

LUTZ KASPER UND HELMUT F. MIKELSKIS

Lernen aus Dialogen und Geschichten im Physikunterricht – Ergebnisse einer Evaluationsstudie zum Thema Erdmagnetismus

Learning from dialogically and narratively styled science content
– results of a study concerning geomagnetism

Zusammenfassung

Ein zentrales Anliegen der hier vorgestellten Studie ist die Suche nach empirischen Belegen dafür, dass Lernfähigkeit im Physikunterricht durch ein Angebot speziell gestalteter, diskursiv-narrativer Unterrichtsmedien gefördert werden kann. Unter dieser Vorgabe rücken Sprache und Diskurs gerade in ihrer besonderen Eigenschaft, nämlich als Ausdruck sozialen Handelns, auch in den Mittelpunkt des theoretischen Interesses.

Indem Lernende mit unterschiedlichen, untereinander konkurrierenden Erklärungsansätzen hinsichtlich einer naturwissenschaftlichen Fragestellung konfrontiert werden, wird ihnen ein Angebot von „Denk-Modellen“ zur Verfügung gestellt. Lernanlässe und Orientierung bieten die Argumentationen der Protagonisten eines fiktiven Dialoges sowie dazugehörige multimediale Elemente des Lernmoduls. Die durch Instruktion und mithilfe eines kooperativen Arrangements gelenkte Auseinandersetzung der Schüler mit dem Inhalt des Textes, in dem eine der „verhandelten“ Theorien sich im Diskurs bewähren muss, kann dabei als Stimulus für jeweils eigene Lernfähigkeit angesehen werden.

Schlüsselwörter: Narration, Dialog, Wissenschaftsgeschichte, Natur der Naturwissenschaften, Erdmagnetismus, Multimedia

Abstract

This paper reports on a study aimed at investigating how students react to narratively and dialogically styled science content, and how this influences students' scientific knowledge and their understanding of the nature of science. Due to a identified gap in the international research regarding students' conceptions on geomagnetism the study covers this aspect too.

In the dialogue – carried out by members of different epochs and different expertise – the students become witnesses of the negotiation of knowledge about geomagnetism. They experience the necessity of either examining and modifying scientific theories critically or even rejecting them. This will give students an opportunity to learn about the processes of science instead of just facts. A sample of five secondary classes (age 15-16) took part in the study. The main results will be discussed in this paper.

Keywords: narration, dialogue, science history, nature of science, geomagnetism, multimedia

1 Zum Verhältnis von Sprachgebrauch und Physik im Unterricht

1.1 Lernen mit Dialogen

Als linguistisches Konstrukt lassen sich Dialoge durch bestimmte Merkmale beschreiben (Bachtin 1979, 45): Alternation der Sprecher- bzw. Hörerposition; Einbettung

der Äußerung in die Kommunikations-Situation, semantische Akkumulation zweier sich wechselseitig durchdringender Kontexte sowie Differenz in der Anschauung bzw. Perspektive der Dialogpartner. Insbesondere im letztgenannten Merkmal zeigt sich die pädagogische Dimension von Dialogen. Fehlt es, handelt es sich bei einem gegebenen Sprecherwechsel zwar formal-linguistisch

um einen Dialog, der jedoch mit (schlechtem) Unterricht verglichen werden kann. Solchermaßen „schlechter Unterricht“ kann dabei als „ideologisch monologisch“ aufgefasst werden, wenn ausschließlich die Perspektive der Lehrenden vertreten wird, und lediglich eine Replikation intendiert ist. Soll das Bedürfnis nach Argumentation und Begründung geweckt werden, bedarf es der aktiven Auseinandersetzung im Zusammenreffen des Denkens anderer Menschen.

In diesem Sinne bietet die Konfrontation von Lernenden mit unterschiedlichen, einander widersprechenden Positionen die Chance, einen dialogischen Prozess bei ihnen zu initiieren. Dies wird umso besser gelingen, je näher die zur Verfügung gestellten Positionen dem Bereich der eigenen Vorstellungen der Lernenden kommen. Aus dieser Forderung ergibt sich die Notwendigkeit, die Schülervorstellungen in den Entwicklungs- und Forschungsprozess einzubeziehen.

1.2 Narration im Physikunterricht

Dem Narrativen bzw. der Erzählung haben sich sowohl die Literaturwissenschaft als auch die Psychologie mit verschiedenen Konzepten genähert. Einen Überblick zum klassischen wie auch strukturalistischen Narrationsbegriff aus literaturwissenschaftlicher Perspektive gibt Schmid (2005). Weil sich die dort dargestellten Konzepte in ihrer jeweils reinen Ausprägung im Umgang mit Texten als unbefriedigend herausgestellt haben, hat sich in der Literaturanalyse eine Mischkonzeption durchgesetzt, nach der als Minimalbedingung der Narrativität die Darstellung mindestens einer Zustandsänderung in einem gegebenen zeitlichen Rahmen gefordert wird.

Durch das Fiktive, dem in der Literatur das Moment der Lüge und des Trugs genommen ist, bietet sich ein Zugang zu fremden Innenwelten, zu Gedanken und Gefühlen anderer Menschen. Unter pädagogischer Perspektive liegt hier ein Grund für die kulturelle Bedeutung der Fiktion und nicht zuletzt für ihren

Bildungswert. „Der Leser kann aus sich heraustreten, [...] fremde Weltwahrnehmungen und Lebensentwürfe tentativ durchspielen. [...] Erst das Eintauchen in die Innenwelt des fiktiven Anders gibt dem Menschen die Möglichkeit, sich eine Vorstellung von seiner eigenen Identität zu machen.“ (Schmid 2005, 41)

Lassen sich diese kulturelle Bedeutung und der behauptete Bildungswert fiktionaler Darstellungen insbesondere für den naturwissenschaftlichen Unterricht nutzbar machen? Diese Frage kann dann positiv beantwortet werden, wenn sich aus dem Einblick in die Innenwelt fremder, historischer oder fiktiver Persönlichkeiten aus dem naturwissenschaftlichen Umfeld ein Gewinn für Lernprozesse ableiten lässt. In diesem Zusammenhang sei auf den von Labudde (1993, 186) als „subjektiv-ästhetisch“ bezeichneten Naturzugang verwiesen, demzufolge gerade pubertierende Jugendliche eine besondere Empfänglichkeit für das Subjektiv-Erlebnishaft zeigen und die Natur zur „Projektionsfläche für seelische Zustände“ machen.

Auch hier wird die These vertreten, dass Schülerinnen und Schüler parallel zum faktischen, formalen und objektiven Naturzugang auch einen subjektiven, emotional geprägten Naturzugang suchen und diesen durch eine Begegnung mit den Gedanken und Gefühlen von anderen Menschen finden können. Ein für dieses Bedürfnis offener Weg in die Physik kann möglicherweise der seit langem beklagten Ablehnung des Faches entgegenwirken.

Einer theoriegeleiteten Konstruktion von narrativen Unterrichtselementen sollen Merkmalsbeschreibungen und Erzählkonventionen als Gerüst dienen. Bruner (1998, 46 ff.) gibt für narrative Konstruktionen zehn „Universalien“ an, u.a. das Merkmal *Kanon und Abweichung*. Bezogen auf die intrinsische Motivation zum Lernen, kann diesem Merkmal eine zentrale Bedeutung zugesprochen werden. Es kommt darauf an, die Adressaten mit für sie unerwarteten Ereignissen zu konfrontieren. In diesem Sinne sind es die oft überraschenden Episoden der

Protagonisten, die den Dialog vorantreiben. Die Berücksichtigung von Erzählkonventionen wie *Einführung eines valorativen Endpunktes*; *Ordnung der Ereignisse* (temporal, nach Werthaltigkeit, etc.) und *kausale Verknüpfungen* führt zu einem Gefühl von Kohärenz und Gerichtetheit „erzählter“ Ereignisse und letztlich zur Sinn- und Bedeutungsverleihung (Gergen 1998, 172 f.).

Zur Erzähltheorie insbesondere aus naturwissenschaftsdidaktischer Perspektive bietet Kubli (2005) einen Zugang. Dort wird im Sinne des *dialogischen Prinzips* Verstehen als aktive Bedeutungsrekonstruktion sprachlicher Äußerungen aufgefasst. „Erzählen ist nur dann wirksam, wenn es dialogisch sein will und kann.“ (Kubli 2005, 66). Dialoge beziehen also immer die Perspektive des Gesprächspartners mit ein.

Als zentraler Begriff zur Beschreibung von Erzählakten tritt die *Perspektive* in der Darstellung von Merkmalen der Narration nur implizit in Erscheinung. Ihre Dimensionen nehmen jedoch dort deutliche Konturen an. So werden etwa Geschichten bestimmt durch intentionale Zustände wie Werte und Theorien. Narratives Aushandeln findet immer unter *perspektivischem Vorbehalt* statt. Für den fiktiven Dialog über den Erdmagnetismus werden vor allem solche Perspektivwechselprozesse als bedeutsam angesehen, die eine strukturelle Ähnlichkeit zu Konzeptwechselprozessen aufweisen. Die hierfür entscheidende Ebene des Perspektivwechsels ist die *ideologische Perspektive*, also das vom Wissen eines Individuums geprägte Erfassen des Geschehens in seiner Umwelt. Dieses subjektive Verhältnis eines Beobachters zu einer Erscheinung wird bestimmt durch Wissen und Denkweisen wie auch durch kulturelle, ethische oder religiöse Normen. Ein solchermaßen ganzheitliches Verständnis fachwissenschaftlicher Konzepte kann unterstützt werden durch die Fähigkeit zum „vertikalen“ Ebenenwechsel innerhalb dieser Wissenschaft. Einen möglichen Weg dafür bietet der *historische Fallstudienansatz*. Im Sinne eines für das wissenschaftspropädeutische Arbeiten

fruchtbaren Perspektivwechsels werden dabei die Entstehung naturwissenschaftlicher Erkenntnisse, die Auseinandersetzung mit naturwissenschaftlichen Methoden und Denkweisen sowie der Diskurs innerhalb einer wissenschaftlichen Denkgemeinschaft zum Gegenstand des Unterrichtes.

