Die Unterrichtsreihe hatte einen Stundenumfang von 11 Unterrichtsstunden und erstreckte sich somit über eine Dauer von ca. fünf Wochen (siehe Abbildung 1).

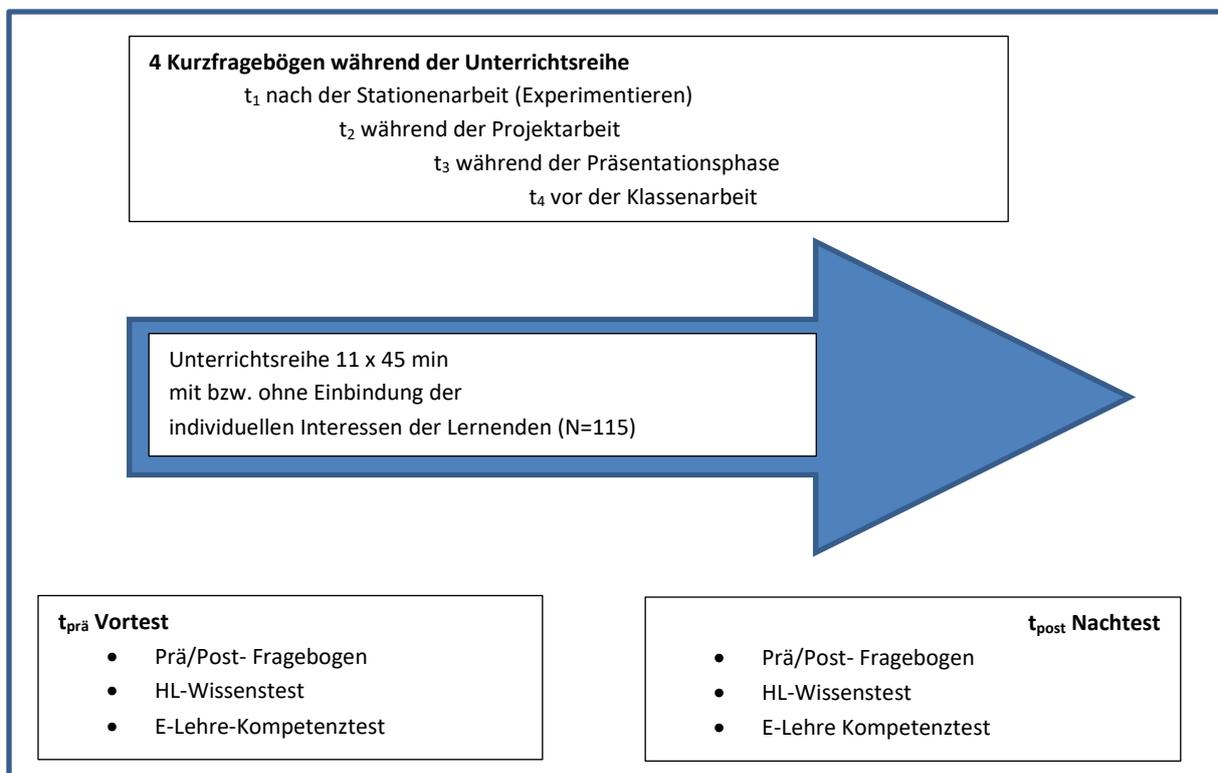


Abbildung 1. Erhebungsverlauf der Interventionsstudie.

Es wurde eine in Aufbau, didaktischer Struktur und fachlichem Inhalt identische Intervention in Treatment- und Kontrollgruppen eingesetzt. Wesentlicher und der ersten Forschungsfrage (Haupteffekt) folgender Gruppenunterschied war die explizite Einbindung der individuellen Interessen der Lernenden in den Fachunterricht der Treatmentgruppe.

Zu den Prä- und Post-Erhebungen wurden ein Fragebogen sowie Kompetenz- und Leistungstests eingesetzt. Zusätzlich wurde ein Kurzfragebogen entwickelt, welcher während der Intervention zu vier Zeitpunkten auszufüllen war.

Die Haupterhebung der Studie wurde im Zeitraum Januar bis September 2014 durchgeführt, wobei eine Staffelung der Gruppen vorlag (siehe 4.4.2).

## **4.2 Intervention**

Im Folgenden wird die in der vorliegenden Studie eingesetzte Intervention im Physikunterricht der Sekundarstufe 1 beschrieben. Einführend werden die gegebenen Rahmenbedingungen der Studie ausgeführt, welche wesentlichen Einfluss auf die Planung und Entwicklung des Unterrichts hatten. Dabei werden die durch das gewählte Studiendesign entstandenen methodischen und didaktischen Grenzen der Materialentwicklung unter Bezugnahme auf Aspekte der Implementationsforschung (Reinmann-Rothmeier & Mandl, 1998; Gräsel & Parchmann, 2004) dargestellt. Daran anschließend wird der Ablauf der Intervention ausführlich beschrieben. Da aus den im Folgenden beschriebenen Gründen sowohl für die Treatmentgruppe als auch für die Kontrollgruppe je parallele Unterrichtsreihen entwickelt wurden, werden die Begriffe *Intervention* und *Unterrichtsreihe* für beide Gruppen verwendet. Eine an einzelnen Punkten notwendige Unterscheidung zwischen Treatment- und Kontrollgruppe wird im Text explizit angegeben. Zum vertiefenden Verständnis werden darüber hinaus die für die Aus- und Aufarbeitung der entwickelten Unterrichtsreihe erarbeitete Didaktische Analyse (Klafki, 1964) des Themengebietes *Halbleiter* sowie eine Struktur- und Bedingungsanalyse der Unterrichtsreihe nach dem Berliner Modell (Heimann, Otto & Schulz, 1965) ergänzend nebeneinander gestellt. Während bei der Didaktischen Analyse der Bildungsgehalt des im Rahmen des Thüringer Lehrplans Physik an Gymnasien (ThILLM, 2012) vorgegebenen Stoffgebietes im Fokus steht, eignet sich die Strukturanalyse besonders dafür, die für sechs unterschiedliche Klassen geplante Unterrichtsreihe übergeordnet analytisch aufzuarbeiten und strukturell zu reflektieren. In diesem Zusammenhang soll hier auch nochmals auf das zugrundeliegende und in den Grundlagen dieser Arbeit ausgeführte konstruktivistische Verständnis von Lehren und Lernen (siehe dazu auch die *Abschnitte 2.1.1, 2.3.1 und 2.3.3.1*) hingewiesen werden. Die Verwendung dieser aus unterschiedlichen didaktischen Traditionen stammenden Modelle schließt sich aus unterrichtspraktischer Sicht nicht aus (siehe dazu auch die Diskussion in *Abschnitt 2.3.3*), da die Modelle je eigene Schwerpunktsetzungen verfolgen und somit ihre je eigene Praxisrelevanz besitzen.

### **4.2.1 Rahmenbedingungen der Materialentwicklung und Implementation**

Der Einsatz der entwickelten und dabei an Lehrplaninhalte und Möglichkeiten des Physikunterrichts an Schulen angepassten Materialien ermöglicht es, schon im Rahmen der Erforschungsphase an den teilnehmenden Schulen eine Wirkung in der Praxis zu entfalten. Im Zusammenhang mit dieser

Möglichkeit steht auch eine besondere Verantwortung bei der Konzeption der Unterrichtsreihe, da die spätere Implementation entsprechender aus der Unterrichtsforschung angeregter Veränderungen durch die erste Begegnung mit der Praxis im Rahmen einer Erprobung unterstützt aber auch erschwert werden kann (Gräsel & Parchmann, 2004). Der Begriff der Implementation soll dabei nach Euler und Sloane (1998, zitiert nach Reinmann-Rothmeier & Mandl, 1998, S. 10) verstanden werden als „die Umsetzung von wissenschaftlichen Erkenntnissen in die gesellschaftliche Praxis“. Insofern ist der im Rahmen dieser Studie erfolgte kurzzeitige und experimentelle Einsatz entwickelter Materialien nicht unter dem Begriff der *Implementation* im Sinne der *Implementationsforschung* zu fassen. Einige Erkenntnisse aus diesem Forschungsbereich sind aber dennoch auch für die Ermöglichung von Umsetzungsqualität im Erprobungsrahmen kleiner Studien wegweisend. Es wird auf die Bedeutung der Passung zwischen der zu implementierenden Veränderung und bestimmten institutionellen Rahmenbedingungen wie z.B. inhaltlichen Vorgaben im Ausbildungsgang, begrenzten materialen Ausstattungen von Schulen oder unveränderten Prüfungsmodalitäten nach veränderten Phasen des Wissenserwerbs aufmerksam gemacht (Reinmann-Rothmeier & Mandl, 1998). Gräsel und Parchmann (2004) weisen darüber hinaus auf die Bedeutung der Unterstützung durch die Schulleitung hin. Die Kommunikation der Agierenden aus Praxis und Forschung spielt auch über die Anerkennung der Schulleitungen hinaus eine wesentliche Rolle. Die Offenlegung der Forschungsziele und die Bemühung um Wertschätzung dieser, sowie ein lebendiger Austausch über Gelingensbedingungen und Grenzen sowie beobachtbare Erfolge kann die Umsetzungsqualität einer Studie wesentlich verbessern (Reinmann-Rothmeier & Mandl, 1998). Auch die im Rahmen dieser Arbeit umgesetzte Intervention hatte, neben inhaltlichen und methodischen Gesichtspunkten der Unterrichtsplanung, forschungslogische und studienorganisatorische Rahmenbedingungen zu erfüllen, welche die Gestaltung der Unterrichtsreihe beeinflussten. Dazu zählen vor allem die Folgenden:

- Das Unterrichtsangebot in beiden zu vergleichenden Gruppen musste sowohl fachinhaltlich als auch methodisch und zeitlich vergleichbar bleiben und sich möglichst allein in der im Fokus der Forschungsarbeit stehenden Berücksichtigung der Interessen der Lernenden unterscheiden, um eine möglichst hohe interne Validität zu ermöglichen (Bortz & Döring, 2006). Aus diesem Grund wurden für beide Gruppen Unterrichtskonzepte entwickelt, die in wesentlichen strukturellen Merkmalen übereinstimmten bzw. deren Unterschiede sich ausschließlich auf die angesprochenen Interessen der Lernenden bezogen.
- Die Dauer der Intervention musste so gewählt werden, dass eine interessenorientierte Gestaltung des Unterrichts möglich war, ohne die zeitlichen Möglichkeiten des Fachunterrichts zu überfordern. Diese Bedingung ist organisatorisch begründet, aber auch für die externe Validität der Studie von Bedeutung (Bortz & Döring, 2006). Mit einer Interventionsdauer von 11

Unterrichtsstunden und den dazugehörigen Erhebungszeiten wurden die zeitlichen Möglichkeiten im Physikunterricht bis an die Machbarkeitsgrenze ausgeschöpft.

- Aufgrund der Vielfalt möglicher individueller Interessen und der für die Intervention begrenzten Zeit war es notwendig, Unterrichtsmethoden zu wählen, die eine zeitgleiche Bearbeitung verschiedener Interessenthemen zuließen.

Darüber hinaus waren die oben benannten Gelingensbedingungen für die Implementation von Unterrichtsentwicklungen (Gräsel & Parchmann, 2004; Reinmann-Rothmeier & Mandl, 1998) nicht außer Acht zu lassen. Abgesehen von determinierenden Forschungsbedingungen ist auch die Vielfalt der Möglichkeiten zur Integration von Interessen Lernender in den Fachunterricht groß. Lehrpersonen haben hier sowohl methodisch als auch thematisch ein großes Repertoire. In Vorbereitung der Materialentwicklung erfolgte deshalb die Beobachtung zahlreicher Physik-Unterrichtsstunden in der 8. sowie 9. Klassenstufe sowie zahlreiche Gespräche mit Lehrpersonen und Lernenden mit dem Ziel, durch gute Kenntnis des Unterrichtsverhaltens und häufig auftauchender Verständnisprobleme der gewählten Altersklasse sowie durch Kenntnis üblicher Unterrichtsmethoden und -materialien im ausgewählten Themengebiet die begrenzten zeitlichen und methodischen Möglichkeiten der Intervention optimal zu nutzen. Da die hier erfolgte Unterrichtsplanung und Entwicklung und deren praktische Umsetzung unter den Bedingungen des forschungslogischen Rahmens zu betrachten ist, kann dabei ausdrücklich nicht der Anspruch ausgedrückt werden, mit der Intervention ein didaktisches *Idealbeispiel* interessenorientierter Unterrichtsgestaltung vorzustellen. Vielmehr stellt die Intervention *eine* unter den Bedingungen der Studie bestehende wohlüberlegte Möglichkeit dar, Interessenorientierung im Physikunterricht im gewählten Themengebiet zu ermöglichen.

Als Grundbedingung sowohl für die professionell angeleitete Ermöglichung von Lerngelegenheiten innerhalb des Unterrichts als auch für die Implementationsqualität des vorgegebenen *Drehbuchs* war es notwendig, dass die beteiligten Lehrpersonen sich einerseits mit der didaktischen, andererseits aber auch mit der forschungslogischen Idee der Unterrichtsreihe identifizieren konnten. Im Rahmen der freiwilligen Teilnahme an der Studie wurde dafür Sorge getragen, indem im persönlichen Gespräch eine Erläuterung der Anliegen und Ziele der Studie erfolgte, verbunden mit der Möglichkeit Rückfragen zu stellen und Anregungen einzubringen. In diesem Rahmen fand an zwei der drei teilnehmenden Schulen auch ein durch die beteiligten Lehrpersonen sowie die jeweilige Schulleitung initiiertes Gespräch mit der Schulleitung statt. Die entwickelten Materialien wurden den Lehrenden vorab vorgestellt und sie bekamen die Möglichkeit, sich bei Bedarf mit begründeten Änderungsvorschlägen in die Entwicklung der Materialien einzubringen. Wie gut eine Adaption des Materials im jeweiligen Unterricht ermöglicht werden konnte, wurde über Kurzprotokolle nach den Einzelstunden der Intervention und in Reflexionsgesprächen zwischen den Unterrichtsstunden sowie am Ende der Intervention erfragt. Dass die Einhaltung des vorgegebenen *Drehbuchs* für die Intervention eine prinzipielle

Notwendigkeit darstellte, war den Lehrpersonen bewusst. Aus didaktischer Sicht kann es aber in der konkreten Unterrichtssituation nachvollziehbare Gründe geben, von einem vorgegebenen *Fahrplan* abzuweichen. In den Kurzprotokollen sowie aus Gesprächen mit den Lehrpersonen ersichtliche Abweichungen werden daher in ihrer didaktischen Notwendigkeit im Sinne der Ermöglichung von Unterrichtsqualität, der Achtung der Lehrprofessionalität und somit dem grundsätzlichen Vorrang der Bildungs- und Erziehungsaufgaben im Unterricht vor den Forschungsinteressen nicht in Frage gestellt. Dass auch eine solche Herangehensweise die Umsetzungsqualität der Studie positiv beeinflussen kann, wird durch Erkenntnisse der Implementationsforschung gestützt (Reinmann-Rothmeier & Mandl, 1998).

#### 4.2.2 Beschreibung der Unterrichtsreihe

**Tabelle 2.** Ablauf der Unterrichtsreihe.

Abschnitt	Dauer in Unterrichtsstunden	Gemeinsamkeiten	Unterschiede
Stationenarbeit	2	Methode, Experimentierplätze für Treatment- und Kontrollgruppe	Unterschiedliche Informationsmaterialien zu den Stationen
Kurzfragebogen zu $t_1$			
Projektarbeit in Gruppen	4	Methode, Arbeitsauftrag	Projektthemen
Kurzfragebogen zu $t_2$ nach 2 U-Stunden Projektarbeit			
Präsentationen der Projektarbeit	2	Methode, Arbeitsauftrag	Projektthemen
Kurzfragebogen zu $t_3$			
Wiederholung und Festigung	2	Methode, Materialien	
Kurzfragebogen zu $t_4$			
Klassenarbeit	1	Methode, Aufgaben im Pflichtteil	Wahlaufgaben

#### **4.2.2.1 Ablauf**

Die Intervention folgte in beiden Gruppen dem in Tabelle 2 dargestellten Ablauf und umfasste insgesamt 11 Unterrichtsstunden, die sich auf fünf Phasen verteilten. Der strukturelle Aufbau der Intervention war dabei so konzipiert, dass die einzigen Planungsunterschiede zwischen Treatment- und Kontrollgruppe in der Anbindung an die individuellen Interessengebiete bestanden. Diese zeigten sich in erster Linie in der Projektarbeitsphase sowie in der Präsentationsphase (als Abschluss der Projektphase).

#### **4.2.2.2 Stationenarbeit**

Für beide Gruppen begann die Intervention mit einer zweistündigen *Stationenarbeit*, bei der fünf Stationen mit Experimenten zur Halbleiterphysik in Kleingruppen bearbeitet wurden. Die Experimente und Materialien für diese Arbeitsphase wurden speziell für das Anliegen der Intervention zusammengestellt und den Schulen in doppelter Ausführung komplett vorbereitet zur Verfügung gestellt.

Die Stationenarbeit diente als Einstieg in das Themengebiet. An den Experimentierplätzen erhielten die Lernenden die Möglichkeit, mit einfach zu realisierenden Experimenten einige Anwendungen von Halbleiterbauelementen zu erleben und Anknüpfungspunkte zu Alltagserfahrungen herzustellen (Experimentieranregungen: Böhlemann, 2012; Volkmer, 2001; Winter, 2012). Die Arbeit an den Stationen beschränkte sich jeweils auf die schriftlich angeleitete Bedienung einer vorbereiteten elektronischen Schaltung. An jedem Experimentierplatz wurde ein speziell angefertigtes Arbeitsblatt mit einfachen Fragen zum Ablauf bzw. zu den Ergebnissen des Experimentierens bearbeitet. Eine Vertiefung der Funktionsweise der Halbleiterbauelemente in diesen Schaltungen war dabei innerhalb der Stationenarbeit nicht vorgesehen. Um die notwendige methodische und inhaltliche Vergleichbarkeit zwischen Treatment- und Kontrollgruppe zu realisieren, wurden in dieser Arbeitsphase in beiden Gruppen identische Experimentierstationen eingesetzt. Der im Rahmen des Experimentierens hergestellte Bezug zu interessierenden Themenbereichen wie z.B. Musik und Sport wurde hierbei also auch für die Kontrollgruppe nicht verhindert. Der vertiefende Bezug zu den Interessen der Lernenden in der Treatmentgruppe wird erst in der zweiten Phase (Projektarbeit) der Unterrichtsreihe hergestellt und wurde im Rahmen der Stationenarbeit lediglich vorbereitet. Hierfür wurden, zusätzlich zu den in Treatment- und Kontrollgruppe identischen Arbeitsmaterialien, Informationsmaterialien bereitgestellt, die sich in der Kontrollgruppe streng an den physikalischen Grundprinzipien der Schaltungen orientierten, in der Treatmentgruppe aber zusätzlich Informationen über interessierende Anwendungen anboten.

Innerhalb dieser Arbeitsphase hatte die Lehrperson eine begleitende Rolle. Sie war ansprechbar, falls es Probleme in der Bearbeitung der Experimente gab und hatte die Aufgabe, die Gruppenfindung sowie den Wechsel zwischen den Experimentierstationen zu moderieren bzw. organisatorisch zu begleiten.

Die Experimente boten die Möglichkeit, interessierende Alltagsgegenstände in die Experimentieranordnung zu integrieren. Damit sollten Bezüge zu vorhandenen individuellen Interessen bzw. alterstypischen Interessensfeldern erkennbar und erlebbar werden. Darüber hinaus boten die Experimente Möglichkeiten zur Aktivierung durch Aufgaben, die mit Bewegung, mit akustischen und visuellen oder auch haptischen Reizen verbunden waren. Die Arbeit in Kleingruppen unterstützte dabei den kommunikativen Austausch über das Beobachtete und Erlebte. Aus interessentheoretischer Sicht kann in dieser Phase die Aktualisierung individueller Interessen angeregt werden, indem positive Erlebnisse erinnert werden, bereits vorhandenen Kompetenzen zum Einsatz kommen oder ein persönlicher Wert des Themengebietes erkannt wird. Darüber hinaus können aktivierende Ereignisse die Neugier wecken, positive Erlebensqualität aufweisen und Wissensdurst erzeugen. Das Ausprobieren kann als selbstbestimmt erlebt werden. Hiermit werden wesentliche Aspekte zum Wecken eines situationalen Interesses (*catch*-Komponente) (Lewalter & Geyer, 2009; Lewalter & Knogler, 2014, siehe auch *Abschnitt 2.1.2.5*) am Themengebiet angesprochen. Dieser Abschnitt der Unterrichtsreihe wurde in Treatment- und Kontrollgruppe gleichermaßen angeboten, weil eine methodische Parallelisierung dies erforderte. Erst im nächsten Unterrichtsabschnitt wurde den Lernenden in der Treatmentgruppe die Möglichkeit gegeben, das Thema im Sinne ihrer individuellen Interessenlage weiterzuentwickeln, während die Lernenden in der Kontrollgruppe thematisch eng an die physikalischen Schwerpunkte des Themengebietes gebundene Aspekte bearbeiteten.

#### 4.2.2.3 Projektarbeit in Gruppen

Auf die an Experimenten orientierte Einstiegsphase in das Stoffgebiet *Halbleiter* (Stationenarbeit) folgte ein zweiter Arbeitsabschnitt, in dem in Kleingruppen im zeitlichen Rahmen von vier Unterrichtsstunden ausgewählte Themenbereiche intensiver in Form eines Unterrichtsprojektes (Frey, 2010; siehe auch *Abschnitt 2.3.3.4*) bearbeitet wurden. Auch für diese Arbeitsphase erhielten die Lernenden vorbereitete Arbeitsmaterialien mit einem schriftlichen Arbeitsauftrag: Es sollte zu einem Themenkomplex ein zwei A4 Seiten umfassender Zeitschriftenartikel verfasst werden, welcher zentrale Aspekte des gewählten Themenbereiches benennt und erklärt sowie einen Bezug zu einem Experiment bzw. zu Anwendungsmöglichkeiten herstellt. Abschließend sollte in jedem Artikel eine sinnvolle inhaltliche Frage formuliert werden, die für die Lesenden des Zeitschriftenartikels nach der Lektüre beantwortbar ist. Zentraler Unterschied zwischen Treatment- und Kontrollgruppe war in dieser Arbeitsphase, dass sich die Themen der Kontrollgruppe auf die vier im Thüringer Lehrplan Physik an Gymnasien (ThILLM, 2012) angeregten wesentlichen fachlichen Eckpunkte in der Beschäftigung mit Halbleitern in der Sekundarstufe 1 beschränkten, nämlich auf die Aspekte:

- I. *halbleitend* als Materialeigenschaft
- II. Halbleiterbauelement *Diode*

- III. Halbleiterbauelement *Solarzelle*
- IV. Halbleiterbauelement *Transistor*.

Für die Treatmentgruppe wurden in Anlehnung an diese vier Kernthemen erweiterte Themenfelder angeboten, z.B.:

- I. Bewusster Umgang mit *alter* Elektronik; Wertvoller Elektronikschrott – Ressourcenknappheit, *Der Krieg um Tantal (als nichthalbleitender, aber wichtiger Elektronikwerkstoff)*, (Bezug zum 1.Schwerpunkt)
- II. Leuchtdioden von Musik gesteuert; Licht und Bewegung zur Musik; Anwendungen im Showgeschäft. (Bezug zum 2. Schwerpunkt)
- III. Die Solarindustrie in der Krise; Wirtschaftlichkeit eines subventionierten Industriezweiges; Bedeutung erneuerbarer Energien; Solarenergienutzung im Alltag (Bezug zum 3. Schwerpunkt)
- IV. Anwendungen von Verstärkerschaltungen in der Musik; Lautstärke und Gesundheit; historische Varianten der Musikverstärkung (Bezug zum 4. Schwerpunkt).

Dabei konnten die Lernenden in der Treatmentgruppe frei auswählen, welchen Themenbereich sie bearbeiten möchten. Im Rahmen des oben benannten Arbeitsauftrages konnten auch selbstgewählte Themen mit einem entsprechenden Bezug zur Halbleiterphysik bearbeitet werden, was von den Lernenden aber nicht genutzt wurde. Sowohl in der Treatmentgruppe als auch in der Kontrollgruppe erfolgte die Bearbeitung der Themen je nach Klassenstärke in Gruppen von zwei bis vier Lernenden in selbständiger Arbeit. Die aus der Stationenarbeit zur Verfügung stehenden Experimente sowie Informationsmaterialien konnten für diese Arbeitsphase weiter genutzt werden. Die Lernenden nutzten zudem die jeweiligen Möglichkeiten des Informationserwerbs an den Schulen – das heißt, sie recherchierten im Internet soweit das möglich war und nutzten vorhandene Fachbücher. Einige besorgten sich auch außerhalb der Unterrichtszeit Informations- und Anschauungsmaterialien und trafen sich nach dem Unterricht mit ihrer Projektgruppe, um mit der Bearbeitung des Themengebietes und der dann folgenden Präsentation vorwärts zu kommen.

In dieser Arbeitsphase erfolgte in der Treatmentgruppe idealerweise eine vertiefte Auseinandersetzung mit Themenbereichen, bei denen die Lernenden einen Bezug zwischen den im Lehrplan (ThILLM, 2012) geforderten Fachinhalten und individuellen Interessen herstellen konnten. Für Lernende, die sich für Physik und insbesondere Elektronik interessierten, war dieser Effekt auch dann erlebbar, wenn sie Teil der Kontrollgruppe waren. Neben der Wahl interessierender Themen in der Treatmentgruppe konnten die Arbeitsgruppen sowohl in der Treatment- als auch in der Kontrollgruppe in diesem Abschnitt ihre Arbeitsweise sowie die Beschaffung von Materialien und Informationen selbstbestimmt gestalten. Es konnte die Möglichkeit genutzt werden, zu Hause angefertigte Experimente mitzubringen oder auch Verbindungen des Projektthemas mit beruflichen Themen des Elternhauses oder eigenen

Freizeitinteressen zu thematisieren. Damit wurden Möglichkeiten für die Lernenden geschaffen, den persönlichen Wert der Themen zu verdeutlichen, fachfremde Kompetenzen einzubringen und über das Unterrichtsgeschehen hinausgehenden Wissensdurst zu erhalten. So sollte die *hold*-Komponente des situationalen Interesses im Unterricht unterstützt werden. (Lewalter & Gleyer, 2009; Lewalter & Knogler, 2014; siehe auch *Abschnitt 2.1.2.5*). Die Lehrperson nahm in diesem Abschnitt eine beratende Rolle ein.

#### 4.2.2.4 *Präsentationen der Projektarbeiten*

Am Ende der Projektarbeitsphase stand eine zweistündige *Präsentationsphase*, in der sich die Arbeitsgruppen gegenseitig ihre Ergebnisse vorstellten. Die Art der Präsentation wurde in der Planung nicht vorgegeben. Alle Gruppen stellten die inhaltlichen Ergebnisse in Form einer 15 bis 20-minütigen Präsentation entweder computerbasiert oder folienbasiert (je nach Möglichkeiten der Schule) an einer entsprechenden Projektionsfläche vor der Klasse vor. Darüber hinaus wurden im Rahmen der Präsentationen z.T. Experimente vorgeführt bzw. Anschauungsmaterialien durch die Präsentierenden in die Klassen gereicht. Die angefertigten Zeitschriftseiten wurden zur Ansicht im Plenum der einzelnen Klassen verteilt. Nach der Präsentationsphase wurden die Entwürfe über die Lehrperson an die Untersuchungsleiterin weitergereicht, um aus den einzelnen Seiten eine Zeitschrift zu erstellen, die allen Lernenden ausgehändigt werden konnte. Im Rahmen der Präsentationen gab es für die Mitlernenden die Möglichkeit, ein Feedback zu den Projektarbeiten zu geben, wobei die Form des Feedbacks in der Planung nicht vorgegeben wurde, sondern von der jeweiligen Lehrperson mit der Klasse vereinbart wurde. Aufgrund der Unterschiedlichkeit der Themen waren die Mitglieder einer Projektgruppe jeweils Experten für ihr Themengebiet. So konnte im Unterrichtsgespräch eine Situation des Kompetenzerlebens gefördert werden. Methodisch wies die Präsentationsphase in Treatment- und Kontrollgruppe keine geplanten Unterschiede auf, allerdings zeigten sich in der individuellen inhaltlichen Auseinandersetzung der Lernenden mit den einzelnen Themen erwartungsgemäß deutliche Unterschiede.

#### 4.2.2.5 *Wiederholung und Festigung*

Die sich an die Präsentationsphase anschließenden zwei Unterrichtsstunden wurden für Treatment- und Kontrollgruppe wieder einheitlich gestaltet. Sie dienten der Wiederholung und Festigung der wichtigsten fachlichen Inhalte des Themengebietes und somit der Vorbereitung auf die Klassenarbeit. Unterstützend wurde den Lehrpersonen sowie allen Lernenden ein Reader zur Verfügung gestellt. Dieser wurde auf Grundlage der Lehrplanvorgaben (ThILLM, 2012) zum Themengebiet Halbleiter sowie in Anlehnung an Lehrbuchdarstellungen und -ausführungen (Mikelskis & Wilke, 2004) speziell für die Intervention zusammengestellt und griff die zentralen fachlichen Aspekte des Themengebietes auf. Der Reader diente vor allem der Parallelisierung des lehrbuchbasierten Medienangebotes in dieser Phase, da die einzelnen Schulen zum Teil mit unterschiedlichen Lehrwerken arbeiteten. Daneben gab es in

dieser Phase durch die Intervention keine methodischen Vorgaben. Damit konnte die Unterrichtsgestaltung am ehesten so erfolgen, wie es im Unterricht der jeweiligen Lehrpersonen für eine Phase der Wiederholung und Festigung üblich ist. Besonders im Hinblick auf die nahende Prüfungssituation sollte mit dieser sowohl auf Seite der Lernenden als auch auf Seite der Lehrperson bekannten Arbeitsweise Sicherheit erzeugt werden, auch in Vorbereitung der Überprüfung des neu und auf ungewohntem Wege erworbenen Wissens.

### *4.2.2.6 Klassenarbeit*

Im Anschluss an die *Wiederholungs- und Festigungsphase* wurde eine einstündige *Klassenarbeit* geschrieben, welche einen in allen Klassen einheitlichen Pflichtteil enthielt und darüber hinaus Wahlaufgaben anbot, die sich mit den speziellen Projektthemen befassten. Die Pflichtaufgaben der Klassenarbeit wurden in Orientierung an Lehrplanvorgaben (ThILLM, 2012) speziell für die Intervention entwickelt. Hierbei wurde darauf geachtet, dass das erfragte Wissen mit den in der Wiederholungs- und Festigungsphase gebotenen Inhalten korrespondierte. Im Rahmen der Wahlaufgaben wurden die für die jeweilige Klasse relevanten Themenbereiche der Projektarbeiten angesprochen. Hiermit wurde die Relevanz des interessen- bzw. anwendungsbezogenen Wissens auch für die Leistungsfeststellung unterstützt. Für die Bewertung des Pflichtteils der Klassenarbeit wurden gemeinsam mit den beteiligten Lehrpersonen Bewertungskriterien entworfen. Da die Wahlaufgaben in Art und Umfang in den einzelnen Klassen unterschiedlich waren, konnten für diesen Teilbereich keine gemeinsamen Kriterien eingesetzt werden. Die Ergebnisse der Klassenarbeit sind somit auch nur im Bereich des Pflichtteils im Sinne einer vergleichenden Leistungsmessung in die Datenbasis der Forschungsarbeit eingeflossen.

### *4.2.2.7 Zusammenfassung der Gruppenunterschiede*

Zusammenfassend bestand der zentrale Unterschied zwischen Treatment- und Kontrollgruppe in der im Treatment erfolgten Anbindung des Themas *Halbleiter* an mögliche Interessenbereiche der Lernenden. Die Anbindung wurde umgesetzt, indem in der Treatmentgruppe

- schon während der *Stationenarbeit* unterstützende Informationsmaterialien zu interessen-nahen Anwendungen zur Verfügung gestellt wurden,
- in der *Projektarbeitsphase* interessenorientierte Themen gewählt werden konnten,
- in der *Präsentationsphase* diese interessenorientierte Projektthemen vorgetragen wurden,
- in der *Klassenarbeit* zusätzlich zu einem parallelisierten Pflichtteil Zusatzaufgaben zu den interessenorientierten Projektthemen angeboten wurden.

Insgesamt war die Unterrichtsreihe in beiden Gruppen aus den fünf Elementen *Stationenarbeit, Projektarbeit, Präsentationen, Wiederholungs-/ Festigungsphase und Klassenarbeit* zusammengesetzt. In den Phasen *Projektarbeit in Gruppen* und *Präsentation der Projektarbeit* konnten selbstbestimmt individuell unterschiedliche Methoden zum Wissenserwerb bzw. zur Wissensvermittlung eingesetzt

werden. Darüber hinaus war die Gestaltung des Unterrichts in Treatment- und Kontrollgruppe methodisch gleich angelegt (siehe Tabelle 2).

#### 4.2.2.8 Aspekte der Unterrichtsqualität innerhalb der entwickelten Unterrichtsreihe

Im Rahmen der hier vorliegenden Interventionsstudie wurde die entwickelte Unterrichtsreihe im regulären Physikunterricht eingesetzt und von angestammten Lehrpersonen durchgeführt. Dabei wurden in der Planung der Unterrichtsreihe für beide Gruppen gezielt Merkmale der Unterrichtsqualität in die Unterrichtskonzeption einbezogen. Im Sinne des im Rahmen der PiKo-Projekte zusammengestellten ausführlichen Merkmalskatalogs für guten Physikunterricht (Duit & Wodzinski, 2010; siehe auch *Abschnitt 2.3.2.3*) ist die Konzeption der interessenorientierten Unterrichtsreihe bestrebt, den im Rahmen einer Intervention gestaltbaren Merkmalen gerecht zu werden. Auf Grundlage einer Auseinandersetzung mit lernwirksamen Aspekten des Interesses (siehe *Abschnitt 2.1.2.7*) kann argumentiert werden, dass durch eine an den Interessen der Lernenden orientierte Gestaltung von Unterricht insbesondere die Aspekte der *Schülerorientierung* bzw. der *Motivierung* angesprochen werden. Bransford, Brown und Cocking (1999) benennen Umgebungen, die die Lernenden und ihr Vorwissen, sowie ihre Vorerfahrungen, Einstellungen und Interessen in den Vordergrund stellen und die Lehrmethoden darauf ausrichten als *Learner-centered-Environments* (Reinmann & Mandl, 2006 S. 617). Darüber hinaus erfolgte eine *kompetenzorientierte* Aufarbeitung des unterrichtlichen Angebots, welche durch die methodische Umsetzung der Unterrichtsreihe zudem die Qualitätsaspekte *Aktivierung* und *Angebotsvielfalt* ansprach. Es wurden Lerngelegenheiten angeboten, in denen experimentelles Denken und Arbeiten angeregt wurden. Empirisch konnte bestätigt werden, dass eine Unterrichtsgestaltung, welche situationales Interesse weckt, einen Einfluss auf die kognitive Aktivierung im Unterricht hat (Ziegelbauer, 2012). Mit der Arbeitsform der *Gruppenarbeit* wurde die in der Altersklasse erhobene Bevorzugung kooperativer Lernformen berücksichtigt (Brakhage, Hagenauer & Gläser-Zikuda, 2014). Im Sinne der Methodenvielfalt wurden methodische Wechsel zwischen Phasen des Experimentierens, Phasen der selbstständigen Erarbeitung, Abschnitten der Ergebnispräsentation, Phasen direkter Instruktion durch die Lehrperson sowie einer abschließenden schriftlichen Leistungserbringung angeboten, wobei darauf geachtet wurde, dass sich die Zielsetzungen der unterschiedlichen Phasen sinnvoll mit den gewählten Methoden verbinden. Auf diese Weise sollte verhindert werden, dass die unterschiedlichen Arbeitsphasen von den Lernenden als willkürlicher Methodenmix wahrgenommen und somit als belastend erlebt werden. Nachdem in der Eröffnungsphase der selbstständigen Erarbeitung und Präsentation von Inhalten durch das vorbereitete Experimentieren neben dem Wecken von Wissensdurst am neuen Thema auch das Verdeutlichen alltagsrelevanter Bezüge und das Öffnen für ungewohnte Arbeitsweisen im Fokus stand, wurde mit der Phase der direkten Instruktion in Vorbereitung auf die

Klassenarbeit auf methodisch Vertrautes zurückgegriffen, um somit auch methodisch die empfundene Sicherheit für die Leistungsabfrage zu stärken.

Insgesamt wurde die Gestaltung des Unterrichts so konzipiert, dass neben Einsatzmöglichkeiten kognitiver Fertigkeiten und Fähigkeiten auch motivational-affektive und soziale Bedingungen so gestalten wurden, dass sie den Kompetenzeinsatz sowie den Kompetenzerwerb innerhalb der Fachdomäne und fächerübergreifend im Sinne der theoretischen Basis dieser Arbeit unterstützten. Dabei wurde durch kooperative Lernformen die Ermöglichung sozialer Bezogenheit begünstigt. Die methodische Vielfalt der Unterrichtsreihe ermöglichte den Einsatz unterschiedlicher Kompetenzen auch in Bereichen, die nicht zu den im Physikunterricht üblicherweise im Fokus stehenden Kompetenzen gehörten. Hier können zum Beispiel das selbständige Erarbeiten von Inhalten sowie das Präsentieren genannt werden. Es wurde erwartet, dass dieser Aspekt in der Treatmentgruppe stärker wahrgenommen wurde, da hier durch die Verbindung mit Freizeitinteressen auch außerschulische Kompetenzbereiche im Unterricht erlebbar zum Einsatz kommen konnten. Bei der abschließenden Leistungsüberprüfung wurde der Aspekt des Kompetenzerlebens insofern zu unterstützen versucht, als dass zusätzlich zu einem festen lehrplannahen Aufgabenpool speziell an den Themen der Projektgruppen orientierte Zusatzaufgaben angeboten wurden, die es ermöglichten, erworbenes Zusatzwissen einzusetzen. Durch die Ermöglichung der freien Themenwahl in der Projektphase wurde ein Aspekt der Selbstbestimmung im Lernprozess angesprochen. Hierbei war davon auszugehen, dass dieser Aspekt in Treatment- und Kontrollgruppe unterschiedlich stark empfunden wurde, da die Kontrollgruppe lediglich Wahlmöglichkeiten innerhalb einer vorgegebenen Auswahl angeboten bekam, welche sich zudem nah an Lehrplannhalten orientierten, während die Treatmentgruppe die Möglichkeit bekam, orientiert an den in der Experimentierphase aufgezeigten Berührungspunkten des Unterrichtsthemas mit möglichen Freizeitinteressen eine freie Themenwahl für die Projektphase zu treffen. Damit sollte durch die Unterstützung der Zufriedenstellung der grundlegenden Bedürfnisse auch die motivationale Qualität im Sinne des pädagogisch-psychologischen Verständnisses in Richtung intrinsischer Motivation unterstützt werden. Die im Bereich der Zufriedenstellung der grundlegenden Bedürfnisse zu erwartenden Unterschiede zwischen Treatment- und Kontrollgruppe wurden dabei in dargestellter Weise allein auf die Interessenorientierung der Unterrichtsreihe in der Treatmentgruppe zurückgeführt und nicht auf andere methodische Merkmale. Orientiert man sich an den von Bohl und Kucharz (2010) vorgeschlagenen Öffnungsbereichen für die Einordnung *offener Unterrichtsformen*, so spricht der Unterricht in beiden Gruppen im Bereich der Projektphase organisatorische sowie methodische Öffnungsdimensionen an, da die Lernenden in dieser Phase zeitlich und personell selbstorganisiert sowie mit der Möglichkeit eigener Medienwahl arbeiteten. Darüber hinaus bestand eine inhaltliche Öffnung in der Projektphase, welche aber in der beschriebenen Weise nicht komplett ungebunden war und in der Kontrollgruppe stärkere inhaltliche Vorgaben aufwies. Diese Öffnungsdimensionen wirkten in die

Präsentationsphase als Abschluss der Projektphase hinein. Die anderen Phasen der Intervention können nicht im Bereich des offenen Unterrichts eingeordnet werden. Während die Phasen der Wiederholung und Festigung sowie der Klassenarbeit keine Öffnung vorsahen, bewirkten im Bereich der Stationenarbeit die zeitlichen Rahmenbedingungen der Studie, dass eine mögliche organisatorische Öffnung in dieser Phase nicht umgesetzt werden konnte. Hauk & Gröschner (2020) zeigen in einem Review anhand unterschiedlicher Studien, dass bei inhaltlicher sowie bei organisatorischer Öffnung des Unterrichts positive Effekte auf das Lernen zu erwarten sind.

### 4.2.3 Didaktische Analyse zum Thema Halbleiter

Mit Hilfe der didaktischen Analyse (Klafki, 1964) wird der Bildungsgehalt des Themengebietes *Halbleiter* offengelegt. Nachdem im *Abschnitt 4.2.3.1* zunächst die Lehrplanvorgaben (ThILLM, 2012) wiedergegeben werden, widmen sich die *Abschnitte 4.2.3.2 bis 4.2.3.6* der Didaktischen Analyse des Themengebietes.

#### 4.2.3.1 Lehrplanvorgaben

Im Zentrum der für die Studie bedeutsamen Entwicklung einer interessenorientierten Unterrichtsreihe im Physikunterricht stand das Thema Halbleiter. Dieses Themengebiet ist Teil des im Thüringer Lehrplan Physik an Gymnasien (ThILLM, 2012) in der Sekundarstufe 1 enthaltenen ersten Lehrgangs zur Elektrizitätslehre, der sich mit geladenen Körpern, Stromkreisen, elektrischen Größen und elektrischen Leitungsvorgängen befasst und die Kenntnis grundlegender Regeln in Stromkreisen, das Verständnis einfach Stromkreise, die Kenntnis und Anwendung elektrischer Größen sowie ein grundlegendes Verständnis elektrischer Vorgänge in Festkörpern, Flüssigkeiten und Gasen zum Ziel hat. Dem Thema Halbleiter können erfahrungsgemäß je nach zeitlichen Möglichkeiten im normalen Physikunterricht meist nicht mehr als vier Unterrichtsstunden gewidmet werden. Dabei sind die elektrischen Eigenschaften von Halbleitern, die Bekanntmachung einiger Halbleitermaterialien, die Methode der Material-Dotierung, die Betrachtung der Vorgänge an einem Übergang zwischen zwei unterschiedlich halbleitenden Materialien (p-n-Übergang) ohne und mit angelegter elektrischer Spannung, sowie ausgewählte Bauteile wie Dioden, Solarzellen und Transistoren in ihrem prinzipiellen Aufbau und ihrer Wirkungsweise mögliche Teilaspekte des Themengebietes. Die Auswahl des Themas *Halbleiter* für die Intervention erfolgte pragmatisch: Es ist Bestandteil des Lehrplans der bewusst ausgewählten Klassenstufe (siehe auch *Abschnitt 4.4.1*) und gehörte somit zu den im Zeitraum der Intervention notwendig anzubietenden Fachinhalten.

#### 4.2.3.2 Exemplarische Bedeutung

Als exemplarische Bedeutung eines Themengebietes ist diejenige zu verstehen, welche die Relevanz des Themengebiets über die Grenzen der Themenspezifika hinaus zum Verständnis bestimmter

## Methodisches Vorgehen

fachtypischer Zusammenhänge verdeutlicht. Somit kann die Integration der Thematik im Lehrplan beispielhaft für das Verständnis einer größeren Gruppe von Zusammenhängen begründet werden. Der Aspekt des Exemplarischen kann dabei in verschiedenen Sinnzusammenhängen beleuchtet werden wie *im Fach Physik, fächerübergreifend* sowie *gesellschaftlich*.

### Im Fach Physik

Im Themengebiet Halbleiter wird der Leitungsprozess im halbleitenden Festkörper auf Teilchenebene betrachtet. Die Kenntnis der Auswirkungen von Erwärmung auf das Festkörperrgitter, der Wirkung optischer Anregungen sowie der Vorgänge im Fall angelegter elektrischer Spannung reicht dabei über die Materialklasse der Halbleiter hinaus. Damit kann das modellhafte Verständnis für den Aufbau und die Vorgänge innerhalb der Gitterstrukturen eines Festkörperrgitters bekannt gemacht werden.

Auch das für das Lernen und Verstehen physikalischer Vorgänge in verschiedenen Bereichen notwendige Abstraktionsvermögen wird in diesem Stoffgebiet geschult. Zum einen werden die Übertragung von realen elektrischen Schaltungen in deren schematische Darstellung in Schaltbildern und Schaltsymbolen sowie der umgekehrte Prozess verdeutlicht und trainiert. Zum anderen werden die neu eingeführten Bauelemente auch anhand ihrer Kennlinien unterschieden und charakterisiert, wobei das Lesen und Verstehen von Diagrammen erlernt und geübt wird.

### Fächerübergreifend – in das Fach Chemie

Es ist möglich, eine Verbindung zu Inhalten im Chemieunterricht zu schaffen. Aus diesem Fach sind die Struktur von Atomen, die modellhafte Anordnung von Elektronen in Schalen sowie unterschiedliche Bindungsarten bekannt. Der Aspekt besonders stabil und eher instabil gebundener Elektronen bekommt hier einen physikalischen Bezugspunkt.

### Gesellschaftlich

Die Materialgruppe der Halbleiter, die Entdeckung der halbleitenden Eigenschaft sowie die technische Möglichkeit der Manipulation dieser Eigenschaft durch Dotierung bilden die Grundlage für die Entwicklung der modernen Computertechnologie und sind somit exemplarisch für die Wirkung naturwissenschaftlicher und technischer Erkenntnisse auf die Entwicklung moderner Gesellschaften.

Über das Verständnis der verschiedenen Aspekte energietechnischer und wirtschaftlicher Interessen und der Verbindung dieser am Beispiel der Solarindustrie kann ein weitreichenderes Verständnis für die Zusammenhänge gesellschaftspolitischer Mechanismen geweckt werden.

Darüber hinaus kann am Beispiel der Forschung in der Elektronikindustrie und Computertechnologie der grundsätzliche Konflikt zwischen Forschung und Moral z.B. anhand der Themen *künstliche Intelligenz* oder *Überwachung* verdeutlicht werden.

#### 4.2.3.3 Gegenwartsbedeutung

Die Bedeutungszusammenhänge des Themengebietes mit dem aktuellen Erleben der Lernenden bilden den Fokus der herauszuarbeitenden Gegenwartsbedeutung. Dabei wird die Sicht der Lernenden auf die erlebte Gegenwart aufgegriffen und somit eine sinnvolle Einbettung des Unterrichtsthemas in die Erfahrungswelt der Lernenden ermöglicht.

Vor allem durch die Methoden und Medien der modernen Kommunikation setzen sich Lernende in ihrem Alltag unwissentlich intensiv mit den durch die Halbleiterelektronik hoch entwickelten Anwendungsmöglichkeiten der Halbleiterphysik auseinander. Ein großes Anwendungsfeld der Halbleiterphysik stellt dabei die Computertechnologie dar. Nur in seltenen Fällen werden sich Lernende der Altersklasse allerdings bereits selbst mit dem elektronischen Aufbau von Computern oder Handys beschäftigt haben, obwohl ihre Nutzung für sie selbstverständlich ist. Den Bezug zum Unterrichtsgegenstand herzustellen ist eine Chance des Themengebietes. Dabei ist das tatsächliche Verständnis der elektronischen Vorgänge in Computern für die Sekundarstufe 1 kein angemessenes Anliegen, es kann jedoch über das Verständnis von Transistoren und das Verdeutlichen einfacher Schaltungslogik ein Verständnisgrundstein gelegt werden. Die Lehrenden sollten dabei aber den Blick dafür nicht verlieren, dass das Verständnis der Vorgänge im Inneren elektronischer Geräte wie in Handys oder Computern zwar fachthematisch interessierte Lernende begeistert, jedoch für den Großteil der Lernenden das Prädikat der *Alltagsrelevanz* nicht verdient. Viele alltägliche Anwendungsbeispiele vermitteln den Heranwachsenden zu Recht, dass ein Verständnis der physikalischen Vorgänge *im Inneren* elektronischer Geräte für deren sichere und kompetente Bedienung in den seltensten Fällen erforderlich ist.

Verstärkerschaltungen in akustischen Verstärkern sind ein Beispiel für eine in der Lebenswelt der Lernenden auftauchende Anwendung von Transistoren (Transistor als wichtiges Halbleiterbauelement). Aber auch akustische Verstärker werden trotz ihres alltäglichen Einsatzes von den meisten Lernenden als *Blackbox* betrachtet, die ohne Verständnis des inneren Aufbaus sinnentsprechend genutzt werden kann. Im Falle einer Verstärkerschaltung ist es jedoch mit relativ einfachen Mitteln möglich, deren prinzipielle Funktionsweise nachzustellen und z.B. in Verbindung mit den in der Altersklasse häufig vorhandenen Musikinteressen Verständnis für den Aufbau akustischer Verstärker zu schaffen.

Auch die Leuchtdiode ist ein alltagsrelevantes Halbleiterbauelement. In vielen lichttechnischen Anwendungen löste sie in den letzten Jahren die Glühlampe ab. Vor- und Nachteile der Diode als Leuchtmittel sind daher auch im Alltagserleben der Heranwachsenden ein wahrgenommenes Thema und können im Unterricht sinnvoll aufgegriffen werden.

Darüber hinaus wird im Bauteil *Solarzelle* eine in der Lebenswelt vieler Lernender auftauchende Halbleiteranwendung gesehen. Solarzellen können durch ihre wachsende Präsenz z.B. auf *Solarfeldern* in der Landschaft oder bei der Besprechung von möglichen Bauvorhaben z.B. in den Gesprächen der Eltern wahrgenommen werden. Aber auch die Diskussionen über den Wirtschaftszweig der

Solarindustrie und dessen Konkurrenzfähigkeit können durch elterliche Gespräche über ihre berufliche Situation (regional unterschiedlich) präsent sein. Hier bieten sich die Themen *Verantwortung im Umgang mit Energieressourcen, Umwelt-/Landschaftsgestaltung*, aber auch *weltwirtschaftliche Zusammenhänge* als möglicherweise unter Heranwachsenden bekannte Gegenwartsbezüge in der Betrachtung der Solarzelle an.

### *4.2.3.4 Zukunftsbedeutung*

Dieser Bereich der Bedeutung eines Themengebietes für die Lernenden soll Aspekte verdeutlichen, welche die Relevanz des Themas für das zukünftige Leben der Lernenden und somit auch eine weitreichende Bedeutung im Sinne des verantwortungsbewussten Umgangs miteinander, mit der Natur sowie den Errungenschaften unserer modernen Gesellschaft aufzeigen.

Ein wichtiger Aspekt der allgemeinen Zukunftsbedeutung des Themengebietes *Halbleiter* liegt in der Verbindung zu ressourcenschonender Energienutzung beim Einsatz von Dioden als Leuchtmittel sowie bei der Nutzbarmachung erneuerbarer Energien durch Solarzellen und den damit verbundenen Veränderungen unserer Lebenswelt.

Darüber hinaus kann die Erkenntnis der Bedeutung elektronischer Bauelemente für unsere moderne Gesellschaft und die Kenntnisnahme der dafür benötigten Materialressourcen einen bewussteren Umgang mit Materialien in der Elektronikindustrie wecken. Hierfür ist es möglich, auch nichthalbleitende, aber in der Elektronikindustrie trotzdem notwendige Materialien in den Blick zu nehmen und gesellschaftliche Probleme wie die gesundheitsgefährdende Wiedergewinnung von z.B. Gold aus Elektronikschrott sowie die politischen Konflikte um die Tantal-Vorkommen in Afrika zu thematisieren.

Anhand der Themen *künstliche Intelligenz* oder *Überwachung* kann die moralische Seite der Elektronikforschung und unsere Verantwortung gegenüber nachfolgenden Generationen in der Erhaltung der Welt als Lebensraum sowie der Erhaltung und Mitgestaltung einer modernen Gesellschaft als menschenwürdiges System thematisiert werden.

Für den persönlichen Bildungsweg der Lernenden stellt die Möglichkeit einer beruflichen Perspektive im Bereich der Halbleiter- bzw. Elektronikindustrie ebenfalls eine mögliche Zukunftsbedeutung dar.

