



IMST - Fonds für Unterrichts- und Schulentwicklung
Analyse von Projekten des IMST - Fonds

**Bedingungen und Möglichkeiten
eines nachhaltigen Einsatzes neuer Medien
im Mathematik-, DG-, Informatik- und
naturwissenschaftlichen Unterricht**

*Resümee einer vergleichenden Analyse von Studien
des IMST Fonds zum Lehren und Lernen mit neuen Medien*

Dr. Hildegard Urban-Woldron

KPH Wien/Krems

Oktober, 2008

Inhalt

EINLEITUNG.....	2
1. LERNEN MIT DIGITALEN MEDIEN.....	2
2. DIE POTENZIALE DIGITALER MEDIEN.....	3
3. FORSCHUNGSSTAND ZUM LEHREN UND LERNEN MIT DIGITALEN MEDIEN	4
4. FUNKTIONEN DIGITALER MEDIEN IM LERN-LEHR-PROZESS	9
5. „GOOD PRACTICE“ - BEISPIELE AUS DEM UNTERRICHT.....	10
6. ERFAHRUNGEN UND EINSCHÄTZUNGEN VON LEHRERN/INNEN	18

Einleitung

Die vorliegende Dokumentation stellt ein Kondensat der Befunde aus dem Analyseprojekt „Fachdidaktisch verwertbares Wissen aus der vergleichenden Analyse von Studien zum Lehren und Lernen mit neuen Medien“ dar¹.

Nach einer Darstellung der Potenziale digitaler Medien und relevanten Befunden aus der wissenschaftlichen Forschung werden auf Basis lerntheoretischer Überlegungen die Funktionen digitaler Medien im Lern- und Lehrprozess reflektiert. Die ausgewählten „Good-Practice“ – Beispiele aus dem Unterricht vermitteln den Lesern/innen einen Eindruck darüber, wie digitale Medien lernwirksam und nachhaltig für zielorientiertes Lernen im Fachunterricht exemplarisch eingesetzt wurden, welche Erfahrungen die Lehrer/innen bei der Durchführung ihrer Projekte gemacht haben und welchen Nutzen sie daraus gewonnen haben. Die Beispiele sollen Lehrern/innen Anregungen für eigene Unterrichtskonzeptionen geben und eine Orientierung ermöglichen, welche Elemente und Faktoren für die Planung, Organisation und Umsetzung von Unterricht in elektronischen Lernumgebungen, der zielorientiertes Lernen ermöglicht und unterstützt, konstituierend sind.

1. Lernen mit digitalen Medien

Das Lernen mit digitalen Medien wird vielfach auch mit einer neuen Lernphilosophie verbunden, die sich am Konstruktivismus orientiert. Die *konstruktivistische* Lernphilosophie betont die Bedeutung der Konstruktion von Wissen. Dieses Wissen wird nicht einfach vermittelt, sondern in den Köpfen der Lernenden hergestellt bzw. konstruiert. Damit bekommen diese auch eine aktive und die Lehrenden eine eher beratende, unterstützende Rolle. Aus der Perspektive dieses Ansatzes sind also bei den neuen Medien nicht nur die Inhalte entscheidend, sondern ebenso die pädagogischen Arrangements. Man spricht deshalb auch weniger von einer Lernsoftware bzw. einem Lernprogramm sondern vielmehr von Lernumgebungen (learning environments), um deutlich zu machen, dass es beim konstruktivistischen Lernen auf das Zusammenspiel von Lehrenden, Lernenden und der Sache selbst ankommt.

Aktive Wissenskonstruktion in Eigenverantwortung schließt allerdings systematische Wissensvermittlung und instruktionale Unterstützung der Lernenden keineswegs aus – erst beides zusammen gewährleistet wirksame Lernprozesse. Den Lernenden sollen Welten geboten werden, in denen sie sich bewegen können, in denen sie Muster finden, Strukturen, denen sie nachgehen können, Anregungen, die in ihnen Fragen erzeugen und ihnen helfen, Antworten zu finden. So werden sie nicht in einer bestimmten Reihenfolge mit dargebotenen

¹ Urban-Woldron, H. (2008). Fachdidaktisch verwertbares Wissen aus der vergleichenden Analyse von Studien zum *Lehren und Lernen mit neuen Medien*. <http://imst.uni-klu.ac.at>

Fakten überhäuft, sondern es wird ihnen geholfen, Dinge zu entdecken, ihre Netzwerke im Kopf zu erweitern oder umzustrukturieren (vgl. Thissen²).

Nach Issing³ soll aus didaktischer Sicht beim Lernen mit digitalen Medien die aktive Verknüpfung neuer Informationen mit bereits vorhandenem Wissen durch Interaktivität gefördert werden. Der Lernende muss durch die Interaktionen mit dem Programm aktiv sein können, Rückmeldung über sein lernerisches Tun erhalten und durch Aufrechterhaltung der Lernmotivation zu einer elaborativen und lernwirksamen Verarbeitung angeregt werden.

Ehlers⁴ beschäftigt sich mit der Qualität beim computerunterstützten Lernen. Ausgehend von der Annahme, dass die Effektivität eines (elektronischen) Lernarrangements von vier Einflussfaktoren abhängt (siehe Abbildung 1) und diese im Zusammenspiel auf den Lernerfolg, die Lerneffektivität und damit auf die Qualität wirken, weist er dem Lernenden eine zentrale Position bei der Qualitätssicherung zu.

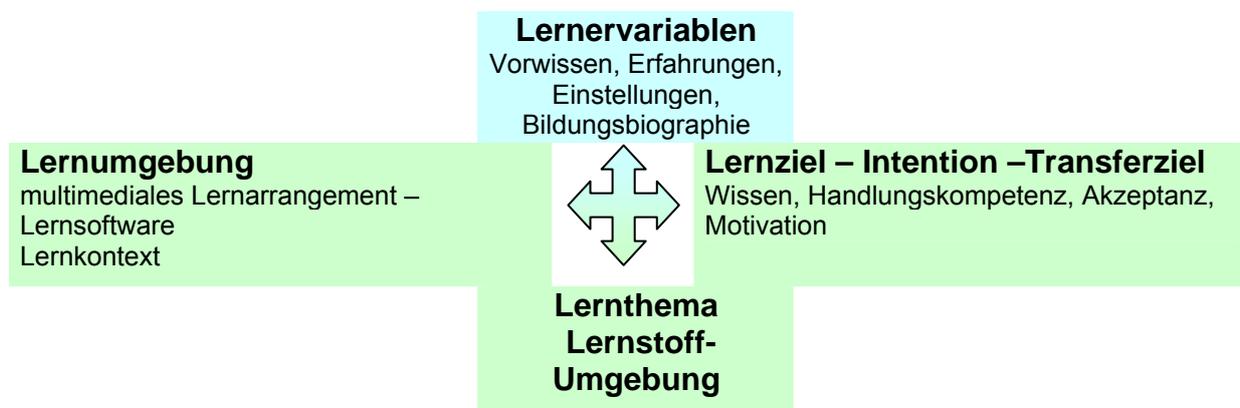


Abbildung 1: Einflussfaktoren für Lernarrangements

Für die Qualität eines Lernangebotes sind vor allem die Lernervariablen bestimmend – wie gut das Angebot (mit einer entsprechenden Technologie) inhaltlich, methodisch und situativ auf den Lernenden und seine Bedürfnisse abgestimmt ist. Qualität entsteht erst bei der Interaktion des Lernenden mit dem Lernarrangement. Daher gestaltet der Lernende mit seinem Lernprozess auch die jeweilige Lernqualität. Die Sicherung von Lernqualität beim computerunterstützten Lernen erfordert daher vor allem auch eine Stärkung und Sicherung von Lernkompetenz beim Lernenden.

2. Die Potenziale digitaler Medien

(a) Eigenverantwortliches Lernen

Vollständiges Lernen muss in weiten Teilen als eigenverantwortliches Lernen verstanden und gefördert werden. Die Bereitschaft und Fähigkeit einen eigenverantwortlichen Umgang mit neuen Medien zur Transformation von Information in Wissen zu praktizieren, ist eine der wichtigsten Anforderungen an ein Lebensbegleitendes Lernen. Lernende müssen durch entsprechend gestaltete Lehr- und Lernumgebungen aktiv darin unterstützt werden, entsprechende Fähigkeiten und Fertigkeiten während der Schul- und Studienzeit zu entwickeln und in der Weiterbildung anzunehmen.

² Thissen, F. (1997). Vortrag auf der learntec 1997, veröffentlicht in Uwe Beck/Winfried Sommer (Hrsg.). LEARNTEC Europäischer Kongress für Bildungstechnologie und betriebliche Bildung. Tagungsband. Karlsruhe. S. 69-79

³ Issing, L. (1998). Lernen mit Multimedia aus psychologisch-didaktischer Perspektive. In: Dörr, G; Jüngst, K. L. (hrsg.): Lernen mit Medien. Ergebnisse und Perspektiven zu medial vermittelten Lehr-Lern-Prozessen. Weinheim: Juventa.

⁴ Ehlers, U. (2002). Qualität beim e-learning. http://www.lernqualitaet.de/ol/qualitaet_ehlers.pdf (20.10.2008)

(b) *Persönliches Wissensmanagement*

Durch die Digitalisierung von Lehr-Lernmaterialien und deren Gestaltung zu multimedialen und modularen Ressourcen für das Selbststudium können die Phasen des personalen Unterrichts von reinen Wissensvermittlungsprozessen entlastet werden. Dadurch werden nicht nur Kompetenzen zum persönlichen Wissensmanagement entwickelt, sondern es wird Raum und Zeit für vertiefende Dialoge, Diskussionen und sozialen Austausch in der gemeinsamen Präsenzveranstaltung geschaffen.

(c) *Miteinander und voneinander lernen*

Auch wenn Lernen auf den ersten Blick vor allem ein individueller Prozess ist, spielen soziale Aspekte im Hinblick auf erforderliche Teamfähigkeit und die Bereitschaft zum Wissens- und Erfahrungsaustausch im zukünftigen Berufsfeld eine große Rolle. Kooperatives Lernen und Problemlösen sowie Prozesse, die die Entwicklung einer Lerngemeinschaft fördern, sollen in der Schule erfahrbar und praktizierbar gemacht werden. Verteilte Expertise und shared cognition infolge einer Ko-Konstruktion von Wissen können in sozialen Kontexten wie Gruppenarbeit, teamorientierter Projektarbeit, Tutorensystemen oder Lerntandems realisiert werden. Erforderliche Anleitungen und Unterstützungen müssen den Lernenden gegeben, individuell angepasst und bei Bedarf ausgeblendet werden. Über Computernetze können kommunikative und kooperative Aktivitäten den herkömmlichen sozialen Kontext im Unterricht bereichern.

(d) *Visualisierung und Simulation*

Die neuen Medien bieten auch für die „klassischen Aspekte“ der Wissensvermittlung und instruktionalen Unterstützung zahlreiche Möglichkeiten zur Visualisierung und Simulation von Zusammenhängen und Abläufen und tragen damit zu einer Steigerung der didaktischen Qualität der systematischen Wissensvermittlung bei.