2 Lernen aus historischen „Irrtümern“? – Geschichte, Geschichten und *Nature of Science*

Hintergrund der Überschrift ist die eigentliche Frage: Sollen naturwissenschaftliche Theorien und Lehrsätze im Unterricht kritisch hinterfragt werden? Unter diesem Gesichtspunkt spielt der wissenschaftshistorische Aspekt in einem zeitgemäßen Unterricht eine besondere Rolle. Gerade weil unser Wissen grundsätzlich tentativ ist, trägt die Aufarbeitung des in der Regel steinigen und selten geradlinigen Weges zur naturwissenschaftlichen Erkenntnis für das Lernen in den Naturwissenschaften eine große Bedeutung. Das muss sich auch in einem naturwissenschaftlichen Unterricht widerspiegeln, der diesem Aspekt von *Nature of Science* gerecht werden will.

Am Phänomenbereich des Erdmagnetismus kann exemplarisch illustriert werden, wie aus ganz verschiedenen Vorstellungen und Theorien sowie unter Berücksichtigung von Beobachtungen und Fachdiskursen letztlich Wissenschaft „entsteht“.

Wechselprozesse, die infolge von Austausch und Aushandeln als sozialer Akt innerhalb einer „Denkgemeinschaft“ stattfinden, weisen Ähnlichkeiten auf zum individuellen Lernen. Auch hier führt die Bemühung, neue Informationen oder Beobachtungen in eigene Vorstellungen und Konzepte zu integrieren, entweder zu Mischkonzeptionen, so genannten *synthetic models* (Vosniadou 2001, 178) oder zur Reorganisation bestehender Wissensstrukturen und damit zu den als *conceptual change* bezeichneten Lernprozessen. Für Wissensumstrukturierungen im Sinne des *conceptual change* scheint ge-

rade das Wissen der Lernenden über den tentativen und sozialen Charakter der Naturwissenschaften ein moderierender Faktor zu sein (Duit/Treagust 2003). Welche Vorstellungen über den Status naturwissenschaftlicher Theorien, ihre Erzeugungsprozesse und den dafür notwendigen sozialen bzw. kommunikativen Anteil haben also Schülerinnen und Schüler?

Einen Überblick zur Forschung über das Verständnis von Lernenden über die „Natur der Naturwissenschaften“ gibt Höttecke (2001, 2004). Es zeigt sich, dass die dort dokumentierten Erhebungen keine einheitlichen, sondern sogar widersprüchliche Ergebnisse liefern. Die Studien zum Aspekt „Verständnis über Vorläufigkeit und Veränderbarkeit von naturwissenschaftlichen Wissensbeständen“ weisen darauf hin, dass die Lernenden sich nicht des historischen und tentativen Charakters aller Naturbeschreibung bewusst sind. Vielmehr „... stellen sich Schüler unter naturwissenschaftlichem Wissen etwas Gesichertes, Feststehendes und zugleich in fachspezifischen Symbolsystemen Aufbewahrtes vor. Hier scheinen sich vor allem die Erfahrungen mit der begrifflichen und methodischen Struktur des Unterrichts zu reproduzieren. Etwas, das im Unterricht einmal an der Tafel gestanden hat, gilt als feststehend und diese Eigenschaft wird auf naturwissenschaftliches Wissen generell übertragen.“ (Höttecke 2004, 267)

Mit diesem Zitat wird die Kritik an einem Unterricht deutlich, in dem der metakonzeptuelle Aspekt unberücksichtigt bleibt und der infolge dieses Mangels nichtadäquate Schülervorstellungen festigt. Als ein Hindernis dafür, dass Lernende ihr Vorwissen und ihre eigenen Erklärungsansätze kritisch prüfen, wird ein mangelndes metakonzeptuelles Wissen der Schüler ausgemacht (Kircher/Dittmer 2004, Mikelskis-Seifert 2002, Vosniadou 2001). Zur Förderung metakonzeptuellen Wissens wird die Bereitstellung geeigneter Lernumgebungen vorgeschlagen: „To help students to increase their metaconceptual awareness it is necessary

to create learning environments that facilitate group discussion and the verbal expression of ideas.“ (Vosniadou 2001, 186)

In diesem Sinn erscheint es sinnvoll, den Aspekt des „Irrtums“ in Gestalt sprachlich-kommunikativer Aufarbeitung in den Unterricht einzubeziehen. Zum Verständnis der Welt gehört auch die Einsicht, dass unsere naturwissenschaftlichen Erkenntnisse immer fragwürdig sind und unser Wissen nie „fertig“ sein wird. Narrativ und diskursiv gestaltete Lernumgebungen eignen sich hierbei zur gewinnbringenden Darstellung historischer Kontroversen einschließlich ihrer Überwindung.

3 Entwicklung eines multimedialen Modulprototypen

3.1 Erdmagnetismus – Legitimation und didaktische Rekonstruktion

Als historisches Objekt naturwissenschaftlichen Interesses bildet das Erdmagnetfeld noch immer einen Gegenstand aktiver Forschung. Hauptsächlicher Antrieb ist die angestrebte Verfeinerung bei der Trennung verschiedener Feldanteile und die damit mögliche Darstellung schwächster, auch nichtperiodischer Felder. An der Vermessung ist ein weltweites Netz geomagnetischer Observatorien beteiligt. Ergänzt wird die erdgebundene Beobachtung durch den Einsatz von Satelliten. Die gegenwärtig vom Potsdamer GeoForschungszentrum betriebene Mission CHAMP wird 2009 durch das ESA-Projekt SWARM abgelöst, in dem die bis dahin genaueste Vermessung des Erdmagnetfeldes erfolgen soll. Die erwarteten Ergebnisse sollen u.a. zur Entwicklung von Klimamodellen beitragen, zukünftige Satelliten- und Navigationstechnologien absichern sowie Hinweise auf irdische Ressourcen liefern. Damit bildet das Thema *Erdmagnetismus* einen internationalen Forschungsschwerpunkt mit wesentlicher Beteiligung europäischer, insbesondere auch deutscher Forschungseinrichtungen.

Als verbindlicher Inhalt erscheint der Erdmagnetismus in den Lehrplänen des naturwissenschaftlichen Unterrichtes nahezu aller Bundesländer. Die Verteilung auf die Klassenstufen und der Grad der Vertiefung bilden dabei ein breites Spektrum. Häufig begegnen die Lernenden bereits in der Grundschule dem Thema, wenn es um den Kompass als Orientierungshilfe geht.

Das multimediale Modul für den Erdmagnetismus ist für die Jahrgangsstufen 8 bis 10 konzipiert. So können erste Erfahrungen mit magnetostatischen Erscheinungen, die Kenntnis des Dipolcharakters sowie einfacher Gesetzmäßigkeiten der Wechselwirkungen vorausgesetzt werden. Der Begriff des Magnetfeldes soll so vorbereitet werden, dass ausgehend von den magnetischen Erscheinungen im Raum um die Erde (genauer: um den Erdkern) zum *Feld* übergegangen werden kann, wenn es ein Ziel des Unterrichts ist.

Die didaktische Rekonstruktion des Themas erfolgt unter historischer Perspektive (*Rückgriff auf frühere historische Entwicklungsstufen*) (Reinhold 2006). Die Erforschung des Erdmagnetismus hat eine lange Geschichte, in deren Verlauf es zum häufigen Modell- und Theorienwechsel kam. Die Ursache magnetischer Wirkungen auf der Erde wurde anfänglich in Himmelspolen sowie besonderen Bergen vermutet. Wirtschaftliche und politische Interessen erhoben seit dem Mittelalter die Seefahrt zum Schlüssel der Macht. In ihrem Zuge entstand der Bedarf an zuverlässigen Navigationsmethoden. Die Folge war eine rasche Zunahme geomagnetischer Beobachtungen und Messungen. Der Erdmagnetismus rückte somit – wirtschaftspolitisch forciert – in den Fokus der Gelehrten in der Neuzeit. Es entstanden neue Modelle, zuerst einfache, später differenzierte Dipolmodelle des „Magneteten Erde“. Dem Druck der stetig zunehmenden Beobachtungsdaten konnten einfache Modelle bald nicht mehr standhalten. Neue mathematische Verfahren erlaubten seit der Entwicklung der Gauß'schen Theorie eine komplexe Beschreibung des Erdmagnetfeldes unter Berücksichtigung unterschiedlicher Feldbeiträge (Kasper 2007).

Mit geringem experimentellen Aufwand lassen sich die *magnetische Deklination* und die *magnetische Inklination* als die Phänomene, die zum Dipolmodell der Erde führten, im Unterricht zeigen. Andere Phänomene wie die *Säkularvariation* lassen sich nicht leicht zeigen bzw. erfordern zu große Zeitskalen. Dies spricht dafür, auf dem Niveau der Sekundarstufe I das Dipolmodell zu erarbeiten und sowohl die Tragweite als auch die Grenzen der historisch vorangegangenen Theorien zu thematisieren.

