

Forschungsdialog: System Erde

- Schlussbericht -



Auftragnehmer: IPN Leibniz-Institut für die Pädagogik der Naturwissenschaften an der Christian-Albrechts-Universität zu Kiel	Förderkennzeichen: 03F0294A
Auftragsbezeichnung: „Forschungsdialog: System Erde“	
Laufzeit des Auftrages: 01.06.2000 – 31.05.2005	
Berichtszeitraum: 01.06.2000 – 31.05.2005	
Projektleiter: Prof. Dr. Horst Bayrhuber	
Autoren: Dr. Sylke Hlawatsch, Dr. Markus Lücken, Dr. Klaus-Henning Hansen, Dr. Miriam Fischer, Prof. Dr. Horst Bayrhuber	

Inhalt

I	Kurze Darstellung	3
1.	Aufgabenstellung	3
2.	Voraussetzungen unter denen das Vorhaben durchgeführt wurde: Expertise der Projektgruppe	4
3.	Planung und Ablauf des Vorhabens	5
3.1	Didaktische Konzeption.....	5
3.2	Begleitforschung.....	6
3.3	Entwicklung, Erprobung und Evaluation von Unterrichtsmaterialien.....	10
3.3.1	Evaluationsstudie: Sekundarstufe II	10
3.3.2	Evaluationsstudie: Primarstufe	11
3.4	Implementationsstudie	12
3.5	Öffentlichkeitsarbeit	15
4.	Wissenschaftlicher und technischer Stand, an den angeknüpft wurde	15
4.1	Verwendete Literatur	20
5.	Zusammenarbeit mit anderen Stellen	22
II	Eingehende Darstellung.....	25
1.	Erzielte Ergebnisse	25
1.1	Begleitforschung.....	25
1.1.1	Schülervorstellungen (Sekundarstufe II und Primarstufe)	25
1.1.2	Systemisches Denken und multiperspektivisches Lernen am Beispiel des globalen Kohlenstoffkreislaufs.....	27
1.1.3	Systemkompetenz von Grundschulkindern	30
1.1.4	Ergebnisse der Interessenstudie (Sek. II).....	30
1.1.5	Wirken des Lernens an Geoinstituten als außerschulische Lernorte.....	31
1.1.6	Studie zum Einsatz der Gruppenpuzzlemethode in der Grundschule.....	33
1.2	Unterrichtsmaterialien: Schulnahe Entwicklung mit Erprobung und Evaluation.....	34
1.2.1	Die CD-ROM „System Erde – Unterrichtsmaterialien für die Sekundarstufe II	34
1.2.2	Primarstufe.....	39
1.3	Erprobung und Evaluation	41
1.3.1	Erhebungsinstrumente: Fragebögen und Unterrichtsprotokolle.....	41
1.3.1.1	Sekundarstufe II.....	41
1.3.1.2	Primarstufe	44
1.3.2	Ergebnisse der Evaluationsstudien.....	48
1.3.2.1	Sekundarstufe II.....	48
1.3.2.2	Primarstufe	54
1.4	Implementationsstudie	57
1.5	Öffentlichkeitsarbeit	63
3.	Während der Durchführung bekannt gewordene Fortschritte auf dem Gebiet des Vorhabens bei anderen Stellen	65
4.	Erfolgte und geplante Veröffentlichung und Veranstaltungen.....	65

I Kurze Darstellung

1. Aufgabenstellung

Das naturwissenschaftliche Verständnis des Systems Erde ist eine notwendige Bedingung für gesellschaftspolitische Entscheidungen zur Sicherung und umweltschonenden Nutzung natürlicher Ressourcen. Durch den Erwerb von solidem Wissen kann die Grundlage für einen rationalen Diskurs über geowissenschaftliche Themen schon in der Schule gelegt werden. Durch eine Fokussierung auf die Schule unter Einbeziehung geeigneter Begleitmaßnahmen wird auch die öffentliche Wahrnehmung der Geowissenschaften unterstützt.

Geowissenschaftliche Inhalte fanden bisher wenig Raum im deutschen Schulunterricht. Ein Grund dafür ist das disziplinar ausgerichtete Bildungssystem mit den Schulfächern Biologie, Chemie, Geografie und Physik. Die Lehreraus- und Fortbildung, der Schulunterricht und die didaktische Forschung haben in der Regel keinen Kontakt zu den Geowissenschaften. Eine Aufgabe des Projektes war es daher Strukturen des interdisziplinären Austausches zu schaffen. Es wurden Workshops an renommierten deutschen Geoinstituten durchgeführt damit Lehrkräfte und Didaktiker Unterrichtskonzepte und Materialien mit Geowissenschaftlern diskutieren können. Im Rahmen von fächerverbindenden Multiplikatorenveranstaltungen wurde die Einsetzbarkeit in verschiedenen Bundesländern diskutiert und im Rahmen von Beiratsitzungen kamen Vertreter der Bildungsverwaltung mit führenden Geowissenschaftlern ins Gespräch.

Im Rahmen des Projektes wurde ein Unterrichtskonzept erarbeitet, das analog zur geowissenschaftlichen Arbeitsweise die Erde als System erfasst und einen computergestützten Unterricht fördert. Aufgrund der Interdisziplinarität der Geowissenschaften wird ein fachübergreifender bzw. fächerverbindender Schulunterricht in den Naturwissenschaften und der Geografie ermöglicht. Zur Unterstützung der Implementation wurden Unterrichtsmaterialien entwickelt, die die Einführung des Unterrichtskonzeptes erleichtern sollen: Für die Schülerinnen und Schüler der Primarstufe wurde ein Sachbuch mit computergestützten Lernspielen entwickelt und die Materialien für die gymnasiale Oberstufe werden auf einer CD-ROM bereitgestellt.

Begleitende Forschung lieferte Hinweise auf Schülervorstellungen und -interessen, die Wirkung von computergestützten Lernumgebungen, speziellen Unterrichtsmethoden und Geoinstituten als außerschulischen Lernorten. Die gewonnenen Erkenntnisse wurden bei der Materialentwicklung berücksichtigt. Schließlich wurden die Unterrichtsmaterialien im Hinblick auf den Beitrag zur Interessensentwicklung, der Wissensaneignung und der Förderung von Systemkompetenz evaluiert. Außerdem wurden Lehrer- und Multiplikatorenfortbildungsmaßnahmen durchgeführt, in denen im Rahmen einer Implementationsstudie hemmende und fördernde Aspekte identifiziert wurden. Im Rahmen dieser Implementationsstudie wurde ein fächerverbindendes Fortbildungskonzept entwickelt und formativ evaluiert.

2. Voraussetzungen unter denen das Vorhaben durchgeführt wurde: Expertise der Projektgruppe

Das IPN erarbeitet seit drei Jahrzehnten innovative Konzepte für den Unterricht in den naturwissenschaftlichen Fächern. Beispiele hierfür sind die Projekte „Neurowissenschaften im Unterricht“, „Nichtlineare Systeme in der Physik und in anderen Naturwissenschaften“, „Chemie im Kontext“, „Bildung für eine Nachhaltige Entwicklung“, „Physik im Kontext“ und „Biologie im Kontext“. Die empirische Lehr-/Lernforschung im Hinblick auf Bedingungen des Konzeptwechsels, der Entwicklung von Motivation und Interesse und des Computereinsatzes im Unterricht bildet einen weiteren Schwerpunkt der Institutsarbeit. In allen drei naturwissenschaftsdidaktischen Abteilungen (Biologie-, Chemie-, Physikdidaktik) des IPN wurden multimediale Lernprogramme zu speziellen naturwissenschaftlichen Fachinhalten erstellt und didaktisch optimiert, sodass gerade für die Entwicklung und Gestaltung dieser neuen Medien eine spezifische Expertise im Institut gegeben ist. Über Modellprogramme der Bund-Länder-Kommission (BLK) wirkt das IPN an größeren Untersuchungen zum Bildungssystem mit, in die Schulen aus ganz Deutschland einbezogen sind.

Drei Abteilungen des IPN befassen sich mit der Didaktik der naturwissenschaftlichen Fächer, eine Abteilung mit allgemeineren erziehungswissenschaftlichen Fragen des naturwissenschaftlichen Unterrichts und eine weitere mit Methoden der empirischen Forschung im Bildungsbereich. Aufgrund der Matrixstruktur des Instituts kooperieren in den Projekten des IPN Mitglieder aus verschiedenen Abteilungen in interdisziplinären Arbeitsgruppen. Die Geografiedidaktik wurde über eine Kooperation mit der Universität Kiel und die Zusammenarbeit mit weiteren Geografiedidaktikern im Projekt verankert.

Die Projektgruppe bestand aus folgenden Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern (einige waren nur zeitweise beteiligt): Prof. Dr. Bayrhuber (**Projektleiter**, Biologiedidaktik), Hr. Berg (Biologe), Dr. Bündler (Chemiedidaktik), Prof. Dr. Demuth (Chemiedidaktik), Prof. Dr. Euler (Physikdidaktik), Dr. Fischer (Geologin), Fr. Gessner (bzw. Fr. Heuer und Fr. Wissner, **Sekretariat**), Prof. Dr. Hassenpflug (Geografiedidaktik), Dr. Hansen (Methodenlehre), Fr. Hildebrandt (Biologiedidaktik), Dr. Hlawatsch (**Koordination**, Geografiedidaktik), Dr. Lucius (Biologiedidaktik), Dr. Lücken (Psychologe), Hr. Neubert (Biologie- und Geschichtslehrer), Dr. Raffelsiefer (Geografiedidaktik), G. Schoormans (Biologiedidaktik), Dr. Siemer (Biologie- und Geografielehrer), C. Sommer (Biologiedidaktik), M. Thiele (Physikdidaktik), Prof. Dr. Parchmann (Chemiedidaktik), Dr. Raack (Psychologin), Dr. Reimann (Biologe), Dr. Riek (Physikdidaktik), Prof. Dr. Rost (Psychologe), Dr. Schöps (Biologin), Hr. Schweigert (Biologe), Fr. Stangew (Biologin).

Zudem erfolgte eine enge Zusammenarbeit mit Fachwissenschaftlern renommierter Geoinstitute, Lehrkräften der relevanten Schulfächer Biologie, Chemie, Geografie und Physik (s. Abschnitt I.5, Abb. 1).

3. Planung und Ablauf des Vorhabens

Auf der Basis einer Themenliste, die Vertreter der beteiligten Geoinstitute im Vorfeld der Projektarbeiten erstellt haben, wurde in den ersten beiden Jahren zunächst ein Unterrichtskonzept mit entsprechenden Sachanalysen und Materialien für die gymnasiale Oberstufe entwickelt. Zu Projektbeginn fand vom 30.11. – 2.12.05 eine Auftaktveranstaltung mit 69 Lehrkräften statt, um das vorgesehene Unterrichtskonzept zu diskutieren. Hierzu wurde eine Dokumentation erstellt. Ab dem dritten Jahr kamen die Arbeiten für die Primarstufe sowie verschiedene Studien der Begleitforschung hinzu.

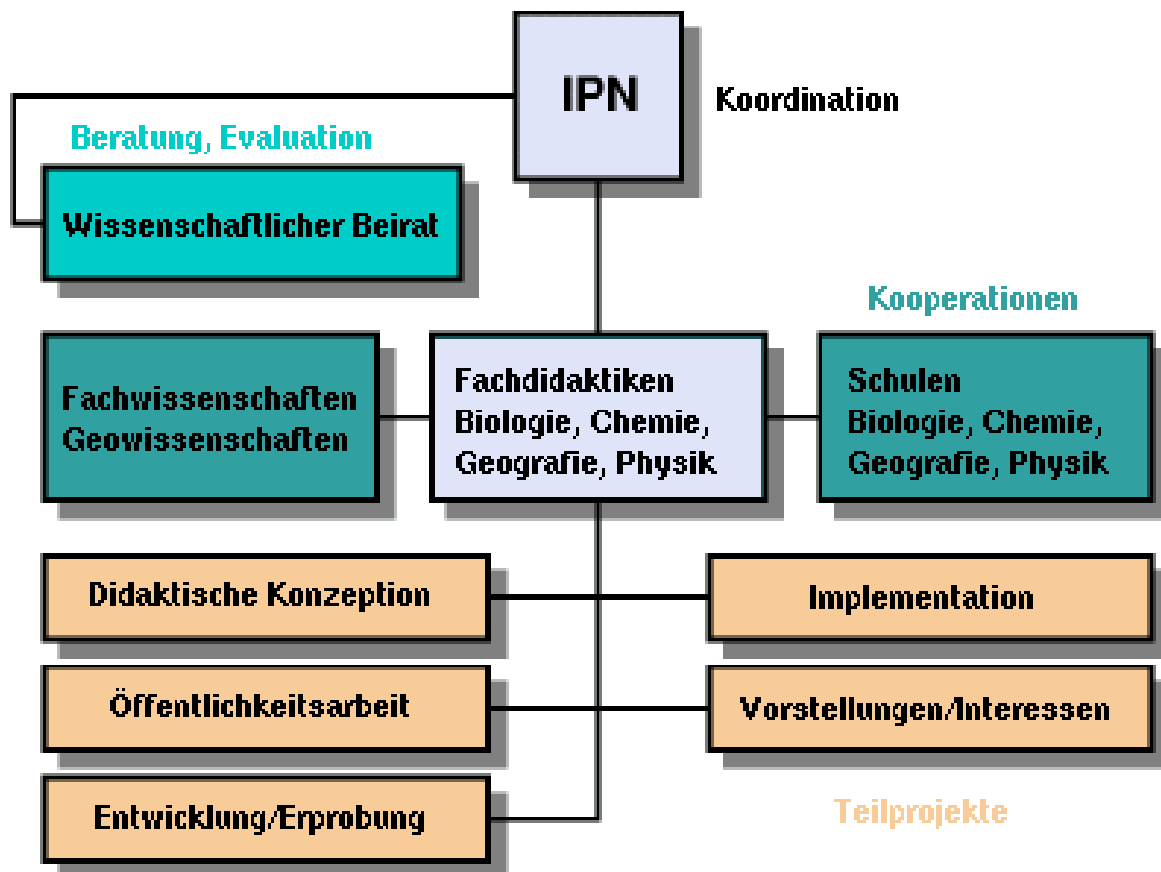


Abbildung 1: Die Projektstruktur mit den Teilprojekten Didaktische Konzeption, Begleitforschung, Unterrichtsmaterialien: Entwicklung, Erprobung und Evaluation, Öffentlichkeitsarbeit, Implementationsstudie.

3.1 Didaktische Konzeption

Im Vorfeld der Materialentwicklung wurden folgende Prämissen aufgestellt an denen sich die Projektarbeiten orientierten:

- (1) Die Unterrichtsmaterialien sollen interdisziplinäres Lernen und Lehren ermöglichen und zur Strukturierung der Inhalte einen systemischen Ansatz verfolgen. Hierfür sollte die Erde als Gesamtsystem in den Blick genommen werden.
- (2) Die naturwissenschaftliche Grundbildung (*Scientific Literacy*) der Schülerinnen und Schüler soll gefördert werden.

- (3) Die Materialien sollen modular aufgebaut sein, um flexibel sowohl im fachübergreifenden als auch im fächerverbindenden Unterricht eingesetzt werden zu können.
- (4) Das selbständige Arbeiten der Schülerinnen und Schüler soll gefördert werden (*Hands On*, Experimente, praktische Arbeiten, computergestützte Materialien).
- (5) Für die Sekundarstufe II sollte eine CD-ROM für Lehrkräfte entstehen aus der eine Schülerversion abgekoppelt werden kann. Für die Primarstufe war ein Sachbuch für Grundschul Kinder mit Begleitmaterialien für Lehrkräfte vorgesehen.

Zu Projektbeginn wurde zunächst eine didaktische Analyse für das Thema „System Erde im Unterricht“ (BAYRHUBER et al. 2002) durchgeführt, in die die Ergebnisse von Vorstudien zu Schülervorstellungen und erste Begleitforschungsergebnisse zu Interessen, Lehrplananalysen sowie die Diskussionsergebnisse der Auftaktveranstaltung im Herbst 2000 einfließen.

Ausgangspunkt der Entwicklungsarbeiten ist die Formulierung und Begründung der allgemeinen Zielsetzung des Projektes. Im nächsten Schritt wurden die fachwissenschaftlichen Rahmenbedingungen der Erforschung des Systems Erde analysiert. Dabei stellt sich die Frage, um welche Forschungsgegenstände und –ziele es im Einzelnen geht. Dann untersuchten wir die Implementationsvoraussetzungen für die fächerverbindende Bearbeitung des Themas an der Schule. Auf der Basis der Zielsetzung sowie der fachwissenschaftlichen und schulischen Rahmenbedingungen werden Kriterien der Themenwahl und Vermittlungsformen begründet und projektspezifische Themen und Vermittlungsformen ausgewählt. Schließlich wurde geprüft, zu welchen Problemen Forschungsarbeiten durchgeführt werden müssen, und zwar im Hinblick auf die Implementation, die ausgewählten Themen und die projektspezifischen Vermittlungsformen.

3.2 Begleitforschung

Schülervorstellungen (Sekundarstufe II und Primarstufe)

In Vorstudien wurden vorunterrichtliche Vorstellungen von Schülerinnen und Schülern der **Sekundarstufe II** von der Erde als Gesamtsystem und vom globalen Kohlenstoffkreislauf untersucht.

Der Kohlenstoffkreislauf stellt ein komplexes System dar, welches biologische, chemische, geologische und physikalische Prozesse verbindet und als ideales Modell zur Illustration der Interaktionen zwischen den Teilsystemen der Erde – der Litho-, der Atmo-, der Hydro- und der Biosphäre – dient. Im Mittelpunkt der Voruntersuchungen stehen spezielle Eigenschaften des Systems wie Nichtlinearität oder Irreversibilität. Vor allem diese Aspekte des systemischen Denkens (OSSIMITZ 2000)¹ sind schwer zu verstehen. Meist wird mehr Zeit darauf verwandt, Unterschiede zwischen natürlichen Systemen zu analysieren als ihre allgemeinen Strukturprinzipien zu erkennen.

¹ Alle Literaturangaben unter I Kurze Darstellung, Abschnitt 4.1 Verwendete Literatur

Zwei Schülergruppen wurden in der Vorstudie untersucht:

- (1) 165 Schülerinnen und Schüler der 11. - 13. Jahrgangsstufe bearbeiteten einen Assoziationsstest. Sie schrieben je bis zu 10 Termini auf, die ihnen zum Begriff „System Erde“ einfielen. Die Antworten wurden anhand systemtheoretischer Konzepte kategorisiert und im Hinblick auf das zugrunde liegende Systemverständnis ausgewertet.
- (2) Fünf Schülerinnen und Schüler der 12. und 13. Jahrgangsstufe wurden bezüglich ihrer Vorstellungen vom globalen Kohlenstoffkreislauf genauer untersucht.

Die Datenerhebung basierte auf verschiedenen qualitativen und quantitativen Forschungsinstrumenten: Die Probanden wurden gebeten, die Verteilung des Kohlenstoffs auf der Erde in Prozent abzuschätzen (Luft, Ozean, Organismen, Gestein, Fossile Brennstoffe, Sonstiges). Anschließend sollten sie eine Zeichnung anfertigen, die den Transport des Kohlenstoffs zwischen der Litho-, Atmo-, Hydro- und Biosphäre darstellt. Dabei hatten die Probanden die Möglichkeit Definitionen der vier Sphären einzusehen. Für die Abschätzung und die Zeichnung standen 10 Minuten zur Verfügung. Zudem wurden Probanden in teilstrukturierten Interviews (45 Minuten) im Hinblick auf ihre Vorstellungen zur Struktur und Dynamik des Kohlenstofftransports zwischen Litho-, Atmo-, Hydro- und Biosphäre befragt. Außerdem sollten die Probanden einen Fragebogen bezüglich ihres biologischen, chemischen, geologischen und physikalischen Wissens, das als grundlegend für das Verständnis des Kohlenstoffkreislaufes anzusehen ist, ausfüllen.

Als weitere Voruntersuchung wurde im Hinblick auf die spätere Entwicklung von Unterrichtsmaterialien für den **Primarbereich** untersucht, welche Vorstellung Grundschüler von der Gestalt und der Anziehungskraft der Erde haben. In früheren Studien, die seit den 70er Jahren durchgeführt wurden, beschrieben Kinder im Grundschulalter die Erde überwiegend als Ebene, über der sich parallel der Himmel mit den Himmelskörpern erstreckt. Nun beobachteten Grundschullehrkräfte, dass Kindern heute schon bei Schuleintritt die Kugelgestalt der Erde vertraut ist. Um die Frage zu klären, ob damit ein durchgehendes wissenschaftlich akzeptables Modell von der Erde verbunden ist, wurden 79 Zweit-, Dritt- und Viertklässler aus schleswig-holsteinischen Grundschulen interviewt. Die Kinder fertigten dabei zusätzlich eine Zeichnung an und demonstrierten ihre Vorstellung außerdem anhand von Styropormodellen.

Die Ergebnisse der Voruntersuchungen führten zu speziellen Fragestellungen für weitere Studien, die Hinweise darauf lieferten wie eine optimale Umsetzung der Unterrichtskonzepte bzw. der Materialien erzielt werden kann. Im Zentrum standen dabei der Wissenszuwachs und der Erwerb von Systemkompetenz der Schülerinnen und Schüler:

- Für den Bereich **Sekundarstufe II**:
 - Auf der Grundlage der Voruntersuchung wurden Lehr- Lernexperimente entwickelt und durchgeführt, die Instruktionen zur multiplen, flexiblen Wissensrepräsentation im Sinne der Cognitive Flexibility Theory (SPIRO et al., 1987, GERSTENMAIER und MANDL, 1995) enthalten. An der Untersuchung nahmen 102 Schülerinnen und Schüler des 11. bis 13. Jahrgangs teil. Diese bearbeiteten in drei Sitzun-

gen von jeweils 90 Minuten eigenständig das computergestützte Lernmaterial. Dabei lösten die Versuchspersonen ihrer Lerngruppe entsprechend Aufgaben zum globalen Kohlenstoffkreislauf. Vor bzw. nach dem Lernprozess wurden mit Hilfe von Fragebögen Vorwissen, Lernerfolg und das Systemverständnis erhoben. Die Konzeption der Studie folgt einem 3x2 Design (s. Tab. 1). (HILDEBRANDT in Vorbereitung, s. II. Eingehende Darstellung, Abschnitt 1.1.2 Systemisches Denken und multiperspektivisches Lernen am Beispiel des Globalen Kohlenstoffkreislaufs).

Tabelle 1: Zuordnung der Versuchspersonen zur Erhebung des systemischen Denkens und multiperspektivischen Lernens zu 6 Lerngruppen

		Anzahl der inhaltlichen Perspektiven		
		uni- perspektivisch (z. B. „Klima“)	zwei-perspektivisch (z. B. „Klima“ und „Klimageschichte“)	
Einsatz von Wirkungs- und Flussdia- grammen	ohne Diagramme	Gruppe A 1 14 Versuchspersonen	Gruppe A 2 15 Versuchspersonen	A 1 + A 2 = Gruppe A ges 29 Versuchspersonen
	mit Diagrammen: keine aktive Konstruktion, nur passive Rezeption	Gruppe B 1 20 Versuchspersonen	Gruppe B 2 19 Versuchspersonen	B 1 + B 2 = Gruppe B ges 39 Versuchspersonen
	mit Diagrammen: Anleitung zur aktiven Konstruktion	Gruppe C 1 20 Versuchspersonen	Gruppe C 2 14 Versuchspersonen	C 1 + C 2 = Gruppe C ges 34 Versuchspersonen
AV 1 Lern- erfolg AV 2 System Erde		A 1 + B 1 + C 1 = Gruppe uni ges 54 Versuchspersonen	A 2 + B 2 + C 2 = Gruppe multi ges 48 Versuchspersonen	N = 102

- Im Bereich komplexer Systeme aus dem geowissenschaftlichen Kontext sind computergestützte Modelle nicht mehr wegzudenken. Somit ist das Denken in Modellen Teil einer Systemkompetenz. Am Beispiel der für Nordeuropa wichtigen thermohalinen Zirkulation, zu der auch der Golfstrom gehört, wurde untersucht auf welche Weise das selbstständige Arbeiten mit computergestützten Modellen das Denken in Modellen fördert (THIELE in Vorbereitung).
- Im **Grundschulbereich** wurde die Systemkompetenz von Grundschulkindern untersucht. Bisherige Studien zum systemischen Denken beschäftigten sich mit Erwachsenen oder älteren Schülern und kommen zu dem Schluss, dass das systemische Denken eine sehr komplexe Fähigkeit ist, die von vielen Probanden nur sehr eingeschränkt beherrscht wird. Wir gingen davon aus, dass diese Fähigkeit sich entwickelt und nicht angeboren ist. Die Systemkompetenz von Grundschulkindern wurde untersucht, um etwas über den Ausgangspunkt des systemischen Denkens zu erfahren und die Systemkompetenz bereits durch die Unterrichtsmaterialien für die Grundschule anlegen zu können (SOMMER in

Vorbereitung, s. II. Eingehende Darstellung, Abschnitt 1.1.3 Systemkompetenz von Grundschulkindern).

Darüber hinaus wurde eine Interessensstudie durchgeführt (BAYRHUBER et al. 2002, HEMMER et al. 2005), die Wirkung von Veranstaltungen an Geoinstituten als außerschulische Lernorte evaluiert (s. HLAWATSCH und HANSEN eingereicht; LÜCKEN et al. in Vorbereitung), und die Wirkung des Einsatzes der so genannten „Gruppenpuzzlemethode“ in der Grundschule (DOLL et al. eingereicht) untersucht:

- **Interessenstudie:** Eine Befragung mit 333 Schülerinnen und Schülern wurde durchgeführt, um zu klären, welche spezifischen Kontexte (Individuum, Gesellschaft, Werte und Normen, Systemtheorie, Geowissenschaften, Geschichte der Erde, Räumliche Konzepte Wissenschaftsmethode), Gebiete (Teilsysteme des Systems Erde Kohlenstoffkreislauf Gesteine und Mineralien Fossile Brennstoffe, Boden, Gashydrate, Meer, Trinkwasser, Erdbeben, Klimaänderungen, Änderung der Biodiversität) und Methoden der Geowissenschaften (Dem Vortrag des Lehrers zuhören, Wissenschaftliche Daten auswerten, Auf Exkursion, Daten erheben, Selbstständig eine Vermutung aufstellen, Fragen an Geowissenschaftler stellen) für Schülerinnen und Schüler von Interesse sind. Zusätzlich wurden Fragen zur schulischen und außerschulischen Beschäftigung mit geowissenschaftlichen Themen vorgegeben (s. II. Eingehende Darstellung, Abschnitt 1.1.4 Interessenstudie).
- **Geoinstitute als außerschulische Lernorte:** Zur Analyse der Wirkung von Geoinstituten als außerschulischen Lernorten wurden drei verschiedene Veranstaltungen durchgeführt und evaluiert: Der Kieler Geotag mit 369, das Volvo Ocean Race Research Projekt mit 118 und den Tag des Meeres mit 72 befragten Schülerinnen und Schülern (s. II. Eingehende Darstellung, Abschnitt 1.1.5 Geoinstitute als außerschulische Lernorte)
- **Einsatz der Gruppenpuzzlemethode in der Grundschule:** Der Lehrplan für den Sachunterricht der Grundschule in Schleswig-Holstein enthält Schlüsselqualifikationen, die einerseits kognitive Kompetenzen betreffen wie z. B. Strukturen verknüpfen, vernetzt denken, nachvollziehend denken (Sachstrukturen erkennen), Schlüsse ziehen und andererseits soziale Kompetenzen wie bereit sein, mit anderen zusammenzuarbeiten, gemeinsam zu planen, durchzuführen und auszuwerten und gegenüber anderen verantwortlich zu handeln (MBWFK 1997). Kooperative Unterrichtsmethoden haben sich als besonders geeignet herausgestellt, Kompetenz in den beiden genannten Bereichen gemeinsam zu fördern (HUBER 1992, KONRAD und TRAUB 2001). Es soll die Wirksamkeit der kooperativen Lehr-Lernmethode des Gruppenpuzzles ausschließlich unter der Perspektive der Wissensvermittlung untersucht werden (vgl. HUBER 1992 für einen Überblick über Forschung zu kognitiven und sozialen Effekten). Im Zentrum steht die Frage, inwieweit das gemeinsame Lehren und Lernen Gleichaltriger mit dem anspruchsvollen Ziel des Wissenserwerbs über systemische Zusammenhänge vereinbar ist. Grundschulkindern der vierten Jahrgangsstufe sollen Einzelelementwissen, Zusammenhangswissen und Zusammenhangsverständnis zum Ökosystem Teich auf zwei Arten erwerben, die in dieser Studie miteinander verglichen werden: gemäß instruktionszentriertem Unterricht und gemäß der schülerzentrierten

Lehr-Lernmethode des Gruppenpuzzles (s. II. Eingehende Darstellung, Kapitel 1.1.6 Einsatz der Gruppenpuzzlemethode in der Grundschule).

3.3 Entwicklung, Erprobung und Evaluation von Unterrichtsmaterialien

Auf der Basis der didaktischen Analyse wurden durch die am Projekt beteiligten Entwicklungslehrkräfte und durch die Projektmitarbeiter Unterrichtsmaterialien erstellt und im Unterricht vorgetestet, Sachanalysen wurden gemeinsam mit Geowissenschaftlern erarbeitet. Nach der Erprobung wurden die Materialien erneut überarbeitet.

Für die Sekundarstufe II entstand eine CD-ROM für Lehrkräfte mit 11 Modulen und 51 Bausteinen für den Unterricht. Die Materialien für die Primarstufe bestehen aus einem Sachbuch für die Grundschul Kinder mit einer beiliegenden CD-ROM, die Lernspiele enthält und Begleitmaterialien für Lehrkräfte, die im Internet bereitgestellt werden.

3.3.1 Evaluationsstudie: Sekundarstufe II

Der Unterricht für die Evaluationsstudie sah vor, dass die Lehrkräfte zunächst das Systemkonzept durch das Modul „System Erde – Die Grundlagen“ im Unterricht einführen und danach ein weiteres von sechs Erprobungsmodulen einsetzen.

Die Evaluationsstudie hat den Effekt des Einsatzes der Materialien hinsichtlich Interessensentwicklung und Wissenserwerb überprüft und die Ausprägung der erworbenen Systemkompetenz erhoben. Ein Schwerpunkt der Arbeit lag in der Entwicklung eines Instrumentes zur Erhebung der Systemkompetenz und in dessen Überprüfung hinsichtlich Zuverlässigkeit und Validität. Es wurde ein Posttest-Kontrollgruppendesign durchgeführt, bei dem die Schülerinnen und Schüler Fragebögen ausfüllen sollten. Um die Vergleichbarkeit mit den Kontrollklassen zu gewährleisten, wurde darauf geachtet, dass die Kontrollklassen die gleichen Themen im Unterricht behandelt haben wie die Klassen, die mit den „System Erde“-Materialien unterrichtet wurden („System Erde“-Klassen, s. Tab. 2). Auch der zeitliche Umfang der Unterrichtsstunden der Kontrollklassen entsprach in etwa dem der „System Erde“-Klassen (Modul „System Erde – Die Grundlagen“ plus inhaltliches Modul ("Gesteinskreislauf: Gesteine als Dokumente der Erdgeschichte", "Erdbeben und Wellen: Nachrichten über das Erdinnere", "Entstehung und Entwicklung des Lebens" sowie "Physik und Chemie der Atmosphäre"): ca. 20 Stunden²). Insgesamt erklärten sich 11 verschiedene Lehrkräfte (in 12 Klassen) dazu bereit, die Materialien in ihrem Unterricht zu erproben. Die Lehrkräfte wurden gebeten, ihren Unterrichtsablauf zu dokumentieren und Fragen zum Aufbau und den Inhalten ihres Unterrichts zu beantworten. Hinsichtlich der Berufserfahrung gab es keine signifikanten Unterschiede zwischen den Lehrkräften aus der Erprobungsgruppe und der Kontrollgruppe. Alle beteiligten Lehrkräfte haben deutlich über 10 Jahre Berufserfahrung.

² Da die Kontrollklassen die Inhalte der Einführungseinheit nicht bzw. kaum behandelt haben, ist die Dauer des Unterrichts im Vergleich zu dem der „System Erde“-Klassen um ca. 4,5 Stunden verringert.

Tabelle 2: Merkmale der teilnehmenden Lehrkräfte und ihrer Klassen

a) Erprobungslehrkräfte und Ihre Klassen:

Nr.	Geschlecht	Fach	unterrichteter Jahrgang	Schulform	Schüleranzahl in Klasse	Thema
1	M	Biologie	12	Gymnasium	15	Entstehung des Lebens
2	W	Physik	13	Gymnasium	12	Erdbeben und Wellen
3	M	Physik	13	Gymnasium	11	Erdbeben und Wellen
4	M	Biologie	10	Gesamtschule	21	Gesteinskreislauf
5	M	Erdkunde (FÜ)	11	Gesamtschule	26	Gesteinskreislauf
6	M	Erdkunde (FÜ)	11	Gesamtschule	25	Gesteinskreislauf
7	W	Chemie	9	Gymnasium	29	Gesteinskreislauf
8	M	Erdkunde (FÜ)	11	Gesamtschule	22	Gesteinskreislauf
9	W	Erdkunde	11	Gymnasium	8	Treibhauseffekt
10	W	Erdkunde	10	Gymnasium	26	Treibhauseffekt
11	W	Chemie	11	Gymnasium	27	Treibhauseffekt

b) Lehrkräfte aus der Kontrollgruppe:

Nr.	Geschlecht	Fach	unterrichteter Jahrgang	Schulform	Schüleranzahl in Klasse	Thema
1	M	Physik	13	Gymnasium	16	Erdbeben und Wellen
2	M	Erdkunde (FÜ)	9	Waldorfschule	28	Gesteinskreislauf
3	M	Erdkunde	10	Gesamtschule	29	Gesteinskreislauf
4	M	Erdkunde	11	Gesamtschule	22	Gesteinskreislauf
5	W	Biologie	10	Gymnasium	18	Treibhauseffekt
6	W	Chemie	12	Gymnasium	15	Treibhauseffekt
7	M	Erdkunde (FÜ)	10	Waldorfschule	15	Treibhauseffekt
8	M	Erdkunde (FÜ)	10	Waldorfschule	17	Treibhauseffekt
9	W	Biologie	12	Gymnasium	18	Treibhauseffekt
10	M	Erdkunde	12	Gymnasium	27	Treibhauseffekt

FÜ = in Verbindung mit weiteren Fächern, M = männlich, w = weiblich

Insgesamt nahmen 222 Personen (112 Schülerinnen, 110 Schüler) an der Erprobung teil, 205 Personen (97 Schülerinnen, 108 Schüler) befanden sich in der Kontrollgruppe. Das Durchschnittsalter liegt bei beiden Gruppen um 17 Jahre (Erprobungsgruppe: 17,4 Jahre; Kontrollgruppe: 16,9 Jahre).

3.3.2 Evaluationsstudie: Primarstufe

Die Lehrkräfte wählten ein Sachbuchkapitel für die Erprobung aus ("Die Reise zur Erde (Astronomie)", "Aus den Tiefen der Erde (Vulkanismus)", "Vom Gebirge ins Meer (Landschaftsformen)", "Wolken, Wind und Wetter (Wetter)", "Im Teich und um den Teich herum (Teich)", "Storch³"). Sie erhielten Entwürfe der drei Aufschlagseiten des Kapitels als Klassensatz, Farbfolien der Aufschlagseiten und Unterrichtsmaterialien. Die Materialien beinhalteten einen Vorschlag für den Unterrichtsverlauf (ca. 12 – 14 Stunden).

