

## Neue Ansätze der digitalen Vernetzung naturwissenschaftlich-technischer Bildungsangebote

Jürgen Kirstein und Volkhard Nordmeier

Freie Universität Berlin, Didaktik der Physik,  
Arnimallee 14, 14195 Berlin  
[kirstein@physik.fu-berlin.de](mailto:kirstein@physik.fu-berlin.de), [nordmeier@physik.fu-berlin.de](mailto:nordmeier@physik.fu-berlin.de)

### Kurzfassung

Mit dem "Medienverbund naturwissenschaftlich-technische Bildung" wurden erste Schritte unternommen, lokal verfügbare Bildungsangebote (Vorträge, Ausstellungen) durch den Einsatz digitaler Medien breiter - insbesondere auch für den Unterricht der Schule - zu erschließen. Im Projekt "Technology Enhanced Textbook" (TET) wurden die Erfahrungen aus vielfältigen Projekten des Medienverbunds aufgegriffen und konzeptionell weiterentwickelt. Heute stehen Aspekte wie eine hochgradige Modularisierung, die Skalierbarkeit und effiziente Strategien für die didaktische Mehrfachverwertung der Medienelemente im Fokus des Interesses der Partner aus den verschiedensten Bildungsbereichen. Sie sind Ausgangspunkt der Validierung des Innovationspotenzials einer "Integrierten Medienplattform für die naturwissenschaftlich-technische Bildung" als Basis des TET.

Das Projekt TET wird im Rahmen des Förderprogramms "Validierung des Innovationspotenzials wissenschaftlicher Forschung" (VIP) durch das Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) gefördert.

### 1. Vorarbeiten: Medienverbund und Interaktive Bildschirmlabore

Bereits vor mehr als 10 Jahren wurde mit der Entwicklung eines auf Interaktiven Bildschirmexperimenten (IBE) basierenden Rundgangs durch eine virtuelle Ausstellung zum Thema „Entdeckung des Elektrons“ [1] der Versuch unternommen, die Vielfalt der physikalischen Experimente aus den Ausstellungen des Deutschen Museums München im Kontext des Themas für den Physikunterricht der Schule zu erschließen. Die Bedeutung eines physikalischen Konzepts sollte hier durch IBE anschaulich werden, von typischen Schulversuchen bis zu Experimenten mit historischen Objekten, die in realen Ausstellungen praktisch nicht möglich wären (ein Beispiel sind die Experimente mit historischen Röntgenröhren). Der Rundgang botte so eine Ergänzung zum Museumsbesuch, etwa für die Vor- und Nachbereitung im Unterricht. Das multimediale Angebot war nach dem damaligen Stand der Technik jedoch in sich abgeschlossen konzipiert. Über eine Navigation war es zwar möglich, einzelne Stationen des Rundgangs relativ schnell zu erreichen, die Verwendung einzelner Experimente im Rahmen individueller Lehr-Lernarrangements war hingegen nicht möglich. Ebenfalls war und ist die CD-ROM-Produktion aus technischen und rechtlichen Gründen online nicht verwertbar.

In einem Nachfolgeprojekt wurde dieses Konzept erfolgreich auf das digitale Format eines fotogra-

fisch repräsentierten virtuellen Labors („Interaktives Bildschirmlabor“ IBL) übertragen. Mit dem IBL „Einsteinium“ [2] erhielten die Besucher der Ausstellung „Highlights der Physik“ im Einsteinjahr die Möglichkeit, durch eigene Experimente im Labor des Sonnenobservatoriums „Einsteinium“ anschaulich zu erfahren, wie sich das Magnetfeld der Sonne mit den Mitteln der optischen Spektroskopie nachweisen und vermessen lässt.



**Abb. 1:** Der Medienverbund erschließt eine große Vielfalt an Themen aus der Physik und verwandten Fachgebieten für den Unterricht. Themen der aktuellen Physik werden nicht nur populär präsentiert, sondern in einen didaktischen Kontext gebracht.