(e) *Neue Lehrerrolle*

Die Gestaltung multimedialer Lernumgebungen macht auch einen Wandel im Verständnis der Lehrer/innenrolle, die nicht mehr auf traditionelle Aufgaben wie Informationspräsentation und Wissensvermittlung beschränkt werden kann, sondern in zunehmendem Maße Funktionen wie Beratung und Unterstützung eigenverantwortlicher und sozialer Lernprozesse seitens der Lernenden umfasst, unerlässlich.

Der Einsatz von interaktiven Medien im Unterricht fördert nicht nur die fachliche Kompetenz, sondern in einem besonderen Maße die Möglichkeiten der Schüler/innen, eigene theoretische Ideen zu formulieren und zu erproben. Die qualitativen Unterrichtsanteile werden verstärkt und begriffliche Grundstrukturen in den Vordergrund gestellt. Die Behandlung lebensweltlicher Phänomene im Unterricht wird unterstützt und die Verzahnung von Theorie, Empirie und dem Experimentieren mit Ideen sowie fächerübergreifendes Lernen ermöglicht und begünstigt. Damit werden auch an die Lehrer/innen in mehrfacher Hinsicht neue Anforderungen gestellt:

- Die Lehrer/innen müssen sich mit den Schülervorschlägen intensiver auseinandersetzen als im traditionellen Unterricht – es erfordert ein flexibles Denken in mehreren Lösungen.
- Die Lehrer/innen müssen sich mit allen organisatorischen Problemen (Hardware- und Software-Ausrüstung, Raumfrage, Zeitfrage, Software-Beschaffung, extreme Divergenz in Computervorkenntnissen, ...) im Umfeld des Computereinsatzes auseinandersetzen.

3. Forschungsstand zum Lehren und Lernen mit digitalen Medien

(a) *Frage nach der Lernwirksamkeit*

Es ist wenig sinnvoll nach der Lernwirksamkeit der neuen Medien an sich zu fragen. Mit den neuen Medien lassen sich ebenso viele effektive wie ineffektive Lehr-Lern-Szenarien

realisieren wie mit traditionellen Printmedien (vgl. SCHNOTZ⁵). Neue Medien sind nicht an sich lernförderlich (vgl. PETRI⁶). Hinsichtlich der Lernwirksamkeit der neuen Medien müssen die Interaktion der Faktoren Lehr-Lernziel, instruktionale Unterstützung, Vorwissen (themen- und medienspezifisch) sowie Lernstrategien, Interesse und Einstellungen der Lernenden sowohl mit dem Medium als auch untereinander berücksichtigt werden (vgl. BLÖMEKE⁷).

„Dringend notwendig sind neben technischen Neuerungen daher neue pädagogische und didaktische Konzepte für die Gestaltung multimedialer Lehr-Lernumgebungen, die über einzelne Modeerscheinungen hinaus wirklich Bestand haben.“ (MANDL, REINMANN-ROTHMEIER⁸).

(b) Potenziale digitaler Medien

Digitale Medien haben das Potenzial, alternative Lernumgebungen zu unterstützen, können aber allein nicht eine Veränderung des Lernumfeldes bewirken. Gerade im Bereich der individuellen Interaktion können mit Hilfe des Computers neue Wege gegangen werden. Computerlernen kann durch eine dialogische, interaktionelle Lernumgebung individuell gestaltet werden und hat den zusätzlichen Vorteil verschiedene Lerntypen durch eine vielfältige Aufbereitung von Material anzusprechen. Lernende können ihre Lernstrategien frei entwickeln (vgl. KOUBEK⁹).

Die neuen Medien können zur Reflexion pädagogischer Praxis und zu einer neuen Lernkultur in den Bildungsinstitutionen beitragen. Unangemessene Implementationsansätze können aber auch große Mengen an Ressourcen verschlingen, die an anderer Stelle fehlen (vgl. FISCHER & MANDL¹⁰).

Nach KERRES¹¹ betont die didaktische Sichtweise das konzeptionelle Innovationspotenzial neuer Bildungsmedien. Dabei steht die Frage im Zentrum, ob mit dem Einsatz neuer Medien bestimmte pädagogische Vorstellungen erreicht werden, die zuvor nicht oder nur aufwändig realisierbar waren. Der Einsatz von eLearning eröffnet facettenreiche Potenziale, deren Verwirklichung sowohl von der konkreten Ausprägung als auch von der Qualität der Umsetzung von eLearning abhängig ist. Von besonderer Bedeutung ist vor allem die Frage des Wirkungsgrades: Welche eLearning-Methode eignet sich in einem spezifischen Kontext besonders für bestimmte didaktische Ziele. Entscheidend ist somit die gewählte didaktische Gesamtkonzeption, ob diese zur Lösung eines Bildungsproblems (besser) beiträgt, nicht aber die grundsätzliche, kontextunabhängige Überlegenheit bestimmter eLearning-Varianten bzw. Mediensysteme.

Die didaktischen Potenziale von eLearning sind genauso vielfältig wie die verschiedenen Ausprägungen von eLearning selbst. Dabei lassen sich allgemeine im Vergleich zu variantenspezifischen Potenzialen unterscheiden (EULER¹²).

⁵ Schnotz, W. (2001): Wissenserwerb mit Multimedia. In: Unterrichtswissenschaft, 29, 292-318.

⁶ Petri, J. (2003). Neue Medien sind nicht an sich lernförderlich. Thesenpapier. Internationale Tagung der Gesellschaft für Fachdidaktik (GFD) in Berlin, 14. - 16. September 2003. Institut für Didaktik der Physik, Universität Bremen.

⁷ Blömeke, S. (2003): Lehren und Lernen mit neuen Medien. Forschungsstand und Forschungsperspektiven. In: Unterrichtswissenschaft, 31, 58-82.

⁸ Mandl, H., Reinmann-Rothmeier, G. (2000). Lernen mit neuen Medien. Pädagogische Grundlegung. Institut für Pädagogische Psychologie und Empirische Pädagogik. München. <http://infix.emp.paed.uni-muenchen.de> (20.6.2008)

⁹ Koubek, A., Posch, R. u.a. (2000). Lernen mit Multimedia am Beispiel des Physikunterrichts. Technikum Joanneum und Karl-Franzens Universität Graz, Institut für Erziehungswissenschaften.

¹⁰ Fischer, F.; Mandl, H. (2002): Lehren und Lernen mit neuen Medien. In: Tippelt, R. (Hrsg.): Handbuch Bildungsforschung. Opladen: Leske & Budrich, 623-637.

¹¹ Kerres, M. (2008). Mediendidaktische Analyse digitaler Medien im Unterricht. Computer und Unterricht. <http://www.mediendidaktik.de>. (20.6.2008)

¹² Euler, D. & Wilbers, K. (2002). Selbstlernen mit neuen Medien didaktisch gestalten. In D. Euler & C. Metzger (Hrsg.), Hochschuldidaktische Schriften (Bd. 1). St. Gallen: Institut für Wirtschaftspädagogik.

Allgemeine didaktische Potenziale von eLearning:

- Individualisierung des Lernprozesses
- Unterstützung des selbst gesteuerten Lernens

Didaktische Potenziale durch das Lernen mit eMedien, wie beispielsweise:

- Anschauliche Präsentation von Lerninhalten
- Höhere Aktualität der Lerninhalte durch die zeitnahe Bereitstellung von Lerninhalten und Wissensressourcen über Netzwerke
- Aktive Auseinandersetzung mit den Lerninhalten durch vielfältige Interaktionen

Didaktische Potenziale durch das Lernen mit eCommunication, wie beispielsweise:

- Neue Kommunikations- und Kooperationsmöglichkeiten
- Neue Kommunikations- und Kooperationsformen unter den Lernenden, um kollaboratives Lernen zu fördern

(c) Neue didaktische Theorien durch eLearning?

Was hat sich durch die Entwicklungen von eLearning verändert? Welche Veränderungen hat eLearning als pädagogische Innovation bewirkt? Sind neue bzw. weiterentwickelte Lerntheorien notwendig, um das Lernen mit neuen Medien zu erklären? Grundlegende Prinzipien für die Gestaltung von Lernumgebungen richten den Blickwinkel auf das Verhalten des Lehrenden: Wie kann das Lernen unterstützt werden? Gibt es grundsätzliche Handlungsleitlinien? Haben sich diese durch eLearning geändert? Daraus lassen sich prinzipiengeleitete didaktische Handlungskonzepte ableiten, welche Vorschläge für die Gestaltung einzelner Entscheidungen innerhalb eines Praxisfeldes beinhalten, die auf der interpretativen Anwendung von grundlegenden Prinzipien zur Gestaltung von Lehrprozessen basieren (vgl. EULER¹³).

(d) Prinzipien für die Gestaltung von Lernumgebungen

Lernprinzipien geben eine Orientierung für die Gestaltung von Lernumgebungen, die grundlegende Annahmen darüber formulieren, was zu tun oder zu unterlassen ist, um Lernen in erwünschter Weise zu beeinflussen. Sie beziehen sich auf grundsätzliche Leitlinien, die bei der Gestaltung von Lernumgebungen Berücksichtigung finden sollten, beschreiben hingegen nicht, wie Lernende sich Wissen, Einstellungen und Fertigkeiten durch diese Lernumgebungen aneignen. Somit nehmen sie die Perspektive des Lehrenden für die Umsetzung der Unterrichtsgestaltung ein. Die Problemorientierung nimmt auch im Kontext des eLearning-Einsatzes einen zentralen Stellenwert ein (EULER & WILBERS¹⁴)

Die Gestaltung problemorientierter Lernumgebungen als übergeordnetes Prinzip stellt nach REINMANN-ROTHMEIER & MANDL das Bindeglied zwischen Instruktion und Konstruktion her. Ziel sollte es demnach sein, eine Balance zwischen expliziter Instruktion durch den Lehrenden und konstruktiver Aktivität der Lernenden zu finden.

(e) Fokussierung auf Lernprozesse

Heute setzt sich die Meinung durch, dass statt Lehrprozessen vielmehr Lernprozesse betont werden sollten und didaktische Aktivitäten in erster Linie Lernen ermöglichen, denn Lehren ist weder eine notwendige noch eine hinreichende Bedingung für effektive Lernprozesse (vgl.

¹³ Euler, D. & Seufert, S. (2005). Learning Design: Gestaltung eLearning-gestützter Lernumgebungen in Hochschulen und Unternehmen. SCIL-Arbeitsbericht 5. September 2005

¹⁴ Euler, D. & Wilbers, K. (2002). Selbstlernen mit neuen Medien didaktisch gestalten. In D. Euler & C. Metzger (Hrsg.), Hochschuldidaktische Schriften (Bd. 1). St. Gallen: Institut für Wirtschaftspädagogik.

EULER, 2005). SCHULMEISTER¹⁵ spricht in diesem Zusammenhang von einem Paradigmenwechsel von einem „zielgerichteten, konstruierten Unterricht zu einem Bild offener Lernsituationen mit innerer Variabilität und variablen Lernobjekten“.