Die Schulklassen füllten für die Evaluationsstudie in einem Pretest-Nachtest-Design Fragebögen aus. Sowohl im Vortest als auch im Nachtest wurde nach Interesse gefragt und das Wissen zu dem jeweiligen Thema aus dem Sachbuchkapitel abgefragt. Einen Schwerpunkt in diesen Fragebögen bildeten auch Tests, die Zusammenhangswissen in Form von reduzierten Begriffslandkarten (Concept Maps) erhoben. Die Lehrkräfte wurden gebeten, ihren Unterrichtsablauf zu dokumentieren und Fragen zum Aufbau und den Inhalten ihres Unterrichts zu beantworten.

³ Das Kapitel Storch wurde im Rahmen einer Dissertationsstudie genauer untersucht und wird deshalb in der Evaluation nicht berücksichtigt.

Alle Grundschulen Schleswig-Holsteins wurden eingeladen, an der Erprobung der Materialien aus der Primarstufe teilzunehmen. Das Interesse am Einsatz der Materialien war ausgesprochen groß. Aus den 626 kontaktierten Schulen bekundeten 310 Lehrkräfte ihre Bereitschaft zur Mitarbeit. Von diesen Lehrkräften erhielten schließlich 80 Personen die Materialien zur Erprobung. Nach Abschluss der Erprobung lagen die Daten von insgesamt 41 Klassen (+ 20 Klassen für die Dissertation zum Kapitel Storch) vor. Insgesamt haben wir 31 Fragebögen und Protokolle von den Lehrkräften zurückgekommen. Einige Lehrkräfte haben versäumt, ihren Fragebogen auszufüllen bzw. haben mehrere Klassen nach den „System Erde“-Materialien unterrichtet und dazu nur einen Fragebogen für alle ihre Klassen ausgefüllt. In Tabelle 3 können die Anzahl der Klassen mit ihren Schülerinnen und Schüler für die verschiedenen eingesetzten Sachbuchkapitel entnommen werden. Der überwiegende Teil der Lehrkräfte (27 von 31) haben in ihrem Unterricht die Materialien zum jeweiligen Thema vollständig genutzt, nur vier Lehrkräfte gaben an, sie hätten einen Baustein der ihnen zur Verfügung stehenden Materialien im Unterricht nicht behandelt.

Tabelle 3: Anzahl der Klassen und Schüler/-innen, die an der Erprobung der verschiedenen Sachbuchkapitel teilgenommen haben.

Kapitel	Anzahl der Klassen	Anzahl Schüler/-innen
Die Reise zur Erde (Astronomie)	8	161
Aus den Tiefen der Erde (Vulkanismus)	11	222
Vom Gebirge ins Meer (Landschaftsformen)	9	183
Im Teich und um den Teich herum (Teich)	2	50
Wolken, Wind und Wetter (Wetter)	10	159

Für das Kapitel Teich konnten nur 2 Klassen mit ihren Lehrkräften rekrutiert werden, da die Erprobung überwiegend im Winter stattfand und dieses Kapitel sich für einen Unterricht im Frühjahr besser eignet. Die Gesamtzahl der beteiligten Schülerinnen und Schüler betrug 775 (375 Schülerinnen und 378 Schüler). Bei 22 Fragebögen fehlte die Angabe zum Geschlecht. Das Durchschnittsalter war 9,02 bei einer Altersspanne von 8 bis 11. 305 Schülerinnen und Schüler gingen in die 3. Klasse und 470 Kinder in die 4. Klasse.

3.4 Implementationsstudie

Das Konzept der „systemischen Implementation“ (KNAPP 1997), das sich auf Überlegungen zur systemischen Reform stützt, verlangt entsprechend, möglichst alle schulischen Randbedingungen für Veränderungen bei der Implementation zu berücksichtigen. Für einen systemischen Ansatz zur Implementation von „System Erde“ sprach, dass die effektive Verbreitung der Materialien und Konzepte nur durch eine Abstimmung möglichst aller Beteiligten auf allen Ebenen des Bildungssystems möglich ist (s. Abb. 2).

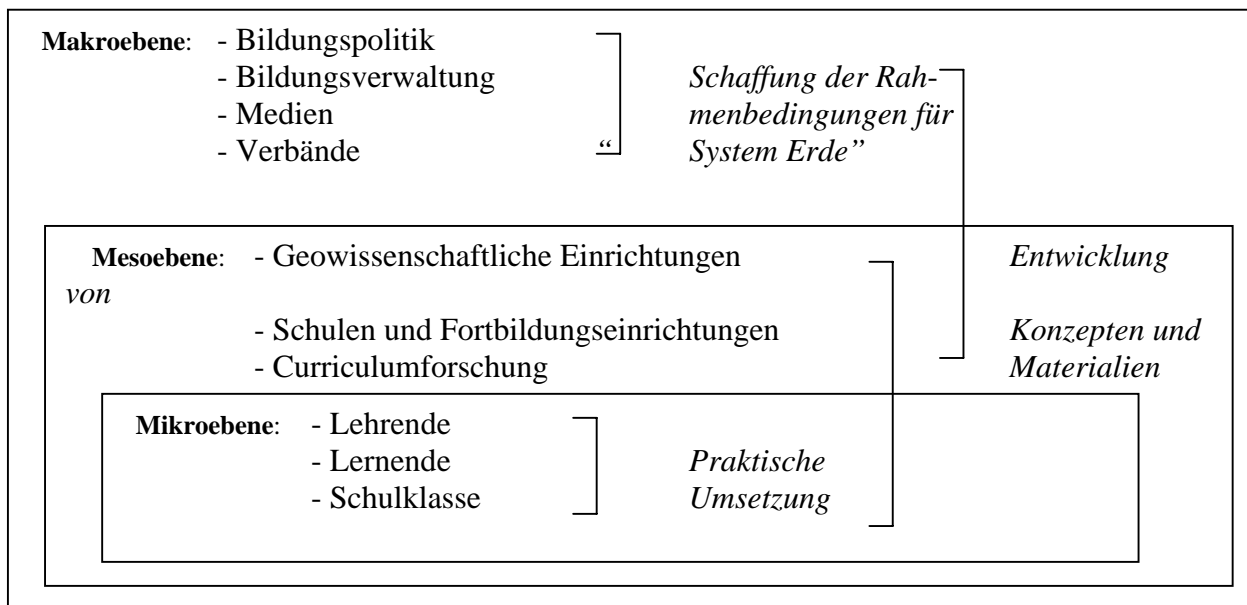


Abbildung 2: Systemebenen und Aktivitäten zur Implementation im Projekt „System Erde“

Neben den Systemebenen, die für die Implementation von Bedeutung sind, verdeutlicht Abbildung 2 die Verklammerung der Entwicklung der Konzepte und Materialien mit der Verbesserung der Rahmenbedingungen und der praktischen Umsetzung.

Zu den **technisch-praktischen Voraussetzungen** der Implementation der Konzepte und Materialien von „System Erde“ gehören die vielfältigen Randbedingungen in den Bundesländern. Um sie zu erfassen und angemessen berücksichtigen zu können, haben wir im Jahr 2002 eine Lehrplansynopse erstellt und eine qualitative Vorstudie mit ausgewählten Lehrkräften und einem Geowissenschaftler durchgeführt. Dabei ging es um eine Einschätzung des anvisierten curricularen Ansatzes und der schulischen Randbedingungen in Hinblick auf die Ausstattung und die Behandlung geowissenschaftlicher Themen im Geografie- oder naturwissenschaftlichen Unterricht durch „Experten“ (s. HANSEN 2000). Zu den wichtigsten Ergebnissen der Lehrplansynopse und der Vorstudie gehört, dass sowohl der Geografieunterricht als auch die naturwissenschaftlichen Fächer Ansätze zur Behandlung geowissenschaftlicher Themen bieten, dass sie jedoch unvollständig und kaum aufeinander abgestimmt sind. Die multimedialen Voraussetzungen der Schulen wurden von den Befragten als begrenzt eingeschätzt. Gleichzeitig sahen sie pädagogische Chancen in der Zusammenarbeit von Schule und Wissenschaften sowie in einem fächerübergreifenden oder fächerverbindenden Ansatz zu Themen aus „System Erde“. Bemängelt wurde das Fehlen eines zusammenhängenden Konzeptes für die Behandlung geowissenschaftlicher Themen.

Folgende Aktivitäten wurden zur Implementation durchgeführt:

- Durchführung exemplarischer Multiplikatorenfortbildungsveranstaltungen in sechs Bundesländern,

- Präsentation der Projektergebnisse bei den Verbänden für einen geographischen und naturwissenschaftlichen Unterricht sowie auf wissenschaftlichen Tagungen im In- und Ausland,
- Abstimmung der Materialien mit den Lehrplänen zum Themengebiet „System Erde“ in den Bundesländern (Lehrplankonferenz; Fachgespräche in Beiratssitzungen),
- Kooperative Materialentwicklung der Projektmitarbeiter im IPN mit externen Lehrkräften und der fachlichen Beratung durch Mitarbeiter in Geoinstituten auf gemeinsamen Workshops.

Bei diesen Aktivitäten wurde nicht nur der Ansatz des Projektes „System Erde“ einer breiten Öffentlichkeit bekannt gemacht, sondern auch Informationen und Vorschläge zur Verbesserung des Materials gesammelt, die im Sinne der „wechselseitigen Anpassung“ die Umsetzung in der Praxis gefördert hat.

Der Fokus der wissenschaftlichen Begleitforschung lag auf einer Untersuchung zur Klärung der Frage, welchen Beitrag die Unterrichtsmaterialien von „System Erde“ in Verbindung mit Workshops zur Lehrerfortbildung für die Umsetzung eines geografisch-naturwissenschaftlichen Unterrichts in den Schulen leisten. Weiterhin ging es darum, Kategorien zu identifizieren, mit denen sich beschreiben lässt, wie die Lehrkräfte das innovative Material in ihrem jeweiligen Arbeitsrahmen einsetzen (HANSEN und HLAWATSCH 2005). Die Ergebnisse wurden zunächst genutzt, um die Materialien von „System Erde“ zu verbessern. Darüber hinaus geben sie Hinweise auf die grundsätzliche Frage nach den Möglichkeiten und Grenzen curricularer Veränderungen durch innovatives Unterrichtsmaterial (s. BALL und COHEN 1996).

Die Untersuchung zur Implementation der neuen Unterrichtsmaterialien setzt sich aus drei Bereichen zusammen, in denen jeweils unterschiedliche Instrumente eingesetzt wurden (s. HANSEN und HLAWATSCH 2005). Die Stichprobe bestand aus 61 männlichen und 47 weiblichen Multiplikatoren aus den Fortbildungsworkshops, von denen später 52 über ihre Möglichkeiten und Probleme bei der Umsetzung ihrer Implementationsszenarien vor Ort befragt wurden (Tab. 4).

Der Status als Lehrerfortbildner war das Hauptmerkmal, um die Workshopteilnehmer als „Multiplikatoren“ zu klassifizieren. Ungefähr 20% der Befragten verbrachten ihre meiste Arbeitszeit in der Lehrerfortbildung und 48% waren zumindest teilweise in der Lehrerfortbildung tätig. Die übrigen Workshopteilnehmenden hatten sich als Vertreter der Schulverwaltung oder als Schulleiter für einen geografisch-naturwissenschaftlichen Unterricht eingesetzt.

Der Schwerpunkt der Fortbildungsworkshops lag auf dem Unterricht für die Sekundarstufe II. Der etwa gleiche Anteil von Teilnehmenden aus Sekundarstufe II und I ist damit zu erklären, dass die die meisten der Befragten auf beiden Sekundarstufen unterrichteten. Einige Fortbildungseinrichtungen hatten zusätzlich Vertreter der Primarstufe eingeladen.

Eine relativ hohe Zahl von 59 Teilnehmenden weist Geografie als Fachhintergrund auf. Nimmt man die Fächer Physik, Chemie und Biologie zusammen, so überwiegt allerdings der naturwissenschaftliche Hintergrund mit Biologie an der Spitze.

Tabelle 4: Bereich, Instrumente und Stichproben der Untersuchung

Bereich	Instrument	Stichprobe
Befragung der TeilnehmerInnen der Fortbildungsworkshop zum Beitrag der Veranstaltung zur lokalen Umsetzung, zu Merkmalen des Materials und des lokalen Kontextes in Hinblick auf die Umsetzung	Schriftlicher Fragebogen mit Ratingskalen zur Beurteilung der Workshops, des Materials und des schulischen Kontextes in Hinblick auf die schulische Umsetzung	108 Multiplikatoren (m = 61; w = 47)
Erstellung von „Implementationsszenarien“ im Rahmen der Fortbildung	Arbeitsblatt mit Hinweisen zur Planung von Unterrichtssequenzen	28 Gruppen
Telefonbefragung über Probleme und Erfahrungen bei der lokalen Umsetzung	Interviewleitfaden	52 Workshop-Teilnehmer

3.5 Öffentlichkeitsarbeit

Regelmäßig sind Newsletter erschienen, die über den Fortgang des Projektes berichteten. Die Projektmitarbeiter haben zudem auf nationalen und internationalen Fachdidaktik- und Lehrerfortbildungstagungen Vorträge gehalten, Workshops durchgeführt sowie Informationsstände betreut.

Ein Webserver wurde eingerichtet. Neben den Terminen der Projektveranstaltungen können hier die Newsletter des Projektes herunter geladen werden. Außerdem wurden Linklisten zu den Modulen bzw. Sachbuchkapiteln bereitgestellt und eine Datenbank mit Hinweisen auf außerschulische Lernorte entwickelt.

Im Rahmen des Geojahres beteiligte sich das Projekt an verschiedenen Veranstaltungen, die durch Geoinstitute ausgerichtet wurden.

4. Wissenschaftlicher und technischer Stand, an den angeknüpft wurde

Die Geowissenschaften haben sich zu einem interdisziplinär arbeitenden Forschungszweig entwickelt, der auf einer systemischen Sicht unseres Planeten basiert. Dieses dient einem verbesserten Struktur- und Prozessverständnis, welches grundlegend ist für die Entwicklung nachhaltiger Konzepte zur Sicherung und umweltverträglichen Nutzung der Erde. Die sich wechselseitig beeinflussenden Elemente des Systems erzeugen einen hohen Grad an Komplexität, welche durch dynamische Prozesse bestimmt ist. Diese machen es schwierig, die Natur mit Hilfe einfacher logischer Beziehungen darzustellen. Ein geowissenschaftlicher Kontext eignet sich besonders gut, um interdisziplinäre Wissensstrukturen aufzubauen. Durch die hohe Verflechtung mit den naturwissenschaftlichen Fächern Biologie, Chemie und Physik begegnen den Lernenden viele abgrenzbare Systeme (z. B. Klimasystem oder Kohlenstoffkreislauf), mit denen sie den Umgang mit Systemen erlernen können.

Mit dem Projekt, Materialien für einen systemorientierten, computergestützten fächerverbindenden Unterricht zu erarbeiten, in denen auch Fragen der Ressourcennutzung und des Erdmanagements behandelt werden, wird pädagogisches Neuland betreten. Die Entwicklungs- und Forschungsarbeiten sind neuartig.

Die durchgeführte Didaktische Analyse erfolgt in Anlehnung an das von KLAFKI (1980) entwickelte Modell sowie an die von KATTMANN und DUIT (1997) publizierte Didaktische Rekonstruktion, Vorschläge, die sich für den naturwissenschaftlichen Unterricht bewährt haben. Im Schulunterricht werden komplexe Wechselwirkungen häufig auf einfache Kausalbeziehungen reduziert. Trotz seiner Bedeutung ist systemisches Denken in geowissenschaftlichen Kontexten im Schulunterricht kaum etabliert. Wir verstehen Lernen als einen Prozess, bei dem Wissen auf der Basis bereits bestehender Konzepte (Schülervorstellungen) aktiv konstruiert wird (DUIT 1995, GERSTENMAIER und MANDL 1995). Die vorunterrichtlichen Schülervorstellungen zum Systemcharakter der Erde, an die es bei der Entwicklung von Unterrichtsmaterial anzuknüpfen gilt, sind noch wenig erforscht (siehe BEN-ZVI - ASSARAF und ORION 2001, GUDOVITCH und ORION 2001; ORION und EYLON 2001). Diese Arbeiten zeigen im Wesentlichen, dass Schülerinnen und Schüler die Dynamik der Erde nicht erfassen und dynamische Prozesse mit Hilfe statischer Konzepte beschreiben.

Die Ausbildung eines **Interesses** ist eine wichtige Voraussetzung für den Erwerb neuer – in diesem Fall geowissenschaftlicher – Inhalte. Beim Konstrukt ‚Interesse‘ wird zwischen dem Interesse als eine situationsunabhängige dauerhafte Disposition eines Individuum (PRENZEL, KRAPP und SCHIEFELE 1986) und dem Interesse als situationsgebundene Reaktion unterschieden (z.B. HIDI und ANDERSEN 1992). Situationsunabhängiges dauerhaftes Interesse entwickelt sich auf der Grundlage von situationsgebundenem Interesse (HÄUSSLER und HOFFMANN 1998).

Die Expertise über die Entwicklung von **Bildungsstandards** der Arbeitsgruppe von Klieme (KLIEME et al. 2003) hat den Kompetenzbegriff in den Mittelpunkt der Transformation allgemeiner Bildungsziele in konkrete Testaufgaben gestellt. Parallel zur Bildungsstandarddiskussion ist das Konzept der **Bildung für eine Nachhaltige Entwicklung** entstanden (RIQUARTS und SAEZ 2004). Es stellt die Forderung auf, dass Lernende befähigt und motiviert werden sollen, sich an einer gesellschaftlichen Entwicklung zu beteiligen, die die Lebensqualität der jetzt lebenden Menschen einander angleicht und die Entfaltungsmöglichkeiten zukünftiger Generationen nicht einschränkt. Um dieses leisten zu können, müssen die Lernenden globale Zusammenhänge erkennen und verstehen können, sowie in der Lage sein, in die Entwicklung komplexer Systeme einzugreifen, um sie im Sinne der Agenda 21 zu steuern. Ein derartiges Wissen zeichnet sich vor allem durch einen hohen Komplexitätsgrad aus, dem man am ehesten durch eine **systemorientierte Betrachtungsweise** gerecht wird. Diese muss sich auf mehrere Fachdisziplinen stützen. Hierbei erwerben sie eine **Systemkompetenz**, die nach ROST, LAUSTRÖER und RAACK (2003) als die Fähigkeit und Bereitschaft definiert ist,

- einzelne Phänomene als einem größeren System zugehörig zu erkennen,
- Systemgrenzen und Teilsysteme sowohl zu erkennen als auch sinnvoll zu bilden,
- die Funktionsweise von Systemen zu verstehen und
- aufgrund der Kenntnis der Veränderung einzelner Systemkomponenten Vorhersagen über die weitere Entwicklung des Systems zu machen

sowie deren Umsetzung und Anwendung in verschiedenen Situationen und Kontexten.

Das Verstehen der Funktionsweise von Systemen beinhaltet nach OSSIMITZ (2000) das Erkennen von Beziehungen zwischen einzelnen Elementen und die Aufdeckung von Kreisprozessen bzw. Rückkopplungskreisen.

Auf der Grundlage der Systemtheorie und der Cognitive Flexibility Theorie wurde computergestütztes Lernmaterial (Prototyp der CD-ROM System Erde – Unterrichtsmaterialien für die Sekundarstufe II) zum globalen Kohlenstoffkreislauf entwickelt. Dieser Kreislauf schließt biologische, chemische und physikalische Prozesse ein und dient als ideales Modell zur Illustration der Interaktionen zwischen den Teilsystemen des Systems Erde – der Bio-, Atmo-, Hydro- und Lithosphäre. Die Cognitive Flexibility Theorie (siehe SPIRO et al. 1987, SPIRO et al. 1992) bezieht sich auf das Erlernen komplexer Inhalte. Eine zentrale Rolle spielt die Einnahme multipler Perspektiven. Ziel der Induktion von multiplen Wissensrepräsentationen ist die flexible Anwendung des Wissens. Die Entwicklung Systemischen Denkens vollzieht sich unter anderem im Erlernen systemischer Darstellungsformen (OSSIMITZ 2000). Nach STERN, APREA und EBNER (2003) spielen graphische Repräsentationen beim Erlernen fachlicher Inhalte eine bedeutende Rolle. Die Autoren konnten zeigen, dass Diagramme als mentale Werkzeuge dienen, um einen komplexen Lernstoff zu strukturieren und ein tieferes Verständnis zu ermöglichen.

Hinweise auf die Fähigkeiten, die Schülerinnen und Schüler verschiedener Altersgruppen im Hinblick auf Systemverständnis und geowissenschaftliche Kenntnisse aufweisen können lieferte der Atlas of Science Literacy der im Jahr 2001 durch die American Association for the Advancement of Science herausgegeben wurde. Dieser Atlas strukturiert Inhalte themenspezifisch und zu übergeordneten Kompetenzen und differenziert welches Niveau die Schülerinnen und Schüler mit welcher Jahrgangsstufe erreicht haben sollen.

Mit den Materialien für die Primarstufe sollten Aspekte, die später im Bereich der Sekundarstufe II aufgegriffen werden - im Sinne eines Spiralcurriculums - angelegt werden. Schwerpunkt der Arbeiten war eine Verbesserung des naturwissenschaftlichen Anfangsunterrichts, wie er in dem durch die Gesellschaft für Didaktik des Sachunterrichts im Jahr 2002 herausgegeben Perspektivrahmen Sachunterricht gefordert wird. Dieser Perspektivrahmen stellt Ziele und Inhalte für fünf Perspektiven des Sachunterrichts dar: Die Sozial- und kulturwissenschaftliche, die raumbezogene, die naturwissenschaftliche, die technische und die historische Perspektive. Die Entwicklungsarbeiten in diesem Projekt orientierten sich vor allem an der naturwissenschaftlichen und der raumbezogenen Perspektive.

Die **Implementationsforschung** im Projekt „System Erde“ knüpfte auf theoretischer Ebene an bekannten Perspektiven curricularer Implementation und praktisch an den Voraussetzungen und Möglichkeiten der beteiligten Schulen und Lehrkräfte an. Ausgehend von der Idee, dass die Implementation ein aktiver Vorgang ist, bei dem Lehrende und Lernende innovatives Unterrichtsmaterial an ihre Bedürfnisse und Möglichkeiten anpassen, entsteht die Frage,

wie diese Bedürfnisse im Detail aussehen und wie der Anpassungsprozess abläuft. Zu den Konzepten, die die schulische Umsetzung innovativer Materialien beschreiben, gehören

- die „**zielgetreue Umsetzung**“ an ein vorher entwickeltes Curriculum,
- die „**wechselseitige Anpassung**“ der Konzepte von Entwicklern und Nutzern und
- das „**enactment**“ curricularer Innovationen in der Kultur des Klassenzimmers (SNYDER, BOLIN und ZUMWALT 1992, HANSEN und BAYRHUBER 2001).

Im Projekt „Forschungsdialog: System Erde“ stützen wir uns auf das Konzept der wechselseitigen Anpassung und vor allem auf die Umsetzung durch den Diskurs zwischen Lehrenden und Lernenden in der Schulklasse, das „enactment“. Diese Perspektive liefert einen Schlüssel zur Beantwortung der Frage, wie Lehrkräfte ein neues Unterrichtsmaterial in den Rahmen ihrer Bildungseinrichtungen einbinden. Alle drei Perspektiven sind für das Projekt „Forschungsdialog: System Erde“ von Bedeutung, wobei eine Untersuchung der „Zielgetreuen Realisierung“ erst nach der Erarbeitungsphase des Materials sinnvoll erschien. Zudem ist die Theorie der systemischen Reform (vgl. CLUNE 1998, für eine Kritik s. OLSON 2002) für die Implementationsaktivitäten des Projektes von Bedeutung. Sie geht davon aus, dass die Kohärenz bzw. die Anpassung aller Maßnahmen zur Verbesserung des Unterrichtes der beste Weg dafür ist, innovative Ideen im Bildungswesen umzusetzen.

Vertreter des enactment - Ansatzes verstehen unter Implementation den Prozess der Gestaltung von Unterricht im Klassenzimmer durch Lehrende und Lernende. Dieser Vorgang beruht auf der Verbindung des innovativen Curriculums, dessen Interpretation durch die unmittelbar Beteiligten und der jeweiligen Kultur des Klassenzimmers (SNYDER, BOLIN und ZUMWALT 1992). In diesem Ansatz gelten die innovativen Unterrichtsmaterialien als Ressource, die Lehrende und Lernende einsetzen, um Unterricht zum System Erde durchzuführen. Implementation ist somit ein konstruktiver Vorgang auf der Grundlage vorhandener Erfahrungen und neuer Impulse. Aus dieser Sicht gewinnt die Frage Bedeutung, wie die Lehrende und Lernenden das neue Material mit den vorhandenen Ressourcen in der Schule verbinden und welche Strategien zur Anpassung sie entwickeln.

Die **Öffnung wissenschaftlicher Institute und Forschungseinrichtungen für Schulen** ist eine neue Entwicklung in Deutschland. Entstanden sind diese Initiativen aus dem Bedürfnis dieser Einrichtungen, ihre Arbeiten einer breiten Öffentlichkeit zu vermitteln, Nachwuchs für ihre Fächer zu gewinnen und das Verständnis für naturwissenschaftliche Themen in der Öffentlichkeit zu verbreitern (vgl. PRENZEL/RINGELBAND 2003). Die Geowissenschaften sind in besonderem Maße darauf angewiesen, für ihr Gebiet zu werben, weil sie aufgrund ihrer Interdisziplinarität insgesamt selten im Schulunterricht zum Thema gemacht werden (BAYRHUBER et al. 2002). Auch das Fach Geografie berücksichtigt entsprechende Themen so wenig, sodass Vertreter/innen der geowissenschaftlichen Fachdisziplinen und der Geografiedidaktik die unzureichenden Entfaltungsmöglichkeiten der Geowissenschaften im Geografieunterricht der Schule sowie in der Ausbildung der Geografielehrkräfte an der Hochschule in der „Leipziger

Erklärung (1996)⁴ bemängelt haben. Sie verstehen den Geografieunterricht als „Zentrierungsfach“ für die Geowissenschaften.

Ein Weg diesen Mangel zu beheben, besteht in der Einbindung von Geoinstituten als außerschulische Lernorte in den Schulunterricht. Die direkte Begegnung in außerschulischen Lernorten bietet die Chance, Beobachtungsfähigkeiten zu fördern (HAUBRICH 1997) und eine „höhere Lernintensität“ (FRANK 1999) zu verwirklichen, als es die mittelbare Begegnung über Medien im Schulunterricht erlaubt. Außerschulische Lernorte zeichnen sich durch Anschaulichkeit und der Ganzheitlichkeit der Auseinandersetzung mit dem Lerngegenstand aus und können dadurch entscheidend zur Qualität des Unterrichts beitragen. Sie erfahren vor dem Hintergrund umweltzieherischer Aspekte immer mehr an Bedeutung (WILHELMI 1999).

BIRKENHAUER (1995) leitet aus den Unterrichtserfahrungen mit außerschulischen Lernorten im Geografieunterricht folgende Qualitätskriterien ab:

Authentizität: Ein Phänomen bzw. eine Gruppe von Phänomenen muss im ursprünglichen Zusammenhang kennen gelernt werden können.

Überschaubarkeit und Prägnanz: Lernende sollen einen Lernort in seinen Merkmalen und in seiner räumlichen Ausdehnung mit alle Sinnen erfahren können.

Anmutungscharakter: Ein Lernort soll eine anregende Vielfalt bieten, für ein Thema relevante Merkmale aufweisen oder durch Interessenkonflikte Aufmerksamkeit erregen.

Strukturiertheit: Der Lernort muss eine Ordnung besitzen, die seine Bedeutung für die Schülerinnen und Schüler nachvollziehbar macht.

Offenheit für Aktivitäten: Der Lernort muss zu Vergleichen mit eigenen Erfahrungen, vorhandenem Wissen, Unterschieden in der Umgebung sowie zum Finden erster Antworten aus dem Arrangement von Phänomenen heraus anregen.

Exkursionen zu außerschulischen Lernorten gehören bereits zur Praxis des Geografieunterrichtes (BIRKENHAUER 1995, KROSS 1991, WIECZOREK 1995). Lehrende und Lernende besuchen ausgewählte Betriebe, Aufschlüsse, Deponien, Lehrpfade, Stadtteile und Gebäude, Siedlungen oder Gewässer (BIRKENHAUER 1999). Dabei steht üblicherweise die unmittelbare Begegnung mit einer *räumlichen* Gegebenheit im Vordergrund, die es Schüler/innen ermöglicht Einzelbeobachtungen in einen Gesamtzusammenhang eines Geländes einzuordnen.

Geoinstitute lassen sich als Lernorte nutzen, die das schulische Angebot thematisch und methodisch erweitern. Sie bieten spezifische Anreize und Kontexte für das Lernen, die im herkömmlichen Unterricht oft zu kurz kommen. Ihre Bedeutung besteht vor allem darin, einen ersten Kontakt mit Wissenschaft und Berufspraxis herzustellen und weniger darin, den unmittelbaren Zugang zu räumlichen Gegebenheiten zu ermöglichen. So können Schüler/innen z. B. im Rahmen eines Geotages unter fachkundiger Anleitung Proben beschreiben, vergleichen und untersuchen, die an unzugänglichen Orten wie in der Tiefsee entnommen wurden. Sie können Experimente

⁴ Alfred-Wegener-Stiftung zur Förderung der Geowissenschaften in Gemeinschaft mit der Deutschen Gesellschaft für Geografie (Hrsg. 1996). Leipziger Erklärung zur Bedeutung der Geowissenschaften in Lehrerbildung und

durchführen oder Arbeitsgeräte der Geoinstitute für geophysikalische Untersuchungen des Untergrundes oder für biologische und chemische Untersuchungen von Gewässern vor Ort kennen lernen. Auch die Mitfahrt einer Schulklasse mit einem Forschungsschiff gehört in diesen Rahmen. Derartige Lernangebote stoßen auf starkes Interesse der Schüler/innen (BAYRHUBER et al. 2002, HEMMER und HEMMER 1997).

FRANK (1999) weist allerdings darauf hin, dass die direkte Begegnung mit Wissenschaftler/innen die Schüler/innen überfordern kann. So fordert die Nutzung des Lernangebotes der Geoinstitute oft Kenntnisse und Fähigkeiten, die erst noch erworben werden sollen. Offen bleibt daher die Frage, unter welchen Bedingungen Geoinstitute als außerschulische Lernorte eine nachhaltige Wirkung auf Lernprozesse und auf die motivationale Orientierung der Jugendlichen ausüben können, wie diese Lernorte mit dem traditionellen Lernort Schule zusammenwirken und wie sie für die Lernenden zugänglich gemacht werden können.

4.1 Verwendete Literatur⁵

BALL, D.L. und COHEN, D.K. (1996). Reform by the book: What is - or Might be - the Role of Curriculum Materials in Teacher Learning and Instructional Reform? *Educational Researcher* 25(9): pp. 6-8.

BEN-ZVI - ASSARAF, O. und ORION, N. (2001): Studying the Water Cycle in

BIRKENHAUER, J. (1995): Außerschulische Lernorte, In: *Geographiedidaktische Forschungen*, Band 26, S. 9 - 16, Nürnberg.

BIRKENHAUER, J. (1999). Außerschulische Lernorte. In: Böhn (Hrsg.). *Didaktik der Geographie - Begriffe*. Oldenbourg, München.

BIRKENHAUER, J. (Hrsg.) (1995). Außerschulische Lernorte. *Geographiedidaktische Forschungen*, Band 26, Nürnberg.

CLUNE, W. (1998). *Toward a theory of systemic reform: The case of nine NSF statewide systemic initiatives*. Madison, WI: Wisconsin, Center for Education Research, University of Wisconsin-Madison.

DUIT, R. (1995): Zur Rolle der Konstruktivistischen Sichtweise in der Naturwissenschaftlichen Lehr- und Lernforschung. *Zeitschrift für Pädagogik* 41(6): 905 - 923.

GERSTENMAIER, J. UND MANDL, H. (1995): Wissenserwerb unter konstruktivistischer Perspektive. *Zeitschrift für Pädagogik* 41(6): 867 - 888.

GUDOVITCH, Y. UND ORION, N. (2001): The carbon cycle and the earth systems. Studying the carbon cycle in multidisciplinary environmental context. Department of Science Teaching, Weizmann Institute of Science Rehovot, Israel.

Schule. Köln. www.Geografie.de/hgd unter Dokumente.

⁵ Projektpublikationen unter II.4

HAUBRICH, H., KIRCHBERG, G., BRUCKER, A., ENGELHARD, K., HAUSMANN, W. UND RICHTER, D. (1997): Didaktik der Geographie – Konkret. Oldenbourg, München.

HÄUSSLER, P., UND HOFFMANN, L. (1998): Qualitative differences in students' interest in physics, and the dependence on gender and age. In L. Hoffmann, A. KRAPP, K.A. RENNINGER und BAUMERT, J. (Eds.), Interest and learning (pp. 280 - 288) Proceedings on the Seon Conference on Interest and Gender (1998). IPN 164. Kiel: IPN.

HEMMER, I. UND HEMMER, M. (1997). Arbeitsweisen im Erdkundeunterricht. Ergebnisse einer empirischen Untersuchung zum Schülerinteresse und zur Einsatzhäufigkeit. In: Frank, F. u. a. (Hrsg.): Die Geographiedidaktik ist tot, es lebe die Geographiedidaktik. München, S. 67 - 78.

HIDI, S. UND ANDERSEN, V. (1992). Situational interest and its impact on reading and expository writing. In K.A. RENNINGER; S. HIDI, und A. KRAPP (Eds.), The Role of Interest in Learning and Development (215 - 238). Hillsdale/NJ: Erlbaum.

HUBER, G.L. (Hrsg.). (1992). Neue Perspektiven der Kooperation. Grundlagen der Schulpädagogik. Band 6. Baltmannsweiler: Schneider Verlag Hohengehren.

HUBER, G.L. (Hrsg.). (1992). Neue Perspektiven der Kooperation. Grundlagen der Schulpädagogik. Band 6. Baltmannsweiler: Schneider Verlag Hohengehren.

KATTMANN, U.; DUIT, R.; GROPEGIEßER, H.UND KOMOREK, M. (1997). Das Modell der Didaktischen Rekonstruktion. Ein Rahmen für naturwissenschaftsdidaktische Forschung und Entwicklung. ZfDN 3 (3), 3 - 18.

KLAFKI, W. (1980). Die bildungstheoretische Didaktik. Westermann Pädagog. Beiträge 32 (1), 32 - 37.

KLIEME, E. (2003). Zur Entwicklung nationaler Bildungsstandards - Eine Expertise. Deutsches Institut für Internationale Pädagogische Forschung, Frankfurt.

KNAPP, M.S. (1997). Between Systemic Reform and the Mathematics and Science Classroom: The Dynamics of Innovation, Implementation, and Professional Learning. Review in Educational Research, Vol. 67, No. 2, pp. 227 - 226.

KONRAD, K. und TRAUB, S. (2001). Kooperatives Lernen. Theorie und Praxis in Schule, Hochschule und Erwachsenenbildung. Baltmannsweiler: Schneider-Verlag Hohengehren.