Auch dieses IBL wurde als abgeschlossenes Multimediale System konzipiert, dessen Adaption an abweichende Nutzungsszenarien nur mit erheblichem

Aufwand möglich wäre.

Weitere Produktionen, wie zum Beispiel Rundgänge durch Ausstellungen zur Geschichte der Physik („100 Jahre Quantentheorie“, „Max Born“) oder multimedial aufbereitete Vorträge (u. a. „Venustransit“, „Wie viele Monde hat die Erde?“, „Hochtemperatur-Supraleitung“), die mit dem Ziel eines Medienverbunds verschiedener Bildungsinstitutionen versuchsweise realisiert wurden (vgl. Abbildung 1), waren mit diesem Nachteil behaftet.

Mit dem IBL Femtochemie [3] wurde mit dem Ziel der Mehrfachverwertbarkeit digitaler Mediendaten für Öffentlichkeitsarbeit und die breite didaktische Nutzung im Unterricht der Schule das bisherige Konzept weiterentwickelt zu einem offenen Multimediasystem, das über flexibel einsetzbare Medienelemente - in enger Verzahnung mit einem Wiki - Einblicke und interaktive Lernaktivitäten im Kontext aktueller Forschung in der Physik bietet. Das nun vollständig für die Online-Nutzung konzipierte System basiert auf einer offenen Entwicklungsplattform, mit der sich ein beliebiges IBL mit geringem Programmieraufwand modular erzeugen lässt. Damit wird es nun prinzipiell möglich, das Angebot mit weitaus geringerem Aufwand als bisher den spezifischen Anforderungen der Nutzung anzupassen. Allerdings sind auch hier Eingriffe in die „Tiefenstruktur“ des IBL notwendig, die sich programmierfernen Nutzern nicht ohne Mühe erschließen und somit für die breite Anwendung nur bedingt geeignet erscheinen. Ein weiteres Problem bringt die rasante technologische Entwicklung mit sich: Die inzwischen auch in Schulen verbreiteten mobilen Endgeräte (Android, iOS) erlauben nicht die Darstellung von Flash-Inhalten – die technische Basis vieler bisheriger Multimedia-Entwicklung.

In der Auswertung der oben beschriebenen Probleme weitestgehend in sich abgeschlossener Multimediasysteme wurde deutlich, dass künftige Konzepte für digitale Lehr-Lernmedien nicht nur modular gestaltet werden sollten, sondern auch für programmierferne Nutzer einfach an die individuellen Bedürfnisse anpassbar sein müssen. Wir gehen davon aus, dass dies zwei Grundvoraussetzungen dafür sind, dass derartige Angebote, die ja in der Regel mit hohem Aufwand entwickelt und produziert werden, breite und nachhaltige Nutzung finden.

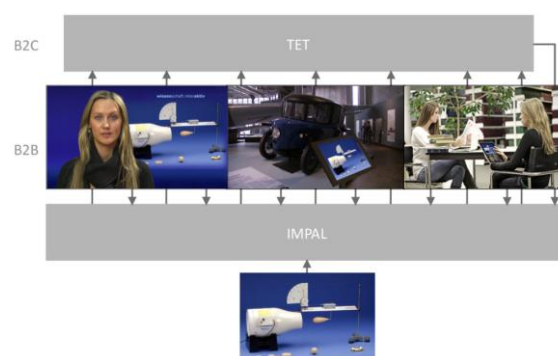
## 2. TET und das IMPAL-Netzwerk

Mit dem Projekt TET verfolgen wir dieses Ziel konsequent:

- Lehr-Lernangebote im Rahmen des „Lehrbuchs der Zukunft“ sind hochgradig modularisiert. Die Bausteine dieses „Lernbaukastens“ bieten dabei nicht nur (interaktive) Medieninhalte, sondern daneben auch vielfältige Werkzeuge und Lernformen, mit denen sich Lehr-Lernumgebungen flexibel gestalten lassen.
- Das TET wird damit zu *einem* Bestandteil einer

Lernumgebung, in der das digitale Buch zu einem Verbindungsglied zwischen Realität (Lebenswelt, Experimente) und Medienangeboten wird.

