

TET: "Technology Enhanced Textbook" - Ein fachdidaktisches Forschungsprojekt

Jürgen Kirstein und Volkhard Nordmeier

Freie Universität Berlin, Didaktik der Physik,
Arnimallee 14, 14195 Berlin

kirstein@physik.fu-berlin.de, nordmeier@physik.fu-berlin.de

Kurzfassung

Die Arbeitsgruppe Didaktik der Physik erforscht und entwickelt seit über zehn Jahren Interaktionsformen in computergestützten Lehr-Lern-Szenarien und Medienformaten zur interaktiven Repräsentation realer Experimente und Labore, den Interaktiven Bildschirmexperimenten (IBE) und Bildschirmlaboren (IBL). Auf Grundlage der Forschungsergebnisse soll nun das Innovationspotenzial eines elektronischen interaktiven Lehr- und Sachbuchs der Zukunft – dem "Technology Enhanced Textbook" – durch Machbarkeitsstudien und die Erprobung verschiedenster Verwertungsszenarien validiert werden.

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

1. Motivation und Zielsetzung

Im Vorhaben "Technology Enhanced Textbook" (TET) soll untersucht werden, welche Ergebnisse unserer Grundlagenforschung auf ein künftiges elektronisches Lehrbuch übertragbar sind, die Bedürfnisse seiner Nutzer erfüllen und damit das Potenzial haben, den Anforderungen künftiger Bildungslandschaften gerecht zu werden. TET soll hierzu auf der Grundlage von IBE und IBL völlig neue Möglichkeiten dafür eröffnen, die Realwelt für vielfältige didaktische Anwendungen zu erschließen – vom allgemeinen und beruflichen Lernen in MINT-Fächern bis hin zu interaktiven Repräsentationen der Realität für das Bildungsfernsehen und für Ausstellungen. Es geht in diesem Vorhaben nicht um die Weiterentwicklung der IBE/IBL, sondern darum zu veranschaulichen, wie diese Medienformate in das sehr viel komplexere Modell eines TET transferiert werden können, um so den Bedürfnissen von Lehrenden und Lernenden besser gerecht werden können:

- IBE/IBL sollen in einer bisher nicht darstellbaren Angebotsbreite überall und jeder Zeit verfügbar sein. Diese Vielfalt und Zugangsqualität ist eine wesentliche Voraussetzung für eine effektive Verankerung, Vernetzung und Systematisierung von Wissen mit dem TET.
- Der Anwender des TET soll nicht nur Zusatzinformationen zu einem Realobjekt erhalten, sondern hat die Möglichkeit, sich in der Bedarfssituation selbst die Bedeutung und das naturwissenschaftlich-technischen Konzept eines Lebensweltobjekts konstruktiv erschließen zu können.
- Das TET wird Alltag und Lebenswelt systematisch in allgemeine, berufliche und öffentliche

(lebensbegleitende) Bildungszusammenhänge integrieren, was mit den heute verfügbaren Einzellösungen nicht erreichbar ist.

- Das TET vernetzt die mediale Repräsentation durch IBE/IBL mit der Realwelt. Situativ unzugängliche Realobjekte werden in handlungsorientierten Lehr und Lernzusammenhängen individuell nutzbar, sie lassen sich transportieren, verteilen und vielfach medial verwerten.

2. Findung: Die wissenschaftliche Basis

Beim IBE erfolgt das multimodale Feedback über reale Daten (Bild-, Audio- und Messdaten) und nicht durch animierte Grafiken oder die Visualisierung mathematischer Modelle. Die didaktischen Vorteile realbildbasierter Repräsentation liegen daher in ihrer Authentizität bzw. der Entsprechung in den natürlichen Umgebungen der Lernenden und der besseren Behaltensleistung (z.B. gegenüber Zeichnungen [20]). Verschiedene Lehr-Lern-Settings mit IBE (virtuelle Laborpraktika, Schulunterricht, Vorlesungen, Selbstlerneinheiten) wurden bereits erfolgreich erprobt. Es gibt Belege dafür, dass hier nicht nur genauso gut, sondern sogar schneller als mit dem Realexperiment gelernt werden kann. Dabei zeigen Untersuchungen (s. u.), dass ein größerer Lernerfolg nicht allein durch Einsatz eines Computers zu erreichen ist, sondern eher durch die Kombination geeigneter Lernangebote, die Lernende dabei unterstützen, zwischen mathematischer Modellierung und den realen Phänomenen eine effektivere Verknüpfung herzustellen.