Auch im Sinne einer qualitativen Reduktion (*Vernachlässigung von Einflussfaktoren*) (Reinhold 2006) ergab sich die Entscheidung für einen Unterrichtsgang, der bis zum Dipolmodell des Erdmagnetismus führt. Damit verbunden ist die Fokussierung auf das Hauptfeld der Erde. Die anderen Feldbeiträge (Lithosphäre, Gezeiten, äußere Ursachen) können in diesem Sinn als „Störungen“ aufgefasst werden. Die Summe dieser Nebenbeiträge wird „vernachlässigt“ und damit die Komplexität der Beschreibung der Phänomene verringert.

3.2 Struktur des Modulprototypen und sein Einsatz im Unterricht

Das zentrale und Inhalt tragende Element des Erdmagnetismus-Moduls bildet der Text eines fiktionalen szenischen Dialoges (Kasper 2008). In diesem kommen drei historisch authentische Personen aus unterschiedlichen Epochen zu Wort. Es sind dies in chronologischer Reihenfolge: Pierre de Maricourt (um 1250), Christoph Kolumbus (1451-1506) und William Gilbert (1544-1603). Daneben übernehmen zwei fiktive Teilnehmer die Rollen eines Moderators sowie einer Identifikationsfigur für die Lernenden.

Der Dialogtext als Leseversion ist für eine bildschirmgerechte Darstellung in 13 Abschnitte geteilt, die mithilfe einer übersichtlichen Navigation angesteuert werden können. Der Text bietet kontextbezogene Links zu multimedialen Zusatzinformationen und Hilfsmitteln. Abb. 1 illustriert die Verlinkungsstruktur des Programmmoduls.

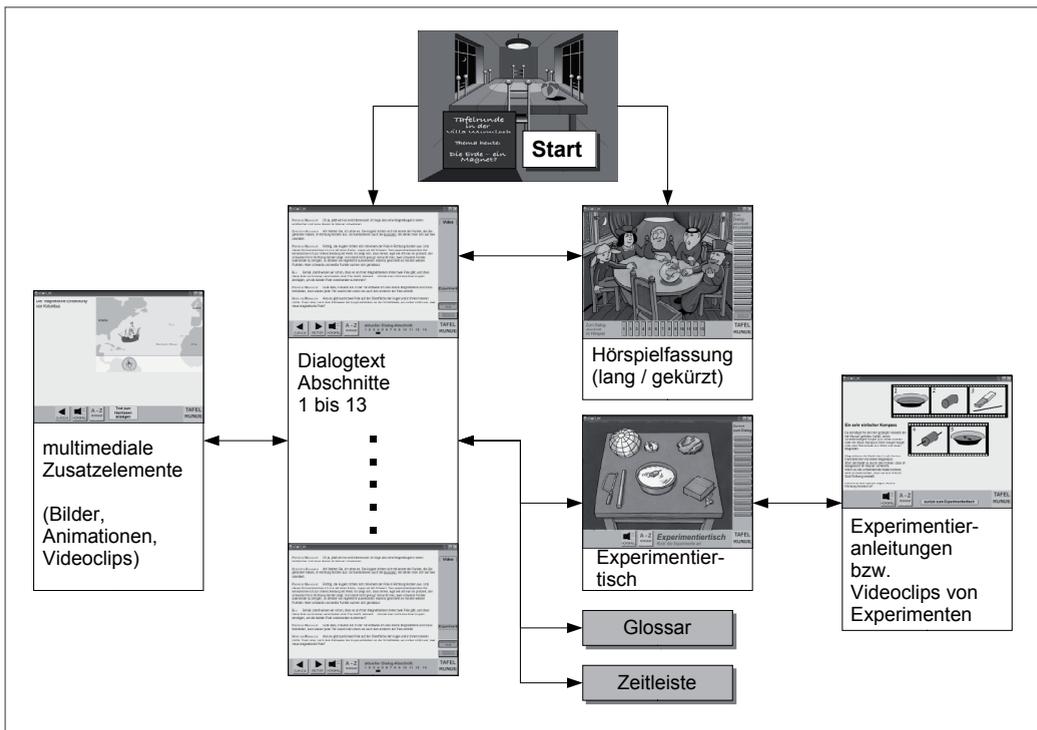


Abb. 1: : Struktur der Verlinkung der CD-ROM „Tafelrunde“

Um Offenheit gegenüber unterschiedlichen Unterrichtsszenarien zu erreichen, ist das Programm so angelegt, dass der Dialog von den Lernenden auf unterschiedliche Weise rezipiert werden kann. Prinzipiell können sowohl der ausgedruckte Text als auch die Bildschirmversion des Dialoges jeweils still oder in verteilten Rollen gelesen werden. Die Option Multimedia erlaubt darüber hinaus die Nutzung des Hörspiels und der zusätzlichen Elemente.

Als unmittelbares Ziel des Unterrichts kommt eine Fokussierung auf Schlüsselstellen, -experimente oder -probleme infrage. Zudem können sich in einer aufbauenden Phase neue „Diskussionspfade“ oder Vorschläge weiterer „Experteneinladungen“ ergeben.

Der im Rahmen der Studie durchgeführte Unterricht variierte in der Art der Textrezeption sowie in Details der Instruktionen. Während die an der Hauptstudie teilnehmenden Schüler der 10. Jahrgangsstufe im Gymnasium mit dem partnerweise gemeinsamen Hören des Dialoges begannen, wurde der Un-

terricht in einer 9. Klasse der Hauptschule mit Realexperimenten an mehreren Stationen begonnen. Das für diese Ergänzungsstudie gekürzte Hörspiel wurde anschließend gemeinsam im Plenum angehört.

Gemeinsames Merkmal des Unterrichts in allen Untersuchungssteilen war die Anwendung einer kooperativen Arbeitsform, die als *scripted cooperation* bezeichnet wird (O'Donnell & Dansereau 1992). Dieser instruktionale Ansatz dient einer vertieften Auseinandersetzung mit dem Textinhalt und zielt insbesondere auf die Förderung lernrelevanter Interaktionen. Als die entscheidende Interaktion gilt hier das „kritische Aushandeln“ naturwissenschaftlich relevanter Aussagen und insofern bestand das Ziel darin, den vorgegebenen Dialog der Tafelrunde-Protagonisten in die Schülerdyaden „hinüberzutragen“. Dieses Kooperationskript lässt sich wie folgt beschreiben: Die Schüler hörten sich in Dyaden jeweils das vollständige Hörspiel an. Im Anschluss begann der Instruktion entsprechend

die eigentliche Textarbeit. Dafür wurde der Dialogtext in vier Abschnitte unterteilt. Beide Partner lasen jeweils gemeinsam einen Abschnitt, um dann nach je abschnittsweise vorgenommenem Wechsel die Rolle des Fra-

genden bzw. Erklärenden einzunehmen. Als Strukturierungshilfen wurden zu jedem Abschnitt Leitfragen vorgegeben. Das Beispiel einer solchen Instruktion ist nachfolgend angegeben.

Vergebt unter euch die **Rollen A und B**.

Beim ersten Stopp stellt Schülerin bzw. Schüler **A Fragen** zum Verständnis des Textes. Schülerin bzw. Schüler **B beantwortet** in eigenen Worten die Fragen.

Beim nächsten Stopp gibt es einen **Rollenwechsel**. Das heißt, **B fragt** und **A antwortet**.

A fragt B zu den Dialogabschnitten 7 bis 9

1. Auch die Theorie vom Magnetberg muss im Dialog aufgegeben werden. Warum?
 2. Welche Beobachtungen zum Erdmagnetismus lassen sich mit dem Modell „Terrella“ erklären?
 3. ... eigene Verständnisfrage ...
-

B fragt A zu den Dialogabschnitten 10 bis 13

1. Was heißt „magnetische Deklination“ und wie lässt sie sich feststellen?
2. Am Beispiel der Sonnenuhren erkannte man, dass die Deklination sich im Verlauf der Zeit ändert. Was ist der Grund für diese Änderung?
4. ... eigene Verständnisfrage ...

In modifizierter Weise wurden für die Studie in der 9. Klasse der Hauptschule die Rollen direkt an die Protagonistenaussagen des Dialoges geknüpft:

Elli: *Herr Kolumbus, woher wissen Sie eigentlich, dass der Kompass eine Abweichung von der genauen Nordrichtung hat? Lässt sich die Nordrichtung denn überhaupt ohne Kompass feststellen?*

Kolumbus: *Oh ja! In sternenklaren Nächten ...*

Vergebt unter euch die **Rollen A und B**.

A übernimmt jetzt die Rolle von Kolumbus.

Versuche deinem Arbeitspartner **B** mit eigenen Worten zu erklären, wie man nachts bei klarem Himmel ohne Kompass die genaue Nordrichtung findet. (Nutze das Bild zur Erklärung.)

Als inhaltliche Hilfen standen den Schülern die Hyperverlinkungen des Textes sowie alle multimedialen Zusatzelemente zur Verfügung. Die an eine solche aktive Auseinandersetzung mit dem Lernmaterial geknüpften Ziele sind *epistemische Aktivitäten* der Lernenden einerseits und der Erwerb *prozeduralen Wissens* andererseits. Aus physikalischer Sicht bildeten insbesondere die Phänomene der magnetischen Deklination und Inklination, ihre experimentelle Erfassung sowie die damit verbundenen Schritte einer Modellbildung zum Erdmagnetismus die zentralen Inhalte. Darüber hinaus bieten sich Anknüpfungspunkte zum Fachunterricht Deutsch, Geografie und Geschichte an. Jedoch war das interdisziplinäre Potenzial für den Unterricht nicht Gegenstand der nachfolgend beschriebenen Studie.