- Hierbei steht die Orientierung an moderat-konstruktivistischen Lernmodellen im Zentrum: Das Buch (Medium) dient nicht der „Vermittlung“ von Wissen, sondern begleitet den Lernenden – bei Bedarf auch angeleitet – beim aktiven, kompetenzorientierten Wissenserwerb.
- Über die Lernformen-Bausteine wird es dabei möglich, verschiedene methodische Großformen zugrunde zu legen – von der linearen Lernsequenz bis zu projektorientierten, freien Vorhaben, bei denen die Lernenden in eigener Verantwortung über die Verwendung der TET-Bausteine entscheiden.



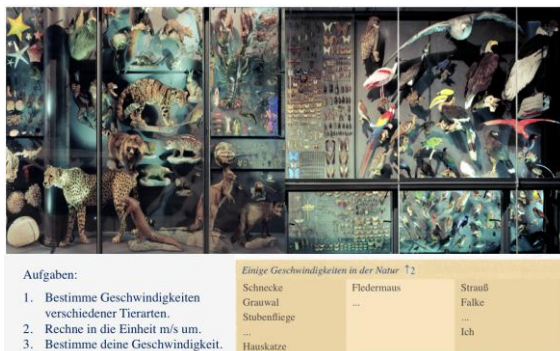
**Abb. 2:** Ob Bildungsfernsehen, Ausstellung oder individuelle Bildung – über die Plattform IMPAL („Integrierte Medienplattform für angereichertes Lernen“) greifen die Nutzer auf digitale Medienbausteine, Werkzeuge und Methoden zurück, die sich an die spezifischen Nutzungsmodalitäten adaptieren lassen.

Darüber hinaus will das TET-Projekt auch den Gedanken eines Medienverbunds verschiedener Bildungsanbieter wieder aufgreifen. So soll für die Partner eines solchen Verbunds nicht nur die gemeinsame Nutzung der TET-Bausteine möglich sein. Angestrebt wird darüber die Vernetzung der Angebote und damit das systematische Erschließen der vielfältigen Bildungsgelegenheiten unserer Lebenswelt (vgl. Abbildung 2).

## 3. Der „Bildungsbaukasten“: Beispiele für die Vernetzung von TET-Bausteinen

Im Themenfeld Mechanik der Sekundarstufe hat die Einführung der physikalischen Größe *Geschwindigkeit* traditionell einen festen didaktischen Ort. Bezüge zur Lebenswelt werden hier in den bekannten Unterrichtskonzepten vielfältig hergestellt. Auch in der Schulbuchliteratur spiegelt sich dies wieder: Gängig sind zum Beispiel Tabellen mit der Überschrift „Einige Geschwindigkeiten in der Natur“ [4], mit denen sich Daten für verschiedene Aufgabenformen bereitstellen lassen. Einer der Bildungspartner im TET-Projekt bietet nun dazu für die Gestal-

