



Kompetenzgrad von Lernenden beim Experimentieren im Geographieunterricht

**Experimenting in Geography Education. Competencies of Secondary School
Students**

Carina Peter , **Sandra Sprenger**

Zitieren dieses Artikels:

Peter, C., & Sprenger, S. (2014). Kompetenzgrad von Lernenden beim Experimentieren im Geographieunterricht. *Zeitschrift für Geographiedidaktik | Journal of Geography Education*, 42(3), S. 179–191. doi 10.18452/23988

Quote this article:

Peter, C., & Sprenger, S. (2014). Kompetenzgrad von Lernenden beim Experimentieren im Geographieunterricht. *Zeitschrift für Geographiedidaktik | Journal of Geography Education*, 42(3), pp. 179–191. doi 10.18452/23988

Kompetenzgrad von Lernenden beim Experimentieren im Geographieunterricht

Carina Peter, Sandra Sprenger

Zusammenfassung:

Im Kompetenzbereich Erkenntnisgewinnung sollen Schüler_innen im Geographieunterricht den experimentellen Algorithmus durchlaufen, wobei vier Teilkompetenzen (Fragestellung formulieren, Hypothesen generieren, Experimente planen, Daten auswerten) im Vordergrund stehen. Ziel des Beitrags ist es, eine Aussage darüber zu treffen, über welchen Kompetenzgrad Schüler_innen beim Experimentieren im Fach Geographie tatsächlich verfügen. Bei der Erhebung wurden 662 Schüler_innen der Jahrgangsstufen 5-9 mit einem Messinstrument aus 29 Items befragt. Es handelt sich um ein deskriptives Design. Die Ergebnisse zeigen, dass sich das Kompetenzniveau der einzelnen Jahrgangsstufen unterscheidet. Darüber hinaus liegen spezifische Schwierigkeiten in allen Teilkompetenzen vor. Die Ergebnisse verdeutlichen, dass in allen Bereichen Förderbedarf besteht.

Schlüsselwörter: Experimentieren, Erkenntnisgewinnung, Fragestellung formulieren, Hypothesen generieren, Experimente planen, Daten auswerten

Summary: Experimenting in Geography Education – Competencies of Secondary School Students

In geography lessons, students should be able to reflect and describe the methodic steps of experimenting. Four competencies are described in the methodology of experimenting: a) identification of the problem – formulating the correct question, b) generating hypotheses, c) planning and performing experiments and d) evaluating data. In this study, we investigated the assessment and the grade of competencies in secondary education of these experimenting skills. We measured these four skills by a paper-and-pencil test with 29 items. The results show significant difficulties in all phases of the inquiry process, appropriate interventions are highly needed.

Keywords: experiment, competencies, formulating the question, generating hypotheses, planning and experiments, evaluating data, inquiry learning, geography education

1 Einleitung und Fragestellung

Das Schulfach Geographie befindet sich an der Schnittstelle von Natur- und Gesellschaftswissenschaften und soll das „Verständnis natürlicher und sozialer Zusammenhänge“ (DGFG, 2014, 8) herausbilden. Im Kompetenzbereich Erkenntnisgewinnung/Methoden wird die Fähigkeit benannt, die methodischen Schritte zu geographischer/geowissenschaftlicher Erkenntnisgewinnung in einfacher Form beschreiben und reflektieren zu können. Dieser Kompetenzbereich steht seit einigen Jahren in unterschiedlichen Bereichen im Blickfeld der Lehr- und Lernforschung. Hier sind zunächst die großen internationalen Schul- und Vergleichsstudien zu nennen, die sich seit mehreren Jahren intensiv mit der Erforschung naturwissenschaftlicher Erkenntnismethoden beschäftigen. Im Zentrum steht dabei neben vielen weiteren Methoden wie Beobachten oder Vergleichen (LETHMATE, 2006) vor allem das Experimentieren, welches zentrale Elemente naturwissenschaftlicher Denk- und Arbeitsweisen beinhaltet (PRENZEL & PARCHMANN, 2003). In der ersten großen Erhebung PISA 2000 (DEUTSCHES PISA-KONSORTIUM, 2001) wie auch in allen weiteren Erhebungen (PISA 2003, 2006, 2009) (DEUTSCHES PISA-KONSORTIUM, 2004, 2007; OECD, 2010) wurden naturwissenschaftliche Kompetenzen erhoben. In PISA 2006 standen diese im Fokus (DEUTSCHES PISA-KONSORTIUM, 2007), wobei drei Teilkompetenzen unterschieden wurden: Naturwissenschaftliche Fragestellungen erkennen, Naturwissenschaftliche Phänomene erklären und Naturwissenschaftliche Evidenz nutzen. Parallel dazu befasste sich die empirische Lehr-/Lernforschung vor allem in den Didaktiken der Naturwissenschaften sowie in der pädagogischen Psychologie mit diesem Bereich. Insbesondere in den letzten Jahren beschäftigte sich die

Forschung mit der Modellierung von Kompetenzen. Im Zuge dessen wurden Kompetenzmodelle entwickelt, die Aussagen über die Struktur und die Teilkompetenzen einer Kompetenz, hier der Experimentierkompetenz, treffen. Auch für das Fach Geographie/Erdkunde liegen zahlreiche Publikationen zum geographischen Experiment vor (z.B. LETHMATE, 2006; MÖNTER & HOF, 2012; OTTO, 2009; OTTO & MÖNTER, 2009; OTTO, MÖNTER, HOF & WIRTH, 2010). Es fehlen jedoch empirische Belege, über welchen Kenntnis- und Kompetenzstand Schülerinnen und Schüler im Fach Geographie tatsächlich verfügen. Mit der vorliegenden Erhebung soll der Kompetenzstand innerhalb der Teilkompetenzen beleuchtet werden. Ein vielfach verwendetes Strukturmodell für das Experimentieren ist dasjenige von Mayer (MAYER, 2007), das später von GRUBE (2010) bestätigt wurde. GRUBE (2010) differenziert in ihrem Modell vier Teilkompetenzen: Fragestellung formulieren, Hypothesen generieren, Experiment planen und Daten auswerten. Dieses Modell stellt die Grundlage für die vorliegende Untersuchung dar.

