

Fachintegratives Lernen mit digitalen Medien (FiLM)

Forschungsprojekt am Lehrstuhl Didaktik der Biologie und der PH Ludwigsburg

Fächer übergreifendes Lernen mit digitalen Medien

Bei Schülerinnen und Schülern wurde wiederholt ein allgemeiner Interessensrückgang für den naturwissenschaftlichen Unterricht im Verlauf der Sekundarstufe-1 beklagt (Becker, 1984; Hesse, 1984; Hoffmann & Lehrke, 1986; Löwe, 1992; Hoffmann et al., 1998; Finke, 1998). Dieser Entwicklung entgegenzuwirken liegt im ausdrücklichen Bemühen des integrierten naturwissenschaftlichen Unterrichts.

In den Realschulen Baden-Württembergs wird ab dem Schuljahr 2004/2005 der Fächerverbund *Naturwissenschaftliches Arbeiten* eingerichtet, um eine naturwissenschaftliche Grundbildung zu erreichen. Ausgehend von Alltagskonzepten der Schülerinnen und Schülern werden naturwissenschaftliche Fähigkeiten, Fertigkeiten und Kompetenzen wie die Nutzung allgemeiner Informationsquellen, das Erkennen und Formulieren naturwissenschaftlicher Fragestellungen und das Schlussfolgern aus Belegen aufgebaut und eingeübt.

Das Forschungs- und Nachwuchskolleg „Fachintegratives Lernen mit digitalen Medien“ an der Pädagogischen Hochschule Ludwigsburg

befasst sich mit der Entwicklung und dem Einsatz von didaktisch aufbereiteten digitalen Lernangeboten für den mathematisch-naturwissenschaftlichen Unterricht. In der vorliegenden Studie ist der Aufbau tragfähiger naturwissenschaftlicher Konzepte im Themengebiet der Wärmelehre ein zentrales Anliegen. Dieser Inhaltsbereich bietet zwar durch Alltagsvorstellungen zum Energie- und Wärmebegriff Ansatzpunkte für die Entwicklung differenzierter physikalischer Konzepte (vgl. Duit, 2002), dennoch spiegeln Aussagen wie „der Pulli gibt schön warm“ zugrunde liegende Fehlvorstellungen wieder. Diese können durch vielfältig beobachtbare Phänomene in der belebten Natur aufgegriffen werden und so zu erfolgreichen Konzeptwechseln führen. Durch die Verbindung biologischer Aspekte wie beispielsweise die Überwinterung gleichwarmer Tiere mit den physikalischen Erklärungen der Prozesse Wärmeleitung, Radiation und Konvektion können die Schüler beim Aufbau konsistenter Konzept unterstützt werden. Ein mehrperspektivischer Zugang zu diesem Themenbereich und eine adäquate Unterstützung bei der Modellbildung können nun mit hypermedialen Lern- und Informationsangeboten realisiert werden.

Für die theoriegeleitete Entwicklung und Evaluation von hypermedialen Lernumgebungen im mathematisch-naturwissenschaftlichen Unterricht sind aktuelle Forschungsergebnisse zum Fächer übergreifenden Lernen in den Naturwissenschaften (z.B. Labudde, 2003; Reinhold & Bündler, 2001; Häußler et al., 1998) und Richtlinien zum Lernen mit digitalen Medien zu vereinen. Im Sinne eines kumulativen Lernens ist es ein erklärtes Ziel einer Klassenzimmer-Intervention sowohl hochwertiges, aktives und anschlussfähiges Wissen aufzubauen als auch motivationale Aspekte des selbstbestimmten Lernens mit digitalen Medien zu berücksichtigen.

Fächer übergreifende Bezüge und die Anknüpfung an lebensweltliche Probleme sind eine bedeutsame Voraussetzung für die Entwicklung von naturwissenschaftlichem Wissen und Lernen im Unterricht (BLK, 1997). Deshalb ist es wichtig, dass naturwissenschaftliches Lernen für die Schülerinnen und Schüler nicht an den Fachgrenzen endet und den Bezug zum alltäglichen Leben findet. Diese Anknüpfung an persönliche Erfahrungen begründet sich empirisch gesichert in Ansätzen des situierten Lernens (Greeno, 1997; Resnick, 1994).