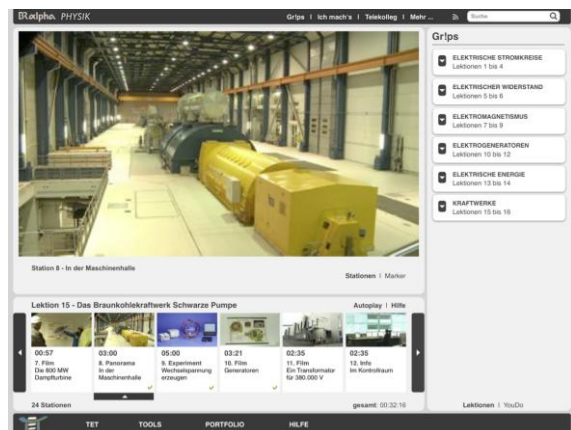
tung kompetenzorientierter Lernbausteine einen interessanten Hintergrund: Im Museum für Naturkunde in Berlin (MfN) [5] wird über eine sogenannte „Biodiversitätswand“ die Vielfalt des Lebens auf unserem Planeten anschaulich gemacht. Während ein multimediales Angebot für Besucher der Ausstellung die in der Biodiversitätswand ausgestellten Tierpräparate „zum Leben erwecken“ und „anfassbar“ machen soll (das ist das Konzept für einen Demonstrator, den wir im Rahmen des TET-Projekts gemeinsam mit dem MfN entwickeln), können über das IMPAL-Netzwerk bereitgestellte multimediale Lernbausteine eingesetzt werden, um im Physikunterricht zum Beispiel die Geschwindigkeiten verschiedener Lebewesen selbstständig recherchieren zu können. Die damit verbundenen Lernaktivitäten gehen von der Auswertung vorgegebener Informationselemente (Texte, Expertenvideos etc.) bis hin zur Videoanalyse [6] der Bewegung von Tieren in der Natur. Die (leere) Tabelle im „Physikbuch der Zukunft“ wäre dann ein strukturierendes Element für Wissen, das die Lernenden aktiv, auch unter Einbeziehung von Lernaktivitäten im Kompetenzbereich Kommunikation, erwerben, präsentieren und üben können. Ebenso aktiv ließen sich damit viele andere Themenfelder für den naturwissenschaftlichen Unterricht erschließen, zum Beispiel im Bereich der Eigenschaften und Funktionsprinzipien der Sinnesorgane verschiedener Lebewesen (optisch, mechanisch, elektromagnetisch). Deutlich wird an diesem Beispiel auch, dass sich damit ein weites Feld für differenzierte Lernangebote auf verschiedenen Anforderungsniveaus öffnet.



**Abb. 3:** Die „Biodiversitätswand“ des Museums für Naturkunde Berlin [5] bietet vielfältige Gelegenheiten, den Unterricht zum Grundlagenthema „Geschwindigkeit“ handlungsorientiert

Ein zweites Beispiel für die didaktische „Mehrfachverwertung“ und kompetenzorientierte Vernetzung von Bildungsmedien über das TET-IMPAL-Konzept bietet der Bereich des Bildungsfernsehens. Derzeit entwickeln wir gemeinsam mit einem weiteren Partner, dem Bildungsfernsehsender BRAlpha, einen Demonstrator, mit dem im Rahmen von Validierungsstudien untersucht wird, wie man mit einer geeigneten Verzahnung von Fernsehen und TET-

Lernbausteinen den Anforderungen der Bildungsstandards künftig gerecht werden könnte. Das betrifft bereits die Planungsphase von Bildungsfernsehsendungen. Während bisher der Autor einer Bildungsfernsehsendung im Entwurf eines Films (Treatment, Drehbuch) weitestgehend unabhängig von späteren „Online-Ergänzungen“ war, wird im Rahmen des Demonstrators von Beginn an eine enge Verzahnung zwischen Filmszenen, curricularen Vorgaben und den Bausteinen des IMPAL-Baukastens vorgesehen. Der Film stellt dabei vorwiegend den Bezug zur Lebenswelt her, die Lernbausteine greifen diese Bezüge auf und dienen zur Gestaltung differenzierter, kompetenzorientierter und handlungsorientierter Lernangebote.



**Abb. 4:** Der Entwurf einer Online-Anwendung, über die sich Bildungsfernsehsendungen modularisieren und durch interaktive Medien- und Werkzeugbausteine ergänzen lassen.

Diese Angebote sind Online verfügbar und lassen sich individuellen Bedürfnissen durch den Austausch, die Ergänzung oder die Bearbeitung einzelner Bausteine (zum Beispiel Aufgabentexte) flexibel anpassen. Abbildung 4 zeigt den ersten Entwurf für eine Anwendung, mit der sich lineare Folgen von Filmszenen, interaktiven Bausteinen (IBE/IBL) und Werkzeugbausteinen wiedergeben lassen. Informierende Filmsequenzen werden dabei durchbrochen von Lernabschnitten, in denen der Filminhalt aufgegriffen und aktiv verarbeitet wird. Beispielsweise wird in der Maschinenhalle eines Kraftwerks das Thema Wechselstromerzeugung eingeführt und im folgenden Baustein mit einem IBE aufgabengeleitet von den Lernenden selbst untersucht.