(f) Selbst-instruktive Lehrmaterialien für Unterrichtsmedien

Erfolgreicher Unterricht basiert auf der Nutzung von pädagogisch wirksam gestalteten Lehrmaterialien (Schulbüchern, Arbeitsblättern, etc.). Diesen Lehrmaterialien ist besondere Aufmerksamkeit zu schenken, weil sie bedeutsamer Bestandteil jeglicher, vor allem auch viel diskutierter neuer Unterrichtsmedien (CDROM, Online-Kurse, etc.) sein sollen. Wenn Schüler/innen selbst reguliert lernen, wird Kapazität des Lehrers/der Lehrerin freigesetzt, die für das Erreichen von hochwertigen unterrichtlichen Lehrzielen (intensivierte Förderung von besonders schwachen oder besonders begabten Schülern/innen, Lösung von sozial-emotionalen Problemen, etc.) eingesetzt werden kann. Damit Schüler/innen aber erfolgreich selbst reguliert lernen können, sind neben dem Einsatz von Lernstrategien auch selbst-instruktive Lehrmaterialien notwendig. Selbst-instruktive Lehrmaterialien weisen folgende Merkmale auf (vgl. ASTLEITNER¹⁶):

- kontinuierliche Lehrzielorientierung
- klare Strukturierung des Lehrstoffes
- Aufgaben, die es Schülern erlauben, ihren Wissensstand zu überprüfen
- Anleitung der Lernaktivitäten durch Leitfragen und Randbemerkungen
- vorbereitende und nachbereitende Übersichten
- verschieden schwierige Übungsaufgaben mit Lösungen und Lösungswegen
- motivierende Textteile
- lernförderliche Textgestaltung
- Abbildungen, die über den Text hinaus Lernen anregen, indem sie wichtige Sachverhalte genauer darstellen oder auf besonders kritische Wissensteile hinweisen
- Lernen in offenen Lernumgebungen

(g) Interaktivität und Feedback

Interaktivität und das Feedback der Lernobjekte sind in offenen Lernumgebungen besonders wichtig. Offene Lernumgebungen ermöglichen es den Lernenden, ihren individuellen Eigenheiten gemäß zu lernen (vgl. SCHULMEISTER¹⁷). Der Begriff „offen“ in diesen didaktischen Modellen bezeichnet den Grad an Freiheit, den das lernende Individuum in diesen Umgebungen einnehmen kann, um Inhalte gemäß seinen Lernvoraussetzungen zu selektieren, seinen Lernstil und seine Lernstrategien zu praktizieren und gemäß seiner Motivation vorzugehen. Lernende können die nötigen Anpassungsprozesse selbst vornehmen, indem sie das Niveau der kognitiven Auseinandersetzung mit dem Lernobjekt je nach ihren Lernvoraussetzungen selbst bestimmen, dort beginnen, wo es ihrer Motivation entspricht und die Art und Strategien der kognitiven Auseinandersetzung mit dem Lernobjekt eigenständig variieren. Didaktisches Design offener E-Learning-Umgebungen hat es vor allem mit zwei Qualitäten virtueller Lernobjekte zu tun, der Interaktivität und der Rückmeldung. Eine hochgradige Interaktivität der Lernobjekte und ein hohes Maß an Rückmeldung sind für offene Lernumgebungen insofern wichtig, als sie den Prozessen der Wissenskonstruktion den benötigten Raum für aktive und manipulierende Operationen eröffnen. Offene Lernumgebungen büden dem lernenden Individuum die Last auf, selbst für

¹⁵ Schulmeister, R. (2004). Didaktisches Design aus hochschuldidaktischer Sicht. Ein Plädoyer für offene Lernsituationen. In U. Rinn & D. M. Meister (Hrsg.), Didaktik und Neue Medien (S. 19–49). Münster: Waxmann.

¹⁶ Astleitner, H. (2002). Prinzipien guten Unterrichts. <http://www.qis.at> - BMBWK: Wien 2002

¹⁷ Schulmeister, R. (2006). Elearning: Einsichten und Aussichten. Oldenbourg Verlag.

die geeignete Passung zwischen sich, seinen Lernvoraussetzungen und Lernstilen, seiner Motivation und dem Lernangebot zu sorgen.

(h) Die Rolle der Lerner/innenvariablen

Die Verwendung von Computern führt aber nicht zwangsläufig zu einem höheren Lernerfolg (vgl. SCHECKER¹⁸). Die Rolle der Lernervariablen scheint ebenso unklar: Wann hat das Vorwissen einen Einfluss auf die Lernleistung? Profitieren Schüler mit einem starken Selbstkonzept mehr vom Einsatz des Computers? Sind die kognitiven Voraussetzungen entscheidend?

(i) Von der Technikenebene über das Design zur didaktischen Betrachtung

Nachdem viele ICT-Anwendungen – darunter auch pädagogisch relevante wie Kommunikations- und Lernplattformen sowie Multimedia-Werkzeuge – heute mehr oder weniger stabil laufen und im Prinzip eingesetzt werden können, hat sich der Fokus der Entwicklung einer nächsten Generation von ICT-gestützten Lernumgebungen (von der Technikenebene) nun deutlich auf die Gestaltungsebene bzw. die Ebene des didaktischen Designs verlagert (vgl. REUSSER¹⁹).

Nachdem potenziell nützliche Technik-Werkzeuge in ansprechender Qualität zur Verfügung stehen, geht es nun darum, diese didaktisch intelligent einzusetzen, das heißt sinnvoll und effizient zu nutzen – eine Herausforderung, die das Praxis- wie das Forschungsfeld wohl noch für längere Zeit bestimmen wird. Dabei fehlt es in beiden Feldern noch immer an ausreichend 'Best Practice': Zu viele Anwendungen sind in pädagogischer Hinsicht immer noch wenig überzeugend, und die Forschungslage hinsichtlich der Prüfung der Wirksamkeit von eLearning-Anwendungen ist ebenfalls unbefriedigend. Wie die Lern- und Unterrichtsforschung dokumentiert, erfordert gelingendes – nicht nur Online – Lernen zweierlei: eine hohe Qualität sowohl des Angebots (sorgfältig gestaltete Lernumgebung) wie auch von dessen Nutzung. Bei der Frage nach Nutzen und Wirksamkeit der neuen Medien geht es mithin nicht allein um das Design von Werkzeugen und Angeboten, sondern ebenso um deren intelligenten Gebrauch.

Das didaktische Design muss den Lernzielen und den Voraussetzungen der Lernenden angemessen sein. Bei Vermittlung von Grundlagenwissen wird man ein eher «behavioristisches» Vorgehen wählen. Bei Vertiefung und Vernetzung von bereits vorhandenem Grundlagenwissen wird man eher «konstruktivistisch» vorgehen (vgl. BAUMANN, 2004²⁰).

(j) Effekte mediengestützten Lernens

Zu den Effekten mediengestützten Lernens liegt eine Vielzahl von Untersuchungen vor (vgl. KERRES, 2001²¹):

- Das Lernen mit Medien schneidet nicht schlechter ab als konventioneller Unterricht. Von einer systematischen oder grundsätzlichen Überlegenheit eines bestimmten Mediensystems kann aber nicht ausgegangen werden.
- Das Lernen mit Medien ist nicht auf einfache kognitive Lehrinhalte beschränkt, sondern kann ebenso bei psychomotorischen wie kognitiven Fertigkeiten wie auch beim Aufbau sozialer Verhaltenskomponenten eingesetzt werden.
- Die Lernmotivation lässt sich durch den Einsatz von neuen Bildungsmedien steigern.

¹⁸ Schecker, H. (2005). Computer trifft Realexperiment – besser lernen mit Neuen Medien? Didaktik der Physik Frühjahrstagung Berlin 2005.

¹⁹ Reusser, K. (2008). Erweiterung des Lernraums durch digitale Medien. Referat im Rahmen der Neujahrstagung ICT/IKT in der Schule der Pädagogischen Hochschule Thurgau am 23.1.2008.

²⁰ Baumann, Th. (2004). Verändert eLearning die Didaktik? Pädagogische Hochschule Zürich.

²¹ Kerres, M.(2001). Multimediale und telemediale Lernumgebungen – Konzeption und Entwicklung. München-Wien: R. Oldenbourg Verlag

- Die Lerndauer kann durch mediengestütztes Lernen verringert werden.
- Die Akzeptanz eines Lernangebots im didaktischen Feld ist eine essentielle Bedingung für den Lernerfolg. Sie hängt nicht unmittelbar mit der didaktischen Qualität des Mediums zusammen.

(k) Forschung und Transfer der Ergebnisse in die Schulpraxis

Seit den Anfängen des Lehrens und Lernens mit dem Computer in den 70er Jahren des zwanzigsten Jahrhunderts wird der Computereinsatz im naturwissenschaftlichen Unterricht unter lern- und medienpsychologischer Perspektive erforscht (vgl. Urhahne²²). Empirische Erhebungen zum Einsatz Neuer Medien bei Physik-Gymnasiallehrern in Rheinland-Pfalz zeigen, dass fachdidaktisch bedeutsame Entwicklungen die Schule mit einer Verzögerungszeit von vielen Jahren und auch nur zum Teil erreicht haben. Es stellt sich die Frage, wie Schule und Schulverwaltung organisiert werden müssen, damit fachdidaktische Neuentwicklungen, wie z. B. der Einsatz Neuer Medien, schneller in der Schule umgesetzt werden und umgekehrt mehr Praxiswissen aus der Schule die wissenschaftliche Forschung erreicht. Je nach Physikmedium gibt es nach den Forschungsergebnissen von Gröber einen großen Lehrkräfteanteil, die das Physikmedium überhaupt nicht einsetzt.

(l) Ist Lernen mit neuen Medien effizienter?

Nach dem heutigen Erkenntnisstand ist es nicht möglich, prinzipielle Aussagen über die Lernwirkungen von Multimedia zu machen. Der Vergleich und eine kritische Bewertung der existierenden Studien und Übersichtsarbeiten haben zwar gezeigt, dass Multimediasysteme über Potenziale zur Verbesserung der Lernleistung verfügen. Dennoch haben die überwiegende Mehrheit der heute im Einsatz befindlichen Multimediasysteme nur wenig oder gar keine positive Auswirkung auf die Lernleistung (vgl. SCHULMEISTER²³).

Ob die neuen Formen der Interaktivität und der multimedialen Präsentation in jedem Fall den Lernerfolg und die Lernzufriedenheit verbessern, gilt es, differenziert für unterschiedliche Lernstile, Lernaufgaben, Lerndomänen und Bildungskontexte zu prüfen (vgl. HAACK²⁴).

4. Funktionen digitaler Medien im Lern-Lehr-Prozess

Für den Lehrer/die Lehrerin stellt sich die Frage, welche Funktionen die neuen digitalen Medien im Lern- und Lehrprozess übernehmen können.

Nach Kerres ergeben sich je nach Einsatzort und Einsatzziel unterschiedliche Möglichkeiten. „Sie können zum Beispiel ...