### *4.2.3.5 Sachstruktur*

Das Themengebiet Halbleiter bildet den letzten Abschnitt des größeren Themas *Leitungsvorgänge* innerhalb des Teilgebietes *Elektrizitätslehre* im Physikunterricht. Im Lehrgang *Leitungsvorgänge* werden verschiedene Materialgruppen hinsichtlich ihrer elektrischen Leitfähigkeitseigenschaften untersucht. Dabei werden die Leitfähigkeitsphänomene jeweils mikroskopisch - also auf Teilchenebene - sowie makroskopisch hinsichtlich der beobachtbaren Effekte betrachtet. Auch im Stoffgebiet Halbleiter wird der Zugang ebenso gewählt. Darüber hinaus werden Anwendungen der speziellen Material-

eigenschaften besprochen. Dieses Vorgehen ist für alle Materialklassen ähnlich. Den Lernenden wurde dieser Dreischritt als Struktur des gesamten Abschnitts bereits bekannt gemacht.

Zum grundlegenden Verständnis der halbleitenden Eigenschaft ist es hilfreich, elektrische Leitungsvorgänge modellhaft als gerichtete Bewegung elektrischer Ladungsträger anzunehmen und die Voraussetzung einer solchen Bewegung in der Spannungsdifferenz zwischen zwei Punkten zu erkennen. Dabei werden Elektronen als elektrisch negativ geladene Elementarteilchen bekannt gemacht, deren Bewegung unter bestimmten Bedingungen innerhalb mancher Festkörpermateriale als *frei* angenommen wird, wobei sie im Fall einer vorhandenen Potenzialdifferenz einer Bewegung vom negativen zum positiven Pol folgen.

Um die speziellen Eigenschaften halbleitender Materialien sowie die Möglichkeiten der Dotierung von Halbleitermaterialien verdeutlichen zu können, sollte ein grundlegendes Verständnis für die Modellvorstellungen zum Aufbau von Atomen sowie zum Aufbau eines Festkörperlattices erarbeitet werden. Hierbei kann modellhaft verdeutlicht werden, dass Atome aus einem atomsortenspezifisch geladenen positiven Kern bestehen, welcher von einer entsprechenden Anzahl von Elektronen umgeben ist. Innerhalb eines Festkörperlattices sind die einzelnen Atome nach einer materialspezifischen Ordnung gebunden, wobei es je nach Material möglich ist, dass zu den Atomen gehörende Elektronen sich frei bewegen können. Die Anzahl und Beweglichkeit dieser Elektronen ist eine für die elektrische Leitfähigkeit von Festkörpermateriale wesentliche Eigenschaft.

Der Abschnitt *Leitungsvorgänge im Halbleiter* kann zum Teil auf diese Inhalte aufbauen, da sie im Zusammenhang mit den zuvor behandelten Leitungsvorgängen in anderen Materialien herausgearbeitet wurden. Darüber hinaus wurde im Chemieunterricht sowie im Unterrichtsfach Mensch-Natur-Technik in den Klassenstufen fünf und sechs eine erste Vorstellung vom Aufbau der Atome erarbeitet.

Neben dem Verständnis der physikalischen Vorgänge in Halbleitermaterialien und -bauteilen, werden im Stoffgebiet zwei wichtige Formen der darstellenden Abstraktion geübt und angewandt. Zum einen werden elektrische Schaltungen vom schematischen Schaltbild in reale Schaltungen und andersherum übersetzt. Hierfür ist die Kenntnis der Schaltsymbole der Bauelemente sowie der grundsätzlichen Struktur eines Schaltbildes erforderlich. Zum anderen werden Bauelemente auch über ihre spezifischen Kennlinien unterschieden. Hierfür ist es notwendig, Diagramme sinnentsprechend lesen und interpretieren zu lernen. Diese Kennlinien können zum tieferen Verständnis beim Experimentieren auch selbst aufgenommen werden.

Um die Funktionsweise von Dioden, Solarzellen und Transistoren zu verdeutlichen, wird im Stoffgebiet *Halbleiter* die modellhafte Vorstellung der Vorgänge auf mikroskopischer Ebene ausgebaut und ein komplexeres Verständnis auch der Vorgänge auf Teilchenebene erarbeitet. Auf makroskopischer Ebene werden die Eigenschaften der Bauelemente in Stromkreisen besprochen und experimentell nachvollzogen.

Die Vorstellung der Teilchenstruktur fester Stoffe und der Teilchenbewegungen innerhalb dieser Stoffe ist eine in der Erfahrungswelt der Lernenden nicht auftauchende Assoziation. Die Akzeptanz für eine solche Modellvorstellung zu schaffen und als Lehrperson im richtigen Maß sowohl das Einlassen auf die Modellannahmen zu motivieren als auch die Grenzen solcher Modellvorstellungen zu thematisieren, stellt eine Schwierigkeit der Erarbeitung mikroskopischer elektrischer Vorgänge dar.

Auch auf makroskopischer Ebene sind die lebensweltlichen Zugänge zum Stoffgebiet für viele Lernende nicht alltagsrelevant. Elektrische und elektronische Geräte können souverän genutzt werden, ohne ein Verständnis für die physikalischen Vorgänge entwickelt zu haben. Besondere Schwierigkeiten bringt dabei auch die häufig unterschiedliche Erfahrungswelt von naturwissenschaftlich/technisch interessierten und eher uninteressierten Lernenden mit sich. Bestimmte, zum Beispiel aus Sicht der Lehrperson relevante Fragestellungen zur Funktionsweise elektrischer oder elektronischer Geräte tauchen in der Alltagswelt vieler Lernender nicht auf oder werden als irrelevant wahrgenommen, ohne dass diese sich in ihrer Alltagsbewältigung dadurch als eingeschränkt wahrnehmen. Neben der Vermittlung von Begeisterung für das Themengebiet ist es deshalb notwendig, auch professionelle Distanz zum Thema einzunehmen, damit mögliche Zugangsschwierigkeiten und deren Ursachen erkannt werden können und ein individueller Zugang geschaffen werden kann.

### 4.2.3.6 Zugänglichkeit

Am Ende des Abschnitts Sachstruktur ist schon auf Probleme der Zugänglichkeit des Themengebietes hingewiesen worden, welche auch grundsätzliche Probleme des Zugangs zur Naturwissenschaft Physik andeuten. Es wird versucht, verschiedene mögliche Zugänge zum Unterrichtsthema *Halbleiter* zu eröffnen, indem Möglichkeiten der kognitiven, sozialen und körperlichen Aktivierung geschaffen werden. Eine individuell unterschiedliche emotionale/affektive Aktivierung wird dabei impliziert. Diese Unterschiedlichkeit und Offenheit in den angebotenen „Fällen, Phänomenen, Situationen, Versuchen“ (Klafki, 1964; S. 20) ermöglicht einen individuell unterschiedlichen Zugang zum Themengebiet.

Durch eine Experimentierphase zum Einstieg in das Themengebiet können die Lernenden mit geringem Aufbauaufwand Halbleiterbauelemente in speziellen Anwendungen kennenlernen. An den einzelnen Stationen werden aktivierende Bezüge hergestellt z.B. durch Klang- (eigene Musik) und Lichteffekte, Bewegungsaufgaben und ein Experiment mit der Bewässerung für eine Pflanze (Experimentieranregungen: Böhlemann, 2012; Volkmer, 2001; Winter, 2012). Durch die verschiedenen Formen der Aktivierung sollen individuelle Zugänge zu affektiv mit dem Unterrichtsthema verknüpften Alltagserfahrungen ermöglicht oder auch induziert werden. Die im Verlauf der Unterrichtsreihe mögliche Bearbeitung von Themen wie *Solarenergie, erneuerbare Energien, Energiesparen mit LED-Beleuchtung, bewusster Umgang mit Materialien bzw. Schrott aus der Elektronikindustrie* usw. kann auch durch die in den Abschnitten Gegenwartsbedeutung und Zukunftsbedeutung ausgeführten

gesellschaftspolitischen, wirtschaftlichen und ökologischen Bedeutsamkeiten des Themengebietes weitere Momente affektiver Aktivierung schaffen.

Durch die Anregung affektiver Zugänge wird angestrebt, die grundsätzliche Zugänglichkeit in der dann folgenden vertiefenden Behandlung des Themengebietes zu verbessern, worin sich auch das zentrale Anliegen der vorliegenden Forschungsarbeit abbildet.

#### **4.2.4 Unterrichtsanalyse nach dem Berliner Modell**

Das von Heimann, Otto und Schulz (1995) entwickelte *Berliner Modell* zur Analyse und Planung des Unterrichts entstand im Kontext der Erfahrungen in der Aus- und Weiterbildung von Lehrenden. Es bietet ein nützliches Werkzeug, um die sich gerade im Prozess des *Lehren Lernens* abwechselnden Phasen der Beobachtung, Planung, Durchführung und Reflexion von Unterricht in einen systematischen Zusammenhang zu stellen.

Auch im Rahmen der vorliegenden Studie wurden umfangreiche vorbereitende Unterrichtsbeobachtungen durchgeführt und die gewonnenen Erkenntnisse in die Planung einbezogen. Darüber hinaus war eine strukturierte Reflexion des im Rahmen der Intervention stattgefundenen Unterrichts notwendig, um Informationen darüber zu erhalten, in welchem Ausmaß die Implementation der Materialien stattgefunden hat und inwiefern die intendierten pädagogischen Ziele erreicht wurden. Wichtig waren hierfür die durch die Lehrpersonen ausgefüllten Kurzprotokolle zu den einzelnen Unterrichtsstunden sowie die nach der Intervention stattgefundenen Reflexionsgespräche.

Neben der Strukturanalyse, die die Strukturmomente *Intentionalität, Thematik, Methodik* und *Medien* und die Bereiche der *anthropogenen* sowie *sozio-kulturellen Voraussetzungen* aufgriff, wurde eine Bedingungsprüfung durchgeführt, die den Bedingungsrahmen sowohl der Planungsarbeit als auch der konkreten unterrichtlichen Entscheidungen abzuschätzen versucht.

Im Folgenden werden im ersten Schritt sozio-kulturelle und anthropogene Voraussetzungen sowie die weiteren Strukturmomente mit Blick auf die gesamte Unterrichtsreihe vorgelegt, bevor in Tabelle 3 auf die Struktur der einzelnen Unterrichtsphasen eingegangen wird.

##### *4.2.4.1 Strukturanalyse des Unterrichts*

#### **Sozio-kulturelle Voraussetzungen**

Unter sozio-kulturellen Voraussetzungen für den geplanten Unterricht werden diejenigen Voraussetzungen verstanden, die durch gesellschaftliche Gegebenheiten, aber auch durch Gegebenheiten an der jeweiligen Schule entstehen, in erster Linie aber struktureller Natur sind. D.h., sowohl die Zusammensetzung der Schulklassen, die Klassenstärke und personale Ausstattung der Schule als auch die materialen Gegebenheiten auf Seiten der Schule werden erfasst.

- *Allgemein*

Die sechs Schulklassen, in denen die Unterrichtsreihe eingesetzt wurde, bestanden insgesamt aus 115 Lernenden im Alter zwischen 14 und 16 Jahren, wobei die Klassenstärke variierte im Bereich zwischen 14 und 24 Lernenden. Sowohl die Einstiegsphase in das Lernen am Gymnasium als auch der Übergang in die Abiturstufe haben zur gewählten Altersklasse einen ähnlich großen Abstand. Übergangentscheidungen sollten deshalb zu dieser Zeit nur in Sonderfällen anstehen. Die an der Intervention beteiligten Gymnasien hatten ein großes Einzugsgebiet im ländlichen Umland der Kleinstädte. Es gab keine Lernenden mit Migrationshintergrund. Lernende an den Schulen hatten vor und nach dem Unterricht oft erhebliche Anreisewege. Die Möglichkeit der Bildung von Schul-Freundschaften besonders in weiteren Freundeskreisen wurde durch die z.T. große räumliche Distanz während der außerhalb der Schule verbrachten Zeit eingeschränkt und nur durch die wachsende Verbreitung von Handys und eigenen Computern ermöglicht, die zur kommunikativen Vernetzung genutzt wurden. Im Allgemeinen achteten die Lehrpersonen darauf, die Abhängigkeit vieler Lernender von öffentlichen Verkehrsmitteln in der Unterrichtsorganisation in Randstunden zu berücksichtigen.

Die meisten Lernenden der Altersklasse besaßen Handys sowie die Möglichkeit zur Computernutzung. Sie waren somit mit einem wichtigen Anwendungsfeld der Halbleiterbauelemente im Prinzip vertraut, in den meisten Fällen aber sicher ohne Kenntnis des Zusammenhangs zwischen dem Themengebiet Halbleiter und den genutzten Kommunikationsgeräten.

Einige der Lernenden kannten Solaranlagen aus der eigenen Familie. Diese Lernenden konnten alltagsnahes Spezialwissen in den Unterricht einbringen. Auch die Auseinandersetzung mit Vorteilen und Nachteilen der Beleuchtung mit Leuchtdioden und die in zahlreichen Anwendungen erfolgte Ablösung der Glühlampen durch Leuchtdioden waren den Lernenden zum Beispiel aus den Gesprächen der Eltern z.T. gut bekannt.

Die Anzahl außerschulischer Lernorte, wie speziell gestaltete Museen, als Möglichkeit, etwas über physikalische Zusammenhänge zu erfahren und selbst zu erleben, hat sich in den letzten Jahren deutlich vergrößert. Deshalb brachten einige der Lernenden auch von Urlaubsreisen oder Freizeitaktivitäten Eindrücke und Vorstellungen zum Themengebiet mit. Darüber hinaus nutzten die Lernenden auch verschiedene Wissenschaftssendungen im TV als Informationsangebot und brachten ihr Vorwissen ein.

- *Im methodischen Bereich*

In der Unterrichtspraxis waren kooperative Lernformen, besonders die Arbeit in Kleingruppen beliebt (Brakhage, Hagenauer & Gläser-Zikuda, 2014). Das Experimentieren im Physikunterricht wurde aus Sicht der Lehrpersonen von den meisten Lernenden als abwechslungsreich und spannend empfunden. Auch die beteiligten Lehrpersonen experimentierten gern im Unterricht, wenn die zeitlichen und materialen Möglichkeiten entsprechend gegeben waren. Alle beteiligten Lernenden hatten nach

Aussagen der Lehrpersonen bereits Erfahrungen im Bereich der Kleingruppenarbeit – besonders beim Experimentieren. Mit freien Arbeitsphasen hingegen, in denen sowohl eine eigene Zeit- und Aufgabeneinteilung als auch eine selbstständige Erarbeitung von Inhalten möglich und erforderlich wurde, waren im Fach Physik sowohl auf Seite der Lernenden als auch auf Seite der Lehrenden bisher kaum Erfahrungen vorhanden. Auch die Form einer abschließenden Präsentation erarbeiteter Inhalte konnten die Lernenden nur aus anderen Fächern.

- *Im Bereich Medien*

Alle an der Intervention teilnehmenden Schulen wurden mit den vorbereiteten Experimentierplätzen in ausreichendem Umfang ausgestattet, wobei die Stromversorgung der elektronischen Schaltungen über die an allen Schulen vorhandenen Geräte erfolgte, mit deren Nutzung die Lernenden vertraut waren. Darüber hinaus wurden alle drei Schulen mit entsprechenden Informationsmaterialien für die Experimentierphase versorgt. Die Arbeitsanleitungen für die Kleingruppen beim Experimentieren und später für die Projektarbeit wurden zusätzlich in Mappen zusammengestellt und allen Lernendengruppen der drei Treatment- und drei Kontrollklassen zur Verfügung gestellt. In der schuleigenen Medienausstattung unterschieden sich die drei beteiligten Gymnasien stark. Während eine der Schulen eine besondere Ausstattung mit modernen elektronischen Medien hatte und es den Lernenden aus vielen Unterrichtsfächern geläufig war, Vorträge in Form einer Computer-Präsentation und z.T. mit aktiven Links ins Internet zu gestalten, waren in den beiden anderen Schulen die Lernenden bei der Präsentation der Vorträge auf Overheadprojektoren o.ä. angewiesen und die Ausarbeitungen waren meist handgeschrieben. Auch die Möglichkeiten des Informationserwerbs während der Unterrichtszeit wurden durch die Nutzungsmöglichkeiten des Internets beeinflusst. Es gab an keiner der Schulen die Möglichkeit, eine Schulbibliothek mit entsprechender Fachliteratur während der Unterrichtszeit zu nutzen. Eine der Schulen besaß auf dem Schuldach eine eigene Solaranlage, welche von den Fachlehrenden schon an passender Stelle in den bisherigen Unterricht eingebunden worden war.

- *Im Bereich Thematik*

Die Thematik *Halbleiter* bildet den Abschluss des in der Sekundarstufe 1 stattfindenden Lehrgangs zur Elektrizitätslehre. In diesem Lehrgang wurden zuerst die Effekte und Gesetzmäßigkeiten der Elektrostatik behandelt. Der Begriff des elektrischen Feldes wurde eingeführt und seine Wirkungen wurde bekannt gemacht. Darauf aufbauend wurden Stromkreise betrachtet und die Größen *elektrische Spannung*, *elektrische Stromstärke* und *elektrischer Widerstand* eingeführt und sowohl mikroskopisch - also auf Ebene der modellhaften Vorstellung der Elektronenbewegung im Leitermaterial - als auch methodisch und phänomenologisch - also auf der Ebene beobachtbarer Effekte und deren Anwendungen - erklärt. Den Lernenden waren einige einfache Bauelemente bekannt, sowie die Darstellung eines Stromkreises als Schaltbild, die Übersetzung eines Schaltbildes in einen realen Stromkreis sowie

der umgekehrte Prozess und die Möglichkeiten der Messung und Berechnung elektrischer Größen in verschiedenen Schaltungsarten. In einer Lerneinheit zu Leitungseigenschaften verschiedener Stoffe wurden metallische Leiter, isolierende Materialien, Flüssigkeiten und Gase hinsichtlich ihrer Leitungseigenschaften sowohl auf Teilchenebene als auch phänomenologisch bekannt gemacht, bevor zum Thema *Halbleiter* übergegangen wurde. Zum Verständnis der Leitungsvorgänge auf Teilchenebene wurden Modellvorstellungen zum Aufbau von Atomen aus Elektronen und einem positiv geladenen Atomkern sowie zum atomaren Aufbau von Festkörpergittern entwickelt.

### **Anthropogene Voraussetzungen**

Unter anthropogenen Voraussetzungen werden diejenigen verstanden, die sich weitestgehend unabhängig von gesellschaftlichen und kulturellen Merkmalen auf individueller Ebene bei der Zielgruppe finden, für welche die Unterrichtsplanung durchgeführt wird (Heimann, Otto & Schulz, 1965).

Die meisten Lernenden der 8. und 9. Jahrgangsstufe (14 bis 16 Jahre alt) befinden sich bereits in der Pubertät. Entscheidungen über das eigene Verhalten werden nun vermehrt nicht mehr auf Grundlage der elterlichen Maßstäbe gefällt, sondern eher in Orientierung an Gleichaltrigen und gemeinsamen Idolen (Stecher & Maschke, 2013; Fend, 1998). Die erwünschte Passung der eigenen Interessen zur angestrebten Geschlechtsidentität kann dazu führen, dass je nach gesellschaftlicher Prägung bestimmte Themenbereiche als nicht passend wahrgenommen und abgelehnt, andere hingegen als identitätsbildend angenommen und integriert werden (Krapp, 1998). In dieser Entwicklungsphase findet auch eine starke Auseinandersetzung mit dem eigenen, sich in deutlicher Veränderung befindlichen Körper statt, die eine alterstypische Verunsicherung mit sich bringt (Stecher & Maschke, 2013; Zinnecker, Behnken, Maschke & Stecher, 2003). Interessenbereiche, auch soziale Beziehungen und Stimmungen sind deshalb oft nicht stabil (Bohleber & Leuzinger-Bohleber, 2013, S. 14).

Die im Rahmen einer Vorstudie (Brakhage, Hagenauer & Gläser-Zikuda, 2014) erhobenen Interessen ergaben, dass im Bereich persönlicher Interessen vor allem der sportliche und der musikalische Bereich wichtig für die Altersklasse waren. Darüber hinaus lag ein besonderes Interesse in der sozialen Auseinandersetzung mit Gleichaltrigen sowohl beim gemeinsamen Nachgehen musikalischer oder sportlicher Interessen als auch tätigkeitsungebunden als reines *Zusammen-sein* (ebenda). Positiv werden auch die Möglichkeiten der Zusammenarbeit mit Gleichaltrigen im Unterricht gesehen (ebenda). Auf die im Rahmen der Prä-/Posterhebungszeitpunkte gestellte Frage: „Weißt du schon, was Du nach Deinem Schulabschluss machen möchtest?“ antworteten 65,5 % der 14- bis 16-jährigen Befragten mit „Ja“. Dabei sagten 53,6% der Befragten darüber hinaus aus, dass auch schon ein konkreter Berufswunsch bestehe. Als andere Möglichkeiten nach dem Schulabschluss wurden z.B. angestrebte Auslandsaufenthalte oder Maßnahmen im Rahmen des Bundesfreiwilligendienstes u.a. angesprochen.

## Intentionalität

Im Bereich der Intentionalität steht die Verdeutlichung pädagogischer Absichten im Fokus, die sich in kognitive, emotionale und pragmatische Anteile unterteilen lassen. Dabei ist es den Autoren des Berliner Modells (Heimann, Otto & Schulz, 1965, S.27) wichtig, dass alle drei Anteile in letzter Konsequenz nicht getrennt umsetzbar sind, es aber sinnvoll ist, sich die Hauptakzentuierung im eigenen Unterricht zu verdeutlichen.

- *Kognitive Dimension*

Im Laufe des Lehrgangs zu Leitungsvorgängen haben die Lernenden verschiedene Mechanismen kennengelernt, welche zur Leitung des elektrischen Stromes in verschiedenen Materialien führen. Gemeinsamkeit all dieser Prozesse ist die Vorstellung, dass die Weiterleitung über geladene Teilchen erfolgte, die sich zwischen zwei elektrischen Polen, zwischen denen eine Spannungsdifferenz besteht, frei bewegen können. Dabei werden die Begriffe *elektrische Ladung* sowie *elektrische Spannung* und *elektrische Stromstärke* aus vorangegangenen Abschnitten zur Elektrizitätslehre vorausgesetzt. Grundlegend für das Verständnis ist, dass die beiden entgegengesetzten elektrischen Pole als sich gegenseitig anziehend angenommen werden, also ein positiv geladenes Teilchen vom negativen Pol angezogen wird und andersherum. Für das Verständnis der Leitungsvorgänge im Halbleiter ist die Modellvorstellung bewegter Elektronen in einem Festkörpergitter hilfreich, wobei innerhalb dieses Modells die Vorgänge im Halbleiter wesentliche Unterschiede zum Leitungsvorgang im metallischen Leiter aufweisen, und somit beide Vorgänge zueinander kontrastiert werden können. Durch die Behandlung der Leitungsvorgänge im Halbleiter kann also das Verständnis der modellhaft zugrundeliegenden wissenschaftlichen Vorstellungen geschult und gefestigt werden.

Die Kenntnis der Modellvorstellung zum grundsätzlichen Aufbau von Atomen und zu deren möglicher Anordnung in Gitterstrukturen im Festkörper werden ebenfalls als gedankliche Grundlage für das Verständnis der Prozesse im Halbleitermaterial vorausgesetzt. Auch die Mechanismen einer Bindung zwischen Atomen der gleichen *Sorte* und die Annahmen über daraus resultierende Stabilitätseigenschaften von Gitterstrukturen unterstützen das Verständnis der Vorgänge und ermöglichen eine Vernetzung verschiedener bisher kennengelernter Effekte, die als Begründungsfolie für eine wissenschaftliche Modellvorstellung dienen. Hiermit kann ein fundiertes Verständnis der Zusammenhänge gefördert werden.

Durch das Erarbeiten der Vorgänge im Halbleiter werden deshalb sowohl vorhandene Wissensbestände eingearbeitet und verknüpft, als auch neue Informationen auf diesem Gebiet erworben. Bereits bestehendes Wissen über Stromkreise und Schaltungen kann zur Anwendung kommen und somit geübt und vernetzt werden. Typische Eigenschaften bestimmter leitender Materialien können im Gegensatz zum Leitungsvorgang im Halbleiter betrachtet, wiederholt und angewandt werden.

- *Pragmatische Dimension*

Die im Vorfeld der Unterrichtsreihe zum Thema Halbleiter bereits erworbenen Fähigkeiten im Umgang mit elektrischen Schaltungen und die damit verbundene Transferleistung vom aufgezeichneten Schaltbild zur realen Schaltung können durch das Experimentieren mit Schaltungen, in denen Halbleiterbauelemente zum Einsatz kommen, geübt und vertieft werden. Darüber hinaus bieten einfache Diodenschaltungen über die Überprüfung ihrer Schaltungsmerkmale hinaus (z.B. Abhängigkeit von der Stromrichtung) eine praktische Anwendungsmöglichkeit einfacher Dimensionierungsrechnungen im Stromkreis, weil Leistungsversorgung und Widerstände auf den Arbeitsbereich des jeweiligen Diodentyps abgestimmt werden sollten. Durch das Aufgreifen von Verbrauchs-Aspekten im Vergleich zwischen Dioden und Glühlampen sowie durch die Behandlung der Nutzbarmachung der Sonnenenergie mit Hilfe von Solarzellen kann ein bewussterer Umgang mit Energieressourcen erreicht werden. Im Zusammenhang mit dem wachsenden Bedarf an elektronischen Geräten in modernen Gesellschaften kann die Thematisierung der zum Teil problematischen Materialgewinnung aus geologischen Vorkommen sowie aus Elektronikschrott das Verständnis für den verantwortungsbewussten Umgang mit, sowie die sachgerechte Entsorgung von elektronischen Geräten unterstützen.

- *Emotionale Dimension*

Durch die einleitende Beschäftigung mit den Experimentierplätzen konnte für die Auseinandersetzung mit dem Themengebiet eine positive Einstellung initiiert werden. Hierbei kam nicht nur der Aspekt zum Tragen, dass sowohl nach Aussagen der Lehrenden als auch nach Aussagen der Lernenden *das Experimentieren im Allgemeinen Freude bereitet*: Sie bestätigten, dass durch die unbekanntes Schaltteile und Schaltanordnungen, die also nicht dem durch die Experimentiersets im Unterricht bekannten Schema entsprachen, das Experimentieren im Rahmen der Intervention als besonders abwechslungsreich und angenehm wahrgenommen wurde. Die in der Experimentierphase erfolgende Verknüpfung des neuen Themengebietes mit alltagsrelevanten und interessierenden Anwendungsgebieten (Musikverstärkung, Lichtorgel, Pulsmessung vor und nach körperlicher Anstrengung), wie sie als anthropogene Voraussetzungen der Lernenden in die Unterrichtsplanung eingeflossen waren, sollte eine emotionale Verknüpfung positiver Alltagserfahrungen mit dem Lerngegenstand fördern. Das gemeinsame und selbstständige Erarbeiten eines Themenkomplexes und die anschließende Präsentation des Themas boten zudem die Möglichkeit, sich mit der erarbeiteten Expertise im jeweiligen Themenbereich als besonders kompetent zu erleben. In der Treatmentgruppe wurde auch im Bereich der selbstständig zu erarbeitenden Themen ein Bezug zu den Alltagsinteressen angeregt, um über die Einstiegsphase hinaus eine Verknüpfung positiver Alltagserfahrungen mit dem Lerngegenstand zu erreichen und das im Bereich individueller Interessen mögliche Kompetenzerleben in den Lernprozess zu transferieren.

Vorbereitend auf die Leistungsüberprüfung wurde in einem Abschnitt der *Wissenssicherung* bewusst methodisch auf die Möglichkeit der *direkten Instruktion* durch die Lehrperson zurückgegriffen, weil sie

eine im sonstigen Physikunterricht häufig angewandte und somit möglicherweise auch im Hinblick auf die Leistungsüberprüfung Sicherheit vermittelnde Methode ist. Innerhalb der Klassenarbeit wurden neben einem Aufgabenstamm, den alle Lernenden bearbeiten sollten, Wahlaufgaben zu den speziellen Projektthemen angeboten, welche die wahrgenommene Relevanz des erworbenen Zusatzwissens auch für die Leistungsfeststellung unterstützten.

Eine konsequente und konsistente Verknüpfung bisher erworbenen Wissens, gerade auf der Ebene atomarer Modellvorstellungen, mit bestimmten materialtypischen Phänomenen kann Verständnis und Faszination für naturwissenschaftliche Denkweisen wecken. Wenn es gelingt, einen Zugang zu schaltungslogischen Sichtweisen auf Transistorschaltungen zu entwickeln, kann das eine Faszination für Informatik und Computertechnologie befördern.

### **Thematik**

Im thematischen Fokus der Unterrichtsreihe standen die folgenden Fragestellungen:

- I. Welche Leitungseigenschaften zeigt ein halbleitendes Material?
- II. Wie können die Leitungseigenschaften eines halbleitenden Materials mikroskopisch erklärt werden?
- III. Von welchen Größen kann die Leitfähigkeit eines halbleitenden Materials in welcher Weise beeinflusst werden?
- IV. Welche elektronischen Bauelemente sind aus halbleitenden Materialien herstellbar?
- V. Wie ist deren Funktionsweise mikroskopisch sowie makroskopisch erklärbar?

Darüber hinaus wird das Experimentieren mit elektrischen Schaltungen als Methode des naturwissenschaftlichen Erkenntnisgewinns sowie als fachspezifische Handlungskompetenz geübt.

Auf die einzelnen Dimensionen, die sich aus der Thematik ergeben, wurde ausführlich in der, der Strukturanalyse vorangestellten Didaktischen Analyse nach Klafki (1964) eingegangen.

### **Methodik**

Methodisch finden sich in der Unterrichtsreihe je nach Abschnitt verschiedene Ansätze, auf die weiter unten im Einzelnen eingegangen wird.

- I. Experimentieren in Gruppen (Stationenarbeit)
- II. Projektphase (Projektarbeit)
  - selbstständiges Einarbeiten in die Thematik in (*Interessen-*)Gruppen
  - selbstständige Ideenfindung
  - Erarbeitung einer Zeitschriftenseite
  - Präsentationen als Gruppe
- III. Direkte Instruktion zur Wissenssicherung (Wiederholung und Festigung)
- IV. Klassenarbeit mit offenem Format (Klassenarbeit)

## Medien

In den einzelnen Unterrichtsphasen wurden verschiedene Medien eingesetzt (siehe Tabelle 3). Dazu gehören:

- vorbereitete Experimentierplätze (Stationenarbeit)
- Arbeitsmappen mit Arbeitsblättern (Stationenarbeit, Projektarbeit, Klassenarbeit)
- informierende Texte zu den Bauteilen (Stationenarbeit, Projektarbeit)
- informierende Texte zu möglichen Interessenbezügen (Stationenarbeit, Projektarbeit)
- z.T. Rechner, z.T. Bücher (Projektarbeit)
- vorbereiteter Reader als parallelisierter Lehrbuchersatz (Wiederholung und Festigung)

**Tabelle 3.** Strukturmomente der einzelnen Unterrichtsphasen.

---

<b>Stationenarbeit</b>	
<b>Intentionalität</b>	Emotional: <ul style="list-style-type: none"><li>• Verdeutlichen von Parallelen zwischen Alltagsinteressen und Halbleiterbauelementen – Bezug zu positiven Freizeiterlebnissen</li><li>• Kompetenzerleben und Freude beim Experimentieren mit Elektronik</li><li>• positives soziales Erleben beim Experimentieren in Kleingruppen</li><li>• Wecken von Interesse am Experimentieren mit Elektronik</li></ul> Pragmatisch: <ul style="list-style-type: none"><li>• experimenteller Umgang mit Elektronik</li></ul> Kognitiv: <ul style="list-style-type: none"><li>• Kennenlernen von Halbleiterbauelementen, ihren speziellen elektrischen Eigenschaften und den sich daraus ergebenden Anwendungen</li></ul>
<b>Thematik</b>	Elektronische Schaltungen mit Halbleiterbauelementen
<b>Methodik</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Arbeit in Experimentiergruppen</li><li>• Bearbeiten von Arbeitsblättern zu den Experimenten</li></ul>
<b>Medien</b>	Experimentierplätze, Arbeitsblätter, Informationsmaterialien zu Halbleiterbauelementen und Anwendungsbereichen
<b>Voraussetzungen</b>	Arbeitsmethodisch <ul style="list-style-type: none"><li>• Experimentieren in Gruppen ist bekannt</li></ul>

---

- technische Ausstattung und experimentelle Erfahrung zur Bedienung der Experimentierplätze ist gegeben

Anthropogen

- individuelle Vorerfahrungen werden durch die Alltagsnähe der Experimente aktiviert

---

### **Projektarbeit in Gruppen**

---

#### **Intentionalität**

Emotional:

- Autonomieerfahrung, soziale Eingebundenheit in der Interessen-/Fachgruppe
- Aktualisierung positiver Erlebnisse der vorherigen Stationenarbeit bei der Vertiefung der Themen
- Vertiefen von verknüpfenden Parallelen zwischen Alltagsinteressen und Anwendungen von Halbleiterbauelementen (nur im Treatment)
- Kompetenzerleben im Interessenbereich (nur im Treatment)

Pragmatisch:

- Erlernen der selbstständigen Organisation der Arbeitsweise bei der Bearbeitung des Arbeitsauftrags
- Eigenverantwortlichkeit bei der Materialbeschaffung
- Selbstständige Ausarbeitung und Planung der Präsentation
- Verbindung von fachlichen Themen und deren sprachlicher Darstellung, Experimentierideen und gestalterischen Gesichtspunkten

Kognitiv:

- Wahl eines relevanten Themengebietes mit Interessenbezug und mit Bezug auf das Thema Halbleiter (nur im Treatment)
- Beschäftigung mit einem ausgewählten Fach-Themenbereich
- eigene Schwerpunktsetzung
- eigene Struktur
- eigene Arbeitstechniken

#### **Thematik**

Interessenbezogene/alltagsbezogene Beschäftigung mit dem Thema Halbleiter

## Methodisches Vorgehen

<b>Methodik</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Arbeit in Interessengruppen/Kleingruppen an einem Thema</li><li>• projektähnliche Arbeitsweise</li><li>• selbst organisierter Informationserwerb</li></ul>
<b>Medien</b>	Arbeitsauftrag in Form eines Arbeitsblattes, verschiedene Informationsträger (Bücher, Internet)
<b>Voraussetzungen</b>	Unterschiedliche Ausstattung der Schulen mit Computern, Experimenten, Literatur

---

## Präsentation der Projektarbeit

---

<b>Intentionalität</b>	<p>Emotional:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>• Möglichkeit der Vermittlung der eigenen Begeisterung, der eigenen Interessen</li><li>• Kompetenzerleben als Experte im eigenen Bereich/Interessenbereich</li></ul> <p>Pragmatisch:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>• Umsetzung einer Präsentation</li><li>• Teamarbeit beim Präsentieren</li><li>• Kriterien zur Präsentationsbewertung erarbeiten und einhalten</li><li>• Kritikfähigkeit in der Diskussion</li><li>• konstruktives Kritisieren als Zuhörer</li></ul> <p>Kognitiv:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>• Fachinformationen aus den Themen der anderen Gruppen</li><li>• Umgang mit Kritik</li></ul>
<b>Thematik</b>	<p>Thematik richtet sich nach den Einzelgruppen, bleibt aber mit Halbleiter-Bezug</p> <p>Zusammenführung der vier Themenbereiche:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>• HL-Materialien,</li><li>• HL-Dioden,</li><li>• Transistoren,</li><li>• Solarzellen</li></ul>
<b>Methodik</b>	<p>Präsentationen der Gruppen</p> <p>Diskussion sowie kriteriale Einschätzung</p>

<b>Medien</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• teilweise Computer und elektronische Tafeln für ppt Vorträge,</li> <li>• teilweise Projektoren für Echtfolien,</li> <li>• entwickelte Zeitschriften-Doppelseite zur Ansicht für alle,</li> <li>• teilweise vorhandene oder selbst mitgebrachte Experimentierplätze</li> </ul>
<b>Voraussetzungen</b>	Die medientechnische Ausstattung der Schulen zur Präsentation der erarbeiteten Projektinhalte war sehr unterschiedlich.

**Wiederholung und Festigung**

<b>Intentionalität</b>	<p>Emotional:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Sammlung der Fachaspekte zum Erlangen von Sicherheit für die Leistungsüberprüfung</li> <li>• Abbau von Angst durch klare Darstellung der Leistungserwartung</li> </ul> <p>Pragmatisch:</p> <p>Transfer der bisher auf <i>innovativem</i> Wege erworbenen Wissensbasis in die fachgerechte Rezeption</p> <p>Kognitiv:</p> <p>Sicherung des Halbleiter-Basiswissens</p>
<b>Thematik</b>	Die Thematische Aspekte zur Eigenschaft <i>halbleitend</i> sowie zum Aufbau und zur Wirkungsweise bzw. Schaltung von Dioden, Transistoren und Solarzellen werden vor allem auf reiner Fachwissensbasis wiederholt.
<b>Methodik</b>	Phase direkter Instruktion sowie von den Lehrenden geleitetes Unterrichtsgespräch
<b>Medien</b>	Reader zu den wichtigsten Fachaspekten (aus Lehrbüchern zusammengestellt)
<b>Voraussetzungen</b>	Das in den anderen Bearbeitungsphasen erworbene Wissen wird zugrunde gelegt.

**Klassenarbeit/Leistungsüberprüfung**

<b>Intentionalität</b>	<p>Emotional:</p> <p>Erfahrung von (nicht nur Alltags- sondern auch) Leistungsrelevanz der erworbenen Inhalte</p> <p>Pragmatisch:</p> <p>Darstellung eigener Wissensbestände</p>
------------------------	--

	Kognitiv:
	Reproduktion und Anwendung des erworbenen Wissens
<b>Thematik</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Zusammenfassung der thematischen Schwerpunkte in der Leistungsüberprüfung</li><li>• Abfrage auch interessenorientierter Punkte</li></ul>
<b>Methodik</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Schriftliche Arbeit an vorgegebenen Aufgaben</li><li>• freies Antwort-/Löseformat</li><li>• Pflichtaufgaben und Wahlaufgaben</li></ul>
<b>Medien</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• ausgedruckter Aufgabenzettel</li><li>• Stift, Papier</li></ul>
<b>Voraussetzungen</b>	Für die Klassenarbeit stand eine Unterrichtsstunde am Ende der Unterrichtsreihe zur Verfügung, in der vorausgesetzt wurde, dass die Lernenden an den anderen Phasen der Unterrichtsreihe teilgenommen hatten, um Lerngelegenheiten für den Erwerb des zur Bearbeitung der Aufgaben notwendigen Wissen gehabt zu haben.

---

#### 4.2.4.2 Bedingungsprüfung

Die Durchführung einer Bedingungsanalyse, also die Erfassung sozio-kultureller und anthropogener Voraussetzungen der Lernenden, als wesentlicher Teil der Unterrichtsplanung, kann im Falle einer für sechs unterschiedliche Klassen geplanten Unterrichtsreihe nur im Ansatz erfolgen.

Im Sinne des Forschungsanliegens wurden alterstypische Interessen, Verhaltensweisen und Sozialformen im Vorfeld der Unterrichtsentwicklung in einer eigenen Datenerhebung (Brakhage, Hagenauer & Gläser-Zikuda, 2014) ermittelt. Hierfür erfolgten auch Unterrichtsbeobachtungen im Physikunterricht der entsprechenden Altersklasse. Darüber hinaus waren vorbereitende Gespräche mit den einzelnen Lehrpersonen wesentlich. In individuellen Absprachen zu den entwickelten Materialien ist der Versuch unternommen worden, die Bedingungen der Einzelklassen zu erfassen. Mögliche Anregungen der Lehrpersonen sowie vorgeschlagene bzw. notwendige Anpassungen der Materialien an spezielle Bedingungen der Einzelstandorte wurden im Rahmen der Möglichkeiten für die Gesamtintervention eingearbeitet.

### 4.3 Variablen der Untersuchung und Instrumente

Die in der empirischen Untersuchung eingesetzten Instrumente orientieren sich an der Zielstellung der Studie und demgemäß den Forschungsfragen. In den folgenden Abschnitten werden die Instrumente im Einzelnen vorgestellt.

#### 4.3.1 Kompetenztest

Für die Erhebung der Kompetenz stand ein durch die Forschergruppe Geller et al. (2014) entwickeltes und getestetes Messinstrument zur Fachkompetenz im Bereich der Elektrizitätslehre zur Verfügung. Das Instrument wurde nach dem von Kauertz et al. (2010) und Neumann et al. (2007) entworfenen Modell physikalischer Kompetenz entwickelt, welches das in den Bildungsstandards für den mittleren Schulabschluss im Fach Physik (KMK, 2004) vorgestellte Kompetenzmodell aufgreift und ausdifferenziert (siehe Abschnitte 2.2.6 und 2.2.7). Der Test greift die Themen *Elektrizität* (Stromkreise, Spannung, Strom, Widerstand), *Energie im Allgemeinen* (Formen, Umwandlung, Speicherung und Verlust) und *elektrische Energie* auf. Diese Themen sind Bestandteil der in den Bildungsstandards für den mittleren Schulabschluss im Fach Physik (KMK, 2004) formulierten Erwartungen zum Kompetenzerwerb im Themenbereich Elektrizitätslehre. Im Physik-Lehrplan an Thüringer Gymnasien (ThILLM, 2012) bildet das Themengebiet *Halbleiter* einen Teilkomplex des Elektrizitätslehre-Lehrgangs in der Sekundarstufe 1. Dabei wird zum Beispiel beim Experimentieren mit elektronischen Schaltungen auch Wissen über elektrische Schaltkreise und Bauelemente angeboten und angewandt sowie das Verständnis über elektrische Leitungsprozesse vertieft. Insofern beinhaltet das Thema *Halbleiter* auch die Weiterentwicklung des Kompetenzbereiches *Fachwissen Elektrizitätslehre*. Es schafft entsprechende Lerngelegenheiten, auch wenn auf die im Kompetenztest im Einzelnen fokussierten Aspekte des Fachwissens im Rahmen der Intervention nicht speziell eingegangen wird. Aus diesem Grunde konnte mit Hilfe des verwendeten Kompetenztests zu Beginn sowie am Ende der Intervention abgebildet werden, inwiefern ein übergeordneter Kompetenzbereich seine messbare Ausprägung verändert, wenn er im Rahmen einer Intervention durch unterschiedlich motivierte Transferleistungen und Anwendung trainiert wird, ohne aber zum zentralen Lerngegenstand gemacht zu werden.

Das Testinstrument umfasst einen Item-Pool von 54 Items, welche sich in drei separaten Testheften (je 18 Aufgaben) verteilen. In einer von Geller et.al (2014) vorgestellten Studie mit einer Stichprobengröße von N=1813 kamen alle drei Testhefte zum Einsatz, wobei jede Testperson zum ersten Messzeitpunkt nur eines der Testhefte bearbeitete und zum zweiten Zeitpunkt die beiden verbleibenden. In der Abbildung des Kompetenzprofils wird auch theoriebasiert von mehreren Merkmalsdimensionen ausgegangen, weshalb Modelle der Item-Respon-Theory in diesem Feld von besonderer Bedeutung sind und bei der Entwicklung und Testung des Instrumentes zum Einsatz kamen. Die Reliabilität des Tests (Person-Separation-Reliability) betrug dabei hinsichtlich der Konsistenz eines kriteriengeleiteten

reduzierten Itempools von 41 Items  $Rel=.63$ . Dieser Wert ist mit dem Maß der internen Konsistenz Cronbach's Alpha in der klassischen Testtheorie vergleichbar. In der hier vorliegenden Studie konnten aufgrund der geringen Stichprobengröße die Einzeltesthefte nicht variabel parallel eingesetzt werden, sondern nur ein einziges Testheft zum Einsatz kommen. Es umfasste einen Pool von 18 Aufgaben auf unterscheidbarem Komplexitätslevel (Level 1: 4 Aufgaben, Level 2: 3 Aufgaben, Level 3: 5 Aufgaben; Level 4-6: 6 Aufgaben). Zur Beantwortung der Items war ein zeitlicher Rahmen von insgesamt 18 Minuten vorgegeben. Der Test wurde in Abwesenheit der Lehrpersonen durchgeführt. Die Höhe der Antwortvarianz der Einzelitems sowie die erkennbare Abbildbarkeit von Veränderungen der Kompetenzen durch den Test innerhalb der vorliegenden Stichprobe wurden überprüft. Die mithilfe des Maßes der internen Konsistenz der Skala ermittelte Reliabilität des reduzierten Testinstrumentes betrug für die einzelnen Messzeitpunkte  $\alpha_{Cronbachs}=.43$  (prä) und  $\alpha_{Cronbachs}=.53$  (post). Die geringeren Werte für die Reliabilität im Vergleich zum Originaltest sind teilweise durch die erfolgte Auswahl des Testheftes interpretierbar, wobei für die Einzeltesthefte keine Referenzwerte vorlagen. Darüber hinaus gilt, dass, im Fall der Mehrdimensionalität des abgebildeten Merkmals, die Angabe von Cronbach's Alpha eine Minimalschätzung der Reliabilität darstellt (Steyer & Eid, 2001, S. 131).

Abweichend zur Testbewertung der Entwicklergruppe wurden in der vorliegenden Studie für einzelne Aufgaben zum Teil mehr als ein Punkt vergeben. Die Gesamtpunktzahl beträgt deshalb 22 Punkte (statt 18 Punkten), wobei für die Berechnung der erreichten Kompetenzwerte auf den einzelnen Komplexitätsniveau-Stufen (Forschungsfrage 3.1) eine Normierung der Aufgabenwertung auf 1 durchgeführt wurde.

### 4.3.2 Kontrolle des Halbleiterwissens

#### 4.3.2.1 Halbleiter-(Vor-)Wissenstest

Um das Vorwissen der Lernenden im Themengebiet *Halbleiter* kontrollieren zu können, war es notwendig, das Fachwissen zum Themengebiet *Halbleiter* vor Beginn der Unterrichtsreihe (prä-) zu erheben. Dies erfolgte mit Hilfe eines selbstentwickelten Halbleiter-Vorwissenstests, welcher einen Aufgabenumfang von neun Fragen hatte, die sich in verschiedenen Verständnistiefen mit dem Thema Halbleiter befassten. Der Test enthielt sowohl Aufgaben, die rein deklaratives Wissen zum Themenbereich abfragten, als auch Aufgaben, in denen prozedurales Wissen zur Beantwortung der Fragen notwendig war. Zum Teil wurden die Aufgaben im *multiple choice* Format angeboten, teilweise waren kurze Textantworten notwendig. Es wurden neben einzelnen Fakten auch Zusammenhänge und Konzepte erfragt, um die Aufgabenkomplexität (Geller et al., 2014; Kauertz et al., 2010; Neumann et al., 2007) zu variieren. Zusätzlich wurden einzelne Aufgaben aus dem Themenkomplex *elektrische Leitungsvorgänge* eingebaut, die auch ohne Halbleiterwissen beantwortet werden konnten. Hierdurch sollte eine mögliche demotivierende Wirkung der Aufgabenbearbeitung vor Beginn der Intervention

aufgefangen werden. Insgesamt war eine Bearbeitungszeit von 10 Minuten vorgegeben. Die Beantwortung der Testfragen erfolgte zeitlich nach dem Einsatz des Prä-Fragebogens und wurde in Abwesenheit der Lehrpersonen durchgeführt. Am Ende der Intervention wurde der Test ein zweites Mal eingesetzt, um zu überprüfen, ob die erfragten Fakten und Zusammenhänge innerhalb der Unterrichtsreihe zum Themengebiet erworben werden konnten. Die Reliabilität des Instrumentes wurde mithilfe des Maßes der internen Konsistenz der Skala für die erhobenen Daten zu beiden Messzeitpunkten bestimmt. Beim Einsatz des Tests vor Beginn der Intervention wurde ein  $\alpha_{\text{Cronbachs}}=.64$  erreicht. Zum zweiten Messzeitpunkt konnte nur eine Reliabilität von  $\alpha_{\text{Cronbachs}}=.23$  erreicht werden. Der Test zeigte zum zweiten Messzeitpunkt eine geringe Antwortvarianz sowie geringe Korrelationen zwischen den Items. Vermutet wird, dass dies durch die für den zweiten Messzeitpunkt zu geringe Varianz der Itemschwierigkeit der konzipierten Items verursacht wird. Nach Durchführung der Unterrichtsreihe trat somit ein Deckeneffekt auf: Die Schwierigkeit derjenigen Fragestellungen, die einfaches deklaratives Wissen abfragten, war nach erfolgter Unterrichtsreihe zu gering für die Lernenden. Die Items zu prozeduralem Halbleiterwissen wiesen jedoch auch nach der Intervention z.T. eine zu hohe Itemschwierigkeit auf. Die Aussagekraft der zweiten Datenerhebung mit diesem Test ist daher eingeschränkt. Die Daten geben Auskunft darüber, ob die als mögliches Vorwissen zum Themengebiet angenommenen und überprüften deklarativen Wissensaspekte nach der Unterrichtsreihe verfügbar waren.

#### 4.3.2.2 Klassenarbeit zum Themengebiet Halbleiter am Ende der Unterrichtsreihe

Als aussagekräftiges Maß für das verfügbare Wissen zum Themengebiet *Halbleiter* am Ende der Unterrichtsreihe, wurden die Ergebnisse der in der letzten Unterrichtsstunde der Intervention in allen Gruppen eingesetzten Klassenarbeit ausgewertet. Diese enthielt einen Stamm von 17 in allen Gruppen identisch eingesetzten Teilaufgaben. Neben Aufgaben zum Faktenwissen wurden auch Aufgaben höherer Komplexität gestellt (Geller et al., 2014; Kauertz et al., 2010; Neumann et al., 2007). Insgesamt nahmen die Themen auf die Fachinhalte der vergangenen Unterrichtsstunden Bezug. Die Reliabilität des Instrumentes wurde mithilfe des Maßes der internen Konsistenz der Skala für die erhobenen Daten bestimmt. Sie betrug hier  $\alpha_{\text{Cronbachs}}=.81$ .

#### 4.3.3 Prä-/Post-Fragebogen

Anhand der Forschungsfragen wurde ein zentrales Fragebogeninstrument (Tabelle 4) zusammengestellt, welches standardisierte, zum Teil auch gekürzte Skalen umfasste. Dieser Fragebogen wurde zu beiden Messzeitpunkten in identischer Form eingesetzt. Er enthielt auch die Frage nach der Physiknote im letzten Halbjahreszeugnis (Vorleistung). Alle Prä- bzw. Post-Erhebungen wurden in Abwesenheit der jeweiligen Lehrperson durchgeführt. Über das Schulfach Physik hinaus wurde der Bereich thematischer Interessen hier ähnlich dem Vorgehen anderer Studien (Krapp 1992a, S.754) nur grob

operationalisiert und entspricht einer Abfrage nach einer generellen Einstellung zur Beschäftigung mit einem Themenbereich.

**Tabelle 4.** Skalen des Hauptfragebogens.

Skala	Items	Anzahl Items	Alpha $t_{prä}$	Alpha $t_{post}$
<b>Fähigkeitsselbstkonzept in Physik</b> (Frey, Taskinen, Schütte, Prenzel, Artelt, Baumert, Blum, Hammann, Klieme & Pekrun, 2009) 5-stufig von 1- <i>stimmt gar nicht</i> bis 5- <i>stimmt genau</i>	Ich glaube, dass ich anspruchsvollen Stoff in Physik leicht lernen kann.	6	.91	.92
	Es fällt mir leicht, neue Ideen im Physikunterricht zu verstehen.			
	Normalerweise kann ich Prüfungsfragen in Physik gut beantworten.			
	Ich lerne neuen Stoff in Physik schnell.			
	Den Stoff in Physik finde ich einfach.			
	Wenn ich in Physik unterrichtet werde, verstehe ich neue Begriffe leicht.			
<b>Interesse</b>				
<i>Interesse am Schulfach Physik</i> (Köller, Schnabel & Baumert, 2000, angepasst) 5-stufig von 1- <i>stimmt gar nicht</i> bis 5- <i>stimmt genau</i>	Physik gehört für mich zu den interessantesten Dingen, die wir in der Schule lernen.	6	.81	.85
	Wenn ich Aufgaben im Physikunterricht erledige, kann es passieren, dass ich gar nicht merke, wie die Zeit verfliegt.			
	An Aufgaben im Physikunterricht zu arbeiten, macht mir Spaß.			
	Wenn ich im Physikunterricht etwas Neues dazulernen kann, bin ich auch bereit, mir dafür genügend Zeit zu nehmen.			
	Es ist für mich wichtig, die Dinge im Physikunterricht zu verstehen.			
	Es ist für mich persönlich wichtig, im Physikunterricht gut zu sein.			