Seit 1996 wurden die nachfolgend dargestellten fachdidaktischen Forschungsprojekte zu IBE durchgeführt (Abb. 1).

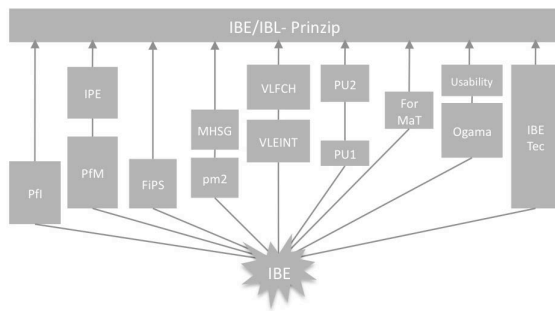


Abb. 1: Übersicht der fachdidaktischen Forschungs- und Entwicklungsprojekte zu IBE/IBL.

Die Arbeiten wurden an der TU Berlin begonnen und danach an der Freien Universität Berlin und weiteren Standorten fortgesetzt:

Physik für Ingenieure (PFI): Bereits 1997 wurde der Einsatz von IBE in der Vorlesung „Physik für Ingenieure“ evaluiert. Sie ermöglichten erstmals die Kontrolle einer medial repräsentierten experimentellen Vorlesungsdemonstration (reale Experimente waren technisch nicht demonstrierbar) – über digitale Großprojektion für 1000 Hörer/innen nachvollziehbar visualisiert [2].

Physik für Mediziner (PFM): Lernumgebungen mit IBE wurden als Ersatz eines realen Praktikums evaluiert. Für inhaltspezifisches Wissen und Transferfähigkeit wurde mit IBE der gleiche Lernzuwachs wie mit dem Realexperiment erreicht. IBE basierte Lernumgebungen lassen sich jedoch deutlich einfacher als reale Praktika transferieren [3].

Interaktive Experimentieranleitungen (IEA): Im Rahmen einer Anwendungsstudie konnte empirisch gezeigt werden, dass IBE eine effektive Vorbereitung eines Praktikumsversuchs (Oszilloskop) ermöglichen: Die reale Lernsituation wird bereits in der Vorbereitungsphase anschaulich. Die Studie lieferte damit einen Ansatz zur Verbesserung der Lernmethode Praktikum und zur Umsetzung neuer Trainingsformen, die das rezipierende Lernen mit Text-Bild-Kombinationen deutlich erweitern [4].

Früheinstieg ins Physikstudium (FIPS): Evaluationsstudie zur Erweiterung des traditionellen Fernstudiums der Physik durch ein online verfügbares digitales Lehrangebot (Videos, Simulationen und IBE): Studierende konnten aufgrund der geringen Zahl von Parametern im IBE durch bloßes Ausprobieren das Lernziel erreichen, was bei der Simulation ohne ein Verständnis der zugrundeliegenden Theorie (Lehrbuch) meist nicht möglich war [5].

Erprobung von IBE im Physikunterricht (PU1): Fallstudien zur Anwendung von IBE im Physikunterricht der Schule [2] zeigten, dass sich mit dem IBE individuelle, experimentelle Lernaktivitäten durch differenzierende Angebote ergänzen lassen (Wiederholbarkeit des Experiments, Darstellung gefährlicher, langer, komplexer und mit schulischen Mitteln nicht realisierbaren Experimenten).

Physik multimedial (pm2): Im Rahmen dieses Verbundprojekts wurden IBE als Elemente von Physik-Selbstlerneinheiten für die heterogene Zielgruppe der Nebenfachstudierenden entwickelt, die zur Attraktivität dieser Lernplattform nachweisbar beitragen konnte [6].

Multimedia Hochschulservice (MHSYG): Entwicklung eines auf IBE basierenden Rundgangs durch eine virtuelle Ausstellung zum Thema „Entdeckung des Elektrons“. Die Bedeutung eines physikalischen Konzepts im Kontext seines experimentellen Hintergrunds wird durch IBE handlungsorientiert anschaulich gemacht, von Schulversuchen bis zu Experimenten mit historischen Objekten die in realen Ausstellungen praktisch nicht darstellbar wären [7].

Virtuelles Labor Einsteinturm (VLEIN): In diesem NaT-Working-Projekt wurden IBE in einer multimedial dokumentierten Laborumgebung (IBL) erprobt. Ausstellungsbesucher („Highlights der Physik“) erhielten die Möglichkeit, durch eigene Experimente im Labor des Sonnenobservatoriums „Einsteinturm“ anschaulich zu erleben, wie man das Magnetfeld der Sonne nachweisen und vermessen kann [8].