Fachintegratives Lernen mit digitalen Medien (FiLM)

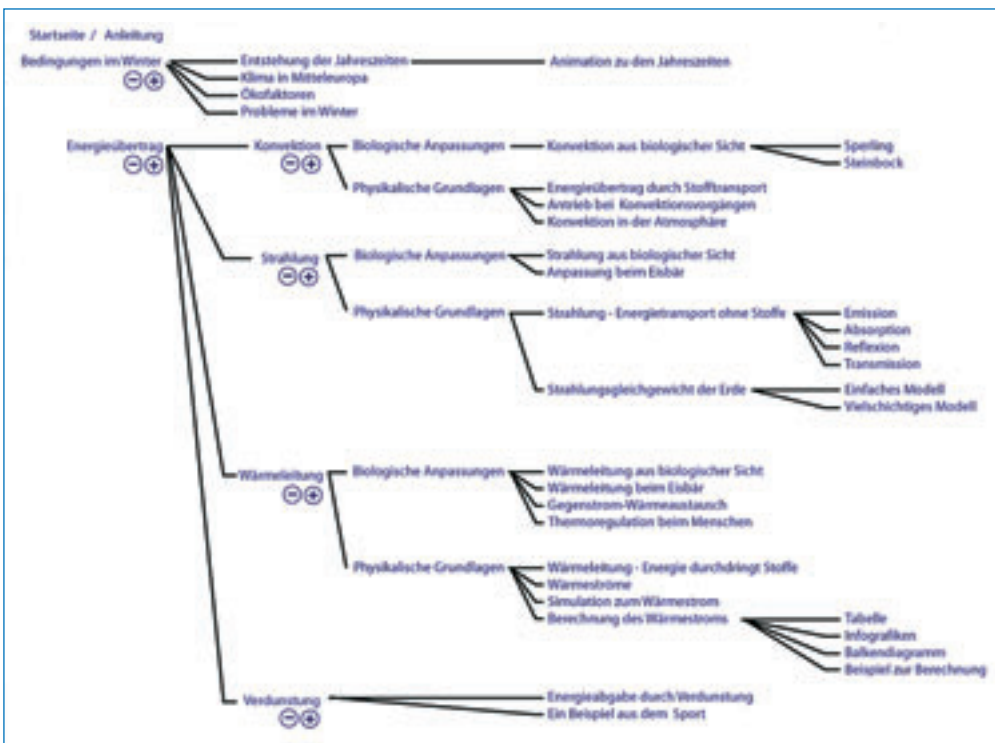


Abbildung 1:
Inhaltsübersicht aus
der Lernumgebung

Gestaltung hypermedialer Lernumgebungen für komplexe Wissensbereiche

Für die Umsetzung naturwissenschafts- und biologie-didaktischer Zielsetzungen mit dem Computer sind Arbeiten zum Lernen mit Multimedia (Mayer, 2001; Schnotz, 2001; Schnotz & Bannert, 1999) von Bedeutung. Auch die adäquate Verwendung multipler externer Repräsentationen kann helfen, Abstraktionsprozesse zu unterstützen, Generalisierungen von Konzepten anzubahnen und Zusammenhänge zwischen Repräsentationen zu er-

kennen (Ainsworth, 1999). Ein Ziel ist dabei, angebotene Informationen in Texten, Bildern, Tabellen, Filmen oder Animationen in konsistente interne Repräsentationen zu überführen und so auf vielfältige Weise abrufbares, aktives Wissen aufzubauen. Diese Überlegungen betreffen zunächst die Oberflächen-Gestaltung der hypermedialen Lernumgebung und zielen auf eine Optimierung der Rezeption des Lerninhalts ab. Darüber hinaus lässt sich aus der Cognitive-Load-Theorie (Chandler & Sweller, 1991) ableiten, dass bei der Arbeit mit hypermedialen Lernanwendungen die durch Bedienung und Aufgabenstellung der Computeranwendungen entstehende Belastung des Arbeitsgedächtnisses minimiert werden sollte. Durch nutzerfreundliche Oberflächengestaltung, eine intuitive Bedienbarkeit des Programms und ein adäquates Anforderungsniveau der Lernaufgaben können die verbleibenden kognitiven Ressourcen optimal genutzt werden.

