

Professionswissen von Lehrkräften der Naturwissenschaften im Kompetenzbereich Erkenntnisgewinnung

Dissertation zur Erlangung des akademischen Grades
eines Doktors der Naturwissenschaften (Dr. rer. nat.)

Im Fachbereich 10 – Mathematik und Naturwissenschaften
Abteilung Didaktik der Biologie
der Universität Kassel

vorgelegt von
Hagen Kunz
Kassel, im September 2011

Betreuer: Prof. Dr. Jürgen Mayer

Prüfungskommission:

1. Gutacher: Prof. Dr. Jürgen Mayer
2. Gutacher: Prof. Dr. Andrea Möller
3. Gutacher: Prof. Dr. David-S. Di Fuccia
4. Gutachter: Prof. Dr. Rita Wodzinski

Tag der Disputation: 25.11.2011

I	Inhaltsverzeichnis	Seite
I	Inhaltsverzeichnis	4
II	Tabellenverzeichnis	7
III	Abbildungsverzeichnis	11
1	Einleitung	12
1.1	Einführung in die Untersuchung zum Professionellen Wissen von Lehrkräften der Naturwissenschaften	14
1.2	Anlage und Struktur der Untersuchung zum Professionellen Wissen von Lehrkräften der Naturwissenschaften.....	17
2	Qualitätsentwicklung im naturwissenschaftlichen Unterricht	24
2.1	Ausgangslage internationaler Schulleistungsstudien	25
2.2	Unterrichtsentwicklung im naturwissenschaftlichen Fachunterricht	28
2.2.1	Bildungsstandards für den mittleren Schulabschluss in den naturwissenschaftlichen Fächern.....	28
2.2.2	Standards für die Lehrerbildung.....	31
2.3	Professionswissen von Lehrkräften	35
2.3.1	Anforderungen an die Professionalisierung von Lehrkräften: Professionswissen und Handlungskompetenz.....	38
2.3.2	Professionelle Wissensdomänen von Lehrkräften	40
2.3.3	Fachwissen und Fachmethodisches Wissen von Lehrkräften	44
2.3.4	Bedeutung und Entwicklung des Professionellen Wissens von Lehrkräften im naturwissenschaftlichen Fachunterricht	48
2.3.5	Befunde der Bildungsforschung zu Wirkungen Professionellen Wissens von Lehrkräften	50
3	Projekt zur Qualitätsentwicklung: „Kompetenzorientiert unterrichten in Mathematik und Naturwissenschaften“	53
3.1	Das Projekt „Kompetenzorientiert unterrichten in Mathematik und Naturwissenschaften“ – ein Lehrerbildungsprogramm in Hessen	54

3.2	Ziele des Projekts	57
3.3	Struktur und Aufbau des Projekts	60
3.4	Kompetenzkonstrukte und Standards der Erkenntnisgewinnung im naturwissenschaftlichen Unterricht	63
4	Untersuchung zum fachmethodischen Wissen von Lehrkräften	67
4.1	Forschungsfragen zum fachmethodischen Wissen von Lehrkräften	68
4.2	Anlage der Untersuchung und Konstruktion der Instrumente.....	77
4.3	Stichprobe und Durchführung der Untersuchung.....	84
4.4	Auswertungsverfahren	91
5	Ergebnisse	98
5.1	Güte der Instrumente und statistische Prüfung der Daten	100
5.2	Einfluss des Fachwissens auf die Planung und Gestaltung der Lernsituation	109
5.3	Einschätzung und Selbstauskunft der Lehrkräfte zu den Erwartungen fach- und unterrichtsbezogenen Handelns an die Lernprogression der Schülerinnen und Schüler im naturwissenschaftlichen Unterricht	114
5.4	Standards der Erkenntnisgewinnung: Kenntnisse und Fertigkeiten in den Teilkompetenzen einer naturwissenschaftlichen Untersuchung.....	126
5.5	Befunde zu Prädiktorvariablen	130
5.5.1	Variable Alter	131
5.5.2	Variable Geschlecht.....	132
5.6	Anforderungen und Erwartungen von Lehrkräften an eine Professionalisierung im Bereich Fachwissen	135
6	Module zur Qualifizierung von Lehrkräften im Kompetenzbereich Erkenntnisgewinnung	140
6.1	Kompetenzorientiertes Lehren und Lernen naturwissenschaftlicher Erkenntnisgewinnung.....	144
6.2	Standards der Erkenntnisgewinnung im naturwissenschaftlichen Fachunterricht	151

6.3	Forschendes Lernen im standardorientierten naturwissenschaftlichen Fachunterricht.....	155
7	Diskussion	163
7.1	Die Bedeutung des Fachwissens für die kompetenzorientierte Anlage von Lehr- und Lernprozessen in den naturwissenschaftlichen Fächern.....	164
7.2	Erwartungen von Lehrkräften an das fach- und unterrichtsbezogene Handeln zur Lernprogression der Schülerinnen und Schüler im naturwissenschaftlichen Unterricht	167
7.3	Standards der Erkenntnisgewinnung: Kenntnisse und Fertigkeiten in den Teilkompetenzen einer naturwissenschaftlichen Untersuchung.....	173
7.4	Perspektiven für die Entwicklung Professionellen Wissens bei Lehrkräften: Hinweise zur Förderung von Kenntnissen und Fertigkeiten zum Wissenschaftlichen Denken.....	178
8	Literaturverzeichnis	182
IV	Anhang A	A 1
V	Anhang B	B 1

II	Tabellenverzeichnis	Seite
Tabelle 1:	Kompetenzerwerb in den Phasen der Lehrerbildung (nach: KMK 2004 d)	32
Tabelle 2:	Fachbezogene Kompetenzen von Lehrkräften in den naturwissenschaftlichen Fächern (zusammengestellt nach: KMK 2004 d, 2008).....	34
Tabelle 3:	Elemente im Wissensbereich Fachwissen Elemente (nach: Shulman 1986, 2004 sowie Abell 2007)	45
Tabelle 4:	Fortbildungsmodule im Projekt „Kompetenzorientiert unterrichten in Mathematik und Naturwissenschaften“ (nach: Kunz & Mayer 2009 e)	59
Tabelle 5:	Module in der Fortbildung an den Schulen im Projekt „Kompetenzorientiert unterrichten in Mathematik und Naturwissenschaften“	62
Tabelle 6:	Ziele, die Lehrkräfte im naturwissenschaftlichen Unterricht erreichen wollen (nach: Welzel, Haller & Bandiera 1998 a)	69
Tabelle 7:	Instrumente zur Beschreibung des fachmethodischen Wissens von Lehrkräften	77
Tabelle 8:	Operationalisierung der Kompetenzkonstrukte der Erkenntnisgewinnung im Erhebungsbogen	79
Tabelle 9:	Repräsentation der theoretischen Dimension im Erhebungsinstrument (nach: Mayer 2007)	81
Tabelle 10:	Operationalisierung wissenschaftsmethodischer Kompetenzen – Teilkompetenzen einer naturwissenschaftlichen Untersuchung	83
Tabelle 11:	Struktur der Stichprobe im Projekt „Kompetenzorientiert unterrichten in Mathematik und Naturwissenschaften“	85
Tabelle 12:	Codierung der Selbstauskunft zu den Zielen des naturwissenschaftlichen Arbeitens	86
Tabelle 13:	Anforderungen der Niveaustufen einer naturwissenschaftlichen Untersuchung	87
Tabelle 14:	Niveaustufen in den Teilkompetenzen einer naturwissenschaftlichen Untersuchung	88
Tabelle 15:	Klassifizierung der Kappa-Werte (nach: Landis & Koch 1977)	89
Tabelle 16:	Kappa-Werte der Testaufgaben zu den Standards der Erkenntnisgewinnung	89

Tabelle 17: Stärke des Zusammenhangs des Koeffizienten ($r_{(xy)}$) (nach: Kühnel & Krebs 2001)	94
Tabelle 18: Stärke des Zusammenhangs des Koeffizienten ($r_{(xy)}$) (nach: Cohen 1988 sowie Sedlmeier & Renkewitz 2008)	94
Tabelle 19: Stärke des Zusammenhangs des Koeffizienten ($r_{(xy)}$) (nach: Zöfel 2003)	94
Tabelle 20: Graduierung der Irrtumswahrscheinlichkeit (p) und des Signifikanzniveaus (nach: Bortz 2005 sowie Kühnel & Krebs 2001).....	95
Tabelle 21: Graduierung des partiellen Eta Quadrats ($\eta^2 p$) (nach: Bortz 2005)	96
Tabelle 22: Graduierung der Effektstärke (d) (nach: Cohen 1988)	97
Tabelle 23: Koeffizienten (p) der asymptotischen Signifikanz des Kolmogorov-Smirnov-Tests zur Prüfung der Daten auf Normalverteilung.....	100
Tabelle 24: Interne Konsistenz der Facetten nach Cronbachs α	101
Tabelle 25: Trennschärfekoeffizienten der Skalen „Dieses Ziel berücksichtige ich beim Unterrichten“ und die „Schüler erreichen das genannte Ziel“	103
Tabelle 26: Trennschärfekoeffizienten der Aufgabenformate in den Standards der Erkenntnisgewinnung.....	105
Tabelle 27: Faktorenanalyse der Items zu den Fertigkeiten und Kenntnissen der Lehrkräfte in den Standards der Erkenntnisgewinnung.....	106
Tabelle 28: Faktorenanalyse der reliablen Items zu den Fertigkeiten und Kenntnissen der Lehrkräfte in den Standards der Erkenntnisgewinnung.....	107
Tabelle 29: Kompetenzkonstrukte der Erkenntnisgewinnung in der Facette „Kompetenzorientiert Unterrichten“	109
Tabelle 30: Vergleich der Lehrkräfte mit einem und zwei naturwissenschaftlichen Fächern in der Facette „Kompetenzorientiert Unterrichten“	111
Tabelle 31: Effektstärken in der Facette „Kompetenzorientiert Unterrichten“ zum Vergleich der Lehrkräfte mit einem und zwei naturwissenschaftlichen Fächern	112
Tabelle 32: Kompetenzkonstrukte der Erkenntnisgewinnung in der Facette „Kompetenzbezogene Ziele erreichen“	114
Tabelle 33: Effektstärken der Facetten und Dimensionen „Kompetenzorientiert Unterrichten“ und „Kompetenzbezogene Ziele erreichen“	117

Tabelle 34:	Korrelation ($r_{(xy)}$) zwischen der Facette „Kompetenzorientiert Unterrichten“ und der Facette „Kompetenzbezogene Ziele erreichen“	119
Tabelle 35:	Korrelation ($r_{(xy)}$) zwischen der Dimension „Kompetenzorientiert Unterrichten“ und den Facetten „Kompetenzorientiert Unterrichten“ sowie „Kompetenzbezogene Ziele erreichen“	121
Tabelle 36:	Korrelation ($r_{(xy)}$) zwischen der Dimension „Kompetenzbezogene Ziele erreichen“ und den Facetten „Kompetenzorientiert Unterrichten“ sowie „Kompetenzbezogene Ziele erreichen“	121
Tabelle 37:	Vergleich der Lehrkräfte mit einem oder zwei naturwissenschaftlichen Fächern in der Facette und den Dimensionen „Kompetenzbezogene Ziele erreichen“	123
Tabelle 38:	Effektstärken in der Facette „Kompetenzbezogene Ziele erreichen“ zum Vergleich der Lehrkräfte mit einem und zwei naturwissenschaftlichen Fächern	124
Tabelle 39:	Korrelation ($r_{(xy)}$) zwischen den Facetten „Kompetenzorientiert Unterrichten“ und „Kompetenzbezogene Ziele erreichen“ und den Standards der Erkenntnisgewinnung	127
Tabelle 40:	Vergleich der Standards der Erkenntnisgewinnung nach Lehramt	128
Tabelle 41:	Effektstärken der Standards der Erkenntnisgewinnung nach Lehramt	128
Tabelle 42:	Vergleich männlicher und weiblicher Lehrkräfte in der Facette „Kompetenzorientiert Unterrichten“	133
Tabelle 43:	Vergleich männlicher und weiblicher Lehrkräfte in der Facette „Kompetenzbezogene Ziele erreichen“	133
Tabelle 44:	Mittelwerte der offenen Aufgaben differenziert nach dem Geschlecht	134
Tabelle 45:	Erwartungen der Lehrkräfte im Projekt „Kompetenzorientiert unterrichten in Mathematik und Naturwissenschaften“	135
Tabelle 46:	Erwartungen der Lehrkräfte an die Weiterentwicklung im naturwissenschaftlichen Kollegium	136
Tabelle 47:	Erwartungen der Lehrkräfte an die Qualitätsentwicklung im naturwissenschaftlichen Unterricht	137
Tabelle 48:	Erwartungen der Lehrkräfte an Verbesserungen der Rahmenbedingungen im naturwissenschaftlichen Unterricht	138

Tabelle 49: Standards der Erkenntnisgewinnung: Anforderungen in den Teilkompetenzen einer naturwissenschaftlichen Untersuchung (nach: Kunz & Mayer 2008 h).....	147
Tabelle 50: Prozess einer naturwissenschaftlichen Untersuchung (nach: Mayer 2007 sowie Kunz & Mayer 2008 f, h).....	149

III	Abbildungsverzeichnis	Seite
Abbildung 1:	Professionelles Wissen von Lehrkräften der Naturwissenschaften.....	47
Abbildung 2:	Module und Bausteine in der Fortbildung (aus: Kunz & Mayer 2009 e).....	58
Abbildung 3:	Fachmethodisches Wissen von Lehrkräften der Naturwissenschaften.....	78
Abbildung 4:	Mittelwerte und Standardabweichung der Facetten und Dimensionen „Kompetenzorientiert Unterrichten“ und „Kompetenzbezogene Ziele erreichen“.....	116
Abbildung 5:	Untersuchungsmethoden und Standards der Erkenntnisgewinnung (nach: Mayer 2007, Kunz & Mayer 2008 g).....	145
Abbildung 6:	Komplexität und kognitive Fähigkeiten naturwissenschaftlicher Arbeitsweisen (nach: Kunz & Mayer 2008 d).....	153
Abbildung 7:	Modell zur Entwicklung wissenschaftsmethodischer Kompetenzen (verändert nach: Mayer & Ziemek 2006, Mayer 2007).....	154
Abbildung 8:	Elemente Forschenden Lernens (verändert nach: Mayer & Ziemek 2006).....	157
Abbildung 9:	Implementation Forschenden Lernens im naturwissenschaftlichen Unterricht (nach: Kunz & Mayer 2008 h).....	159
Abbildung 10:	Untersuchungsmethoden und Phasen im naturwissenschaftlichen Erkenntnisprozess (nach: Mayer 2007, Kunz & Mayer 2008 h).....	161

1 Einleitung

Ergebnisse internationaler Schulleistungsstudien wie TIMSS (*Third International Mathematics and Science Study*) (Baumert, Lehmann, Lehrke et al. 1997; Neubrand 2006) und die PISA Studien (*Program for International Student Assessment*) der Jahre 2000 (Stanat, Artelt, Baumert et al. 2002), 2003 und 2006 haben eine umfassende Diskussion zur Qualität, Struktur und Effizienz der Ausbildung und Qualifizierung im deutschen Bildungssystem angestoßen (Klieme, Avenarius, Blum et al. 2007). In diesem Zusammenhang wird auch die Frage nach der Leistungsfähigkeit und Wirksamkeit qualifizierender Systeme in der Aus-, Fort- und Weiterbildung gestellt (Terhart 2002, 2006; Blömeke 2003; Blömeke, Reinhold & Tulodziecki 2004; Tenorth 2004). Das wachsende Interesse einer breiteren Öffentlichkeit an Fragen zur Qualität der Bildung in Deutschland steht dabei in unmittelbarem Zusammenhang mit der Bedeutung von Bildung als zentrales Element einer Wissensgesellschaft und den damit einhergehenden Dispositionen für deren ökonomische Entwicklung (Mayer 2004).

Die Kulturministerkonferenz der Länder (KMK) hat mit ihren Beschlüssen zu fachbezogenen Bildungsstandards für den mittleren Schulabschluss (KMK 2004 e) ein funktionales und länderübergreifendes Konzept vorgelegt, in dem Bildung durch Kompetenzen beschrieben wird (Mayer 2004). Im Zuge dieses Paradigmenwechsels (Frank 2005) beschreiben die vier Kompetenzbereiche (1) Fachwissen, (2) Erkenntnisgewinnung, (3) Kommunikation und (4) Bewertung Regelstandards (KMK 2004 a, b, c), die neue Anforderungen in den naturwissenschaftlichen Fächern stellen. Mit der Einführung der Bildungsstandards für den mittleren Schulabschluss geht die Verpflichtung einher, diese in der Unterrichtspraxis zu verankern (KMK 2004 e).

Innerhalb der naturwissenschaftlichen Fächer ist neben dem Fachwissen insbesondere der Kompetenzbereich Erkenntnisgewinnung von hohem Interesse (Mayer 2004, 2007), sowohl in der fachdidaktischen Forschung, als auch in der Ausbildung, Qualifizierung sowie beim Lehren und Lernen im naturwissenschaftlichen Unterricht. Neben den fachbezogenen Bildungsstandards in den naturwissenschaftlichen Fächern (KMK 2004 a, b, c) beschreiben die Standards für die Lehrerbildung (KMK 2004 d) und die ländergemeinsamen Anforderungen für die Fachwissenschaften und Fachdidaktiken (KMK 2008) ein auf die Bildungsstandards bezugnehmendes Anforderungsprofil für Lehrkräfte zur Sicherung der Qualität schulischer Bildung. Durch die

Einführung des Kompetenzbegriffs (Klieme, Avenarius, Blum et al. 2007) werden somit auch Kenntnisse und Fertigkeiten von Lehrkräften der Naturwissenschaften beschrieben, die auf Lehr- und Lernsituationen im Kompetenzbereich Fachwissen und Erkenntnisgewinnung ausgerichtet sind (Mayer 2004; KMK 2004 a, b, c). Die vorliegenden Standards markieren den Einstieg in ein Qualitätsmanagement, in dem die Standards konkretisiert und fachbezogen operationalisiert werden (Kunz-Heim 2002). Die Evaluation dieser Standards ermöglicht eine explizite und empirisch fundierte Darstellung der Lehrerbildung und ihrer Wirkungen sowie eine Überprüfung, inwieweit diese Standards erreicht werden (Terhart 2002; Arnold 2007; Bromme 2008; Köller & Baumert 2008).

1.1 Einführung in die Untersuchung zum Professionellen Wissen von Lehrkräften der Naturwissenschaften

Mit diesen veränderten Anforderungen sowohl in der Ausbildung und Qualifizierung als auch bei der Gestaltung von Lehr- und Lernsituationen geht die Notwendigkeit einer systematischen Unterstützung der Lehrerprofessionalität einher (u. a. Shulman 1986, 1987, 2004; Bromme 1997; Oser 2001 a, b; Terhart 2000, 2002; Baumert & Kunter 2006; Lipowsky 2007; KMK 2008) mit dem Ziel die Lehrkräfte bei der Entwicklung geeigneter kompetenzorientierter Lehr- und Lernarrangements im naturwissenschaftlichen Unterricht zu begleiten. Zwar werden in den nationalen Bildungsstandards für den mittleren Schulabschluss die zu entwickelnden Kompetenzen beschrieben, doch ist deren konkrete Umsetzung in geeignete Lern- und Lehrsituationen bisher nicht ausgeführt worden (Köller & Baumert 2008). Zudem wird der Erfolg der Anstrengungen im Rahmen des Bildungs-Monitorings der KMK bundesweit evaluiert (KMK 2008; Walpuski, Kampa, Kauertz et al. 2008).

Die seitens der KMK ausgewiesenen Kompetenzen beschreiben Kenntnisse sowie Fähigkeiten und Fertigkeiten der Lehrenden und Lernenden (KMK 2004 a, b, c, d, f, 2008). Diese kategorisierten Kompetenzen werden durch die definierten Standards beschrieben und können auf „empirische Prämissen“ zurückgeführt werden (Baumert & Kunter 2006, Lipowsky 2006).

Somit werden die Kompetenzen der Lehrkräfte zwar normativ fassbar (KMK 2004 d, 2008), doch setzt dies ein „*vorab definiertes Modell unterschiedlicher Kompetenzniveaus*“ (KMK 2004 f) voraus (Baumert & Kunter 2006). Bislang ist dieses postulierte Modell zur professionellen Kompetenz von Lehrkräften aber nicht verfügbar (Baumert & Kunter 2006; Arnold 2007). Daher sind die ausgewiesenen Standards *per se* zunächst als *a priori*-Modell zu verstehen (Baumert & Kunter 2006; Lipowsky 2006, 2007; Blömeke, Kaiser & Lehmann 2008; Schmelzing 2010). Zudem liegen empirische Erkenntnisse zum Stand und der Entwicklung Professionellen Wissens von Lehrkräften nur begrenzt vor (Blömeke 2003; Baumert & Kunter 2006; Blömeke, Kaiser & Lehmann 2008; Schmelzing 2010). Die bislang beschriebenen Kompetenzprofile und Standardgruppen haben sich zwar empirisch bewährt (Oser 2001 a, b; Terhart 2002), und besitzen eine hohe „*praktische Augenscheinvalidität*“ (Baumert & Kunter 2006), allerdings fehlt der Rahmen eines professionellen Handlungsmodells

für Lehrkräfte, um die getroffene Auswahl zu begründen (Herzog 2005; Baumert & Kunter 2006; Krauss, Brunner, Kunter et al. 2008). Entsprechend divergent präsentieren sich die Ansätze zur Darstellung einer professionellen Handlungskompetenz von Lehrkräften. Einerseits finden sich Ansätze, die das pädagogische Handeln von Lehrkräften auf die Struktur psychotherapeutischer Beziehungen zurückführen (Oevermann 1996). Andererseits beschreiben stoff- und inhaltsorientierte Standards (Terhart 2002) und pädagogisch-psychologisch ausgerichtete Kompetenzprofile (Oser 2001 a, b) Ansätze zur Modellierung professioneller Lehrerkompetenzen, die Anschluss an die internationale Diskussion über Standards für Lehrkräfte suchen (Shulmann 1986, 1987, 2004; Shriver & Czerniak 1999; Abell 2007).

Die Herausforderung, die Qualität und Wirksamkeit von Ausbildung und Qualifizierung in der Lehrerbildung im Sinne einer empirisch ausgerichteten Evaluation zu beschreiben, zeigt, wie hoch die Anforderungen sich gestalten, Wirkungen in der Lehrerbildung zu modellieren und diese darzustellen (Blömeke 2003; Blömeke, Reinhold & Tulodziecki 2004; Blum, Krauss & Neubrand 2008; Besser & Krauss 2009). Des Weiteren wird die Frage kontrovers diskutiert, welche Faktoren das Lehrerhandeln bestimmen und inwieweit das Fachwissen das Agieren der Lehrkraft im Unterricht beeinflusst (Wenner 1993; Helmke & Weinert 1997; Harlen 1997; Shriver & Czerniak 1999; Helmke 2003; Helmke & Hosenfeld 2004; Oser 2004; Marsch 2008). Die geringe Konsistenz in den Ergebnissen erster Studien werfen darüber hinaus methodische Fragen auf und deuten auf die Notwendigkeit einer systematischen, theoriebezogenen und weitergehenden Forschung in den Fachdidaktiken hin (Abell 1997; Oser & Oelkers 2001; Oser 2004; Terhart 2002, 2006).

Insofern beschreibt eine reliable und valide Erfassung von Kompetenzdimensionen (Hartig 2004, 2007) zum allgemeinen und fachbezogenen Wissen und Können eine bedeutsame Aufgabe zur Ausdifferenzierung professioneller Wissensdomänen von Lehrkräften (Chochran, King & DeRuiter 1991; Blömeke 2003; Chochran-Smith & Fries 2005; Baumert & Kunter 2006). Fachkonzepte, Kenntnisse über Erkenntnis- und Arbeitsmethoden der naturwissenschaftlichen Fächer und anschlussfähiges fachmethodisches Wissen beschreiben wesentliche Kompetenzen von Lehrkräften in den naturwissenschaftlichen Fächern (KMK 2008). Eine besondere Herausforderung stellt das Erfassen von Wissen und praktischem Können von Lehrkräften dar (Bromme 1997; Lipowsky 2006, 2007; Arnold 2007; Neuhaus 2007), wie es bei der Pla-

nung, Gestaltung und Durchführung fachbezogenen Unterrichts der Fall ist. Wissen (deklaratives, prozedurales und strategisches) und Können sind zentral für die professionelle Handlungskompetenz von Lehrkräften (Bromme 1997, 2008). Sie haben innerhalb des Systems Schule einen großen Einfluss auf die Schülerleistungen (Bromme 1997). Das Fachwissen von Lehrkräften stellt somit einen wesentlichen Prädiktor für die Unterrichtsqualität dar (Helmke 2003). Damit einher geht die Grundannahme, dass lernwirksames Handeln der Lehrkraft im Unterricht (Wenner 1993, 1995; Harlen 1997; Schriver & Czerniak 1999) auf erlernbares Wissen und Können zurückgeführt werden kann, das sich in abgestuften Kenntnissen und Fertigkeiten unterrichtswirksam konkretisiert (Oser & Renold 2005; Baumert & Kunter 2006; Arnold 2007; Bromme 2008). Die fachbezogenen Kenntnisse und Fertigkeiten von Lehrkräften stehen in unmittelbarer Beziehung zu der Lernentwicklung der Schülerinnen und Schüler und beeinflussen somit den Erwerb von Kenntnissen und Fertigkeiten im naturwissenschaftlichen Unterricht (Helmke 2003; KMK 2004 d; Baumert 2006; Arnold 2007).

1.2 Anlage und Struktur der Untersuchung zum Professionellen Wissen von Lehrkräften der Naturwissenschaften

Shulmann (1986) unterscheidet sieben Bereiche des Professionswissens von Lehrkräften, welche in der aktuellen deutschsprachigen fachdidaktischen Forschung in die zentralen Bereiche Fachwissen (*content knowledge*), Fachdidaktisches Wissen (*pedagogical content knowledge*) und Pädagogisches Wissen (*pedagogical knowledge*) verdichtet werden (Baumert & Kunter 2006; Neuhaus 2007; Krauss, Brunner, Kunter et al. 2008; Blömeke, Kaiser & Lehmann 2008; Brunner, Kunter, Krauss et al. 2006; Jüttner, Spangler & Neuhaus 2009; Schmelzing 2010; v. Aufschnaiter, Dübbelde, Cappel et al. 2010).

Unter anderem zeigte sich in diesen Untersuchungen, dass anschlussfähiges, vernetztes Fachwissen für den Erwerb von Kenntnissen und Fertigkeiten im naturwissenschaftlichen Unterricht von besonderem Interesse ist, um dessen Bedeutung in der Theorie und Praxis erfahren und einschätzen zu können (Wenner 1995; Shulman 2004). Ohne umfassende Kenntnisse der fachbezogenen Inhalte, dem naturwissenschaftlichen Denken und dem naturwissenschaftlichen Verständnis im Fach ist eine positive Qualitätsentwicklung im naturwissenschaftlichen Unterricht nicht denkbar (Shulman 2004). Dies setzt Kenntnisse von Fachkonzepten und Fachmethodischem Wissen auf Seiten der Lehrkräfte voraus (KMK 2008), um fachimmanente wie auch fachübergreifende Zusammenhänge herstellen zu können. Um diesen Anforderungen zu entsprechen, ist es notwendig, fachwissenschaftliche Inhalte als theoriegeleitete Befunde heuristischer Verfahren zu verstehen (Baumert & Kunter 2006), ihren vorläufigen Charakter zu erkennen, und über umfassende Kenntnisse über die Struktur und Organisation der Wissensbestände (Shulman 1986, 2004) wie auch der Verfahren, wie sich die Wissensbestände im Fach generieren, zu verfügen (Wenner 1995; Appleton 1995; Harlen 1997; KMK 2004 a, b, c, 2008; Lipowsky 2006; Abell 2007). Ein hohes Maß an Fachwissen erwies sich auch in diesen Untersuchungen als wesentlicher Faktor für die Gestaltung besonders förderlicher Angebote naturwissenschaftlichen Lernens. Umfassendere fachwissenschaftliche Kenntnisse stehen zudem auch in unmittelbarem Zusammenhang mit der Kenntnis verschiedener didaktischer Konzepte, die zur Aufbereitung naturwissenschaftlicher Themen und deren Inhalte genutzt werden (Riggs 1994; Appleton 1995; Wenner 1995).

Somit sind die auf Seiten der Lehrkräfte verfügbaren Kompetenzen (Helmke 2003; Abell 2007; Arnold 2007; KMK 2008) von entscheidender Bedeutung für die Anlage von standardorientierten Lehr- und Lernprozessen (KMK 2004 a, b, c; Lipowsky 2006). Eine weitergehende Beschreibung des Fachwissens kann Hinweise zur Differenzierung des Professionswissens liefern, die zudem für die Ausrichtung einer Qualifizierung der Lehrkräfte hilfreich sind (KMK 2008; Kubina 2009).

Im Kooperationsprojekt „Kompetenzorientiert unterrichten in Mathematik und Naturwissenschaften“ haben das Amt für Lehrerbildung in Hessen, die Justus-Liebig-Universität Gießen und die Universität Kassel notwendige Entwicklungs- und Forschungsaufgaben gebündelt, um die Lehrkräfte bei der Implementierung der Bildungsstandards in den naturwissenschaftlichen Fächern zu unterstützen, die Qualifizierung auf Befunde fachdidaktischer Forschung zu gründen und dabei die Anschlussfähigkeit sowohl an ein empirisch gesichertes Kompetenzmodell (Mayer, Grube & Möller 2008), als auch an die Instrumente zur Evaluation der Bildungsstandards Naturwissenschaften 2012 (KMK 2006) zu gewährleisten. Die in Modulen strukturierte Qualifizierung zum Professionswissen von Lehrkräften orientiert sich am Strukturmodell zum Wissenschaftlichen Denken (Mayer 2007, Mayer, Grube & Möller 2008) und konkretisiert ausgewählte Standards im Kompetenzbereich Erkenntnisgewinnung (Kunz & Mayer 2009 e). In diesem Kompetenzmodell wird das wissenschaftliche Denken als wissensbasierter und komplexer Problemlöseprozess beschrieben, in dem sowohl auf Prozessvariablen (Standards der Erkenntnisgewinnung) als auch auf inhaltliches und methodisches Wissen zurückgegriffen wird (Mayer 2007).

Die Untersuchungsmethoden stellen in den naturwissenschaftlichen Fächern ein wesentliches Element naturwissenschaftlichen Arbeitens dar, die den Prozess wissenschaftlicher Untersuchungen in seinen Phasen charakterisieren. Neben dem Klassifizieren, dem Systematisieren und dem Vergleichen zählen das Betrachten, Beobachten und Experimentieren zu den zentralen naturwissenschaftlichen Untersuchungsmethoden (KMK 2004 a, b, c, 2008; Mayer 2004). Die Kompetenzkonstrukte und Standards der Erkenntnisgewinnung (Mayer 2007) systematisieren prozessbezogene zentrale Kompetenzen Fachmethodischen Wissens im Kontext einer naturwissenschaftlichen Untersuchung (Mayer, Grube & Möller 2008). Das Rahmenkonzept wissenschaftsmethodischer Kompetenzen weist die Standards der

Erkenntnisgewinnung in den Teilkompetenzen (Grube, Möller & Mayer 2007) – bezogen auf die Phasen einer naturwissenschaftlichen Untersuchung – aus (Kunz & Mayer 2008 e).

Um die Module zur Weiterentwicklung des Fachwissens von Lehrkräften sowohl an fachbezogenen Inhalten und Konzepten (KMK 2004 a, b, c) als auch an fachmethodischen Kenntnissen und Fertigkeiten auszurichten (Grube, Möller & Mayer 2007, Mayer, Grube & Möller 2008), steht die Beschreibung der Kenntnisse und Fertigkeiten zum Fachmethodischen Wissen von Lehrkräften im Mittelpunkt dieser Untersuchung (vgl. Abbildung 3). Die Weiterentwicklung des Fachmethodischen Wissens von Lehrkräften in den Kompetenzkonstrukten und Standards der Erkenntnisgewinnung (vgl. Abbildung 1) ist darauf ausgerichtet, theoriegeleitet und gestützt auf empirisch gesicherte Befunde, einen Beitrag zur Stärkung des Fachwissens zu leisten (Wenner 1993, 1995; Appleton 1995; Harlen 1997; Schoon & Boone 1998; Schriver & Czerniak 1999; Lawson 2002; Mayer 2007; Mayer, Grube & Möller 2008).

In der vorliegenden Untersuchung werden die zuvor dargestellten Anforderungen in der fachdidaktischen Forschung zur weitergehenden Beschreibung der Kompetenzdimensionen aufgegriffen (Mayer 2007; KMK 2008), in dem das Fachmethodische Wissen von Lehrkräften in den Kompetenzkonstrukten und Standards der Erkenntnisgewinnung (Grube, Möller & Mayer 2007) und dessen niveaubezogene Differenzierung (Möller, Grube & Mayer 2007) näher betrachtet wird. Die dargestellten Befunde werden mit Herausforderungen in der Qualifizierung von Lehrkräften verknüpft (Kunz & Mayer 2009 e; Kubina 2009) und mit den Anforderungen an eine Qualitätsentwicklung im Hinblick auf eine weitergehende Ausrichtung des naturwissenschaftlichen Unterrichts auf die Standards im Kompetenzbereich Erkenntnisgewinnung (KMK 2004 a, b, c, d, 2008) diskutiert.

Die Anforderungen in der Qualitätsentwicklung im naturwissenschaftlichen Unterricht werden zunächst durch die Beschreibung der Ausgangslage internationaler Schulleistungsstudien (Kapitel 2.1) umrissen. Hier werden wesentliche Befunde der PISA-Zyklen und die konzeptionelle Ausrichtung der Studie im Hinblick auf den naturwissenschaftlichen Unterricht vorgestellt. Die seitens der KMK vorgestellten Konzepte und Maßnahmen zur Unterrichtsentwicklung im naturwissenschaftlichen Fachunterricht (Kapitel 2.2) stellen sowohl die Restrukturierung der Ausbildung als auch eine neue konzeptionelle Ausrichtung des Fachunterrichts in den Kontext der Qualitäts-

entwicklung. Die Bildungsstandards für den mittleren Schulabschluss in den naturwissenschaftlichen Fächern beschreiben fachbezogen die Kenntnisse und Fertigkeiten neu und weisen diese in den Standards der Kompetenzbereiche aus (Kapitel 2.2.1). Die KMK-Standards für die Lehrerbildung (Kapitel 2.2.2) geben die Kenntnisse und Fertigkeiten der Lehrkräfte wieder, die auf die Phasen der Lehrerbildung bezogen und auf die Bildungsstandards in den Fächern ausgerichtet sind. Anschließend wird das Professionelle Wissen der Lehrkräfte dargestellt (Kapitel 2.3), um die Anforderungen an deren Professionalisierung aus der Perspektive fachdidaktischer Forschung aufzuzeigen. Hier werden die Aufgaben von Lehrkräften und die Anforderungen, diese in einem theoretischen Rahmenmodell zur Strukturierung des Professionellen Wissens abzubilden, vorgestellt (Kapitel 2.3.1). Die ausgewiesenen Professionellen Wissensdomänen von Lehrkräften (Kapitel 2.3.2) weisen einen Rahmen aus, in den die Wissensbereiche „Fachwissen“ und „Fachmethodisches Wissen“ von Lehrkräften eingeordnet werden (Kapitel 2.3.3). Die Struktur und Wirkungen des Professionswissens von Lehrkräften (Kapitel 2.3.4) beschreibt dessen Entwicklung und Stellenwert in der Ausbildung und Qualifizierung. Die Darstellung der Befunde zur Wirkung Professionellen Wissens von Lehrkräften (Kapitel 2.3.5) stellt Verbindungen zwischen dem Fachwissen und Fachmethodischen Wissen von Lehrkräften, den Merkmalen eines professionellen Selbstkonzeptes im Hinblick auf das erfolgs- und standardorientierte Lehren und Lernen und dem Aspekt der Qualität des naturwissenschaftlichen Unterrichts her.

Mit dem Projekt „Kompetenzorientiert unterrichten in Mathematik und Naturwissenschaften“ (Kapitel 3) liegt ein hessisches Konzept zur Qualifizierung und Unterstützung der Lehrkräfte im standardorientierten naturwissenschaftlichen Fachunterricht vor (Kapitel 3.1). Hier wird die Konzeption der Fortbildungs-Module und ihrer Bausteine erläutert und deren Bedeutung zur Stärkung des Professionswissens der Lehrkräfte ausgewiesen. Die Ziele des Projekts „Kompetenzorientiert unterrichten in Mathematik und Naturwissenschaften“ (Kapitel 3.2) leiten zur Darstellung der Struktur und des Aufbaus des Projekts (Kapitel 3.3) über, in dessen Mittelpunkt die konkrete Ausgestaltung und Anlage der Qualifizierung steht. Als wesentliche Bereiche in der Fortbildung werden das Fachmethodische Wissen von Lehrkräften und die Kompetenzkonstrukte und Standards der Erkenntnisgewinnung im naturwissenschaftlichen

Unterricht dargestellt (Kapitel 3.4) und auf das Kompetenzmodell zum Wissenschaftlichen Denken (Mayer 2007) zurückgeführt.

Die Beschreibung von Kenntnissen und Fertigkeiten von Lehrkräften in den Kompetenzkonstrukten und Standards der Erkenntnisgewinnung steht im Mittelpunkt der Untersuchung zum Fachmethodischen Wissen von Lehrkräften (Kapitel 4). Die Forschungsfragen zum Fachmethodischen Wissen von Lehrkräften (Kapitel 4.1) thematisieren, in welcher Weise die Kompetenzkonstrukte wissenschaftsmethodischer Kompetenzen bei der Anlage von Lehr- und Lernprozessen im naturwissenschaftlichen Fachunterricht berücksichtigt werden und welche Erwartungen die Lehrkräfte an die Wirksamkeit ihrer Lernumgebung haben. Darüber hinaus wird der Frage nachgegangen, ob die Fächerkombination oder das Lehramt einen Einfluss sowohl auf die Anlage als auch auf die Einschätzung der Lernprogression der Schülerinnen und Schüler haben.

Des Weiteren wird der Frage nachgegangen, über welche fachmethodischen Kenntnisse und Fertigkeiten die Lehrkräfte in den Standards der Erkenntnisgewinnung verfügen und welchen Niveaustufen diese Kenntnisse und Fertigkeiten zugeordnet werden können. Auch hier wird untersucht, ob die Fächerkombination und das Lehramt relevante Prädiktorvariablen darstellen.

Die Anlage der Untersuchung (Kapitel 4.2) beschreibt den Aufbau der eingesetzten Erhebungsinstrumente zur Bearbeitung der Forschungsfragen und führt diese auf die Befunde zum Professionellen Wissen von Lehrkräften zurück (vgl. Kapitel 2.3).

Die Angaben zur Durchführung der Untersuchung und die Beschreibung der Stichprobe (Kapitel 4.3) geben sowohl einen ersten Einblick in die Organisation der Datenerhebung als auch in die Struktur der untersuchten Population. Die Darstellung der eingesetzten Auswertungsverfahren folgt dem Prozess zur statistischen Bearbeitung der Daten (Kapitel 4.4). Hier werden auch erste empirische Einsichten im Hinblick auf die eingesetzten Messinstrumente vorgestellt.

Den Ergebnissen (Kapitel 5) werden Angaben zur Güte der Instrumente und eine statistische Prüfung der Daten (Kapitel 5.1) vorangestellt. Die im Folgenden dargestellten Ergebnisse nehmen die Abfolge der Forschungsfragen auf, indem Befunde zum Einfluss des Fachwissens auf die Planung von Unterricht (Kapitel 5.2), die Selbstauskunft zu der erwarteten Lernprogression (Kapitel 5.3), die Kompetenzen

der Lehrkräfte in den Standards der Erkenntnisgewinnung (Kapitel 5.4) und Befunde zu den Prädiktorvariablen (Kapitel 5.5) beschrieben werden. Die Anforderungen und Erwartungen von Lehrkräften an die Professionalisierung (Kapitel 5.6) geben weitere Hinweise zur Ausrichtung und Organisation der Qualifizierung im Projekt „Kompetenzorientiert unterrichten in Mathematik und Naturwissenschaften“.

Ausgehend von den zuvor dargestellten Befunden (Kapitel 5) werden im Anschluss Leitlinien zur Ausgestaltung der Module in der Qualifizierung in den Kompetenzkonstrukten und Standards der Erkenntnisgewinnung skizziert (Kapitel 6) und – bezogen auf den Kompetenzbereich Erkenntnisgewinnung – in den naturwissenschaftlichen Fächern konkretisiert. Die Schwerpunkte kompetenzorientiertes Lehren und Lernen naturwissenschaftlicher Erkenntnisgewinnung (Kapitel 6.1), Standards der Erkenntnisgewinnung im naturwissenschaftlichen Fachunterricht (Kapitel 6.2) und Forschendes Lernen im standardorientierten naturwissenschaftlichen Unterricht (Kapitel 6.3) sind auf den systematischen und kumulativen Erwerb Fachmethodischen Wissens ausgerichtet. Anregungen fachdidaktischer Konzepte ergänzen die Themen und Inhalte der Module und geben Hinweise für deren unterrichtsnahe Konkretisierung.

Die abschließende Diskussion (Kapitel 7) verbindet die vorgestellten Ergebnisse (Kapitel 5) mit den Forschungsfragen und der Struktur der Untersuchung (Kapitel 4). Hier werden die Ergebnisse (Kapitel 5) mit der Darstellung des Fachwissens und Fachmethodischen Wissens (Kapitel 2.3) im Rahmen des Professionswissens von Lehrkräften in Beziehung gesetzt und bedeutsame Implikationen zur Ausrichtung der Module und zur Durchführung der Qualifizierung (Kapitel 3.2) und deren Konkretisierung (Kapitel 6) im Projekt „Kompetenzorientiert unterrichten in Mathematik und Naturwissenschaften“ ausgewiesen. Die Bedeutung des Fachwissens beim kompetenzorientierten Unterrichten (Kapitel 7.1), die Einschätzung der Lehrkräfte, inwieweit diese kompetenzbezogene Ziele erreicht werden (Kapitel 7.2), und die niveaubezogene Beschreibung der Kenntnisse und Fertigkeiten der Lehrkräfte in den Standards der naturwissenschaftlichen Untersuchung (Kapitel 7.3) stehen im Mittelpunkt des Diskurses. Des Weiteren werden hier Anforderungen zur Weiterentwicklung des Fachmethodischen Wissens der Lehrkräfte dargestellt, die sich an der Herausforderung, die Kompetenzkonstrukte und Standards der Erkenntnisgewinnung nachhaltig im standardorientierten naturwissenschaftlichen Fachunterricht zu verankern, orientieren (Kapitel 3.4).

Anregungen und Erwartungen von Lehrkräften, die am Projekt „Kompetenzorientiert unterrichten in Mathematik und Naturwissenschaften“ teilnahmen, geben zudem weitere Hinweise für die Entwicklung Professionellen Wissens bei Lehrkräften (Kapitel 7.4). Im Hinblick auf die in der Qualifizierung formulierten Ziele werden die zuvor diskutierten Ergebnisse zum Fachmethodischen Wissen der Lehrkräfte mit den Anforderungen an die Qualitätsentwicklung im naturwissenschaftlichen Unterricht und der Ausrichtung sowie der Gestaltung der Module in der Qualifizierung (Kapitel 6) verknüpft.

Des Weiteren werden Hinweise gegeben, wie die Entwicklung des Fachwissens der Lehrkräfte durch die vorliegenden Befunde gestützt und der Erwerb von Kenntnissen und Fertigkeiten im Kompetenzbereich Erkenntnisgewinnung im naturwissenschaftlichen Fachunterricht gefördert werden kann.

2 Qualitätsentwicklung im naturwissenschaftlichen Unterricht

Ausgehend von Befunden internationaler Schulleistungsstudien werden in diesem Kapitel zunächst Herausforderungen an die Unterrichtsentwicklung im naturwissenschaftlichen Fachunterricht vorgestellt. Darüber hinaus werden die Anforderungen an das Professionswissen von Lehrkräften beschrieben. Durch die Bildungsstandards für den mittleren Schulabschluss in den naturwissenschaftlichen Fächern und die Standards zur Lehrerbildung sind seitens der Kultusministerkonferenz der Länder (KMK) konkrete Ziele sowohl für die Entwicklung des naturwissenschaftlichen Unterrichts als auch für die Aus- und Fortbildung der Lehrkräfte formuliert worden.

Nachfolgend finden diese Ziele Eingang in die Beschreibung des Professionswissens von Lehrkräften, die zudem durch Befunde nationaler und internationaler fachdidaktischer Forschung zum Fachwissen von Lehrkräften ergänzt werden.

Abschließend werden Anforderungen an die Entwicklung von Fachwissen und Fachmethodischem Wissen von Lehrkräften vorgestellt, die auf eine Qualitätsentwicklung im Kompetenzbereich Erkenntnisgewinnung im naturwissenschaftlichen Unterricht ausgerichtet sind.

2.1 Ausgangslage internationaler Schulleistungstudien

Internationale Schulleistungstudien wie TIMSS (*Third International Mathematics and Science Study*, Neubrand 2006) und die Zyklen der PISA Studien (*Programm for International Student Assessment*) der Jahre 2000, 2003 und 2006 (Stanat, Artelt, Baumert et al. 2002) haben eine breit geführte Diskussion über die Qualität und Effizienz im deutschen Bildungssystem angestoßen. Die PISA Studien der OECD haben die Leistungen der 15jährigen Schülerinnen und Schüler der Sekundarstufe I in den Bereichen Lesekompetenz (*reading literacy*), mathematische Grundbildung (*mathematical literacy*) und der naturwissenschaftlichen Grundbildung (*scientific literacy*) erhoben (Stanat, Artelt, Baumert et al. 2002). Wie sich zeigte, lagen die Schülerleistungen in Deutschland in allen drei getesteten Bereichen unter dem OECD-Länder-Durchschnitt (Stanat, Artelt, Baumert et al. 2002; Hamann & Prenzel 2008).

Ein verbindendes Element der PISA Erhebungen ist das Anliegen „*Basiskompetenzen zu untersuchen, die in modernen Staaten für eine Teilhabe am gesellschaftlichen, wirtschaftlichen und politischen Leben notwendig sind*“ (Stanat, Artelt, Baumert et al. 2002).

Die bislang durchgeführten PISA Studien waren deskriptiv ausgerichtet. Die im Einzelnen ausgewiesenen Schwerpunkte der Erhebungen aus dem mathematischen und naturwissenschaftlichen Aufgabenfeld sind in den einzelnen Studien jeweils zu zwei Dritteln, die verbleibenden Bereiche mit einem Drittel repräsentiert. Sie nehmen eine Beschreibung des Bildungssystems vor, ohne jedoch konkrete Aussagen zu den Ursachen darzustellen, die zu der Platzierung in der Rangliste geführt haben. Als *Large Scale Assessment* wird das Bildungssystem – und damit die Schulen, Ausbildungsinstitutionen und der Unterricht – untersucht, ohne bei den empirischen Befunden zwischen den Fächern Biologie, Chemie und Physik zu differenzieren (Mayer 2004).

Das Konzept einer naturwissenschaftlichen Grundbildung (*Scientific Literacy*) nimmt in den PISA Erhebungen einen großen Stellenwert ein. „*Naturwissenschaftliche Grundbildung (Scientific Literacy) ist die Fähigkeit, naturwissenschaftliches Wissen anzuwenden, naturwissenschaftliche Fragen zu erkennen und aus Belegen Schluss-*

*folgerungen zu ziehen, um Entscheidungen zu verstehen und zu treffen, welche die natürliche Welt und die durch menschliches Handeln an ihr vorgenommenen Veränderungen betreffen“ (OECD 1999 in Artelt, Baumert, Klieme et al. 2001). Die Definition von *Scientific Literacy* wurde nach PISA 2003 zusätzlich um einen affektiven Aspekt erweitert (Hammann & Prenzel 2008).*

Menschen sollen durch ihre Bildung befähigt werden, „auf der Grundlage naturwissenschaftlichen Wissens gültige Schlussfolgerungen zu ziehen und Hypothesen zu entwickeln, die Phänomene der natürlichen Umwelt und ihrer Veränderung, die durch menschliches Handeln herbeigeführt werden, zu verstehen, oder Entscheidungen bezüglich dieser zu erleichtern“ (Rost, Prenzel, Carstensen et al. 2004).

Vergleichende Schulleistungsstudien im Sinne eines internationalen Monitorings nationaler Bildungssysteme wurden bereits seit den 60er Jahren (z. B. von der IEA - *International Association for the Evaluation of Educational Achievement*) durchgeführt. Deutschland hat hier mit der Beteiligung an der TIMSS-Studie erstmalig Anschluss gefunden (Baumert, Lehmann & Lehrke 1997). Die Ergebnisse der TIMSS-Studie wurden sowohl von Fachdidaktikern als auch von Lehrkräften intensiv studiert; die Befunde der PISA-Studie allerdings lösten in der Öffentlichkeit breite Diskussionen aus (Mayer 2004).

Eine bedeutende Ursache für ein wachsendes Interesse einer breiteren Öffentlichkeit an der Qualität der Bildung in Deutschland besteht sicherlich auch darin, dass *„Bildung heute eine der zentralen Ressourcen einer Wissensgesellschaft ist, so genanntes [sic] Humankapital, das wesentlich zur wirtschaftlichen Wettbewerbsfähigkeit auf internationalen Märkten beiträgt“ (Mayer 2004). Sowohl die Anlage der PISA-Erhebungen als auch ihrer Befunde haben einen „Paradigmenwechsel in der Bildungspolitik und Schullandschaft [dar] angestoßen, der zu Veränderungen auf verschiedenen Ebenen – vom Fachunterricht über die Schule bis zum Bildungssystem – führen wird“ (Mayer 2004).*

Einige Befunde der PISA Erhebungen geben erste Hinweise zur Qualitätsentwicklung im naturwissenschaftlichen Unterrichten:

- Die Wertschätzung und Bedeutung von Wissen in den Naturwissenschaften ist in der öffentlichen Wahrnehmung unterrepräsentiert. Eine Stärkung der naturwissenschaftlichen Fächer in der Schule ist wünschenswert.
- Lernprozesse erfolgen im naturwissenschaftlichen Unterricht zu wenig problemorientiert, so dass Defizite beim tieferen Verständnis und Anwendung des Wissens festzustellen sind. Insbesondere naturwissenschaftliche Denk- und Arbeitsweisen werden nur unsystematisch berücksichtigt.
- Bei der fachdidaktisch begründeten Anlage von Lernprozessen werden fächerübergreifende und anwendungsbezogene Ansätze zu wenig genutzt, um ein „*Interesse am naturwissenschaftlichen Unterricht und ein tiefergehendes Verständnis zu fördern*“ (Mayer 2004), und um ein Gegengewicht zu einem fragend-entwickelnden, weitgehend an der Fachsystematik orientierten Unterricht, aufzubauen (Mayer, 2004).

Auf Seiten der Schülerinnen und Schüler zeigen sich Schwächen im naturwissenschaftlichen Denken und Argumentieren. Auch eine Anwendungsorientierung bei der Erarbeitung fachwissenschaftlicher Kenntnisse kommt im Allgemeinen zu kurz (Mayer 2004; Baumert, Blum, Brunner et al. 2006).

2.2 Unterrichtsentwicklung im naturwissenschaftlichen Fachunterricht

2.2.1 Bildungsstandards für den mittleren Schulabschluss in den naturwissenschaftlichen Fächern

Die Kultusministerkonferenz der Länder hat sowohl die Befunde der PISA Zyklen als auch den breiten bildungspolitischen Diskurs zur nachhaltigen Qualitätsentwicklung des Unterrichts aufgegriffen. Im Beschluss vom 16.12.2004 wurden fachbezogene *Bildungsstandards für den mittleren Schulabschluss* verabschiedet.

Für die naturwissenschaftlichen Fächer formuliert die KMK eine naturwissenschaftliche Grundbildung mit dem Ziel, *„Phänomene erfahrbar zu machen, die Sprache und Historie der Naturwissenschaften zu verstehen, ihre Ergebnisse zu kommunizieren sowie sich mit ihren spezifischen Methoden der Erkenntnisgewinnung und deren Grenzen auseinanderzusetzen. Dazu gehört das theorie- und hypothesengeleitete naturwissenschaftliche Arbeiten, das eine analytische und rationale Betrachtung der Welt ermöglicht. Darüber hinaus bietet naturwissenschaftliche Grundbildung eine Orientierung für natur-wissenschaftlich-technische Berufsfelder und schafft Grundlagen für anschlussfähiges berufsbezogenes Lernen“* (KMK 2004 a, b, c).

Nach Vollendung des mittleren Schulabschlusses sollen die Schülerinnen und Schüler über *„naturwissenschaftliche Kompetenzen im Allgemeinen sowie fachbezogene Kompetenzen im Besonderen“* (KMK 2004 e) verfügen. Es liegt somit ein *„funktionales Bildungskonzept zugrunde, das Bildung vor allem als Kompetenzen beschreibt“* (Mayer 2004).

Die Bildungsstandards in den naturwissenschaftlichen Fächern (KMK 2004 a, b, c) nehmen in ihrer Anlage diese Intentionen auf und beschreiben in den vier Kompetenzbereichen (1) Fachwissen, (2) Erkenntnisgewinnung, (3) Kommunikation und (4) Bewerten fachbezogene Regelstandards unterrichtsbezogenen Lernens.

Die Bildungsstandards *„legen fest, welche Kompetenzen die Schüler bis zu einer bestimmten Jahrgangsstufe an wesentlichen Inhalten erworben haben sollten“* (KMK 2004 e). Sie greifen die Grundprinzipien des jeweiligen Faches auf, indem sie die Kernbereiche eines Faches umreißen und dabei sowohl fachbezogene als auch fächerübergreifende Basisqualifikationen berücksichtigen (KMK 2004 e).

Die Standards sind abschlussbezogen formuliert und werden durch zentrale Abschlussprüfungen und Vergleichsarbeiten überprüft. Die Bildungsstandards sollen dazu beitragen, das Schulsystem „*Output*“-orientierter zu gestalten (Frank 2005).

Im Kontext dieser neuen Ausrichtung fachbezogenen Lernens finden sich in den Bildungsstandards die formulierten Anforderungen an das Lehren und Lernen im naturwissenschaftlichen Unterricht. Standards werden als „*bereichsspezifische Anforderungen*“ an die Schülerinnen und Schüler verstanden (Klieme 2004; Klieme, Avenarius, Blum et al. 2007).

Innerhalb der Bildungsstandards für die naturwissenschaftlichen Fächer steht neben dem Fachwissen besonders der Kompetenzbereich Erkenntnisgewinnung im Mittelpunkt des fachdidaktischen und schulpraktischen Interesses (Mayer 2004).

Durch die Einführung des Kompetenzbegriffs in den Bildungsstandards werden Kenntnisse und Fertigkeiten der Schülerinnen und Schüler im Kompetenzbereich Erkenntnisgewinnung beschrieben, die in Lehr- und Lernsituationen erworben, angewendet, verknüpft und situationsbezogen reflektiert werden (siehe Tabelle A 2 im Anhang A). Die im Folgenden initiierten Bildungsplanreformen der Länder unternehmen den Versuch, neben den verbindlichen Fachinhalten die Vermittlung erkenntnistheoretischer, methodischer, sozialer und personaler Kompetenzen der Schülerinnen und Schüler systematisch zu stärken (Mayer 2004).

Mit der Einführung nationaler Bildungsstandards für den mittleren Schulabschluss haben sich die Bundesländer zu deren Implementation ab dem Schuljahr 2005/06 verpflichtet.

Im Rahmen der Gesamtstrategie der KMK zum Bildungs-Monitoring wird 2012 in den mathematisch-naturwissenschaftlichen Fächern ein Ländervergleich durchgeführt und damit der Erfolg der Bemühungen zur Implementierung bundesweit evaluiert (Walpuski, Kampa, Kauertz et al. 2008).