KONRAD, K. UND TRAUB, S. (2001). Kooperatives Lernen. Theorie und Praxis in Schule, Hochschule und Erwachsenenbildung. Baltmannsweiler: Schneider-Verlag Hohengehren.

KROSS, E. (1991). Außerschulisches Lernen und Erdkundeunterricht. Geographie heute, Heft 88, S. 4 - 10.

MBWFK (Ministerium für Bildung, Wissenschaft, Forschung und Kultur des Landes Schleswig-Holstein (1997). Lehrplan Grundschule. Heimat- und Sachunterricht. <http://lehrplan.lernnetz.de/html/primar/faecher/hsu/hsu.doc>.

MBWFK (Ministerium für Bildung, Wissenschaft, Forschung und Kultur des Landes Schleswig-Holstein (1997). Lehrplan Grundschule. Heimat- und Sachunterricht. <http://lehrplan.lernnetz.de/html/primar/faecher/hsu/hsu.doc>.

OSSIMITZ, G. (2000). Entwicklung systemischen Denkens. Profil: München.

OSSIMITZ, G. (2000): Entwicklung systemischen Denkens. Klagenfurter Beiträge zur Didaktik der Mathematik, Bd. 1. Profil-Verlag, München-Wien.

PRENZEL, M., KRAPP, A., und SCHIEFELE, H. (1986): Grundzüge einer pädagogischen Interessentheorie. Zeitschrift für Pädagogik, 32, 163 - 173.

RIQUARTS, K. und SAEZ, M.J. (2004). Educational policies for sustainable development. In N.P. TARASOVA et al. (Ed.), Encyclopedia of Life Support Systems. Global Resource System Challenge I. Education, Vol. 1, 12.15.12, Paris/Oxford: UNESCO/EOLSS Publ.

ROST, J., LAUSTRÖER, A. UND RAACK, N. (2003). Kompetenzmodelle einer Bildung für Nachhaltigkeit. Praxis der Naturwissenschaften/Chemie in der Schule, 8 (52), 10 - 15.

SNYDER, J. BOLIN, F., UND ZUMWALT, K. (1992). Curriculum implementation. In P.W. Jackson (Ed.), Handbook of research on curriculum, pp. 402 - 435. New York: Macmillan.

SPIRO, R.J.; VISPOEL, W.P.; SCHMITZ, J.G. et al. (1987): Knowledge Acquisition for Application: Cognitive Flexibility and Transfer in Complex Content Domains.

WIECZOREK, U. (1995): Didaktische Probleme bei der Gestaltung von Schülerexkursionen. In: Geographiedidaktische Forschungen, Band 26, S. 111 - 126, Nürnberg.

5. Zusammenarbeit mit anderen Stellen

Zur Vorbereitung des Projektes fand eine Tagung mit ca. 50 Vertreter(innen) aus 22 Forschungsinstituten und Museen in Bonn statt. Diese Konferenz war auch als erster Schritt zur Einrichtung eines wissenschaftlicher Beirates aus Vertreter(innen) geowissenschaftlichen Forschungsinstitutionen und Museen geplant, der um Vertreter der Bildungsverwaltung ergänzt wurde. Der wissenschaftliche Beirat bestand aus folgenden Mitgliedern: Dr. Dietrich Aldefeld, Landesinstitut für Schule und Ausbildung (L.I.S.A.), Mecklenburg-Vorpommern, OStR Hans-Hermann Behr, Philipps-Universität Marburg, Fachbereich Physik, Christian Blume, Senatsverwaltung für Bildung, Jugend und Sport, Berlin, Prof. Dr. Bodo von Bodungen, Institut für Ostseeforschung, Warnemünde, Prof. Dr. Wulf Depmeier, Institut für Geowissenschaften, Universität Kiel; Prof. Dr. Wolf-Christian Dullo, Leibniz-Institut für Meereswissenschaften an der Universität Kiel, MR Burghard Eichholz, Ministerium für Bildung, Wissenschaft und Kultur, Mecklenburg-Vorpommern, Dr. Wolfgang Ellegast, Bayerisches Staatsministerium für Unterricht und Kultus, Prof. Dr. Rolf Emmermann, GeoForschungs-Zentrum Potsdam, Ulrich Ernst, Ministerium für Bildung, Jugend und Sport des Landes Brandenburg, Dr. Udo Graf, Landesinstitut für Schule (LIS), Bremen, Prof. Dr. Hans-Peter Harjes, Fakultät für Geowissenschaften, Ruhruniversität Bochum, Christian Heib, Ministerium für Bildung und Kultur des Saarlandes, Dr. Christa Henze, Zentralstelle für Umwelterzie-

hung, Universität Essen, StD Herbert Hollmann, Landesinstitut für Lehrerbildung und Schulentwicklung, Hamburg, Prof. Dr. Venugopalan Ittekkot, Zentrum für Marine Tropenökologie, Universität Bremen, Michael Kaul, Ministerium für Bildung und Kultur des Landes Rheinland-Pfalz, Heidi Kosche, Landesinstitut für Schule und Medien Brandenburg, Joachim Kranz, Senatsverwaltung für Bildung, Jugend und Sport, Berlin, Peter Leidinger, Ministerium für Kultur und Wissenschaft des Saarlandes, Prof. Dr. Peter Lemke, Alfred-Wegener-Institut für Polar- u. Meeresforschung Bremerhaven, Prof. Dr. Karin Lochte, Leibniz-Institut für Meereswissenschaften an der Universität Kiel, Prof. Dr. Gregor Markl, Institut für Mineralogie, Petrologie und Geochemie, Universität Tübingen, Prof. Dr. Roberto Mayerle, Institut für Geowissenschaften, Universität Kiel; Prof. Dr. Volker Mosbrugger, Institut und Museum für Geologie und Paläontologie, Universität Tübingen, StD Helmut Obermann, Albertus-Magnus-Gymnasium, Ettlingen, Dr. Matthias Quendt, Thüringisches Kultusministerium, RD Dieter Seefeldt, Kultusministerium des Landes Niedersachsen, Prof. Dr. Rainer Slotta, Deutsches Bergbaumuseum, Bochum, Prof. Dr. Hans von Storch, Institut für Küstenforschung, GKSS-Forschungszentrum GmbH, Geesthacht, Prof. Dr. Erwin Suess, Leibniz-Institut für Meereswissenschaften an der Universität Kiel, Prof. Dr. Jörn Thiede, Alfred-Wegener-Institut für Polar- u. Meeresforschung Bremerhaven, Prof. Dr. Gerold Wefer, Universität Bremen, Fachbereich Geowissenschaften, Annegrete Zeretzke, Ministerium für Bildung, Wissenschaft, Forschung und Kultur, Kiel.

Das IPN kooperierte mit dem Geographischen Institut der Universität Kiel (Prof. Dr. Wolfgang Hassenpflug), um geographidaktische Expertise in die Projektarbeiten einzubinden. Die Interessenstudie wurde mit Prof. Dr. Ingrid Hemmer (Universität Eichstätt) und Prof. Dr. Michael Hemmer (Universität Münster) durchgeführt. Für die Arbeiten für die Primarstufe wurde mit den Arbeitsgruppen von Prof. Dr. Fölling-Albers, Universität Regensburg und Prof. Dr. Möller, Universität Münster zusammengearbeitet.

Darüber hinaus wurden an ausgewählten **Geoinstituten Workshops** abgehalten auf denen die Unterrichtsmaterialien vorgestellt und mit dort ansässigen Geowissenschaftlern diskutiert wurden. Es waren: IPN (09.-10.03.2001), Leibniz-Institut für Meereswissenschaften (IFM – GEOMAR, 13.-14.06.2001), Zentrum für Marine Umweltwissenschaften (MARUM), Universität Bremen (19.-20.03.2002), Deutsches Museum, München (03.-04.09.2002), GeoForschungsZentrum Potsdam (GFZ, 11.-12.2003), Alfred Wegener Institut (AWI) Bremerhaven (09.-10.09.2003), Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (BGR), Hannover (19.-20.04.2004).

In Kooperation mit dem Koordinierungsbüro GEOTECHNOLOGIEN, Potsdam und den Landesinstituten für Lehrerbildung von sechs Bundesländern wurden **Fortbildungsveranstaltungen für Multiplikatoren** durchgeführt:

- Ruhr-Universität Bochum, NRW, 03.-05.06.2002
- Sächsische Akademie für Lehrerbildung, Meißen / Sachsen, 25.-27.11.2002.

- Landesinstitut für Schule und Medien Brandenburg (ehemals Pädagogisches Landesinstitut Brandenburg, PLIB), Ludwigsfelde / Brandenburg, 28.-30.04.2003.
- Landesinstitut für Schule und Ausbildung (L.I.S.A.) Mecklenburg-Vorpommern, Bad Doberan / Mecklenburg-Vorpommern, 04.-06.02.2004.
- Landesakademie für Fortbildung und Personalentwicklung an Schulen, Donaueschingen / Baden-Württemberg, 21.-23.04.2004.
- Landesinstitut für Lehrerbildung und Schulentwicklung (LI Hamburg), Hamburg, 31.05.-02.06.2005.

Gemeinsam mit dem Leibniz-Institut für Meereswissenschaften an der Universität Kiel (damals IFM und GEOMAR) und dem Institut für Geowissenschaften der Universität Kiel wurde im Geojahr 2002 der "**Kieler Geotag**" ausgerichtet zu dem fast 600 Schüler kamen. Mit dem Leibniz-Institut für Meereswissenschaften wurde darüber hinaus das **Volvo Ocean Race Research Project** und das von der Robert Bosch Stiftung geförderte Projekt **NaT-Working Meeresforschung** durchgeführt.

Außerdem fand am IPN am 03.-04.2003 eine **Lehrplankonferenz** mit Vertretern der Bildungsministerien der Länder statt.

Folgende **Lehrkräfte** haben uns bei der Entwicklung bzw. Erprobung der Unterrichtsmaterialien unterstützt: Albert-Schweitzer Gesamtschule, Beeskow (Herr Miethe), Albertus-Magnus-Gymnasium, Ettingen (Herr Obermann), Berta-von-Suttner-Gymnasium, Halle (Frau Gaube), Erlangen (Herr Dr. Dimpfl), Erwachsenenschule Bremen (Herr Gudjions, Frau Heinecke-Herzog), Frankfurt/Oder (Herr Dr. Naroska), Freie Waldorfschule, Hannover-Bothfeld (Herr Lehmann), Friedrich Schiller Gymnasium, Preetz (Frau Rabe), Georg-Christoph-Lichtenberg-Schule, Kassel (Herr Starke), Gymnasium Dörpsweg, Hamburg (Herr Dr. Peleikis), Gymnasium Godebusch (Frau Schulz), Gymnasium Heidkamp, Hamburg (Herr Fraedrich), Gymnasium Horn, Bremen (Frau Büttner, Herr Wierichs), Gymnasium Kronshagen, Kiel (Frau Tschach), Gymnasium Mettenhof, Kiel (Frau Brönstrup-Wrage), Hebbelschule, Kiel (Frau Denart, Herr Habig, Herr Heinrich, Frau Dr. Thönnies), IGS Linden (Herr Dr. Franke), Immanuel-Kant-Gymnasium, Neumünster (Herr Wischeropp), Isolde-Kurz-Gymnasium, Reutlingen (Herr Koschwitz), Käthe-Kollwitz-Schule, Kiel (Frau König), Katharineum zu Lübeck (Frau Pries), Käthe-Kollwitz-Schule, Kiel (Herr Hamann), Kiel (Herr Lipkow), Louise-Henriette Gymnasium, Oranienburg (Herr Döhl), Marie-Curie-Gymnasium, Ludwigsfelde (Frau Reinisch), Max-Planck-Schule, Kiel (Herr Boysen, Frau Hampel-Wollweber, Herr Ovens), Oberstufenkolleg Universität Bielefeld (Herr Dr. Fischer, Herr Wenzel), OSZB Energietechnik I, Berlin (Frau Venke), Otto-Hahn Schule, Hamburg (Herr Blass), Peter-Petersen Schule, Köln (Herr Heilmann), Städt. Gymnasium Bad Segeberg (Frau Queisser), Toni-Jensen Gesamtschule, Kiel (Herr Zielinsky, Frau Oeser, Frau Bornhagen, Herr Lage, Frau Beek, Herr Schindler), Ulrichgymnasium, Norden (Frau Mattenich), Wilhelm-Hoffmann-Gymnasium, Skt. Goarshausen (Frau Damian).

Schließlich wurde die **Fachsektion Geodidaktik** der GeoUnion/Alfred-Wegener-Stiftung gemeinsam mit dem Hochschulverband Deutscher Geographdidaktiker (HGD) und der Deutschen Geowissenschaftlichen Gesellschaft (DGG) gegründet, um die Implementation von geowissenschaftlichen Inhalten in den Unterricht zu fördern. Diese Fachsektion kooperiert bereits mit dem Verband deutscher Biologen.

II Eingehende Darstellung

1. Erzielte Ergebnisse

Die Lehrplananalyse zeigte, dass in allen untersuchten Lehrplänen die geowissenschaftlichen Inhalte und Themen aufgeführt sind, zu denen im Rahmen des Projektes Materialien entwickelt wurden (vgl. RIQWARTS et al. 2002). Die größte Vielfalt findet sich in den Geografielehrplänen verschiedener Bundesländer, besonders zu Beginn der Sekundarstufe II. Gute Anknüpfungspunkte bieten auch die Biologielehrpläne, während dies bei den Chemie- und Physiklehrplänen nur vereinzelt der Fall ist. Dieses Bild deckt sich mit Schüleraussagen, die im Rahmen der Interessensstudie erhoben wurden. Aus ihrer Sicht werden 11 für die Interessensstudie ausgewählte Gebiete zum System Erde vorrangig im Geografieunterricht, deutlich weniger im Biologie- und nahezu gar nicht in Chemie- oder Physikunterricht behandelt (BAYRHUBER et al. 2002). KALLÄNE und SCHILKE (2001) analysierten die Lehrpläne des Heimat- und Sachunterricht der 3. und 4. Klassen im Hinblick auf die Polarität zwischen „hier und anderswo“ oder „Heimat und Fremde“, die sich zu einer schulischen Aufgabe entwickelt hat. Unter diesem Aspekt können in der Grundschule geowissenschaftliche Themen wie Wasser, Wald, Umwelt, Nahrungsmittel, Erde und Welt oder Weltall behandelt werden. Die Verfasser der 16 analysierten Lehrpläne sind sich einig: Das „Hier“ (die Heimat, Lebenswelt, Umwelt) ist als Thema verbindlich. Die Lehrpläne von Schleswig-Holstein, Saarland und Baden-Württemberg wollen auch Vorstellungen über „anderswo“ anbahnen.

Anhand einer didaktischen Analyse wurden die notwendigen Entwicklungs- und Forschungsarbeiten erläutert und wissenschaftlich begründet (BAYRHUBER et al. 2002).

1.1 Begleitforschung

1.1.1 Schülervorstellungen (Sekundarstufe II und Primarstufe)

Vorstellungen von Schülerinnen und Schülern vom System Erde wurden anhand von 3 Studien erhoben:

- Sekundarstufe II:
 - Assoziationstest zum Begriff „System Erde“
 - Sekundarstufe II: Kontextgebundene Interviews zum Thema Kohlenstoffkreislauf
- Primarstufe: Weltvorstellungen von Grundschulern

Sekundarstufe II

Die im **Assoziationstest** angegebenen Termini deuten auf ein allgemeines Verständnis des Systemcharakters der Erde hin. Detaillierte Kenntnisse über Struktur und Dynamik der Sphären sowie deren Wechselwirkungen sind jedoch nicht zu erkennen. Auch fehlt die Vorstellung geologischer Zeitdimensionen im Hinblick auf die Entwicklung der Erde und ihrer Subsysteme (HANSEN und HLAWATSCH 2003).

Die **kontextgebundenen Interviews** der fünf Schülerinnen und Schüler ergaben, dass diese die Verteilung des Kohlenstoffs auf der Erde nicht im Sinne der realen Größenordnungen abschätzen. Die Atmosphäre und die Biosphäre werden als Kohlenstoffreservoir gegenüber der Lithosphäre und der Hydrosphäre weit überschätzt. Zudem haben die Schülerinnen und Schüler Schwierigkeiten, den Kohlenstofftransport als einen zyklischen Prozess zu verstehen. Einige Probanden beschreiben einen linearen Prozess von der Litho-, zur Atmosphäre. Dabei wird die Lithosphäre als unerschöpfliche Kohlenstoffquelle und die Atmosphäre als unbegrenzte Kohlenstoffsenke betrachtet. Die Hydrosphäre wird nicht berücksichtigt. Zwei Schüler beschreiben einen Kreislauf, der reduziert ist auf die Prozesse Fotosynthese und Zellatmung beziehungsweise die Wechselwirkung zwischen den tierischen und den pflanzlichen Organismen. Der beschriebene Kreisprozess ist hingegen nicht als eine Beziehung zwischen Organismen und der Atmosphäre repräsentiert. Die untersuchten Schülerinnen und Schüler haben keine Vorstellung von den dynamischen Eigenschaften, die den Wandel des Systems Kohlenstoffkreislauf im Laufe der Erdgeschichte bestimmen. Die Entwicklung des Systems Erde wird mit Hilfe linearer Prozesse erklärt. Nichtlinearität wird nicht erkannt. Die Fragen des begleitenden Wissenstests wurden überraschend gut beantwortet. Die biologischen, chemischen, geologischen und physikalischen Konzepte, die als grundlegend für die Bearbeitung des Kontextes „Globaler Kohlenstoffkreislauf“ anzusehen sind, scheinen relativ gut repräsentiert zu sein. Im kontextgebundenen Interview wurden sie jedoch nicht im wissenschaftlichen Sinne verwendet (HILDEBRANDT und BAYRHUBER 2003).

Primarstufe

Anhand der Studie zu **Weltvorstellungen von Grundschulern** konnten vier verschiedene Vorstellungen identifiziert werden (Abb. 3):

- Gemäß der **Vorstellung 1** wird die Erde als flache Ebene angesehen.
- Nach der **Vorstellung 2** ist die Erde eine Kugel. Menschen, andere Lebewesen und Gegenstände befinden sich entweder oben auf der Kugel, die dort zu einer Ebene abgeplattet ist, oder innerhalb der Kugel auf einer ebenen Fläche. Im zuletzt genannten Fall stellt die obere Hälfte der Hohlkugel den Himmel, die untere die eigentliche Erde dar. Gegenstände fallen aus der Sicht der Kinder stets in Richtung des unteren Bildrandes. Die Kinder haben also noch keine adäquate Vorstellung von der Erdanziehung entwickelt.
- Entsprechend **Vorstellung 3** ist die Erde ebenfalls eine Kugel. Menschen usw. befinden sich nur oben auf der Kugel und Gegenstände fallen in Richtung des unteren Bildrandes.

- **Vorstellung 4** entspricht in wesentlichen Zügen der wissenschaftlichen Auffassung, die Erde schwebt als Kugel frei im Weltraum. Die Himmelskörper befinden sich ebenfalls im Weltall, der Himmel umgibt die Erde als dünne Schicht. Die Menschen sind überall auf der Erde senkrecht zum Mittelpunkt ausgerichtet. Gegenstände fallen aus allen Positionen zur Erdoberfläche. Es existiert kein vom Betrachter definiertes „Oben“ und „Unten“.

Fast die Hälfte der Befragten (48,15 %) brachte in ihrer mündlichen Beschreibung, durch eine Zeichnung und anhand von Styropormodellen konsistent die Vorstellung 4 zum Ausdruck. Die übrigen Schüler wechselten bei den drei Untersuchungsarten zwischen den Vorstellungen. Dieses Resultat steht im Gegensatz zu den bisherigen Studien (vgl. SOMMER 2002), wonach erst 13-jährige überwiegend Vorstellung 4 entwickelt haben. Unsere Ergebnisse dürften dadurch begründet sein, dass sich Grundschüler und -schülerinnen heute relativ intensiv mit Erde und Weltraum beschäftigen, und zwar mit Hilfe des Computers, anhand von Fernsehsendungen und mit Büchern. Diese Vermutung legen die Ergebnisse einer zusätzlichen Fragebogenerhebung nahe. Bei der Entwicklung von Unterrichtsmaterialien für die Primarstufe konnten wir also bei wesentlich mehr Schülerinnen und Schülern von einem basalen wissenschaftlichen Bild von der Erde im Weltall ausgehen, als dies bisher möglich war.



Abbildung 3: Drei der vier Stufen der Weltvorstellungen von Grundschulkindern

1.1.2 Systemisches Denken und multiperspektivisches Lernen am Beispiel des globalen Kohlenstoffkreislaufs

Bei der Vermittlung geowissenschaftlicher Inhalte ist systemisches Denken und multiperspektivisches Lernen notwendig. Die Untersuchung verfolgte das Ziel, Förderungsmöglichkeiten für das Erlernen komplexer geowissenschaftlicher Konzepte und ihrer flexiblen Anwendung in verschiedenen Kontexten aufzuzeigen (HILDEBRANDT in Vorbereitung).

Die Studie ging unter anderem der Frage nach, wie weit das Lernen mit systemischen Darstellungsformen, (Fluss- und Wirkungsdiagramme) das Systemverständnis am Beispiel des globalen Kohlenstoffkreislaufs verbessert.

Anhand einer einfaktoriellen Varianzanalyse (ANOVA) wurde überprüft, ob Unterschiede zwischen den drei Lerngruppen A ges (ohne Diagramme), B ges (passive Rezeption von Diagrammen) und C ges (aktive Konstruktion von Diagrammen) bzgl. der erreichten Mittelwerte bei den Summenscores der Kategorie System Erde im Nachtest bestehen. Die Mittelwertvergleiche sind in der Abbildung 4 dargestellt. Die Berechnung mit dem Faktor „Lerngruppe

(Einsatz von Systemdiagrammen)“ für die abhängige Variable „System Erde“ zeigte einen signifikanten Haupteffekt ($F(2,99) = 3,963, p < 0,05$).

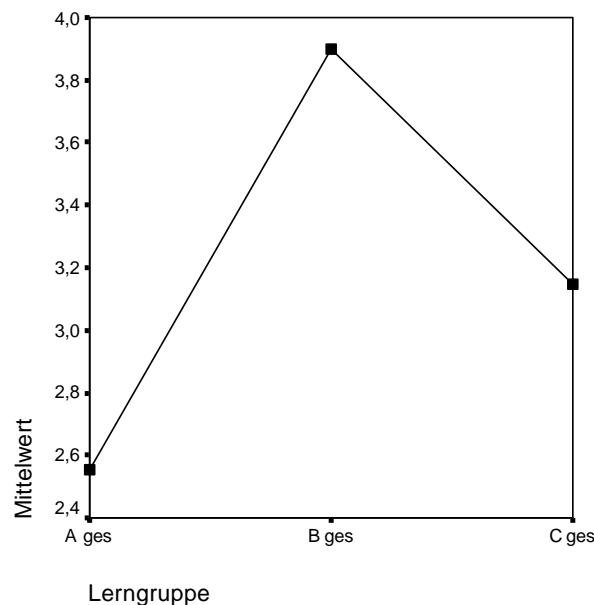


Abbildung 4: Mittelwertvergleich der Lerngruppen A ges (ohne Diagramme), B ges (passive Rezeption von Diagrammen) und C ges (aktive Konstruktion von Diagrammen) in der Kategorie System Erde (Item 32 - 44).

Die Ergebnisse der t-Tests für unabhängige Stichproben werden im Folgenden aufgeführt.

- Die Mittelwerte der Summenscores der Gruppen A ges und B ges unterscheiden sich hoch signifikant ($t(66) = -2,690, p = 0,009$). Demnach ist das Lernen mit fertigen Systemdiagrammen (B ges) dem Lernen ohne Diagramme überlegen.
- Zwischen den Lerngruppen A ges und C ges und den Lerngruppen B ges und C ges konnten bzgl. der mittleren Summenscores in der Kategorie System Erde keine signifikanten Unterschieden ermittelt werden. Es sind jedoch Tendenzen festzustellen. Das Lernen mit fertigen Systemdiagrammen ist anscheinend ebenfalls dem Lernen mit Hilfe aktiver Konstruktionen von Diagrammen überlegen ($t(71) = 1,588, p = 0,117$). Zudem zeigt die aktive Konstruktion einen tendenziellen Vorteil gegenüber dem Lernen ohne Systemdiagramme ($t(61) = -1,277, p = 0,206$). Das eigenständige Konstruieren der Wirkungs- und Flussdiagramme zeigte keinen Vorteil gegenüber der passiven Rezeption von Diagrammen. Vermutlich war die Lernzeit von drei mal 90 Minuten zu kurz für das Methodentraining. Die Schülerinnen und Schüler waren vielleicht zu sehr damit beschäftigt den Konstruktionsprozess zu erarbeiten, als die zu strukturierenden Inhalte zu verstehen.

Um diese Ergebnisse weiter zu untersuchen wurden die Summenscores des Vorwissens im Vortest einer Clusteranalyse unterzogen. Somit konnten die 102 Versuchspersonen in zwei Gruppen eingeteilt werden, die sich signifikant in ihrem Vorwissen unterscheiden („Geringes Vorwissen“ - 67 Personen, „Hohes Vorwissen“ - 37 Personen). Anhand einer zweifaktoriellen

Varianzanalyse wurde überprüft, ob Unterschiede zwischen den drei Lerngruppen A ges, B ges und C ges bzgl. der erreichten Mittelwerte bei den Summenscores in der Kategorie System Erde bestehen. Die Berechnung mit den Faktoren „Lerngruppe (Einsatz von Systemdiagrammen)“ und „Vorwissensgrad“ für die abhängige Variable „System Erde“ zeigte einen hoch signifikanten Haupteffekt ($F(5,96) = 3,394$, $p = 0,007$).

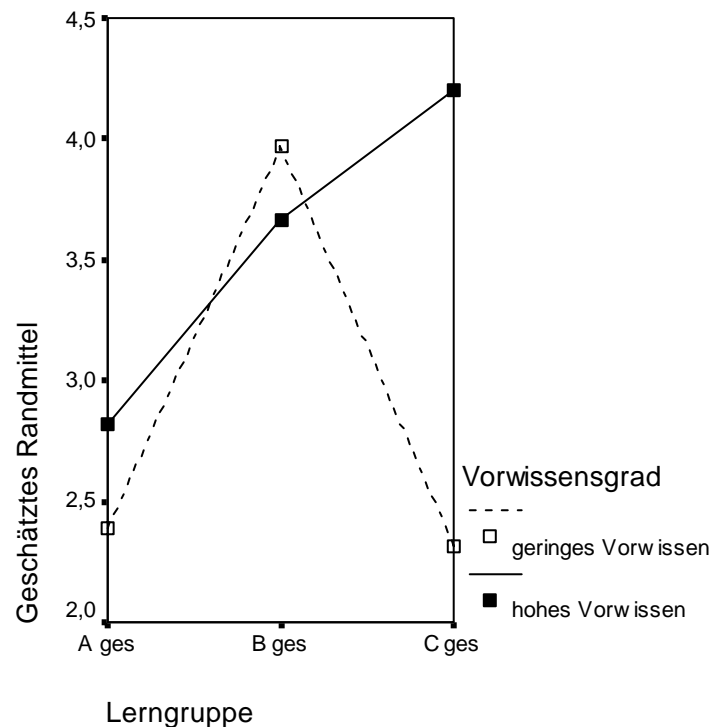


Abbildung 5: Mittelwertvergleich der Lerngruppen A ges (ohne Diagramme), B ges (passive Rezeption von Diagrammen) und C ges (aktive Konstruktion von Diagrammen) in der Kategorie System Erde (Item 32-44) differenziert nach dem Vorwissensgrad.

- Bei den Schülerinnen und Schüler mit **geringem Vorwissen** unterscheiden sich die Mittelwerte der Lerngruppen A ges und B ges ($p=0,008$) und die der Lerngruppen B ges und C ges ($p=0,000$) paarweise hoch signifikant voneinander. Demnach profitieren Personen mit geringem Vorwissen stark vom Lernen mit fertigen Wirkungs- und Flussdiagrammen. Dieses hat sowohl gegenüber dem Lernen ohne Diagramme, als auch gegenüber dem Lernen mit Hilfe aktiver graphischer Konstruktionen einen großen Vorteil. Personen mit geringem Vorwissen sind vermutlich mit dem Erlernen der Methode „selbständiges Konstruieren von Systemdiagrammen“ innerhalb von drei Lernsitzungen überfordert.
- Bei Schülerinnen und Schülern mit **hohem Vorwissen** unterscheiden sich die Mittelwerte der Lerngruppen A ges und C ges schwach signifikant voneinander ($p=0,069$). Das Lernen mithilfe selbständiger Konstruktionen von Fluss- und Wirkungsdiagrammen ist gegenüber dem Lernen ohne Systemdiagramme im Vorteil. Die Mittelwerte der Lerngruppen A ges und B ges ($p=0,486$) und der Lerngruppen B ges und C ges ($p=0,664$) zeigen für Schülerinnen und Schüler mit hohem Vorwissen paarweise keine signifikanten Unterschiede.

Es konnte also gezeigt werden, dass die aktive Konstruktion von Wirkungs- und Flussdiagrammen das Verständnis geowissenschaftlicher Konzepte bei Schülerinnen und Schülern mit hohem Vorwissen fördert. Lernende mit geringem Vorwissen verbessern ihr Verständnis für das System Erde hingegen durch die passive Rezeption von systemischen Darstellungen.

1.1.3 Systemkompetenz von Grundschulkindern

Ohne Vorbereitung und Schulung der Methode verbinden 26 % der Grundschul Kinder in einer Begriffslandkarte zu einem bekannten System (hier: Schule) Systemelemente zu einem Netz, sind also in der Lage Wechselbeziehungen in einem System anzugeben. Zum selben Testzeitpunkt sind dazu bezogen auf das wenig bekannte System Storch nur 8 % der Kinder in der Lage. Im Verlauf des Unterrichts nimmt der Anteil der Kinder, die das System Storch als Netz darstellen zu. Am Ende der Testphase zeichnen 61 % der Kinder ein Netz (Abb. 7). Dies ist ein Hinweis darauf, dass der Unterricht nach der Konzeption „System Erde“ bereits im Grundschulalter zu einer Ausschärfung der Systemkompetenz führt (s. SOMMER in Vorbereitung für die ausführliche Darstellung der Ergebnisse).

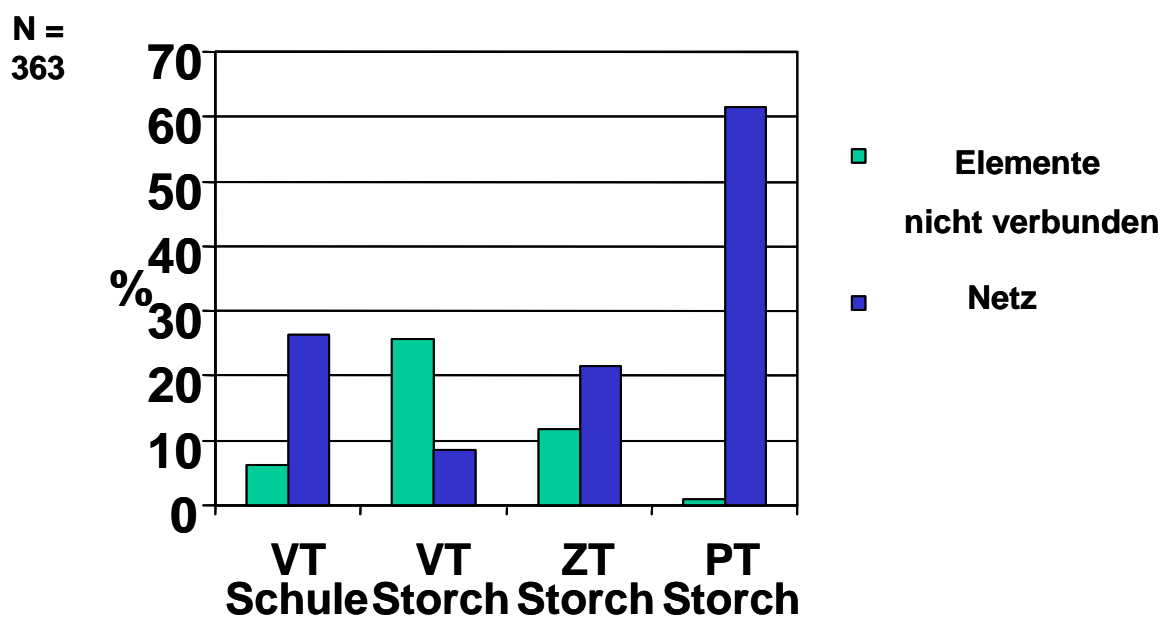


Abbildung 7: Exemplarisches Ergebnis der Auswertung der Begriffslandkarten des Vortests (VT), Zwischentests (ZT) und Nachtests (PT). Verglichen wird jeweils der prozentuale Anteil der Kinder, die unverbundene Elemente gezeichnet haben mit denen, die ein Netz entwickelt haben.

1.1.4 Ergebnisse der Interessenstudie (Sek. II)

Im Allgemeinen zeigen die Schülerinnen und Schüler im Durchschnitt ein mittleres Interesse an fast allen Gebieten. Gesteine und Mineralien wecken das geringste Interesse, Erdbeben ein relativ hohes (BAYRHUBER et al. 2002, HEMMER et al. 2005).

Die Kontexte Individuum, Gesellschaft sowie Werte und Normen sind von relativ hohem Interesse. Das Schülerinteresse an geowissenschaftlichen Gebieten verändert sich durch den Kontext, in dessen Zusammenhang es gestellt wird. Beispielsweise ist das Schülerinteresse

am Kohlenstoffkreislauf viel höher im Kontext Individuum (Gesundheit) als im geowissenschaftlichen Kontext. Auf der anderen Seite zeigen die Schülerinnen und Schüler unterschiedliches Interesse am selben Kontext in Abhängigkeit vom Gebiet. So ist der Kontext Wissenschaftsmethode von hohem Interesse im Zusammenhang mit Erdbeben und von geringerem in Kombination mit Boden. Hinsichtlich der Gebiete Teilsysteme des Systems Erde und Trinkwasser sind die Schülerinnen und Schüler viel mehr am Kontext Geowissenschaften als am Kontext Systemtheorie interessiert. Kohlenstoffkreislauf, Boden, Klimaveränderungen und Änderung der Biodiversität betreffend wurde größeres Interesse am Kontext Systemtheorie gezeigt. Hinsichtlich der anderen Inhalte, waren die Schülerinnen und Schüler an beiden Kontexten gleich stark interessiert.

Insgesamt ergab die Interessenstudie detaillierte Hinweise darauf, bei welchen Teilthemen besondere Anstrengungen an eine attraktive Gestaltung der Lernumgebung erforderlich wird. Die Voruntersuchung zum Systemverständnis unterstreicht die Notwendigkeit eines systemischen didaktischen Ansatzes. Bisher vermittelte der Schulunterricht eine eher statische Sichtweise, die sich auf einzelfachliche Perspektiven beschränkt. Es ist zu erwarten, dass das Projekt System Erde aufgrund seiner interdisziplinären Konzeption und der systemtheoretischen Betrachtungsweise neue Impulse für einen fächerverbindenden bzw. fachübergreifenden Unterricht setzt.

Diese Ergebnisse wurden bei der Entwicklung der Unterrichtsmaterialien und –konzepte im Rahmen des Projekts „Forschungsdialog: System Erde“ aufgegriffen. Hinsichtlich der Evaluation der neu entwickelten Unterrichtsmaterialien für die Sekundarstufe II wurde deshalb überprüft, inwieweit deren Einsatz im Unterricht bei den Schülerinnen und Schülern sowohl das situationsgebundene Interesse am Unterricht und an den geowissenschaftlichen Inhalten fördern kann und ob es Anzeichen gibt, dass sie ein situationsunabhängiges individuelles Interesse an geowissenschaftlichen Themen und Fragestellungen entwickeln.