Ziel dieser Studie ist es, Aussagen zu generieren, über welchen Kompetenzgrad Schülerinnen und Schüler der Sekundarstufe I in der Methode Experimentieren verfügen. Dies soll differenziert für die vier Teilkompetenzen nach MAYER (2007) untersucht werden. Inhaltlicher Schwerpunkt werden Themenbereiche der Physischen Geographie sein, z. B. Wasser. Nach der Einleitung erfolgt im zweiten Kapitel die Darstellung des theoretischen Hintergrundes sowie des Stands der Forschung. Hier werden bisherige Studien zur Experimentierkompetenz der Lernenden aufgeführt, die sich auf die vier Teilkompetenzen beziehen. Daraus werden die Forschungsfragen abgeleitet, die am Ende des zweiten Kapitels dargestellt werden. In Kapitel 3 wird die Forschungsmethodik aufgezeigt. An dieser

Stelle wird zunächst die Stichprobe beschrieben, bevor auf das Messinstrument und das Untersuchungsdesign eingegangen wird. Im Ergebnisteil werden zentrale Befunde, d.h. der Kompetenzgrad der Lernenden beim Experimentieren in der Geographie erläutert und in einem weiteren Kapitel abschließend diskutiert. Im Ausblick wird auf offene Fragen bzw. auf die nächsten Schritte für die weitere Bearbeitung des Themas eingegangen.

2 Theoretischer Hintergrund und Stand der Forschung

In der Literatur liegen zahlreiche Studien zum problemlösenden und forschenden Lernen, den spezifischen Problembereichen sowie dem naturwissenschaftlichen Kompetenzstand von Schülerinnen und Schülern hinsichtlich der Experimentiermethode vor, die insbesondere den Fachdisziplinen der Pädagogischen Psychologie, den Erziehungswissenschaften sowie den Didaktiken der Naturwissenschaften zu entnehmen sind (z.B. DE JONG & VAN JOOLINGEN, 1998; BAUMERT & LEHMANN, 1997; HAMMANN, 2004; GRUBE, 2010; HOF, 2011). Dabei benennt MAYER (2007) die Methode des Experimentierens als naturwissenschaftliches Problemlösen.

Studien aus dem Bereich der Pädagogischen Psychologie zeigen, dass Schülerinnen und Schüler Schwierigkeiten mit dem Erkenntnisprozess haben, der international als *inquiry* oder *inquiry learning* bezeichnet wird. DE JONG und VAN JOOLINGEN (1998) beschreiben verschiedene spezifische Probleme in den Teilkompetenzen Hypothesen generieren, Experiment planen und Daten auswerten. Im Teilbereich Hypothesen stößt das Generieren von begründeten Vermutungen insofern auf Probleme als die Schülerinnen und Schüler zum einen nicht wissen, was eine Hypo-

these ist, oder zum anderen generell Hypothesen vermeiden, die als unwahrscheinlich erachtet werden. DE JONG und VAN JOOLINGEN (1998) sowie HAMMANN (2004) ordnen die Hypothesenrevision, d. h. die abschließende Überprüfung (Bestätigung/Widerlegung) der zuvor formulierten Hypothesen, der Teilkompetenz ‚Hypothesen generieren‘ zu, MAYER und ZIEMEK (2006) hingegen dem Teilbereich ‚Daten auswerten‘. In Anlehnung an DE JONG und VAN JOOLINGEN (1998) erfolgt im Zuge der Hypothesenrevision die Verifikation (Bestätigung) nicht auf Grundlage der Daten. 56% der Probanden bestätigten Hypothesen, die als wahrscheinlich erachtet wurden, zugleich jedoch durch die Experimentiererergebnisse nicht belegt werden konnten (DE JONG & VAN JOOLINGEN, 1998). In der Planungsphase werden Experimente entwickelt, die nicht zur Überprüfung der zuvor formulierten Hypothesen geeignet sind. Auch werden Probleme beim korrekten Umgang mit Variablen deutlich, indem z. B. zu viele Variablen variiert werden und dadurch keine Rückschlüsse gezogen werden können (GLASER, SCHAUBLE, RAGHAVAN & ZEITZ, 1992). Ein weiterer Problembereich der Teilkompetenz Experiment planen ist der Kontrollansatz, der teilweise nicht berücksichtigt wird. In der Auswertungsphase werden die Daten oft falsch interpretiert. 35% bis 63% der Probanden interpretierten Daten fehlerhaft (DE JONG & VAN JOOLINGEN, 1998). Zudem haben Schülerinnen und Schüler Probleme mit der Datenauswertung von graphischen Abbildungen oder Diagrammen (DE JONG & VAN JOOLINGEN, 1998). CHEN und KLAHR (1999) beziehen Schülerinnen und Schüler des Primarbereiches ein und kommen zu dem Ergebnis, dass Schülerinnen und Schüler der Jahrgangsstufe 4 nach gezielter Förderung und Intervention fähig sind, experimentelle Anordnungen differenzieren zu können. Demgegenüber kommen SIEG-

LER und LIEBERT (1975) zu dem Befund, dass Lernende im Alter zwischen 10 und 13 Jahren Probleme mit dem systematischen Vorgehen haben. Schülerinnen und Schüler erreichen laut den Ergebnissen der TIMSS-Studie ohne vorausgegangene Intervention und Förderung bis zur Klasse 8 kein hohes Experimentierniveau (BAUMERT & LEHMANN, 1997; HAMMANN, 2004).

Auch im Bereich der Didaktiken der Naturwissenschaften liegen zahlreiche Befunde zum Experimentieren vor (z. B. GRUBE, 2010; HOF, 2011; MAYER, GRUBE & MÖLLER, 2008; VÖLZKE, ARNOLD & KREMER, 2013). Sie beziehen zudem z.T. die Teilkompetenz Fragestellung formulieren mit ein, in der spezifische Schwierigkeiten auftreten. Demnach können Schülerinnen und Schüler in Biologie oftmals eine naturwissenschaftliche (überprüfbare) Fragestellung nicht von einer nicht-naturwissenschaftlichen Fragestellung unterscheiden (GRUBE, 2010). MAYER ET AL. (2008) berichten, dass das Kompetenzniveau der Schülerinnen und Schüler hinsichtlich der Teilkompetenzen Fragestellung formulieren und Experiment planen niedriger sei. Zwischen den vier Teilkompetenzen identifiziert GRUBE (2010) signifikante Leistungsunterschiede ($n = 1553$; $p < 0,001$) mit höheren Kompetenzständen in den Bereichen Daten auswerten und Hypothese generieren und den niedrigsten im Kompetenzbereich Fragestellung formulieren mit insgesamt schwachen bis mittleren Effekten ($d = 0.20$ bis 1).