- *Lehrende bei der Präsentation von Informationen im Unterricht unterstützen (z.B. zur Visualisierung, zur Anleitung von Lernaufgaben, als Merkhilfe),*
- *personale Lernformen ergänzen oder ersetzen, indem die Be- und Erarbeitung bestimmter, besonders angemessener Inhalte auf Medien verlagert wird,*
- *der Vorbereitung konventionellen Unterrichts dienen, um den Erfolg einer Präsenzveranstaltung zu erhöhen,*
- *interpersonelle Kommunikation zwischen entfernten Lernern sowie Lehrenden und Lernenden ermöglichen,*
- *zu Übungs- und Vertiefungszwecken oder Testzwecken eingesetzt werden“*

²² Urhahne, D., Prenzel, M., von Davier, M., Senkbeil, M. & Bleschke, M. (2000): Computereinsatz im naturwissenschaftlichen Unterricht. Ein Überblick über die pädagogischpsychologischen Grundlagen und ihre Anwendung. Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften, 6, S. 157–186.

²³ Schulmeister, R. (2002). Grundlagen hypermedialer Lernsysteme. Verlag Oldenbourg.

²⁴ Haack, J. (2002). Interaktivität als Kennzeichen von Multimedia und Hypermedia. In: Issing & Klimsa (Hrsg.). Information und Lernen mit Multimedia und Internet. Beltz PVU.

Das Ausmaß der notwendigen didaktischen Aufbereitung ist davon abhängig, welche Funktion dem Medium im Lernprozess zugeschrieben wird. Die von Kerres vorgenommene und im Folgenden beschriebene Dreiteilung der Funktionen didaktischer Medien im Lernprozess (Wissenspräsentation – Wissensvermittlung – Wissenswerkzeug) finden wir in ähnlicher Weise bereits in der Literatur zu klassischen Hilfsmitteln.

In der einfachsten Form werden Medien und digitale Technologien als Werkzeuge genutzt, wobei eine didaktische Aufbereitung des Werkzeuges selbst in der Regel nicht benötigt wird, da das Werkzeug meist selbsterklärend ist. Die Aufgabe der Lehrenden ist es aber, Lernaufgaben zu spezifizieren und die Lernorganisation zu arrangieren, dass die angestrebten Lehr- und Lernziele erreichbar werden.

Die Präsentation von Wissen kann mit einem unterschiedlichen Grad an didaktischer Aufbereitung erfolgen, von der bloßen Wiedergabe zur Organisation von Wissen. Die Beurteilungskriterien richten sich nicht nur mehr auf die Produktqualitäten des Mediums, sondern auf die Nutzung in einer didaktischen Kommunikationssituation.

Bei Medien zur Wissensvermittlung erfordert die didaktische Aufbereitung den höchsten Aufwand. Das Medium muss möglichst präzise an Lernprozesse angepasst werden beziehungsweise auf die Lösung genau eines didaktischen Problems ausgerichtet werden, um in der Auseinandersetzung mit dem Medium ganz bestimmte Erfahrungen und Einsichten zu ermöglichen und zu gewährleisten, dass tatsächlich ein Lernnutzen eintreten kann.

5. „Good Practice“ - Beispiele aus dem Unterricht²⁵

Die folgenden 13 Beispiele wurden aus der Fülle der im Analyseprojekt untersuchten Berichtsdokumente ausgewählt, um einen Eindruck darüber zu vermitteln, unter welchen Bedingungen und Möglichkeiten ein nachhaltiger Einsatz neuer Medien im Mathematik-, DG-, Informatik- und naturwissenschaftlichen Unterricht erwartet werden kann. Die Darstellungen in dieser zusammenfassenden Dokumentation zeigen, wie die betreffenden Projektlehrer/innen an die Planung und Konzeption ihrer Innovationen herangegangen sind und welche Rolle fachdidaktische und mediendidaktische Überlegungen gespielt haben. Für Detailinformationen wird auf die entsprechenden Berichtsdokumente, die über die Webseite des IMST Fonds verfügbar sind, verwiesen.

Die Lehrer/innen setzen sich bei ihren Innovationen neben einer deutlichen Fokussierung auf fachdidaktische Aspekte auch mit lerntheoretischen und mediendidaktischen Grundlagen auseinander. Die Projektideen werden unter Reflexion der Potenziale digitaler Medien und ihrer Funktionen im Lern- und Lehrprozess auf verschiedenen Ebenen umgesetzt: Im Vordergrund aller Planungen steht die (fach)-didaktische Analyse digitaler Medien und die Entwicklung eines didaktischen Designs für deren Einsatz. Es wird in einigen Fällen auch die Frage nach dem Mehrwert, der Akzeptanz und der Effizienz gestellt und bei allen Projekten wird der Versuch gemacht, den Lernerfolg zu messen. In den Berichtsdokumenten ist darüber hinaus gut erkennbar, wie die einzelnen Lehrer/innen mit erwarteten und überraschenden Ergebnissen und Erkenntnissen aus ihren Projekten umgehen und welche Konsequenzen sie für ihre weitere Professionalisierung ziehen und welche Rückwirkungen die Evaluation und Reflexion auf die Innovation haben. Ausgewählte Untersuchungsaspekte auf der Schüler/innenebene kommen in der Mehrzahl der Projekte ebenfalls zum Ausdruck: Konkret sind das Untersuchungsfragen zur Anregung von Lernprozessen, zum eigenverantwortlichen Lernen und zur Handlungsorientierung in multimedialen Lernumgebungen, zur Motivationssteigerung beim Lernen von fachlichen Inhalten und zum Erwerb von überfachlichen Kompetenzen.

Besonders förderliche Ausgangs- und Rahmenbedingungen für die Umsetzung und die nachhaltige Wirksamkeit der Innovationen scheinen neben einem besonderen Interesse der

²⁵ Die in eckigen Klammern angeführten Zahlen beziehen sich auf die Berichtsdokumente, die am Ende dieses Dokuments angefügt sind und die über die Webseite des IMST-Fonds zum Download zur Verfügung stehen.

beteiligten Lehrer/innen, digitale Medien lernwirksam und zielorientiert in den Fachunterricht zu integrieren, schulautonome Schwerpunktsetzungen und die Arbeit in größeren Lehrer/innenteams zu sein.

(a) Didaktische und methodische Konzepte für den Einsatz digitaler Medien im Mathematikunterricht der Unterstufe

Besonders förderliche Rahmenbedingungen für die folgenden drei hier dargestellten Projekte waren schulautonome Schwerpunktsetzungen an zwei Gymnasien in Niederösterreich (vgl. [3], [4] und [12]), die einen verpflichtenden Einsatz des Computers im Mathematikunterricht vorsehen. Bei allen drei Projekten steht das zielorientierte Lernen von Mathematik mit Hilfe digitaler Medien im Vordergrund.

Die Projekte [3] und [4] wurde von einem Lehrer/innenteam in zwei aufeinander folgenden Jahren entwickelt und durchgeführt. Im Verlauf der beiden durchgeführten IMST Projekte wurden nicht nur im Team neue Materialien (Lernpfade) für den Einsatz des Computers im Mathematikunterricht entwickelt und wertvolle Erfahrungen bei ihrem Einsatz im Unterricht gesammelt, sondern es wurde auch die Teamarbeit der Mathematiklehrer/innen am Schulstandort stark gefördert. Darüber hinaus hat das Projekt mathe net(t) im Sinne von nachhaltiger Wirksamkeit nicht nur den Mathematikunterricht an der Schule verändert; durch die Weitergabe der Erfahrungen an Lehrerinnen und Lehrer anderer Fächer konnten viele weitere Kolleginnen und Kollegen motiviert werden, auch einmal E-Learning auszuprobieren.

Bei der Konzeption und Entwicklung der Lernpfade spielten fachdidaktische und mediendidaktische Fragestellungen und Analysen eine bedeutende Rolle. Die Untersuchungsfragen machen sichtbar, dass im ersten Projekt neben der Fokussierung auf das zielorientierte fachliche Lernen Fragen der Umsetzung auf Unterrichts- und Schüler/innenebene in den Blick genommen wurden.

- (1) Wie müssen interaktive Materialien für die Unterstufe gestaltet werden?
- (2) Kann durch den Einsatz moderner Technologien das Verständnis verbessern und die Nachhaltigkeit des mathematischen Wissens / Könnens erhöht werden?
- (3) Wie wirkt sich der Einsatz moderner Technologien auf Motivation und Interesse der Schülerinnen und Schüler für Mathematik aus?
- (4) Sind die Unterrichtsformen auch zum differenzierten Unterrichten (Förderung schwacher Schüler, Begabtenförderung) geeignet?
- (5) Greifen Schülerinnen und Schüler eigenverantwortlich auf Unterrichtsmaterialien aus niedrigeren Schulstufen zurück, um bestehende Wissenslücken zu schließen?

Die beim Unterrichtseinsatz der Lernpfade im Zuge des selbstständigen Arbeitens der Schüler/innen auftretenden Probleme führten die Lehrer/innen auf das oberflächliche Lesen der Aufgabenstellungen und Anleitungen zurück und entwickelten schon während des Projektjahres rasch durchführbare Maßnahmen zur Gegensteuerung. Die Evaluierung der Projektergebnisse veranlasste das Lehrer/innenteam die Darbietung der Lernpfade kritisch zu überarbeiten und die einzelnen Aufgaben innerhalb der Lernpfade auf der Plattform nicht sequentiell, sondern in Form einer Mindmap anzubieten und diese Innovation in einem Fortsetzungsprojekt mit neuen und erweiterten Forschungsfragen durchzuführen.

Die Untersuchungen konzentrierten sich dabei auf die folgenden Fragen:

- (1) Welche Unterstützung kann eine Software bzw. Plattform dabei leisten, den Überblick über gelernte Inhalte, sowie die gedankliche Vernetzung verschiedener Stoffgebiete zu fördern?
- (3) Welche Möglichkeiten bietet die Lernplattform MOODLE für den Einsatz im Mathematikunterricht der 2. Klasse?

Im Projekt [12] wurden beispielhafte Lernmaterialien für den Mathematikunterricht einer 3. und 4. Klasse, die zum selbst gesteuerten Lernen herausfordern sollten, konzipiert, gestaltet, eingesetzt und evaluiert. Es wurde der Frage nachgegangen, ob und wie weit es damit gelingt, Lernende zu selbstständigem und reaktivem Lernen und Wissenserwerb anzuregen und welche Begleitmaßnahmen sich förderlich und unterstützend auf den Lernprozess auswirken. Um einem komplexeren Leistungsbegriff, der neue Formen der Leistungsbeurteilung notwendig macht, gerecht zu werden, wurde weitgehend mit Lerntagebüchern gearbeitet. Der Projektlehrerin geht es um die Frage, welche Bedeutung Werkzeuge für das Lehren und Lernen haben und wie die veränderten Arbeits- und Denkweisen für das Verstehen genutzt werden können. Sie ist dabei nicht nur am Ergebnis oder Produkt des Lernens, also z.B. begrifflichem mathematischen Wissen und Können,

sondern im Besonderen am Prozess dieser Entwicklungen, also den Lernprozessen der Schüler interessiert.