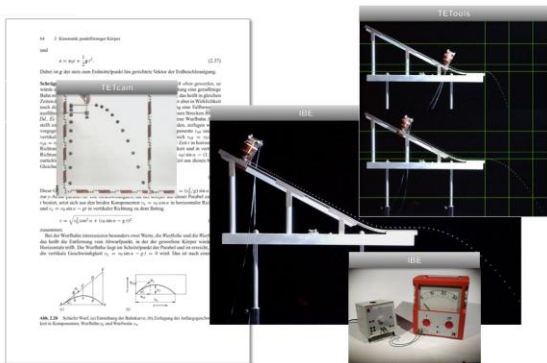
#### 4. Perspektive: Physikunterricht in einer digital vernetzten Bildungslandschaft

Mit dem TET-IMPAL-Konzept verfolgen wir, wie andere Projekte in diesem Feld, nicht das Ziel, digitalisierte Schulbücher oder das Bildungsfernsehen durch multimediale Angebote zu ergänzen. Vielmehr betrifft der von uns verfolgte Ansatz die systematische Erschließung und Vernetzung von Bildungsangeboten mit der Vielfalt der Lernanlässe in



unserer Lebenswelt.

Digitale Medien spielen dabei eine spezifische Rolle. Durch sie werden Orte "begehbar", die für den Unterricht in der Regel nicht zugänglich sind. Dinge werden "begreifbar", die im Medium Buch oft nur durch Abbildungen statisch repräsentiert werden. Das Beispiel in Abbildung 5 deutet an, wie sich der Lernbaustein „Lehrtext“ (im Beispiel zum Thema Freier Fall und Wurfbewegungen) mit interaktiven Medienbausteinen, Werkzeugen wie zum Beispiel der Videoanalyse und neuen Formen der Präsentation und Kommunikation vernetzten lässt.



**Abb. 5:** Lehrtexte lassen sich durch digitale Medien und Werkzeuge nicht nur ergänzen, sie stellen vielmehr ein Element in Lernumgebungen dar, die das Lernen in vielfältigen Formen, adaptierbar an die spezifischen Bedürfnisse der Lernenden und Lehrenden, ermöglichen.

Demonstriert werden diese neuen Formen unter anderem durch die Entwicklung eines „IBE-Assistenten“, mit dem es möglich wird, ein IBE ohne eigene Programmierung herzustellen und über die IMPAL-Plattform online zu verteilen (vgl. Abbildung 6).



**Abb. 6:** Der „IBE-Assistent“ ermöglicht die Herstellung eines IBE über eine intuitiv bedienbare Oberfläche. Das Bild zeigt eine Variante, bei der eine externe Kamera vom Assistenten gesteuert wird. Die Bilder werden automatisch entsprechend der vom Nutzer festgelegten Eigenschaften des IBE verarbeitet und in einem vom Endgerät unabhängigen Format online bereitgestellt.

Derartige Werkzeuge können zur interaktiven Do-

kumentation und Präsentation von individuellen experimentellen Abläufen dienen und stellen einen ersten Schritt in Richtung selbst gestaltbarer IBE dar. Weitere Schritte in diese Richtung sind etwa die Steuerung eines IBE über Daten aus dem Experiment (synchron oder asynchron über einen Datalogger). Im TET-Projekt sind dafür geeignete Interfaces entwickelt worden, die es zum Beispiel erlauben, Messdaten drahtlos über eine WLAN-Schnittstelle an mehrere Endgeräte zu senden. Dort lassen sie sich entweder über eine IBE-Oberfläche repräsentieren oder auch in Form einer Tabelle oder eines Diagramms. Damit sind zum Beispiel Lehr-Lern-Szenarien realisierbar, in denen ausgehend von einem zentralen (Lehrer-) Experiment Daten an Arbeitsgruppen zur weiteren Auswertung verteilt werden. Diese Daten lassen sich ebenfalls speichern und an beliebigen Orten jederzeit reproduzieren. Wie in Abbildung 5 angedeutet, sind derartige Funktionen in digitale Lehrbücher so integrierbar, dass die technische Dimension hinter diesen Anwendungen („ausführbares Programm“, „App“) völlig verschwindet. Der Lehrtext enthält dann zum Beispiel ein zunächst leeres t-s-Diagramm, das sich erst in dem Moment mit Inhalt füllt, wenn etwa Experimente zu gleichförmigen Bewegungen durchgeführt werden. Denkt man dieses Konzept weiter, so ist die Integration derartiger Funktionen auch in andere Komponenten der Lernumgebung Physikunterricht denkbar, so auch in die Oberfläche der Schülerarbeitsstische (vgl. Abbildung 7).