In der Normierungsstudie von HOF (2011) werden zudem Unterschiede im Kompetenzniveau sowohl zwischen den Klassenstufen (5-10) als auch den unterschiedlichen Schularten deutlich. Das Kompetenzniveau steigt von Klasse 5 bis 10 an und Schülerinnen und Schüler der gymnasialen Schulart zeigen einen höheren Kompetenzstand als Realschüler. In der Studie werden weiterhin Zusammenhänge zwischen dem Geschlecht und dem

Erwerb der Experimentierkompetenz untersucht, bei denen die weiblichen Probanden einen leicht höheren Kompetenzerwerb verzeichnen, der jedoch als statistisch nicht signifikant ($p = 0.07$) zu bezeichnen ist (HOF, 2011). Aus biologiedidaktischer Perspektive untersuchte GRUBE (2010) in einer Querschnittsstudie in den Jahrgängen 5 bis 10 Zusammenhänge zwischen der naturwissenschaftlichen Kompetenz und Personenmerkmalen, in Anlehnung an MAYER (2007) differenziert in vier Teilkompetenzen des Experimentierens. Die Gesamtkompetenz nimmt vom Jahrgang 5 bis zum Jahrgang 10 mit unterschiedlicher Ausprägung zu. Signifikante Unterschiede werden zwischen den Jahrgangsstufen 5-6, 7-8 und 9-10 belegt ($p < 0,01$; $d > 0,20$). Zwischen den Klassenstufen 6-7 und 8-9 werden hingegen keine signifikanten Zunahmen identifiziert ($p = n.s.$; $d < 0,20$). In der geographiedidaktischen Forschung analysieren FAVIER und v.D. SCHEE (2012) forschendes und problemlösendes Lernen unter Verwendung von Geoinformationssystemen. Die Probanden hatten zunächst Probleme mit der Konstruktion eines entsprechenden systematischen Vorgehens. Schwierigkeiten in den Teilkompetenzen Fragestellung formulieren, Hypothesen generieren, Planung der Datensammlungen und graphischer Darstellung der Daten sowie der entsprechenden Datenauswertung wurden erhoben. Die Auswahl erfolgte ohne logische Planung auf der Grundlage schwacher Fragestellungen und Hypothesen. Das systematische Vorgehen in Form von forschenden bzw. problemlösenden Projekten mit Geoinformationssystemen war keine den Probanden bekannte Methode aus dem Geographieunterricht (FAVIER & v.D. SCHEE, 2012).

Auch wenn diese Studie geographiedidaktische Problemlösestrategien umfasst und nach MAYER (2007) die Experimentiermethode Problemlösestrategien impliziert,

so liegt der Schwerpunkt in der Studie von FAVIER und v.D. SCHEE (2012) auf der systematischen Anwendung von Geoinformationssystemen. Die Studienergebnisse der Fachdisziplinen der Pädagogischen Psychologie sowie der Naturwissenschaften ermöglichen differenzierte Einblicke in die Kompetenzen der Schülerinnen und Schüler. Allerdings können diese nicht direkt auf das Fach Geographie transferiert werden, da fachspezifische Elemente die Methode bestimmen. So findet in der Geographie oftmals eine Wechselwirkung zwischen human- und physiogeographischen Aspekten statt, indem von humangeographischen Problemen bzw. Phänomenen ausgehend die naturwissenschaftliche Methode angewendet wird, um Problemlösestrategien entwickeln bzw. Erkenntnisse ziehen zu können (OTTO ET AL., 2010; MÖNTER & HOF, 2012). Demnach fehlen fachspezifischen Befunde zur Experimentierkompetenz im Geographieunterricht. Weiterhin lag in vorausgegangenen Studien ein stärkerer Fokus auf der Erhebung der Kompetenzausgangslage sowie der Förderung der Experimentierkompetenz von Grundschulern oder Schülerinnen und Schülern des gymnasialen Bildungswegs. Dabei verdeutlichen die PISA-Ergebnisse insbesondere Defizite in der naturwissenschaftlichen Kompetenz bei leistungsschwächeren Lernenden der niedrigeren Bildungswege (z.B. DEUTSCHES PISA-KONSORTIUM, 2008). Die Kompetenzerhebung und -förderung von Realschülern und Schülerinnen und Schülern der Gesamtschulen stellt somit ein erweitertes Untersuchungsfeld der Kompetenz-

forschung zur Methode des Experimentierens dar.

Daraus resultiert die konkrete Zielsetzung, den Kompetenzstand von Schülerinnen und Schülern der Real- und Gesamtschulen im Fach Erdkunde in der Methode des Experimentierens zu erheben. Weiterhin stellen sich die Fragen, ob Unterschiede zwischen den einzelnen Teilkompetenzen und geschlechtsspezifische Kompetenzunterschiede identifiziert werden können.

3 Forschungsmethodik

a) Die Stichprobe

An der Untersuchung nahmen 662 Schülerinnen und Schüler im Alter von zehn bis 17 Jahren teil. Das Durchschnittsalter liegt bei 12,8 Jahren (SD = 1,33). Mit einem Prozentsatz von 50,2% weiblichen und 49,8% männlichen Probanden ist das Geschlechterverhältnis als ausgeglichen zu bezeichnen. Die Probanden kommen alle aus dem Land Hessen.

Die Schülerinnen und Schüler besuchen die Jahrgangsstufen 5-9 in der Sekundarstufe I (s. Tab. 1).

Mit 84,3% besuchen die meisten der Schülerinnen und Schüler die Integrierte Gesamtschule, 14% die Realschule, 1,7% eine sonstige Schulart oder machten dazu keine Angaben.

b) Messinstrument

Für die Kompetenzmessung ist ein Fragebogen als Messinstrument theoriegeleitet

Tab. 1: Struktur und Zusammensetzung der Stichprobe

Schulform	integrierte Gesamtschule				Realschule				Sonstige / k.A.				Gesamt						
	553		84%		92		14%		11		2%		656		100%				
Geschlecht	weiblich								männlich								Gesamt		
	332				50%				330				50%				662		100%
Alter	10 Jahre	11 Jahre	12 Jahre	13 Jahre	14 Jahre	15 Jahre	16 Jahre	17 Jahre	Mean	Median	Min	Max							
	8	1%	96	15%	227	34%	155	23%	85	13%	78	12%	11	2%	2	0%	662	12,76	10
Jahrgang	Stufe 5		Stufe 6		Stufe 7		Stufe 8		Stufe 9		Mean	Median	Min	Max					
	102	16%	251	38%	162	23%	60	9%	84	13%	659	6,66	5	9					

entwickelt worden, der sich in vier Bereiche gliedert: Im ersten Teil des Fragebogens werden soziodemographische Variablen erhoben. Hier sollen die Probanden allgemeine Angaben zu Geschlecht, zum Alter, zur Schulart, zur Klassenstufe und zur Note in Sachunterricht/Erkunde/Gesellschaftslehre sowie Biologie machen. Da mit denselben Probanden Folgestudien geplant sind (vgl. Ausblick), ist ein sechsstelliger Code erforderlich, der einerseits eine anonyme Erhebung, andererseits eine exakte Zuordnung späterer Fragebögen zur selben Person ermöglicht.