1.1.5 Wirken des Lernens an Geoinstituten als außerschulische Lernorte

Zur Analyse der Wirkung von Geoinstituten als außerschulischen Lernorten wurden drei verschiedene Veranstaltungen, die an den drei Kieler Geoinstituten durchgeführt wurden evaluiert:

- Kieler Geotag
- Volvo Ocean Race Research
- Tag des Meeres

Am Beispiel des **Kieler Geotages** (HLAWATSCH und HANSEN angenommen) konnten die durch BIRKENHAUER (1995) formulierten Qualitätskriterien für außerschulische Lernorte, die im Wesentlichen aus Geografiedidaktischen Überlegungen für geographische Exkursionen entstanden waren, für den Besuch von Geoinstituten erweitert und konkretisiert. Die Konkretisierungen bezogen sich vor allem auf die spezifischen Lernerfahrungen, die an einem Geoin-

stitut möglich sind, sowie auf die Präsentation der Wissensinhalte. Dabei war es bedeutsam, dass die Schüler/innen sich grundlegendes geowissenschaftliches Wissen erst aneignen müssen. Aufgrund der Art und Vielfalt der Angebote und der großen Teilnehmerzahl ist diese Studie repräsentativ für die meisten Angebote, die Geoinstitute derzeit für Schulen anbieten.

Vergleicht man die schriftlichen Äußerungen der Schüler/innen und ordnet sie den neu entwickelten Kategorien für gute außerschulische Lernorte zu, so wird deutlich, dass die größte Bedeutung eines (eintägigen) Geotages für den schulischen Unterricht im Bereich "authentischer Erfahrungen" liegt. Die Geoinstitute liefern „originale Begegnungen“ im Sinne BIRKENHAUERS, die im engeren Umfeld der Schule nicht möglich sind. Die Kategorie "Ergiebigkeit des Lernortes" wird insbesondere im Bereich Wissenserwerb erfüllt: Die große Mehrzahl der Schüler/innen und Lehrkräfte gab an, dass sie etwas dazugelernt haben. Das Interesse für Geo- bzw. Naturwissenschaften konnte nur bei einem Drittel der Schüler/innen geweckt werden.

Da Hochschuldozentinnen und Hochschuldozenten an Geoinstituten üblicherweise wenig Kontakt zu Schüler/innen haben und keine didaktische Ausbildung besitzen, wundert es kaum, dass den Lernenden das Niveau der Vorträge oft zu hoch war. Auch waren sich anscheinend nicht alle Geowissenschaftler/innen bewusst, dass vor allem die Gelegenheit zum praktischen Arbeiten Schüler/innen nachhaltig motiviert und dadurch den Wissenserwerb erleichtert. Vor diesem Hintergrund erscheint es umso bedeutsamer, dass die Mehrzahl der Schüler/innen den Geotag insgesamt als ergiebig beurteilt und dass sie die Vorträge zumeist als klar und verständlich eingestuft haben. Ein Lehrer fasste dieses Ergebnis in der Aussage zusammen: „auch wenn die Schüler nicht alles aufnehmen konnten, bekommen sie doch einen guten Einblick in die Geowissenschaften und in die naturwissenschaftlichen Arbeitsweisen, Problemstellungen und Präsentationsformen“.

Aus den Ergebnissen dieser Evaluationsstudie lassen sich folgende *Empfehlungen* für die Gestaltung eines Lernangebotes für Schüler/innen an einem Geoinstitut formulieren:

- ***Einbindung des Besuches eines Geoinstitutes als außerschulischen Lernort in den schulischen Lernprozess:*** Während die Geoinstitute den Lehrkräften im Vorfeld einer Aktion Informationen zu den geplanten Inhalten senden könnten, wäre es Aufgabe der Schulen, stärker als bisher geowissenschaftliche Themen im Geografie-, Biologie-, Chemie- und Physikunterricht aufzugreifen.
- ***Präsentation der Inhalte und Strukturierung der Veranstaltung am außerschulischen Lernort „Geoinstitut“:*** Die Geowissenschaftler/innen sollten das sprachliche und inhaltliche Niveau ihrer Veranstaltungen dem Wissensstand der Schüler/innen anpassen, und zwar besonders für Veranstaltungen zu geologischen, mineralogischen oder geophysikalischen Themen, für die besonders wenig Vorwissen vorhanden ist. Die Schüler/innen sind eher ungeübt in der Interpretation von Diagrammen und wissenschaftlichen Abbildungen. Ihnen ist daher hinreichend Zeit zu geben, Texte oder Abbildungen nachzuvollziehen. Hilfreich ist eine klare Strukturierung des Angebotes mit je einer kurzen Einführungs- und Abschlussphase, die helfen, spezielle Themen in einen übergeordneten geowissen-

schaftliche Rahmen oder einen gesellschaftlichen Zusammenhang einzuordnen. In der Einführungsveranstaltung ist es wichtig, den Schüler/innen den Ablauf der Veranstaltung ausführlich zu erläutern. Der Hauptteil der Veranstaltung sollte den Schüler/innen die Möglichkeit geben, selbstständig an einer Problemstellung oder Untersuchungsmethode praktisch arbeiten zu können und in einen Dialog mit Wissenschaftler/innen einzutreten. Nützlich sind Medienangebote wie Videomaterial, Computersimulationen, Probenmaterial oder kopierte Informationsmaterialien. Regelmäßige Pausen für die Schüler/innen sollten eingeplant werden.

- **Authentizität von Geoinstituten als außerschulische Lernorte.** Die Schüler/innen nehmen den Besuch eines Geotages vor allem dann als authentische Erfahrung wahr, wenn die "alltägliche Arbeit" der Geoinstitute anschaulich wird, wenn die Möglichkeit zu persönlichen Gesprächen mit Geowissenschaftler/innen besteht und wenn auf ihre Fragen eingegangen wird. Empfehlenswert ist die Einbeziehung von Studierenden jüngerer Semester in diese Veranstaltungen. Das kann z. B. zwanglos bei einem gemeinsamen Mittagessen geschehen.
- **Ergiebigkeit von Geoinstituten als außerschulische Lernorte.** Für Schüler/innen zwischen 18 – 22 Jahren war der Geotag deutlich ergiebiger als für 15 – 17 jährige. Nur bei etwa einem Drittel der Jüngeren konnte Interesse für die Geowissenschaften bzw. für die Naturwissenschaften geweckt werden. Dies gelang bei den älteren Schüler/innen immerhin bei deutlich mehr als der Hälfte. Empfehlenswert sind die Angebote der Geoinstitute deshalb erst ab dem 12. oder 13. Schuljahr.

Dieses Ergebnis konnte anhand der Evaluation des *Volvo Ocean Race* Research Projektes und des Tages des Meeres noch weiter ausdifferenziert werden (LÜCKEN et al. in Vorbereitung).

1.1.6 Studie zum Einsatz der Gruppenpuzzlemethode in der Grundschule

Diese Studie untersuchte im Sachunterricht der Grundschule die Wirksamkeit der kooperativen Lehr-Lernmethode des Gruppenpuzzles unter der Perspektive der Wissensvermittlung im Vergleich mit instruktionszentriertem Unterricht. Die Studie untergliederte die Wissensaneignung in drei Bereiche:

- Aneignung von Einzelelementwissen,
- Zusammenhangswissen und
- Zusammenhangsverständnis.

Im Zentrum stand die Frage, ob das Gruppenpuzzle durch die Aufgabenspezialisierung und die kognitiven und motivationalen Auswirkungen kooperativen Lernens gut geeignet ist, um umfangreiche systemische Inhalte zu vermitteln. Für die Studie wurden Unterrichtsinhalte aus dem Themenbereich „Teich“ erstellt. An der Studie waren insgesamt 165 Schülerinnen und Schüler der 4. Jahrgangsstufe beteiligt (DOLL et al. eingereicht)

Es zeigte sich, dass die Gruppenpuzzlemethode im Vergleich zum instruktionszentrierten Unterricht gut geeignet ist um die Wissensinhalte zu vermitteln. Allerdings wurde auch deutlich, dass die Bedingungen kooperativen Lernens an der Grundschule gefördert und verbessert werden müssen und dass kooperatives Lernen insbesondere in Kombination mit instruktionszentrierten Unterrichtsteilen effizient ist.

1.2 Unterrichtsmaterialien: Schulnahe Entwicklung mit Erprobung und Evaluation

1.2.1 Die CD-ROM „System Erde – Unterrichtsmaterialien für die Sekundarstufe II

Um sich gegenüber dem komplexen System Erde im Sinne von Nachhaltigkeit verhalten zu können, müssen die Schülerinnen und Schüler globale Zusammenhänge erkennen und verstehen (vgl. ROST et al. 2003). Ein derartiges Wissen, das auf globale Entwicklungsprozesse ausgerichtet ist, zeichnet sich vor allem durch eine hohe Komplexität aus, der man auch in der Schule am ehesten durch einen systemorientierten Unterricht gerecht wird. Dieser muss sich auf mehrere Fachdisziplinen stützen.

Im Gegensatz zu diesem Anspruch findet der Schulunterricht fachgebundenen und in der Regel in 45 Minuteneinheiten statt. Grundsätzlich eignet sich dazu der in den meisten bundesdeutschen Lehrplänen verankerte, fächerverbindende Unterricht. Oftmals gibt es aber noch schulorganisatorische Probleme. So haben HANSEN und HLAWATSCH (2005) gezeigt, dass Lehrkräfte nach einer Fortbildung zum Thema „System Erde“ die Materialien nicht unmittelbar in ihren Klassen umsetzen konnten. Erst in ihrer Schule erkannten sie die Notwendigkeit, ihre Planung aus der Fortbildung im Detail mit dem Kenntnisstand der entsprechenden Klassen, mit anderen Kolleginnen und Kollegen, der verfügbaren Unterrichtszeit oder den lokalen Lehrplänen in Einklang zu bringen.

Von vorneherein gut geeignet für einen Einstieg in die Erarbeitung geowissenschaftlicher Inhalte erscheinen uns daher Lernveranstaltungen, die interdisziplinär ausgerichtet sind wie z. B. Projekt-, Seminar-, oder Methodenkurse. Ein entscheidender organisatorischer Vorteil ist, dass sie von nur einer Lehrkraft unterrichtet werden und dass daher Probleme der Kommunikation und Organisation mit anderen Kollegen reduziert werden. Das Konzept "Forschungsdialog: System Erde" setzt an den bestehenden Strukturen an.

Die Unterrichtsmaterialien werden in Form von 11 Module auf der CD-ROM „System Erde – Unterrichtsmaterialien für die Sekundarstufe II" (Abb. 8) über eine komfortable Navigationsstruktur mit Suchfunktion bereitgestellt. Sie enthalten jeweils Sachanalysen und didaktische Informationen, die für die Lehrkräfte als Hypertexte zu Verfügung stehen. Im Bereich „Sachinformation" werden zusätzlich zum Text weitere Medien wie Fotos, computergestützte interaktive Unterrichtsmaterialien oder Kurzvideos angeboten. Im Bereich „Unterrichtsmaterialien" können die vorbereiteten Materialien aufgerufen werden. Lehrkräfte und Schüler können auch eigene Präsentationen erstellen.



Abbildung 8: Die 11 Module der CD-ROM "System Erde – Unterrichtsmaterialien für die Sekundarstufe II".

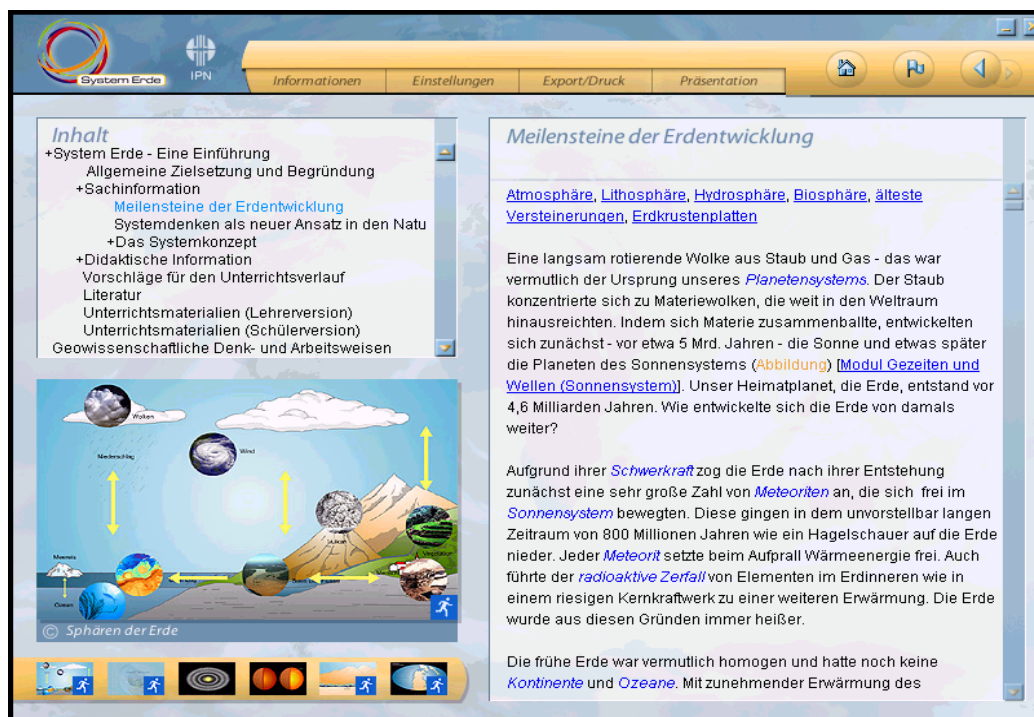


Abbildung 9: Auswahlscreen der CD-ROM "System Erde". Die Texte aller 11 Module können über das Inhaltsfenster (oben links) angesteuert werden. Im Bereich "Sachinformation" werden zusätzlich zum Text weitere Medien (Fotos, Interaktionen, Animationen usw.) angeboten. Für die obere Menüleiste sind die Pull-down-Menüs "Informationen", "Einstellungen", "Export/Druck" und "Präsentation" vorgesehen. Dort stehen weitere Funktionen wie eine Such-, eine Lesezeichen- und die Präsentationsfunktion zur Verfügung. Alle kursiven Begriffe werden im interaktiven Glossar erklärt und alle unterstrichenen Begriffe sind mit weiterführenden Texten verlinkt.

Vorschlag für den Unterrichtsverlauf

Der Unterricht nach dem Konzept „Forschungsdialog: System Erde“ kann in drei Phasen erfolgen, die sich über einen längeren Zeitraum erstrecken können. Die Lehrkräfte haben auch die Möglichkeit, einzelne Module auszuwählen und in den Fachunterricht zu integrieren.

Phase 1: Einstieg in die systemische Betrachtung des Planeten Erde

Die geschilderten Ergebnisse zum geowissenschaftlichen Kenntnisstand von Schülerinnen und Schülern weisen auf die Notwendigkeit hin, durch eine systemorientierte Einführung das Verständnis von der Erde als System zu fördern. Im Rahmen des Projektes „Forschungsdialog: System Erde“ wurde hierfür das Modul „System Erde – Die Grundlagen“ entwickelt. Die Arbeit erfolgt in Gruppen in sechs Schritten:

1. Die Schülerinnen und Schüler erstellen aus Assoziationen zum Begriff „System Erde“ eine Concept Map⁶
2. Die Schülerinnen und Schüler erarbeiten sich mithilfe eines Lesetextes die theoretischen Hintergründe der Systemanalyse, mit der komplexe Sachverhalte strukturiert werden können. Die Systemanalyse umfasst folgende Aspekte:
 - Identifizierung (relevanter) Systemelemente;
 - Identifizierung (relevanter) Beziehungen (Wirkungen und Flüsse) zwischen den Elementen;
 - Abgrenzung des Systems von der Systemumwelt
 - Identifizieren der Systemeigenschaften
3. Das computergestützte Quiz „Sphärenrallye“ zeigt den Schülerinnen und Schülern - durch Fragen geleitet - die Entwicklung der Erde vom Urknall bis heute. Es hilft, bekanntes Wissen zum System Erde und den Sphären zu festigen und zu vertiefen.
4. Die Schülerinnen und Schüler erhalten die Gelegenheit, ihre Concept Maps zu ergänzen.
5. Die erste Systemanalyse wird an der eigenen Concept Map vorgenommen, indem die verwendeten Begriffe den Teilsystemen Atmosphäre, Biosphäre, Hydrosphäre und Lithosphäre zugeordnet werden (s. Abb. 10). Außerdem wird die Grenze des Systems Erde eingetragen und mit der Sonnenenergie und der Wärme im Erdinneren die beiden Antriebsquellen für die exogenen bzw. endogenen Prozesse identifiziert.
6. Danach wählen die Schülerinnen und Schüler ein Beispiel für einen Stofffluss und ein Beispiel für eine Wirkungsbeziehung aus der Concept Map aus und erläutern es (s. Abb. 11).

Die Concept Map dient dem nachfolgenden Unterricht, in dem verschiedene Teilsysteme des Systems Erde analysiert werden, als inhaltliches Organisationsschema.

⁶ Eine Concept Map (Begriffslandkarte) bildet Wissen durch Begriffe und Beziehungen ab. Um sie zu erstellen, werden zunächst Begriffe zu einem Gebiet gesammelt und danach durch Pfeile miteinander verbunden. Diese Pfeile repräsentieren die Beziehungen zwischen den Begriffen, und es ist wichtig diese Pfeile zu beschriften (s. Abb. 10).

Für diesen Einstieg sind je nach Lerngruppe vier bis sechs Unterrichtsstunden notwendig. Da von dieser Aufgabe sowohl der Geografie-, Biologie-, Chemie- und Physikunterricht als auch Fächer wie Wirtschaft oder Politik profitieren, empfiehlt es sich, diese Fächer in einer Woche zusammenzulegen oder einen Projekttag zu nutzen. Die Schülerinnen und Schüler sollen anschließend die Gelegenheit erhalten, in Einzelarbeit ihr eigenes Systemmodell zu erstellen, das sie selbstständig und regelmäßig mit Erkenntnissen aus dem folgenden Unterricht anreichern sollen. Hierfür wird ein Ordner angelegt.

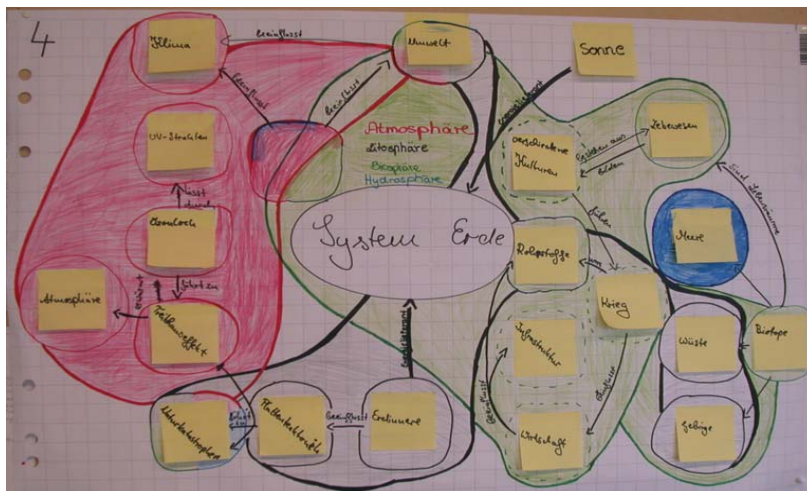


Abbildung 10: Eine Concept Map vom Planeten Erde, die von Schülerinnen und Schüler einer 11. Klasse erstellt wurde. Die Begriffe wurden den Sphären der Erde zugeordnet (rot= Atmosphäre, grün = Biosphäre, blau = Hydrosphäre, schwarz = Lithosphäre).



Abbildung 11: In der linken Abbildung ist ein qualitatives Stoffflussdiagramm dargestellt, rechts ein Beispiel für eine Wirkbeziehung.

Phase 2: Schließen von Wissenslücken und Entwicklung von Systemmodellen

In Phase 1 werden Wissens- und Verständnislücken aufgedeckt, die anhand der in den weiteren Modulen enthaltenen Materialien geschlossen werden können. Es werden dann z. B. Kenntnisse über den Aufbau des Erdinneren oder der Erdatmosphäre, Prozesse des Material- und Energietransportes, die Plattentektonik oder die Entstehung und Entwicklung des Lebens erworben.

Einige der Bausteine enthalten spezielle Materialien, mit denen die in der Einführungsphase erworbene Fähigkeit, Modelle vom System Erde bzw. den Teilsystemen zu erstellen, weiter-

entwickelt wird. Insbesondere werden die Schülerinnen und Schüler angeleitet, Stofffluss- und Wirkungsdiagramme (Abb. 11) zu erstellen. Als Einstieg in das Erstellen von Systemmodellen in Form von Stoffflussdiagrammen eignen sich insbesondere die Themen "Wasserkreislauf" und "Gesteinskreislauf". Vertieft werden können die Kenntnisse am Beispiel des Themas "Kohlenstoffkreislauf". Auch hierzu sollte zunächst ein Stoffflussdiagramm und anschließend ein Wirkungsdiagramm erstellt werden. So festigen die Schülerinnen und Schüler ihre Kenntnisse über die Systemanalyse an zunehmend komplexer werdenden Wissensdomänen bis sie sich schließlich dem Klimasystem widmen (Abb. 12). Dies kann anhand von verschiedenen Materialien auf eine durch die Lehrkraft gesteuerte Weise geschehen oder nach der Projektmethode, wie sie für die Phase 3 vorgesehen ist.

Um die Selbsttätigkeit der Schülerinnen und Schüler anzuregen, stehen auch Materialien zu Verfügung, mit denen eine arbeitsteilige Gruppenarbeit (Gruppenpuzzlemethode) erfolgen kann. Anhand dieser Materialien soll ein Einstieg in die Projektmethode, die in der dritten Phase im Zentrum steht, erleichtert werden.

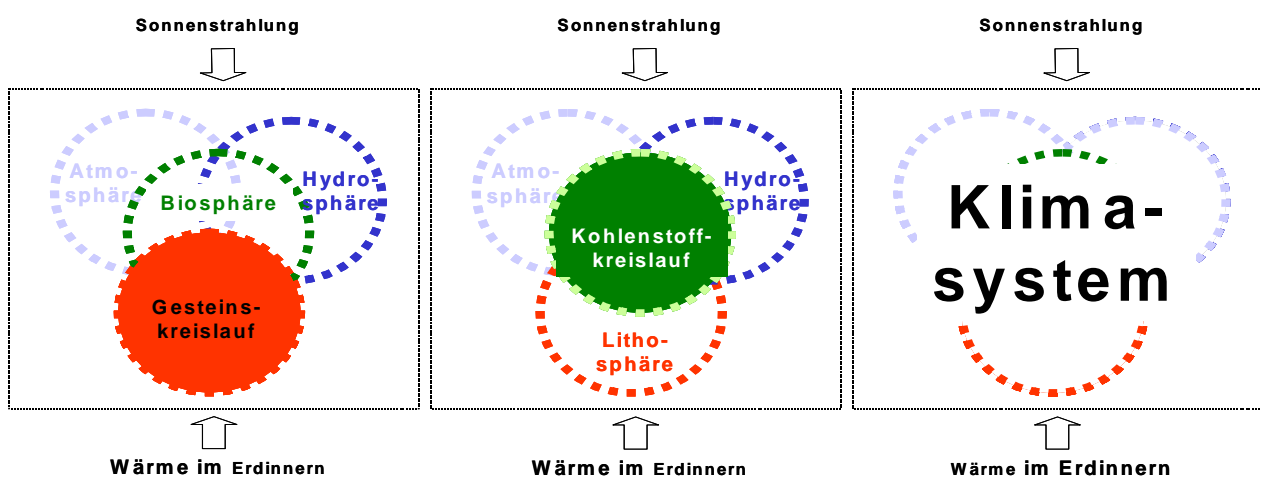


Abbildung 12: Nacheinander erarbeiten sich die Schülerinnen und Schüler zunehmend komplexere Themenbereiche.

Zur Integration des neu erlernten Wissens sollen die Schülerinnen und Schüler regelmäßig die Gelegenheit bekommen, sich zu vergegenwärtigen, welche Bedeutung die bearbeiteten Systeme für die Funktionsweise des Systems Erde haben. Die Schülerinnen und Schüler lernen dadurch systematisch, aktiv und selbstständig im Fachunterricht erworbenes Wissen in ihr eigenes Systemmodell zu integrieren und dadurch für eine tiefergehende Erkenntnisgewinnung nutzbar zu machen.

Phase 3: Schülerprojekte zur nachhaltigen Entwicklung des Planeten Erde unter besonderer Berücksichtigung des Klimasystems.

Am Ende des Unterrichts nach dem Konzept "Forschungsdialog: System Erde" sollte ein Projekt stehen, im Rahmen dessen die Klasse ein Modell vom Klimasystem erstellt. In Einzelarbeit befassen sie sich zunächst durch Literaturrecherche, Experteninterviews und andere Methoden der Informationsbeschaffung intensiv mit einem Element des Klimasystems (u. a. O-

zeane, Wasserstoffautos, regenerative Energien, Ökosteuern) unter den Gesichtspunkten einer nachhaltigen Entwicklung. Dabei werden ökologische, ökonomische und soziale Aspekte recherchiert und in einem etwa dreiseitigen Text zusammengetragen. Jeder Text soll auch Schlussfolgerungen zu Aspekten enthalten, die eine zukünftig nachhaltige Entwicklung fördern würden. Auf der Basis dieser Texte soll die Klasse gemeinsam ein Wirkungsdiagramm erstellen. Dieses soll dann genutzt werden, um mehr oder weniger wirkungsvolle Maßnahmen für eine nachhaltige Entwicklung im Sinne der Agenda 21 zu identifizieren bzw. zu entwickeln. Dabei soll auch thematisiert werden, dass Modelle je nach Fragestellung ganz unterschiedlich aussehen können.

Diese Wirkungsdiagramme sind die Basis computergestützter Klimasystemmodelle. Ihre Kenntnis setzt die Schüler schließlich in die Lage, Ergebnisse von Modellberechnungen zur zukünftigen Entwicklung des Planeten Erde nachzuvollziehen und zu bewerten.

1.2.2 Primarstufe

Zu Beginn der Arbeiten in 2002 wurden ein grundlegendes Konzept zur Umsetzung der Projektziele in der Primarstufe entwickelt, das Leistungsfähigkeit der Schülerinnen und Schüler, die fachliche Ausbildung der Lehrkräfte sowie die schulischen Strukturen berücksichtigt. Für die Primarstufe wurde das Ziel formuliert, naturwissenschaftliche Inhalte im Kontext der Geowissenschaften im Sachunterricht der Grundschule zu erarbeiten. Von der Lebenswelt der Schülerinnen und Schüler ausgehend, soll ein Verständnis naturwissenschaftlicher Basiskonzepte aufgebaut werden. Dadurch sollen die Kinder befähigt werden, einfache biologische, chemische, geologische und physikalische Zusammenhänge zu erschließen, um Naturphänomene in ihrer Umwelt zu deuten. Die Schülerinnen und Schüler sollen anhand der geowissenschaftlichen Themen am Beispiel hypothesengeleiteten Experimentierens, kriterienbezogenen Vergleichens und beschreibender Beobachtung an basale Denk- und Arbeitsweisen der Naturwissenschaften herangeführt werden. Durch die Vernetzung von Inhalten aus unterschiedlichen Bereichen soll ein Verstehen grundlegender Zusammenhänge und Wechselwirkungen im System Erde ermöglicht werden. Das Aufzeigen von Zusammenhängen in der belebten und unbelebten Natur und die Vermittlung von Kompetenzen zur Erklärung dieser Zusammenhänge soll das Interesse an den Naturwissenschaften fördern und als Ausgangsbasis für ein erfolgreiches Lernen in den weiterführenden Schulen dienen.

Die Materialien, die im Rahmen des Projektes für die Primarstufe entwickelt wurden, sind im Einzelnen:

- Ein Sachbuch für die Schülerinnen und Schüler,
- zwei Computerlernspiele für die Schülerinnen und Schüler und
- Begleitmaterialien für Lehrkräfte.
- Themenheft der Zeitschrift Sachunterricht

Es wurde ein **Sachbuch** „**Unsere Erde für Kinder, die die Welt verstehen wollen**“ entwickelt (Kallmeyer Verlag). Das Sachbuch ist in 12 Kapitel gegliedert, die jeweils aus drei Aufschlagseiten (Doppelseiten) bestehen. Die Themen der Kapitel sind der Lebens- und Interessenwelt der Schülerinnen und Schüler angepasst und ermöglichen die sukzessive Entwicklung eines grundlegenden Verständnisses des Systems Erde. Die Inhalte der Kapitel sind modular aufgebaut und untereinander vielfältig verknüpft. Die inhaltlichen Verknüpfungen zu Themen in anderen Kapiteln werden den Schülerinnen und Schüler durch ein besonderes Symbol verdeutlicht. Das ermöglicht neben der Herstellung direkter Bezüge auch eine Vernetzung der Inhalte die mit einem Blick zu erfassen ist. Diese Darstellung macht den Schülerinnen und Schüler die Vernetzung der Inhalte zu einem Ganzen besonders bewusst.

Jeweils auf der ersten Aufschlagseite wird in einer Bilddarstellung, die sich über das gesamte Format erstreckt, in das Thema des Kapitels eingeführt. Auf der zweiten Seite werden ausgewählte Inhalte vertieft. Auf der dritten Seite wird ein deutlicher Bezug zum Menschen hergestellt. Die Struktur der Aufschlagseiten wird durch grafische und farbige Elemente unterstützt. Durch diese Art der Gestaltung konnten vielfältige methodische Arbeitsweisen umgesetzt werden, die auch ein binnendifferenziertes Arbeiten im Klassenverband ermöglichen: Während die erste Aufschlagseite die Information stark bilddominiert vermittelt, bieten die zweite und dritte Aufschlagseite neben Information aus Texten und Bildern auch unterschiedliche Herangehensweisen an, um naturwissenschaftliche Phänomene zu erklären. Eine besondere Stellung nimmt das Kapitel 12 ein. Dieses Kapitel verstärkt die systemische Betrachtung und stellt anhand des Wasser- und Gesteinskreislaufs Methoden wissenschaftlichen Arbeitens vor. Mit dem Sachbuch liegt ein inhaltlich komplexes Material vor, das im schulischen sowie außerschulischen Kontext eingesetzt werden kann.

Anhand von zwei **Computerlernspielen** vertiefen die Schülerinnen und Schüler das Erlernete. Das Spiel 'Ciconias abenteuerliche Reise' nutzt die Methode des Concept-Mappings zur Entwicklung einer Systemkompetenz (SOMMER in Vorbereitung). Mit dem zweiten Spiel 'Der Dino-Krimi' erlernen die Schülerinnen und Schüler die naturwissenschaftliche Arbeitsweise des Vergleichens. Eine CD-ROM mit den Spielen liegt dem Sachbuch bei.

Um den Lehrkräften in der Grundschule die Arbeit mit den Inhalten zu ermöglichen und um die Ziele des Projektes zu realisieren, wurden zu dem Sachbuch und den Computerlernspielen **Begleitmaterialien für Lehrkräfte** entwickelt. Diese Materialien sind im Internet erhältlich. Sie setzen sich zusammen aus Sach- und didaktischen Informationen, sowie Unterrichtsvorschlägen.

Ein **Themenheft** der Zeitschrift Grundschule Sachunterricht (Nr. 26, 2. Quartal 2005) zum Thema „Unsere Erde“ stellt Auszüge aus dem Sachbuches vor und soll die Implementation erleichtern. Es beinhaltet Hintergrund- und Informationstexte, Strukturierungshilfen für die Unterrichtsgestaltung und umfangreiches Arbeitsmaterial. Als Besonderheit ist für dieses Sonderheft neben Karteikarten für Experimente, Lesehefte und Overhead-Folien ein Brettspiel entwickelt worden, das spielerisch geowissenschaftliche Zusammenhänge verdeutlicht (div. FISCHER, SCHOORMANN, SOMMER 2005).

1.3 Erprobung und Evaluation

1.3.1 Erhebungsinstrumente: Fragebögen und Unterrichtsprotokolle

1.3.1.1 Sekundarstufe II

Die **Lehrkräfte** füllten ein kurzes Protokollformblatt über ihren Unterricht aus. Diese Angaben dienen zum einen der Stichprobenbeschreibung und zum anderen der Sicherstellung der Vergleichbarkeit zwischen den Kontroll- und den „System Erde“-Klassen. Die Lehrkräfte, welche die „System Erde“-Materialien im Unterricht erprobten, bekamen zusätzlich einen Fragebogen zum Ablauf des Unterrichts und zur Einschätzung des Unterrichtsmaterials hinsichtlich Qualität und Durchführbarkeit des Unterrichts von den Lehrkräften. Die Lehrkräfte wurden auch gefragt, warum sie sich für die Erprobung eines Moduls entschieden haben. Hatten sie selbst oder ihre Schülerinnen und Schüler ein Interesse an dem Thema? Gab es Bezüge zum Geografielehrplan oder zu einem der naturwissenschaftlichen Lehrpläne. Zur weiteren Beschreibung der Unterrichtsabläufe wurde erhoben, in welchem Fach / welchen Fächern die Lehrkräfte die Materialien eingesetzt haben und ob sie den Unterricht mit den Materialien eher im Rahmen des Regelunterrichts oder eines Projektunterrichts realisieren konnten. Weitere Einschätzungen bezogen sich auf den Erwerb und die praktische Anwendung von konzeptionellem Wissen, sowie auf das Erlernen und das Anwenden wissenschaftlicher Denk- und Arbeitsweisen. Um der Frage nachzugehen, inwieweit das Ziel eines fachübergreifenden Unterrichts mit den „System Erde“-Materialien realisiert werden konnte, wurde danach gefragt, ob die Lehrkräfte mit anderen Kolleginnen und Kollegen bei der Erprobung kooperiert haben und ob Inhalte anderer Unterrichtsfächer bei der Behandlung des jeweiligen Moduls mit einbezogen wurden. Daran anschließend wurden die Lehrkräfte gebeten, einzuschätzen, inwieweit die Vermittlung naturwissenschaftlicher Lerninhalte in den geowissenschaftlichen Kontexten gelungen und der Interessenförderung der Schülerinnen und Schülern dienlich war. Da die Behandlung des Systemansatzes ein wichtiges Ziel in unserem Projekt darstellt, wurden die Lehrkräfte explizit aufgefordert, die Behandlung des Systemansatzes im Unterricht zu beschreiben. Zum Abschluss wurden die Lehrkräfte nach ihrer Bereitschaft gefragt weitere Materialien aus unserem Projekt in ihrem Unterricht anzuwenden und dafür auch Kolleginnen und Kollegen zu rekrutieren.