Die Standards weisen fachbezogene Anforderungen in den vier Kompetenzbereichen aus. Deren Umsetzung in den mathematisch-naturwissenschaftlichen Fächern rückt sowohl die Schülerinnen und Schüler, die Lehrkräfte und die institutionellen und organisatorischen Rahmenbedingungen neu in den Fokus des naturwissenschaftlichen

Unterrichts mit dem Anspruch die Wirksamkeit und den Ertrag schulischen Lernens mittel- und langfristig zu verbessern.

2.2.2 Standards für die Lehrerbildung

Zur Sicherung der Qualität schulischer Bildung liegen seitens der KMK die fachbezogenen Bildungsstandards für die naturwissenschaftlichen Fächer vor, die das Anforderungsprofil der zu erwarteten Leistungen der Schülerinnen und Schüler in den Standards beschreiben (KMK 2004 a, b, c). Die Standards für die Lehrerbildung, die ein darauf Bezug nehmendes Anforderungsprofil an die Lehrkräfte darstellen, sind ebenfalls beschrieben (KMK 2004 d).

Zahlreiche der von Oser (2001 a, b) und Terhart (2002) herausgearbeiteten Elemente finden sich in den Standards der Lehrerbildung der KMK (2004 d) wieder:

- Lehrkräfte sind Fachleute für das Lehren und Lernen.
- Lehrende sind sich bewusst, dass die Erziehungsaufgabe in der Schule eng mit dem Unterricht und dem Schulleben verknüpft ist.
- Lehrkräfte üben ihre Beurteilungs- und Beratungsaufgabe im Unterricht und bei der Vergabe von Berechtigungen für Ausbildungs- und Berufswege kompetent, gerecht und verantwortungsbewusst aus.
- Lehrende entwickeln ihre Kompetenzen ständig weiter (Fort- und Weiterbildung).
- Lehrkräfte beteiligen sich an der Schulentwicklung.

Der Begriff der „Lehrerbildung“ umfasst sowohl die Erstausbildung (erste und zweite Phase der Lehrerbildung) als auch die berufsbegleitende Fort- und Weiterbildung. Die in den ländergemeinsamen inhaltlichen Anforderungen für die Fachwissenschaften und Fachdidaktiken in der Lehrerbildung formulierten Kompetenzen in den Bildungswissenschaften sind auf eine „*hohe professionelle Qualität ausgerichtet*“ (KMK 2004 d, 2008), damit die erworbenen Kenntnisse und Fähigkeiten sowohl den Lernprozess der Schülerinnen und Schüler unterstützen als auch die Weiterentwicklung von Unterricht und Schule fördern.

Unter Kompetenzen werden die berufsbezogenen Fähigkeiten einer Person verstanden, die in der Ausbildung und berufsbegleitenden Fort- und Weiterbildung erworben wurden (KMK 2004 d).

In den Standards wird deren Ausprägung erfassbar und kann graduiert werden (KMK 2004 d, f). Kompetenzen beschreiben somit Fähigkeiten, die einzelnen Bereichen zugeordnet sind. Die benannten Kompetenzen werden durch die definierten Stan-

dards normativ erfassbar und können auf „empirische Prämissen“ zurückgeführt werden. Dies setzt ein „*vorab definiertes Modell unterschiedlicher Kompetenzniveaus*“ voraus (Baumert & Kunter 2006), auf die kriterienorientierte Standards zurückgeführt werden können (KMK 2004 f).

Bislang ist dieses postulierte Modell zur professionellen Kompetenz von Lehrkräften noch nicht verfügbar, sondern Gegenstand aktueller Forschung. Daher sind die ausgewiesenen Standards *per se* zunächst als *a-priori*-Modell zu verstehen (Baumert & Kunter 2006; Blömeke, Kaiser & Lehmann 2008; Schmelzing 2010).

Den Anforderungen des Berufsfeldes werden die zu erwerbenden Kenntnisse, Fähigkeiten, Fertigkeiten und Einstellungen, die in den Kompetenzen gebündelt werden, phasenbezogen zugewiesen (KMK 2004 d, siehe Tabelle 1).

Tabelle 1: Kompetenzerwerb in den Phasen der Lehrerbildung (nach: KMK 2004 d)

<i>Phase der Lehrerbildung</i>	<i>Erwerb von Kompetenzen</i>
Studium	<ul style="list-style-type: none"> • Fachwissenschaftliche Kenntnisse und Fertigkeiten • Erkenntnis- und Arbeitsmethoden • Grundlegende fachdidaktische Kenntnisse
Vorbereitungsdienst	<ul style="list-style-type: none"> • Ausbau fachdidaktischer Kenntnisse • Erwerb unterrichtspraktischer Kompetenzen
Fort- und Weiterbildung	<ul style="list-style-type: none"> • Entwicklung der beruflichen Rolle • Ausbau und Erweiterung fachwissenschaftlicher und fachdidaktischer Kenntnisse

Ziel ist eine anschlussfähige Qualifizierung zum systematischen Erwerb notwendiger Kompetenzen in allen drei Phasen der Lehrerbildung, um eine kompetente Berufsausübung zu gewährleisten (KMK 2008).

Die folgenden fachbezogenen Kompetenzen (siehe Tabelle 2, Seite 34) konkretisieren wesentliche Kenntnisse und Fertigkeiten, die in der ersten und zweiten Phase der Lehrerbildung erworben wurden und im Besonderen zentral für die Bewältigung der Anforderungen im Berufsfeld der Lehrkräfte (3. Phase) sind (KMK 2008).

Die in Tabelle 2 (siehe Seite 34) aufgeführten Kompetenzen von Lehrkräften in den naturwissenschaftlichen Fächern basieren auf der Grundannahme, dass lernwirksa-

mes Handeln der Lehrkraft im Unterricht auf erlernbares Wissen und Können zurückgeführt werden kann, das sich abgestuft in Kenntnissen und Fertigkeiten unterrichtswirksam konkretisiert (Baumert & Kunter 2006; Oser & Renold 2005; Arnold 2007). Die Kenntnisse und Fertigkeiten der Lehrkraft befähigen sie, komplexe Unterrichtssituationen zu bewältigen mit dem Ziel, fachspezifische Leistungen der Schülerinnen und Schüler zu fördern (KMK 2004 d).

Zur Wirksamkeit dieser fachbezogenen Kompetenzen im Sinne einer positiven Qualitätsentwicklung im naturwissenschaftlichen Unterricht liegen bislang nur wenige Befunde empirischer Studien im deutschsprachigen Raum vor. Offen ist zudem, ob die hier aufgeführten Kenntnisse und Fertigkeiten gleichbedeutend nebeneinander stehen (Baumert & Kunter 2006).

Erste Untersuchungen zur Entwicklung fachbezogenen Wissens liegen für das Fach Mathematik vor. In der Studie „*Mathematics Teaching in the 21st Century*“ (MT21–Studie) wurde das fachbezogene Wissen angehender Mathematiklehrer untersucht (Blömeke, Kaiser & Lehmann 2008). Ein vergleichbarer Ansatz zur Beschreibung des Professionswissens von Mathematiklehrkräften wurde in dem Projekt „Kognitiv-aktivierender Unterricht“ (COAKTIV-Studie, Brunner, Kunter & Krauss et al. 2006; Krauss, Brunner & Kunter et al. 2008; Baumert 2009) gewählt.

Tabelle 2: Fachbezogene Kompetenzen von Lehrkräften in den naturwissenschaftlichen Fächern (zusammengestellt nach: KMK 2004 d, 2008)

Fachbezogene Kompetenzen der Lehrkräfte	Kenntnisse und Fertigkeiten
Über anschlussfähiges Fachwissen verfügen	<p>Die Lehrkräfte können auf Fachwissen zurückgreifen...</p> <ul style="list-style-type: none"> • Verfügungswissen: Solides und strukturiertes Fachwissen, kann berufsbegleitend ausgebaut werden • Orientierungswissen: Zugang zu aktuellen und grundlegenden Fragestellungen der Fächer • Metawissen: Ideengeschichtliche und wissenschaftstheoretische Konzepte kennen und diese als reflektives Wissen im Fach nutzen • Fähigkeit, sich neue Wissensbereiche, auch in anderen Disziplinen, zu erschließen <p>Die Lehrkräfte nutzen Fachwissen zur Entwicklung von fachübergreifenden Qualifikationen.</p>
Kenntnisse der Erkenntnis- und Arbeitsmethoden der Fächer	<p>Die Lehrkräfte haben...</p> <ul style="list-style-type: none"> • Kenntnis der Erkenntnis- und Arbeitsmethoden ihrer Fächer • Kenntnisse und Erfahrung in deren Anwendung und Einsatz (z. B. hypothesengeleitetes Experimentieren) • Kenntnisse der Grundzüge naturwissenschaftlicher Theorien und Fähigkeiten, ihre Aussagekraft zu beurteilen
Über anschlussfähiges Fachdidaktisches Wissen verfügen	<p>Die Lehrkräfte...</p> <ul style="list-style-type: none"> • verfügen über solides und strukturiertes Wissen über fachdidaktische Strukturierungsansätze • können fachwissenschaftliche Inhalte unter fachdidaktischen Aspekten analysieren • schätzen der Bildungswirksamkeit von Fachinhalten und der darauf abgestimmten fachdidaktischen Konzepte • haben Kenntnisse fachdidaktischer und lernpsychologischer Forschungsergebnisse für das fachbezogene Lernen und nutzen diese • kennen Merkmale, die den Lernerfolg von Schülern beeinflussen können, und können Anforderungen an die Gestaltung der Lernumgebung stellen • verfügen über Kompetenzen, Lernprozesse im Fach zu reflektieren, Lernstände der Schüler zu diagnostizieren und Lernprozesse zu evaluieren • können fach- und anforderungsgerechte Leistungsbeurteilungen durchführen

2.3 Professionswissen von Lehrkräften

Die Schule erzieht zu allererst durch die kognitiven Herausforderungen ihres Bildungsprogramms, durch den Wechsel zwischen Lern-, Problemlöse-, und Testphasen in leistungsorientierten und thematisch ausgerichteten Situationen, in denen verbindliche Gütemaßstäbe gesetzt werden (Aebli 1983). Lernprozesse sind gekennzeichnet durch Erklären, Begründen, Beharren sowie von Genauigkeit, Durcharbeiten und systematischem Üben. Neben diesen Handlungsfeldern von Unterricht erzieht Schule auch schon durch die Sicherung der sozialen Voraussetzungen und der Gestalt des Unterrichts selbst (Mayer 2004, 2006) und durch das Schulleben und die Organisationsstruktur der Schule (Baumert & Kunter 2006).

In diesem Rahmen ist es Kernaufgabe von Lehrkräften, Unterricht zu erteilen, indem sie Lernprozesse für die Schülerinnen und Schüler systematisch planen und sie beim Lernen und Arbeiten unterstützen. Die professionelle Kompetenz, Qualifikation, wie auch die Persönlichkeit der Lehrkraft stehen dabei in unmittelbarem Zusammenhang mit der Qualität von Unterricht, dem Lernfortschritt und der Persönlichkeitsentwicklung der Schülerinnen und Schüler (Oevermann 1996; Wimmer 1996; Helmke 2003; Baumert & Kunter 2006). Bislang liegen wenig empirische Evidenzen vor, die diesen Zusammenhang genauer beschreiben. Entsprechend divergent präsentieren sich die Ansätze zur Beschreibung einer professionellen Handlungskompetenz von Lehrkräften. Einerseits finden sich Ansätze, die das pädagogische Handeln von Lehrkräften auf die Struktur psychotherapeutischer Beziehungen zurückführen (Oevermann 1996). Andererseits beschreiben stoff- und inhaltsorientierte Standards (Terhardt 2002) und pädagogisch-psychologisch ausgerichtete Kompetenzprofile (Oser 2001 a, b) Ansätze zur Modellierung professioneller Lehrerkompetenzen, die Anschluss an die internationale Diskussion über Standards für Lehrkräfte suchen (Shulman 1986; Shriver & Czerniak 1999; Abell 2007).

Im deutschsprachigen Raum liegt bislang kein theoretisches Rahmenmodell zur professionellen Handlungskompetenz von Lehrkräften vor, allerdings weisen der Abschlussbericht der Lehrerbildungskommission der Kultusministerkonferenz „Perspektiven der Lehrerbildung in Deutschland“ (Terhart 2000), die Expertise „Standards für die Lehrerbildung“ (Terhart 2002) und der schweizerische Forschungsbericht über

„Die Wirksamkeit der Lehrerbildungssysteme“ (Oser & Oelkers 2001) wichtige Elemente zur Qualitätssicherung von Unterricht und Ausbildung aus.

Oser (2001 a) benennt vier Kriterien, die zur Beschreibung von Kompetenzprofilen anzulegen sind, um diese zur Definition von Ausbildungsstandards heranzuziehen:

- theoretische Fundierung
- empirische Bewährung
- Graduierbarkeit
- praktische Relevanz.

Das von Oser (1997 a, b) vorgestellte pädagogisch-psychologische Kompetenzmodell führt 88 Kompetenzprofile aus, die in zwölf Standardgruppen zusammengefasst werden:

1. Lehrer-Schüler-Beziehungen mit fördernden Rückmeldungen
2. Diagnose und Schüler stützendes Handeln
3. Bewältigung von Disziplinproblemen
4. Aufbau und Förderung von sozialem Verhalten
5. Lernstrategien vermitteln und Lernprozesse begleiten
6. Gestaltung und Methoden des Unterrichts
7. Leistungsmessung
8. Medien
9. Zusammenarbeit in der Schule
10. Schule und Öffentlichkeit
11. Selbstorganisationskompetenz der Lehrkraft
12. Allgemeindidaktische und fachdidaktische Kompetenzen

Diese Standardgruppen wurden aus Expertenbefragungen (Selbstauskünfte von Lehrkräften) gewonnen (Arnold 2007) und stellen somit ein generisches, pädagogisch-psychologisches Kompetenzmodell dar (Baumert & Kunter 2006). Die Standardgruppen sind am Lehren und Lernen mit dem Schwerpunkt auf „Unterricht“ ausgerichtet.

Die Kompetenzprofile sind als allgemeine Qualifikationen formuliert ohne auf die spezifischen Anforderungen des naturwissenschaftlichen Fachunterrichts unmittelbar

Bezug zu nehmen (Baumert & Kunter 2006). Oser (1997 a, b, 2001, 2003) unterscheidet im Hinblick auf die Graduiierbarkeit der vorgelegten Standards drei Aspekte:

- Verarbeitungstiefe
- Bedeutung (Gewichtung)
- Beachtung (Handlungsrelevanz).

Die Kompetenzprofile und Standardgruppen haben sich empirisch bewährt und besitzen eine hohe „*praktische Augenscheinvalidität*“ (Baumert & Kunter 2006). Allerdings fehlt der Rahmen eines professionellen Handlungsmodells für Lehrkräfte, um die getroffene Auswahl zu begründen (Herzog 2005).

Das von Terhart (2002) in einer Expertise für die Kultusministerkonferenz vorgestellte mehrdimensionale Modell der Lehrerbildungsstandards umfasst die folgenden Elemente:

- Beschreibung von Inhaltsstandards (Themen und deren Abfolge)
- Vorstellung eines Kern-Curriculums für die erste und zweite Ausbildungsphase
- Beschreibung von Kompetenzfacetten (Wissen, Können, Reflektieren, Kommunizieren, Beurteilen)
- Übersicht einer ausbildungs- und berufsbegleitenden Entwicklung von Kompetenzen, die in Standards konkretisiert werden (Terhart 2002).

Im Vergleich mit dem von Oser (1997 a, b) vorgelegten Modell legt Terhart (2000, 2002) einen Schwerpunkt auf die Qualifikation und den systematischen, phasenverbindenden Erwerb von Wissen und Können der Lehrkräfte.

Auch das Modell von Terhart (2002) kann nicht auf ein Rahmenkonzept einer Handlungskompetenz von Lehrkräften zurückgeführt werden (Baumert & Kunter 2006).

2.3.1 Anforderungen an die Professionalisierung von Lehrkräften: Professionswissen und Handlungskompetenz

Lehrkräfte als „*Fachleute für das Lernen*“ (KMK 2004 d) verfügen über eine „*professionelle Kompetenz*“ (KMK 2004 d), die sich zum einen auf eine breite Basis fachbezogener und fachunabhängiger Kompetenzen (siehe Tabelle 2, Seite 34) und zum anderen auf eine reichhaltige Erfahrung in fachbezogenen, lernprozessorientierten Handlungssituationen stützt (Baumert & Kunter 2006; Lipowsky 2007; Bromme 2008). Fachbezogene Kompetenzen sind somit eine wesentliche Voraussetzung von Lehrkräften zur erfolgreichen Gestaltung von kompetenzorientierten Lernumgebungen und standardorientierter Begleitung von Lernprozessen im naturwissenschaftlichen Unterricht (Besser & Krauss 2009).

Diese Facetten eines Professionswissens von Lehrkräften werden in der Definition von Weinert (2001) präzisiert und ergänzt: „*The theoretical construct of action competence comprehensively combines those intellectual abilities, content-specific knowledge, cognitive skills, domain specific strategies, routines and subroutines, motivational tendencies, volitional control systems, personal value orientations, and social behaviours into a complex system. Together, this system specifies the prerequisites required to fulfil the demands of a particular professional position.*“

Baumert und Kunter (2006) greifen diese Definition auf und beschreiben die professionelle Kompetenz von Lehrkräften als „*spezifisches, erfahrungsgesättigtes, deklaratives Wissen (Kompetenzen im engeren Sinne: Wissen und Können); professionelle Werte, Überzeugungen, subjektiven Theorien, normative Präferenzen und Ziele; motivationale Orientierungen sowie metakognitive Fertigkeiten und Fertigkeiten professioneller Selbstregulation*“ (Weinert 2001).

Die Kompetenzen von Lehrkräften werden damit unmittelbar auf das Berufsfeld von Schule und Unterricht bezogen und mit den Inhaltsbereichen der Fächer in Beziehung gesetzt.

Professionelle Kompetenz von Lehrkräften wird hier nicht als eine eindimensionale Fähigkeit beschrieben, sondern als komplexes Zusammenspiel zwischen Professionswissen und Professionellen Handlungskompetenzen, die sich wiederum in zahlreiche Wissensbereiche und Kompetenzfacetten differenzieren. Die kognitiven Kom-

petenzen von Lehrkräften beschreiben Fähigkeiten und Fertigkeiten, welche durch die für Planung und Durchführung von Unterricht bedeutsamen Kompetenzen, den „*Professionellen Handlungskompetenzen*“ ergänzt werden (Baumert & Kunter 2006). Professionelle Handlungskompetenzen umfassen metakognitive Fähigkeiten, motivationale Orientierungen, reflexive und selbstregulierende Fähigkeiten sowie eine fachgebundene als auch fachunabhängige Werteorientierung (Krauss, Brunner, Kunter et al. 2008; Bromme 1997; Blömeke, Kaiser & Lehmann 2008).

Wissen und Können (deklaratives, prozedurales und strategisches Wissen) sind zentral für die Professionelle Handlungskompetenz von Lehrkräften. Sie haben innerhalb des Systems Schule einen großen Einfluss auf die Schülerleistungen (Bromme 1997). Nicht nur die äußeren Bedingungsfaktoren wie z. B. die Größe der Klassen, die homogene Struktur der Schülerinnen und Schüler innerhalb des Klassenverbandes, der Schultyp und das Klassenklima, sondern insbesondere der Einfluss der Lehrkraft auf die Leistungs- und Motivationsentwicklung ist bedeutsam für den Leistungszuwachs der Schülerinnen und Schüler. Die fachbezogenen Kenntnisse und Fertigkeiten sind die Grundlage, um die Unterrichtszeit intensiv zu nutzen, und die Schülerinnen und Schüler effektiv beim Lernen zu begleiten (Wenner 1995). Der Zusammenhang zwischen Nutzung der Unterrichtszeit und dem Lernerfolg wird in zahlreichen Studien belegt (Denham & Lieberman 1980). Die fachliche Kenntnis beeinflusst sowohl die Qualität der von der Lehrkraft vorgestellten Erläuterungen, ihre Fähigkeit, Lernprozesse auf den fachlichen Kontext auszurichten, als auch ihr Geschick, Schülerbeiträge im Hinblick auf die Lernziele im Fachunterricht zu bündeln (Hashweh 1987; Harlen 1997).

2.3.2 Professionelle Wissensdomänen von Lehrkräften

Wesentliche Impulse zur Topologie und Typologie Professionellen Wissens von Lehrkräften hat Shulman (1986, 1998) in die Diskussion um die Struktur und Entwicklung von Kenntnissen und Fertigkeiten von Lehrkräften eingebracht. Im Mittelpunkt steht dabei das Professionswissen von Lehrkräften, das eine wesentliche Voraussetzung für das unterrichtsbezogene Handeln darstellt (Shulman 1998): *„All professions are characterized by the following attributes:*

- *a domain skills performance and practice*
- *understanding of scholarly or theoretical kind*
- *the obligations of service of others, as in „calling“*
- *the exercise of judgement under conditions of unavoidable uncertainty*
- *the need of learning from experience as theory and practice interact*
- *a professional community to monitor quality and aggregate knowledge.“*

Die hier ausgewiesenen Facetten zur inhaltsbezogenen Ausgestaltung des Professionellen Wissens von Lehrkräften haben erkennbar Eingang in die NBPTS-Standards gefunden (*National Board for Professional Teaching Standards 2002*). In den USA werden diese Standards genutzt, um die Kompetenzen von Lehrkräften zu beschreiben, und auf dieser Grundlage die schulische Ausbildung zu zertifizieren. Im Hinblick auf Unterricht als Prozess und der Rolle der Lehrkraft im Unterricht werden hier das Wissen und Können (Professionswissen) und das Lernen als Prozess (Professionelle Handlungskompetenzen) benannt (*National Board for Professional Teacher Standards 2002*):

- *„Teachers know subjects they teach and how to teach those subjects to the students*
- *Teachers think systematically about their practice and learn from the experience*
- *Teachers are members of learning communities*
- *Teachers are committed to students and their learning*
- *Teachers are responsible for managing and monitoring student learning.“*

Professionelle Wissensdomänen von Lehrkräften sind ein Zusammenspiel von (Baumert & Kunter 2006; Bromme 2008):

- spezifischem deklarativen und prozeduralen Wissen, welches auf Erfahrungen zurückgeführt werden kann
- professionellen Werten, Überzeugungen und Theorien
- motivationalen Orientierungen
- metakognitiven und reflexiven Fähigkeiten zur professionellen Eigenwahrnehmung und Steuerung.

Um das Professionswissen und die Professionelle Handlungskompetenz im Sinne dieses nicht-hierarchischen Modells weiter auszdifferenzieren und zu spezifizieren, bedarf es weiterer empirischer Befunde (Brunner, Kunter, Krauss et al. 2006).

Die in den Arbeiten zum Professionswissen von Lehrkräften vorgestellten Topologien (u. a. in Baumert & Kunter 2006; Jüttner, Spangler & Neuhaus 2009; v. Aufschnaiter, Dübbelde, Cappel et al. 2010; van Dijk & Kattmann 2010) lassen sich auf den von Shulman (1987) vorgestellten Referenzrahmen zurückführen:

- Fachwissen (*content knowledge*; CK)
- pädagogisches und erziehungswissenschaftliches Wissen (*general pedagogical knowledge*; PK)
- fachdidaktisches Wissen (*pedagogical content knowledge*; PCK)
- Kenntnisse des Lehrplans und des Curriculums (*curriculum knowledge*)
- Kenntnisse und Wissen über die Lernenden (*knowledge of the learners and their characteristics*)
- Wissen über Kontexte des Lehrens und Lernens (*knowledge of educational contexts*)
- Wissen über die Ausbildungs- und Bildungsziele sowie die vermittelten Werte (*knowledge of educational ends, purposes and values*).

Bromme (1997) hat dieses Modell einer Topologie Professionellen Wissens von Lehrkräften unter Berücksichtigung der Gegebenheiten im deutschsprachigen Raum weiter entwickelt und fünf Bereiche unterschieden:

- Fachliches Wissen
- Pädagogisches Wissen
- Fachspezifisch-pädagogisches Wissen
- Curriculares Wissen
- Philosophie des Schulfaches.

In diesem Zusammenhang weist Bromme (1997) in der theoretischen Begründung der Topologie darauf hin, dass die „*Verschmelzung von Kenntnissen unterschiedlicher Herkunft*“ das Besondere an dem Professionellen Wissen von Lehrkräften ausmacht; ein wesentlicher Unterschied zu den ausbildenden Fachwissenschaftlern der einzelnen Disziplinen (Bromme 1997, 2008). Die Anforderungen des Unterrichtens durch die Lehrkraft im System Schule stehen in dieser Typologie im Mittelpunkt. Wesentliche Elemente beider – in weiten Teilen deckungsgleicher Topologien – sind auch in den fachbezogenen Kompetenzen von Lehrkräften der KMK zu finden (vgl. Tabelle A 4 im Anhang A).

Im Vergleich der in den vorliegenden Arbeiten gewählten Strukturierungsansätze zum Professionellen Wissen von Lehrkräften wird die besondere Bedeutung des

- Fachwissens (CK),
- des Fachdidaktischen Wissens (PCK) und des
- Pädagogischen Wissens (PK)

deutlich.

Die aus der Perspektive nationaler und internationaler Bildungsforschung formulierten Wissensbereiche decken sich weitgehend mit den nationalen Standards für die Lehrerbildung (KMK 2008), wenngleich hier die Perspektive eines fachbezogenen Lernens im Organisationssystem Schule stärker Eingang gefunden hat.

Die zentralen Wissensbereiche Fachwissen, Fachdidaktisches Wissen und Pädagogisches Wissen haben sich als die Arbeitsfelder empirischer Bildungsforschung zum Professionswissen von Lehrkräften herauskristallisiert (Abell 2007; Bromme 1997; Neuhaus 2007; Brunner, Kunter, Krauss et al. 2006; Blömeke, Kaiser & Lehmann 2008; Lipowsky 2006; Schmelzing 2010). In den letzten Jahren sind diese Wissens-

domänen um das Organisationswissen (Shulman 1987; Fried 2002) und das Beratungswissen (Bromme & Rambow 2001) ergänzt worden.

2.3.3 Fachwissen und Fachmethodisches Wissen von Lehrkräften

Auf die Bedeutung fachbezogenen und fachunabhängigen Wissens von Lehrkräften als zentrale Voraussetzung des Lehrens und Lernens und der damit einhergehenden Qualitätsentwicklung im naturwissenschaftlichen Unterricht wurde bereits hingewiesen (vgl. Kapitel 2.3.1). Die Beschreibung der im Rahmenkonzept differenzierten Bereiche Fachwissen, Fachdidaktisches Wissen und Pädagogisches Wissen des Professionellen Wissens von Lehrkräften ist Gegenstand aktueller Forschung, die im deutschsprachigen Raum erst in jüngster Zeit aufgenommen wurde.

Das „Professionelle Wissen“ in professionellen Berufen wird in Anlehnung an die Expertiseforschung durch die folgenden Elemente beschrieben (Hatano & Inagaki 1986):

- Professionelles Wissen ist domänenspezifisch, ausbildungs- und trainingsabhängig
- Expertenwissen ist hierarchisch organisiert und vernetzt
- Expertenwissen ist um Schlüsselkonzepte und Ereignisschemata arrangiert, die auf beispielhafte Einzelfälle Bezug nehmen
- Professionelles Expertenwissen kann Kontexte integrieren und erlaubt variantenreiches Verhalten
- Basisroutinen sind automatisiert, können aber flexibel an die Erfordernisse des Einzelfalls angepasst werden.

Im Hinblick auf das Handeln der Lehrkräfte wird eine Unterscheidung in das theoretisch-formale und praktische Wissen und Können vorgenommen (Fenstermacher 1994). Das theoretisch-formale Wissen umfasst im Wesentlichen das fachbezogene Wissen der Lehrkräfte. Hier sind die Wissensbereiche des Fachwissens, Fachdidaktischen Wissens und Pädagogischen Wissens organisiert (siehe Abbildung 1, Seite 47).

Das praktische Wissen beschreibt die Bereiche des Lehrerhandelns im Unterricht. Dieses „praktische Wissen und Können“ ist erfahrungsbasiert in spezifische Kontexte eingebettet (Oser 2001 a, b; KMK 2008) und auf konkrete Situationen oder Problemstellungen bezogen (Neuweg 2005). Routinen helfen, die intuitive Feinabstimmung

bei konkreten Handlungen ziel- und ergebnisorientiert zu justieren. Der Wissenserwerb von Kenntnissen und Fertigkeiten der Schülerinnen und Schüler (KMK 2004 a, b, c) erfolgt in Lern- und Lehrprozessen, bei deren Ausgestaltung die Lehrkraft auf theoretisch-formale und praktische Wissensbestände zurückgreift.

Das Professionelle Wissen von Lehrkräften wird damit immer in Beziehung zum Unterrichten im Berufsfeld Schule gesetzt (Bromme 1997; Baumert & Kunter 2006; Lipowsky 2006; Arnold 2007; KMK 2008). Auch Shulman (2004) weist in den Ausführungen zu seinem Referenzrahmen zum Professionellen Wissen von Lehrkräften auf die grundlegende Bedeutung des Fachwissens für

- das fachwissenschaftliche Verständnis der Lehrkraft,
- dessen Bedeutung für den intendierten Wissenstransfer sowie
- die Notwendigkeit eines systematischen Aufbaus hilfreicher Kenntnisse und Fertigkeiten hin.

Im Wissensbereich Fachwissen (*Science Subject Matter Knowledge* – SMK) werden die zwei Bereiche

1. Science Substantive Knowledge und
2. Science Syntactic Knowledge

unterschieden (Schwab 1964; Shulman 1987; Abell 2007; siehe Tabelle 3).

Tabelle 3: Elemente im Wissensbereich Fachwissen Elemente (nach: Shulman 1986, 2004 sowie Abell 2007)

Wissensbereich Fachwissen	Elemente
<i>Science Substantive Knowledge</i> (Fachwissenschaftliche Kenntnisse)	<ul style="list-style-type: none"> • fachbezogene Konzepte kennen • Inhalte und Themen kennen • Struktur der Wissensbestände eines Faches verstehen • Theorien im Fach kennen und einsetzen
<i>Science Syntactic Knowledge</i> (Fachmethodisches Wissen)	<ul style="list-style-type: none"> • naturwissenschaftliche Arbeitsweisen beherrschen • Untersuchungsmethoden kennen, auswählen und einsetzen • Verfahren der Erkenntnisgewinnung kennen • wissenschaftspropädeutisches Arbeiten beherrschen • wissenschaftliches Denken kennen und einsetzen

Die vorrangige Aufgabe der Lehrkraft besteht nicht darin, bestehende naturwissenschaftliche Befunde im Sinne von Fakten zu kennen und diese strukturiert, an der Systematik des Faches orientiert, an die Schülerinnen und Schüler weiterzugeben. Hilfreich für den Lernprozess – und damit für den fachbezogenen Erwerb von Wissen im Sinne von Kenntnissen und Fähigkeiten seitens der Schülerinnen und Schüler – ist es, vernetztes, anschlussfähiges Wissen zu erarbeiten und dessen Bedeutung in Theorie und Praxis erfahren und einschätzen zu können (Bryan & Abell 1999; Abell 2007). Dies setzt ein umfassendes Wissen in den Facetten und Dimensionen des Wissensbereichs Fachwissen voraus, um fachimmanente wie auch fachübergreifende Zusammenhänge herstellen zu können (siehe Abbildung 1, Seite 47). Um diesen Anforderungen zu entsprechen, ist es notwendig, fachwissenschaftliche Inhalte als theoriegeleitete Befunde heuristischer Verfahren zu verstehen (Baumert & Kunter 2006) und ihren vorläufigen Charakter zu erkennen. Außerdem ist es wichtig, umfassende Kenntnisse über die Struktur und Organisation der Wissensbestände wie auch der Verfahren, wie sich „Wissen“ im Fach generiert, zu besitzen (Shulman 1986, 2004; KMK 2004 a, b, c, d, 2008; Abell 2007; Lipowsky 2006).

Das Rahmenkonzept wissenschaftsmethodischer Kompetenzen beschreibt in den Kompetenzkonstrukten und Standards der Erkenntnisgewinnung (Mayer 2007) zentrale Kenntnisse und Fertigkeiten zum Fachmethodischen Wissen (siehe Kapitel 3.4), die wesentliche Elemente naturwissenschaftlicher Bildung ausweisen (siehe Kapitel 2.1). Darüber hinaus werden in dieser Konzeption Hinweise zur Struktur (Grube, Möller & Mayer 2007) und Graduierung Fachmethodischen Wissens (Möller, Grube & Mayer 2007) gegeben, die im Besonderen bedeutsam für die Entwicklung von Kenntnissen und Fertigkeiten (siehe Kapitel 2.2) im Hinblick auf den kompetenzorientierten naturwissenschaftlichen Fachunterricht sind (KMK 2004 a, b, c, d, 2008).

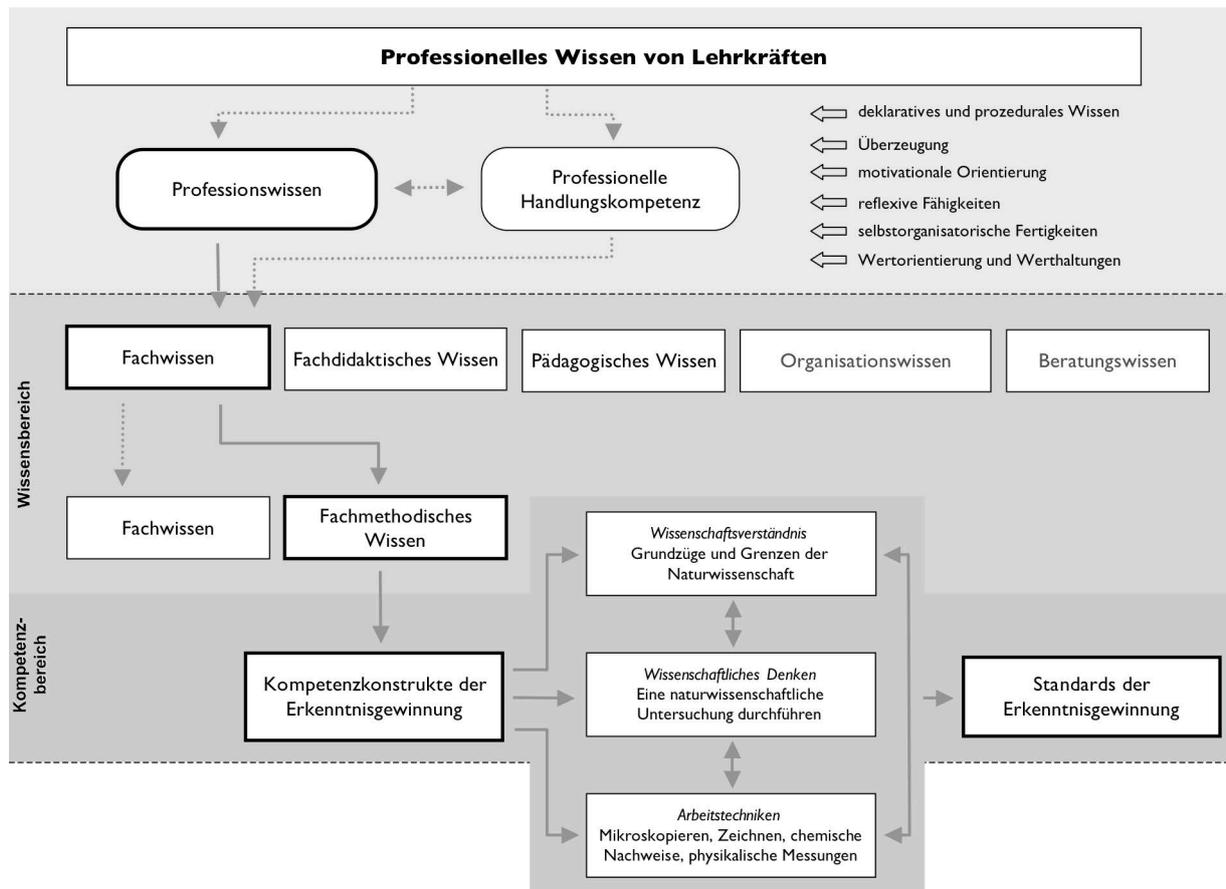


Abbildung 1: Professionelles Wissen von Lehrkräften der Naturwissenschaften.

2.3.4 Bedeutung und Entwicklung des Professionellen Wissens von Lehrkräften im naturwissenschaftlichen Fachunterricht

Neuere Literatur zum allgemeinen, fachbezogenen und pädagogischen Wissen und Können beschreibt die reliable und valide Erfassung der Wissensbereiche als wesentlich zur Ausdifferenzierung des Professionswissens von Lehrkräften (Chochran-Smith & Fries 2005). In diesem Arbeitsfeld besteht die Herausforderung darin, das Wissen und praktische Können der Lehrkräfte zu erfassen, welches bei der Planung, Gestaltung und Durchführung fachbezogenen Unterrichts eingesetzt wird (Bromme 1997). Empirische Erkenntnisse zur Entwicklung und dem Stand Professionellen Wissens von Lehrkräften liegen hier nur begrenzt vor (Baumert & Kunter 2006; Blömeke, Reinhold & Tulodziecki 2004).

Professionelles Wissen von Lehrpersonen zeichnet sich durch einen hohen Vernetzungsgrad von Wissen und Kenntnissen, mit vielfachen relationalen Verknüpfungen (Berliner 2001) aus. Für die wachsende Professionalität ist die zunehmende Integration neuer Komponenten kennzeichnend. Ein breites Fachwissen schafft die Grundlage, um den Fachunterricht zielgenau zu strukturieren (Bromme 1992; Köller & Baumert 2008). Das nach der Ausbildung erreichte Niveau an Wissen und Kenntnissen ist vorläufig (KMK 2004 d) und muss im Verlauf des Berufslebens ausgebaut werden (KMK 2008). Studien wie COACTIV (Krauss, Brunner, Kunter et al. 2008) und MT21 (Blömeke, Kaiser & Lehmann 2008) untersuchten die Genese fachbezogenen Wissens und pädagogischen Wissens sowohl im Studium als auch im Referendariat (1. und 2. Phase der Lehrerbildung) im Fach Mathematik in Deutschland. In diesen Studien wird unter anderem auch auf notwendige weitergehende Anstrengungen zur detaillierten Beschreibung der Lehrerrolle im Unterricht hingewiesen, da entsprechende Untersuchungen für die dritte Phase der Qualifikation von Lehrkräften fehlen (Krauss, Brunner, Kunter et al. 2008; Blömeke, Kaiser & Lehmann 2008).

Befunde dieser Studien geben erste Hinweise bezüglich des Professionellen Wissens von Lehrkräften:

- Es erfolgt eine deutliche Wissensprogression in der ersten und zweiten Phase der Lehrerausbildung.
- Es besteht ein positiver Zusammenhang zwischen quantitativer Lernzeit und Lernertrag.

- Bestehende Unterschiede der Kenntnisse und Fertigkeiten in den Ausbildungsgängen können auf die Länge der zur Verfügung stehenden Ausbildungszeit bezogen werden.
- Die Verknüpfung von Fachwissen und Fachdidaktischem Wissen wirkt sich positiv auf den Aufbau Professionellen Wissens von Lehrkräften aus.

Im Rahmen der Studie COACTIV konnte zudem das Fachwissen und das Fachdidaktische Wissen als zwei empirisch trennbare Bereiche beschrieben werden (Krauss, Brunner, Kunter et al. 2008).

Auf dieser Grundlage geht die Notwendigkeit einer „*systematischen Unterstützung und Weiterentwicklung der Lehrerprofessionalität*“ (Shulman 1986; Oser 2001 a, b; Baumert & Kunter 2006; Lipowsky 2006; KMK 2008) einher, mit dem Ziel der Entwicklung geeigneter kompetenzorientierter Lehr- und Lernarrangements durch die Lehrenden im naturwissenschaftlichen Unterricht. Es bestehen offensichtlich zahlreiche Wechselwirkungen zwischen dem Fachwissen (*subject matter knowledge*) und dem Pädagogischen Wissen (siehe Abbildung 1, Seite 47). Ohne umfassende Kenntnisse der fachbezogenen Inhalte, des naturwissenschaftlichen Denkens und eines fachbezogenen naturwissenschaftlichen Verständnisses (Shulman 2004) ist eine positive Qualitätsentwicklung im naturwissenschaftlichen Unterricht nicht denkbar.

Im Sinne professioneller Lerngemeinschaften (Shulman 2004) stehen die Lehrkräfte vor der Herausforderung, Lehr- und Lernprozesse im Kontext der Bildungsstandards (KMK 2004 a, b, c) für die naturwissenschaftlichen Fächer neu auszurichten.

Zwar sind in den nationalen Bildungsstandards für den mittleren Schulabschluss die zu entwickelnden Kompetenzen auf Seiten der Schülerinnen und Schüler beschrieben, doch ist im Zuge der Implementation der Standards in Lern- und Lehrprozesse im naturwissenschaftlichen Fachunterricht noch Entwicklungsarbeit zu leisten, um die Lehrkräfte bei der Anlage und Durchführung kompetenzorientierter Lehr- und Lernsituationen zu unterstützen (Köller & Baumert 2008).

2.3.5 Befunde der Bildungsforschung zu Wirkungen Professionellen Wissens von Lehrkräften

Das Fachwissen und Fachdidaktische Wissen beschreiben zentrale Wissensbereiche des Professionellen Wissens von Lehrkräften. Allerdings liegen bislang nur wenige empirische Befunde zum Fachwissen vor (Neuweg 2005; Krauss, Brunner, Kunter et al. 2008), die über distale Wissensfaktoren wie z. B. staatliche Zertifizierungen, Abschlüsse oder besuchte Fachkurse hinausgehen (Baumert & Kunter 2006; Blömeke, Kaiser & Lehmann 2008). Das separate Erfassen beider Wissensbereiche trägt dazu bei, mögliche Wechselwirkungen zwischen Fachwissen und Fachdidaktischem Wissen (Schmelzing 2010) genauer zu beschreiben. In den Studien MT21 und CAOKTIV wurde das fachbezogene Wissen angehender Mathematiklehrkräfte untersucht (Blömeke, Kaiser & Lehmann 2008; Brunner, Kunter, Krauss et al. 2006; Baumert 2009; Krauss, Brunner, Kunter et al. 2008). Die hier vorgestellten Befunde (vgl. Kapitel 2.3.4) zur Entwicklung des Fachdidaktischen Wissens werden von ersten Ergebnissen zum Fachdidaktischen Wissen im Fach Biologie gestützt (Schmelzing 2010). Allerdings wird auch darauf hingewiesen, dass zur Klärung von Zusammenhängen zwischen dem Professionellen Wissen von Lehrkräften, dem Verhalten im Unterricht und dem Erwerb von Kenntnissen und Fertigkeiten der Schülerinnen und Schüler noch weitere fachdidaktische Forschung nötig ist (Schmelzing 2010).

Eine genauere Untersuchung dieser Wissensbereiche geht einher mit der Annahme, dass sowohl das Fachwissen als auch das Fachdidaktische Wissen wichtige Prädiktoren für die Lernleistung der Schülerinnen und Schüler im naturwissenschaftlichen Unterricht darstellen (KMK 2008; Abell 2007). Im Mittelpunkt der im Folgenden vorgestellten Untersuchung zum Professionswissen von Lehrkräften der Naturwissenschaften steht daher die Beschreibung des Fachmethodischen Wissens in den Kompetenzkonstrukten der Erkenntnisgewinnung (vgl. Abbildung 1, Seite 47).

Die Kenntnisse und Fertigkeiten von Lehrkräften im Wissensbereich Fachwissen stehen in unmittelbarer Beziehung zu der Lernentwicklung der Schülerinnen und Schüler und beeinflussen somit den Erwerb von Kenntnissen und Fertigkeiten, nicht zuletzt im naturwissenschaftlichen Unterricht (Arnold 2007; Baumert 2009; KMK 2004 d). Im Rahmen des Angebots-Nutzungs-Modells zur Wirkung des Unterrichts

weist auch Helmke (2003) neben dem (a) Unterricht als Angebot, den (b) individuellen Eingangsvoraussetzungen der Schülerinnen und Schüler und dem (c) Klassenkontext die fachwissenschaftliche und fachdidaktische Kenntnisse der Lehrkraft (d) als wesentliche Größe aus, welche die Qualität beeinflusst.

Fachunabhängige Merkmale wie Selbstwirksamkeit, Selbstreflexion, Engagement und pädagogische Orientierung (Neuhaus 2007; Jüttner, Spangler & Neuhaus 2009) sind weitere Elemente des Professionellen Wissens von Lehrkräften in den Wissensbereichen Fachwissen und Fachdidaktisches Wissen.

Die fachwissenschaftliche und fachdidaktische Expertise der Lehrkraft ist somit eine wesentliche Größe, welche die Qualität des Unterrichts beeinflusst. Lipowsky (2006) stellt die Unterrichtsqualität in einen direkten Zusammenhang mit dem Lernerfolg der Schülerinnen und Schüler. Allerdings ist eine gute fachliche Expertise der Lehrkraft kein ausschließliches und damit hinreichendes Kriterium der intendierten Lernprogression auf Seiten der Schülerinnen und Schüler (Lipowsky 2006).

In Anlehnung an die KMK (2004 d, f) wird „Qualität“ als Beschaffenheit eines Unterrichtsangebots, also z. B. einer Lernsituation, verstanden. Qualität beschreibt aber auch ein Merkmal der Güte (KMK 2008), dem ein Maßstab im Sinne einer normativen Aussage zu Grunde liegt (z. B. Standards in den Kompetenzbereichen Fachwissen, Erkenntnisgewinnung, Kommunikation und Bewertung, Standards für die Lehrerbildung). Diese objektivierbaren Standards (KMK 2004 a, b, c) ermöglichen es, „Güte“ objektiver zu skalieren und zu normieren (Terhart 2002).

Zudem tragen Vorstellungen zu wichtigen Konzepten des Lehrens und Lernens, die Bereitschaft zur Selbstreflexion und das berufsbezogene Selbstvertrauen als professionelles Selbstkonzept mit einer hohen Selbstwirksamkeit auf Seiten der Lehrkraft zu einer lernförderlichen Ausrichtung eines qualitativ hochwertigen Unterrichtsangebots bei (Wenner 1993, 1995; Harlen 1997; Schoon & Boone 1998).

Befunde aus der empirischen Forschung belegen einen Zusammenhang zwischen der Qualität und Motivation der Lehrenden und einer positiven Wirkung auf die Begeisterung und Intensität des Arbeitsprozesses der Lernenden (Appleton 1995; Schriver & Czerniak 1999). Verschiedene Fragetechniken, konstruktive Rückmeldungen zum Lernprozess, ein ergebnisorientiertes Zeitmanagement, eine aktive Rückmelde-

kultur und eine adäquate, didaktisch angemessene Präsenz während des Lernprozesses zeigen wichtige Elemente intensiven fachbezogenen Lernens in den naturwissenschaftlichen Fächern auf (Czerniak 1989; Schriver & Czerniak 1999).

Ein professionelles Selbstkonzept von Lehrkräften hat erheblichen Einfluss auf den Lernprozess von Schülerinnen und Schülern (Dembo & Gibson 1985). Kennzeichen eines professionellen Selbstkonzeptes mit einer hohen Selbstwirksamkeit im naturwissenschaftlichen Unterricht sind (Lipowsky 2006; Neuhaus 2007):

- Es wird Zeit für naturwissenschaftliches Arbeiten im Unterricht zur Verfügung gestellt.
- Das Unterrichtskonzept ist am naturwissenschaftlichen Denken ausgerichtet.
- Es erfolgt eine Anleitung zum naturwissenschaftlichen Arbeiten im Fachunterricht.
- Die Lernsituation wird im Sinne wissenschaftspropädeutischen Arbeitens geöffnet.
- Der Prozess einer Untersuchung wird im naturwissenschaftlichen Unterricht lernprozessorientiert begleitet.
- Praxisorientierte Lerninhalte, die durch die Standards der Erkenntnisgewinnung unterstützenden Konzepte aufgearbeitet werden, gewährleisten adressatengerechtes Arbeiten.
- Ein kritisches naturwissenschaftliches Denken der Schülerinnen und Schüler wird gefördert.
- Die eigene Lehrerrolle wird in hohem Maße reflektiert und aktiv wahrgenommen.
- Schülerorientierte Arbeitsformen werden unter fachdidaktischen Gesichtspunkten zum aktiven Erwerb von Kenntnissen und Fertigkeiten angeleitet.

Ein hohes Maß an Fachwissen erwies sich auch in diesen Untersuchungen als wesentlicher Faktor für die lernwirksame Gestaltung besonders förderlicher Angebote naturwissenschaftlichen Lernens. Umfassendere fachwissenschaftliche Kenntnisse stehen somit in unmittelbarem Zusammenhang mit der Kenntnis verschiedener didaktischer Konzepte, die zur erfolgreichen Aufbereitung naturwissenschaftlicher Inhalte genutzt werden (Riggs 1994).

3 Projekt zur Qualitätsentwicklung: „Kompetenzorientiert unterrichten in Mathematik und Naturwissenschaften“

In diesem Kapitel werden zunächst die Ziele und die Struktur des Projekts „Kompetenzorientiert unterrichten in Mathematik und Naturwissenschaften“ vorgestellt, einem hessischen Lehrerbildungsprogramm zur Weiterentwicklung des mathematischen und naturwissenschaftlichen Unterrichts.

Im Anschluss werden Anforderungen an die Qualifizierung von Lehrkräften projektbezogen beschrieben, die im Besonderen auf die Stärkung des Fachmethodischen Wissens ausgerichtet sind. Die aus der Implementation der Standards im Kompetenzbereich Erkenntnisgewinnung erwachsenden Herausforderungen werden hier mit dem Professionswissen von Lehrkräften in Beziehung gesetzt und konzeptionell im Hinblick auf die Qualitätsentwicklung im naturwissenschaftlichen Unterricht konkretisiert.

3.1 Das Projekt „Kompetenzorientiert unterrichten in Mathematik und Naturwissenschaften“ – ein Lehrerbildungsprogramm in Hessen

Mit der Einführung nationaler Bildungsstandards für den mittleren Schulabschluss aufgrund der Vereinbarung der Kultusministerkonferenz 2004 haben sich die Bundesländer zu deren Implementation ab dem Schuljahr 2005/06 verpflichtet (vgl. Kapitel 2.2.1). Zudem ist ein Ländervergleich in Mathematik und den Naturwissenschaften im Jahr 2012 geplant, um den Stand der Ausrichtung des mathematischen und naturwissenschaftlichen Unterrichts auf die Bildungsstandards zu evaluieren (KMK 2006; Walpuski, Kampa, Kauertz et al. 2008).

Des Weiteren beschreiben die Standards für die Lehrerbildung in den Bildungswissenschaften und die ländergemeinsamen, inhaltlichen Anforderungen für die Fachwissenschaften und Fachdidaktiken in der Lehrerbildung (vgl. Kapitel 2.2.2) abgestimmte Anforderungen an den Kompetenzerwerb in der Lehrerbildung (KMK 2004 d, 2008). In den fachbezogenen Kompetenzen der Lehrkräfte werden Kenntnisse und Fertigkeiten beschrieben, welche abgestimmt auf die Bildungsstandards für den mittleren Schulabschluss, diese Standards konkretisieren.

Betrachtet man darüber hinaus die reformorientierten Änderungen im deutschen Schul- und Ausbildungssystem nach TIMSS und PISA (2000, 2003, 2006) genauer, so wird in allen Initiativen der Versuch unternommen, neben den verbindlichen Fachinhalten die Vermittlung erkenntnistheoretischer, methodischer, sozialer und personeller Kompetenzen systematisch zu stärken (Baumert, Lehmann & Lehrke 1997; KMK 2004 a, d).

Innerhalb der Bildungsstandards in den Naturwissenschaften stehen neben dem Fachwissen (fachbezogene Inhalte und Konzepte) besonders fachmethodische Fragen (Kompetenzbereich Erkenntnisgewinnung) im Mittelpunkt des fachdidaktischen und schulpraktischen Interesses in den naturwissenschaftlichen Fächern (Mayer 2002, 2007). Zwar werden in den nationalen Bildungsstandards für den mittleren Schulabschluss die zu entwickelnden Kompetenzen beschrieben, doch sie sind noch nicht in geeignete Lern- und Lehrsituationen umgesetzt (Köller & Baumert 2008).

Im Kooperationsprojekt „Kompetenzorientiert unterrichten in Mathematik und Naturwissenschaften“ haben das hessische Amt für Lehrerbildung und die Universitäten Gießen und Kassel notwendige Entwicklungs- und Forschungsaufgaben gebündelt,

mit den Zielen, (1) die Lehrkräfte bei der Implementation der Bildungsstandards in den naturwissenschaftlichen Fächern zu unterstützen, (2) die Förderung der Kompetenzen wissenschaftlich zu begleiten und (3) die Anschlussfähigkeit sowohl an ein empirisch gesichertes Kompetenzmodell (Mayer 2007; Mayer, Grube & Möller 2008) als auch an die Instrumente zur Evaluation der „Bildungsstandards Naturwissenschaften 2012“ (KMK 2006) zu suchen. Zielstellung ist die anschlussfähige Qualifizierung zum systematischen Erwerb notwendiger Kompetenzen zur kompetenten Berufsausübung in allen drei Phasen der Lehrerbildung (KMK 2008).

Durch die Einführung des Kompetenzbegriffs in den Bildungsstandards werden Kenntnisse und Fertigkeiten sowohl der Lernenden als auch der Lehrenden im Kompetenzbereich Erkenntnisgewinnung beschrieben, die in Lehr- und Lernsituationen erworben, angewendet, verknüpft und situationsbezogen reflektiert werden (KMK 2004 a, b, c, d, e, 2008). Mit diesen veränderten Anforderungen an Lehr- und Lernsituationen geht die Notwendigkeit einer systematischen Unterstützung der Lehrprofessionalität (u. a. Bromme 1997; Shulman 1986, 2004; Oser 2001 a, b; Terhart 2002, 2006; KMK 2004 f; Baumert & Kunter 2006; Baumert, Kunter & Brunner 2004; Lipowski 2006) einher, verbunden mit der Anforderung zur Entwicklung geeigneter kompetenzorientierter Lehr- und Lernarrangements durch die Lehrenden im naturwissenschaftlichen Unterricht (siehe Kapitel 2.3).

Unter anderem werden bei der fachdidaktisch begründeten Anlage von Lernprozessen fächerübergreifende und anwendungsbezogene Ansätze bislang zu wenig genutzt, um ein „*Interesse am naturwissenschaftlichen Unterricht und ein tiefergehendes Verständnis zu fördern*“ (Mayer 2004). Zur Qualitätsentwicklung im naturwissenschaftlichen Fachunterricht ist es daher von besonderer Bedeutung ein Gegengewicht zu einem fragend-entwickelnden, weitgehend an der Fachsystematik orientierten Unterricht zu entwickeln (Mayer 2006).

Auf Seiten der Schülerinnen und Schüler zeigen sich in den Naturwissenschaften Schwächen im naturwissenschaftlichen Denken und Argumentieren; auch eine Anwendungsorientierung fachwissenschaftlicher Kenntnisse kommt im Allgemeinen zu kurz (Mayer 2004; Baumert, Blum, Brunner et al. 2006).

Durch das „Forschende Lernen“ wird indes ein fachdidaktisches Konzept vorgelegt, das die für eine naturwissenschaftliche Untersuchung notwendigen Kompetenzen theoriebasiert, fachbezogen und systematisch entwickelt. Ausgehend von den Basis-

konzepten der naturwissenschaftlichen Fächer und dem „Forschenden Lernen“ stellt die Förderung von Kenntnissen und Fertigkeiten im Kompetenzbereich Erkenntnisgewinnung auf Seiten der Lehrenden und Lernenden eine zentrale, fächerübergreifende und lernprozessbezogene Aufgabe in den naturwissenschaftlichen Fächern dar (Mayer & Ziemek 2006; Kunz & Mayer 2008 a).

Das Kooperationsprojekt „Kompetenzorientiert unterrichten in Mathematik und Naturwissenschaften“ nimmt diese Anforderungen in der kooperativen Qualitätsentwicklung in einem kontinuierlichen, dynamischen Prozess in den Fachschaften der Schulen auf. Zur Qualifizierung der Lehrkräfte wurden dem Projekt Module zur Verfügung gestellt. Die in den Modulen angestoßene Fortbildung umfasst sowohl Fachinhalte und Konzepte als auch fachmethodische Elemente, die von besonderem Interesse in den naturwissenschaftlichen Fächern sind (Kubina 2009).