Der Hauptteil des Messinstrumentes umfasst die Items, die das Kompetenzmodell zum Experimentieren/wissenschaftlichen Denken (vgl. Kap. 2) abbilden. Es enthält je drei Items zu allen vier Teilkompetenzen:

- **Fragestellung formulieren:** In dieser Teilkompetenz wird in dem Aufgabenstamm und in der zugehörigen Abbildung ein Design eines Experiments aufgezeigt, zu dem die passende Fragestellung aus vier möglichen Alternativen gewählt werden muss.
- **Hypothesen generieren:** Bei den Items dieser Teilkompetenz wird – ähnlich wie bei der vorangegangenen Teilkompetenz – ein Aufgabenstamm mit Abbildung zu einem Aufbau eines Experiments aufgezeigt, zu dem die passende Hypothese aus vier möglichen Antworten gewählt werden muss.
- **Experiment planen:** Items dieser Teilkompetenz zeichnen sich dadurch aus, dass im Aufgabenstamm die Vermutung und der Aufbau des Experiments präsentiert werden und der entsprechende Kontrollansatz aus vier verschiedenen Ansätzen in der Antwort gewählt werden muss.
- **Daten auswerten:** In dieser Teilkompetenz sind im Aufgabenstamm der Items

die Fragestellung und die Ergebnisse des Experiments abgebildet. Es muss diejenige Antwort ausgewählt werden, deren Aussage sich aus den Ergebnissen ableiten lässt. Es geht also darum, den Trend in den Ergebnissen zu erkennen und eine Schlussfolgerung entsprechend den Ergebnissen zu ziehen.

c) **Untersuchungsdurchführung**

Um die Kompetenzen des Experimentierens im Fach Geographie zu erheben, ist das Messinstrument einmal eingesetzt worden; es handelt sich hier um ein deskriptives Design, in der pädagogisch-psychologischen Forschung auch vor-experimentelles Design genannt, zur einmaligen Erhebung von Variablen auf der Basis einer zufällig gezogenen Stichprobe (vgl. ROST, 2007). Einschränkend muss erwähnt werden, dass es sich nicht um eine Zufallsstichprobe handelt. Da die Erhebung im Regelunterricht stattfand, musste die Lerngruppe im Klassenverband zusammen bleiben. Die Erhebung erfolgte im Schuljahr 2011/2012.

4 Ergebnisse

Im Folgenden wird die Lernausgangslage zur Experimentierkompetenz zunächst durch explorative Datenanalyse, differenziert nach den Jahrgängen 5 bis 9 dargestellt, die auf dem Kompetenztest der Experimentiermethode basieren (Hauptteil des Messinstrumentes). Die Gesamtkompetenz des Experimentierens wird durch Addition der Items (*multiple choice*) der vier Teilkompetenzen (Fragestellung formulieren, Hypothesen generieren, Experiment planen und Daten auswerten) ermittelt. Die maximal 24 zu erreichenden Punkte sind aus den drei Items der vier Teilkompetenzen addiert. In den Items der Teilkompetenzen Hypothesen generieren

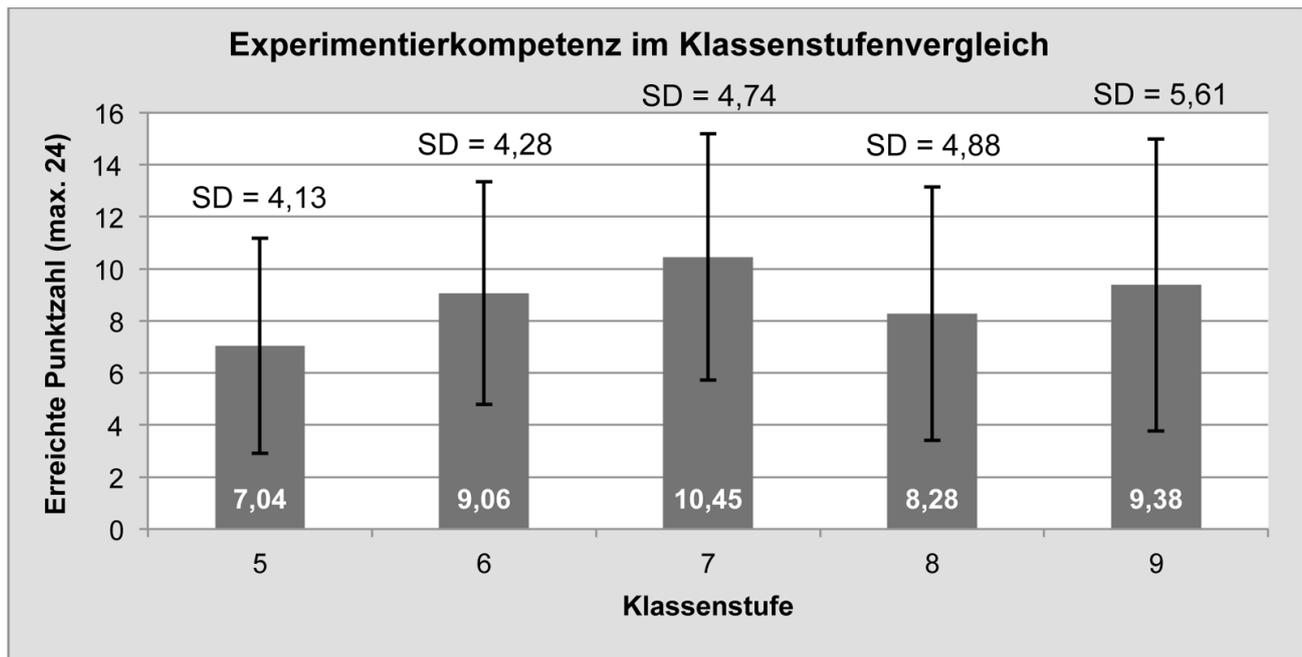


Abb. 1: Kompetenzniveaus des Experimentierens, differenziert nach Jahrgangsstufen (MW [Mittelwert]+ 1 SD [Standardabweichung])

und Daten auswerten sind jeweils zwei Antworten richtig, in den Teilkompetenzen Fragestellung formulieren und Experiment planen jeweils eine. Eine Gewichtung, d. h. Multiplikation um den Faktor 2 zur Angleichung der Ergebnisse, erfolgte entsprechend der zwei Antwortmöglichkeiten. Um Rückschlüsse über die Experimentierkompetenzen der Schülerinnen und Schüler in Abhängigkeit von der Jahrgangsstufe ziehen zu können, folgen Signifikanzanalysen mittels T-Test, ergänzt durch Berechnungen der Effektstärken.