Fortsetzung **Tabelle 3.** Skalen des Hauptfragebogens.

<p><i>Interesse an Sport/Musik/Politik/ Elektrotechnik/Computern (14 Einzelitems)</i>  (Brakhage, Hagenauer &amp; Gläser-Zikuda, 2014)  5-stufig von 1-<i>trifft voll zu</i> bis 5-<i>trifft gar nicht zu</i></p>	Ich beschäftige mich gern mit ...Sport...	1		
<p><i>Informationsinteresse (Häufigkeit) an Physik in der Freizeit</i>  (Hoffmann, Häußler &amp; Lehrke, 1998)  5-stufig von 1-<i>nie</i> bis 5-<i>sehr häufig</i></p>	<p>Gib an, wie oft du die folgenden Dinge in Deiner Freizeit tust: ...</p> <p>In Zeitschriften oder dem Internet Berichte über physikalische oder technische Themen lesen.</p> <p>Fernsehsendungen ansehen, die mit Physik oder Technik zu tun haben</p> <p>Bücher lesen, die Themen aus den Bereichen Physik und Technik behandeln</p> <p>mich mit Experimentierkästen beschäftigen</p> <p>mich mit Technik-Baukästen beschäftigen (z.B. Fischer-Technik, Lego-Technik, Lego mindstorms)</p> <p>technische Dinge basteln (z.B. ein Modellflugzeug, Modelleisenbahnanlagen, Alarmanlagen, Lichtanlagen für Konzerte)</p> <p>Dinge auseinandernehmen und reparieren (z.B. das Fahrrad, das Moped, ein Handy, Uhren, Kameras).</p> <p>technische Anlagen (z.B. Kraftwerk), Museen und Ausstellungen, die mit Physik oder Technik zu tun haben, besuchen</p> <p>mit Freund/innen über Themen aus der Physik oder Technik sprechen</p> <p>anderen (z.B. Handwerkern) bei technischen Arbeiten zusehen</p>	10	.82	.86

#### 4.3.4 Kurzfragebogen

Vor dem Hintergrund der Fragestellung, ob und in welchem Maße es gelungen ist, die Lernenden mit den einzelnen Phasen der Intervention anzusprechen und ob und wie sich ihr situationales Interesse am Unterricht dabei verändert, wurde ein Kurzfragebogen erstellt, der während der Intervention zu vier Zeitpunkten eingesetzt wurde: Zum Ende der Stationenarbeit ( $t_1$ ), im Zentrum der Projektarbeitsphase ( $t_2$ ), am Ende der Präsentationsstunden ( $t_3$ ) sowie nach der Wiederholungsphase ( $t_4$ ). Zusätzlich zu den zu allen vier Messzeitpunkten identischen Items zum situationalen Interesse enthielt der Kurzfragebogen je drei variierende Items, die den Treatmentcheck beinhalten. Die Bearbeitung des Fragebogens nahm zu den jeweiligen Erhebungen jeweils 5 Minuten der Unterrichtszeit in Anspruch und wurde im Gegensatz zu den Prä- und Posterhebungen von der jeweiligen Lehrkraft betreut. Die Lernenden hatten die Möglichkeit, ihre Fragebögen in geschlossenen Umschlägen abzugeben. Für die Qualität der erhobenen Daten war hier besonders wichtig, dass der zeitliche Aufwand zur Beantwortung des Fragebogens weder durch die Lernenden noch durch die Lehrpersonen als großer zeitlicher Einschnitt empfunden wurde.

##### 4.3.4.1 Situationales Interesse

Die Skala des situationalen Interesses ist in Tabelle 5 dargestellt, unterteilt in eine *catch*- und eine *hold*-Komponente (Lewalter & Geyer, 2009; Lewalter & Knogler, 2014). Im Bereich der *catch*-Komponente enthält die Skala stark situationsbezogene Items, die insbesondere die individuelle Erlebensqualität in den Blick nehmen. Dabei werden wahrgenommene Neugier und Aufmerksamkeit, aber auch Freude und positive Spannung erfragt. Die *hold*-Komponente enthält eine stärkere Themenbezogenheit und nimmt Aspekte wie Wertzuschreibungen und Wissensdurst bzgl. des Unterrichtsthemas in den Blick (siehe auch *Abschnitt 2.1.2.5*). Theoriegeleitet wird der *hold*-Komponente eine gegenüber der *catch*-Komponente stärker ausgeprägte Situationsunabhängigkeit zugeschrieben. Es wird angenommen, dass ausgeprägte *hold*-Aspekte des situationalen Interesses auf ein beginnendes individuelles Interesse hinweisen können (Rotgans & Schmidt, 2017\_c; siehe auch *Abschnitt 2.1.2.5* sowie *2.1.2.8*). Empirisch lassen sich die beiden Subskalen nur wenig trennscharf voneinander separieren (Willems, 2011; Knogler et al., 2015). In der vorliegenden Studie wird das situationale Interesse theoriegeleitet sowohl als Gesamtkonstrukt als auch geteilt in die beiden Teilkomponenten betrachtet. Es wurde mit einer fünfstufigen Antwortskala gearbeitet: 1-*gar nicht*; 2-*kaum*; 3-*etwas*; 4-*ziemlich*; 5-*sehr*. Die Reliabilität des Instrumentes, sowie die Reliabilität der Subskalen und die Korrelationskoeffizienten der Subskalen miteinander sind in Tabelle 6 dargestellt.

**Tabelle 5.** Skala des situationalen Interesses.

---

**Situationales Interesse**

---

**Situationales Interesse – *catch***

*Items (emotional)*

Die Unterrichtsstunde war für mich unterhaltsam.

Ich fand die Unterrichtsstunde spannend.

Die Unterrichtsstunde hat mir Spaß gemacht.

*Items (Aufmerksamkeit)*

Die Unterrichtsstunde hat meine Neugier geweckt.

Die Unterrichtsstunde konnte meine Aufmerksamkeit fesseln.

Ich habe mich auf die Unterrichtsstunde konzentriert.

**Situationales Interesse – *hold***

*Items (epistemisch)*

Ich bin auf Themen gestoßen, zu denen ich gerne mehr Information hätte.

Über Teile der Unterrichtsstunde möchte ich gerne mehr erfahren.

Für mich haben sich neue Fragen ergeben, auf die ich gerne eine Antwort hätte.

Ich möchte mich über die Inhalte der Unterrichtsstunde mit anderen unterhalten.

*Items (Wertzuschreibung)*

Die Themen der Unterrichtsstunde sind mir wichtig.

Die Beschäftigung mit den Inhalten der Unterrichtsstunde war für mich nützlich.

Die Inhalte der Unterrichtsstunde sind für mich bedeutsam.

---

**Tabelle 6.** Reliabilität des situationalen Interesses zu den einzelnen Messzeitpunkten.

Messzeitpunkt	$\alpha_{\text{Cronbachs}}$ gesamte Skala 13 Items	$\alpha_{\text{Cronbachs}}$ <i>catch-</i> Komponente 6 Items	$\alpha_{\text{Cronbachs}}$ <i>hold-</i> Komponente 7 Items	Pearson-Korrela- tion <i>catch-hold</i>
t <sub>1</sub>	.92	.89	.86	r(105)=.76, p<.001
t <sub>2</sub>	.95	.91	.92	r(104)=.84, p<.001
t <sub>3</sub>	.95	.92	.92	r(107)=.80, p<.001
t <sub>4</sub>	.94	.90	.92	r(100)=.76, p<.001

#### 4.3.4.2 Treatmentcheck

Über die selbstentwickelten Items des Treatmentchecks wurde kontrolliert, ob die Lernenden eine Einbindung ihrer individuellen Interessen in den unterschiedlichen Phasen der Unterrichtsreihe wahrnehmen konnten. Die bei der Entwicklung der Unterrichtsreihe erfolgte Interessenorientierung konnte nicht an spezifisch für genau diese Stichprobe erfassten Interessen erfolgen (siehe dazu auch *Abschnitt 6.4*), sondern nahm auf allgemeine in der Altersklasse anzutreffende Vorlieben im Freizeitverhalten (Brakhage, Hagenauer & Gläser-Zikuda, 2014; Fend, 1991; siehe dazu auch *Abschnitt 4.4.3.3*) Bezug. Da die zentrale Forschungshypothese auf der Wirksamkeit der Einbindung individueller, auch fachfremder Interessen der Lernenden in den Unterricht aufbaut, war es deshalb im Sinne der Sicherung interner Validität der Studie (Bortz & Döring, 2006) notwendig zu überprüfen, ob die als interessenorientierte Unterrichtsreihe entwickelte Intervention diese Interesseneinbindung für die Lernenden auch erlebbar machen konnte. Die Items des Treatmentchecks sind speziell auf die Phasen der Intervention abgestimmt (siehe Tabelle 7). Dabei wurde der Begriff der Freizeitinteressen umgangssprachlich für *individuelle Interessen im Sinne in der Freizeit der Lernenden vorkommende individuelle Vorlieben in der Tätigkeits- oder Gegenstandsauseinandersetzung* verwendet. Es wurde mit einer fünfstufigen Antwortskala gearbeitet: 1-*gar nicht*; 2-*kaum*; 3-*etwas*; 4-*ziemlich*; 5-*sehr*.

**Tabelle 7.** Items zum Treatmentcheck.

Zeitpunkte	Einzelitems
t <sub>1</sub>	Der Unterricht griff meine Freizeitinteressen auf.
t <sub>2</sub>	Das Thema meiner Gruppe greift meine Freizeitinteressen auf.
t <sub>3</sub>	Die Relevanz des Themas Halbleiter für meine Freizeitinteressen wurde mir deutlich.
t <sub>4</sub>	Die Zusammenführung der einzelnen physikalischen Schwerpunkte aus den Gruppenarbeiten war interessant.

## 4.4 Stichprobe

### 4.4.1 Auswahl der Klassenstufe

Der Physikunterricht an Thüringer Gymnasien beginnt im 7. Schuljahr. Am Ende der 10. Klassenstufe erfolgt eine der mittleren Reife entsprechende Zwischenprüfung. Für die dann folgende Abiturstufe konnte das Fach Physik zum Zeitpunkt der Erhebung sowohl als Grund- oder Leistungsfach angewählt, als auch komplett abgewählt werden. Im Rahmen dieser Studie war es sinnvoll, eine Phase des Physiklernens auszuwählen, die weder direkt am Anfang des gymnasialen Physiklehrgangs steht, noch in naher Zukunft eine Prüfung mit nachfolgender Selektionsentscheidung in Aussicht stehen hat. Am Anfang des Physiklehrgangs besteht häufig noch ein relativ hohes Interesse am Schulfach Physik (Hoffmann, Häußler & Lehrke, 1998). Direkt vor der (Ab-)Wahlentscheidung hingegen, erlebt das Interesse am Fach für die jeweiligen Lernenden einen besonderen Einschnitt, häufig in Kombination mit Angstgefühlen vor der nahenden Abschlussprüfung. Daher wurden die Schulklassen 8 bzw. 9 als Mittelfeld des verpflichtenden Physiklehrgangs und ein dem zugehörigen Lehrplan (ThILLM, 2012) entsprechendes Themengebiet ausgewählt.

### 4.4.2 Gewinnung der Stichprobe

Im Oktober 2013 wurden alle Gymnasien im Schulamtsbezirk Ostthüringen per Post über die geplante Interventionsstudie und deren Rahmenbedingungen informiert. Mittels eines Antwortfaxformulars konnten die Schulleitungen ihr mögliches Interesse zurückmelden. Drei Ostthüringer Gymnasien an unterschiedlichen Standorten zeigten Interesse an der Intervention. Daraufhin wurden die bei der Rückmeldung benannten Ansprechpersonen an den Schulen kontaktiert, um eine ausführliche Information bezüglich der geplanten Intervention durchzuführen. Da die Bereitschaft auch nach detaillierter Information bei allen drei Lehrpersonen erhalten blieb und auch die Schulleitungen ihre Bereitschaft nochmals bestätigten, erfolgte die Beantragung der Studie im zuständigen

Schulamtsbezirk unter konkreter Angabe der einzelnen Schulen. Dabei wurden auch die Erhebungsinstrumente vorgelegt und die Durchführung der Studie positiv beschieden.

#### 4.4.3 Zusammensetzung der Stichprobe

**Tabelle 8.** Stichprobe der Hauptstudie.

KG (gesamt N=55)	TG (gesamt N=60)
Lehrperson 1: Klasse 8/K1 (n = 16)	Lehrperson 1: Klasse 8/T1 (n = 22)
Lehrperson 2: Klasse 8/K2 (n = 22)	Lehrperson 2: Klasse 8/T2 (n = 24).
Lehrperson 3: Klasse 9/K3 (n = 17)	Lehrperson 3: Klasse 9/T3 (n = 14)

##### 4.4.3.1 Allgemeine Merkmale der Stichprobe

Die Stichprobe für die Haupterhebung (Tabelle 8) bestand aus 60 Lernenden in der TG sowie 55 Lernenden in der KG an insgesamt drei Schulen. Es wurden den Lehrpersonen, die an ihrem Standort je zwei Klassen unterrichteten, davon je eine als TG und eine als KG zufällig zugewiesen. Damit sollten der Einfluss der jeweiligen Lehrperson auf die Gestaltung des Unterrichts in TG und KG sowie mögliche Standortmerkmale gleich verteilt werden. Das mittlere Alter der Lernenden betrug 14 Jahre.

Alle Lehrpersonen unterrichteten die Fächer Mathematik und Physik an Thüringer Gymnasien und hatten mehr als 10 Jahre Berufserfahrung. Es werden im Folgenden nur die im Rahmen der Studie unterrichteten Klassen aufgeführt.

*Lehrperson 1* unterrichtete zwei Klassen im regulären Physikunterricht der Klassenstufe 8 mit unterschiedlicher Klassenstärke (16 und 22). Die Intervention fand von Februar bis April 2014 in beiden Gruppen parallel statt, wobei die Prä- und Posterhebungen in den Unterrichtsstunden direkt vor Beginn der Intervention sowie direkt nach Beendigung der Intervention durchgeführt wurden.

*Lehrperson 2* unterrichtete ebenfalls zwei Klassen im regulären Physikunterricht der Klassenstufe 8 mit ähnlicher Klassenstärke (22 und 24). Die Intervention fand hier im Mai/Juni 2014 wiederum in beiden Gruppen parallel statt, wobei auch hier Prä- und Posterhebungen jeweils direkt davor bzw. nach der Intervention durchgeführt wurden.

*Lehrperson 3* unterrichtete einen Themenkomplex des Wahlfaches *Naturwissenschaft & Technik* in der Klassenstufe 9. Die beiden Gruppen bestanden hier aus 17 bzw. 14 Lernenden, die sich für den Besuch dieses naturwissenschaftlichen Faches und damit gegen die beiden anderen an der Schule gegebenen

Wahlmöglichkeiten *Latein* bzw. *Darstellen und Gestalten* entschieden hatten. Rund die Hälfte der Lernenden der 9. Klassenstufe wählte das Fach *Naturwissenschaft & Technik*. Aufgrund der Rotation der Lehrpersonen für die einzelnen Themenschwerpunkte dieses Wahlfachbereiches fand die Intervention hier gestaffelt statt, also in der KG von Februar bis April 2014 und in der TG im Mai/Juni 2014. Prä- und Posterhebungen wurden auch hier jeweils in den Unterrichtsstunden direkt vor bzw. nach der Intervention durchgeführt.

#### 4.4.3.2 Zusammenhänge ausgewählter Merkmale der Lernenden

Im Folgenden werden die Merkmale *Interesse am Fach Physik*, *Kompetenz im Bereich Fachwissen Elektrizitätslehre*, *Vorwissen zum Thema Halbleiter*, *Leistungsstand im Fach Physik* sowie *Fähigkeitsselbstkonzept im Fach Physik (FSK)* zum ersten Messzeitpunkt im Sinne der Voraussetzungen auf Seite der Lernenden vorgestellt. Die zwischen den Merkmalen bestehenden korrelativen Zusammenhänge sind theoretisch begründbar und in der Forschung bereits empirisch belegt (siehe auch die *Abschnitte 2.1.3.3* sowie *2.1.3.4*).

**Tabelle 9.** Korrelationen der Merkmale vor Beginn der Intervention für die Gesamtstichprobe.

	Kompetenz $t_{prä}$	HL-Vorwissen	Interesse $t_{prä}$	Leistungsstand	FSK $t_{prä}$
Kompetenz $t_{prä}$	1	$r(113)=$ .26**	$r(113)=$ .21*	n.s.	$r(113)=$ .26**
HL-Vorwissen	$r(113)=$ .26**	1	n.s.	n.s.	$r(113)=$ .25**,
Interesse $t_{prä}$	$r(113)=$ .21*	n.s.	1	n.s.	$r(113)=$ .55***
Leistungsstand	n.s.	n.s.	n.s.	1	$r(112)=$ .43***
FSK $t_{prä}$	$r(113)=$ .26**	$r(113)=$ .25**,	$r(113)=$ .55***	$r(112)=$ .43***	1

Signifikanzniveau: \*  $p<.05$ ; \*\*  $p<.01$ ; \*\*\*  $p<.001$ ; n.s.=nicht signifikant

Bevor die folgenden Unterkapitel die einzelnen Merkmale beleuchten, werden in Tabelle 9 die signifikant werdenden Korrelationskoeffizienten zwischen den einzelnen Merkmalen benannt. Da sich zwischen den Gruppen zum Zeitpunkt  $t_{prä}$  keine statistisch relevanten Unterschiede der Korrelationen zeigten, werden diese für die Gesamtstichprobe benannt.

#### 4.4.3.3 Interessen der Stichprobe

Die im Rahmen der vorliegenden Studie entwickelte Unterrichtsreihe hatte das Anliegen, individuelle, auch fachfremde Interessen der Lernenden in den Physikunterricht zu integrieren. Hierfür wurden im Rahmen einer Vorstudie (Brakhage, Hagenauer & Gläser-Zikuda, 2014) Interessenmerkmale der betreffenden Altersklasse erhoben. Dabei zeigten sich als Interessenschwerpunkte insbesondere die Bereiche Sport und Musik. Auch eine Studie von Fend (1991) gab Einblicke in das Interessenprofil der Altersklasse, welches für die Materialentwicklung zugrunde gelegt wurde. Im Hauptfragebogen der vorliegenden Studie wurden mit Einzelitems vor Beginn der Intervention nochmals ausgewählte Interessenbereiche der Stichprobe mit einer 5-stufigen Antwortskala (5-stufig von 1-trifft voll zu bis 5-trifft gar nicht zu) erfragt. Die Antworten 1-trifft voll zu und 2-trifft eher zu wurden als bestehendes Interesse gewertet. Die Ergebnisse in Prozent der jeweiligen Gruppe sind in Abbildung 2 dargestellt.

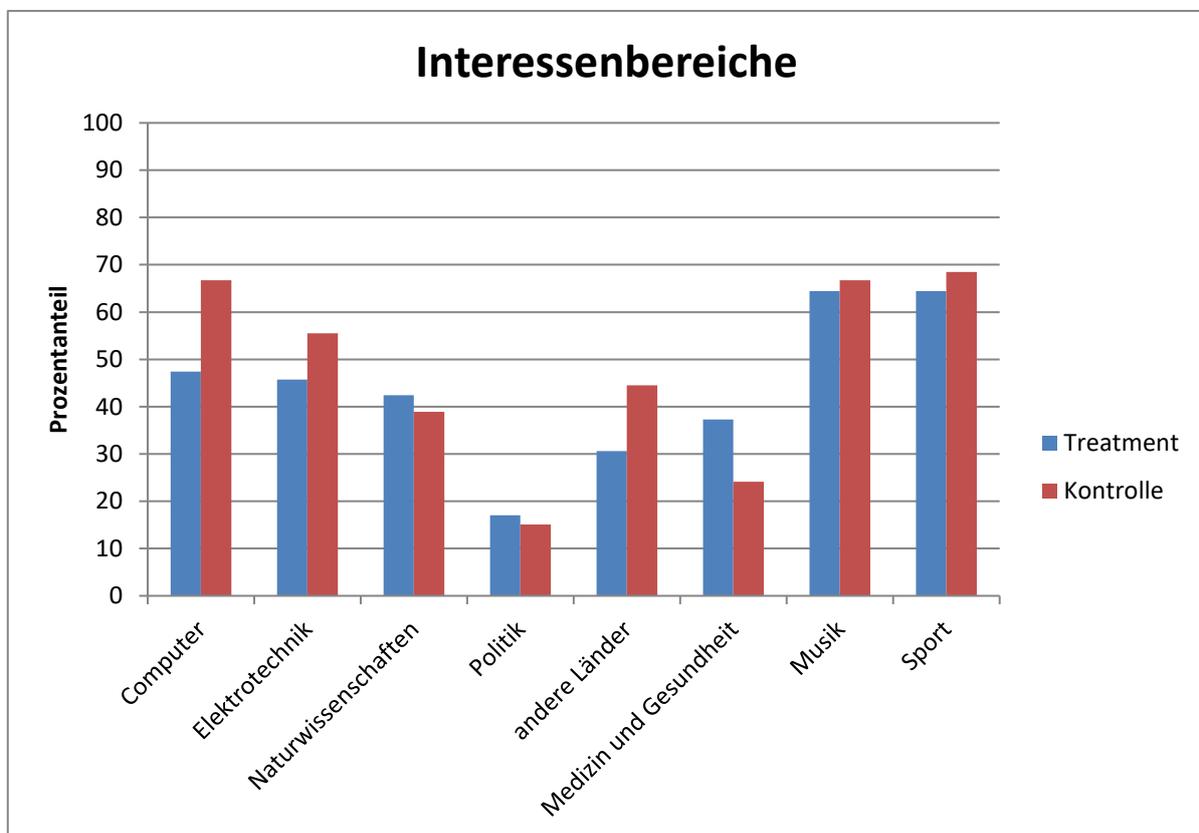


Abbildung 2. Prozentuale Anteile ausgewählter Interessenbereiche zum Zeitpunkt  $t_{prä}$ .

Es zeigen sich deskriptiv Unterschiede zwischen TG und KG, wobei die geringe Stichprobengröße von  $N=57$  in der TG und  $N=51$  in der KG zu beachten ist. Erkennbar ist auch, dass die Themen *Elektrotechnik* und *Computer*, welche mit dem Themengebiet *Halbleiter* korrespondieren, insbesondere in der KG hohe Interessenwerte erreichen. Die Interessenbereiche Musik und Sport liegen auch in der vorliegenden Stichprobe an der Spitze und sind in beiden Gruppen ähnlich ausgeprägt.

**Tabelle 10.** Physik-Fachinteresse und Häufigkeit der Freizeitbeschäftigung mit Physik vor Beginn zu  $t_{\text{prä}}$ .

	TG	KG		Gesamtstichprobe
Häufigkeit der Freizeitbeschäftigung mit Physik	MW=2.11 $\sigma=0.59$ n=59	MW=2.15 $\sigma=0.52$ n=54	F(1,111)=0.17 p=.68	MW=2.13 ( $\bar{x}=2.08$ ) $\sigma=0.56$ N=113
Interesse am Schulfach Physik	MW=2.83 $\sigma=0.80$ n=59	MW=2.64 $\sigma=0.67$ n=54	F(1,111)=1.91 p=.17	MW=2.74 ( $\bar{x}=2.83$ ) $\sigma=0.74$ N=113

Darüber hinaus wurde überprüft, wie stark ein Interesse am Schulfach Physik in der Stichprobe zu finden ist. Diese Informationen sind insbesondere deshalb relevant, weil Lernende mit einem individuellen Interesse an Physik dadurch auch in der Unterrichtskonzeption der KG eine Orientierung des Unterrichts an ihren persönlichen Interessen vorfinden. Die Häufigkeit der Beschäftigung mit Physik in der Freizeit wurde ebenfalls erfragt. Die Skala reichte von 5 bis 1: 5-*sehr oft bzw. sehr groß*; 4-*oft bzw. groß*; 3 – *manchmal bzw. mittel*; 2 – *selten bzw. gering*; 1 – *nie bzw. sehr gering*. Die Statistik beider Merkmale ist in Tabelle 10 dargestellt. Die Gruppenunterschiede werden weder für das Interesse am Schulfach Physik noch für die Häufigkeit der Beschäftigung mit Physik in der Freizeit signifikant. Die beiden Merkmale korrelieren zum Messzeitpunkt  $t_{\text{prä}}$  hoch signifikant mit  $r(111)=.57$ ;  $p<.001$ . Die Variable *Interesse am Schulfach Physik* wird als Maß für das vor dem Interventionszeitraum vorliegende Interesse der Lernenden am Unterricht im Fach Physik verwendet und den Subgruppenanalysen (zur kritischen Diskussion des Verfahrens siehe *Abschnitt 4.6*) in Forschungsfrage 2.4 (siehe *Abschnitt 3.2.4*) zugrunde gelegt. Hierfür wird die Stichprobe am Median des Interesses am Schulfach Physik in zwei Hälften geteilt. (Die Verteilung des Physikfachinteresses für die gesamte Stichprobe ist im Anhang dargestellt.) Um signifikante Überlagerungen mit den in den weiteren Forschungsfragen unter 3.2 untersuchten Zusammenhängen identifizieren zu können, wurden die Gruppen darüber hinaus nach dem Notenmittelwert, dem Mittelwert (MW) des Fähigkeitsselbstkonzeptes sowie dem Vorwissen zum Themengebiet Halbleiter untersucht. Die in der Gesamtstichprobe vorliegenden Korrelationen dieser Merkmale untereinander sind in Tabelle 9 benannt. Die Tabellen zur Analyse der Subgruppen finden sich im Anhang.

*Charakteristik anderer Merkmale innerhalb der zur Datenanalyse gebildeten Subgruppen*

Innerhalb der TG wurde der Unterschied zwischen den beiden Interessengruppen sowohl im Notenmittelwert als auch im Fähigkeitsselbstkonzept signifikant, wobei die interessiertere Teilgruppe auch den besseren Notenmittelwert sowie das höhere Selbstkonzept aufwies; in der KG bestand kein Unterschied im Notenmittelwert der beiden Interessengruppen, aber ein signifikanter Unterschied im Fähigkeitsselbstkonzept, wobei auch hier das höhere Selbstkonzept in der interessierteren Teilstichprobe zu finden ist. Innerhalb der Gruppe der Lernenden mit höherem Interesse besteht kein signifikanter Unterschied im Notenmittelwert zwischen TG und KG. Die Gruppe der Lernenden mit niedrigerem Interesse wies im Vergleich zwischen TG und KG einen signifikanten Unterschied im Notenmittelwert auf, wobei die KG hier den besseren Notenmittelwert zeigte. Es zeigte sich außerdem, dass die Gruppe der höher Interessierten im Vergleich zwischen TG und KG in der KG ein signifikant höheres Vorwissen zum Themengebiet Halbleiter aufwies (siehe Anhang Tabelle A16).

**4.4.3.4 Kompetenz im Bereich Fachwissen Elektrizitätslehre vor Beginn der Intervention**

Die Kompetenz im Bereich *Fachwissen Elektrizitäts-Lehre* wurde ebenfalls vor Beginn der Intervention erhoben. Die deskriptiven Ergebnisse sowie die Ergebnisse der Varianzanalyse sind in Tabelle 11 benannt (max. Punktzahl: 22 Punkte).

**Tabelle 11.** Kompetenz *Fachwissen E-Lehre*.

	TG	KG
Kompetenz	MW=10.85	MW=11.78
„Fachwissen E-Lehre“ zu $t_{prä}$	$\sigma=2.84$	$\sigma=2.54$
	N=59	N=54
	F(1;111)=3.35	
	p=.070	

TG und KG starten in die Intervention mit einem Mittelwertunterschied in der Kompetenz *Fachwissen E-Lehre*, wobei die KG den höheren Kompetenzwert erreicht. Der Mittelwertunterschied zwischen den Gruppen wird in der Varianzanalyse nicht signifikant.

**4.4.3.5 Vorwissen zum Thema Halbleiter vor Beginn der Intervention**

Das Vorwissen zum Themengebiet *Halbleiter* wurde mithilfe des Vorwissenstests erhoben. Die deskriptiven Daten zum Vorwissen (max. Punktzahl: 16 Punkte) sind in Tabelle 12 dargestellt.

**Tabelle 12.** Vorwissen zum Thema *Halbleiter*.

	TG	KG
Vorwissen zum Thema Halbleiter	MW=6.70	MW=7.69
	$\sigma=2.29$	$\sigma=2.63$
	N=59	N=54
	F(1;111)=4.49	
	p=.036	

Der Vergleich der Gruppen mittels Varianzanalyse ergibt einen signifikanten Gruppenunterschied im Vorwissen zum Thema Halbleiter, wobei die KG mehr Vorwissen zum Themengebiet mitbringt.

#### *Charakteristik anderer Merkmale innerhalb der zur Datenanalyse gebildeten Subgruppen*

Die gebildeten Substichproben (zur kritischen Diskussion des Verfahrens siehe *Abschnitt 4.6*), unterteilt nach dem Vorwissen zum Themengebiet Halbleiter weisen innerhalb der KG einen signifikanten Unterschied im Interessenmittelwert auf, wobei die Gruppe mit höherem Vorwissen auch den höheren Interessenmittelwert zeigt. Dazu besteht im TG-KG-Vergleich in der Subgruppe der Lernenden mit geringerem Vorwissen ein signifikant höheres Fachinteresse.

#### *4.4.3.6 Zusammenhänge der Anfangsmerkmale Vorwissen und Kompetenz in Treatment- und Kontrollgruppe mit den Kompetenzergebnissen zum Zeitpunkt $t_{prä}$*

Durch eine Korrelationsprüfung (Korrelation nach Pearson) kann gezeigt werden, dass der Einfluss des Vorwissens sowie der Kompetenz zu Beginn der Unterrichtsreihe für die aufgeteilte Stichprobe nach TG und KG unterschiedliche Zusammenhänge mit dem zum Zeitpunkt  $t_{prä}$  erreichten Kompetenzwert aufweist.

Es zeigen sich signifikante Korrelationen zwischen

- I. dem Vorwissen im Bereich *Halbleiter* und dem Ergebnis im ersten Kompetenztest:  
r(48)= .277, p= .042 für die KG (in der TG r= .241, p= .064)
- II. dem Vorwissen im Bereich Halbleiter und dem Ergebnis im zweiten Kompetenztest:  
r(49)= .482, p< .001 für die KG (in der TG r= .088, p= .516)
- III. dem Ergebnis im ersten Kompetenztest und dem Ergebnis im zweiten Kompetenztest:  
r(49)= .455, p= .001 für die KG (in der TG r= .174, p= .196)

Zu Beginn der Intervention (Zeitpunkt  $t_{prä}$ ) liegen die Merkmals-Zusammenhänge in beiden Gruppen nah beieinander (siehe I.). Existierende Unterschiede werden hier auf die geringe Stichprobengröße der natürlichen also nicht randomisierten Gruppen begründet. Systematische Leistungsunterschiede zwischen Schulklassen sind nicht ungewöhnlich. Die Korrelationen mit dem Kompetenzergebnis am

Ende der Intervention (II. und III.) lassen für die KG einen unterstützenden Zusammenhang des größeren Vorwissens sowie der besseren Ausgangssituation im Bereich *Fachwissen E-Lehre* für das Kompetenzergebnis am Ende der Intervention erkennen. Aufgrund der besseren Ausgangslage in den Bereichen *thematisches Vorwissen zum Themengebiet Halbleiter* und *Kompetenzwert zu  $t_{prä}$*  zeigen die Zusammenhänge der Ausgangsmerkmale mit dem Kompetenzwert am Ende der Intervention ( $t_{post}$ ) eine Wirkrichtung zugunsten der Kompetenzveränderung in der KG. Diese Wirkrichtung ist der Forschungshypothese 1 und somit dem Interventionsanliegen entgegengesetzt. Damit ist durch die unterschiedliche Ausgangslage theoriegeleitet im Sinne der Forschungshypothese keine positive Verzerrung der Forschungsergebnisse zu erwarten. Die Aspekte werden in der Diskussion der Ergebnisse Beachtung finden.

#### 4.4.3.7 Leistungsstand der Stichprobe im Schulfach Physik

Der Stand der Leistungen im Physikunterricht wurde vor Beginn der Intervention zum Zeitpunkt  $t_{prä}$  über die Schulnote in Physik im letzten Schuljahr erhoben (Item: Welche Note hattest Du im letzten Schuljahr in Physik?) Die Häufigkeitsverteilung ergab die in Abbildung 3 dargestellten Ergebnisse.

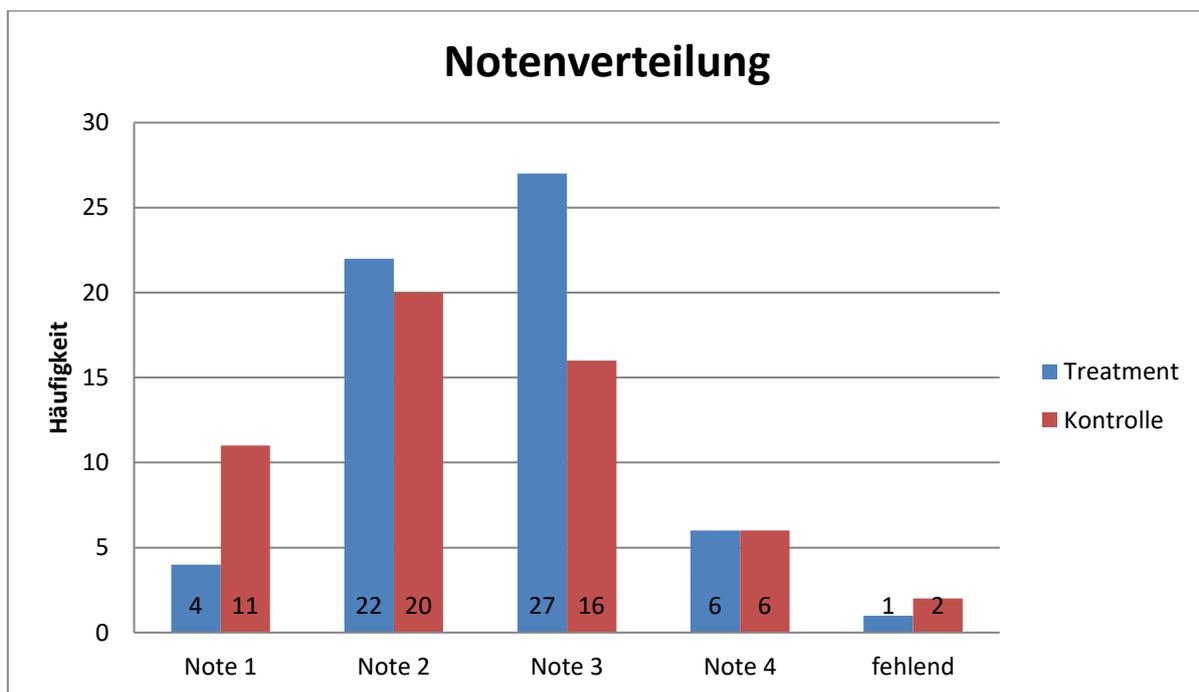


Abbildung 3. Häufigkeitsverteilung des Leistungsstands im Fach Physik (Vorjahresnote).

Eine Varianzanalyse (TG vs. KG) ergibt mit  $F(1,110)=2.86$  und  $p=.094$ , dass der zugunsten der KG existierende Mittelwertunterschied nicht signifikant wird.

Auch zur Beantwortung von Forschungsfrage 3.2.2 wird die Stichprobe in Subgruppen aufgeteilt: Die Gruppe der Lernenden mit dem Leistungsstand 1 bzw. 2 und die Gruppe der Lernenden mit dem Leistungsstand 3 bzw. 4. Hier gelten ebenfalls die im *Abschnitt 4.6* dargestellten kritischen Überlegungen zu diesem Verfahren. Mögliche Wechselwirkungen mit den in den Forschungsfragen 3.2.1, 3.2.2 und

3.2.3 beleuchteten Merkmalen werden durch die Untersuchung der Gruppenmittelwerte bzgl. dieser Merkmale in den Blick genommen (Tabellenwerte im Anhang).

#### *Charakteristik anderer Merkmale innerhalb der zur Datenanalyse gebildeten Subgruppen*

Die Untersuchungen ergaben, dass die Unterschiede im Interessenmittelwert zwischen den beiden Leistungsgruppen nicht signifikant werden. Die Mittelwerte im Fähigkeitsselbstkonzept der Subgruppen mit schlechterem bzw. besserem Leistungsstand unterschieden sich sowohl innerhalb der TG als auch innerhalb der KG signifikant voneinander, wobei hier Lernende mit besserem Leistungsstand auch das höhere Fähigkeitsselbstkonzept zeigten. Die Subgruppe mit geringerem Leistungsstand zeigte in der KG ein signifikant höheres Vorwissen zum Themengebiet Halbleiter als in der TG.

#### **4.4.3.8 Fähigkeitsselbstkonzept im Schulfach Physik**

Das Fähigkeitsselbstkonzept im Schulfach Physik wurde ebenfalls erhoben. In Tabelle 13 sind die deskriptiven Ergebnisse zum Messzeitpunkt  $t_{\text{prä}}$  sowie die Ergebnisse einer varianzanalytischen Untersuchung der Mittelwerte der beiden Gruppen benannt. Die Verteilung des Merkmals über die gesamte Stichprobe ist im Anhang dargestellt.

**Tabelle 13.** Fähigkeitsselbstkonzept im Schulfach Physik zum Zeitpunkte  $t_{\text{prä}}$ .

	TG	KG	Gesamtstichprobe
Fähigkeitsselbstkonzept	MW=2.88	MW=2.92	MW=2.90
im Schulfach Physik	$\bar{x}$ =2.83	$\bar{x}$ =2.83	$\bar{x}$ =2.83
	$\sigma$ =0.77	$\sigma$ =0.81	$\sigma$ =0.78
	N=59	N=54	N=113

Das Fähigkeitsselbstkonzept wurde zum Messzeitpunkt  $t_{\text{post}}$  nochmals erhoben, um die angenommene Stabilität zu überprüfen. Die Varianzanalyse mit Messwiederholung im Vergleich zwischen den Gruppen ergab die in Tabelle 14 benannten Werte.

**Tabelle 14.** Varianzanalyse mit Messwiederholung; TG-KG- Vergleich des Fähigkeitsselbstkonzepts.

	F-Wert	p
Faktor	F(1,103)=0.35	.553
Faktor*Gruppe	F(1,103)=1.78	.185
Gruppe	F(1,103)=0.27	.604

Es zeigen sich weder zwischen den Gruppen noch im zeitlichen Verlauf signifikante Veränderungen im Fähigkeitsselbstkonzept.

Die Teilung der Stichprobe in eine Subgruppe mit stärkerem Fähigkeitsselbstkonzept und eine Subgruppe mit schwächerem Fähigkeitsselbstkonzept erfolgt am Median des Fähigkeitsselbstkonzeptes zu  $t_{prä}$  (zur kritischen Diskussion des Verfahrens siehe *Abschnitt 4.6*).

#### *Charakteristik anderer Merkmale innerhalb der zur Datenanalyse gebildeten Subgruppen*

Im Vergleich der Gruppen mit niedrigem vs. höherem Fähigkeitsselbstkonzept ergaben sich für die Merkmale Interesse und Leistungsstand jeweils signifikante Subgruppenunterschiede, wobei die Gruppe mit höherem Fähigkeitsselbstkonzept auch das höhere Interesse sowie den höheren Leistungsstand aufwies. Darüber hinaus unterschieden sich die Subgruppen mit höherem Fähigkeitsselbstkonzept zwischen TG und KG signifikant bezüglich des Interessenmittelwertes. Das Fachinteresse in der TG war in der Subgruppe der Lernenden mit stärkerem Fähigkeitsselbstkonzept signifikant höher als in der entsprechenden Subgruppe der KG. Die Gruppen bzw. Subgruppenunterschiede im Vorwissen zum Themengebiet Halbleiter werden für die Unterteilung nach dem Fähigkeitsselbstkonzept nicht signifikant.

### **4.5 Empirische Überprüfung des Interventionsverlaufs**

Während der Unterrichtsreihe wurde zu vier Zeitpunkten mithilfe von Kurzfragebögen die situationale Wahrnehmung des Unterrichts erfasst (siehe *Abschnitt 4.1*, *Abbildung 1*). Hierbei wurde neben dem situationalen Interesse auch die wahrgenommene Einbindung persönlicher Interessen in den Unterricht mit Einzelitems zum Treatmentcheck erfragt. Mithilfe dieser Daten können Aussagen darüber gemacht werden, ob es im Rahmen der Intervention wie geplant gelungen ist, individuelle Interessen der Lernenden in den Unterricht einzubeziehen und ob sich die TG in diesem Merkmal von der KG unterscheidet. Diese Ergebnisse sind insbesondere für die Kontrolle der internen Validität der Studie von Bedeutung (siehe dazu auch *Abschnitt 4.3.4.2*). Darüber hinaus ist auch der Lernerfolg im Themenbereich *Halbleiter* ein wesentliches Qualitätsmerkmal der Unterrichtsreihe, welcher besonders auch mit Blick auf die externe Validität der Studie von Bedeutung ist. Im Folgenden werden die benannten Merkmale des Interventionsverlaufs vorgestellt.

#### **4.5.1 Wahrgenommener Unterrichtsbezug zu individuellen Interessen (Treatmentcheck)**

Die Ergebnisse der deskriptiven Analyse des Antwortverhaltens der Lernenden zu den Einzelitems zum wahrgenommenen Interessenbezug in den einzelnen Unterrichtsphasen sind in *Abbildung 4* dargestellt (*Datentabelle im Anhang*). Die Antwortskala reichte von 1 – *stimmt gar nicht* bis 5 – *stimmt genau*.

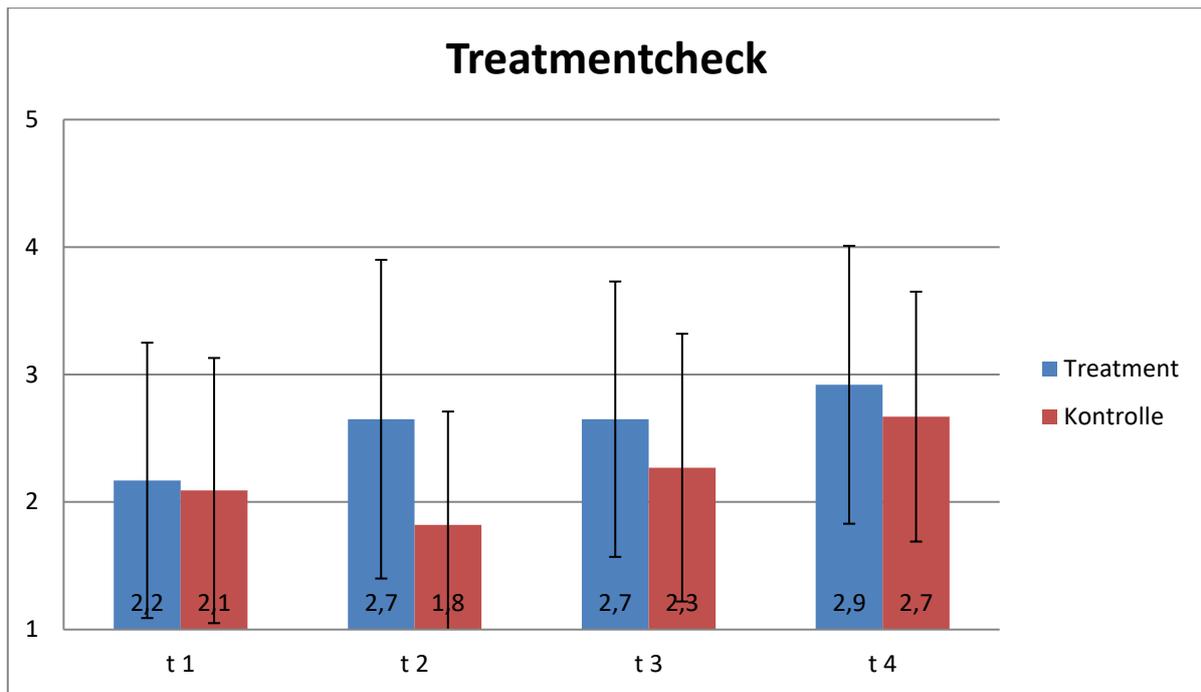


Abbildung 4. Antwortverhalten auf die Einzelitems im Treatmentcheck (TG-KG-Vergleich).

Die Ergebnisse für die wahrgenommene Einbindung individueller (Freizeit)Interessen in die jeweilige Unterrichtsphase lagen in der TG über den Werten der KG, besonders deutlich zum Zeitpunkt  $t_2$  – also in der Projektphase. Im Gegensatz zur KG, in der die wahrgenommene Interesseneinbindung in der Projektarbeit einen deutlichen Rückgang zeigte, stieg diese in der TG an. Auch im weiteren Verlauf, also zu den Zeitpunkten  $t_3$  und  $t_4$ , lagen die Werte der TG über denen der KG. Erkennbar ist auch, dass es in beiden Gruppen (KG ab  $t_2$ ) einen Anstieg des wahrgenommenen Bezugs zu den eigenen Interessen gab, wobei im Zusammenhang mit der Beantwortung der Einzelitems im Kurzfragebogen keine klare Zuordnung des Begriffes *Freizeitinteressen* erfolgte.

Die statistische Analyse der Gruppenunterschiede im Antwortverhalten auf die Einzelitems erfolgte mit Hilfe des Mann-Whitney-U Tests und ergibt für den zweiten und dritten Messzeitpunkt einen signifikanten Unterschied zwischen den Gruppen. Die Ergebnisse sind in Tabelle 15 dargestellt.

**Tabelle 15.** Mann-Whitney-U Test, TG-KG-Vergleich des Antwortverhaltens im Treatmentcheck.

Messzeitpunkt	TG	KG
Ergebnis des U-Tests		
T <sub>1</sub>	Mittlerer Rang=59	Mittlerer Rang=52
U(57,53)=-1.2, p=.225	N=57	N=53
T <sub>2</sub>	Mittlerer Rang=64	Mittlerer Rang=43
U(57,51)=-3.6, p< .001	N=57	N=51
T <sub>3</sub>	Mittlerer Rang=60	Mittlerer Rang=50
U(59,52)=-2.3, p=.020	N=59	N=52
T <sub>4</sub>	Mittlerer Rang=56	Mittlerer Rang=47
U(54,49)=-1.6, p=.120	N=54	N=49

#### 4.5.2 Veränderung des Wissens zum Thema Halbleiter

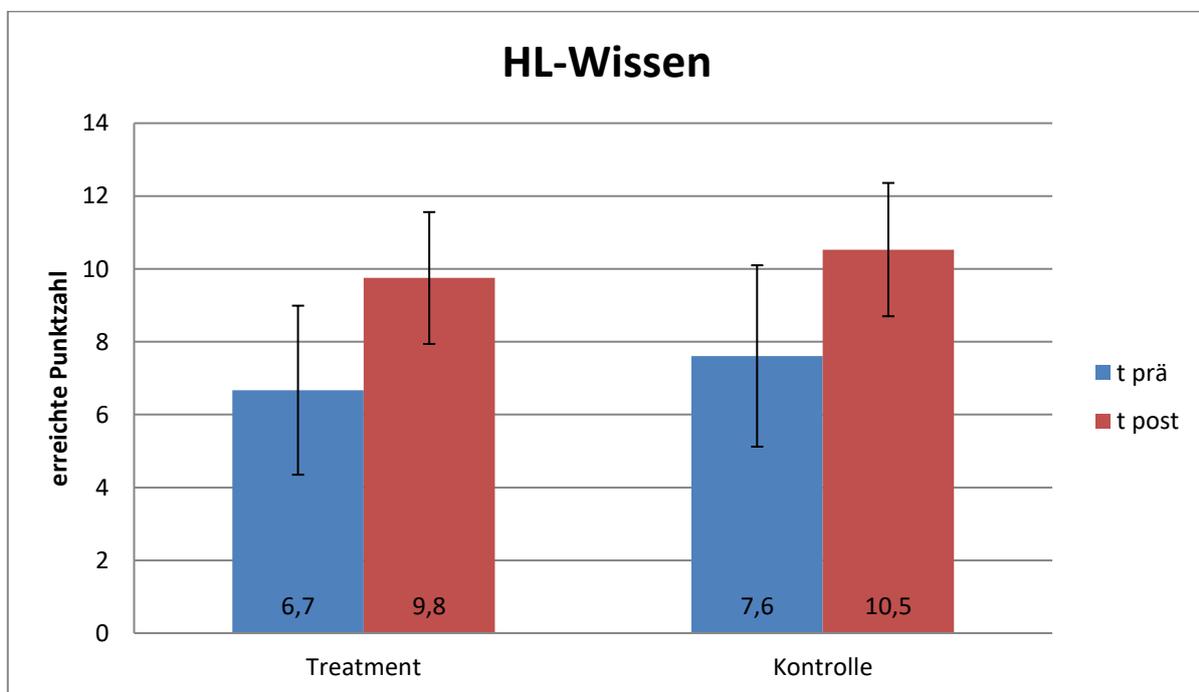


Abbildung 5. HL-Wissen (erreichte Punktzahl) im Vergleich zwischen den Messzeitpunkten t<sub>prä</sub> und t<sub>post</sub>.

Mit dem speziell im Rahmen der Materialentwicklung zum Thema *Halbleiter* entwickelten Vorwissentest (siehe Abschnitt 4.3.2.1) ist zum Zeitpunkt t<sub>prä</sub> das Vorwissen zum Themengebiet *Halbleiter*

erhoben worden. Dieser Test wurde am Ende der Intervention (zum Zeitpunkt  $t_{\text{post}}$ ) wiederholt. Die Ergebnisse sind in Abbildung 5 dargestellt. Darüber hinaus werden unter 4.2.2.6 die Ergebnisse der Klassenarbeit als Maß für das abrufbare Wissen zum Unterrichtsthema *Halbleiter* am Ende der Unterrichtsreihe berichtet.

#### 4.5.3 Ergebnisse der Klassenarbeit zum Thema Halbleiter

In der letzten Unterrichtsstunde der Intervention wurde in allen Klassen eine Klassenarbeit geschrieben, welche neben der diagnostischen Funktion im Schulalltag hier als Messinstrument für das abrufbare Wissen zum Thema *Halbleiter* am Ende der Intervention genutzt wurde. Die Verteilung der erreichten Leistung ist in Abbildung 6 dargestellt. Es ergibt sich ein Notendurchschnitt von 3.37 in der TG und 2.85 in der KG. Im Vergleich zwischen den Gruppen zeigte die Varianzanalyse mit  $F(1,96)=5.21$ ,  $p=.025$ ,  $\eta^2=0.05$  einen signifikanten Unterschied zwischen den Gruppen an, wobei die KG das bessere Gesamtergebnis in der Klassenarbeit erreichte. Der Gruppenunterschied kann dabei mit Blick auf die auch eingangs bestehenden Gruppenunterschiede zugunsten der KG im Leistungsstand im Fach Physik sowie im Vorwissen zum Thema Halbleiter (siehe *Abschnitt 4.4.3.7*) interpretiert werden.

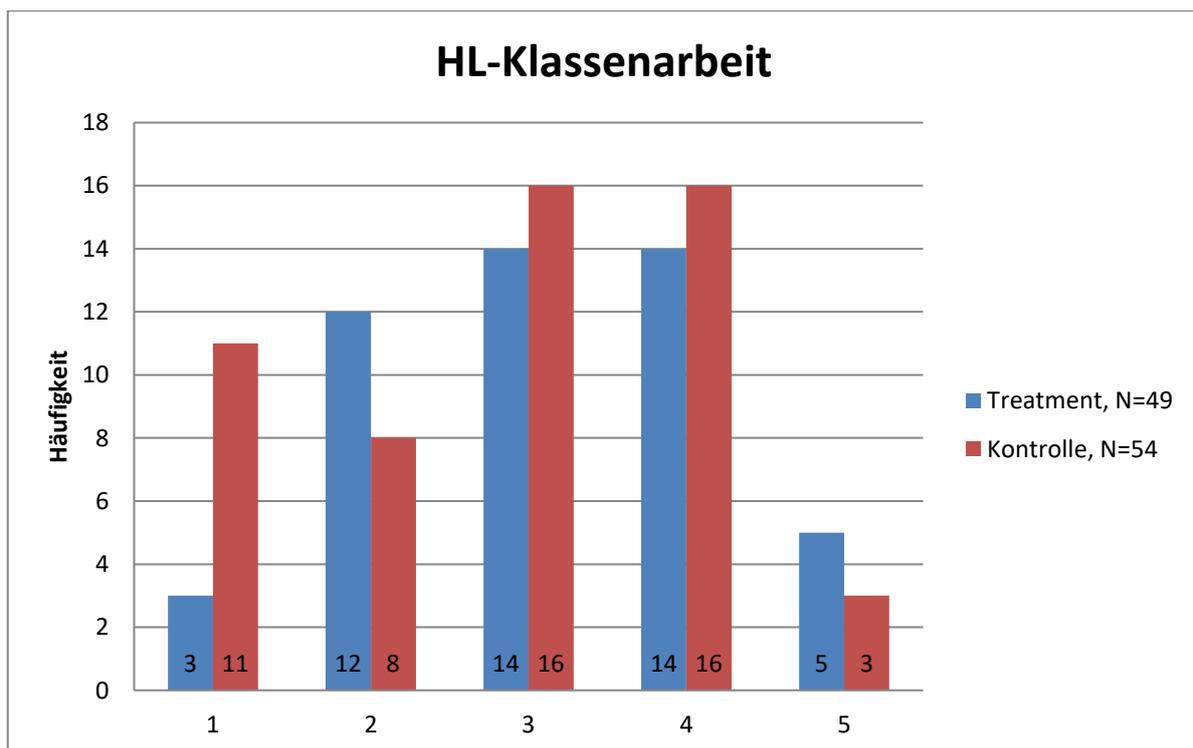


Abbildung 6. Notenverteilung (Häufigkeit) der Klassenarbeit zum Thema Halbleiter.