Die Module leiten die systematische Entwicklung notwendiger Kompetenzen auf Seiten der Lehrkräfte an (Krebs 2008) und schaffen die Grundlage zur Entwicklung und Erprobung lernprozessbezogener, diagnostischer Instrumente, die (1) eine individuelle Erhebung von Lernausgangslagen, (2) eine gezielte Feststellung von Kompetenzen der Lernenden und (3) eine differenzierte Lernerfolgsmessung ermöglichen (Kunz & Mayer 2006 c, d, 2007 c, 2009 d).

3.2 Ziele des Projekts

Die im Folgenden vorgestellte Konzeption der Module zur Weiterentwicklung des Professionswissens von Lehrkräften im Kooperationsprojekt „Kompetenzorientiert unterrichten in Mathematik und Naturwissenschaften“ berücksichtigt sowohl die fachbezogenen Inhalte und Konzepte als auch die Anforderungen zur Entwicklung fachmethodischer Kenntnisse und Fertigkeiten in den Kompetenzkonstrukten der Erkenntnisgewinnung. In den Modulen werden Befunde fachdidaktischer Forschung (Wenner 1995; Harlen 1997; Schoon & Boone 1998; Schriver & Czerniak 1999; Baumert & Kunter 2006; Blömeke, Kaiser & Lehmann 2008) in beispielhaften und an der Unterrichtspraxis orientierten Lernsituationen zur Weiterentwicklung des Fachwissens der Lehrkräfte konkretisiert (Mayer 2007). Diese sind insbesondere auf den Erwerb von Kenntnissen und Fertigkeiten im Kompetenzbereich Erkenntnisgewinnung ausgerichtet (Grube, Möller & Mayer 2007).

Die konzipierten Fortbildungsmodule (1) Erkenntnisgewinnung im naturwissenschaftlichen Unterricht, (2) Kompetenzorientiert lehren und lernen und (3) Diagnostizieren und Fördern – Lernen im naturwissenschaftlichen Unterricht, konkretisieren ausgewählte Standards im Kompetenzbereich Erkenntnisgewinnung (KMK 2004 a, b, c; Kunz & Mayer 2008 b, c; siehe Abbildung 2, Seite 58). Die fachbezogenen Lern- und Lehrsituationen orientierten sich an den Teilkompetenzen im naturwissenschaftlichen Erkenntnisprozess (Grube, Möller & Mayer 2007), die im Strukturmodell zum Wissenschaftlichen Denken (Mayer 2007; Mayer, Grube & Möller 2008) als prozedurales Wissen repräsentiert sind (vgl. Kapitel 2.3.4 und 2.3.5).

In den Modulen wird themenbezogen die Konkretisierung der Bildungsstandards im naturwissenschaftlichen Fachunterricht ausgeführt. Ein Modul umfasst eine Darstellung der Anforderungen an dessen Inhalte und leitet deren Erarbeitung in einem Workshop an (Kunz & Mayer 2007 a, b). Materialien und Medien unterstützen dessen Durchführung, wobei didaktische und methodische Überlegungen zur unterrichtsnahen Durchführung berücksichtigt werden.

Ein Modul umfasst:

- Themenbezogene Bausteine zum Workshop
- Materialien zur Organisation und Durchführung des Workshops
- Hinweise zur Konzeption und Durchführung
- Anregungen aus der Beratung zur Weiterentwicklung des Moduls.

Die Module zeigen in den Bausteinen Wege eines systematischen, kumulativen Kompetenzerwerbs für die Lehrkräfte auf und geben Anregungen zur Implementation der Bildungsstandards im naturwissenschaftlichen Unterricht (KMK 2004 a, b, c).

Im Mittelpunkt der Bausteine in den Modulen steht die Qualitätsentwicklung Fachmethodischen Wissens von Lehrkräften in den Kompetenzkonstrukten und Standards der Erkenntnisgewinnung (vgl. Kapitel 2.3.3). Die Weiterentwicklung des Fachmethodischen Wissens von Lehrkräften ist darauf ausgerichtet, einen wesentlichen Beitrag zum Professionellen Wissen der Lehrkräfte zu leisten (Abbildung 2) und die Implementation der Standards im Kompetenzbereich Erkenntnisgewinnung im naturwissenschaftlichen Unterricht zu unterstützen (KMK 2004 a, b, c; Kunz & Mayer 2008 d). Innerhalb eines Moduls ist der Basisbaustein verpflichtend, der durch weitere Vertiefungs- und Aufbaubausteine ergänzt wird.

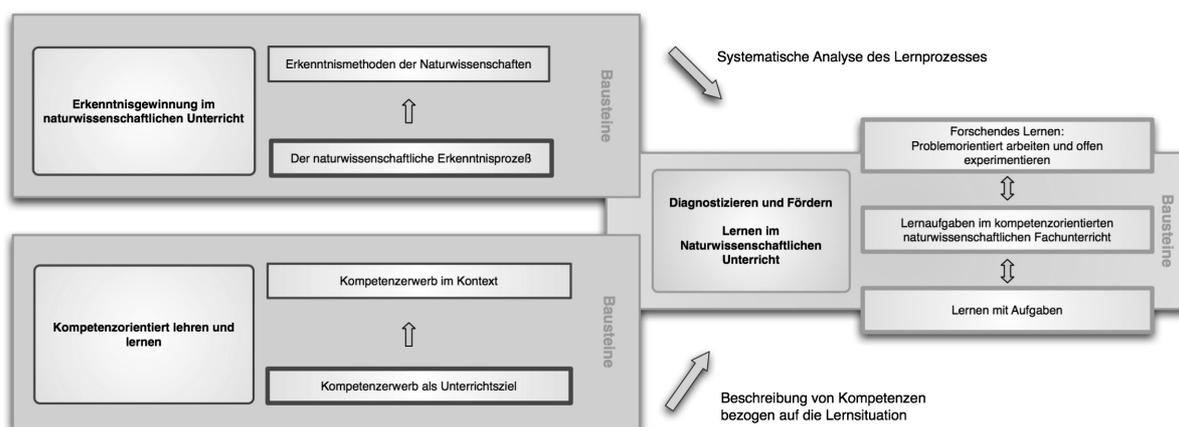


Abbildung 2: Module und Bausteine in der Fortbildung (aus: Kunz & Mayer 2009 e).

Die Basismodule zur „Erkenntnisgewinnung im naturwissenschaftlichen Unterricht“ und dem „Kompetenzorientierten Lehren und Lernen“ konkretisieren ausgewählte Standards in fachbezogenen Lern- und Lehrsituationen. Die in den Bausteinen beider

Module aufgearbeiteten Themen und Inhalte werden im Modul „Diagnostizieren und Fördern: Lernen im naturwissenschaftlichen Unterricht“ aufgegriffen und weiter entwickelt. Im Mittelpunkt dieses Moduls stehen inhaltsbezogene und lernprozessbegleitende Instrumente zur Differenzierung der Lernprogression, die auf Standards im Kompetenzbereich Erkenntnisgewinnung ausgerichtet sind. Die Fortbildungsmodule sind in Tabelle 4 zusammengefasst.

Tabelle 4: Fortbildungsmodule im Projekt „Kompetenzorientiert unterrichten in Mathematik und Naturwissenschaften“ (nach: Kunz & Mayer 2009 e)

<i>I Erkenntnisgewinnung im naturwissenschaftlichen Unterricht</i>	
Baustein 1	Der naturwissenschaftliche Erkenntnisprozess (Basisbaustein)
Baustein 2	Erkenntnismethoden der Naturwissenschaften (Aufbaubaustein)
<i>II Kompetenzorientiert lehren und lernen</i>	
Baustein 3	Kompetenzerwerb als Unterrichtsziel (Basisbaustein)
Baustein 4	Lernen auf unterschiedlichen Kompetenzniveaus (Aufbaubaustein)
Baustein 5	Kompetenzerwerb im Kontext (Vertiefungsbaustein)
<i>III Diagnostizieren und Fördern: Lernen im Naturwissenschaftlichen Unterricht</i>	
Baustein 6	Lernen mit Aufgaben (Basisbaustein)
Baustein 7	Forschendes Lernen: Problemorientiert arbeiten und offen experimentieren (Aufbaubaustein)
Baustein 8	Lernaufgaben im kompetenzorientierten naturwissenschaftlichen Fachunterricht (Vertiefungsbaustein)

Die mögliche Wahl von Aufbau- und Vertiefungsbausteinen ist darauf ausgerichtet, einen teilnehmerorientierten Beitrag (siehe auch Kapitel 5.5) zu einer nachhaltigen Qualitätsentwicklung und Professionalisierung der Lehrkräfte zu leisten (Kunz & Mayer 2009 e).

Im Anhang B finden sich modulbezogen ausgewählte Materialien der Fortbildungsmodule, die einen weitergehenden Einblick in die Struktur der Qualifizierung zum Fachmethodischen Wissen von Lehrkräften im Projekt „Kompetenzorientiert unterrichten in Mathematik und Naturwissenschaften“ geben.

3.3 Struktur und Aufbau des Projekts

Das Kooperationsprojekt „Kompetenzorientiert unterrichten in Mathematik und Naturwissenschaften“ stützt sich in der Fortbildung auf die Erfahrungen aus den Modellversuchen „Steigerung der Effizienz des mathematisch-naturwissenschaftlichen Unterrichts“ SINUS (1998 - 2003), SINUS-Transfer (2003 - 2007) und der Qualitätsinitiative SINUS (2001 - 2005), in deren Mittelpunkt die kontinuierliche Weiterentwicklung des mathematischen und naturwissenschaftlichen Unterrichts stand (Krebs & Prenzel 2007; Stadler, Ostermeier & Prenzel 2007). Zentrales Anliegen dieser Programme war die kooperative, prozessorientierte Qualitätsentwicklung in den naturwissenschaftlichen und mathematischen Fachschaften der Schulen.

Die fachbezogenen und prozessbegleitenden Fortbildungsangebote im Projekt „Kompetenzorientiert unterrichten in Mathematik und Naturwissenschaften“ werden durch Mitarbeiter der Staatlichen Schulämter, des Amtes für Lehrerbildung sowie den Universitäten Gießen und Kassel unterstützt (Kunz & Mayer 2007 c). Über die Hälfte dieser Multiplikatoren können bereits auf Erfahrungen und Materialien aus den Qualifizierungen der zuvor landes- und bundesweit durchgeführten SINUS-Programme zurückgreifen.

In der ersten Phase des Projektes wurden 29 Multiplikatoren durch Vorträge, Workshops und Beratungen in die Themen und Inhalte der Basisbausteine eingeführt und die Konzeption für die spätere Implementation in den Schulen abgestimmt. Über die Laufzeit sind drei einjährige Projektzyklen vorgesehen (Amt für Lehrerbildung 2010 a).

Ab dem Schuljahr 2008/2009 nahmen 53 Schulen in Hessen an der Fortbildung im Bereich Naturwissenschaften teil. Ab dem Schuljahr 2009/2010 arbeiten 64 hessische Schulen im Projekt „Kompetenzorientiert unterrichten in Mathematik und Naturwissenschaften“ an der Weiterentwicklung des naturwissenschaftlichen Fachunterrichts in allen Schulformen der Sekundarstufe I und II. Bis zu sieben Schulen werden in den Schulamtsbezirken zu einem Schulset zusammengefasst und von mindestens einem Multiplikator, dem Setkoordinator, betreut. Auftaktveranstaltungen zu Beginn eines Projektzyklus bereiten die Setleiter und Schulkoordinatoren an den im Projekt aktiven Schulen auf die anstehenden Aufgaben in der Fortbildung vor (Kunz & Mayer 2009 e).

Die naturwissenschaftlichen Fachgruppen mehrerer Schulen verpflichten sich mit der Teilnahme zur kooperativen Weiterentwicklung ihres Unterrichts hin zu kompetenzorientiertem Lehren und Lernen (Amt für Lehrerbildung 2010 a). Sie werden vor Ort durch den Schulkoordinator betreut, der über den Setkoordinator in Kontakt mit der Projektleitung steht. Im Mittelpunkt steht dabei die Begleitung und Durchführung der in den Modulen vorgestellten Bausteine (Amt für Lehrerbildung 2010 b, c). Kollegiale Hospitationen, der Austausch im Schulset und die Dokumentation in Fachgruppenportfolios werden durch die Betreuung des Schulprojektleiters und der fachdidaktischen Begleitung der Fachgruppen – in den naturwissenschaftlichen Fächern durch die Kooperation mit den Universitäten Gießen und Kassel – ergänzt (Kubina 2009).

In der Fortbildung der naturwissenschaftlichen Fachschaften werden fachmethodische Kenntnisse und Fertigkeiten unterrichtsbezogen konkretisiert. Die kontinuierliche Arbeit in lokalen Teams über mindestens ein Schuljahr orientiert sich an den Grundlagen naturwissenschaftlicher Grundbildung (vgl. Kapitel 2.2). Die kollegiale Kooperation innerhalb der Fachkollegien nutzt den kontinuierlichen Erfahrungsaustausch der an einem Set teilnehmenden Schulen. Schulformübergreifende Arbeitsgruppen bilden lokale Netzwerke, die durch den Austausch von Materialien, wissenschaftlicher Begleitung, fachdidaktischer Beratung und einem abgestimmten Fortbildungsangebot von Modulen und Bausteinen projektbezogen unterstützt werden.

Die zuvor vorgestellten Module zur gezielten Förderung des Fachwissens von Lehrkräften im Wissensbereich Fachmethodik (vgl. Kapitel 3.2; siehe Abbildung 2, Seite 58) finden sich in den Fortbildungsangeboten wieder, die den Schulsets seitens der Setkoordinatoren im Projekt angeboten werden (Amt für Lehrerbildung 2010 c).

Die Fortbildung im Projekt „Kompetenzorientiert unterrichten in Mathematik und Naturwissenschaften“ wird an sechs Halbtagen an den Schulen eines naturwissenschaftlichen Sets vor Ort durchgeführt.

Tabelle 5: Module in der Fortbildung an den Schulen im Projekt „Kompetenzorientiert unterrichten in Mathematik und Naturwissenschaften“

Pflichtmodule	
1. Modul: <i>Annäherung an die Kompetenzorientierung in den Naturwissenschaften</i>	Grundsätze verständnisvollen Lehrens und Lernens (vom Defizit- zum Stärkemodell, Umgang mit Fehlern), Bildungsstandards – Kompetenzen – Kompetenzstufen – Basiskonzepte NaWi
2. Modul: <i>Kompetenzorientierter Unterricht</i>	Mit kompetenzorientierten Unterrichtssituationen naturwissenschaftliches Denken und Arbeiten anregen
3. Modul: <i>Diagnose und Förderung</i>	Pädagogische Diagnostik – individuelle Kompetenzförderung und Bildungsstandards, Kompetenzermittlung und Aufgabenentwicklung
Wahlmodule	
Modul: <i>Erkenntnisgewinnung</i>	Naturwissenschaftliche Denk- und Arbeitsweisen
Modul: <i>Kommunikation</i>	Von der Alltagssprache zur Fachsprache – die verschiedenen Abstraktionsebenen von Sprache
Modul: <i>Kommunizieren und Bewerten von naturwissenschaftlichen Informationen</i>	Kompetenzbereich, Kommunikation und Bewertung
Modul: <i>Leistungsrückmeldung</i>	Leistungsrückmeldung in offenen Lernsituationen, bei selbst bestimmten Arbeitsformen, in kompetenzorientierten Lernumgebungen
Modul: <i>Naturwissenschaften in 5/6</i>	Kompetenzorientiert unterrichten im Lernbereich Naturwissenschaften im Jg. 5/6
Modul: <i>Mit Methoden Kompetenzen fördern</i>	Methodenwerkzeuge als Instrumente zur Kompetenzförderung

NaWi = integrierter naturwissenschaftlicher Unterricht der Fächer Chemie, Biologie, Physik; Jg = Jahrgang

3.4 Kompetenzkonstrukte und Standards der Erkenntnisgewinnung im naturwissenschaftlichen Unterricht

Die nationalen Bildungsstandards der naturwissenschaftlichen Fächer sind darauf ausgerichtet, die naturwissenschaftliche Grundbildung zu fördern (vgl. Kapitel 2.2.1). Die naturwissenschaftliche Erkenntnisgewinnung gehört zum Kern naturwissenschaftlicher Bildung (Mayer 2004, 2007; KMK 2004 a, b, c). Sowohl „*Fachgemäße Denk- und Arbeitsweisen*“ als auch „*wissenschaftspropädeutisches Wissen*“ sind ein wesentlicher Teil der naturwissenschaftlichen Grundbildung (Mayer 2004). Im Kompetenzbereich Erkenntnisgewinnung sind die notwendigen Fähigkeiten und Fertigkeiten beschrieben, um fachgemäße Denk- und Arbeitsweisen in naturwissenschaftlichen Erkenntnisprozessen anzuwenden (Mayer & Ziemek 2006).

Die Standards im Kompetenzbereich Erkenntnisgewinnung (siehe Tabelle 49, Seite 147 sowie Tabelle A 2 im Anhang A) sind im Besonderen darauf ausgerichtet, fachmethodische Kenntnisse und Fertigkeiten der Lernenden zu stärken, indem ein unmittelbarer Bezug zu naturwissenschaftlichen Untersuchungsmethoden hergestellt wird (KMK 2004 a, b, c).

Die Standards für die Lehrerbildung (KMK 2004 d) und die inhaltlichen Anforderungen für die Fachdidaktiken und Fachwissenschaften in der Lehrerbildung (KMK 2008) weisen auf die Bildungsstandards abgestimmte Elemente zum Professionellen Wissen von Lehrkräften aus (siehe Kapitel 2.3.2). In diesen Standards werden insbesondere die Anforderungen von anschlussfähigem Fachwissen (1), von Erkenntnis- und Arbeitsmethoden (2) und anschlussfähigem Fachdidaktischen Wissen (3) konkretisiert (Tabelle 2, Seite 34).

Die hier formulierten Kompetenzen in den Bildungswissenschaften sind auf eine „hohe professionelle Qualität ausgerichtet“ (KMK 2004 d, 2008), damit die erworbenen Kenntnisse und Fähigkeiten sowohl den Lernprozess der Schülerinnen und Schüler unterstützen als auch die Weiterentwicklung des naturwissenschaftlichen Unterrichts fördern.

Auch die Kompetenzen von Lehrkräften werden somit durch Kenntnisse und Fähigkeiten beschrieben, die einzelnen Bereichen zugeordnet sind.

Das Rahmenkonzept wissenschaftsmethodischer Kompetenzen (Mayer 2007) systematisiert die Standards der Erkenntnisgewinnung in den Kompetenzkonstrukten „Wissenschaftsverständnis“, „Wissenschaftliches Denken“ und „Arbeitstechniken“ (Abbildung 1, Seite 47).

Die Entwicklung wissenschaftlichen Denkens und wissenschaftsmethodischer Fähigkeiten (Grube, Möller, Mayer 2007) tragen als eigenständige Bildungsfunktion zu einem nachhaltigeren Verständnis der Naturwissenschaften bei (Mayer 2004). Indem Schülerinnen und Schüler wie auch Lehrkräfte naturwissenschaftliche Denk- und Arbeitsweisen kennen lernen, können sie etwas darüber erfahren, wie naturwissenschaftliche Aussagen gewonnen werden und welche Charakteristika kennzeichnend für das naturwissenschaftliche Arbeiten sind (Mayer 2007).

Die Kenntnis verschiedener Arbeitstechniken ist grundlegend für das Verfolgen naturwissenschaftlicher Untersuchungsmethoden (z. B. Betrachten, Beobachten, Experimentieren). Diese Untersuchungsmethoden begründet auszuwählen und als Mittel wissenschaftlicher Erkenntnisgewinnung zu nutzen, ist ein wesentliches Element des wissenschaftsmethodischen Verständnisses (Mayer & Ziemek 2006).

Im Hinblick auf die Qualifizierung im Projekt „Kompetenzorientiert unterrichten in Mathematik und Naturwissenschaften“ zeigt dieses „Strukturmodell zum Wissenschaftlichen Denken“ (Mayer 2007) einen Weg zur systematischen Entwicklung fachmethodischen Wissens auf, dem die Module in ihrer inhaltsbezogenen Gestaltung folgen. In diesem Kompetenzmodell wird das Wissenschaftliche Denken als wissensbasierter und komplexer Problemlöseprozess beschrieben, in dem zum einen auf Prozessvariablen (Standards der Erkenntnisgewinnung) und zum anderen auf inhaltliches und methodisches Wissen und kognitive Fähigkeiten zurückgegriffen wird (Mayer 2007). Im Verlauf des Problemlöseprozesses muss sowohl dieses prozedurale Wissen als auch das deklarative Wissen (Inhalts- und Methodenwissen) aktiviert werden (Mayer, Grube & Möller 2008). Insofern beschreiben die Standards der Erkenntnisgewinnung im Strukturmodell zum Wissenschaftlichen Denken und der Problemlöseprozess im Verlauf einer naturwissenschaftlichen Untersuchung zwei wesentliche Elemente zur Ausgestaltung der modulbezogenen Bausteine im Projekt „Kompetenzorientiert unterrichten in Mathematik und Naturwissenschaften“ (siehe Kapitel 6.1 und 6.2).

Die Standards der Erkenntnisgewinnung beschreiben als Prozessvariablen die Phasen einer naturwissenschaftlichen Untersuchung (Mayer 2007). Sie strukturieren somit den Prozess einer naturwissenschaftlichen Untersuchung in die nachfolgenden vier Teilkompetenzen (Grube, Möller & Mayer 2007):

1. naturwissenschaftliche Fragen formulieren
2. Hypothesen generieren
3. Untersuchung planen
4. Daten analysieren und Schlussfolgerungen ziehen.

Diese vier Teilkompetenzen beschreiben eigenständige Dimensionen, die mit dem Kompetenzkonstrukt „Wissenschaftliches Denken“ in Beziehung stehen (Mayer, Grube, Möller 2008).

Neben der Beschreibung dieser vier Teilkompetenzen (siehe Tabelle 49, Seite 147) ist die Graduierung der Kompetenzniveaus von besonderer Bedeutung. Zur Modellierung qualitativer Niveaus werden fünf Kompetenzniveaus des Wissenschaftlichen Denkens formuliert, die nach Komplexität und qualitativer Abstufung im Sinne eines Problemlöseprozesses differenzieren (Möller, Grube & Mayer 2007). Das Kompetenzniveau drei orientiert sich an dem in den Bildungsstandards beschriebenen Anforderungen im Kompetenzbereich Erkenntnisgewinnung.

Die Untersuchung zeigte, dass mit ansteigender Jahrgangsstufe die Anzahl der Schüler, die ein höheres Kompetenzniveau erreicht haben, zugenommen hat. Dabei erreichten Gymnasiasten häufiger die höheren Kompetenzstufen als Real- und Hauptschüler. Allerdings ist der Anteil der Schülerinnen und Schüler, welche die Kompetenzstufe drei erreichen, über alle Schulformen und Jahrgangsstufen gering (Möller, Grube & Mayer 2007).

Im Hinblick auf eine nachhaltige Qualitätsentwicklung (siehe Kapitel 3.2) im naturwissenschaftlichen Unterricht ist es von besonderem Interesse, auch die Kenntnisse und Fertigkeiten von Lehrkräften in den Teilkompetenzen der Standards einer naturwissenschaftlichen Untersuchung zu erfassen. Darüber hinaus wäre es bedeutsam in ersten Schritten Kompetenzniveaus des Wissenschaftlichen Denkens zu beschreiben, die an die vorliegende Graduierung und an die Ergebnisse auf Seiten der Schülerinnen und Schüler angelehnt sind.

Die Verfügbarkeit der Elemente prozeduralen und deklarativen Wissens (Mayer 2007)

sowie die Beschreibung des Fachmethodischen Wissens und dessen Bedeutung für die Planung fachbezogenen Lernens sowie die Dimensionierung potentieller Ziele im Kompetenzbereich Erkenntnisgewinnung im naturwissenschaftlichen Unterricht lassen erste Hinweise zur Struktur Professionellen Wissens von Lehrkräften im Wissensbereich des Fachmethodischen Wissens (siehe Kapitel 5.2 und 5.3) erwarten.

Zahlreiche Autoren (Kunter, Dubberke, Baumert et al. 2006; Bromme 1997; Lipowski 2006; Schmelzing 2010; Blömeke, Kaiser & Lehmann 2008) verweisen indes darauf, dass im deutschsprachigen Raum bislang nur wenige Befunde zum Professionellen Wissen von Lehrkräften, und damit auch zum Fachmethodischen Wissen, vorliegen. Inhaltsbezogene Elemente zum Fachwissen und zum Fachdidaktischen Wissen werden in der Unterrichtsforschung der letzten Jahre zusehends berücksichtigt. Neuere Befunde einiger Studien in Mathematik weisen darauf hin (vgl. Kapitel 2.3.5), dass das Fachwissen der Lehrkräfte ein starker Prädiktor für eine positive Lernentwicklung der Schüler darstellt (Hill, Rowan, Loewenberg et al. 2005; Baumert, Blum, Brunner et al. 2006; Blömeke, Kaiser & Lehmann 2008; Krauss, Brunner, Kunter et al. 2008; Schmelzing 2010).

Die Weiterentwicklung des fachmethodischen Wissens von Lehrkräften in den Kompetenzkonstrukten und Standards der Erkenntnisgewinnung ist daher darauf ausgerichtet, theoriegeleitet und soweit möglich gestützt auf empirisch gesicherte Befunde (Appleton 1995; Wenner 1995; Harlen 1997; Schoon & Boone 1998; Schriver & Czerniak 1999; Lawson 2002; Mayer 2007; Mayer, Grube & Möller 2008) einen Beitrag zur Stärkung Fachmethodischen Wissens im hessenweiten Kooperationsprojekt „Kompetenzorientiert unterrichten in Mathematik und Naturwissenschaften“ zu leisten.

Um die Module zur Weiterentwicklung des Professionswissens an fachbezogenen Inhalten und Konzepten standardorientierter Lern- und Lehrsituationen auszurichten und in der Fortbildung an fachmethodische Kenntnisse und Fertigkeiten der Lehrkräfte anzuknüpfen, steht die Beschreibung Fachmethodischen Wissens der Lehrkräfte im Mittelpunkt dieser Untersuchung (siehe Forschungsfragen in Kapitel 4.1).

4 Untersuchung zum fachmethodischen Wissen von Lehrkräften

Die im Folgenden dargestellten Forschungsfragen sind darauf ausgerichtet, das fachmethodische Wissen von Lehrkräften in den Kompetenzkonstrukten der Erkenntnisgewinnung zu beschreiben. Die Kompetenzkonstrukte und Standards der Erkenntnisgewinnung (Mayer 2007) stellen ein zentrales Element im Wissensbereich Fachwissen dar.

Die Entwicklung eines Testinstruments zum fachmethodischen Wissen von Lehrkräften schafft die Grundlagen, die Anforderungen im Kompetenzbereich Erkenntnisgewinnung in der Planung und die erwartete Lernprogression auf Seiten der Schülerinnen und Schüler aus der Perspektive der Lehrkräfte im naturwissenschaftlichen Unterricht zu erheben. Die Facetten und Dimensionen des Instruments sind darauf ausgerichtet standardorientierte, fachmethodische Kenntnisse und Fertigkeiten in Bezug auf die Kompetenzkonstrukte und Standards der Erkenntnisgewinnung zu differenzieren und einen Bereich des Professionswissens von Lehrkräften im Wissensbereich Fachwissen zu erfassen (vgl. Abbildung 1, Seite 47).

Darüber hinaus werden durch eine genauere Beschreibung von Zusammenhängen zwischen dem Professionswissen von Lehrkräften und möglichen Prädiktorvariablen wie Alter, Geschlecht, Lehramt und Fächerkombination Hinweise für die weitere Entwicklung des fachmethodischen Wissens erwartet.

Die fachmethodische Qualifizierung ist im Projekt „Kompetenzorientiert unterrichten in Mathematik und Naturwissenschaften“ in Modulen und Bausteinen organisiert. Für eine zielgruppenorientierte Ausrichtung und Gestaltung dieser Module und ihrer Bausteine in der projektbezogenen Qualifizierung ist es von Vorteil, sowohl einen Einblick in die kompetenzorientierte Planung von Lehr- und Lernsituationen der Lehrkräfte, als auch Auskunft über die kompetenzbezogenen Ziele im Hinblick auf die Lernprogression der Schülerinnen und Schüler zu erhalten (vgl. Abbildung 2, Seite 58).

4.1 Forschungsfragen zum fachmethodischen Wissen von Lehrkräften

Die Erhebung und Beschreibung der Kenntnisse und Fähigkeiten von Lehrkräften ist daher darauf ausgerichtet, die auf Seiten der Lehrkräfte aktiven, verfügbaren Kompetenzen in den Kompetenzkonstrukten der Erkenntnisgewinnung und den Standards einer naturwissenschaftlichen Untersuchung zu erfassen.

In der ersten Forschungsfrage wird der Stellenwert der Kompetenzkonstrukte der Erkenntnisgewinnung bei der Planung von Lern- und Lehrsituationen im naturwissenschaftlichen Fachunterricht aufgegriffen.

Forschungsfrage 1a

In welcher Weise werden die Kompetenzkonstrukte wissenschaftsmethodischer Kompetenzen bei der Anlage fachdidaktisch begründeter Lernprozesse von Lehrkräften berücksichtigt?

Umfassende fachwissenschaftliche Kenntnisse sind ein zentraler Faktor, um eine hohe Qualität von Lernangeboten im naturwissenschaftlichen Unterricht sicherzustellen. Fehlende Kenntnisse im Bereich Fachwissen führen zu einem auf Faktenwissen ausgerichteten, naturwissenschaftlichen Unterricht, der zudem nur in geringem Umfang fachdidaktische Konzepte für den Erwerb von Kenntnissen und Fertigkeiten der Schülerinnen und Schüler nutzt (Harlen 1997; Harlen & Holroyd 1997; Schoon & Boone 1998; Krauss, Kunter, Brunner et al. 2004; Baumert, Blum, Brunner et al. 2006; Arnold 2007; Lipowsky 2007). Diese Anlage naturwissenschaftlichen Unterrichts berücksichtigt die in den Kompetenzbereichen ausgewiesenen Standards (u. a. anschlussfähiges Fachwissen) im naturwissenschaftlichen Unterricht nur unzureichend (KMK 2004 d, 2008). Erfolgreiche, adressatenorientierte Lernangebote werden auch in den Standards für die Lehrerbildung auf umfassende fachwissenschaftliche, fachmethodische und fachdidaktische Kenntnisse zurückgeführt (Schrifer & Czerniak 1999; Helmke 2003).

Das Verständnis einer Grundbildung in den naturwissenschaftlichen Fächern weist Arbeitstechniken und das naturwissenschaftliche Denken als wesentliche Voraussetzungen für ein Wissenschaftsverständnis der Lehrkräfte in den Naturwissenschaften aus (KMK 2004 d, f, 2008). Fachwissenschaftliche und fachmethodische Kenntnisse

und Fertigkeiten stehen somit in einem unmittelbaren Zusammenhang mit der Qualität des naturwissenschaftlichen Unterrichts (Bromme 1997; Oser 2001 a, b; Shulman 2004; Oser & Renold 2005; Brunner, Kunter, Krauss et al. 2006; Blömeke, Kaiser & Lehmann 2008; Krauss, Brunner, Kunter et al. 2008).

Allerdings liegen bislang nur wenige Untersuchungen bezüglich des Fachwissens, insbesondere zum fachmethodischen Wissen, von Lehrkräften in deutschsprachigen Raum vor (Baumert & Kunter 2006; Lipowsky 2007). Welzel, Haller und Bandiera (1998 a) konnten in ihrer europaweiten Untersuchung beschreiben, welche Ziele Lehrende mit dem Experimentieren in der naturwissenschaftlichen Ausbildung verbinden. Sie konnten herausarbeiten, dass es für Lehrende wichtig ist

- Theorie und Praxis miteinander zu verbinden
- Methoden wissenschaftlichen Denkens kennen zu lernen und
- experimentelle Fähigkeiten zu erwerben.

Die von Welzel, Haller und Bandiera (1998 a) vorgestellten Mittelwerte in der Tabelle 6 weisen darauf hin, dass die Lehrkräfte diesen drei Zielen einen gleichermaßen hohen Stellenwert beimessen.

Tabelle 6: Ziele, die Lehrkräfte im naturwissenschaftlichen Unterricht erreichen wollen (nach: Welzel, Haller & Bandiera 1998 a)

<i>Ziele im naturwissenschaftlichen Unterricht</i>	<i>Mittelwert</i>
A: Verbindung von Theorie und Praxis	4,1
B: experimentelle Fähigkeiten	3,5
C: wissenschaftliches Denken	3,7
D: Motivation	2,5
E: Wissen überprüfen	1,3

Insofern ist davon auszugehen, dass diese Ziele auch bei der Planung von Lernsituationen im Kompetenzbereich Erkenntnisgewinnung vorrangig berücksichtigt werden. Allerdings führen Welzel, Haller und Bandiera (1998 a) auch aus, dass die Unterschiede in der Einschätzung der Wichtigkeit der Ziele A bis C darauf hindeuten, dass unter den Lehrkräften noch kein Konsens besteht, was unter dem „Verbinden von Theorie und Praxis“ und dem „Kennen lernen wissenschaftlicher Methoden“ zu verstehen ist.

Die Kategorien „Motivation“ und „Wissen überprüfen“ werden von den Lehrkräften als nachrangig eingestuft.

In den Standards zur Lehrerbildung wird der Bereich Fachwissen als ein Zusammenspiel von anschlussfähigem konzeptuellen Fachwissen sowie der Erkenntnis- und Arbeitsmethoden beschrieben (KMK 2004 d, e, f, 2008). Die Bildungsstandards für den mittleren Schulabschluss weisen neben dem Fachwissen den Kompetenzbereich Erkenntnisgewinnung aus, in denen fachwissenschaftliche und fachmethodische Kenntnisse und Fertigkeiten in den Standards dieses Kompetenzbereiches in den naturwissenschaftlichen Fächern konkretisiert werden (KMK 2004 a, b, c).

Dies unterstreicht die Bedeutung fachmethodischen Wissens für die Planung standardorientierten Fachunterrichts.

Insofern ist es im Hinblick auf die Entwicklung des fachmethodischen Wissens von Interesse, die verfügbaren Kenntnisse und Fertigkeiten von Lehrkräften in den Naturwissenschaften im Kompetenzbereich Erkenntnisgewinnung zu beschreiben und Angebote in der Qualifizierung darauf abzustimmen.

Forschungsfrage 1b

Sind die Fächerkombination und das Lehramt relevante Prädiktorvariablen für die Planungen von Lernsituationen, die auf den Erwerb fachwissenschaftlicher und fachmethodischer Kenntnisse und Fertigkeiten ausgerichtet sind?

Je umfassender die Ausbildung der Lehrkräfte erfolgt (im deutschen Ausbildungssystem: Lehramt für Haupt- und Realschulen und Lehramt für Gymnasien bzw. ein oder zwei naturwissenschaftliche Fächer), desto ausgeprägter sind ihre Kenntnisse und Fertigkeiten (Harlen 1997; Schriver & Czerniak 1999). Im deutschen Ausbildungssystem wird hier unter anderem zwischen dem sechssemestrigen Studium für das Lehramt an Haupt- und Realschulen und dem achtsemestrigen Studium für Lehramt an Gymnasien in der Sekundarstufe I differenziert. Zudem können diese Lehrkräfte mit dem ersten Staatsexamen ein oder zwei naturwissenschaftliche Fächer abgeschlossen haben.

Sicheres fachwissenschaftliches und fachmethodisches Wissen schafft eine wesentliche Voraussetzung für qualitativ hochwertige und fachdidaktisch wertvolle Lernprozesse in einem standardorientierten naturwissenschaftlichen Fachunterricht (Krauss, Kunter, Brunner et al. 2004; Oser 2004; Oser & Renold 2005; Blömeke, Kaiser & Lehmann 2008).

Schrifer und Czerniak (1999) konnten einen Zusammenhang zwischen dem Ausbildungsstand und der Erwartung der Lehrkraft einerseits und der Förderung des Erwerbs von Kenntnissen und Fähigkeiten auf Seiten der Schülerinnen und Schüler im naturwissenschaftlichen Unterricht andererseits nachweisen: Je höher der Ausbildungsstand der Lehrkraft, umso ausgeprägter ist ihre Erwartung, durch ihr unterrichtsbezogenes Agieren das Lernen der Schülerinnen und Schüler zu unterstützen. Hingegen konnte kein unmittelbarer Zusammenhang zwischen dem Ausbildungsstand und der Einschätzung zum wirksamen Handeln der Lehrkraft, dem Vertrauen auf die eigenen Fähigkeiten und einer den Lernprozess im naturwissenschaftlichen Unterricht unterstützenden Wirkung hergestellt werden. Die Lehrkräfte gehen somit unabhängig von dem Ausbildungsstand von einer den Lernprozess unterstützenden Wirkung ihres Agierens und Handelns im naturwissenschaftlichen Unterricht aus. Allerdings weisen Befunde der Untersuchung von Appleton (1995) darauf hin, dass es Lehrkräfte mit fehlendem Fachwissen weniger stark gelingt, Fehlvorstellungen anzusprechen und das eigene Lehrerhandeln kritisch zu reflektieren.

Forschungsfrage 2a

Welche Erwartungen haben die Lehrkräfte an die Wirksamkeit ihrer Unterrichtsgestaltung in Bezug auf den intendierten Kompetenzerwerb wissenschaftsmethodischer Kompetenzen der Schülerinnen und Schüler im naturwissenschaftlichen Unterricht?

Die Untersuchungen von Schrifer und Czerniak (1999) zeigen einen Zusammenhang zwischen dem Ausbildungsstand und der Erwartung der Lehrkraft, den Erwerb von Kenntnissen und Fähigkeiten auf Seiten der Schülerinnen und Schüler im naturwissenschaftlichen Unterricht zu fördern (vgl. Forschungsfrage 1b). Auch die Befunde der Untersuchungen von Appleton (1995), Harlen (1997) und Schoon & Boone

(1998) weisen auf den positiven Einfluss von Ausbildung und Qualifizierung auf das Fachwissen und Verständnis von Lehr- und Lernprozessen in den Naturwissenschaften hin.

Je höher der Ausbildungsstand der Lehrkraft, umso ausgeprägter ist ihre Erwartung, durch ihre Präsenz und ihr Handeln das Lernen der Schülerinnen und Schüler zu unterstützen (s. o.).

Es wurden unter anderem statistisch abgesicherte Unterschiede bezüglich der Schulform festgestellt, in der die Lehrkräfte den naturwissenschaftlichen Unterricht erteilten. Die Erwartung der Lehrkräfte an die Wirksamkeit ihres unterrichtsbezogenen Handelns stieg mit der schulformabhängigen Qualifikationsstufe. Fehlendes Fachwissen hatte sowohl einen Einfluss auf die Inhalte als auch die Gestaltung des naturwissenschaftlichen Unterrichts (Schoon & Boone 1998).

Die Standards der Kultusministerkonferenz für die Lehrerbildung und die ländergemeinsamen inhaltlichen Anforderungen an die Fachdidaktiken beschreiben das professionelle Wissen von Lehrkräften in Deutschland. Sie sind von Ausbildungsgängen und Lehrämtern unabhängig formuliert. Insofern wäre eine von der Fächerkombination und dem Lehramt unabhängige Selbstauskunft über die Erwartungen und Wirksamkeit des geplanten Unterrichtsarrangements im Hinblick auf den Lernertrag der Schülerinnen und Schüler zu erwarten (KMK 2004 d, 2008).

Im Hinblick auf die vorliegenden Befunde können die Erwartungen der Lehrkräfte mit dem Fachwissen in Beziehung gesetzt werden.

Die im Rahmen dieser Fragestellung erhobenen Einschätzungen der Lehrkräfte lassen zum einen Hinweise auf den Stellenwert und den Umfang fachmethodischen Wissens im standardorientierten naturwissenschaftlichen Unterricht erwarten. Zum anderen wird der von den Lehrkräften angestrebte Kompetenzerwerb im Hinblick auf die nationalen Anforderungen der Bildungsstandards im Kompetenzbereich Erkenntnisgewinnung eingeordnet (KMK 2004 a, b, c).

Darüber hinaus geben die erwarteten Befunde Aufschluss über den Bedarf einer weitergehenden Stärkung des fachmethodischen Wissens von Lehrkräften in den Naturwissenschaften.

Forschungsfrage 2b

Sind die Fächerkombination und das Lehramt relevante Prädiktorvariablen für den intendierten Erwerb fachwissenschaftlicher und fachmethodischer Kenntnisse und Fertigkeiten der Schüler?

Lehrkräfte mit zwei naturwissenschaftlichen Fächern haben mehr Zeit in der Ausbildung zur Verfügung, ihre fachbezogenen Kenntnisse und Fertigkeiten zu entwickeln. In ersten deutschsprachigen Studien zum professionellen Wissen im Fach Mathematik konnte ein positiver Zusammenhang zwischen der zur Verfügung stehenden Ausbildungszeit und der Lernprogression nachgewiesen werden (Krauss, Kunter, Brunner et al. 2004; Lipowsky 2006, 2007; Blömeke, Kaiser & Lehmann 2008). Einen ähnlichen Zusammenhang weisen Schoon & Boone (1998) in ihrer Untersuchung aus. Auch bezüglich des Fachdidaktischen Wissens von Biologielehrkräften konnten die Befunde dieser Studien repliziert werden. Insofern sind ähnliche Befunde bezüglich des Fachwissens von Lehrkräften in den naturwissenschaftlichen Fächern zu erwarten (Schmelzing 2010).

Eine deutliche Beziehung zwischen dem Fachwissen und der Einschätzung selbstwirksamen, unterrichtsbezogenen Handelns konnte Wenner (1995) nachweisen. Hier bestand ein positiver, signifikanter Zusammenhang zwischen dem Ausbildungsstand (Anzahl der besuchten naturwissenschaftlichen Kurse) und dem erworbenen Fachwissen und einer positiven Selbsteinschätzung des Agierens und Handelns in der Lehrerrolle als ein wesentlicher Faktor, der den Lernertrag und die Lernprogression der Schülerinnen und Schüler beeinflusst. Dieser Befund ist allerdings nicht durchgehend konsistent (Abell 1997).

Fehlendes Fachwissen und eine geringe Selbsteinschätzung standen in Verbindung mit Frontalunterricht, einem ausgeprägten Faktenlernen in weitgehend lehrerzentrierten Arbeitsphasen und einer an der Fachsystematik orientierten Struktur der Themen und Inhalte (Wenner 1995). Der zu erwartende Lernertrag der Schülerinnen und Schüler kann hier als geringer ausgeprägt eingestuft werden (Harlen 1997; Schriver & Czerniak 1999).

Angebote in der Fort- und Weiterbildung zur Stärkung des Fachwissens und fachmethodischer Kenntnisse und Fertigkeiten in den Kompetenzkonstrukten der Erkennt-

nisgewinnung zeigten, dass insbesondere diese Kenntnisse und Fertigkeiten stärker zum Gegenstand von Lern- und Lehrprozessen im naturwissenschaftlichen Unterricht wurden (Wenner 1995; Harlen 1997).

Forschungsfragen 3

Über welche fachmethodischen Kenntnisse und Fertigkeiten zum wissenschaftlichen Denken verfügen Lehrkräfte, um die Standards der naturwissenschaftlichen Erkenntnisgewinnung im Fachunterricht anzuleiten?

Welchen Niveaustufen lassen sich die Kenntnisse und Fertigkeiten der Lehrkräfte in den Standards einer naturwissenschaftlichen Untersuchung zuordnen?

Sind die Fächerkombination und das Lehramt relevante Prädiktorvariablen für das von den Lehrkräften erreichte Kompetenzniveau in den Teilkompetenzen einer naturwissenschaftlichen Untersuchung?

Im Wissensbereich Fachwissen wie auch in den Standards für die Lehrerbildung der Kultusministerkonferenz werden fachwissenschaftliche und fachmethodische Kenntnisse und Fertigkeiten als Facetten des Professionellen Wissens von Lehrkräften benannt, die einen wesentlichen Einfluss auf die Qualität der Lernangebote im fachwissenschaftlichen Unterricht haben (vgl. Tabelle 3, Seite 45).

Erste Befunde zu den Kenntnissen und Fertigkeiten von Schülerinnen und Schülern im Hinblick auf die Standards der Erkenntnisgewinnung sind in den Untersuchungen von Grube, Möller und Mayer (2007) vorgestellt worden. Eine niveaubezogene Einstufung der von Schülerinnen und Schülern in den Teilkompetenzen einer naturwissenschaftlichen Untersuchung gezeigten Kenntnisse und Fertigkeiten haben Möller, Grube und Mayer (2007) vorgenommen.

Befunde im Wissensbereich Fachwissen auf Seiten der Lehrkräfte liegen für Deutschland erst in Ansätzen vor (Blömeke 2003; Krauss, Kunter, Brunner et al. 2004; Baumert & Kunter 2006; Baumert, Blum, Brunner et al. 2006; Lipowsky 2007; Blömeke, Kaiser & Lehmann 2008). Eine Beschreibung fachmethodischer Kenntnisse und Fertigkeiten von Lehrkräften der Naturwissenschaften steht noch aus.

Die Beziehung zwischen den fachwissenschaftlichen und fachmethodischen Kenntnissen und der Einschätzung der Selbstwirksamkeit von Lehrkräften im naturwissenschaftlichen Unterricht ist zudem inkonsistent (Abell 2007). Wenner (1993) beschreibt in seiner Studie einen negativen Zusammenhang zwischen dem Fachwissen und der Selbsteinschätzung von Lehrkräften im naturwissenschaftlichen Unterricht. Interessanterweise war die Selbsteinschätzung der Lehrkräfte zum lernwirksamen Handeln umso größer, je weniger ausgeprägt die Kenntnisse im Wissensbereich Fachwissen waren (Wenner 1993, 1995).

Schriver und Czerniak (1999) differenzieren Kennzeichen eines professionellen Selbstkonzepts von Lehrkräften im naturwissenschaftlichen Unterricht weitergehend aus. Diese Kennzeichen können mit einer hohen Selbstwirksamkeit in qualitativ hochwertigen Lernsituationen wirksam werden. Die Wirksamkeit des Selbstkonzepts steht dabei in unmittelbarer Beziehung zum Fachwissen der Lehrkraft. Gute fachwissenschaftliche Kenntnisse sind die Grundlage für eine ausreichende Sicherheit, Lernprozesse zu planen und durchzuführen (Schriver & Czerniak 1999). Lehrkräfte mit einem soliden Fachwissen können sich neue Wissensbereiche besser erschließen und für das fachbezogene Lernen nutzbar machen (Appleton 1995). Dagegen besteht bei fehlendem Fachwissen die Gefahr, dass naturwissenschaftliche Themen und Inhalte nur oberflächlich bearbeitet werden (Appleton 1995; Wenner 1995).

Von der Forschungsfrage 3 sind also Hinweise zur Beschreibung und Graduierung des fachmethodischen Wissens von Lehrkräften im Kompetenzbereich Erkenntnisgewinnung zu erwarten. Es liegt nahe, dass die Prädiktorvariablen Lehramt und die Anzahl der naturwissenschaftlichen Fächer zu einer differenzierteren Beschreibung der Ergebnisse beitragen können.

Haben Lehrkräfte ein fachbezogenes positives Selbstkonzept, das von einer hohen Selbstwirksamkeit fach- und unterrichtsbezogenen Handelns ausgeht, verfügen sie gleichzeitig aber über unzureichende fachwissenschaftliche und fachmethodische Kenntnisse, so werden die fachbezogenen Kenntnisse und Fertigkeiten nicht ausreichend oder fehlerhaft im Unterricht bearbeitet (Wenner 1995; Stevens & Wenner 1996). Das Unterrichtsskript ist gekennzeichnet von weitgehend lehrerzentrierten Phasen mit einem hohen Anteil direkter Instruktion, in deren Mittelpunkt fachwissenschaftliche Themen und Inhalte stehen. Diese Gruppe unter den Lehrkräften verfügt

darüber hinaus über nicht ausreichende Fähigkeiten, ihre Rolle im naturwissenschaftlichen Unterricht zu reflektieren und Lernprozesse schülerorientiert zu strukturieren (Appleton 1995).

Zudem sind in dieser Gruppe naturwissenschaftlicher Lehrkräfte alternative fachdidaktische Modelle zur Planung und Strukturierung einer naturwissenschaftlichen Untersuchung nur in Ansätzen präsent (Schoon & Boone 1998).

Insofern ist ein unmittelbarer Zusammenhang zwischen den fachwissenschaftlichen und fachmethodischen Kenntnissen und Fertigkeiten der Lehrkräfte und dem in den vorausgegangenen Forschungsfragen thematisierten lernwirksamen Handeln im naturwissenschaftlichen Fachunterricht zu erwarten.

4.2 Anlage der Untersuchung und Konstruktion der Instrumente

Zur Bearbeitung der vorgestellten Forschungsfragen wurde ein Erhebungsbogen mit drei Instrumenten eingesetzt. Dieser wurde von Lehrkräften, die am Projekt „Kompetenzorientiert unterrichten in Mathematik und Naturwissenschaften“ mitarbeiten, zu Beginn der modulgestützten Fortbildung in den Sets der teilnehmenden Schulen beantwortet. Die für die Bearbeitung der Erhebungsbögen eingesetzte Zeit sollte daher 60 Minuten nicht übersteigen, um genügend Raum für die weitere Bearbeitung der Bausteine im, auf sechs Halbtage festgelegten Zeitfenster, zu erhalten (siehe Kapitel 3.3). In der Gesamtschau der für die Arbeit in der Fortbildung zur Verfügung stehenden Zeitfenster ist dieses äußerst knapp bemessen. Wesentliche Teile der Qualifizierung sind auf die unterrichtsfreie Zeit oder das Wochenende ausgelagert.

Durch diese Vorgaben war der Umfang der im Erhebungsbogen einsetzbaren Items wie auch deren Anzahl in den drei Instrumenten reglementiert.

Der Erhebungsbogen gliedert sich in drei Instrumente (siehe Tabelle 7).

Tabelle 7: Instrumente zur Beschreibung des fachmethodischen Wissens von Lehrkräften

<i>Instrument</i>	<i>Dimensionen / Items</i>	<i>Format</i>
Erhebungsbogen zu den Zielen des naturwissenschaftlichen Arbeitens im Fachunterricht	4 Dimensionen / 24 Items 2 Facetten	Sechsstufige Likert-Skala
Test der wissenschaftsmethodischen Kenntnisse in den Standards der Erkenntnisgewinnung	8 Aufgaben / 10 Items	Offene Testaufgaben mit 1-2 Items, partial credit (5 Stufen)
Erwartungen an die Fortbildung im Projekt „Kompetenzorientiert unterrichten in Mathematik und Naturwissenschaften“	3 Items	Freies Antwortformat

Zunächst wurden die Lehrkräfte in einem Anschreiben durch die Projektleitung über das Anliegen der Befragung informiert. Die Angaben der Lehrkräfte schaffen notwendige Voraussetzungen, um sie bei der Gestaltung von standardorientierten Lehr- und Lernsituationen zu begleiten (1), die Entwicklung notwendiger Kompetenzen durch aktuelle Konzepte fachdidaktischer Forschung anzuregen (2) und die Weiterentwicklung des naturwissenschaftlichen Unterrichts durch Materialien und Medien zu unterstützen (3).

Die Auswertung der Erhebungsbögen erfolgt anonymisiert, daher wurden die Lehrkräfte um das Erstellen eines persönlichen Codes gebeten, der mit einigen berufsbioграфische Angaben (Alter, Geschlecht, Lehramt, Berufspraxis in Jahren und Unterrichtsfächer) ergänzt wurde (siehe Erhebungsbogen der Untersuchung, Anhang A).

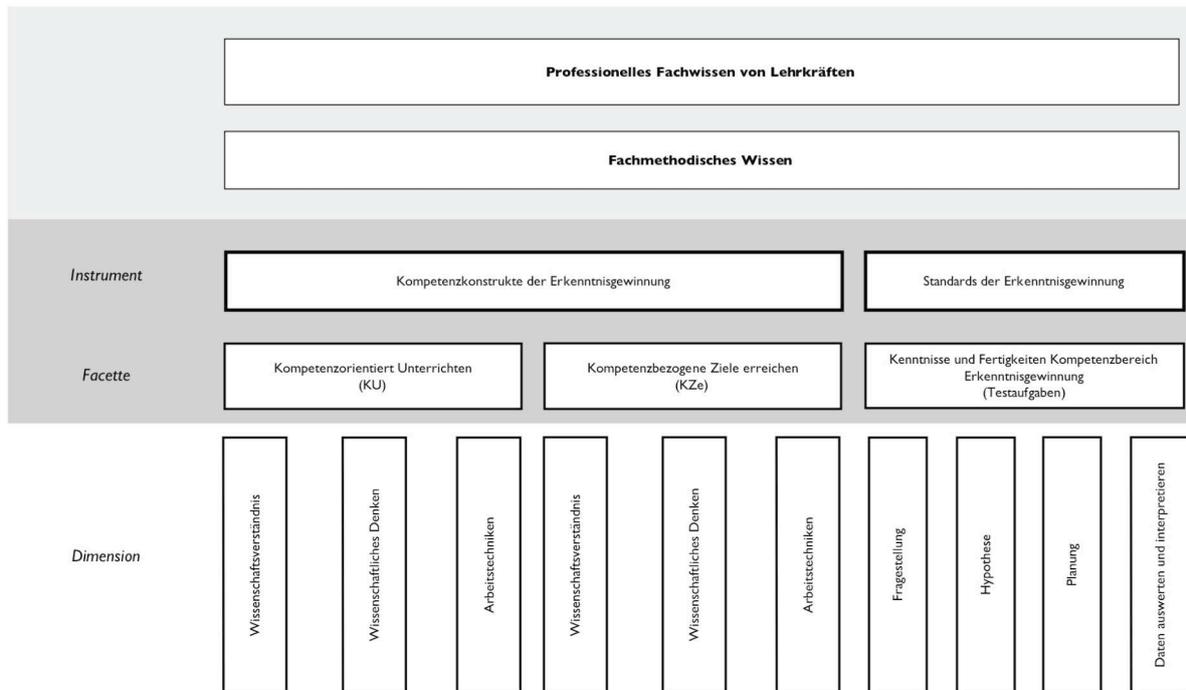


Abbildung 3: Fachmethodisches Wissen von Lehrkräften der Naturwissenschaften.

In Abbildung 3 werden die in dieser Arbeit eingesetzten Instrumente zur Erhebung des fachmethodischen Wissens von Lehrkräften in den Kompetenzkonstrukten und Standards der Erkenntnisgewinnung in einer ersten Übersicht dargestellt und nachfolgend beschrieben. In den beiden Facetten findet zum einen das „Kompetenzorientierte Unterrichten“ und zum anderen das Erreichen der „Kompetenzbezogenen Ziele“ Eingang in die Erhebung. Die Dimensionen „Wissenschaftsverständnis“, „Wissenschaftliches Denken“ und „Arbeitstechniken“ sind jeweils diesen Facetten zugeordnet.

Die Testaufgaben erfassen die Kenntnisse und Fertigkeiten der Lehrkräfte in den Standards der Erkenntnisgewinnung. Hier werden die Kenntnisse und Fertigkeiten der Lehrkräfte in den Teilkompetenzen einer naturwissenschaftlichen Untersuchung abgerufen.

Im ersten Instrument des Erhebungsbogens werden im Sinne einer Selbsteinschätzung der Stellenwert und die Ziele des naturwissenschaftlichen Arbeitens im Fachunterricht erhoben. Die hier eingesetzten Items (siehe Tabelle 8) repräsentieren die Kompetenzkonstrukte der Erkenntnisgewinnung in den Dimensionen „Wissenschaftsverständnis“ (1), „Wissenschaftliches Denken“ (2) und „Arbeitstechniken“ (3), die das Rahmenkonzept wissenschaftsmethodischer Kompetenzen aufgreifen (Mayer 2007). Des Weiteren finden die Standards der Erkenntnisgewinnung durch je zwei Items pro Teilkompetenz in den Phasen einer naturwissenschaftlichen Untersuchung Eingang in den Erhebungsbogen (Mayer 2007).