Blickbewegungsmessungen und Usability-Studien zu IBE (Ogama): Definition von Rahmenbedingungen für die Usability von IBE und Untersuchung des Zusammenhangs mit Blick- und Aktionsdaten über ein selbstentwickeltes Analysetool. Prüfung der Anwendbarkeit für Versuchsaufbauten unter Berücksichtigung einschlägiger Normen (DIN EN ISO 9001 2008; DIN EN ISO 9241-11 1999). Studien zur Weiterentwicklungen der Methoden zur Herstellung und Messung von Usability für die Qualitätssicherung von IBE [9].

Bremer Studie zum Einsatz von IBE im PhU (PU2): Bei einer Studie zum Lernerfolg (Pre-Post-Test-Design) beim Einsatz von IBE im Vergleich zu realen Unterrichtsmaterialien wurden Varianten einer Lernumgebung eingesetzt, die jeweils ein Medium zur Welt der Phänomene (Realexperiment oder IBE) und ein Medium zur Welt der Modelle (Papiervorlage oder Computersimulation) miteinander kombinierten. Die Überlegenheit einer Medienkombination war nicht nachweisbar. Schüler lernen mit IBE genauso erfolgreich wie mit dem Realexperiment, jedoch lernen sie mit dem IBE schneller. Die Simulation in Kombination mit dem Realexperiment führte zu einem geringeren Lernerfolg [10].

Interaktive Praktikumsexperimente (IPE): Praktikumsexperimente lassen sich durch IBE ersetzen (vgl. PFM). Online zugängliche IBE-Praktika ermöglichen so zum Beispiel werdenden oder stillenden Müttern weiterhin am Studium teilnehmen zu können, ohne anwesend sein oder mit toxischen Präparaten umgehen zu müssen. Das Projekt leistet einen Beitrag zur familienfreundlichen Hochschule und wurde mit den E-Learning-Preis der Freien Universität Berlin 2009 ausgezeichnet [11].

Virtuelles Labor Femtochemie (VLFCH): Mehrfachverwertung digitaler Mediendaten für die Öffentlichkeitsarbeit und die breite didaktische Nutzung in Schule und Hochschule: Der Ansatz des VLEIN wurde weiterentwickelt zu einem offenen IBL, das über verschiedenste Medienelemente in Verbindung mit einem Wiki-System Einblicke und interaktive Lernaktivitäten im Kontext aktueller Forschung in der Physik (Teilprojekt im Sonderforschungsbereich 450) bietet [12].

Entwicklungsstudien zur IBE/IBL Technologie (IBETec): Schwerpunkte projektbegleitender didaktisch-technologischer Machbarkeitsstudien waren: Online-Verfügbarkeit und Nutzung multimedial dokumentierter Labore, Plattformunabhängigkeit der IBE/IBL, Verbesserung des natürlichen Bildverstehens, Erweiterung der Manipulationsangebote im IBE/IBL, Entwicklung eines universellen Framework für IBE und die Integration der Usability-Testverfahren (Blickbewegungsanalyse) in den Produktionsprozess [13].

Aus den Ergebnissen der bisher durchgeführten Studien und Entwicklungsarbeiten lässt sich damit als „IBE/IBL-Prinzip“ formulieren:

- Hochgradige Interaktivität und enger Bezug zum Realexperiment bieten eine neue Qualität von individueller handlungsorientierter Nachvollziehbarkeit von Experimenten, die real nicht durchführbar sind (Gefahrenaspekte, Aufwand oder Experimentierdauer). Eine große Vielfalt von Experimenten werden damit individuell verfügbar.
- Die Benutzeraktionen sind mit der latenzfreien Reproduktion der Realdaten (Bild-, Ton- und Messdaten) räumlich verknüpft. Der Benutzer erhält den Eindruck, ein reales Objekt direkt manipulieren zu können, insbesondere bei berührungsempfindliche Displays, die eine Manipulation der Bildobjekte durch direktes Anfassen erlauben.
- Handlungssensitive Oberflächenelemente sind im Bild für den Benutzer unsichtbar. Parameterwerte werden über eine direkte Manipulation der Bildobjekte eingegeben.

Zudem hat sich gezeigt, dass die erfolgreiche Entwicklung, Produktion und Anwendung von IBE/IBL im didaktischen Kontext nur im Zusammenwirken fachdidaktischer und medientechnologischer Kompetenzfelder realisierbar ist (Abb. 2):



Abb. 2: Das „IBE/IBL Prinzip“ formuliert die Basis für ein künftiges Technology Enhanced Textbook (TET).