Der Themenbereich der entwickelten hypermedialen Lernumgebung „Leben im Winter“ weist ein hohes

Maß an Komplexität auf (vgl. Abb.1). Neben dem Aufbau tragfähiger fachintegrativ-naturwissenschaftlicher Basiskonzepte sind auch die jeweiligen biologischen und physikalischen Gesetzmäßigkeiten von den Lernenden in bestehendes Vorwissen zu integrieren. Einen möglichen Umgang mit solch komplexen und vernetzten Wissensdomänen bietet die Theorie der kognitiven Flexibilität (Spiro 1988, 1992). Nach dieser Theorie gestaltete Lernszenarien sollen anwendungsbezogenes Wissen vermitteln. Lernende sollen dabei die Fähigkeit erlangen, Gelerntes im Kontext zu verwenden. Schank et al. (1994) weisen darüber hinaus auf die Notwendigkeit problemorientierten Arbeitens mit einer klar vorgegebenen Zielsetzung hin. In diesem konkreten Fall ist das Ziel der Lernumgebung, aus dem angebotenen Lernmaterial zur Überwinterung von Säugetieren und zu den Prozessen des Energieübertrags ausreichend Informationen aufzuarbeiten, um das Überleben eines virtuellen Säugetiers im Winter zu sichern (Abb.2).

Es gilt zudem, die in der Didaktik der Naturwissenschaften diskutierten und realisierten Forderungen nach handlungsorientiertem Umgang mit Lerninhalten zu berücksichtigen (Haase & Bogner, 2002; Berck, 1999; Vogt et al., 1999; Kullermann, 1998). Einen Ansatz hierfür bietet das forschend-entdeckende Lernen (Reinmann-Rothmeier et al., 2001; Schmitt, 1999; Edinger, 2001; Thomson, 1999) und dessen computerunterstützte Umsetzung. Dieses Unterrichtsverfahren lässt sich auf das Lernen in hypermedialen Lernumgebungen übertragen und sowohl in nicht-linearen Hypertext-Strukturen als auch bei der Verwendung von Animationen und Simulationen verwirklichen. Schulmeister (2002) setzt in diesem Zusammenhang den Grad der Interaktivität mit der Qualität kognitiver Prozesse in Beziehung: Bei steigendem Inter-

Abbildung 2: Das virtuelle Säugetier mit intuitiv bedienbaren Steuerelementen und bekannten Messinstrumenten



aktivitätsgrad nimmt das Niveau des Lernprozesses im Sinne konstruktivistischer Lernparadigmen zu. Die interaktive Gestaltung von Lernumgebungen reduziert so den Aufbau von *trägem* Wissen zu Gunsten von *aktiven* und *vielschichtigen* Wissensseinheiten (vgl. Gershenmaier & Mandl, 1995). Dieser Aspekt ist in der Lernumgebung „Leben im Winter“ beispielsweise in Form des virtuellen Säugetieres eingebunden. Um den unterschiedlichen Lernwegen, -kanälen und -geschwindigkeiten der Schüler gerecht zu werden ist es notwendig, differenziert strukturierte Anwendungen anzubieten (Einsiedler, 1996). Bei der Arbeit mit komplexen hypermedialen Lernumgebungen besteht jedoch die Gefahr des Orientierungsverlustes: Der Lernende kann schnell den Überblick verlieren und seinen Standpunkt innerhalb der Lernumgebung nicht mehr bestimmen („lost in hyperspace“; Tergan, 2002, S.130). Trotz widersprüchlicher Befunde bietet sich zur Vermeidung dieses Navigationsproblems das Bereitstellen metakognitiver Lernhilfen an. Bannert (2003) verweist in diesem Zusammenhang auf den Nutzen räumlicher Übersichtskarten hin (Bsp. siehe auch Abbildung 1).