Der **Schülerfragebogen** gliedert sich in die drei Bereiche,

- Interesse
- Wissenserwerb (einschl. Faktenwissen zum Thema „Systeme“)
- Systemkompetenz

Zur Erhebung des **Interesses** wurden den Schülerinnen und Schülern verschiedene Aussagen präsentiert, bei denen sie auf vierstufigen Skalen mit den Polen Trifft völlig zu (4) bis Trifft gar nicht zu (1) ihre Einschätzung abgeben konnten. Die Fragen zum Interesse bezogen sich auf das Interesse vor, während und nach Beendigung des Unterrichts, um die Entwicklung der Motivation, an dem jeweiligen Thema zu arbeiten, zu erfassen und Hinweise auf die Entwick-

lung eines epistemischen, d.h. über den Unterricht hinaus bestehenden Interesses an dem Thema zu erhalten. Weitere Aussagen zum Motivationsgehalt des „System Erde“-Unterrichts beziehen sich auf die Konkurrenzfähigkeit zu den neuen Medien (v. a. Fernsehen) und den Neuigkeitswert des Unterrichts. Zusätzlich wurden die Schülerinnen und Schüler gefragt, ob ihre Lehrkraft sie genügend motiviert habe und ob das Unterrichtsmaterial besser gestaltet werden müsse.

Die Einschätzung des **Wissenserwerbs** erfolgte über Fragen zu den Modulinhalten und als Selbsteinschätzung des Lernzuwachses. So wurden den Schülerinnen und Schülern z. B. drei Fragen zum Systemkonzept (Modul 1 System Erde – Die Grundlagen) vorgelegt (Abb. 13). Die Antworten wurden gemäß eines Kategoriensystems von zwei unabhängigen Beurteilern bewertet (Interrater-Übereinstimmung: Kappa = ,82).

Methode der Systemanalyse
Was ist ein System?
Welche Arbeitsschritte umfasst eine Systemanalyse?
Welche Möglichkeiten gibt es, um Systeme darzustellen?

Abbildung 13: Fragen zur Systemanalyse

Die Kenntnisse über die Meilensteine der Erdentwicklung wurden durch einen Multiple-Choice-Test mit 15 Items (Bsp. siehe Abb. 14) abgefragt.

Meilensteine der Erdentwicklung
In der Frühphase der Erde trennten sich die geschmolzenen Bestandteile im Erdinneren. Welches Material sammelte sich im zentralen Bereich an?
a) Kupfer
b) Silikate
c) Eisen
d) Mangan

Abbildung 14: Beispiel aus dem Multiple-Choice-Test: Meilensteine der Erdentwicklung

Schließlich sollten die Schülerinnen und Schüler eine Concept Map zu den Modulinhalten anfertigen. Diese lieferte Rückschlüsse auf das Wissen über die Zusammenhänge zwischen den einzelnen Systemelementen abhängig ist (Beispiel für Gesteinskreislauf, siehe Abb. 15). Die Antworten wurden von zwei unabhängigen Beurteilern anhand eines Kategoriensystems, das von den jeweiligen Experten zu einem Modul festgesetzt wurde, bewertet. Die Interrater-Übereinstimmung von Kappa = ,79 war zufrieden stellend. Damit die Testwerte aus den unterschiedlichen Modulen verglichen werden können, wurden die Summenwerte anhand der jeweiligen maximal erreichbaren Summe zu Prozentwerten normiert.

c) Bitte fertigen Sie eine Abbildung vom Gesteinskreislauf mit seinen wichtigsten Stationen an. Vervollständigen Sie das unten stehende Schema, beschriften Sie die Pfeile und zeichnen Sie die typischen Gesteinsstrukturen:

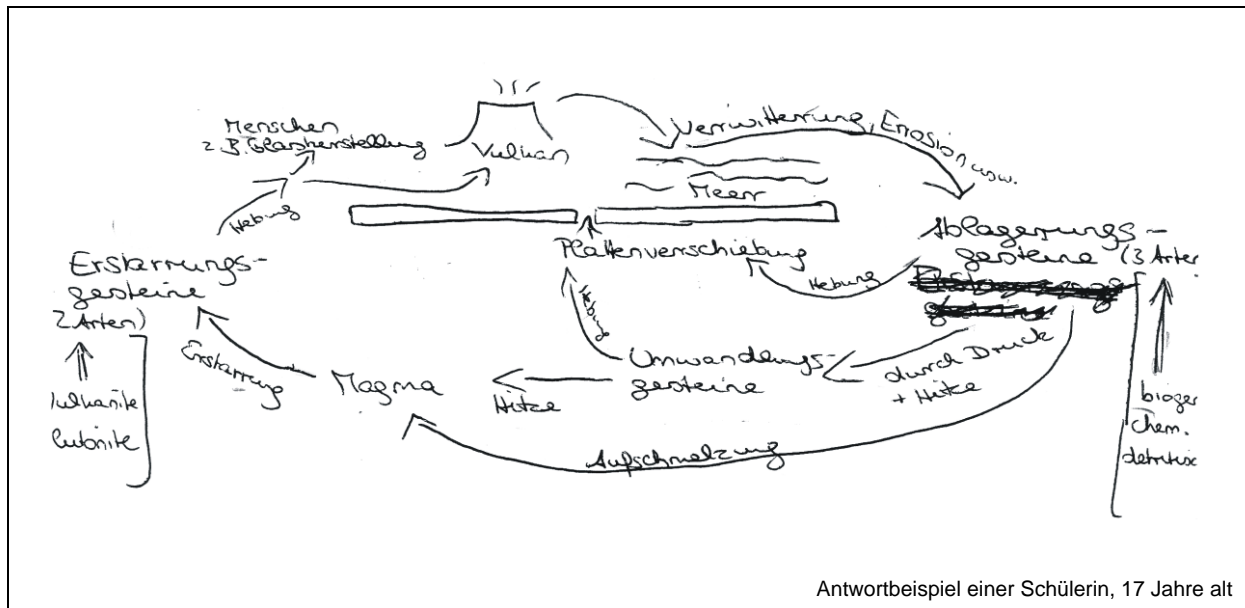


Abbildung 15: Concept Map für die Inhalte des Modul „Gesteinskreislauf“

Ein weiterer Schwerpunkt der Evaluation war die Entwicklung und der Einsatz eines Instrumentes zur Messung von **Systemkompetenz**. Dazu wurde ein Erhebungsinstrument entwickelt, das sich explizit auf die Definition von Systemkompetenz nach ROST et al. (2004) bezieht. Das Aufgabenformat orientierte sich am Format der Aufgaben zur Erfassung von naturwissenschaftlicher Kompetenz von PISA 2003. Um der Forderung gerecht zu werden, dass Systemkompetenz in verschiedenen Situationen und Kontexten von den Lernenden umgesetzt und angewendet werden soll, wurden die Aufgaben in zwei verschiedene Kontexte eingebettet: zum einen in dem Kontext einer Schulzeitung, die sich mit der Dynamik des Klimasystems beschäftigen soll, zum anderen in der Betrachtung des sozialen Systems Schule. Für jeden Kontext wurden fünf Aufgaben entwickelt, die sich auf folgende Facetten beziehen:

1. Elemente eines Systems erkennen und differenzieren können.
2. Systemgrenzen und Subsysteme erkennen können.
3. Wirkungsnetze erkennen und beschreiben können (1. Systemfunktion).
4. Kreisprozesse erkennen und beschreiben können (2. Systemfunktion).
5. Systeme entwickeln und Vorhersagen über die Entwicklung eines Systems machen.

Ein Beispiel für die Erfassung der Facette Nr. 5 zeigt in Abbildung 16. Für eine ausführliche Beschreibung der Aufgaben siehe ROST (2004) und ROST, LAUSTROER UND RAACK (2003).

Für eine Ausstellung zum Ende der Artikelreihe machen die Mitglieder der Umwelt-AG noch eine Umfrage bei allen Mitschülerinnen und Mitschülern. Es geht um Ideen zur Verhinderung der anhaltenden globalen Erwärmung.

Welche Ideen fallen Ihnen ein? Beschreiben Sie dabei auch die zukünftigen Entwicklungsprozesse, die eintreten könnten, wenn Ihre Ideen in die Tat umgesetzt werden würden.

(Bitte gehen Sie in Ihrer Antwort besonders auch auf Prozesse innerhalb des Systems „Klima“ ein.)

Abbildung 16: Aufgabe zur Erhebung der Systemkompetenz im Kontext „Klimasystem“ (Facette 5)

Es wurde ein Kategoriensystem zur Auswertung der Antworten auf die einzelnen Aufgaben, die die Facetten der Systemkompetenz abbilden entwickelt. Antworten, die zwischen einzelnen Elementen Beziehungen hergestellt haben oder gar Kreisläufe und Rückkopplungsprozesse beinhalteten, wurden jeweils stärker gewichtet, um das Erkennen von komplexen Systemstrukturen durch die Schülerinnen und Schüler entsprechend honorieren zu können. Alle Antworten wurden von zwei unabhängigen Beurteilern kodiert. Die Übereinstimmung war gut und lag bei $r = ,84$. Über beide Kontexte hinweg wurden die Aufgaben zusammengefasst, sodass sich die fünf Facetten der Systemkompetenz als abhängige Variablen ergaben.

In einem weiteren Schritt wurde überprüft, inwieweit dieses Erhebungsinstrument wirklich das Konstrukt „Systemkompetenz“ erfasst. Festzustellen ist, dass es noch keinen adäquaten Test zur Erfassung der Systemkompetenz gibt und ein direkter Vergleich mit diesem neuen Systemkompetenz-Test nicht möglich ist. Zur Validierung wurden zum einen Expertenrückmeldungen von Fachdidaktiker/-innen, Fachwissenschaftler/-innen, Methodiker/-innen und Lehrkräften herangezogen. Zum anderen liefern Korrelationen mit dem Komplexitätsindex, den man mit Hilfe von Concept Maps (s. Abb. 15) bestimmen kann (vgl. OSSIMITZ 2000), und den fünf Facetten der Systemkompetenz gute Hinweise für den Bezug der fünf Facetten mit dem Ausmaß des vernetzten Denkens. Je höher die Werte der Schülerinnen und Schülern bei den fünf Facetten sind, desto eher neigen die Schülerinnen und Schüler auch dazu, komplex vernetzte Darstellungen vom Wasserkreislauf und vom Gesteinskreislauf zu zeichnen (LÜCKEN und HLAWATSCH 2005).

1.3.1.2 Primarstufe

Die **Lehrkräfte** der Primarstufe füllten analog zu den Lehrkräften der Sekundarstufe II ein kurzes Protokollformblatt über ihren Unterricht sowie einen Fragebogen zum Ablauf des Unterrichts und zur Einschätzung des Unterrichtsmaterials hinsichtlich Qualität und Durchführbarkeit des Unterrichts aus. Außerdem wurden sie gefragt, aus welchen Gründen sie sich für den Einsatz der Materialien entschieden hatten, ob sie bereits vorher Unterricht zu dem ausgewählten Thema durchgeführt hatten und wie sie das jeweilige Thema den aktuellen Lehrplänen zuordnen würden.

Schließlich folgten Fragen zur Realisierung des systemischen Ansatzes, der Beschäftigung mit den naturwissenschaftlichen Denk- und Arbeitsweisen (beschreibendes Beobachten, kriteriengeleitetes Vergleichen und hypothesengeleitetes Experimentieren) und zum Bezug des Themas zum Menschen. Um Hinweise auf die Motivation zu erhalten wurden die Lehrkräfte gefragt, ob sie weiterhin mit diesen Materialien arbeiten werden.

Die **Schüler** erhielten vor Beginn der Erprobungsphase (Vortest) und nach Beendigung der Unterrichtseinheit (Nachttest) einen Fragebogen, in denen folgende Aspekte angesprochen wurden:

- Vortest: Die Schülerinnen und Schüler sollten zunächst einige Angaben zur Klasse, zu ihrem Alter und Geschlecht machen. Danach sollten sie auf diesen vierstufigen Skalen

(von stimmt gar nicht (0) bis stimmt genau (3)) ihren Grad der Zustimmung zu folgenden Aussagen abgeben:

- 1- Sachunterricht ist mein Lieblingsfach.
- 2- Oft habe ich keine Lust auf den Sachunterricht.
- 3- Ich freue mich auf den Unterricht zum Thema (z. B. Landschaftsformen)
- 4- Ich weiß schon sehr viel zu dem Thema ... (z. B. Landschaftsformen).

Die Aussagen 1 und 2 sind Indikatoren für das individuelle situationsunabhängige Interesse am Sachunterricht allgemein, während sich die dritte Aussage auf das situationabhängige (situationale) Interesse an dem neu eingeführten Thema (z. B. die Landschaftsformen) bezieht. Die vierte Aussage erfasst die subjektive Einschätzung des Vorwissens der Kinder.

Es folgte ein kurzer Multiple Choice-Vorwissenstest. Abbildung 17 zeigt ein Beispiel für eine dieser Aufgaben zur Unterrichtseinheit Landschaftsformen.

Kann Eis Steine zerbrechen?		
<input type="checkbox"/>	Nein, wie soll das gehen.	<input type="checkbox"/> keine Antwort ist richtig
<input type="checkbox"/>	Ja, wenn Wasser in Gesteinsritzen zu Eis gefriert.	
<input type="checkbox"/>	Ja, wenn Steine in Eis eingeschlossen werden.	

Abbildung 17: Beispiel für eine Multiple Choice-Aufgabe im Vorwissenstest zur Unterrichtseinheit „Landschaftsformen“

Danach wird den Kindern eine Zeichnungsfläche präsentiert, auf der 10 Ellipsen kreisförmig angeordnet sind. Die Kinder sollten passende Begriffe zum Thema als Elemente in diese Ellipsen eintragen und zusammenhängende Aspekte miteinander verbinden. Abbildung 18 zeigt den Aufgabentext und ein Beispiel für die Bearbeitung. Zum Abschluss wurden die Kinder noch gefragt, was sie darüber hinaus gerne über das jeweilige Unterrichtsthema erfahren würden.

- Der **Nachtest** basierte auf dem Vortest und wurde durch einige Fragen und Aufgaben erweitert. Der Umgang mit der vierstufigen Skala wurde erneut erklärt. Danach folgten 13 Aussagen, bei denen die Kinder ihr Maß an Zustimmung wieder mit der vierstufigen Skala angeben konnten:

- 1- Sachunterricht ist mein Lieblingsfach.
- 2- Oft habe ich keine Lust auf den Sachunterricht.
- 3- Ich habe mich auf den Unterricht zu den Landschaftsformen gefreut.
- 4- Der Unterricht zu den Landschaftsformen war spannend.
- 5- Im Unterricht zu den Landschaftsformen habe ich viel gelernt.

Im Anschluss an den Zustimmungsskalen wurden die Kinder gefragt, was sie zu dem jeweiligen Thema noch lernen möchten, was im Unterricht hätte anders sein sollen, und was sie noch nicht verstanden haben.

Analog zum Vortest wurde auch hier eine Zeichnungsfläche mit 10 Ellipsen präsentiert (siehe oben). An dieser Stelle waren aber keine Begriffe mehr vorgegeben. Alle Ellipsen waren zunächst leer. Da Schülerinnen und Schüler aus der Primarstufe häufig noch nicht mit der Methode der Begriffslandkarte (Concept Map) vertraut sind, wurden sie in kleinen Schritten daran herangeführt. Zunächst wurden sie gebeten vorgegebene Beziehungen zwischen zwei Elementen zu ergänzen, eine so genannte Zweierkette. Das Grundmodell bestand aus zwei Ellipsen, die mit einem Pfeil verbunden waren. An dieser Stelle waren immer zwei Elemente schon beschriftet und die Kinder mussten das dritte Element passend beschriften (siehe Abbildung 19).

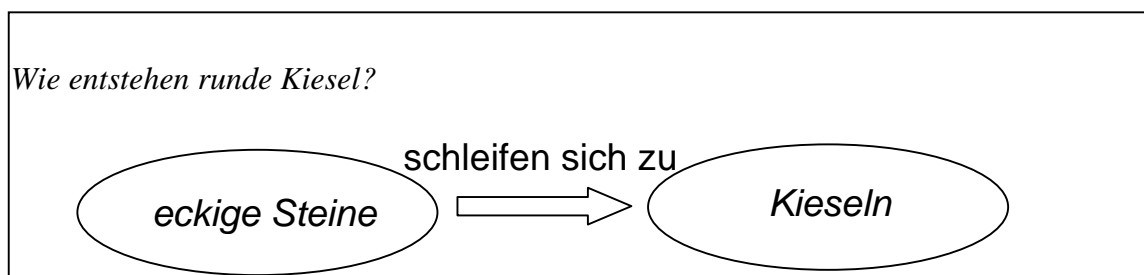


Abbildung 19: Ausgefülltes Beispiel für eine Zweierbeziehung (Thema Landschaftsformen)

Daran anschließend wurde ihnen eine Viererkette präsentiert, die ebenfalls noch nicht vollständig beschriftet war. Auch hier sollten die Schülerinnen und Schüler passende Begriffe ergänzen. Den Abschluss dieser Aufgabe bildeten eine Dreier- und eine Viererkette, welche vollständig unbeschriftet waren. Die Kinder wurden aufgefordert andere, ihnen bekannte, Beziehungen zwischen drei bzw. vier Elementen zu beschreiben. Als nächste Aufgabe wurden fünf Begriffe präsentiert. Diese Begriffe stehen in einem kreislaufartigen Zusammenhang und diesen sollten sie über beschriftete Pfeile eintragen (s. Abb. 20).

Zum Abschluss wurden den Schülerinnen und Schüler noch jeweils zwei Aufgaben mit einem offenen Antwortformat vorgelegt, bei denen das Thema in Bezug zu den Handlungen des Menschen gestellt wird. Ein Beispiel für eine solche Aufgabe finden sie in Abbildung 21.

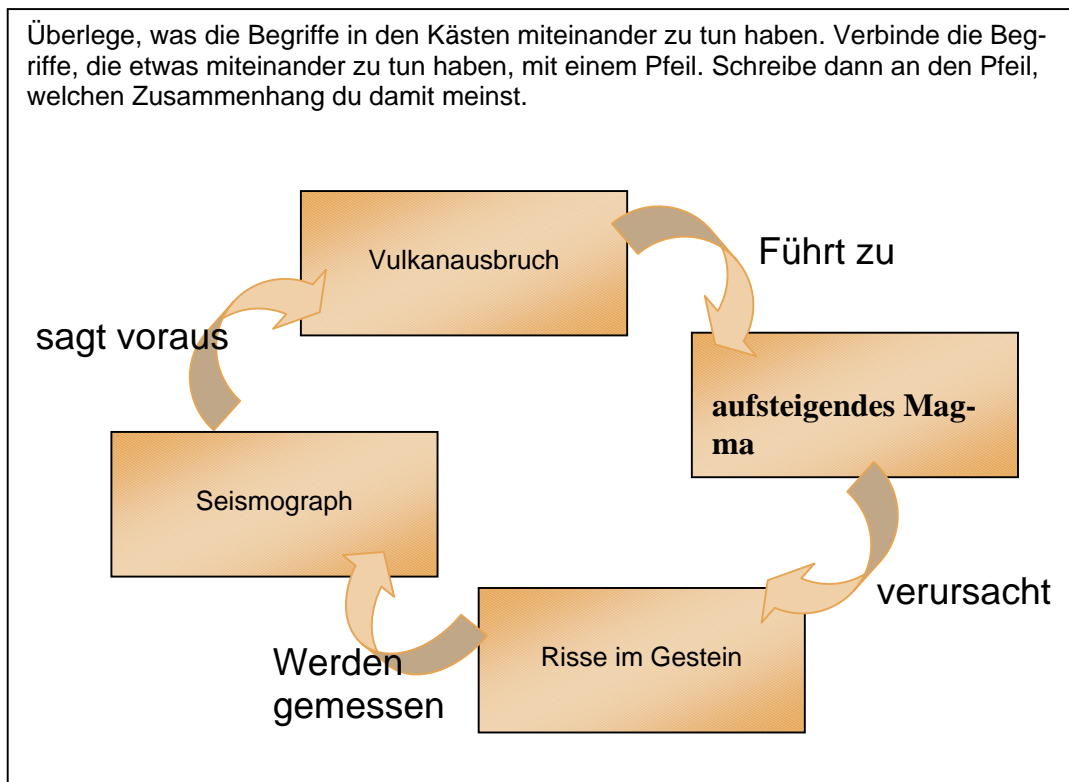


Abbildung 20: Beispiel für einen Kreislauf zum Thema Vulkanismus

Warum gibt es für die Menschen an Flüssen heute mehr Schäden durch Überschwemmungen als früher?

Abbildung 21: Verständnisaufgabe, die den Bezug zum Menschen beim Unterrichtsthema herstellt am Beispiel der Unterrichtseinheit „Landschaftsformen“

1.3.2 Ergebnisse der Evaluationsstudien

1.3.2.1 Sekundarstufe II

Ergebnisse der Befragung der Lehrkräfte

Von den 12 **Lehrkräften**, die System Erde-Materialien eingesetzt haben schickten 10 ihren Fragebogen ausgefüllt zurück. Sie lieferten Hinweise auf

- Die Gründe für den Unterricht und Bezug zu den Lehrplänen
- Unterrichtsablauf
- Realisierung des fachübergreifenden bzw. fächerverbindenden Aspektes

- Realisierung des Systemansatzes
- Einschätzung zur Interesseförderung bei den Schülerinnen und Schülern
- Bereitschaft zur weiteren Nutzung von System Erde Materialien
- Einschätzung zum Bezug zu den Lehrplänen

Das eigene Interesse der Lehrkräfte an den Themen von „System Erde“ erweist sich als **Grund für die Bereitschaft zum Unterricht** mit den System Erde-Materialien. Alle 10 befragten Lehrkräfte geben an, dass sie ein persönliches Interesse an den Themen haben. **Bezüge zum Erdkundelehrplan** sind für alle 10 Lehrkräfte erkennbar, **Bezüge zu den naturwissenschaftlichen Lehrplänen** noch insgesamt von 8 Lehrkräften.

In Tabelle 2 (s. Kapitel 3.3.1) wurde bereits beschrieben, welche Module erprobt worden sind. Dabei zeigte sich, dass die befragten Lehrkräfte den vorgeschlagenen **Unterrichtsablauf** in weiten Teilen übernommen haben. Nur zwei Personen geben an, etwas von den Materialien im Unterricht weggelassen zu haben. Dabei handelt es sich in beiden Fällen um einzelne Experimente, die als zu aufwendig empfunden wurden oder bei denen ein Teil der Materialien fehlte. Acht Lehrkräfte haben ihren Schülerinnen und Schülern jedoch noch weitere Arbeitsbögen und vertiefende Texte gegeben, vor allem um besonders komplexe Inhalte aus den „System Erde“-Materialien besser aufbereiten zu können. In fünf Fällen wurde der Unterrichtsverlauf in kleineren Bereichen, wie z.B. dem Ablauf einer Gruppenarbeit oder durch Austausch von einzelnen Folien, verändert. Alle befragten Lehrkräfte geben an, dass sie die Materialien im Rahmen des Regelunterrichts erprobt haben. Zusätzlich erklären noch 4 Lehrkräfte, dass sie Teile der Erprobung mit einem Projektunterricht ergänzt haben.

7 der 10 Lehrkräfte sagten aus, dass sie die Materialien fachübergreifend eingesetzt haben. Dieses spiegeln auch die Angaben in Tabelle 5 wieder, in der das eigentlich unterrichtete Fach zusammen mit den Einschätzungen, welche Inhalte aus anderen Fächern ebenfalls von den Schülerinnen und Schülern erworben werden, angegeben ist. Insgesamt zeigt sich, dass vor allem der Einsatz im Fach Erdkunde dazu geführt hat, dass Inhalte aller drei Naturwissenschaften im Unterricht thematisiert wurden. Bei der Erprobung der „System Erde“-Materialien im Fach Biologie werden jedoch weniger geografische Inhalte angesprochen, sondern überwiegend chemische und physikalische Inhalte. Anders ist es beim Einsatz im Unterrichtsfach Physik. Dort kommen die anderen beiden Naturwissenschaften nicht zur Geltung, sondern nur das Fach Erdkunde. Das Modul „Erdbeben und Wellen“ bietet auch ausschließlich eine Verbindung zwischen den Fächern Erdkunde und Physik. Als weitere Fächer, die vom Unterricht profitieren, werden Englisch, Geschichte und WiPo aufgezählt. Obwohl die „System Erde“-Materialien gute Anregungen bieten, mit Lehrkräften aus anderen Fachrichtungen zu kooperieren, wird dies im Unterrichtsablauf der Erprobung kaum realisiert. Nur 2 Lehrkräfte haben ihren Angaben zufolge mit weiteren Kolleginnen und Kollegen kooperiert.

Tabelle 5: Unterrichtsfach und die Einschätzung der Lehrkräfte, welche fachübergreifenden Inhalte von den Schülerinnen und Schülern erworben wurden (N = 10).

Unterrichtsfach	Erwerb von Wissensinhalten aus weiteren Fächern				
	Erdkunde	Biologie	Chemie	Physik	Gesamt
Erdkunde		5	5	5	5
Biologie	1		4	3	4
Chemie	0	0		0	0
Physik	2	0	0		2

Insgesamt zeigt sich, dass noch nicht alle Lehrkräfte den **Systemansatz** im Unterricht realisiert haben (Tabelle 3, s. Kapitel 3.3.3). Vor allem die Abgrenzung einzelner Systeme von der Umwelt (5 Zustimmungen), die Einteilung in weitere Subsysteme (6 Zustimmungen) und das Ansprechen von Regelkreisen (6 Zustimmungen) werden eher selten in den Unterricht integriert.

Tabelle 6: Anzahl der Zustimmungen, ob Aspekte des Systemansatzes im Unterricht angesprochen wurden (N = 10)

	Aussage:	Zustimmung
1.	Wir haben im Unterricht darüber gesprochen, dass die meisten Phänomene, Dinge, Personen, etc. größeren Systemen zugeordnet sind.	8
2.	Wir haben im Unterricht darüber gesprochen, dass Systeme von ihrer Umwelt abgrenzbar sind.	5
3.	Wir haben im Unterricht darüber gesprochen, dass Systeme sich wiederum in Subsysteme unterteilen lassen.	6
4.	Wir haben im Unterricht über Kausalketten gesprochen.	8
5.	Wir haben im Unterricht über Regelkreise gesprochen.	6
6.	Wir haben im Unterricht über die Entwicklung von Systemen gesprochen.	7

Die Lehrkräfte bewerten den Lernerfolg durch den Einsatz der „System Erde“-Materialien insgesamt positiv.

Alle 10 befragten Lehrkräfte bestätigen, dass ihre Schülerinnen und Schüler **Interesse** an den behandelten Inhalten zeigten. Als Indizien nennen sie zum Beispiel die sehr intensive Arbeitsweise ihrer Schülerinnen und Schüler, das Aufkommen anregender Diskussionen, die Bereitschaft, sich auch über den Unterricht hinaus mit dem Thema zu beschäftigen und das allgemein positive Feedback der Schülerinnen und Schüler. In einem Fall wird jedoch zusätzlich noch angemerkt, dass die Verwendung von chemischen und physikalischen Inhalten im Erdkundeunterricht bei den Schülerinnen und Schülern auch zu Überforderungen führen kann. Dennoch scheint der Unterricht mit den „System Erde“-Materialien das Interesse zu fördern. 8 Lehrkräfte stimmen sogar der Aussage zu, dass die Einbettung naturwissenschaftlicher Themen in einem geowissenschaftlichen Kontext zu einem stärkeren Interesse als im herkömmlichen Unterricht geführt hat.

Insgesamt sind die Lehrkräfte mit dem Einsatz der „System Erde“-Materialien zufrieden. Alle befragten **Lehrkräfte sind bereit, die Materialien auch weiterhin in ihrem Unterricht einzusetzen**. 8 Lehrkräfte geben an, dass sie noch weitere Lehrkräfte aus ihrem Kollegium für den Einsatz der Materialien begeistern könnten.

Ergebnisse der Befragung der Schülerinnen und Schüler

Ergebnisse liegen zu folgenden Aspekten vor:

- Interesse am Unterricht mit „System Erde“-Materialien
- Selbsteinschätzung des eigenen Wissenserwerbs
- Ermittlung des Lernzuwachses durch Wissenstests
- Systemkompetenz

Die Schülerangaben geben Hinweise auf die Wirksamkeit der **Interessensentwicklung** bei den Schülerinnen und Schülern (vgl. Tabelle 7). Die Neugier auf das Thema ist bei den Schülerinnen und Schülern aus den „System Erde“-Klassen im Vergleich zu den Kontrollklassen sogar geringer. Doch im Verlauf des Unterrichts werden die Schülerinnen und Schüler aus den „System Erde- Klassen“ stärker angespornt und zeigen darüber hinaus mehr Bereitschaft, sich mit dem Thema auch weiterhin zu beschäftigen. Auch wollen die Schülerinnen und Schüler aus den „System Erde“-Klassen nicht auf andere Themen ausweichen.

Die Schülerinnen und Schüler aus den „System Erde“- und den Kontrollklassen unterscheiden sich nicht hinsichtlich der Einschätzung, ob die behandelten Themen im Fernsehen besser vermittelt werden können als im Unterricht. Es zeigte sich aber, dass die Schülerinnen und Schüler aus den Kontrollklassen signifikant stärker als die aus den „System Erde“ - Klassen fordern, dass ihre Lehrkräfte sie mehr für den Unterricht motivieren und das Unterrichtsmaterial besser gestalten könnten. Die Ergebnisse weisen darauf hin, dass die Schülerinnen und Schüler auf den „System Erde“-Unterricht sowohl situationsgebunden mit Interesse reagieren als auch erste Anzeichen eines situationsunabhängigen Interesses an geowissenschaftliche Inhalten zu entwickeln scheinen.

Bei der **Selbsteinschätzung des eigenen Wissenserwerbs** zeigte sich ebenfalls, dass die Schülerinnen und Schüler aus den „System Erde“-Klassen vom „System Erde“-Unterricht profitiert haben. Sie nehmen im Vergleich zu den Kontrollklassen mehr Lernzuwachs wahr und haben auch signifikant weniger das Gefühl, nicht genau zu wissen, was sie eigentlich im Unterricht wirklich gelernt haben. Des Weiteren glauben die Schülerinnen und Schüler aus den „System Erde“-Klassen auch weniger als die aus den Kontrollklassen, dass sie die meisten Inhalte bereits vor Beginn des Unterrichts wussten. Es zeigt sich daher, dass die Schülerinnen und Schüler mit „System Erde“-Unterricht im Vergleich zu dem herkömmlichen Unterricht stärker den Eindruck gewinnen, dass sie neues und sinnvolles Wissen durch den Unterricht. Der subjektive Eindruck der Schülerinnen und Schüler bezüglich ihres **Lernzuwachses** wurde mit den Ergebnissen des **Wissenstests** verglichen. Dabei zeigt sich, dass die „System Erde“-Klassen signifikant besser abschneiden als die Schülerinnen und Schüler aus den Kontrollklassen (s. Abb. 22). Der signifikante Unterschied bei den Ergebnissen zu den Fragen zur Systemanalyse war nicht unerwartet ($T(219) = 8,02; p < ,001$). Nur wenige Lehrkräfte aus den Kontrollklassen haben systemische Aspekte und die Darstellung von Systemen in ihrem Unterricht angesprochen, obwohl in vielen Bundesländern die Betrachtung des Planeten Erde als

System bereits in den Lehrplänen verankert ist. Diagnostischer sind dabei die Ergebnisse für den Multiple-Choice-Test zu den Meilensteinen der Erdentwicklung. Auch hier schneiden die „System Erde“-Klassen signifikant besser als die Kontrollklassen ab ($T(345) = 6,66$; $p < ,001$). Die Ergebnisse zu den spezifischen Inhalten der Module sind besonders interessant. Obwohl die Lehrkräfte aus den Kontrollklassen zum großen Teil die gleichen Inhalte im Unterricht behandelt haben, schneiden die „System Erde“-Klassen auch hier signifikant besser ab als die Kontrollklassen ($T(392) = 12,17$; $p < ,001$). Diese signifikanten Ergebnisse der Wissenstests bestätigen den positiven Einfluss des Einsatzes der „System Erde“-Materialien auf den Erwerb geowissenschaftlichen Wissens bei Schülerinnen und Schülern.

Tabelle 7: Einschätzungen der Schülerinnen und Schüler: Indikatoren für Interesse und Lernzuwachs („System Erde“-Klassen (EK), Kontrollklassen (KK); (N = max. 227⁷; 1 (trifft gar nicht zu) bis 4 (trifft völlig zu), (Mittelwerte und Standardabweichungen in Klammern)).

Interesse	EK	KK	
Vor dem Unterricht war ich neugierig darauf, was mit dem Thema „Gesteinskreislauf“ gemeint ist.	2,57 (0,87)	2,73 (0,82)	$T(376) = -1,99^*$
Der Unterricht hat mich zum Lernen angespornt.	2,41 (0,79)	2,23 (0,76)	$T(403) = 2,44^*$
Ich würde gern noch mehr über das Thema „Gesteinskreislauf“ lernen.	2,64 (0,86)	2,42 (0,90)	$T(402) = 2,34^*$
Ich hätte die ganze Zeit lieber über einen anderen Aspekt des Themas „Gesteinskreislauf“ gesprochen.	1,67 (0,85)	1,91 (0,77)	$T(369) = -2,95^{**}$
Solche Themen werden im Fernsehen viel interessanter behandelt als in der Schule.	2,55 (0,97)	2,72 (0,87)	$T(374) = -1,88, ns$
Der Unterricht war wirklich mal ganz anders als das, was wir sonst in der Schule machen.	2,64 (0,98)	2,04 (0,84)	$T(382) = 6,52^{***}$
Mein Lehrer / meine Lehrerin hätte mich stärker motivieren können.	1,99 (0,88)	2,51 (0,92)	$T(352) = -5,70^{***}$
Das Unterrichtsmaterial hätte ansprechender gestaltet sein können.	2,30 (0,96)	2,72 (0,89)	$T(400) = -4,40^{***}$
Lernzuwachs			
Ich habe im Unterricht ganz schön viel gelernt.	3,03 (0,71)	2,76 (0,80)	$T(333) = 3,53^{***}$
Ich habe das Gefühl, genug über das Thema „Gesteinskreislauf“ gelernt zu haben.	2,75 (0,86)	2,68 (0,83)	$T(399) = 0,880, ns$
Wir haben zwar viel besprochen, aber ich weiß eigentlich gar nicht, was ich gelernt habe.	1,86 (0,98)	2,10 (0,91)	$T(374) = -2,55^*$
Eigentlich habe ich vorher schon alles gewusst, was wir im Unterricht besprochen haben.	1,50 (0,79)	1,68 (0,74)	$T(399) = -2,32^*$

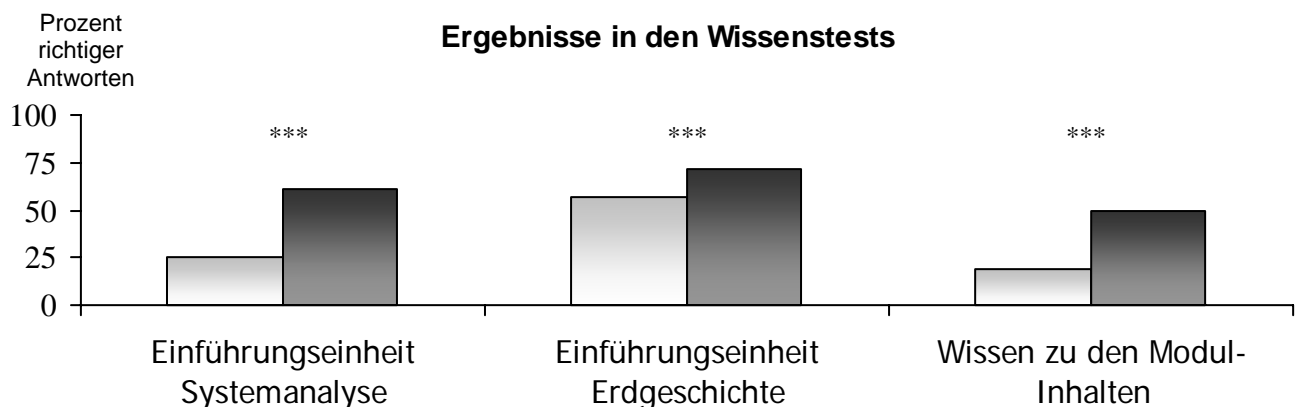


Abbildung 22: Ausprägung von „System Erde“-Klassen (dunkelgrau) und Kontrollklassen (hellgrau) in den Wissenstests (*) $p < ,001$**

⁷ Aufgrund fehlender Angaben variiert die Stichprobengröße für die einzelnen Items.

