

DIETER MÜLLER, WILLI BRUNS: ARBEITSPROZESSORIENTIERTES LERNEN IN *MIXED* *REALITY* UMGEBUNGEN

1 Einführung

Die lernorganisatorische Entwicklung von verteilten Lernorten stellt eine zentrale Herausforderungen für die Förderung arbeitsprozessorientierten Lernens dar (Dehnbostel 2001). Elemente solcher vernetzter Lernortstrukturen sind beispielsweise lernortkooperativer Unterricht, kooperative Weiterbildung von Lehrkräften, lernortübergreifende Entwicklung und Bereitstellung von Lernressourcen sowie Unterstützung des Informations- und Wissensaustausches zwischen unterschiedlichen Lernorten.

Der folgende Beitrag greift diese Thematik auf und befasst sich mit arbeitsprozessorientiertem Lernen auf der Basis von *Mixed Reality* Umgebungen. Konkretisiert wird die Idee des *Mixed Reality* als innovatives Konzept zur Vernetzung realer und virtueller Lernräume. Im Zentrum steht dabei die Frage, wie sowohl die Anreicherung realer Arbeitsumgebungen durch virtuelle Lernwelten als auch die Nutzung von verteilten realen Systemen in virtuellen Lernumgebungen unterstützt werden kann¹. Beide Aspekte sind für arbeitsprozessorientiertes Lernen bedeutsam. Im Rahmen des EU-Projektes MARVEL (Virtual Laboratory in Mechatronics: Access to Remote and Virtual e-Learning) wird dazu ein Umsetzungskonzept entwickelt und in ausgewählten Lerngebieten der Mechatronik erprobt.

2 Arbeitsprozessorientiertes Lernen mit e-Learning

Obwohl in den vergangenen Jahren erhebliche Anstrengungen unternommen wurden, arbeitsprozessorientiertes Lernen durch e-Learning zu unterstützen und zu fördern, konstatieren Untersuchungen in diesem Bereich generelle Defizite. Sie bemängeln vor allem fehlende Integrationsmöglichkeiten von digitalen Lernsystemen in reale Arbeitssituationen und -prozesse (Severing 2003). Eine Ursache ist, dass viele e-Learning Umgebungen relativ geschlossene Systeme darstellen und sich nicht mit realen Arbeitsprozessen synchronisieren lassen - also etwa betriebliche Echtdateien übernehmen, reale Projekte abbilden und bestehende Prozess- und Produktbeschreibungen integrieren. Hieraus resultiert häufig ein relativ beziehungslo-

¹ Zur Abgrenzung der Begriffe *Lernort*, *Lernraum*, *Lernumgebung* und *Lernwelt* vgl. Glossar im Anhang.

ses Nebeneinander von e-Learning-basierten Theoriekursen auf der einen Seite und Lernen im Arbeitsprozess auf der anderen. Dass unter solchen Voraussetzungen der Transfer des Gelernten vom Lern- in das Anwendungs- bzw. Praxisfeld nicht gelingt oder zumindest zu wenig medial unterstützt wird, liegt auf der Hand. Wie es scheint, fehlt es an didaktischen und entsprechenden technischen Konzepten, virtuelle Lernwelten mit realen Arbeitssituationen so zu vernetzen, dass erfahrungsorientiertes Lernen im Zusammenhang mit praktischen Arbeitsprozessen ermöglicht und mit der Vielfalt von Simulationen und Theoriebildung verknüpft werden kann. Offensichtlich ist es nicht ausreichend, e-Learning auf der Grundlage klassischer Didaktiken zu implementieren. Auch ist es zu wenig, mit ›Blended Learning‹ neue und alte Lernmedien zu kombinieren, ihre jeweils tradierte Didaktik aber unangetastet zu lassen (Severing 2003, S. 4).

Das Projekt MARVEL befasst sich mit dieser Problematik. Dabei geht es im Grundsatz um das didaktische Design und die lernorganisatorische Gestaltung von vernetzten digitalen und physikalischen Lernräumen, die lernförderliche Übergänge zwischen virtuellen und realen Welten unterstützen und arbeitsprozessbezogene Lernerfahrungen ermöglichen sollen (Müller/Ferreira 2004).