Hypermedia und Motivation

Die Arbeit in hypermedialen Lernumgebungen überträgt den Schülerinnen und Schülern viel Eigenverantwortung für den Lernprozess,

was motivierend sein kann (Evans & Ohama, 1996) und förderlich auf das themenspezifische Interesse und die Lernmotivation im Allgemeinen wirkt (Black & Deci, 2000; Gudjons, 2001). Darüber hinaus sind positive Effekte durch kooperatives Lernen auf motivationale Aspekte und auf den Lernerfolg mehrfach dokumentiert (vgl. Lazarowitz, 1991; Renkl, 1997; Morgan, 1999; Weinberger et al., 2003). Von besonderem Interesse ist die Frage nach der Motivation der Schülerinnen und Schüler bei der Arbeit mit der hypermedialen Lernumgebung. Grundlage für die Erhebung des Konstruktes der *intrinsischen* Motivation ist die *Selbstbestimmungstheorie* nach Deci & Ryan (Deci, Koestner & Ryan, 2001; Deci & Ryan, 1993). Diese stellt die selbstbestimmte Tätigkeit als ein wichtiges Element dar. Lernende besitzen das Bedürfnis, im Unterricht selbstständig etwas zu erarbeiten. Schwerpunkte dieses Ansatzes sind daher die Aspekte *Autonomie erleben* und *Kompetenzerfahrung*. Dies kann nur dann stattfinden, wenn die Lernenden ihre Arbeit selbst durchführen und nicht in die Rolle der Rezipienten gedrängt werden. Selbstbestimmte Formen der Handlungsregulation versprechen qualitativ hochwertige Lernergebnisse (Deci & Ryan, 1993.). Die positiven Auswirkungen von Motivation und Interesse auf das Lernergebnis und den Behaltenserfolg in der Naturwissenschaftsdidaktik wurden mehrfach belegt (z.B. Fraser et al., 1987; Randler & Bogner, 2004).

Forschungsfragen des fächerübergreifenden Projekts

Das Forschungsprojekt fokussiert zunächst die Entwicklung einer hypermedialen Lernumgebung für den fachintegrativen naturwissenschaftlichen Unterricht. Dabei sei betont, dass die Arbeit mit computergestützten Lernumgebungen wenig oder keinen Raum für originale Begegnungen oder für praktische Experimentiererfahrung lässt. Diese sind allerdings integraler Bestandteil einer naturwissenschaftlichen Grundbildung, welche sich auf die Anwendbarkeit und Übertragbarkeit von Kenntnissen und Fähigkeiten bezieht. Damit kann und darf die Vermittlung von naturwissenschaftlichem Wissen und den zugehörigen Arbeitsmethoden nicht auf die Arbeit mit dem Computer begrenzt sein und sollte ein effektiver Bestandteil des unterrichtlichen Ganzen sein. Es ist auch nicht Anliegen dieser Studie, verschiedene Unterrichtsformen zu vergleichen. Die Arbeit mit hypermedialen Lernangeboten stellt vielmehr eine Ergänzung oder Erweiterung bisheriger Unterrichtsformen, –methoden und Medien dar, über deren sinnvollen Einsatz didaktische Überlegungen bestimmen. Und gerade diese Frage stellt sich in dieser Studie, nämlich die Frage nach Kriterien für die Entwicklung einer Lernanwendung, welche in der Lage ist, die Schülerinnen und Schüler beim Aufbau Fächer übergreifender oder fachintegrativer naturwissenschaftlicher Konzepte zu unterstützen.