Beim Vergleich der Mittelwertsunterschiede zwischen den „System Erde“-Klassen und den Kontrollklassen hinsichtlich der fünf Facetten der **Systemkompetenz** zeigt sich, dass die Schülerinnen und Schüler mit „System Erde“-Unterricht signifikant besser abschneiden als die aus den Kontrollklassen (s. Abb. 23). Schülerinnen und Schüler, die mit den „System Erde“-Materialien unterrichtet wurden, nennen mehr Elemente eines Systems (Facette 1; $T(290) = 4,99$; $p < ,001$), können ein System besser von seiner Systemumwelt abgrenzen (Facette 2: $T(281) = 3,75$; $p < ,001$), haben größere Fähigkeiten, komplexe Wirkungsnetze zu entwickeln (Facette 3: $T(275) = 5,84$; $p < ,001$), können besser Kreisläufe innerhalb von Systemen generieren und verstehen (Facette 4: $T(240) = 4,21$; $p < ,001$) und können besser die Entwicklung von Systemen vorhersagen (Facette 5: $T(251) = 6,15$; $p < ,001$) als die Schülerinnen und Schüler aus den Kontrollklassen. Die Ausprägung dieser fünf Facetten der Systemkompetenz korreliert zudem auch mit dem Wissenszuwachs (alle r 's $> ,25$; $p < ,001$).

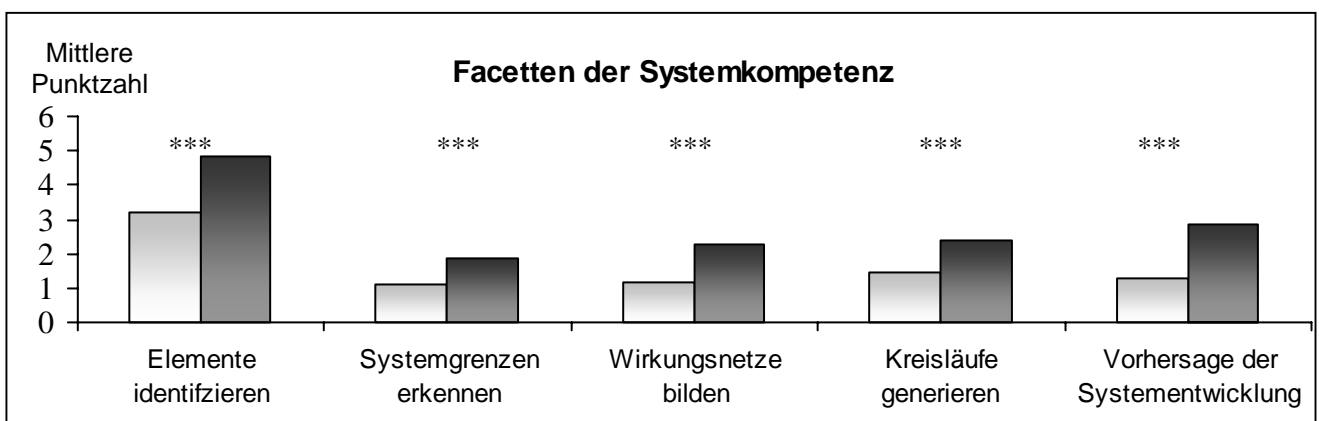


Abbildung 23: Ausprägung von „System Erde“-Klassen (dunkelgrau) und Kontrollklassen (hellgrau) auf den Facetten der Systemkompetenz (* $p < ,001$)**

Je höher die Systemkompetenz, desto besser schneiden die Schülerinnen und Schüler auch bei den Wissenstests ab. Mit den fünf verschiedenen Facetten der Systemkompetenz wird jedoch nicht einfach nur ein deklaratives Wissen über die beiden Systeme Klima und Schule abgefragt. Es wurde eine Kovarianzanalyse mit dem Faktor Unterrichtsbedingung („System Erde“-Klasse vs. Kontrollklasse), dem Gesamtpunktwert in den Systemkompetenzaufgaben als abhängige Variable und das Ergebnis in dem Wissenstest zu den Inhalten der Module als Kovariate berechnet.

Die Evaluationsergebnisse zeigen, dass die vom Projekt „System Erde“ entwickelten Unterrichtsmaterialien und -methoden Systemkompetenz fördern. Dies ist insbesondere für eine Aufstellung von Anforderungsbereichen zur Entwicklung von Bildungsstandards und Aufgaben aus der Unterrichtskonzeption von „System Erde“ wegweisend. Kenntnisse über Systeme sind bereits heute in den Biologie- und Physikstandards für die Sekundarstufe I von Bedeutung. Für die Zukunft ist es daher erforderlich, dazu spezifische Kompetenzentwicklungsmodelle zu entwickeln und dafür kann sich das vorgestellte Instrument als sehr nützlich erweisen.

1.3.2.2 Primarstufe

Ergebnisse der Befragung der Lehrkräfte

Zu folgenden Aspekten liegen Ergebnisse vor:

- Gründe für den Einsatz der Materialien und Einbindung in den Lehrplan
- Durchführung des Unterrichts
- Förderung eines systemischen Verständnisses
- Methoden der Erkenntnisgewinnung im Unterricht
- Herstellen des Bezugs zum Menschen im Unterricht zum Thema
- Motivation zur weiteren Nutzung der „System Erde“-Materialien

Die wenigsten Lehrkräfte haben zu den ausgewählten Themen aus den „System Erde“-Materialien bereits Erfahrungen im Unterricht gemacht. Nur 9 Personen gaben an, ihr ausgesuchtes Thema bereit im Unterricht angesprochen zu haben, der überwiegende Teil davon das Thema Wetter und das Thema Landschaftsformen. Alle 31 Lehrkräfte gaben an, dass sie persönlich Interesse an dem Thema haben. Dabei wurden vor allem der Bezug zum Menschen und die gute Einbindung in den Lehrplan als **Gründe für den Einsatz der Materialien** angegeben, aber auch persönliche Erlebnisse, wie zum Beispiel die Besichtigung eines Vulkans, oder auch die nahe Verbindung zu einem eigenen Hobby wurden aufgezählt. Nach Ansicht der Lehrkräfte waren für die Schülerinnen und Schüler verschiedene Aspekte des Themas interessant. Das Interesse an den zerstörerischen Kräften der Natur ist für Kinder immer aufregend, genauso wie die geheimnisvollen Vorgänge im Weltall. Aber auch die unmittelbare Naturerfahrung bei den Themen und die vielen durchführbaren Experimente ließen die Materialien in den Augen der Lehrkräfte für die Schülerinnen und Schüler interessant werden.

Alle Lehrkräfte sahen **sehr gute Anknüpfungspunkte der „System Erde“-Themen an den Lehrplan.**

Die **Durchführung des Unterrichts** erfolgte fast ausschließlich im Regelunterricht. Nur zwei von den 31 Lehrkräften gaben an, das Thema in einem Projektunterricht behandelt zu haben. Die eine Lehrkraft hat so das Thema „Astronomie“ behandelt und die andere Lehrkraft das Thema „Teich“. Die Dauer der Unterrichtseinheiten variierte zwischen 8 und 27 Stunden, wobei im Durchschnitt 17 Stunden mit den „System Erde“-Materialien unterrichtet wurde. 26 Lehrkräfte gaben an, dass sie zwischen Einzelarbeit, Partnerarbeit und Gruppenarbeit variierten. Auch wenn mit den vorgegebenen Begleitmaterialien ein komplett ausgearbeiteter Vorschlag für die Gestaltung einer Unterrichtseinheit vorlag, veränderten die Lehrkräfte diesen. 17 der 31 Lehrkräfte gaben an, dass sie substanzielle Veränderungen an den Materialien vorgenommen haben. Dabei handelte es sich vor allem um Ergänzungen, wie das Zeigen von Filmen, oder die Nutzung zusätzlicher Folien oder eigener Materialien, um komplexe Vorgänge noch kleinschrittiger erklären zu können.

Die Förderung des **systemischen Verständnisses** der Phänomene und Vorgänge auf dem Planeten Erde ist ein wichtiges Grundkonzept der Unterrichtsmaterialien vom Projekt: „Forschungsdialog: System Erde“. Das Material aus dem Projekt soll den Erwerb von Systemkompetenz fördern. Tabelle 8 zeigt für diese verschiedenen Bereiche des Systemansatzes die Häufigkeit, mit denen die Lehrkräfte dies im Unterricht behandelt haben. Insgesamt zeigt sich, dass die Lehrkräfte zu ca. 50 Prozent systemische Aspekte berücksichtigt, Beziehungen zwischen Elementen hergestellt und Kreisläufe behandelt haben. Lediglich Vorhersagen über die Entwicklung eines Systems wurden mit 6 Nennungen (20%) nur selten getroffen.

Tabelle 8: Häufigkeit der Durchführung systemischer Ansätze im Unterricht.

Teilaspekt des Systemansatzes	Häufigkeit der Zustimmung
Konnten Sie bei dem von ihnen unterrichteten Thema systemische Aspekte berücksichtigen?	15
Haben Sie im Unterricht Beziehung zwischen Elementen hergestellt?	15
Haben Sie im Rahmen des von Ihnen unterrichteten Themas bestimmte Kreisläufe behandelt?	17
Habens Sie im Unterricht Vorhersagen über verschiedene Entwicklungen des Systems getroffen?	6

Die Lehrkräfte wurden aufgefordert, für die drei Teilaspekte der **wissenschaftlichen Erkenntnisgewinnung**, beschreibendes Beobachten, kriteriengeleitetes Vergleichen und hypothesengeleitetes Experimentieren Beispiele zu nennen, wie sie diese im Unterricht umgesetzt haben. Diese Aufzählungen wurden von zwei unabhängigen Beurteilern klassifiziert, ob sie von den Anforderungen der drei Teilmethoden entsprachen ($\kappa = ,79$). Die Anzahl der Lehrkräfte, welche diese Methoden nach Einschätzung der Beurteiler korrekt im Unterricht durchgeführt haben, sind in Tabelle 9 dargestellt.

Tabelle 9: Anzahl der Lehrkräfte, die Methoden der naturwissenschaftlichen Erkenntnisgewinnung im Unterricht korrekt eingesetzt haben.

Teilmethode der naturwissenschaftlichen Erkenntnisgewinnung	Anzahl Lehrkräfte
Beschreibendes Beobachten	22
Kriteriengeleitetes Vergleichen	21
Hypothesengeleitetes Experimentieren	20

Etwa zwei Drittel der Lehrkräfte setzten also naturwissenschaftliche Methoden der Erkenntnisgewinnung korrekt ein. Als Beispiele für *beschreibendes Beobachten* werden für die Unterrichtseinheit Vulkanismus die verschiedenen Strukturen von Gesteinen wie Granit, Basalt und Bims beobachtet und nachgezeichnet, oder in der Einheit Astronomie die Mondphasen in einem Mondtagebuch regelmäßig dokumentiert. Für den Bereich *kriteriengeleitetes Vergleichen* wurde z. B. im Unterricht die Schwimmfähigkeit von Vulkansteinen miteinander verglichen oder die Viskosität verschiedener Flüssigkeiten. Im Bereich *hypothesengeleitetes Experimentieren* berichteten die Lehrkräfte zum Beispiel, dass sie die Schülerinnen und Schüler ausgehend von einer Fragestellung experimentieren ließen, um zum Beispiel nachzuweisen, dass Wasser sich ausdehnt, wenn es zu Eis wird (Unterrichtseinheit Wetter).

Fast alle Lehrkräfte berichteten, dass sie mit dem behandelten Thema explizit den **Bezug zum Menschen** hergestellt. Aufgegriffen wurde häufig der eigene Erfahrungshintergrund der Schülerinnen und Schüler oder aktuelle Ereignisse in den Medien, wie die zerstörerische

Kraft des Tsunamis, der Ende des Jahres 2004 im Pazifik gewütet hat. Anhand dieser Ereignisse wurde überlegt, welchen Einfluss menschliches Handeln auf die Umwelt haben kann und wie die Vorgänge in der Natur, und hier besonders Naturkatastrophen, wiederum das Leben der Menschen beeinflussen können.

22 Lehrkräfte gaben an, dass sie **die Materialien auch weiterhin in ihren Klassen nutzen** werden. Gelobt wurde dabei vor allem die genauen Ausarbeitungen der wissenschaftlichen Phänomene, die vielen anschaulichen Experimente und auch der Ansatz, durch Herstellen von Bezügen zwischen verschiedenen Themen ein systemisches Verständnis unseres Planeten Erde aufzubauen. Kritisch angemerkt wurde von einigen Lehrkräften jedoch, dass einzelne Experimente für den Unterricht in der Primarstufe zu aufwendig seien und vereinzelt Inhalte für Kinder in der 3. und 4. Klasse noch zu anspruchsvoll seien. Zu dem Zeitpunkt der Erprobung lagen die Aufschlagseiten und die Begleitmaterialien für den Unterricht noch in unfertigen und unkorrigierten Versionen vor. Dies wurde von den Lehrkräften ebenfalls kritisch angemerkt und deshalb Korrekturvorschläge gemacht. Diese Einwände wurden von uns aufgegriffen und bei der Fertigstellung der Materialien berücksichtigt.

Ergebnisse der Befragung der Schülerinnen und Schüler

Es folgt eine kurze Zusammenfassung der Ergebnisse (ausführliche Beschreibung in LÜCKEN et al. in Vorbereitung) zu folgenden Punkten:

- Interessensentwicklung (Individuelles, d.h. situationsunabhängiges Interesse und situationsabhängiges (situationales) Interesse,
- Wissenszuwachs,
- Entwicklung von Zusammenhangswissen bei den Schülerinnen und Schülern durch „System Erde“- Unterricht und
- Einflussvariablen für den Wissenszuwachs.

Eine **Interessensentwicklung** der Kinder ließ sich dokumentieren: Das individuelle (situationsunabhängige) Interesse blieb unverändert, während das situationsabhängige Interesse an den Themen des „System Erde“-Unterrichts nach Beendigung der Unterrichtseinheit überdurchschnittlich hoch war.

Es wurde ein statistisch signifikanter **Wissenszuwachs** nachgewiesen.

Die **Entwicklung des Zusammenhangswissens** wurde anhand von reduzierten Concept Maps erhoben. Aus den Begriffen und ihren Verbindungen wurden Indizes berechnet, um Maße für Wissen, Komplexität und Struktur der Schülerantworten zu bestimmen: Ein Umfangsindex, ein Vernetzungsindex und ein Strukturindex. Die Entwicklung des Strukturindex wird im Folgenden exemplarisch näher erläutert.

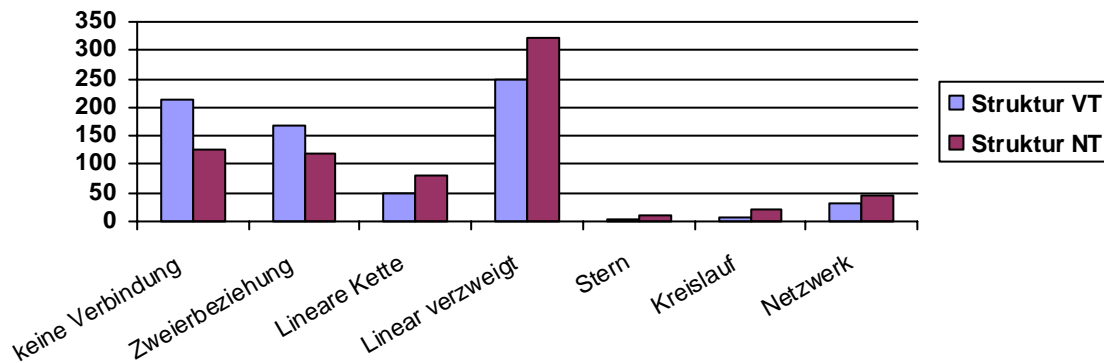


Abbildung 24: Häufigkeiten der Kategorien aus dem Strukturindex von Vor- und Nachtest (VT bzw. NT)

Abbildung 24 zeigt, dass die Kinder im Vortest häufiger Concept Maps mit einfachen Strukturen (keine Verbindung und Zweierbeziehung) als im Nachtest gezeichnet haben. Komplexere Strukturen (Kreisläufe, Netzwerke) der Concept Maps nehmen von Vor- zu Nachtest zu. Am häufigsten werden lineare Ketten beschrieben, bei denen die Kinder einzelne, zusätzliche Abzweigungen einzeichnen. Die Auswertung aller drei Indizes zeigte, dass die Wissensstrukturen der Kinder durch den Einsatz der „System Erde“-Unterrichtsmaterialien komplexer werden. Detailliertere Aussagen hierzu liefert die Studie von Frau SOMMER (in Vorbereitung).

Es konnten verschiedene Einflussvariablen für den Wissenszuwachs identifiziert werden (ausführliche Beschreibung in LÜCKEN et al. in Vorbereitung):

- hypothesengeleitetes Experimentieren,
- systemische Aspekte beachten,
- Kreisläufe explizit behandeln,
- Vorhersagen über die Systementwicklung treffen und
- kriteriengeleitetes Vergleichen

Die Kinder profitieren von der expliziten Behandlung der systemischen Aspekte und hier besonders von der Befassung mit Kreisläufen für ihren Wissensaufbau. Auch die Vermittlung der naturwissenschaftlichen Denk- und Arbeitsweisen und dabei vor allem das kriteriengeleitete Vergleichen sind förderlich. Somit bestätigen diese Ergebnisse, dass der Systemansatz und die Vermittlung von naturwissenschaftlichen Denk- und Arbeitsweisen wichtig für den Aufbau eines vernetzten Wissen ist.

1.4 Implementationsstudie

Eine zentrale Aufgabe des Projektes „Forschungsdialo - System Erde“ bestand darin, Maßnahmen zur Umsetzung der Projektergebnisse in die Bildungspraxis zu identifizieren und diese durch empirische Begleitforschung zu evaluieren. Zum theoretischen Arbeitsstand, der in der Anfangsphase des Projektes aufgearbeitet wurde und an dem angeknüpft wurde, gehörten

bewährte Ansätze und Perspektiven der curricularen Implementation (HANSEN, HLAWATSCH und BAYRHUBER 2003).

In Zusammenarbeit mit dem Koordinierungsbüro für Geotechnologien (Potsdam) und den Landesinstituten von 6 Bundesländern wurden 2,5 tägige Fortbildungsworkshops durchgeführt. Sie richteten sich an die Multiplikatoren der Landesinstitute und Lehrkräfte aus der Region der Fächer Biologie, Chemie, Geografie und Physik) und bestanden aus drei Komponenten:

- Fachvorträge renommierter Geowissenschaftlerinnen und Geowissenschaftler aus der Region
- Demonstration der Unterrichtsmaterialien des Projektes
- Eigenaktive Phase zur Entwicklung geowissenschaftlicher fächerverbindender Unterrichts- bzw. Fortbildungsszenarien

Die Veranstaltungen wurden evaluiert und über den Projektzeitraum optimiert. Zu folgenden Bereichen wurden Daten erhoben (s. HANSEN und HLAWATSCH eingereicht).

- Einschätzung der Workshopteilnehmerinnen und -teilnehmer zum Beitrag der Materialien und der Fortbildung zur Implementation
- Auswertung der Unterrichtsszenarien: Materialanpassung und Ressourcennutzung in der Schule
- Umsetzung der Implementationsszenarien vor Ort

Einschätzung der Workshopteilnehmerinnen und -teilnehmer zum Beitrag der Materialien und der Fortbildung zur Implementation

Nach FULLAN (2001, S. 72) gehören die Merkmale einer curricularen Innovation zu den Schlüsselfaktoren für eine erfolgreiche Implementation. Dabei geht es um Kriterien wie „Klarheit“, „Praktikabilität“ und „Komplexität“. Um diese Kriterien in Hinblick auf „System Erde“ einschätzen zu können, müssen potentielle Nutzer das Material zunächst einmal kennen lernen. Wir haben daher die Teilnehmenden gefragt, welchen Beitrag die Fortbildungsworkshops zum Verständnis der Inhalte und Ziele der Materialien geleistet hatten. Die größte Zustimmung erhielt das Item „Die Ziele der Materialien wurden deutlich“. Die vergleichsweise geringe Zustimmung zum Statement „Ich verstehe die digitalen Materialien jetzt besser“, lässt sich damit erklären, dass sie erst in der letzten Fortbildung einen Stand erreicht hatten, auf dem es möglich war, sie angemessen zu präsentieren.

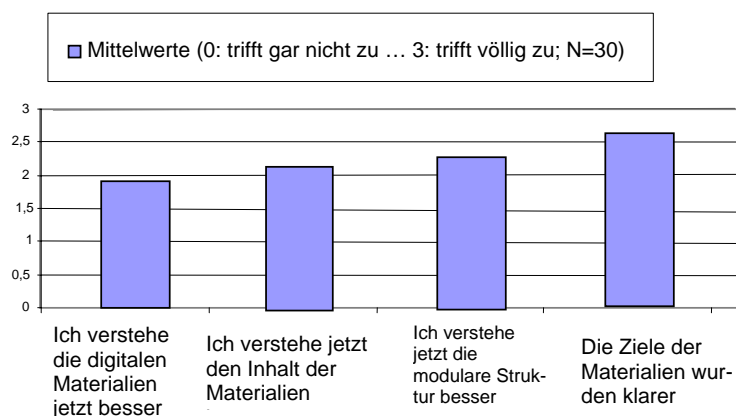


Abbildung 25: Verständnis der Materialien von System Erde durch Fortbildung.

Weiterhin haben wir gefragt, welche Merkmale der Materialien am wichtigsten für die lokale Umsetzung erscheinen. Dabei zeigte sich, dass die Verfügbarkeit auf CD-ROM, die modulare Struktur und die fachliche Qualität als besonders nützlich erschienen (s. Abb. 26). Aus der folgenden Abbildung geht auch hervor, dass für die Teilnehmer der Workshops praktische Merkmale ausschlaggebend für die Umsetzbarkeit der Materialien im jeweiligen Bildungsbereich der Befragten waren: Die höchsten Mittelwerte erhielten die Items „Verfügbarkeit auf CD-ROM“, und „Die modulare Struktur der Materialien“. Für den hohen Stellenwert der Praktikabilität sprechen auch die überdurchschnittlichen Beurteilungen der Items „Verfügbarkeit schriftlicher Unterrichtsmaterialien“ und „Die Experimentiermaterialien der Module“. Weiterhin tragen aus der Sicht der Workshopteilnehmenden die „Wissenschaftliche Qualität der Fachinhalte“ und „Die Betonung des Systemdenkens“ zur Umsetzung bei. Die positive Bewertung von „Die modulare Struktur der Materialien“ deutet darauf hin, dass sich die Umsetzung in der Klasse durch eine flexible Struktur der Materialien fördern lässt.

Angebote zur Lehrerfortbildung gehören zu den wichtigen Ressourcen von Lehrkräften, die dazu bereit sind, neue Lerninhalte oder innovative Unterrichtsformen zu erproben. Wir haben daher die Teilnehmenden der Fortbildungsworkshops zu „System Erde“ darum gebeten, sechs Statements zum Beitrag der Fortbildungsworkshops für die schulische Umsetzung zu beurteilen (s. Abb. 27).

Die überdurchschnittliche Bewertung aller Items kann als Indiz für die Wichtigkeit der Lehrerfortbildung zu System Erde gewertet werden. Das erworbene Verständnis für den fachübergreifenden bzw. fächerverbindenden Ansatz und die Experimentiermaterialien scheint besonders zur Implementationsbereitschaft beizutragen.

Neben der Fortbildung spielen Kontextfaktoren eine wichtige Rolle bei der schulischen Umsetzung innovativen Curriculummaterials. Daher haben wir die Workshopteilnehmenden gefragt, welche Faktoren sich nach Meinung förderlich und welche eher hemmend bei der Umsetzung in der Praxis auswirken (s. Tab. 12).

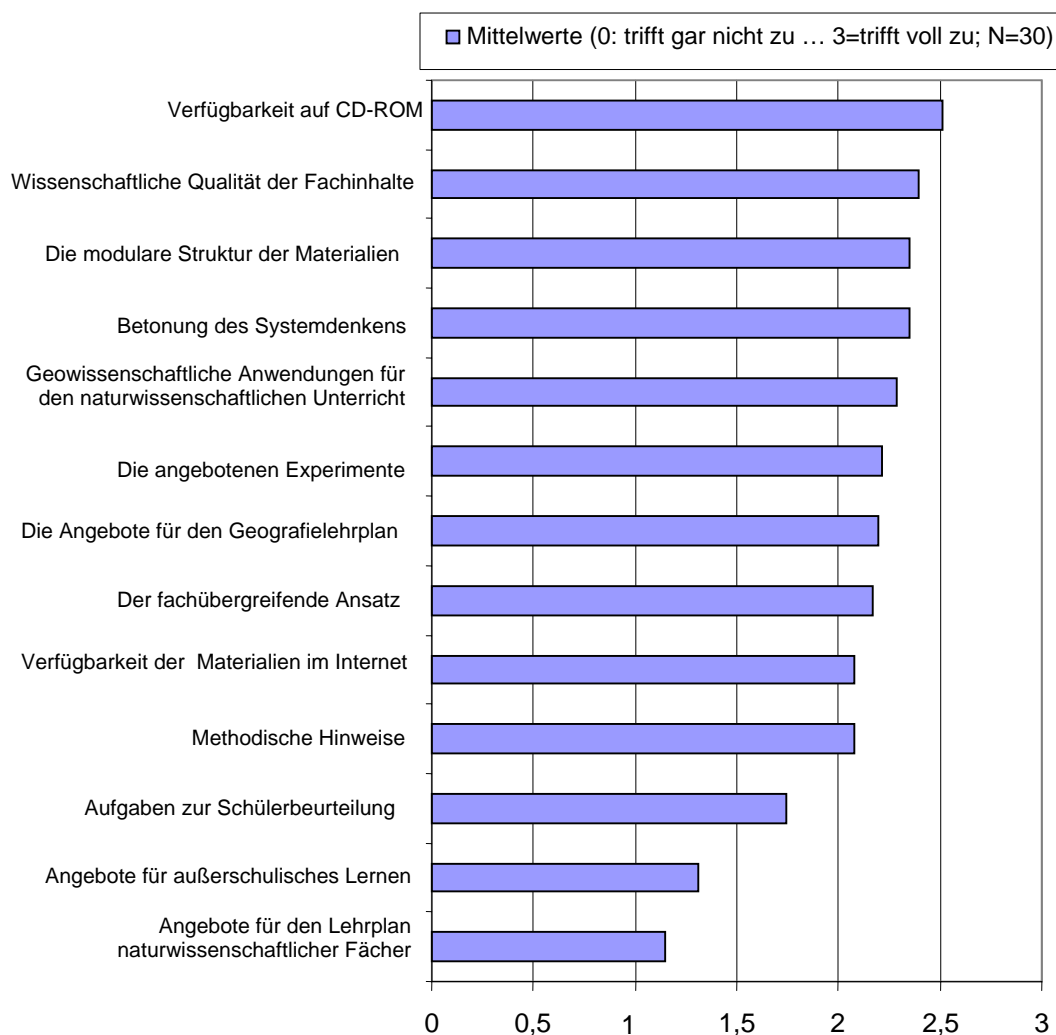


Abbildung 26: Die Rolle der Materialmerkmale für die schulische Umsetzung

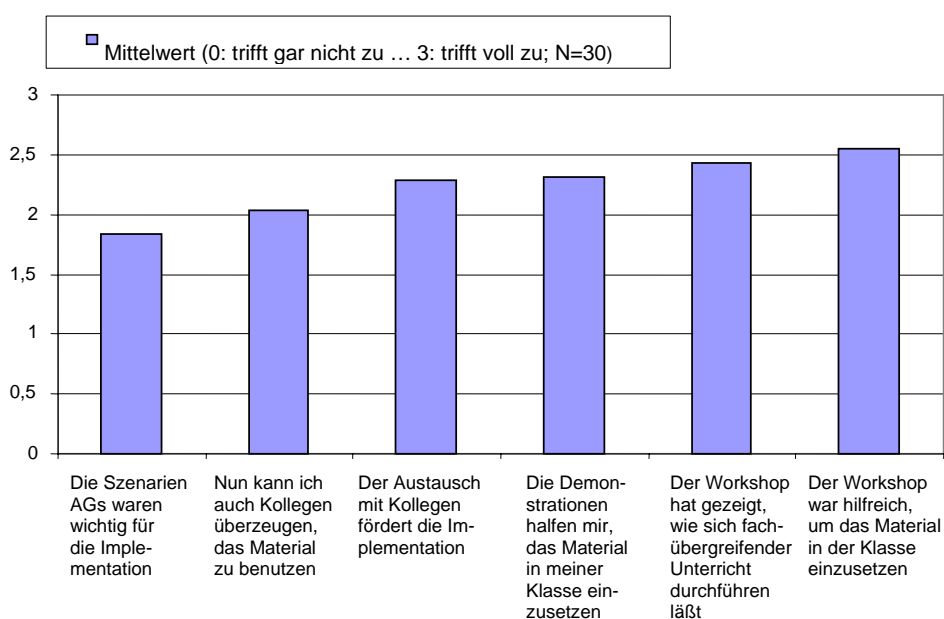


Abbildung 27: Merkmalen der Fortbildung, die die Implementation fördern

Tabelle 12: Die Bedeutung des schulischen Kontextes für die Implementation

KONTEXTFAKTOREN	hemmend	neutral	förderlich
Internetzugang	9	12	30
Außerschulische Lernorte	6	15	28
Der öffentliche Diskurs über geowissenschaftliche Themen	1	22	26
Geowissenschaftliche Einrichtungen	3	19	21
Rechnerausstattung	14	16	21
Ausstattung mit Beamern	17	15	18
Softwareausstattung	7	15	15
Vorgesetzte	2	27	21
Das Kollegium	9	24	14
Das Vorwissen der Lehrkräfte vom "System Erde"	8	24	13
Die Lehrpläne der Bundesländer	17	19	12
Die Struktur der Lehrerbildung	12	23	9
Die Bildungsverwaltung	21	12	3

Tabelle 12 lässt erkennen, dass der Internetzugang, außerschulische Lernorte und der öffentliche Diskurs über geowissenschaftliche Themen als besonders förderliche Rahmenbedingungen gelten. Sie zeigt jedoch auch, dass die Teilnehmenden der Workshops die Lehrpläne der Bundesländer, die Struktur der Lehrerbildung und die Rolle der Bildungsverwaltung als hemmend bei der Umsetzung von System Erde einschätzen. Eine Verbesserung dieser Rahmenbedingungen wäre demnach bei einem Folgeprojekt zur Implementation besonders zu achten.

Implementationsszenarien: Materialanpassung und Ressourcennutzung in der Schule

Eine weitere Frage der vorliegenden Studie lautete, wie die Lehrende das Material von „System Erde“ mit den Ressourcen verbinden, die ihnen an ihrem Arbeitsplatz zur Verfügung stehen, und welche Strategien sie zur lokalen Anpassung entwickeln. Um sie zu beantworten, wurden in den Workshops Arbeitsgruppen mit Vertretern unterschiedlicher Unterrichtsfächer gebildet. Sie erhielten die ein Arbeitsblatt mit der Aufgabe, zunächst ein Thema oder Modul aus „System Erde“ auszuwählen und danach, zu diesem Thema eine Unterrichtssequenz zu planen und zu dokumentieren.

Die so gewonnenen „Implementationsszenarien“ wurden einer Inhaltsanalyse unterworfen. Ihr Ziel bestand darin, explorativ Kategorien zu ermitteln, die helfen, den Prozess der Umsetzung der Materialien in der Klasse und der lokalen Anpassung zu beschreiben. Für die Inhaltsanalyse wurden 28 Szenarien ausgewählt, die einen Mindestumfang von zwei Din-A4-Seiten aufwiesen und deren Autoren mehr als zwei der vorgeschlagenen Planungsaspekte auf dem Arbeitsblatt aufgenommen hatten. Eine theoretische Leitidee für die Kategorienbildung war ein Modell schulischer Ressourcen, das durch die Berücksichtigung von Schülervoraussetzungen, bewährter Unterrichtsstrategien, verinnerlichteten Bildungszielen und außerschulischen Hilfen über traditionelle Vorstellungen hinausgeht, die sich zumeist auf das Schulbudget oder die Ausstattung der Sammlung beschränken (s. COHEN, RAUDENBUSCH und BALL 2000). Die zweite theoretische Leitidee stammte aus neueren Untersuchungen zur Materialnutzung durch Lehrkräfte, nach denen die Gestaltung von innovativem Unterricht notwendigerweise mit Aktivitäten zur Auswahl, Reduktion oder Modifikation der verfügbaren Ressourcen einhergeht

(z.B. BROWN und EDELSON 2003). Dieser Ansatz steht in enger Verbindung mit der enactment - Perspektive für die Implementation, da er von einer zentralen Rolle von Lernenden und Lehrenden bei der Realisierung von Unterricht ausgeht.

Umsetzung der Implementationsszenarien vor Ort

Die Implementationsszenarien dienten dazu, die Ressourcen und Aktivitäten zu identifizieren, die Lehrkräfte berücksichtigen, wenn sie im Rahmen eines Fortbildungsworkshops Unterricht zum Thema „System Erde“ auf der Grundlage der neuen Materialien planen. Bei dieser Studie gingen wir davon aus, dass bei der Umsetzung der Szenarien in der Klasse oder in einem selbst organisierten Fortbildungsseminar Randbedingungen und Zwänge hervortreten können, die im Workshop nicht berücksichtigt worden waren. Um zu prüfen, wie viele der Workshop-teilnehmerInnen ihre Szenarien umgesetzt haben und welche nicht vorhergesehen Probleme in der Praxis aufgetreten waren, haben wir mit 52 der 108 Teilnehmenden eine Telefonbefragung durchgeführt.

14 der Befragten gaben an, dass sie das Szenarium aus der Fortbildung in ihrer Klasse umsetzen konnten. 10 von ihnen ergänzten, dass sie ihr Szenarium vor Ort weiter verändern mussten. Die Gründe der Übrigen, die Szenarien gar nicht umzusetzen, waren sehr vielfältig und ließen sich nur qualitativ auswerten. Zwei der Befragten gaben an, dass sie in ihrer jeweiligen Bildungseinrichtung keine geeigneten Lehrkräfte finden konnten. Ein relativ großer Stellenwert hatten curriculare Probleme wie z.B., dass das neue Curriculum „Natur und Technik“ noch nicht in Kraft getreten sei oder dass die physische Geografie nur einen geringen Spielraum in den Lehrplänen einnehme. Ebenfalls häufig genannt wurde das Argument, man hätte im laufenden Schuljahr keine Klasse, für die sich das Thema eignen würde. Weitere Gründe für die Nichtbehandlung waren Krankheit oder andere Ursachen für eine längere Abwesenheit von der Schule.