4 Explorative Studie zum Unterrichtseinsatz

4.1 Untersuchungsfragen und Hypothesen

Die Zielstellung der Studie bestand in der Evaluation eines speziellen, von narrativer und dialogischer Textgestaltung geprägten und medial unterstützten Lehransatzes. Eine Analyse der Erfüllung von im Folgenden als „Lernerfolg“ noch zu spezifizierenden Kriterien soll als Ergebnis dieser Studie zur Optimierung dieses Zuganges zur Physik beitragen und kann Folgestudien – etwa im Sinne eines Vergleiches mit nichtdialogischer bzw. nichtnarrativer Instruktion – vorbereiten.

In der die Entwicklung des Moduls teils begleitenden, formativen Evaluationsstudie galt es zunächst, die Kriterien zu bestimmen, die als Lernerfolg quantifizierbar sind. Dabei äußert sich der explorative Charakter der Studie darin, dass aus der Vielzahl von wirksamen Einflussfaktoren wie *Inhalt*, *soziales Setting*, *Instruktionsgestaltung* und *individuelle Faktoren* die Variablen und ihre möglichen Wechsel-

wirkungen nicht vollständig zu isolieren waren. Auch ist zu beachten, dass die Dauer der Intervention, die in der Arbeit mit dem Programmmodul und einer Phase der kooperativen Textarbeit besteht, mit zwei Unterrichtsstunden zu gering ist, um zu fundierten allgemeingültigen Aussagen zu gelangen. Gesucht waren vielmehr Hinweise auf die Lernwirksamkeit von diskursiv-narrativen Elementen im Rahmen einer multimedialen Lernumgebung für den Physikunterricht.

Welche Aspekte soll für diese Untersuchung das Konstrukt „Lernerfolg“ beinhalten? Den Lernerfolg als Ergebnis didaktischer Aktivitäten auf die Behaltensleistung, also das Reproduzieren von Fakten und Vorgängen zurückzuführen, bedeutete, den Aufbau kognitiver Schemata, den Erwerb von Fertigkeiten und die Bildung von Persönlichkeit (Fähigkeit zum Infrage-Stellen gewohnter Denkschemata, Aufbau von Einstellungen und Werten) außer Acht zu lassen.

Es besteht mithin die Notwendigkeit, für die Bestimmung des Lernerfolges ein aufgeweitetes Spektrum an Kriterien heranzuziehen. Kerres (2001, 112) schlägt u.a. folgende Verlaufs- und Ergebnisvariablen vor:

- erlebte Qualität des Lernangebotes (inhaltliche, formale, ästhetische Qualität)
- emotionale Reaktion und Lernmotivation (Aufmerksamkeit, Interesse, Identifikation)
- Lernverhalten (Intensität, Persistenz/Abbruch)
- subjektive Zufriedenheit
- objektiver Lernerfolg in verschiedenen zeitlichen Abständen
- faktische Nutzung/Akzeptanz

Diese Spezifikation kann als Leitfaden zur Entwicklung der Untersuchungsfragen dienen. Unter Berücksichtigung der genannten Aspekte sowie der spezifischen Untersuchungssituation ließen sich Fragen formulieren, aus denen schließlich die für die Untersuchung entscheidenden Hypothesen abgeleitet werden konnten:

- H I *Die narrative Darstellung des Sachverhaltes „Erdmagnetismus“ in multimedialer Umsetzung findet bei Schülerinnen und Schülern im Unterricht der Sekundarstufe I Akzeptanz und Zustimmung.*
- H II *Narration in Gestalt eines fiktiven Dialoges über den Erdmagnetismus kann lernwirksam im Physikunterricht der Sekundarstufe I eingesetzt werden.*
- H III *Die narrative und diskursive Gestaltung eines Lernmediums über den Erdmagnetismus fördert in Verbindung mit einem historisch-genetischen Zugang die Entwicklung adäquater Schülervorstellungen über „Nature of Science“.*
- H IV *Die Vorstellungen über Phänomene des Erdmagnetismus sind bei Schülerinnen und Schülern der Sekundarstufe I geprägt von uneinheitlichen und z.T. unangemessenen Konzepten.*

Die letztgenannte Hypothese resultiert aus den Ergebnissen der Pilotstudien und dient letztlich der weiteren Entwicklung und Optimierung des Moduls. Darüber hinaus lässt sich ein Bedarf an der Erfassung solcher Konzepte aus einer Analyse des Standes der gegenwärtigen Forschung über Schülervorstellungen zum Erdmagnetismus (STCSE, Duit 2007; Kasper 2007, 103) ableiten.

4.2 Untersuchungs- und Analysemethoden

Vor der Hauptuntersuchung und parallel zur Entwicklung des Moduls zum Erdmagnetismus fanden im Sinne einer formativen Evaluation zwei Pilotstudien statt, deren Anliegen die simultane Korrektur und Optimierung des multimedialen Angebotes, die Entwicklung von geplanten Unterrichtsabläufen sowie die Adaption und Erstellung von Test-Items war. Das Ergebnis dieser Pilotphase prägte die Entscheidungen und Festlegungen für die anschließende Durchführung der Hauptuntersuchung:

- Hauptuntersuchung in der Klassenstufe 10 des Gymnasiums
- Schülerarbeitszeit mit dem Erdmagnetismus-Modul: 90 min
- Durchführung als kooperative Partnerarbeit (*scripted cooperation*)
- endgültige Auswahl und Formatierung der Fragebogen-Items
- zusätzliche Unterrichtserprobung in der Hauptschule (mit Kürzung des Dialoges sowie des Hörspiels, Modifikation der Instruktionen)

Das Design der Hauptuntersuchung folgt einer *Vortest-Nachtest-Langzeittest*-Struktur, deren inhaltliche Komponenten einschließlich der mit ihnen verbundenen Methoden bzw. Instrumente in Abb. 2 dargestellt sind.



Abb. 2: Struktur und Zeitplan der Hauptuntersuchung

Insgesamt waren an der Testsequenz 136 Schülerinnen und Schüler aus 5 Parallelklassen der Klassenstufe 10 eines Brandenburger Gymnasiums beteiligt. 120 von ihnen nahmen sowohl an den Vor- und Nachtests als auch an der Arbeit mit dem Computer-Programm teil, sodass diese 120 Probanden für die Auswertung berücksichtigt werden. Die Verständlichkeit von Texten und Abbildungen der Fragebogen-Items wurde in den Pilotuntersuchungen sichergestellt, innerhalb derer auch der Auswahl- und Optimierungsprozess für die endgültige Zusammenstellung der Fragebögen stattfand. Vor allem für den Bereich *Erdmagnetismus* standen keine erprobten Instrumente zur Verfügung, sodass diese Items neu entwickelt werden mussten. Für die Items zu dem Aspekt *Tentativität* (NOS) wurden Ausschnitte erprobter Instrumente (Halloun 2001, Tao 2003) adaptiert. Die Fragen des Usability-Tests sind aufgrund ihres spezifischen Zusammenhangs mit dem Multimedialemodul neu entwickelt und in der Pilotphase optimiert worden.

Für den Teil der Untersuchung, in dem es um Vorstellungen und individuelle Konzepte geht, war eine solche Anlage der Datenerhebung erforderlich, die eine Gewinnung informationsreicher Daten ermöglichte. Die Erzeugung solcher Daten wurde durch freie Antwortformate und Antwort-Skizzen realisiert. Die durch Kategorisierung dieser Antworten hervorgegangenen Daten sind ordinalskaliert und werden als „typische Daten qualitativer Forschung“ angesehen (Rost 1998, 37). Der qualitative Charakter zeigt sich auch im Vorgehen bei der Kategorienbildung. Die Auswertungskategorien wurden mit der Absicht einer möglichst authentischen Erfassung des Bedeutungsgehaltes auf induktive Weise am ursprünglichen Textmaterial der Schüler erzeugt und nicht – wie es ein Merkmal quantitativer Forschung wäre – mithilfe eines „präexperimentell vorgefertigten Kategorienschemas“ (Rost 1998, 38) analysiert. Die vorliegenden Daten wurden im Wesentlichen auf Itemebene ausgewertet.

Eine auf standardisierte Verfahren der Statistik beruhende Verdichtung der Daten erfolgte dabei lediglich in schwacher Form (Summenscore- und Mittelwertvergleiche) und nur an solchen Stellen, an denen es legitim und sinnvoll erschien.

Für die Auswertung wurden die Antworten aller an den Vor- und Nachtests beteiligten Schüler herangezogen. Die analysierten Texte liegen als von den Probanden handschriftlich fixierte Antworten vor. Neben den verbalen Informationen standen für den Analyseprozess auch Zeichnungen und Skizzen der Probanden zur Verfügung. Dem durch systematisches Reduzieren des Ausgangsmaterials gekennzeichneten Vorgehen bei der Auswertung der offenen Schülerantworten liegt ein adaptiertes und an die spezifischen Rahmenbedingungen der hier vorgestellten Studie angepasstes Ablaufmodell der Kategorienbildung der *Qualitativen Inhaltsanalyse* nach Mayring (2002) zu Grunde.