#### 4.5.4 Zusammenfassung der Interventionsprüfung

Die Ergebnisse des Treatmentchecks zeigen, dass es im Rahmen der TG gelungen ist, einen wahrnehmbar stärkeren Bezug zu den Freizeitinteressen der Lernenden herzustellen als in der KG. Dieses Ergebnis ist insbesondere mit Blick auf die interne Validität der Studie von Bedeutung, da die

Haupthypothese auf diesem TG-KG-Unterschied aufbaut und dieser somit wesentlich für die Interpretation der Ergebnisse herangezogen wird.

Die Ergebnisse des Halbleiterwissenstests sowie der Klassenarbeit zeigen, dass beide Gruppen über den Zeitraum der Intervention einen Zuwachs an Wissen im Themengebiet Halbleiter zeigen, was für die externe Validität der Studie von Bedeutung ist. Dabei bildeten sich die im Vortest ermittelten Gruppenunterschiede (siehe *Abschnitt 4.4.3*) auch im Ergebnis der Klassenarbeit ab.

## **4.6 Datenanalyse**

Die Analyse der in den Fragebögen und Tests erhobenen quantitativen Daten erfolgt mit Hilfe der Statistiksoftware SPSS (IBM SPSS Statistics 22). Im ersten Schritt wurden die Daten geeignet kodiert und in SPSS-Datenmasken eingepflegt. Für die verwendeten Skalen wurde Cronbach's Alpha  $\alpha_{Cronbachs}$  als Maß für die Reliabilität der Skalen berechnet und angegeben. Für alle verwendeten Daten wurden deskriptive Analysen zur Bestimmung der Mittelwerte  $MW$  und Standardabweichungen  $\sigma$  der Variablen durchgeführt. Diese Werte sind in Tabellen im Anhang (ab S.209) aufgeführt. Zur Berechnung der Gruppenunterschiede zu den einzelnen Messzeitpunkten wurde mit einfaktoriellen Varianzanalysen mit Messwiederholung gearbeitet. Dabei war die unabhängige Variable die Gruppenzugehörigkeit in TG und KG sowie (bei den entsprechend benannten Subgruppenanalysen für TG vs. KG) die Unterteilung nach Gruppen mit unterschiedlichen Lernvoraussetzungen (Physik-Fachinteresse, verschiedenen Leistungen im Fach Physik, verschiedenem Vorwissen zum Themengebiet *Halbleiter* sowie verschieden stark ausgeprägtem Fähigkeitsselbstkonzept). Eine solche Teilung der Stichprobe in Subgruppen reduziert die statistische Aussagekraft der Daten, da ein kontinuierlich verteiltes Merkmal dabei durch je *einen* fest zugewiesenen Teilgruppenstatus ersetzt wird. Korrelationsanalysen sind deshalb einem solchen Verfahren vorzuziehen. Im vorliegenden Datensatz zeigten sich zwischen TG und KG unterschiedliche korrelative Zusammenhänge zwischen den benannten Lernvoraussetzungen und dem Kompetenzwert am Ende der Intervention in der Weise, dass die KG theoriegeleitet erwartbare Zusammenhänge aufwies, welche in der TG nicht erkennbar waren. Diese Tatsache erschwert die hinsichtlich der Wirkung des Treatments angestrebte aufklärende Diskussion korrelativer Zusammenhänge. Deshalb ist trotz der Mängel des Vorgehens auf die Möglichkeit der Gruppenteilung zurückgegriffen worden. Insbesondere eine Teilung in der Mitte der Merkmalsverteilung bringt eine hohe Reduktion der Aussagekraft mit sich, da in diesem Bereich besonders viele Testpersonen liegen, deren jeweilige Merkmalsausprägung wenig unterschiedlich ist, und die rein mathematisch einer der Seiten zugeordnet werden. Eine Teilung, die den mittleren Teil der Stichprobe ausspart, verhindert diesen Effekt, verliert aber auch den *zahlenstarken* mittleren Teil der Testpersonen. Aufgrund der geringen Stichprobengröße wurde in der vorliegenden Studie deshalb trotz der benannten statistischen Schwächen des Verfahrens eine Teilung am Median vollzogen. Das gewählte Verfahren wird z.B. von

Richter (2007) ausführlich und kritisch diskutiert. Er schlägt eine Alternative vor, worauf in *Abchnitt 5.3* eingegangen wird. Die vorgelegten differentiellen Merkmalsanalysen erfolgten auf Grundlage des im Rahmen der Hauptfragestellung erhobenen Datensatzes und sind insofern als Post-Hoc-Analysen zu verstehen. Sie geben im Rahmen der vorliegenden Studie Hinweise zu möglichen Wirkungszusammenhängen zwischen Merkmalen der Lernenden und dem Kompetenzerwerb. Somit dienen sie der Diskussion der Hauptfragestellung und der Interpretation der Ergebnisse. Darüber hinaus können auf Grundlage dieser Post-Hoc-Analysen weiterführende Fragestellungen entworfen werden, welche in nachfolgenden Studien einer Prüfung unterzogen werden können.

Die Ergebnisse der Varianzanalysen werden durchgehend in Form dreier F-Werte angegeben. Dabei gibt der in der Zeile *Faktor* angegebene F-Wert die Analyse des interessierenden Merkmals als reine Funktion der zwei Messzeitpunkte an. In der Zeile *Faktor\*Gruppe* wird die Analyse bzgl. der über die beiden Messzeitpunkte erkennbaren Veränderung des interessierenden Merkmals in Abhängigkeit von der Zugehörigkeit zu einer Gruppenvariable angegeben. Dieses Ergebnis wird auch als *Interventionseffekt* bezeichnet. In der Zeile *Gruppe* wird die Analyse des interessierenden Merkmals als vom Messzeitpunkt unabhängige Zugehörigkeit zur jeweiligen Gruppe untersucht. Zu allen F-werten wird eine Irrtumswahrscheinlichkeit  $p$  angegeben. Hier wurde grundsätzlich ein Signifikanzniveau von 5% ( $p < .05$ ) angesetzt, wobei bei der gerichteten Haupthypothese ein (einseitiges) Signifikanzniveau von 10% ( $p < .01$ ) gleichbedeutend interpretiert werden kann. Als Maß der Effektstärke wird in der vorliegenden Studie (partielles) Eta-Quadrat  $\eta^2$  berichtet. Die Stärke des Effekts lässt sich nach Cohen (2013) wie folgt interpretieren: kleiner Effekt:  $.01 < \eta^2 < .06$ ; mittlerer Effekt:  $.06 < \eta^2 < .14$ ; großer Effekt:  $\eta^2 > .14$ .

Die Angabe von Korrelationen erfolgt mit dem Korrelationskoeffizient  $r$ . In der Zusammenführung der Entwicklungshypothese der Hauptfragestellung und den theoriegeleitet untersuchten Zusammenhangshypothesen wurde ein lineares Regressionsmodell angesetzt. Für die Modellierung einer in TG und KG unterschiedlichen Zusammenhangscharakteristik wird auf eine Veröffentlichung von Richter (2007) Bezug genommen und ein dort vorgeschlagenes Regressionsmodell im Rahmen der Ergebnisdarstellung diskutiert. Als weiteres Testmerkmal wurde zusätzlich die Teststärke mithilfe des Programms G\*Power (Faul, Erdfelder, Lang & Buchner, 2007) ermittelt, wobei die Teststärke bzw. Power angibt, wie hoch die Wahrscheinlichkeit ist, dass ein vorhandener Effekt entsprechender Stärke sich mithilfe des durchgeführten Tests mit den erhobenen Daten abbilden lässt. Für die Analyse nicht normalverteilter Variablen (z.B. Variablen mit dichotomem Antwortformat) kommen der Mann-Whitney-U-Test zum Vergleich zweier Gruppen zum selben Messzeitpunkt sowie der Wilcoxon-Test zum Vergleich einzelner Messwerte zu verschiedenen Zeitpunkten zum Einsatz.

## 5 Ergebnisse

In diesem Kapitel werden die Ergebnisse vorgestellt, welche der Beantwortung der Forschungsfragen dienen. Datengrundlage dieser Ergebnisdarstellungen waren die zu den Messzeitpunkten  $t_{\text{prä}}$  und  $t_{\text{post}}$  eingesetzten Kompetenztests zum Kompetenzbereich *Fachwissen Elektrizitätslehre*. Sie wurden als zentrales Maß des Kompetenzstandes vor bzw. nach der Intervention genutzt. Darüber hinaus flossen Stichprobenmerkmale wie der *Leistungsstand im Fach Physik*, das *Vorwissen zum Themengebiet Halbleiter*, das *Interesse am Schulfach Physik*, das *Fähigkeitsselbstkonzept* sowie als Prozessmerkmal das *situationale Interesse* während der Intervention in die Ergebnisdarstellung ein.

### 5.1 Kompetenzerwerb im Treatment-Kontrollgruppen-Vergleich

Als Haupteffekt der Intervention wird der in Forschungsfrage 1 (*Abschnitt 3.1*) untersuchte Zusammenhang zwischen der Teilnahme an einer interessenorientierten Unterrichtsgestaltung (Treatment) und dem Kompetenzerwerb bezeichnet. Dabei wurden theoriegeleitet durch die Interesseneinbindung insbesondere im Bereich höherer Aufgabenkomplexität bei den Lernenden der TG höhere Kompetenzwerte erwartet.

Die Ergebnisse der deskriptiven Analyse der Kompetenzdaten für die Messzeitpunkte  $t_{\text{prä}}$  und  $t_{\text{post}}$  sind in Abbildung 7 dargestellt.

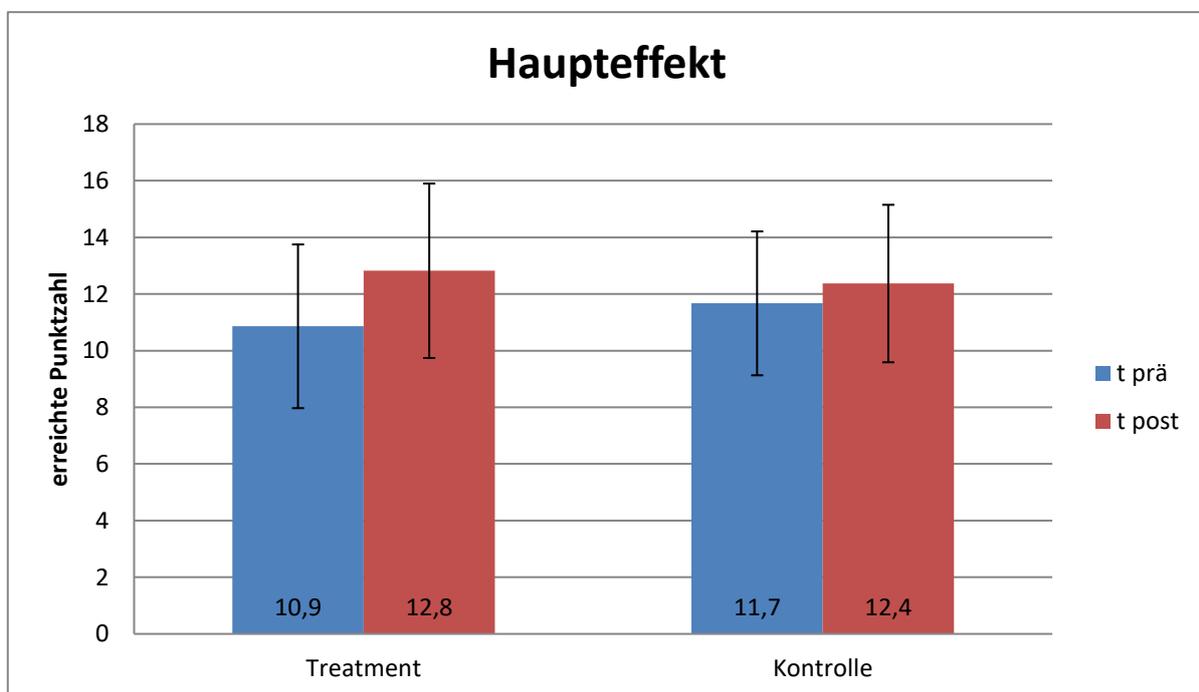


Abbildung 7. Erreichte Punktzahl im Kompetenztest *Fachwissen E-Lehre* im TG-KG-Vergleich zu  $t_{\text{prä}}$  und  $t_{\text{post}}$ .

**Tabelle 16.** Varianzanalyse; Kompetenz *Fachwissen E-Lehre* im TG-KG-Vergleich zu  $t_{prä}$  und  $t_{post}$ .

	F-Wert	p	$\eta^2$	Power
Faktor	F(1,106)=16.79	< .001	.137	
Faktor*Gruppe	F(1,106)=3.73	.056	.034	.91 (für $\eta^2=.034$ )
Gruppe	F(1,106)=0.16	.69	.002	

Die Ergebnisse der Auswertung der Kompetenzdaten mittels einfaktorieller Varianzanalyse mit Messwiederholung sind in Tabelle 16 benannt. Für die Entwicklung der Gesamtgruppe über die Zeit (Faktor) ergab sich ein signifikanter Effekt mittlerer Effektstärke ( $.06 < \eta^2 < .14$ ), d.h. zwischen  $t_{prä}$  und  $t_{post}$  ist ein gruppunabhängiger Zuwachs im Kompetenzbereich *Fachwissen E-Lehre* zu erkennen. Auch unter Berücksichtigung der Gruppenzugehörigkeit (Faktor\*Gruppe) war ein Effekt beobachtbar (Treatmenteffekt). Mit einer Irrtumswahrscheinlichkeit von  $p=0.056$  liegt dieser innerhalb des aufgrund der gerichteten Hypothese zulässigen doppelten  $\alpha$ -Fehlerniveaus von  $2*0.05$  und ist somit signifikant. Die Effektstärke liegt im Bereich kleiner Effekte ( $.01 < \eta^2 < .06$ ). Die mit G-Power anhand der Testdaten errechnete Teststärke ergab für die empirische Effektstärke von  $\eta^2=0.034$  eine Power von 0.91. Es zeigten sich demnach im Vergleich zur KG statistisch signifikant höhere Werte im Kompetenzzuwachs der TG über den Interventionszeitraum.

Der verwendete Kompetenztest enthielt Aufgaben verschiedener Komplexität. Die Frage, ob ein Unterschied im Kompetenzerwerb der beiden Gruppen (TG vs. KG) hinsichtlich der Komplexität der erworbenen Kompetenzen im Bereich *Fachwissens E-Lehre* theoriegeleitet zugunsten der TG erkennbar wird, konnte durch Unterteilung des Tests in verschiedene Komplexitätslevel untersucht werden. Aufgrund der unterschiedlichen Aufgabenzahl pro Komplexitätslevel (Level Eins: vier Aufgaben, Level Zwei: drei Aufgaben, Level Drei: fünf Aufgaben; Level Vier bis Sechs: sechs Aufgaben) war es für die Analyse der Ergebnisse im Kompetenztest notwendig, die erreichbare Punktzahl je Aufgabe sowie je Kompetenzlevel auf Eins zu normieren. Die in Abbildung 8 und Abbildung 9 dargestellten Werte der Komplexitätsbereiche (Tabellen im Anhang) ergaben sich also als Mittelwerte aus den auf eins normierten Aufgabenpunktzahlen der Einzelaufgaben der jeweiligen Aufgabenkomplexität.

#### *Aufgabenkomplexität Eins und Zwei (insgesamt 7 Aufgaben)*

Abbildung 8 zeigt die Veränderung der Kompetenzwerte im Prä-Post-Vergleich für die Aufgabenkomplexität *Eins und Zwei* im Unterschied zwischen TG und KG. Die Ergebnisse der Varianzanalyse mit Messwiederholung sind in Tabelle 17 benannt.

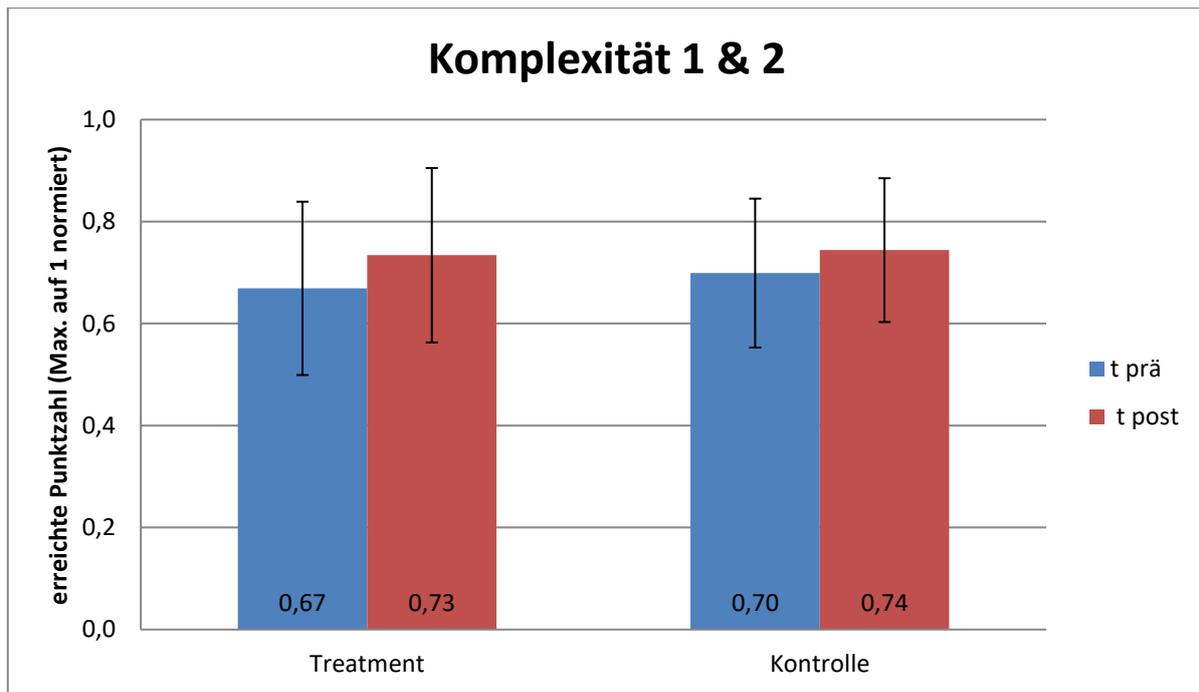


Abbildung 8. Normierte erreichte Punktzahl im Kompetenztest *Fachwissen E-Lehre* im TG-KG-Vergleich zu  $t_{prä}$  und  $t_{post}$  (Komplexität *Eins* und *Zwei* der Testaufgaben).

**Tabelle 17.** Varianzanalyse; Kompetenz *Fachwissen E-Lehre* im TG-KG-Vergleich zu  $t_{prä}$  und  $t_{post}$ ; Aufgabenkomplexität *Eins* und *Zwei*.

	F-Wert	p	$\eta^2$
Faktor	F(1,106)=8.49	.004	.074
Faktor*Gruppe	F(1,106)=0.32	.574	.003
Gruppe	F(1,106)=0.69	.409	.006

Die Analyse zeigte über die zeitliche Entwicklung von  $t_{prä}$  zu  $t_{post}$  einen signifikanten Effekt für die Gesamtstichprobe (Faktor), wobei im Bereich niedrigerer Aufgabenkomplexität keine statistisch signifikanten Gruppenunterschiede (Faktor\*Gruppe) auftraten.

*Aufgabenkomplexität Drei bis Sechs (insgesamt 11 Aufgaben)*

Für die Aufgabenkomplexität *Drei bis Sechs* sind die deskriptiven Ergebnisse in Abbildung 9 dargestellt und die Ergebnisse der Varianzanalyse in Tabelle 18 benannt.

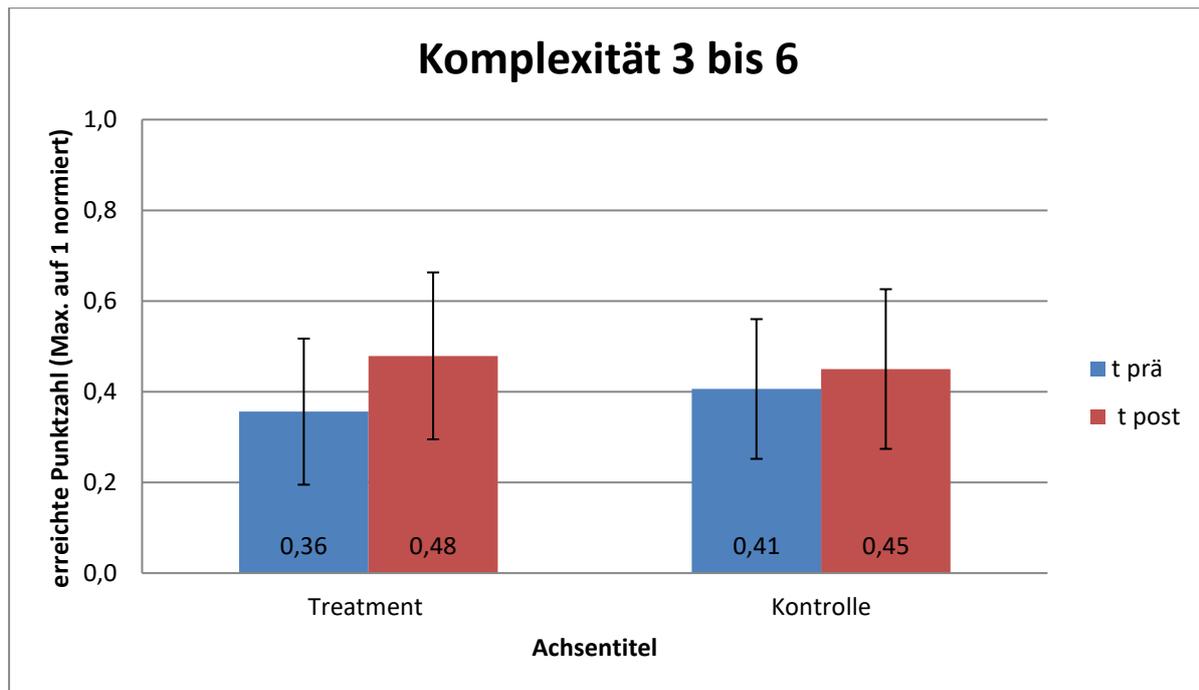


Abbildung 9. Normierte erreichte Punktzahl im Kompetenztest *Fachwissen E-Lehre* im TG-KG-Vergleich zu  $t_{prä}$  und  $t_{post}$  (Komplexität *Drei bis Sechs* der Testaufgaben).

**Tabelle 18.** Varianzanalyse; Kompetenz *Fachwissen E-Lehre* im TG-KG-Vergleich zu  $t_{prä}$  und  $t_{post}$ ; Aufgabenkomplexität *Drei bis Sechs*.

	F-Wert	p	$\eta^2$	Power
Faktor	F(1,106)=18.28	< .001	.147	
Faktor*Gruppe	F(1,106)=4.12	.045	.037	.91 kritischer F-Wert=3.93
Gruppe	F(1,106)=0.16	.69	.002	

Hier zeigte sich ein statistisch signifikanter Effekt über die Zeit (Faktor) sowie ein Interventionseffekt (Faktor\*Gruppe) zugunsten der TG. Der Kompetenzzuwachs im Bereich der höheren Aufgabenkomplexität war in der TG somit signifikant größer als in der KG.

## 5.2 Gruppenunterschiede im Zusammenhang zwischen erreichter Kompetenz und Merkmalen der Lernenden

Theoriegeleitet (siehe *Abschnitte 2.1.3.3* und *2.1.3.4*) wurden die Variablen *Kompetenzwert am Anfang der Intervention* ( $t_{prä}$ ), *(Vor)wissen zum Themengebiet Halbleiter*, *Leistungsstand im Fach Physik*, *Fähigkeitsselbstkonzept im Fach Physik (FSK)* sowie *Interesse am Schulfach Physik* auf Korrelationen mit der Zielvariable *Kompetenz am Ende der Intervention* ( $t_{post}$ ) für TG und KG getrennt untersucht. In Tabelle

19 sind die signifikant werdenden Korrelationskoeffizienten zwischen den benannten Merkmalen für die TG (rechts oberhalb der Diagonale) und die KG (links unterhalb der Diagonale) aufgeführt.

**Tabelle 19.** Korrelationen ausgewählter Merkmale für TG (oben re.) und KG (unten li.).

	Kompetenz T <sub>prä</sub>	Vorwissen	Interesse T <sub>prä</sub>	Leistungs- stand	FSK T <sub>prä</sub>	Kompe- tenz t <sub>post</sub>
Kompetenz T <sub>prä</sub>	1	n.s.	r(59)= .258*	n.s.	r(59)= .295*	n.s.
Vorwissen	r(54)= .277*	1	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
Interesse T <sub>prä</sub>	n.s.	r(54)= .271*	1	r(59)= .324*	r(59)= .602***	n.s.
Leistungs- stand	n.s.	n.s.	n.s.	1	r(59)= .466***	n.s.
FSK T <sub>prä</sub>	n.s.	r(54)= .276*	r(54)= .502***	r(53)= .387**	1	n.s.
Kompetenz T <sub>post</sub>	r(51)= .455**	r(51)= .482***	r(51)= .471***	n.s.	r(51)= .539***	1

Signifikanzniveau: \* p<.05; \*\* p<.01; \*\*\* p<.001; n.s.=nicht signifikant

Während in der TG keine signifikant von Null verschiedenen Korrelationen zwischen dem erreichten Kompetenzwert zum zweiten Messzeitpunkt und den ausgewählten Merkmalen auffindbar waren, zeigten sich innerhalb der KG signifikante Zusammenhänge mittlerer Stärke mit den ausgewählten Merkmalen.

### 5.3 Vorhersage des Kompetenzerwerbs durch ausgewählte Variablen

Der Einfluss der Variablen *Interesse am Schulfach Physik*, *Leistungsstand*, *(Vor)wissen zum Themengebiet Halbleiter* sowie *Fähigkeitsselbstkonzept im Fach Physik* auf den erreichten Kompetenzwert der Lernenden in TG und KG wurde mithilfe einer multiplen linearen Regressionsanalyse modelliert (Forschungsfrage 2, Abschnitt 3.2). Dabei ging es nicht um die tatsächliche Vorhersage eines Kompetenzwertes, sondern um Aussagen darüber, in welcher Weise die Variablen im vorliegenden Datensatz einen Zusammenhang mit dem Veränderungspotenzial im Kompetenzbereich *Fachwissen E-Lehre* zeigen. Aufgrund der in den Korrelationsanalysen deutlich gewordenen unterschiedlichen Einflüsse der

benannten Variablen innerhalb der beiden Gruppen wurde eine für TG und KG separate Regressionsanalyse zur Aufklärung des Kompetenzwertes zum Messzeitpunkt  $t_{\text{prä}}$  durchgeführt, wobei aufgrund der vorhandenen Korrelationen mit der Aufklärung der Zusammenhänge in der KG begonnen wurde. Die Zuordnung der Variablen im Modell wird in Tabelle 20 benannt. Es wurde mit dem Verfahren der Variablenselektion vorgegangen, wobei der Weg der Rückwärtsselektion gewählt wurde, d.h. alle vermuteten Einflussvariablen wurden dem Auswahlverfahren angeboten und durch die Variablenselektion auf Relevanz geprüft.

**Tabelle 20.** Variablen der multiplen Regressionsanalyse zur Kompetenzentwicklung.

Abhängige Variable	Unabhängige Variablen (Prädiktoren)	
Kompetenz zu $t_{\text{post}}$	Kompetenz zu $t_{\text{prä}}$	aufgenommen
	Vorwissen zum Thema Halbleiter	aufgenommen
	FSK zu $t_{\text{prä}}$	aufgenommen
	Interesse am Schulfach Physik	entfernt
	Leistungsstand	entfernt

Die Prädiktoren *Interesse am Schulfach Physik* sowie *Leistungsstand* wurden im Modell nicht signifikant und deshalb entfernt. Beide Merkmale korrelieren aber mit dem Fähigkeitsselbstkonzept im Fach (Tabelle 19) und nehmen daher durch ihren Zusammenhang mit dem Fähigkeitsselbstkonzept Einfluss auf die Regressionsgleichung.

Die Kennwerte der Regressionsanalyse sind in Tabelle 21 dargestellt.

**Tabelle 21.** Kennwerte der Regressionsanalyse in der KG.

Prädiktor	Beta ( $\beta$ )	p
Kompetenz zu $t_{\text{prä}}$	.296	.011
Vorwissen zum Thema Halbleiter	.278	.021
FSK zu $t_{\text{prä}}$	.376	.002

*Anmerkung.*  $\beta$ =standardisierter Regressionskoeffizient,  $F(3,46)=13.97$ ;  $p < .001$ ,  $R^2=.477$

Die Regressionsanalyse ergibt für die KG im Kontext des untersuchten Zusammenhangs eine hohe Modellgüte mit einem Aufklärungsanteil von 48%.

Setzt man dieses Regressionsmodell für die TG an, so ergibt sich nur eine Modellgüte von  $R^2 = .035$ ;  $F(3,53) = 0.648$ ,  $p = .588$ . Die in der KG erkennbaren Prädiktoren für den Kompetenzerwerb werden in der TG nicht signifikant, was aufgrund der fehlenden korrelativen Zusammenhänge in der TG (Tabelle 19) zu erwarten war. Das in der KG angesetzte Regressionsmodell kann somit nicht zur Aufklärung der Zusammenhänge in der TG verwendet werden.

Liegen unterschiedliche Einflüsse der Prädiktoren auf die beiden Gruppen vor, wird zur Modellierung der Gesamtstichprobe ein Regressionsmodell mit Interaktionstermen zwischen den Gruppen vorgeschlagen (z.B. Richter, 2007), womit sich der unterschiedliche Einfluss der Prädiktor-Variablen auf die beiden Untersuchungsgruppen berücksichtigen ließe. Eine solche Modellbildung nutzt dabei die Aussagekraft des Gesamtdatensatzes vollständig aus. Hierfür werden neben den metrischen Variablen als Prädiktoren auch die Gruppenvariable sowie Interaktionsprodukte aus der Gruppenvariable und den metrischen Variablen in das Modell eingebunden. Das beschriebene Modell erreichte im vorliegenden Datensatz nur eine Modellgüte von 24% Varianzaufklärung ( $R^2 = 0.24$ ) für den Gesamtdatensatz. Deshalb wird zur differenziellen Analyse auf Subgruppenanalysen zurückgegriffen (kritische Diskussion des Vorgehens siehe *Abschnitt 4.6*).

## 5.4 Differenzielle Analysen

### 5.4.1 Unterschiede im Kompetenzerwerb bei Lernenden mit verschiedenem Vorwissen zum Themengebiet Halbleiter

Die Frage, welchen unterschiedlichen Einfluss das Vorwissen zum Themengebiet Halbleiter auf die Kompetenzveränderungen in TG sowie KG hatte, wurde durch eine Subgruppenbildung anhand der Ergebnisse im HL-Vorwissenstest am Median der Gesamtstichprobe  $\bar{x} = 7$  bearbeitet.

#### 5.4.1.1 HL-Vorwissen hoch

Lernende mit höherem *Vorwissen zum Themengebiet Halbleiter* zeigen sowohl in der TG als auch in der KG einen signifikanten und von der Gruppenzugehörigkeit unabhängigen Zuwachs an Kompetenz. Die Varianzanalyse (Tabelle 22) ergibt über die Zeit (Faktor) einen signifikanten Effekt.

**Tabelle 22.** Varianzanalyse; Kompetenz *Fachwissen E-Lehre* im TG-KG-Vergleich zu  $t_{\text{prä}}$  und  $t_{\text{post}}$  für die Subgruppe mit höherem HL-Vorwissen.

	F-Wert	p	$\eta^2$
Faktor	F(1,49)=11.31	.002	.188
Faktor*Gruppe	F(1,49)=0.04	.844	.001
Gruppe	F(1,49)=0.001	.978	<.001

Abbildung 10 zeigt die Kompetenzveränderung im TG-KG-Vergleich für Lernende mit höherem Vorwissen zum Themengebiet Halbleiter.

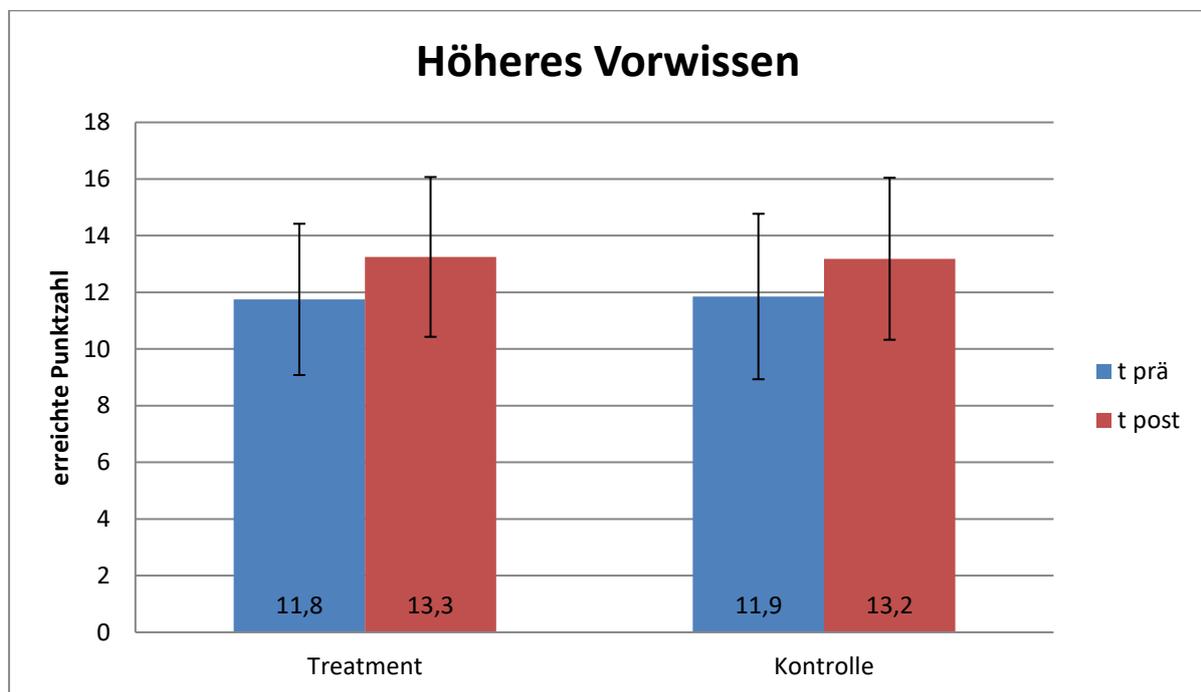


Abbildung 10. Erreichte Punktzahl im Kompetenztest *Fachwissen E-Lehre* im TG-KG-Vergleich zu  $t_{\text{prä}}$  und  $t_{\text{post}}$  bei Lernenden mit höherem Vorwissen zum Themengebiet Halbleiter.

## 5.4.1.2 HL-Vorwissen gering

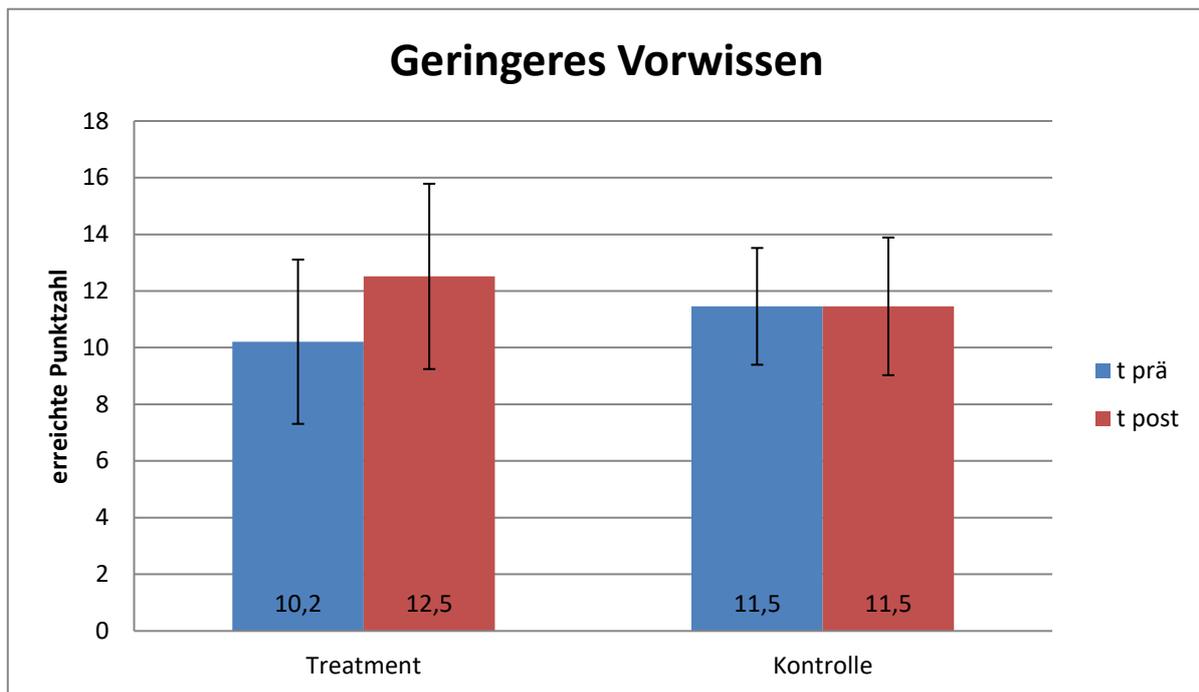


Abbildung 11. Erreichte Punktzahl im Kompetenztest *Fachwissen E-Lehre Lehre* im TG-KG-Vergleich zu t<sub>prä</sub> und t<sub>post</sub> bei Lernenden mit geringerem Vorwissen zum Themengebiet Halbleiter.

Für die Lernenden mit geringerem *Vorwissen zum Themengebiet Halbleiter* ist der Zusammenhang in Abbildung 11 dargestellt. Die Varianzanalyse der Kompetenzwerte (Tabelle 23) ergibt sowohl über die Zeit (Faktor) als auch für den Einfluss der Gruppenzugehörigkeit über die Zeit (Faktor\*Gruppe) einen signifikanten Effekt. Während innerhalb der TG auch in der Gruppe der Lernenden mit geringerem Vorwissen ein deutlicher Kompetenzzuwachs erkennbar ist, verändert sich für diese Lernenden in der KG die Kompetenz im Mittel nicht.

**Tabelle 23.** Varianzanalyse; Kompetenz *Fachwissen E-Lehre* im TG-KG-Vergleich zu t<sub>prä</sub> und t<sub>post</sub> für die Subgruppe mit geringerem HL-Vorwissen.

	F-Wert	p	$\eta^2$
Faktor	F(1,55)=5.49	.023	.091
Faktor*Gruppe	F(1,55)=5.49	.023	.091
Gruppe	F(1,55)=0.03	.866	.001

### 5.4.1.3 Treatment

Der Vergleich der Kompetenzveränderungen zwischen Lernenden mit geringerem vs. Lernenden mit höherem Vorwissen innerhalb der TG ist in Abbildung 12 dargestellt.

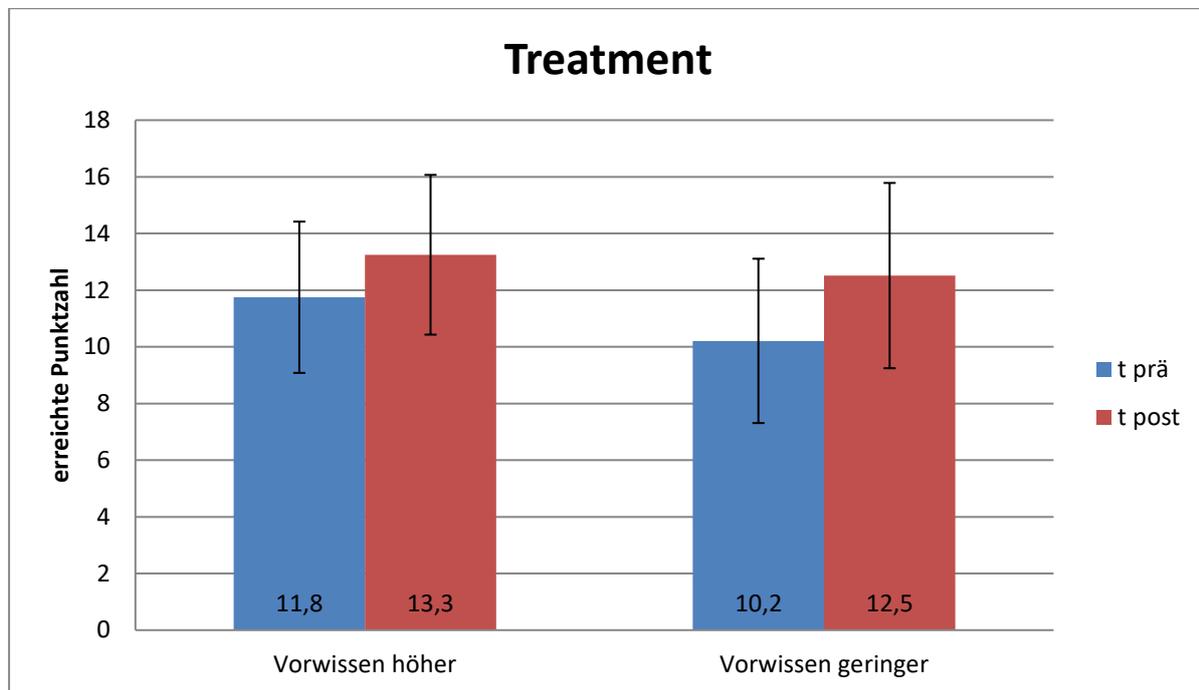


Abbildung 12. Erreichte Punktzahl im Kompetenztest *Fachwissen E-Lehre* zu  $t_{prä}$  und  $t_{post}$  in der TG bei Lernenden mit geringerem vs. höherem Vorwissen zum Themengebiet Halbleiter.

Die Varianzanalyse der Kompetenzwerte (Tabelle 24) ergibt einen signifikanten Effekt über die Zeit (Faktor) und es zeigt sich *kein* signifikanter Gruppeneffekt (Faktor\*Gruppe). Innerhalb der TG besteht also kein signifikanter Unterschied im Kompetenzzuwachs im Vergleich zwischen Lernenden mit geringerem thematischen Vorwissen, vs. Lernenden mit höherem Vorwissen.

**Tabelle 24.** Varianzanalyse; Kompetenz *Fachwissen E-Lehre* zu  $t_{prä}$  und  $t_{post}$  im Vergleich der Subgruppen Vorwissen geringer vs. Vorwissen höher in der TG

	F-Wert	p	$\eta^2$
Faktor	F(1,55)=14.37	<.001	.207
Faktor*Gruppe	F(1,55)=0.08	.780	.001
Gruppe	F(1,55)=1.0	.322	.018

#### 5.4.1.4 Kontrolle

Abbildung 13 zeigt die Kompetenzveränderung im Vergleich zwischen Lernenden mit geringerem vs. Lernenden mit höherem Vorwissen zum Themengebiet Halbleiter innerhalb der KG.

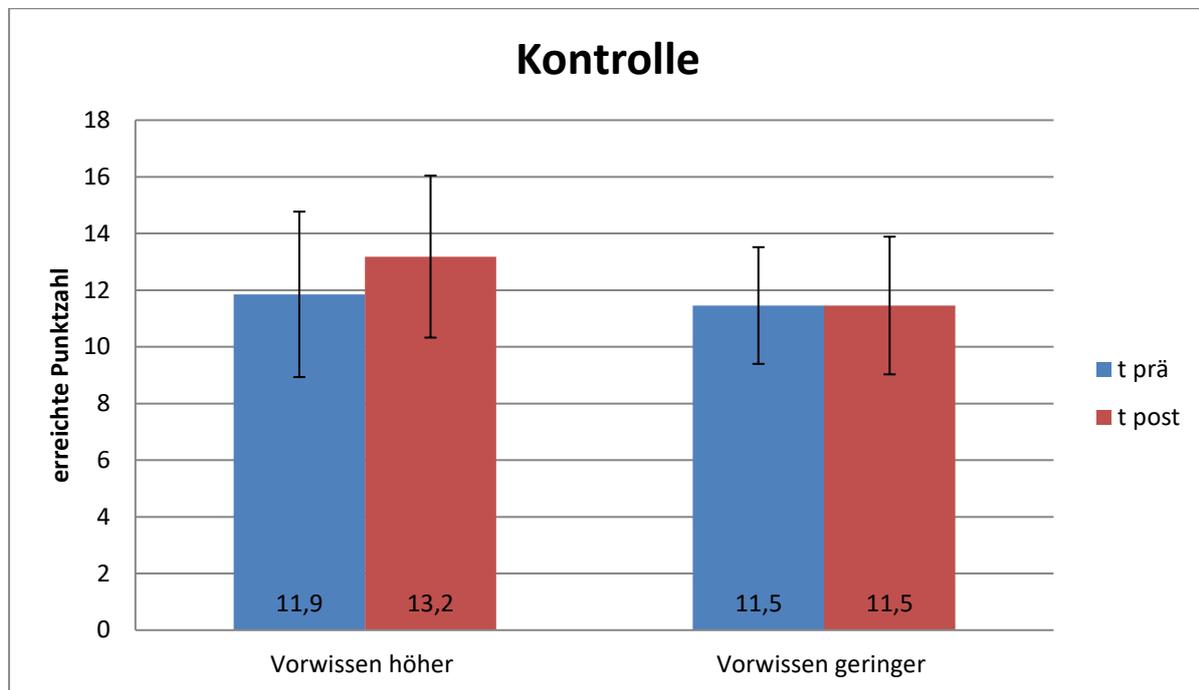


Abbildung 13. Erreichte Punktzahl im Kompetenztest *Fachwissen E-Lehre* zu  $t_{prä}$  und  $t_{post}$  in der KG bei Lernenden mit geringerem vs. höherem Vorwissen zum Themengebiet Halbleiter.

Die Varianzanalyse der Kompetenzwerte (Tabelle 25) zeigt keine signifikanten Effekte. Innerhalb der KG ist lediglich für die Gruppe der Lernenden mit höherem thematischen Vorwissen ein signifikanter Kompetenzzuwachs zu beobachten [ $F(1,26)=6.5$ ;  $p=.017$ ], während die Gruppe der Lernenden mit geringerem thematischen Vorwissen im Mittel keine Kompetenzveränderung zeigt.

**Tabelle 25.** Varianzanalyse; Kompetenz *Fachwissen E-Lehre* zu  $t_{prä}$  und  $t_{post}$  im Vergleich der Subgruppen Vorwissen geringer vs. Vorwissen höher in der KG

	F-Wert	p	$\eta^2$
Faktor	$F(1,49)=1.28$	.264	.025
Faktor*Gruppe	$F(1,49)=3.46$	.069	.066
Gruppe	$F(1,49)=1.68$	.201	.033

## 5.4.2 Unterschiede im Kompetenzerwerb bei Lernenden mit verschiedenem Vorleistungsstand im Schulfach Physik

Um der Frage nach dem Zusammenhang zwischen dem Leistungsstand im Fach Physik und dem Kompetenzerwerb über den Interventionszeitraum nachzugehen, wurde auch hier die Stichprobe in zwei Subgruppen geteilt. Eine Gruppe bestand aus Lernenden mit dem Leistungsstand (Vorjahresnote) *Eins* und *Zwei*, die zweite Subgruppe aus Lernenden mit dem Leistungsstand *Drei* und *Vier*. Auf die Zusammensetzung der Subgruppen sowie die Verteilung des Leistungsstands innerhalb der Stichprobe sowie der Subgruppen wurde in Kapitel 4.4.3.7 eingegangen. Für beide Subgruppen wurde der Kompetenzerwerb zwischen  $t_{\text{prä}}$  und  $t_{\text{post}}$  in TG und KG untersucht.

### 5.4.2.1 Physiknoten *Eins* und *Zwei*

Die Varianzanalyse der Kompetenzwerte (Tabelle 26) ergab für die Subgruppe der Lernenden mit Physik-Leistungsstand *Eins* und *Zwei* einen signifikanten Effekt auf den Kompetenzzuwachs (Faktor). Hier hat die Zugehörigkeit zu TG oder KG aber keinen signifikanten Einfluss (Faktor\*Gruppe) auf die Höhe des Kompetenzerwerbs.

**Tabelle 26.** Varianzanalyse; Kompetenz *Fachwissen E-Lehre* im TG-KG-Vergleich zu  $t_{\text{prä}}$  und  $t_{\text{post}}$  für die Subgruppe mit den Physiknoten *Eins* und *Zwei*.

	F-Wert	p	$\eta^2$
Faktor	F(1,54)=10.56	.002	.164
Faktor*Gruppe	F(1,54)=0.68	.413	.012
Gruppe	F(1,54)=0.01	.923	<.001

Für die Lernenden mit gutem und sehr gutem Leistungstand im Fach Physik ist der Kompetenzzuwachs im Vergleich zwischen TG und KG in Abbildung 14 dargestellt.

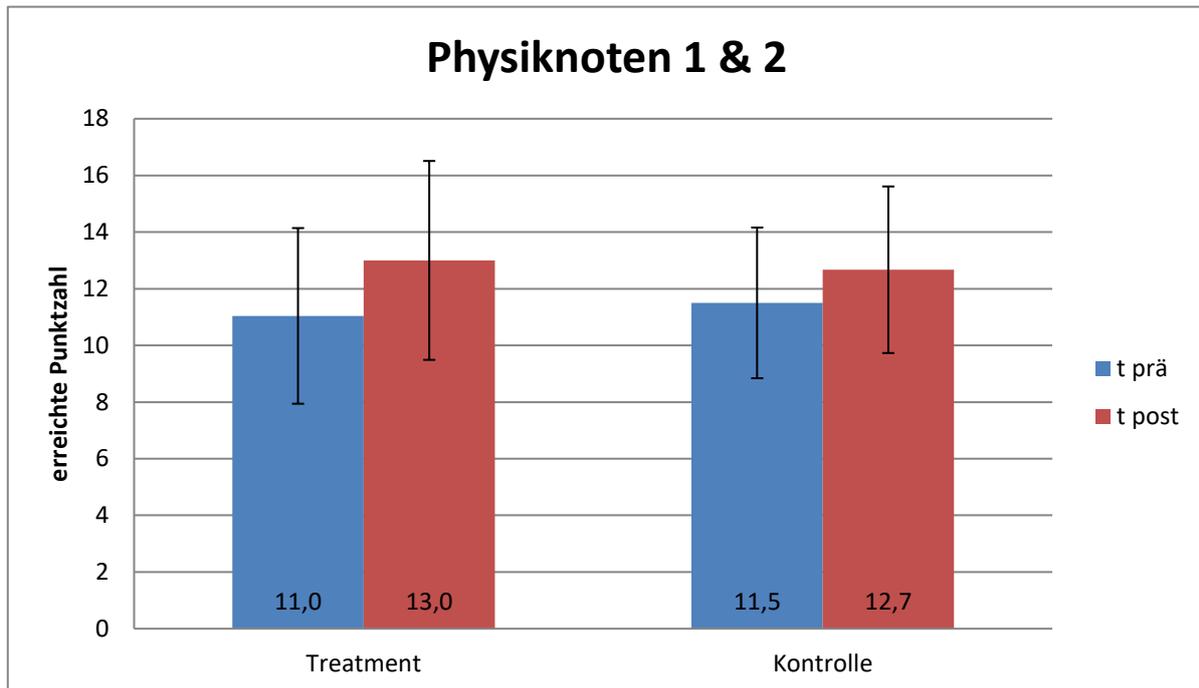


Abbildung 14. Erreichte Punktzahl im Kompetenztest *Fachwissen E-Lehre Lehre* im TG-KG-Vergleich zu  $t_{prä}$  und  $t_{post}$  bei Lernenden mit den Physiknoten *Eins* und *Zwei*.