3 Das MARVEL Projekt

Das Projekt MARVEL wird mit Mitteln aus dem europäischen Berufsbildungsprogramm LEONARDO DA VINCI gefördert und in Kooperation mit insgesamt zehn europäischen Partnern aus Berufsbildung, Hochschule, Industrie und anderen Organisationen durchgeführt. Zielgruppe des Projektes sind Auszubildende und Lehrkräfte in der beruflichen Erstausbildung, darüber hinaus Bildungseinrichtungen, die Trainingskurse für Facharbeiter, Techniker und Ingenieure mit einem Schwerpunkt auf Elektronik, Mechanik und/oder Informationstechnologie anbieten. Den Schwerpunkt des Projektes bildet der Aufbau eines transnationalen Netzwerkes zur webbasierten Nutzung von verteilten Anlagen, Laboreinrichtungen und Werkstätten, die in den unterschiedlichen Partnereinrichtungen vorhanden sind. Das MARVEL-Konzept ist für verteiltes Lernen ausgelegt und soll Lernortkooperationen unterstützen, bei denen die beteiligten Akteure (z.B. Berufsschulen, Ausbildungsbetriebe) kostspielige Realanlagen und Laboreinrichtungen gemeinsam über das Internet nutzen. Darüber hinaus sollen zukünftige Fachkräfte durch die Arbeit mit netzbasierten Anlagen lernen, Steuerungsprogramme und Systeme aus der Ferne zu entwickeln, zu warten und zu überwachen.

Um den flexiblen Online-Zugriff auf Realsysteme von verschiedenen Lernorten aus zu ermöglichen, werden in MARVEL internetgestützte Applikationen zur Fernbeobachtung, -steuerung und -wartung eingesetzt und über ein

e-Learning-Portal vernetzt. Zur Zeit besteht dieses Netzwerk aus sieben unterschiedlichen Mitgliedern, die eine breite Palette von Lernumgebungen für die Lerngebiete Mechatronik, Automatisierungs- und Prozesstechnik zur Verfügung stellen (siehe Abb. 1).

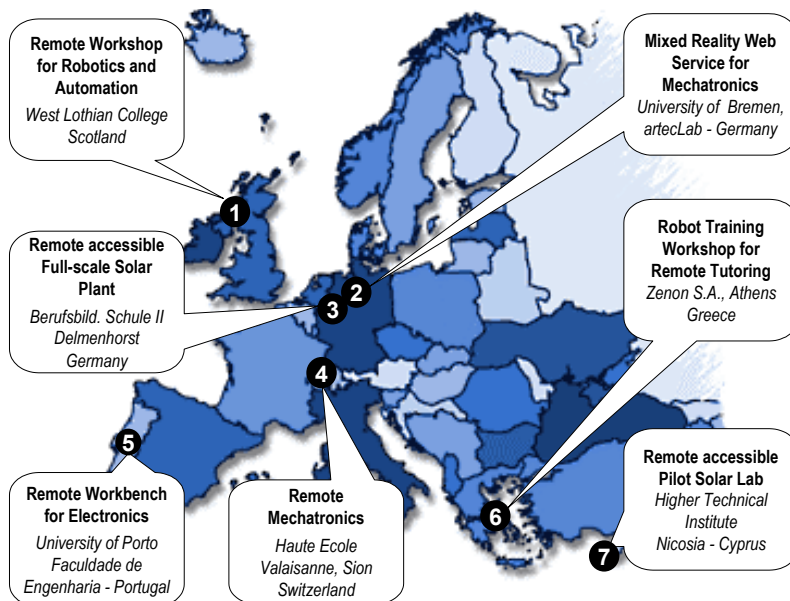


Abbildung 1: Partner des MARVEL-Netzwerks (www.marvel.uni-bremen.de)

Die Tragfähigkeit des MARVEL-Ansatzes wird anhand von Unterrichtsversuchen nicht nur unter technischen, sondern auch lernorganisatorischen Aspekten evaluiert. Das *Mixed Reality* Konzept dient dabei als Orientierungsrahmen.

4 Lernen in *Mixed Reality* Umgebungen

Lernen mit virtuellen Medien oder Werkzeugen in Form des e-Learning und Lernen im Arbeitsprozess scheinen gegensätzliche Lernkulturen zu repräsentieren, die nur schwer miteinander zu verbinden sind. *Mixed Reality* öffnet Perspektiven zur Zusammenführung dieser Gegensätze, weil es die ursprüngliche Trennung von Realem und Virtuellem auflöst und deren gegenseitige Verknüpf- und Abbildbarkeit thematisiert.