Im Rahmen der Untersuchungsfragen wird der Blick darauf gerichtet, wie das Arbeiten mit dynamischer Geometrie, mit Tabellenkalkulation, interaktiven Applets und dem Einsatz von Lernpfaden Verstehens- und Lernprozesse wirkungsvoll unterstützen kann. Im Bericht werden einige Lernmaterialien und Unterrichtssequenzen mit ihren didaktischen Hintergründen exemplarisch vorgestellt und auf Basis des wissenschaftlichen Forschungsstandes reflektiert. Gegenstand des empirischen Teils dieser Arbeit sind die Handlungs- und Lernprozesse und die Sichtweisen von Schülerinnen und Schülern einer 7. und einer 8. Schulstufe im Verlauf ihrer Arbeit mit interaktiven Lernumgebungen, die jeweils über das ganze Schuljahr beobachtet und erfasst wurden. Die Projektlehrerin wollte durch Rekonstruktion und Reorganisation eigener Erfahrungen sowohl Handlungssituationen neu verstehen, als auch durch systematisches und reflexives Durchlaufen einer Reflexion-Aktions-Spirale die unterrichtliche Praxis verändern und so zu einem veränderten Selbstverständnis des Lehrerinnenseins gelangen.

Die Forschungsfragen konzentrierten sich auf die folgenden Themenkomplexe:

- (1) Gelingt es, Lernende durch den Einsatz multimedialer Lernumgebungen zu selbstständigem und reaktivem Lernen und Wissenserwerb anzuregen?
- (2) Welche Formen der Unterstützung und Begleitung durch die Lehrperson muss bzw. soll dabei erfolgen?
- (3) Welche Formen der Kommunikation (eLearning-Plattformen) erweisen sich als geeignet, und wie können Schülerinnen und Schüler zum selbstständigen Umgang mit den neuen Kommunikationstechnologien befähigt werden?
- (4) Sind neue Formen der Leistungsbeurteilung notwendig bzw. welche Möglichkeiten erscheinen sinnvoll?
- (5) Gibt es auffallende Unterschiede zwischen Mädchen und Burschen im Zugang und Umgang mit den interaktiven Lernmodulen?

Die Bedeutung der schriftlichen Schularbeit tritt gegenüber dem Lerntagebuch in den Hintergrund; es geht darum wie ein Schüler/eine Schülerin an eine Problemlösung herangeht, welche Fragen er/sie sich stellt, in welcher Tiefe und mit welcher Genauigkeit er/sie seinen/ihren Lernweg in seinem/ihrem Lerntagebuch dokumentiert. Bei den Mädchen kann eine andere Herangehensweise an das Werkzeug Computer beobachtet werden; ihr Spieltrieb ist nicht so ausgeprägt; sie beschäftigen sich aber größtenteils intensiver und ausführlicher mit der Lösung von Aufgabenstellungen. Vor allem bei der Dokumentation ihrer Lernprozesse sind Mädchen wesentlich genauer und auch meist sehr viel ehrlicher. Sie sind viel eher an vollständigem Lernen interessiert und fragen nach, wenn sie etwas nicht können und etwas fehlt.

(b) Der Einsatz von MATHEMATICA im Mathematikunterricht der Oberstufe

Im Rahmen ihres Projektes [2] argumentieren die beiden Projektlehrer, dass eine Trennung in einen mathematischen Kernbereich und in informatisch-technische Hilfsmittel weder notwendig noch sinnvoll, und im konkreten Fall meist auch nicht möglich ist. Sie vertreten die Meinung, dass der Aufwand, sich in Mathematica einzuarbeiten, in jedem Fall gut investiert ist, da sich mit dem Computereinsatz die Art und Weise ändert, wie Mathematik betrieben wird. Im vorliegenden Projektbericht wird dargelegt und diskutiert, was diese Sichtweise für den Unterricht in der Schule bedeuten kann. Die nachhaltige Wirksamkeit wird durch die Fortsetzung im Projekt [1] durch einen der beiden Projektlehrer unterstrichen.

Ein zentraler Aspekt beim Computereinsatz im Mathematikunterricht sind für die beiden Lehrer die Fragen, welche Aufgaben an die Maschine übergeben werden können oder sollen und welche didaktischen Möglichkeiten sich dadurch ergeben. Die Sichtweise, dass der Computer einerseits reines Werkzeug im Unterricht sei, und dass andererseits operative Tätigkeiten sowohl mit der Hand als auch mit dem Rechner beherrscht werden müssen, legt dem Unterricht nach Einschätzung der Projektlehrer unnötige Zwänge auf. Im Rahmen der beiden Projekte, die unter Verwendung von Mathematica laufen, wird versucht verschiedene Möglichkeiten aufzuzeigen, wie man Tätigkeiten an den Computer auslagern und auch mit „Nichtwissen“ redlich umgehen kann. Diese Überlegungen basieren auf einer veränderten, sehr differenzierten Art und Weise, wie mit dem Computer (in diesem Fall mit Mathematica) Mathematik betrieben wird.

Die zentralen Fragen im ersten Projekt waren die Reflexion und Evaluation der eigentlichen unterrichtlichen Arbeit mit Mathematica; es wurden die Bereiche Einsatz mathematisch-informatischer Konzepte, modulare Arbeitstechniken sowie die Unterlagenorganisation durch die Schüler/innen untersucht. Vor dem Hintergrund des CAS-Einsatzes bietet sich nach Einschätzung der Projektlehrer die ausgezeichnete Gelegenheit, den Mathematikunterricht insgesamt kritisch zu reflektieren. Dabei

soll es nicht um eine vordergründige Werbeunternehmung für Computeralgebrasysteme gehen, da diesen eher die Rolle des Auslösers und Katalysators zukommt.

Ausgehend von der Feststellung, dass das Einarbeiten in die Sprache von Mathematica selbst auch schon ein Einarbeiten in grundlegende mathematisch-informatische Konzepte ist und dass die zu erwerbende Kompetenz weit mehr als bloß die Fähigkeit, eine bestimmte Rechenmaschine zu bedienen ist, werden folgende Ausgangsthesen aufgestellt:

- (1) Es ist nicht möglich, bei der Unterrichtsarbeit mit Mathematica (bzw. ähnlich konzipierter Software) die „eigentliche Mathematik“ von der „Arbeit an der Rechenmaschine“ scharf zu trennen.
- (2) Eine künstliche und im Einzelfall eher willkürlich vorgenommene Trennung der Bereiche ist didaktisch weder notwendig noch sinnvoll. Die beiden Bereiche stützen einander wechselseitig, was sich gerade bei langfristigen Lernzielen vorteilhaft auswirken sollte.
- (3) Inhaltlich gewinnen im Unterricht jene mathematischen Konzepte an Bedeutung, die auch in der Informatik eine entsprechende Rolle spielen. Entsprechende Schwerpunktverlagerungen - durchaus noch im Rahmen des gültigen Lehrplanes – werden als zukunftsweisender Aspekt der Arbeit gesehen.

Das Projekt wurde auch extern evaluiert. Der gesamte Fragenkatalog und ausführliche Stellungnahmen und auch kritische Reflexionen der beiden Projektlehrer sind im Bericht mit entsprechenden Bezügen zur fachdidaktischen Forschung sehr ausführlich dokumentiert.

Spezielle Aspekte zur Unterlagenorganisation und zum modularen Arbeiten wurden gegen Schluss des Schuljahres in der Anfängerklasse mittels Fragebogen untersucht. Aus den Ergebnissen lassen sich Hinweise dafür ableiten, dass die Arbeit mit Mathematica sehr individuell stattfindet und die Schülerinnen und Schüler ihren eigenen Arbeitsstil pflegen. Das Verwenden vorbereiteter Module (seien es selbst ausgearbeitete oder vom Lehrer zur Verfügung gestellte) ist eine von den Schülerinnen und Schülern als positiv eingeschätzte Veränderung gegenüber dem traditionellen Unterricht. Aus dem Bericht wird deutlich, dass auch nach Beendigung des Projekts an eine Weiterarbeit in diesem Themenfeld gedacht ist und dass die beiden Projektlehrer einen Beitrag zur Weiterentwicklung des Mathematikunterrichts leisten wollen.

Im Folgeprojekt setzt sich der Projektlehrer ausgehend von Überlegungen zur Rolle des Computers im Mathematikunterricht, d.h. der Frage, welchen Gewinn der Einsatz im Mathematikunterricht bringen kann, sehr differenziert mit den beiden Polen traditioneller Unterricht und Unterricht mit Computereinsatz auseinander und meint, dass gerade die Auslagerung von Problemen in Black Boxes geradezu einer der Wesenszüge der Mathematik ist.

Die Überlegungen zu den fachdidaktischen und mediendidaktischen Hintergründen zur Projektarbeit werden mit zahlreichen Literaturziten und eigenen Stellungnahmen gut nachvollziehbar dargelegt und mit eigenen Beispielen veranschaulicht. Es wird auch theoriegeleitet begründet, warum die spezifische Software Mathematica verwendet wird.

Es sollen zwei zentrale Projektziele erreicht werden: (a) Weiterentwicklung der Kompetenzen im modularen Arbeiten, d.h. Schüler/innen sollen einen differenzierteren und individuellen Umgang mit mathematischen Ausarbeitungen erlernen und (b) Aneignung eines verständigen Umgangs mit allfälligen Black Boxes mit Fokussierung auf bestimmte Bereiche. Bildungstheoretisch und didaktisch bilden die Publikationen und Ideen von Roland Fischer²⁶ für den Projektlehrer die theoretische Grundlage und den Ausgangspunkt für den Wunsch nach weiterer Professionalisierung.

Es wird angestrebt, die folgenden fünf Untersuchungsfragen allgemein und nicht an spezielle Inhalte gebunden, zu bearbeiten.

- (1) Welche spezifischen modularen Arbeitsweisen werden von den Schülern bei ihrer Arbeit mit Mathematica häufig angewandt, welche eher selten?
- (2) Welcher Entwicklung unterliegen diese Arbeitsweisen im Lauf eines Schuljahres?
- (3) Wird im Lauf der Zeit differenzierter mit den vorhandenen Möglichkeiten umgegangen? Gibt es eine Korrelation zur Schulnote?
- (4) Wie kann man an konkreten Beispielen einen „emanzipierten Umgang mit Nichtwissen“ herausarbeiten?
- (5) Gehen die Schüler anders mit bestimmten Prozeduren und Inhalten um, wenn sie als Black Box materialisiert sind?

Als begleitende Maßnahme werden Erhebung von Einschätzungen und zu einem Resümee der Schüler/innen zu affektiven und motivatorischen Aspekten (zur eigenen Zufriedenheit im Unterricht, zur Beurteilung des eigenen Fortschritts im Umgang mit Mathematik, zur Arbeit mit dem Computer im Allgemeinen, zum persönlichen mathematischen Verständnis im Besonderen) angeführt. Die Evaluation des Projektes erfolgt sehr sorgfältig; das gesamte Unterrichtsgeschehen ist Quelle für Beobachtungen. Genaue Analysen der Arbeitskripten und Aufgabebearbeitungen zeigen die

²⁶ FISCHER, R. (2006): Materialisierung und Organisation. Zur kulturellen Bedeutung der Mathematik. München/Wien: Profil.

individuellen Arbeitsstile der Schüler/innen und werden im Bericht anhand ausgewählter Beispiele ausführlich dokumentiert.