Insgesamt wurden jeweils für 120 Schüler im Vortest 7 Items und im Nachtest 11 Items mit offenem Antwortformat bzw. mit der Möglichkeit zum Skizzieren aus den Vor- und Nachtests ausgewertet. An diesem Materialumfang wird die tragende Rolle der Methode der Qualitativen Inhaltsanalyse für die vorgestellte Studie deutlich. Um dem Gütekriterium der Reliabilität zu genügen, wurden die Kodierungen aller Items einer entsprechenden Reliabilitätsprüfung unterzogen. Die Bestimmung der *Intercoder-Reliabilität* erfolgte durch Hinzunahme weiterer Kodierer und der anschließenden Ermittlung von Übereinstimmungen zwischen den Kodierungsergebnissen. Als ein gebräuchliches Verfahren im Rahmen der Inhaltsanalyse wurde die auf dem Koeffizienten *Cobens Kappa* basierende Bestimmung gewählt. Auf diese Weise konnte für alle qualitativ ausgewerteten Items die Erfüllung des Reliabilitäts-Kriteriums nachgewiesen werden (Kasper 2007, 155).

4.3 Ergebnisse bezüglich der Behaltensleistungen zum Magnetismus und Erdmagnetismus

Die für den Komplex *Behaltensleistungen* genutzten Fragebogen-Items schließen sowohl *Magnetismus* als auch *Erdmagnetismus* ein. Der Teil aller Items, der die Schnittmenge aus den Nachtest- und Langzeittestfragen bildet, beinhaltet Fragestellungen, die direkt aus der Arbeit mit dem Erdmagnetismus-Modul herrühren. Diese Items waren deshalb nicht Gegenstand des Vortests.

Wissen über Magnetismus, allgemein, Vergleich Vortest-Nachtest

Nach Eliminierung von drei Items aufgrund sehr großer bzw. sehr kleiner Lösungswahrscheinlichkeiten sowohl im Vor- als auch im Nachtest fanden für die Auswertung 9 Items Berücksichtigung, die folgende Wissensbereiche abbilden:

- Magnetisierbarkeit verschiedener Materialien
- Orte stärkerer bzw. schwächerer magnetischer Wirkungen an einem Stabmagneten

- Wechselwirkungen durch Kombination magnetischer Pole
- Orientierung von Probemagneten um einen Stabmagneten in einer Blackbox-situation (Zeichnung)
- Abhängigkeit des Abstandes zweier Magnete auf ihre gegenseitige Wirkung
- Zusammenhang von Größe (Ausdehnung) eines Magneten und seiner Stärke
- Erklärung der gleichen Wirkung (Attraktion) unterschiedlicher magnetischer Pole auf ferromagnetisches Material unter Berücksichtigung der Elementarmagnete-Vorstellung
- Erklärung der Beobachtungen an einem Inklinationsexperiment
- Vorstellungen zum inneren Aufbau der Erde (durch Zeichnung)

Für eine Überblicksdarstellung wurden diese Items unabhängig von ihrem Antwortformat – bei offenem Format unter Reduktion der zuvor erfolgten Feinkategorisierung – dichotom ausgewertet. Abb. 3 zeigt eine Übersicht der Vor- und Nachtest-Ergebnisse:

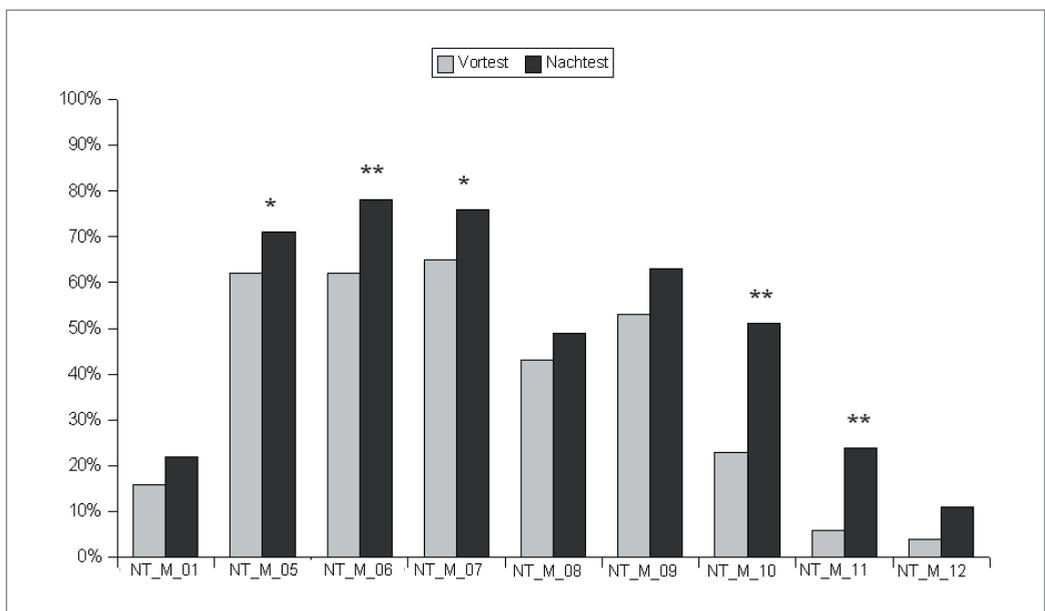


Abb. 3: Vor-/Nachtest-Vergleich (Behaltensleistungen Magnetismus), n = 120

Für die dichotomen Antwortalternativen der Probanden in den einzelnen Items der Vor- und Nachtests wurden die Häufigkeiten nach dem Verfahren von Mc Nemar auf Signifikanz getestet (Bortz 2005, 159). Es zeigt sich für fünf von neun Items eine signifikante bzw. hochsignifikante Differenz der Antworten. Für zwei weitere Items besteht ein entsprechender Trend.

Ein Gruppenvergleich in Abhängigkeit von den zuletzt erteilten Zeugnisnoten in den Fächern Physik und Deutsch zeigt, dass keine der Gruppen in bevorzugter Weise von der Arbeit mit dem Lernprogramm profitiert hat. Der Gruppenvergleich zwischen Mädchen und Jungen wies keinen signifikanten Unterschied auf.

Wissen über den Erdmagnetismus im Zusammenhang mit dem Lernprogramm, Vergleich Nachtest-Langzeittest

Dieser Fragenkomplex wurde durch 5 Items gebildet, die sowohl im Nachtest als auch im Langzeittest enthalten sind. Für ein Item (Abb. 4a) war der Vergleich über alle drei Messzeitpunkte möglich. Die Inhalte dieser fünf Items bilden folgende Wissensbereiche ab:

- Orientierung von Probemagneten um einen Stabmagneten in einer Blackbox-situation (Zeichnung); (Wiederholung aus Vortest wg. Zusammenhanges mit dem Inklinationsphänomen)
- Erklärung der Beobachtung aus einem Experiment (Ausrichtung eines schwimmenden Magnetsteines im Erdmagnetfeld)
- Voraussage der Orientierung von Probemagneten in unterschiedlichen Positionen bezüglich eines kugelförmigen Magneten (durch Zeichnung)
- Erklärung eines historischen experimentellen Befundes (von Robert Norman) im Zusammenhang mit dem Phänomen der magnetischen Inklination
- Argumentative Widerlegung der historischen „Magnetstern-Hypothese“

Die Ergebnisse für 4 Items sind in Abb. 4a-d dargestellt.

Für den Vergleich Nachtest-Langzeittest lässt sich eine hohe Stabilität des erworbenen Wissens, z.T. sogar ein anhaltender Anstieg nachweisen, woraus sich die Hypothese von einer Nachhaltigkeit der Behaltensleistungen nach dem Lernen mit narrativ strukturiertem Material ergibt.

4.4 Schülervorstellungen und alternative Konzepte zum Erdmagnetismus

Die Auswertung der Fragebogen liefert Hinweise auf typische Fehlvorstellungen bzw. alternative Konzepte der Schüler. Der Vortest zum Einsatz des Erdmagnetismus-Moduls enthielt 6 Items zur Exploration von Schülervorstellungen über den Erdmagnetismus. Es handelt sich dabei um Fragen mit offenem Antwortformat, die mit der Methode der Qualitativen Inhaltsanalyse ausgewertet wurden. Im Folgenden werden die identifizierten häufig genannten Fehlvorstellungen vorgestellt. Alle prozentualen Angaben beziehen sich auf die Probandenanzahl $n = 120$.

Trägerkonzept. Den Schülern wurde die Aufgabe gestellt, begründete Voraussagen über das Verhalten von Kompassnadeln in Vakuumsituationen zu treffen. 29,5 % aller Schüler sagten vom Erdmagnetfeld unabhängige Stellungen der Kompassnadeln voraus. Ein repräsentatives Beispiel für diese Antwortkategorie lautet (weitere Beispiele in Kasper 2007, 167): „Die Nadel dürfte sich selbst nicht weiterbewegen, da das „magnetische Feld“ Luft braucht, um vorhanden zu sein.“. Magnetismus oder magnetische Effekte auf der Erde benötigen nach Ansicht dieser Schülergruppe ein Transportmedium wie Luft.