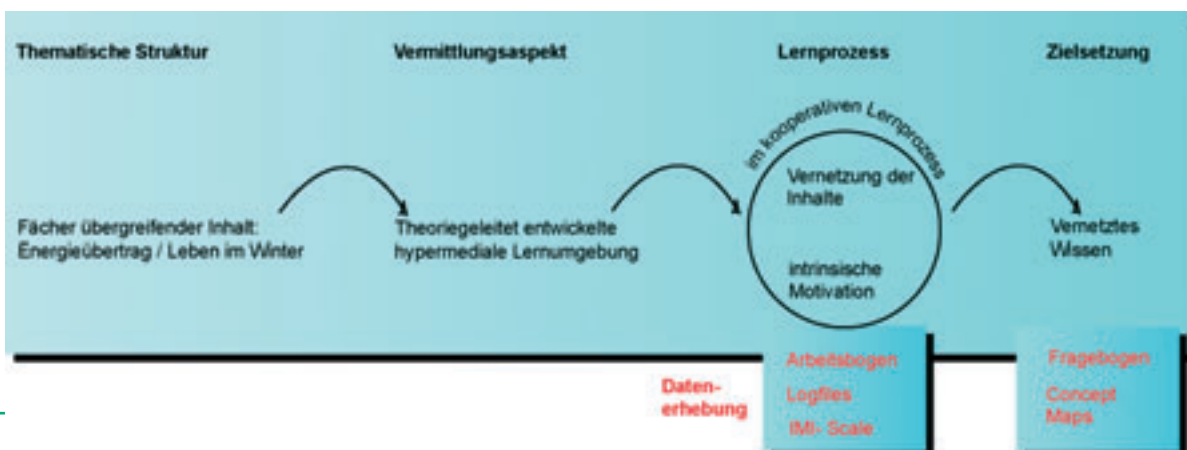


Abbildung 3: Aspekte des Forschungsprojektes FiLM

Fachintegratives Lernen mit digitalen Medien (FiLM)

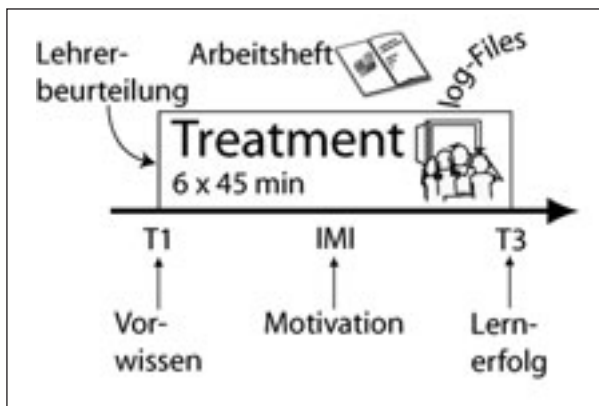


Abbildung 4:
Ablauf der
Untersuchung

Aus den oben beschriebenen Ansätzen zum Fächer übergreifenden Unterricht, zum Lernen mit Multimedia und zum kooperativen Lernen lassen sich eine Reihe von Gestaltungskriterien für digitale Lernanwendungen in der Sekundarstufe 1 der Realschule ableiten. Für die Gestaltung der hypermedialen Lernumgebung *Leben im Winter* sind dies beispielsweise (in Anlehnung an Girwidz, 2004):

- vielfältige Repräsentation der Inhalte (Multicodierung)
- Ansprechen mehrerer Sinneskanäle (Multimodalität)
- Aktive Auseinandersetzung mit der Lernumgebung durch Interaktivität
- Anpassung des *Cognitive Load*
- Angemessene Strukturierung des Wissen und Vernetzung von Wissensseinheiten.

Die kooperative Arbeit mit der hypermedialen Lernumgebung *„Leben im Winter“* soll die Schülerinnen und Schüler bei der gemeinsamen Wissenskonstruktion unterstützen, indem sie sich sowohl gemeinsam und aktiv die notwendigen physikalischen und biologischen Konzepte aneignen, als auch an vorhandenes Vorwissen anbinden. Ein begleitender Arbeitsbogen soll dabei eine angemessene Verarbeitungstiefe sichern. Neben dem Aufbau reproduktiver Wissensseinheiten soll dabei stets der konkrete Anwendungskontext innerhalb der Lernumgebung ersichtlich sein und so für die Verankerung an der Lebenswelt der Lernenden und damit für aktives Wissen sorgen.