Tabelle 8: Operationalisierung der Kompetenzkonstrukte der Erkenntnisgewinnung im Erhebungsbogen

Schwerpunkt des naturwissenschaftlichen Arbeitens ist es... Kompetenzkonstrukte der Erkenntnisgewinnung	Anzahl Items	Bemerkung
<i>Dimension:</i> „Wissenschaftsverständnis“	4	
<i>Dimension:</i> „Wissenschaftliches Denken“	5	Weitergehend differenziert in den Standards der Erkenntnisgewinnung – Wissenschaftliche Untersuchung
<i>Dimension:</i> „Arbeitstechniken / manuelle Fertigkeiten“	4	
„Standards der Erkenntnisgewinnung“ – Teilkompetenzen in den Phasen einer naturwissenschaftlichen Untersuchung	8	2 Items pro Teilkompetenz einer naturwissenschaftlichen Untersuchung
„Fachdidaktisches Wissen“	3	3 Items wurden ergänzend erfasst

Die Items im ersten Instrument des Erhebungsbogens repräsentieren die Kompetenzkonstrukte der Erkenntnisgewinnung. Die Standards einer naturwissenschaftlichen Untersuchung im Wissensbereich Fachwissen in der Facette Erkenntnisgewinnung, die als Prozessvariablen zentraler Bestandteil des Modells zum Wissenschaftlichen Denken sind (Mayer, Grube & Möller 2008), werden durch jeweils zwei Items pro Teilkompetenz aufgegriffen. Drei Items in der Dimension „Fachdidaktisches Wissen“ erfassen begleitend fachdidaktische Implikationen bei der Anlage von Lernprozessen, die zwar nicht im Fokus dieser Untersuchung stehen, aber von Be-

deutung im Hinblick auf die Anlage von Lehr- und Lernprozessen im naturwissenschaftlichen Unterricht sind.

Die Herausforderung bei der Konstruktion des eingesetzten Erhebungsbogens bestand darin, sowohl die in den Forschungsfragen beschriebenen Untersuchungsfelder angemessen zu repräsentieren, als auch die Anschlussfähigkeit an nationale wie auch internationale Befunde und Strukturierungsansätze zur Entwicklung fachmethodischer Kenntnisse und Fertigkeiten mit dem Schwerpunkt im Wissensbereich Fachwissen herzustellen.

Die in diesem Abschnitt des Erhebungsbogens eingesetzten Items lassen sich zurückführen auf das von Welzel, Haller und Bandiera (1998 a, b) eingesetzte Instrument zur Untersuchung von Zielen, die Lehrende mit dem Experimentieren in der naturwissenschaftlichen Ausbildung verbinden. Diese wurden im Sinne des Rahmenkonzepts wissenschaftsmethodischer Kompetenzen und des Strukturmodells zum Wissenschaftlichen Denken redaktionell bearbeitet (Mayer, Grube & Möller 2008). Die Formulierungen der Items wurden im Hinblick auf die Kompetenzkonstrukte und Standards der Erkenntnisgewinnung geprüft und angepasst.

Vorzugsweise wurden Items eingesetzt, die zum einen geeignet waren, die Facette Erkenntnisgewinnung (Grube, Möller & Mayer 2007) im Sinne des Rahmenkonzepts wissenschaftsmethodischer Kompetenzen zu repräsentieren (Mayer, Möller & Grube 2008) und zum anderen in den Untersuchungen von Welzel, Haller und Bandiera (1998 a, b) eine hohe Item-Item-Interkorrelation aufwiesen.

Die Selbstauskunft der Lehrkräfte zu den Kompetenzkonstrukten und Standards der Erkenntnisgewinnung (Frage: „Schwerpunkt des naturwissenschaftlichen Arbeitens ist es...“) wird durch eine sechsstufige Likert-Skala erfasst. Die Stufen „fast nie“, „selten“, „weniger oft“, „oft“, „sehr oft“ und „immer“ sind symmetrisch aufgebaut und im Sinne einer äquidistanten Skala graduiert mit den Items der Subskalen verknüpft. Mit Hilfe dieser Skala wird die Einschätzung der Lehrkräfte zu den Kompetenzkonstrukten der Erkenntnisgewinnung, den Standards einer wissenschaftlichen Untersuchung (Teilkompetenzen) und zum Fachdidaktischen Wissen erfasst (siehe Tabelle 9).

Unter der ersten Fragestellung „Diese Ziel berücksichtige ich beim Unterrichten...“ geben die Lehrkräfte zunächst eine Selbstauskunft, inwieweit sie bei der Anlage fachbezogener Lernprozesse die in den Items repräsentierten fachmethodischen Kenntnisse und Fertigkeiten von Lernprozessen berücksichtigen („Kompetenzorientiert Unterrichten“). Anschließend klassifizieren die Lehrkräfte die intendierte Lernprogression zu den Kompetenzkonstrukten und den Standards der Erkenntnisgewinnung unter der zweiten Fragestellung „Die Schüler erreichen das genannte Ziel...“ („Kompetenzbezogene Ziele erreichen“).

Tabelle 9: Repräsentation der theoretischen Dimension im Erhebungsinstrument (nach: Mayer 2007)

<i>Theoretische Dimension</i>	<i>Fragestellung</i>
<ul style="list-style-type: none"> • Kompetenzkonstrukte der Erkenntnisgewinnung • Standards der Erkenntnisgewinnung • Fachdidaktisches Wissen 	„Schwerpunkt des naturwissenschaftlichen Arbeitens ist es...“
<ul style="list-style-type: none"> • Berücksichtigung der Kompetenzkonstrukte und Standards bei der Anlage einer naturwissenschaftlichen Untersuchung 	„Dieses Ziel berücksichtige ich beim Unterrichten...“
<ul style="list-style-type: none"> • Erwartungen der Lehrkräfte an die Wirksamkeit der Lernumgebung / Lernprogression der Schülerinnen und Schüler im Kompetenzbereich Erkenntnisgewinnung 	„Die Schüler erreichen das genannte Ziel...“

Im zweiten Instrument des Erhebungsbogens werden durch offene Testaufgaben die Kompetenzen der Lehrkräfte erfasst, die zur Durchführung einer naturwissenschaftlichen Untersuchung notwendig sind (Grube, Möller & Mayer 2007). Die zur Lösung der vorgestellten Schüleraufgaben notwendigen Kenntnisse und Fertigkeiten fordern diejenigen Kompetenzen ein, welche die Teilkompetenzen der Standards naturwissenschaftlicher Erkenntnisgewinnung im Verlauf einer naturwissenschaftlichen Untersuchung am Beispiel der Untersuchungsmethode des Experimentierens beschreiben (vgl. Tabelle 49, Seite 147 und Tabelle 50, Seite 149).

Zunächst wird den Lehrkräften eine Aufgabenstellung für die Arbeit der Schülerinnen und Schüler vorgestellt. Die eingesetzten Aufgaben orientieren sich an den Anforderungen einer Lernaufgabe. Sie enthalten jeweils einen Informations- und Aufforderungsteil (siehe Anhang B.3). Im Anschluss fordert eine ein- oder zweiteilige offene Aufgabenstellung die Lehrkräfte auf, eine aus ihrer Sicht bestmögliche Antwort im

Sinne eines Erwartungshorizontes zur Lösung der Aufgabe zu formulieren. Zu jeder Teilkompetenz der Standards einer naturwissenschaftlichen Untersuchung wurden zwei Aufgaben eingesetzt, die im wesentlichen auf biologische, aber auch auf chemische und physikalische Themen und Inhalte der in der Sekundarstufe I gültigen Lehrpläne zurückgeführt werden können.

Die im Instrument eingesetzten offenen Aufgabenformate wurden weitgehend auch im Rahmen des vom Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) geförderten Projektes „Biologie im Kontext“ zum Erfassen des Leistungsstands von Schülerinnen und Schülern in den Standards der Erkenntnisgewinnung in der Sekundarstufe I eingesetzt (Grube, Möller & Mayer 2007; Möller, Grube & Mayer 2007). Diese offenen Aufgaben wurden auch zur Beschreibung qualitativer Kompetenzniveaus und deren Entwicklung innerhalb der Sekundarstufe I im Rahmen einer Validierungsstudie genutzt (Möller, Grube & Mayer 2007). Insofern kann die Validität und Reliabilität dieser offenen Aufgabenformate als gegeben angesehen werden.

Die Aufgabentexte wurden im Hinblick auf das Rahmenkonzept wissenschaftsmethodischer Kompetenzen und dem Strukturmodell zum Wissenschaftlichen Denken (Mayer, Grube & Möller 2008) redaktionell bearbeitet. Die Formulierungen in den Testaufgaben wurden im Hinblick auf die Kompetenzkonstrukte und Standards der Erkenntnisgewinnung geprüft und angepasst.

Diese im zweiten Instrument des Erhebungsbogens eingesetzten offenen Aufgaben, die auf die Phasen im naturwissenschaftlichen Erkenntnisprozess bezogen sind, wurden in eine zufällige Reihenfolge gestellt (siehe Tabelle 10).

Tabelle 10: Operationalisierung wissenschaftsmethodischer Kompetenzen – Teilkompetenzen einer naturwissenschaftlichen Untersuchung

Standards der Erkenntnisgewinnung	Aufgabe im Erhebungsbogen	Fachbezogener Schwerpunkt	Bereits eingesetzt im Projekt
Fragestellung	Schiefe Ebene	Physik	KuMN
	Nelken	Biologie	BIK
Hypothese	Kressesamen	Biologie	BIK
	Kapuzinerkresse	Biologie	BIK
Planung	Daunen	Chemie	KuMN
	Flamingos	Biologie	BIK
Daten analysieren und Schlussfolgerungen ziehen	Sonnenblumen	Biologie	BIK
	Borkenkäfer	Biologie	BIK

KuMN = „Kompetenzorientiert unterrichten in Mathematik und Naturwissenschaften“; BIK = „Biologie im Kontext“

Im abschließenden dritten Instrument des Erhebungsbogens hatten die Lehrkräfte die Möglichkeit, ihre Erwartungen und Anregungen an das Projekt „Kompetenzorientiert unterrichten in Mathematik und Naturwissenschaften“ anzugeben und ihre persönlichen Ziele für die anstehende Fortbildung im Projekt offen zu legen. Die drei angegebenen offenen Items setzen die Anforderungen in der Qualifizierung mit den Herausforderungen im naturwissenschaftlichen Unterricht in Beziehung und konkretisieren die Erwartungen der Lehrkräfte an eine Unterstützung bei der Anlage standardorientierter Lehr- und Lernsituationen.

4.3 Stichprobe und Durchführung der Untersuchung

Die Datenerhebung erfolgte durch den Einsatz des Erhebungsbogens an den 64 hessischen Schulen, die ab dem Schuljahr 2009/10 am Projekt „Kompetenzorientiert unterrichten in Mathematik und Naturwissenschaften“ teilgenommen hatten (vgl. Kapitel 3). Die Schulkoordinatoren an den weitgehend allgemein bildenden Schulen wurden durch die Projektleitung und die Setleitung über die Intentionen und den Ablauf der Befragung informiert. Zudem wurden in getrennten Anschreiben die Setleiter und Schulkoordinatoren über die Intentionen des Projektes und den Ablauf der geplanten Befragung informiert (siehe Anhang A.2.1 und A.2.2).

Die Materialpakete zur Durchführung der Erhebung wurden den Setkoordinatoren für die von ihnen betreuten Schulen direkt zugestellt. Ein Paket enthielt:

- 1 Deckblatt mit Angaben zu der naturwissenschaftlichen Fachschaft an ihrer Schule,
- Erhebungsbögen mit einem Anschreiben (geheftet) und
- 1 frankierter und adressierter Umschlag für die Rücksendung der Erhebungsbögen mit dem ausgefüllten Deckblatt.

Jedem Set wurden in Abstimmung mit der Projektleitung 15 Erhebungsbögen zur Verfügung gestellt. 41 Sets haben die bearbeiteten Erhebungsbögen in einer auswertbaren Form zurück gesandt. Dies entspricht einer Quote von 64 % der an der Fortbildung beteiligten Schulen in den Sets.

Die Lehrkräfte erhielten die Erhebungsbögen zu Beginn der Fortbildung von ihrem Schulkoordinator. Die Bearbeitung der Bögen sollte vor Ort erfolgen (siehe Kapitel 3.3, Seite 60). Nach der Bearbeitung der Erhebungsbögen wurden diese über den Schulkoordinator gebündelt der Datenverarbeitung zur Verfügung gestellt. Sowohl die Erhebung der Daten als auch ihre Verarbeitung erfolgte in anonymisierter Form.

Die bearbeiteten Erhebungsbögen der naturwissenschaftlichen Lehrkräfte ergaben eine Stichprobengröße von $n = 282$. Leider lagen zum Zeitpunkt der Auswertung keine verlässlichen Angaben über die Zahl der im Projekt „Kompetenzorientiert unterrichten in Mathematik und Naturwissenschaften“ aktiven Lehrkräfte vor. Nach vorsichtigen Schätzungen der Projektleitung nahmen ca. 550 Lehrkräfte an der

Fortbildung teil.

In der Stichprobe sind die weiblichen Lehrkräfte mit 58,9 % gegenüber den männlichen Lehrkräften mit 39,4 % etwas überrepräsentiert (siehe Tabelle 11). 1,8 % der Lehrkräfte machten keine Angaben zum Geschlecht.

Alle Altersgruppen waren innerhalb der Stichprobe nahezu gleichmäßig vertreten. Zum Zeitpunkt der Befragung waren die Lehrkräfte im Durchschnitt 43,22 Jahre alt. Das Durchschnittsalter der weiblichen Lehrkräfte betrug 44,71 Jahre; die männlichen Lehrkräfte waren im Mittel 41,72 Jahre alt. Dieser Unterschied ist hoch signifikant und kann mit 95prozentiger Wahrscheinlichkeit gegen den Zufall abgesichert werden. Zum Zeitpunkt der Befragung waren die Lehrkräfte mit dem Lehramt an Haupt- und Realschulen mit 42,2 %, mit dem Lehramt an Gymnasien mit 35,8 % in der Stichprobe vertreten. 1,8 % der Lehrkräfte machten keine Angaben zum Lehramt; 20,3 % der Lehrkräfte verfügten über ein anderes Lehramt.

In dieser Stichprobe unterrichteten 56 % der Lehrkräfte mindestens ein naturwissenschaftliches Fach und 28 % das Fach Mathematik.

Tabelle 11: Struktur der Stichprobe im Projekt „Kompetenzorientiert unterrichten in Mathematik und Naturwissenschaften“

<i>Kenngroßen zur Struktur der Stichprobe</i>	<i>Beschreibung der Stichprobe</i>
Aktive Sets	64
Teilnehmende Schulamtbezirke	15
Anzahl Fragebögen pro Set	15
Stichprobenumfang	282
Anzahl der vertretenen Lehrämter	L2: 119 L3: 101 übrige Lehrämter: 5 keine Angabe: 57
Lehrkräfte in naturwissenschaftlichen Unterrichtsfächern	141
Lehrkräfte in Mathematik	108
Lehrkräfte ohne Angabe der Fächer oder mit nicht-naturwissenschaftlichen Fächern	33
Alter der weiblichen Lehrkräfte [Jahre]	44,71
Alter der männlichen Lehrkräfte [Jahre]	41,72

L2 = Lehramt an Haupt- und Realschulen, L3 = Lehramt an Gymnasien

Die im ersten Instrument mit Hilfe der sechsstufigen Likert-Skala erhobenen Angaben zum Stellenwert und den Zielen des naturwissenschaftlichen Arbeitens wurden in Zahlenwerte übersetzt und in das Statistikprogramm SPSS eingegeben (siehe Tabelle 12).

Tabelle 12: Codierung der Selbstauskunft zu den Zielen des naturwissenschaftlichen Arbeitens

<i>Likert-Skala</i>	<i>Codierung SPSS</i>
nie	1
selten	2
weniger oft	3
oft	4
sehr oft	5
immer	6

Zur Auswertung der offenen Aufgabenformate der Testaufgaben im zweiten Instrument des Erhebungsinstruments wurde eine Codieranleitung erstellt. Zum einen wurden hier die Teilkompetenzen einer naturwissenschaftlichen Untersuchung berücksichtigt (Grube, Möller & Mayer 2007). Zum anderen weisen die Codes fünf unterschiedliche Schwierigkeitsgrade aus, die an die Kompetenzstufen angelehnt sind, die zur Beschreibung der Kompetenzniveaus bei Schülerinnen und Schülern in der Sekundarstufe I bereits eingesetzt worden sind (Möller, Grube & Mayer 2007).

Für die vier Teilkompetenzen, die in den Prozessvariablen zum Wissenschaftlichen Denken repräsentiert sind, wurde jeweils eine Anleitung, die auf die folgenden Anforderungsbereiche in den Niveaustufen der Teilkompetenzen Bezug nehmen (Mayer, Grube & Möller 2008, vgl. Tabelle 13).

Tabelle 13: Anforderungen der Niveaustufen einer naturwissenschaftlichen Untersuchung

Niveaustufe	Anforderungen
0	<ul style="list-style-type: none"> • Die Testaufgabe ist nicht bearbeitet • Es ist kein Bezug zur Aufgabenstellung erkennbar • Die Bearbeitung ist ohne erkennbare Relevanz für die Lösung der Aufgabe
1	<ul style="list-style-type: none"> • Das Phänomen wird zutreffend beschrieben • Eine Alltagserfahrung wird dargestellt
2	<ul style="list-style-type: none"> • Der Lösungsvorschlag enthält mindestens einen zutreffenden Zusammenhang
3	<ul style="list-style-type: none"> • Zur Lösung der Aufgabe wird ein Zusammenhang dargestellt und eine Begründung gegeben; ein grundlegendes biologisches Verständnis ist erkennbar
4	<ul style="list-style-type: none"> • In der Bearbeitung wird ein Zusammenhang dargestellt und mit einer Vermutung verknüpft oder eine Voraussage getroffen
5	<ul style="list-style-type: none"> • Antwort enthält einen generalisierenden Anteil oder ein eigener Ansatz zur Problemlösung wird beschrieben

Für jede der Teilkompetenzen werden diese fünf Niveaustufen in Bezug auf die qualitativen Anforderungen einer naturwissenschaftlichen Untersuchung konkretisiert (siehe Tabelle 14, Seite 88).

Tabelle 14: Niveaustufen in den Teilkompetenzen einer naturwissenschaftlichen Untersuchung

Niveaustufe	Frage	Hypothese	Planung	Daten auswerten und interpretieren
1	<ul style="list-style-type: none"> • Beschreibung eines Phänomens / eines Problems • Formulierung einer Frage • eine Alltagserfahrung wird dargestellt 	<ul style="list-style-type: none"> • ein Phänomen wird beschreiben • eine Hypothese wird formuliert • eine Alltagserfahrung wird einbezogen 	<ul style="list-style-type: none"> • das Design der Untersuchung wird formuliert • eine Alltagserfahrung wird einbezogen • eine Variable wird benannt / verändert 	<ul style="list-style-type: none"> • die Befunde werden beschrieben • die Messwerte / Diagramme werden dargestellt • Alltagserfahrungen werden dargestellt
2	<ul style="list-style-type: none"> • mindestens ein Zusammenhang wird hergestellt 	<ul style="list-style-type: none"> • mindestens ein Zusammenhang wird hergestellt 	<ul style="list-style-type: none"> • die veränderte und zu messende Variable wird genannt • es wird mindestens ein Zusammenhang hergestellt 	<ul style="list-style-type: none"> • es wird mindestens ein Zusammenhang hergestellt
3	<ul style="list-style-type: none"> • ein Zusammenhang wird dargestellt und eine Begründung gegeben – ein umfassenderes fachwissenschaftliches Verständnis ist erkennbar 	<ul style="list-style-type: none"> • ein Zusammenhang wird dargestellt und eine Begründung gegeben – ein umfassenderes fachwissenschaftliches Verständnis ist erkennbar 	<ul style="list-style-type: none"> • eine Kontrolle der übrigen Variablen wird mit einbezogen 	<ul style="list-style-type: none"> • ein Zusammenhang wird dargestellt und eine Begründung gegeben – umfassenderes fachwissenschaftliches Verständnis ist erkennbar
4	<ul style="list-style-type: none"> • ein Zusammenhang wird dargestellt und mit einer Vermutung / Erörterung verknüpft, eine Voraussage getroffen oder eine Begründung gegeben 	<ul style="list-style-type: none"> • ein Zusammenhang wird dargestellt und mit einer Vermutung / Erörterung verknüpft • eine Voraussage wird getroffen oder eine Begründung gegeben 	<ul style="list-style-type: none"> • Quantifizierung / Operationalisierung der Variablen 	<ul style="list-style-type: none"> • ein Zusammenhang wird dargestellt und mit einer Vermutung / Erörterung verknüpft, eine Voraussage wird getroffen oder eine Begründung gegeben
5	<ul style="list-style-type: none"> • die Antwort enthält einen im wesentlichen generalisierenden Anteil oder ein eigener Ansatz zur Problemlösung wird beschrieben 	<ul style="list-style-type: none"> • die Antwort enthält einen im wesentlichen generalisierenden Anteil oder ein eigener Ansatz zur Problemlösung wird beschrieben 	<ul style="list-style-type: none"> • Reflexion der Untersuchung (z. B. Genauigkeit, Fehlerquellen, Wirkung latenter Variablen) 	<ul style="list-style-type: none"> • die Antwort enthält einen im wesentlichen generalisierenden Anteil oder ein eigener Ansatz zur Problemlösung wird beschrieben

Die Übereinstimmung der von den Ratern getroffenen Zuordnung der Antworten zu den Niveaustufen wurde durch die Berechnung des Kappa-Wertes nach Cohens geprüft. Die Bedingungen für die Berechnung des Kappa-Wertes sind dann gegeben, wenn zwei Beobachter zu zwei unterschiedlichen Zeitpunkten das gleiche Messinstrument anwenden (Bortz 2005). Wenn die Rater in ihrer Zuordnung vollständig übereinstimmen, so nimmt κ den Wert 1 an. Ist die Übereinstimmung nur auf den mathematischen Wert des Zufalls zurückzuführen, so nimmt κ den Wert 0 an.

Die Übereinstimmung kann nach Landis und Koch (1977) klassifiziert werden (siehe Tabelle 15).

Tabelle 15: Klassifizierung der Kappa-Werte (nach: Landis & Koch 1977)

Kappa (κ)	Klassifizierung
< 0	schlechte Übereinstimmung
0 – 0,2	etwas Übereinstimmung
0,21 – 0,4	ausreichende Übereinstimmung
0,41 – 0,6	mittelmäßige Übereinstimmung
0,61 – 0,8	gute Übereinstimmung
0,81 – 1,0	sehr gute Übereinstimmung

In der vorliegenden Untersuchung wurden Kappa-Werte von ,878 bis ,924 ($p < ,001$) ermittelt (siehe Tabelle 16).

Tabelle 16: Kappa-Werte der Testaufgaben zu den Standards der Erkenntnisgewinnung

Standards der Erkenntnisgewinnung	Aufgabe im Erhebungsbogen	Kappa (κ)
Fragestellung	Schiefe Ebene	,878
	Nelken	,896
Hypothese	Kressesamen	,895
	Kapuzinerkresse	,895
Planung	Daunen	,896
	Flamingos	,886
Daten analysieren und Schlussfolgerungen ziehen	Sonnenblumen	,886
	Borkenkäfer	,924

Die ausgewiesenen Kappa-Werte weisen nach Landis und Koch (1977) eine sehr gute Übereinstimmung der von den Ratern getroffenen Einstufung aus.

4.4 Auswertungsverfahren

Im Folgenden werden diejenigen Verfahren beschrieben, die zur Auswertung der Daten eingesetzt wurden. Im Vordergrund steht dabei die Darstellung und Erläuterung der Verfahren, die in der Auswertung der Daten eingesetzt wurden, zu den ausgewiesenen Ergebnissen geführt und auf dieser Grundlage die vorgestellten Schlussfolgerungen möglich gemacht haben. Bezüglich der mathematischen und testtheoretischen Implikationen der dargestellten Verfahren wird auf weiterführende Literatur zur statistischen Bearbeitung der Daten verwiesen (u. a. Janssen & Laatz 1999; Diehl & Arbinger 2001; Zöfel 2003; Diehl & Kohr 2004; Bortz 2005; Diehl & Staufenbiel 2007; Sedlmeier & Renkewitz 2008).

Zur Organisation und Auswertung der Daten wurde das Programmpaket SPSS 18 eingesetzt.

Empirisch ermittelte Verteilungen weichen häufig mehr oder weniger stark von einer Normalverteilung ab. Dies ist insofern von Bedeutung, als bei inferenzstatistischen Schlüssen, der Übertragung der Befunde einer Stichprobe auf die Grundgesamtheit, die Irrtumswahrscheinlichkeit (p) steigt und damit die Wahrscheinlichkeit eines zufälligen Zusammenhangs zwischen den Variablen zunimmt. Allerdings wird in Bezug auf Analyseverfahren zur Prüfung statistischer Hypothesen auch darauf verwiesen, dass unter anderem Varianzanalysen und t -Tests sich robust bei möglichen Abweichungen von der Normalverteilung verhalten (Diehl & Arbinger 2001; Bortz 2005).

Die Prüfung der erhobenen Daten auf Normalverteilung erfolgte durch Histogramme zur Normalverteilung und wurde durch Kolmogorov-Smirnov-Tests ergänzt (Janssen & Laatz 1999). Der Kolmogorov-Smirnov-Test kann bei kleineren bis mittleren Stichproben ($n > 30$) eingesetzt werden. Dabei wurde ein Signifikanzniveau von $\alpha = ,05$ zu Grunde gelegt (Zöfel 2003; Bortz 2005; Diehl & Staufenbiel 2007).

Die Reliabilität eines Tests kann durch eine zweite Messung unter gleichen Rahmenbedingungen der Untersuchung sichergestellt werden. Da der damit verbundene Aufwand im Rahmen dieser Untersuchung nicht zu bewerkstelligen war, erfolgte die Schätzung der internen Konsistenz nach Cronbach aus der Korrelation der Itemvarianzen mit der Testvarianz (Diehl & Arbinger 2001; Bortz 2005). Die Reliabilität einer Skala kann dabei Werte bis zu $\alpha = 1$ annehmen; angestrebt werden Werte von $\alpha > ,7$

bis ,8. Allerdings berichten sozialwissenschaftliche Untersuchungen mehrheitlich auch von Skalen mit weit geringeren Werten bis zu $\alpha = ,5$ (Krapp, Hofer & Prell 1982; Schahn 1996; Diekmann 1998).

Die hier angegebene interne Konsistenz ist ein Maß für die innere Homogenität der Items einer Skala, in dem die Korrelationen der Itemvarianz mit der Testvarianz beschrieben werden (Rost 2004). Die Werte von Cronbachs α sind zudem stark von der Anzahl der Items einer Skala abhängig (Urbina 2004; Cronbach 1951).

Für die Facetten und Dimensionen des vorgelegten Instruments wurde daher eine untere Grenze der Konsistenz von $\alpha \geq ,55$ festgelegt.

Ergänzend zur Beschreibung der Reliabilität der Facetten und Dimensionen nach Cronbach erfolgte eine Überprüfung der Konsistenz über die Trennschärfekoeffizienten (Item-Skala-Korrelationen). Von einer hohen Reliabilität einer Skala ist dann auszugehen, wenn die Items eine korrigierte Item-Skala-Korrelation von $r_{ig-i} = ,3$ aufweisen (Diekmann 1998; Diehl & Kohr 2004).

Für alle Items wurden korrigierte Trennschärfen berechnet und die Reliabilität der Skalen in den Facetten und Dimensionen geprüft.

Die Hauptkomponentenanalyse ist ein faktorenanalytisches Verfahren zur Reduktion der Komplexität eines Datensatzes (Diehl & Kohr 2004). Das Verfahren wurde im zweiten Instrument des Erhebungsbogens zur Analyse der durch die Aufgaben repräsentierten Teilkompetenzen einer naturwissenschaftlichen Untersuchung in den Standards der Erkenntnisgewinnung eingesetzt. Der Hauptkomponentenanalyse liegt die Annahme zu Grunde, dass durch die Anzahl der aus einem Datensatz extrahierten Faktoren die gesamte Varianz erklärt werden kann (Bortz 2005).

In der Hauptkomponentenanalyse werden in einer Korrelationsmatrix alle analysierten Variablen dargestellt und mit theoretischen Faktoren in Beziehung gesetzt. Die Anzahl (n) der auf diese Weise bestimmten Faktoren ist größer eins. Je mehr Faktoren extrahiert werden, umso größer ist die erklärte Varianz. Der Beitrag einzelner Faktoren zur aufgeklärten Varianz nimmt allerdings mit deren Anzahl ab. Daher sollte eine inhaltlich sinnvolle Kombination der Anzahl eingesetzter Items und der erzielten aufgeklärten Varianz zur Handhabung der Komplexität der Daten herangezogen werden (Diehl & Kohr 2004). Die Hauptkomponentenanalyse bildet eine Ladungsmatrix, in der die Items in den Zeilen und die Faktoren oder Komponenten in Spalten aufgetragen sind. Die Faktorladungen in den einzelnen Zellen geben die Korrelationen

zwischen den Variablen (Aufgaben zu den Teilkompetenzen einer naturwissenschaftlichen Untersuchung) und einem Faktor (Teilkompetenz) an. Je größer der angegebene Wert, desto größer ist die Bedeutung des Items für den Faktor. Der Eigenwert des Faktors bildet sich aus der Summe der quadrierten Faktorladungen. Nach dem Kaiser-Guttman-Kriterium entspricht die Zahl der zu extrahierenden Faktoren der Zahl der Faktoren mit einem Eigenwert größer eins (Bortz 2005).

Die in der Auswertung der Daten eingesetzten Korrelationsanalysen überprüfen, ob zwischen zwei Variablen ein Zusammenhang besteht, und bestimmen dessen Stärke. Korrelationen wurden im Rahmen dieser Untersuchung zwischen den Facetten „Kompetenzorientiert Unterrichten“ und „Kompetenzbezogene Ziele erreichen“ und den hier jeweils repräsentierten Dimensionen „Wissenschaftsverständnis, Wissenschaftliches Denken und Arbeitstechniken“ berechnet.

Der Zusammenhang ist umso enger, je größer der Wert des Korrelationskoeffizienten (r) ist. Liegen hohe Werte einer Variablen gleichzeitig mit hohen Werten einer anderen Variable vor, so ist ein positiver Zusammenhang gegeben. Der Korrelationskoeffizient kann maximal den Wert 1 annehmen. Bei negativen Korrelationen zweier Variablen gilt entsprechend ein umgekehrtes Vorzeichen. Korrelationen ermöglichen keine Aussage über die ursächliche Beziehung eines Zusammenhangs (Bortz 2005). Die Art des Zusammenhangs und das Messniveau bestimmen die Wahl des geeigneten Korrelationskoeffizienten. Der Produkt-Moment-Korrelationskoeffizient nach Pearson ($r_{(xy)}$) gibt den Grad und das Vorzeichen eines linearen Zusammenhangs intervallskalierter Variablen einer metrischen Skala an. Die Richtung des Zusammenhangs wird durch ein positives oder negatives Vorzeichen angegeben (Janssen & Laatz 1999).

In diesem Zusammenhang ist auch die Frage nach dem Messniveau der Daten zu stellen. Theoretisch sollten Daten auf einem metrischen Niveau vorliegen, aber gerade bei Untersuchungen, in denen Rating-Skalen wie die hier eingesetzte sechsstufige Likert-Skala genutzt werden, beschreiben die Intervalle nicht zwingend gleiche Abstände. In der empirischen Praxis werden diese Skalen dennoch als intervallskaliert behandelt (Diehl & Kohr 2004; Bortz 2005).

Die durch die eingesetzte Likert-Skala vorgegebenen Antwortmöglichkeiten sind symmetrisch formuliert und an eine äquidistante Skalierung angelehnt (Diehl & Kohr 2004). Die im ersten Instrument des Erhebungsbogens eingesetzte Skalierung der

Merkmalsausprägungen kann daher auch als intervallskalierte Rating-Skala interpretiert werden (Zöfel 2003).

Zur Beurteilung der Stärke eines durch den Produkt-Moment-Korrelationskoeffizienten beschriebenen Zusammenhangs finden sich je nach Autor unterschiedliche Werte zur Abstufung, die in den folgenden drei Tabellen dargestellt sind.

Tabelle 17: Stärke des Zusammenhangs des Koeffizienten ($r_{(xy)}$) (nach: Kühnel & Krebs 2001)

Koeffizient ($r_{(xy)}$)	Stärke des Zusammenhangs
$-0,05 \leq r_{(xy)} \leq +0,05$	zu vernachlässigen
$0,05 < r_{(xy)} < 0,20$	gering
$0,21 < r_{(xy)} < 0,50$	mittel
$ r_{(xy)} > 0,51$	hoch
$ r_{(xy)} > 0,70$	sehr hoch

Tabelle 18: Stärke des Zusammenhangs des Koeffizienten ($r_{(xy)}$) (nach: Cohen 1988 sowie Sedlmeier & Renkewitz 2008)

Koeffizient ($r_{(xy)}$)	Stärke des Zusammenhangs
$> 0,1$	schwach
$\approx 0,3$	mittel
$\approx 0,5$	stark

Tabelle 19: Stärke des Zusammenhangs des Koeffizienten ($r_{(xy)}$) (nach: Zöfel 2003)

Koeffizient ($r_{(xy)}$)	Stärke des Zusammenhangs
$\leq 0,20$	sehr geringe Korrelation
$0,21 - 0,50$	gering
$0,51 - 0,70$	mittel
$0,71 - 0,90$	hoch
$> 0,91$	sehr hoch

Im Folgenden wird zur Beschreibung des Produkt-Moment-Korrelationskoeffizienten ($r_{(xy)}$) die Klassifikation nach Kühnel und Krebs (2001, wie in Tabelle 17) verwendet,

die zur Beschreibung des Zusammenhangs die Werte des Koeffizienten weitgehend differenziert. Sie ist zudem auch in sozialwissenschaftlichen Analysen üblich.

Varianzanalysen und *t*-Tests sind Analyseverfahren zur Prüfung statistischer Hypothesen. Beide Verfahren erlauben bei signifikanten Ergebnissen die Übertragung von der untersuchten Stichprobe auf deren Grundgesamtheit. Varianzanalysen untersuchen die Wirkung einer oder mehrerer unabhängiger Variablen bzw. Faktoren auf eine abhängige Variable.

Diese Verfahren werden eingesetzt, wenn die unabhängige Variable mindestens ein nominales, und die abhängige Variable ein metrisches Skalenniveau aufweist (siehe Kapitel 5). Dabei sollten metrische Daten vorhanden sein, die intervallskaliert sind. Darüber hinaus muss die Stichprobe auf Normalverteilung geprüft werden.

Zwar wird Linearität vorausgesetzt, doch die Varianzanalysen erweisen sich als robust gegenüber Verletzungen dieser Annahmen (Diehl & Arbinger 2001). Die Validität von *t*-Tests ist erst bei sehr schiefen Verteilungen und damit großen Abweichungen von der Normalverteilung nicht mehr gegeben (Bortz 2005). Kleinere Stichproben erhöhen die Irrtumswahrscheinlichkeit, da die Wahrscheinlichkeit zunimmt, dass die Mittelwerte einer Stichprobe sich zufällig voneinander unterscheiden (s. o.).

Daher ist es von entscheidender Bedeutung für die Interpretation der in Beziehung gesetzten Mittelwerte, sicher zu stellen, dass die Werte sich nicht nur zufällig voneinander unterscheiden.

Die Irrtumswahrscheinlichkeit (*p*) lässt sich aus dem Signifikanzniveau ablesen. Je kleiner das Signifikanzniveau (α), desto geringer ist die Irrtumswahrscheinlichkeit (*p*, siehe Tabelle 20). Die Grenzwerte des Signifikanzniveaus (α) sollten in der Untersuchung ausgewiesen und dem untersuchten Kontext angemessen sein.

Tabelle 20: Graduierung der Irrtumswahrscheinlichkeit (*p*) und des Signifikanzniveaus (nach: Bortz 2005 sowie Kühnel & Krebs 2001)

α Niveau	Prozent	Irrtumswahrscheinlichkeit (<i>p</i>)	Signifikanzniveau (nach Bortz)	Signifikanzniveau (nach Kühnel & Krebs)
0,05	5 %	$p \leq ,05$	signifikant	signifikant (*)
0,01	1 %	$p \leq ,01$	sehr signifikant	hoch signifikant (**)
0,001	0,1 %	$p \leq ,001$	-	höchst signifikant (***)

Signifikanz liegt vor, wenn die Irrtumswahrscheinlichkeit kleiner oder gleich dem Signifikanzniveau ist. Überschreitet die Irrtumswahrscheinlichkeit (p) das Signifikanzniveau (α), so ist zu prüfen, ob die Nullhypothese verworfen werden muss (Bortz 2005). Liegt die Irrtumswahrscheinlichkeit knapp über dem Signifikanzniveau, so kann mit Hilfe der Effektstärke eine Tendenz angegeben werden. Alternativ kann die Berechnung des Fehlers der zweiten Art bei genauer Kenntnis der alternativen Hypothese genutzt werden, um die Nullhypothese nicht fälschlicherweise beizubehalten, bzw. bestehende Unterschiede nicht zu erkennen (Zöfel 2003).

F -Tests überprüfen, ob zwei oder mehr Stichproben aus unterschiedlich normalverteilten Stichproben sich in ihrer Varianz unterscheiden (Zöfel 2003). Als Konfidenzintervall wird dabei ein Wert von $\alpha \geq ,05$ gesetzt. Die Unterschiede in den Dimensionen der Kompetenzkonstrukte der Erkenntnisgewinnung wurden hier durch univariate Varianzanalysen (ANOVA) geprüft und die Irrtumswahrscheinlichkeit ausgewiesen. Das partielle Eta Quadrat beschreibt die Stärke des Effekts, der aus dem Vergleich der Mittelwerte der Dimensionen resultiert (Pierce, Block & Aguinis 2004). Die Stärke des Effekts wurde nach Cohen (1988) klassifiziert (Bortz 2005, siehe Tabelle 21).

Tabelle 21: Graduierung des partiellen Eta Quadrats ($\eta^2 p$) (nach: Bortz 2005)

<i>Wert</i>	<i>Effekt</i>
$\eta^2 p \geq ,01$	kleiner, schwacher Effekt
$\eta^2 p \geq ,06$	mittlerer Effekt
$\eta^2 p \geq ,14$	großer, starker Effekt

Der F -Test wie auch der t -Test für unabhängige Stichproben setzen die Prüfung auf Homogenität der Varianzen voraus, die mit dem Levene-Test vorgenommen werden kann (Bortz 2005; Diehl & Arbinger 2001). Der Levene-Test ist – wie auch der t -Test – robust, wenn die untersuchte Stichprobe von der Normalverteilung abweicht (Zöfel 2003).

t -Tests vergleichen die Mittelwerte zweier Gruppen und prüfen, ob bestehende Unterschiede signifikant sind. Zur Prüfung auf Signifikanz wurde in den Untersuchungen jeweils ein zweiseitiger t -Test durchgeführt. Unterschieden wird dabei zwischen dem t -Test bei abhängigen und unabhängigen Stichproben.

Bei abhängigen Stichproben sind die Objekte entweder paarweise angeordnet oder es werden innerhalb einer Stichprobe zwei Messungen durchgeführt. Dieser Zusammenhang ist bei dem Vergleich der Mittelwerte in den Dimensionen der Kompetenzkonstrukte der Erkenntnisgewinnung bezüglich der Fragestellungen „Dieses Ziel berücksichtige ich beim Unterrichten ...“ (Facette „Kompetenzorientiert Unterrichten“) und „Die Schüler erreichen das genannte Ziel...“ (Facette „Kompetenzbezogene Ziele erreichen“) gegeben. Um ausgewiesene Unterschiede dieser Mittelwerte auf Signifikanz zu prüfen, wird ein Konfidenzintervall von 95 % zu Grunde gelegt.

Unabhängige Stichproben liegen dann vor, wenn diese aus zwei unterschiedlichen Grundgesamtheiten stammen oder diese unabhängig voneinander aus der Grundgesamtheit gezogen wurden (Zöfel 2003; Bortz 2005). Die Anforderung ist unter anderem bei der Betrachtung von Mittelwertunterschieden zwischen den Lehrkräften mit einem und zwei naturwissenschaftlichen Fächern zu den Facetten „Kompetenzorientiert Unterrichten“ und „Kompetenzbezogene Ziele erreichen“ gegeben, um eine Prüfung auf Signifikanz vorzunehmen. Dabei muss die Homogenität der Varianzen gegeben sein, die durch den Levene-Test geprüft wird.

Abschließend wurden Effektstärken zur Beschreibung der Unterschiede berechnet, die aus einem Vergleich der Mittelwerte resultieren (Bortz 2005).

Hier wurde das Statistik-Programm G*Power 3.1 eingesetzt. Die berechneten Effektstärken wurden nach Cohen (1988) klassifiziert (siehe Tabelle 22).

Tabelle 22: Graduierung der Effektstärke (d) (nach: Cohen 1988)

Wert	Wirkung
$d \geq ,20$	kleiner Effekt
$d \geq ,50$	mittlerer Effekt
$d \geq ,80$	großer Effekt

Die ausgewiesene Größe des Effekts ist von dem Umfang der Stichprobe unabhängig (Bortz 2005).

5 Ergebnisse

Die Auswertung der erhobenen Daten wird in diesem Kapitel vorgestellt. Neben der Beschreibung der Befunde werden diese mit den Forschungsfragen in Beziehung gesetzt, auf die das erste und zweite Instrument im Erhebungsbogen ausgerichtet sind.

Zunächst werden die Befunde zum Einfluss des Fachwissens auf die Planung und Gestaltung der Lernsituation nach Selbstauskunft der Lehrkräfte unter besonderer Berücksichtigung der Kompetenzkonstrukte zum „Wissenschaftsverständnis“, dem „Wissenschaftlichen Denken“ und der „Arbeitstechniken“ (Facette „Kompetenzorientiert Unterrichten“) vorgestellt, die im ersten Instrument des Erhebungsbogens erhoben wurden.

Nachfolgend wird die Einschätzung der Lehrkräfte im Hinblick auf die Erwartungen an die Lernprogression der Schülerinnen und Schüler im naturwissenschaftlichen Unterricht (Facette „Kompetenzbezogene Ziele erreichen“) analysiert.

Anschließend werden die mit dem zweiten Instrument erhobenen Kenntnisse und Fertigkeiten der Lehrkräfte in den Standards der Erkenntnisgewinnung beschrieben (vgl. Kapitel 4.1).

Abschließend lassen die mit dem dritten Instrument erhobenen Erwartungen und Einschätzungen der Lehrkräfte an die Qualitätsentwicklung im Fachunterricht Hinweise für die weitere Entwicklung des Professionswissens von Lehrkräften in den Naturwissenschaften erwarten. Diese werden mit den Modulen und Bausteinen in der Qualifizierung im Projekt „Kompetenzorientiert unterrichten in Mathematik und Naturwissenschaften“ in Beziehung gesetzt (siehe Kapitel 6).

Die Abfolge der dargestellten Schritte spiegelt die Phasen der Auswertung wieder, so dass diese prozesshaft nachvollzogen werden kann. Zur weitergehenden Bearbeitung der Forschungsfragen werden im Einzelnen sowohl die konstruktbezogenen Variablen (vgl. Tabelle 9, Seite 81), als auch personenbezogene Variablen (u. a. Alter, Lehramt, Anzahl der naturwissenschaftlichen Fächer, Geschlecht) berücksichtigt, insofern relevante Befunde im Sinne der Fragestellung vorliegen.

Die Auswertung folgt dabei den vorgestellten Forschungsfragen, die sich im Wesent-

lichen auf die ersten beiden Instrumente der Erhebung beziehen. Im ersten Instrument des Erhebungsbogens werden zunächst Befunde zur Bedeutung der Kompetenzkonstrukte bei der Anlage fachbezogener Lernprozesse vorgestellt („Dieses Ziel berücksichtige ich beim Unterrichten...“) und anschließend mit den Erwartungen der Lehrkräfte an die Lernprogression der Schülerinnen und Schüler („Die Schüler erreichen dieses Ziel...“) in Beziehung gesetzt. Im Einzelnen werden somit die Befunde zu den Facetten „Kompetenzorientiert Unterrichten“ und „Kompetenzbezogene Ziele erreichen“ dargestellt und im weiteren Verlauf ihrer statistischen Bearbeitung in Beziehung gesetzt.

Die Beschreibung der Kenntnisse und Fertigkeiten in den Teilkompetenzen der naturwissenschaftlichen Untersuchung stellt die Befunde aus dem zweiten Instrument des Erhebungsbogens vor und bereitet die abschließende Diskussion in Kapitel 7 vor, die mit einem Ausblick auf die vorrangigen Aufgaben in der Qualifizierung von Lehrkräften in den Naturwissenschaften abschließt. Hier fließen die Erwartungen der Lehrkräfte an die Entwicklung fachmethodischen Wissens im Kompetenzbereich Erkenntnisgewinnung ein, die im dritten und letzten Instrument erhoben wurden.

5.1 Güte der Instrumente und statistische Prüfung der Daten

Zunächst wurden die im ersten Instrument des Erhebungsbogens erhobenen Daten der Facetten zum Stellenwert (Facette „Kompetenzorientiert Unterrichten“) und den Zielen des naturwissenschaftlichen Arbeitens (Facette „Kompetenzbezogene Ziele erreichen“) im Fachunterricht auf Normalverteilung geprüft. Im Folgenden sind die p -Werte für die asymptotische Signifikanz beider Facetten zu den Kompetenzkonstrukten der Erkenntnisgewinnung in den Dimensionen „Wissenschaftsverständnis“, „Wissenschaftliches Denken“, „Arbeitstechniken“ sowie zum „Fachdidaktisches Wissen“ angegeben (siehe Tabelle 23).

Die Prüfung der Kompetenzkonstrukte der Erkenntnisgewinnung zeigte sowohl in der Facette „Kompetenzorientiert Unterrichten“ ($p = ,813$) als auch in der Facette „Kompetenzbezogene Ziele erreichen“ ($p = ,567$) keine signifikante Abweichung von der Normalverteilung.

Tabelle 23: Koeffizienten (p) der asymptotischen Signifikanz des Kolmogorov-Smirnov-Tests zur Prüfung der Daten auf Normalverteilung

<i>Kompetenzkonstrukte</i>	<i>„Kompetenzorientiert Unterrichten“</i>	<i>„Kompetenzbezogene Ziele erreichen“</i>
Kompetenzkonstrukte der Erkenntnisgewinnung	,813	,567
Dimension: „Wissenschaftsverständnis“	,034	,022
Dimension: „Wissenschaftliches Denken“	,242	,122
Dimension: „Arbeitstechniken“	,004	,001
„Fachdidaktisches Wissen“	,001	,001

Da hingegen eine Normalverteilung der Daten der Kompetenzkonstrukte der Erkenntnisgewinnung in den Dimensionen durch die angegebene asymptotische Signifikanz nicht durchgehend gestützt wird, wurden des Weiteren die Normalverteilung der Daten in den Dimensionen und Facetten im ersten und zweiten Instrument des Erhebungsbogens durch Normalverteilungsdiagramme geprüft.

Die Histogramme der Dimensionen „Wissenschaftsverständnis“ und „Wissenschaftliches Denken“ zeigen nur geringe Abweichungen von einer Normalverteilung (siehe Abbildung A 1 bis A 8 im Anhang A). Auch in der Dimension „Arbeitstechniken“ weisen die Daten eine weitgehende Normalverteilung auf, wenngleich hier auch ein leichter Deckeneffekt festzustellen ist.

Somit kann abschließend eine Normalverteilung der Daten als gegeben festgestellt werden.

Zudem reagieren die zur weiteren Auswertung der Daten eingesetzten parametrischen Verfahren und Tests robust auf mögliche Abweichungen von einer Normalverteilung (Diehl & Arbinger 2001; Bortz 2005, siehe Kapitel 4.4).

Eine erste Sichtung der Häufigkeiten zeigt, dass das erste Instrument des Erhebungsbogens von den Lehrkräften nahezu vollständig bearbeitet wurde. Die Aufgaben zu den Teilkompetenzen einer naturwissenschaftlichen Untersuchung wurden von 15,6 % der Probanden nicht bearbeitet.

Zur Prüfung der Reliabilität des ersten Instruments der Erhebung wurde eine Schätzung der internen Konsistenz der Skalen nach Cronbach vorgenommen (Bortz 2005). In Tabelle 24 sind die Befunde in den Facetten „Kompetenzorientiert Unterrichten“ und „Kompetenzbezogene Ziele erreichen“ und ihre Dimensionen dargestellt.

Tabelle 24: Interne Konsistenz der Facetten nach Cronbachs α

<i>Fachmethodisches Wissen</i>	Cronbachs α <i>„Kompetenzorientiert Unterrichten“</i>	Cronbachs α <i>„Kompetenzbezogene Ziele erreichen“</i>
Kompetenzkonstrukte der Erkenntnisgewinnung	,910	,925
Dimension: „Wissenschaftsverständnis“	,601	,668
Dimension: „Wissenschaftliches Denken“	,870	,889
Dimension: „Arbeitstechniken“	,776	,746
„Fachdidaktisches Wissen“	,397	,638

Die untere Grenze der Konsistenz von $\alpha \geq ,55$ wird nahezu durchgängig in den Facetten „Kompetenzorientiert Unterrichten“ und „Kompetenzbezogene Ziele erreichen“ deutlich überschritten, so dass eine gute bis sehr gute interne Konsistenz der Skalen zu den Kompetenzkonstrukten der Erkenntnisgewinnung im ersten Instrument des Erhebungsbogens gegeben ist. Lediglich beim „Fachdidaktischen Wissen“ wird in der Facette „Kompetenzorientiert Unterrichten“ die untere Grenze der Konsistenz nicht erreicht. Allerdings das „Fachdidaktische Wissen“ in dieser Untersuchung nur begleitend erfasst.

Im Anschluss wurden die Werte für die korrigierte Item-Skala-Korrelation (r_{ig-i}) für die Items in den Facetten „Kompetenzorientiert Unterrichten“ und „Kompetenzbezogene Ziele erreichen“ berechnet, die in Tabelle 25 zusammengefasst sind.

Die Trennschärfekoeffizienten aller Items im ersten Instrument überschreiten die korrigierte Item-Skala-Korrelation von $r_{ig-i} = ,3$ deutlich (Diekmann 1998; Diehl & Kohr 2004). Die Items weisen überwiegend eine Item-Skala-Korrelation von ,4 bis ,6 auf. Lediglich bei den Items zum „Fachdidaktischen Wissen“ wird der Schwellenwert von $r_{ig-i} = ,3$ in der Facette „Kompetenzorientiert Unterrichten“ unterschritten. Eine erneute Berechnung von Cronbachs α führte allerdings zu keiner deutlichen Veränderung, so dass das Item in der Skala belassen wurde.

Tabelle 25: Trennschärfekoeffizienten der Skalen „Dieses Ziel berücksichtige ich beim Unterrichten“ und die „Schüler erreichen das genannte Ziel“

	<i>Korrigierte Item-Skala-Korrelation (r_{ig-i})</i>	<i>Korrigierte Item-Skala-Korrelation (r_{ig-i})</i>
<i>Kompetenzkonstrukte der Erkenntnisgewinnung</i>	<i>Facette: „Kompetenzorientiert Unterrichten“</i>	<i>Facette: „Kompetenzbezogene Ziele erreichen“</i>
Dimension „Wissenschaftsverständnis“		
Schwerpunkt des naturwissenschaftlichen Arbeitens ist es...		
• das Verständnis der Theorie zu erleichtern	0,330	0,491
• naturwissenschaftliche Gesetze zu überprüfen	0,516	0,562
• eine Theorie anhand einer naturwissenschaftlichen Untersuchung zu verifizieren oder zu falsifizieren	0,581	0,594
• Grundzüge und Grenzen der Naturwissenschaft zu beurteilen	0,489	0,530
Dimension „Wissenschaftliches Denken“		
Schwerpunkt des naturwissenschaftlichen Arbeitens ist es...		
• Untersuchungsmethoden anhand von Beispielen verschiedener Untersuchungen kennen zu lernen	0,506	0,515
• Untersuchungsmethoden anhand von Beispielen kennen zu lernen	0,547	0,591
• wissenschaftliche Untersuchungsmethoden theoretisch und praktisch kennen zu lernen	0,553	0,583
• eine für die Fragestellung geeignete Untersuchungsmethode aussuchen zu lernen	0,557	0,615
• eine Untersuchungsmethode sicher einzusetzen	0,586	0,494

Fortsetzung Tabelle 25

	Korrigierte Item-Skala-Korrelation (r_{ig-i})	Korrigierte Item-Skala-Korrelation (r_{ig-i})
<i>Kompetenzkonstrukte der Erkenntnisgewinnung</i>	<i>Facette: „Kompetenzorientiert Unterrichten“</i>	<i>Facette: „Kompetenzbezogene Ziele erreichen“</i>
Standards der Erkenntnisgewinnung (Teilkompetenzen naturwissenschaftliche Untersuchung)		
Schwerpunkt des naturwissenschaftlichen Arbeitens ist es...		
• eine Fragestellung zu erarbeiten	0,439	0,511
• naturwissenschaftliche Fragen formulieren zu können	0,481	0,584
• naturwissenschaftliche Hypothesen formulieren zu können	0,575	0,582
• eine Hypothese aufzustellen und diese zu begründen	0,557	0,627
• die Fähigkeiten des Planens und Durchführens von Untersuchungen zu entwickeln	0,665	0,654
• Untersuchungen planen und durchführen zu können	0,662	0,630
• Daten interpretieren zu können	0,505	0,519
• zu lernen, mit Messfehlern umzugehen	0,562	0,617
Dimension „Arbeitstechniken“		
Schwerpunkt des naturwissenschaftlichen Arbeitens ist es...		
• sauberes und sicheres Arbeiten zu lernen	0,475	0,533
• das Protokollieren zu lernen und zu üben	0,529	0,511
• betrachten, beobachten und experimentieren zu können	0,588	0,567
• aufmerksames Beobachten zu lernen	0,593	0,500
„Fachdidaktisches Wissen“		
Schwerpunkt des naturwissenschaftlichen Arbeitens ist es...		
• fachdidaktische Konzepte für motivierendes Lernen zu nutzen	0,252	0,451
• die Untersuchung mit dem theoretischen Unterricht in Beziehung zu setzen	0,554	0,643
• Ergebnisse vorzustellen und in der Lerngruppe zu diskutieren	0,420	0,548

Des Weiteren ist zu bedenken, dass die Berechnung des Koeffizienten von der Anzahl der Items stark beeinflusst wird (Krapp, Hofer & Prell 1982) und hier nur drei Items die Skala „Fachdidaktisches Wissen“ repräsentieren.

Die interne Konsistenz der acht Items zu den Standards der Erkenntnisgewinnung in den Teilkompetenzen einer naturwissenschaftlichen Untersuchung (zweites Instrument des Erhebungsbogens) ist mit $\alpha = ,55$ deutlich schwächer (siehe Tabelle 26). Drei Items (Kressesamen, Schiefe Ebene und Nelken) weisen mit $r_{ig-i} < ,3$ nur eine geringe Trennschärfe auf. Zudem zeigte das Item „Kressesamen“ eine deutlich höhere Item-Schwierigkeit.

Eine erneute Berechnung unter Ausschluss dieser drei Items wies mit Cronbachs $\alpha = ,583$ auf eine leichte Verbesserung der internen Konsistenz der Skala hin, so dass im Folgenden die verbleibenden fünf Items in die weitere Auswertung einbezogen wurden. Allerdings geht damit ein erkennbarer Verlust an inhaltlicher Varianz einher.