Es wird deutlich wird, dass sich das Kompetenzniveau innerhalb der einzelnen Jahrgangsstufen unterscheidet (vgl. Abb. 1). Von Jahrgang 5 ($n = 97$; $MW = 7,04$; $SD = 4,13$) steigt das Niveau zu Jahrgang 6 ($n = 251$; $MW = 9,06$; $SD = 4,28$) und 7 ($n = 162$; $MW = 10,45$; $SD = 4,74$) signifikant an. Zur Klassenstufe 8 fällt das Niveau um 1,39 Punkte im Mittel auf 8,28 Punkte ($SD = 4,88$). Die Schülerinnen und Schüler der Jahrgangsstufe 9 erreichen keinen signifikanten Kompetenzzuwachs mit 9,38 Punkten im Mittel ($SD = 5,61$) im Vergleich zu den Probanden der Klassenstufe 8. Die

Klassenstufen werden paarweise mit dem T-Test auf statistische Unterschiede analysiert. Die zentralen Befunde lauten: Jahrgangsstufe 5: signifikanter Unterschied zur Jahrgangsstufe 6 ($p > 0,001$); Jahrgangsstufe 6: signifikanter Unterschied zur Jahrgangsstufe 7 ($p = 0,02$); Jahrgangsstufe 7: signifikanter Unterschied zur Jahrgangsstufe 8 ($p = 0,03$); Jahrgangsstufe 8: kein signifikanter Unterschied zur Jahrgangsstufe 9 ($p = 0,22$). Demnach zeigen die Schülerinnen und Schüler von der Klassenstufe 5 bis 7 signifikante Zunahmen des Kompetenzniveaus mit schwachen bis mittleren Effekten (Cohens $d \geq 0,3$ bis $\geq 0,7$). Dieses fällt signifikant zur Klassenstufe 8 ab und erreicht auch im Jahrgang 9 kein vergleichbares Niveau (Cohens $d = 0,21$).

Um den Kompetenzstand detaillierter zu erheben, folgt eine Analyse der vier Teilkompetenzen. Die Teilkompetenzen des Experimentierens werden in der Gesamtstichprobe ($n = 662$) deskriptiv dargestellt und mittels T-Test auf signifikante Unterschiede getestet. Die maximal in den einzelnen Kompetenzbereichen (vgl. Abb. 2) zu erreichende Punktzahl beträgt 6.

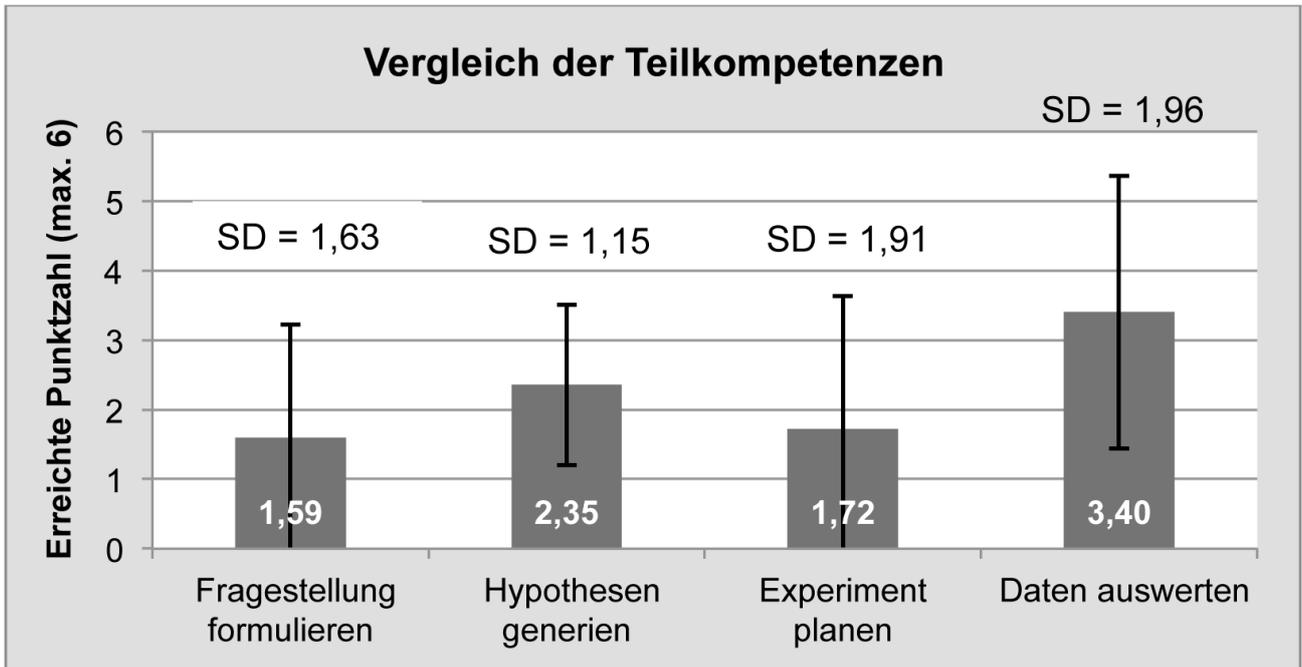


Abb. 2: Teilkompetenzen des Experimentierens im Vergleich (MW+1 SD)