Zusammenfassung

Die vorliegende Studie war explorativ, da sie aus den vorliegenden Daten Kriterien zur Beschreibung der Adaptationsprozesse und zur Optimierung der schulischen Umsetzung entwickelte. Die Testung der so gewonnenen Kriterien an einer neuen Stichprobe bleibt einer Folgeuntersuchung vorbehalten.

Die Fortbildungsworkshops in den Bundesländern waren von besonderer Bedeutung zur Untersuchung der Implementationsprozesse, da sie einen idealtypischen Rahmen zur Klärung der Frage boten, wie sich die Materialien und Konzepte von „System Erde“ in die Routinen von Schulpraktikern einfügen lassen und welche Qualifikationen dazu erforderlich sind. Zum idealtypischen Rahmen der Workshops gehörte das breite Angebot an Experimentiermaterialien, Simulationen und Texten, die Fachvorträge nicht zuletzt die Zusammenarbeit des IPN mit den Fortbildungseinrichtungen der Bundesländer und dem Koordinierungsbüro Geotechnologien in Potsdam. Die Befragung der Teilnehmenden zeigte, dass die erarbeiteten Projektmaterialien in der jeweils vorliegenden Form eine Vielfalt von Merkmalen aufwiesen, die die

Implementationsbereitschaft der Lehrkräfte fördern. Die Untersuchung wies auch auf die Notwendigkeit der Fortbildungsangebote zur Motivierung und Qualifizierung der Schulpraktiker für ein Gebiet hin, dass in der Lehrerbildung eher vernachlässigt wird (s. HLA-WATSCH und HANSEN 2004). Aus den Daten ging weiterhin hervor, dass die Befragten die Unterstützung der Kultusverwaltung und Lehrpläne für einen fächerübergreifenden oder fächerverbindenden Ansatz mit den Materialien von „System Erde“ für ungenügend hielten.

Der Schwerpunkt der wissenschaftlichen Begleitforschung lag auf der Frage, wie die Anpassungsprozesse bei der lokalen Umsetzung des innovativen Materials zu „System Erde“ verlaufen und wie sie sich für den flexiblen Einsatz in den verschiedenen Bundesländern und unter unterschiedlichen schulischen Rahmenbedingungen optimieren lassen. Dabei zeigten die Daten aus der schriftlichen Befragung der Workshopteilnehmenden, dass die Modularität der Materialien den Umsetzungsprozess fördert.

Abbildung 27 fasst die wichtigsten Ergebnisse der Studie als heuristisches Modell für die schulische Umsetzung von System Erde zusammen. Die drei Spalten „Entwicklung“, „Fortbildungsworkshops“ und „Unterricht“ benennen die Tätigkeitsbereiche für die Implementation. Die beiden Spalten mit jeweils drei Elementen kennzeichnen die dabei relevanten Ressourcen und deren Veränderung im Implementationsprozess.

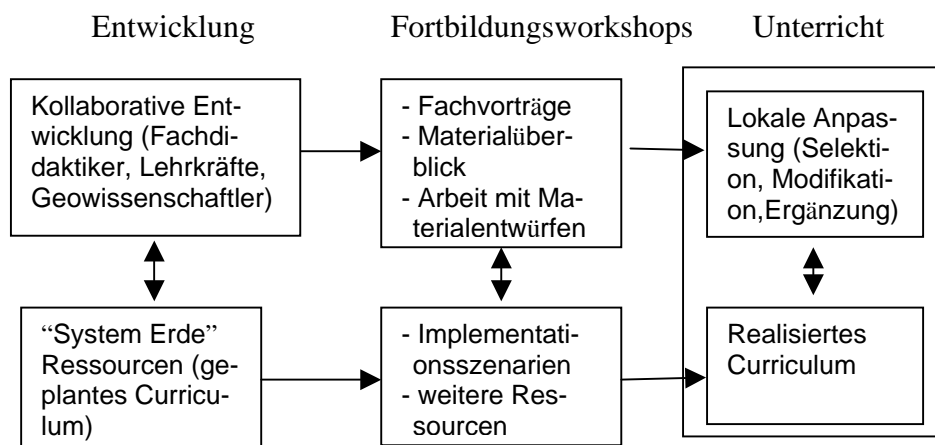


Abbildung 27: Ein heuristisches Modell für die schulische Umsetzung von „System Erde“

Auf dem Hintergrund des eingangs erwähnten explorativen Charakters der vorliegenden Studie wäre das Modell in Abbildung 27 in einer Folgeuntersuchung an einer anderen Stichprobe zu validieren.

1.5 Öffentlichkeitsarbeit

Wesentliche Elemente der Öffentlichkeitsarbeit des Projektes waren

- Der jährlich erscheinende Newsletter, der den IPN-Blättern beigeheftet wurde und auf diversen Veranstaltungen an Lehrkräfte verteilt wurde
- Die Internetseiten mit dem Webserver

- Fortbildungsveranstaltungen für Lehrkräfte und die auszugsweise Veröffentlichung der Unterrichtsmaterialien in Sonderheften von weit verbreiteten Lehrerzeitschriften
- Fachvorträge im Rahmen von nationalen und internationalen Tagungen
- Veranstaltungen für die Öffentlichkeit im Rahmen von Tagen der offenen Tür und Veranstaltungen des Geojahres 2002

Die Veröffentlichungen und Veranstaltungen sind in der Publikations- und Veranstaltungsliste zusammengestellt worden. An dieser Stelle wird über die Arbeiten für das Internet berichtet.

Die **Internet-Seite** des Projektes dient neben der Darstellung des "Forschungsdialogs System Erde" auch als Quelle zusätzlicher Information für Lehrende und Lernende. Hierzu wurden Arbeiten an den Bereichen "Linksammlung" und "Exkursionen und Außerschulische Lernorte" durchgeführt. Die Linksammlung besteht aus kommentierten Verweisen auf relevante Internet-Angebote. Ein Konzept für die Darstellung der "Außerschulischen Lernorte" wurde erarbeitet und auf einem Lehrerkreistreffen am GFZ in Potsdam vorgestellt. "Außerschulische Lernorte" umfassen hierbei im weitesten Sinn alle Einrichtungen (z.B. Museen, Forschungsinstitute, Science Center) und Geländepunkte (z.B. Bio- und Geotope, Naturparks), die bei der Vermittlung geowissenschaftlicher Zusammenhänge unterstützen können. In Zusammenarbeit der im Projekt beschäftigten Geowissenschaftlerinnen und -wissenschaftler, der Grafikerin des IPN (Frau Erika KOLACZINSKI) und dem Betreuer der Internet-Seiten (Herr Michael LÜDKE) wurde eine vereinfachte geologische Deutschlandkarte als Einstiegsmotiv entwickelt. Diese Karte verbindet die Möglichkeit, sich einen ersten Überblick über die regionale Verteilung geologischer Phänomene zu verschaffen, mit der Option, durch einen Mausklick zu der nach Bundesländern sortierten Datensammlung zu gelangen. Für jeden Eintrag steht ein separates HTML-Datenblatt zur Verfügung, mit dessen Hilfe die Besonderheiten des außerschulischen Lernortes beziehungsweise der Informationsquelle kurz beschrieben, sowie gegebenenfalls Bezugsquellen und Kontaktmöglichkeiten genannt werden. Allgemein zugängliche Informationsquellen, wie beispielsweise Internet-Seiten und Exkursionsführer, können direkt in die Sammlung aufgenommen werden. Für die bestehende Internetdatenbank für außerschulische Lernorte wurde ein Programm erstellt mit dem weitere Angebote stark vereinfacht ergänzt werden können.

Die Internetadresse wurde im Rahmen der Vielfältigen Aktivitäten der Öffentlichkeitsarbeit verbreitet. In Kürze werden auch alle Unterrichtsmaterialien (ohne Lösungsbögen) bereitgestellt.

2. Voraussichtlicher Nutzen, insbesondere der Verwertbarkeit des Ergebnisses im Sinne des fortgeschriebenen Verwertungsplanes

Das Projekt „Forschungsdialog: System Erde“ befindet sich an der Schnittstelle zwischen geowissenschaftlicher Forschung und der Vermittlung der Ergebnisse in Schule und Öffentlichkeit. Die Aufarbeitung der Unterrichtskonzeptionen erfolgte in Kooperation mit Fachdidaktikern, Geowissenschaftlern und Lehrkräften der Naturwissenschaften und der Geografie.

Es sind Unterrichtsmaterialien entstanden, durch die Schülerinnen und Schüler aktuelle und für die Zukunftsbewältigung als zentral angesehene Bereiche der interdisziplinären geowissenschaftlichen Forschung kennen lernen und mit aktuellen Forschungsmethoden und wissenschaftliche Arbeitsweisen vertraut gemacht werden. Dies geschah auf dem aktuellen Kenntnisstand der Bildungsforschung. Die Evaluation (s. Abschnitt 1.3) hat gezeigt, dass sowohl die Unterrichtsmaterialien für die Sekundarstufe II als auch die für die Primarstufe, den an das Projekt gestellten Anforderungen gerecht werden.

Wichtige Hinweise auf die Verwertbarkeit lieferte die Implementationsstudie (s. Abschnitt 1.4), die ausführliche Befragungen von Lehrkräften verschiedener Bundesländer einschloss. Den Materialien wird generell eine gute Verwertbarkeit bescheinigt. Allerdings sind unterstützende Maßnahmen in Form von Fortbildungsworkshops vor Ort in den Bundesländern weiterhin notwendig.

Es ist zu erwarten, dass die Materialien für die Grundschule, auch eine Basis bilden für den naturwissenschaftlichen Unterricht in den Jahrgangsstufen 5. und 6. der Sekundarstufe. Der geowissenschaftliche Kontext ermöglicht ein fachübergreifendes Arbeiten und bietet damit beste Voraussetzungen für die Unterrichtskonzeption in disziplinübergreifenden naturwissenschaftlichen Fächern, die in einigen Ländern bereits eingeführt worden sind. Besonders die Begleitmaterialien werden den Lehrkräften Möglichkeiten bieten naturwissenschaftliche Unterrichtsinhalte und Denk- und Arbeitsweisen zu vermitteln. In diesem Sinne bieten die Materialien eine Grundlage zur Gestaltung und zur Lösung der Übergangsproblematik für den naturwissenschaftlichen Unterricht von der Primarstufe in die Sekundarstufe.

Außerdem haben Museen und Einrichtungen großes Interesse an den Materialien geäußert.

3. Während der Durchführung bekannt gewordene Fortschritte auf dem Gebiet des Vorhabens bei anderen Stellen

Ein vergleichbares Forschungs- und Entwicklungsprojekt zum Thema System Erde in der gymnasialen Oberstufe und in der Grundschule wurde während der Laufzeit weder in Deutschland noch international durchgeführt. Ergebnisse spezieller Arbeiten wurden genutzt, auf diese Arbeiten wurde in diesem Bericht an geeigneter Stelle Bezug genommen.

4. Erfolgte und geplante Veröffentlichungen und Veranstaltungen

1999

Aufsätze

SCHILKE, K. (1999). Lernvoraussetzungen von Kindern zum Thema Dinosaurier. ZfDN, Jg. 5, 1999, S. 2 - 14.

2000

Aufsätze

- HANSEN, K.-H. (2000). Vorstudie zu Implementationsbedingungen im Projekt „System Erde“.
- SCHILKE, K., WEIBLER, B. (2000). Die Vielfalt von Pflanzen und Tieren in Grundschullehrplänen zum Sachunterricht und zum Schulgartenunterricht. ZfDN, Jg. 6, 2000, S. 129 -137.

Workshops und Lehrerfortbildungen

- HLAWATSCH, S., BAYRHUBER, H., RAFFELSIEFER, M., PARCHMANN, I., BÜNDER, W., EULER, M.; HILDEBRANDT, K., HANSEN, K.-H. (2000). 1. Lehrerforum zum Forschungsdialog: System Erde am IPN, GEOMAR und Institut für Meereskunde, 30.11. - 02.12.00, Kiel.

2001

Aufsätze

- BAYRHUBER, H. (2001). Zur Rolle der Schule bei der Kommunikation zwischen Wissenschaft und Öffentlichkeit. In: Marc-Denis Weitze (Hrsg.): Public Understanding of Science im deutschsprachigen Raum: Die Rolle der Museen. München: Deutsches Museum, 1, S. 62 - 82.
- KALLÄNE, B. und SCHILKE, K. (2001). Hier und anderswo. Eine Analyse der Lehrpläne für den Sachunterricht. ZfDN, Jg. 7, 2001, S. 69 - 81.

Vorträge und Präsentationen

- BAYRHUBER, H. (2001). Zur Rolle der Schule bei der Kommunikation zwischen Wissenschaft und Öffentlichkeit. Beitrag zum Workshop des Deutschen Museums „Public Understanding of Science and Humanities im deutschsprachigen Raum: Die Rolle der Museen. 17.9.2001 in München.
- BAYRHUBER, H. (2001). System Erde: Kohlenstoffkreislauf. Vortrag beim Workshop des Projektes Joint Global Ocean Studies (JGOFS) am Institut für Meereskunde, 06.12.2001 in Kiel.
- HASSENPFUG, W. (2001). Das Projekt „Forschungsdialog: System Erde“: Innovationen für den Geographieunterricht. Vortrag und Posterpräsentation auf dem 53. Deutschen Geographentag „Stadt und Region - Dynamik von Lebenswelten“ der Vereinigung deutscher Hochschulgeographen, 29.09 – 06.10.2001 in Leipzig.
- HILDEBRANDT, K. (2001). Untersuchungen zu Schülervorstellungen vom System. Vortrag auf der 3. Frühjahrschule des VdBiol Sektion Biologiedidaktik, 30.3. – 01.04.2001 in Hannover.
- HILDEBRANDT, K. und BAYRHUBER, H., (2001). Untersuchungen zu Schülervorstellung vom System Erde. In: Bayrhuber, H. at al., Biowissenschaften in Schule und Öffentlichkeit.

Jubiläumstagung zum 25jährigen Bestehen der Sektion Biologiedidaktik im VDBiol, Rendsburg 2001. Kiel: IPN, S. 243 - 245.

HLAWATSCH, S. (2001). Multimediale Unterrichtsmaterialien des Forschungsdialogs: System Erde. Vortrag und Posterpräsentation auf dem 53. Deutschen Geographentag „Stadt und Region - Dynamik von Lebenswelten“ der Vereinigung deutscher Hochschulgeographen, 29.9 – 06.10.2001 in Leipzig.

HLAWATSCH, S., BÜNDER, W., EULER, M., FRAEDRICH, W., GUDJONS, W., H., HANSEN, K.-H., HASSENFLUG, W., SEBALD, R., VENKE, S., (2001). Geodynamik - Dynamische Erde: Konzepte und Materialien für einen fachübergreifenden Biologieunterricht. In: Bayrhuber, H. at al., Biowissenschaften in Schule und Öffentlichkeit. Jubiläumstagung zum 25jährigen Bestehen der Sektion Biologiedidaktik im VDBiol, Rendsburg 2001. Kiel: IPN, S. 246 - 249.

RAFFELSIEFER, M. (2001). Das Projekt „Forschungsdialog: System Erde“: Das didaktische Konzept. Vortrag und Posterpräsentation auf dem 53. Deutschen Geographentag „Stadt und Region - Dynamik von Lebenswelten“ der Vereinigung deutscher Hochschulgeographen, 29.09 – 06.10.2001 in Leipzig.

RAFFELSIEFER, M., PARCHMANN, I., BAYRHUBER, H. (2001). Biodiversität und Stoffkreisläufe in der Tiefsee als Thema für einen fachübergreifenden Biologieunterricht. In: Bayrhuber, H. at al., Biowissenschaften in Schule und Öffentlichkeit. Jubiläumstagung zum 25-jährigen Bestehen der Sektion Biologiedidaktik im VDBiol, Rendsburg 2001. Kiel: IPN, S. 250 - 253.

Workshops und Lehrerfortbildungen

BOSLER, U., HILDEBRANDT, K. (2001). Informationsveranstaltung „Volvo Ocean Race Research“. 07.09.2001 in Kiel.

BOSLER, U., HILDEBRANDT, K. (2001). Workshop „Volvo Ocean Race Research“. 25. – 26.11.2001 in Bad Malente.

HLAWATSCH, S., BAYRHUBER, H., RAFFELSIEFER, M., PARCHMANN, I., BÜNDER, W., EULER, M.; HILDEBRANDT, K., HANSEN, K.-H. (2001). 1. Workshop des Projektes „Forschungsdialog: System Erde“. Diskussion des Konzeptes der Unterrichtsmaterialien mit Lehrkräften, Fachdidaktikern und Geowissenschaftlern. IPN 09. – 10.03.2001 in Kiel.

HLAWATSCH, S., BAYRHUBER, H., RAFFELSIEFER, M., PARCHMANN, I., BÜNDER, W., EULER, M.; HILDEBRANDT, K., HANSEN, K.-H. (2001). 2. Workshop des Projektes „Forschungsdialog: System Erde“. Diskussion der ersten Entwürfe von Unterrichtsmaterialien mit Lehrkräften, Fachdidaktikern und Geowissenschaftlern sowie Fachvorträge am GEOMAR. 13. – 14.6.01 in Kiel.

HLAWATSCH, S., HEINECKE-HERZOG, M., REIMANN, N. (2001). Das Projekt „System Erde“ Konzepte und Materialien für einen fächerübergreifenden Unterricht. Workshop im Rahmen der Fachtagung des Amtes für Schule am Institut für Lehrerfortbildung: Weiter-

entwicklung des naturwissenschaftlich-technischen Unterrichts,. 26. – 29.09.2001 in Hamburg.

LUCIUS, E., REIMANN, N., SIEMER, F. (2001). Kohlenstoffkreislauf im Meer. Durchführung eines Praktikums auf der Abschlussveranstaltung des Jahres der Biowissenschaften/Auftakt Veranstaltung des Jahres der Geowissenschaften „Life Science – Leben ist Vielfalt“. Senckenberg Museum, 26.11. - 28.11.2001 in Frankfurt.

2 0 0 2

Aufsätze

BAYRHUBER, H., BÜNDER, W., EULER, M., HASSENPFUG, W., HILDEBRANDT, K., HLAWATSCH, S., LUCIUS, E.R., RAFFELSIEFER, M., SIEMER, F. (2002). Didaktik Analysis for the System Earth Project. The analytical foundation of the System Earth Project. In IOSTE, 10th Symposium Proceedings, Vol. 1, (pp. 301 - 310). Sao Paulo: IOSTE.

BAYRHUBER, H., HÄUßLER, P., HEMMER, I., HLAWATSCH, S., Hoffmann, L. and RAFFELSIEFER, M. (2002). Interesse an geowissenschaftlichen Themen. Ergebnisse einer Interessensstudie im Rahmen des Projekts „Forschungsdialog System Erde“. *Geographie Heute*, 23 (202), S. 22 - 23.

HILDEBRANDT, K., BAYRHUBER, H., (2002). System Thinking in Multi-perspektive Learning in the Carbon Cycle Context (Artikel für referierten Forschungsband, in Druck).

HLAWATSCH, S., VENKE, S. (2002). Schwermetalle in der Ostsee: Kupfer und Zink. In: *Unterricht Chemie*, 13, 2002, Nr. 72, S. 41 - 43.

SOMMER, C. (2002). Wie Grundschüler sich die Erde im Weltall vorstellen - eine Untersuchung von Schülervorstellungen. *Zeitschrift für die Didaktik der Naturwissenschaften*, Jg. 8, 2002, S. 69 - 84.

Vorträge und Präsentationen

BAYRHUBER, H., BÜNDER, W., EULER, M., HASSENPFUG, W., HILDEBRANDT, K. HLAWATSCH, S., LUCIUS, E., RAFFELSIEFER, M., SIEMER, F. (2002). The analytical foundation of the System Earth project. In Nelio Bizzo, Clarice S. Kawasaki, Laércio Ferracioli and Vivian L. Rosa, Eds. *Rethinking Science and Technology Education to Meet the Demands of Future Generations in a Changing World. Proceedings of the 10th Symposium of the International Organization for Science and Technology Education – Foz do Iguaca, Paraná, Brazil, 28 July - 2 August 2002.*

BAYRHUBER, H., HOFFMANN, L., HÄUßLER, P., HLAWATSCH, S., RAFFELSIEFER, M., HEMMER, I., HEMMER, M. (2002). Analysis of students' interests in "System Earth". Paper presented at NARST, New Orleans, 07. – 10.04.02. Page 157.

Bayrhuber, H., Hoffmann, L., Hemmer, I., Hemmer, M., Taskinen, P., Hlawatsch, S., Raffelsiefer, M. (2002). Students' Interest in "System Earth" with special consideration of biological aspects. Paper presented at ERIDOB 22. – 26.10.02 in Toulouse.

- BOSLER, U., HILDEBRANDT, K. (2002). Volvo Ocean Race Research – Verbindung von Segelsport, Meeresforschung und naturwissenschaftlichem Unterricht. Präsentation (Ausstellung) im Science Park auf dem Forschungsschiff „Alkor“, 07. - 10.06.2002 in Kiel.
- HILDEBRANDT, K., BAYRHUBER, H. (2002). Students' conceptions about System Earth – system thinking in the carbon cycle context; Paper presented at NARST 07. – 10.04.02 in New Orleans.
- HILDEBRANDT, K., BAYRHUBER, H., (2002). Students' Conceptions about System Earth - System Thinking in the Carbon Cycle Context. Paper presented at ERIDOB 22. –26.10.02 in Toulouse.
- HLAWATSCH, S. (2002). Das Projekt System Erde: Konzepte und Materialien für einen fächerverbindenden, handlungsorientierten und computergestützten Unterricht in den Naturwissenschaften und der Geographie. Vortrag im Rahmen des Start up Workshops der Robert Bosch Stiftung Nat-Workling Meeresforschung. 13.10.02 in Bad Segeberg.
- HLAWATSCH, S. (2002). Der Kreislauf der Gesteine. Vortrag im Rahmen der Lehrerfortbildung des IPTS „Was können Kinder über Steine lernen?“. 16.05.02 in Kiel.
- HLAWATSCH, S., BAYRHUBER, H., BÜNDER, W., EULER, M., HANSEN, K.-H., HASSENPFUG, W., HILDEBRANDT, K., LUCIUS, E.R. (2002). Earth System Education in Germany: The Earth as a System Project. Paper presented at NARST 07. – 10.04.02 in New Orleans.
- HLAWATSCH, S., BAYRHUBER, H., EULER, M., HANSEN, K.-H., HASSENPFUG, W., HILDEBRANDT, K., REIMANN, N., SIEMER, F., VENKE, S. (2002). Das Projekt „System Erde“: Konzepte und multimediale Materialien für einen fächerübergreifenden naturwissenschaftlichen Schulunterricht. Symposium „Medieneinsatz in der Wissenschaft“ des Institutes für den wissenschaftlichen Film (IWF), am 10.01.2002 in Göttingen.
- SIEMER, F. (2002). Das Projekt System Erde: Vorstellung des Konzeptes am Beispiel des Kohlenstoffkreislaufes. Vortrag im Rahmen der Ausbildung von Referendaren des Landes Schleswig-Holstein. 25.04.02 in Bad Segeberg.

Workshops und Lehrerfortbildungen

- BOSLER, U., HILDEBRANDT, K. (2002). Volvo Ocean Race Research. 2. Workshop. 28.02.2002 am Institut für Meereskunde (IfM) in Kiel.
- FISCHER, M., RIECK, K. (2002). Geotheater. Einladung des Geotheaters durch die Projektgruppe an die Hardenberg-Grundschule am 28.-29. 11. 02 in Kiel.
- HLAWATSCH, S., REIMANN, N., SIEMER, F. (2002). Planet Erde - ein dynamisches System: computergestützte Materialien und Versuche für einen interdisziplinären Naturwissenschafts- und Geographieunterricht. Workshop im Rahmen der überregionalen Tagung des Fördervereins für den Mathematisch-Naturwissenschaftlichen Unterricht (MNU) in Bremerhaven, 18. – 19.11.02 in Bremerhaven.

- HLAWATSCH, S., BAYRHUBER, H., SIEMER, F., HILDEBRANDT, K., HANSEN, H., BOSLER, U., REIMAN, N., BERG, S. (2002). 3. Workshop des Projektes „Forschungsdialog: System Erde“. Diskussion von Unterrichtsmaterialien mit Lehrkräften, Fachdidaktikern und Geowissenschaftlern sowie Fachvorträge am Marum. 19. – 20.03.02 in Bremen.
- HLAWATSCH, S., BAYRHUBER, H., SIEMER, F., HILDEBRANDT, K., HANSEN, H., THIELE, M., BERG, S. (2002). 4. Workshop des Projektes „Forschungsdialog: System Erde“: Diskussion von Unterrichtsmaterialien mit Lehrkräften, Fachdidaktikern und Geowissenschaftlern sowie Fachvorträge am Deutschen Museum. 3. – 4.9.02 in München.
- HLAWATSCH, S., BERG, S., SIEMER, F. (2002). Dynamische Erde: Experimente und multimediale Unterrichtseinheiten. Fortbildung für Multiplikatoren des Landes Nordrhein-Westfalen an der Ruhr-Universität Bochum in Zusammenarbeit mit dem Landesinstitut für Schule und Weiterbildung und dem Koordinationsbüro Geotechnologien. 3.-5.6.02 in Bochum.
- HLAWATSCH, S., BERG, S., SIEMER, F. (2002). Planet Erde – ein dynamisches System: computergestützte Materialien und Versuche für einen interdisziplinären naturwissenschaftlich-geographischen Unterricht. Fortbildung für Multiplikatoren des Landes Sachsen an der Sächsischen Akademie für Lehrerbildung in Zusammenarbeit mit dem Koordinationsbüro Geotechnologien. 25.-27.11.02 in Meißen.
- HLAWATSCH, S., SIEMER, F., REIMANN, N. (2002). Das Projekt „System Erde“ Konzepte und Materialien für einen fächerübergreifenden Unterricht: Dynamische Erde und Kohlenstoffkreislauf. Workshop in Zusammenarbeit mit dem Institut für Lehrerfortbildung. 28.5.02 in Hamburg.
- SCHILKE, K. (2002). Der Kreislauf der Gesteine. Fortbildung für Multiplikatoren des IPTS. „Was können Kinder lernen?“. 16.05.02 am IPN in Kiel.
- SIEMER, F., HLAWSATSC, S., REIMANN, N. (2002). Dynamischer Planet Erde: Versuche zum Kohlenstoffkreislauf als Beispiel für einen interdisziplinären Naturwissenschafts- und Geographieunterricht. Workshop im Rahmen der überregionalen Tagung des Fördervereins für den Mathematisch-Naturwissenschaftlichen Unterricht (MNU) in Bremerhaven, 18. – 19.11.02 in Bremerhaven.

Internet-basierende Informationsquellen für Schulen

BERG, J.S. (2002). Kommentierte Liste mit außerschulischen Lernorten.

<http://systemerde.ipn.uni-kiel.de/exkursionen.html>.

BERG, J.S. (2002). Kommentierte Linkliste.

<http://systemerde.ipn.uni-kiel.de/linksammlung.html>

2003

Aufsätze

- BAYRHUBER, H., HOFFMANN, L., HEMMER, I., HEMMER, M., TASKINEN, P., HLAWATSCH, S., RAFFELSIEFER, M. (2003). Students' interest in "System Earth" with special consideration of biological aspects. In: J. Lewis, A. Magro & L. Simonneaux (Eds.), *Biology Education for the Real World. Student-Teacher-Citizen; Proceedings of the IVth ERIDOB Conference*, (pp. 229-242). Toulouse-Auzeville: enfa (Ecole nationale de formation agronomique).
- FISCHER, M. RIECK, K., BAYRHUBER, H. (2003). Annäherung an das System Erde. *Grundschule*, Heft 6, S. 28-29.
- HANSEN, K.-H., HLAWATSCH, S. (2003). Students' Conception of System Earth: The Development and Application of a Word Association Test . *Proceedings of the NARST 2003 conference from March 23. – 26.3.03 in Philadelphia (CD-ROM, pp. 17).*
- HLAWATSCH, S., BAYRHUBER, H., EULER, M., HANSEN, K.-H., HILDEBRANDT, K., HOFFMANN, L., LUCIUS, E.R., SIEMER, F., HASSENPFUG, W. (2003). Earth Systems Education in Germany. In: *Global Science Literacy*. (Ed) V. Mayer. Ohio State University, pp. 155 – 166.

Vorträge und Präsentationen

- FISCHER, M., RIECK, K., BAYRHUBER, H. (2003). System Erde in der Primarstufe. *GDSU*, 6.-8.03.03 in Regensburg.
- FISCHER, M., RIECK, K., BAYRHUBER, H. - How to Develop a System Understanding of the 'System Earth' in Elementary School - An Approach to Build up a Better Awareness of the Earth. *GeoSciEd IV 10.-14.8.2003 in Calgary, Canada.*
- FISCHER, M., RIECK, K., BAYRHUBER, H. (2003). Das Projekt: „System Erde“ - Primarstufe. *VdBiol 14.-19.09.2003 in Berlin*, S. 265.
- FISCHER, M., RIECK, K., BAYRHUBER, H. (2003). Naturwissenschaftlicher Sachunterricht - im Kontext der Geowissenschaften - Beispiele für den Unterricht. *GDCP*, 15. – 18.9.03 in Berlin.
- HANSEN, K.-H., HLAWATSCH, S. (2003). Students' Conception of System Earth: The Development and Application of a Word Association Test . *NARST 22 – 26.3.03 in Philadelphia (CD-ROM, pp. 17).*
- HASSENPFUG, W., BAYRHUBER, H., HLAWATSCH, S., SIEMER, F., (2003). geOmovie, Präsentation der Animationen „Eine Einführung“ am IWF, 27. - 29.05.03 in Göttingen.
- HASSENPFUG, W. (2003). Das Projekt „Forschungsdilog: System Erde“: Struktur der Materialien und Stand der Materialentwicklung. Präsentation und Diskussion im Arbeitskreis „Physische Geographie“ auf dem 54. Deutschen Geographentag in Bern am 2.10. 2003.

- HILDEBRANDT, K., BAYRHUBER, H., (2003). System Thinking in Multi-Perspective Learning in the Carbon Cycle Context. In Conference Proceedings of the GeoSciEd IV, August 2003, Earth Science of the Global Community. Published in Calgary, Alberta, Canada by the GeoSciEd IV Organizing committee on behalf of the International Geoscience Education Organization.
- HILDEBRANDT, K., BAYRHUBER, H. (2003). Systemisches Denken und multiperspektivisches Lernen am Beispiel des globalen Kohlenstoffkreislauf. Entwicklung von Wissen und Kompetenzen im Biologieunterricht. Internationale Tagung der Sektion Biologiedidaktik im VdBiol, 14. bis 19. Sept. 2003, in Berlin, S. 127 - 130.
- HLAWATSCH, S., HANSEN, K.-H. HEIDRICH, A. (2003). Geoinstitute als außerschulische Lernorte für den Biologieunterricht: Eine Feldstudie im Rahmen des Kieler Geotages am 28.08.02. In A. Bauer, H. Bayrhuber, A. Bittner, S. Bögeholz, K.-H. Gehlhaar, et al. (Hrsg.), Entwicklung von Wissen und Kompetenzen im Biologieunterricht. Internationale Tagung der Sektion Biologiedidaktik im VdBiol, Berlin, 14. bis 19. Sept. 2003 (S. 259). Kiel: IPN.
- HLAWATSCH, S., LUCIUS, E.R., BAYRHUBER, H., SIEMER, F., EULER, M. (2003). geOmovie, Präsentation der Animationen „Sphärenralleye“ am IWF, 27. - 29.05.03 in Göttingen.
- HLAWATSCH, S., HANSEN, H. (2003). Aus- und Fortbildung an geowissenschaftlichen Instituten: Impulse aus Projekt „Forschungsdialog: System Erde. URBAN 2003, Jahrestagung der Deutschen Geologischen Gesellschaft 24. -28.9.03 in Bochum.
- HLAWATSCH, S., HANSEN, K.-H. (2003). Research strategies for Earth Systems Education. ESE-Workshop before the NARST 22.3.03 in Philadelphia, USA.
- HLAWATSCH, S. (2003). International Ocean Drilling Program United States Education Workshop. Eingeladen von der Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (BGR). Integrated Ocean Drilling Program. 06. - 07.05.2003, Narragansett, Rhode Island.
- HLAWATSCH, S., BAYRHUBER, H., EULER, M., HANSEN, K.- H. HILDEBRANDT, K., LUCIUS, E.R., SIEMER, F. (2003). Introducing the Earth as a System: An interdisciplinary, computer based and cooperative teaching Unit for the Upper Secondary Education in Germany. Poster auf der Fourth International Geoscience Education Conference " Earth science for the global community" der IGEO (International Geoscience Education Organization), 10.08.-14.08.2003, in Calgary (Kanada).
- MIKELSKIS-SEIFERT, S., THIELE, M., WÜNSCHER, T. (2003). Lernen durch Experimentieren und Modellieren. MNU-Tagung, 16. - 18.11.2003 in Bremerhaven.
- RIECK, K., FISCHER, M., BAYRHUBER, H. (2003). „Forschungsdialog System Erde“ – Inhalte und Kompetenzen für den naturwissenschaftlichen Sachunterricht. GDSU, 06.-8.03.03 in Regensburg.

- RIECK, K., DOLL, J., FISCHER, M., BAYRHUBER, H. (2003). „System Earth“ – System Thinking in Elementary School in Jigsaw Technique – Case Study: Ecosystem “The Pond“. ESERA 19.-23.08.2003 in Noordwijkerhout, The Netherlands.
- RIECK, K., FISCHER, M., DOLL, J., BAYRHUBER, H. (2003). Förderung des systemischen Denkens in der Grundschule: Das Gruppenpuzzle als kooperative Unterrichtsform im naturwissenschaftlichen Sachunterricht am Beispiel des Ökosystems Teich. Entwicklung von Wissen und Kompetenzen im Biologieunterricht. Internationale Tagung der Sektion Biologiedidaktik im VdBiol, Berlin, 14. bis 19. Sept. 2003, S. 270.
- SIEMER, F., BAYRHUBER, H., HLAWATSCH, S. (2003). The Project "System Earth" in Upper Secondary School: 'Project: System Earth'. GeoScie Ed IV 10.-14.8.2003 in Calgary, Canada.
- SIEMER, F., LIPKOW, E. (2003). Entwicklung und Evaluation einer Unterrichtseinheit zum Thema: Die Entstehung der Biosphäre. Entwicklung von Wissen und Kompetenzen im Biologieunterricht. Internationale Tagung der Sektion Biologiedidaktik im VdBiol, 14. bis 19. Sept. 2003, in Berlin, S. 131 – 132.
- SOMMER, C. (2003). Untersuchung von Schülervorstellungen zur Gestalt der Erde. Internationale Tagung der Sektion Biologiedidaktik im VdBiol, Berlin, 14. bis 19. September 2003.
- THIELE, M., EULER, M. (2003). Umgang mit komplexen Systemen: Systemisches Denken im fächerübergreifenden Kontext. GDCP 15. – 18.9.03 in Berlin.
- THIELE, M. (2003). Modellierung von Strömungsphänomenen zur Thermohalinen Zirkulation (THZ). GDCP-Doktorandentagung, 24. – 26. Oktober 2003 in Berlin.