Der Begriff *Mixed Reality* ist im Umfeld der Mensch-Computer-Interaktions-Forschung entstanden und bezeichnet verschiedene Mischformen computer-generierter virtueller Realität und ›realer Welt‹ (Milgram/Kishino 1994). Die meisten Forschungsarbeiten in diesem Bereich sind von der Computergraphik beeinflusst und konzentrierten sich auf die Frage, wie reale Umgebungen mit virtuellen Objekten (z.B. computergenerierten 3D-Grafiken, Animationen und Simulationen) so angereichert werden können, dass der Informationsgehalt der realen Welt erweitert wird und dass umgekehrt auch die reale Umgebung als Interaktionsschnittstelle dienen kann, um virtuelle Objekte zu manipulieren (Bendford u.a. 1998). Im Fokus stehen meist technische Entwicklungsprojekte, wie etwa die Realisierung von autostereoskopischen 3D-Displays, Datenbrillen, immersiven Umgebungen oder Haptic-Feed-back-Systemen.

Grundsätzlich markiert *Mixed Reality* einen Gegentrend zur zunehmenden Virtualisierung durch Computertechnik. In der Forschung zeichnet sich eine solche Entwicklung schon seit etwa 1990 ab. Wegweisende Arbeiten in diesem Zusammenhang entstanden am Palo Alto Research Center (PARC) und Massachusetts Institute of Technology (MIT), wie beispielsweise das Ubiquitous Computing² oder die Tangible Media³. Eigene Forschungen in dieser Richtung waren beeinflusst durch die Erfahrung mit Simulatoren in der Fabrikautomation und der beruflichen Bildung und zielten auf die Entwicklung von virtuellen Fabrikanlagen, die mit Realsystemen gekoppelt werden können. Dazu wurden Basistechnologien zur Kopplung virtuell-digitaler und real-physikalischer Elemente in verteilten Systemen entwickelt und in ausgewählten Anwendungsgebieten der Mechatronik erprobt (Bruns 2000).

Im EU-Projekt MARVEL soll das *Mixed Reality* Konzept unter einem mediendidaktischen Aspekt weiterentwickelt werden, indem der Frage nachgegangen wird, wie virtuelle und reale Räume für verteiltes Lernen arrangiert werden können, um arbeitsprozessbezogenes Lernen im Kontext von Lernortkooperationen zu fördern. Dazu werden Konzepte entwickelt, wie einerseits Arbeitsumgebungen mit digitalen Lernwelten kombiniert und andererseits reale Anlagen und Maschinen in virtuellen Lernumgebungen genutzt werden können. Ein praktisches Ziel besteht im Design physikalisch-digitaler interaktiver Handlungs- und Lernräume, in denen realitätsnahe komplexe

² Beim Ubiquitous Computing (engl. ubiquitous = allgegenwärtig) werden Alltagsgegenstände mit kleinsten Prozessoren und Sensoren ausgestattet. Diese ›intelligenten‹ Gegenstände sind in der Lage, gemäß einprogrammierten Regeln, mit ihrer Umwelt zu interagieren (Weiser 1993).

³ Tangible Media (engl. tangible = wahrnehmbar) bezeichnen multisensuell konzipierte Medien, die auf das ›Be-greifen‹ medialer Prozesse ausgerichtet sind. Physikalische Objekte dienen dabei zur Repräsentation und gleichzeitigen Steuerung von digitaler Information (Ishii/Ullmer 1997).

Sachverhalte in Kleingruppen möglichst selbstständig und gemeinsam bearbeitet werden können. Wir bezeichnen diese Räume in Anlehnung an das *Mixed Reality* Konzept auch als *Mixed Reality* Lernräume (*Mixed Reality Learning Spaces*). Dabei soll demonstriert werden, dass solche Lernräume auch mit relativ einfachen Mitteln realisierbar sind, indem verfügbare internetgestützte Applikationen zur Fernbeobachtung, -steuerung und -wartung eingesetzt und über ein e-Learning Portal vernetzt werden. Um einen praktikablen Ansatz für das didaktische Design von *Mixed Reality*-Lernräumen zu entwickeln, ist ein Konzept zur Erfassung des pädagogischen Handlungsfeldes erforderlich. Im MARVEL Projekt wurde dazu ein Modell entwickelt, das im nächsten Abschnitt dargestellt wird.