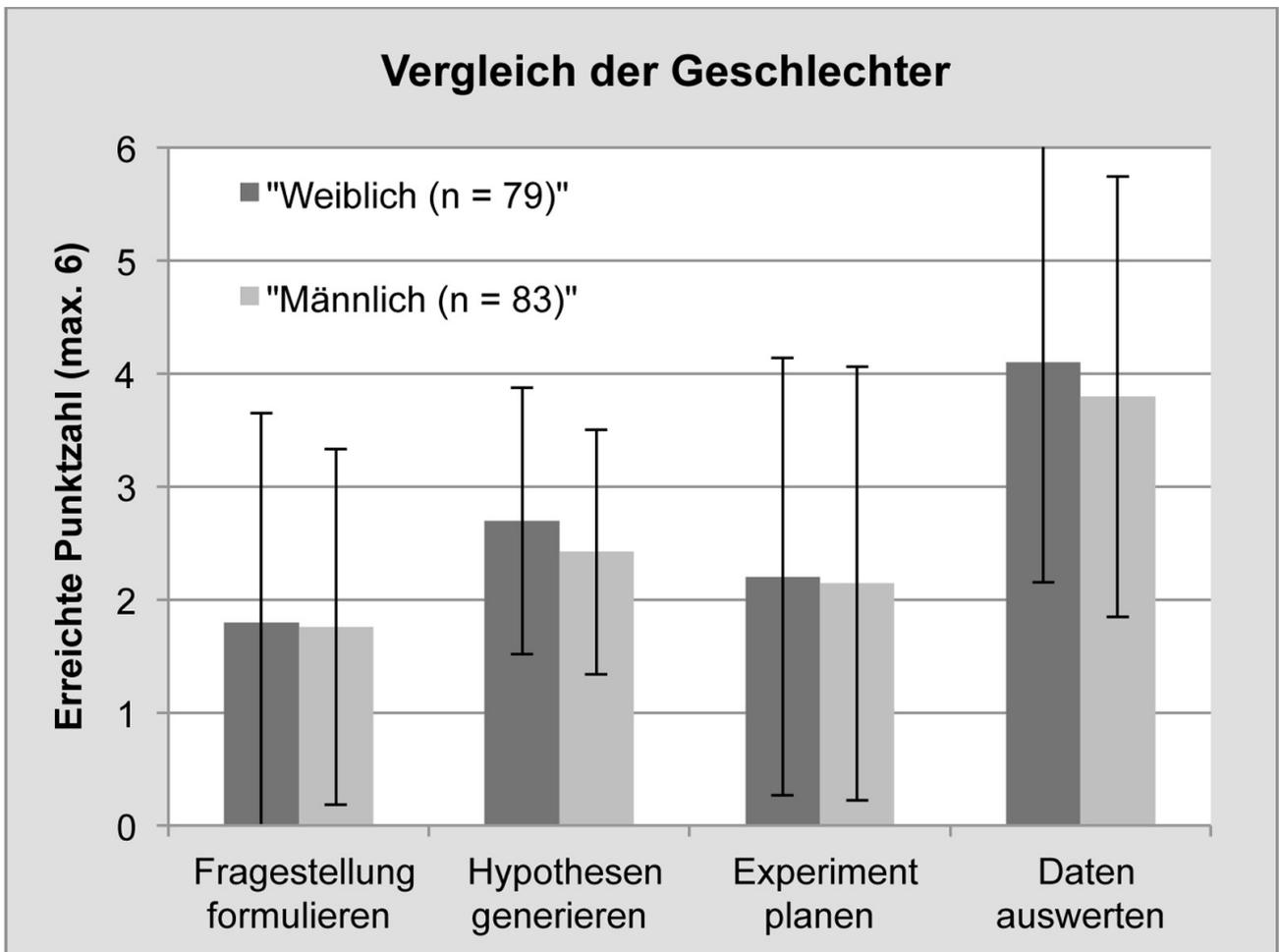


Abb. 3: Teilkompetenzen des Experimentierens im Vergleich der Geschlechter (MW+1 SD)

Tab. 2: Stichprobe, MW und SD im Geschlechtervergleich der Teilkompetenzen des Experimentierens

		Fragestellung formulieren	Hypothesen generieren	Experiment planen	Daten auswerten
weiblich	N	328	328	328	328
	Mittelwert	1,6	2,46	1,82	Mär 35
	Standardabweichung	1,67	1,13	2	1,93
männlich	N	329	329	329	329
	Mittelwert	1,6	2,25	Jan 62	3,27
	Standardabweichung	1,6	1,16	1,87	1,97

Unterschiede im Kompetenzniveau zwischen den einzelnen Teilkompetenzen bestehen: a) Fragestellung formulieren (MW = 1,59; SD = 1,63); b) Hypothesen generieren (MW = 2,35; SD = 1,15); c) Experiment planen (MW = 1,72; SD = 1,91) und d) Daten auswerten (MW = 3,40; SD = 1,96). Der paarweise Vergleich der Teilkompetenzen zeigt signifikante Unterschiede zwischen allen Teilkompetenzen ($p < 0.001$) mit Ausnahme der Teilkompetenzen Fragestellung formulieren und Experiment planen (Bonf. = 1,0).

Weiterhin werden die Teilkompetenzen im Geschlechtervergleich zunächst explorativ dargestellt (vgl. Abb. 3; Tab. 2) und anschließend mittels T-Test auf signifikante Unterschiede untersucht.

In der Darstellung der Mittelwerte der Gesamtstichprobe werden Unterschiede zwischen den Geschlechtern deutlich, die eine leicht höhere Kompetenz bei den weiblichen Probanden in den Teilkompetenzen Hypothesen generieren, Experiment planen und Daten auswerten verdeutlicht. Als statistisch signifikant wird die Teilkompetenz Hypothesen generieren identifiziert, in den verbleibenden Teilkompetenzen werden keine signifikanten Unterschiede belegt: a) Fragestellung

formulieren ($p = 0,90$), b) Hypothesen generieren ($p = 0,02$), c) Experiment planen ($p = 0,15$) und d) Daten auswerten ($p = 0,08$). Demnach besteht zwischen den Geschlechtern in der Gesamtstichprobe in der Teilkompetenz Hypothesen generieren ein Unterschied. Die Überprüfung der Effektstärke zeigt jedoch nur eine sehr geringe Relevanz (Cohens $d = 0,18$). Zwischen den Kompetenzausprägungen im Geschlechtervergleich wird somit kein signifikanter Unterschied innerhalb der Teilkompetenzen belegt. Eine Ausnahme bildet die Kompetenz Hypothesen generieren, die durch eine sehr geringe Effektstärke gekennzeichnet ist und somit statistisch nur als gering relevant eingestuft wird.

5 Interpretation

Die Ergebnisse spiegeln die Tatsache, dass das Kompetenzniveau von Schülerinnen und Schülern von der Klassenstufe abhängig ist und innerhalb der vier Teilkompetenzen des Experimentierens sehr unterschiedlich ausfällt. Die in dieser Studie vorgelegten Ergebnisse bestätigen die Befunde vorausgehender Studien. Hier

zeigt sich, dass insbesondere die Teilkompetenzen Fragestellung formulieren, Hypothesen generieren und Experiment planen Schülerinnen und Schüler vor größere Schwierigkeiten stellen, wie auch PRENZEL ET AL. (2007) und GRUBE (2010) beschreiben. GRUBE (2010) nennt inhaltliche sowie schulkontextuelle Ursachen, die in der Teilkompetenz Fragestellung formulieren mit dem Begriffsverständnis zusammenhängen. Die interne Differenzierung zwischen einer nicht-naturwissenschaftlichen Problemfrage und einer naturwissenschaftlich überprüfaren Forschungsfrage (GRUBE, 2010) stellt eine besondere Hürde dar. Aber auch in der Teilkompetenz Experimente planen ähneln die Befunde denen vergleichbarer Studien anderer Fachrichtungen. Die Planung eines Experiment verlangt von den Lernenden komplexe methodische Strategien (Variablen identifizieren, kontrollieren und variieren), die besonders schwierigkeiteninduzierend sind (HAMMANN, PHAN, EHMER & BAYRHUBER, 2006; GRUBE, 2010). Die Studie von VÖLZKE, ARNOLD und KREMER (2013) untersucht auf qualitativer Ebene die Teilkompetenz Experimente planen. Sie stellen einerseits fest, dass die Identifikation und Modifikation von abhängiger und unabhängiger Variable von den Lernenden geleistet werden kann. Andererseits wird in der Erhebung deutlich, dass oft Angaben zu Messintervallen und -wiederholungen fehlen oder die Störvariablen nicht angemessen berücksichtigt werden. Die genannten Befunde belegen insgesamt den besonderen Förderbedarf, der sich in diesen Bereichen ergibt und der durch gezielte Interventionsmaßnahmen (vgl. Kap. 6) erreicht werden soll.