**Abb. 7:** Der Schultisch der Zukunft visualisiert über ein in die Tischplatte integriertes Display (Touchscreen) physikalische Experimente nicht im Format „klassischer“ IBE, sondern vernetzt als Bestandteil einer handlungsorientierten Lernumgebung digitale Lernmedien mit der Realwelt.

Das in der Abbildung 7 gezeigte Szenario vernetzt das Schulbuch mit dem Schultisch: Der Inhalt der aktuell aufgeschlagenen Buchseite (das ganz traditionell auch aus Papier bestehen kann) wird vom Tisch durch modulare (differenzierbare) Angebote erweitert, die eine aktive Verarbeitung des Buchinhalts unterstützen. Technologisch ist das bereits heute umsetzbar, wie Untersuchungen im TET-Labor gezeigt haben: Reale und virtuelle Objekte

gehen hier eine wechselseitige Verbindung ein, die weit mehr didaktisch-methodischen Gestaltungsspielraum lässt, als es die bloße Ergänzung des Lehrbuchs durch digitale Medien zulässt. Für technisch-naturwissenschaftliche Ausstellungen arbeiten wir auf dieser Grundlage an Verfahren, wie das reale Experiment (etwa in einem Science Center) durch virtuelle Elemente direkt am Ort des Experimentierens (Anleitungen, Hinweise) erweitern lässt. Über die IMPAL-Plattform könnte der Besucher ein solches Experiment virtuell mitnehmen und in sein persönliches Wissensportfolio einfügen. Das TET wird neben dem Zugriff auf den Lernbaukasten auch derartige Funktionen umfassen: Wissen lässt sich erarbeiten und organisieren.



**Abb. 8:** TET als das Modell eines künftigen individuellen Lernwerkzeugs und die Plattform IMPAL vernetzen die Lebenswelt mit den Objekten der Lernumgebung Physikunterricht.

Das TET-IMPAL-Konzept sieht damit insgesamt eine enge Vernetzung von bildungsrelevanten Angeboten der Lebenswelt vor, die sich über eine konsequente Weiterentwicklung digitaler Medien- und Kommunikationstechnologie für didaktische Anwendungen erschließen lassen (vgl. Abbildung 8).

## 5. Referenzen

- [1] Informationen zur Fördermaßnahme VIP des Bundesministeriums für Bildung und Forschung: [www.validierungsfoerderung.de](http://www.validierungsfoerderung.de)
- [2] Kirstein, J. (2005): Multimediale Bausteine für das Lernen von Physik in lebensweltbezogenen Kontexten. In: Nordmeier, V.; Oberländer (Hrsg.): Didaktik der Physik. Berlin: Lehmanns Media.
- [3] Kirstein, J. (2003): Elektronen: Physik und Technik auf der Spur. CD-ROM in Zusammenarbeit mit dem Deutschen Museum München. Berlin: MHS, 2003
- [4] Backhaus, U. (et al.) (2010): Fokus Physik, Gymnasium 7-9. Berlin: Cornelsen, 2010
- [5] <http://www.naturkundemuseum-berlin.de/ausstellungen/evolution-in-aktion/> (Stand 4.8.2012)
- [6] <http://www.viananet.de/> (Stand 16.10.2012)