Nordzentrierte Sicht. In zwei Items waren Erklärungen für das spezifische Einstellen eines horizontal frei drehbaren Magneten sowie einer Inklinationsnadel zu geben. Die Auswertung der Schülerantworten zeigte für beide Items eine Häufung von Ansichten, denen das Konzept eines entweder viel

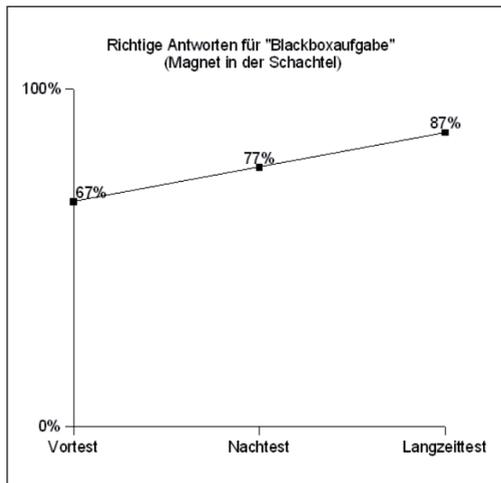


Abb. 4a: Item FUP_M_01

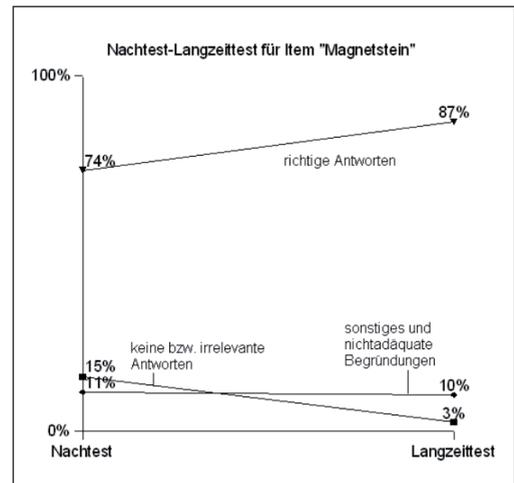


Abb. 4b: Item FUP_M_02

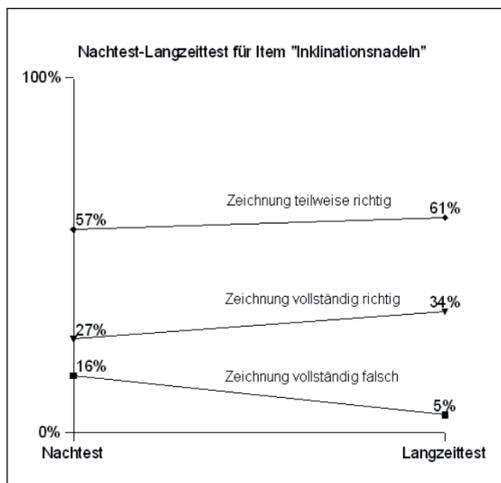


Abb. 4c: Item FUP_M_04

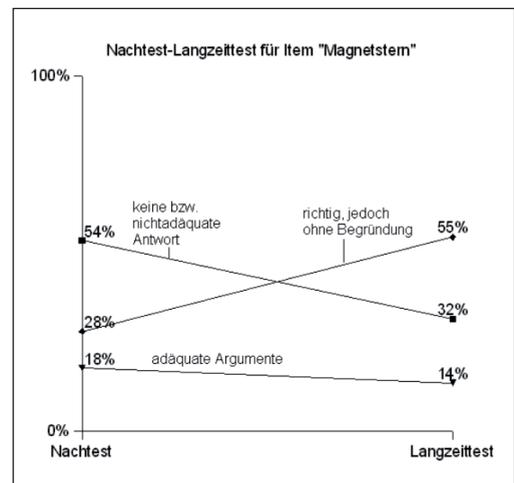


Abb. 4d: Item FUP_M_07

stärkeren oder sogar einzig vorhandenen magnetischen Poles beim geografischen Nordpol zugrunde liegt. Insgesamt 25 % der Schüler gaben Erklärungen in diesem Sinn ab. Eine für diese Gruppe repräsentative Argumentation lautet: „Die Nadel richtet sich nach Norden aus, weil der Magnetismus im Norden größer ist.“

Das dabei durchaus von einem Ungleichgewicht der Wirkungen beider erdmagnetischen Pole ausgegangen werden kann, spiegelt sich in folgender Antwort wider:

„Durch den natürlichen Erdmagnetismus wird ein Ende (es sei denn, sie stehen genau auf dem Äquator und selbst dort wäre die Anziehungskraft des Nord- und Südpols nicht gleich) mehr angezogen als das andere.“

Als eine Ursache dieser „Nordzentrierung“ kann sicher angenommen werden, dass wir Bewohner der Nordhalbkugel sind und allein daraus sprachliche Akzentuierungen wie „nordweisend“ oder „einnorden“ resultieren. Eine zweite Ursache könnte jedoch in den Erfahrungen der Schüler mit dem

Physikunterricht selbst vermutet werden. Die folgende Antwort liefert einen entsprechenden Hinweis: „Ein Magnet hat immer einen Nord- und einen Südpol und der Nordpol richtet sich nach Norden (da sich die magnetische Wirkung immer von Nord nach Süd richtet).“

Das Augenmerk soll hier auf die von dem Schüler angeführte gerichtete magnetische Wirkung gelenkt werden. Mit den Feldlinienbildern lernen die Schüler auch die Festlegung der Feldlinienrichtung kennen. Dieser Festlegung zufolge verlaufen Feldlinien im Außenraum eines Magneten vom Nord zum Südpol. Die zuletzt zitierte Schülerantwort ist vollkommen korrekt. Jedoch erklärt derselbe Schüler in einer anderen Antwort die Neigung der Inklinationsnadel mit der größeren Stärke des magnetischen Pols im Norden. Hier kann ein Schluss von der Gerichtetheit der Feldlinien zum magnetischen Südpol auf eine Asymmetrie der Wechselwirkungen vermutet werden.

Senderkonzept. 8,3 % der Schüler gaben in einem oder in mehreren der Items an, dass ein erdmagnetischer Pol die Quelle magnetischer Strahlen, Schwingungen oder Wellen ist. Eine für dieses Erklärungsmuster typische Antwort lautet: „Vögel können sich anhand von Schall- und Magnetwellen orientieren und wissen dadurch, wo sie sich befinden.“

4.5 Ergebnisse zum NOS-Teilaspekt der Tentativität naturwissenschaftlichen Wissens

Zum Aspekt der Vorläufigkeit naturwissenschaftlichen Wissens äußerten sich in den Vortest-Fragebogen der Pilotstudie sieben von acht Schülern in adäquater Weise. Jedoch legten die als Nachtest geführten Interviews nahe, dass diese Ansichten nicht stabil und darüber hinaus domänenspezifisch zu sein scheinen. Um diesem Hinweis zu folgen, wurden für die Tests der Hauptuntersuchung Items geplant, die in

unterschiedlichen Kontexten die Frage nach Endgültigkeit oder Vorläufigkeit von physikalischen Theorien aufgreifen. Für die Erschließung solcher Schülervorstellungen wurden 4 Multiple-Choice-Fragen aus dem Fragebogen „Views about Science Survey“ (Halloun, 2001) sowie aus einer aktuellen Studie (Tao 2003) ausgewählt. Der im Fokus des Interesses liegende Aspekt von NOS war dabei „Naturwissenschaftliche Theorien sind nicht absolut, sondern haben tentativen Charakter.“ Unter Berücksichtigung des Hinweises aus der Pilotstudie wurden die Schüler mit folgenden im Kern identischen, in ihrem Kontext jedoch voneinander abweichenden Items konfrontiert (unterstrichene Antwortalternative gilt als adäquat):

- NOS_3: Die derzeitigen Vorstellungen der Physiker über die Elementarmagnete innerhalb eines magnetischen Stoffes a) werden immer so beibehalten, wie sie sind. b) werden gegebenenfalls in verschiedener Hinsicht geändert.
- NOS_4: Die aktuelle Theorie zum Erdmagnetismus a) ist bewiesen und wird immer so beibehalten, wie sie ist. b) wird gegebenenfalls in verschiedener Hinsicht geändert.)

Während die Frage nach der Stabilität physikalischer Theorien über Elementarmagnete bereits im Vortest von über 75% der Probanden als adäquat zu werten ist und im Nachtest keine signifikanten Zuwächse mehr zu verzeichnen sind, steigt der Anteil adäquater Antworten auf die vergleichbare Frage bezüglich des Erdmagnetismus im Nachtest signifikant. Allerdings sind insbesondere die als adäquat gezählten Antworten vorsichtig zu interpretieren. Die Multiple-Choice-Fragen boten die Möglichkeit einer zusätzlichen Begründung, wovon ein größerer Teil der Schüler Gebrauch machte. Dabei zeigten sich hauptsächlich zwei Argumentationsmuster für die Option „Theorien zum Erdmagnetismus werden sich gegebenenfalls ändern“. Neben der Begründung durch

„zukünftige neue Entdeckungen“ zeigte sich auch ein Argumentationstyp, der auf „Änderungen des Erdmagnetfeldes“ gründete, also auf Änderungen des von der Theorie beschriebenen Objektes. So gab ein Schüler an: „Weil der Erdmagnetismus keine fixe Erscheinung ist, sondern einem zeitlichen Wandel unterzogen ist (Umpolung Magnetfeld Erde).“

Allerdings blieb das Verhältnis beider Begründungsmuster in den Vor- und Nachtest nahezu konstant, sodass nicht davon ausgegangen werden muss, dass die Schüler diese Argumentation durch das Erdmagnetismus-Modul, „gelernt“ haben. Insgesamt jedoch konnte die Vermutung, derzufolge die Schülervorstellungen über die Stabilität bzw. Vorläufigkeit naturwissenschaftlicher Theorien domänenspezifisch sind, erhärtet werden.

4.6 Ergebnisse des Akzeptanz- und Usabilitytests

Der durchgeführte Usability-Test¹ hatte zum Ziel, in einer typischen Anwendungssituation, dem Physikunterricht, die Qualität von Ergonomie, Gestaltung und Akzeptanz zu analysieren und den sich daraus ergebenden Bedarf an Optimierung zu ermitteln. Nach der ca. 90minütigen Arbeit mit dem Lernmedium hatten die Schülerinnen und Schüler die Möglichkeit, im Rahmen des Nachtest-Fragebogens das Computerprogramm hinsichtlich verschiedener Kriterien zu beurteilen. Dafür stand ein Block von 23 Items zur Verfügung. Es handelte sich dabei um eine Einschätzung des Zutreffens von Aussagen über das Programm mit vierstufigen Antwortoptionen von „trifft vollkommen zu“ bis „trifft keinesfalls zu“. Die einzelnen Items lassen sich zu 6 Inhaltsbereichen gruppieren:

- Bedeutung des Lerngegenstandes (2 Items);
- Bediensicherheit und Navigation (6 Items);
- multimediale Gestaltung (9 Items);
- zeichnerische Gestaltung der Figuren (1 Item);
- Akzeptanz der Identifikationsfigur (1 Item);
- allgemeine Akzeptanz des Programms (4 Items).