5 Didaktisches Design von *Mixed Reality* Lernräumen

Der Einsatz von *Mixed Reality* Systemen in der beruflichen Bildung kann auf verschiedenen Ebenen analysiert werden: auf der Mikroebene unter technisch-funktionaler, auf der Mesoebene unter pädagogisch-psychologischer und auf der Makroebene unter organisatorisch-institutioneller sowie soziokultureller Sicht. Unsere Analyse konzentriert sich auf drei ausgewählte Aspekte und stellt ein Gesamtmodell unter einer pädagogisch-psychologischen und lernorganisatorischen Perspektive dar.

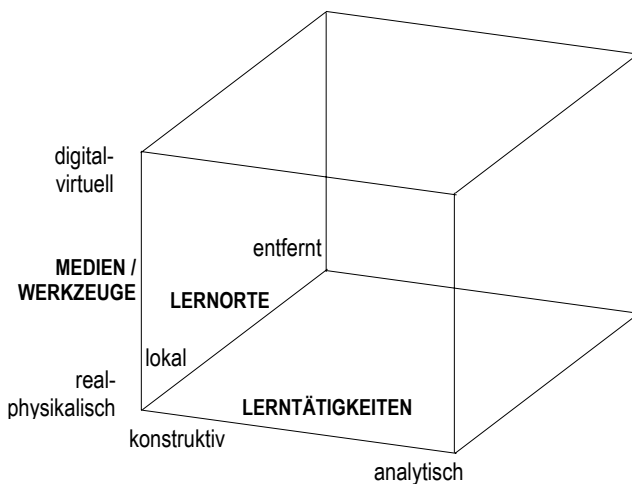


Abbildung 2: Taxonomie - *Mixed Reality* Learning Space (Müller 2004)

Zur Verdeutlichung der mehrdimensionalen Abhängigkeiten wird eine räumliche Taxonomie vorgeschlagen (vgl. Abb. 2). Folgende Dimensionen werden unterschieden:

- Lernmedien bzw. -werkzeuge und ihre Repräsentation (physikalisch-real oder digital-virtuell),
- Lernorte und die damit verbundenen Lernformen (z.B. Präsenz- oder Fernlernen, verteiltes Lernen) sowie
- Lerntätigkeiten (analytisch oder konstruktiv) und die damit in Zusammenhang stehenden Lernstile (z.B. abstrakt, konkret, aktiv oder reflektiv).

Die Taxonomie dient als Basis für das didaktische Design von vernetzten virtuellen und realen Lern- und Arbeitsumgebungen, wie sie im Modellversuch MARVEL erprobt werden.

5.1 Lernmedien und -werkzeuge

Die *erste Dimension* dieser Taxonomie zielt auf den Zusammenhang von physikalischer Realität und digitaler Virtualität in Bezug auf unterschiedliche Lernmedien und -werkzeuge. Hierunter fällt auf der einen Seite das Lernen an und mit realen Werkzeugen und Maschinen im konkreten Arbeitsprozess. Die andere Seite bildet das Lernen mit digitalen Medien, in virtuellen Laboren oder mit Computersimulationen. Dazwischen gibt es Mischformen wie beispielsweise Lernen mit und an komplexitätsreduzierten aber realitätsähnlichen physikalischen Systemen und Prozessen. Lernen in der Realität ist unmittelbarer Umgang mit der Wirklichkeit, also mit real-physikalischen Objekten, konkreten Ereignissen oder anderen Personen. Virtuelles Lernen basiert auf symbolisch vermittelten Aktivitäten, die nicht auf unmittelbarer Erfahrung beruhen, sondern durch zeichen- und bildhafte Medien vermittelt sind. Wichtig ist, dass symbolische Mittel in bestimmten Lernsituationen durchaus realen Charakter haben können, insbesondere wenn sie im Zusammenhang mit realen Arbeitsprozessen stehen und nicht nur der Simulation eines gedachten oder fiktiven Systems dienen.