Spezifizierung der Forschungsfragen und -methoden

- Sind die Schülerinnen und Schüler in der Lage, in Zweiertteams (Dyaden) mit Hilfe der hypermedialen Lernumgebung relevante Konzepte der Wärmelehre aus Sicht der Biologie und der Physik zu erarbeiten? Gelingt es ihnen weiter, auch Fächer übergreifende Aspekte des Themenbereiches zu erkennen und in ihr Vorwissen zu integrieren? Welche Faktoren haben einen Einfluss auf den Lernerfolg? Für die Datenerhebung werden Lernzuwächse in Form von Vor- und Nachtest ermittelt. Die naturwissenschaftliche Leistungsfähigkeit der Schüler als wichtiger Prädiktor für den Lernerfolg wird über den Mittelwert der Fachnoten und über eine Lehrereinschätzung erhoben.
- Der begleitende Arbeitsbogen soll die aktive Auseinandersetzung mit den Lernmaterialien gewährleisten. Die Qualität der Aufgabenbearbeitung ist als ein Maß für die Qualität des Arbeitsprozesses zu verstehen. Hat dies tatsächlich den vermuteten Einfluss auf den Lernerfolg?
- Werden mit der hypermedialen Lernumgebung relevante Konzepte aufgebaut? Die Datenerhebung erfolgt computergestützt über die Erstellung digitaler Concept Maps.
- Die Schülerinnen und Schüler arbeiten zu zweit in Dyaden mit einem Computer. Hat dabei die Dyadenzusammensetzung Einfluss auf den individuellen Lernerfolg?
- Wird die Unterstützung durch metakognitive Lernhilfen von den Lernenden angenommen, und wenn ja, ergibt dies positive Effekte für eine der beiden oben genannten Dimensionen? Das Nutzungsverhalten wird zunächst über Nutzungsprotokolle der Lernumgebung, sog. Logfiles, dokumen-

tiert und anschließend in Relation zu den Lernergebnissen gesetzt.

- Kann die hypermediale Lernumgebung in der Wahrnehmung der Schülerinnen und Schüler zum Lernen motivieren? Welche Einflüsse hat das Interesse auf den Lernerfolg bei der Arbeit mit dem Computer? Gibt es hinsichtlich der Motivation geschlechtsspezifische Unterschiede? Dies wird mit Bezug auf die Selbstbestimmungstheorie von Deci & Ryan (1993) mittels des Intrinsic Motivation Inventory (Ryan et al., 1991) erhoben.

Ergebnisse der empirischen Untersuchung und Ausblick

Die entwickelte hypermediale Lernumgebung *„Leben im Winter“* wurde in einer Studie mit $N = 118$ Schülerinnen und Schülern der neunten Jahrgangsstufe aus fünf baden-württembergischen Realschulklassen hinsichtlich des Lernerfolgs, des kooperativen Lernens in Dyaden und der motivationalen Aspekte untersucht. In Bezug auf die Forschungsfragen lassen sich folgende Aussagen treffen:

- Es konnte sowohl bei fachbezogenen biologischen und physikalischen Inhalten, als auch bei Fächer übergreifenden Fragestellungen ein befriedigender Lernerfolg verzeichnet werden. Dabei hatten sowohl des themenspezifische Vorwissen als auch die naturwissenschaftliche Leistungsfähigkeit einen entscheidenden Einfluss. Es zeigte sich, dass Schüler mit gutem Vorwissen und/oder mit guter naturwissenschaftlicher Leistungsfähigkeit am meisten von der Lernumgebung profitierten. Der Lernzuwachs als solcher jedoch war für die guten wie für die schwächeren Schülerinnen und Schüler in einem vergleichbaren Maß gegeben.
- Die Schülerinnen und Schüler