Die Auswertung erfolgte getrennt nach diesen Bereichen. Nach den vorliegenden Ergebnissen können für die Gesamtheit der Probanden die Thementauswahl, die Art und Gestaltung der multimedialen Elemente, die Navigationsstruktur im Programm sowie die allgemeine Akzeptanz der Lernumgebung als gelungen eingeschätzt werden. Insgesamt kann mit dem vorliegenden Erdmagnetismus-Modul ein gendgerechter Zugang zu diesem naturwissenschaftlichen Thema gewährleistet werden.

Zu Unterschieden in der Bewertung des Computerprogrammes führte vor allem ein Vergleich der Schülergruppe mit den besseren Physiknoten (Noten „1“ oder „2“) und der Schülergruppe mit den schlechteren Physiknoten (Noten „3“ oder „4“). Abgesehen von der Bedeutung des Lerngegenstandes gab es in allen anderen das Programm betreffenden Punkten bessere Bewertungen von den Schülern mit den schlechteren Physiknoten. Deutlich besser schnitten vor allem die Kriterien „allgemeine Akzeptanz“ und „Akzeptanz der Identifikationsfigur“ ab. Besonders der letzte Punkt kann als Hinweis auf einen vergleichsweise höheren Bedarf an identifikationsstiftenden Merkmalen von Lernumgebungen gerade bei schwächeren Schülerinnen und Schülern interpretiert werden.

¹ „Usability“ als Zusammenstellung messbarer Merkmale von interaktiven Medien. Dazu gehören „Durchschaubarkeit in Aufbau und Struktur, leichte Navigation, leichte Erlernbarkeit und Erinnerbarkeit der Funktionen, intuitive Verständlichkeit, Auffindbarkeit zu erwartender Informationen, und ansprechende Gestaltung“ (Institut für Wirtschaftsinformatik, Universität des Saarlandes).

4.7 Ausgewählte Ergebnisse der Logdateien-Analyse

Die Aufzeichnung der Logdateien, ihre Parameter und Formate wurde durch Script-Programmierung gesteuert. Im Einzelnen sollte registriert werden, von welcher Herkunftsseite ein Nutzer eine neue Seite aufruft, wie lange er sich dort aufhält und mit welchem Ziel diese Seite verlassen wird.

Als die wesentlichsten Ergebnisse der Auswertung kann zusammengefasst werden: Die Schüler folgten den Instruktionen und rezipierten den Dialoginhalt zunächst über das Hörspiel. Ein ausgeprägtes Nutzerspektrum ist hinsichtlich der Kombination „ausführliches (zusätzliches) Lesen des Textes“ und „Schulleistungen im Fach Physik“ erkennbar. Während die Schulleistungen im Fach Deutsch – wie man es vermuten könnte – in keinen Zusammenhang mit dem Leseverhalten zu bringen sind, zeigen Schüler mit besseren Leistungen in Physik (Noten 1 und 2) eine intensivere, z.T. redundante Auseinandersetzung mit dem Dialoginhalt.

Auch hinsichtlich der Nutzung von Animationen und Videosequenzen lassen sich Nutzergruppen unterscheiden. In einer zur Textnutzung vergleichbaren Weise wurden anhand summierter Verweilzeiten (und unter Bildung der je oberen und unteren Quartile) die Extremgruppen „flüchtige Nutzer“ und „intensive Nutzer“ gebildet. Interessant ist, dass hier die Geschlechteraufteilung auf diese beiden Nutzerprofile einen hochsignifikanten Unterschied aufweist (Abb. 5).

Demnach sind in der Extremgruppe der intensiven Nutzer nahezu ausschließlich Jungen, während die Gruppe der flüchtigen Nutzer überwiegend aus Mädchen gebildet wird. Auf die Behaltensleistungen und den Wissenszuwachs dieser Probanden hatte die Ausprägung der Nutzung von Animationen und Videos jedoch keinen messbaren Einfluss.

Für die Bediensicherheit kann in Übereinstimmung mit der Schülerbefragung aufgrund der Logdateien-Auswertung festgestellt werden, dass Übersichtlichkeit und Navigation im Programm zufriedenstellend sind. Es haben sich keine Hinweise auf Bedienungsschwierigkeiten ergeben.

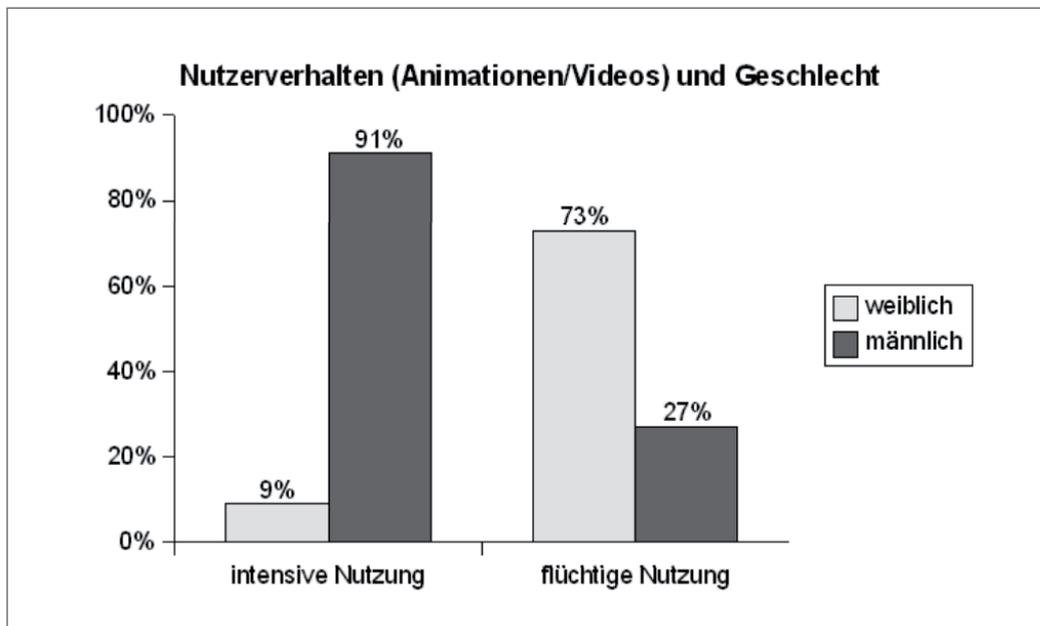


Abb. 5: Zusammenhang von Nutzerprofil (Animationen/Videos) und Geschlecht (n = 58)

5 Zusammenfassung und Schlussfolgerungen

Die Auswertung der Schülerantworten und Logdateien erlaubt eine positive Einschätzung der Tragfähigkeit des Ansatzes zum Lernen mit diskursiv-narrativen Elementen im Physikunterricht. Wie in den Pilotstudien traf auch in der Hauptuntersuchung die Arbeit mit dem Dialogtext auf positive Resonanz der Schülerinnen und Schüler. Abstriche hiervon, die sich auf die diskursiv-narrative Prägung zurückführen lassen, betreffen vor allem die Länge des Dialogtextes. Hier gilt es für die Weiterentwicklung des Unterrichtsansatzes „optimale“ Umfänge von Themeneinheiten in Abhängigkeit von Schulform und Klassenstufe zu ermitteln. Die Einbettung des Dialoges in eine multimediale Peripherie sowie seine Darbietung als Hör- sowie Lesetext führten bei den Lernenden zu Interesse und allgemeiner Akzeptanz im Unterricht. Damit kann die Hypothese H I aufrechterhalten werden.

Auch die Hypothese H II kann nach Auswertung der Fragebögen beibehalten werden. Hinsichtlich der Lern- und Behaltensleistungen lässt sich für die Lernwirksamkeit nach dem Einsatz des Erdmagnetismus-Moduls insbesondere Nachhaltigkeit in den Testergebnissen zeigen.

Die Hypothese H III lässt sich nach den vorliegenden Ergebnissen nur mit Einschränkungen aufrechterhalten. Der angestrebte Unterrichtserfolg im Bereich bestimmter Aspekte von „Nature of Science“ kann nicht mit Deutlichkeit nachgewiesen werden, jedoch ergibt die Auswertung klare Hinweise auf das Potenzial dieses Ansatzes. Hier ist zum einen die sehr kurze Zeitspanne der Intervention von nur zwei Unterrichtsstunden zu berücksichtigen. Zum anderen kann vermutet werden, dass eine verstärkte Explizitheit von Aussagen über das Wesen der Naturwissenschaften auch in den Instruktionen für die Arbeit mit dem Text zu deutlicherem Erfolg führt.

Mit der Identifikation typischer unangemessener Vorstellungen über den Erdmagnetis-

mus konnte die Hypothese H IV empirisch erhärtet werden. Die ermittelten Schüleransichten liefern insofern Hinweise für eine Weiterentwicklung des diskursiven Unterrichtsansatzes, als sie offensiv aufgegriffen und dem argumentativen Wettstreit mit adäquaten Modellen und Konzepten ausgesetzt werden können.