Die Dimension der Lernmedien bzw. -werkzeuge impliziert sehr unterschiedliche Formen der Erfahrung mit virtuellen und gegenständlichen Objekten. Betrachten wir beispielsweise das Lernen mit computerbasierten Simulatoren, also das Experimentieren mit virtuellen, digitalen Modellen: Exemplarisch für solche Systeme sind Trainingssimulatoren, um den Umgang mit Geräten, Maschinen, technischen Anlagen oder sonstigen Apparaten einzuüben. Meist geht es dabei um das Erlernen der Systembedienung unter unterschiedlichen Bedingungen und das Trainieren von Verhaltensweisen bei Fehlfunktionen oder Notfällen. Verbreitet in der gewerblich-technischen Bildung sind Simulatoren für Dreh- und Fräsmaschinen oder für Montagero-

boter. Die didaktische Bedeutung derartiger Trainingssysteme liegt insbesondere in der Reduzierung von Risiken bei Fehlbedienungen und der Möglichkeit gefahrlosen Probehandeln und Übens. Auf der anderen Seite sind die direkten, sensomotorischen Erfahrungen mit Werkzeugen und Maschinen im wahrsten Sinne des Wortes eine grundlegende Voraussetzung für das ‚Be-Greifen‘. Ebenso wie manipulierte Objekte mit einer spezifischen Reaktion (hervorgerufen durch Härte, Elastizität, Rauigkeit, Wärme, Kälte usw.) reagieren, wird die Weise, wie das Individuum mit ihnen umgeht, in Handlungsschemata, mentale Bilder oder kognitive Modelle übernommen. Berufliche Bildung muss dieses berücksichtigen und entsprechende Lernsituationen schaffen, in denen der ganzheitlich-haptische Umgang mit konkreten Werkzeugen, Maschinen und Anlagen eine zentrale Rolle spielt. Dies gilt nicht nur für das Erlernen psychomotorischer Fertigkeiten, sondern auch für das Entwickeln, Anwenden und Verifizieren von Theorien und Konzepten. Häufig lassen sich innovative Ideen ebenfalls am konkret-gegenständlichen Objekt einfacher und unkomplizierter entwickeln und verdeutlichen als mit Hilfe abstrakter Methoden. Der sinnliche Umgang mit der Realität hat in diesem Sinne auch eine wichtige Stützfunktion, die gerade für das Erlernen komplexer Zusammenhänge vielfältig hilfreich sein kann. Dass virtuelle Systeme und Computersimulatoren dies nicht leisten können und an ihre Stelle real-physikalische Lernobjekte zum Einsatz kommen müssen, sollte selbstverständlich sein. Didaktisch sinnvoll sind deshalb Kombinationen aus virtuell-digitalen und real-physikalischen Lernobjekten.

5.2 Lernorte

Eine *zweite Dimension* ergibt sich aus der Tatsache, dass Lernen an unterschiedlichen Orten (Schule, Universität, Betrieb, Wohnung usw.) stattfinden kann und entsprechend zeitlich strukturiert ist. Dementsprechend können vielfältige Lernformen wie beispielsweise Präsenzlernen, Telelernen, verteiltes und selbstorganisiertes Lernen usw. unterschieden werden. Jede Lernform bietet Vor- und Nachteile. Lernförderliche Netzwerke, die Arbeitsumgebungen, Arbeitsplätze und Arbeitsprozesse in neue Lernorte unmittelbar integrieren, können äußerst komplex sein. Ein Koordinationsbedarf ergibt sich im Hinblick auf die Frage, wie unterschiedliche Lernorte technisch und organisatorisch vernetzt werden können, um Theorie- und Praxisanteile miteinander zu verzahnen sowie Mobilität und Flexibilität bei den Beteiligten zu erhöhen. *Mixed Reality* unterstützt lernförderliche Netzwerkbildungen zwischen Theorie und Praxis, weil es flexible Kopplungen zwischen verteilten virtuellen und realen Systemen ermöglicht. Diese Kopplungen können unidirektional oder aber auch bidirektional sein, so dass beispielsweise die Möglichkeit besteht, reale Lernmedien aus der Ferne zu nutzen und diese mit virtuellen Repräsentationen vor Ort zu kombinieren. Die Vernetzung

unterschiedlicher Produktionsanlagen oder realer Labore, die an unterschiedlichen Bildungsinstitutionen oder Unternehmen vorhanden sind, eröffnet neue Perspektiven für die Qualitätsverbesserung von Lernangeboten, weil verteilte und knappe Ressourcen im Lernortverbund gemeinsam genutzt werden können.