Lediglich die Teilkompetenz Daten auswerten bereitet den Probanden geringere Schwierigkeiten. Hierunter fallen u.a. die graphische Auswertung von Messwerten oder das Herauslesen von Trends. Vermutlich können hier Vorkenntnisse aus dem

mathematisch-naturwissenschaftlichen Unterricht angewendet werden, sodass die dort erworbenen Kenntnisse auf die Items der vorliegenden Erhebung transferiert werden konnten.

Hinsichtlich der Experimentierkompetenz in den verschiedenen Jahrgangstufen zeigen die Ergebnisse, dass die Kompetenz von der Jahrgangstufe 5 bis 7 zunächst ansteigt und in der Klassenstufe 7 insgesamt das höchste Kompetenzniveau erreicht wird. Danach fällt es allerdings ab. Mit Blick auf die Lehrpläne des Landes Hessen wird ersichtlich, dass Erdkunde in den Jahrgängen 7 und 8 an Realschulen nicht unterrichtet wird, was eine mögliche Ursache sein könnte. Auch in der Schulart der Integrierten Gesamtschule, die Gesellschaftslehre (Erdkunde, Geschichte und Sozialkunde) als Unterrichtsfach beinhaltet, liegt in den Jahrgängen 7 und 8, entsprechend den Lehrplänen, der inhaltliche Schwerpunkt auf den gesellschaftswissenschaftlichen Fächern Geschichte und Sozialkunde. Die geographischen Lerninhalte der vorausgegangenen Jahrgangsstufen sind den Schülerinnen und Schülern noch präsent und können entsprechend angewendet werden. Dies ist im Jahrgang 8 in einem deutlich geringeren Maße möglich und kann zum Jahrgang 9 nicht reaktiviert oder aufgebaut werden. Dennoch muss berücksichtigt werden, dass die Schülerinnen und Schüler in den Jahrgangsstufen 8 und 9 in Hessen verstärkt in den naturwissenschaftlichen Fächern unterrichtet werden und demnach davon ausgegangen werden muss, dass sie Experimentierkompetenzen entwickeln konnten. GRUBE (2010) belegt in einer Längsschnittstudie, dass die Kompetenzentwicklung in den Jahrgängen 5 bis 7 deutlich stärker ausgeprägt ist als in den Klassenstufen 9 bis 10.

Zwischen den Geschlechtern ist in den Teilkompetenzen kein Unterschied zu belegen mit Ausnahme der Teilkompetenz

Hypothesen generieren, die zugleich durch eine sehr geringe Effektstärke gekennzeichnet ist. Damit können Ergebnisse aus vergleichbaren Studien gestärkt werden. Die Befunde von GRUBE (2010) und HOF (2011) lassen keinen Zusammenhang zwischen dem Geschlecht und der Methodenkompetenz erkennen. Auch zu den Ergebnissen der PISA-Erhebungen werden Parallelen deutlich. Demnach weisen dort männliche Probanden eine größere Streuung auf, die im Mittel wieder zu relativierten Werten führt. Der Kompetenzunterschied zwischen männlichen und weiblichen Probanden wird als schwach bezeichnet (KLIEME ET AL., 2010, 187).

Die Ergebnisse – Defizite in verschiedenen experimentellen Bereichen – legen den großen Förderbedarf offen.

6 Ausblick

Der Kompetenzgrad der Schülerinnen und Schüler in der Methode des Experimentierens variiert innerhalb der einzelnen Teilkompetenzen, erreicht aber bei keiner ein hohes mittleres Niveau. Eine gezielte Förderung unter Berücksichtigung der spezifischen Problemfelder (naturwissenschaftliche Frage formulieren, Hypothesen generieren, Variablen identifizieren, kontrollieren und variieren, graphische Daten auswerten und interpretieren) scheint un-

erlässlich, um einerseits den methodischen Mehrwert hinsichtlich der geforderten geographischen Erkenntnisgewinnung zu erfüllen und auf der anderen Seite den Schülerinteressen gerecht zu werden. Offen bleiben die Fragen nach der Fördermöglichkeit der Experimentiermethode auch hinsichtlich der einzelnen Teilkompetenzen sowie dem Aspekt Fachwissen. Die Methode des Experimentierens induziert einen zeitlichen Mehraufwand im regulären Geographieunterricht, der nicht zulasten des Fachwissens erfolgen sollte. Die Förderung leistungsschwächerer Schülerinnen und Schüler darf nicht zugunsten einer Methodenförderung in den unterrichtlichen Hintergrund geraten. Die Frage, ob eine gezielte Förderung auch bei leistungsschwächeren Schülern zu einer Kompetenzzunahme führt, ist daher elementar, insbesondere im Gesamt- und Realschulbereich. Eine Folgestudie mit gezielter Intervention der Experimentierkompetenz wird sich basierend auf dem Ansatz des problemlösenden Lernens anschließen. Die Intervention wird die Förderung der Teilkompetenzen umfassen und insbesondere die Defizite der Schülerinnen und Schüler hinsichtlich der Methode des Experimentierens sowie Aspekte des angeleiteten und offenen Vorgehens berücksichtigen, so dass nach der Analyse der vermutete Mehrwert der naturwissenschaftlichen Methode für die Geographiedidaktik evaluiert werden kann.

Literatur:

- BAUMERT, J. & LEHMANN, R. (1997). *TIMSS - Mathematisch naturwissenschaftlicher Unterricht im internationalen Vergleich-Deskriptive Befunde*. Opladen: Leske + Budrich Verlag.
- CHEN, Z. & KLAHR, D. (1999). All other things being equal: Acquisition and transfer of the control of variables strategy. *Child Development*, 70(5), 1098-1119.
- DE JONG, T. & VAN JOOLINGEN, W. R. (1998). Scientific discovery learning with simulations of conceptual domains. *Review of Educational Research*, 68(2), 179-201.
- DEUTSCHE GESELLSCHAFT FÜR GEOGRAPHIE (DGfG) (Hg.) (2014). *Bildungsstandards im Fach Geographie für den Mittleren Schulabschluss – mit Aufga-*