(c) Neue Dimensionen im Geometrieunterricht

In den Projekten [5] und [6] stellt ein Projektlehrer aus einer AHS in der Steiermark eine Neuorientierung des Unterrichtsgegenstandes Darstellende Geometrie hin zu einem „*Multimedialen Präsentationsfeld mit konstruktivem, objektorientiertem und fächerübergreifendem Schwerpunkt*“ im Spannungsfeld von Tradition und innovativer, computerunterstützter Zukunft vor. Neben einem Katalog von unverzichtbaren „klassischen“ Bildungszielen werden neue Zugänge aus inhaltlicher, didaktischer und organisatorischer Sicht dargelegt. Die neuen Dimensionen *Kreativität* (Individualisierung), *Ganzheitlichkeit* (fächerübergreifendes Prinzip) und *Bewegung* (Animationen) bilden die Kernpunkte des Unterrichtsmodells zum geometrischen Denken in einem neuen Kontext. Die aufgezeigten Ergebnisse von Schüler- und Lehrerbefragungen spiegeln eine mögliche Neupositionierung des Gegenstandes im Fächerkanon der allgemein bildenden Schule wider.

In Überschreitung der klassischen Rolle der Darstellenden Geometrie als allgemein bildendes Fach mit Erziehungszielen wie Aufmerksamkeit, Arbeitshaltung, dauerhaftem Mitlernen, lang andauernder Konzentration, Konsequenz, Zeitmanagement, Sauberkeit und Ordnung, Schulung von Fertigkeiten, wie Handskizzen, Konstruktionen mit Zirkel und Lineal, Erstellung von ansprechenden Bildern und Modellen sowie Training von Raumvorstellung, Risslesen, Abstraktionsvermögen und Lösungskompetenz sollten neu definierte Ziele Richtung weisend werden. Der Schwerpunkt sollte auf das konstruktiv-schöpferische Entwerfen (Design/Kreativität), auf die Verbindung von Bild und Sprache (Objekt-, Konstruktions- und Fertigungsbeschreibungen), auf die Verbindung von Bild und Bewegung (Animationen), auf die eigenständige Produktverantwortung (Präsentationen samt textlicher Beschreibung), auf die Förderung von Erkenntnisgewinn (Lernen durch eigenständige Beschäftigung), auf die Schaffung von Erinnerungen durch emotionale Beteiligung und auf die Einbeziehung von Problematiken aus der Welt des Lernenden gelegt werden.

Aufbauend auf dieser didaktischen Analyse werden spezifische Leitsprüche und neue inhaltliche Unterrichtsschwerpunkte für die 7. und 8. Klasse im Detail definiert; diese können im Bericht nachgelesen werden. Für Fachkollegen/innen bietet der Bericht eine reiche Fülle an innovativen Aufgabenstellungen mit methodisch-didaktischen Anleitungen zu den drei neu definierten Dimensionen *Kreativität* (Individualisierung), *Ganzheitlichkeit* (fächerübergreifendes Prinzip) und *Bewegung* (Animationen) des Unterrichtsmodells zum geometrischen Denken aber auch für fächerübergreifende Themen.

Im Fortsetzungsprojekt setzt sich der Projektlehrer mit der durch die Neuorientierung des Unterrichtsgegenstandes DG notwendig gewordenen Entwicklung eines Katalogs von den durch den Unterricht zu erreichenden Bildungszielen, Fertigkeiten, Kenntnissen und daraus resultierenden neuen Typen an Fragestellungen, Beispielen, schriftlichen und mündlichen Prüfungsaufgaben sowie einem neuen Prüfungsprozedere bei Schularbeiten und Matura auseinander. Basierend auf dem Lehrplan und der Leistungsbeurteilungsverordnung wird ein neues Beurteilungskonzept auf Basis des im vergangenen Schuljahr entwickelten Unterrichtsmodells erstellt, das im Bericht ausführlich beschrieben und mit zahlreichen Beispielen bereichert ist.

(d) Modul Informatik-Mathematik

Ein innovatives Lehrer/innenteam und eine schulautonome Schwerpunktsetzung bilden die Ausgangs- und Rahmenbedingungen für die Entwicklung eines Modul Informatik-Mathematik [11] im Rahmen der schulautonomen Oberstufe des RG-Neu an einem Gymnasium in Kärnten. Es handelt sich um ein Entwicklungsprojekt, wo in einer ersten Phase ein Konzept erstellt und auch schon begleitend evaluiert werden sollte.

Ziel dieses neuen Faches ist es, Schülerinnen und Schülern verschiedene mathematische Software (Tabellenkalkulation, CAS, DGS) und deren Einsatzmöglichkeiten sowie Stärken näher zu bringen. Dabei wurden neben der Ausarbeitung von Unterrichtsmaterial für das neue Fach auch einige Überlegungen auf Basis fachdidaktischer Ausrichtungen im Bereich der Schul- und Unterrichtsentwicklung angestellt, die auch auf andere Fächer der Oberstufe einwirken sollen.

Das neue Informatikmodul Informatik-Mathematik sollte in der Oberstufe gut eingeführt werden. Den Schülerinnen und Schülern sollten diesbezügliche Werkzeugkompetenzen im Bereich der mathematischen Software vermittelt werden sowie an exemplarischen Beispielen die Vorteile, Einsatzmöglichkeiten und didaktischen Potenziale der Software aufgezeigt werden. Im Projektjahr sollten auch gut geeignete Unterrichts-, Lern- und Übungsunterlagen für das neue Unterrichtsfach vom unterrichtenden Lehrerteam erstellt werden. Durch Fortbildungen soll allen

Mathematikkolleginnen und -kollegen die Möglichkeit geboten werden, mathematische Software kennen zu lernen. Dabei ist weniger an reine Softwareschulungen gedacht als vielmehr an fachdidaktische Überlegungen zum Technologieeinsatz im Mathematikunterricht.

Im Anhang sind einige Beispiele sehr gut nachvollziehbar beschrieben, die für Kollegen/innen gut verwendbar sind. Wie weit diese Aufgaben bereits evaluiert wurden, geht aus dem Bericht nicht hervor. Im Bericht wird aber deutlich, dass das Projekt für die Unterrichts- und Schulentwicklung möglicherweise sehr bedeutsam ist.

(e) Informatikunterricht mit eLearning

Der Bericht [10] beschreibt einerseits Überlegungen zum Erstellen von eLearning-Sequenzen für den Informatikunterricht der 10- bis 12-Jährigen und andererseits einen Versuch, in dem die Effizienz, Akzeptanz und Nachhaltigkeit von E-Learning im Vergleich zu konventionellem Unterricht (im Sinne von Erarbeiten der Inhalte im Klassenverband) für diese Altersgruppe untersucht werden sollte. Der großen Akzeptanz von E-Learning steht eine unerwartet geringe Effizienz gegenüber, die Schüler/innen der eLearning-Gruppe hatten sich um ein Drittel weniger gemerkt als die der Kontrollgruppe.

Es handelte sich bei der Frage nach der Effizienz und Nachhaltigkeit von eLearning nicht um eine rein akademische Fragestellung, sondern um eine konkrete Entscheidungshilfe für die in den Klassen der 10- bis 12-jährigen zu verwendenden Methoden im Informatikunterricht. Ein weiteres Ziel des Projekts wurde in der Steigerung der didaktischen Qualität der geplanten und zum Teil schon begonnenen eLearning-Sequenzen gesehen. Die beteiligten Lehrer/innen wollten sich auf dem Gebiet der Erstellung von elektronischen Lernsequenzen unter Beiziehung eines Fachdidaktikers weiter entwickeln. Bei der Konzeption der eLearning-Einheiten wurden vor allem pädagogisch-psychologische, aber auch fachdidaktische Aspekte beachtet.

Um die Effizienz von E-Learning-Sequenzen zu messen, wurde einerseits erhoben, inwieweit die Schüler/innen nach der Versuchseinheit in der Lage waren, auf Detailfragen aus dem behandelten Wissensgebiet zu antworten, andererseits wurden Informationen darüber gesammelt, inwieweit die Schüler/innen die behandelten Konzepte beziehungsweise Begriffe erklären konnten.

Von den drei untersuchten Bereichen Effizienz, Akzeptanz und Nachhaltigkeit von eLearning im Vergleich zum konventionellen Unterricht waren die Ergebnisse für den Bereich der Effizienz für die Lehrerinnen völlig überraschend: Schüler/innen, die sich Inhalte mit Hilfe von eLearning erarbeitet hatten, haben sich deutlich weniger gemerkt als die Kontrollgruppe mit konventionellem Unterricht. Einen möglichen Grund sehen die Projektlehrerinnen darin, dass für das selbst bestimmte 'Konsumieren' von am PC dargebotenen Inhalten weniger Konzentration aufgewendet wird als für das Erarbeiten im Klassenverband, bei dem die Dauer der Beschäftigung mit einem Thema nicht vom einzelnen bestimmt wird. Entgegen den Erwartungen führt die Möglichkeit, das Lerntempo selbst zu bestimmen und einzelne Bereiche individuell mehrmals durcharbeiten zu können, in dieser Altersgruppe nicht zu besseren Merk-Leistungen. Interessant dabei ist, dass keine/r der Schüler/innen der eLearning-Gruppe die zur Verfügung stehende Zeit voll ausnutzte, dass die Testpersonen aber nach eigenen Angaben durchwegs der Meinung waren, die Inhalte verstanden zu haben. Viele gaben sogar an, die Inhalte besser verstanden zu haben als wären sie in einer herkömmlichen Stunde behandelt worden.

Die Projektlehrer/innen halten auch fest, dass das Durcharbeiten der eLearning-Einheiten von den Schülern/innen in Einzelarbeit absolviert werden musste, und dass bei anderen didaktischen Settings vielleicht auch andere (beziehungsweise bessere) Ergebnisse erwartet werden könnten.

(f) Mathematik und Physik koordiniert unterrichten

Die Qualität des Unterrichts in Mathematik und Physik soll durch eine Koordination der Inhalte und Aufgaben an geeigneten Themen verbessert werden. Dazu führen ein Physiklehrer und eine Mathematiklehrerin aus einem Grazer Gymnasium in drei aufeinander folgenden Jahren jeweils ein Projekt durch ([7], [8] und [9]). Konzeption und Durchführung der drei Projekte sind fachdidaktisch fundiert und am Grundbildungskonzept ausgerichtet. Digitale Medien werden zielorientiert und didaktisch begründet eingesetzt.