Im internationalen Maßstab und mit Bezug auf weitere Forschungsergebnisse zu medialen Repräsentationen realer Experimente ordnet sich dieses Ergebnis so ein:

- Simulationsexperimente erfüllen nach dem aktuellen Forschungsstand zu Multimedia die Funktion der Veranschaulichung abstrakter Sachverhalte. Der Nutzer besitzt in der Regel viele Freiheitsgrade der Interaktion. Als multimediale 3D-Nachbildung eines Experiments (Virtuelle Realität) werden Simulationsexperimente breit eingesetzt. Sie besitzen eine eher geringe Effektivität für den Wissenserwerb im Kontext realer Sachverhalte, eine höhere bei der Veranschaulichung abstrakter Modelle. Das IBE bietet bisher weit weniger Freiheitsgrade, was aber für den Lernerfolg Vorteile bieten kann und die mediendidaktische Funktion der Anschauung (Realitätsbezug) erfüllt [14].
- Die sog. Videoanalyse [15] realisiert die computergestützte Ortserfassung und Analyse von bewegten Objekten im digitalen Video, sie hat grundsätzlich andere didaktische Funktionen als das IBE.
- Interactive Video wurde zur interaktiven Repräsentationen von Experimenten erprobt, hat sich aber nicht durchgesetzt: Der Nutzer wählt über numerische Eingaben von Parameterwerten in entsprechende Eingabefelder einer grafischen Oberfläche das zugehörige Video aus, das ohne weitere Steuerungsmöglichkeiten abläuft [16].
- Remotely Controlled Laboratory [17] ist ein über das Internet und ein grafisches Userinterface fernsteuerbares Realexperiment. Das erzeugt zwar einen gewissen „Live-Effekt“, hat aber den Nachteil, dass jeweils nur ein Nutzer zur Zeit das Experiment durchführen kann.
- Empirische Studien zur Lernwirksamkeit Virtueller Labore (VR) haben gezeigt, dass VR-Anwendungen mit einer erhöhten Nutzungsmotivation verbunden sind, aber nicht direkt zu einem signifikanten Lernzuwachs führen. Lerner profitieren jedoch stärker vom nachfolgenden Unterricht. Lerneffekte für VR-Explorations- und Konstruktionswelten ließen sich nicht eindeutig nachweisen [18]. Gründe dafür könnten unter anderem darin liegen, dass es sich bei bekannten VR-Applikationen für didaktische Anwendungen um relativ informationsarme Darstellungen handelt (aufgrund des hohen Produktionsaufwands). Konzepte und technologische Realisierung didaktischer VR-Anwendungen sollten pädagogisch-psychologisch begleitet werden. Die Lerneffektivität von virtuellen Trainingswelten zur Vermittlung von prozeduralen und handlungsbezogenen Fertigkeiten und deren Übertragbarkeit in die Realwelt wurde hingegen empirisch belegt [19, 20].
- Non linear video [21]: Das Ziel ist die Erweiterung des linearen Videos durch interaktive und

personalisierte Multimediainhalte. Per Mausclick auf interaktive Objekte im Videobild navigiert der Zuschauer kontextabhängig durch vernetzte Inhalte (auch Videos), nutzt multimedial aufbereitete Zusatzinformationsangebote (Bild, Text, Animation, Video) neben dem Videobild, ruft Websites auf, öffnet Kommunikationskanäle (Telefon, Chat, E-Mail) oder bezieht soziale Netzwerke ein (Web 2.0). Zu dieser Form der multimedialen Anreicherung eines bestehenden Videos wurden Tools zur Unterstützung der Autorenenarbeiten entwickelt. Kommerziell verfügbare Weiterentwicklungen des interaktiven 2D-Video (Immersive Media) geben dem Zuschauer quasi die Kamera selbst in die Hand. Er bestimmt durch Bewegungen der Maus, welchen Ausschnitt er im 360°-Videos sehen will. Auch hier lassen sich Videos vernetzen und per Klick auf Bildobjekte multimedial anreichern. Beim interaktiven Film steht aber neben der Anreicherungsfunktion die Einflussmöglichkeit des Zuschauers auf die Filmhandlung im Vordergrund.