5.3 Lerntätigkeiten

Die *dritte Dimension* des Modells ergibt sich schließlich aus der Tatsache, dass Lernprozesse auf sehr vielfältigen Tätigkeiten aufbauen. Grundsätzlich können diese konstruktiver oder analytischer Struktur sein. Konstruktive Tätigkeiten sind praktischer Art, analytische Tätigkeiten setzen sich zusammen aus Beobachten, Deuten, Reflektieren usw. Letztere greifen nicht in die Wirklichkeit ein, sondern sie machen sie nur zum Gegenstand der Analyse. Sie sind insofern risikolos und unverpflichtend. Für konstruktive Tätigkeiten hingegen, die in die Wirklichkeit eingreifen und neue Artefakte und Tatbestände herstellen oder auch zerstören, trägt der Handelnde Verantwortung. Der Ernstcharakter ist hier größer als bei analytischen Tätigkeiten. Man erkennt deutlich deren Relevanz für die berufliche Bildung.

Eine Mischung aus konstruktiven und analytischen Lernaktivitäten ist sicherlich in den meisten Bildungssituationen angebracht. Dabei spielen unterschiedliche Lernstile, die sich nach Situation, Problemstellung oder Vorerfahrung ändern können, eine zentrale Rolle. Neben visuellen, auditiven und kinästhetischen bzw. haptischen Lerntypen wird in der Lernpsychologie auch zwischen abstrakten, konkreten, aktiven und reflektiven Lernern unterschieden (Kolb 1984).

Die Idee des *Mixed Reality* löst die strikte Trennung von Realem und Virtuellem auf und thematisiert deren Verknüpf- und Abbildbarkeit im Sinne vernetzter realer und symbolischer Systeme. Damit unterstützt dieses Konzept Brücken zwischen praktischen, unmittelbaren Erfahrungen aus konstruktiven Tätigkeiten und symbolisch vermittelten Erfahrungen aus analytischen Tätigkeiten. So gesehen stellt *Mixed Reality* ein Bindeglied dar, um ästhetische (im Sinne von Aisthesis) Erfahrung mit abstrakter Modellbildung im pädagogischen Kontext zu verknüpfen.

Auf die einzelnen Dimensionen bezogen, verfolgen wir mit der hier vorgestellten Systematik ein dreifaches Ziel: Erstens wollen wir ein Instrument zur Verfügung stellen, um die didaktische Reichweite von virtuellen und realen Lernmedien/-umgebungen beurteilen zu können. Zweitens soll die Rolle des Lernortes bezüglich der anderen Dimensionen bewertet werden können. Und drittens soll ein Orientierungsrahmen zur Verfügung gestellt werden, mit dem unterschiedliche Lerntätigkeiten in Relation zu verschiedenen Lernorten und -medien analysiert werden können. Wichtig ist, das Modell nicht als

reines Vorgehensmodell anzusehen, sondern vielmehr als eine Heuristik für eine arbeits- und lernerorientierte Entwicklung von Lernszenarien.

6 Lernszenarien

Im MARVEL Projekt werden verschiedene Lernszenarien u.a. aus folgenden Themenbereichen erprobt:

- Prozesssteuerung und -überwachung einer Solaranlage über das Internet,
- Tele-Konfiguration und -Programmierung eines Industrieroboters,
- Internetbasierter Support für die Installation und Inbetriebnahme einer elektro-pneumatischen Steuerung,
- e-Maintenance eines modularen Produktionssystems.

Dabei können Lernende sich von zu Hause, vom Arbeitsplatz oder von der Berufsschule aus in das MARVEL-eLearning-Netzwerk einwählen, an ihrem aktuellen Projekt arbeiten und sich dabei mit anderen Teamteilnehmern koordinieren.