Tabelle 26: Trennschärfekoeffizienten der Aufgabenformate in den Standards der Erkenntnisgewinnung

Standards der Erkenntnisgewinnung	Testaufgabe im Erhebungsbogen	korrigierte Item-Skala Korrelation (r_{ig-i})
Fragestellung	Schiefe Ebene	0,167
	Nelken	0,149
Hypothese	Kressesamen	0,105
	Kapuzinerkresse	0,330
Planung	Daunen	0,261
	Flamingos	0,396
Daten analysieren und Schlussfolgerungen ziehen	Sonnenblumen	0,365
	Borkenkäfer	0,365

In einer Hauptkomponentenanalyse wurde geprüft, inwieweit die eingesetzten Testaufgaben die Standards der Erkenntnisgewinnung abzubilden vermögen. Insofern ist es von Interesse zu prüfen, ob die auf die Standards der Erkenntnisgewinnung ausgerichteten Testaufgaben auf einen gemeinsamen Faktor, das Wissenschaftliche Denken (Grube, Möller & Mayer 2007), zurückgeführt werden können.

Die zur Analyse der Aufgaben im zweiten Instrument des Erhebungsbogens eingesetzte explorative Faktorenanalyse (Tabelle 27) weist drei Faktoren aus, die zusammen 53,15 % der Varianz aufklären.

Tabelle 27: Faktorenanalyse der Items zu den Fertigkeiten und Kenntnissen der Lehrkräfte in den Standards der Erkenntnisgewinnung

Standards der Erkenntnisgewinnung	Testaufgaben	Komponente		
		1	2	3
Fragestellung	Schiefe Ebene	,292	,700	,196
	Nelken	,304	,048	,807
Hypothese	Kressesamen	,225	,691	-,416
	Kohlernte	,562	,158	,251
Planung	Stockenten	,499	-,049	-,262
	Flamingos	,676	-,138	-,152
Daten analysieren und Schlussfolgerungen ziehen	Sonnenblumen	,616	-,370	-,013
	Borkenkäfer	,622	-,189	-,175

Die grau unterlegten Zahlen werden im Text näher erläutert

Alle acht Testaufgaben zu den Standards der Erkenntnisgewinnung laden auf den ersten Faktor, allerdings mit unterschiedlicher Stärke. Fünf Items zeigen auf der ersten Komponente deutliche Faktorladungen: „Kohlernte“ (,562), „Stockenten“ (,499), „Flamingos“ (,676), „Sonnenblumen“ (,616) und „Borkenkäfer“ (,622).

Die übrigen drei Items laden auf zwei weiteren Faktoren. Das Item „Kressesamen“ (,691, Teilkompetenz Hypothese) und das Item „Schiefe Ebene“ (,700, Teilkompetenz Fragestellung) laden jedoch auch stärker auf den zweiten, das Item „Nelke“ (,807, Teilkompetenz Fragestellung) auf einen dritten Faktor.

Insofern können die in den Items repräsentierten Teilkompetenzen der Standards einer naturwissenschaftlichen Untersuchung von Lehrkräften im Rahmen dieser Befunde nicht durchgehend auf einen gemeinsamen Faktor, das Wissenschaftliche Denken (Grube, Möller & Mayer 2007), zurückgeführt werden.

Allerdings weisen die korrigierten Item-Skala-Korrelationen der Items „Schiefe Ebene“ ($r_{ig-i} = ,167$), „Nelken“ ($r_{ig-i} = ,149$) und „Kressesamen“ ($r_{ig-i} = ,105$) darauf hin, dass es möglicherweise durch die hier eingesetzten Formate dieser Testaufgaben nicht im gleichen Maß gelingt, die Standards der Erkenntnisgewinnung in den Teil-

kompetenzen einer naturwissenschaftlichen Untersuchung bei den Lehrkräften zu erfassen.

In Tabelle 28 sind die Werte einer weiteren Faktorenanalyse ohne diejenigen Items angegeben, die eine geringere Item-Skala-Korrelation aufwiesen. Für die verbleibenden fünf Items Kohlernte (,651), Stockenten (,511), Flamingos (,710), Sonnenblumen (,651) und Borkenkäfer (,648) wurde eine Komponente extrahiert, die 38,38 % der Varianz aufklärt.

Tabelle 28: Faktorenanalyse der reliablen Items zu den Fertigkeiten und Kenntnissen der Lehrkräfte in den Standards der Erkenntnisgewinnung

Standards der Erkenntnisgewinnung	Testaufgaben	Komponente 1
Fragestellung	-	-
Hypothese	Kohlernte	,651
Planung	Stockenten	,511
	Flamingos	,710
Daten analysieren und Schlussfolgerungen ziehen	Sonnenblumen	,651
	Borkenkäfer	,648

reliable Items = Items mit einer Trennschärfe (r_{ig-i}) < ,3

Die in Tabelle 28 ausgewiesenen Items laden auf einen gemeinsamen Faktor, allerdings mit einem geringeren Anteil aufgeklärter Varianz. Zudem ist die Teilkompetenz „Fragestellung“ in der Komponente nicht vertreten. Insofern beschreibt die Faktorenanalyse der reliablen Items die Teilkompetenzen der Standards einer naturwissenschaftlichen Untersuchung nicht durchgängig.

Untersuchungen zu den Kenntnissen und Fertigkeiten von Schülerinnen und Schülern in den Teilkompetenzen einer naturwissenschaftlichen Untersuchung haben indes gezeigt, dass die Teilkompetenzen (Fragestellung, Hypothese, Planung und Deutung) als Prozessvariable zum Wissenschaftlichen Denken auf eine einfaktorielles Lösung zurückgeführt werden können (Grube, Möller & Mayer 2007).

Allerdings wurden in der Untersuchung von Grube, Möller und Mayer (2007) sechs Items pro Teilkompetenz eingesetzt in einer deutlich größeren Stichprobe (N = 1700). In der hier vorgestellten Untersuchung konnten nur zwei Items für jeweils eine Teilkompetenz genutzt werden, da der Umfang des Erhebungsinstruments durch die

Rahmenbedingungen im Projekt „Kompetenzorientiert unterrichten in Mathematik und Naturwissenschaften“ begrenzt war (vgl. Kapitel 4.2). Zudem stand die Bestätigung des Strukturmodells zum Wissenschaftlichen Denken (Mayer, Grube & Möller 2008) nicht im Mittelpunkt dieser Untersuchung.

Zwar sind die hier eingesetzten Aufgaben in vorausgegangenen Untersuchungen bereits validiert worden. Dennoch wäre im Hinblick auf die Weiterentwicklung der Items zu prüfen, inwieweit verschiedene Formate in den einzelnen Aufgaben und Unterschiede fachwissenschaftlicher Kontexte einen Einfluss auf die Item-Schwierigkeit haben und somit nicht zuletzt das Antwortverhalten der Lehrkräfte beeinflusst haben. Ob und gegebenenfalls in welchem Umfang Einstellungen und Erwartungen der Lehrkräfte einen Einfluss auf die Bearbeitung der Fragen im ersten Abschnitt des Erhebungsbogen und die Formulierung von Lösungen zu den Testaufgaben im zweiten Abschnitt des Erhebungsbogens haben, beschreibt eine weitergehende Perspektive fachdidaktischer Forschung, der im Rahmen dieser Untersuchung nicht nachgegangen werden konnte.

Die in dieser Untersuchung bei Lehrkräften eingesetzten acht Items weisen auf ein primär eindimensionales Modell hin, welches an einzelnen Stellen eine inhaltliche und theoretisch sinnvolle Differenzierung im Hinblick auf ein vierdimensionales Modell vornimmt, ohne dass jedoch die statistischen Gütekriterien durchgängig erfüllt sind (Mayer, Grube & Möller 2008).

5.2 Einfluss des Fachwissens auf die Planung und Gestaltung der Lernsituation

Die im Rahmenkonzept wissenschaftsmethodischer Kompetenzen (Mayer 2007) beschriebenen Kompetenzkonstrukte und Standards der Erkenntnisgewinnung differenzieren den Kompetenzbereich Erkenntnisgewinnung als wesentlichen Bestandteil fachmethodischen Wissens von Lehrkräften aus (vgl. Kapitel 2.3).

Die erste Forschungsfrage thematisiert, in welcher Weise die Kompetenzkonstrukte und Standards der Erkenntnisgewinnung bei der Planung fachbezogener Lernprozesse von den Lehrkräften berücksichtigt werden (vgl. Kapitel 4.1).

In der Tabelle 29 sind die Mittelwerte, Standardabweichung und Angaben zur Signifikanz zusammengestellt, die ausweisen, inwieweit die Lehrkräfte die Kompetenzkonstrukte der Erkenntnisgewinnung bei der Planung fachbezogener Lern- und Lehrprozesse berücksichtigen.

Tabelle 29: Kompetenzkonstrukte der Erkenntnisgewinnung in der Facette „Kompetenzorientiert Unterrichten“

Facette: „Kompetenzorientiert Unterrichten“	n	M	SD	p	Sign.
KU - Kompetenzkonstrukte der Erkenntnisgewinnung	24	4,23	,59		
KU - Dimension „Wissenschaftsverständnis“	4	4,10	,73	,000	***
KU – Dimension „Wissenschaftliches Denken“	13	4,10	,64	,000	***
KU - Dimension „Arbeitstechniken“	4	4,73	,78	,000	***
KU „Fachdidaktisches Wissen“	3	4,41	,66	,000	***

KU = „Kompetenzorientiert Unterrichten“, n = Anzahl der Items, M = Mittelwert, SD = Standardabweichung, p = Irrtumswahrscheinlichkeit, Sign. = Signifikanzniveau: * = $p \leq ,05$; ** = $p \leq ,01$; *** = $p \leq ,001$

Der Mittelwert von 4,23 in der Facette „Kompetenzorientiert Unterrichten“ zeigt an, dass die Kompetenzkonstrukte und Standards der Erkenntnisgewinnung von den Lehrkräften „oft“ bei der Anlage fachbezogener Lernprozesse berücksichtigt werden. Auch in den Dimensionen „Wissenschaftsverständnis“ ($M = 4,10$) und „Wissenschaftliches Denken“ ($M = 4,10$) werden ähnliche Mittelwerte erreicht, die durch die Items

erfassten Einschätzungen werden „oft“ berücksichtigt. In der Dimension „Arbeitstechniken“ weist der Mittelwert von 4,73 darauf hin, dass diese Dimension bei der Planung von Lernsituationen „sehr oft“ im naturwissenschaftlichen Fachunterricht berücksichtigt wird. Dabei berücksichtigen die Lehrkräfte „oft“ „Fachdidaktisches Wissen“ ($M = 4,41$).

Die ausgewiesenen Unterschiede in den Dimensionen der Facette „Kompetenzorientiert Unterrichten“ sind hoch signifikant ($F(4, 241) = 95,15; p \leq ,001$). Das partielle Eta Quadrat von $\eta^2 p = ,28$ weist auf einen starken Effekt hin. Die Dimensionen in der Facette „Kompetenzorientiert Unterrichten“ beschreiben unterschiedliche Konstrukte der Erkenntnisgewinnung.

Des Weiteren wurde der Frage nachgegangen, ob die Fächerkombination eine relevante Prädiktorvariable für die Planung von Lern- und Lehrsituationen darstellt, in denen die Kompetenzkonstrukte und Standards der Erkenntnisgewinnung von den Lehrkräften berücksichtigt werden.

In der Tabelle 30 sind die Mittelwerte und Standardabweichung von Lehrkräften mit einem und zwei naturwissenschaftlichen Fächern in der Facette „Kompetenzorientiert Unterrichten“ und ihrer Dimensionen (siehe Abbildung 3, Seite 78) dargestellt. Angaben zur Signifikanz ergänzen die Darstellung in der abschließenden Spalte.

Tabelle 30: Vergleich der Lehrkräfte mit einem und zwei naturwissenschaftlichen Fächern in der Facette „Kompetenzorientiert Unterrichten“

Facette: „Kompetenzorientiert Unterrichten“	M	SD	p	Sign.
KU - Kompetenzkonstrukte der Erkenntnisgewinnung, ein nat. Fach	4,18	,59	,006	**
KU - Kompetenzkonstrukte der Erkenntnisgewinnung, zwei nat. Fächer	4,46	,61		
KU - Dimension „Wissenschaftsverständnis“, ein nat. Fach	4,03	,75	,005	**
KU - Dimension „Wissenschaftsverständnis“, zwei nat. Fächer	4,35	,62		
KU - Dimension „Wissenschaftliches Denken“, ein nat. Fach	4,06	,65	,037	*
KU - Dimension „Wissenschaftliches Denken“, zwei nat. Fächer	4,28	,65		
KU - Dimension „Arbeitstechniken“, ein nat. Fach	4,62	,77	,000	***
KU - Dimension „Arbeitstechniken“, zwei nat. Fächer	5,07	,77		
KU „Fachdidaktisches Wissen“, ein nat. Fach	4,35	,71	,314	n. s.
KU „Fachdidaktisches Wissen“, zwei nat. Fächer	4,46	,76		

KU = „Kompetenzorientiert Unterrichten“, ein nat. Fach = ein naturwissenschaftliches Fach, zwei nat. Fächer = zwei naturwissenschaftliche Fächer, *M* = Mittelwert, *SD* = Standardabweichung, *p* = Irrtumswahrscheinlichkeit (zweiseitig), Sign. = Signifikanz: * = $p \leq ,05$; ** = $p \leq ,01$; *** = $p \leq ,001$; n. s. = nicht signifikant

Für die in Tabelle 30 ausgewiesenen Unterschiede zwischen den Mittelwerten wurden Effektstärken berechnet, die in Tabelle 31 zusammengestellt sind. Hier sind zunächst der Mittelwert und die Standardabweichung angegeben, denen die Freiheitsgrade, die Prüfgröße *t* für einen zweiseitigen Test und die Effektstärke folgt.

Tabelle 31: Effektstärken in der Facette „Kompetenzorientiert Unterrichten“ zum Vergleich der Lehrkräfte mit einem und zwei naturwissenschaftlichen Fächern

Facette: „Kompetenzorientiert Unterrichten“	M	SD	df	t	d
KU - Kompetenzkonstrukte der Erkenntnisgewinnung, ein nat. Fach	4,18	,59	204	2,79	0,47
KU - Kompetenzkonstrukte der Erkenntnisgewinnung, zwei nat. Fächer	4,46	,61			
KU - Dimension „Wissenschaftsverständnis“, ein nat. Fach	4,03	,75	228	2,84	0,47
KU - Dimension „Wissenschaftsverständnis“, zwei nat. Fächer	4,35	,62			
KU - Dimension „Wissenschaftliches Denken“, ein nat. Fach	4,06	,65	215	2,10	0,34
KU - Dimension „Wissenschaftliches Denken“, zwei nat. Fächer	4,28	,65			
KU - Dimension „Arbeitstechniken“, ein nat. Fach	4,62	,77	233	3,84	0,60
KU - Dimension „Arbeitstechniken“, zwei nat. Fächer	5,07	,77			
KU „Fachdidaktisches Wissen“, ein nat. Fach	4,35	,71	226	-1,01	0,16
KU „Fachdidaktisches Wissen“, zwei nat. Fächer	4,46	,76			

KU = „Kompetenzorientiert Unterrichten“, ein nat. Fach = ein naturwissenschaftliches Fach, zwei nat. Fächer = zwei naturwissenschaftliche Fächer, *M* = Mittelwert, *SD* = Standardabweichung, *df* = Anzahl der Freiheitsgrade, *t* = Prüfgröße *t*, *d* = Effektstärke

Wie der Vergleich der Lehrkräfte mit einem und zwei naturwissenschaftlichen Fächern in der Tabelle 31 ausweist, erreichen Lehrkräfte mit zwei naturwissenschaftlichen Fächern durchgehend höhere Mittelwerte in der Facette „Kompetenzorientiert Unterrichten“ und ihrer Dimensionen. Die Unterschiede zwischen den Mittelwerten in dieser Facette zeigen in Tabelle 31 eine kleine Effektstärke ($d = ,47$) und deuten einen mittleren Effekt an. Die Kompetenzkonstrukte der Erkenntnisgewinnung werden von den Lehrkräften mit zwei naturwissenschaftlichen Fächern häufiger berücksichtigt. Der Unterschied ist hoch signifikant ($p = ,006$; vgl. Tabelle 30).

Auch ein Vergleich der Mittelwerte in den Dimensionen „Wissenschaftsverständnis“, „Wissenschaftliches Denken“ und „Arbeitstechniken“, die auf die Kompetenzkonstrukte der Erkenntnisgewinnung zurückgeführt werden können, stützt in ähnlicher Weise den in der Facette „Kompetenzorientiert Unterrichten“ dargestellten Unterschied. Die Effektstärken weisen auf mittlere bis starke Unterschiede zwischen den Mittelwerten

hin. Die Unterschiede zwischen den Mittelwerten weisen hier in den Dimensionen „Wissenschaftsverständnis“ und „Arbeitstechniken“ einen mittleren Effekt, in der Dimension „Wissenschaftliches Denken“ einen kleinen Effekt aus.

Die Unterschiede zwischen den Mittelwerten sind in der Dimension „Wissenschaftsverständnis“ hoch signifikant ($p = ,005$), in der Dimension „Wissenschaftliches Denken“ signifikant ($p = ,037$) und in der Dimension „Arbeitstechniken“ höchst signifikant ($p \leq ,001$).

Lehrkräfte mit zwei naturwissenschaftlichen Fächern berücksichtigen die Kompetenzkonstrukte und Standards der Erkenntnisgewinnung häufiger bei der Planung von Lernsituationen im naturwissenschaftlichen Unterricht als Lehrkräfte, die ihr Staatsexamen in einem naturwissenschaftlichen Fach abgelegt haben. Die Erstgenannten greifen häufiger auf ihr fachmethodisches Wissen beim „Kompetenzorientierten Unterrichten“ zurück als die Zweitgenannten.

In der Facette „Kompetenzbezogene Ziele erreichen“ ist allerdings kein signifikanter Unterschied zwischen den Lehrkräften mit einem naturwissenschaftlichen Fach im Vergleich zu Lehrkräften mit zwei naturwissenschaftlichen Fächern festzustellen (siehe auch Kapitel 5.2). Die Kompetenzkonstrukte der Erkenntnisgewinnung werden unabhängig von der Anzahl der naturwissenschaftlichen Fächer gleichermaßen im naturwissenschaftlichen Unterricht wirksam.

Auch für die personenbezogene Variable Lehramt konnte kein statistisch bedeutsamer Befund in Bezug auf die Facette „Kompetenzorientiert Unterrichten“ festgestellt werden. Den Lehrkräften gelingt es, unabhängig vom Lehramt die Kompetenzkonstrukte und Standards der Erkenntnisgewinnung beim „kompetenzorientierten Unterrichten“ zu berücksichtigen.

5.3 Einschätzung und Selbstauskunft der Lehrkräfte zu den Erwartungen fach- und unterrichtsbezogenen Handelns an die Lernprogression der Schülerinnen und Schüler im naturwissenschaftlichen Unterricht

Der Bezug zu der Lernprogression der Schülerinnen und Schüler wird in der zweiten Forschungsfrage hergestellt, in der die Erwartungen der Lehrkräfte an die Wirksamkeit der Lernumgebung zur Förderung wissenschaftsmethodischer Kompetenzen der Schülerinnen und Schüler im naturwissenschaftlichen Unterricht näher betrachtet werden (vgl. Kapitel 4.1 Forschungsfragen).

In Tabelle 32 sind die Einschätzungen der Lehrkräfte zusammengetragen, die darüber Auskunft geben, inwieweit die kompetenzbezogenen Ziele im naturwissenschaftlichen Unterricht erreicht wurden. Hier sind des Weiteren Mittelwerte, Standardabweichung und Angaben zur Signifikanz für diese Facette und die Dimensionen „Wissenschaftsverständnis“, „Wissenschaftliches Denken“, „Arbeitstechniken“ und zum „Fachdidaktisches Wissen“ angegeben.

Tabelle 32: Kompetenzkonstrukte der Erkenntnisgewinnung in der Facette „Kompetenzbezogene Ziele erreichen“

Facette: „Kompetenzbezogene Ziele erreichen“	n	M	SD	p	Sign.
KZe - Kompetenzkonstrukte der Erkenntnisgewinnung	24	3,70	,57		
KZe - Dimension „Wissenschaftsverständnis“	4	3,59	,69	,000	***
KZe - Dimension „Wissenschaftliches Denken“	13	3,59	,62	,000	***
KZe - Dimension „Arbeitstechniken“	4	4,04	,68	,000	***
KZe „Fachdidaktisches Wissen“	3	3,93	,70	,000	***

KZe = „Kompetenzbezogene Ziele erreichen“, n = Anzahl der Items, M = Mittelwert, SD = Standardabweichung, p = Irrtumswahrscheinlichkeit, Sign. = Signifikanzniveau: * = $p \leq ,05$; ** = $p \leq ,01$; *** = $p \leq ,001$

Der Mittelwert von 3,70 in der Facette „Kompetenzbezogene Ziele erreichen“ weist darauf hin, dass die Kompetenzkonstrukte und Standards der Erkenntnisgewinnung nach Einschätzung der Lehrkräfte im naturwissenschaftlichen Unterricht „oft“ erreicht werden. Auch in den Dimensionen „Wissenschaftsverständnis“ ($M = 3,59$), „Wissen-

schaftliches Denken“ ($M = 3,59$) und „Arbeitstechniken“ ($M = 4,04$) werden vergleichbare Mittelwerte erreicht. Fachdidaktische Kenntnisse ($M = 3,93$) schaffen aus der Sicht der Lehrkräfte eine wesentliche Grundlage, so dass „oft“ die Lehr- und Lernprozesse von den Schülerinnen und Schülern motiviert aufgenommen werden, in denen Theorie- und Praxisanteile vernetzt und Ergebnisse diskursiv betrachtet werden können. Die Lehrkräfte schätzen den Erwerb von Kompetenzen in der Dimension „Arbeitstechniken“ am höchsten ein.

Die ausgewiesenen Unterschiede in den Dimensionen der Facette „Kompetenzbezogene Ziele erreichen“ sind hoch signifikant ($F(4, 224) = 67,9, p \leq ,001$). Das partielle Eta Quadrat von $\eta^2 p = ,230$ weist auf einen starken Effekt hin. Auch die Dimensionen „Wissenschaftsverständnis“, „Wissenschaftliches Denken“ und „Arbeitstechniken“ beschreiben in der Facette „Kompetenzbezogene Ziele erreichen“ unterschiedliche Konstrukte der Erkenntnisgewinnung (vgl. Kapitel 5.1).

Ergebnisse der statistischen Bearbeitung zum Stellenwert der Kompetenzkonstrukte der Erkenntnisgewinnung zur Planung fachbezogenen Lehrens und Lernens („Kompetenzorientiert Unterrichten“) sowie die Einschätzung zur Lernprogression der Schülerinnen und Schüler („Kompetenzbezogene Ziele erreichen“) sind in der Tabelle A 1 (im Anhang A) zusammengestellt. Hier sind zunächst die Mittelwerte und Standardabweichungen angegeben. Die Unterschiede zwischen den Mittelwerten beider Facetten („Kompetenzorientiert Unterrichten“ und „Kompetenzbezogene Ziele erreichen“) und ihrer Dimensionen wurden auf Signifikanz geprüft. Die Ergebnisse finden sich in der letzten Spalte der Tabelle.

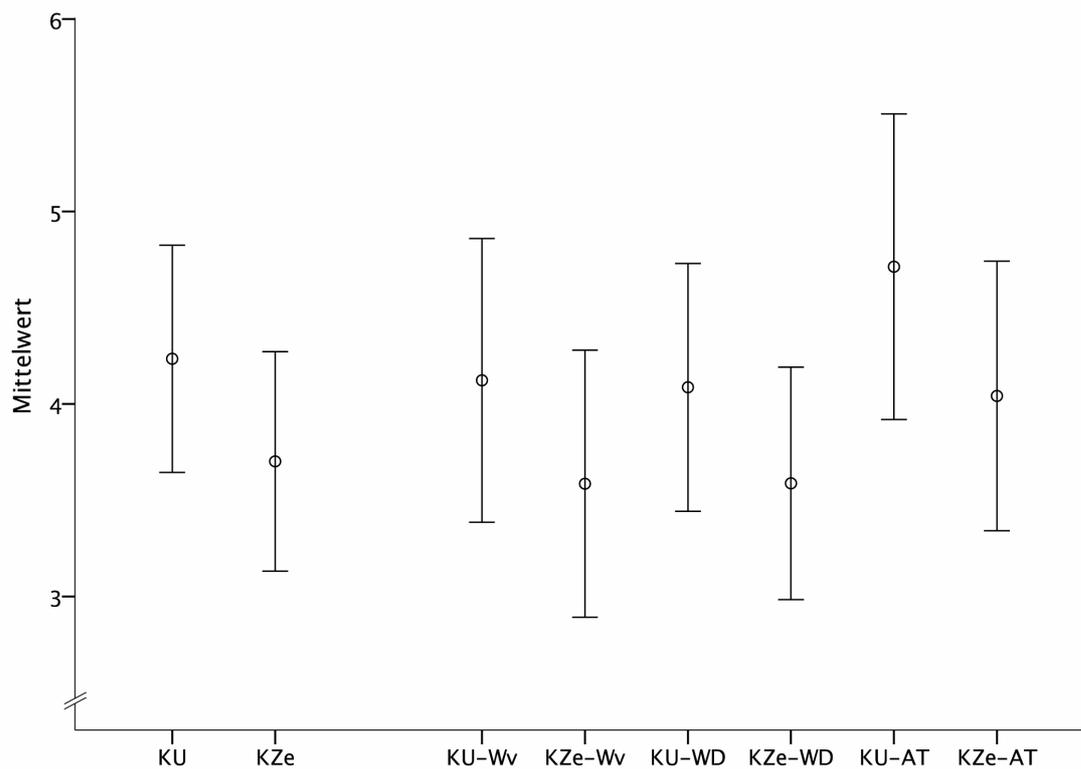


Abbildung 4: Kompetenzkonstrukte der Erkenntnisgewinnung in der Facetten und Dimensionen „Kompetenzorientiert Unterrichten“ und „Kompetenzbezogene Ziele erreichen“. KU = Facette Kompetenzorientiert Unterrichten, KU-Wv = Facette Kompetenzorientiert Unterrichten – Dimension Wissenschaftsverständnis, KU-WD = Facette Kompetenzorientiert Unterrichten – Dimension Wissenschaftliches Denken, KU-AT = Facette Kompetenzorientiert Unterrichten – Dimension Arbeitstechniken, KZe = Facette Kompetenzbezogene Ziele erreichen, KZe-Wv = Facette Kompetenzbezogene Ziele erreichen – Dimension Wissenschaftsverständnis, KZe-WD = Facette Kompetenzbezogene Ziele erreichen – Dimension Wissenschaftliches Denken, KZe-AT = Facette Kompetenzbezogene Ziele erreichen – Dimension Arbeitstechniken. Die Fehlerbalken bilden die Standardabweichung ab. Die Mittelwerte unterscheiden sich durchgängig auf höchstem Signifikanzniveau ($p \leq ,001$).

Für die in Abbildung 4 sowie in Tabelle A 1 (im Anhang A) ausgewiesenen Unterschiede zwischen den Mittelwerten wurden Effektstärken berechnet, die in Tabelle 33 zusammengetragen sind. Hier sind zunächst der Mittelwert und die Standardabweichung beider Facetten („Kompetenzorientiert Unterrichten“ und „Kompetenzbezogene Ziele erreichen“) und ihrer Dimensionen angegeben, denen jeweils die Freiheitsgrade, die Prüfgröße t und die Effektstärke folgt.

Tabelle 33: Effektstärken der Facetten und Dimensionen „Kompetenzorientiert Unterrichten“ und „Kompetenzbezogene Ziele erreichen“

Kompetenzkonstrukte der Erkenntnisgewinnung	M	SD	df	t	d
Facette: „Kompetenzorientiert Unterrichten“	4,23	,59	221	15,69	1,05
Facette: „Kompetenzbezogene Ziele erreichen“	3,70	,57			
KU - Dimension „Wissenschaftsverständnis“	4,10	,73	262	13,57	0,84
KZe - Dimension „Wissenschaftsverständnis“	3,59	,69			
KU - Dimension „Wissenschaftliches Denken“	4,10	,64	244	14,97	0,96
KZe - Dimension „Wissenschaftliches Denken“	3,59	,62			
KU - Dimension „Arbeitstechniken“	4,73	,78	273	18,31	1,11
KZe - Dimension „Arbeitstechniken“	4,04	,68			
KU „Fachdidaktisches Wissen“	4,41	,66	251	13,21	0,83
KZe „Fachdidaktisches Wissen“	3,93	,70			

KU = „Kompetenzorientiert Unterrichten“, KZe = „Kompetenzbezogene Ziele erreichen“, M = Mittelwert, SD = Standardabweichung, df = Anzahl der Freiheitsgrade, t = Prüfgröße t, d = Effektstärke

Eine erste Betrachtung der Effektstärken weist auf einen durchgängig großen Effekt ($d = ,83 - 1,05$) bezüglich der Unterschiede zwischen den Mittelwerten beider Facetten der Kompetenzkonstrukte der Erkenntnisgewinnung und bezüglich der Dimensionen „Wissenschaftsverständnis“, „Wissenschaftliches Denken“ und „Arbeitstechniken“ hin. Die Mittelwerte unterscheiden sich durchgängig auf höchstem Signifikanzniveau ($p \leq ,001$). Dies deutet darauf hin, dass die Facetten „Kompetenzorientiert Unterrichten“ und „Kompetenzbezogene Ziele erreichen“ zwei unterschiedliche Kompetenzkonstrukte zum fachmethodischen Wissen von Lehrkräften in den Naturwissenschaften erfassen.

Die vergleichende Betrachtung der Mittelwerte in den Facetten „Kompetenzorientiert Unterrichten“ und „Kompetenzbezogene Ziele erreichen“ und Dimensionen zeigt darüber hinaus, dass in der Facette „Kompetenzorientiert Unterrichten“ und den enthaltenen Dimensionen durchgängig höhere Mittelwerte erreicht werden, als dies in der Facette „Kompetenzbezogene Ziele erreichen“ der Fall ist. Die Mittelwerte dieser Fa-

cette sind etwa einen halben Skalenpunkt kleiner als die Mittelwerte der Facette „Kompetenzorientiert Unterrichten“. Die Lehrkräfte schätzen somit die in der Planung intendierte Lernprogression der Schülerinnen und Schüler im Kompetenzbereich Erkenntnisgewinnung etwas schwächer ein, gehen aber davon aus, dass Kenntnisse und Fertigkeiten im kompetenzorientierten Unterricht „oft“ von den Schülerinnen und Schülern erarbeitet und erreicht werden (vgl. Tabelle 12, Seite 86).

In der Dimension „Arbeitstechniken“ zeigt sich, dass diese bei der Planung im naturwissenschaftlichen Fachunterricht „sehr oft“ berücksichtigt werden ($M = 4,73$) und Kenntnisse und Fertigkeiten in diesem Kompetenzkonstrukt „oft“ erreicht werden ($M = 4,04$). Die Effektstärke ($d = 1,11$) weist auf einen großen Effekt in den Mittelwertunterschieden in dieser Dimension hin, der höchst signifikant ($p \leq ,001$) ist.

Im Folgenden werden die Facetten „Kompetenzorientiert Unterrichten“ und „Kompetenzbezogene Ziele erreichen“ sowie die diesen Facetten zugeordneten Dimensionen „Wissenschaftsverständnis“, „Wissenschaftliches Denken“ und „Arbeitstechniken“ in Beziehung gesetzt. Zudem wird in einer weiteren Skala das „Fachdidaktische Wissen“ berücksichtigt.

Die in Tabelle 34 ausgewiesenen Produkt-Moment-Korrelationskoeffizienten ($r_{(xy)}$) beschreiben den Zusammenhang zwischen den Facetten („Kompetenzorientiert Unterrichten“ und „Kompetenzbezogene Ziele erreichen“) und ihrer Dimensionen. In den einzelnen Zellen der Tabelle ist neben dem Produkt-Moment-Korrelationskoeffizienten ($r_{(xy)}$) auch das Niveau angegeben, auf dem sich der betreffende Zusammenhang gegen den Zufall absichern lässt.

Tabelle 34: Korrelation ($r_{(xy)}$) zwischen der Facette „Kompetenzorientiert Unterrichten“ und der Facette „Kompetenzbezogene Ziele erreichen“

		KU	KZe	KZe			
		Kompetenzkonstrukte der Erkenntnisgewinnung	Kompetenzkonstrukte der Erkenntnisgewinnung	Dimension „Wissenschaftsverständnis“	Dimension „Wissenschaftliches Denken“	Dimension „Arbeitstechnik“	Dimension „Fachdidaktisches Wissen“
KU	Kompetenzkonstrukte der Erkenntnisgewinnung	-	,620 ***	,515 ***	,613 ***	,546 ***	,452 ***
KZe	Kompetenzkonstrukte der Erkenntnisgewinnung	,620 ***	-	,842 ***	,966 ***	,754 ***	,789 ***
	Dimension „Wissenschaftsverständnis“	,802 ***	,514 ***	,632 ***	,461 ***	,365 ***	,319 ***
	Dimension „Wissenschaftliches Denken“	,958 ***	,618 ***	,494 ***	,648 ***	,434 ***	,402 ***
	Dimension „Arbeitstechnik“	,754 ***	,380 ***	,246 ***	,345 ***	,650 ***	,257 ***
	Dimension „Fachdidaktisches Wissen“	,701 ***	,455 ***	,349 ***	,411 ***	,437 ***	,648 ***

KU = „Kompetenzorientiert Unterrichten“, KZe = „Kompetenzbezogene Ziele erreichen“; der erste Wert der Zelle ist der Korrelationskoeffizient $r_{(xy)}$, der zweite gibt das Signifikanzniveau an: * = $p \leq ,05$; ** = $p \leq ,01$; *** = $p \leq ,001$

Werden die Facetten „Kompetenzorientiert Unterrichten“ und „Kompetenzbezogene Ziele erreichen“ in Beziehung gesetzt, so kann festgestellt werden, dass beide Facetten hoch miteinander korrelieren ($r_{(xy)} = ,620$). Die Korrelation kann mit 99,9 prozentiger Sicherheit gegen den Zufall abgesichert werden ($p \leq ,001$). Es besteht somit ein belastbarer Zusammenhang zwischen der Planung von Lernprozessen und dem Erwerb von Kenntnissen und Fertigkeiten im Kompetenzbereich Erkenntnisgewinnung, der hoch signifikant ist.

Dieser Befund wird auch durch hohe Korrelationen zwischen den Dimensionen „Wissenschaftsverständnis“ ($r_{(xy)} = ,632$), „Wissenschaftliches Denken“ und Standards der Erkenntnisgewinnung ($r_{(xy)} = ,648$), und den „Arbeitstechniken“ ($r_{(xy)} = ,650$) der Facetten „Kompetenzorientiert Unterrichten“ und „Kompetenzbezogene Ziele erreichen“ sowie der Skalen zum „Fachdidaktischen Wissen“ ($r_{(xy)} = ,648$) gestützt. Die Kompe-

tenzkonstrukte und Standards der Erkenntnisgewinnung werden von den Lehrkräften als wesentliche Größen des Fachdidaktischen Wissens wahrgenommen.

Zudem besteht in allen Dimensionen beider Facetten (Kompetenzorientiert Unterrichten und Kompetenzbezogene Ziele erreichen) ein mittlerer bis starker Zusammenhang zwischen den in der Planung berücksichtigten Kompetenzkonstrukten der Erkenntnisgewinnung und der Einschätzung zur Lernprogression im kompetenzorientierten naturwissenschaftlichen Unterricht, der höchst signifikant ist ($p \leq ,001$). Kenntnisse und Fertigkeiten im Kompetenzbereich Erkenntnisgewinnung werden von den Lehrkräften „oft“ bis „sehr oft“ in der Planung von Lehr- und Lernprozessen berücksichtigt. Die Schülerinnen und Schüler erwerben die intendierten Kompetenzen „oft“ im naturwissenschaftlichen Fachunterricht, wobei die Lernprogression von den Lehrkräften etwa einen halben Skalenpunkt niedriger eingestuft wird (s. o.). Dies deutet darauf hin, dass die Präsenz der Kenntnisse und Fertigkeiten in den Kompetenzkonstrukten und Standards der Erkenntnisgewinnung im naturwissenschaftlichen Unterricht weitergehend gestützt werden kann (siehe Kapitel 1).

In Tabelle 35 und Tabelle 36 wird im Einzelnen der Zusammenhang zwischen den Dimensionen „Wissenschaftsverständnis“, „Wissenschaftliches Denken“, „Arbeitstechniken“ und der Skala zum „Fachdidaktischen Wissen“ (erste Spalte) mit den Facetten „Kompetenzorientiert Unterrichten“ (zweite Spalte) und „Kompetenzbezogene Ziele erreichen“ (dritte Spalte) hergestellt.

Neben den hier berechneten Produkt-Moment-Korrelationskoeffizienten ($r_{(xy)}$) ist auch das Niveau angegeben, auf dem sich der beschriebene Zusammenhang gegen den Zufall absichern lässt.

Tabelle 35: Korrelation ($r_{(xy)}$) zwischen der Dimension „Kompetenzorientiert Unterrichten“ und den Facetten „Kompetenzorientiert Unterrichten“ sowie „Kompetenzbezogene Ziele erreichen“

Dimensionen	Facette: „Kompetenzorientiert Unterrichten“	Facette: „Kompetenzbezogene Ziele erreichen“
KU - Dimension „Wissenschaftsverständnis“	,802 ***	,514 ***
KU - Dimension „Wissenschaftliches Denken“	,958 ***	,618 ***
KU - Dimension „Arbeitstechniken“	,754 ***	,380 ***
KU „Fachdidaktisches Wissen“	,701 ***	,455 ***

KU = „Kompetenzorientiert Unterrichten“; der erste Wert der Zelle ist der Korrelationskoeffizient $r_{(xy)}$, der zweite gibt das Signifikanzniveau an: * = $p \leq ,05$; ** = $p \leq ,01$; *** = $p \leq ,001$

Tabelle 36: Korrelation ($r_{(xy)}$) zwischen der Dimension „Kompetenzbezogene Ziele erreichen“ und den Facetten „Kompetenzorientiert Unterrichten“ sowie „Kompetenzbezogene Ziele erreichen“

Dimensionen	Facette: „Kompetenzorientiert Unterrichten“	Facette: „Kompetenzbezogene Ziele erreichen“
KZe - Dimension „Wissenschaftsverständnis“	,515 ***	,842 ***
KZe - Dimension „Wissenschaftliches Denken“	,613 ***	,966 ***
KZe - Dimension „Arbeitstechniken“	,546 ***	,754 ***
KZe „Fachdidaktisches Wissen“	,452 ***	,789 ***

KZe = „Kompetenzbezogene Ziele erreichen“; der erste Wert der Zelle ist der Korrelationskoeffizient $r_{(xy)}$, der zweite gibt das Signifikanzniveau an: * = $p \leq ,05$; ** = $p \leq ,01$; *** = $p \leq ,001$

Die Dimensionen korrelieren überwiegend hoch bis sehr hoch mit den Facetten „Kompetenzorientiert Unterrichten“ und „Kompetenzbezogene Ziele erreichen“ ($p \leq ,001$).

Die in den Dimensionen „Wissenschaftsverständnis“, „Wissenschaftliches Denken“ und „Arbeitstechniken“ repräsentierten Fertigkeiten und Fähigkeiten werden durchgängig als wesentlich für die Planung von Lehr- und Lernsituationen im naturwissenschaftlichen Unterricht erachtet. Somit werden auch bedeutsame Ziele beschrieben, die seitens der Lehrkräfte an standardorientiertes Lernen und Lehren im naturwissenschaftlichen Fachunterricht geknüpft sind.

Zwischen den Facetten „Kompetenzorientiert Unterrichten“ und „Kompetenzbezogene Ziele erreichen“ des ersten Instruments und den Testaufgaben im zweiten Instrument der Erhebung konnten hingegen keine statistisch bedeutsamen Korrelationen festgestellt werden (vgl. Kapitel 5.4).

Dies deutet darauf hin, dass die Lehrkräfte die Planung von kompetenzorientierten Lern- und Lehrsituationen und die Erwartung an die Lernprogression im standardorientierten Unterricht in keinem direkten Zusammenhang mit ihren Kenntnissen und Fähigkeiten im Kompetenzbereich Erkenntnisgewinnung sehen.

Im Folgenden wurde analysiert, ob die Fächerkombination der Lehrkräfte eine relevante Prädiktorvariable für die Einschätzung der Lernprogression der Schülerinnen und Schüler in Bezug auf die Kenntnisse und Fertigkeiten in den Kompetenzkonstrukten und Standards der Erkenntnisgewinnung darstellt.

In Tabelle 37 sind die Mittelwerte und Standardabweichung von Lehrkräften mit einem und zwei naturwissenschaftlichen Fächern in der Facette „Kompetenzbezogene Ziele erreichen“ und den ihr zugeordneten Dimensionen (siehe Abbildung 3, Seite 78) dargestellt. Angaben zur Signifikanz und deren Klassifizierung ergänzen die Darstellung in der abschließenden Spalte.

Tabelle 37: Vergleich der Lehrkräfte mit einem oder zwei naturwissenschaftlichen Fächern in der Facette und den Dimensionen „Kompetenzbezogene Ziele erreichen“

Facette: „Kompetenzbezogene Ziele erreichen“	M	SD	p	Sign.
KZe - Kompetenzkonstrukte der Erkenntnisgewinnung, ein nat. Fach	3,68	,56	,353	n.s.
KZe - Kompetenzkonstrukte der Erkenntnisgewinnung, zwei nat. Fächer	3,70	,66		
KZe - Dimension „Wissenschaftsverständnis“, ein nat. Fach	3,56	,70	,005	**
KZe - Dimension „Wissenschaftsverständnis“, zwei nat. Fächer	3,63	,69		
KZe - Dimension „Wissenschaftliches Denken“, ein nat. Fach	3,56	,62	,487	n.s.
KZe - Dimension „Wissenschaftliches Denken“, zwei nat. Fächer	3,63	,67		
KZe - Dimension „Arbeitstechniken“, ein nat. Fach	3,96	,65	,036	*
KZe - Dimension „Arbeitstechniken“, zwei nat. Fächer	4,19	,83		
KZe „Fachdidaktisches Wissen“, ein nat. Fach	4,35	,71	,841	n.s.
KZe „Fachdidaktisches Wissen“, zwei nat. Fächer	4,46	,76		

KZe = „Kompetenzbezogene Ziele erreichen“, ein nat. Fach = ein naturwissenschaftliches Fach, zwei nat. Fächer = zwei naturwissenschaftliche Fächer, M = Mittelwert, SD = Standardabweichung, p = Irrtumswahrscheinlichkeit (zweiseitig), Sign. = Signifikanz: * = $p \leq ,05$; ** = $p \leq ,01$; *** = $p \leq ,001$; n. s. = nicht signifikant

Zur Gewichtung der in Tabelle 37 ausgewiesenen Unterschiede zwischen den Mittelwerten wurden Effektstärken berechnet, die in Tabelle 38 zusammengestellt sind. Hier sind zunächst wieder der Mittelwert und die Standardabweichung angegeben, denen der Freiheitsgrad, die Prüfgröße t und die Effektstärke folgt.

Tabelle 38: Effektstärken in der Facette „Kompetenzbezogene Ziele erreichen“ zum Vergleich der Lehrkräfte mit einem und zwei naturwissenschaftlichen Fächern

Facette: „Kompetenzbezogene Ziele erreichen“	M	SD	df	t	d
KZe - Kompetenzkonstrukte der Erkenntnisgewinnung, ein nat. Fach	3,68	,56	192	,20	0,03
KZe - Kompetenzkonstrukte der Erkenntnisgewinnung, zwei nat. Fächer	3,70	,66			
KZe - Dimension „Wissenschaftsverständnis“, ein nat. Fach	3,57	,70	222	,93	0,15
KZe - Dimension „Wissenschaftsverständnis“, zwei nat. Fächer	3,67	,69			
KZe - Dimension „Wissenschaftliches Denken“, ein nat. Fach	3,57	,62	209	,67	0,11
KZe - Dimension „Wissenschaftliches Denken“, zwei nat. Fächer	3,67	,67			
KZe - Dimension „Arbeitstechniken“, ein nat. Fach	3,97	,65	230	2,10	0,31
KZe - Dimension „Arbeitstechniken“, zwei nat. Fächer	4,19	,83			
KZe „Fachdidaktisches Wissen“, ein nat. Fach	4,35	,71	226	-1,01	0,16
KZe „Fachdidaktisches Wissen“, zwei nat. Fächer	4,46	,76			

KZe = „Kompetenzbezogene Ziele erreichen“, ein nat. Fach = ein naturwissenschaftliches Fach, zwei nat. Fächer = zwei naturwissenschaftliche Fächer, *M* = Mittelwert, *SD* = Standardabweichung, *df* = Anzahl der Freiheitsgrade, *t* = Prüfgröße *t*, *d* = Effektstärke

Die Effektstärken in der Facette „Kompetenzbezogene Ziele erreichen“ weisen in der Dimension „Arbeitstechniken“ auf einen schwachen Zusammenhang hin ($d = ,31$) und deuten in der Dimension „Wissenschaftsverständnis“ einen Zusammenhang an. Die Mittelwerte der Facette „Kompetenzbezogene Ziele erreichen“ weisen in den Dimensionen „Wissenschaftsverständnis“ und „Arbeitstechniken“ statistisch abgesicherte Unterschiede aus. Die Unterschiede zwischen den Mittelwerten sind in der Dimension „Wissenschaftsverständnis“ hoch signifikant ($p \leq ,01$) und in der Dimension „Arbeitstechniken“ signifikant ($p \leq ,05$).

Lehrkräfte mit der Lehrbefähigung in zwei naturwissenschaftlichen Fächern schätzen den Erwerb von Fertigkeiten und Fähigkeiten der Schülerinnen und Schüler im Kompetenzkonstrukt „Wissenschaftsverständnis“ höher ein. Dieser Unterschied besteht auf einem hohen Signifikanzniveau ($p = ,005$). Auch die Lernentwicklung der Schülerinnen und Schüler in der Dimension „Arbeitstechniken“ wird von Lehrkräften mit der

Lehrbefähigung in zwei naturwissenschaftlichen Fächern größer eingeschätzt als von Lehrkräften mit der Lehrbefähigung in einem naturwissenschaftlichen Fach. Lehrkräfte, die ihr erstes Staatsexamen in zwei naturwissenschaftlichen Fächern abgeschlossen haben, nähern sich der maximalen Einschätzung „sehr oft“ an. Auch dieser Unterschied ist signifikant ($p = ,036$).

In der Dimension „Wissenschaftliches Denken“ bestehen nur geringe Unterschiede in der Einschätzung der Lehrkräfte mit einem und zwei naturwissenschaftlichen Fächern, die nicht signifikant sind.

In der Facette „Kompetenzbezogene Ziele erreichen“ bestehen keine weiteren statistisch bedeutsamen Unterschiede, die auf einen Einfluss der Anzahl der naturwissenschaftlichen Fächer auf das kompetenzorientierte Unterrichten hinweisen.

Die intendierte Lernprogression der Schülerinnen und Schüler wird also von beiden Gruppen in ähnlicher Weise gewichtet. Die Schülerinnen und Schüler erreichen nach Auskunft der Lehrkräfte die in dieser Facette und ihren Dimensionen ausgewiesenen Ziele „weniger oft“ bis „oft“.

Wird zudem berücksichtigt, dass die Unterschiede zwischen den Mittelwerten der Dimensionen der Facette „Kompetenzbezogene Ziele erreichen“ nicht sehr stark ausgeprägt sind, wird der zuvor beschriebene Zusammenhang gestützt. Die Lernprogression der Schülerinnen und Schüler wird von Lehrkräften mit einem und zwei naturwissenschaftlichen Fächern in ähnlicher Weise gewichtet.

Auch in der Facette „Kompetenzbezogene Ziele erreichen“ konnte für die personenbezogene Variable Lehramt – wie bereits in der Facette „Kompetenzorientiert Unterrichten“ – kein statistisch bedeutsamer Befund festgestellt werden. Insofern ist das Lehramt der Lehrkräfte ohne Einfluss auf die Anlage kompetenzorientierter Lehr- und Lernsituationen. Auch bei der Einschätzung der Lernprogression der Schülerinnen und Schüler im Kompetenzbereich Erkenntnisgewinnung bestehen keine statistisch bedeutsamen Unterschiede bezüglich der Lehrkräfte mit der Lehrbefähigung für das Lehramt an Haupt- und Realschulen oder an Gymnasien.

5.4 Standards der Erkenntnisgewinnung: Kenntnisse und Fertigkeiten in den Teilkompetenzen einer naturwissenschaftlichen Untersuchung

Im zweiten Instrument des Erhebungsbogens hatten die Lehrkräfte offene Aufgaben zu Standards der Erkenntnisgewinnung bearbeitet, die Kenntnisse und Fertigkeiten in den Teilkompetenzen einer naturwissenschaftlichen Untersuchung am Beispiel des Experimentierens einforderten.

Der Mittelwert von $M = 1,40$ weist bei einer Standardabweichung von $SD = ,40$ aus, dass die Aufgaben in den Teilkompetenzen der Standards der Erkenntnisgewinnung etwas besser als auf Niveaustufe 1 gelöst wurden (vgl. Tabelle 14, Seite 88).

Werden nur diejenigen Aufgaben berücksichtigt, die eine ausreichende Item-Skala-Korrelation aufgewiesen haben, so weist der Mittelwert von $M = 1,39$ bei einer Standardabweichung von $SD = ,55$ gleichermaßen darauf hin, dass die Lösungen der Niveaustufe 1 zuzuordnen sind.

Die erste Niveaustufe ist dadurch gekennzeichnet, dass die Lehrkräfte ein Phänomen beschreiben können oder eine Alltagserfahrung als Ausgangspunkt einer Fragestellung nutzen. Es gelingt ihnen, aus einer naturwissenschaftlichen Frage eine Hypothese zu entwickeln, allerdings ohne Begründung. Bei der Planung einer Untersuchung wird die unabhängige Variable benannt, verändert und in der Datenanalyse das erhobene Material zutreffend beschrieben und in Ansätzen zu Schlussfolgerungen verdichtet.

In der Tabelle 39 werden zudem die Facetten „Kompetenzorientiert Unterrichten“ und „Kompetenzbezogene Ziele erreichen“ mit den Testaufgaben in Beziehung gesetzt, welche die Standards der Erkenntnisgewinnung in ihren Teilkompetenzen abbilden.

Neben den Produkt-Moment-Korrelationskoeffizienten ($r_{(xy)}$) ist auch das Niveau angegeben, auf dem sich der beschriebene Zusammenhang gegen den Zufall absichern lässt.

Tabelle 39: Korrelation ($r_{(xy)}$) zwischen den Facetten „Kompetenzorientiert Unterrichten“ und „Kompetenzbezogene Ziele erreichen“ und den Standards der Erkenntnisgewinnung

Kompetenzkonstrukte der Erkenntnisgewinnung	Standards der Erkenntnisgewinnung	
	$(r_{(xy)})$	Signifikanz
Facette: „Kompetenzorientiert Unterrichten“	-,064	(n. s.)
Facette: „Kompetenzbezogene Ziele erreichen“	-,057	(n. s.)

n. s. = nicht signifikant

Werden die in den Testaufgaben repräsentierten Standards der Erkenntnisgewinnung in den Teilkompetenzen einer naturwissenschaftlichen Untersuchung mit den Facetten im ersten Instrument der Erhebung in Beziehung gesetzt, so zeigt sich kein statistisch bedeutsamer Zusammenhang. Zudem besteht auch zwischen den Kompetenzkonstrukten der Erkenntnisgewinnung und den Standards der Erkenntnisgewinnung kein statistisch bedeutsamer Zusammenhang ($r_{(xy)} = -,023$; $p \leq ,001$).

Wird der Einfluss des Lehramtes auf das von den Lehrkräften erreichte Niveau bei der Lösung der Aufgaben zu den Teilkompetenzen einer naturwissenschaftlichen Untersuchung genauer betrachtet, so zeigen sich statistisch bedeutsame Unterschiede in den Niveaustufen (vgl. Tabelle 14, Seite 88), die von den Lehrkräften mit dem Lehramt für Gymnasien (L3) und Real- und Hauptschulen (L2) erreicht werden.

In der Tabelle 40 sind die Mittelwerte und Standardabweichung zu den Standards der Erkenntnisgewinnung, differenziert nach dem Lehramt für Haupt- und Realschulen bzw. für Gymnasien angegeben. Angaben zur Signifikanz und deren Klassifizierung finden sich in der abschließenden Spalte.

Tabelle 40: Vergleich der Standards der Erkenntnisgewinnung nach Lehramt

Standards der Erkenntnisgewinnung¹⁾	M	SD	p	Sign.
Lehramt L2	1,33	,54	,034	*
Lehramt L3	1,50	,57		

¹⁾ Es wurden die Testaufgaben mit einer ausreichenden Item-Item-Interkorrelation berücksichtigt; L2 = Lehramt an Haupt- und Realschulen, L3 = Lehramt an Gymnasien, M = Mittelwert, SD = Standardabweichung, p = Irrtumswahrscheinlichkeit (zweiseitig), Sign. = Signifikanz: * = $p \leq ,05$; ** = $p \leq ,01$; *** = $p \leq ,001$; n. s. = nicht signifikant

Auch hier wurde für den Unterschied zwischen den Mittelwerten eine Effektstärke berechnet, die in Tabelle 41 ausgewiesen ist. Hier sind zunächst wieder der Mittelwert und die Standardabweichung angegeben, denen die Freiheitsgrade, die Prüfgröße t und die Effektstärke folgt.

Tabelle 41: Effektstärken der Standards der Erkenntnisgewinnung nach Lehramt

Standards der Erkenntnisgewinnung¹⁾	M	SD	df	t	d
Lehramt L2	1,33	,54	192	2,14	0,31
Lehramt L3	1,50	,57			

¹⁾ Es wurden die Testaufgaben mit einer ausreichenden Item-Item-Interkorrelation berücksichtigt; L2 = Lehramt an Haupt- und Realschulen, L3 = Lehramt an Gymnasien, M = Mittelwert, SD = Standardabweichung, df = Anzahl der Freiheitsgrade, t = Prüfgröße t ; d = Effektstärke

Wird der Mittelwert verglichen, der von den Lehrkräften mit dem Lehramt für Haupt- und Realschulen (L2) und Gymnasien (L3) erreicht wurde, so weist die Effektstärke auf einen kleinen Effekt hin ($d = ,31$).

Der von den Lehrkräften mit dem Lehramt an Haupt- und Realschulen erreichte Mittelwert von $M = 1,33$ ist geringer als der Mittelwert von $M = 1,5$ der Lehrkräfte mit dem Lehramt an Gymnasien. Der Unterschied der Mittelwerte kann 95prozentig gegen den Zufall abgesichert werden ($p \leq ,05$). Den Lehrkräften mit dem Lehramt für Gymnasien gelingt es, die Aufgaben auf einem etwas besseren Niveau zu lösen als den Lehrkräften mit dem Lehramt an Haupt- und Realschulen. Eine Tendenz zur Annäherung an Niveaustufe 2 ist in Ansätzen gegeben.

Weitere statistisch abzusichernde Unterschiede in den übrigen Facetten und Dimensionen bestehen hingegen nicht.

Offensichtlich verfügen Lehrkräfte mit dem Lehramt für Gymnasien über weiterreichende Kenntnisse und Fertigkeiten in den Teilkompetenzen einer naturwissenschaftlichen Untersuchung. Entweder es gelingt den Lehrkräften mit dem Lehramt an Haupt- und Realschulen nicht, im vergleichbaren Umfang die eingeforderten Wissensbausteine zu aktivieren, oder sie können nicht im gleichen Umfang auf notwendige Kenntnisse und Fertigkeiten zurückgreifen. Insofern ist es von besonderer Bedeutung, die Kompetenzen der Lehrkräfte zur Erkenntnisgewinnung weiter zu entwickeln und somit auch das Fachmethodische Wissen zu stärken (vgl. Kapitel 3).

5.5 Befunde zu Prädiktorvariablen

In diesem Kapitel werden Befunde zu den Prädiktorvariablen Alter und Geschlecht vorgestellt, die im Rahmen der Forschungsfragen (vgl. Kapitel 4.1, Seite 68) erhoben wurden.

Die Ergebnisse zu den Variablen „Anzahl der naturwissenschaftlichen Fächer“ und „Lehramt“ sind bereits in den Kapiteln 5.2, 5.3 und 5.4 dargestellt worden.