Die Erprobung der diskursiv-narrativen Gestaltung von Unterrichtselementen in einer Hauptschulklasse unter modifizierten Bedingungen zeigte, dass sich mithilfe dieses Ansatzes auch in dieser Schulform praktikable Unterrichtsskripts entwickeln lassen. Die wesentlichen Änderungen gegenüber den für die Hauptuntersuchung entwickelten Arbeits- und Instruktionmaterialien bestanden in einer Vereinfachung des Dialogtextes, der damit verbundenen Reduktion der physikalisch intendierten Lernziele sowie einer verstärkten Aktivierung der Schüler durch das Angebot von auf den Dialoginhalt abgestimmten Experimentierstationen.

Mit den Fragestellungen und Hypothesen in der hier vorgelegten Arbeit wird physikdidaktische Forschung über den Bereich „Nature of Science“ mit einem Forschungsbereich verbunden, der sich vordergründig mit der Rolle der Sprache beim Physiklernen beschäftigt. Von besonderer Relevanz für das Lernen über Naturwissenschaften ist dabei die Dimension *Sicherheit vs. Vorläufigkeit des naturwissenschaftlichen Wissens*. Das Thematisieren des historischen Theorien- und Modellwandels in geeigneten Gebieten der Physik wird mit der Entwicklung der Lernumgebung „Tafelrunde“ als eine Möglichkeit zur Überwindung von existierenden Stereotypen und Fehlvorstellungen gesehen. Mit der hier gezeigten Umsetzung von Sprachgebundenheit und Diskursorientierung in Gestalt eines Lehrdialoges kann der Tatsache entgegengewirkt werden, dass die Metastruktur der Naturwissenschaften in der Unterrichtspraxis bisher eine nur geringe Rolle spielt. Geschichte und Geschichten in Verbindung mit historischen Fallstudienansätzen können auf diese Wei-

se zum verbindenden Element der eingangs benannten Forschungsbereiche werden. Die Ergebnisse aus der Untersuchung sowie aus der Unterrichtserprobung zeigen die Tragfähigkeit des diskursiv-narrativen Ansatzes im Zusammenhang mit dem Prototypen zum Erdmagnetismus. Als ein über dieses Beispiel hinausweisendes Resultat lassen sich die Hypothesen formulieren, denen zufolge Narration in Gestalt von szenischen Dialogen hinsichtlich nachhaltiger Behaltensleistungen im Physikunterricht lernwirksam eingesetzt werden kann und Lernende die Arbeit mit diskursiv-narrativ gestalteten Lernmedien im Physikunterricht als positiv erleben. Darüber hinaus scheint für die Entwicklung angemessener Vorstellungen über „Nature of Science“ mithilfe narrativer, historisch-genetischer Darstellungen die Explizitheit solcher Aspekte einen ausschlaggebenden Faktor zu bilden. Der Ansatz historisch orientierter fiktiver Lehrdialoge wird an der Universität Potsdam mit der Entwicklung und einer explorativen Wirkungsstudie des Textes *Goethe meets Newton* (Mikelskis 2006) sowie im Rahmen von Bachelor- und Masterarbeiten weiter verfolgt.

Literatur

- Bachtin, M.M. (1979). *Die Ästhetik des Wortes*. Frankfurt a. M.: Suhrkamp.
- Bortz, J. (2005). *Statistik für Human- und Sozialwissenschaftler*. Heidelberg: Springer.
- Bruner, J.S. (1998). Vergangenheit und Gegenwart als narrative Konstruktionen. In J. Straub (Ed.) *Erzählung, Identität und historisches Bewusstsein* (pp. 46-80). Frankfurt a. M.: Suhrkamp.
- Duit, R. & Treagust, D.F. (2003). Conceptual change: a powerful framework for improving science teaching and learning. *International Journal of Science Education*, 25, 671-688.
- Duit, R. (2007). *Bibliography „STCSE“ (Student's and Teacher's Conceptions and Science Education)*. Version March 2007, <http://www.ipn.uni-kiel.de/aktuell/stcse/stcse.html>
- Gergen, K.J. (1998). Erzählung, moralische Identität und historisches Bewusstsein. Eine sozialkonstruktivistische Darstellung. In J. Straub (Ed.) *Erzählung, Identität und historisches Bewusstsein* (pp. 12-45). Frankfurt a. M.: Suhrkamp.
- Halloun, I. (2001). *Student Views about Science: A Comparative Survey*. Beirut.
- Höttecke, D. (2001). Die Vorstellung von Schülerinnen und Schülern von der „Natur der Naturwissenschaften“. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 7, 7-23.
- Höttecke, D. (2004). Wissenschaftsgeschichte im naturwissenschaftlichen Unterricht. In C. Hößle, et al. (Eds.) *Lehren und Lernen über die Natur der Naturwissenschaften* (pp. 43-56). Baltmannsweiler: Schneider Verlag Hohengehren GmbH.
- Kasper, L. (2007). *Diskursiv-narrative Elemente für den Physikunterricht – Entwicklung und Evaluation einer multimedialen Lernumgebung zum Erdmagnetismus*. Berlin: Logos.
- Kasper, L. (2008). Lernen aus historischen „Irrtümern“? *Naturwissenschaften im Unterricht Physik*, 19(103), 42-43.
- Kerres, M. (2001). *Multimediale und telemediale Lernumgebungen – Konzeption und Entwicklung*. München und Wien: Oldenbourg.
- Kircher, E. & Dittmer, A. (2004). Lehren und Lernen über die Natur der Naturwissenschaften – ein Überblick. In C. Hößle et al. (Eds.) *Lehren und Lernen über die Natur der Naturwissenschaften* (pp. 2-22). Baltmannsweiler: Schneider Verlag Hohengehren GmbH.
- Kubli, F. (2005). *Mit Geschichten und Erzählungen motivieren – Beispiele für den mathematisch-naturwissenschaftlichen Unterricht*. Köln: Aulis.

- Labudde, P. (1993). *Erlebniswelt Physik*. Bonn: Dümmler.
- Mayring, P. (2002). *Qualitative Inhaltsanalyse – Grundlagen und Techniken*. Weinheim/Basel: Beltz.
- Mikelskis, H. F. (1989). Sprache und Natur – Brücken zwischen Deutsch- und Physikunterricht. In A. Hoppe, A. & J. Wolff (Eds.) *Germanistentag 1989: Deutschunterricht und Lebenswelt* (Tagungsband) (pp. 330-346).
- Mikelskis, H. F. (2006). Goethe meets Newton – ein multimedial, narrativer Disput über Farben. In A. Pitton (Ed.) *Lehren und Lernen mit neuen Medien* (pp. 93-95). Berlin: LitVerlag.
- Mikelskis-Seifert, S. (2002). *Die Entwicklung von Metakonzepien zur Teilchenvorstellung bei Schülern: Untersuchung eines Unterrichts über Modelle mithilfe eines Systems multipler Repräsentationsebenen*. Berlin: Logos.
- O'Donnell, A.M. & Dansereau, D.F. (1992). Scripted cooperation in student dyads: A method for analysing and enhancing academic learning and performance. In *Interaction in cooperative groups* (pp. 120-141). New York: Cambridge University Press.
- Priemer, B. (2003) Ein diagnostischer Test zu Schüleransichten über Physik und Lernen von Physik – eine deutsche Version des Tests „Views about Science Survey“. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 9, 160-178.
- Reinhold, P. (2006). Den Physikunterricht fundieren. In H. Mikelskis (Ed.) *Physikdidaktik – Praxishandbuch für die Sekundarstufe I und II* (pp. 86-119). Berlin: Cornelsen Scriptor.
- Rost, J. (1998). Drei Thesen zum Konzept qualitativer Forschungsmethoden. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 4, 35-42.
- Schmid, W. (2005). *Elemente der Narratologie*. Berlin/New York: Walter de Gruyter.
- Tao, P.K. (2003). Eliciting and developing junior secondary students' understanding of the nature of science through a peer collaboration instruction in science stories. *International Journal of Science Education*, 25, 147-171.
- Vosniadou, S. (2001). Conceptual Change Research and the Teaching of Science. In H. Behrendt et al. (Eds.) *Research in Science Education – Past, Present, and Future* (pp. 177-188). Dordrecht: Kluwer Academic Publishers.
- Vygotskij, L.S. (2002). *Denken und Sprechen - Psychologische Untersuchungen*. Weinheim und Basel: Beltz.

Kontakt

Dr. Lutz Kasper
 Prof. Dr. Helmut F. Mikelskis
 Universität Potsdam
 Institut für Physik und Astronomie
 – Didaktik der Physik
 14476 Golm
 Karl-Liebknecht-Str. 24-25
lutz.kasper@rz.uni-potsdam.de

Autoreninformation

Lutz Kasper ist promovierter Physikdidaktiker mit mehrjährigem beruflichen Hintergrund in Lektorat und Redaktion naturwissenschaftlicher Schulbücher. Zurzeit arbeitet er als Mitarbeiter in der Arbeitsgruppe Physikdidaktik der Universität Potsdam. Seinen Forschungsschwerpunkt bildet die Frage, wie Lernprozesse und der Gebrauch von physikalischer Fach- sowie Unterrichtssprache zusammenhängen.

Helmut F. Mikelskis lehrt Didaktik der Physik an der Universität Potsdam und befasst sich mit der Untersuchung von Lernprozessen. Er ist Herausgeber und Autor der „Physik plus“ Schulbuchreihe. Sein Interesse gilt phänomenologischen und ästhetischen Zugängen zu Naturverstehen und der Rolle des Computers beim Physiklernen.