#### 5.4.2.2 Physiknoten Drei und Vier

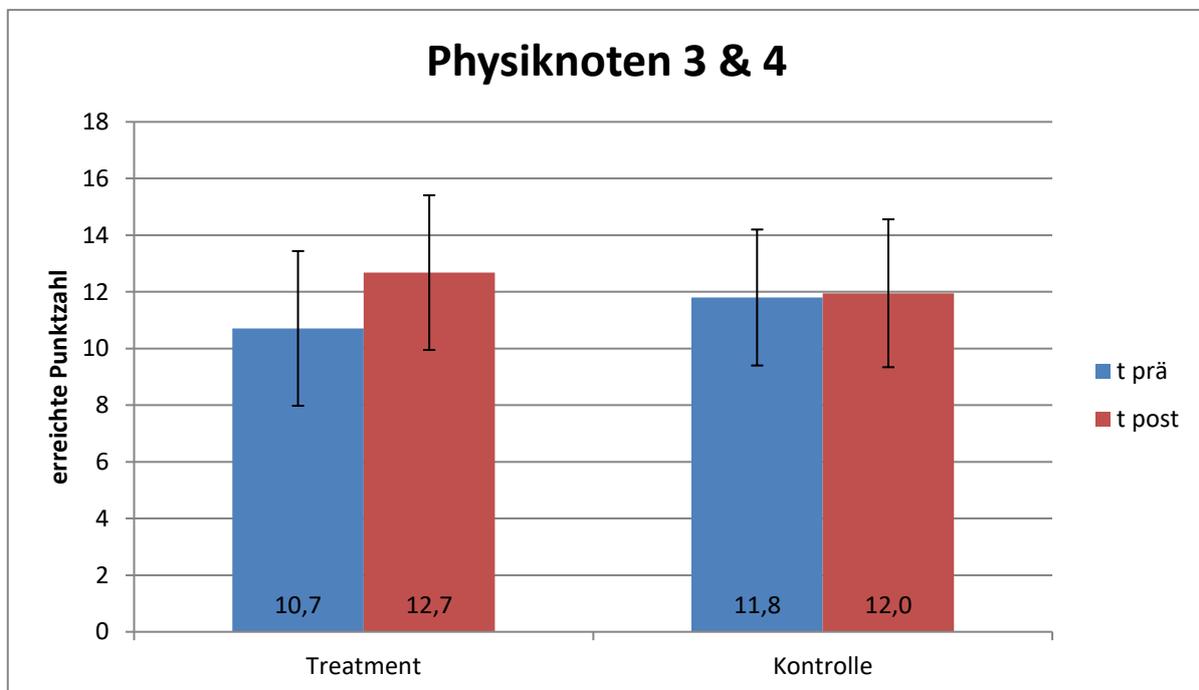


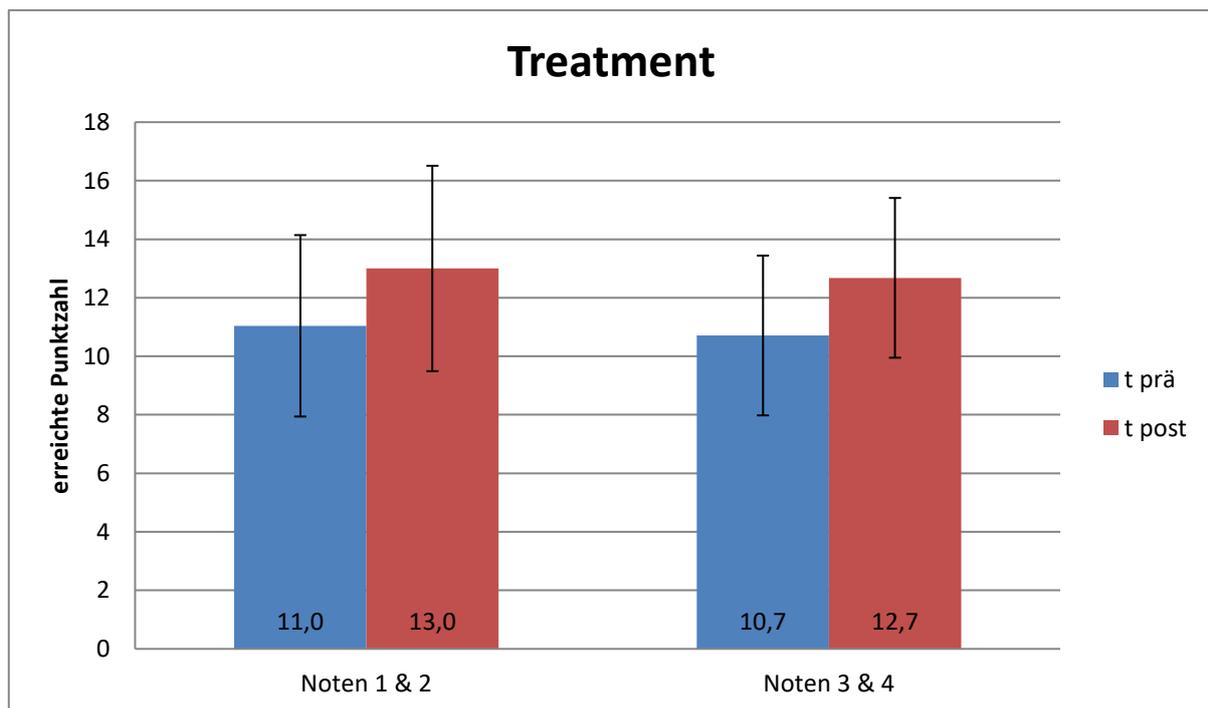
Abbildung 15. Erreichte Punktzahl im Kompetenztest *Fachwissen E-Lehre Lehre* im TG-KG-Vergleich zu  $t_{prä}$  und  $t_{post}$  bei Lernenden mit den Physiknoten *Drei* und *Vier*.

In Abbildung 15 ist die Veränderung der Kompetenz für die Lernenden mit dem Leistungsstand *Drei* und *Vier* im Fach Physik ist dargestellt. Die Varianzanalyse (Tabelle 27) ergab für diese Substichprobe einen signifikanten Effekt über die Zeit (Faktor). Darüber hinaus wird auch der Effekt der Gruppenzugehörigkeit über die Zeit (Faktor\*Gruppe) mit  $p=.052$  im Rahmen des doppelten  $\alpha$ -Fehlerniveaus bei gerichteten Hypothesen signifikant. Für Lernende mit dem Leistungsstand *Drei* und *Vier* ist der Kompetenzzuwachs somit in der TG signifikant höher als in der KG.

**Tabelle 27.** Varianzanalyse; Kompetenz *Fachwissen E-Lehre* im TG-KG-Vergleich zu  $t_{prä}$  und  $t_{post}$  für die Subgruppe mit den Physiknoten *Drei* und *Vier*.

	F-Wert	p	$\eta^2$
Faktor	F(1,49)=5.39	.024	.099
Faktor*Gruppe	F(1,49)=3.97	.052	.075
Gruppe	F(1,49)=0.09	.766	.002

#### 5.4.2.3 Treatment



**Abbildung 16.** Erreichte Punktzahl im Kompetenztest *Fachwissen E-Lehre* zu  $t_{prä}$  und  $t_{post}$  in der TG bei Lernenden mit verschiedenem Leistungsstand im Fach Physik.

Der Vergleich des Kompetenzerwerbs zwischen  $t_{prä}$  und  $t_{post}$  innerhalb der TG für die beiden Subgruppen mit unterschiedlichem Leistungsstand ist in Abbildung 16 dargestellt.

## Ergebnisse

Die Varianzanalyse (Tabelle 28) für die Kompetenz der Subgruppen mit verschiedenem Leistungsstand innerhalb der TG ergab einen signifikanten Effekt der Zeit (Faktor). Der Effekt der Gruppenzugehörigkeit über die Zeit wurde nicht signifikant. Innerhalb der TG war somit kein signifikanter Unterschied im Kompetenzerwerb zwischen Lernenden mit unterschiedlichem Leistungsstand im Fach Physik zu beobachten.

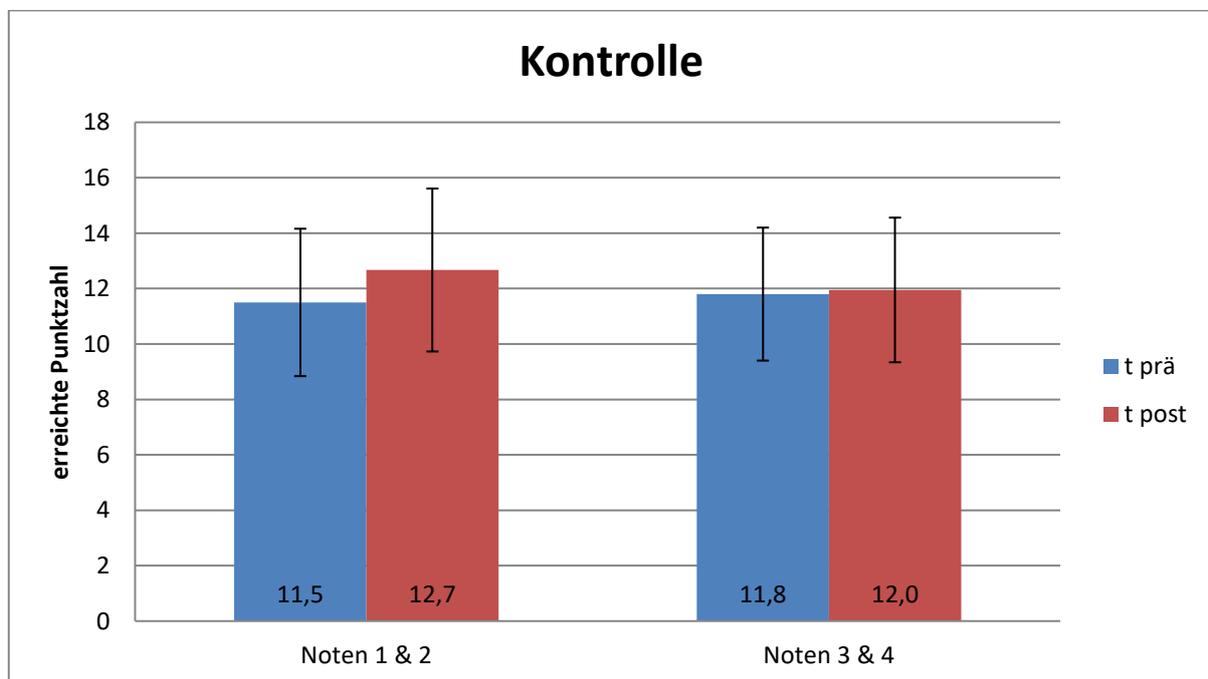
**Tabelle 28.** Varianzanalyse; Kompetenz *Fachwissen E-Lehre* zu  $t_{\text{prä}}$  und  $t_{\text{post}}$

im Vergleich der Subgruppen mit verschiedenem Vorleistungsstand in der TG.

	F-Wert	p	$\eta^2$
Faktor	F(1,55)=14.54	<.001	.209
Faktor*Gruppe	F(1,55)<0.001	.995	<.001
Gruppe	F(1,55)=0.28	.597	.005

### 5.4.2.4 Kontrolle

In der KG zeigte sich für den Vergleich der Kompetenz der beiden Leistungsgruppen (Leistungsstand *Eins* u. *Zwei* vs. Leistungsstand *Drei* u. *Vier*) über die Zeit der in Abbildung 17 dargestellte Zusammenhang.



**Abbildung 17** Erreichte Punktzahl im Kompetenztest *Fachwissen E-Lehre* zu  $t_{\text{prä}}$  und  $t_{\text{post}}$  in der KG bei Lernenden mit verschiedenem Leistungsstand im Fach Physik.

Die Varianzanalyse im Vergleich der Subgruppen mit unterschiedlichem Leistungsstand im Fach Physik (Tabelle 29) in der KG ergab weder für den Kompetenzzuwachs über die Zeit (Faktor) noch für den

Einfluss der Gruppenzugehörigkeit über die Zeit (Faktor\*Gruppe) einen signifikanten Effekt. Innerhalb der KG zeigte lediglich die Teilgruppe der Lernenden mit höherem Leistungsstand im Fach Physik einen signifikanten Zuwachs an Kompetenz [ $F(1,29)=5.86$ ;  $p=.022$ ].

**Tabelle 29.** Varianzanalyse; Kompetenz *Fachwissen E-Lehre* zu  $t_{\text{prä}}$  und  $t_{\text{post}}$

im Vergleich der Subgruppen mit verschiedenem Vorleistungsstand in der KG.

	F-Wert	p	$\eta^2$
Faktor	$F(1,48)=2.72$	.105	.054
Faktor*Gruppe	$F(1,48)=1.62$	.209	.033
Gruppe	$F(1,48)=0.1$	.756	.002

### 5.4.3 Unterschiede im Kompetenzerwerb bei Lernenden mit verschiedenem Fähigkeitsselbstkonzept im Schulfach Physik

Um der Frage nach dem Zusammenhang zwischen dem *Fähigkeitsselbstkonzept im Fach Physik* und dem Kompetenzerwerb über den Interventionszeitraum nachzugehen, wurde die Stichprobe am Median des Merkmals *Fähigkeitsselbstkonzept* ( $\bar{x}=2.83$ ) in zwei Subgruppen geteilt. Für beide Subgruppen wurde der Kompetenzzuwachs zwischen  $t_{\text{prä}}$  und  $t_{\text{post}}$  in TG und KG untersucht.

#### 5.4.3.1 Stärkeres Fähigkeitsselbstkonzept

Für die Lernenden mit stärkerem Fähigkeitsselbstkonzept im Fach Physik zeigte sich im TG-KG-Vergleich die in Abbildung 18 dargestellte Entwicklung. Die Varianzanalyse (Tabelle 30) für die Subgruppe der Lernenden mit stärkerem Selbstkonzept ergab einen signifikanten Effekt auf die Kompetenz über die Zeit (Faktor). Der Gruppenunterschied über die Zeit (Faktor\*Gruppe) wird nicht signifikant. Lernende mit stärkerem Fähigkeitsselbstkonzept im Fach Physik zeigen also keine signifikanten Unterschiede im Kompetenzzuwachs in Abhängigkeit von der Zugehörigkeit zu TG oder KG.

**Tabelle 30.** Varianzanalyse; Kompetenz *Fachwissen E-Lehre* im TG-KG-Vergleich zu  $t_{\text{prä}}$  und  $t_{\text{post}}$

für die Subgruppe mit höherem Fähigkeitsselbstkonzept.

	F-Wert	p	$\eta^2$
Faktor	$F(1,61)=9.67$	.003	.137
Faktor*Gruppe	$F(1,61)=0.48$	.491	.008
Gruppe	$F(1,61)=0.58$	.451	.009

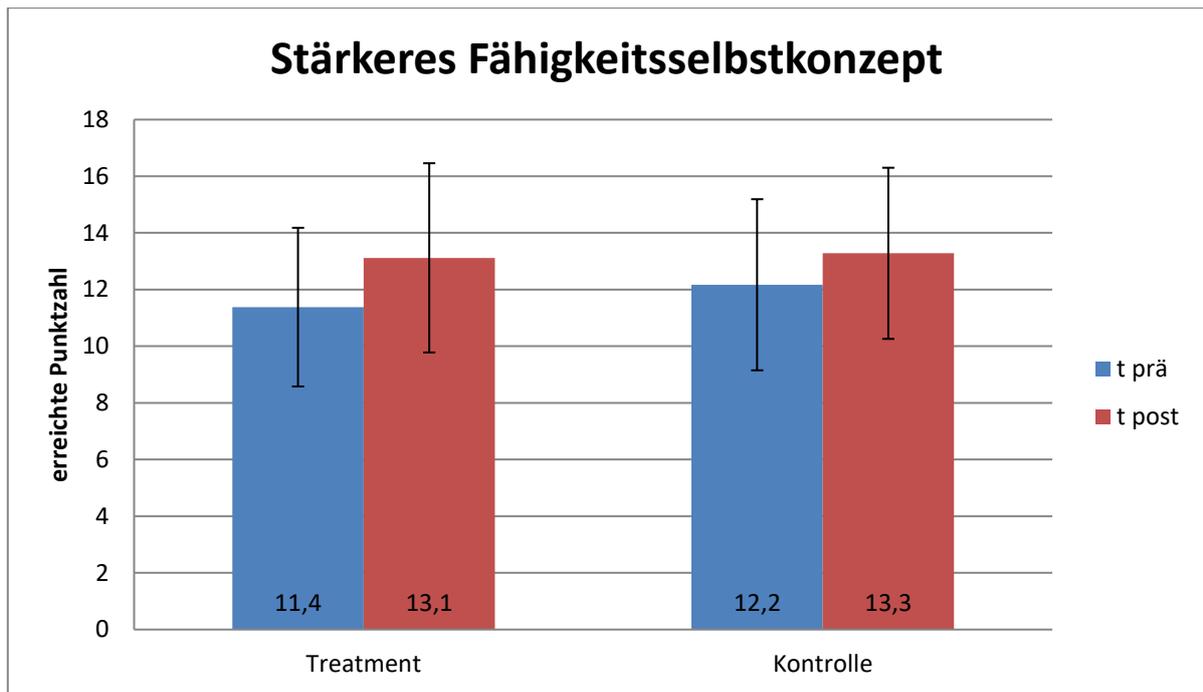


Abbildung 18. Erreichte Punktzahl im Kompetenztest *Fachwissen E-Lehre Lehre* im TG-KG-Vergleich zu  $t_{prä}$  und  $t_{post}$  bei Lernenden mit stärkerem Fähigkeitsselbstkonzept.

#### 5.4.3.2 Schwächeres Fähigkeitsselbstkonzept

Für die Lernenden mit schwächerem Fähigkeitsselbstkonzept ist die Veränderung der Kompetenz zwischen den Messzeitpunkten im TG-KG-Vergleich in Abbildung 19 dargestellt.

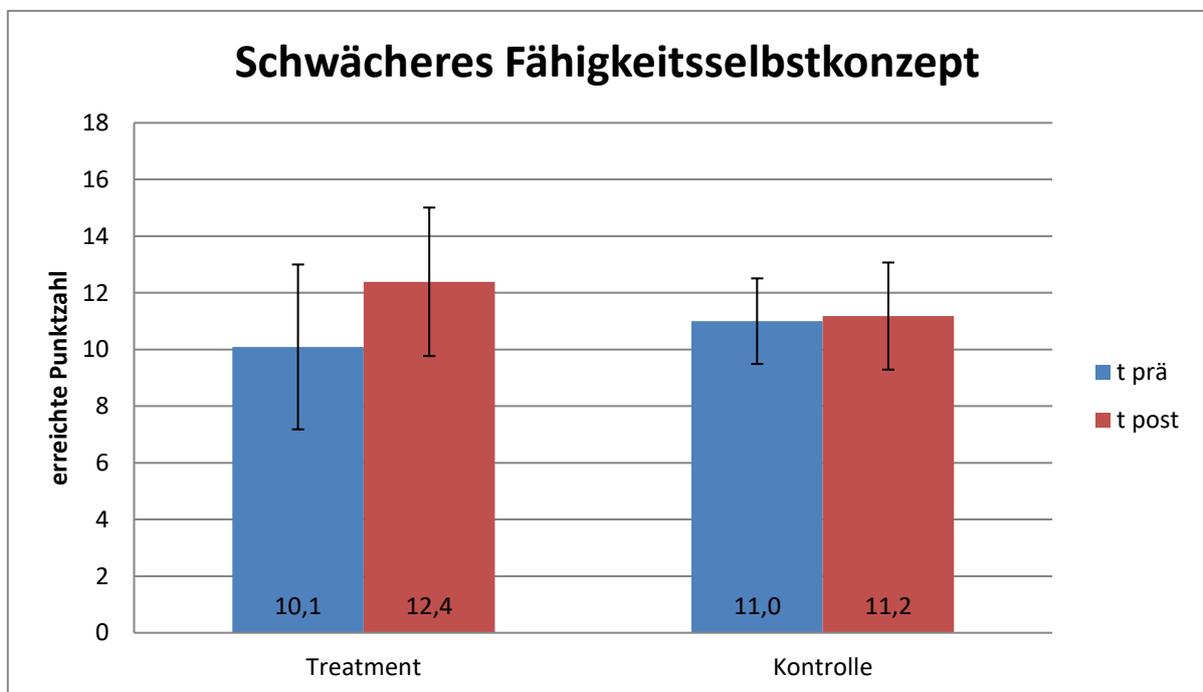


Abbildung 19. Erreichte Punktzahl im Kompetenztest *Fachwissen E-Lehre Lehre* im TG-KG-Vergleich zu  $t_{prä}$  und  $t_{post}$  bei Lernenden mit schwächerem Fähigkeitsselbstkonzept.

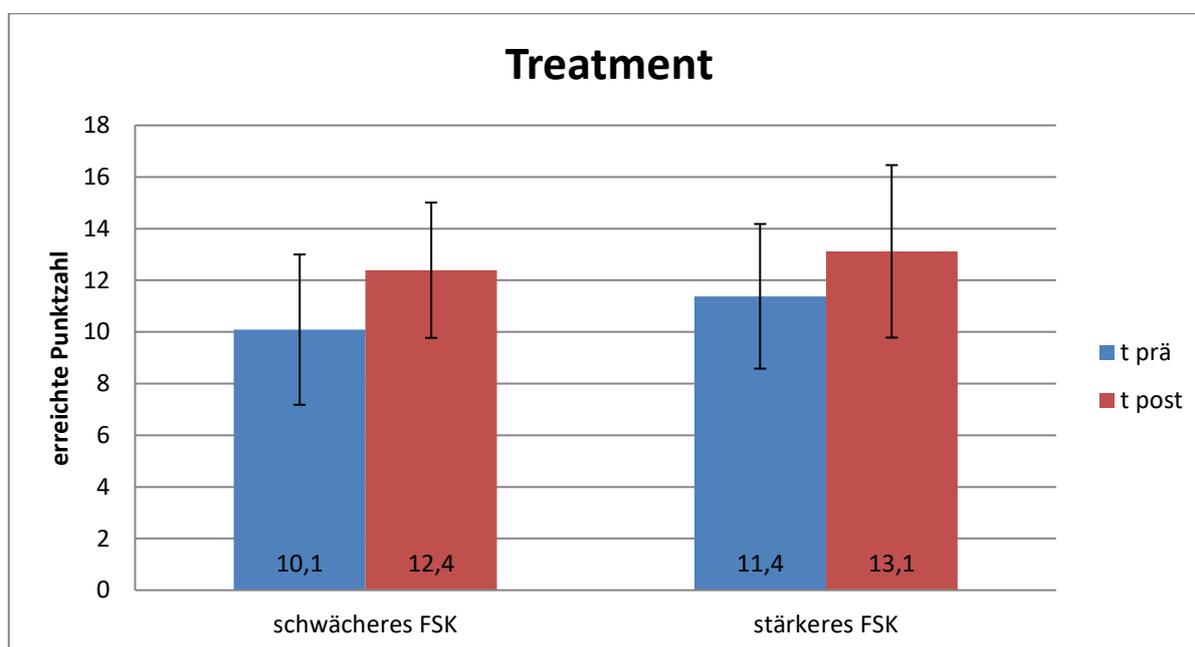
**Tabelle 31.** Varianzanalyse; Kompetenz *Fachwissen E-Lehre* im TG-KG-Vergleich zu  $t_{prä}$  und  $t_{post}$  für die Subgruppe mit schwächerem Fähigkeitsselbstkonzept.

	F-Wert	p	$\eta^2$
Faktor	F(1,43)=7.43	.009	.147
Faktor*Gruppe	F(1,43)=5.41	.025	.112
Gruppe	F(1,43)=0.08	.776	.002

Die Varianzanalyse (Tabelle 31) für die Subgruppe der Lernenden mit schwächerem Selbstkonzept ergab einen signifikanten Effekt über die Zeit (Faktor). Darüber hinaus wurde auch der Interventions-effekt (Gruppen\*Faktor) signifikant. Lernende mit schwächerem Fähigkeitsselbstkonzept erreichten somit in der TG einen signifikant höheren Kompetenzzuwachs als in der KG.

#### 5.4.3.3 Treatment

Vergleicht man den Kompetenzerwerb zwischen  $t_{prä}$  und  $t_{post}$  innerhalb der TG für die Subgruppen mit unterschiedlichem Fähigkeitsselbstkonzept, so zeigte sich die in Abbildung 20 dargestellte Charakteristik.



**Abbildung 20.** Erreichte Punktzahl im Kompetenztest *Fachwissen E-Lehre* zu  $t_{prä}$  und  $t_{post}$  in der TG bei Lernenden mit unterschiedlichem Fähigkeitsselbstkonzept (FSK).

Die Varianzanalyse (Tabelle 32) ergab hier innerhalb der TG einen signifikanten Effekt der Zeit (Faktor). Die Effekte der Subgruppenzugehörigkeit über die beiden Zeitpunkte wurden nicht signifikant. Für

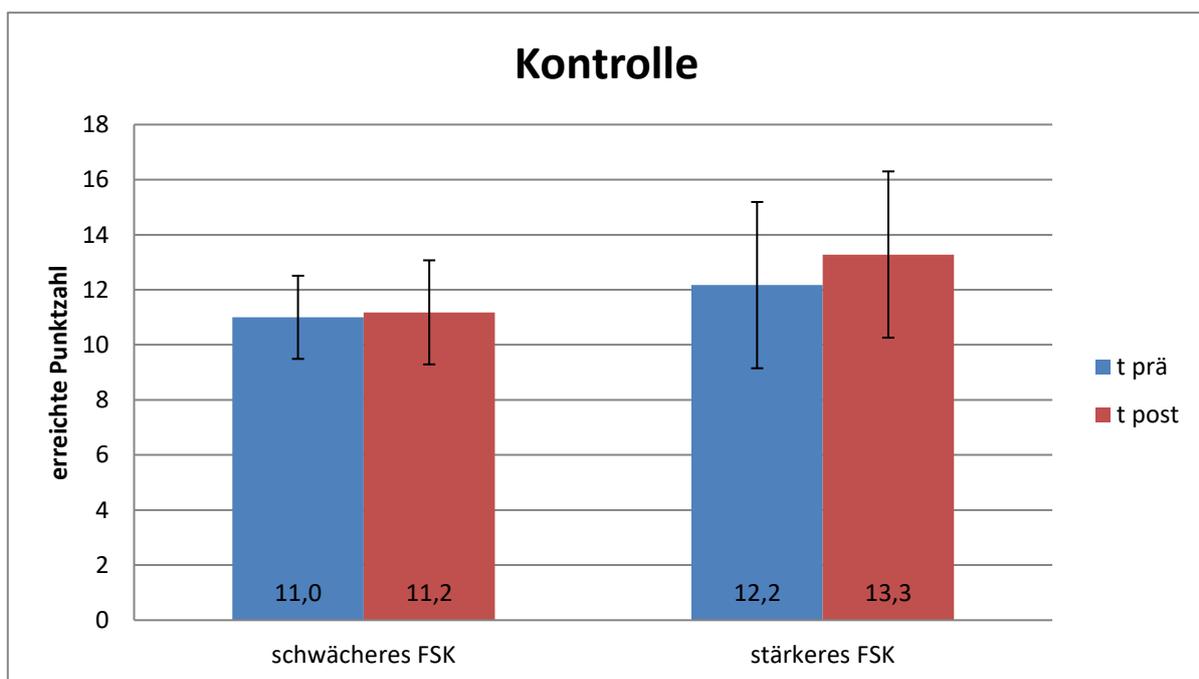
Lernende in der TG bestand kein signifikanter Unterschied (Faktor\*Gruppe) im Kompetenzzuwachs in Abhängigkeit von der Ausprägung ihres Fähigkeitsselbstkonzeptes im Fach.

**Tabelle 32.** Varianzanalyse; Kompetenz *Fachwissen E-Lehre* zu  $t_{prä}$  und  $t_{post}$  im Vergleich der Subgruppen mit verschiedenem Fähigkeitsselbstkonzept in der TG.

	F-Wert	p	$\eta^2$
Faktor	F(1,55)=14.98	<.001	.214
Faktor*Gruppe	F(1,55)=0.3	.588	.005
Gruppe	F(1,55)=2.76	.102	.048

#### 5.4.3.4 Kontrolle

In der KG zeigte sich für den Vergleich des Kompetenzzuwachses der beiden Gruppen mit unterschiedlichem Fähigkeitsselbstkonzept über die Zeit der in Abbildung 21 dargestellte Zusammenhang.



**Abbildung 21.** Erreichte Punktzahl im Kompetenztest *Fachwissen E-Lehre* zu  $t_{prä}$  und  $t_{post}$  in der KG bei Lernenden mit unterschiedlichem Fähigkeitsselbstkonzept (FSK).

Die Varianzanalyse (Tabelle 33) ergab in der KG für die Kompetenz der Subgruppen mit verschiedenem Fähigkeitsselbstkonzept sowohl über die Zeit (Faktor) als auch bzgl. der Subgruppenzugehörigkeit über die Zeit (Faktor\*Gruppe) keine signifikanten Effekte. Zwischen den Subgruppen (Gruppe) zeigte sich ein signifikanter Unterschied mittlerer Effektstärke. Das heißt in der KG lagen die Kompetenzwerte der

Gruppe der Lernenden mit geringerem Fähigkeitsselbstkonzept zu beiden Messzeitpunkten signifikant unter denen der Lernenden mit höherem Fähigkeitsselbstkonzept.

**Tabelle 33.** Varianzanalyse; Kompetenz *Fachwissen E-Lehre* zu  $t_{prä}$  und  $t_{post}$  im Vergleich der Subgruppen mit verschiedenem Fähigkeitsselbstkonzept in der KG.

	F-Wert	p	$\eta^2$
Faktor	F(1,49)=2.69	.107	.052
Faktor*Gruppe	F(1,49)=1.39	.245	.027
Gruppe	F(1,49)=7.31	.009	.13

#### 5.4.4 Unterschiede im Kompetenzerwerb bei Lernenden mit verschiedenem Interesse am Schulfach Physik

Um den Einfluss des Interesses am Schulfach Physik vor Beginn der Unterrichtsreihe auf die Kompetenzentwicklung unter den speziellen Bedingungen der Intervention statistisch zu untersuchen, wurde eine Aufteilung der Gesamtstichprobe in zwei Subgruppen - eine mit größerem Interesse und eine mit niedrigerem Interesse – vorgenommen. Die Interessenmerkmale der Stichprobe wurden im *Abschnitt 4.4.3.2* erläutert. Für die Erzeugung der Substichproben mit unterschiedlicher Ausprägung des Interesses am Schulfach Physik wurde eine Teilung am Median  $\bar{x}=2.83$  der Gesamtstichprobe durchgeführt.

##### 5.4.4.1 Fachinteresse hoch

Für die Subgruppe der Lernenden, deren Interesse am Schulfach Physik oberhalb des Median lag, zeigte sich eine zwischen TG und KG nur gering unterschiedliche Entwicklung von  $t_{prä}$  zu  $t_{post}$ , wobei in beiden Gruppen ein deutlicher Zuwachs an Kompetenz erkennbar wurde (siehe Abbildung 22).

**Tabelle 34.** Varianzanalyse; Kompetenz *Fachwissen E-Lehre* im TG-KG-Vergleich zu  $t_{prä}$  und  $t_{post}$  für die Subgruppe mit höherem Fachinteresse Physik.

	F-Wert	p	$\eta^2$
Faktor	F(1,54)=9.41	.003	.148
Faktor*Gruppe	F(1,54)=0.03	.857	.001
Gruppe	F(1,54)=0.36	.553	.007

Die Varianzanalyse ergab die in Tabelle 34 benannten Werte. Es zeigte sich auch hier ein signifikanter Effekt über die Zeit (Faktor). Der Interventionseffekt zwischen den Gruppen (Faktor\*Gruppe) wurde

nicht signifikant. Die Lernenden mit höherem Fachinteresse zeigen demnach keine signifikanten Unterschiede im Kompetenzerwerb in Abhängigkeit von der Gruppenzugehörigkeit.

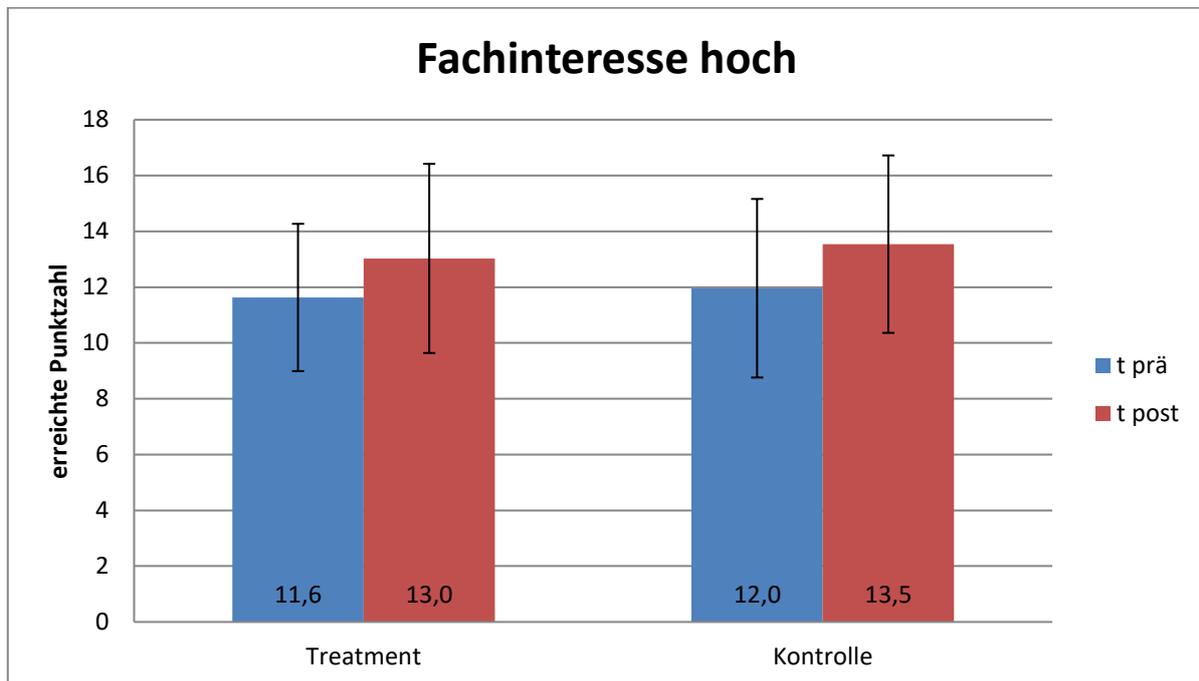


Abbildung 22. Erreichte Punktzahl im Kompetenztest *Fachwissen E-Lehre Lehre* im TG-KG-Vergleich zu  $t_{prä}$  und  $t_{post}$  bei Lernende mit höherem Fachinteresse.

#### 5.4.4.2 *Fachinteresse geringer*

In Abbildung 23 ist der Unterschied im Kompetenzerwerb zwischen TG und KG für die Subgruppe der geringer am Schulfach Physik interessierten Lernenden erkennbar.

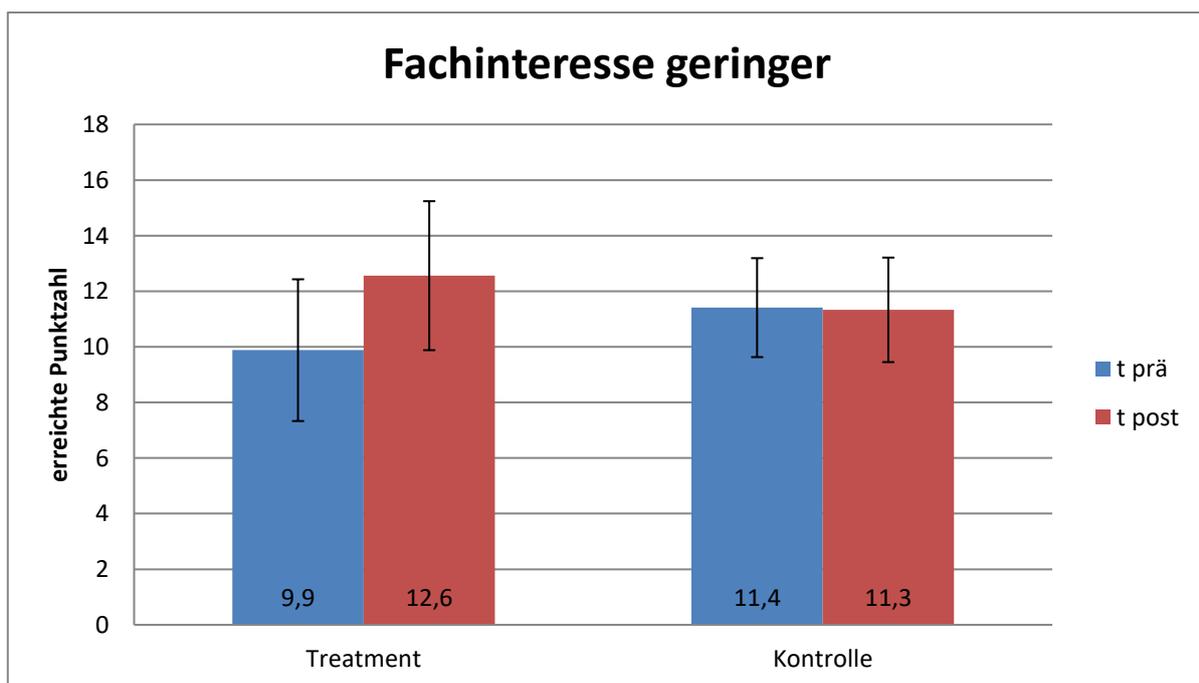


Abbildung 23. Erreichte Punktzahl im Kompetenztest *Fachwissen E-Lehre Lehre* im TG-KG-Vergleich zu  $t_{prä}$  und  $t_{post}$  bei Lernende mit geringerem Fachinteresse.

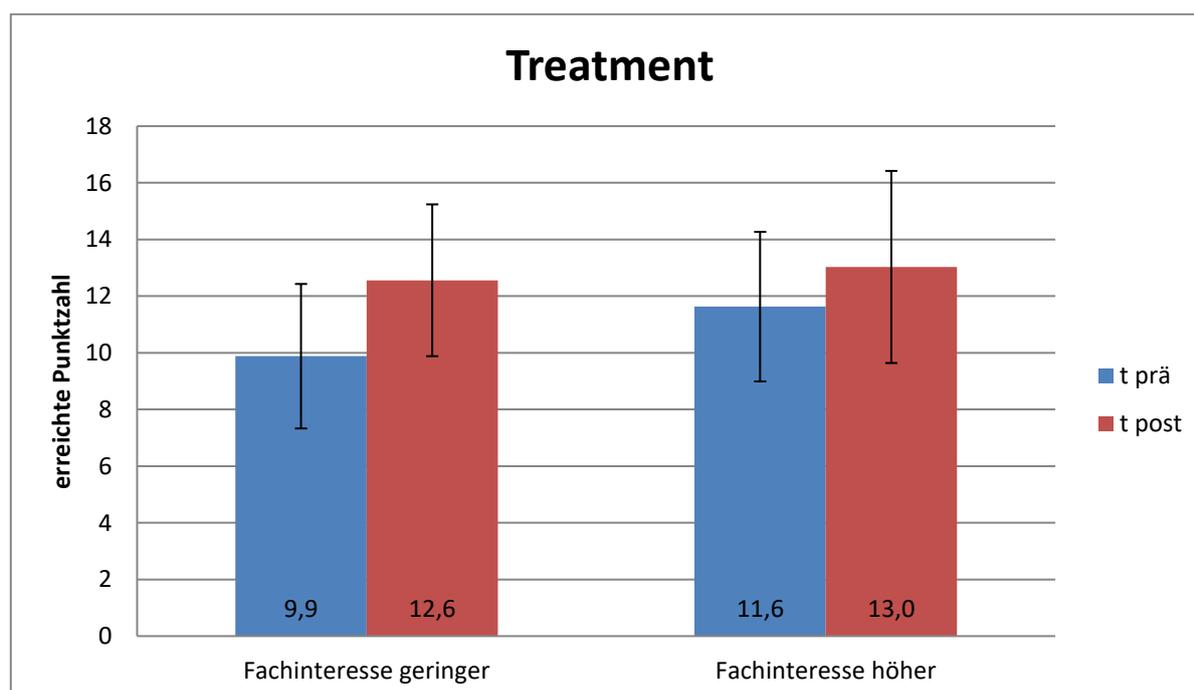
Während sich innerhalb der TG trotz des geringeren Fachinteresses ein Kompetenzzuwachs zwischen  $t_{prä}$  und  $t_{post}$  zeigte, veränderte sich die Kompetenz in dieser Subgruppe in der KG sogar leicht negativ. Die Analyse der Subgruppe mit geringerem Interesse am Schulfach Physik zeigte einen signifikanten Effekt über die Zeit (Faktor) sowie einen signifikanten Effekt der Gruppenzugehörigkeit über die Zeit (Faktor\*Gruppe) (Tabelle 35). Für Lernende mit niedrigerem Fachinteresse war somit der Kompetenzzuwachs in der TG signifikant höher als in der KG.

**Tabelle 35.** Varianzanalyse; Kompetenz *Fachwissen E-Lehre* im TG-KG-Vergleich zu  $t_{prä}$  und  $t_{post}$  für die Subgruppe mit geringem Fachinteresse Physik.

	F-Wert	p	$\eta^2$
Faktor	F(1,50)=9.77	.003	.163
Faktor*Gruppe	F(1,50)=10.91	.002	.179
Gruppe	F(1,50)=0.11	.746	.002

#### 5.4.4.3 Treatment

Darüber hinaus wurde untersucht, ob sich innerhalb der TG bzw. der KG signifikante Unterschiede im Kompetenzerwerb zwischen den geringer am Fach interessierten und den stärker am Fach interessierten Lernenden zeigen. In Abbildung 24 sind die Kompetenzwerte bei unterschiedlichem Fachinteresse in der TG dargestellt. Tabelle 36 enthält die Ergebnisse der Varianzanalysen für die TG.



## Ergebnisse

Abbildung 24. Erreichte Punktzahl im Kompetenztest *Fachwissen E-Lehre* zu  $t_{\text{prä}}$  und  $t_{\text{post}}$  in der TG bei Lernenden mit unterschiedlichem Fachinteresse Physik.

Neben einem hoch signifikanten Effekt über die Zeit (Faktor) zeigte sich kein signifikanter Effekt zwischen den Gruppen über die Zeit (Faktor\*Gruppe). Für den Zuwachs der Kompetenz in der TG war es demnach nicht relevant, ob eine Zugehörigkeit zur Gruppe der geringer oder der stärker am Fach interessierten Lernenden bestand.

**Tabelle 36.** Varianzanalyse; Kompetenz *Fachwissen E-Lehre* zu  $t_{\text{prä}}$  und  $t_{\text{post}}$  im Vergleich der Subgruppen mit unterschiedlichem Fachinteresse Physik in der TG.

	F-Wert	p	$\eta^2$
Faktor	F(1,55)=16.05	<.001	.226
Faktor*Gruppe	F(1,55)=1.56	.217	.028
Gruppe	F(1,55)=3.44	.069	.059

### 5.4.4.4 Kontrolle

Für die KG sind die Kompetenzverläufe bei unterschiedlich hohem Fachinteresse in Abbildung 25 dargestellt. Tabelle 37 enthält die Ergebnisse der Varianzanalyse, geteilt nach Interessenausprägung.

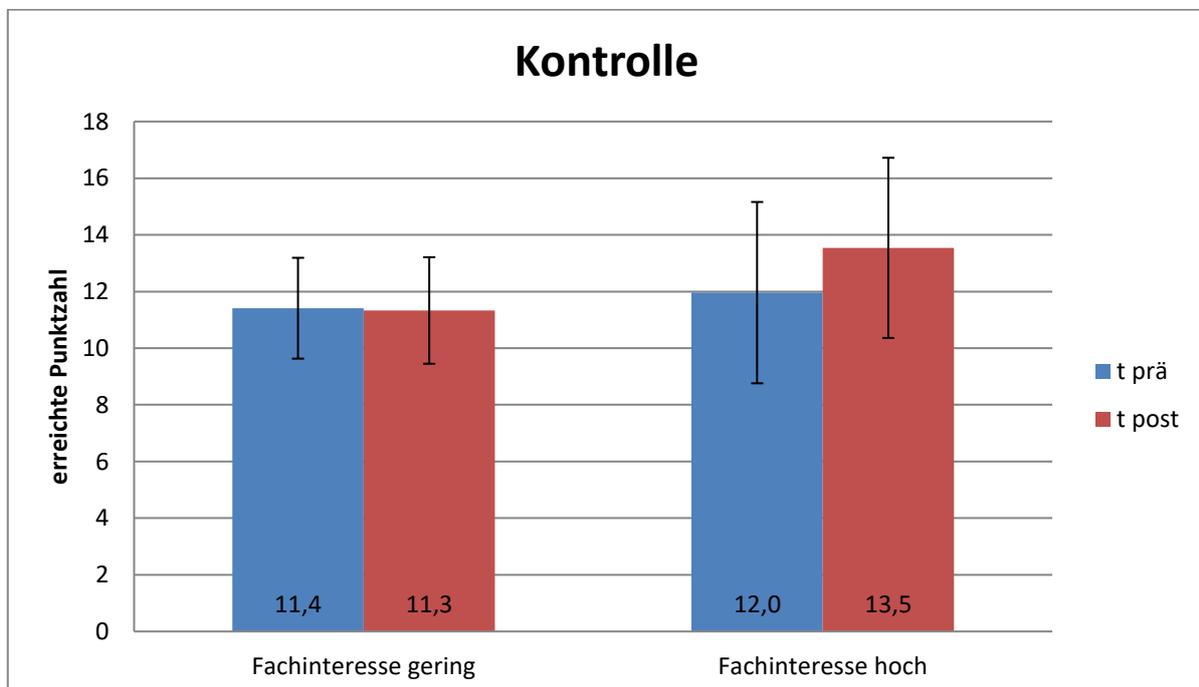


Abbildung 25. Erreichte Punktzahl im Kompetenztest *Fachwissen E-Lehre* zu  $t_{\text{prä}}$  und  $t_{\text{post}}$  in der KG bei Lernenden mit unterschiedlichem Fachinteresse Physik.

In der KG zeigte sich neben dem signifikanten zeitlichen Effekt (Faktor) auch sowohl ein signifikanter Effekt zwischen den Subgruppen über die Zeit (Faktor\*Gruppe) als auch ein signifikanter Effekt bzgl. der generellen Gruppenzugehörigkeit. Die Kompetenzveränderung war demnach zum einen in der KG für die Lernenden mit höherem Fachinteresse signifikant größer als für die Lernenden mit geringerem Fachinteresse, für die sich sogar eine leicht negative Veränderung der Kompetenz zeigte. Zum anderen blieben die Kompetenzwerte der Gruppe der weniger Interessierten unabhängig von der Intervention signifikant unter denen der Gruppe der höher Interessierten (Gruppe).

**Tabelle 37.** Varianzanalyse; Kompetenz *Fachwissen E-Lehre* zu  $t_{prä}$  und  $t_{post}$

im Vergleich der Subgruppen mit unterschiedlichem Fachinteresse Physik in der KG.

	F-Wert	p	$\eta^2$
Faktor	F(1,49)=4.03	.05	.076
Faktor*Gruppe	F(1,49)=4.86	.032	.09
Gruppe	F(1,49)=5.09	.029	.094

## 5.5 Interessenmerkmale im Treatment-Kontrollgruppen-Vergleich

### 5.5.1 Das situationale Interesse während der Unterrichtsreihe

In der Darstellung des zeitlichen Verlaufs des situationalen Interesses (Abbildung 26) ist erkennbar, dass dieses in der TG zu allen vier Messzeitpunkten innerhalb der Unterrichtsreihe (siehe dazu auch Tabelle 2) über dem der KG lag (deskriptive Daten im Anhang). Die Antwortskala war fünfstufig: 1-*gar nicht*; 2-*kaum*; 3-*etwas*; 4-*ziemlich*; 5-*sehr*.

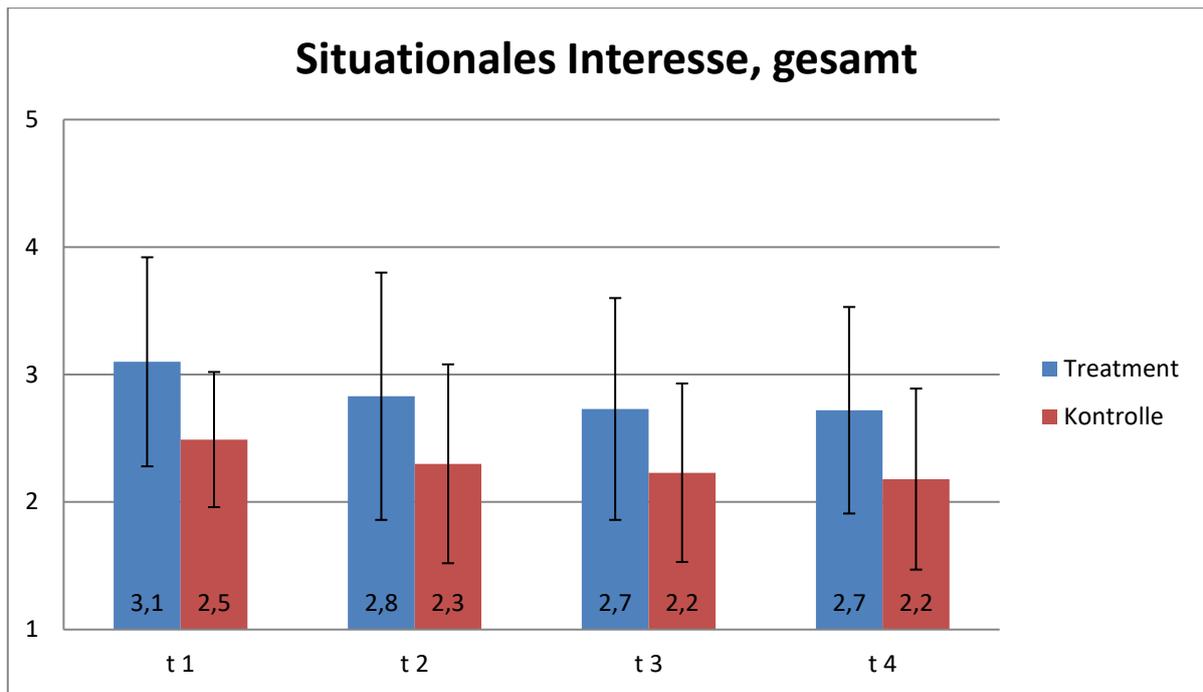


Abbildung 26. Zeitlicher Verlauf des situationalen Interesses (gesamt) über die vier Zeitpunkte im TG-KG-Vergleich.

Die Ergebnisse der varianzanalytischen Auswertung der Daten sind in der folgenden Tabelle (Tabelle 38) zu finden.

**Tabelle 38** Varianzanalyse; situationalles Interesse zu vier Zeitpunkten im TG-KG-Vergleich.

	F-Wert	p	$\eta^2$
Faktor	F(3,279)=9.84	<.001	.096
Faktor*Gruppe	F(3,279)=0.23	.873	.003
Gruppe	F(3,279)=16.06	<.001	.147

Die Werte zeigen sowohl im zeitlichen Verlauf (Faktor) als auch im nichtmesswiederholten Faktor (Gruppe) signifikante Effekte, d.h. sowohl das Absinken des situationalen Interesses über die Zeit als auch die Unterschiede des situationalen Interesses zwischen den beiden Gruppen wurden statistisch signifikant. Ein Effekt zwischen Faktor und Gruppe, also eine über die Zeit unterschiedliche Entwicklung des situationalen Interesses in den Gruppen war nicht erkennbar.