Workshops, Lehrerfortbildungen und Lehrplankonferenz

- FISCHER, M., HAMMANN, M., HASSENPFUG, W., HLAWATSCH, S., RAACK, N., RIECK, K., SIEMER, F., THIELE, M. (2003). 5. Workshop des Projektes „Forschungsdialog: System Erde: Das Projekt „System Erde" Konzepte und Materialien für einen fächerübergreifenden Unterricht. Workshop in Zusammenarbeit mit dem Geo-Forschungs-Zentrum (GFZ). 10. - 12.03.2003 in Potsdam.
- LEHRPLANKONFERENZ mit Teilnehmern aus den Bundesländern Mecklenburg-Vorpommern, Baden-Württemberg, Hessen, Hamburg, Bayern, Brandenburg, Rheinland-Pfalz und Schleswig-Holstein. 03. - 04.04.2003 am IPN in Kiel.
- HLAWATSCH, S., RAACK, N., REIMANN, N., SIEMER, F. (2003). System Erde: Unterrichtskonzepte, Experimente und multimediale Unterrichtsmaterialien. Fortbildung für Multiplikatoren des Landes Brandenburg am Pädagogischen Landesinstitut Brandenburg (PliB) in Zusammenarbeit mit dem Koordinationsbüro Geotechnologien. 28.-30.04.2003 in Ludwigsfelde.
- HLAWATSCH, S., FISCHER, M., HEIDRICH, A., RAACK, N., RIECK, K., SIEMER, F., SOMMER, C. (2003). 6. Workshop des Projektes „Forschungsdialog: System Erde“: Das Projekt „Sys-

tem Erde" Konzepte und Materialien für einen fächerübergreifenden Unterricht. Workshop in Zusammenarbeit mit dem Alfred-Wegener-Institut. 08. - 10.09.2003 in Bremerhaven.

- HLAWATSCH, S., SIEMER, F. (2003). Die Erde erforschen: Konzeption für einen fächerübergreifenden Unterricht in den Naturwissenschaften der Sek.II. Workshop im Rahmen der überregionalen Tagung des Fördervereins für den Mathematisch-Naturwissenschaftlichen Unterricht (MNU) in Bremerhaven, 17. – 18.11.03 in Bremerhaven.
- SIEMER, F., HLAWATSCH, S. (2003). Stoffkreisläufe und Klimasystem. Workshop im Rahmen der überregionalen Tagung des Fördervereins für den Mathematisch-Naturwissenschaftlichen Unterricht (MNU) in Bremerhaven, 17. – 18.11.03 in Bremerhaven.

2004

Aufsätze

- BAYRHUBER, H., HLAWATSCH, S., HILDEBRANDT, K., LUCIUS, E.R., RAACK, N., SIEMER F., THIELE, M. (2004). Das System Erde im fachübergreifenden Biologieunterricht. PdN-BioS 3/53. Jg. 2004, Aulis Verlag, S. 1 - 5.
- DOLL, J., RIECK, K., FISCHER, M. (2004). Zur Vermittlung von systemischen Zusammenhängen im naturwissenschaftlichen Sachunterricht der Grundschule: ein Vergleich instruktionszentrierten Unterrichts und kooperativen Unterrichts gemäß Gruppenpuzzle. Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften *submitted*.
- HLAWATSCH, S. (2004). Biogene Ablagerungsgesteine, Geologische Exkursionen im fachübergreifenden Biologieunterricht. PdN-BioS 3/53. Jg. 2004, Aulis Verlag, S. 20 - 22.
- HLAWATSCH, S., HANSEN, K.-H. (2003). Aus- und Fortbildung an geowissenschaftlichen Instituten: Impulse aus Projekt „Forschungsdialog: System Erde. In: GMIT Geowissenschaftliche Mitteilungen Nr. 15, März 2004, S. 63 – 67. ISSN: 1616-3921.
- LIPKOW, E., SIEMER, F. (2004). Vorstufen des Lebens - Theorien zur Entstehung der Biosphäre - Die Bedeutung der Gesteine und Mineralien. PdN-BioS 3/53. Jg. 2004, Aulis Verlag, S. 33 - 35.
- LUCIUS, E.R., HILDEBRANDT, K., LOCHTE, K. (2004). Der globale Kohlenstoffkreislauf als System. PdN-BioS 3/53. Jg. 2004, Aulis Verlag, S. 6 - 12.
- PEINERT, R., BAYRHUBER, H., LOCHTE, K. (2004). Ozean und globaler Kohlenstoffkreislauf. PdN-BioS 3/53. Jg. 2004, Aulis Verlag, S. 23 - 28.
- PEINERT, R., BAYRHUBER, H. (2004). Plankton und Kohlenstoffspeicherung im Ozean. PdN-BioS 3/53. Jg. 2004, Aulis Verlag, (s. Heftmitte).
- QUEISSER, C. (2004). Gashydrate und das Leben in der Tiefsee. PdN-BioS 3/53. Jg. 2004, Aulis Verlag, S. 29 - 31.

- REIMANN, N. (2004). Extraktion von Foraminiferenschalen aus Sedimentgestein. PdN-BioS 3/53. Jg. 2004, Aulis Verlag, S. 31 - 32.
- RIECK, K., FISCHER, M., BAYRHUBER, H. (2004). „Forschungsdialog: System Erde“ – Inhalte und Kompetenzen für den naturwissenschaftlichen Sachunterricht. In: A. Hartinger, M. Fölling-Albers (Hrsg.). Lehrerkompetenzen für den Sachunterricht. Klinkhardt Verlag, Bad Heilbrunn. 93 - 99.
- SCHLÜTER, K. (2004). Der Kohlenstoffkreislauf im fachübergreifenden Unterricht. PdN-BioS 3/53. Jg. 2004, Aulis Verlag, S. 13 - 19.
- THIELE, M., MIKELSKIS-SEIFERT, S., EULER, M. (2004). Modellieren von konzeptionellen Minimalmodellen zur Förderung des Modellverständnisses. CD zur Frühjahrstagung des Fachverbandes Didaktik der Physik, 15. - 18.03.2004 in Düsseldorf.

Vorträge und Präsentationen

- FISCHER, M., RIECK, K., BAYRHUBER, H. (2004). Geowissenschaftliche Inhalte bereits in der Grundschule! In: Franz Jacobs, Heinz-Gerd Röhling und Ogarit Uhlmann (Hrsg.): GeoLeipzig 2004, Geowissenschaften sichern Zukunft. Leipzig, 29.09. - 01.10.2004. Schriftenreihe der Deutschen Geologischen Gesellschaft, Heft 34, S. 228.
- HANSEN, K.-H., HLAWATSCH, S. (2004). Geowissenschaften im fächerverbindenden Schulunterricht: Untersuchung zum Einsatz der innovativen Materialien des Projektes „Forschungsdialog: System Erde durch Lehrkräfte“ In: Franz Jacobs, Heinz-Gerd Röhling und Ogarit Uhlmann (Hrsg.): GeoLeipzig 2004, Geowissenschaften sichern Zukunft. Leipzig, 29.09. - 01.10.2004. Schriftenreihe der Deutschen Geologischen Gesellschaft, Heft 34, S. 233.
- HEMMER, I., HEMMER, M., BAYRHUBER, H., HÄUBLER, P., HLAWATSCH, S., HOFFMANN, L., RAFELSIEFER, M. (2004). Was interessiert Schülerinnen und Schüler an den Geowissenschaften? - Ergebnisse empirischer Untersuchungen -. In: Franz Jacobs, Heinz-Gerd Röhling und Ogarit Uhlmann (Hrsg.): GeoLeipzig 2004, Geowissenschaften sichern Zukunft. Leipzig, 29.09. - 01.10.2004. Schriftenreihe der Deutschen Geologischen Gesellschaft, Heft 34, S. 234.
- HLAWATSCH, S. (2004). ECORD - International Ocean Drilling Program Workshop. The German Project "System Earth": Concepts and Teaching Materials for Science and Geography School Education within a Geoscience Context. Euro-Forum. 16.03.04 in Bremen.
- HLAWATSCH, S. (2004). Earth Systems Education in Germany. Concepts and Teaching Materials for Science and Geography School Education within a Geoscience context. International Workshop on Environmental Education and Earth Systems Education. National Institute for Educational Research, 23. - 29.03.04 in Tokyo.
- HLAWATSCH, S. (2004). Das Projekt „Forschungsdialog: System Erde“ - Präsentation des Unterrichtskonzeptes und der digitalen Materialien für die Sekundarstufe II. Deutscher Schulgeographentag, 25.09. - 01.10.2004 in Berlin.

- HLAWATSCH, S. (2004). Das Projekt „Forschungsdialog: System Erde“ - Konzepte und Materialien für einen computergestützten, fächerverbindenden geographisch-naturwissenschaftlichen Unterricht. Deutscher Schulgeographentag, 25.09. - 01.10.2004 in Berlin.
- HLAWATSCH, S. (2004). Das Projekt „Forschungsdialog: System Erde“: Konzepte und Materialien für einen fächerverbindenden und fachübergreifenden Schulunterricht in der Geographie und den Naturwissenschaften. In: Franz Jacobs, Heinz-Gerd Röhling und Ogarit Uhlmann (Hrsg.): GeoLeipzig 2004, Geowissenschaften sichern Zukunft. Leipzig, 29.09. - 01.10.2004. Schriftenreihe der Deutschen Geologischen Gesellschaft, Heft 34, S. 232.
- LÜCKEN, M., HLAWSATSC, S., RAACK, N. (2004). Evaluation von geowissenschaftlichem Unterricht: Ergebnisse aus dem Projekt „Forschungsdialog: System Erde“. In: Franz Jacobs, Heinz-Gerd Röhling und Ogarit Uhlmann (Hrsg.): GeoLeipzig 2004, Geowissenschaften sichern Zukunft. Leipzig, 29.09. - 01.10.2004. Schriftenreihe der Deutschen Geologischen Gesellschaft, Heft 34, S. 241.
- RIECK, K., FISCHER, M., BAYRHUBER, H. (2004). „Forschungsdialog: System Erde“ - Unterrichtsmaterialien zum Thema Astronomie. GDSU, 11.-13.03.2004 in Potsdam.
- SOMMER, C. (2004). Systemdenken von Grundschulern am Beispiel: Weißstorch – Verbindung zweier Ökosysteme in Europa und Afrika. BGR Workshop. Hannover, 18. –20. 4. 2004.
- THIELE, M., MIKELSKIS-SEIFERT, S., EULER, M. (2004). Modellieren von konzeptionellen Minimalmodellen zur Förderung des Modellverständnisses. Poster der DPG Tagung, 15. - 18.03.2004 in Düsseldorf
- THIELE, M. (2004). Experimentieren mit Modellen - ein Weg der Erkenntnisgewinnung. GDCP, 13. - 16.09.2004 in Heidelberg.
- THIELE, M. (2004). Sherlock Holmes und der Klimawandel - Folge 1: Die Thermohaline Zirkulation. 7. Marie-Curie-Tag, 04.11.04 am Marie-Curie-Gymnasium, Landkreis Teltow-Flaeming, Ludwigsfelde.

Workshops und Lehrerfortbildungen

- HLAWATSCH, S., SIEMER, F. (2004). System Erde: Unterrichtskonzepte, Experimente und multimediale Unterrichtsmaterialien. Fortbildung für Multiplikatoren des Landes Mecklenburg-Vorpommern am Landesinstitut für Schule und Ausbildung (L.I.S.A.) in Zusammenarbeit mit dem Koordinationsbüro Geotechnologien. 04. - 06.02.2004 in Bad Doberan.
- HLAWATSCH, S., FISCHER, M., HANSEN, K.-H., M., HASSENPFUG, W., LAUSTRÖER, A., LÜCKEN, M., RIECK, K., SIEMER, F., SOMMER, C. (2004). 7. Workshop des „Forschungsdialoges: System Erde“. Workshop in Zusammenarbeit mit der Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (BGR). 18. - 20.04.2004 in Hannover.
- HLAWATSCH, S., HANSEN, K.-H., SIEMER, F. (2004). System Erde: Unterrichtskonzepte, Experimente und multimediale Unterrichtsmaterialien. Fortbildung für Multiplikatoren des Landes Baden-Württemberg an der Landesakademie für Fortbildung und Personalent-

wicklung an Schulen in Zusammenarbeit mit dem Koordinationsbüro Geotechnologien.
21. - 23.04.2004 in Donaueschingen.

Herausgeberschaft

GERHARDT-DIRCKSEN, A., BAYRHUBER, H. (2004) (Hrsg.). Praxis der Naturwissenschaften vereinigt mit Biologie in der Schule. Themenheft „Biosystem Erde“. Heft 3/53, 53. Jg. Köln und Leipzig: Aulis Verlag Deubner.

2005

Aufsätze

BAUMANN, U., BORG, G., GERLIN, P., NEUBERT, U., SIEMER, F. (2005). Modul 11: Rohstoffe und Recycling. Begleittext für Lehrkräfte. In: Bayrhuber, H., Hlawatsch, S. (Hrsg.): System Erde. Unterrichtsmaterialien für die Sekundarstufe II (CD-ROM). Leibniz-Institut für die Pädagogik der Naturwissenschaften an der Universität Kiel (IPN).

DIMPFL, H., HASSENPFUG, W., HLAWATSCH, S., OTTO, K.-H., SCHMINCKE, H.-U., TASKINEN, P., WENZEL, A. (2005). Modul 5: Plattentektonik und Vulkanismus. Begleittext für Lehrkräfte. In: Bayrhuber, H., Hlawatsch, S. (Hrsg.): System Erde. Unterrichtsmaterialien für die Sekundarstufe II (CD-ROM). Leibniz-Institut für die Pädagogik der Naturwissenschaften an der Universität Kiel (IPN).

FISCHER, M. (2005). Zeugen vergangener Erdzeiten. In: „Unsere Erde“ im Unterricht. Grundschule Sachunterricht Nr. 26/2005, 2. Quartal. Seelze-Velber: Kallmeyersche Verlagsbuchhandlung. S. 8 - 12.

FISCHER, M. (2005). Die Erde bebt. In: „Unsere Erde“ im Unterricht. Grundschule Sachunterricht Nr. 26/2005, 2. Quartal. Seelze-Velber: Kallmeyersche Verlagsbuchhandlung. S. 13 - 17.

FISCHER, M. (2005). Das Thema „System Erde“. In: „Unsere Erde“ im Unterricht. Grundschule Sachunterricht Nr. 26/2005, 2. Quartal. Seelze-Velber: Kallmeyersche Verlagsbuchhandlung. S. 28 - 29.

FISCHER, M. (2005). Kapitel 2: Die Erde bebt - Erdbeben -. Begleittext für Lehrkräfte. In: Bayrhuber, H., Unsere Erde für die Kinder, die die Welt verstehen wollen (Hrsg.), Seelze-Velber, Kallmeyersche Verlagsbuchhandlung.

FISCHER, M. (2005). Kapitel 5: Vom Gebirge bis ins Meer - Landschaftsformen - . Begleittext für Lehrkräfte. In: Bayrhuber, H., Unsere Erde für die Kinder, die die Welt verstehen wollen (Hrsg.), Seelze-Velber, Kallmeyersche Verlagsbuchhandlung.

FISCHER, M., DOLL, J., RIECK, K. (2005). Foster System Thinking Abilities Regarding Geoscientific Topics by Conducting the Jigsaw-Classroom in German Elementary Schools. Journal of geoscientific education (in prep)

- FISCHER, M., MÖLLER, S., ADAMS, N. (2005). Kapitel 10: Zeugen vergangener Erdzeiten: Fossilien. Begleittext für Lehrkräfte. In: Bayrhuber, H., Unsere Erde für die Kinder, die die Welt verstehen wollen (Hrsg.), Seelze-Velber, Kallmeyersche Verlagsbuchhandlung.
- FISCHER, M., REIMERS, D. (2005). Kapitel 7: Der Teich. Begleittext für Lehrkräfte. In: Bayrhuber, H., Unsere Erde für die Kinder, die die Welt verstehen wollen (Hrsg.), Seelze-Velber, Kallmeyersche Verlagsbuchhandlung.
- FISCHER, M., SCHMINCKE, H.-U. (2005). Kapitel 4: Aus den Tiefen der Erde - Vulkanismus -. Begleittext für Lehrkräfte. In: Bayrhuber, H., Unsere Erde für die Kinder, die die Welt verstehen wollen (Hrsg.), Seelze-Velber, Kallmeyersche Verlagsbuchhandlung.
- FISCHER, M., SCHOORMANS, G., SOMMER, C. (2005). „Unsere Erde“ im Unterricht. In: Grundschule Sachunterricht Nr. 26/2005, 2. Quartal. Seelze-Velber: Kallmeyersche Verlagsbuchhandlung. S. 2 - 6.
- FISCHER, R., HEINECKE-HERZOG, M., SIEMER, F., BAUMANN, U. (2005). Modul 2: Chemie und Physik der Atmosphäre. Begleittext für Lehrkräfte. In: Bayrhuber, H., Hlawatsch, S. (Hrsg.): System Erde. Unterrichtsmaterialien für die Sekundarstufe II (CD-ROM). Leibniz-Institut für die Pädagogik der Naturwissenschaften an der Universität Kiel (IPN).
- GRIEWATSCH, K. (2005). Industrielle Anwendungen von Gesteinen und Mineralen. Naturwissenschaften im Unterricht Chemie, Ausgabe 2/05, 16. Jg., Heft 86, Seelze: Friedrich Verlag. S. 44 - 45.
- GUDJONS, H., CARSTENSEN, R., HLAWATSCH, S. (2005). Modul 7: Konvektion in Erdmantel, Ozean und Atmosphäre. Begleittext für Lehrkräfte. In: Bayrhuber, H., Hlawatsch, S. (Hrsg.): System Erde. Unterrichtsmaterialien für die Sekundarstufe II (CD-ROM). Leibniz-Institut für die Pädagogik der Naturwissenschaften an der Universität Kiel (IPN).
- GUDJONS, H., THIELE, M., HLAWATSCH, S. (2005). Modul 4: Erdbeben und Wellen: Nachrichten über das Innere der Erde. Begleittext für Lehrkräfte. In: Bayrhuber, H., Hlawatsch, S. (Hrsg.): System Erde. Unterrichtsmaterialien für die Sekundarstufe II (CD-ROM). Leibniz-Institut für die Pädagogik der Naturwissenschaften an der Universität Kiel (IPN).
- HASSENPLUG, W., NEUBERT, U., QUEISSER, C., TASKINEN, P. (2005). Modul 6: Wasserkreislauf und Trinkwasserschutz. Begleittext für Lehrkräfte. In: Bayrhuber, H., Hlawatsch, S. (Hrsg.): System Erde. Unterrichtsmaterialien für die Sekundarstufe II (CD-ROM). Leibniz-Institut für die Pädagogik der Naturwissenschaften an der Universität Kiel (IPN).
- HEMMER, I., HEMMER, M., BAYRHUBER, H., HÄUßLER, P., HLAWATSCH, S., HOFFMANN, L., RAFFELSIEFER, M. (2005). Interesse von Schülerinnen und Schülern an geowissenschaftlichen Themen. Ergebnisse einer Interessenstudie im Rahmen des Projektes „Forschungsdialog: System Erde“ unter besonderer Berücksichtigung des Geographieunterrichts. Geographie und ihre Didaktik, 33, S. 57 – 72.

- HLAWATSCH, S., BAYRHUBER, H., HANSEN, K.-H., HILDEBRANDT, K., THIELE, M. (2005). Modul 1: System Erde – die Grundlagen. Begleittext für Lehrkräfte. In: Bayrhuber, H., Hlawatsch, S. (Hrsg.): System Erde. Unterrichtsmaterialien für die Sekundarstufe II (CD-ROM). Leibniz-Institut für die Pädagogik der Naturwissenschaften an der Universität Kiel (IPN).
- HLAWATSCH, S., PARCHMANN, I., VENKE, S. (2005). Chemieunterricht im Kontext des Gesteinskreislaufs. *Naturwissenschaften im Unterricht Chemie*, Ausgabe 2/05, 16. Jg., Heft 86, Seelze: Friedrich Verlag. S. 8 - 11.
- HLAWATSCH, S., REIMANN, N. (2005). Versuche zum Gesteinskreislauf. *Naturwissenschaften im Unterricht Chemie*, Ausgabe 2/05, 16. Jg., Heft 86, Seelze: Friedrich Verlag. S. 14 -19.
- HLAWATSCH, S., VENKE, S., BAYRHUBER, H. (2005). Der Kreislauf der Gesteine. *Naturwissenschaften im Unterricht Chemie*, Ausgabe 2/05, 16. Jg., Heft 86, Seelze: Friedrich Verlag. S. 4 - 7.
- HLAWATSCH, S., VENKE, S., WENZEL, A., REIMANN, N., BAYRHUBER, H., SCHENK, V., FISCHER, R., GRIEWATSCH, K. (2005). Modul 3: Gesteinskreislauf: Gesteine als Dokumente der Erdgeschichte. Begleittext für Lehrkräfte. In: Bayrhuber, H., Hlawatsch, S. (Hrsg.): System Erde. Unterrichtsmaterialien für die Sekundarstufe II (CD-ROM). Leibniz-Institut für die Pädagogik der Naturwissenschaften an der Universität Kiel (IPN).
- KASANG, D., HEINECKE-HERZOG, M., QUEISSER, C., SIEMER, F., THIELE, M., FISCHER, R., DIMPFL, H., HLAWATSCH, S. (2005). Modul 10: Klimasystem und Klimageschichte. Begleittext für Lehrkräfte. In: Bayrhuber, H., Hlawatsch, S. (Hrsg.): System Erde. Unterrichtsmaterialien für die Sekundarstufe II (CD-ROM). Leibniz-Institut für die Pädagogik der Naturwissenschaften an der Universität Kiel (IPN).
- LIPKOW, E., KINKEL, H., NEUBERT, U., SIEMER, F. (2005). Modul 8: Entstehung und Entwicklung des Lebens. Begleittext für Lehrkräfte. In: Bayrhuber, H., Hlawatsch, S. (Hrsg.): System Erde. Unterrichtsmaterialien für die Sekundarstufe II (CD-ROM). Leibniz-Institut für die Pädagogik der Naturwissenschaften an der Universität Kiel (IPN).
- LUCIUS, E.R., BAYRHUBER, H., HILDEBRANDT, K., LOCHTE, K., PEINERT, R., QUEISSER, C., PARCHMANN, I., SCHLÜTER, K., STARKE, K.-H. (2005). Modul 9: Der Kohlenstoffkreislauf. Begleittext für Lehrkräfte. In: Bayrhuber, H., Hlawatsch, S. (Hrsg.): System Erde. Unterrichtsmaterialien für die Sekundarstufe II (CD-ROM). Leibniz-Institut für die Pädagogik der Naturwissenschaften an der Universität Kiel (IPN).
- QUEISSER, C. (2005). Gashydrate am Meeresgrund. *Naturwissenschaften im Unterricht Chemie*, Ausgabe 2/05, 16. Jg., Heft 86, Seelze: Friedrich Verlag. S. 30 - 33.
- RIECK, K. (2005). Kapitel 1: Die Reise zur Erde (Astronomie). Begleittext für Lehrkräfte. In: Bayrhuber, H., Unsere Erde für die Kinder, die die Welt verstehen wollen (Hrsg.), Seelze-Velber, Kallmeyerische Verlagsbuchhandlung.

- RIECK, K. (2005). Kapitel 6: Ein Garten voller Leben. Begleittext für Lehrkräfte. In: Bayrhuber, H., Unsere Erde für die Kinder, die die Welt verstehen wollen (Hrsg.), Seelze-Velber, Kallmeyersche Verlagsbuchhandlung.
- SCHMINCKE, H.-U., HLAWATSCH, S. (2005). Magma, Vulkane und Vulkangesteine. Naturwissenschaften im Unterricht Chemie, Ausgabe 2/05, 16. Jg., Heft 86, Seelze: Friedrich Verlag. S. 22 - 25.
- SCHOORMANS, G. (2005). Faszination Meer. In: „Unsere Erde“ im Unterricht. Grundschule Sachunterricht Nr. 26/2005, 2. Quartal. Seelze-Velber: Kallmeyersche Verlagsbuchhandlung. S. 18 - 23.
- SCHOORMANS, G., PELLER, E. (2005). Kapitel 8: Wolken, Wind und Wetter. Begleittext für Lehrkräfte. In: Bayrhuber, H., Unsere Erde für die Kinder, die die Welt verstehen wollen (Hrsg.), Seelze-Velber, Kallmeyersche Verlagsbuchhandlung.
- SCHOORMANS, G., WAHL, M. (2005). Kapitel 9: Vom Ufer bis zur Tiefsee. Begleittext für Lehrkräfte. In: Bayrhuber, H., Unsere Erde für die Kinder, die die Welt verstehen wollen (Hrsg.) Seelze-Velber, Kallmeyersche Verlagsbuchhandlung.
- SOMMER, C. (2005). Von Kontinent zu Kontinent. In: „Unsere Erde“ im Unterricht. Grundschule Sachunterricht Nr. 26/2005, 2. Quartal. Seelze-Velber: Kallmeyersche Verlagsbuchhandlung. S. 24 - 27.
- SOMMER, C., SCHULZ, H. (2005). Kapitel 3: Mit Flügeln von Deutschland nach Afrika: der Weißstorch. Begleittext für Lehrkräfte. In: Bayrhuber, H., Unsere Erde für die Kinder, die die Welt verstehen wollen (Hrsg.), Seelze-Velber, Kallmeyersche Verlagsbuchhandlung.
- VENKE, S., HLAWATSCH, S. (2005). Beobachtungen an Gesteinen. Naturwissenschaften im Unterricht Chemie, Ausgabe 2/05, 16. Jg., Heft 86, Seelze: Friedrich Verlag. S. 12 - 13.
- VENKE, S., HLAWATSCH, S. (2005). Reise ins Erdinnere. Naturwissenschaften im Unterricht Chemie, Ausgabe 2/05, 16. Jg., Heft 86, Seelze: Friedrich Verlag. S. 20 - 21.
- VENKE, S., STACHEL, T., GRIEWATSCH, K. (2005). Vielseitiger Kohlenstoff. Naturwissenschaften im Unterricht Chemie, Ausgabe 2/05, 16. Jg., Heft 86, Seelze: Friedrich Verlag. S. 34 - 37.
- WENZEL, A. (2005). Der Kreislauf des Biotits. Naturwissenschaften im Unterricht Chemie, Ausgabe 2/05, 16. Jg., Heft 86, Seelze: Friedrich Verlag. S. 26 - 29.

Vorträge und Präsentationen

- FISCHER, M., RIECK, K., BAYRHUBER, H. (2005). Naturwissenschaftliche Konzepte und Denk- und Arbeitsweisen für den Unterricht in der Primarstufe im Kontext der Geowissenschaften. 96. . In: 96. MNU-Kongress 20.03. - 24.03.2005 in Kiel. Deutscher Verein zur Förderung des mathematischen und naturwissenschaftlichen Unterrichts e.V. (Hrsg.), S. 66 - 67.

- HANSEN, K.-H., HLAWATSCH, S. (2005). Implementation of Earth System Education Through Curriculum Material and In-Service. Eingereicht und akzeptiert für die AERA, 11.-15.04.2005, Jahrestagung in Montreal/Kanada.
- HASSENPFUG, W., HLAWATSCH, S. (2005). Zum Erwerb geowissenschaftlicher Kompetenzen im geographischen Unterricht. 55. Deutscher Geographentag, 01.-08.10.2005 in Trier.
- HILDEBRANDT, K., BAYRHUBER, H. (2005). System Thinking in the Carbon Cycle Context. NARST 04. - 07.04.2005 in Dallas.
- HLAWATSCH, S. (2005). Das Projekt „Forschungsdialog: System Erde“: Konzept und Unterrichtsmaterialien der Sekundarstufe II. GLOBE-Germany Jahrestagung 2004/05, 18. - 19.02.2005 in Bad Hersfeld.
- HLAWATSCH, S., LÜCKEN, M. (2005). Systemkompetenz: Kompetenzförderung und -entwicklung in dem fächerverbindenden Kontext „System Erde“. GDGP Zwischentagung im Rahmen der GFD Tagung, 27.02. - 02.03.2005 in Bielefeld.
- HLAWATSCH, S., LÜCKEN, M. (2005). Systemkompetenz als interdisziplinärer Bildungsstandard? Ergebnisse einer Fallstudie zur Förderung von Systemkompetenz durch einen Fächer verbindenden geographisch-naturwissenschaftlichen Unterricht in der gymnasialen Oberstufe. In: Bayrhuber et al. (Hrsg.) (2005) Bildungsstandards Biologie. Tagungsband der Internationale Tagung der Sektion Biologiedidaktik im VDBiol, 27.02. - 04.03.2005 in Bielefeld, S. 186.
- HLAWATSCH, S. (2005). Das Projekt: „System Erde“ - Der Planet Erde als Kontext für einen fachübergreifenden Unterricht in den Naturwissenschaften und der Geographie in der gymnasialen Oberstufe. In: 96. MNU-Kongress 20.03. - 24.03.2005 in Kiel. Deutscher Verein zur Förderung des mathematischen und naturwissenschaftlichen Unterrichts e.V. (Hrsg.), S. 68 - 69.
- HLAWATSCH, S. (2005). ICDP Conference „Continental Scientific Drilling 2005: A Decade of Progress and Challenge for the Future. Vortrag: Earth Systems Education in Germany: Concepts and Teaching Materials for Science and Geography School Education within a Geoscience Context. 29.03. – 01.04.2005 am GeoForschungsZentrum (GFZ), Potsdam.
- HLAWATSCH, S. (2005). Projekt „Forschungsdialog: System Erde“: Beiträge für einen geowissenschaftlich ausgerichteten Geographieunterricht. 55. Deutscher Geographentag, 01.-08.10.2005 in Trier.
- LÜCKEN, M., HLAWATSCH, S., RAACK, N. (2005). Kompetenzentwicklung im fachübergreifenden Unterricht im Kontext der Geowissenschaften: die Entwicklung einer Methode zur Erhebung von Systemkompetenz. In: Bayrhuber et al. (Hrsg.) (2005) Bildungsstandards Biologie. Tagungsband der Internationale Tagung der Sektion Biologiedidaktik im VDBiol, 27.02. - 04.03.2005 in Bielefeld, S. 17-20.
- LÜCKEN, M., HLAWATSCH, S., RAACK, N. (2005). Evaluation von geowissenschaftlichem Unterricht: Ergebnisse aus dem Projekt „Forschungsdialog: System Erde“. In: 96.

MNU-Kongress 20.03. - 24.03.2005 in Kiel. Deutscher Verein zur Förderung des mathematischen und naturwissenschaftlichen Unterrichts e.V. (Hrsg.), S. 68 - 69.

Workshops und Lehrerfortbildungen

HLAWATSCH, S., NEUBERT, U. (2005). Fortbildung für Multiplikatoren des Landes Hamburg an dem Landesinstitut für Lehrerbildung und Schulentwicklung (LI Hamburg) in Zusammenarbeit mit dem Koordinationsbüro Geotechnologien. 30.05. - 02.06.2005 in Hamburg.

Herausgeberschaften

HLAWATSCH, S., VENKE, S. (2005) (Hrsg.). Naturwissenschaften im Unterricht Chemie. Themenheft „Kreislauf der Gesteine“. Heft 86, 03/2005, 16. Jg. Seelze: Friedrich Verlag.

FISCHER, M., SCHOORMANS, G., SOMMER, C. (2005) (Hrsg.). Grundschule Sachunterricht, Themenheft „Unsere Erde“, Nr. 26/2005, 2. Quartal. Seelze-Velber: Kallmeyersche Verlagsbuchhandlung. ISSN 1437-319X.

BAYRHUBER, H., HLAWATSCH, S. (2005) (Hrsg.). System Erde – Unterrichtsmaterialien für die Sekundarstufe II (CD-ROM), Leibniz-Institut für die Pädagogik der Naturwissenschaften (IPN), Kiel.

BAYRHUBER, H. (2005) (Hrsg.) Unsere Erde für Kinder, die die Welt verstehen wollen., Seelze-Velber, Kallmeyersche Verlagsbuchhandlung.

2006

Aufsätze

HANSEN, K.-H., HLAWATSCH, S. (eingereicht). Teacher In-service and the Enactment of Innovative Curriculum Material for Earth System Education. Journal of Teacher Education.

HASSENPLUG, W., HLAWATSCH, S. (angenommen). Zum Erwerb geowissenschaftlicher Kompetenzen im geographischen Unterricht des 21. Jahrhunderts. In: Kulke, Mohnheim, Wittmann (Hrsg.): Grenzwerte – Tagungsbericht und wissenschaftliche Abhandlungen des 55. Deutschen Geographentages, Trier 2005. Erscheint 2006.

HLAWATSCH, S., HANSEN, K.-H. (angenommen). Geoinstitute als außerschulische Lernorte für den Geographieunterricht: Empfehlungen für eine didaktische Gestaltung aus der Evaluation des ersten Kieler Geotages. Eingereicht und akzeptiert bei der Zeitschrift „Geographie und ihre Didaktik“, erscheint 2006.

HLAWATSCH, S., HANSEN, K.-H., LÜCKEN, M., BAYRHUBER, H. (angenommen). Geowissenschaftlicher Unterricht in der Schule – Erfahrungen aus dem Projekt „Forschungsdialog: System Erde“. Geologie macht Schule, Sonderveröffentlichung des Geologischen Dienstes NRW. Erscheint 2006.

- HLAWATSCH, S., BAYRHUBER, H., EULER, M., HANSEN, K.-H., HASSENPFUG, W., HILDEBRANDT, K., REIMANN, N., SIEMER, F., VENKE, S. (angenommen). Konzepte und multimediale Materialien für einen fachübergreifenden naturwissenschaftlichen Schulunterricht. Sammelband des Institutes für den wissenschaftlichen Film (IWF), Medieneinsatz in der Wissenschaft, Bd. 2 der Reihe „Menschen, Wissen, Medien“. Peter Lang Verlag, erscheint 2006.
- LÜCKEN, M., HLAWSATSC, S. (in Vorbereitung). Interdisciplinary geoscience education and their impact on system competency of high school students: results from the German project “Research dialogue: System Earth”.
- LÜCKEN, M., SOMMER, C., FISCHER, M., SCHOORMANS, G., LAUSTRÖER, A. (in Vorbereitung). Systemverständnis im Sachunterricht bei Grundschulkindern: Ergebnisse der Materialerprobung aus dem Projekt „Forschungsdialog: System Erde“.
- LÜCKEN, M., HLAWSATSC, S., HANSEN, S., HILDEBRANDT, K. (in Vorbereitung). Außerschulische Lernorte im geographisch-naturwissenschaftlichen Unterricht: Ergebnisse der Evaluation des „Volvo Ocean Race Research“ – Projektes im Vergleich zu zwei weiteren Veranstaltungen an außerschulischen Lernorten.
- MIKELSKIS-SEIFERT, S., THIELE, M., WÜNSCHER, T. (eingereicht). Modellieren - Schlüsselfähigkeit für physikalische Forschungs- und Lernprozesse. PhyDid, www.phydid.de. (eingereicht).

Dissertationen

- SOMMER, C. (eingereicht). Systemkompetenz von Grundschulern im Bereich Biologie. Dissertation am Leibniz-Institut für die Pädagogik der Naturwissenschaften (IPN), Kiel.
- THIELE, M. (in Vorbereitung). Modellierung von Strömungsphänomenen als Zugang zum systemischen Denken. Dissertation am Leibniz-Institut für die Pädagogik der Naturwissenschaften (IPN), Kiel.
- HILDEBRANDT, K. (in Vorbereitung). Systemisches Denken und multiperspektivisches Lernen am Beispiel des globalen Kohlenstoffkreislaufes. Dissertation am Leibniz-Institut für die Pädagogik der Naturwissenschaften (IPN), Kiel.