- benbeispielen. Berlin: Selbstverlag der DGfG.
- DEUTSCHES PISA-KONSORTIUM (Hg.) (2001). *PISA 2000. Basiskompetenzen von Schülerinnen und Schülern im internationalen Vergleich*. Opladen: Leske + Budrich Verlag.
- DEUTSCHES PISA-KONSORTIUM (Hg.) (2004). *PISA 2003. Der Bildungsstand der Jugendlichen in Deutschland - Ergebnisse des zweiten internationalen Vergleichs*. Münster: Waxmann.
- DEUTSCHES PISA-KONSORTIUM (Hg.) (2007). *PISA 2006. Die Ergebnisse der dritten internationalen Vergleichsstudie*. Münster: Waxmann.
- FAVIER, T. & SCHEE V.D., J. A. (2012). Exploring the characteristics of an optimal design for inquiry-based geography education with Geographic Information Systems. *Computers & Education*, 58(1), 666-677.
- GLASER, R., SCHAUBLE, L., RAGHAVAN, K. & ZEITZ, C. (1992). Scientific reasoning across different domains. In E. DE CORTE, M. LINN, H. MANDL & L. VERSCHAFFEL (Hg.), *Computer-based learning environments and problem solving* (S. 345-373). Berlin: Springer
- GRUBE, C. (2010). *Kompetenzen naturwissenschaftlicher Untersuchung der Struktur und Entwicklung des wissenschaftlichen Denkens bei Schülerinnen und Schülern der Sekundarstufe I*. Dissertation, Universität Kassel. https://kobra.bibliothek.uni-kassel.de/bitstream/urn:nbn:de:hebis:34-2011041537247/3/Dissertation_ChristianeGrube.pdf (aufgerufen am 04.02.2013).
- HAMMANN, M. (2004). Kompetenzentwicklungsmodelle. Merkmale und ihre Bedeutung - dargestellt anhand von Kompetenzen beim Experimentieren. *Der mathematische und naturwissenschaftliche Unterricht*, 57(4), 196-203.
- HAMMANN, M., PHAN, T. H., EHMER, M. & BAYRHUBER, H. (2006). Fehlerfrei Experimentieren. *Der mathematische und naturwissenschaftliche Unterricht*, 59(5), 292-299.
- HEMMER, I., HEMMER, M., BAYRHUBER, H., HÄUSSLER, P., HLAWATSCH, S., HOFFMANN, L. & RAFFELSIEFER, M. (2005). Interessen von Schülerinnen und Schülern an geowissenschaftlichen Themen. Ergebnisse einer Interessensstudie im Rahmen des Projekts „Forschungsdialo System Erde“ unter besonderer Berücksichtigung des Geographieunterrichts. *Geographie und ihre Didaktik. Journal of Geography Education*, 33(2), 57-72.
- HEMMER I. & HEMMER, M. (Hg.) (2010). *Schülerinteressen an Themen, Regionen und Arbeitsweisen des Geographieunterrichts*. Geographiedidaktische Forschungen (Band 46). Weingarten: Selbstverlag des HGD.
- HOF, S. (2011). *Wissenschaftsmethodischer Kompetenzerwerb durch Forschendes Lernen. Entwicklung und Evaluation einer Interventionsstudie*. Kassel: university press.
- KLIEME, E., ARTELT, C., HARTIG, J., JUDE, N., KÖLLER, O., PRENZEL, M., SCHNEIDER, W., & STANAT, P. (2010). *PISA 2009. Bilanz nach einem Jahrzehnt*. Berlin. http://pisa.dipf.de/de/de/pisa-2009/ergebnisberichte/PISA_2009_Bilanz_nach_einem_Jahrzehnt.pdf (aufgerufen am 05.06.2011).
- LETHMATE, J. (2006). Experimentelle Lehrformen und Scientific Literacy. *Praxis Geographie*, 36(11), 4-11.
- MAYER, J. & ZIEMEK, H. P. (2006). Offenes Experimentieren. Forschendes Lernen im Biologieunterricht. *Unterricht Biologie*, 30(317), 4-12.
- MAYER J., GRUBE, C. & MÖLLER, A. (2008). Kompetenzmodell naturwissenschaftlicher Erkenntnisgewinnung. In U.

- HARMS & A. SANDMANN (Hg.), *Lehr- und Lernforschung in der Biologiedidaktik* (Band 3) (S. 63-81). Innsbruck: Studien Verlag.
- MAYER, J. (2007). Erkenntnisgewinnung als wissenschaftliches Problemlösen. In D. KRÜGER & H. VOGT (Hg.), *Theorien in der biologiedidaktischen Forschung* (S. 177-187). Berlin, Heidelberg: Springer.
- MÖNTER, L. & HOF, S. (2012). Experimente. In J.-B. HAVERSATH (Mod.), *Geographiedidaktik. Theorie - Themen - Forschung* (S. 289-313). Braunschweig: Westermann.
- ORGANISATION FÜR WIRTSCHAFTLICHE ZUSAMMENARBEIT UND ENTWICKLUNG (OECD) [Hg.] (2010). *PISA 2009. Band 1. Was Schülerinnen und Schüler wissen und können: Schülerleistungen in Lesekompetenz, Mathematik und Naturwissenschaften*. Bielefeld: Bertelsmann Verlag.
- OTTO, K.-H. (2009). Experimentieren als Arbeitsweise im Geographieunterricht. *Geographie und Schule*, 31(180), 4-15.
- OTTO, K.-H. & MÖNTER, L.O. (2009). Das „Scientific Discovery as Dual Search-Modell“ - eine Theorie für die geographiedidaktische (Kompetenz-)Forschung? *Geographie und ihre Didaktik. Journal of Geography Education*, 37(3), 136-141.
- OTTO, K.-H., MÖNTER, L.O., HOF, S. & WIRTH, J. (2010). Das geographische Experiment im Kontext empirischer Lehr-/Lernforschung. *Geographie und ihre Didaktik. Journal of Geography Education*, 38(3), 133-145.
- PRENZEL, M. & PARCHMANN, I. (2003). Kompetenz entwickeln: Vom naturwissenschaftlichen Arbeiten zum naturwissenschaftlichen Denken. *Unterricht Chemie*, 14(4), 15-19.
- PRENZEL, M., SCHÖPS, K., RÖNNEBECK, S., SENKBEIL, M., WALTER, O., CARSTENSEN, C.H. & HAMMANN, M. (2007). Naturwissenschaftliche Kompetenz im internationalen Vergleich. In M. PRENZEL, C. ARTELT, J. BAUMERT, W. BLUM, M. HAMMANN & E. KLIEME E. & PEKRUN, R. (Hg.), *PISA 2006: Die Ergebnisse der dritten internationalen Vergleichsstudie* (S. 63-105). Münster: Waxmann.
- SIEGLER, R. & LIEBERT, R.M. (1975). Acquisition of formal scientific reasoning by 10- and 13-years-olds: Designing a factorial experiment. *Developmental Psychology*, 11(3), 401-402.
- VÖLZKE, K., ARNOLD, J. & KREMER, K. (2013). Schüler planen und beurteilen ein Experiment - Denken und Verstehen beim naturwissenschaftlichen Problemlösen. *Zeitschrift für interpretative Schul- und Unterrichtsforschung*, 2(1), 58-86.