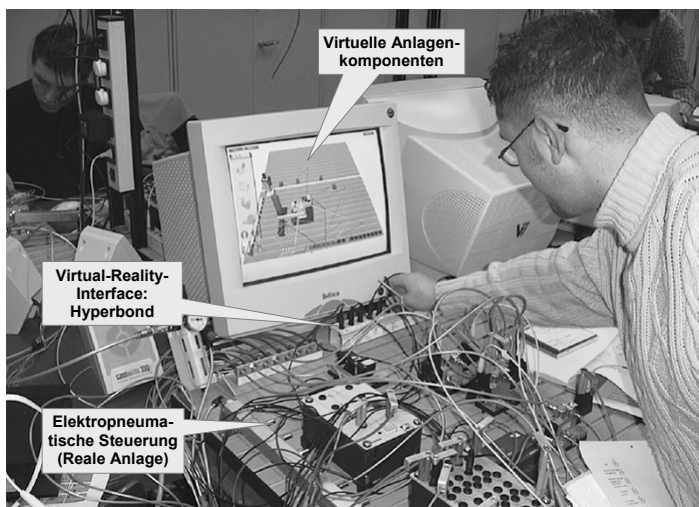


Abbildung 3: *Mixed Reality* Lernumgebung für Mechatronik

Das Lernen mit der MARVEL-Umgebung wird mit vielfältigen Medien (z.B. Simulationen, Präsentationen) unterstützt und mit Lernformen (Theoriekurse, Laborunterricht, Werkstattlernen usw.) kombiniert. Darüber hinaus wird eine neuartige Lernumgebung für Mechatronik eingesetzt, die im Forschungsprojekt DERIVE (Distributed Real and Virtual Learning Environment

for Mechatronics and Tele-Service) entstanden ist und auf der *Hyperbond* Technologie (Bruns 2001) basiert. Mit *Hyperbonds* ist es möglich, ein komplexes technisches System, wie beispielsweise ein komplettes Produktionssystem, im Virtuellen zu realisieren und ausgewählte Komponenten, wie z.B. eine pneumatisch gesteuerte Fertigungsstation, im Gegenständlichen als reales System auszukoppeln. Dabei ergeben sich neue Perspektiven arbeitsprozessbezogenen Lernens in der Berufsschule, weil komplexe Anlagenumfelder, wenn schon nicht im Realen, so doch als virtuelles Modell an vorhandene reale Baugruppen und Anlagen, die z.B. in einem lernortexternen Industriebetrieb stehen, angeschlossen werden können (vgl. Abb. 3). Die Lernumgebung ist inzwischen auch über das Internet erreichbar und ermöglicht eine direkte Kopplung mit dem Mechatroniklabor des Forschungszentrums *artecLab*.

7 Zusammenfassung

Wir gehen davon aus, dass MARVEL einen mediendidaktischen Beitrag darstellt, bei dem nicht primär auf virtuelle Lernplattformen gesetzt wird, sondern stattdessen bewusst Lösungen gesucht werden, um reale Arbeitssysteme und -prozesse mit ›virtuellen Lernwelten‹ im Sinne eines *Mixed Reality Learning Space* zu vernetzen. Dabei greift das Projekt auch den Schwerpunkt Mobile Kooperative Arbeit auf, da die geplanten Lern- bzw. Arbeitsumgebungen die räumliche Verteiltheit und Vernetzung verschiedener Lernorte unterstützen. Bedingt durch steigende Globalisierung wird räumlich verteiltes kooperatives Arbeiten eine immer wichtigere Rolle einnehmen und von Arbeitnehmern als Kompetenz in zunehmenden Maße gefordert werden.

Literatur

Benford, S./Greenhalgh, C./Gail R./ Brown C./Koleva. B.: Understanding and constructing shared spaces with mixed-reality boundaries. In: ACM Transactions on Computer-Human Interaction (TOCHI). Volume 5, Issue 3, September 1998, ACM Press, pp. 185 – 223.

Bruns, F.-W.: Complex Objects and anthropocentric Systems Design. In: Camarinha-Matos, L. M. et al (Eds.): Advances in Networked Enterprises. Proceedings of the IFIP TC5/WG5.3 Fourth IFIP/IEEE International Conference on Information Technology for Balanced Automation Systems in Manufacture and Transportation BASYS 2000. Kluwer Academic Publishers, Boston. CD-ROM, 2000, S. 249-258.

Bruns, F.-W.: Hyperbonds - Enabling Mixed Reality. artec paper 82, Bremen 2001

Dehnbostel, P.: Perspektiven für das Lernen in der Arbeit. In: Arbeitsgemeinschaft Betriebliche Weiterbildungsforschung e.V. (Hrsg.): Kompetenzentwicklung 2001. Tätigsein - Lernen - Innovation. Waxmann, Münster, 2001, S. 53-93.

Ishii, H./Ullmer, B.: Tangible Bits: Towards Seamless Interfaces between People, Bits and Atoms. In: Proceedings of Conference on Human Factors in Computing Systems (CHI '97), (Atlanta, March 1997), ACM Press, pp. 234-241.