Non-linear Video und interaktiver Film ergänzen das bewegte Realbild durch interaktive Objekte (Hot Regions), mit denen sich das traditionelle lineare Bewegtbild zur Laufzeit durch externe Angebote (Information, Kommunikation) erweitern lässt. Das IBE geht über die Idee der Verlinkung bekannter digitaler Medienformate hinaus. Der passive Zuschauer wird zum aktiv Handelnden (Abb. 3): Er manipuliert Objekte im Videobild (Touchscreen Interface) und erlebt als Folge seiner Handlung das, was die Kameras und Mikrofone während der Durchführung des Realexperiments im Labor (oder im Feld) erfasst haben. Für das Lernen mit medial repräsentierten Experimenten bietet dieses Konzept einen entscheidenden Vorteil, wie die Studien zu didaktischen Anwendungen des IBE deutlich belegen (s.o.).

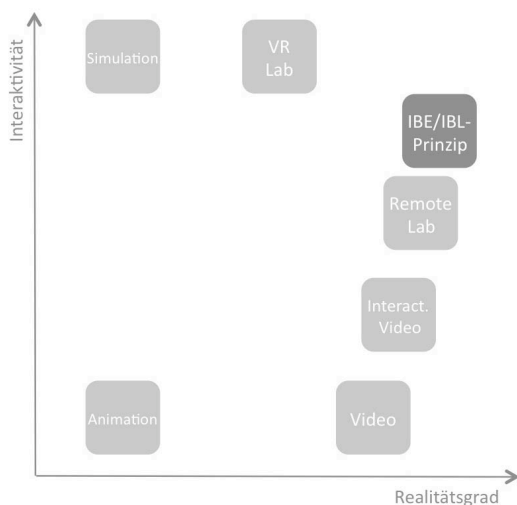


Abb. 3: Einordnung des IBE-Konzepts in die bekannten medialen Repräsentationen von Experimenten. Das Medium Film wurde hier nicht mehr berücksichtigt, da es bereits heute schon keine praktische Bedeutung mehr hat.

3. Die Zukunft: TET und seine Validierung

Anhand der skizzierten Forschungsergebnisse soll nun das Innovationspotenzial eines auf dem IBE/IBL-Prinzip basierenden elektronischen interaktiven Lehr- und Sachbuchs der Zukunft – dem Technology Enhanced Textbook – durch Machbarkeitsstudien und die Erprobung verschiedenster Verwertungsszenarien validiert werden. Dazu werden Demonstratoren entwickelt, die den Nutzern in verschiedenen Anwendungsfeldern vorgeführt werden, um die Bedürfnisse und damit die Anforderungen an das TET zu ermitteln. Übergeordnetes Ziel der Demonstration ist es einerseits, zu verlässlichen Aussagen zu didaktisch sinnvollen TET-Anwendungen zu gelangen, andererseits deren technische Machbarkeit zu verifizieren. Hierbei ist ein iteratives Verfahren vorgesehen, bei dem die Validierungsergebnisse einer Demonstration in die Weiterentwicklung einfließen. Die Validierung ist für die Anwendungsfelder Schule und Hochschule (Science Education - TETSE, Student Labs - TETLA), Bildungsfernsehen und -hörfunk (Videoproduction - TETVP), betriebliche Aus- und Weiterbildung (TET based Training - TETBT) technisch-naturwissenschaftliche Museen (Enhanced Exhibitions - TEEXH) sowie die Öffentlichkeitsarbeit in Wissenschaft und Forschung (Public Understanding of Science - TEPUS) vorgesehen (Abb. 4):

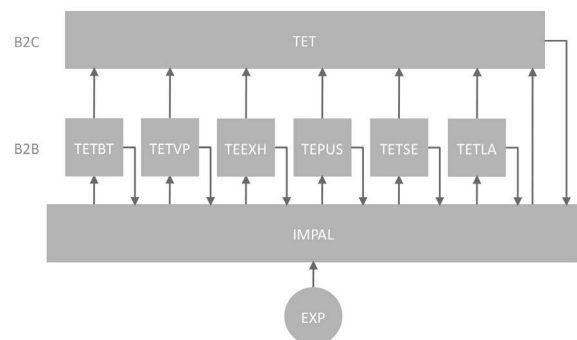


Abb. 4: Schema des Validierungsprozesses in den Anwendungsfeldern.

Ziele der didaktisch-technologischen Weiterentwicklung im Rahmen der Validierungsstudien in den dargestellten Anwendungsfeldern sind unter anderem:

- Gestaltbare IBE, die es dem Anwender erlauben, eine Experimentieranordnung selbst zu realisieren.
- Erweiterung der IBE/IBL durch skalierbare visuelle und auditive Reproduktionsqualitäten (Bildauflösung, 3D-IBE/IBL-Formate, räumliche Audioreproduktion als Feedback bildbezogener Benutzerhandlungen; Abb. 5).
- 360°-IBL-Panoramen: Der Anwender navigiert im 360°-Panorama eines realen Labors und manipuliert dabei Bildobjekte auf dem berührungsempfindlichen TET-Bildschirm oder auch in der hochauflösenden Projektion. Das Entwicklungs-

ziel verbindet die Eigenschaften eines IBE mit denen des IBL auf natürliche Weise.