Zusammenfassend kann festgestellt werden, dass es Lehrkräften mit zwei naturwissenschaftlichen Fächern in größerem Umfang gelingt, Kompetenzkonstrukte und Standards der Erkenntnisgewinnung bei der Planung kompetenzorientierter Lehr- und Lernsituationen zu berücksichtigen. Die Dimensionen „Wissenschaftsverständnis“, „Wissenschaftliches Denken“ und „Arbeitstechniken“ werden von Lehrkräften mit zwei naturwissenschaftlichen Fächern umfassender berücksichtigt. Lehrkräften mit einem naturwissenschaftlichen Fach gelingt es nicht in gleichem Umfang fachmethodisches Wissen bei der Planung kompetenzorientierten Fachunterrichts zu aktivieren, im Vergleich zu Lehrkräften mit zwei naturwissenschaftlichen Fächern.

Letztgenannte schätzen die Lernprogression der Schülerinnen und Schüler in den Dimensionen „Wissenschaftsverständnis“ und „Arbeitstechniken“ höher ein als Lehrkräfte mit nur einem Fach. Lehrkräfte mit zwei naturwissenschaftlichen Fächern gehen davon aus, dass die angestrebten Kenntnisse und Fertigkeiten in diesen Dimensionen häufiger erreicht werden im Vergleich zu Lehrkräften mit einem naturwissenschaftlichen Fach.

Allerdings zeigen sich in der Facette „Kompetenzbezogene Ziele erreichen“ wie auch in der Dimension „Wissenschaftliches Denken“ keine deutlichen Unterschiede. Die Lernprogression der Schülerinnen und Schüler wird hier unabhängig von der Fächerkombination der Lehrkräfte in ähnlicher Weise eingeschätzt. Die Kompetenzkonstrukte und Standards der Erkenntnisgewinnung werden nach der Selbstauskunft der Lehrkräfte in vergleichbarem Umfang im naturwissenschaftlichen Fachunterricht wirksam.

Die Testaufgaben zu den Standards der Erkenntnisgewinnung werden von den Lehrkräften mit dem Lehramt für Gymnasien auf einer etwas höheren Niveaustufe (Möller, Grube & Mayer 2007) gelöst als von Lehrkräften mit dem Lehramt für Haupt- und

Realschulen. Offensichtlich gelingt es diesen Lehrkräften in stärkerem Maße die eingeforderten Kenntnisse und Fertigkeiten in den Teilkompetenzen der Erkenntnisgewinnung (Grube, Möller & Mayer 2007) zu aktivieren oder sie können auf ein umfassenderes fachmethodisches Wissen zurückgreifen.

In Bezug auf die Variable Lehramt konnten keine statistisch bedeutsamen Unterschiede in den Facetten „Kompetenzorientiert Unterrichten“ und „Kompetenzbezogene Ziele erreichen“ festgestellt werden. Die Lehrkräfte mit dem Lehramt an Gymnasien und dem Lehramt an Haupt- und Realschulen berücksichtigen Fachmethodisches Wissen bei der Anlage standardorientierter Lehr- und Lernprozesse gleichermaßen. Die Lehrkräfte gehen nach ihrer Selbsteinschätzung in beiden Gruppen davon aus, dass die kompetenzbezogenen Ziele „oft“ erreicht werden. Die Einschätzung zur Lernprogression im Kompetenzbereich Erkenntnisgewinnung (KMK 2004 a, b, c) erfolgt im standardorientierten naturwissenschaftlichen Unterricht somit unabhängig vom Lehramt der Lehrkraft.

5.5.1 Variable Alter

Zwischen der Prädiktorvariable Alter der Lehrkräfte und den Facetten „Kompetenzorientiert Unterrichten“ und „Kompetenzbezogene Ziele erreichen“ im ersten Instrument des Erhebungsbogens konnte kein statistisch bedeutsamer Zusammenhang ermittelt werden.

Die im zweiten Instrument der Befragung erhobenen Kenntnisse und Fertigkeiten in den Standards der Erkenntnisgewinnung weisen auf einen schwach negativen Zusammenhang bezüglich des Alters hin ($r_{(xy)} = -,129$; $p = ,052$), der allerdings nicht ausreichend gegen den Zufall abgesichert werden konnte. Bei einer leichten Erweiterung des Stichprobenumfangs wäre zu erwarten, dass die dargestellten Hinweise statistisch abgesichert werden könnten. Sollten sich die Befunde in weiteren Untersuchungen bestätigen, so wäre davon auszugehen, dass mit zunehmendem Alter der Lehrkräfte die Kenntnisse und Fertigkeiten in den Teilkompetenzen einer naturwissenschaftlichen Untersuchung in geringerem Umfang verfügbar sind.

Dies wäre insofern interessant, als andererseits zwischen dem Alter und dem Fachdidaktischen Wissen in der Facette „Kompetenzorientiert Unterrichten“ ein schwacher

negativer Zusammenhang ($r_{(xy)} = -,151$; $p = ,016$) besteht, der signifikant ist. In der Facette „Kompetenzbezogene Ziele erreichen“ zeigt sich ein ähnlicher, schwacher negativer Zusammenhang ($r_{(xy)} = -,206$; $p = ,001$), der ebenfalls signifikant ist.

Diese Befunde legen nahe, dass mit steigendem Alter fachdidaktische Überlegungen bei der Gestaltung der Lernsituation weniger stark berücksichtigt werden und deren Stellenwert und Effekt für eine positive Lernprogression als weniger bedeutsam erachtet wird. Diese Hinweise stehen im Einklang mit den Ergebnissen von Dembo und Gibson (1995), die feststellten, dass die Erwartungen an die Wirksamkeit der Unterrichtsgestaltung mit wachsender Berufserfahrung abnehmen. Lipowsky (2006) weist zudem darauf hin, dass die fachdidaktischen Kenntnisse und Fertigkeiten nur in den ersten Berufsjahren einen positiven Effekt auf die Lernleistung der Schülerinnen und Schüler haben.

Weitere statistisch abgesicherte Zusammenhänge mit dem Alter der Lehrkräfte konnten weder im ersten noch im zweiten Instrument der Erhebung festgestellt werden.

5.5.2 Variable Geschlecht

Werden die Facetten „Kompetenzorientiert Unterrichten“, „Kompetenzbezogene Ziele erreichen“ (erstes Instrument des Erhebungsbogens) und die offenen Aufgaben zu den Standards der Erkenntnisgewinnung (zweites Instrument im Erhebungsbogen) unter dem *Gender*-Aspekt betrachtet, so zeigen sich die folgende Befunde.

Tabelle 42 und Tabelle 43 geben die Mittelwerte und Standardabweichungen weiblicher und männlicher Lehrkräfte in den beiden Facetten („Kompetenzorientiert Unterrichten“ und „Kompetenzbezogene Ziele erreichen“) und den jeweils zugeordneten Dimensionen wieder. Die Unterschiede zwischen den Mittelwerten wurden auf Signifikanz geprüft und sind in der letzten Spalte der Tabelle klassifiziert.

Tabelle 42: Vergleich männlicher und weiblicher Lehrkräfte in der Facette „Kompetenzorientiert Unterrichten“

	<i>weibliche Lehrkräfte</i>		<i>männliche Lehrkräfte</i>		<i>p</i>	<i>Sign.</i>
	<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>		
Facette: „Kompetenzorientiert Unterrichten“	4,25	,59	4,21	,59	,593	n. s.
KU - Dimension „Wissenschaftsverständnis“	3,99	,74	4,22	,69	,012	*
KU – Dimension „Wissenschaftliches Denken“	4,10	,64	4,08	,65	,812	n. s.
KU - Dimension „Arbeitstechniken“	4,77	,76	4,65	,81	,194	n. s.
KU „Fachdidaktisches Wissen“	3,99	,65	3,83	,66	,086	n. s.

KU = „Kompetenzorientiert Unterrichten“, *M* = Mittelwert, *SD* = Standardabweichung, *p* = Irrtumswahrscheinlichkeit (zweiseitig), *Sign.* = Signifikanzniveau: * = $p \leq ,05$; ** = $p \leq ,01$; *** = $p \leq ,001$; n. s. = nicht signifikant

Tabelle 43: Vergleich männlicher und weiblicher Lehrkräfte in der Facette „Kompetenzbezogene Ziele erreichen“

	<i>weibliche Lehrkräfte</i>		<i>männliche Lehrkräfte</i>		<i>p</i>	<i>Sign.</i>
	<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>		
Facette: „Kompetenzbezogene Ziele erreichen“	3,70	,544	3,69	,61	,842	n.s.
KZe – Dimension „Wissenschaftsverständnis“	3,56	,67	4,23	,74	,350	n.s.
KZe - Dimension „Wissenschaftliches Denken“	3,60	,61	3,57	,65	,669	n.s.
KZe – Dimension „Arbeitstechniken“	4,07	,65	4,00	,75	,379	n.s.
KZe „Fachdidaktisches Wissen“	4,47	,69	4,25	,73	,007	**

KZe = „Kompetenzbezogene Ziele erreichen“, *M* = Mittelwert, *SD* = Standardabweichung, *p* = Irrtumswahrscheinlichkeit (zweiseitig), *Sign.* = Signifikanzniveau: * = $p \leq ,05$; ** = $p \leq ,01$; *** = $p \leq ,001$; n. s. = nicht signifikant

Ein Vergleich der Mittelwerte in den Facetten und Dimensionen zeigt, dass das Wissenschaftsverständnis von männlichen Lehrkräften häufiger bei der Planung im naturwissenschaftlichen Unterricht berücksichtigt wird. Die männlichen Lehrkräfte berücksichtigen „oft“ das „Wissenschaftsverständnis“ bei der Planung von Lehr- und Lernsituationen ($M = 4,22$). Dieser Unterschied kann 95prozentig gegen den Zufall abgesichert werden.

Fachdidaktische Überlegungen werden hingegen von weiblichen Lehrkräften nach der Selbstauskunft „oft“ bis „sehr oft“ berücksichtigt ($M = 4,47$). Dieser Unterschied in der Facette „Kompetenzbezogene Ziele erreichen“ ist im Vergleich mit den männlichen Lehrkräften ($M = 4,25$) hoch signifikant ($p \leq ,01$).

Die Mittelwerte und Standardabweichung der von den weiblichen und männlichen Lehrkräften erreichten Niveaustufen bei der Bearbeitung der offenen Aufgaben sind in Tabelle 44 zusammengestellt. Der Unterschied der Mittelwerte wurde auf seine statistische Bedeutsamkeit geprüft und nachfolgend das Signifikanzniveau ausgewiesen.

Tabelle 44: Mittelwerte der offenen Aufgaben differenziert nach dem Geschlecht

<i>Standards der Erkenntnisgewinnung</i>	<i>weibliche Lehrkräfte</i>		<i>männliche Lehrkräfte</i>		<i>p</i>	<i>Sign.</i>
	<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>		
Testaufgaben	1,51	,54	1,24	,55	,000	***

M = Mittelwert, *SD* = Standardabweichung, *p* = Irrtumswahrscheinlichkeit (zweiseitig), *Sign.* = Signifikanzniveau: * = $p \leq ,05$; ** = $p \leq ,01$; *** = $p \leq ,001$; n. s. = nicht signifikant

Ein Vergleich der Mittelwerte zeigt, dass die weiblichen Lehrkräfte die offenen Aufgaben der Standards der Erkenntnisgewinnung im zweiten Instrument auf einer höheren Niveaustufe ($M = 1,51$) lösen. Im Gegensatz zu den männlichen Lehrkräften ($M = 1,24$) gelingt es ihnen, Kenntnisse und Fertigkeiten zielgerichteter und differenzierter zur Lösung der Aufgaben einzubringen. Die Unterschiede zwischen den Mittelwerten sind auf höchstem Niveau signifikant ($p \leq ,001$).

5.6 Anforderungen und Erwartungen von Lehrkräften an eine Professionalisierung im Bereich Fachwissen

Im dritten Instrument des Erhebungsbogens hatten die Lehrkräfte die Möglichkeit, Erwartungen, Anregungen und persönliche Ziele anzugeben, die sie mit dem Projekt „Kompetenzorientiert unterrichten in Mathematik und Naturwissenschaften“ verbinden.

Dieser Abschnitt im Erhebungsinstrument wurde von $n = 220$ Lehrkräften bearbeitet. Somit haben 78,01 % der an der Erhebung teilnehmenden Lehrkräfte mit ihren 619 Antworten Hinweise zur Qualitätsentwicklung im naturwissenschaftlichen Fachunterricht gegeben.

Die für die Auswertung genutzten Kategorien sind aus den von den Lehrkräften angeführten Anliegen und Zielen generiert worden. Zur Bildung einzelner Kategorien wurden die Angaben herangezogen, die von den Lehrkräften zu den drei offenen Fragestellungen gegeben wurden. Eine Sichtung der Nennungen und deren Kategorisierung (vgl. Tabelle A 4 im Anhang A) weist drei Bereiche zur standardorientierten Qualitätsentwicklung im naturwissenschaftlichen Fachunterricht aus, die in Tabelle 45 zusammengestellt sind.

Tabelle 45: Erwartungen der Lehrkräfte im Projekt „Kompetenzorientiert unterrichten in Mathematik und Naturwissenschaften“

Erwartungen der Lehrkräfte im Projekt	Angaben (%)
Weiterentwicklung des Kollegiums	19,55
Qualitätsentwicklung im naturwissenschaftlichen Unterricht	53,15
Rahmenbedingungen im naturwissenschaftlichen Unterricht verbessern	13,57

Beispiele von Antworten der Lehrkräfte sind in Tabelle A 4 (im Anhang A) wiedergegeben

Die Erwartungen der Lehrkräfte zur Weiterentwicklung des Kollegiums sind in Tabelle 46 spezifiziert.

Tabelle 46: Erwartungen der Lehrkräfte an die Weiterentwicklung im naturwissenschaftlichen Kollegium

<i>Erwartungen der Lehrkräfte im Projekt</i>	<i>Angaben (%)</i>
Teamentwicklung fördern	87,6
Bildungsstandards kennen lernen	12,4

Beispiele von Antworten der Lehrkräfte sind in Tabelle A 5 (im Anhang A) wiedergegeben

Die Lehrkräfte sind daran interessiert, die Kooperation im naturwissenschaftlichen Fachbereich zu intensivieren und erwarten Anregungen in Form von z. B. Materialien und Medien sowie Hilfestellungen bei der Teamentwicklung in der Fachschaft (Wenner 1993; Shulman 2004). Über 80 % der Angaben der Lehrkräfte konnten dieser Kategorie zugeordnet werden. Denkanstöße und Anregungen wirken für die Lehrkräfte motivierend in der Anlage von Lehr- und Lernprozessen (Harlen 1997). Nach Einschätzung der Lehrkräfte ist eine aktive Teamentwicklung von entscheidender Bedeutung für die Qualitätsentwicklung im naturwissenschaftlichen Fachunterricht.

An zweiter Stelle – mit 12,4 % der Nennungen – steht der Wunsch, die Bildungsstandards für den mittleren Schulabschluss (KMK 2004 a, b, c) kennen zu lernen, deren Konzeption zu verstehen und Anforderungen an den naturwissenschaftlichen Unterricht auszuloten.

Dies deutet darauf hin, die Anforderungen der Bildungsstandards als eine bedeutsame Größe zur Entwicklung des naturwissenschaftlichen Unterrichts stärker in den Fokus der Lehrkräfte zu rücken.

Die Qualitätsentwicklung im naturwissenschaftlichen Unterricht ist ein zentrales Anliegen der Lehrkräfte. Die Erwartungen der Lehrkräfte an die Qualitätsentwicklung im naturwissenschaftlichen Unterricht sind in Tabelle 47 zusammengefasst.

Tabelle 47: Erwartungen der Lehrkräfte an die Qualitätsentwicklung im naturwissenschaftlichen Unterricht

Qualitätsentwicklung im naturwissenschaftlichen Unterricht	Angaben (%)
Lernleistungen vergleichen und bewerten	2,74
Schüler motivieren	40,43
Schüler- und Handlungsorientierung stärken	9,73
kompetenzorientiert Aufgaben stellen	36,17
Vielfalt an Methoden nutzen	3,66
Praxisanteil erhöhen	7,29

Beispiele von Antworten der Lehrkräfte sind in Tabelle A 6 (im Anhang A) wiedergegeben

In Bezug auf die Rolle der Lehrkräfte im naturwissenschaftlichen Unterricht gilt das Interesse kompetenzorientierten Aufgaben (36,17 %), Arbeitsmaterialien und Unterrichtsskripten, die explizit auf Lehr- und Lernsituationen ausgerichtet sind.

Die Lehrkräfte möchten das Spektrum der für den Unterricht zur Verfügung stehenden Materialien erweitern, um den Praxisanteil zu erhöhen (7,29 %) und vielfältige Lehr- und Lernformen nutzen zu können (3,66 %). Allerdings sind die Erwartungen der Lehrkräfte, durch die methodischen und unterrichtsorganisatorischen Änderungen die Qualität naturwissenschaftlichen Unterrichts verbessern zu können, deutlich schwächer ausgeprägt. Auch das Bewerten von Lernleistungen (2,79 %) ist von nachrangigem Interesse.

Im Hinblick auf den Kompetenzbereich Erkenntnisgewinnung erwarten sie von den Materialien und Medien eine Unterstützung für ihr Anliegen, den Anteil „praktischen Arbeitens“ im naturwissenschaftlichen Unterricht zu erhöhen (Schoon & Boone 1998; Harlen 1997; Kunz & Mayer 2008 i).

Den Lehrkräften ist es ein Anliegen, das Interesse der Schülerinnen und Schüler an Naturwissenschaften zu wecken und die Motivation für das Lernen in den naturwissenschaftlichen Fächern zu steigern (40,43 %). Die Nennungen der Lehrkräfte zeigen, dass selbstständiges Lernen der Schülerinnen und Schüler durch eine stärkere Schüler- und Handlungsorientierung (9,73 %) gestärkt werden soll, indem eigenständiges Arbeiten im naturwissenschaftlichen Unterricht gefördert wird (vgl. Kapitel 6.3). Wesentliche Impulse erwarten die Lehrkräfte hier von handlungsorientierten Arbeits-

phasen, in denen Schülerinnen und Schüler Untersuchungen im naturwissenschaftlichen Unterricht praktisch durchführen (Welzel, Haller & Bandiera 1998 a; Kunz & Mayer 2009 a, e).

Die Erwartungen der Lehrkräfte bezüglich verbesserter Rahmenbedingungen im naturwissenschaftlichen Unterricht sind in der Tabelle 48 dargestellt.

Tabelle 48: Erwartungen der Lehrkräfte an Verbesserungen der Rahmenbedingungen im naturwissenschaftlichen Unterricht

Rahmenbedingungen im naturwissenschaftlichen Unterricht verbessern	Angaben (%)
Qualitätsentwicklung von Unterricht stärken	40,48
Lehrpläne entschlacken	26,19
kooperatives Arbeiten fördern	5,95
fächerübergreifend Arbeiten	15,48
kleine Lerngruppen bilden	11,90

Beispiele von Antworten der Lehrkräfte sind in Tabelle A 7 (im Anhang A) wiedergegeben

Vor allem ist die Nachhaltigkeit einer Qualitätsentwicklung im naturwissenschaftlichen Unterricht für die Lehrkräfte bedeutsam (40,48 %). Dies unterstreicht das Interesse der Lehrkräfte, den naturwissenschaftlichen Unterricht weiter zu entwickeln.

Entscheidende Hilfestellungen erwarten die Lehrkräfte von einer Überprüfung der in den Lehrplänen beschriebenen Anforderungen, insbesondere der Stofffülle (26,19 %). Um standardorientierte Lehr- und Lernsituationen durchführen zu können, werden kleinere Klassen als wesentlich erachtet (11,90 %), vor allem bei einem „mehr an praktischen naturwissenschaftlichen Arbeiten“ in kooperativen Lehr- und Lernformen (5,95 %). Zudem erachten es die Lehrkräfte als bedeutsam, fächerübergreifend in den naturwissenschaftlichen Unterrichtsfächern zu arbeiten (15,48 %).

Allerdings sind die zuletzt genannten Erwartungen nicht Gegenstand des Projekts „Kompetenzorientiert unterrichten in Mathematik und Naturwissenschaften“. Sie geben aber Hinweise zur weitergehenden Verbesserung der Wirksamkeit in der Qualifizierung zur Förderung kompetenzorientierten Lehren und Lernens in dem naturwissenschaftlichen Unterricht.

Darüber hinaus gaben die Lehrkräfte an, dass eine Verbesserung unterrichtsorganisatorischer Rahmenbedingungen (z. B. Stundenverteilung in den naturwissenschaftlichen Fächern, Ausstattung, Hospitation) die Anforderung, den naturwissenschaftlichen Unterricht stärker an den Bildungsstandards auszurichten, unterstützen könnte.

6 Module zur Qualifizierung von Lehrkräften im Kompetenzbereich Erkenntnisgewinnung

Die nachfolgend skizzierten und im Anhang ausführlich dokumentierten Module (siehe Anhang B) nehmen in ihrer Anlage die in den vorausgegangenen Kapiteln 5.1 bis 5.4 dargestellten Ergebnisse auf. Ausgehend von den hier im Einzelnen vorgestellten Befunden steht die Stärkung des Fachmethodischen Wissens von Lehrkräften im Mittelpunkt der Qualifizierung, die im Besonderen auf den kumulativen Erwerb von Kenntnissen und Fertigkeiten in den Kompetenzkonstrukten und Standards der Erkenntnisgewinnung ausgerichtet ist (siehe Abbildung 1, Seite 47). Des Weiteren werden in der Ausgestaltung der Module die in der Literatur vorgestellten Befunde fachdidaktischer Forschung (siehe Kapitel 2.3 und 3.4) berücksichtigt (siehe unter anderem Wenner 1995; Bromme 1997; Harlen 1997; Schriver & Czerniak 1999; Terhart 2001; 2002; KMK 2004 a, b, c, d; Shulman 2004; Lipowsky 2006; Grube, Möller & Mayer 2007; Mayer 2007; Möller, Grube & Mayer 2007; Blömeke, Kaiser & Lehmann 2008; Hof & Mayer 2008; Krauss, Brunner, Kunter et al. 2008).

Das in Kapitel 3.4 vorgestellte Rahmenkonzept wissenschaftsmethodischer Kompetenzen (Mayer 2007) systematisiert die Kompetenzkonstrukte und Standards der Erkenntnisgewinnung, die in den Dimensionen „Wissenschaftsverständnis“, „Wissenschaftliches Denken“ und „Arbeitstechniken“ sowie in den Teilkompetenzen „Fragestellung“, „Hypothese“, „Planung“ und „Daten auswerten und interpretieren“ (Grube, Möller & Mayer 2007) das Fachmethodische Wissens von Lehrkräften beschreiben (siehe Abbildung 3, Seite 78). Die angestrebte Stärkung des wissenschaftlichen Denkens (Mayer 2007) und die Förderung wissenschaftsmethodischer Fähigkeiten (Grube, Möller & Mayer 2007) der Lehrkräfte rücken den Prozess und die Charakteristika einer naturwissenschaftlichen Untersuchung (Mayer 2007) in den Fokus der Module in der Qualifizierung (Kunz & Mayer 2009 a). Indem die Lehrkräfte naturwissenschaftliche Denk- und Arbeitstechniken kennen lernen, Untersuchungsmethoden begründet auswählen und als Mittel wissenschaftlicher Erkenntnisgewinnung nutzen (Mayer & Ziemek 2006), wird das wissenschaftsmethodische Verständnis vertieft (Mayer 2004; KMK 2008). Die Standards der Erkenntnisgewinnung im Strukturmodell zum Wissenschaftlichen Denken (Mayer 2007) und der Problemlöseprozess im Verlauf einer naturwissenschaftlichen Untersuchung (Mayer 2008) be-

schreiben zwei bedeutsame Leitlinien, die durchgängig in den Modulen zur Qualifizierung der Lehrkräfte aufgegriffen werden. Zudem weist das „Strukturmodell zum wissenschaftlichen Denken“ (Mayer 2007, siehe auch Kapitel 3.4) in den Prozessvariablen (Standards der Erkenntnisgewinnung) und den Personenvariablen (inhaltsbezogenes und methodisches Wissen sowie kognitive Fähigkeiten) wesentliche Elemente zur systematischen Entwicklung Fachmethodischen Wissens aus, denen die Bausteine in ihrer inhaltsbezogenen Gestaltung in den Modulen folgen (vgl. Abbildung 2, Seite 58).

Fachwissenschaftlich und fachmethodisch sicheren und überzeugenden Lehrkräften gelingt es in hohem Maße, lernwirksamen Unterricht zu planen (Wenner 1995; Harlen 1997; Schriver & Czerniak 1999). Dieser ist von offenem Lernen, Anleitung zum naturwissenschaftlichen Arbeiten und einer deutlichen Schülerorientierung gekennzeichnet (KMK 2004 a, b, c, d, e, f, 2008; Mayer 2004, 2007). Die in Kapitel 2.3.5 vorgestellten Befunde zur Wirkung Professionellen Wissens von Lehrkräften weisen zudem darauf hin, dass die fachwissenschaftlichen und fachmethodischen Kenntnisse und Fertigkeiten der Lehrkräfte in unmittelbarer Beziehung mit der erwarteten Lernleistung der Schülerinnen und Schüler stehen (Abell 2007; Arnold 2007; Baumert 2007; Helmke 2003; KMK 2004 d). Das Fachwissen (Shulman 1987, 2004; Lipowsky 2006; Grube, Möller & Mayer 2007; Hof & Mayer 2008; Krauss, Brunner, Kunter et al. 2008) stellt somit neben dem fachdidaktischen Wissen (Schmelzing 2010) einen wesentlichen Faktor dar, der die Qualität des Lehr- und Lernangebots beeinflusst (Helmke 2003; Lipowsky 2006). Die themenbezogenen Lernsituationen in den Bausteinen der Module sind daher darauf ausgerichtet, die fachwissenschaftliche und fachdidaktische Expertise der Lehrkräfte zu stärken (siehe Kapitel 2.3.4). In den nachfolgend dargestellten Bausteinen der Module werden darüber hinaus Wege aufgezeigt, wie die in den Standards im Kompetenzbereich Erkenntnisgewinnung ausgewiesenen Fähigkeiten und Fertigkeiten (KMK 2004 a, b, c) im naturwissenschaftlichen Fachunterricht wirksam werden können.

In dem Modul „Erkenntnisgewinnung im naturwissenschaftlichen Unterricht“ werden in den Bausteinen „Der naturwissenschaftliche Erkenntnisprozess“ und „Erkenntnismethoden der Naturwissenschaften“ die fachmethodischen Kenntnisse und Fertigkeiten zum Wissenschaftlichen Denken (Mayer 2007; Mayer, Grube & Möller 2008) auf-

gearbeitet und in einer Lernsituation im naturwissenschaftlichen Unterricht konkretisiert (Kunz & Mayer 2007 c). Die Materialien und Medien in diesem Modul sind einerseits darauf ausgerichtet, die Kompetenzkonstrukte und Standards der Erkenntnisgewinnung (Grube, Möller & Mayer 2007) im Sinne einer berufsbegleitenden Qualifizierung der Lehrkraft verfügbar zu machen, und andererseits konkrete Lernsituationen für den systematischen Erwerb dieser Kenntnisse und Fertigkeiten im naturwissenschaftlichen Unterricht bereitzustellen (KMK 2004 a, b, c, 2008).

Das zweite Modul „Kompetenzorientiert Lehren und Lernen“ zeigt in den Bausteinen „Kompetenzerwerb als Unterrichtsziel“ und „Kompetenzerwerb im Kontext“ (Möller, Grube & Mayer 2007) auf, wie das Wissenschaftliche Denken und die Standards der Erkenntnisgewinnung (Mayer 2007) an themenbezogenen Lernsituationen im Fach Biologie in das Zentrum eines standardorientierten Unterrichts gerückt werden können (KMK 2004 a; Mayer 2004).

Im dritten Modul „Diagnostizieren und Fördern – Lernen im naturwissenschaftlichen Unterricht“ wird im Baustein „Forschendes Lernen“ eine fachdidaktische Konzeption vorgestellt, die im Besonderen darauf ausgerichtet ist, fachbezogen die Teilkompetenzen einer naturwissenschaftlichen Untersuchung (Grube, Möller & Mayer 2007) mit einer Öffnung der Lernsituation im Sinne eines naturwissenschaftlichen Problemlöseprozesses in einem Unterrichts-Setting zu bündeln (Mayer & Ziemek 2006; Mayer 2007; Hof & Mayer 2008).

Im Baustein „Lernen mit Aufgaben“ werden die Kenntnisse und Fertigkeiten in den Standards der Erkenntnisgewinnung auf die Teilkompetenzen einer naturwissenschaftlichen Untersuchung zurückgeführt und in verschiedenen Aufgabenformaten (z. B. Lernaufgaben, Testaufgaben, diagnostische Aufgaben) lernprozessorientiert konkretisiert. Dabei sind die Aufgabenformate auf die Standards der Erkenntnisgewinnung bezogen (Grube, Möller & Mayer 2007). Des Weiteren werden differenzierende Hilfen zur Individualisierung von Lernprozessen genutzt und in themenbezogenen Beispielen vorgestellt (Kunz & Mayer 2009 a, b, c). In diesem Baustein wird das Fachmethodische Wissen der Lehrkräfte in den Kompetenzkonstrukten und Standards der Erkenntnisgewinnung bei der Konstruktion von Lernaufgaben eingefordert, das in den Basisbausteinen des ersten und zweiten Moduls erworben wurde.

Die Materialien und Medien der Bausteine unterstützen somit die Lehrkräfte sowohl bei einer vertiefenden Aufarbeitung fachmethodischer Kenntnisse und Fertigkeiten (Harlen 1997; Schoon & Boone 1998) als auch bei der fachmethodischen Ausrichtung und fachdidaktischen Aufarbeitung kompetenzorientierter Lehr- und Lernsituationen im standardorientierten naturwissenschaftlichen Fachunterricht (KMK 2004 a, b, c). Damit einher geht die Erwartung, dass die Lehrkräfte ihre Erfahrungen (Schriver & Czerniak 1999) in der – fachmethodisch auf den Kompetenzbereich Erkenntnisgewinnung ausgerichteten – Qualifizierung (Kubina 2009) in den naturwissenschaftlichen Fachunterricht einbringen. Insofern wäre zu erwarten, dass beim „Kompetenzorientierten Unterrichten“ die „Kompetenzbezogenen Ziele“ von den Schülerinnen und Schülern noch häufiger erreicht werden (vgl. Kapitel 5.1 und 5.3). Die beiden Basisbausteine „Erkenntnisgewinnung im naturwissenschaftlichen Unterricht“ und „Kompetenzerwerb als Unterrichtsziel“ (Kunz & Mayer 2009 e) thematisieren umfassend die Standards der Erkenntnisgewinnung (Mayer 2007). Damit verbunden ist die Erwartung, dass die in der Qualifizierung aktiven Lehrkräfte detailliertere Kenntnisse und Fertigkeiten in den Teilkompetenzen einer naturwissenschaftlichen Untersuchung erwerben und diese umfassender und auf einer hohen Niveaustufe in Lehr- und Lernprozesse im naturwissenschaftlichen Unterricht einbringen (vgl. Kapitel 5.4). Insofern wäre des Weiteren zu erwarten, dass sowohl die Planung der Lernsituation als auch die Erwartungen an die Lernprogression von den Lehrkräften auf eine höhere Niveaustufe ausgerichtet werden und somit eine Annäherung an die in den Bildungsstandards beschriebenen Anforderungen stärker angestrebt wird.

Im Folgenden werden Leitlinien in den Bausteinen der Module zum Fachmethodischen Wissen skizziert, die mit dem Schwerpunkt Erkenntnisgewinnung auf die Qualifizierung der Lehrkräfte im Projekt „Kompetenzorientiert unterrichten in Mathematik und Naturwissenschaften“ ausgerichtet sind (siehe Tabelle 5, Seite 62). In den Materialien und Medien (siehe auch Anhang B) der Bausteine werden sowohl die in den Kapiteln 5.2 bis 5.4 ausgeführten Befunde fachdidaktischer Forschung, die daraus erwachsenden Aufgaben zur Professionalisierung der Lehrkräfte (Kapitel 2.3) sowie die Anforderungen an einen standardorientierten naturwissenschaftlichen Unterricht (Kapitel 3.4) zusammen geführt.

6.1 Kompetenzorientiertes Lehren und Lernen naturwissenschaftlicher Erkenntnisgewinnung

In den Bildungsstandards für die naturwissenschaftlichen Fächer sind in den Standards im Kompetenzbereich Erkenntnisgewinnung die angestrebten Kenntnisse und Fertigkeiten der Lernenden (KMK 2004 a, b, c) beschrieben (siehe Kapitel 2.2.1). Die Förderung von Kenntnissen und Fertigkeiten im Kompetenzbereich Erkenntnisgewinnung ist somit zentrale und fächerübergreifende Aufgabe der Qualitätsentwicklung im naturwissenschaftlichen Unterricht (Mayer 2006).

Allerdings müssen hier angesprochene Kenntnisse und Fertigkeiten auch auf Seiten der Lehrkräfte verfügbar sein (siehe Kapitel 2.2.2) und in den Lernprozess eingebracht werden (KMK 2008). Wie die in Kapitel 5.2 und 5.3 vorgestellten Ergebnisse zeigen, besteht ein starker Zusammenhang zwischen den Facetten „Kompetenzorientiert Unterrichten“ und „Kompetenzbezogene Ziele erreichen“ der darauf schließen lässt, dass eine Weiterentwicklung fachmethodischer Kenntnisse und Fertigkeiten einen unmittelbaren und positiven Einfluss auf die Qualität der Lernsituation hat (vgl. Kapitel 2.3.5).

Dass die Verfügbarkeit der in den Standards der Lehrerbildung beschriebenen Anforderungen (KMK 2004 d, 2008) zum Fachwissen der Lehrkräfte in der Anlage, Durchführung und Reflexion von Lernprozessen in naturwissenschaftlichen Fächern Gegenstand fachdidaktischer Forschung ist, wurde bereits in Kapitel 2.3 dargestellt (u. a. Bromme 1997; Baumert & Kunter 2006; Kunter, Dubberke, Baumert et al. 2006; Lipowsky 2006; Keller, Scheuch & Radits 2008; Schmelzing 2010). Allerdings weisen die bereits vorgestellten Befunde zur Bedeutung des Fachwissens für Planung und Gestaltung der Lernsituation und der erwarteten Lernprogression auf die Entwicklungsmöglichkeiten zum Fachmethodischen Wissen hin (siehe Kapitel 5.2 und 5.3). Insbesondere die Befunde zu den Kenntnissen und Fertigkeiten in den Teilkompetenzen einer naturwissenschaftlichen Untersuchung auf Seiten der Lehrkräfte (siehe Kapitel 5.4) lassen einen Bedarf in der Qualifizierung der Lehrkräfte in den Kompetenzkonstrukten und Standards der Erkenntnisgewinnung erkennen (Grube, Möller & Mayer 2007; Mayer 2007).

Diese Anforderungen in der fachmethodischen Professionalisierung von Lehrkräften in den naturwissenschaftlichen Fächern werden unter anderem in den Bausteinen des ersten Moduls „Erkenntnisgewinnung im naturwissenschaftlichen Unterricht“ auf-

genommen. In den Materialien und Medien der themenbezogenen Bausteine werden die Untersuchungsmethoden und deren Umsetzung in den Phasen einer naturwissenschaftlichen Untersuchung aufgearbeitet (siehe Anhang B.1), um die Lehrkräfte dabei zu unterstützen, die kompetenzbezogenen Ziele im standardorientierten naturwissenschaftlichen Unterricht noch umfassender zu erreichen (vgl. Kapitel 5.2). Des Weiteren wird eine Vertiefung der Kenntnisse und Fertigkeiten in den Teilkompetenzen einer naturwissenschaftlichen Untersuchung (vgl. Kapitel 5.3) angestrebt.

Im naturwissenschaftlichen Erkenntnisprozess werden im Verlauf einer naturwissenschaftlichen Untersuchung fachbezogene Methoden kombiniert und miteinander in Beziehung gesetzt (siehe Abbildung 5). Aus einer ersten Betrachtung kann eine gerichtete Beobachtung folgen, die zu einer Fragestellung führt. Diese kann sich zu einer Problemstellung verdichten, die im Folgenden durch weitergehende Beobachtungen oder Experimente bearbeitet werden kann (Mayer 2007). Im Prozess einer naturwissenschaftlichen Untersuchung ist sowohl die einzelne Untersuchungsmethode als auch eine Kombination mehrerer Untersuchungsmethoden (u. a. Beobachten und Experimentieren) darauf ausgerichtet, gesicherte Daten zur Klärung der Problemstellung zu gewinnen. In der Auswertung werden die gewonnenen Daten aufbereitet, beschrieben und mit der Fragestellung oder der Hypothese in Beziehung gesetzt.

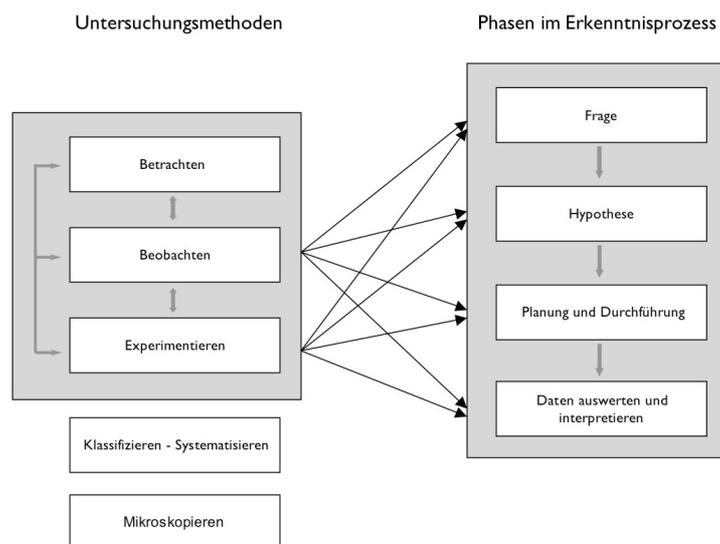


Abbildung 5: Untersuchungsmethoden und Standards der Erkenntnisgewinnung (nach: Mayer 2007; Kunz & Mayer 2008 g).

In Tabelle 49 werden die Kenntnisse und Fertigkeiten im naturwissenschaftlichen Erkenntnisprozess, bezogen auf die Teilkompetenzen, ausgewiesen (vgl. Kapitel 3.4). Hier sind die Untersuchungsmethoden des Beobachtens und Experimentierens gegenüber gestellt und mit den Phasen einer naturwissenschaftlichen Untersuchung in Beziehung gesetzt. Notwendige Kenntnisse und Fertigkeiten sind, bezogen auf die Teilkompetenzen der Standards der Erkenntnisgewinnung, phasenbezogen ausgewiesen (Kunz & Mayer 2008 b).

Tabelle 49: Standards der Erkenntnisgewinnung: Anforderungen in den Teilkompetenzen einer naturwissenschaftlichen Untersuchung (nach: Kunz & Mayer 2008 h)

Teilkompetenz	Beobachten	Experimentieren
Frage	<ul style="list-style-type: none"> • Welche Merkmale, Eigenschaften, räumliche Beziehungen oder zeitliche Abläufe lassen sich identifizieren? <ul style="list-style-type: none"> - Wie ist das Objekt beschaffen? - Welche Merkmale zeigt das Objekt im Raum? - Welche Merkmale zeigt das Objekt über die Zeit? • Können die Fragen durch eine naturwissenschaftliche Betrachtung / Beobachtung untersucht werden? 	<ul style="list-style-type: none"> • Gibt es einen Zusammenhang zwischen den Faktoren? • Welcher Zusammenhang besteht zwischen den relevanten Faktoren? • Kann der Zusammenhang in einem Experiment untersucht werden?
Hypothese	<ul style="list-style-type: none"> • Benennen relevanter Kategorien, die sich auf die Merkmale beziehen • Auswahl der Kategorien, die auf die identifizierenden Faktoren Bezug nehmen • Beschreibung der Ausprägung der Kategorien und ihrer Zusammenhänge. Benennen der Faktoren (qualitativ, quantitativ) 	<ul style="list-style-type: none"> • Benennen relevanter Faktoren, die in Beziehung gesetzt werden • Beschreibung eines Zusammenhangs zwischen einem Faktor und den Wirkungen, die im Experiment untersucht werden.
Planung	<ul style="list-style-type: none"> • Nennung der spezifischen Kriterien für das Erfassen von Merkmalen, Eigenschaften, räumlichen Beziehungen oder zeitlichen Abfolgen • Festlegung von Ort, Zeitpunkt und Zeitspanne • Festlegung der Erfassung der Daten: Zählen, Messen, Zeichnen, Formulieren 	<ul style="list-style-type: none"> • Planvolle Variation des in der Hypothese beschriebenen Faktors (unabhängiger Faktor) • Identifizierung und Kontrolle der übrigen Faktoren (abhängige Faktoren) • Auswahl der Messmethodik, -instrumente und -intervalle (abhängiger Faktor)
	<ul style="list-style-type: none"> • Aufbau der Beobachtungssituation • Systematisches Dokumentieren: Ort, Zeit, Kategorien, Intervall der Beobachtung • Identifizierung von Störgrößen 	<ul style="list-style-type: none"> • Aufbau des Experiments • Erfassen der Messwerte • Messwiederholung • Sicherung der Objektivität
Daten auswerten und interpretieren	<ul style="list-style-type: none"> • Strukturieren der Daten: Dokumentation (z. B. Beschreibung, Zeichnung, Messwerte, Fotos) • Beschreibung der Daten • Analyse der Daten (Genauigkeit, Fehler, Störgrößen) • Aufbereitung der Daten: z. B. Anfertigen von Tabellen und Diagrammen • Beschreibung der Ergebnisse • Überprüfung der Charakteristika naturwissenschaftlichen Arbeitens 	<ul style="list-style-type: none"> • Aufbereitung der Messergebnisse und Beobachtungen (Diagramm, Tabelle, Fotos, Berechnung) • Beschreibung der Daten • Analyse der Daten (Genauigkeit, Fehler, Störgrößen) • Aufbereitung der Daten: z. B. Anfertigen von Tabellen und Diagrammen • Beschreibung der Ergebnisse • Überprüfung der Charakteristika naturwissenschaftlichen Arbeitens
	<ul style="list-style-type: none"> • Ergebnisse mit anderen Forschungsfindungen und Theorien in Beziehung setzen • Beschreiben von kausalen und korrelativen Zusammenhängen • Diskussion möglicher Fehler • Generalisieren der Ergebnisse (Methodendiskussion) 	<ul style="list-style-type: none"> • Ergebnisse mit anderen Forschungsfindungen und Theorien in Beziehung setzen • Beschreiben von kausalen und korrelativen Zusammenhängen • Diskussion möglicher Fehler • Generalisieren der Ergebnisse (Methodendiskussion)

Eine Hypothese geht von einer begründeten Annahme aus, dass hinter einem beobachteten Phänomen oder Fragestellung ein kausaler Zusammenhang bzw. eine Gesetzmäßigkeit steht. Eine Hypothese muss empirisch überprüfbar sein und somit entsprechend formuliert werden. Hier unterscheidet sich die Hypothese auch von einer Fragestellung. Eine willkürliche Formulierung von Hypothesen ist daher ausgeschlossen (Mayer 2004; Kunz & Mayer 2008 f, g).

Eine Hypothese sollte, im Gegensatz zur Fragestellung, als eine Voraussage formuliert werden, d. h. unter bestimmten Bedingungen wird ein Ergebnis prognostiziert. In der formulierten Hypothese werden experimentell überprüfbare Folgerungen beschrieben (Mayer 2004). Die Hypothese muss dabei so formuliert sein, dass sie auch widerlegt werden kann. Daher kann es sinnvoll sein, zu einer Hypothese (H1) auch eine Gegenhypothese (H0) zu formulieren (Arber 1960; Fuccia 2007; Fischer & Borowski 2010).

Das Experiment ist in den Teilkompetenzen der naturwissenschaftlichen Untersuchung darauf ausgerichtet, den in der Hypothese beschriebenen Zusammenhang zu untersuchen. Dies bedeutet, dass der in der Hypothese beschriebene Faktor systematisch variiert wird und die übrigen Faktoren konstant gehalten werden (Mayer 2002).

Die Gewinnung, Aufbereitung und Auswertung von Daten zur Klärung einer Problemstellung beschreibt eine zentrale Intention naturwissenschaftlicher Untersuchungen. Die Phasen einer naturwissenschaftlichen Untersuchung sind in Tabelle 50 „Prozess einer naturwissenschaftlichen Untersuchung“ im Hinblick auf die Anforderungen in den Teilkompetenzen einer naturwissenschaftlichen Untersuchung (Grube, Möller & Mayer 2007) weitergehend beschrieben (siehe auch Anhang B.1).

Tabelle 50: Prozess einer naturwissenschaftlichen Untersuchung (nach: Mayer 2007 sowie Kunz & Mayer 2008 f, h)

Teilkompetenz Naturwissenschaftlicher Erkenntnisprozess	
Frage	1 Phänomen 1.1 Beschreibung eines Phänomens / des Problems 1.2 Formulieren von Fragen, Definition des Problems
	2 Naturwissenschaftliche Fragestellung 2.1 Formulieren einer Fragestellung, die naturwissenschaftlich untersucht werden kann
Hypothese	3 Hypothese 3.1 Formulieren von (mehreren) Hypothesen 3.2 Auswahl und Begründung der Untersuchungshypothese 3.3 Ableiten einer Vorhersage beobachtbarer Ereignisse (Prognose)
Planung und Durchführung	4 Planung 4.1 Identifizieren relevanter Variablen 4.2 Entwerfen eines Untersuchungsplans 4.3 Entwerfen einer experimentellen Anordnung (Objekte, Geräte, Aufbau der Untersuchung) 4.4 Ausarbeiten eines Verfahrens zur Messung oder Beobachtung (Messgeräte, Nachweisverfahren) 4.5 Planung des Aufbaus der Untersuchung und des Ablaufs festlegen 4.6 Protokollierung vorbereiten
	5 Durchführung 5.1 Auswählen und Aufbauen der Geräte (Material) 5.2 Nutzung der Werkzeuge und Geräte (Aufbau der Untersuchung) 5.3 Sammeln und Aufzeichnen der Daten (Durchführung) 5.4 Organisieren der Daten, Zusammenfassung der Beobachtung
Daten auswerten und interpretieren	6 Daten auswerten 6.1 Daten mathematisch und / oder graphisch aufbereiten 6.2 Vergleichen mit anderen Daten 6.3 Beurteilung der Verlässlichkeit der Daten (Fehlerbetrachtung / Methodendiskussion: Genauigkeit, Objektivität)
	7 Daten interpretieren 7.1 Beziehungen aufzeigen, Daten interpretieren / Schlussfolgerungen ziehen, die zu den Daten passen 7.2 Vergleich der Daten mit der Hypothese (Verifizieren / Falsifizieren der Hypothese) 7.3 Die eigenen Experimente mit dem bisherigen Kenntnisstand in Verbindung bringen (Theoriebezug) 7.4 Die eigene Untersuchung mit Modellen und Theorien in Verbindung bringen (Generalisierung) 7.5 Weiterführende Untersuchungen vorschlagen bzw. neue Fragen formulieren zur Stützung der Theorie

Die bei einer Untersuchung eingesetzten Methoden müssen eindeutige Ergebnisse liefern. Das Erkenntnisssystem bestimmt dabei wesentlich die Charakteristika der Naturwissenschaften (Mayer & Ziemek 2006). Daher unterscheiden sich Naturwissenschaften von anderen Wissenssystemen durch spezifische Bedingungen:

- Prinzip der Falsifizierbarkeit
- Prinzip der Reproduzierbarkeit

- Prinzip der Transsubjektivität
- Prinzip der Wertfreiheit

Die Standards der Erkenntnisgewinnung schließen ein Verständnis des wissenschaftlichen Erkenntnisweges mit ein. Um diesen Erkenntnisweg verfolgen zu können, müssen wissenschaftliche Untersuchungen eingesetzt werden, welche wiederum das Beherrschen von spezifischen Arbeitstechniken in den naturwissenschaftlichen Fächern erfordern (Mayer 2007).

Die Qualifizierung der Lehrkräfte im Modul „Erkenntnisgewinnung im naturwissenschaftlichen Unterricht“ ist darauf ausgerichtet, die in den Naturwissenschaften erarbeiteten Konzepte und Theorien als das Produkt einer empirischen Beobachtung, die von einer kritischen und objektiven Weltsicht geprägt ist (Mayer 2006), zu verstehen. Eine Vertiefung dieses Verständnisses naturwissenschaftlicher Erkenntnisgewinnung ist ein wesentliches Element zur Stärkung des Fachmethodischen Wissens von Lehrkräften (siehe Kapitel 2.3.3).

6.2 Standards der Erkenntnisgewinnung im naturwissenschaftlichen Fachunterricht

Fachwissen und Fachdidaktisches Wissen beschreiben bedeutende Prädiktoren für die erwartete positive Lernleistung der Schülerinnen und Schüler (siehe Kapitel 2.3.4 und 2.3.5). Sie stellen zentrale Elemente der Unterrichtsentwicklung dar, die wesentlich für die Qualitätsentwicklung im standardorientierten naturwissenschaftlichen Fachunterricht sind (Shulmann 2004; KMK 2004 d, e, f, 2008; Abell 2007).

Erste Untersuchungen bestätigen diese Annahme im Fach Mathematik (Blum, Krauss & Neubrand 2008; Krauss, Kunter, Brunner et al. 2004; Blömeke, Kaiser & Lehmann 2008). Auf einen ähnlichen Zusammenhang deuten die im Rahmen dieser Untersuchung vorgestellten mittleren bis starken Korrelationskoeffizienten sowohl der Kompetenzkonstrukte der Erkenntnisgewinnung in den Facetten „Kompetenzorientiert Unterrichten“ und „Kompetenzbezogene Ziele erreichen“ als auch in den Dimensionen „Wissenschaftsverständnis“, „Wissenschaftliches Denken“ und „Arbeitstechniken“ hin (siehe Kapitel 5.3).

Kenntnisse von fachbezogenen Konzepten, Inhalten und der Fachmethodik sind neben dem Fachdidaktischen Wissen für die Unterrichtsgestaltung und damit für die Lernleistung im naturwissenschaftlichen Unterricht bedeutsam (Baumert 2006; Baumert, Kunter & Brunner 2004; Blömeke 2003; Blömeke, Reinhold & Tulodzieki 2004). Ohne umfassende Kenntnisse der fachbezogenen Inhalte ist eine positive Qualitätsentwicklung im naturwissenschaftlichen Unterricht nicht zu erwarten (Shulman 2004; Bromme 1997, 2004).

Die Materialien und Medien der Bausteine des Moduls „Kompetenzorientiert Lehren und Lernen“ (siehe Anhang B.2) arbeiten die Kompetenzkonstrukte und Standards der Erkenntnisgewinnung für die Fortbildung der Lehrkräfte auf. Im Mittelpunkt steht die Vertiefung fachmethodischer Kenntnisse und Fertigkeiten, die darauf ausgerichtet sind, Lehr- und Lernprozesse stärker auf die Standards im Kompetenzbereich Erkenntnisgewinnung (KMK 2004 a, b, c) auszurichten. Die Qualifizierung der Lehrkräfte greift in diesem Modul die Wechselwirkungen zwischen den Fachinhalten und Konzepten auf, verbunden mit der Erwartung, dass diese von den Lehrkräften differenzierter erfasst (Appleton 1995), die Lernsituationen stärker auf die Anforderungen im Kompetenzbereich Erkenntnisgewinnung ausgerichtet (Wenner 1993, 1995; Harlen 1997; KMK 2004 a, b, c; Mayer 2007) und Anforderungen standardorientierter

graduiert werden (vgl. Kapitel 5.3). Auch in diesem zweiten Modul (siehe Abbildung 2, Seite 58) werden die Lehrkräfte durch beispielhafte Lernsituationen unterstützt (Harlen 1997), die kompetenzbezogenen Ziele im naturwissenschaftlichen Unterricht noch umfassender zu erreichen (siehe Kapitel 5.2). Die Materialien und Medien konkretisieren die Kompetenzkonstrukte der Erkenntnisgewinnung unterrichtsbezogen und differenzieren die Standards der Erkenntnisgewinnung lernprozessorientiert (siehe Kapitel 3.4).

In Abbildung 6 wird die Komplexität im Verlauf einer naturwissenschaftlichen Untersuchung mit den kognitiven Lernleistungen in Beziehung gesetzt.

Naturwissenschaftliches Arbeiten kann in fünf Ebenen differenziert werden (Mayer 2002):

1. Arbeitstechniken,
2. Untersuchungsmethoden,
3. Wissenschaftliches Denken und Argumentieren,
4. Wissenschaftspropädeutik,
5. Forschender Unterricht.

Diese fünf Ebenen lassen sich in einem Stufenmodell nach steigender Komplexität und kognitiven Fähigkeiten der Schülerinnen und Schüler darstellen. Das heißt, je höher der Grad der Komplexität ist, desto stärker wird die kognitive Fähigkeit der Schülerinnen und Schüler gefordert (Kunz & Mayer 2008 d).



Abbildung 6: Komplexität und kognitive Fähigkeiten naturwissenschaftlicher Arbeitsweisen (nach: Kunz & Mayer 2008 d).

Sowohl „Fachgemäße Denk- und Arbeitsweisen“ als auch „wissenschaftspropädeutisches Wissen“ (Mayer 2002) sind ein wesentlicher Teil der naturwissenschaftlichen Grundbildung (vgl. Kapitel 2.1). Die nationalen Bildungsstandards der naturwissenschaftlichen Fächer sind darauf ausgerichtet, die naturwissenschaftliche Grundbildung zu fördern (KMK 2004 a, b, c). Im Kompetenzbereich Erkenntnisgewinnung sind in den Standards die Fähigkeiten und Fertigkeiten beschrieben, welche zur Durchführung einer naturwissenschaftlichen Untersuchung im Unterricht bedeutsam sind (Frank 2005; Mayer & Ziemek 2006).

Das in Abbildung 7 vorgestellte „Modell zur Entwicklung wissenschaftsmethodischer Kompetenzen“ konkretisiert die Kompetenzkonstrukte und Standards der Erkenntnisgewinnung unterrichtsbezogen. Die drei Dimensionen „Arbeitstechniken“, „Wissenschaftliches Denken“ und „Wissenschaftsverständnis“ liefern Hinweise zur systematischen und inhaltsbezogenen Entwicklung der in den Bildungsstandards beschriebenen Kenntnisse und Fertigkeiten (Mayer 2007). Die Kenntnis verschiedener Arbeitstechniken ist grundlegend für das Verfolgen naturwissenschaftlicher Untersuchungen (z. B. Betrachten, Beobachten, Experimentieren, siehe Mayer 2004). Verschiedene Untersuchungsmethoden begründet auszuwählen und als Mittel wis-

senschaftlicher Erkenntnisgewinnung zu nutzen, ist ein wesentliches Element des wissenschaftsmethodischen Verständnisses (Mayer & Ziemek 2006).

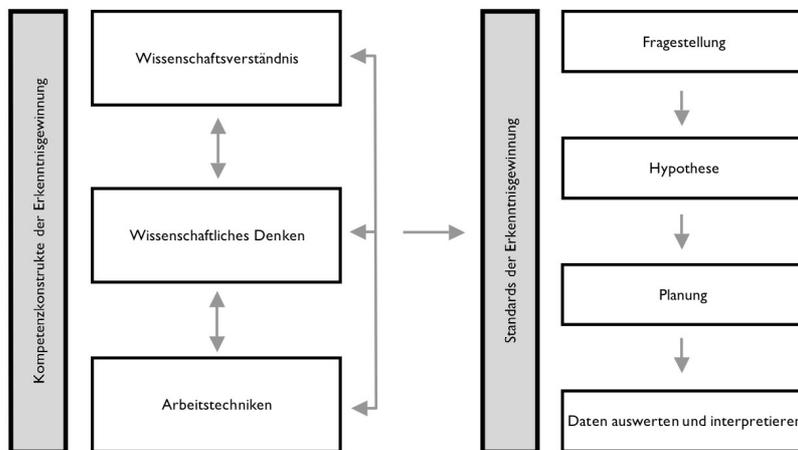


Abbildung 7: Modell zur Entwicklung wissenschaftsmethodischer Kompetenzen (verändert nach: Mayer & Ziemek 2006, Mayer 2007).