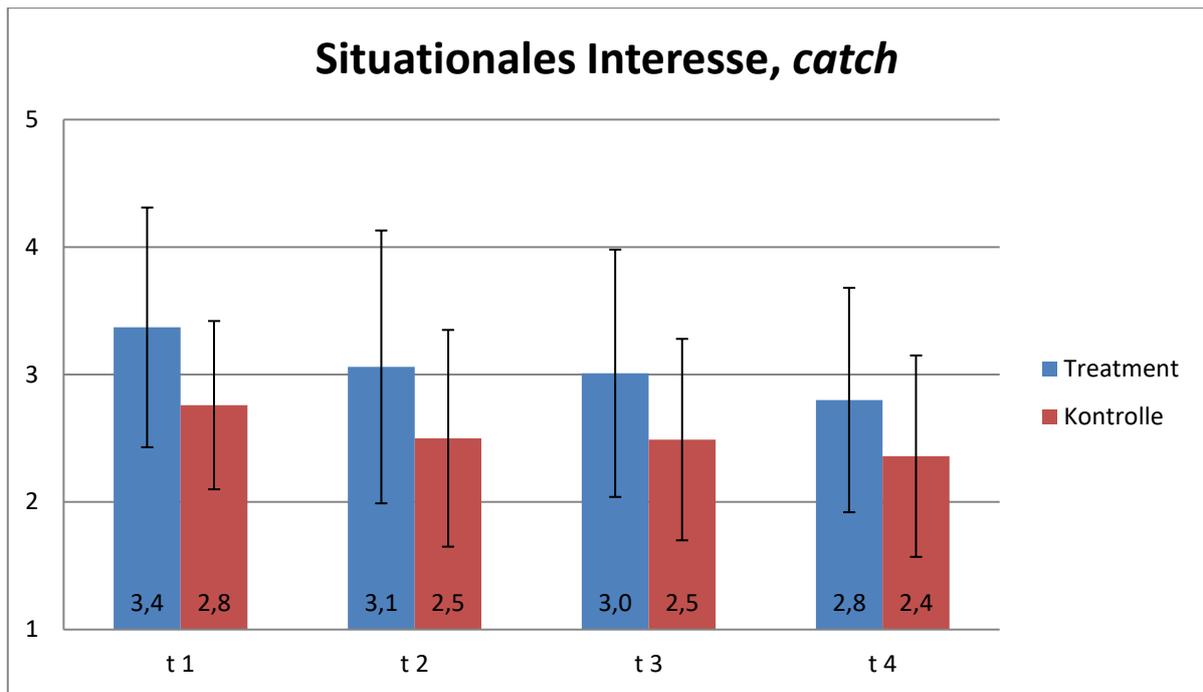


Abbildung 27. Zeitlicher Verlauf des situationalen Interesses (*catch*) über die vier Zeitpunkte im TG-KG-Vergleich.

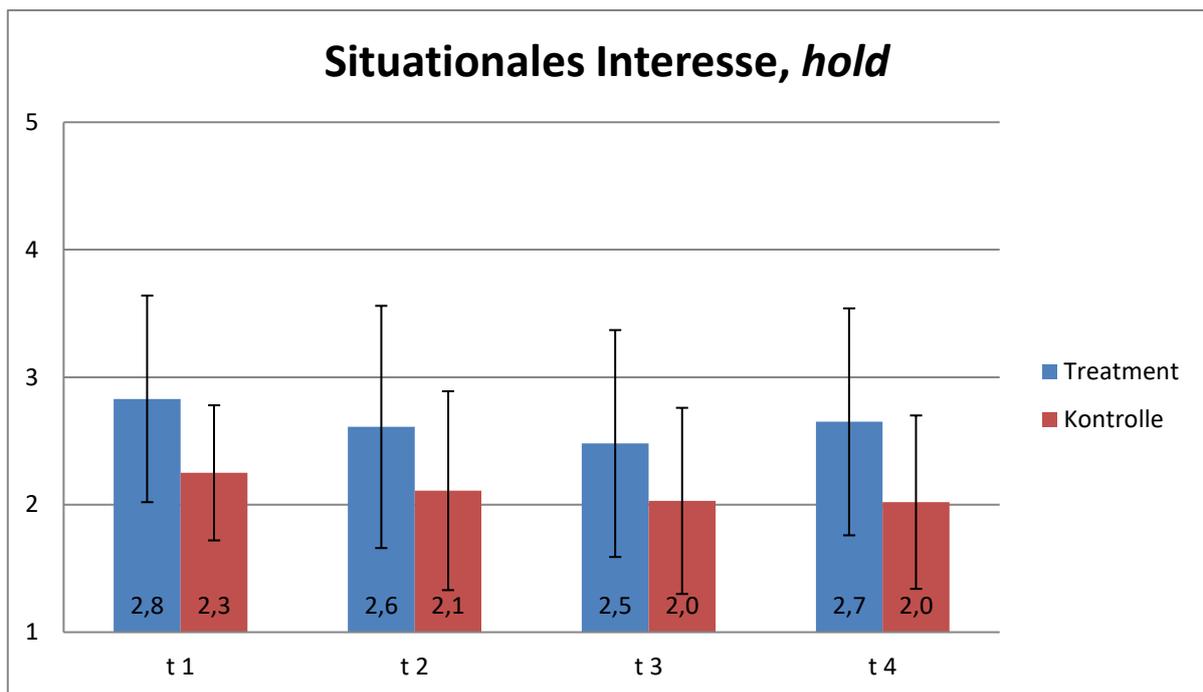


Abbildung 28. Zeitlicher Verlauf des situationalen Interesses (*hold*) über die vier Zeitpunkte im TG-KG-Vergleich.

Darüber hinaus wurde der Zusammenhang zwischen der Veränderung des situationalen Interesses von  $t_1$  zu  $t_4$  ( $\Delta$  sit. Interesse ( $t_4-t_1$ )) und dem Kompetenzerwerb untersucht. Dabei ergaben sich die in Tabelle 39 benannten Ergebnisse.

## Ergebnisse

Es zeigte sich ein signifikanter korrelativer Zusammenhang zwischen  $\Delta$  Kompetenz und  $\Delta$  sit. Interesse. Bei der differenzierten Untersuchung von TG und KG sowie der einzelnen Komponenten des situationalen Interesses wurde deutlich, dass dieser Zusammenhang nur in der TG beobachtbar war und dort für die Änderung der *hold*-Komponente des situationalen Interesses hoch signifikant wurde. Lernende in der TG zeigten also bei höherem Kompetenzzuwachs auch einen mit Blick auf die Gesamtstichprobe höheren Wert für die Änderung der *hold*-Komponente des situationalen Interesses zwischen  $t_1$  und  $t_4$ . Zu beachten ist hierbei, dass aufgrund des im Mittel sinkenden situationalen Interesses, also eines negativen  $\Delta \text{Int}_{\text{sit}}(t_4-t_1)$ , die Ergebnisse so gelesen werden müssen, dass innerhalb der TG die Lernenden, deren situationales Interesse (*hold*) anstieg oder nur gering sank, statistisch einen höheren Kompetenzzuwachs zeigten als diejenigen, deren situationales Interesse (*hold*) stärker absank. Dieser Zusammenhang zeigte sich in der TG in schwächerer Form auch mit dem Absolutwert der Kompetenz zu  $t_{\text{post}}$ . In der KG war weder zwischen der Änderung des situationalen Interesses und der Änderung der Kompetenz noch zwischen der Änderung des situationalen Interesses und dem Absolutwert der Kompetenz zu  $t_{\text{post}}$  ein Zusammenhang erkennbar.

Ein Zusammenhang zwischen der absoluten Höhe des situationalen Interesses zu den vier Zeitpunkten und den erreichten Kompetenzwerten am Ende der Intervention war in beiden Gruppen bzw. der Gesamtstichprobe nicht beobachtbar.

**Tabelle 39.** Korrelation zwischen Kompetenz (Komp.) zu  $t_{\text{post}}$ ,  $\Delta$  Kompetenz ( $t_{\text{post}}-t_{\text{prä}}$ ) und  $\Delta$  situationales Interesse ( $\text{Int}_{\text{sit}}$ ) ( $t_4-t_1$ ).

	TG	KG	Gesamtstichprobe
<i>Situationales Interesse</i>			
<i>gesamt</i>			
Korrelationskoeffizient $\Delta$ Komp & $\Delta\text{Int}_{\text{sit}}$ ( $t_4-t_1$ )	$r(49)=.357^*$	$r(42)=.001, p=.99$	$r(91)=.221^*$
Korrelationskoeffizient Komp. zu $t_{\text{post}}$ & $\Delta\text{Int}_{\text{sit}}$	$r(49)=.293^*$	$r(42)=.026, p=.87$	$r(91)=-.159, p=.13$
<i>catch-Komponente</i>			
Korrelationskoeffizient $\Delta$ Komp & $\Delta\text{Int}_{\text{sitcatch}}$ ( $t_4-t_1$ )	$r(49)=.263, p=.068$	$r(42)=-.148, p=.35$	$r(91)=.096, p=.37$
Korrelationskoeffizient Komp zu $t_{\text{post}}$ & $\Delta\text{Int}_{\text{sitcatch}}$	$r(49)=.169, p=.25$	$r(42)=-.034, p=.83$	$r(91)=-.075, p=.48$
<i>hold-Komponente</i>			
Korrelationskoeffizient $\Delta$ Komp & $\Delta\text{Int}_{\text{sithold}}$ ( $t_4-t_1$ )	$r(48)=.384^{**}$	$r(41)=.109, p=.50$	$r(91)=.284^{**}$
Korrelationskoeffizient Komp zu $t_{\text{post}}$ & $\Delta\text{Int}_{\text{sithold}}$	$r(48)=.353^*$	$r(41)=-.014, p=.93$	$r(91)=-.198, p=.063$

Signifikanzniveau: \*  $p<.05$ ; \*\*  $p<.01$ ; \*\*\*  $p<.001$

### 5.5.2 Interesse am Schulfach Physik und Informationsinteresse (Häufigkeit) an Physik in der Freizeit im Prä-Post-Vergleich

Um mögliche Veränderungen des Interesses am Schulfach Physik sowie des physikbezogenen Freizeitverhaltens über den Verlauf der Intervention abbilden zu können, wurden diese Merkmale zu den Messzeitpunkten  $t_{\text{prä}}$  und  $t_{\text{post}}$  erhoben. Im Folgenden werden die Ergebnisse in Abbildung 29 und Abbildung 30 dargestellt sowie die Ergebnisse der Varianzanalysen in Tabelle 40 und Tabelle 41 für die beiden Merkmale *Interesse am Schulfach Physik* (5-stufig von 1-*stimmt gar nicht* bis 5-*stimmt genau*) sowie *Informationsinteresse an Physik in der Freizeit* (5-stufig von 1-*nie* bis 5-*sehr häufig*) benannt.

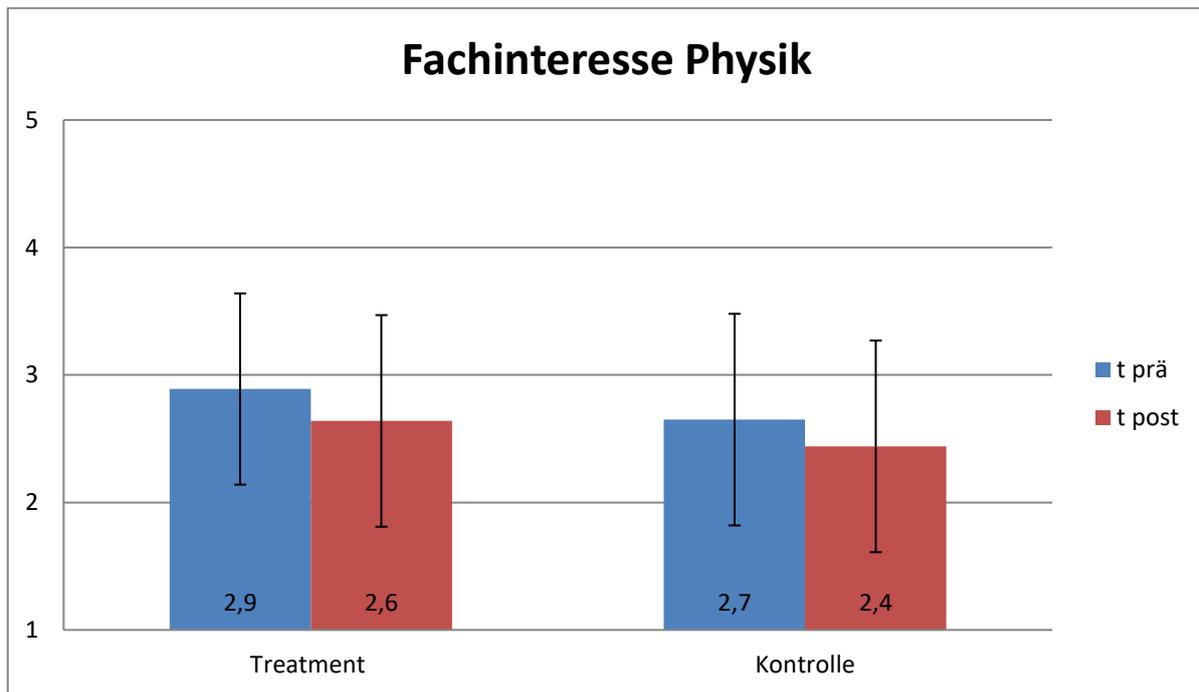


Abbildung 29. Interesses am Schulfach Physik im TG-KG-Vergleich, Veränderung von  $t_{\text{prä}}$  zu  $t_{\text{post}}$ .

**Tabelle 40.** Varianzanalyse; Interesses am Schulfach Physik im TG-KG-Vergleich zu  $t_{\text{prä}}$  und  $t_{\text{post}}$ .

	F-Wert	p	$\eta^2$
Faktor	F(1,104)=24.89	<.001	.193
Faktor*Gruppe	F(1,104)=0.09	.766	.001
Gruppe	F(1,104)=2.15	.145	.020

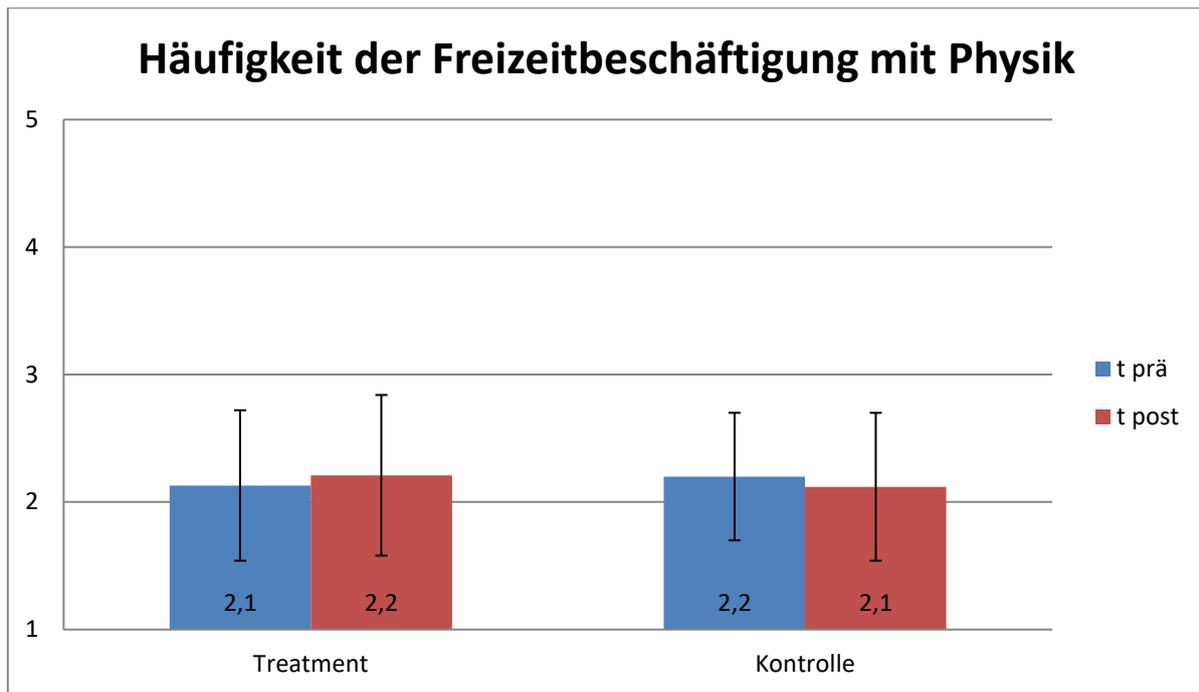


Abbildung 30. Häufigkeit der informierenden Freizeitbeschäftigung mit Physik im TG-KG-Vergleich, Veränderung von  $t_{prä}$  zu  $t_{post}$ .

Während die in Tabelle 40 benannten Ergebnisse der Varianzanalyse für das *Interesses am Schulfach Physik* im TG- KG-Vergleich lediglich einen hoch signifikanten Rückgang in beiden Gruppen zeigten, ist bei der Varianzanalyse für das *Informationsinteresse (Häufigkeit) an Physik in der Freizeit* im TG-KG-Vergleich (Tabelle 41) ein Effekt des Treatments (Faktor\*Gruppe) erkennbar, der im Fall der Annahme einer gerichteten Hypothese das doppelte Signifikanzniveau von  $2 \cdot .05$  erreicht. Die wahrgenommene Häufigkeit der *Freizeitbeschäftigung mit Physik* stieg hier in der TG an, während sie in der KG zurückging.

**Tabelle 41.** Varianzanalyse; Häufigkeit der informierenden Freizeitbeschäftigung mit Physik im TG-KG-Vergleich zu  $t_{prä}$  und  $t_{post}$ .

	F-Wert	p	$\eta^2$
Faktor	F(1,103)=0.03	.875	<.001
Faktor*Gruppe	F(1,103)=3.09	.082	.029
Gruppe	F(1,103)=0.01	.944	<.001

## 6 Diskussion

Die vorliegende Interventionsstudie hatte das Ziel, die Wirkung der Einbindung individueller Interessen Lernender in den Physikunterricht auf den Kompetenzerwerb sowie den Kompetenzeinsatz zu untersuchen. Hierfür wurde eine Unterrichtsreihe entwickelt, welche im Rahmen einer quasiexperimentellen Studie eingesetzt wurde. Ausgangspunkt der vorliegenden Arbeit war die theoretisch fundierte Annahme, dass die Einbindung individueller Interessen der Lernenden in den Physikunterricht eine Wirksamkeit auf den Lernprozess im Sinne einer positiven Unterstützung des Kompetenzerwerbs sowie des Kompetenzeinsatzes zeigt. Dabei wurde eine durch die Interesseneinbindung initiierte Verstärkung situationalen Interesses im Unterricht erwartet. Über das Merkmal der Interesseneinbindung hinaus wurden unterrichtsmethodische Unterschiede zwischen Treatment- und Kontrollgruppe minimiert, um die schwer kontrollierbaren Einflüsse unterschiedlicher Unterrichtsmethoden möglichst gering zu halten. Inhaltlich beschäftigten sich die Lernenden in beiden Gruppen mit dem Themengebiet *Halbleiter*, welches grundlegend auf das bereits im Vorfeld der Unterrichtsreihe erworbene Wissen im untersuchten Kompetenzbereich *Fachwissen Elektrizitätslehre* aufbaute. Aufgrund der sehr kleinen Unterschiede zwischen Treatment- und Kontrollgruppe, sowohl in der inhaltlichen als auch in der methodischen Gestaltung des Unterrichts, musste eine geringe Effektstärke des erwarteten Treatmenteffektes im Kompetenzzuwachs angenommen werden.

Die Ergebnisse der empirischen Überprüfung des Interventionsverlaufs zeigen, dass im Rahmen der entwickelten Unterrichtsreihe der in beiden Gruppen erwünschte Zuwachs an Wissen zum ausgewählten Themengebiet *Halbleiter* zu erkennen ist. Es ist darüber hinaus in beiden Gruppen ein signifikanter Zuwachs an Kompetenz im Bereich *Fachwissen Elektrizitätslehre* erkennbar. Diese Ergebnisse bestätigen die generelle Wirksamkeit der entwickelten Unterrichtsreihe als Lehrgang im Physikunterricht und stärken somit die *externe Validität* der Studie. Die Ergebnisse des Treatmentchecks zeigen, dass es im Rahmen der Intervention gelungen ist, den Bezug zu den Interessen der Lernenden herzustellen und dass dieser in der Treatmentgruppe stärker wahrgenommen wurde als in der Kontrollgruppe. Dieses Ergebnis wird zugunsten der *internen Validität* der Studie interpretiert. Es wird also davon ausgegangen, dass die Intervention in intendierter Form wirksam werden konnte und die Ergebnisse entsprechend der Forschungshypothesen interpretiert werden können.

In der Überprüfung der gezeigten Kompetenzunterschiede im Bereich *Fachwissen Elektrizitätslehre* über den Zeitraum der Intervention und im Vergleich zwischen Treatment- und Kontrollgruppe (Haupteffekt), zeigte sich ein signifikanter Effekt geringer Effektstärke im Sinne der Forschungshypothese: Die Treatmentgruppe erreichte im Vergleich zur Kontrollgruppe einen signifikant höheren Kompetenzwert am Ende der Intervention. Im Folgenden werden die in Kapitel 5 dargestellten Ergebnisse der Studie diskutiert, interpretiert und in den Forschungskontext eingeordnet.

## 6.1 Kompetenzerwerb im Treatment-Kontrollgruppen-Vergleich

### Diskussion zu Forschungsfrage 1

Die in 5.1 gezeigten Ergebnisse bestätigen die Forschungshypothese 1 (S. 92), dass die Unterrichtsreihe in beiden Gruppen den Erwerb sowie den Einsatz der Kompetenzen im übergeordneten Fachwissensbereich *Elektrizitätslehre* förderte. Dazu erreichte die Treatmentgruppe am Ende der Intervention einen im Vergleich zur Kontrollgruppe signifikant höheren Kompetenzwert, der sich insbesondere im Bereich höherer Komplexitätslevel innerhalb des Kompetenzbereiches *Fachwissen Elektrizitätslehre* zeigte. Die erzielten Kompetenzergebnisse wurden in der Analyse unterteilt in Aufgaben der Komplexität eins und zwei, welche lediglich Faktenwissen erforderten, und Aufgaben höherer Komplexität, welche nur durch die zusätzliche Anwendung von Zusammenhängen und übergeordneten Konzepten gelöst werden konnten (Kauertz et al., 2010; Neumann et al., 2007; siehe auch *Abschnitt 2.2.7*).

Die Ergebnisse der Hauptfragestellung werden entsprechend der theoretischen Befundlage dahingehend interpretiert, dass es im Rahmen der vorliegenden Studie gelungen ist, die positiven Merkmale des interesselgeleiteten Handelns im Unterricht lernwirksam werden zu lassen, indem individuelle, auch fachfremde Interessenbezüge zum Lerngegenstand im Rahmen der speziellen Unterrichtskonzeption in den Unterricht integriert wurden. Wie in *Kapitel 2* dargestellt, gilt ausgehend von der pädagogischen Theorie des Interesses (Krapp, 1992b; siehe auch *Abschnitt 2.1.2*) die Auseinandersetzung mit interessierenden Gegenständen als günstige motivationale Voraussetzung für den Lernprozess, da positives emotionales Erleben und Erinnern, die Wahrnehmung einer Sinnhaftigkeit der Gegenstandsauseinandersetzung sowie eine bereits vorhandene kognitive Repräsentation des Interessengegenstandes Lernprozesse positiv unterstützen. Die Aspekte des Kompetenzerlebens und des erlebten selbstbestimmten Handelns im Zusammenhang mit dem Interessengegenstand unterstützen zusätzlich das unterrichtliche Handeln motivational. Die in *Abschnitt 2.2.1* diskutierte aufeinander aufbauende Architektur der Fachkompetenzen in den unterrichtlichen Curricula (Aufschnaiter, v. & Rogge, 2010; Neumann et al., 2007) erklärt die Wirksamkeit des Einsatzes vorhandener Kompetenzen, verbunden mit Kompetenzerleben, für den weiteren Kompetenzaufbau.

Beim interessierten Lernen wird eine Vernetzung verschiedener Kompetenzfacetten angenommen, da hier handlungsorientierte, emotionale und kognitive Bereiche ineinandergreifen und mit positiven selbstbezogenen Überzeugungen verbunden werden. Diese Vernetzungen wirken sich förderlich insbesondere für den Aufbau komplexerer Wissensbestände aus (siehe *Abschnitt 2.2.1*, Franke, 2005). In der vorliegenden Studie wurden im Rahmen der Intervention individuell interessierende fachfremde Gegenstandsbereiche als Kontextfelder mit dem Unterrichtsthema *Halbleiter* in Beziehung gesetzt und verbindend bearbeitet. Dabei wurde davon ausgegangen, dass die Anwendung fachspezifischer Kompetenzbereiche zur Erweiterung des Wissens über den fachfremden Interessengegenstand den Erwerb

und den Einsatz von Fachkompetenz fördert und eine Übertragung der positiven Wirkung des individuellen Interessenhandelns und -lernens in den Fachunterricht erreicht wird. Das Anwendungsfeld der Kompetenzen aus dem Bereich Fachwissen *Elektrizitätslehre* wird somit in die individuellen Interessenbereiche hinein erweitert. Aufgrund theoretischer Vorüberlegungen wurde angenommen, dass eine solche Übertragung von Kompetenzenanwendungen in fachfremde Bereiche insbesondere den Einsatz und die Herausbildung höherer Komplexitätslevel der eingesetzten Kompetenzen erfordert und befördert, da sie von vornherein den Bereich einfacher fachspezifischer Fakten verlässt (Aufschnaiter & Welzel, 1997; Kauertz et al., 2010; Neumann et al., 2007; siehe auch *Abschnitte 2.2.7* sowie *2.3.1.2*). Durch die selektive Erfassung der Kompetenz in Bereichen unterschiedlicher Aufgabenkomplexität konnte diese theoretisch begründete Annahme empirisch bestätigt werden.

In Anlehnung an die Erkenntnisse aus dem Bereich der Lesekompetenz (Schiefele & Krapp, 1996; siehe auch *Abschnitt 2.1.2.8*) wird angenommen, dass die angestrebte Erweiterung des Wissens (Wissensdurst) über den (fachfremden) Interessengegenstand zu der gezeigten elaborierteren Anwendung vorhandener Fachkompetenzen - hier im Bereich *Elektrizitätslehre* - führte. Dabei kann die in den Studien zur Lesekompetenz im Zusammenhang mit dem Interesse beobachtete höhere Aufmerksamkeit beim Kompetenzeinsatz als ein positiver Wirkmechanismus vermutet werden. Diese Aspekte werden auch im Rahmen der Diskussion der Ergebnisse zum situationalen Interesse im *Abschnitt 6.3.1* weiter ausgeführt.

## **6.2 Zusammenhang zwischen erreichter Kompetenz und Merkmalen der Lernenden**

### Diskussion zu Forschungsfrage 2

Die im Rahmen der Bearbeitung von Forschungsfrage 2 (S. 92) getroffene Auswahl an Merkmalen der Lernenden, welche hinsichtlich ihres Zusammenhangs mit der gezeigten Kompetenz am Ende der Intervention in der vorliegenden Stichprobe untersucht wurden, erfolgte theoriegeleitet. Unterschiedliche Studien zeigen (Möller, Trautwein, 2015; Schiefele, Krapp & Schreyer, 1993; siehe auch *Abschnitte 2.1.3.3* sowie *2.1.3.4*), dass das Interesse an einem Schulfach, der Leistungsstand in diesem Schulfach und das fachliche Fähigkeitsselbstkonzept in diesem Bereich sich wechselseitig beeinflussen. Lernende, bei denen die Ausprägungen dieser Merkmale in einem Schulfach günstig sind, zeigen häufig auch in ihrer weiteren Entwicklung größere Lernerfolge in diesem Fach, was wiederum auf die Interessenausprägung und das Selbstkonzept zurückwirken kann. Umgekehrt gilt für Lernende mit ungünstigeren Lernvoraussetzungen in den besagten Bereichen häufig, dass neben geringem Interesse am Fach und einem schwächeren Leistungsstand entsprechend auch das fachliche Selbstkonzept schwächer ausgeprägt ist, was ihre zukünftigen Lernerfolge negativ beeinflusst: Ein ungünstiger Wirkungszusammenhang (siehe dazu auch *Abschnitte 2.1.3.3* sowie *2.1.3.4*). Die vorliegende Studie verfolgte mit der

Idee der Integration individueller, auch fachfremder Interessen in den Fachunterricht Physik das Ziel, im Sinne der oben aufgezeigten Zusammenhänge bestehende positive Wirkmechanismen im Bereich der Interessenfelder im Fachunterricht Physik zu aktivieren. Dabei können günstigere Lernvoraussetzungen aus den Fächerdomänen der Interessenfelder wie positivere Leistungserfahrungen und ein stärkeres Fähigkeitsselbstkonzept in ihrer unterstützenden Wirkung auf den Lernerfolg in den Fachunterricht Physik einfließen.

Die in 5.2 benannten Ergebnisse zeigen, dass zwischen den Merkmalen *Vorwissen zum Themengebiet Halbleiter, Leistungs- und Kompetenzstand im Schulfach Physik, Fähigkeitsselbstkonzept im Schulfach Physik* und *Interesse am Schulfach Physik* einerseits und den am Ende der Unterrichtsreihe erreichten Kompetenzwerten andererseits innerhalb der Kontrollgruppe mittlere bis starke korrelative Zusammenhänge erkennbar sind. Diese Zusammenhänge entsprechen den mit Blick auf den Forschungsstand in der Grundgesamtheit erwartbaren Ergebnissen (siehe dazu auch *Abschnitte 2.1.3.3* sowie *2.1.3.4*). Zu beachten ist aber, dass die Treatmentgruppe in der vorliegenden Studie diese Zusammenhänge nicht aufweist: Hier zeigen sich mit keinem der Merkmale *Interesse am Schulfach Physik, Leistungs- und Kompetenzstand im Schulfach Physik, Vorwissen zum Themengebiet Halbleiter* und *Fähigkeitsselbstkonzept im Schulfach Physik* korrelative Zusammenhänge mit dem untersuchten Kompetenzzuwachs. Diese Ergebnisse bestätigen, dass eine an individuellen, auch fachfremden Interessen orientierte Unterrichtsgestaltung den Einfluss fachspezifischer Lernvoraussetzungen auf den Kompetenzerwerb verändert (Hypothese 2). Sie werden dahingehend interpretiert, dass durch die Intervention innerhalb der Treatmentgruppe Lernprozesse in der Weise beeinflusst werden konnten, dass positive Lernvoraussetzungen anderer Fächerdomänen (im Interessenfeld) sowie die günstigen Bedingungen des Interessenhandelns die starken fachspezifischen Wirkzusammenhänge aufweichten.

Zur Darstellung des Zusammenhangs zwischen den benannten Merkmalen und dem erreichten Kompetenzergebnis wird in 5.3 ein Regressionsmodell vorgestellt, dessen Modellgüte folgerichtig für Treatment- und Kontrollgruppe unterschiedlich angenommen werden musste. In der Kontrollgruppe zeigt sich eine im Forschungskontext der vorliegenden Studie hohe Modellgüte von  $R^2=0.48$ , was aufgrund der (in 5.2 benannten) mittleren bis starken korrelativen Zusammenhänge der Prädiktorvariablen mit dem Kompetenzerwerb in der Kontrollgruppe erwartbar war. Für die Treatmentgruppe erreicht das theoriegeleitet auch hier angesetzt Regressionsmodell nur eine Varianzaufklärung von  $R^2=0.035$ . Ein Gesamtmodell, welches durch die Aufnahme von Interaktionstermen im Regressionsmodell eine Berücksichtigung der zwischen den Gruppen unterschiedlichen Einflussnahme der Prädiktor-Variablen auf den Kompetenzwert am Ende der Unterrichtsreihe ermöglicht, ist für die Analyse der vorliegenden Ergebnisse nicht geeignet. Das wird im Folgenden begründet: Die vorliegenden Ergebnisse ermöglichen es, die im Rahmen der Kontrollgruppe erkennbaren und theoretisch begründbaren Zusammenhänge zwischen fachspezifischen Lernvoraussetzungen und dem Kompetenzerwerb in einem

Regressionsmodell mit hoher Varianzaufklärung zusammenzufassen. Innerhalb der Treatmentgruppe lagen aber *keine* korrelativen Zusammenhänge zwischen den Prädiktorvariablen und dem Kompetenzergebnis am Ende der Intervention vor, was eine erwartbar geringe Varianzaufklärung des Modells für die Treatmentgruppe zur Folge hatte. Die Güte eines Regressionsmodells basiert aber auf der Stärke der vorliegenden Zusammenhangsmaße. Es ist erkennbar, dass zur Aufklärung des erreichten Kompetenzwertes am Ende der Intervention in der Treatmentgruppe andere Prädiktorvariablen zur Beschreibung notwendig sind. Ein Regressionsmodell, welches für die gesamte Stichprobe eine aussagekräftige Varianzaufklärung bringt, müsste somit zusätzliche Prädiktorvariablen enthalten, welche zur Aufklärung des Kompetenzerwerbs innerhalb der Treatmentgruppe beitragen und neben den benannten Prädiktoren zusätzlich in das Regressionsmodell einfließen, in je unterschiedlicher Wichtung für die beiden Gruppen. Die Ermittlung entsprechender Prädiktoren erfordert weiterführende Forschungen, welche relevante Erklärungsvariablen für den Kompetenzerwerb in der Treatmentgruppe aufdecken.

Zur differenziellen Analyse der Zusammenhänge und im Sinne der Veranschaulichung der Zusammenhangsmaße wurden die Gruppenunterschiede in 5.4 durch die Bildung von Subgruppen genauer untersucht. Hierfür wurde durch die Bildung je zweier Subgruppen bzgl. der kontinuierlich in der Stichprobe verteilten Merkmale eine Dimensionsreduzierung vorgenommen, welche die Aussagekraft des Datensatzes reduziert und somit insbesondere bei Mittenteilung der Stichprobe Überinterpretationen von Wirkzusammenhängen zur Folge haben kann (siehe dazu auch die Diskussion der Methode im *Abschnitt 4.5.4*, sowie Richter, 2007). Die Subgruppen sind daher immer in zweierlei Hinsicht, nämlich bezüglich ihrer innerhalb der Subgruppen bestehenden Treatment-Kontrollgruppen-Unterschiede sowie innerhalb der Treatment- bzw. der Kontrollgruppe bzgl. ihrer Subgruppenunterschiede, untersucht worden. Die Zusammenhangsmaße der ausgewählten Variablen bewirken dazu eine Überschneidung der jeweiligen Effekte in den Subgruppen. Es wurden deshalb im *Abschnitt 4.4.3* die Eigenschaften der jeweiligen Subgruppen detailliert vorgestellt. Die Subgruppenanalysen sind demzufolge in Korrespondenz mit den in 5.2 benannten Zusammenhangswerten und zur Veranschaulichung dieser zu betrachten.

Die Subgruppenanalysen zu den einzelnen Prädiktoren zeigen innerhalb der Kontrollgruppe die theoretisch bestätigten und durch die vorhandenen Korrelationen bereits gezeigten Zusammenhänge, dass Lernende mit ungünstigeren Merkmalsausprägungen (geringes Fachinteresse, geringer Leistungsstand, geringes Vorwissen, geringes Fähigkeitsselbstkonzept) hier signifikant schlechtere Kompetenzwerte erreichten, als die Lernenden mit günstigerer Merkmalsausprägung. Innerhalb der Treatmentgruppe zeigte sich hingegen, dass je beide Merkmalsausprägungen einen nicht signifikant unterscheidbaren hohen Kompetenzzuwachs erreichten. Es war also insbesondere für Lernende mit ungünstigeren fachspezifischen Lernvoraussetzungen kompetenzfördernd, wenn im Fachunterricht

Physik auch auf individuelle, fachfremde Interessenbereiche Bezug genommen wurde. Lernende mit günstigeren fachspezifischen Lernvoraussetzungen zeigten unabhängig von der Bezugnahme auf fachfremde Interessen, also in Treatment- und Kontrollgruppe gleichermaßen, einen hohen Kompetenzzuwachs. Dabei kann die kompetenzfördernde Wirkung des Treatments über die untersuchten Merkmale der fachspezifischen Lernvoraussetzungen nicht erklärt werden. Die Ergebnisse zeigen aber, dass es im Rahmen einer Integration individueller, auch fachfremder Interessen in den Physikunterricht gelingen kann, die ungünstigen Wirkzusammenhänge auf die Weiterentwicklung im Fach bei gegebenem geringem Fachinteresse, geringem Fähigkeitsselbstkonzept im Fach, geringer Leistung sowie geringem Vorwissen aufzubrechen.

Wie in *Abschnitt 4.6* erläutert, erfolgten die vorgelegten differentiellen Merkmalsanalysen auf Grundlage des im Rahmen der Hauptfragestellung erhobenen Datensatzes und sind insofern als Post-Hoc-Analysen zu verstehen. Im Rahmen der vorliegenden Studie geben sie Hinweise zu möglichen Wirkungszusammenhängen zwischen Merkmalen der Lernenden und dem Kompetenzerwerb. Damit dienen sie der Diskussion der Hauptfragestellung und der Interpretation der Ergebnisse. Die aus den Post-Hoc-Analysen erkennbaren Zusammenhänge zwischen Lernvoraussetzungen und Kompetenzerwerb beim interessenbezogenen Lernen sollten in nachfolgenden, mit entsprechendem Forschungsanliegen konzipierten, Studien einer Prüfung unterzogen werden.

Zu Beginn der Intervention lagen in der Stichprobe Gruppenunterschiede in den Merkmalen *Leistungsstand*, *Kompetenz im Bereich Fachwissen Elektrizitätslehre* und *Vorwissen zum Themengebiet Halbleiter* zugunsten der Kontrollgruppe vor. Darüber hinaus zeigten sich, wie bereits diskutiert, innerhalb der Kontrollgruppe deutliche Zusammenhänge zwischen diesen Merkmalen und dem Kompetenzergebnis am Ende der Unterrichtsreihe. Daher kann angenommen werden, dass diese bestehenden Unterschiede in der vorliegenden Studie den Kompetenzerwerb in der Kontrollgruppe positiv unterstützten und somit bei gleicher Merkmalsausprägung in Treatment- und Kontrollgruppe zu Beginn der Unterrichtsreihe eine noch höhere Effektstärke des Treatmenteffekts (Haupteffekt) zu erwarten wäre.

## **6.3 Veränderungen in den Interessenmerkmalen der Stichprobe im Verlauf der Unterrichtsreihe**

### **6.3.1 Einfluss der Interessenorientierung auf das situationale Interesse während der Unterrichtsreihe**

Diskussion zu Forschungsfrage 3.1

In der vorliegenden Studie ist über den gesamten Interventionszeitraum ein höheres *situationales Interesse im Unterricht* in der Treatmentgruppe gegenüber der Kontrollgruppe erkennbar. Damit kann die Forschungshypothese 3.1 (S. 93) bestätigt werden. Das höhere situationale Interesse kann

unterschiedlich ausgelöst werden und wird hier auf die Einbindung individueller Interessen der Lernenden in den Unterricht zurückgeführt. Somit kann vom Auftreten aktualisierten Interesses (Krapp, 1992b; siehe auch *Abschnitt 2.1.2.5*) gesprochen werden. Dies lässt sich auch über die Beachtung der im Treatmentcheck (siehe *Abschnitt 4.5.1*) erfragten wahrgenommenen Einbeziehung individueller Interessen in den Unterricht argumentieren, welche in der Treatmentgruppe positiver als in der Kontrollgruppe ausfiel. Darüber hinaus weisen Rotgans und Schmidt (2014) darauf hin, dass ein geringeres thematisches Vorwissen, wie es hier in der Treatmentgruppe gegenüber der Kontrollgruppe vorliegt, vermittelt über epistemische Anteile des Interesses zu einer höheren Ausprägung des situationalen Interesses führen kann. Ausgeschlossen werden kann, dass das höhere situationale Interesse innerhalb der Treatmentgruppe auf unterrichtsmethodische Aspekte zurückzuführen ist, da eine starke Parallelisierung der eingesetzten Methoden wie geplant umgesetzt wurde. Über die vier Zeitpunkte sinkt das situationale Interesse in beiden Gruppen ab. Diese abfallende Tendenz des situationalen Interesses im Laufe des Wissenserwerbs zu einem Themengebiet entspricht den Ergebnissen anderer Forschergruppen (Rotgans & Schmidt, 2014). Die Untersuchung der beiden Teilkomponenten des situationalen Interesses (*catch/hold*) ergab, dass sich in beiden Komponenten im Wesentlichen die gleiche Charakteristik wie für das Gesamtkonstrukt zeigt, wobei für die *catch*-Komponente über den gesamten Zeitraum und in beiden Gruppen eine höhere Ausprägung besteht. Beide Teilkomponenten weisen wie in anderen Studien (Willems, 2011; Knogler et al., 2015) hohe Korrelationskoeffizienten miteinander auf. Zum letzten Messzeitpunkt (vor der Klassenarbeit) zeigt sich in der Treatmentgruppe aber ein Anstieg der *hold*-Komponente. Dieser kann auf ein beginnendes individuelles Interesse im Bereich der behandelten Lerngegenstände hinweisen (Rotgans & Schmidt, 2017c).

Diskussion zu Forschungsfrage 3.2:

Für die Interpretation des Interventionseffekts ist die Frage von Bedeutung, ob für das einzelne Individuum die Ausprägung des situationalen Interesses im Unterricht einen Zusammenhang mit dem erreichten Kompetenzwert am Ende der Unterrichtsreihe zeigt (S. 94). Ein korrelativer Zusammenhang zwischen der absoluten Ausprägung des situationalen Interesses und dem erreichten Kompetenzwert zu  $t_{\text{post}}$  lässt sich in der vorliegenden Studie nicht erkennen. Für die Treatmentgruppe lassen sich aber Korrelationen zwischen der Veränderung der *hold*-Komponente des situationalen Interesses von  $t_1$  zu  $t_4$  und der Änderung der Kompetenz von  $t_{\text{prä}}$  zu  $t_{\text{post}}$  bzw. der absoluten Höhe der Kompetenz zu  $t_{\text{post}}$  aufzeigen. Aufgrund des insgesamt absinkenden situationalen Interesses sind die Ergebnisse wie folgt zu interpretieren: Innerhalb der Treatmentgruppe zeigen Lernende, deren *hold*-Komponente des situationalen Interesse im Laufe der Unterrichtsreihe nur wenig absank oder gar anstieg, einen höheren Kompetenzzuwachs bzw. höhere Absolutwerte der Kompetenz am Ende der Unterrichtsreihe als Lernende, deren situationales Interesse (*hold*) im Laufe der Unterrichtsreihe stärker absank. Diese

Ergebnisse werden dahingehend interpretiert, dass das Aufrechterhalten der *hold*-Komponente des situationalen Interesses den Prozess des Kompetenzerwerbs positiv unterstützt und dadurch ein höherer Kompetenzzuwachs erreicht werden konnte. Im Zusammenhang mit geringer absinkendem situationalen Interesse sind die positiven Merkmale des Interesseshandelns (Krapp, 1992b; siehe auch *Abschnitte 2.1.2.2* sowie *2.1.2.3*) als günstigere volitionale, motivationale sowie soziale Bedingungen beim Einsatz der Kompetenz (Weinert, 2001) interpretierbar und können so im Bereich der Performanz eine günstigere Kompetenzausprägung unterstützen. Die positive Wirkung situationalen Interesses auf den Lernerfolg zeigt sich auch bei Rotgans und Schmidt (2017b). Dem Phänomen des *Wissensdurstes*, welches sich in Teilaspekten der *hold*-Komponente abbildet, kommt dabei sowohl für die Aufrechterhaltung des situationalen Interesses (Rotgans & Schmidt, 2014) als auch für die Weiterentwicklung von Kompetenzen (Franke, 2005; siehe auch *Abschnitt 2.2.1*) eine besondere Bedeutung zu. Im *Wissensdurst* zeigt sich auch der Wert des zu Lernenden für das Individuum und beeinflusst die Handlungssteuerung beim Kompetenzerwerb (Prenzel, Krapp & Schiefele, 1986; siehe *Abschnitt 2.1.2.4*). Während der Zuwachs an Kompetenz in der Kontrollgruppe wie bereits dargestellt (*Abschnitt 6.2*) in starkem Zusammenhang mit den Lernvoraussetzungen im Fach Physik (Leistungsstand, Kompetenzwert zu  $t_{prä}$ , thematisches Vorwissen, Fähigkeitsselbstkonzept, Interesse am Fach) stand, zeigten sich in dieser Gruppe keine Zusammenhänge mit dem situationalen Interesse. In der Treatmentgruppe hingegen korrelieren der erreichte Kompetenzwert sowie die Kompetenzänderung mit den beschriebenen Aspekten des situationalen Interesses, während sich hier die Lernvoraussetzungen nicht zur Vorhersage des erreichten Kompetenzergebnisses eigneten. Damit ist anzunehmen, dass der Erhalt des situationalen Interesses hier zur Aufklärung des Kompetenzerwerbs im Treatment einen Beitrag leisten kann. Aus dem Bereich der Lesekompetenz (Schiefele & Krapp, 1996) wird eine erhöhte Aufmerksamkeit als situationales Merkmal beim Lesen interessierender Texte berichtet. Dieser Aspekt wird aber eher im Bereich der *catch*-Komponente des situationalen Interesses abgebildet und kann daher hier nicht als Ursache des korrelativen Zusammenhangs interpretiert werden.

### 6.3.2 Entwicklung des Interesses am Schulfach Physik

Diskussion zu Forschungsfrage 3.3:

In der Auswertung der Daten des Interesses am Schulfach Physik zeigt sich über die Dauer der Unterrichtsreihe in beiden Gruppen eine signifikante Abnahme. Über die Zeit ist somit keine positive Veränderung des Interesses am Schulfach Physik beobachtbar. Die Forschungshypothese 3.3 (S. 94) kann damit auf Grundlage des vorliegenden Datensatzes nicht bestätigt werden. Die kompetenzfördernde Wirkung der Interventionsmaßnahme ist im Rahmen dieser Studie nicht über einen Zuwachs an Fachinteresse erklärbar. Auch eine zeitgleiche Wirkung der Kompetenzsteigerung auf das Interesse am Fach konnte somit nicht beobachtet werden. Rotgans und Schmidt (2017c) konnten zeigen, dass

situationales Interesse (im Fach) sich positiv auf die Entwicklung individuellen (Fach-)Interesses auswirken kann. Somit stellt das über den gesamten Interventionszeitraum höhere situationale Interesse der Treatmentgruppe gegenüber der Kontrollgruppe eine günstige Ausgangsbedingungen zur Entwicklung individuellen (Fach-)Interesses dar. Eine entsprechende Veränderung lässt sich aber im zeitlichen Horizont der vorliegenden Studie nicht erkennen. Dieses Ergebnis kann in verschiedener Hinsicht interpretiert werden. Zum einen wird das erhöhte situationale Interesse während des Unterrichts in der Treatmentgruppe nicht in erster Linie auf fachspezifische Aspekte zurückgeführt, sondern eher auf die Integration fachfremder interessierender Gegenstandsbereiche in den Fachunterricht. Ein so verursachtes situationales Interesse wird von den Lernenden möglicherweise nur bei langfristigem Erleben im Physikunterricht mit fachspezifischen Gegenstandsfeldern verbunden. Zum anderen ist zu beachten, dass der zweite Befragungszeitpunkt ( $t_{\text{post}}$ ) für das Interesse am Schulfach Physik für ungleiche Teile der Lernenden beider Gruppen (3 TG, 2 KG) kurz vor den Oster- bzw. Sommerferien lag. Dass dieser Zeitpunkt auf die Aussagen der Lernenden zu schulfachbezogenen Interessen einen möglicherweise defokussierenden Einfluss hatte, kann aus praktischen Erfahrungen heraus angenommen werden.

Die Erfragung der Häufigkeit der informellen Freizeitbeschäftigung mit Physik ergab einen, bei Annahme einer gerichteten Hypothese signifikanten Unterschied zwischen den Gruppen zugunsten der Treatmentgruppe, wobei die Treatmentgruppe einen Anstieg aufweist. Dieser Effekt kann als eine veränderte Wahrnehmung der Häufigkeit des Vorkommens physikalischer Fragestellungen in der Freizeit interpretiert werden, welche durch die im Unterricht thematisierte Beziehung zwischen Freizeitaktivitäten und Unterrichtsinhalten ausgelöst sein kann. Darüber hinaus ist aber auch ein im Zusammenhang mit den Aktivitäten in der Projektphase tatsächlich stärkeres außerunterrichtliches Engagement für den Physikunterricht denkbar. Es wird angenommen, dass eine stärkere lebensweltliche Verankerung der Physik im Freizeitverhalten der Lernenden als ein rückwirkender Effekt der Integration freizeittlicher Interessenbereiche in den Physikunterricht interpretiert werden kann. Im Sinne der lernförderlichen Wirkung des Interessenhandelns im Unterricht (Krapp, 1992a; siehe auch *Abschnitt 2.1.2*) sowie lebensweltlicher Kontextualisierungen im Physikunterricht (Duit & Mikelskis-Seifert, 2010; siehe auch *Abschnitt 2.3*) kann dieser Effekt langfristig auch zur Förderung des Kompetenzerwerbs im Fachunterricht beitragen. Im Rahmen der vorliegenden Studie ist diese Annahme aber nur hypothetisch formulierbar, da die Studiendauer mit fünf Wochen keine Aussagen über langfristige Effekte zulässt.

Für die erhobenen Interessendaten gilt insgesamt, dass es sich um individuelle Aussagen über das wahrgenommene Interesse am jeweiligen Unterricht im Fach Physik handelt. Im Fächerkanon der Schulen gilt das Fach Physik als ein schwieriges und wenig interessierendes Fach, mit sinkender Tendenz des Interesses mit zunehmendem Alter der Lernenden (Hoffmann et al., 1998; siehe *Abschnitt 2.3.2.2*). Im Rahmen der Studie konnte gezeigt werden, dass insbesondere Lernende mit ungünstigeren

Lernvoraussetzungen besonders deutlich von der Integration individueller, auch fachfremder Interessenbereiche in den Unterricht profitieren (siehe *Abschnitt 6.2*). Es wird aber angenommen, dass für diese Lernenden eine tatsächliche Veränderung des *Interesses am Fach* sowie der Bereitschaft, den jeweiligen Unterricht als situational interessant zu benennen, nur durch eine langfristige und stabile Veränderung des Fachunterrichts erreichbar ist.

#### 6.4 Limitationen und Fazit

Die im Rahmen der vorliegenden Studie zur Wirksamkeit der Einbindung individueller, auch fachfremder Interessen in den Fachunterricht Physik erhobenen Daten zeigen ein konsistentes Bild. Sie lassen eindeutige und theoretisch nachvollziehbare Schlussfolgerungen zu. Es zeigen sich aber auch die Grenzen der Interpretationsmöglichkeiten der vorliegenden Daten, welche somit neue Forschungsfragen aufwerfen. Im Folgenden werden limitierende Aspekte der Studie und sich daraus ergebende weiterführende Forschungsanliegen sowie die Bedeutung der Ergebnisse für die Unterrichtspraxis im Fach Physik benannt und erläutert.

Im Rahmen der Studie wurde eine (interessenorientierte) Unterrichtskonzeption zum Themengebiet *Halbleiter* für den regulären Physikunterricht an Thüringer Gymnasien entwickelt, welche einen geplanten und für das Anliegen der Studie mindestens notwendigen Stundenumfang von 11 Unterrichtsstunden hatte. Damit lag die Intervention deutlich über dem zeitlichen Rahmen von max. 4 Unterrichtsstunden, welcher den Lehrpersonen üblicherweise für diese Themeneinheit im Jahresplan zur Verfügung steht. Auf Seiten der beteiligten Lehrpersonen war somit eine kreative Einschränkung anderer Themenbereiche zugunsten der Durchführung der Intervention notwendig. Diese den Schulen bei der Erstanfrage zur Teilnahme an der Studie vorliegende Information war für viele Schulleitende bereits vorab ein Grund zur Ablehnung der Teilnahme und begrenzte die externe Validität der Studie. Es konnten letztlich nur drei Schulen von angefragten 22 für die Teilnahme an der Studie gewonnen werden. Die erreichte Stichprobengröße von lediglich 115 Lernenden beschränkt aufgrund der *kleinen Ziehung von Individuen aus der Grundgesamtheit* die Merkmalsvarianz im Bereich der unabhängigen sowie auch der abhängigen Variablen und schwächt somit die statistische Belastbarkeit der Ergebnisse. Diese Einschränkung gilt auch hinsichtlich des eingesetzten Kompetenz-Messinstruments, welches aufgrund der geringen Stichprobengröße nicht mit parallelen Testheften und somit vollem Itempool, sondern als Einzeltestheft eingesetzt wurde, was die Zuverlässigkeit des Testinstrumentes beschränkte.