- Demonstratoren, die zeigen, wie derartige Lösungen Fernsehproduktionen für Bildungsformate grundlegend multimedial erweitern können.

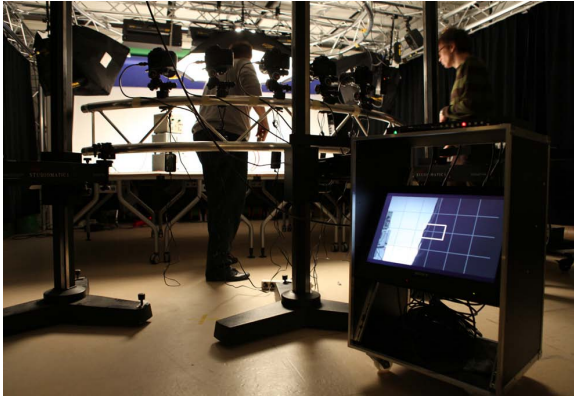


Abb. 5: Test eines Multikamera-Arrays im TET Labor. Die Anordnung dient zur Erfassung von Stopp-Motion-Bildsequenzen für die Erzeugung skalierbarer IBE entsprechend den Anforderungen in den verschiedenen Anwendungsfelder.

- Unterstützende Produktionstools für die Planung und Durchführung des Realexperiments zur Datenerfassung für eine automatisierte Generierung eines IBE. Mit dem zu entwickelnden Demonstrator soll hier die grundsätzliche Automatisierbarkeit von Teilen des Produktionsprozesses und die Skalierbarkeit von IBE dargestellt werden.
- Action Tracking Tool: Der TET-Anwender kann die Durchführung eines IBE oder auch seinen Weg durch das IBL individuell aufzeichnen, speichern und zu jedem Zeitpunkt wiedergeben. Die Trackingdaten (Zeigerkoordinaten, Userevents) lassen sich auf jedes andere TET übertragen und dienen beispielsweise zur Demonstration eines physikalischen Phänomens im Rahmen eines Lehrtextes, sie stellen verschiedene thematische Führungen durch ein IBL oder konkrete Hilfen etwa zur Bedienung eines Gerätes dar (die der Anwender dann im Anschluss selbstständig mit dem IBE nachvollziehen kann). Aus einem nichtlinearen IBE/IBL lassen sich damit verschiedenste Varianten linearer Repräsentationen des Experiments erzeugen.
- Annotations Tool: Durch Trackingdaten angereicherte IBE/IBL lassen sich vom TET-Nutzer über verschiedene Tools annotieren: Per Audio-kommentar, durch grafische Annotationen im Kontext der Experimentdurchführung oder auch durch das Einfügen von Hot Spots in das IBE/IBL-Bild, über die sich per Klick andere Medienelemente, Websites (Gerätehersteller, Wiki) oder auch Kommunikationstools aufrufen lassen.
- Auswertungs- und Präsentationstools: Intelli-

gente Verknüpfung von Messdaten aus dem IBE mit Tools zur flexiblen numerischen wie grafischen Darstellung und Auswertung als Grundlage für die Präsentation der Ergebnisse (auch im Rahmen virtueller Lerngruppen).

- Protokollfunktion: Tracking- und Messdaten (in verschiedenen Repräsentationen) im TET-Protokoll ablegen, kommentieren und mit anderen Nutzern austauschen. Die Quelle der Messdaten können sowohl ein IBE als auch ein reales Experiment (Messgerät) in der näheren Umgebung des TET sein (drahtlose Datenübertragung).

4. Zusammenfassung und Perspektiven

Lehren und Lernen in MINT-Fächern

Für den Schulunterricht oder zum Beispiel für naturwissenschaftliche Praktika an den Hochschulen optimierte IBE/IBL- und TET-Module werden die beliebige Wiederholbarkeit von experimentellen Präsenzangeboten in der Ausbildung ermöglichen. Auch der (teilweise) Ersatz von Praktika, etwa durch spezielle Angebote im Rahmen der universitären Familienförderung wird als Standardleistung möglich. Das TET wird das bisher für Unterricht und Lehre verfügbare didaktisch-methodische Spektrum experimenteller Angebote erheblich erweitern. Es bietet handlungsorientierte Zugänge zu bildungsrelevanten und für die Lernenden bedeutungsvollen Bereichen unserer Lebenswelt. Durch TET-Anwendungen in ausgewählten technischen Berufsfeldern werden situative Ausbildungskonzepte effektiv umsetzbar. Die Kluft zwischen theoretischer Grundlegung und praktischer Anwendung des Wissens kann sich dadurch erheblich verringern.