Ausgangspunkt der Überlegungen im ersten Projektjahr waren die neuen Lehrpläne, die nach Einschätzung der Autoren eine bessere Abstimmung der Inhalte beider Fächer ermöglichen. Unterschiede und Gemeinsamkeiten sollten verstanden und auch den Schülern/innen bewusst gemacht werden. Ein besonderer Fokus wird auf die Aufgabenstellungen gelegt. Es wird versucht, diese vor dem Hintergrund des Grundbildungskonzepts zu bewerten und zu verbessern. Es wurden fächerkoordinierende Sequenzen entwickelt, durchgeführt und evaluiert und grundbildungsrelevante

Aufgaben gefunden. Probleme der wechselseitigen Anwendung von Methoden und Aufgaben wurden untersucht. Es wird Fachliteratur verwendet und es werden zahlreiche theoretische Bezüge hergestellt und eigene Interpretationen dargelegt. So werden zum Beispiel sinnstiftende Kontexte und unter Beachtung des Sinn- und Werkzeugsaspekts auch spezifische Möglichkeiten der gegenseitigen Ergänzung der beiden Fächer beim Problemlösen thematisiert. Die Aussagen erfolgen theoretisch fundiert und mit gut nachvollziehbaren Zitaten aus der fachdidaktischen Literatur.

So meinen die Autoren zum Beispiel ausgehend von einem Zitat von Ernst Mach, dass man zumindest in der Schule Physik ohne Mathematik betreiben kann. Wenn man aber Mathematik einsetzt, soll man dies bewusst und durchdacht machen, da zum Verständnis physikalischer Vorgänge verfrühte Mathematisierung auch hinderlich sein kann. Bezug nehmend auf die Feststellung, dass die Physik die Mathematik nicht braucht stellen sich die Autoren die Fragen, ob die Mathematik Physik braucht und was eine stärkere Koordinierung der beiden Fächer für die Schüler/innen bringen kann, d.h. was die Mathematik in der (Schul-)Physik leisten kann und was ist der Sinn von Formeln, Rechnungen und Ableitungen ist beziehungsweise, was umgekehrt die Physik für die (Schul-)Mathematik bringt.

Das erste Folgeprojekt hatte zum Ziel, übergreifende Einstellungen und Kompetenzen der Schüler/innen durch permanente Koordination von Mathematik und Physik zu verbessern. Beispielhafte Unterrichtssequenzen zeigen Möglichkeiten der Lehrpläne zu abgestimmtem Vorgehen, in der 6. Klasse etwa zu den Themen Größenordnungen, Potenz-, Winkel- und Exponentialfunktionen, Logarithmen oder Statistik. Neben der Wirksamkeit dieser Vorhaben wurde die fachspezifische Interessenslage einer 6. Klasse erhoben und daran anknüpfend das mathematisch-naturwissenschaftliche Problemlöseverhalten untersucht.

Es wird von der Meinung ausgegangen, dass die beiden verwandten Fächer Mathematik und Physik sich „auseinander gelebt“ haben, wobei der Mathematikunterricht axiomatisch und mengentheoretisch fundiert wurde und der Physikunterricht sich Experimenten und Anwendungen zuwandte. Bezug nehmend auf vorangegangene IMST Projekte wird ausgeführt, dass die Kluft in den Köpfen der Schüler/innen groß ist und eine Integration des Gelernten normalerweise nicht erfolgt, dass aber gerade im Sinne des Grundbildungskonzepts eine solche Integration dringend anzustreben wäre. Die Erkenntnisse und Erfolg versprechenden Erfahrungen aus dem Vorgängerprojekt veranlassten die Projektlehrer/innen, die Idee weiterzuführen.

Neue Aspekte, wie ein fächerübergreifendes Projekt der Schüler/innen, eine Erhebung über Interessen an den Fächern bzw. über spezifische Zugänge zu Aufgaben und ein Problemlösetraining sollten neu hinzukommen beziehungsweise modifiziert werden. Die Projektziele waren einerseits auf eine vertiefte Einsicht in die Zusammenhänge zwischen beiden Fächern beziehungsweise Wissenschaften und ihren Beiträgen zum Welt- und Alltagsverständnis und andererseits auf die Verbesserung der Kompetenzen für Erkennen, Strukturieren und Lösen mathematisch-naturwissenschaftlicher Problemstellungen gerichtet.

Die Planung erfolgte unter reflektierter Beachtung der Lehrplanziele und des Grundbildungskonzepts; die Überlegungen dazu sowie die Unterrichtsorganisation mit Beispielen zu den koordinierten Unterrichtssequenzen sind im Bericht ausführlich und gut nachvollziehbar dargelegt. Die Evaluation erfolgt in Hinblick auf die Untersuchungsziele mit differenzierten Methoden; es werden auch Schüler/Inneninterviews eingesetzt.

Die Schüler/innen stehen der Koordination nicht nur grundsätzlich positiv gegenüber, sie wünschen sich sogar deutlichere Akzentuierungen in dieser Richtung, da ihnen die gegenseitige Sinngabe beider Fächer bewusster geworden ist. Aspekte und Konzepte der Mathematik werden durch den Kontextwechsel in die Physik besser verstanden und umgekehrt.

Anknüpfend an die Projekte in den Vorjahren wird in [9] versucht, den Unterricht aus Mathematik und Physik in der 7. Klasse punktuell zu koordinieren. Inhaltliche Verknüpfungen wurden bei Komplexen Zahlen – Wechselstromkreisen, Differentialrechnung – Elektromagnetismus und Stochastik – Quantenphysik hergestellt. Die höheren inhaltlichen Anforderungen beider Gegenstände führten zu anspruchsvollen koordinierten Aufgabenstellungen, die eher auf leistungsstarke Schülerinnen und Schüler zugeschnitten waren. Dies führte uns zu einer Rückbesinnung auf das Grundbildungskonzept: In Hinkunft wollen die Projektlehrer/innen wieder stärker an fachübergreifenden Kompetenzen arbeiten.

Die Umsetzung war ähnlich wie bei den Vorgängerprojekten und erfolgte in drei Schritten: (1) Lehrplanvergleich, (2) Koordinierte Jahresplanung – Festlegen möglicher paralleler Sequenzen und (3) Planung, Durchführung, Evaluation solcher Sequenzen.

Den umfangreichsten und zeitintensivsten Teil des Projekts bildete ein Lernzirkel. Die Schülerinnen und Schüler erarbeiteten in Stationen experimentell und theoretisch Eigenschaften und Gesetze von

Spulen und Kondensatoren, wobei mathematische Konzepte der Differentialrechnung angewendet wurden. Angegebene Webseiten und Lehrbücher konnten benützt werden. Da diese Sequenz den aufwändigsten Teil der Fächerkoordination darstellte, beschränkte sich die Evaluation auf diese Sequenz. Die Ergebnisse der Befragung bestätigten die Beobachtungen der Projektlehrer/innen: Für leistungsstarke interessierte Schülerinnen und Schüler war der Stationenbetrieb eine positive Herausforderung, sie äußerten sich auch positiv über die Methode des Zugangs.

Die Projektlehrer/innen beschreiben, dass sie mit ihrem Konzept der inhaltlichen Koordination an Grenzen gestoßen sind. Die inhaltlichen Anforderungen waren von beiden Fächern her hoch, womit hauptsächlich leistungsstarke Schülerinnen und Schüler angesprochen werden konnten; da ändert auch die Methodik nicht viel. In Reaktion auf diese Erkenntnisse soll eine Rückbesinnung auf die allgemeineren, insbesondere auf die fachübergreifenden Kompetenzen, und damit auf das Grundbildungskonzept erfolgen.

(g) Welchen Beitrag kann Multimedia zum Abbau von Lernschwierigkeiten leisten?

Beim Projekt [13] steht eine fachdidaktische Fragestellung den Ausgangspunkt für die Entwicklung von Lernmodulen mit digitalen Medien dar. Ausgehend von wissenschaftlichen Untersuchungen zu Vorstellungen und Lernschwierigkeiten in der Elektrizitätslehre wurden multimediale Lernmaterialien ausgewählt, teilweise nach dem Konzept des Karlsruher Physikkurses selbst entwickelt und für den Unterrichtseinsatz auf der elektronischen Lernplattform Moodle implementiert. In einem quasi-experimentellem Design wurden der Einsatz digitaler Medien mit Hilfe eines Pre- und Posttests in einer Experimental- und einer Kontrollgruppe untersucht. Der Einsatz der neuen Medien scheint sich positiv auf die Lern- und Verstehensprozesse der Schüler/innen auszuwirken. Schüler/innen der Versuchsgruppe können deutlich besser mit „was-wäre-wenn“-Szenarios umgehen als Schüler/innen der Vergleichsgruppe. Schüler/innen der Versuchsgruppe können im Allgemeinen ihre Stromverbrauchsvorstellungen deutlich abbauen, einen physikalischen Spannungsbegriff entwickeln und den Systemcharakter des elektrischen Stromkreises verstehen lernen. Für lernschwache und wenig lernwillige Schüler/innen scheint die Verwendung von neuen Medien keine überragenden Lerneffekte auslösen zu können.

Im vorliegenden Projekt lag der Fokus eher auf den weniger interessierten und lernschwachen Schülern/innen und den Auswirkungen des Computereinsatzes beim Lernen von Physik im Kontext Lern- und Verstehensschwierigkeiten im Bereich Elektrizitätslehre. Die Versuchsklasse bestand aus 18 Schülern und drei Schülerinnen. Schüler/innen aus drei weiteren Klassen, in denen eine Kollegin unterrichtete und wo im Unterricht keine neuen Medien eingesetzt wurden, konnten als Kontrollgruppe herangezogen werden. Exemplarisch wurden Beispiele aus dem Karlsruher Physikkurs multimedial aufbereitet und als strukturiertes, didaktisch-methodisch reflektiertes Angebot für den Unterrichtseinsatz implementiert und einem Testlauf unterzogen.

Es sollte auch untersucht werden, wie weit und wie es unter anderem mit Hilfe des virtuellen Labors „Crocodile Physics“ gelingt Schüler/innen dazu anzuregen, selbst entdeckend zu lernen, d.h. sich selbst Fragen zu stellen, Vermutungen aufzustellen und diese dann durch Interpretation der Beobachtungen im virtuellen Experiment zu überprüfen und ob damit Lernschwierigkeiten abgebaut werden können. Aus der Sicht der Lehrer/innenperspektive interessierte, ob es einen Mehrwert der eingesetzten interaktiven Lernmedien gibt und worin dieser liegt.

Obwohl wohl durchdachte abgestufte Lernhilfen für die lernschwächeren Schüler/innen angeboten wurden, kann keine zuverlässige Aussage zu den motivationalen Effekten und Lerneffekten für die weniger interessierten Lerner/innen gemacht werden. Diese haben sich nämlich meist nur sehr oberflächlich mit den Lernmaterialien beschäftigt und auch durch lückenhafte Dokumentationen darüber hinaus die Datensammlung erschwert. Ebenso deutet die vergleichende Analyse von Einstiegs- und Endtest darauf hin, dass der Lernzuwachs und der Abbau von Lernschwierigkeiten vor allem durch die Lerner/innenvariablen bestimmt werden.