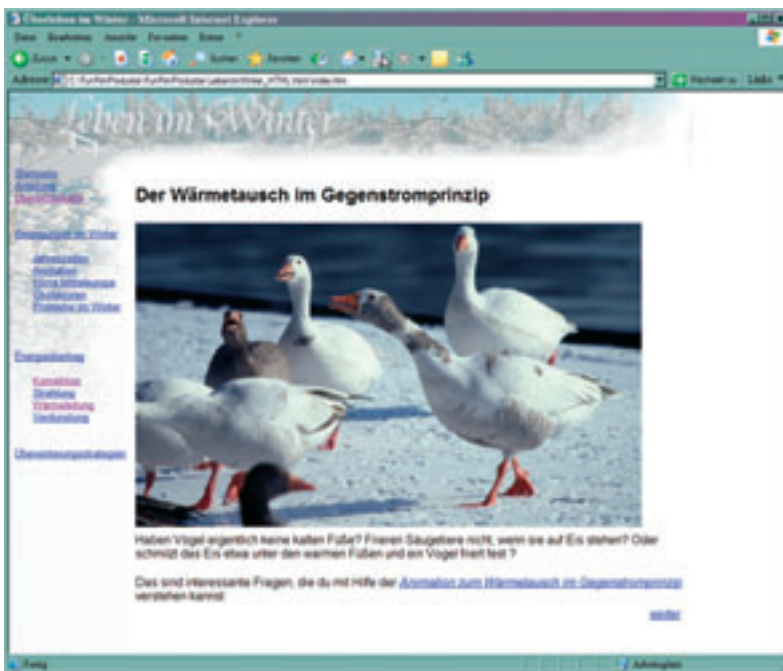


Abbildung 6:
Website des
Projekts FiLM

zu sorgen. Hierfür ist ein begleitender Arbeitsbogen geeignet, wenn eine angemessene Aufgabenbearbeitung gesichert ist. Während der Arbeit mit komplexen Lernumgebungen ist es sinnvoll, die Schülerinnen und Schüler beim Aufbau konsistenter Wissensstrukturen zu unterstützen. Dafür sind indirekte Hilfen wie die Struktur der Lernumgebung an sich oder auch Navigations- und Strukturierungshilfen des hypermedialen Lernangebots geeignet. Aber auch Verfahren zum Wissensmanagement wie Concept Mapping kann diesen Prozess unterstützen (vgl. Tergan, 2003).

Erste Ergebnisse des gesamten Forschungsprojekts zeigen, dass der Einsatz hypermedialer Lernumgebungen den Aufbau naturwissenschaftlicher Grundbildung unterstützen kann. Um diese jedoch zu einem festen Bestandteil des schulischen Alltags zu machen, sind noch eine Reihe offener Fragen zu klären und organisatorische Voraussetzungen zu schaffen. ■

Abbildung 5:
Das
Forschungsteam des
FiLM-Projekts

konnten wesentliche fachintegrative Konzepte in Form von Concept Maps wiedergeben, was auf adäquate Wissensstrukturen des Inhaltsbereiches hindeutet.

- Die Zusammensetzung der Dyaden bei der Arbeit mit der hypermedialen Lernumgebung spielte eine untergeordnete Rolle. Entscheidend für den Lernerfolg war dagegen die aktive Auseinandersetzung mit dem Lernstoff.
- Motivierte Schülerinnen und Schüler bearbeiteten den begleitenden Arbeitsbogen besser.
- Die Verwendung der angebotenen Navigations- und Lernhilfen haben Einfluss auf den Aufbau konsistenter Wissensstrukturen und auf das Kompetenzerleben der Schüler.

(vgl. hierzu Schaal & Bogner, 2004) Als Konsequenz für einen erfolgreichen Einsatz der hypermedialen Lernumgebung „Leben im Winter“ ist demnach darauf zu achten, dass die Schülerinnen und Schüler über ein angemessenes Vorwissen verfügen. Es kann hierfür hilfreich sein,

grundlegende Begriffe und Konzept aufzuarbeiten, bevor die eigenständige Erarbeitung mit der Lernumgebung beginnt. Während der selbstgesteuerten Nutzung der Lernumgebung ist für die aktive Auseinandersetzung mit dem Lerninhalt



Weitere Informationen finden Sie unter der Webseite des Projekts:
www.film-phl.de, oder http://www.bayceer.uni-bayreuth.de/didaktik-bio/de/forschung/proj/detail.php?id_obj=23833
 Ansprechpartner: Prof.Dr.F.X.Bogner, M.A. S.Schaal (franz.bogner@uni-bayreuth.de, schaal_steffen@ph-ludwigsburg.de)