Öffentlichkeitsarbeit im digitalen Bildungsverbund

Die Verzahnung der Öffentlichkeitsarbeit von Industrie, Wissenschaft und Hochschule mit individuell nutzbaren Bildungsangeboten wird durch das TET erheblich erweitert.

Erweiterung von Bildungsfernsehen und -hörfunk

Die Anwendung von weiterentwickelten IBE/IBL-Formaten in der Bildungsfernsehproduktion macht die Produktion flexibler. Das Angebot für den Zuschauer wird nicht nur variantenreicher und attraktiver, sondern es versetzt ihn über die crossmediale Verwertung der IBE/IBL über das persönliche TET auch in die Lage, ein in der Sendung vorgeführtes Experiment selbstständig nachvollziehen zu können. Auch der Hörfunk kann den Mehrwert für den Hörer durch TET deutlich erhöhen.

Technisch-naturwissenschaftliche Ausstellungen

Der Besucher eines Museums führt über das TET oder eine IBE-Projektion virtuell ein Experiment mit einem historischen Instrument durch, das er im Original nur hinter Glas (und ohne Funktion) betrachten kann und nimmt dieses Erlebnis in sein persönliches

TET-Portfolio auf. Für das Museum werden mit IBE/IBL Exponate und Ausstellungskonzepte realisierbar, die aus praktischen Gründen (Kosten, Gefahren, Wartung) bisher nicht möglich waren. Beispiele sind: Aufwändige Experimente, IBL-Installationen realer Forschungslabore, die kontextorientierte Vernetzbarkeit realer Exponate über das TET als einem neuen Ausstellungsführer, der nicht nur Information bietet, sondern die Realität erweitert und Objekte „begreifbar“ macht. So kann beispielsweise auch ein Energieversorger kann nicht nur die spektakuläre IBE/IBL-Installation im Besucherzentrum seines Kraftwerks bieten, sondern auch – wie das Museum – downskalierte IBE/IBL-Module für die individuelle Nutzung mit dem TET bereitstellen.

Individuelle Unterstützung beim Lehr-Lernprozess

Mit TET haben Lernende in vielfältigen Situationen individuellen Lernens (Übungs- und Hausaufgaben, Nachhilfe) Zugang zu allen experimentellen Lernumgebungen, die im Kontext der schulischen, universitären oder beruflichen Ausbildung relevant sind. TET wird ihnen auch ein gemeinsames Experimentieren (und Kommunizieren) über synchrone oder asynchrone Kommunikationskanäle erlauben. Lehrende haben mit dem TET ein neues Hilfsmittel zur Gestaltung und für die individuelle Unterstützung von Lernprozessen in der Hand, mit dem sie auf die spontanen Bedürfnisse der Lernenden schnell, flexibel und situationsadäquat reagieren können. Besonders differenzierende Angebote für den Unterricht lassen sich in einer Qualität darstellen, wie sie heute mit dem konventionellen Lehrbuch nicht erreichbar sind.

TET im Alltag

TET hilft seinem Nutzer bei der Suche nach Antworten auf selbstgestellte Fragen zu Objekten und Vorgängen aus der Lebenswelt, die ihn unmittelbar umgibt. Beispielsweise werden dem Live-Bild der TET-CAM Hinweise auf Bildungsangebote überlagert, wenn es zu geografisch eindeutig identifizierbaren Orten (Museen, Labore, Flughäfen etc.), die zum Beispiel mittels Geo-Tags bei Google Earth als Location Based Services erfasst wurden, entsprechende Einträge gibt. Neue Formen dieser Services werden Zusatzinformationen zu den jeweiligen Phänomenen, Experimenten oder technischen Anlagen mit IBE/IBL-Angeboten verbinden, die Wissen nicht einfach nur ‚vermitteln‘, sondern dabei helfen, Antworten selbst zu finden. Dabei stößt der Nutzer auf Bildungsschätze, die er mit dem TET sammeln oder mit anderen teilen kann.