Die Kompetenzdimensionen strukturieren die im Kompetenzbereich Erkenntnisgewinnung beschriebenen Standards (Mayer 2007) im Hinblick auf deren Komplexität. Das Modell liefert somit auch Hinweise zur systematischen Entwicklung der in den Standards konkretisierten Kenntnisse und Fertigkeiten im Unterricht (siehe Anhang B.2.1). Die Entwicklung Wissenschaftlichen Denkens und wissenschaftsmethodischer Fähigkeiten tragen zudem als eigenständige Bildungsfunktion zu einem nachhaltigeren Verständnis der Naturwissenschaften bei (Mayer 2004).

Die Durchführung einer naturwissenschaftlichen Untersuchung setzt die Standards der Erkenntnisgewinnung themenbezogen im Fachunterricht um und leistet somit einen Beitrag zur Implementation der Bildungsstandards im Kompetenzbereich Erkenntnisgewinnung (KMK 2004 a, b, c).

6.3 Forschendes Lernen im standardorientierten naturwissenschaftlichen Fachunterricht

Mit geeigneten fachdidaktischen Konzepten schaffen Lehrkräfte die Voraussetzungen für schülerorientierte Lernsituationen, in denen Kenntnisse und Fertigkeiten im Kompetenzbereich Erkenntnisgewinnung erworben werden (Harlen 1997; Schriver & Czerniak 1999; KMK 2004 a, b, c, d, e, f, 2008; Hof & Mayer 2008). Mit umfassendem Fachwissen und der Kenntnis fachdidaktischer Konzepte gelingt es Lehrkräften im Besonderen, naturwissenschaftlichen Fachunterricht lernwirksam zu gestalten (Riggs 1994; Harlen 1997; Harlen & Holroyd 1997; Hof & Mayer 2008; Schmelzing 2010).

Zur Stärkung des Professionswissens von Lehrkräften in den Naturwissenschaften ist es zudem hilfreich (vgl. Kapitel 2.3.1, 2.3.2 und 2.3.3), den Vernetzungsgrad von Wissen und Können zu erhöhen (Bromme 1992, 2008) und die zunehmende Integration neuer Kenntnisse und Fertigkeiten berufsbegleitend durch kompetenzorientierte Lehr- und Lernarrangements weiter zu entwickeln (Oser 2001 a, b; Baumert & Kunter 2006; KMK 2008).

Im zweiten Modul "Kompetenzorientiert Lehren und Lernen und Lernen" und im dritten Modul "Diagnostizieren und Fördern: Lernen im naturwissenschaftlichen Unterricht" (siehe Abbildung 3, Seite 78) werden diese Hinweise zur Förderung der Kompetenzen von Lehrkräften zusammen geführt (Kapitel 5.1, 5.2 und 5.3), in dessen Mittelpunkt das Forschende Lernen steht. In den Materialien und Medien der Bausteine werden den Lehrkräften in der Fortbildung Anregungen zur Gestaltung von Lehr- und Lernsituationen vorgestellt, die darauf ausgerichtet sind, die Kompetenzkonstrukte und Standards der Erkenntnisgewinnung (vgl. Kapitel 3.4) differenzierter im standardorientierten naturwissenschaftlichen Fachunterricht (KMK 2004 a, b, c) wirksam werden zu lassen (Abbildung 2, Seite 58). Unter anderem beschreiben die Gewichtung von Theorie- und Praxisphasen, eine stärkere Ausrichtung der Gesprächsführung auf das „naturwissenschaftliche Denken“ (Harlen 1997), die Öffnung der Lernsituation mit dem Ziel naturwissenschaftliches Arbeiten für die Lernenden „erfahrbar zu machen“ (Wenner 1997; Mayer 2004) und die weiter reichende Berücksichtigung anwendungsbezogener Ansätze zur Stärkung naturwissenschaftlicher Denk- und Arbeitsweisen (Mayer 2004; Baumert, Blum, Brunner et al. 2006) wichtige

Elemente zur Weiterentwicklung des naturwissenschaftlichen Fachunterrichts (siehe Kapitel 2.2.1).

Das Forschende Lernen beschreibt ein umfassendes fachdidaktisches Konzept, um Lernen und Lehren im naturwissenschaftlichen Unterricht im Sinne eines Problemlöseprozesses zu gestalten (Mayer & Ziemek 2006; Mayer 2007). Durch das Forschende Lernen wird zudem ein Konzept vorgelegt, das die für naturwissenschaftliche Untersuchungen notwendigen Kenntnisse und Fertigkeiten theoriebasiert, fachbezogen und systematisch entwickelt (Mayer & Ziemek 2006).

Forschendes Lernen richtet somit den Blick auf „*die Vermittlung wissenschaftsmethodischer Kompetenzen der Erkenntnisgewinnung*“ (Mayer 2004; Mayer & Ziemek 2006). Insbesondere das Wissenschaftliche Denken und die Arbeitstechniken werden stärker in den Fokus des naturwissenschaftlichen Unterrichts gerückt (vgl. Kapitel 2.1). Die Standards der Erkenntnisgewinnung (Grube, Möller & Mayer 2007) eröffnen Möglichkeiten der themengebundenen Erarbeitung wissenschaftsmethodischer Kompetenzen wie z. B. dem Beherrschen von Arbeitstechniken, der Kenntnis naturwissenschaftlicher Untersuchungsmethoden sowie der Durchführung einer naturwissenschaftlichen Untersuchung im Fachunterricht (Kunz & Mayer 2008 f).

Das Forschende Lernen ist „*eine spezifische Lernaktivität, bei der sich Lernende mittels eines wissenschaftlichen Erkenntnisprozesses zugleich Lerninhalte und Erkenntnismethoden aneignen*“ (Mayer & Ziemek 2006). Forschendes Lernen fasst die vier Elemente einer „*Orientierung an Problemstellungen*“, der „*Selbständigkeit und Offenheit*“, „*Kooperation*“ und „*Einbindung in Kontexte*“ zu einem fachdidaktischen Konzept zusammen (Mayer & Ziemek 2006), wie in Abbildung 8 dargestellt.

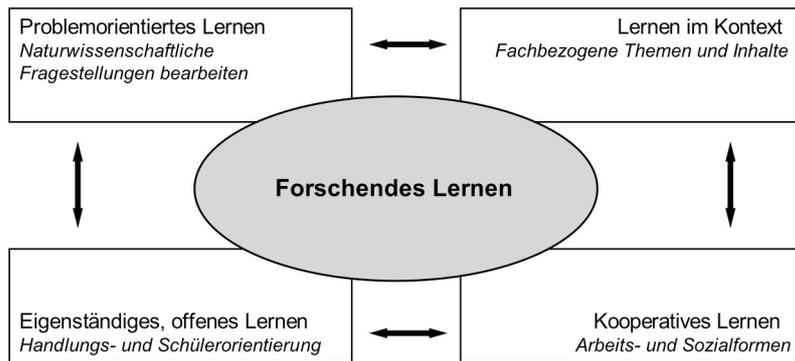


Abbildung 8: Elemente Forschenden Lernens (verändert nach: Mayer & Ziemek 2006)

Zunächst gilt es seitens der Lehrkräfte eine Lernsituation im naturwissenschaftlichen Fachunterricht zu schaffen, in der Forschendes Lernen stattfinden kann. Im Mittelpunkt steht dabei ein Problem (z. B. eine Fragestellung, die durch eine naturwissenschaftliche Untersuchung bearbeitet werden kann (Kunz & Mayer 2008 h).

Werning und Kriwet (1999) sprechen von einem Problem, wenn ein Individuum „*sich in einem inneren oder äußeren Zustand befindet, den es aus irgendwelchen Gründen nicht für wünschenswert hält, aber im Moment nicht über Mittel verfügt, um den unerwünschten Zustand in den wünschenswerten Zielzustand zu überführen*“. Sie unterscheiden zwischen zwei Arten von Problemen: die prinzipiell lösbaren und die prinzipiell unlösbaren. Erstere werden als konvergierende Probleme bezeichnet und haben eine Lösung. Unlösbare Probleme bezeichnet man als divergierende Probleme, sie haben nicht nur eine Lösung. Bei divergierenden Problemen müssen Lösungen „*erfunden und nicht gefunden werden*“ (Werning & Kriwet 1999). Im naturwissenschaftlichen Unterricht ist sowohl der Umgang mit konvergent lösbaren Problemen wichtig als auch der Umgang mit divergent entscheidbaren Problemen, da nur so der Umgang mit Unsicherheit und auch die Fähigkeit für das Finden von Lösungen erlernt werden kann (Werning & Kriwet 1999; Mayer 2007).

Neber (2002) bezeichnet daher das „Entdeckende Lernen“ als „*Lernform, bei der Lernende Informationen selbständig suchen und transformieren sowie Wissen durch eigene Aktivitäten konstruieren*“. Schülerinnen und Schüler bauen im Verlauf einer naturwissenschaftlichen Untersuchung Wissen auf, welches über die dargebotene Information hinausgeht. Lernen wird hier als Problemlöseprozess verstanden, bei dem Lernen im naturwissenschaftlichen Unterricht und wissenschaftliches Forschen verknüpft werden (Mayer 2006). Im naturwissenschaftlichen Unterricht erfolgen „Entde-

ckungen“ meist durch das Anwenden wissenschaftlicher Untersuchungsmethoden, im Wesentlichen durch Betrachten, Beobachten und Experimentieren (vgl. Kapitel 3.4).

Beim Forschenden Lernen wird der Lernprozess darauf ausgerichtet, dass Möglichkeiten selbstständigen Arbeitens eröffnet werden. Offenes, eigenständiges Lernen führt zu einem schüler- und prozessorientierten Unterricht, der sich an den Phasen einer naturwissenschaftlichen Untersuchung orientiert (siehe Abbildung 7, Seite 154). Die Schülerinnen und Schüler sind aktiv in den Lernprozess eingebunden, wodurch ihre Motivation angesprochen wird (Mayer & Ziemek 2006; Mayer 2002).

Ein Lernen in authentischen Kontexten richtet das „Forschende Lernen“ in realitätsnahe und anwendungsbezogene Kontexte aus Alltag, Technik und Wissenschaft aus. Diese Kontexte können sowohl Ausgangspunkt von Fragestellungen als auch Orte der Anwendung erworbener Kenntnisse und Fertigkeiten sein (Mayer 2006). Durch den Alltagsbezug werden Anwendung und Transfer des Gelernten auf außerschulische Lebenssituationen gefördert. Können die Schülerinnen und Schüler einen Zugang zum Kontext herstellen und diesen nachvollziehen, gelingt es, das Interesse und die Neugier der Schülerinnen und Schüler zu wecken (Kunz & Mayer 2008 g). Realitätsnahe Probleme, die auch für Schüler eine Relevanz haben, wirken sich positiv auf deren Motivation aus (Mayer & Ziemek 2006; Mayer 2007).

Das Lernen und Arbeiten in kleinen Gruppen fordert soziale und personale Kompetenzen ein. Die Gruppe gelangt in der Regel zu besseren Erkenntnissen als große Arbeitsgruppen (Mayer 2002, 2004; Mayer & Ziemek 2006).

Im naturwissenschaftlichen Unterricht stellt das Problem somit ein „*naturwissenschaftliches bzw. biologisches Phänomen dar*“ (Mayer 2002). Es ist für die Schülerinnen und Schüler etwas subjektiv Neues. Zu Beginn des Lernprozesses besteht die Anforderung darin, ein Problem zu erkennen und sich dessen bewusst zu werden. Das Problem kann aber auch bewusst durch die Lehrkraft eingebracht oder aufgeworfen worden sein (Mayer 2007). „*Phänomene werden demonstriert, die dem bisherigen Wissen und den daraus resultierenden Erwartungen und Prognosen der Schüler widersprechen*“ (Neber 2002).

In Abbildung 9 (Seite 159) werden zentrale Elemente des Forschenden Lernens mit didaktischen Leitlinien und den Phasen einer naturwissenschaftlichen Untersuchung verknüpft (siehe Kapitel 3.4). Für die einzelnen Teilkompetenzen der Standards der Erkenntnisgewinnung (Mayer 2007; Grube, Möller & Mayer 2007) werden die Kenntnisse und Fertigkeiten phasenbezogen ausgewiesen (vgl. Tabelle 49, Seite 147). Diese konkretisieren die Kenntnisse und Fertigkeiten der Standards im Kompetenzbereich Erkenntnisgewinnung (KMK 2004 a, b, c) im naturwissenschaftlichen Unterricht (vgl. Kapitel 6.1 und 6.2).

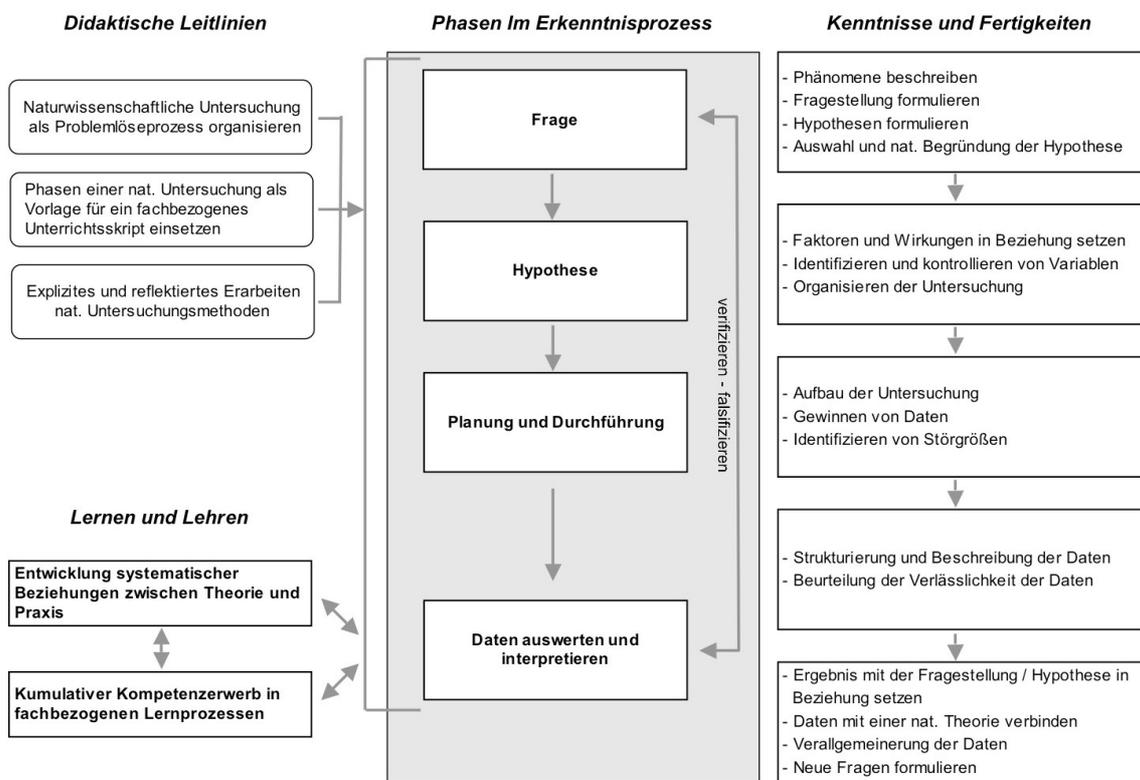


Abbildung 9: Implementation Forschenden Lernens im naturwissenschaftlichen Unterricht (nach: Kunz & Mayer 2008 h).

Natürlich schafft ein Problem allein kein Forschendes Lernen, doch es ist der Ausgangspunkt, um Forschendes Lernen stattfinden lassen zu können. „Anstelle vorbereiteter Erklärungen und Antworten der Lehrenden werden antwortsuchende Fragen und Problemlöseversuche der Lernenden in ihrer Wissensaufbauenden Funktion betrachtet“ (Hasselhorn & Gold 2006).

Das bedeutet, die von der Lehrkraft geplanten und begleiteten Lernprozesse sollten einen „*selbständigen Wissenserwerb*“ (Hasselhorn & Gold 2006) anleiten. In einem an den Standards der Erkenntnisgewinnung ausgerichteten naturwissenschaftlichen Unterricht werden die Kenntnisse zur Anlage und Durchführung einer naturwissenschaftlichen Untersuchung thematisch gebunden eingefordert (Mayer 2007) und zugleich der aktive Erwerb von Fertigkeiten und Fähigkeiten im Kompetenzbereich Erkenntnisgewinnung angeleitet (KMK 2004 a, b, c).

Das Forschende Lernen begleitet die Schülerinnen und Schüler in den Phasen einer naturwissenschaftlichen Untersuchung mit dem Ziel, eine „Lösung“ des Problems unter Berücksichtigung der Grundsätze naturwissenschaftlichen Arbeitens zu erreichen (Mayer 2006; Mayer & Ziemek 2006). Von besonderer Bedeutung ist es im Verlauf einer naturwissenschaftlichen Untersuchung, dass die Schülerinnen und Schüler eine eigene Fragestellung für das Problem entwickeln, das sich ihnen stellt, und eigene Vermutungen und Hypothesen aufstellen (vgl. Kapitel 6.2), um das Problem in seiner Gänze erfassen zu können und es systematisch und naturwissenschaftlich zu untersuchen (Neber 2002).

In einem am Forschenden Lernen ausgerichteten naturwissenschaftlichen Unterricht tritt die Lehrkraft somit eher in den Hintergrund. Die Schülerinnen und Schüler werden durch das schüler- und handlungsorientierte Unterrichtsskript angeleitet, prozessorientiert den an den Phasen einer naturwissenschaftlichen Untersuchung orientierten Lernweg – vom Problem bis hin zu möglichen Lösungsansätzen – aktiv einzuschlagen. Es ist wichtig, dass Schülerinnen und Schüler „*in die Lage versetzt werden, individuelle Lernstrategien zu nutzen*“ (Hameyer 1999).

Bei der Planung der Lernsituation sollte die Lehrkraft daher darauf achten, dass „*Schülerinnen und Schüler sich beim Entdecken vorhandener Methoden und Hilfsmittel des Vorwissens bedienen, das sie bereits besitzen*“ (Hasselhorn & Gold 2006).

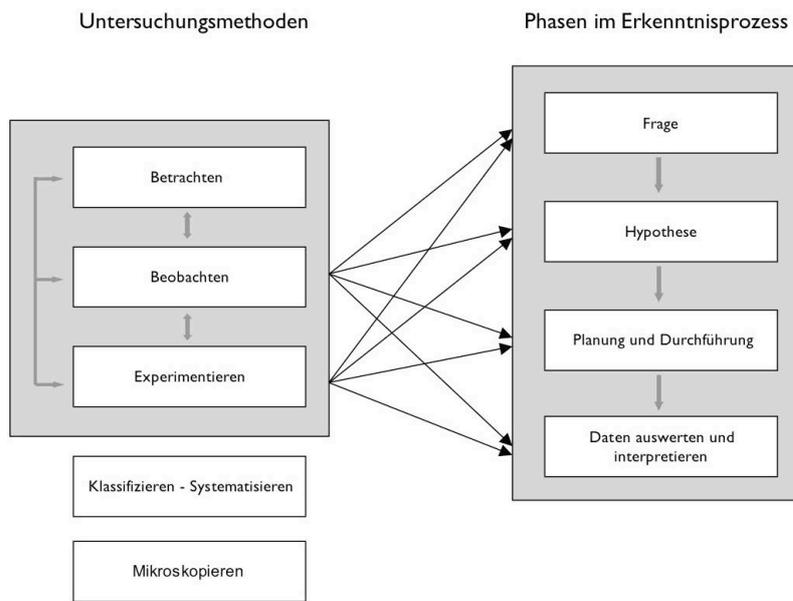


Abbildung 10: Untersuchungsmethoden und Phasen im naturwissenschaftlichen Erkenntnisprozess (nach: Mayer 2007, Kunz & Mayer 2008 h)

Wie in Abbildung 10 dargestellt, werden die Untersuchungsmethoden und Phasen im naturwissenschaftlichen Unterricht beim Forschenden Lernen verknüpft (Kunz & Mayer 2008 h). Zwar ist das „Forschen“ im naturwissenschaftlichen Unterricht oft nur ein Entdecken aus zweiter Hand, also ein „Nach-Entdecken“ durch die Schülerinnen und Schüler, allerdings sind die Phänomene oder Fragestellungen zu diesem Zeitpunkt für die Schülerinnen und Schüler unbekannt. Hier ist es von besonderer Bedeutung, dass es ein *„verstehendes Nachentdecken“ ist, das dem Lernenden ein besonderes Ausmaß an Eigentätigkeit und aktiver und systematischer Auseinandersetzung mit seiner Lernumwelt abverlangt* (Hasselhorn & Gold 2006).

Bei der systematischen Planung einer Lernsituation, die am Forschenden Lernen ausgerichtet ist, ist dann eine hohe Lernprogression zu erwarten, wenn die Schülerinnen und Schüler sich naturwissenschaftliche Untersuchungsmethoden aneignen und lernen, mit diesen selbständig umzugehen, und diese zur Bearbeitung der entwickelten Fragestellung anwenden können (Kunz & Mayer 2008 d). Dabei ist es notwendig, dass die Lehrkraft auf ein umfassendes Fachwissen und fachmethodische Kenntnisse zurückgreifen kann (siehe Kapitel 2.3.3 und 5.3). Diese befähigen die Lehrkraft, die Schülerinnen und Schüler gezielt anzuleiten, ihr erworbenes Wissen und fachmethodische Kenntnisse und Fertigkeiten auf die phasenbezogenen Anfor-

derung im Prozess einer naturwissenschaftlichen Untersuchung zu übertragen, um so zu neuen „Erkenntnissen“ zu gelangen (siehe Tabelle 50, Seite 149).

7 Diskussion

Die Diskussion folgt den im Kapitel 4 vorgestellten Forschungsfragen. Zunächst werden die im Kapitel 5 vorgestellten Befunde mit den Anforderungen an die Professionalisierung von Lehrkräften (vgl. Kapitel 2.3) in Beziehung gesetzt, die erhobenen fachmethodischen Kenntnisse und Fertigkeiten von Lehrkräften im Hinblick auf die Qualitätsentwicklung im naturwissenschaftlichen Unterricht vorgestellt und Anforderungen an die weitere Entwicklung im Kompetenzbereich Erkenntnisgewinnung herausgearbeitet.

Die Beschreibung des verfügbaren fachmethodischen Wissens von Lehrkräften schafft die Grundlage für eine angemessene Anlage der Qualifizierung im Projekt „Kompetenzorientiert unterrichten in Mathematik und Naturwissenschaften“ (vgl. Kapitel 3.2 und 3.4).

Im Anschluss werden Perspektiven für die Entwicklung des Professionswissens von Lehrkräften zusammengetragen, in die auch die Erwartungen und Anforderungen der Lehrkräfte an eine Qualifizierung im Projekt „Kompetenzorientiert unterrichten in Mathematik und Naturwissenschaften“ eingegangen sind.

Abschließend werden die Anforderungen an die Implementation der Kompetenzkonstrukte und Standards der Erkenntnisgewinnung in ausgewählten Modulen zur Entwicklung des Professionswissens von Lehrkräften im Kompetenzbereich Erkenntnisgewinnung in der Anlage konkretisiert (vgl. Kapitel 3.3 und Kapitel 6).

7.1 Die Bedeutung des Fachwissens für die kompetenzorientierte Anlage von Lehr- und Lernprozessen in den naturwissenschaftlichen Fächern

Wie die Mittelwerte zu den Kompetenzkonstrukten der Erkenntnisgewinnung ausweisen, werden die dort beschriebenen Kenntnisse und Fertigkeiten bei der Anlage fachbezogenen Lernens und Lehrens in den naturwissenschaftlichen Fächern „oft“ berücksichtigt (vgl. Tabelle 32, Seite 114). Auch in den Dimensionen zum „Wissenschaftsverständnis“, dem „Wissenschaftlichen Denken“ und den Standards der Erkenntnisgewinnung werden die im Rahmenkonzept wissenschaftsmethodischer Kompetenzen (Mayer 2007) beschriebenen Kompetenzkonstrukte „oft“, die Dimension „Arbeitstechniken“ sogar „sehr oft“ berücksichtigt. Von den Lehrkräften wird den Arbeitstechniken und dem naturwissenschaftlichen Denken als wesentliche Elemente eines Wissenschaftsverständnisses ein hoher Stellenwert beigemessen.

Die Anlage von Lern- und Lehrsituationen orientiert sich weitgehend an den in den Standards der Kompetenzbereiche Fachwissen und Erkenntnisgewinnung beschriebenen Kenntnissen und Fertigkeiten. Die Lehr- und Lernsituationen sind nach der Selbstauskunft der Lehrkräfte im Kompetenzbereich Erkenntnisgewinnung auf den systematischen Erwerb von Kenntnissen und Fertigkeiten im naturwissenschaftlichen Unterricht ausgerichtet (KMK 2004 a, b, c). Die in den Bildungsstandards ausgewiesenen Standards zur Erkenntnisgewinnung werden von den Lehrkräften als bedeutsam für das fachbezogene Unterrichten wahrgenommen. Im Sinne eines kumulativen und systematischen Aufbaus wissenschaftsmethodischer Kompetenzen (Mayer & Ziemek 2006) berücksichtigen die Lehrkräfte im Besonderen die manuellen Fertigkeiten in der Dimension Arbeitstechniken (Mayer 2007). Im Sinne einer naturwissenschaftlichen Grundbildung werden fachwissenschaftliche und fachmethodische Kenntnisse und Fertigkeiten als wichtige Elemente einer nachhaltigen Wissenschaftsorientierung im Unterricht erachtet (KMK 2008).

Die in den Standards zur Lehrerbildung wie auch in den Bildungsstandards differenzierten Kompetenzen (Oser 1997 a, b; Terhart 2002; KMK 2004 a, b, c, d, 2008) sind als aktive Planungsgrößen auf Seiten der Lehrkräfte präsent (vgl. Tabelle A 3 im Anhang A). Insofern ist von dem Professionellen Wissen der Lehrkräfte in der Facette Erkenntnisgewinnung ein wesentlicher Beitrag zur Qualitätsentwicklung im naturwissenschaftlichen Unterricht zu erwarten (Helmke 2003). Offensichtlich können die Lehrkräfte auf bedeutsame fachmethodische Kenntnisse zurückgreifen (vgl. Harlen

1997; Harlen & Holroyd 1997; Wenner 1993; KMK 2008), die in Kombination mit fachdidaktischen Konzepten erfolgreiche, adressatenorientierte Lernangebote im naturwissenschaftlichen Unterricht erwarten lassen (Abell & Pizzini 1992; Schoon & Boone 1998).

Lehrkräfte, mit einem Lehramt in zwei naturwissenschaftlichen Fächern berücksichtigen die Kompetenzkonstrukte und Standards der Erkenntnisgewinnung häufiger als Lehrkräfte mit nur einem naturwissenschaftlichen Fach. Der Befund ist für die Facette „Kompetenzorientiert Unterrichten“ in allen Dimensionen konsistent (vgl. Tabelle 37 Seite 123). Dieser Zusammenhang steht im Einklang mit der von Schriver und Czerniak (1999) aufgezeigten Beziehung zwischen dem Ausbildungsstand und den Erwartungen der Lehrkraft an das Lernarrangement und damit letztlich auch an die Lernprogression der Schülerinnen und Schüler. Lehrkräfte mit zwei naturwissenschaftlichen Fächern haben in der ersten Phase ihrer Ausbildung umfassendere Möglichkeiten, ihre fachwissenschaftlichen und fachmethodischen Kenntnisse und Fertigkeiten weitergehend zu differenzieren als Lehrkräfte mit nur einem naturwissenschaftlichen Fach. Der Zusammenhang zwischen einer umfassenden Ausbildung und den beim kompetenzorientierten Unterrichten eingesetzten fachmethodischen Kenntnissen und Fertigkeiten (Schriver & Czerniak 1999; Blömeke, Kaiser & Lehmann 2008; Krauss, Brunner, Kunter et al. 2008) zur Gestaltung standardorientierter Lehr- und Lernprozesse kann durch die im Rahmen dieser Untersuchung vorgestellten Ergebnisse (siehe Kapitel 5.1) gestützt werden.

Ausbildung und Qualifizierung haben einen großen Einfluss auf das Selbstverständnis der Lehrkräfte, naturwissenschaftliche Themen und Inhalte zu unterrichten (Appleton 1995). Dieser Zusammenhang zwischen einer umfassenden Ausbildung und den damit angestrebten weit reichenden fachwissenschaftlichen und fachmethodischen Kenntnissen und Fertigkeiten (Harlen 1997; Schriver & Czerniak 1999; Blömeke, Kaiser & Lehmann 2008; Krauss, Brunner, Kunter et al. 2008) wird durch die vorliegenden Befunde ebenfalls weitestgehend gestützt. Insofern kann von diesen Lehrkräften die Fähigkeit erwartet werden, qualitativ hochwertige (Helmke 2003) und fachdidaktisch begründete sowie differenzierte Lernprozesse (Mayer & Ziemek 2006) zu planen und zu begleiten. Bei der Planung der Lernsituation nutzen die Lehrkräfte oft fachdidaktische Konzepte, so dass von einem lernprozessorientierten und syste-

matischen Kompetenzerwerb fachmethodischer Kenntnisse und Fertigkeiten ausgegangen werden kann (Bromme 1992, 1997; Oelkers 2000; Neuhaus 2007; Schmelzing 2010).

Da die Lehrkräfte mit zwei naturwissenschaftlichen Fächern bei der Anlage kompetenzorientierten Unterrichts fachmethodische Kenntnisse und Fertigkeiten häufiger berücksichtigen, ist von einer höheren Erwartung an das lernwirksame Handeln auszugehen, verbunden mit einem stärkeren Vertrauen auf die eigenen Fähigkeiten und Fertigkeiten (Schrifer & Czerniak 1999). Insofern ist ein professionelleres Handeln dieser Lehrkräfte zu erwarten. Eine stärkere Orientierung an den Kompetenzkonstrukten und Standards zur Erkenntnisgewinnung hat einen positiven Einfluss auf die Unterrichtsqualität und trägt somit zu einem verbesserten Unterrichtsangebot bei (Helmke 2003; Baumert, Kunter & Brunner 2004; Baumert 2006; Krauss, Brunner, Kunter et al. 2008; Blömeke, Kaiser & Lehmann 2008).

Umfassendere Kenntnisse in den Bereichen Fachwissen und Fachmethodik lassen eine hohe Qualität der Lernangebote im naturwissenschaftlichen Unterricht erwarten (Harlen 1997; Harlen & Holroyd 1997; Helmke 2003), die adressatenorientiert die Standards – insbesondere im Kompetenzbereich Erkenntnisgewinnung – fachbezogen konkretisieren (KMK 2004 a, b, c).

7.2 Erwartungen von Lehrkräften an das fach- und unterrichtsbezogene Handeln zur Lernprogression der Schülerinnen und Schüler im naturwissenschaftlichen Unterricht

Im Hinblick auf die Erwartungen an die Lernprogression der Schülerinnen und Schüler werden die kompetenzorientierten Ziele im naturwissenschaftlichen Unterricht nach Selbstauskunft der Lehrkräfte in der Facette „Kompetenzorientiert Unterrichten“ „oft“ erreicht. Allerdings bleiben die Mittelwerte dieser Facette hinter der Facette „Kompetenzbezogene Ziele erreichen“ zurück (vgl. Tabelle A 1 im Anhang A).

Insbesondere werden die kompetenzbezogenen Ziele in der Dimension „Arbeitstechnik“ oft erreicht, der Mittelwert von 4,04 markiert in dieser Facette zudem den höchsten Wert. Die Lehrkräfte erwarten in der Dimension „Arbeitstechniken“ den größten Lernzuwachs (vgl. Welzel, Haller & Bandiera 1998 a). Dies knüpft an Erwartungen in den Planungen kompetenzorientierter Lernsituationen an (vgl. Kapitel 5.2). Die grundlegende Bedeutung von „Arbeitstechniken“ im Kompetenzkonstrukt Erkenntnisgewinnung wird von den Lehrkräften im naturwissenschaftlichen Unterricht wahrgenommen und durchgängig berücksichtigt.

Zwischen den Facetten „Kompetenzorientiert Unterrichten“ und „Kompetenzbezogene Ziele erreichen“ besteht eine hohe Korrelation (siehe Tabelle 39). Die bei der Planung seitens der Lehrkräfte eingesetzten fachmethodischen Kenntnisse und Fertigkeiten werden in einem unmittelbaren, starken Zusammenhang mit der Lernprogression im naturwissenschaftlichen Unterricht gesehen. Der Zusammenhang besteht mit einer ähnlichen Stärke auch in den Dimensionen „Wissenschaftsverständnis“, „Wissenschaftliches Denken“, „Arbeitstechniken“ und zum „Fachdidaktisches Wissen“.

Des Weiteren konnten keine lehramtsspezifischen Unterschiede festgestellt werden. Insofern scheinen die Standards der KMK für die Lehrerbildung in dem Bereich Fachwissen und Fachdidaktisches Wissen wirksam umgesetzt worden zu sein, wengleich diese unabgänglich von dem Lehramt formuliert sind (KMK 2008).

Bedeutsame Ziele für das naturwissenschaftliche Arbeiten sind aus der Perspektive der Lehrkräfte die Anforderungen, Theorie und Praxis miteinander zu verbinden, Methoden wissenschaftlichen Denkens einzuführen und Arbeitstechniken zu erwerben

(Welzel, Haller & Bandiera 1998 a). Im Hinblick auf die Facetten „Kompetenzorientiert Unterrichten“ und „Kompetenzbezogene Ziele erreichen“ sowie den Dimensionen „Wissenschaftsverständnis“, „Wissenschaftliches Denken“ und „Arbeitstechniken“ weisen die vorliegenden Befunde in die gleiche Richtung.

Darüber hinaus geben die Unterschiede zwischen den Mittelwerten beider Facetten und ihrer Dimensionen „Wissenschaftsverständnis“ und „Wissenschaftliches Denken“ und „Arbeitstechniken“ auch einen Hinweis auf einen möglichen Entwicklungsbedarf im Hinblick auf die kompetenzorientierte Ausrichtung des naturwissenschaftlichen Unterrichts. Um die Konkretisierung der Standards im Kompetenzbereich Erkenntnisgewinnung in fachbezogenen Lehr- und Lernsituationen zu fördern, wird auf den unmittelbaren Zusammenhang zwischen dem Fachwissen und der Qualitätsentwicklung hingewiesen (Harlen 1997; KMK 2004 d, f, 2008; Krauss, Brunner, Kunter et al. 2008).

Zudem stellt der Ausbildungsstand einer Lehrkraft einen wesentlichen Einflussfaktor für den Lernerfolg der Schülerinnen und Schüler dar (Wenner 1993, 1995; Schoon & Boone 1998). Obgleich die Befunde zur Einschätzung der Wirksamkeit unterrichtsbezogenen Handelns bei Lehrkräften teilweise inkonsistent sind (Abell 1997), konnten Fachwissen und Fachmethodisches Wissen – unter anderem Kenntnisse naturwissenschaftlicher Erkenntnisgewinnung (Mayer, Grube & Möller 2008) – als wesentliche Faktoren beschrieben werden, die für eine Qualitätsentwicklung im Unterricht bedeutsam sind (Wenner 1995; Schriver & Czerniak 1999; Lipowsky 2006; Blömeke, Kaiser & Lehmann 2008; Krauss, Brunner, Kunter et al. 2008). Die Stärkung fachmethodischer Elemente zeigte einen positiven Effekt im Hinblick auf deren stärkere Berücksichtigung im naturwissenschaftlichen Unterricht (Wenner 1995). Dieser Zusammenhang gibt einen ersten Hinweis auf weitergehende Implementation der Kompetenzkonstrukte und Standards der Erkenntnisgewinnung im naturwissenschaftlichen Fachunterricht auf einer höheren Niveaustufe (Möller, Grube & Mayer 2007).

Lehrkräfte mit einem Lehramt in zwei naturwissenschaftlichen Fächern schätzen in der vorliegenden Untersuchung den Lernertrag der Schülerinnen und Schüler in der Dimension „Wissenschaftsverständnis“ und „Arbeitstechniken“ höher ein als Lehrkräfte mit einem naturwissenschaftlichen Fach. Dieser schwach positive Zusammenhang zwischen dem Ausbildungsstand und den Erwartungen der Lehrkraft an den Erwerb

von Kenntnissen und Fertigkeiten im naturwissenschaftlichen Unterricht deutet an, dass die Fächerkombination einen Einfluss auf den angestrebten Erwerb von fachmethodischen Kenntnissen und Fertigkeiten im naturwissenschaftlichen Unterricht hat (Schriver & Czerniak 1999; Shulman 2004; Blömeke, Kaiser & Lehmann 2008; Krauss, Brunner, Kunter et al. 2008).

Ein Vergleich der Mittelwerte in den Dimensionen „Wissenschaftsverständnis“ und „Arbeitstechniken“ der Kompetenzkonstrukte zur Erkenntnisgewinnung (vgl. Kapitel 5.2 und 5.3) weist auch auf den zuvor beschriebenen Zusammenhang zwischen der Erwartung der Lehrkraft an die Lernprogression der Schülerinnen und Schüler und ihrem Ausbildungsstand hin: Je höher die Qualifikationsstufe der Lehrkraft, umso größer sind ihre Erwartungen an die Wirksamkeit ihres unterrichtsbezogenen Handelns und den intendierten Lernertrag auf Seiten der Schülerinnen und Schüler (Schriver & Czerniak 1999). Die hier beschriebenen Befunde zur Bedeutung der Anzahl naturwissenschaftlicher Fächer in der Facette „Kompetenzbezogene Ziele erreichen“ weisen in die gleiche Richtung wie die von Wenner (1995) vorgestellten Befunde: Hier wurde eine enge Beziehung zwischen dem Fachwissen und der Einschätzung des selbstwirksamen Handelns der Lehrkraft beschrieben.

Zudem könnte dieser Befund auch als ein Hinweis auf einen positiven Zusammenhang zwischen der zur Verfügung stehenden Ausbildungszeit und der Lernprogression während der Ausbildung und in der berufsbegleitenden Qualifizierung interpretiert werden. Dies ist insofern von Interesse, da im Fach Mathematik ein vergleichbarer Zusammenhang zwischen der Ausbildungszeit und den fachwissenschaftlichen Kenntnissen im Rahmen der Studien COAKTIV und MT21 hergestellt werden konnte (Lipowsky 2006; Blömeke, Kaiser & Lehmann 2008; Krauss, Brunner, Kunter et al. 2008). Für das Fachdidaktische Wissen von Lehrkräften im Fach Biologie konnten diese Befunde bestätigt werden (Schmelzing 2010). Die in der vorliegenden Untersuchung dargestellten Ergebnisse in den Dimensionen „Wissenschaftsverständnis“ und „Arbeitstechniken“ geben einen ersten Hinweis auf einen ähnlichen Zusammenhang bezüglich des Fachmethodischen Wissens von Lehrkräften.

In den Facetten „Kompetenzorientiert Unterrichten“ und „Kompetenzbezogene Ziele erreichen“ besteht allerdings kein statistisch bedeutsamer Zusammenhang bezüglich des Lehramts. Insofern kann die Einschätzung zur Lernprogression nicht durchgängig mit der Anzahl der naturwissenschaftlichen Fächer in Beziehung gesetzt werden

(Abell 1997). Da dieser Befund auch auf die Dimension „Wissenschaftliches Denken“ zutrifft und des Weiteren kein statistisch bedeutsamer Zusammenhang beider Facetten mit den Testaufgaben im zweiten Instrument hergestellt werden konnte, kann dies als Hinweis auf die thematische Ausrichtung einer fachmethodisch orientierten Fortbildung der Lehrkräfte verstanden werden.

Unterstützende Angebote in der Qualifizierung, die geeignet sind, die fachmethodischen Kompetenzen der Lehrkräfte zu erweitern, stärken standardorientierte Lernprozesse im Kompetenzbereich Erkenntnisgewinnung (Wenner 1995; Harlen 1997; Harlen & Holroyd 1997; Mayer 2004, 2007). In diesen Untersuchungen haben die folgenden Elemente die Struktur der Angebote konkretisiert:

- Hilfestellung zur Gesprächsführung in einem am Forschenden Lernen ausgerichteten naturwissenschaftlichen Unterricht
- Unterstützung bei der Vorbereitung von Medien und Materialien für eine naturwissenschaftliche Untersuchung im Unterricht
- Bereitstellen von beispielhaften Lernsituationen, in denen naturwissenschaftliches Denken und die Standards der Erkenntnisgewinnung unter Berücksichtigung der curricularen Anforderungen des Bildungsganges im naturwissenschaftlichen Unterricht konkretisiert werden
- Sequentielle Abfolge aufeinander abgestimmter Theorie- und Praxisphasen; methodische Gestaltung instruktioneller Phasen
- Vorstellen und Erproben von fachdidaktischen Konzepten
- Vorstellung beispielhafter Lehr- und Lernsituationen
- Verbesserungen der Rahmenbedingungen naturwissenschaftlichen Unterrichts in der Schule, technische Unterstützung

Berücksichtigen die Angebote zur Fort- und Weiterbildung in den Dimensionen „Wissenschaftsverständnis“ und „Naturwissenschaftliches Denken“ und Standards der Erkenntnisgewinnung (Mayer 2007) diese zuvor dargestellten Handlungsfelder, so ist zu erwarten, dass insbesondere fachmethodische Kenntnisse und Fertigkeiten noch stärker zum Gegenstand im naturwissenschaftlichen Unterricht werden (Wenner 1995; Harlen 1997). Die Dimensionen der Kompetenzkonstrukte der Erkenntnisgewinnung und Standards der Erkenntnisgewinnung beschreiben somit ein zentrales

Arbeitsfeld in einer fachmethodisch orientierten Qualifizierung der Lehrkräfte, von der ein unmittelbarer Effekt für den Lernertrag der Schülerinnen und Schüler zu erwarten ist (Schecker & Parchmann 2006; Stadler, Ostermeier & Prenzel 2007; Schmelzing & Wüsten 2008; Schmelzing 2010).

Dem naturwissenschaftlichen Arbeiten wird Raum gegeben, der Anteil lehrerzentrierter Phasen reduziert, der Anteil direkter Instruktionen zu Gunsten einer stärkeren Ausrichtung der Gesprächsführung auf die Standards der Erkenntnisgewinnung abgebaut (Wenner 1995; Schriver & Czerniak 1999; Mayer 2007). Durch Materialien, Medien und verbesserte Rahmenbedingungen (siehe auch Kapitel 5.6) kann es den Lehrkräften gelingen, im naturwissenschaftlichen Unterricht neben fachwissenschaftlichen Themen und Inhalten auch fachmethodische Kompetenzen zu stärken und für die Schülerinnen und Schüler erfahrbar zu machen (Abell & Pizzini 1992; Harlen 1997; Schoon & Boone 1998; Matthes, Sandmann & Vogt 2007).

Angebote in der Fort- und Weiterbildung zur Stärkung fachmethodischer Kenntnisse und Fertigkeiten sollten daher darauf ausgerichtet sein, Lernsituationen mit ausgewiesenen Schwerpunkten zu den Kompetenzkonstrukten und Standards der Erkenntnisgewinnung zu fördern, in denen insbesondere die Facetten und ihre Dimensionen des kompetenzorientierten Unterrichtens im naturwissenschaftlichen Unterricht gestärkt werden (Wenner 1995; Harlen 1997; Mayer, Lind, Kroß 1998; Mayer 2002, 2004; Stadler, Ostermeier & Prenzel 2007; Mayer, Möller & Grube 2008).

Themengebundene Beispiele zu Lernsituationen im Fachunterricht, verschiedene fachdidaktische Konzepte kennen lernen (Wenner 1995; Mayer & Ziemek 2006) und diese im naturwissenschaftlichen Unterricht einsetzen sowie eine größere Bereitschaft, fächerübergreifende Fragestellungen in den Mittelpunkt des Unterrichts zu stellen, fassen die Schwerpunkte in der Fort- und Weiterbildung für die Lehrkräfte zusammen (Meyer 1987; Schoon & Boone 1998; Schriver & Czerniak 1999; Mayer 2002, 2004; Mayer & Ziemek 2006; vgl. Kapitel 5.5).

Module und Bausteine in der Fortbildung im Projekt „Kompetenzorientiert unterrichten in Mathematik und Naturwissenschaften“ (siehe Anhang B) sollten darauf ausgerichtet sein, das kompetenzorientierte Unterrichten mit den kompetenzbezogenen Zielen stärker zur Deckung zu bringen und somit den Erwerb von Kenntnissen und Fertigkeiten der Schülerinnen und Schüler im Kompetenzbereich Erkenntnisgewin-

nung weitergehend zu unterstützen (KMK 2004 a, b, c; Kunz & Mayer 2007 c, 2009 e).

7.3 Standards der Erkenntnisgewinnung: Kenntnisse und Fertigkeiten in den Teilkompetenzen einer naturwissenschaftlichen Untersuchung

Die fachmethodischen Kenntnisse und Fertigkeiten in der Facette Erkenntnisgewinnung im Wissensbereich Fachwissen stehen im Mittelpunkt der offenen Aufgaben, dem zweiten Instrument der Untersuchung. Die an Standards der Erkenntnisgewinnung ausgerichteten Aufgaben fordern bei ihrer Bearbeitung durch die Lehrkräfte Kenntnisse und Fertigkeiten in den Teilkompetenzen einer naturwissenschaftlichen Untersuchung ein.

Die niveaubezogenen Einstufungen der von den Lehrkräften erarbeiteten Lösungen gingen mit einem Mittelwert von 1,40 (bei ausschließlicher Berücksichtigung der Items mit ausreichender Trennschärfe: $M = 1,39$) über das Niveau 1 hinaus. Somit wurde im Rahmen dieser Untersuchung von den Lehrkräften die Niveaustufe 2 der insgesamt fünfstufigen Skala nicht erreicht. Zudem besteht zwischen den beiden Facetten „Kompetenzorientiertes Unterrichten“ und „Kompetenzbezogene Ziele erreichen“ im ersten Instrument kein statistisch bedeutsamer Zusammenhang.

Dies ist insofern bemerkenswert, da einerseits die Mittelwerte der Facetten „Kompetenzorientiert Unterrichten“ und „Kompetenzbezogene Ziele erreichen“ auf einen hohen Stellenwert dieser in den Facetten und Dimensionen repräsentierten Kenntnisse und Fertigkeiten im Kompetenzbereich Erkenntnisgewinnung für das fachbezogene Lernen und Lehren im naturwissenschaftlichen Unterricht hinweisen. Darüber hinaus bestehen zwischen beiden Facetten und ihren Dimensionen im ersten Instrument des Erhebungsbogens hohe Korrelationen, die statistisch abgesichert werden konnten. Dies unterstreicht nachdrücklich die Bedeutung der Kompetenzkonstrukte der Erkenntnisgewinnung in den Dimensionen „Wissenschaftsverständnis“, „Wissenschaftliches Denken“ und „Arbeitstechniken“ für die Wissensbereiche Fachwissen und Fachmethodik. Die Kompetenzkonstrukte und Standards zur Erkenntnisgewinnung werden von den Lehrkräften durchgehend berücksichtigt und im Fachunterricht als wesentlich erachtet.

Andererseits lassen sich die Angaben der Lehrkräfte zu einer bestmöglichen Lösung der Testaufgaben im zweiten Instrument der Erhebung über alle Teilkompetenzen einer naturwissenschaftlichen Untersuchung hinweg weitgehend dem Niveau eins zu-

ordnen.

Die niveaubezogene Konkretisierung der Anforderungen in den Teilkompetenzen ist an den Standards der PISA Studie (Stanat, Artelt, Baumert et al. 2002), den Standards in der angloamerikanischen Ausbildung (DfES – *Science – The National Curriculum for England* 1999; NRC - *National Research Council* 1996, 2003) und den deutschen Bildungsstandards orientiert (vgl. Tabelle 13, Seite 87).

Bei der Anlage der Niveaustufen zur Kategorisierung der von den Lehrkräften beschriebenen Lösungen wurde zudem die normative Beschreibung der Kompetenzniveaus von Schülerantworten in der Sekundarstufe I berücksichtigt (Möller, Grube & Mayer 2007), um eine möglichst breite Anschlussfähigkeit zur Konkretisierung der Niveaus sicher zu stellen.

Die in diesen Untersuchungen und den Bildungsstandards beschriebenen mittleren Anforderungen im Kompetenzbereich Erkenntnisgewinnung werden in der Beschreibung dem Niveau drei zugeordnet (vgl. Tabelle 13, Seite 87).

Da die Niveaustufe drei von den Lehrkräften nicht erreicht wird, besteht die Herausforderung darin, sowohl bei der Planung fachbezogenen Lernens und Lehrens als auch bei der Einschätzung der Lernprogression im naturwissenschaftlichen Unterricht die Anforderungen stärker auf die Niveaustufe drei auszurichten. Das Niveau für eine bestmögliche Lösung wird von den Lehrkräften offensichtlich auf einer niedrigeren Stufe als national gefordert und international beschrieben angesetzt.

Zudem konnte zwischen dem ersten und zweiten Instrument des Erhebungsbogens kein statistisch bedeutsamer Zusammenhang hergestellt werden. Indes könnte dieser Befund auch darauf hindeuten, dass die Kenntnisse und Fertigkeiten von den Lehrkräften im Kompetenzbereich Erkenntnisgewinnung mit dem naturwissenschaftlichen Unterricht nur unzureichend in Beziehung gesetzt werden.

Insofern besteht hier eine besondere Herausforderung an das Projekt „Kompetenzorientiert unterrichten in Mathematik und Naturwissenschaften“, einen wesentlichen Beitrag zur differenzierenden, niveaubezogenen Entwicklung von Kenntnissen und Fertigkeiten der Lehrkräfte in den Wissensbereichen Fachwissen und Fachmethodik zu leisten (vgl. Kapitel 3.2, Seite 12).

Zwar wurde bereits darauf hingewiesen, dass Befunde zur Beziehung zwischen dem Fachwissen und der Einschätzung zur Wirksamkeit des Lehrerhandelns im naturwissenschaftlichen Unterricht inkonsistent sind (Abell 1997; Shulman 2004). Allerdings

tendierten Lehrkräfte mit geringeren fachwissenschaftlichen Kenntnissen dazu, in ihrer Selbsteinschätzung ihrem lernwirksamen Handeln einen größeren Stellenwert beizumessen (Wenner 1993, 1995). Fehlendes Fachwissen zeigt sich auch darin, dass Fehlvorstellungen nicht erkannt werden, dass Lehrerhandeln nur oberflächlich reflektiert wird (Appleton 1995) und dass neue Wissensbereiche nicht tiefer gehend erschlossen und didaktisch aufbereitet werden (Schoon & Boone 1998). Die im Rahmen dieser Untersuchung vorgestellten Befunde (siehe Kapitel 5.3) deuten in die gleiche Richtung.

Die in den Kapiteln 5.2 und 5.3 vorgestellten Ergebnisse zum Einfluss des Fachwissens auf die Gestaltung der Lernsituation und die Einschätzungen zur Lernprogression der Schülerinnen und Schüler stützen diese Befunde. Unter anderem konnten in der vorliegenden Untersuchung die Lösungen der Lehrkräfte mit dem Lehramt für Gymnasien in den offenen Aufgaben in den Teilkompetenzen einer naturwissenschaftlichen Untersuchung einer höheren Niveaustufe zugeordnet werden (siehe Kapitel 5.4). Dieser Befund deutet einen positiven Effekt einer längeren und umfassenderen fachwissenschaftlichen Ausbildung für das Lehramt an Gymnasien an. Hingegen konnte kein statistisch bedeutsamer Zusammenhang zwischen der Anzahl der von den Lehrkräften unterrichteten naturwissenschaftlichen Fächer und den Lösungen der Aufgaben auf einer höheren Niveaustufe ausgewiesen werden.

Die Wirksamkeit des Selbstkonzepts steht dabei in unmittelbarer Beziehung mit dem Fachwissen der Lehrkraft und ihrer Fähigkeit, dieses im naturwissenschaftlichen Unterricht einzusetzen. Gute fachwissenschaftliche Kenntnisse ermöglichen es der Lehrkraft, Lernumgebungen adressatengerecht zu planen (Schriver & Czerniak 1999) und Lernprozesse mit wachsender Sicherheit in einem standardorientierten naturwissenschaftlichen Fachunterricht durchzuführen und auszuwerten. Bei fehlendem Fachwissen besteht zudem die Gefahr einer oberflächlichen Bearbeitung (Appleton 1995; Wenner 1995; Stevens & Wenner 1996; Schoon & Boone 1998). Für die Lehrkräfte im naturwissenschaftlichen Unterricht könnte es daher hilfreich sein, sie bei dem Erschließen von neuen Wissensbereichen – wie dem Fachmethodischen Wissen im Kompetenzbereich Erkenntnisgewinnung – zu unterstützen (Appleton 1995; KMK 2004 a, b, c, d, 2008; Kunz & Mayer 2006 d, 2008 a).

Dies erscheint im Besonderen bedeutsam, da Kenntnisse und Fertigkeiten zur Anla-

ge und Durchführung einer naturwissenschaftlichen Untersuchung im Kompetenzbereich Erkenntnisgewinnung von den Lehrkräften in den Facetten „Kompetenzorientiert Unterrichten“ und „Kompetenzbezogene Ziele erreichen“ bislang auf einer im internationalen Vergleich zu niedrigen Niveaustufe in Beziehung gesetzt werden. Eine Sichtung der von den Lehrkräften im Rahmen der vorliegenden Erhebung erarbeiteten Lösungen am Beispiel der Teilkompetenz „Hypothese“ konkretisiert mögliche Hinweise auf Arbeitsfelder in der Fort- und Weiterbildung im Projekt „Kompetenzorientiert unterrichten in Mathematik und Naturwissenschaften“ (siehe auch Kapitel 7.4). Wie auch Lawson (2002) zeigt, werden häufig unabhängige und abhängige Variablen nicht berücksichtigt, die Variablen und der in der Hypothese formulierte kausale Zusammenhang passen nicht zusammen oder alternative Hypothesen werden nicht berücksichtigt bzw. alternative Beziehungen bleiben unberücksichtigt. Eine Überprüfung fehlerhafter Hypothesen erschwert deren weitere Bearbeitung bzw. erweist sich als ungeeignet, eine naturwissenschaftliche Untersuchung ergebnisorientiert weiter zu verfolgen (Riggs 1994).

Der vielfach beschriebene Zusammenhang zwischen einem positiven fachbezogenen Selbstkonzept, das von einer hohen Selbstwirksamkeit fach- und unterrichtsbezogenen Handelns ausgeht und weniger weit reichenden, fachwissenschaftlichen und fachmethodischen Kenntnissen, birgt die Gefahr in sich, dass fachbezogene Kenntnisse und Fertigkeiten nicht ausreichend oder fehlerhaft im Unterricht bearbeitet werden (u. a. Wenner 1995; Stevens & Wenner 1996; Harlen 1997; Krauss, Brunner, Kunter et al. 2008; Kunz & Mayer 2008 f). Qualifizierung und Weiterbildung sollte daher insbesondere fachwissenschaftliche und fachmethodische Kompetenzen entwickeln, um einem Unterrichtsskript entgegen zu wirken, das durch weitgehend lehrerzentrierte Phasen mit einem hohen Anteil direkter Instruktion und einer weitgehend fachwissenschaftlich orientierten Systematik im naturwissenschaftlichen Unterricht gekennzeichnet ist (Wenner 1995; Harlen 1997; Kunz & Mayer 2006 a, 2008 a, e, f, i, 2009 a, e, 2010 a).

Zudem unterstützt die Kenntnis alternativer fachdidaktischer Konzepte zur Planung und Strukturierung einer naturwissenschaftlichen Untersuchung die Lehrkräfte bei der Durchführung einer naturwissenschaftlichen Untersuchung und fördert somit das kompetenzorientierte Unterrichten (Abell & Pizzini 1992; Wenner 1995; Schoon & Boone 1998; Mayer 2007; KMK 2008). Aufgabe der Module und Bausteine in der

Fortbildung sollte es daher sein, diese Hinweise zur Entwicklung fachwissenschaftlicher und fachmethodischer Kenntnisse und Fertigkeiten systematisch weiter zu entwickeln und niveaubezogen zu konkretisieren (Kunz & Mayer 2006 a, b, c, d, 2008 c, h, 2009 b, 2010 a, b).