Für die Gestaltung und Umsetzung der interessenorientierten Unterrichtsreihe muss einschränkend angemerkt werden, dass eine an *genau den* individuellen Interessen der jeweiligen Klassen orientierte Unterrichtsgestaltung, wie sie in freien Projektarbeitsphasen möglich ist, im Rahmen dieser Studie nicht umsetzbar war. Um den Forschungsanspruch der Vergleichbarkeit der Gruppen zu realisieren, bedurfte es einer fachthemen- und methodischen Parallelisierung der Unterrichtsreihe zwischen

Treatment- und Kontrollgruppe. Diese erforderte eine Gesamtplanung der Unterrichtsreihe mit einem festen gemeinsamen *Fahrplan* für alle drei Schulen. Die Möglichkeiten der Interessenorientierung waren damit thematisch, methodisch und zeitlich in einen durch die Studie vorgegebenen Rahmen eingepasst. Die Ergebnisse zeigen, dass es in diesem Rahmen möglich war, den Kompetenzerwerb in der eingesetzten interessenorientierten Unterrichtsreihe zu fördern. Die Bezugnahme auf allgemeine Interessenfelder schränkt dabei aber die interne Validität der Studie ein. Das wird wie folgt begründet: Die zur Interpretation der Ergebnisse herangezogene Annahme, dass sich hier die lernförderlichen Merkmale entsprechender individueller Interessen im Lernprozess auswirken, kann im Rahmen der vorliegenden Studie nicht messbar gemacht werden und bleibt somit hypothetisch. Zur weiterführenden Aufklärung der Wirkmechanismen des Kompetenzerwerbs in der Treatmentgruppe wird in der Interpretation individueller Interessenmerkmale sowie entsprechender Lernvoraussetzungen (Vorwissen, Fähigkeitsselbstkonzept) innerhalb dieser Interessenbereiche der Lernenden und in Korrespondenz zu dazu passenden Projektthemen ein wichtiger Beitrag gesehen. Eine entsprechende Datengewinnung war im Rahmen des vorliegenden Designs nicht möglich. Ausblickend ist somit die Fragestellung relevant, inwiefern innerhalb der Treatmentgruppe die benannten domänenspezifischen Merkmale *Interesse*, *Fähigkeitsselbstkonzept*, *Leistungsstand* und *thematisches Vorwissen* aus den Domänen individueller Interessenbereiche bei Einbindung der jeweiligen Interessen in den Unterricht einen Zusammenhang mit dem Kompetenzerwerb im Fachunterricht zeigen. Hierbei können zum Beispiel im Rahmen qualitativer Einzelfallstudien weiterführende Aussagen gewonnen werden. Der Analyse solcher Zusammenhänge wird im Sinne der unter 6.2 geführten Diskussion zur Erklärung des Kompetenzerwerbs im Treatment eine besondere Bedeutung beigemessen.

Im Zusammenhang mit der in Kapitel 2.2 geführten Diskussion der Möglichkeiten und Grenzen der Kompetenzmessung wurde theoretisch ausgeführt, dass angenommen werden kann, dass die durchgeführte Intervention insbesondere die Performanz der dahinterliegenden Kompetenzen positiv beeinflusste. In welcher Weise sich die positive Veränderung der Performanz auf den Kompetenzerwerb ausgewirkt hat, ist dabei schwer zu erfassen. Weiterführend gilt es deshalb Forschungsdesigns zu entwerfen, die untersuchen, ob die positive Wirkung der Interesseneinbindung auf den Kompetenzerwerb sich auf die Performanzebene beschränkt bzw. ob und unter welchen Bedingungen diese Wirkung für den weiteren Aufbau von Fachkompetenzen genutzt und langfristig erhalten werden kann.

Darüber hinaus ist auch die Fragestellung von Bedeutung, ob fächerübergreifende Projekte im Physikunterricht insbesondere auch in Bereiche nicht-naturwissenschaftlicher Fächerdomänen vergleichbare Wirkmechanismen zeigen. In einer solchen Erkenntnis wird hier auch für die Diskussion um Fachkonzeptionen wie das Fach Naturwissenschaften (Schaefer, 2002; Labudde, 2006; Rehm et al., 2008) und eine weitere Annäherung an den Erwerb naturwissenschaftlicher Kompetenzen im Sinne der Scientific

Literacy (Bybee, 2002; Gräber et al., 2002), wie sie in der vorliegenden Arbeit ausführlich diskutiert wurde (siehe *Abschnitt 2.2.5*), eine wesentliche Bedeutung gesehen.

Neben Forschungsfragen die im Zusammenhang mit den gewonnenen Ergebnissen weiterführend bearbeitet werden können, ist die Studie insbesondere für die Praxis des Physikunterrichts wegweisend. Unter Bezugnahme auf ihre Interessen gelang es den Lernenden nicht nur, mit mehr *Freude, Neugier* und *Wissensdurst* an die Erarbeitung der Fachinhalte heranzutreten: Es wurden komplexe physikalische Zusammenhänge selbstständig erarbeitet und die erworbenen Kompetenzen in der Testsituation auf hohem Komplexitätsniveau eingesetzt. Somit konnte gezeigt werden, dass eine Einbindung individueller Interessenbezüge nachweislich den Erwerb sowie den Einsatz von Kompetenzen im Physikunterricht insbesondere im Bereich höherer Komplexität positiv unterstützen kann. Dieses Ergebnis möge Physiklehrende in der Praxis weiter darin bestärken, die Themen und Lebensfragen der heranwachsenden Generation in ihren Physikunterricht zu integrieren. Eine Fülle von Forschungsarbeiten, Praxisbeispielen und konkreten Unterrichtsmaterialien, wie sie auch im *Abschnitt 2.3* dieser Arbeit vorgestellt und ausführlich diskutiert wurden, bietet hier zahlreiche Anregungen. Auch wenn der für den Physikunterricht vorgesehene zeitliche Rahmen zur Umsetzung dieser Methode gegebenenfalls *kreative Auslassungen* fordert, ist der Gewinn der Methode unbestritten. Der Philosoph und Pädagoge John Dewey formulierte dieses Anliegen in der folgenden Weise:

„Das andere Verfahren, das mit der eigenen Erfahrung des Lernenden beginnt und von hier aus die geeigneten Formen der wissenschaftlichen Behandlung entwickelt, wird zum Unterschied von der ‚logischen‘ Methode des Sachverständigen oder des Fachmannes oft die ‚psychologische‘ genannt. Der Zeitverlust, den sie mit sich zu bringen scheint, wird mehr als ausgeglichen durch das bessere Verständnis und das lebendige Interesse, das sie hervorruft.“

(Dewey, 1916/1993; S. 291)<sup>20</sup>

---

<sup>20</sup> Englisch Originalzitat siehe Fußnote 11 (*Abschnitt 2.2.4*)

## Literaturverzeichnis

- Achtziger, A. & Gollwitzer, P. M. (2010). Motivation und Volition im Handlungsverlauf. In J. Heckhausen & H. Heckhausen, *Motivation und Handeln* (4. Aufl.) (S. 309-335). Berlin, Heidelberg: Springer.
- Arnold, A. & Schüssler, I (2001). Entwicklung des Kompetenzbegriffs und seine Bedeutung für die Berufsbildung und für die Berufsbildungsforschung. In G. Franke (Hrsg.) *Komplexität und Kompetenz*. Bielefeld: Bertelsmann.
- Aufschnaiter, C. v. & Rogge, C. (2010). Wie lassen sich Verläufe der Entwicklung von Kompetenz modellieren? *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 16, 95-114.
- Aufschnaiter, S. v. & Welzel, M. (1997). Wissensvermittlung durch Wissensentwicklung: Das Bremer Komplexitätsmodell zur quantitativen Beschreibung von Bedeutungsentwicklung und Lernen. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 3(2), 43-58.
- Bacon, F. (1627/1982). *Neu-Atlantis*. G. Bugge (Übersetzung), J. Klein (Hrsg.). Stuttgart: Reclam.
- Bandura, A. (1977). Self-efficacy: toward a unifying theory of behavioral change. *Psychological review*, 84(2), 191-215.
- Bayrhuber, H. (2012). Fachdidaktik. In H.-E. Tenorth & R. Tippelt (Hrsg.), *BELTZ Lexikon Pädagogik* (S. 230–233). Weinheim, Basel: Beltz.
- Beckmann, J. & Heckhausen, H. (2010). Motivation durch Erwartung und Anreiz. In J. Heckhausen & H. Heckhausen, *Motivation und Handeln* (4. Aufl.) (S. 105-143). Berlin, Heidelberg: Springer.
- Bell, T. (2010). Forschendes Lernen - PiKo-Brief 11. In R. Duit, & S. Mikelskis-Seifert (Hrsg.), *Physik im Kontext – Konzepte, Idee, Materialien für effizienten Physikunterricht* (S.27). Seelze: Friedrich
- Bell, T. & Girwidz, R. (2010). Methodenvielfalt – PiKo-Briefe 9 & 10. In R. Duit, & S. Mikelskis-Seifert (Hrsg.). *Physik im Kontext – Konzepte, Idee, Materialien für effizienten Physikunterricht* (S. 26). Seelze: Friedrich
- Birkelbach, K. (2005). Über das Messen von Kompetenzen. Einige Überlegungen im Anschluss an ein BMBF-Projekt. *Vortrag DGFE-Herbsttagung Erfurt. Sektion Berufs- und Wirtschaftspädagogik*. Zugriff am 20.05.2019. Verfügbar unter [https://www.academia.edu/5413727/%C3%9Cber\\_das\\_Messen\\_von\\_Kompetenzen](https://www.academia.edu/5413727/%C3%9Cber_das_Messen_von_Kompetenzen)
- Blankertz, H. (1986). *Theorien und Modelle der Didaktik* (12. Aufl.). München: Juventa.
- Blume, R., Eilks, I., Muckenfuß, H., Ruppert, W., Spörhase-Eichmann, U. & Nordmeier, V. (2007). *Projekte interaktiv, Realschule Baden-Württemberg*. Berlin: Cornelsen.
- Bohl, T. (2004). *Prüfen und Bewerten im offenen Unterricht*. Weinheim, Basel: Beltz.
- Bohl, T. & Kucharz, D. (2010). *Offener Unterricht heute: konzeptionelle und didaktische Weiterentwicklung*. Weinheim, Basel: Beltz.

- Bohleber, W. & Leuzinger-Bohleber, M. (2013). Pubertierende ticken anders. Ein Forschungsüberblick zu Psyche und Gehirn in der Adoleszenz. In *Magazin Schüler Pubertät*, (S. 14-16).  
Seelze: Friedrich.
- Böhlemann, R. (2012). Unipolare Transistoren – Unterrichtsmodule zu ihren Eigenschaften und Anwendungen. *Naturwissenschaften im Unterricht Physik*, 128, 34(88) -45(89).
- Bortz, J. & Döring, N. (2006). *Forschungsmethoden und Evaluation für Human- und Sozialwissenschaftler*. Heidelberg: Springer Medizin
- Brandtstädter, J. (2001). *Entwicklung, Intentionalität, Handeln*. Stuttgart: Kohlhammer
- Bransford, J. D., Brown, A. & Cocking, R. (1999). *How people learn: Mind, brain, experience, and school*. Washington, DC: National Research Council.
- Brakhage, H., Hagenauer G. & Gläser-Zikuda, M. (2014). Interessenorientierte Unterrichtsgestaltung im Physikunterricht. *BMBF-Abschlussbericht, Förderkennzeichen 01JG1051*.
- Brückmann, M. (2009). *Sachstrukturen im Physikunterricht: Ergebnisse einer Videostudie*.  
Berlin: Logos.
- Brunstein, J.C. & Heckhausen, H. (2010). Leistungsmotivation. In J. Heckhausen & H. Heckhausen, *Motivation und Handeln* (4. Aufl.) (S. 145-192). Berlin, Heidelberg: Springer.
- Bybee, R. W. (2002). Scientific Literacy – Mythos oder Realität? In Gräber, W., Nentwig, P., Koballa, T. & Evens, R. (Hrsg.), *Scientific Literacy - Der Beitrag der Naturwissenschaften zur Allgemeinen Bildung* (S. 21-44). Opladen: Leske + Budrich.
- Cauet, E. (2016). *Testen wir relevantes Wissen – Zusammenhang zwischen Professionswissen von Lehrkräften und gutem erfolgreichem Unterricht*. Berlin: Logos.
- Chomsky, N. (1969). *Aspekte der Syntax-Theorie*. Frankfurt a. M.: Suhrkamp.
- Cognition and Technology Group at Vanderbilt (1992). The Jasper experiment: An exploration of issues in learning and instructional design. *Educational Technology Research and Development*, 40, 65-80.
- Cohen, J. (2013). *Statistical power analysis for the behavioral sciences*. London, UK: Routledge.
- Csikszentmihalyi, M. & Csikszentmihalyi, I. (1975). *Beyond boredom and anxiety* (Vol. 721).  
San Francisco: Jossey-Bass.
- Deci, E. L. & Ryan, R. M. (2000): *siehe Ryan & Deci (2000)*
- Deci, E. L. & Ryan, R. M. (1993). Die Selbstbestimmungstheorie der Motivation und ihre Bedeutung für die Pädagogik. *Zeitschrift für Pädagogik*, 39, 223-238.
- Deci, E. L. & Ryan, R. M. (1985). *Intrinsic motivation and self-determination in human behavior*.  
New York: Plenum Press.
- Dewey, J. (1916/1997). *democracy and education*. New York: The free press.

- Dewey, J. (1916/1993). *Demokratie und Erziehung* (J. Oelkers, Hrsg.; E. Hylla, Übersetzung). Weinheim, Basel: Beltz.
- Descartes, R. (1637/1961). *Abhandlung über die Methode des richtigen Vernunftgebrauchs* (L. Fischer, Übersetzung). Stuttgart: Reclam.
- Ditton, H. (2002). Unterrichtsqualität-Konzeptionen, methodische Überlegungen und Perspektiven. *Unterrichtswissenschaft*, 30(3), 197-212.
- Dubs, R. (2002). Science Literacy: eine Herausforderung für die Pädagogik. In W. Gräber, P. Nentwig, T. Koballa & R. Evens (Hrsg.), *Scientific Literacy - Der Beitrag der Naturwissenschaften zur Allgemeinen Bildung*, (S. 69-82). Opladen: Leske + Budrich.
- Dubs, R. (1995). Konstruktivismus: einige Überlegungen aus der Sicht der Unterrichtsgestaltung. *Zeitschrift für Pädagogik*, 41(6), 889-903.
- Duit, R. & Mikelskis-Seifert, S. (Hrsg.)(2010). *Physik im Kontext – Konzepte, Idee, Materialien für effizienten Physikunterricht*. Seelze: Friedrich.
- Duit, R. (2007). Alltagsvorstellungen und Physik lernen. In E. Kircher, R. Girwidz & P. Häußler (Hrsg.), *Physikdidaktik*, (S. 581-606). Berlin, Heidelberg: Springer.
- Duit, R. (2006). Schülervorstellungen und Lernen von Physik - Forschungsergebnisse und die Realität der Unterrichtspraxis. In R. Girwidz, M. Gläser-Zikuda, M. Laukenmann & Th. Rubitzko (Hrsg.), *Lernen im Physikunterricht*, (S. 13-22). Hamburg: Dr. Kovac.
- Duit, R. (1995). Empirische physikdidaktische Unterrichtsforschung. *Unterrichtswissenschaft*, 2, 98-105.
- Duit, R. (2010a). Schülervorstellungen und Lernen von Physik – PiKo-Brief 1. In R. Duit & S. Mikelskis-Seifert (Hrsg.), *Physik im Kontext – Konzepte, Idee, Materialien für effizienten Physikunterricht* (S. 18). Seelze: Friedrich.
- Duit, R. (2010b). Didaktische Rekonstruktion – PiKo-Brief 3. In R. Duit & S. Mikelskis-Seifert (Hrsg.), *Physik im Kontext – Konzepte, Idee, Materialien für effizienten Physikunterricht* (S. 20). Seelze: Friedrich.
- Duit, R. & Wodzinski, C. T. (2010). Merkmale guten Physikunterrichts – PiKo-Brief 4. In R. Duit & S. Mikelskis-Seifert (Hrsg.), *Physik im Kontext – Konzepte, Idee, Materialien für effizienten Physikunterricht* (S. 21). Seelze: Friedrich.
- Duit, R. & Mikelskis-Seifert, S. (2010). Kontextorientierter Unterricht – PiKo-Brief 5. In R. Duit & S. Mikelskis-Seifert (Hrsg.), *Physik im Kontext – Konzepte, Idee, Materialien für effizienten Physikunterricht*, (S. 22). Seelze: Friedrich.
- Duit, R., Tesch, M. & Mikelskis-Seifert, S. (2010). Das Experiment im Physikunterricht – PiKo-Brief 7. In R. Duit & S. Mikelskis-Seifert (Hrsg.), *Physik im Kontext – Konzepte, Idee, Materialien für effizienten Physikunterricht* (S. 24). Seelze: Friedrich.

- Eccles, J. S. & Wigfield, A. (2002). Motivational beliefs, values, and goals. *Annual review of psychology*, 53(1), 109-132.
- Einsiedler, W. (2002). Das Konstrukt „Unterrichtsqualität“. *Unterrichtswissenschaft* 30(03), 194-196.
- Erpenbeck, J., Grote, S. & Sauter, W. (2017). Einführung. In J. Erpenbeck, L. v. Rosenstiel, S. Grote & W. Sauter (Hrsg.), *Handbuch Kompetenzmessung* (3. Aufl.) (S. IX-XXXVIII). Stuttgart: Schäffer-Poeschel.
- Euler, D. & Sloane, P. F. (1998). Implementation als Problem der Modellversuchsforschung. *Unterrichtswissenschaft*, 26(4), 312-326.
- Faul, F., Erdfelder, E., Lang, A. G. & Buchner, A. (2007). G\*Power 3: A flexible statistical power analysis program for the social, behavioral, and biomedical sciences. *Behavior Research Methods*, 39, 175-191.
- Fend, H. (1980). *Theorie der Schule*. München: Urban & Schwarzenberg.
- Fend, H. (1991). *Identitätsentwicklung in der Adoleszenz: Lebensentwürfe, Selbstfindung und Weltaneignung in beruflichen, familiären und politisch-weltanschaulichen Bereichen*. Bern: Huber.
- Fend, H. (1998). *Eltern und Freunde. Soziale Entwicklung im Jugendalter*. Bern: Huber.
- Fischer, H. E., Borowski, A., Kauertz, A. & Neumann, K. (2010). Fachdidaktische Unterrichtsforschung – Unterrichtsmodelle und die Analyse von Physikunterricht. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 16, 59-75.
- Fischer, H. E. (1998). Scientific Literacy und Physiklernen. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 4(2), 41-52.
- Franke, G. (2005). *Facetten der Kompetenzentwicklung*. Bielefeld: Bertelsmann
- Frederking, V. & Bayrhuber, H. (2017). Fachliche Bildung – auf dem Weg zu einer fachdidaktischen Bildungstheorie. In H. Bayrhuber, U. Abraham, V. Frederking, W. Jank, M. Rothgangel & H. J. Vollmer (Hrsg.), *Auf dem Weg zu einer Allgemeinen Fachdidaktik. Allgemeine Fachdidaktik, Band 1*. (S. 205-247). Münster: Waxmann.
- Frey, A., Taskinen, P., Schütte, K., Prenzel, M., Artelt, C., Baumert, J., Blum, W., Hammann, M., Klieme, E. & Pekrun, R. (2009). *PISA 2006, Skalenhandbuch*. Münster: Waxmann.
- Frey, K. (2010). *Die Projektmethode: Der Weg zum bildenden Tun* (11. Aufl.). Weinheim, Basel: Beltz.
- Gagne, R. M. (1962). The acquisition of knowledge. *Psychological review*, 69(4), 355-386.
- Geller, C., Neumann, K., Boone, W. J. & Fischer, H. E. (2014): What makes the Finish different in science? Assessing and comparing students' science learning in three countries. *International Journal of Science Education*, 36(18), 3042-3066.
- Gerstenmaier, J. & Mandl, H. (1995). Wissenserwerb unter konstruktivistischer Perspektive. *Zeitschrift für Pädagogik*, 41(6), 867-888.

- Girwidz, R., Gläser-Zikuda, M., Laukenmann, M. & Rubitzko, Th. (Hrsg.) (2006). *Lernen im Physikunterricht*. Hamburg: Kovač.
- Girwidz, R. & Ziegelbauer, S. (2010). Moderne Technologien – neue Themen für den Unterricht – PiKo-Brief 15. In R. Duit & S. Mikelskis-Seifert (Hrsg.), *Physik im Kontext – Konzepte, Idee, Materialien für effizienten Physikunterricht* (S. 30). Seelze: Friedrich.
- Glaserfeld, E. v. (1987). *Wissen. Sprache und Wirklichkeit: Arbeiten zum radikalen Konstruktivismus*. Braunschweig: Vieweg.
- Gräber, W. & Nentwig, P. (2002). Scientific Literacy – Naturwissenschaftliche Grundbildung in der Diskussion. In W. Gräber, P. Nentwig, T. Koballa & R. Evens (Hrsg.), *Scientific Literacy - Der Beitrag der Naturwissenschaften zur Allgemeinen Bildung* (S. 7-20). Opladen: Leske + Budrich.
- Gräber, W., Nentwig, P. & Nicolson (2002). Scientific Literacy - von der Theorie zur Praxis. In W. Gräber, P. Nentwig, T. Koballa & R. Evens (Hrsg.), *Scientific Literacy - Der Beitrag der Naturwissenschaften zur Allgemeinen Bildung* (S. 135-145). Opladen: Leske + Budrich.
- Gräber, W., Nentwig, P., Koballa, T. & Evens, R. (Hrsg.) (2002). *Scientific Literacy - Der Beitrag der Naturwissenschaften zur Allgemeinen Bildung*. Opladen: Leske + Budrich.
- Gräsel, C. & Parchmann, I. (2004). Implementationsforschung- oder: der steinige Weg, Unterricht zu verändern. *Unterrichtswissenschaft*, 32(3), 196-214.
- Hannover, B. (1997). *Das dynamische Selbst. Die Kontextabhängigkeit selbstbezogenen Wissens*. Bern: Huber.
- Hartig, J. & Klieme, E. (2006). Kompetenz und Kompetenzdiagnostik. In K. Schweizer (Hrsg.), *Leistung und Leistungsdiagnostik* (S. 127-143). Berlin, Heidelberg: Springer.
- Hattie, J. (2008). *Visible learning: A synthesis of over 800 meta-analyses relating to achievement*. London, UK: Routledge.
- Hauk, D. & Gröschner, A. (2020). The Effectiveness of Learner Controlled Learning Environments: A Synthesis of Forty Years of Empirical Research. Manuscript submitted for publication.
- Häußler, P., Bündler, W., Duit, R., Gräber, W. & Mayer, J. (1998). *Naturwissenschaftsdidaktische Forschung: Perspektiven für die Unterrichtspraxis*. Kiel: Universität, Leibniz-Institut für die Pädagogik der Naturwissenschaften.
- Häussler, P. & Hoffmann, L. (1995). Physikunterricht-an den Interessen von Mädchen und Jungen orientiert. *Unterrichtswissenschaft*, 23(2), 107-126.
- Heckhausen, J. & Heckhausen, H. (2010a). Motivation und Handeln: Einführung und Überblick. In J. Heckhausen & H. Heckhausen, *Motivation und Handeln* (4. Aufl.) (S. 1-9). Berlin, Heidelberg: Springer.
- Heckhausen, J. & Heckhausen, H. (2010b). Motivation und Entwicklung. In J. Heckhausen & H. Heckhausen, *Motivation und Handeln* (4. Aufl.) (S. 427-488). Berlin, Heidelberg: Springer.

- Heimann, P., Otto, G. & Schulz, W. (1965). Unterricht - Analyse und Planung. In A. Blumenthal & W. Ostermann (Hrsg.), *Auswahl Reihe B*. Hannover: Schrödel.
- Helmke, A. (2007). *Unterrichtsqualität - erfassen, bewerten, verbessern* (5. Aufl.). Seelze-Velber: Klett Kallmeyer.
- Helmke, A. (2012). *Unterrichtsqualität und Lehrerprofessionalität: Diagnose, Evaluation und Verbesserung des Unterrichts* (4. Aufl.). Seelze-Velber: Klett Kallmeyer.
- Hepp, R. & Münzinger, W. (Hrsg.) (2001). Projektorientierter Unterricht. *Naturwissenschaften im Unterricht Physik, 63/64*.
- Hidi, S. & Baird, W. (1988). Strategies for increasing text-based interest and students' recall of expository texts. *Reading research quarterly, 465-483*.
- Hidi, S. & Renninger, K. A. (2006). The four-phase model of interest development. *Educational psychologist, 41(2), 111-127*.
- Hoffmann, L. & Lehrke, M. (1986). Eine Untersuchung über Schülerinteressen an Physik und Technik. *Zeitschrift für Pädagogik, 32(2), 189-204*.
- Hoffmann, L., Häußler, P. & Lehrke, M. (1998). *Die IPN-Interessenstudie Physik*. Kiel: Universität, Leibniz-Institut für die Pädagogik der Naturwissenschaften.
- Holland, J. L. (1985). *Making vocational choices: A theory of vocational personalities and work environments*. Englewood Cliffs, NJ: Prentice-Hall.
- James, W. (1892/1999). The self. In R. F. Baumeister (Hrsg.), *The self in social psychology* (S. 69–77). Philadelphia, PA: Psychology Press.
- Jank, W. & Meyer, H. (1994). *Didaktische Modelle* (3. Aufl.). Berlin: Cornelsen Scriptor
- Jung, W. (1993). Hilft die Entwicklungspsychologie dem Naturwissenschaftsdidaktiker?  
In R. Duit & W. Gräber (Hrsg.). *Kognitive Entwicklung und Lernen der Naturwissenschaften* (S. 86–108). Kiel: Universität, Leibniz-Institut für die Pädagogik der Naturwissenschaften.
- Jung, W. (1997). Konstruktivismus, Physikalismus und Phänomenologie – Erinnerung an Martin Wagenscheins 100. Geburtstag. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften, 3(2), 3-14*.
- Kahnemann, D. (1973). *Attention and effort*. Englewood Cliffs, NJ: Prentice-Hall.
- Kant, I. (1784). Was ist Aufklärung? *Berlinische Monatsschrift, 481-495*.
- Kattmann, U., Duit, R., Gropengießer, H. & Komorek, M. (1997). Das Modell der Didaktischen Rekonstruktion. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften, 3(3), 3-18*.
- Kauertz, A. (2008). *Schwierigkeitserzeugende Merkmale physikalischer Leistungstestaufgaben*. Berlin: Logos.
- Kauertz, A., Fischer, H. E., Mayer, J., Sumfleth, E. & Walpuski, M. (2010). Standardbezogene Kompetenzmodellierung in den Naturwissenschaften der Sekundarstufe 1. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften, 16, 132-153*.

- Kircher, E., Girwidz, R. & Häußler, P. (Hrsg.) (2007). *Physikdidaktik*. Berlin: Springer.
- Klafki, W. (1985). *Neue Studien zur Bildungstheorie und Didaktik – zeitgemäße Allgemeinbildung und kritisch-konstruktive Didaktik*. Weinheim, Basel: Beltz.
- Klafki, W. (1964). Didaktische Analyse als Kern der Unterrichtsvorbereitung.  
In H. Roth & A. Blumenthal (Hrsg.) *Auswahl Reihe A. Grundlegende Aufsätze aus der Zeitschrift Die Deutsche Schule*. Hannover: Schroedel.
- Klafki, W. (1959). *Das pädagogische Problem des Elementaren und die Theorie der kategorialen Bildung*. Weinheim, Basel: Beltz.
- Klieme, E. (2004). Was sind Kompetenzen und wie lassen sie sich messen? *Pädagogik* 56(6), 10-13.
- Klieme, E., Maag-Merki, K. & Hartig, J. (2007). Kompetenzbegriff und Bedeutung von Kompetenzen im Bildungswesen. In Bundesministerium für Bildung und Forschung (Hrsg.), *Möglichkeiten und Voraussetzungen technologiebasierter Kompetenzdiagnostik*. Bildungsforschung Band 20. Bonn, Berlin: BMBF
- KMK (Kultusministerkonferenz Deutschlands) (2004). Vereinbarung über die Bildungsstandards für den mittleren Schulabschluss (Jahrgangsstufe 10) in den Fächern Biologie, Chemie, Physik (Beschluss vom 16.12.2004). Zugriff am 01.06.2019. Verfügbar unter [https://www.kmk.org/fileadmin/Da-teien/veroeffentlichungen\\_beschluesse/2004/2004\\_12\\_16-Bildungsstandards-Physik-Mittle-ren-SA.pdf](https://www.kmk.org/fileadmin/Da-teien/veroeffentlichungen_beschluesse/2004/2004_12_16-Bildungsstandards-Physik-Mittle-ren-SA.pdf)
- Knogler, M., Harackiewicz J. M., Gegenfurtner, A. & Lewalter, D. (2015). How situational is situational interest? Investigating the longitudinal structure of situational interest. *Contemporary Educational Psychology*, 43, 39-50.
- Köller, O. (2004). *Konsequenzen von Leistungsgruppierungen*. Münster: Waxmann.
- Köller, O., Schnabel, K. U. & Baumert, J. (2000). Der Einfluß der Leistungsstärke von Schulen auf das fachspezifische Selbstkonzept der Begabung und das Interesse. *Zeitschrift für Entwicklungspsychologie und Pädagogische Psychologie*, 32(2), 70-80.
- Konsortium des Thüringer Bildungsplans bis 18 Jahre (2015). Bildungsplan Thüringen bis 18 Jahre.  
Am 01.06.2019 abgerufen unter: [https://www.thueringen.de/mam/th2/tmbwk/bildung/bildungsplan/thuringer\\_bildungs-plan-18\\_web.pdf](https://www.thueringen.de/mam/th2/tmbwk/bildung/bildungsplan/thuringer_bildungs-plan-18_web.pdf)
- Krapp, A. (2006). Interesse. In D. H. Rost (Hrsg.), *Handwörterbuch päd. Psychologie* (3.Aufl.) (S. 280-290). Weinheim, Basel: Beltz
- Krapp, A. (2005). Das Konzept der grundlegenden psychologischen Bedürfnisse. Ein Erklärungsansatz für die positiven Effekte von Wohlbefinden und intrinsischer Motivation im Lehr-Lerngeschehen. *Zeitschrift für Pädagogik*, 51(5), 626-641.
- Krapp, A. (1998). Entwicklung und Förderung von Interessen im Unterricht. *Psychologie in Erziehung und Unterricht*, 45, 186-203.

- Krapp, A. (1992a). Interesse, Lernen, Leistung – Neue Forschungsansätze in der pädagogischen Psychologie. *Zeitschrift für Pädagogik*, 38, 747-770.
- Krapp, A. (1992b). Das Interessenkonstrukt. Bestimmungsmerkmale der Interessenhandlung und des individuellen Interesses aus der Sicht einer Person-Gegenstands-Konzeption. In A. Krapp & M. Prenzel (Hrsg.), *Interesse, Lernen, Leistung - Konzepte und Forschungsansätze zur Analyse des Zusammenhangs von Interesse, Lernen und Leistung* (S. 297-329). Münster: Aschendorf.
- Krapp, A. & Ryan, R. M. (2002). Selbstwirksamkeit und Lernmotivation. *Zeitschrift für Pädagogik. Selbstwirksamkeit und Motivationsprozesse in Bildungsinstitutionen*, Beiheft 44, 54-82.
- Kulgemeyer, C. & Schecker, H. (2009). Kommunikationskompetenz in der Physik: zur Entwicklung eines domänenspezifischen Kommunikationsbegriffs. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 15, 131-153.
- Kulgemeyer, C. (2010). *Physikalische Kommunikationskompetenz: Modellierung und Diagnostik* (Vol. 108). Berlin: Logos.
- Labudde, P. (2006). Physikalische Bildung mit Zukunft: Zehn Thesen. In R. Girwidz, M. Gläser-Zikuda, M. Laukenmann & Th. Rubitzko (Hrsg.), *Lernen im Physikunterricht*. (S. 251-262). Hamburg: Kovač.
- Labudde, P. (Hrsg.) (2008). *Naturwissenschaften vernetzen, Horizonte erweitern. Fächerübergreifender Unterricht konkret*. Seelze-Velber: Klett Kallmeyer.
- Labudde, P. (Hrsg.) (2013). *Fachdidaktik Naturwissenschaft* (2. Aufl.). Bern: UTB.
- Lepper, M. R. (1988). Motivational considerations in the study of instruction. *Cognition and Instruction*, 5(4), 289-309.
- Lewalter, D. & Geyer, C. (2009). Motivationale Aspekte von schulischen Besuchen in naturwissenschaftlich-technischen Museen. *Zeitschrift für Erziehungswissenschaft*, 12(1), 28-44.
- Lewalter, D. & Knogler, M. (2014). A questionnaire to assess situational interest—Theoretical considerations and findings. *Annual Meeting of the American Educational Research Association*.
- Lewalter, D.; Krapp, A. & Wild, P. (2000). Motivationsförderung in Lehr-Lern-Arrangements – eine interessentheoretische Perspektive. In Ch. Harteis, H. Heid & S. Kraft (Hrsg.), *Kompodium Weiterbildung – Aspekte und Perspektiven betrieblicher Personal- und Organisationsentwicklung* (S. 149-156). Opladen: Leske + Budrich.
- Limprecht, S., Janko, T. & Gläser-Zikuda, M. (2013). Achievement emotions of boys and girls in Physics instruction: Does a portfolio make a difference? *Orbis Scholae*, 7(2), 43-66.
- Lipowsky, F. (2015). Unterricht. In E. Wild & J. Möller (Hrsg.). *Pädagogische Psychologie* (2. Aufl.) (S. 69-105). Berlin, Heidelberg: Springer.

- Mayring, P., Gläser-Zikuda, M. & Ziegelbauer, S. (2005). Auswertung von Videoaufnahmen mit Hilfe der Qualitativen Inhaltsanalyse - ein Beispiel aus der Unterrichtsforschung. *Medienpädagogik*, 9, 1-17.
- Marsh, H. W. (1987). The big fish little pond effect on academic self-concept. *Journal of educational Psychology*, 79, 280-295.
- Marsh, H. W., Byrne, B. M. & Shavelson, R. J. (1988). A multifaceted academic self-concept: Its hierarchical structure and its relation to academic achievement. *Journal of educational psychology*, 80(3), 366.
- Marsh, H. W., Kong, C. K. & Hau, K. (2000). Longitudinal multilevel models of the big-fish-little-pond effect on academic self-concept: Counterbalancing contrast and reflected-glory effects in Hong Kong schools. *Journal of Personality and Social Psychology*, 78(2). 337-349.
- Marsh, H. W., Pekrun, R., Murayama, K., Arens, A. K., Parker, P. D., Guo, J., & Dicke, T. (2018). An integrated model of academic self-concept development: Academic self-concept, grades, test scores, and tracking over 6 years. *Developmental psychology*, 54(2), 263.
- Marsh, H. W., Trautwein, U., Lüdtke, O., Köller, O. & Baumert, J. (2005). Academic self-concept, interest, grades, and standardized test scores: Reciprocal effects models of causal ordering. *Child development*, 76(2), 397-416.
- Meyer, H. (2010). Was ist guter Unterricht? Berlin: Cornelsen.
- Meyer, L., Seidel, T. & Prenzel, M. (2006). Wenn Lernsituationen zu Leistungssituationen werden: Untersuchung zur Fehlerkultur in einer Videostudie. *Schweizerische Zeitschrift für Bildungswissenschaften*, 28(1), 21-41.
- Meixner, J. (1997). *Konstruktivismus und die Vermittlung produktiven Wissens*. München: Luchterhand.
- Mikelskis-Seifert, S. (2010). Denken in und mit Modellen – PiKo-Brief 8. In R. Duit & S. Mikelskis-Seifert (Hrsg.), *Physik im Kontext – Konzepte, Idee, Materialien für effizienten Physikunterricht* (S. 25). Seelze: Friedrich.
- Mikelskis-Seifert, S. & Duit, R. (2010). Naturwissenschaftliches Arbeiten – PiKo-Brief 6. In R. Duit & S. Mikelskis-Seifert (Hrsg.), *Physik im Kontext – Konzepte, Idee, Materialien für effizienten Physikunterricht* (S. 23). Seelze: Friedrich.
- Mikelskis, H. F., Schön, L.-H. & Wilke, H-J. (Hrsg.)(2006). *Lehrbuch Physik plus. Gymnasium Klassen 7/8 Berlin*. Berlin: Cornelsen, Volk und Wissen.
- Mikelskis, H. F. & Wilke, H-J. (Hrsg.) (2004). *Lehrbuch Physik plus. Gymnasium Klassen 9/10 Thüringen*. Berlin: Cornelsen, Volk und Wissen.
- Mitchell, M. (1993). Situational interest: Its multifaceted structure in the secondary school mathematics classroom. *Journal of Educational Psychology*, 85(3), 424-436.

- Möller, J. & Trautwein, U. (2015). Selbstkonzept. In E. Wild & J. Möller (Hrsg.) *Pädagogische Psychologie* (2. Aufl.) (S. 177-199). Berlin, Heidelberg: Springer
- Muckenfuß, H. (1995). *Lernen im sinnstiftenden Kontext – Entwurf einer zeitgemäßen Didaktik des Physikunterrichts*. Berlin: Cornelsen.
- Neumann, K., Kauertz, A., Lau, A., Notarp, H. & Fischer, H. E. (2007). Die Modellierung physikalischer Kompetenz und ihre Entwicklung. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 13, 101-121.
- Neubert, S. (2004). Pragmatismus, Konstruktivismus und Kulturtheorie. In L. A. Hickmann, S. Neubert & K. Reich (Hrsg.), *John Dewey – Zwischen Pragmatismus und Konstruktivismus* (S. 114-131). Münster: Waxmann.
- Neubert, S., Reich, K. & Voß, R. (2001). Lernen als konstruktiver Prozess. In T. Hug (Hrsg.), *Einführung in das wissenschaftliche Arbeiten (Band 1), Wie kommt Wissenschaft zu Wissen?* (S. 253-365). Hohengehren: Schneider.
- Nückles, M. & Wittwer, J. (2014). Lernen und Wissenserwerb. In: T. Seidl & A. Krapp (Hrsg.), *Pädagogische Psychologie* (6. Aufl.) (S. 225-252). Weinheim, Basel: Beltz.
- Oser, F., & Patry, J. L. (1990). Choreographien unterrichtlichen Lernens: Basismodelle des Unterrichts. *Berichte zur Erziehungswissenschaft 89*. Freiburg: Pädagogisches Institut der Universität.
- Otto, J., Euler, H. A. und Mandl, H. (2000). Begriffsbestimmungen. In J. Otto, H. A. Euler & H. Mandl (Hrsg.), *Handbuch Emotionspsychologie* (S. 11-18). Weinheim, Basel: Beltz.
- Parchmann, I. (2007). Bildungsstandards und Kompetenzmodelle – Katalysatoren für fachdidaktische Forschung, Lehrerbildung und Unterrichtsentwicklung?. In D. Höttecke (Hrsg.), *Kompetenzen, Kompetenzmodelle, Kompetenzentwicklung* (S. 5-13). Berlin: LIT Verlag.
- Pekrun, R. & Hofmann, H. (1999). Lern- und Leistungsemotionen: Erste Befunde eines Forschungsprogramms. In M. Jerusalem (Hrsg.), *Emotion, Motivation und Leistung* (S. 247-267). Göttingen: Hogrefe.
- PISA. Programme for International Student Assessment. Zugriff am 02.06.2019. Verfügbar unter <http://www.oecd.org/pisa/>
- Piaget, J. (1969). *Das Erwachen der Intelligenz beim Kinde*. München: dtv/Klett-Cotta
- Posner, G. J., Strike, K. A., Hewson, P. W. & Gertzog, W. A. (1982). Accommodation of a scientific conception: Toward a theory of conceptual change. *Science education*, 66(2), 211-227.
- Powers, W. T. (1973). *Behavior: The control of perception*. Chicago: Aldine Publishing Company.
- Prenzel, M. (1992). Überlegungen zur Weiterentwicklung der Interessenforschung. In A. Krapp & M. Prenzel (Hrsg.), *Interesse, Lernen, Leistung - Konzepte und Forschungsansätze zur Analyse des Zusammenhangs von Interesse, Lernen und Leistung* (S. 331-352). Münster: Aschendorf.
- Prenzel, M. (1988). *Die Wirkungsweise von Interesse*. Opladen: Westdeutscher Verlag.

- Prenzel, M. (1984). Ein theoretisches Modell der Wirkungsweise von Interesse. *Gelbe Reihe: Arbeiten zur Empirischen Pädagogik und Pädagogischen Psychologie*.
- Prenzel, M., Krapp, A. & Schiefele, H. (1986). Grundzüge einer pädagogischen Interessentheorie. *Zeitschrift für Pädagogik*, 32 (2), 163-173.
- Prenzel, M., Seidel, T., Lehrke, M., Rimmel, R., Duit, R., Euler, M., Geiser, H., Hoffmann, L., Müller, C. & Widodo, A. (2002). Lehr-Lernprozesse im Physikunterricht - eine Videostudie. In M. Prenzel & J. Doll (Hrsg.), *Bildungsqualität von Schule: Schulische und außerschulische Bedingungen mathematischer, naturwissenschaftlicher und überfachlicher Kompetenzen* (S. 139-156). Weinheim, Basel: Beltz.
- Rabe, T. (2010a). Affektive Aspekte und Lernen von Physik – PiKo-Brief 2. In R. Duit & S. Mikelskis-Seifert (Hrsg.), *Physik im Kontext – Konzepte, Idee, Materialien für effizienten Physikunterricht* (S. 19). Seelze: Friedrich
- Rabe, T. (2010b). Methoden der Unterrichtsevaluation und des Feedbacks – PiKo-Brief 14. In R. Duit & S. Mikelskis-Seifert (Hrsg.), *Physik im Kontext – Konzepte, Idee, Materialien für effizienten Physikunterricht* (S. 29). Seelze: Friedrich
- Rehm, M., Bündler, W., Haas, T., Buck, P., Labudde, P., Brovelli, D., Østergaard, E., Rittersbacher, C., Wilhelm, M., Genseberger, R. & Svoboda, G. (2008). Legitimationen und Fundamente eines integrierten Unterrichtsfachs Science. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 14, 99-123.
- Reich, K. (2012). *Konstruktivistische Didaktik: Das Lehr- und Studienbuch mit Online-Methodenpool*. Weinheim, Basel: Beltz.
- Reich, K. (1996). Systemisch-konstruktivistische Didaktik. Eine allgemeine Zielbestimmung. In R. Voß (Hrsg.), *Die Schule neu erfinden* (3.Aufl.) (S. 70-91). Neuwied: Luchterhand.
- Reinmann, G. & Mandl, H. (2006). Unterrichten und Lernumgebung gestalten. In A. Krapp & B. Weidenmann (Hrsg.), *Pädagogische Psychologie* (5.Aufl.) (S. 613-658). Weinheim: Psychologie Verlag Union.
- Reinmann-Rothmeier, G. & Mandl, H. (2019). Wissen. In *Lexikon der Psychologie*. Zugriff am 01.06.2019. Verfügbar unter <https://www.spektrum.de/lexikon/psychologie/wissen/16892>
- Reinmann-Rothmeier, G. & Mandl, H. (1998). *Implementation konstruktivistischer Lernumgebungen - revolutionärer Wandel oder evolutionäre Veränderung?* (Forschungsberichte Nr. 100). München: Ludwig-Maximilians-Universität, Lehrstuhl für empirische Pädagogik und Pädagogische Psychologie.
- Renkl, A. (2015). Wissenserwerb. In E. Wild & J. Möller. *Pädagogische Psychologie* (2. Aufl.) (S. 3-24). Berlin, Heidelberg: Springer.

- Rheinberg, F. (2010). Intrinsische Motivation und Flow-Erleben. In J. Heckhausen & H. Heckhausen (Hrsg.), *Motivation und Handeln* (4. Aufl.) (S. 365-387). Berlin, Heidelberg: Springer.
- Rheinberg, F. & Vollmeyer, R. (2000). Sachinteresse und leistungsthematische Herausforderung- zwei verschiedenartige Motivationskomponenten und ihr Zusammenwirken beim Lernen. In U. Schiefele & K.-P. Wild (Hrsg.), *Interesse und Lernmotivation: Untersuchung zu Entwicklung, Förderung und Wirkung* (S. 145-161). Münster: Waxmann.
- Richter, T. (2007). Wie analysiert man Interaktionen von metrischen und kategorialen Prädiktoren? *Zeitschrift für Medienpsychologie*, 19(3), 116-125.
- Rotgans, J. I. & Schmidt, H. G. (2014). Situational interest and learning: Thirst for knowledge. *Learning and Instruction*, 32, 37-50.
- Rotgans, J. I. & Schmidt, H. G. (2017\_a). The relation between individual interest and knowledge acquisition. *British Education Research Journal*, 43(2), 350-371.
- Rotgans, J. I. & Schmidt, H. G. (2017\_b). How individual interest influences situational interest and how both are related to knowledge acquisition: A microanalytical investigation. *The Journal of Educational Research*, 1-11.
- Rotgans, J. I. & Schmidt, H. G. (2017\_c). Interest development: Arousing situational interest affects the growth trajectory of individual interest. *Contemporary Educational Psychology. Elsevier*, 49, 175-184.
- Ruprecht, H. (1976). *Modelle grundlegender didaktischer Theorien*. Hannover: Schroedel.
- Rützel, J. (1994). Strukturorientierung als Verzahnung von Wissenschaft, Berufswissen und subjektiven Erfahrungen vor dem Hintergrund beschleunigter struktureller Wandlungsprozesse. In M. Eckert & J. Rützel (Hrsg.), *Strukturorientierte Didaktiken in der beruflichen Bildung* (S. 21-54). Frankfurt a. M.: Verlag der Gesellschaft zur Förderung arbeitsorientierter Forschung und Bildung.
- Ryan, R. M. & Deci, E. L. (2000). Self-determination theory and the facilitation of intrinsic motivation, social development, and well-being. *American psychologist*, 55(1), 68-78.
- Schaefer, G. (2002). Scientific Literacy im Dienste der Entwicklung allgemeiner Kompetenzen – „Fächerübergreifende Fächer“ im Schulunterricht. In W. Gräber, P. Nentwig, T. Koballa & R. Evens (Hrsg.), *Scientific Literacy - Der Beitrag der Naturwissenschaften zur Allgemeinen Bildung* (S. 83-104). Opladen: Leske + Budrich.
- Scharnhorst, U. (2001). Anchored Instruction: Situiertes Lernen in multimedialen Lernumgebungen. *Schweizerische Zeitschrift für Bildungswissenschaften*, 23(3), 471-492.
- Schecker, H., Bethge, T., Breuer, E., Dwingelo-Lütten, R. v., Langensiepen, B., Graf, H.-U. & Gropengießer, I. (1996). Naturwissenschaftlicher Unterricht im Kontext Allgemeiner Bildung. *Mathematisch und Naturwissenschaftlicher Unterricht*, 49(8), 488-492.

- Schecker, H. & Parchmann, I. (2006). Modellierung naturwissenschaftlicher Kompetenz. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 12(1), 45-66.
- Schiefele, H. (1992). Interesse und Qualität des Erlebens im Unterricht. In A. Krapp & M. Prenzel (Hrsg.), *Interesse, Lernen, Leistung - Konzepte und Forschungsansätze zur Analyse des Zusammenhangs von Interesse, Lernen und Leistung* (S. 85-121). Münster: Aschendorf.
- Schiefele, H., Prenzel, M., Krapp, A., Heiland, A. & Kasten, H. (1983). Zur Konzeption einer pädagogischen Theorie des Interesses. *Arbeiten zur Empirischen Pädagogik und Pädagogischen Psychologie. Gelbe Reihe 6*. München: Universität der Bundeswehr.
- Schiefele, H. & Krapp, A. (1996). Topic interest and free recall of expository text. *Learning and individual Differences*, 8(2), 141-160.
- Schiefele, H., Krapp, A. & Schreyer, I. (1993). Metaanalyse des Zusammenhangs von Interesse und schulischer Leistung. *Zeitschrift für Entwicklungspsychologie und pädagogische Psychologie*, 10(2), 120-148.
- Schlippe, A. v. & Schweitzer, J. (1996). *Lehrbuch der systemischen Therapie und Beratung*. Göttingen: Vandenhoeck & Ruprecht.
- Seidel, T., Prenzel, M., Rimmele, R., Schwindt, K., Kobarg, M., Herweg, C. & Dalehefte, I. M. (2006a) Unterrichtsmuster und ihre Wirkungen. Eine Videostudie im Physikunterricht. In M. Prenzel & L. Allolio-Näcke (Hrsg.). *Untersuchungen zur Bildungsqualität von Schule. Abschlussbericht des DFG-Schwerpunktprogramms* (S. 99-123). Münster: Waxmann.
- Seidel, T., Prenzel, M., Rimmele, R., Dalehefte, I. M., Herweg, C., Kobarg, M. & Schwindt, K. (2006b). Blicke auf den Physikunterricht. Ergebnisse der IPN Videostudie. *Zeitschrift für Pädagogik* 52(6), 799-821.
- Seidel, T., Prenzel, M., Duit, R. & Lehrke, M. (Hrsg.) (2003), *Technischer Bericht zur Videostudie "Lehr-Lern-Prozesse im Physikunterricht"* (S. 77-98). Kiel: Universität, Leibniz-Institut für die Pädagogik der Naturwissenschaften.
- Seidel, T. (2003). *Lehr-Lernskripts im Unterricht – Freiräume und Einschränkungen für kognitive und motivationale Lernprozesse - eine Videostudie im Physikunterricht*. Münster: Waxmann.
- Shamos, M. H. (2002). Durch Prozesse ein Bewußtsein für die Naturwissenschaften entwickeln. In W. Gräber, P. Nentwig, T. Koballa & R. Evens (Hrsg.), *Scientific Literacy - Der Beitrag der Naturwissenschaften zur Allgemeinen Bildung* (S. 45-68). Opladen: Leske + Budrich.
- Shavelson, R. J., Hubner, J. J. & Stanton G. C. (1976). Validation of construct interpretations. *Review of Educational Research*, 46, 407-441.
- SINUS online. SINUS-Transfer. Zugriff am 01.06.2019. Verfügbar unter <http://www.sinus-transfer.de/startseite.html>

- Stecher, L. & Maschke, S. (2013). Wenn Beziehungen anders werden - Veränderungen im Verhältnis zu sich und der sozialen Umwelt. *Schüler - Wissen für Lehrer, Pubertät*, 11-13.
- Stigler, J. W., Gallimore, R., & Hiebert, J. (2000). Using video surveys to compare classrooms and teaching across cultures: Examples and lessons from the TIMSS video studies. *Educational Psychologist*, 35(2), 87-100.
- Silvia, P.J. (2005). What is interesting? Exploring the appraisal structure of interest. *Emotion*, 5(1), 89-102.
- Silvia, P. J. (2006). *Exploring the psychology of interest*. Oxford University Press.
- Steyer, R. & Eid, M. (2001). *Messen und Testen* (2. Aufl.). Berlin, Heidelberg: Springer.
- Stowasser, J. M., Petschenig, M. & Skutsch, F. (1971). *Der kleine Stowasser: Lateinisch-deutsches Schulwörterbuch*. München: G Freytag
- Tesch, M. (2005). *Das Experiment im Physikunterricht. Didaktische Konzepte und Ergebnisse einer Videostudie*. Berlin: Logos.
- Tesch, M. & Duit, R. (2004). Experimentieren im Physikunterricht - Ergebnisse einer Videostudie. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 10, 51-59.
- Terhart, E. (1999). Konstruktivismus und Unterricht. Gibt es einen neuen Ansatz in der Allgemeinen Didaktik?. *Zeitschrift für Pädagogik*, 45(5), 629-47.
- Terhart, E. (2011). Zur Situation der Fachdidaktiken aus der Sicht der Erziehungswissenschaft: konzeptionelle Probleme, institutionelle Bedingungen, notwendige Perspektiven. In H. Bayerhuber, U. Harms, B. Muszynski, B. Ralle, M. Rothgangel, L.-H. Schön, H. J. Vollmer & H.-G. Weigand (Hrsg.), *Empirische Fundierung in den Fachdidaktiken (Fachdidaktische Forschungen 1)* (S. 241-256). Münster: Waxmann.
- ThILLM (Thüringer Institut für Lehrendenfortbildung, Lehrplanentwicklung und Medien) (2012). Lehrplan Physik. Gymnasium. Zugriff am 01.06.2019. Verfügbar unter <https://www.schulportal-thueringen.de/web/guest/media/detail?tspi=2280>
- TIMSS. Trends in International Mathematics and Science Study. Zugriff am 02.06.2019. verfügbar unter <https://www.kmk.org/themen/qualitaetssicherung-in-schulen/bildungsmonitoring/internationale-schulleistungsvergleiche/timss.html>
- Todt, E., Drewes, R. & Heils, S. (1991). The development of interests during adolescence: Social context, individual differences and individual significance. In R.K. Silbereisen & E. Todt (Hrsg.) *Adolescence in context: The interplay of family, school, peers and work in adjustment* (S. 82–95). New York: Springer.
- Tracey, T. J. (2002). Development of interests and competency beliefs: A 1-year longitudinal study of fifth-to eighth-grade students using the ICA-R and structural equation modeling. *Journal of Counseling Psychology*, 49(2), 148-163.