5. Referenzen

- [1] Informationen zur Fördermaßnahme VIP des Bundesministeriums für Bildung und Forschung: www.validierungsfoerderung.de
- [2] Kirstein, J. (1999): Interaktive Bildschirmexperimente - Technik und Didaktik eines neuartigen Verfahrens zur multimedialen Abbildung physikalischer Experimente. Dissertation, TU Berlin.
- [3] Hüther, M., Theyßen, H. (2005): Vergleichende Untersuchung zur Lernwirksamkeit einer hypermedialen Lernumgebung und eines Praktikums an der Hochschule. In: ZfDN 11 (2005), 117-129
- [4] Zastrow, M. (2001): Interaktive Experimentieranleitungen. Entwicklung und Evaluation eines Konzeptes zur Vorbereitung auf das Experimentieren mit Messgeräten im Physikalischen Praktikum. Dissertation, TU Berlin.
- [5] Roth, D. (2001): FiPS - Früheinstieg ins Physikstudium - Entwicklung, Einsatz und Organisation multimedialer Elemente im Physik-Fernstudium. Dissertation, TU Kaiserslautern
- [6] Petri, J., Schecker, H. (2003): physik multimedial - Physik lehren und lernen mit Multimedia: Die Implementation der Lernplattform. In: Phydid, Nr. 2 (2003), Band 1.
- [7] Kirstein, J. (2003): Elektronen: Physik und Technik auf der Spur. CD-ROM in Zusammenarbeit mit dem Deutschen Museum München. Berlin: MHS, 2003
- [8] Kirstein, J. (2005): Multimediale Bausteine für das Lernen von Physik in lebensweltbezogenen Kontexten. In: Nordmeier, V.; Oberländer (Hrsg.): Didaktik der Physik. Berlin: Lehmanns Media.
- [9] Voßkübler, A., Nordmeier, V., Kuchinke, L., Jacobs, A.M. (2008): OGAMA – OpenGazeAndMouseAnalyzer. Open source software designed to analyze eye and mouse movements in slideshow study designs. In: Behavior Research Methods, 40/4 (2008), S. 1150-1162.
- [10] Brell, C. (2008): Lernmedien und Lernerfolg – reale und virtuelle Materialien im Physikunterricht. Dissertation, Universität Bremen. Berlin (Logos)
- [11] Neuhaus, W.; Kirstein, J.; Nordmeier, V. (2009): Interaktive Praktikumsexperimente für eine familienfreundliche Hochschule. In: Nordmeier, V.; Grötzebauch, H. (Hg.): Didaktik der Physik - Bochum 2009. Berlin: Lehmanns Media.
- [12] Kirstein, J.; Merli, A.; Nordmeier, V. (2009): Virtuelles Forschungslab or zum Thema Laserphysik und Moleküldynamik. In: Nordmeier, V.; Grötzebauch, H. (Hg.): Didaktik der Physik - Bochum 2009. Berlin: Lehmanns Media.

- [13] Voßkühler, A., Lange, K., Fröhlich, A., & Nordmeier, V. (2010): Usability-Optimierung von IBE. In V. Nordmeier & H. Grötzebauch, Didaktik der Physik - Hannover 2010. Berlin: Lehmanns Media.
- [14] Kirstein, J., Nordmeier, V. (2007): Multimedia representation of experiments in physics. In: IOP, Eur. J. Phys. 28 (2007), 115-126
- [15] Nordmeier, V. (2002): Videoanalyse von Bewegungen mit dem Computer. In: Unterricht Physik, 13/69, 27-30
- [16] Zollman, D. A.; Fuller, R.G. (1994): Teaching and Learning Physics with Interactive Video. In: Physics Today 47 (4), 41-47
- [17] Gröber, S., Vetter, M., Eckert, B., Jodl, H.-J.: Remotely Controlled Laboratory (RCL). In: Eur. J. Phys. 28 (2007), Special issue, S127-S141
- [18] Winn, W. & Jackson, R. (1999). Fourteen propositions about educational uses of virtual reality. Educational Technology, (4), 5-14.
- [19] Rose, P., Attree, E., Brooks, B., Parslow, D., Penn, P. & Ambihapahan, N. (2000). Training in virtual environments: Transfer to real world tasks and equivalence to real task training. Ergonomics, 43 (4), pp. 494-511.
- [20] Tatler, B. W., & Melcher, D. (2007) Pictures in mind: Initial encoding of object properties varies with the realism of the scene stimulus. Perception, 36, 1715-29.
- [21] Fraunhofer FOKUS (2010): www.fokus.fraunhofer.de/de/fokus/_pdfs/fokus_non-linear-video_de.pdf (22.7.2010)