7.4 Perspektiven für die Entwicklung Professionellen Wissens bei Lehrkräften: Hinweise zur Förderung von Kenntnissen und Fertigkeiten zum Wissenschaftlichen Denken

Werden die dargestellten Handlungsfelder in der Professionalisierung der Lehrkräfte im Bereich Fachwissen, der Qualitätsentwicklung des naturwissenschaftlichen Fachunterrichts, der geforderten Ausrichtung von Lehr- und Lernprozessen an den Standards der Konferenz der Kulturminister (KMK 2004 a, b, c, d, e) mit den Anregungen zur Ausrichtung der Module und Bausteine in der Qualifizierung im Projekt „Kompetenzorientiert unterrichten in Mathematik und Naturwissenschaften“ zusammengeführt, so sind hier weitere Hinweise für die Umsetzung der für die Qualifizierung formulierten Ziele zu erwarten (vgl. Kapitel 3.2).

Die vorgestellten Ergebnisse (Kapitel 5.2 bis 5.5) weisen bedeutsame Herausforderungen in der Qualifizierung zum Fachmethodischen Wissen der Lehrkräfte aus, die in der Konzeption der Module (Kapitel 3.2) aufgenommen und unterrichtsbezogen konkretisiert werden (Kapitel 6.1 bis 6.3). Werden die Erwartungen der Lehrkräfte mit den Zielen der Fortbildung im Projekt „Kompetenzorientiert unterrichten in Mathematik und Naturwissenschaften“ verknüpft (Kapitel 3.2), so ist eine hohe Akzeptanz und damit einhergehend eine weitgehende Unterstützung der Anstrengungen zur Ausrichtung des naturwissenschaftlichen Unterrichts auf den Kompetenzbereich Erkenntnisgewinnung der Bildungsstandards zu erwarten.

Mehr als zwei Drittel der Lehrkräfte haben das dritte Instrument im Erhebungsbogen genutzt, um ihre Erwartungen und persönlichen Ziele, die sie mit der Teilnahme am Projekt „Kompetenzorientiert unterrichten in Mathematik und Naturwissenschaften“ verbinden, zu benennen.

Dies unterstreicht die Bereitschaft der Lehrkräfte, sich aktiv in die Qualitätsentwicklung des naturwissenschaftlichen Fachunterrichts einzubringen. Neben dem Wunsch, die organisatorischen Rahmenbedingungen zu verbessern (13,57 %), sehen 72,7 % der Lehrkräfte in der eigenen Professionalisierung einen wesentlichen Beitrag, standardorientierte Lehr- und Lernsituationen zu gestalten. Die Lehrkräfte bringen offensichtlich eine Bereitschaft mit, ihr Fachwissen und Fachmethodisches Wissen zu erweitern. Insofern sind die am Projekt teilnehmenden Lehrkräfte offen und interessiert, den naturwissenschaftlichen Fachunterricht weiter zu entwickeln. Dies ist insofern

bemerkenswert, da in den beiden vorausgegangenen Projekten SINUS und SINUS-Transfer die Lehrkräfte ebenfalls ein großes Interesse zeigten, die Aufgabenkultur im naturwissenschaftlichen Unterricht weiter zu entwickeln, das naturwissenschaftliche Arbeiten zu fördern und fächerübergreifend in den naturwissenschaftlichen Fächern zu arbeiten (Stadler, Ostermeier & Prenzel 2007).

Somit ist eine gute Disposition für eine Qualifizierung gegeben, das Verständnis von Naturwissenschaften zu vertiefen (Harlen 1997) und das fachmethodische Arbeiten im naturwissenschaftlichen Unterricht systematisch zu stärken (Harlen 1997; Harlen & Holroyd 1997; Mayer, Grube & Möller 2008). Die verstärkte Berücksichtigung fachdidaktischer Konzepte und die Stärkung des Fachwissens (Schoon & Boone 1998; Mayer 2006; Mayer & Ziemek 2006) schafft wesentliche Voraussetzungen, das Lehrhandeln differenzierter zu reflektieren und fachmethodische Kenntnisse und Fertigkeiten sicherer einzusetzen (Appleton 1995; Lawson 2002; KMK 2004 a, b, c; Kunz & Mayer 2009 e). Werden zudem auch fachdidaktische Fragestellungen berücksichtigt (Schmelzing 2010), so ist ein zusätzlicher positiver Effekt zur Qualitätsentwicklung zu erwarten (Wenner 1995; Brunner, Kunter, Krauss et al. 2005; Besser & Krauss 2009).

Die Erwartungen der Lehrkräfte an die Weiterentwicklung des naturwissenschaftlichen Unterrichts weisen neben der Teamentwicklung (87,6 %) an zweiter Stelle den Wunsch, Bildungsstandards kennen zu lernen (12,4 %), aus. Dies deutet darauf hin, dass die Lehrkräfte die Standards in den Kompetenzbereichen der Bildungsstandards in den naturwissenschaftlichen Fächern noch nicht vollständig erreicht haben. Auch der bereits vorgestellte Befund, dass zwischen dem Lehramt und den Facetten „Kompetenzorientiert Unterrichten“ und „Kompetenzbezogene Ziele erreichen“ kein statistisch bedeutsamer Zusammenhang festgestellt werden konnte, könnte zudem darauf hinweisen, die Bildungsstandards weitergehend in den Fokus der Lehrkräfte zu rücken.

Somit wird ein wichtiges Ziel in der Qualifizierung beschrieben, die Anforderungen der Bildungsstandards stärker im naturwissenschaftlichen Unterricht zu verankern. Gerade im Hinblick auf die Dimensionierung der Anforderungen im Kompetenzbereich Erkenntnisgewinnung weisen die in Kapitel 7.3 thematisierten Befunde darauf

hin, die Kenntnisse und Fertigkeiten der Lehrkräfte in den Kompetenzkonstrukten und Standards der Erkenntnisgewinnung auf die Niveaustufe drei auszurichten.

Im Hinblick auf die Qualitätsentwicklung im naturwissenschaftlichen Unterricht ist es den Lehrkräften ein Anliegen, die Schülerinnen und Schüler zu motivieren (40,43 %). Besondere Effekte erwarten die Lehrkräfte hier von den Arbeitsmaterialien mit kompetenzorientierten Aufgabenstellungen (36,17 %). Auch der Wunsch, vielfältige Methoden einzusetzen (3,66 %) und praktische Anteile im naturwissenschaftlichen Fachunterricht zu stärken (7,29 %) sowie Elemente einer Schüler- und Handlungsorientierung umfassender zu berücksichtigen (9,73 %), unterstreicht, dass die Hälfte der im Projekt aktiven Lehrkräfte von den Materialien und Medien Unterstützung bei ihrem Anliegen erwarten, den Anteil „praktischen Arbeitens“ im Fachunterricht zu erhöhen.

Die Bedeutung von Aufgabenstellungen zur Instruktion fachbezogener Lernprozesse ist für die Lehrkräfte von großer Bedeutung. Die kompetenzorientierte Ausrichtung der Aufgabenformate sollte daher an Lern- und Lehrsituationen geknüpft sein, die eine Implementation der Bildungsstandards im naturwissenschaftlichen Fachunterricht unterstützen (KMK 2004 a, b, c; Frank 2005; Mayer & Ziemek 2006; Kunz & Mayer 2010 a). Die Module und Bausteine in der Qualifizierung im Projekt „Kompetenzorientiert unterrichten in Mathematik und Naturwissenschaften“ sind daher auf den kumulativen Erwerb von Kenntnissen und Fertigkeiten ausgerichtet, die themenbezogen ausgewählte Standards unterrichtsbezogen umsetzen, insbesondere im Kompetenzbereich Erkenntnisgewinnung (Kunz & Mayer 2007 c).

Das Fachmethodische Wissen der Lehrkräfte wird durch die Bausteine der Workshops erweitert (vgl. Kapitel 3.2, Kapitel 6 und Anhang B). Die Hinweise zur Durchführung einer Lehr- und Lernsituation werden durch unterrichtsbezogene Materialien ergänzt, welche die Standards der Erkenntnisgewinnung themenbezogen anleiten. Insofern ist zu erwarten, dass beispielhafte Unterrichtsskripte und abgestimmte Materialien im Projekt „Kompetenzorientiert unterrichten in Mathematik und Naturwissenschaften“ sowohl zur Professionalisierung der Lehrkräfte als auch zu kompetenzorientierten Lehr- und Lernsituationen beitragen. Auf den positiven Einfluss von Materialien und Vorschlägen zur Gestaltung von Lern- und Lehrsituationen haben unter anderem auch Harlen (1997) und Harlen und Holroyd (1997) hingewiesen.

Die Erwartungen der Lehrkräfte in den Kategorien Teamentwicklung in der naturwissenschaftlichen Fachschaft einer Schule und ihre Bereitschaft zur Qualitätsentwicklung im naturwissenschaftlichen Unterricht decken sich weitgehend mit den im Projekt „Kompetenzorientiert unterrichten in Mathematik und Naturwissenschaften“ ausgewiesenen Zielen zur Kompetenzentwicklung und Implementation der Bildungsstandards im naturwissenschaftlichen Fachunterricht (vgl. Kapitel 3.1).

Insofern nehmen die an den Standards im Kompetenzbereich Erkenntnisgewinnung ausgerichteten Module (Kapitel 6.1 bis 6.3) die Erwartungen der Lehrkräfte auf. Die Materialien und Medien in den Bausteinen dieser Module konkretisieren die Anforderungen an das Professionelle Wissen von Lehrkräften unterrichtsbezogen, indem – ausgehend von Befunden fachdidaktischer Forschung zum Fachwissen von Lehrkräften – insbesondere fachmethodische Kenntnisse und Fertigkeiten im Fokus der intendierten Qualitätsentwicklung stehen (siehe Anhang B.1: Erkenntnisgewinnung im naturwissenschaftlichen Unterricht, Anhang B.2: Kompetenzorientiert Lehren und Lernen und Anhang B.3: Diagnostizieren und Fördern: Lernen im naturwissenschaftlichen Unterricht).

Somit lassen die im Projekt „Kompetenzorientiert unterrichten in Mathematik und Naturwissenschaften“ zusammengeführten Anstrengungen des Amts für Lehrerbildung und der beteiligten Universitäten Gießen und Kassel zur Stärkung des Professionellen Wissens von Lehrkräften der Naturwissenschaften eine systematische, kumulative Förderung des Fachmethodischen Wissens erwarten, die auf empirische Befunde zurückgeführt wurde, und zudem konkrete Anregungen zur Entwicklung von Kenntnissen und Fertigkeiten im Kompetenzbereich Erkenntnisgewinnung gibt.

Die Evaluation zur Wirksamkeit der Anstrengung einer Qualifizierung im Projekt „Kompetenzorientiert unterrichten in Mathematik und Naturwissenschaften“ konnte ob der organisatorischen und projektbezogenen Ressourcen im Rahmen dieser Erhebung nicht durchgeführt werden. Sie beschreibt jedoch eine interessante und gleichermaßen bedeutsame Perspektive nachfolgender fachdidaktischer Forschung.

8 Literaturverzeichnis

- Abell, S.K. (1997). The professional development of science teacher educators: Is there a missing piece? *Electronic Journal of Science Education*, 1(4), 1-3.
- Abell, S.K. (2007). Research on science teacher knowledge. In S.K. Abell & N.G. Ledermann (Hrsg.), *Handbook of Research on Science Education* (S. 1105-1149). New Jersey: Lawrence Erlbaum Associates.
- Abell, S.K. & Pizzini, E.L. (1992). The effect of a problem solving in-service program on the classroom behaviors and attitudes of middle school science teachers. *Journal of Research in Science Teaching*, 29(7), 649-667.
- Aebli, H. (1983). *Zwölf Grundformen des Lebens. Eine allgemeine Didaktik auf psychologischer Grundlage*. Stuttgart: Klett.
- Amt für Lehrerbildung (2010a). *Kompetenzorientiert unterrichten in Mathematik und Naturwissenschaften. Projektablaufplan*. Verfügbar unter <http://www.kou-hessen.de/ww3ee/bin/169046-198742-1-projektablaufplan.pdf> [Zugriff am 05.09.2010].
- Amt für Lehrerbildung (2010b). *Kompetenzorientiert unterrichten in Mathematik und Naturwissenschaften. Fortbildungsstruktur an einer Schule*. Verfügbar unter http://www.kou-hessen.de/ww3ee/bin/169046-198742-2-fortbildungsstruktur_20090910.pdf [Zugriff am 05.09.2010].
- Amt für Lehrerbildung (2010c). *Kompetenzorientiert unterrichten in Mathematik und Naturwissenschaften. Personelle Struktur des Projektes*. Verfügbar unter <http://www.kou-hessen.de/ww3ee/169302.php?sid=87227311482235611729666706672910> [Zugriff am 05.09.2010].
- Appleton, K. (1995). Student teachers' confidence to teach science: is more science knowledge necessary to improve self-confidence? *International Journal of Science Education*, 17(3), 357-369.

- Arber, A. (1960). *Sehen und Denken in der biologischen Forschung*. Hamburg: Rowolth.
- Arnold, K.-H. (2007). Standards für das Lehren und lernen des Lehrens: Begründung, Operationalisierung und Evaluation von Standards für die Lehrerbildung. In K. Möller, C. Beinbrech, P. Hanke & A. Hein (Hrsg.), *Qualität von Grundschulunterricht* (S. 67-82). Wiesbaden: Verlag für Sozialwissenschaften, Springer.
- Artelt, C., Baumert, J., Klieme, E., Neubrand, M., Prenzel, M., Schiefele, U. et al. (2001). *PISA 2000 - Zusammenfassung zentraler Befunde*. Max-Planck-Institut für Bildungsforschung.
- Aufschnaiter, C.v., Dübbelde, G., Cappel, J., Ennemoser, M., Mayer, J., Stiensmeier-Pelster, J. et al. (2010). Learner-orientation in teacher education: Creating horizontal and vertical linkages in order to promote the development of diagnostic competence. *International conference of the European science research association [ESERA]*, Istanbul, Turkey, 3-8.
- Baumert, J. (2006). Was wissen wir über die Entwicklung von Schulleistungen? *Zeitschrift für Pädagogik*, 58(4), 40-46.
- Baumert, J. (2009). *Institutioneller und individueller Umgang mit Heterogenität: Unge löste Probleme*. Universität Köln. Verfügbar unter <http://www.symposium2009.uni-koeln.de> [Zugriff am 15.09.2010].
- Baumert, J., Blum, W., Brunner, M., Jordan, A., Klusmann, U., Krauss, S. et al. (2006). *Teacher knowledge and student progress. What do we mean by "Teachers professional competence?"* Cubberley Lecture, Stanford University.
- Baumert, J., Lehmann, R. & Lehrke, M. (1997). *TIMSS - Mathematisch-naturwissenschaftlicher Unterricht im internationalen Vergleich. Deskriptive Befunde*. Opladen: Leske + Budrich.

- Baumert, J. & Köller, O. (2000). Unterrichtsgestaltung, verständnisvolles Lernen, multiple Zielerreichung im Mathematik- und Physikunterricht. In J. Baumert, W. Bos & R. Lehmann (Hrsg.), TIMSS/III Dritte internationale Mathematik- und Naturwissenschaftsstudie, Band 2: Mathematische und physikalische Kompetenzen am Ende der gymnasialen Oberstufe (S. 271-316). Opladen: Leske + Budrich.
- Baumert, J. & Kunter, M. (2006). Stichwort: Professionelle Kompetenz von Lehrkräften. *Zeitschrift für Erziehungswissenschaft*, 9(4), 469-520.
- Baumert, J., Kunter, M. & Brunner, M. (2004). Mathematikunterricht aus Sicht der PISA-Schülerinnen und Schüler und ihrer Lehrkräfte. In M. Prenzel, J. Baumert (Hrsg.), PISA 2003. Der Bildungsstand der Jugendlichen in Deutschland - Ergebnisse des zweiten internationalen Vergleichs (S. 314-354). Münster: Waxmann.
- Berliner, D.C. (2001). Learning about and learning from expert teachers. *Educational Researcher*, 35, 463-482.
- Besser, M. & Krauss, S. (2009). Zur Professionalität als Expertise. In O. Zlatkin-Troitschanskaia, K. Beck & D. Sembill (Hrsg.), *Lehrerprofessionalität - Bedingungen, Genese, Wirkungen und ihre Messung* (S. 71-82). Weinheim, Basel: Beltz.
- Blömeke, S. (2003). *Lehrerausbildung - Lehrerhandeln - Schülerleistungen. Perspektiven nationaler und internationaler empirischer Bildungsforschung*. Antrittsvorlesung. Humboldt-Universität Berlin, Heft 139. Verfügbar unter <http://edoc.hu-berlin.de> [Zugriff am 14.09.2010].
- Blömeke, S., Kaiser, G. & Lehmann, R. (Hrsg.) (2008). *Professionelle Kompetenz angehender Lehrerinnen und Lehrer*. Münster, New York: Waxmann.
- Blömeke, S., Reinhold, P. & Tulodziecki, G. (2004). *Handbuch Lehrerbildung*. Braunschweig: Westermann.

- Blum, W., Krauss, S. & Neubrand, M. (2008). Zusammenhänge des Professionswissens mit Lehrermerkmalen, Unterrichtsqualität und Leistungszuwächsen der Schüler. In S. Stein (Hrsg.), *Beiträge zum Mathematikunterricht* (S. 157-160). Münster: WTM-Verlag.
- Bortz, J. (2005). *Statistik für Human- und Sozialwissenschaftler*. Heidelberg: Springer.
- Bromme, R. (1992). *Der Lehrer als Experte*. Bern: Verlag.
- Bromme, R. (1997). Kompetenzen, Funktionen und unterrichtliches Handeln der Lehrer. In F.E. Weinert (Hrsg.), *Psychologie des Unterrichts und der Schule. Enzyklopädie der Psychologie*. (Serie I, Band 3, S. 177-212). Göttingen: Hogrefe.
- Bromme, R. (2001). Teacher Expertise. In J.J. Smelser & P.B. Baltes (Hrsg.), *International Encyclopedia of the Social & Behavioral Sciences* (S. 15459-15465). Amsterdam: Pergamon.
- Bromme, R. (2004). Das implizite Wissen des Experten. In B. Koch-Priewe, F. Kolbe & J. Wildt (Hrsg.), *Grundlagenforschung und mikrodidaktische Reformansätze zur Lehrerbildung* (S. 22-48). Bad-Heilbrunn: Klinkhardt.
- Bromme, R. (2008). Kompetenzen, Funktionen und unterrichtliches Handeln der Lehrer. In B. Rendtorf & S. Burkhart (Hrsg.), *Schule, Jugend und Gesellschaft, ein Studienbuch zur Pädagogik der Sekundarstufe* (S. 244-256). Stuttgart: Kohlhammer.
- Bromme, R. & Rambow, R. (2001). Experten-Laien-Kommunikation als Gegenstand der Expertiseforschung: Für eine Erweiterung des psychologischen Bildes vom Experten. In R. K. Silbereisen & M. Reitzle (Hrsg.), *Psychologie 2000, Bericht über den 42. Kongress der Deutschen Gesellschaft für Psychologie in Jena* (S. 541-550). Lengerich: Papst Science Publishers.
- Brunner, M., Kunter, M., Krauss, S., Baumert, J. & Blum, W. (2005). Welche Zusammenhänge bestehen zwischen dem fachspezifischen Professionswissen von

Mathematiklehrkräften und ihrer Ausbildung sowie beruflichen Fortbildung?
Zeitschrift für Erziehungswissenschaft, 8, 502-520.

Brunner, M., Kunter, M., Krauss, S. & Klusmann, U. (2006). Die professionelle Kompetenz von Mathematiklehrkräften: Konzeptualisierung, Erfassung und Bedeutung für den Unterricht. Eine Zwischenbilanz des COACTIV- Projekts. In M. Prenzel & L. Allolio-Näcke (Hrsg.), *Untersuchungen zur Bildungsqualität von Schule* (S. 54-82). Münster: Waxmann.

Bryan, L.A. & Abell, S. K. (1999). Development of professional knowledge in learning to teach elementary science. *Journal of Research in Science Teaching*, 36(2), 121-139.

Cochran-Smith, M. & Fries, M. (2005). Sticks, stones and ideology: The Discourse of reform in teacher education. *Educational Researcher* 30 (8), 3-15.

Cochran, K.F., King, R.A. & DeRuiter, J.A. (1991). *Pedagogical Content Knowledge: A Tentative Model for Teacher Preparation*. Paper presented at the Annual Meeting of the American Educational Research Association. Chicago, 3-7.

Cohen, J. (1988). *Statistical Power Analysis for the Behavioral Sciences*. Hillsdale, New York: Lawrence Erlbaum Associated.

Cronbach, L. (1951). Coefficient Alpha and the Internal Structure of Tests, *Psychometrika*, 16 (3), 297-334.

Czerniak, C.M. (1989). *An investigation of the relationships among science teaching anxiety, self efficacy, teacher education variables, and instructional strategies*. Unpublished doctoral dissertation. Columbus: The Ohio State University.

Dembo, M.H. & Gibson, S. (1985). Teacher`s sense of efficacy: An important factor in school improvement. *The Elementary School Journal*, 86, 173-184.

Denham, L. & Lieberman, A. (1980). *Time to learn. A review of the beginning teacher evaluation study*. Washington: National Institute of Education.

- Diehl, J.M. & Arbinger, R. (2001). *Einführung in die Inferenzstatistik*. Frankfurt: Verlag Dietmar Klotz.
- Diehl, J.M. & Kohr, H. U. (1977). *Deskriptive Statistik*. Frankfurt: Verlag Dietmar Klotz.
- Diehl, J.M. & Staufienbiel, T. (2007). *Statistik mit SPSS für Windows, Version 15*. Frankfurt: Verlag Dietmar Klotz.
- Diekmann, A. (1998). *Empirische Sozialforschung. Grundlagen, Methoden, Anwendung*. Hamburg: Rowolth.
- DfES (1999). *Science. The National Curriculum for England, Keystage 1-4*. London: HMSO.
- Fenstermacher, G. (1994). The knower and the known. The nature of knowledge in research on teaching. In L. Darling-Hammond (Hrsg.), *Review of Research in Education 20* (S. 3-56). Washington: University of Washington.
- Fischer, H. E. & Borowski, A. (2010). Professionswissen und Fortbildung von Physiklehrern. In E. Kircher, R. Girwitz & P. Häußler (Hrsg.), *Physikdidaktik* (S. 689-707). Berlin, Heidelberg, New York: Springer.
- Frank, A. (2005). Unterrichten mit Standards. *Unterricht Biologie, 29* (307/308), 2-9.
- Fried, L. (2002). *Pädagogisches Professionswissen und Schulentwicklung*. Weinheim: Juventa-Verlag.
- Fuccia, D. S. (2007). *Schülerexperimente als Instrument der Leistungsbeurteilung*. Uni-Edition. Berlin.
- Grube, C., Möller, A. & Mayer, J. (2007). Dimensionen eines Kompetenzstrukturmodells zum Experimentieren. In H. Bayrhuber, U. Harms, D. Krüger, A. Sandmann, U. Unterbrunner et al. (Hrsg.), *Verband Biologie, Biowissenschaften*

- und Biomedizin in Deutschland e.V. (Hrsg.), Ausbildung und Professionalisierung von Lehrkräften (S. 31-34). Kassel: Universitätsdruckerei Kassel.
- Hameyer, U. (1999). Entdeckendes Lernen. In J. Wiechmann (Hrsg.), 12 Unterrichtsmethoden. Vielfalt für die Praxis (129-142). Weinheim: Beltz.
- Hamann, M. (2004). Kompetenzentwicklungsmodelle. Merkmale und ihre Bedeutung – dargestellt anhand von Kompetenzen beim Experimentieren. *Mathematischer und naturwissenschaftlicher Unterricht*, 57(4), 196-203.
- Hamann, M. & Prenzel, M. (2008). Ergebnisse des internationalen PISA Naturwissenschaftstestes 2006. *Mathematischer und naturwissenschaftlicher Unterricht*, 59(5), 292-299.
- Harlen, W. (1997). Primary teachers' understanding in science and its impact in the classroom. *Research in Science Education*, 27(3), 323-337.
- Harlen, W. & Holroyd, C. (1997). Primary teachers' understanding of concepts of science: impact on confidence and teaching. *International Journal of Science Education*, 19(1), 93-105.
- Hartig, J. (2004). Methoden zur Bildung von Kompetenzstufenmodellen. In H. Moosburger, W. Rauch & D. Frank (Hrsg.), Qualitätssicherung im Bildungswesen. Arbeiten aus dem Institut der Goethe-Universität (Heft 3). Frankfurt am Main: Universitätsverlag.
- Hartig, J. (2007). Skalierung und Definition von Kompetenzniveaus. In B. Beck & E. Klieme (Hrsg.), Sprachliche Kompetenzen. Konzepte und Messung (S. 83-99). Weinheim: Beltz.
- Hashweh, M. Z. (1987). Effects of subject-matter knowledge in the teaching of biology and physics. *Teaching and Teacher Education*, 3, 109-120.
- Hasselhorn, M. & Gold, A. (2006). *Pädagogische Psychologie. Erfolgreiches Lernen und Lehren*. Stuttgart: Kohlhammer.

- Hatano, G. & Inagaki, K. (1986). Two courses of expertise. In H. Stevenson, H. Azuma & K. Hakuta (Hrsg.), *Child development and education in Japan* (S. 262-272). New York: Freeman Verlag.
- Helmke, A. (2003). *Unterrichtsqualität erfassen, bewerten, verbessern*. Seelze: Kallmeyersche Verlagsbuchhandlung.
- Helmke, A. & Hosenfeld, I. (2004). Vergleichsarbeiten als Instrument zur Verbesserung der Diagnosekompetenz von Lehrkräften. In R. Arnold & C. Griesse (Hrsg.), *Schulleistung und Schulentwicklung. Voraussetzungen, Bedingungen, Erfahrungen* (S. 119-144). Baltmannsweiler: Schneider Verlag.
- Helmke, A., Weinert, F.E. (1997). Bedingungsfaktoren schulischer Leistung. In F.E. Weinert (Hrsg.), *Unterrichtsqualität und Leistungsentwicklung, Literaturübersicht* (S. 71-176). Göttingen: Hogrefe.
- Herzog, W. (2005). Müssen wir Standards wollen? Skepsis gegenüber einem theoretisch (zu) schwachen Konzept. *Zeitschrift für Pädagogik*, 51, 252-258.
- Hill, H.C., Rowan, B. & Loewenberg Ball, D. (2005). Effects of teachers' mathematical knowledge for teaching on student achievement. *American Educational Research Journal*, 42, 371-406.
- Hof, S. & Mayer, J. (2008). Förderung von wissenschaftsmethodischen Kompetenzen durch Forschendes Lernen. In H. Vogt, D. Krüger & A. Upmeyer zu Belzen (Hrsg.), *Erkenntnisweg Biologiedidaktik* (Band 7, S. 69-84). Berlin: Universitätsdruckerei Kassel.
- Janssen, J. & Laatz, W. (1999). *Statistische Datenanalyse mit SPSS für Windows*. Berlin, Heidelberg, New York: Springer.
- Jüttner, M., Spangler, M. & Neuhaus, B. (2009). Zusammenhänge zwischen den verschiedenen Bereichen des Professionswissens von Biologielehrkräften. In D. Krüger, A. Upmeyer zu Belzen & T. Riemeier (Hrsg.), *Erkenntnisweg Biologiedidaktik* (Band 8, S. 69-82). Berlin: Universitätsdruckerei Kassel.

- Keller, E., Scheuch, F. & Radits, F. (2008). Förderung der Professionalitätsentwicklung von Biologie-LehrerInnen durch Fortbildung. In H. Vogt, D. Krüger & A. Upmeyer zu Belzen (Hrsg.), *Erkenntnisweg Biologiedidaktik* (Band 7, S. 183-197). Berlin: Universitätsdruckerei Kassel.
- Klieme, E. (2004). Was sind Kompetenzen und wie lassen sie sich messen? *Zeitschrift für Pädagogik*, 6(56), 10-13.
- Klieme, E., Avenarius, H., Blum, W., Döbrich, P., Gruber, H., Prenzel, H. et al. (2007). *Bildungsforschung Band 1: Zur Entwicklung nationaler Bildungsstandards - Eine Expertise*. Bundesministerium für Bildung und Forschung. Berlin, Bonn.
- Köller, O. & Baumert, J. (2008). Bildungsstandards - Verfahren und Kriterien bei der Entwicklung von Messinstrumenten. *Zeitschrift für Pädagogik*, 54(2), 163-173.
- Krapp, A., Hofer, M. & Prell, S. (1982). *Forschungswörterbuch. Grundbegriffe zur Lektüre wissenschaftlicher Texte*. München: Urban & Schwarzenberg.
- Krauss, S., Kunter, M., Brunner, M., Baumert, J., Blum, W., Neubrand, M. et al. (2004). COACTIV: Professionswissen von Lehrkräften, kognitiv aktivierender Mathematikunterricht und die Entwicklung von mathematischer Kompetenz. In J. Dool & M. Prenzel (Hrsg.), *Bildungsqualität von Schule: Lehrerprofessionalisierung, Unterrichtsentwicklung und Schülerförderung als Strategien der Qualitätsverbesserung* (S. 31-53). Münster: Waxmann.
- Krauss, S., Brunner, M., Kunter, M., Baumert, J., Neubrand, M., Blum, W. et al. (2008). Pedagogical content knowledge and content knowledge of secondary mathematics teachers. *Journal of Educational Psychology*, 100(3), 716-725.
- Krebs, I. (2008). Wie gelingt die Verbreitung eines Unterrichtsentwicklungsprogramms? Das Beispiel SINUS-Transfer. In E.M. Lankes (Hrsg.), *Pädagogische Professionalität als Gegenstand empirischer Forschung* (S. 219-232). Münster: Waxmann.

- Krebs, I. & Prenzel, M. (2008). Unterrichtsentwicklung in Netzwerken: das Beispiel SINUS. In N. Berkemeyer, V. Bos, V. Manitus & K. Müthing (Hrsg.), Unterrichtsentwicklung in Netzwerken (Band 1, S. 296-313). Münster: Waxmann.
- Kubina, C. (2009). *Kompetenzorientiert unterrichten - Bildungsstandards nutzen. Unterstützungsprogramm zur Unterrichtsentwicklung 2009/2010*. Amt für Lehrerbildung. Frankfurt.
- Kühnel, S. & Krebs, D. (2001). *Statistik für Sozialwissenschaften. Grundlagen, Methoden, Anwendungen*. Hamburg: Rowolth.
- Kultusministerkonferenz (2004a). *Bildungsstandards im Fach Biologie für den mittleren Schulabschluss*. München: Luchterhand, Verlag Wolters Kluwer.
- Kultusministerkonferenz (2004b). *Bildungsstandards im Fach Chemie für den mittleren Schulabschluss*. München: Luchterhand, Verlag Wolters Kluwer.
- Kultusministerkonferenz (2004c). *Bildungsstandards im Fach Physik für den mittleren Schulabschluss*. München: Luchterhand, Verlag Wolters Kluwer.
- Kultusministerkonferenz (2004d). *Standards für die Lehrerbildung: Bildungswissenschaften*. München: Luchterhand, Verlag Wolters Kluwer.
- Kultusministerkonferenz (2004e). *Vereinbarung über Bildungsstandards für den mittleren Schulabschluss (Jahrgang 10) in den Fächern Biologie, Chemie, Physik*. München: Luchterhand, Verlag Wolters Kluwer.
- Kultusministerkonferenz (2004f). *Standards für die Lehrerbildung: Bericht der Arbeitsgruppe*. Verfügbar unter http://www.kmk.org/fileadmin/pdf/Bildung/Allg_Bildung/Standards_Lehrerbildung-Bericht_der_AG.pdf [Zugriff am 07.09.2010].
- Kultusministerkonferenz (2006). *Gesamtstrategie der Kultusministerkonferenz zum Bildungsmonitoring*. München: Luchterhand, Verlag Wolters Kluwer.

- Kultusministerkonferenz (2008). *Ländergemeinsame inhaltliche Anforderungen für die Fachwissenschaften und Fachdidaktiken in der Lehrerbildung*. München: Luchterhand, Verlag Wolters Kluwer.
- Kunter, M., Dubberke, T., Baumert, J. & Blum, W. (2006). Mathematikunterricht in den PISA-Klassen 2004: Rahmenbedingungen, Formen und Lehr-Lernprozesse. In M. Prenzel, J. Baumert, W. Blum & R. Lehmann (Hrsg.), *PISA 2003: Untersuchungen zur Kompetenzentwicklung im Verlauf eines Schuljahres* (S. 161-194). Münster: Waxmann.
- Kunz-Heim, D. (2002). *Qualität durch Klassifizierung. Lehrerbeurteilung als Instrument zur Förderung von Qualität im Unterricht*. Weinheim: Juventa.
- Kunz, H. & Mayer, J. (2006a). *Wissenschaftsmethodik im naturwissenschaftlichen Unterricht. Experimentieren lernen am Beispiel der Reaktionszeit des Menschen*. Konzeption und Tagung im Projekt SINUS-Transfer Hessen. Universität Gießen.
- Kunz, H. & Mayer, J. (2006b). *Bildungsstandards der Erkenntnisgewinnung. Wissenschaftsmethodik im naturwissenschaftlichen Unterricht*. Universität Gießen.
- Kunz, H. & Mayer, J. (2006c). *Wege naturwissenschaftlicher Erkenntnisgewinnung im Biologieunterricht anleiten. Konzept zur Fortbildung im Projekt Kompetenzorientiert unterrichten in Mathematik und Naturwissenschaften*. Universität Gießen.
- Kunz, H. & Mayer, J. (2006d). *Module Basiswissen Bildungsstandards*. Universität Gießen und Amt für Lehrerbildung Frankfurt.
- Kunz, H. & Mayer, J. (2007a). *Kompetenzentwicklung und Kompetenzmodelle. Anleitung zum naturwissenschaftlichen Arbeiten im Biologieunterricht*. Universität Gießen.

- Kunz, H. & Mayer, J. (2007b). *Basiswissen Bildungsstandards*. Vortrag und Materialien im Projekt „Kompetenzorientiert unterrichten in Mathematik und Naturwissenschaften“ vom 22.01.2007. Universität Gießen.
- Kunz, H. & Mayer, J. (2007c). *SINUS-Hessen - JLU Gießen. Ein Kooperationsprojekt zur Weiterentwicklung des Unterrichts in Mathematik und in den naturwissenschaftlichen Fächern*. In H. Bayrhuber, U. Harms, D. Krüger, A. Sandmann, U. Unterbrunner et al. (Hrsg.), *Ausbildung und Professionalisierung von Lehrkräften*. Internationale Tagung der Fachgruppe Didaktik der Biologie (FDdB) im Verband Biologie, Biowissenschaften und Biomedizin in Deutschland e.V. (VBIO). Universität Kassel.
- Kunz, H. & Mayer, J. (2008a). *Kompetenzentwicklung und ihre Modellierung*. Vortrag und Materialien in der Steuergruppe des Projekts „Kompetenzorientiert unterrichten in Mathematik und Naturwissenschaften“ vom 15.02.08. Universität Gießen und Amt für Lehrerbildung Frankfurt.
- Kunz, H. & Mayer, J. (2008b). *Bildungsstandards und Erkenntnisgewinnung im naturwissenschaftlichen Unterricht*. Materialien und Skript zum Workshop vom 30.04.08. Universität Gießen.
- Kunz, H. & Mayer, J. (2008c). *Module und Bausteine in der Fortbildung im Projekt SINUS – Bildungsstandards Naturwissenschaften und Mathematik vom 28.05.08*. Universität Gießen.
- Kunz, H. & Mayer, J. (2008d). *Wissenschaftsmethodik im naturwissenschaftlichen Unterricht. Experimentieren lernen am Beispiel der Reaktionszeit des Menschen*. Workshop SINUS-Transfer Hessen vom 12.08.08. Universität Gießen.
- Kunz, H. & Mayer, J. (2008e). *Erkenntnisgewinnung im naturwissenschaftlichen Unterricht. Der naturwissenschaftliche Erkenntnisprozess*. Vortrag, Materialien und Workshop im Projekt „Kompetenzorientiert unterrichten in Mathematik und Naturwissenschaften“ vom 12.08.08. Universität Gießen.

- Kunz, H. & Mayer, J. (2008f). *Der naturwissenschaftliche Erkenntnisprozess*. Vortrag zum Auftakt im Projekt „Kompetenzorientiert unterrichten in Mathematik und Naturwissenschaften“ vom 12.08.08. Universität Gießen.
- Kunz, H. & Mayer, J. (2008g). *Der naturwissenschaftliche Erkenntnisprozess. Die Röhre*. Universität Gießen.
- Kunz, H. & Mayer, J. (2008h). *Kompetenzorientiert lehren und lernen*. Kompetenzerwerb als Unterrichtsziel - Konzeption und Ziele im Kompetenzerwerb Vortrag und Workshop vom 30.11.08. Universität Gießen.
- Kunz, H. & Mayer, J. (2008i). *Kompetenzerwerb als Unterrichtsziel - Konzeption der Qualifizierung im Projekt „Kompetenzorientiert unterrichten in Mathematik und Naturwissenschaften“*. Universität Gießen.
- Kunz, H. & Mayer, J. (2009a). *Lernen und Lehren im Naturwissenschaftlichen Unterricht*. Vortrag und Workshop und Materialien vom 11.02.09. Universität Gießen.
- Kunz, H. & Mayer, J. (2009b). *Lernen mit Aufgaben im naturwissenschaftlichen Unterricht. Implementation kompetenzorientierter Aufgaben in der Fortbildung*. Vortrag und Workshop im Projekt „Kompetenzorientiert unterrichten in Mathematik und Naturwissenschaften“ vom 14.05.09. Universität Gießen.
- Kunz, H. & Mayer, J. (2009c). *Lernen mit Aufgaben. Kompetenzniveaus differenzieren*. Vortrag und Workshop im Projekt „Kompetenzorientiert unterrichten in Mathematik und Naturwissenschaften“ vom 21.07.09. Universität Gießen.
- Kunz, H. & Mayer, J. (2009e). Förderung von wissenschaftsmethodischen Kompetenzen bei Lehrenden. In U. Harms, W. Bogner, D. Graf, H. Gropengießer, D. Krüger et al. (Hrsg.), *Heterogenität erfassen - individuell fördern im Biologieunterricht*. Internationale Tagung der Fachgruppe Didaktik der Biologie (FDdB) im Verband Biologie, Biowissenschaften und Biomedizin in Deutschland e.V. (VBIO). Kiel: IPN.

- Kunz, H. & Mayer, J. (2010a). *Lernaufgaben im kompetenzorientierten naturwissenschaftlichen Unterricht*. Materialien zum Vortrag und Workshop im Projekt „Kompetenzorientiert unterrichten in Mathematik und Naturwissenschaften“ vom 22.02.10. Universität Gießen.
- Kunz, H. & Mayer, J. (2010b). *Anforderungen zur Entwicklung von Lernaufgaben im Kompetenzorientierten Unterricht*. Entwicklung und Kommentierung von Lernaufgaben im Projekt „Kompetenzorientiert unterrichten in Mathematik und Naturwissenschaften“ vom 17.05.09. Universität Gießen und Amt für Lehrerbildung Frankfurt.
- Landis, J. R. & Koch, G. G. (1977). The measurement of observer agreement for categorical data. *Biometrics*, 33, 159-174.
- Lawson, A. E. (2002). Sound and faulty arguments generated by preservice biology teachers when testing hypotheses involving unobservable entities. *Journal of Research in Science Teaching*, 39(3), 237-252.
- Leimann, G. & Nieke, W. (2000). *Zum Kompetenzmodell*. Verfügbar unter <http://www.bildungsserver-mv.de/download/material/text-lehmann-nieke.pdf> [Zugriff am 11.11.2009].
- Lipowsky, F. (2006). Auf den Lehrer kommt es an. Empirische Evidenzen für Zusammenhänge zwischen Lehrerkompetenzen, Lehrerhandeln und dem Lernen der Schüler. *Zeitschrift für Pädagogik*, 52, 51. Beiheft: *Kompetenzen und Kompetenzentwicklung von Lehrerinnen und Lehrern: Ausbildung und Beruf*, 47-70.
- Lipowsky, F. (2007). Unterrichtsqualität in der Grundschule - Ansätze und Befunde der nationalen und internationalen Forschung. In F. Lipowsky (Hrsg.), *Qualität von Grundschulunterricht* (S. 35-49). Berlin, Heidelberg, New York: Springer.
- Marsch, S. (2008). *Wie denken Biologie-Lehrkräfte über das Lehren und Lernen? Ergebnisse einer Interviewstudie*. Beiträge zur Qualitativen Inhaltsanalyse des Instituts für Psychologie der Alpen-Adria-Universität Klagenfurt. Verfügbar un-

ter http://psydok.sulb.uni-saarland.de/volltexte/2008/2242/pdf/Marsch_Vorstellungen.pdf [Zugriff am 11.09.2010].

- Matthes, K., Sandmann, A., Vogt, H. & Neuhaus, B. (2007) Biologielehrertypen und ihr Einfluss auf Unterrichtsgestaltung und Lernerfolg. In H. Vogt, D. Krüger & A. Upmeyer zu Belzen (Hrsg.), Erkenntniswege Biologiedidaktik (Band 7, S. 69-84). Berlin: Universitätsdruckerei Kassel.
- Mayer, J. (2002). Biologieunterricht nach PISA-Standards, Qualitätsentwicklung und Evaluation des Biologieunterrichts. In H. Buchn, L. Horster & G. Pantel (Hrsg.), Schulleitung und Schulentwicklung. PISA und die Folgen für Unterricht und Schulleitung (1-16). Stuttgart: Raabe Verlag.
- Mayer, J. (2004). Qualitätsentwicklung im Biologieunterricht. *Mathematischer und naturwissenschaftlicher Unterricht*, 57(2), 92-99.
- Mayer, J. (2006). Zusammenhänge experimentell erforschen! *Unterricht Biologie*, 318, 22-28.
- Mayer, J. (2007). Erkenntnisgewinnung als wissenschaftliches Problemlösen. In D. Krüger & H. Vogt (Hrsg.), Theorien in der biologiedidaktischen Forschung - Ein Handbuch für Lehramtsstudenten und Doktoranden (S. 177-186). Berlin, Heidelberg, New York: Springer.
- Mayer, J., Grube, C. & Möller, A. (2008). Kompetenzmodell naturwissenschaftlicher Erkenntnisgewinnung. In U. Harms & A. Sandmann (Hrsg.), Lehr- und Lernforschung in der Biologiedidaktik (Band 3, S. 63-79). Innsbruck: Studien-Verlag.
- Mayer, J., Lind, G. & Kroß, A. (1998). Modul 2: Naturwissenschaftliche Arbeitsweisen im Unterricht. Materialien zum BLK-Programm "Steigerung der Effizienz des mathematisch-naturwissenschaftlichen Unterrichts". Leibniz-Institut für die Pädagogik der Naturwissenschaften an der Universität Kiel.

- Mayer, J. & Ziemek, H.-P. (2006). Offenes Experimentieren. Forschendes Lernen im Biologieunterricht. *Unterricht Biologie*, 317, 4-12.
- Meyer, H. (1987). *Unterrichtsmethoden*. (Band 2: Praxisband 2). Frankfurt am Main: Cornelsen.
- Meyer, H. (2004). *Was ist guter Unterricht?* Berlin: Cornelsen.
- Möller, A., Grube, C. & Mayer, J. (2007). Kompetenzniveaus der Erkenntnisgewinnung bei Schülerinnen und Schülern der Sek I. In H. Bayrhuber, U. Harms, D. Krüger, A. Sandmann, U. Unterbrunner et al. (Hrsg.), Verband Biologie, Biowissenschaften und Biomedizin in Deutschland e.V. (VBIO) (Hrsg.), *Ausbildung und Professionalisierung von Lehrkräften* (S. 55-58). Kassel: Universitätsdruckerei Kassel.
- Mohr, H. (1991). *Biologische Erkenntnis*. Stuttgart: Teubner Verlag.
- National Board for Professional Teaching Standards [NBPTS] (2007). *What teachers should know and be able to do*. Arlington.
- NCR-National Research Council (1996). *National science education standards*. National Academies Press. Washington DC.
- NCR-National Research Council (2003). *Standards for science teacher preparation*. National Academies Press. Washington DC.
- Neber, H. (2002). Entdeckendes Lernen. In U. Hameyer & F. Schlichting (Hrsg.), *Entdeckendes Lernen*. Impulse-Reihe (Band 3, 10-26). Kronshagen: Körner Verlag.
- Neubrand, J. (2006). The TIMSS 1995 and 1999 video studies. In F.K.S. Leung, K.D. Graf & F.J. Lopez-Real (Hrsg.), *Mathematics Education in different cultural traditions. A comparative study of East Asia and the West* (S. 291-318). New York: Springer.

- Neuhaus, B. (2007). Unterrichtsqualität als Forschungsfeld für empirische biologiedidaktische Studien. In D. Krüger & H. Vogt (Hrsg.), *Theorien in der Biologiedidaktischen Forschung* (Band 6, S. 243-254). Berlin, Heidelberg, New York: Springer.
- Neuweg, G.H. (2005). Emergenzbedingungen pädagogischer Könnerschaft. In H. Heid & H.C. Harteis (Hrsg.), *Verwertbarkeit: Ein Qualitätskriterium (erziehungs-) wissenschaftlichen Wissens?* (S. 205-228). Wiesbaden: VS-Verlag für Sozialwissenschaften.
- Oelkers, J. (2000). *Die Wirksamkeit der Lehrerbildungssysteme in der Schweiz*. Programmleitung NFP 33 in Zusammenarbeit mit der Schweizer Koordinationsstelle für Bildungsforschung. Bern, Aarau: Schweizer Koordinationsstelle für Bildungsforschung. Verfügbar unter <http://www.skbf-csre.ch/fileadmin/files/pdf/publikationen/ub.oelkers.pdf> [Zugriff am 09.09.2010].
- Oevermann, U. (1996). Theoretische Skizze einer revidierten Theorie professionalisierten Handelns. In A. Combe & W. Helsper (Hrsg.), *Pädagogische Professionalität* (S. 70-82). Frankfurt am Main: Suhrkamp.
- Oser, F. (1997a). Standards in der Lehrerbildung. Teil 1: Berufliche Kompetenzen, die hohen Qualitätsmerkmalen entsprechen. *Beiträge zur Lehrerbildung*, 15(1), 26-37.
- Oser, F. (1997b). Standards in der Lehrerbildung. Teil 2: Wie werden Standards in der schweizerischen Lehrerbildung erworben? Erste empirische Ergebnisse. *Beiträge zur Lehrerbildung*, 15(2), 210-228.
- Oser, F. (2001a). Standards: Kompetenzen von Lehrpersonen. In F. Oser & J. Oelkers, J. (Hrsg.), *Die Wirksamkeit der Lehrerbildungssysteme. Von der Allrounderbildung zur Ausbildung professioneller Standards* (S. 215-342). Chur: Rüegger.

- Oser, F. (2001b). Modelle der Wirksamkeit in der Lehrer- und Lehrerinnenausbildung. In F. Oser & J. Oelkers, J. (Hrsg.), *Die Wirksamkeit der Lehrerbildungssysteme. Von der Allrounderbildung zur Ausbildung professioneller Standards* (S. 67-96). Chur: Rüegger.
- Oser, F. (2003). Professionalisierung der Lehrerbildung durch Standards. Eine empirische Studie über ihre Wirksamkeit. *Die deutsche Schule. Zeitschrift für Erziehungswissenschaft, Bildungspolitik und pädagogische Praxis*, 7. Beiheft, 71-82.
- Oser, F. (2004). Standardbasierte Evaluation der Lehrerbildung. In S. Blömeke, P. Reinhold, G. Tulodziecki, & J. Wildt (Hrsg.), *Handbuch Lehrerbildung* (S. 160-184). Bad Heilbrunn: Klinkhardt.
- Oser, F. & Oelkers, J. (2001). *Die Wirksamkeit der Lehrerbildungssysteme. Von der Allrounderbildung zur Ausbildung professioneller Standards*. Chur: Rüegger.
- Oser, F. & Renold, U. (2005). Standards: Kompetenzen von Lehrpersonen - über das Auffinden von Standards und ihre Messung. 4. *Begleitheft der Zeitschrift für Erziehungswissenschaft*, 8, 119-140.
- Pierce, C., Block, R.A. & Aguinis, H. (2004). Cautionary note on reporting eta-squared values from multifactor ANOVA designs. *Educational and Psychological Measurement*, 64, 916-924.
- Riggs, I. M. (1994). *Towards enhancing science teaching self-efficacy: An inservice project*. Paper presented at the meeting of the National Association for Research in Science Teaching. Anaheim, CA.
- Rost, J. (2004). Psychometrische Modelle zur Überprüfung von Bildungsstandards anhand von Kompetenzmodellen. *Zeitschrift für Pädagogik*, 50, 662-678.
- Rost, J., Prenzel, M., Carstensen, C.H., Senkbeil, M. & Groß, K. (2004). *Naturwissenschaftliche Bildung in Deutschland. Methoden und Ergebnisse von PISA 2000*. Wiesbaden: Verlag für Sozialwissenschaften, Springer.

- Schahn, J. (1996). *Die Erfassung und Veränderung des Umweltbewusstseins*. Europäische Hochschulschriften, Reihe 6. Frankfurt: Lang.
- Schecker, H. & Klieme, E. (2000). Erfassung physikalischer Kompetenz durch Concept-Mapping-Verfahren. In H. Fischler & J. Peukert (Hrsg.), *Psychologie* (Band 535, 23-56). Berlin: Logos.
- Schecker, H. & Parchmann, I. (2006). Modellierung naturwissenschaftlicher Kompetenz. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 12, 45-66.
- Schmelzing, S. (2010). *Das fachdidaktische Wissen von Biologielehrkräften: Konzeptionalisierung, Diagnostik, Struktur und Entwicklung im Rahmen der Biologielehrerbildung*. Berlin: Logos.
- Schmelzing, S. & Wüsten, S. (2008). Das fachdidaktische Wissen der Lehrkraft als Einflussfaktor für die Unterrichtsqualität im Biologieunterricht. In H. Vogt, D. Krüger & A. Upmeyer zu Belzen (Hrsg.), *Erkenntnisweg Biologiedidaktik* (Band 7, S. 159-168). Berlin: Universitätsdruckerei Kassel.
- Schoon, K.J. & Boone, W.J. (1998). Self-Efficacy and alternative conceptions of science of preservice elementary teachers. *Science Education*, 82(5), 553-568.
- Schrifer, M. & Czerniak, C. M. (1999). A comparison of middle and junior high science teachers' levels of efficacy and knowledge of developmentally appropriate curriculum and instruction. *Journal of Science Teacher Education*, 10(1), 21-42.
- Schwab, J.J. (1964). The structure of the disciplines: Meanings and significances. In G.W. Ford & L. Pugno (Hrsg.), *The structure of knowledge and the curriculum* (S. 1-30). Chicago: Rand McNally.
- Sedlmeier, P. & Renkewitz, F. (2008). *Forschungsmethoden und Statistik in der Psychologie*. München: Pearson Studium.

- Shulman, L.S. (1986). Those who understand: Knowledge growth in teaching. *Educational Researcher*, 15(2), 4-14.
- Shulman, L.S. (1987). Knowledge and teaching: Foundations of the New Reform. *Harvard Educational Review*, 57(1), 1-22.
- Shulman, L.S. (1998). Theory, practise in the education of professionals. *The Elementary School Journal*, 98(5), 511-526.
- Shulman, L.S. (2004). Fostering communities of teachers as learners: disciplinary perspectives. *Journal of Curriculum Studies*, 36(2), 135-140.
- Stadler, M., Ostermeier, C. & Prenzel, M. (2007). *Abschlussbericht zum Programm SINUS-Transfer (Arbeitsbericht)*. IPN Kiel, Leibniz-Institut für die Pädagogik der Naturwissenschaften an der Universität Kiel. Verfügbar unter http://www.sinustransfer.uni_bayreuth.de/fileadmin/MaterialienBT/Schlussbericht_ST.pdf [Zugriff am 08.09.2010].
- Stanat, P., Artelt, C., Baumert, J., Klieme, E., Neubrand, M., Prenzel, M. et al. (2002). *PISA 2000: Eine Studie im Überblick. Grundlagen, Methoden und Ergebnis*. Max-Planck-Institut für Bildungsforschung. Berlin. Verfügbar unter http://www.mpib-berlin.mpg.de/pisa/PISA_im_Ueberblick.pdf [Zugriff am 11.09.2010].
- Stevens, C. & Wenner, G. (1996). Elementary preservice teachers` knowledge and beliefs regarding science and mathematics. *School Science and Mathematics* 96(1), 2-9.
- Tenorth, H.-E. (2004). Bildungsminimum und Lehrfunktion. Eine Apologie der Schulpflicht und eine Kritik der "therapie"-orientierten pädagogischen Professions-
theorie. In S. Gruehn, G. Kluchert & T. Koinzer (Hrsg.), Was Schule macht. Achim Leschinsky zum 60. Geburtstag (S. 15-29). Weinheim: Beltz.

- Terhart, E. (2000). *Perspektiven der Lehrerbildung in Deutschland. Abschlussbericht der von der Kultusministerkonferenz eingesetzten Kommission*. Weinheim: Beltz.
- Terhart, E. (2002). *Standards für die Lehrerbildung. Eine Expertise für die Kultusministerkonferenz*. Verfügbar unter http://miami.uni-muenster.de/servlets/DerivateServlet/Derivate1151/Standards_fuer_die_Lehrerbildung_Eine_Expertise_fuer_die_Kultusministerkonferenz.pdf [Zugriff am 12.09.2010].
- Terhart, E. (2006). Was wissen wir über gute Lehrer? *Zeitschrift für Pädagogik*, 58(5), 42-47.
- Urbina, S. (2004). *Essentials of Psychological Testing*. Hoboken, New Jersey: Wiley.
- Van Dijk, E.M. & Kattmann, U. (2010). Evolution im Unterricht: Eine Studie über fachdidaktisches Wissen von Lehrerinnen und Lehrern. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 16, 7-21.
- Vogt, H. (2007). Theorie des Interesses und des Nicht-Interesses. In D. Krüger & H. Vogt (Hrsg.), *Theorien in der biologiedidaktischen Forschung - Ein Handbuch für Lehramtsstudenten und Doktoranden* (S. 9-20). Berlin, Heidelberg, New York: Springer.
- Walpuski, M., Kampa, N., Kauetz, A. & Wellnitz, N. (2008). Evaluation der Bildungsstandards in den Naturwissenschaften. *Der mathematische und naturwissenschaftliche Unterricht*, 61(6), 323-326.
- Weinert, F.E. (2001). *Leistungsmessungen in Schulen*. Weinheim: Beltz.
- Welzel, M., Haller, K. & Bandiera, M. (1998a). Ziele, die Lehrende mit dem Experimentieren in der naturwissenschaftlichen Ausbildung verbinden. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 4(1), 29-44.

- Welzel, M., Haller, K. & Bandiera, M. (1998b). *Teacher`s objectives for Labwork*. Working Paper 6 of the project "Labwork in science education", European commission. Verfügbar unter <http://www.physik.uni-bremen.de/index.php?id=7> Stand 12/2005 [Zugriff am 08.09.2008].
- Wenner, G. (1993). Relationship between science knowledge levels and beliefs toward science instruction held by preservice elementary teachers. *Journal of science education and technology*, 2(3), 461-468.
- Wenner, G. (1995). Science knowledge and efficacy beliefs among preservice elementary teachers: A follow-up study. *Journal of Science Education and Technology*, 4(4), 307-315.
- Werning, R. & Kriwet, I. (1999). Problemlösendes Lernen. *Zeitschrift für Pädagogik*, 10, 6-11.
- Wimmer, M. (1996). Zerfall des Allgemeinen - Wiederkehr des Singulären. Pädagogische Professionalität und der Wert des Wissens. In A. Combe & W. Helsper (Hrsg.), *Pädagogische Professionalität* (S. 404-447). Frankfurt: Academia Verlag.
- Zöfel, P. (2003). *Statistik für Psychologen*. München: Pearson Studium.