Kolb, D.A.: Experiential Learning. Prentice-Hall, Englewood Cliffs, NJ, 1984.

MARVEL Homepage: <http://www.marvel.uni-bremen.de>

Milgram, P./Kishino, F.: A Taxonomy of *Mixed Reality* Visual Displays. IEICE Trans, on Information and Systems, E77-D(12), 1994, pp.1321-1329.

Müller, D./Ferreira, J. M.: MARVEL: A *Mixed Reality* Learning Environment for Vocational Training in Mechatronics. In: Grew, P./Valle, G. (Eds.): T.E.L '03 Proceedings: International Conference on Technology-enhanced Learning (November 2003). Hugony Editore, Milano, Italy, 2004, pp. 65-72.

Müller, D.: Mixed Reality Learning and Working Environments - The MARVEL approach. In: LearnTec 2004. 12. Europäischer Kongress und Fachmesse für Bildungs- und Informationstechnologie (LEARNTEC 2004). Tagungsdokumentation auf DVD. Karlsruhe, 2004.

Severing, E.: Anforderungen an eine Didaktik des E-Learning in der betrieblichen Bildung. In: Dehnbostel, P. et al.: Perspektiven moderner Berufsbildung. Bertelsmann, Bielefeld, 2003, S. 19-32.

Weiser, M.: Some Computer Science Issues in Ubiquitous Computing. In: Communications of the ACM, 1993, Volume 36, Issues. 7, July 1993, ACM Press, pp. 74-78.

Glossar

E-Learning-Portal: Ein e-Learning-Portal eröffnet Benutzern einen einheitlichen webbasierten Zugang zu Lernressourcen im Netz (Intra- oder Internet).

Hyperbond: Interface-Technologie zur Kopplung virtueller Welten mit real-physischen Objekten (vgl. Kap. 6).

Lernplattform: Unter einer Lernplattform versteht man ein – meist netzbaasiertes - Softwaresystem, mit dessen Hilfe Lehr- und Lernprozesse unterstützt werden können.

Lernort: Traditionelle Lernorte in der beruflichen Bildung umfassen die Berufsschule, den betrieblichen Arbeitsplatz und die überbetriebliche Ausbildungsstätte. Mit dem Internet entstehen neue Lernorte außerhalb der traditionellen Bildungsinstitutionen, die eine neue Unabhängigkeit des Lernens von Ort und Zeitpunkt ermöglichen.

Lernraum: Ein Lernraum charakterisiert im Kontext unserer Ausführungen einen umgrenzenden virtuellen und/oder realen Möglichkeitsraum, der von den Dimensionen Lernort, Lernmedium bzw. –werkzeug und Lerntätigkeit aufgespannt wird (vgl. Kap. 5).

Lern- bzw. Arbeitsumgebung: Als Lern- bzw. Arbeitsumgebung werden die räumlichen, zeitlichen, personellen und instrumentellen Merkmale einer konkreten Situation bezeichnet, in der Lern- bzw. Arbeitsprozesse eingebettet sind. Im Zusammenhang mit E-Learning ist damit in der Regel die mit IT-Hilfsmitteln medial gestaltete Lernumgebung gemeint.

Mixed Reality: Mixed Reality bezeichnet ein Konzept, das virtuell-digitale Objekte mit Aktivitäten im real-physischen Raum vermischt.

Virtuelle Lernwelt: Sammelbegriff für virtuelle Umgebungen, die für Lernzwecke eingesetzt werden.

Virtuelle Realität, virtuelle Welt: Als virtuelle Realität oder virtuelle Welt wird die Darstellung und gleichzeitige Wahrnehmung der Wirklichkeit und ihrer physikalischen Eigenschaften in einer in Echtzeit computergenerierten virtuellen Umgebung bezeichnet.

Autoren:

Prof. Dr.-Ing. F.-Wilhelm Bruns

Universität Bremen
Forschungszentrum artec / arteclab
Enrique-Schmidt-Straße 7 (SFG)
Postfach 330440
D-28334 Bremen

E-Mail: bruns@artec.uni-bremen.de
Homepage: www.arteclab.uni-bremen.de

Dr. Dieter Müller

Universität Bremen
Forschungszentrum artec / arteclab
Enrique-Schmidt-Straße 7 (SFG)
Postfach 330440

D-28334 Bremen

E-Mail: mueller@artec.uni-bremen.de

Homepage: www.arteclab.uni-bremen.de