## Literaturverzeichnis

- Urhahne, D. (2002). *Motivation und Verstehen*. Münster: Waxmann.
- Volkmer, M. (Hrsg.) (2001). *Elektronik Sammelband - Naturwissenschaften im Unterricht Physik*. Velber: Friedrich.
- Wagenschein, M. (1968). *Verstehen lehren: Genetisch-Sokratisch-Exemplarisch*. Weinheim, Basel: Beltz.
- Weinert, F. E. (2001). Vergleichende Leistungsmessung in Schulen - eine umstrittene Selbstverständlichkeit. In F. E. Weinert (Hrsg.), *Leistungsmessung in Schulen* (S. 82–95). Weinheim, Basel: Beltz.
- Weinert, F. E. (1999a). Psychologische Orientierungen in der Pädagogik. In H. Röhrs & H. Scheuerl (Hrsg.), *Richtungsstreit in der Erziehungswissenschaft und pädagogische Verständigung. Wilhelm Flitner zur Vollendung seines 100. Lebensjahres am 20. August 1989 gewidmet* (S. 203-214). Frankfurt a. M: Lang.
- Weinert, F. E. (1999b). Aus Fehlern lernen und Fehler vermeiden lernen. In W. Althof (Hrsg.), *Fehlerwelten - Vom Fehlermachen und Lernen aus Fehlern* (S. 101-109). Opladen: Leske + Budrich.
- Wiesner, H. (1995). Physikunterricht - an Schülervorstellungen und Lernschwierigkeiten orientiert. *Unterrichtswissenschaft*. 23(2), 127-145.
- Wigfield, A. & Eccles, J.S. (1992). The development of achievement task values: A theoretical analysis. *Developmental Review*. 12(3), 265-310.
- Willems, A. S. (2011). *Bedingungen des situationalen Interesses im Mathematikunterricht: eine mehrebenenanalytische Perspektive*. Münster: Waxmann.
- Winter, R. (Hrsg.) (2012). Halbleiter. *Naturwissenschaften im Unterricht Physik*, 128.
- Wodzinski, C. T. (2010). *Lerndiagnose und Leistungsbeurteilung* – PiKo-Briefe 12 & 13. In R. Duit & S. Mikelskis-Seifert (Hrsg.), *Physik im Kontext – Konzepte, Idee, Materialien für effizienten Physikunterricht* (S. 28). Seelze: Friedrich
- Wolff, D. (1994). Der Konstruktivismus: Ein neues Paradigma in der Fremdsprachendidaktik. *Die Neueren Sprachen*, 93(5), 407-429.
- Ziegelbauer, S. (2012). Kognitive Aktivität – ein Konzept zur Beschreibung von Lernprozessmustern. In A. Jantowski (Hrsg.), *Kontinuität und Wandel*. Bad Berka: Thüringer Institut für Lehrendenfortbildung, Lehrplanentwicklung und Medien.
- Zinnecker, J., Behnken, I., Maschke, S. & Stecher, L. (2003). *Null Zoff & voll busy. Die erste Jugendgeneration des neuen Jahrhunderts. Ein Selbstbild* (2. Aufl.). Opladen: Leske + Budich

## Abbildungs- und Tabellenverzeichnis

<i>Abbildung 1.</i> Erhebungsverlauf der Interventionsstudie.	95
<i>Abbildung 2.</i> Prozentuale Anteile ausgewählter Interessenbereiche zum Zeitpunkt $t_{prä}$ .	136
<i>Abbildung 3.</i> Häufigkeitsverteilung des Leistungsstands im Fach Physik (Vorjahresnote).	140
<i>Abbildung 4.</i> Antwortverhalten auf die Einzelitems im Treatmentcheck (TG-KG-Vergleich).	143
<i>Abbildung 5.</i> HL-Wissen (erreichte Punktzahl) im Vergleich zwischen den Messzeitpunkten $t_{prä}$ und $t_{post}$ .	144
<i>Abbildung 6.</i> Notenverteilung (Häufigkeit) der Klassenarbeit zum Thema Halbleiter.	145
<i>Abbildung 7.</i> Erreichte Punktzahl im Kompetenztest <i>Fachwissen E-Lehre</i> im TG-KG-Vergleich zu $t_{prä}$ und $t_{post}$ .	148
<i>Abbildung 8.</i> Normierte erreichte Punktzahl im Kompetenztest <i>Fachwissen E-Lehre</i> im TG-KG-Vergleich zu $t_{prä}$ und $t_{post}$ (Komplexität <i>Eins</i> und <i>Zwei</i> der Testaufgaben).	150
<i>Abbildung 9.</i> Normierte erreichte Punktzahl im Kompetenztest <i>Fachwissen E-Lehre</i> im TG-KG-Vergleich zu $t_{prä}$ und $t_{post}$ (Komplexität <i>Drei</i> bis <i>Sechs</i> der Testaufgaben).	151
<i>Abbildung 10.</i> Erreichte Punktzahl im Kompetenztest <i>Fachwissen E-Lehre Lehre</i> im TG-KG-Vergleich zu $t_{prä}$ und $t_{post}$ bei Lernenden mit höherem Vorwissen zum Themengebiet Halbleiter.	155
<i>Abbildung 11.</i> Erreichte Punktzahl im Kompetenztest <i>Fachwissen E-Lehre Lehre</i> im TG-KG-Vergleich zu $t_{prä}$ und $t_{post}$ bei Lernenden mit geringerem Vorwissen zum Themengebiet Halbleiter.	156
<i>Abbildung 12.</i> Erreichte Punktzahl im Kompetenztest <i>Fachwissen E-Lehre</i> zu $t_{prä}$ und $t_{post}$ in der TG bei Lernenden mit geringerem vs. höherem Vorwissen zum Themengebiet Halbleiter.	157
<i>Abbildung 13.</i> Erreichte Punktzahl im Kompetenztest <i>Fachwissen E-Lehre</i> zu $t_{prä}$ und $t_{post}$ in der KG bei Lernenden mit geringerem vs. höherem Vorwissen zum Themengebiet Halbleiter.	158
<i>Abbildung 14.</i> Erreichte Punktzahl im Kompetenztest <i>Fachwissen E-Lehre Lehre</i> im TG-KG-Vergleich zu $t_{prä}$ und $t_{post}$ bei Lernenden mit den Physiknoten <i>Eins</i> und <i>Zwei</i> .	160
<i>Abbildung 15.</i> Erreichte Punktzahl im Kompetenztest <i>Fachwissen E-Lehre Lehre</i> im TG-KG-Vergleich zu $t_{prä}$ und $t_{post}$ bei Lernenden mit den Physiknoten <i>Drei</i> und <i>Vier</i> .	160
<i>Abbildung 16.</i> Erreichte Punktzahl im Kompetenztest <i>Fachwissen E-Lehre</i> zu $t_{prä}$ und $t_{post}$ in der TG bei Lernenden mit verschiedenem Leistungsstand im Fach Physik.	161
<i>Abbildung 17</i> Erreichte Punktzahl im Kompetenztest <i>Fachwissen E-Lehre</i> zu $t_{prä}$ und $t_{post}$ in der KG bei Lernenden mit verschiedenem Leistungsstand im Fach Physik.	162

<i>Abbildung 18.</i> Erreichte Punktzahl im Kompetenztest <i>Fachwissen E-Lehre Lehre</i> im TG-KG-Vergleich zu $t_{prä}$ und $t_{post}$ bei Lernenden mit stärkerem Fähigkeitsselbstkonzept.	164
<i>Abbildung 19.</i> Erreichte Punktzahl im Kompetenztest <i>Fachwissen E-Lehre Lehre</i> im TG-KG-Vergleich zu $t_{prä}$ und $t_{post}$ bei Lernenden mit schwächerem Fähigkeitsselbstkonzept.	164
<i>Abbildung 20.</i> Erreichte Punktzahl im Kompetenztest <i>Fachwissen E-Lehre</i> zu $t_{prä}$ und $t_{post}$ in der TG bei Lernenden mit unterschiedlichem Fähigkeitsselbstkonzept (FSK).	165
<i>Abbildung 21.</i> Erreichte Punktzahl im Kompetenztest <i>Fachwissen E-Lehre</i> zu $t_{prä}$ und $t_{post}$ in der KG bei Lernenden mit unterschiedlichem Fähigkeitsselbstkonzept (FSK).	166
<i>Abbildung 22.</i> Erreichte Punktzahl im Kompetenztest <i>Fachwissen E-Lehre Lehre</i> im TG-KG-Vergleich zu $t_{prä}$ und $t_{post}$ bei Lernende mit höherem Fachinteresse.	168
<i>Abbildung 23.</i> Erreichte Punktzahl im Kompetenztest <i>Fachwissen E-Lehre Lehre</i> im TG-KG-Vergleich zu $t_{prä}$ und $t_{post}$ bei Lernende mit geringerem Fachinteresse.	169
<i>Abbildung 24.</i> Erreichte Punktzahl im Kompetenztest <i>Fachwissen E-Lehre</i> zu $t_{prä}$ und $t_{post}$ in der TG bei Lernenden mit unterschiedlichem Fachinteresse Physik.	170
<i>Abbildung 25.</i> Erreichte Punktzahl im Kompetenztest <i>Fachwissen E-Lehre</i> zu $t_{prä}$ und $t_{post}$ in der KG bei Lernenden mit unterschiedlichem Fachinteresse Physik.	170
<i>Abbildung 26.</i> Zeitlicher Verlauf des situationalen Interesses (gesamt) über die vier Zeitpunkte im TG-KG-Vergleich.	172
<i>Abbildung 27.</i> Zeitlicher Verlauf des situationalen Interesses ( <i>catch</i> ) über die vier Zeitpunkte im TG-KG-Vergleich.	173
<i>Abbildung 28.</i> Zeitlicher Verlauf des situationalen Interesses ( <i>hold</i> ) über die vier Zeitpunkte im TG-KG-Vergleich.	173
<i>Abbildung 29.</i> Interesses am Schulfach Physik im TG-KG-Vergleich, Veränderung von $t_{prä}$ zu $t_{post}$ .	176
<i>Abbildung 30.</i> Häufigkeit der informierenden Freizeitbeschäftigung mit Physik im TG-KG-Vergleich, Veränderung von $t_{prä}$ zu $t_{post}$ .	177

<b>Tabelle 1.</b> Wirkmechanismen zwischen Interesse, Lernhandlung und Kompetenzerwerb.	43
<b>Tabelle 2.</b> Ablauf der Unterrichtsreihe.	99
<b>Tabelle 3.</b> Strukturmomente der einzelnen Unterrichtsphasen.	120
<b>Tabelle 4.</b> Skalen des Hauptfragebogens.	128
<b>Tabelle 5.</b> Skala des situationalen Interesses.	131
<b>Tabelle 6.</b> Reliabilität des situationalen Interesses zu den einzelnen Messzeitpunkten.	132
<b>Tabelle 7.</b> Items zum Treatmentcheck.	133
<b>Tabelle 8.</b> Stichprobe der Hauptstudie.	134
<b>Tabelle 9.</b> Korrelationen der Merkmale vor Beginn der Intervention für die Gesamtstichprobe.	135
<b>Tabelle 10.</b> Physik-Fachinteresse und Häufigkeit der Freizeitbeschäftigung mit Physik vor Beginn zu $t_{prä}$ .	137
<b>Tabelle 11.</b> Kompetenz <i>Fachwissen E-Lehre</i> .	138
<b>Tabelle 12.</b> Vorwissen zum Thema <i>Halbleiter</i> .	139
<b>Tabelle 13.</b> Fähigkeitsselbstkonzept im Schulfach Physik zum Zeitpunkte $t_{prä}$ .	141
<b>Tabelle 14.</b> Varianzanalyse mit Messwiederholung; TG-KG- Vergleich des Fähigkeitsselbstkonzepts.	141
<b>Tabelle 15.</b> Mann-Whitney-U Test, TG-KG-Vergleich des Antwortverhaltens im Treatmentcheck.	144
<b>Tabelle 16.</b> Varianzanalyse; Kompetenz <i>Fachwissen E-Lehre</i> im TG-KG-Vergleich zu $t_{prä}$ und $t_{post}$ .	149
<b>Tabelle 17.</b> Varianzanalyse; Kompetenz <i>Fachwissen E-Lehre</i> im TG-KG-Vergleich zu $t_{prä}$ und $t_{post}$ ; Aufgabenkomplexität Eins und Zwei.	150
<b>Tabelle 18.</b> Varianzanalyse; Kompetenz <i>Fachwissen E-Lehre</i> im TG-KG-Vergleich zu $t_{prä}$ und $t_{post}$ ; Aufgabenkomplexität <i>Drei bis Sechs</i> .	151
<b>Tabelle 19.</b> Korrelationen ausgewählter Merkmale für TG (oben re.) und KG (unten li.).	152
<b>Tabelle 20.</b> Variablen der multiplen Regressionsanalyse zur Kompetenzentwicklung.	153
<b>Tabelle 21.</b> Kennwerte der Regressionsanalyse in der KG.	153
<b>Tabelle 22.</b> Varianzanalyse; Kompetenz <i>Fachwissen E-Lehre</i> im TG-KG-Vergleich zu $t_{prä}$ und $t_{post}$ für die Subgruppe mit höherem HL-Vorwissen.	155
<b>Tabelle 23.</b> Varianzanalyse; Kompetenz <i>Fachwissen E-Lehre</i> im TG-KG-Vergleich zu $t_{prä}$ und $t_{post}$ für die Subgruppe mit geringerem HL-Vorwissen.	156
<b>Tabelle 24.</b> Varianzanalyse; Kompetenz <i>Fachwissen E-Lehre</i> zu $t_{prä}$ und $t_{post}$ im Vergleich der Subgruppen Vorwissen geringer vs. Vorwissen höher in der TG	157
<b>Tabelle 25.</b> Varianzanalyse; Kompetenz <i>Fachwissen E-Lehre</i> zu $t_{prä}$ und $t_{post}$ im Vergleich der Subgruppen Vorwissen geringer vs. Vorwissen höher in der KG	158
<b>Tabelle 26.</b> Varianzanalyse; Kompetenz <i>Fachwissen E-Lehre</i> im TG-KG-Vergleich zu $t_{prä}$ und $t_{post}$ für die Subgruppe mit den Physiknoten <i>Eins</i> und <i>Zwei</i> .	159

<b>Tabelle 27.</b> Varianzanalyse; Kompetenz <i>Fachwissen E-Lehre</i> im TG-KG-Vergleich zu $t_{prä}$ und $t_{post}$ für die Subgruppe mit den Physiknoten <i>Drei</i> und <i>Vier</i> .	161
<b>Tabelle 28.</b> Varianzanalyse; Kompetenz <i>Fachwissen E-Lehre</i> zu $t_{prä}$ und $t_{post}$ im Vergleich der Subgruppen mit verschiedenem Vorleistungsstand in der TG.	162
<b>Tabelle 29.</b> Varianzanalyse; Kompetenz <i>Fachwissen E-Lehre</i> zu $t_{prä}$ und $t_{post}$ im Vergleich der Subgruppen mit verschiedenem Vorleistungsstand in der KG.	163
<b>Tabelle 30.</b> Varianzanalyse; Kompetenz <i>Fachwissen E-Lehre</i> im TG-KG-Vergleich zu $t_{prä}$ und $t_{post}$ für die Subgruppe mit höherem Fähigkeitsselbstkonzept.	163
<b>Tabelle 31.</b> Varianzanalyse; Kompetenz <i>Fachwissen E-Lehre</i> im TG-KG-Vergleich zu $t_{prä}$ und $t_{post}$ für die Subgruppe mit schwächerem Fähigkeitsselbstkonzept.	165
<b>Tabelle 32.</b> Varianzanalyse; Kompetenz <i>Fachwissen E-Lehre</i> zu $t_{prä}$ und $t_{post}$ im Vergleich der Subgruppen mit verschiedenem Fähigkeitsselbstkonzept in der TG.	166
<b>Tabelle 33.</b> Varianzanalyse; Kompetenz <i>Fachwissen E-Lehre</i> zu $t_{prä}$ und $t_{post}$ im Vergleich der Subgruppen mit verschiedenem Fähigkeitsselbstkonzept in der KG.	167
<b>Tabelle 34.</b> Varianzanalyse; Kompetenz <i>Fachwissen E-Lehre</i> im TG-KG-Vergleich zu $t_{prä}$ und $t_{post}$ für die Subgruppe mit höherem Fachinteresse Physik.	167
<b>Tabelle 35.</b> Varianzanalyse; Kompetenz <i>Fachwissen E-Lehre</i> im TG-KG-Vergleich zu $t_{prä}$ und $t_{post}$ für die Subgruppe mit geringem Fachinteresse Physik.	169
<b>Tabelle 36.</b> Varianzanalyse; Kompetenz <i>Fachwissen E-Lehre</i> zu $t_{prä}$ und $t_{post}$ im Vergleich der Subgruppen mit unterschiedlichem Fachinteresse Physik in der TG.	170
<b>Tabelle 37.</b> Varianzanalyse; Kompetenz <i>Fachwissen E-Lehre</i> zu $t_{prä}$ und $t_{post}$ im Vergleich der Subgruppen mit unterschiedlichem Fachinteresse Physik in der KG.	171
<b>Tabelle 38.</b> Varianzanalyse; situationales Interesse zu vier Zeitpunkten im TG-KG-Vergleich.	172
<b>Tabelle 39.</b> Korrelation zwischen Kompetenz (Komp.) zu $t_{post}$ , $\Delta$ Kompetenz ( $t_{post}-t_{prä}$ ) und $\Delta$ situationales Interesse ( $Int_{sit}$ ) ( $t_4-t_1$ ).	175
<b>Tabelle 40.</b> Varianzanalyse; Interessens am Schulfach Physik im TG-KG-Vergleich zu $t_{prä}$ und $t_{post}$ .	176
<b>Tabelle 41.</b> Varianzanalyse; Häufigkeit der informierenden Freizeitbeschäftigung mit Physik im TG-KG-Vergleich zu $t_{prä}$ und $t_{post}$ .	177

# Anhang

## Abbildungs- und Tabellenverzeichnis Anhang

<i>Abbildung A1.</i> Verteilung des Merkmals <i>Fähigkeitsselbstkonzept im Fach Physik</i> über die Gesamtstichprobe.	217
<i>Abbildung A2.</i> Verteilung des Interesses am Schulfach Physik für die Gesamtstichprobe zu $t_{prä}$ .	219
<b>Tabelle A1.</b> Deskriptive Analysen, Kompetenzdaten <i>Fachwissen E-Lehre</i> zu $t_{prä}$ und $t_{post}$ .	211
<b>Tabelle A2.</b> Deskriptive Analysen, Aufgabenkomplexität 1 & 2.	211
<b>Tabelle A3.</b> Deskriptive Analysen, Aufgabenkomplexität 3-6.	211
<b>Tabelle A4.</b> Deskriptive Analyse der Kompetenzdaten <i>Fachwissen E-Lehre</i> zu $t_{prä}$ und $t_{post}$ , aufgeteilte Stichprobe nach Vorwissen Halbleiter.	212
<b>Tabelle A5.</b> Substichproben mit verschiedenem Vorwissen.	212
<b>Tabelle A6.</b> (Vor)Wissenstests zum Thema Halbleiter zu $t_{prä}$ und $t_{post}$ .	213
<b>Tabelle A7.</b> Deskriptive Analyse der Kompetenzdaten <i>Fachwissen E-Lehre</i> zu $t_{prä}$ und $t_{post}$ aufgeteilt nach Schulnoten.	213
<b>Tabelle A8.</b> Substichproben mit verschiedenem Leistungsstand.	214
<b>Tabelle A9.</b> Deskriptive Analyse des (Vor-)Leistungsstands im Fach Physik geteilt nach Gruppen.	214
<b>Tabelle A10.</b> Häufigkeiten der erbrachten Prozente des Erwartungshorizontes der Klassenarbeit nach der Intervention.	215
<b>Tabelle A11.</b> Deskriptive Analyse der Kompetenzdaten <i>Fachwissen E-Lehre</i> zu $t_{prä}$ und $t_{post}$ , aufgeteilte Stichprobe nach Fähigkeitsselbstkonzept.	215
<b>Tabelle A12.</b> Substichproben mit verschiedenem Fähigkeitsselbstkonzept.	216
<b>Tabelle A13.</b> Deskriptive Analyse des Fähigkeitsselbstkonzepts im Schulfach Physik zum Zeitpunkte $t_{prä}$ .	216
<b>Tabelle A14.</b> Freizeitbeschäftigung mit verschiedenen Themen zu $t_{prä}$ in Häufigkeit und Prozentanteil (Zusammenfassung der Kategorien <i>trifft voll zu</i> und <i>trifft eher zu</i> ).	217
<b>Tabelle A15.</b> Deskriptive Analyse der Kompetenzdaten <i>Fachwissen E-Lehre</i> zu $t_{prä}$ und $t_{post}$ aufgeteilt nach Ausprägung des Fachinteresses Physik.	218
<b>Tabelle A16.</b> Substichproben mit verschiedener Interessenausprägung.	218
<b>Tabelle A17.</b> Deskriptive Analyse des Treatmentchecks.	219
<b>Tabelle A18.</b> Deskriptive Analyse der Interessenmerkmale von $t_{prä}$ zu $t_{post}$ .	220
<b>Tabelle A19.</b> Deskriptive Analyse des situationalen Interesses.	220
<b>Tabelle A20.</b> Deskriptive Analyse der <i>catch</i> -Komponente des situationalen Interesses.	221
<b>Tabelle A21.</b> Deskriptive Analyse der <i>hold</i> -Komponente des situationalen Interesses.	221

**Tabelle A1.** Deskriptive Analysen, Kompetenzdaten *Fachwissen E-Lehre* zu  $t_{prä}$  und  $t_{post}$ .

	TG	KG
$t_{prä}$	MW=10.86	MW=11.67
	$\sigma$ =2.89	$\sigma$ =2.54
	N=57	N=51
$t_{post}$	MW=12.82	MW=12.37
	$\sigma$ =3.08	$\sigma$ =2.78
	N=57	N=51

**Tabelle A2.** Deskriptive Analysen, Aufgabenkomplexität 1 & 2.

	TG	KG
$t_{prä}$	MW=0.669	MW=0.699
	$\sigma$ =0.170	$\sigma$ =0.146
	N=57	N=51
$t_{post}$	MW=0.734	MW=0.744
	$\sigma$ =0.171	$\sigma$ =0.141
	N=57	N=51

**Tabelle A3.** Deskriptive Analysen, Aufgabenkomplexität 3-6.

	TG	KG
$t_{prä}$	MW=0.356	MW=0.406
	$\sigma$ =0.161	$\sigma$ =0.154
	N=57	N=51
$t_{post}$	MW=0.479	MW=0.450
	$\sigma$ =0.184	$\sigma$ =0.176
	N=57	N=51

**Tabelle A4.** Deskriptive Analyse der Kompetenzdaten *Fachwissen E-Lehre* zu  $t_{\text{prä}}$  und  $t_{\text{post}}$ , aufgeteilte Stichprobe nach Vorwissen Halbleiter.

	Treatment		Kontrolle	
	Vorwissen < 7	Vorwissen $\geq 7$	Vorwissen < 7	Vorwissen $\geq 7$
$t_{\text{prä}}$	MW=10.21 $\sigma=2.90$ N=33	MW=11.75 $\sigma=2.67$ N=24	MW=11.46 $\sigma=2.06$ N=24	MW=11.85 $\sigma=2.92$ N=27
$t_{\text{post}}$	MW=12.51 $\sigma=3.27$ N=33	MW=13.25 $\sigma=2.82$ N=24	MW=11.46 $\sigma=2.43$ N=24	MW=13.19 $\sigma=2.86$ N=27

**Tabelle A5.** Substichproben mit verschiedenem Vorwissen.

	TG		KG	
	Vorwissen hoch ( $\geq 7$ )	Vorwissen niedrig ( $< 7$ )	Vorwissen hoch ( $\geq 7$ )	Vorwissen niedrig ( $< 7$ )
	N=27	N=32	N=37	N=16
Leistung	MW=2.52 ( $\sigma=0.80$ )	MW=2.66 ( $\sigma=0.75$ )	MW=2.22 ( $\sigma=0.95$ )	MW=2.56 ( $\sigma=0.89$ )
Fähigkeitsselbstkonzept	MW(FSK)=2.94 ( $\sigma=0.89$ )	MW(FSK)=2.82 ( $\sigma=0.66$ )	MW(FSK)=3.04 ( $\sigma=0.82$ )	MW(FSK)=2.66 ( $\sigma=0.73$ )
Interesse	MW(Int)=2.75 ( $\sigma=0.91$ )	MW(Int)=2.90 ( $\sigma=0.70$ )	MW(Int)=2.78 ( $\sigma=0.61$ )	MW(Int)=2.32 ( $\sigma=0.70$ )
Varianzanalyse Interesse KG, Vergleich Vorwissen-Subgruppen $F(1,52)=11.32, p=.001$				
Varianzanalyse Interesse, Subgruppe geringes Vorwissen TG-KG-Vergleich $F(1,48)=7.58, p=.008$				

**Tabelle A6.** (Vor)Wissenstests zum Thema Halbleiter zu  $t_{prä}$  und  $t_{post}$ .

	TG	KG
$t_{prä}$	MW=6.67	MW=7.61
	$\sigma$ =2.32	$\sigma$ =2.49
	N=57	N=50
$t_{post}$	MW=9.75	MW=10.53
	$\sigma$ =1.81	$\sigma$ =1.83
	N=57	N=50

**Tabelle A7.** Deskriptive Analyse der Kompetenzdaten *Fachwissen E-Lehre* zu  $t_{prä}$  und  $t_{post}$  aufgeteilt nach Schulnoten.

Treatment		Kontrolle	
Noten 1&2	Noten 3&4	Noten 1&2	Noten 3&4
MW=11.04	MW=10.71	MW=11.5	MW=11.80
$\sigma$ =3.10	$\sigma$ =2.73	$\sigma$ =2.66	$\sigma$ =2.40
N=26	N=31	N=30	N=20
MW=13.0	MW=12.68	MW=12.67	MW=11.95
$\sigma$ =3.51	$\sigma$ =2.73	$\sigma$ =2.94	$\sigma$ =2.61
N=26	N=31	N=30	N=20

**Tabelle A8.** Substichproben mit verschiedenem Leistungsstand.

	TG		KG	
	Noten 1 und 2 N=26	Noten 3 und 4 N=33	Noten 1 und 2 N=31	Noten 3 und 4 N=22
Interesse	MW=3.00 ( $\sigma=0.74$ )	MW=2.70 ( $\sigma=0.84$ )	MW=2.68 ( $\sigma=0.72$ )	MW=2.58 ( $\sigma=0.61$ )
Fähigkeitsselbstkonzept	M(FSK)=3.21 ( $\sigma=0.66$ )	M(FSK)=2.61 ( $\sigma=0.75$ )	M(FSK)=3.14 ( $\sigma=0.85$ )	M(FSK)=2.58 ( $\sigma=0.63$ )
	Varianzanalyse FSK TG, Vergleich der Leistungsgruppen F(1,57)=10.28, p=.002		Varianzanalyse FSK KG, Vergleich der Leistungsgruppen F(1,51)=6.97, p=.011	
Vorwissen	MW=6.94 ( $\sigma=2.19$ )	MW=6.51 ( $\sigma=2.38$ )	MW=7.60 ( $\sigma=2.33$ )	MW=7.98 ( $\sigma=3.00$ )
	Varianzanalyse, TG-KG-Vergleich des HL-Vorwissens für Leistungsstand 3 & 4, F(1,53)=4.04, p=.049			

**Tabelle A9.** Deskriptive Analyse des (Vor-)Leistungsstands im Fach Physik geteilt nach Gruppen.

Gesamte Stichprobe	TG	KG
MW=2.46	MW=2.59	MW=2.32
$\sigma=0.86$	$\sigma=0.77$	$\sigma=0.94$
N=107	N=57	N=50

**Tabelle A10.** Häufigkeiten der erbrachten Prozente des Erwartungshorizontes der Klassenarbeit nach der Intervention.

	Gesamtstichprobe, N=103	TG N=49	KG N=54
0-29% (Note 6)	4	4	0
30%-49% (Note 5)	8	5	3
50%-66% (Note 4)	30	14	16
67%-80% (Note 3)	27	11	16
81%-91% (Note 2)	20	12	8
92%-100% (Note 1)	14	3	11

**Tabelle A11.** Deskriptive Analyse der Kompetenzdaten *Fachwissen E-Lehre* zu  $t_{\text{prä}}$  und  $t_{\text{post}}$ , aufgeteilte Stichprobe nach Fähigkeitsselbstkonzept.

	Treatment		Kontrolle	
	FSK < 2.83	FSK $\geq$ 2.83	FSK < 2.83	FSK $\geq$ 2.83
$t_{\text{prä}}$	MW=10.09	MW=11.38	MW=11.00	MW=12.17
	$\sigma$ =2.91	$\sigma$ =2.80	$\sigma$ =1.51	$\sigma$ =3.02
	N=23	N=34	N=22	N=29
$t_{\text{post}}$	MW=12.39	MW=13.12	MW=11.18	MW=13.28
	$\sigma$ =2.62	$\sigma$ =3.34	$\sigma$ =1.89	$\sigma$ =3.02
	N=23	N=34	N=22	N=29

**Tabelle A12.** Substichproben mit verschiedenem Fähigkeitsselbstkonzept.

	TG		KG	
	Niedriger (FSK<2.83)	Höher (FSK>=2.83)	Niedriger (FSK<2.83)	Höher (FSK>=2.83)
	N=25	N=34	N=24	N=30
Interesse	MW=2.37 ( $\sigma=0.79$ )	MW=3.17 ( $\sigma=0.63$ )	MW=2.37 ( $\sigma=0.61$ )	MW=2.86 ( $\sigma=0.64$ )
	Varianzanalyse Interesse TG, Vergleich FSK-Subgruppen F(1,57)=19.07, p<.001		Varianzanalyse Interesse KG, Vergleich FSK-Subgruppen F(1,52)=8.07, p=.006	
	Varianzanalyse, TG-KG-Vergleich der Interessenmittelwerte für FSK >=2.83, F(1,62)=4.02, p=.049			
Leistungsstand	MW=2.96 ( $\sigma=0.79$ )	MW=2.32 ( $\sigma=0.64$ )	MW=2.63 ( $\sigma=0.92$ )	MW=2.07 ( $\sigma=0.88$ )
	Varianzanalyse Leistungsstand TG, Vergleich FSK-Subgruppen F(1,57)=11.71, p=.001		Varianzanalyse Leistungsstand KG, Vergleich FSK-Subgruppen F(1,51)=5.0, p=.030	
Vorwissen	MW=6.06 ( $\sigma=2.45$ )	MW=7.18 ( $\sigma=2.07$ )	MW=7.35 ( $\sigma=2.81$ )	MW=7.95 ( $\sigma=2.50$ )

**Tabelle A13.** Deskriptive Analyse des Fähigkeitsselbstkonzepts im Schulfach Physik zum Zeitpunkt  $t_{\text{prä}}$ .

	TG	KG	Gesamtstichprobe
Mittelwert	MW=2.88	2.92	2.90
Median	$\bar{x}=2.83$	2.83	2.83
Standardabweichung	$\sigma=0.77$	0.81	0.78
Stichprobengröße	N=59	54	113

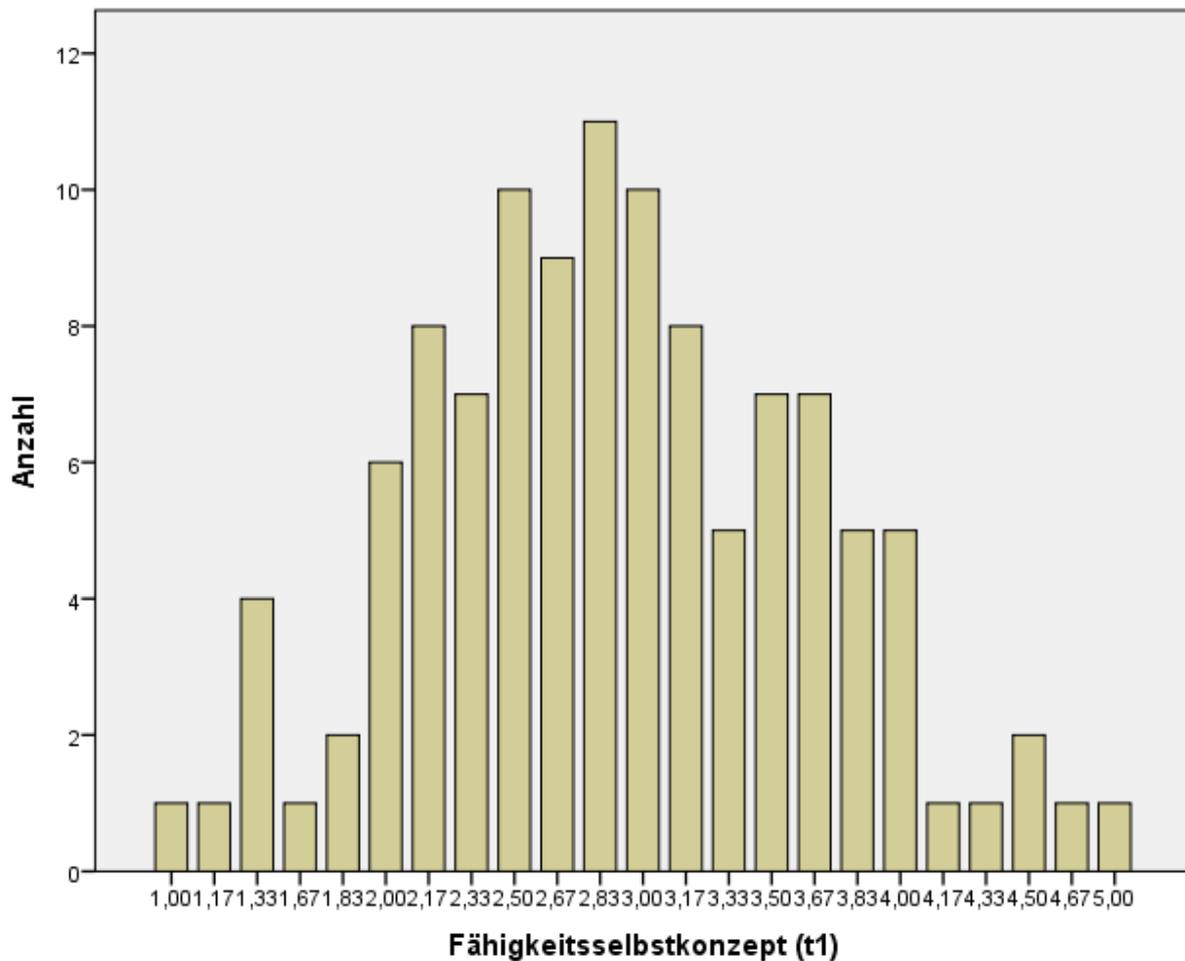


Abbildung A1. Verteilung des Merkmals *Fähigkeitsselbstkonzept* im Fach *Physik* über die Gesamtstichprobe.

**Tabelle A14.** Freizeitbeschäftigung mit verschiedenen Themen zu  $t_{\text{prä}}$  in Häufigkeit und Prozentanteil (Zusammenfassung der Kategorien *trifft voll zu* und *trifft eher zu*).

	TG (N=59)	KG (N=54)
Computer	28 (47,4%)	36 (66,7%)
Elektrotechnik	27 (45,7%)	30 (55,5%)
Naturwissenschaft	25 (42,4%)	21 (38,9%)
Politik	10 (17%)	8 (15,1%)
Andere Länder	18 (30,6%)	24 (44,5%)
Medizin und Gesundheit	22 (37,3%)	13 (24,1%)
Musik	38 (64,4%)	36 (66,7%)
Sport	38 (64,4%)	37 (68,5%)

**Tabelle A15.** Deskriptive Analyse der Kompetenzdaten *Fachwissen E-Lehre* zu  $t_{\text{prä}}$  und  $t_{\text{post}}$  aufgeteilt nach Ausprägung des Fachinteresses Physik.

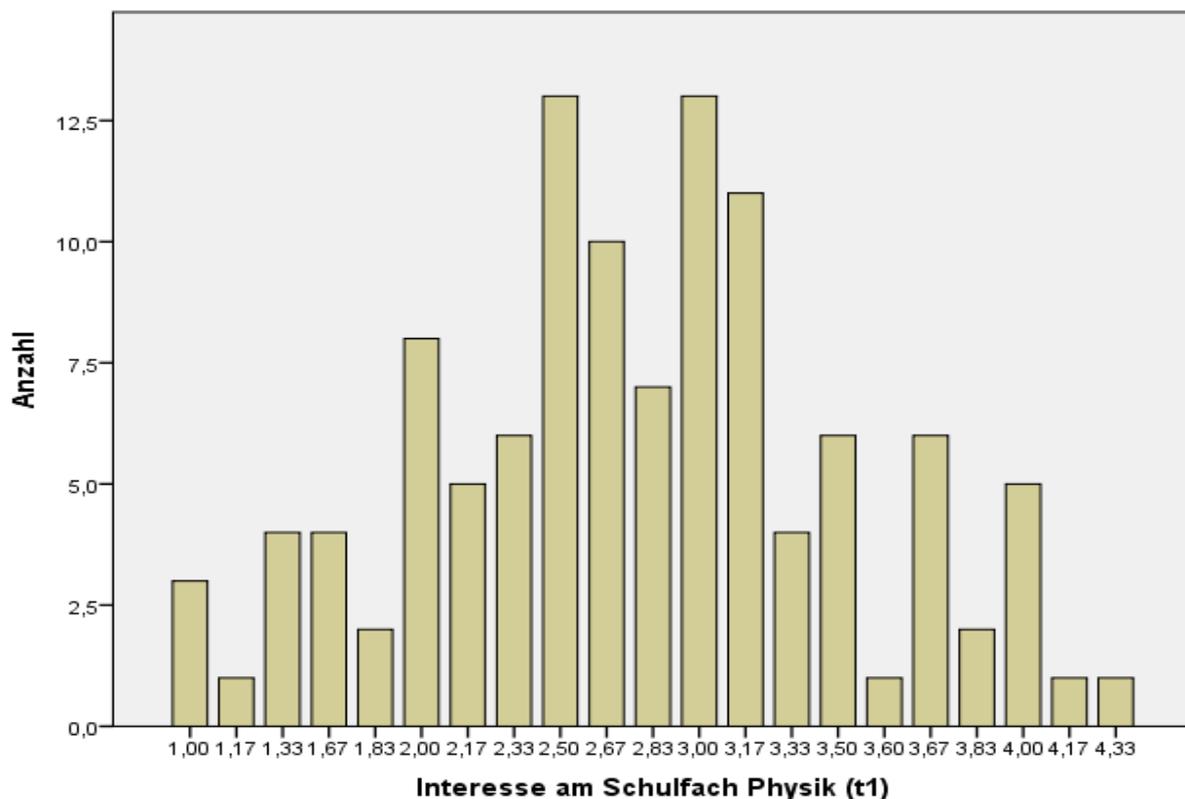
	TG		KG	
	Fachinteresse<2,83	Fachinteresse>=2,83	Fachinteresse<2,83	Fachinteresse>=2,83
$t_{\text{prä}}$	MW=9.88	MW=11.63	MW=11.41	MW=11.96
	$\sigma=2.55$	$\sigma=2.94$	$\sigma=1.78$	$\sigma=3.20$
	N=25	N=32	N=27	N=24
$t_{\text{post}}$	MW=12.56	MW=13.03	MW=11.33	MW=13.54
	$\sigma=2.68$	$\sigma=3.39$	$\sigma=1.88$	$\sigma=3.18$
	N=25	N=32	N=27	N=24

**Tabelle A16.** Substichproben mit verschiedener Interessenausprägung.

	TG		KG	
	Interesse hoch (>=2.83)	Interesse niedrig (<2.83)	Interesse hoch (>=2.83)	Interesse niedrig (<2.83)
	N=32	N=25	N=24	N=27
Leistungsstand	Notenmittelwert=2.41 ( $\sigma=0.76$ )	Notenmittelwert=2.81 ( $\sigma=0.74$ )	Notenmittelwert=2.32 ( $\sigma=0.95$ )	Notenmittelwert=2.32 ( $\sigma=0.94$ )
Varianzanalyse Leistungsstand TG, Gruppenvergleich Interesse hoch/niedrig $F(1,57)=5.38, p=.041$				
Varianzanalyse Leistungsstand, TG-KG-Vergleich, Interesse niedrig $F(1,53)=4.65,$ $p=.036$				
Fähigkeitsselbstkonzept	M(FSK)=3.24 ( $\sigma=0.67$ )	M(FSK)=2.44 ( $\sigma=0.65$ )	M(FSK)=3.33 ( $\sigma=0.70$ )	M(FSK)=2.56 ( $\sigma=0.73$ )
Varianzanalyse FSK TG, Gruppenvergleich Interesse hoch/niedrig $F(1,57)=21.07,$ $p<.001$		Varianzanalyse FSK KG, Gruppenvergleich Interesse hoch/niedrig $F(1,52)=15.33,$ $p<.001$		
Vorwissen	MW=6.88 ( $\sigma=2.24$ )	MW=6.50 ( $\sigma=2.37$ )	MW=8.32 ( $\sigma=2.49$ )	MW=7.14 ( $\sigma=2.67$ )
Varianzanalyse HL-Vorwissen, TG-KG-Vergleich, Interesse hoch $F(1,55)=2.29, p=.025$				

Tabelle A17. Deskriptive Analyse des Treatmentchecks.

	TG	KG
<b>t<sub>1</sub></b> : Der Unterricht griff meine Freizeitinteressen auf.	MW=2.17 $\sigma$ =1.08 N=48	MW=2.09 $\sigma$ =1.04 N=45
<b>t<sub>2</sub></b> : Das Thema meiner Gruppe greift meine Freizeitinteressen auf.	MW=2.65 $\sigma$ =1.25 N=48	MW=1.82 $\sigma$ =0.89 N=45
<b>t<sub>3</sub></b> : Die Relevanz des Themas Halbleiter für meine Freizeitinteressen wurde mir deutlich.	MW=2.65 $\sigma$ =1.08 N=48	MW=2.27 $\sigma$ =1.05 N=45
<b>t<sub>4</sub></b> : Die Zusammenführung der einzelnen Schwerpunkte aus den Gruppenarbeiten war interessant.	MW=2.92 $\sigma$ =1.09 N=48	MW=2.67 $\sigma$ =0.98 N=45

Abbildung A2. Verteilung des Interesses am Schulfach Physik für die Gesamtstichprobe zu t<sub>prä</sub>.

**Tabelle A18.** Deskriptive Analyse der Interessenmerkmale von  $t_{prä}$  zu  $t_{post}$ .

	Treatment		Kontrolle	
	Interesse am Schul- fach Physik	Häufigkeit der Frei- zeitbeschäftigung mit Physik	Interesse am Schulfach Physik	Häufigkeit der Frei- zeitbeschäftigung mit Physik
$t_{prä}$	MW=2.89 $\sigma$ =0.75 N=57	MW=2.13 $\sigma$ =0.59 N=56	MW=2.65 $\sigma$ =0.83 N=49	MW=2.20 $\sigma$ =0.50 N=49
$t_{post}$	MW=2.64 $\sigma$ =0.83 N=57	MW=2.21 $\sigma$ =0.63 N=56	MW=2.44 $\sigma$ =0.83 N=49	MW=2.12 $\sigma$ =0.58 N=49

**Tabelle A19.** Deskriptive Analyse des situationalen Interesses.

	TG	KG
$t_1$	MW=3.10 $\sigma$ =0.82 N=49	MW=2.49 $\sigma$ =0.53 N=46
$t_2$	MW=2.83 $\sigma$ =0.97 N=49	MW=2.30 $\sigma$ =0.78 N=46
$t_3$	MW=2.73 $\sigma$ =0.87 N=49	MW=2.23 $\sigma$ =0.70 N=46
$t_4$	MW=2.72 $\sigma$ =0.81 N=49	MW=2.18 $\sigma$ =0.71 N=46

**Tabelle A20.** Deskriptive Analyse der *catch*-Komponente des situationalen Interesses.

	TG	KG
<b>t<sub>1</sub></b>	MW=3.37	MW=2.76
	$\sigma=0.94$	$\sigma=0.66$
	N=49	N=46
<b>t<sub>2</sub></b>	MW=3.06	MW=2.50
	$\sigma=1.07$	$\sigma=0.85$
	N=49	N=46
<b>t<sub>3</sub></b>	MW=3.01	MW=2.49
	$\sigma=0.97$	$\sigma=0.79$
	N=49	N=46
<b>t<sub>4</sub></b>	MW=2.80	MW=2.36
	$\sigma=0.88$	$\sigma=0.79$
	N=49	N=46

**Tabelle A21.** Deskriptive Analyse der *hold*-Komponente des situationalen Interesses.

	TG	KG
<b>t<sub>1</sub></b>	MW=2.83	MW=2.25
	$\sigma=0.81$	$\sigma=0.53$
	N=46	N=43
<b>t<sub>2</sub></b>	MW=2.61	MW=2.11
	$\sigma=0.95$	$\sigma=0.78$
	N=46	N=43
<b>t<sub>3</sub></b>	MW=2.48	MW=2.03
	$\sigma=0.89$	$\sigma=0.73$
	N=46	N=43
<b>t<sub>4</sub></b>	MW=2.65	MW=2.02
	$\sigma=0.89$	$\sigma=0.68$
	N=46	N=43



## Ehrenwörtliche Erklärung

gemäß der Promotionsordnung der Fakultät für Sozial- und Verhaltenswissenschaft der Friedrich-Schiller-Universität Jena erkläre ich, dass die vorliegende Dissertationsschrift von mir unter Kenntnis der geltenden Promotionsordnung angefertigt und eingereicht wurde (§4 Abs. 3.1).

Unterstützt wurden die Erhebungen sowie die Auswahl und Auswertung der, dieser Studie zugrundeliegenden, Daten durch *Prof. Dr. Gerda Hagenauer*, Universität Salzburg, School of Education, Lehrstuhl für Bildungswissenschaft; *Prof. Dr. Doris Lewalter*, TU München, School of Education, Lehrstuhl für formelles und informelles Lernen; *Prof. Dr. Knut Neumann*, Leibniz-Institut für die Pädagogik der Naturwissenschaften und Mathematik (IPN), Universität Kiel, Abteilung Didaktik der Physik; sowie durch die betreuende Hochschullehrerin *Prof. Dr. Michaela Gläser-Zikuda*, Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg, Lehrstuhl für Schulpädagogik – Schwerpunkt empirische Unterrichtsforschung und den betreuenden Hochschullehrer *Prof. Dr. Alexander Gröschner*, Friedrich-Schiller-Universität Jena, Lehrstuhl für Schulpädagogik und Unterrichtsforschung (Erstgutachter) (§4 Abs. 3.3).

Über die von vielen Seiten erfolgte wissenschaftliche und persönliche Beratung im Promotionsprozess hinaus, wurde weder entgeltlich noch unentgeltlich eine professionelle Promotionsberatung in Anspruch genommen. Auch wurden über die Mittelvergabe an studentische Hilfskräfte im Rahmen der Datenerfassung im zugrundeliegenden BMBF-Forschungsprojekt (Förderkennzeichen 01JG1051) hinaus, weder mittelbar noch unmittelbar geldwerte Leistungen an Dritte vergeben für die Ausführung von Arbeiten, die im Zusammenhang mit dem Inhalt der vorgelegten Dissertation stehen (§4 Abs. 3.4).

Die Anfertigung der Dissertationsschrift erfolgte selbstständig. Alle hinzugezogenen Hilfsmittel und Quellen sind nach bestem Wissen und Gewissen der Kandidatin als solche gekennzeichnet. Weder die gesamte Schrift, noch Teile der Schrift, noch Ergebnisse der Datenanalyse sind im Rahmen anderer Prüfungsverfahren zur Begutachtung vorgelegt worden (§4 Abs. 3.2 sowie 3.5).

Jena, 24. Juni 2019

Helene Henriette Brakhage

## Danksagung

Meinem Doktorvater Herrn Prof. Dr. Alexander Gröschner danke ich für die Begleitung meiner Forschungsarbeit und die Übernahme der Elternschaft an meinem Dissertationsprojekt. Ebenso gilt mein Dank Frau Prof. Dr. Michaela Gläser-Zikuda als Leiterin des Forschungsprojektes, welche mir das Projekt anvertraut hat und mir über die Laufzeit des Forschungsprojektes sowie darüber hinaus in Gesprächen und Begegnungen die Möglichkeit gab, mich weiterzuentwickeln.

Dem Bundesministerium für Bildung und Forschung danke ich für den Förderzuschlag für das Forschungsprojekt „Interessenorientierung im Physikunterricht“ (Förderkennzeichen 01JG1051) sowie der Friedrich-Schiller-Universität Jena für die Wiedereinstiegsförderung aus den Fördermitteln der „ProChance“- Förderung für Chancengleichheit. Darüber hinaus danke ich dem ev. Studienwerk Villigst e.V. für die Förderung meines Physik-Studiums.

Mein besonderer Dank gilt den Lernenden im Physikunterricht, den Physik-Lehrkräften sowie den Schulleitenden der an der Studie beteiligten Schulen. Ohne ihre Bereitschaft und Offenheit, ihr Engagement im Rahmen der Unterrichtsreihe sowie ihre Geduld bei der Datenerhebung wäre diese Studie nicht möglich gewesen. Philipp Knittel danke ich für die Unterstützung bei der Dimensionierung und Anfertigung der Experimentiersets für die Schulklassen.

Den Hochschullehrenden Frau Prof. Dr. Gerda Hagenauer und Herrn Prof. Dr. Knut Neumann danke ich für ihre forschungsmethodische Unterstützung und dafür, dass ich bei ihnen zuverlässig ein offenes Ohr für meine Fragen fand.

Für die wissenschaftliche Begleitung des Forschungsprojektes am Deutschen Institut für pädagogische Forschung in Frankfurt danke ich dort den beratenden Hochschullehrenden. Darüber hinaus danke ich Herrn Dr. Sebastian Born, Herrn Dr. Christoph Nachtigall, Herrn Dr. Christian Spoden sowie Herrn Prof. Dr. Andreas Frey für die Unterstützung in forschungsmethodischen Fragen sowie Frau Dr. Julia Dietrich, Frau Dr. Päivi Taskinen, Frau Prof. Dr. Bärbel Kracke sowie Frau Prof. Dr. Doris Lewalter und ihrem Team für die Unterstützung und Beratung in Fragen der pädagogischen Psychologie.

Frau Dr. Margrit Glaser, Herrn Dr. Dennis Hauk, Frau Dr. Beate Hermann und Frau Dr. Susi Klass danke ich für ihre konstruktiven und motivierenden Rückmeldungen im Schreibprozess sowie Vicky Gebhard für ihr umsichtiges Management in organisatorischen Fragen.

Für die Betreuung im Rahmen des Doktorandenkollegs IV danke ich dem Zentrum für Lehrendenbildung und Bildungsforschung der Universität Jena. Für die beratende Unterstützung im Qualifikationsprozess im Rahmen der institutsweiten Promovierendenbetreuung gilt mein Dank den Leitenden und Mitarbeitenden des gesamten Instituts für Erziehungswissenschaft der Friedrich-Schiller-Universität Jena, besonders allen Mitarbeitenden am Lehrstuhl für Schulpädagogik und Unterrichtsforschung.

Für das Teilen wissenschaftlicher, aber auch nichtwissenschaftlicher Freuden und Leiden der Dissertationszeit danke ich den mir Nahestehenden, besonders Konrad, Ludwig und Peter Brakhage, die den Prozess der Entstehung dieser Arbeit begleitet, manchmal aber auch einfach ausgehalten oder wohl-tuend ausgeblendet haben und gegenwärtig waren in unterschiedlichen Zeiten.