Es scheint also so zu sein, dass die Anregung zu selbst entdeckendem Lernen durch die Arbeit mit neuen Medien vor allem vom Lernstand und der Lernbereitschaft der Lernenden abhängig ist. Sehr viele Schüler/innen haben die Lerngelegenheiten gut genutzt und so konnte die „Stromverbrauchsvorstellung“ mit großer Wahrscheinlichkeit bei einem Großteil der Lerngruppe abgebaut werden. Die Schüler/innen haben in vielen verschiedenen Stromkreisen veranschaulicht bekommen, dass z.B. „vor und hinter einer Glühlampe“ die Menge der Elektrizität dieselbe ist. Weiter haben sie selbst in vielen Beispielen erfahren, dass eine Änderung an einer Stelle eines Stromkreises Konsequenzen auf andere Teile des Stromkreises hat. Etwa drei Viertel der Schüler/innen kann am Ende des Schuljahres die Begriffe Strom und Spannung sowie Potenzial sicher auseinander halten.

6. Erfahrungen und Einschätzungen von Lehrern/innen

Persönliche Professionalisierung und nachhaltige Wirksamkeit

Die Qualitätsentwicklung des Unterrichts ist ein zentrales Ziel des IMST-Fonds. Die Professionalisierung der Lehrer/innen und die nachhaltige Wirksamkeit der Innovationen können dabei als Indikatoren für eine Qualitätsentwicklung angesehen werden.

Lehrerinnen und Lehrer erleben in ihrer Projektarbeit eine Veränderung der Lehrer/innenrolle von der Wissensvermittlung zum Begleiten von zielorientiertem Lernen. Sie entwickeln ein stärkeres Bewusstsein in Richtung Schüler/innenorientierung und berichten, dass sie sich mehr mit Individualisierung, Förderung von Selbsttätigkeit und Selbstverantwortung der Schüler/innen beschäftigt haben (vgl. Reusser²⁷). Der teilweise höhere Zeitaufwand bringt aber neben möglicher Entlastung und Zeitgewinn vor allem einen eigenen, von den Lehrern/innen deutlich wahrgenommenen Kompetenzzuwachs. Sie richten in ihren Reflexionen den Blick auf die veränderten Interaktionsprozesse mit den Lernenden beziehungsweise sehen sich mit veränderten Formen der Leistungsbeurteilung konfrontiert.

Die persönliche Weiterentwicklung und den Kompetenzzuwachs beim Professionswissen sieht die Mehrzahl der Lehrer/innen als größten persönlichen Nutzen aus der Beschäftigung mit dem Einsatz neuer Medien im Unterricht an. Die im Rahmen des Projektes vorhandenen Vernetzungsmöglichkeiten und der Austausch von Ideen und Materialien werden als besonders Gewinn bringend beschrieben. Als positiver Nebeneffekt wird in einigen Fällen die gesteigerte Freude am Unterricht und/oder die höhere Motivation genannt.

Ob die im Projekt erlangten Kompetenzen zu einem längerfristigen neuen Verhalten im Unterricht und in der Schule auch nach dessen Beendigung führen beziehungsweise ob sich Folgeprojekte entwickeln und auf welcher Ebene Nachhaltigkeit angestrebt und umgesetzt wird, hängt stark von den Rahmenbedingungen ab. Als Ergebnis der Datenanalyse zeigt sich, dass bei Projekten, die im Team (mehr als 3 Kollegen/innen) durchgeführt wurden, die Nachhaltigkeit auf der Ebene der Schule größer ist. Eine genaue Textanalyse mit diesem Fokus ergab, dass Lehrer/innen, die ihr Projekt alleine oder zu zweit durchgeführt haben, die Frage nach der Nachhaltigkeit eher auf sich selbst und ihre persönliche fachliche und methodisch-didaktische Kompetenzentwicklung beziehen, während Lehrer/innen, die in größeren Teams gearbeitet haben, viel mehr die Kompetenzentwicklung der Schüler/innen sowie Auswirkungen auf die Schulentwicklung zum Ausdruck bringen. Insgesamt berichten Lehrer/innen, dass sie heute ihre Unterrichtsarbeit viel stärker mit einer fach- und mediendidaktischen Brille betrachten und dass sie sich im Hinblick auf den lernwirksamen Unterrichtseinsatz neuer Medien noch weiter professionalisieren möchten.

Wie wird der pädagogische Mehrwert digitaler Medien eingeschätzt?

„Die den digitalen Medien zugeschriebenen Potentiale haben eine hohe Affinität zu Schlüsselbegriffen wie Lernerautonomie, Individualität, selbständiges, problemorientiertes, exploratives Lernen und sie bieten die Chance, Vorstellungen von einem anderen Lernen und Unterricht zu verwirklichen und die Entwicklung von Schule und Unterricht im Sinne von Zukunftsfähigkeit voranzutreiben.“ (Engel, Homberg und Klein²⁸)

Den pädagogischen Mehrwert digitaler Medien sehen die Projektlehrer/innen vor allem auf der Schüler/innenebene: Schüler/innen können durch den Einsatz neuer Medien besser und leichter motiviert und aktiviert werden, der Unterricht scheint für sie interessanter zu sein, der Lehrer/die Lehrerin kann individueller auf die Bedürfnisse der Schüler/innen eingehen und

²⁷ Reusser, K. (2003). "E-Learning" als Katalysator und Werkzeug didaktischer Innovation. Beiträge zur Lehrerbildung, 21 (2), 2003.

²⁸ Engel, G.; Homberg, G.; Klein, M. (2008): Lernen – Digitale Medien. Unterstützung neuer Wege des Lernens und Lehrens

Begabungen und Eigenständigkeit fördern. Schülerorientierung und kooperatives Arbeiten können ebenso verwirklicht werden.

Eher selten aber sehr differenziert werden Auswirkungen und Einflüsse auf inhaltliche beziehungsweise methodisch-didaktische Veränderungen durch den Medieneinsatz im Unterricht genannt, wie die folgenden vier Zitate aus der Lehrer/innenbefragung dokumentieren.

„Ich unterscheide hier einerseits zwischen dem Einsatz des Computers im MU als didaktisch-pädagogischem Hilfsmittel (Visualisierung, Präsentation, Animation, numerisches Hilfsmittel, etc.), mit dem man innerhalb des bestehenden Unterrichtes bestimmte Ziele möglicherweise besser erreicht, und andererseits einfach Mathematik am Computer betreiben.“ (R8, 9).

„Die digitalen Medien interessieren mich schon lange. Ich gehe dabei aber weniger von diesen Medien selbst aus, (z.B.: Was kann man mit Applets Sinnvolles machen?). Für mich sind sie immer ein Instrument unter vielen, erst der Zusammenklang bringt den Erfolg. Ich komme also eher von der Seite der Inhalte und Ziele und versuche dann alles Verfügbare optimal zusammenzubauen.“ (R6, 34).

„Ich habe während der letzten Jahre versucht, die neuen Werkzeuge in bewährte Unterrichtsstrukturen einzugliedern und sehr bald festgestellt, dass die Lernenden durch die neuen Technologien verstärkt vom Ausführen algorithmischer Tätigkeiten entlastet werden und damit heuristische und experimentelle Arbeitsweisen an Bedeutung gewinnen. Es wird aber auch notwendig, die eigene Lehrerrolle neu zu überdenken und die Lernenden zum Experimentieren, Explorieren, Kommunizieren und Kooperieren durch entsprechend didaktisierte Lernmaterialien, die zusammen mit den Werkzeugen so genannte Lernumgebungen darstellen, herauszufordern, aber nicht zu über- oder unterfordern.“(R4, 10).

„Ich setze die neuen Medien dann ein, wenn sie eine sinnvolle Ergänzung zu den anderen Medien bringen. Daher ist ein Mehrwert einmal insofern gegeben, da für die Schüler/innen verschiedene Repräsentationen von Inhalten erfahrbar sind, insbesondere durch Animationen und Simulationen. Zum zweiten kann die Erfassung und Bearbeitung von Messdaten am PC eine weitere Arbeitsmethode der Naturwissenschaften demonstrieren und verstehbar machen. Zum dritten setze ich das WWW als aktuelles Informationsmedium ein.“ (R6, 8)

Zitierte Berichtsdokumente²⁹

- [1] MODULARES ARBEITEN UND BLACK BOXES IM RAHMEN DES MATHEMATIKUNTERRICHTS
S1 / 2007 / Mag. Markus Binder, BG/BRG Waidhofen an der Thaya
- [2] DER EINSATZ VON *MATHEMATICA* IM MATHEMATIKUNTERRICHT DER AHS-OBERSTUFE
S1 / 2006 / Mag. Martin Dangl, Mag. Markus Binder, BG/BRG Waidhofen an der Thaya
- [3] ENDBERICHT ZUM MNI - S1 - PROJEKT MATHE NET(T)
S1 / 2005/ Dr. Anita Dorfmayr, BG/BRG Tulln
- [4] ENDBERICHT ZUM MNI-S1-PROJEKT MATHE NET(T) - BG/BRG TULLN
S1 / 2006 / Dr. Anita Dorfmayr, BG/BRG Tulln
- [5] NEUE DIMENSIONEN IM GEOMETRIEUNTERRICHT TEIL 1
S1 / 2005 / Mag. Manfred Erjauz, Mag. Thomas Prattes, BG/BRG Leibnitz
- [6] NEUE DIMENSIONEN IM GEOMETRIEUNTERRICHT TEIL 2
S1 / 2006 / Mag. Manfred Erjauz, BG/BRG Leibnitz
- [7] MPH5 MATHEMATIK-PHYSIK IN DER 5. KLASSE RG KOORDINIERT UNTERRICHTEN
S2 / 2005 / Dr. Gerhard Rath, Mag. Waltraud Knechtl, BG Kepler, Graz
- [8] MPH6 MATHEMATIK-PHYSIK IN DER 6. KLASSE RG KOORDINIERT UNTERRICHTEN
S2 / 2006 / Dr. Gerhard Rath, Mag. Waltraud Knechtl/ BRG Kepler, Graz
- [9] MPH7 MATHEMATIK-PHYSIK IN DER 7. KLASSE RG KOORDINIERT UNTERRICHTEN
S2 / 2007 /Dr. Gerhard Rath, Mag. Waltraud Knechtl / BRG Kepler, Graz
- [10] INFORMATIKUNTERRICHT MIT E-LEARNING - 1.+2. KLASSE AHS
S1 / 2005 / Mag. Marianne Rohrer / Mag. Sibylle Oechsle, BG/BRG St. Martin
- [11] INFORMATIK-MATHEMATIK IM RAHMEN DER SCHULAUTONOMEN OBERSTUFE
S1 / 2007 / Mag. René SCHERIAU, Mag. Susanne PÖTZI / BG|BRG Villach St. Martin
- [12] INTERAKTIVE ELEKTRONISCHE MEDIEN BEIM LEHREN UND LERNEN VON MATHEMATIK
S1 / 2005/ Dr. Hildegard Urban-Woldron, Gymnasium Sacre Coeur Pressbaum
- [13] WELCHEN BEITRAG KANN MULTIMEDIA ZUM ABBAU VON LERNSCHWIERIGKEITEN LEISTEN?
S1 / 2006 / Dr. Hildegard Urban-Woldron, Gymnasium Sacre Coeur Pressbaum

²⁹ Die Berichte sind über die Webseite <http://imst.uni-klu.ac.at> verfügbar.