

## ZWISCHEN REALEM UND VIRTUELLEM MIXED-REALITY IN DER TECHNISCHEN BILDUNG

DIETER MÜLLER

Die industrielle Produktion ist heute virtueller denn je: Traditionelle Produktions- und Arbeitsweisen, die durch den direkten und sinnlichen Umgang mit materiellen Gegenständen geprägt sind, verlieren an Bedeutung. An ihre Stelle treten virtuelle Werkzeuge, Werkstoffe und Maschinen. Typische Beispiele sind das *Virtual-Prototyping* und das *Virtual-Manufacturing*:

- Beim Virtual-Prototyping werden Maschinen oder Anlagen vollständig in der virtuellen Realität entwickelt und erprobt. Dabei wird interaktiv mit virtuellen Werkstücken gearbeitet, die in hochgradig realistischer Weise dreidimensional visualisiert werden. Geplante Systeme werden im Computer simuliert und können dort getestet werden.
- Virtual-Manufacturing ermöglicht die Zusammenstellung von Bauteilen oder Baugruppen zu einem virtuellen, d.h. noch nicht real existierenden Produkt. Durch Computersimulation können erste Erfahrungen mit dem Produkt bereits gesammelt werden, bevor die wirklichen Fertigungseinrichtungen entstanden sind.

Ein weiteres Beispiel ist *E-Maintenance*: Mit seiner Hilfe können Maschinenanlagen über das Internet überwacht und gewartet werden. Auf Basis der an der Maschine aufgezeichneten Daten werden maschinenspezifische Servicewartungen vorgeschlagen und Online-Hilfen für deren Vorbereitung bereitgestellt. Hinzu kommen webbasierte Kooperationen in virtuellen Teams oder Simulatoren zum Training komplizierter manueller Tätigkeiten an Werkzeugen und Maschinen.

### Handeln in realen und virtuellen Welten

Das visionäre Ziel von Wissenschaftlern und Ingenieuren ist, durch die Schaffung technischer Infrastrukturen, die »digitale Fabrik« Realität werden zu lassen. In vielen produzierenden Branchen, wie etwa dem

Automobilbau ist sie bereits Wirklichkeit. Es leuchtet unmittelbar ein, dass diese Entwicklung auch die technische Bildung vor ganz neue Anforderungen stellt. Die digitale Fabrik verlangt von Ingenieuren und Facharbeitern neue Kompetenzen: Wissen über und Erfahrung im Umgang mit verschiedensten physikalischen Prozessen, mit digitalen und virtuellen Objekten – und auch mit sozialen und organisatorischen Strukturen.

Zentral für die Ausbildung dieser Fachkräfte wird zukünftig deshalb sein, die Fähigkeit zu vermitteln, innovativ mit unterschiedlichen Formen der Wahrnehmung und Erfahrungen umgehen zu können. Bedeutsam ist hier vor allem die Einsicht, dass die physikalische Realität genau so virtuell repräsentiert werden kann, wie sich die digitale Virtualität physikalisch abbilden lässt. Dieser Widerspruch erfordert die Fähigkeit, zwischen Realität und Fiktion unterscheiden zu können. Ein wichtiges pädagogisches Ziel in der neuen technischen Bildung besteht deshalb in der Entwicklung von Urteilskraft über das Verhältnis von Original und Modell, Realität und Simulation, Wirklichkeit und Möglichkeit.

Entscheidend ist die pädagogische Ausrichtung auf das Verstehen und Erlangen von Handlungskompetenz in beiden »Welten«. In der virtuell-digitalen Welt werden Kenntnisse über Werkzeuge und Prozesse erworben, mit deren Hilfe reale Arbeitssituationen und -prozesse bewältigt werden können. In der real-physikalischen Welt werden sinnlich-anschauliche Erfahrungen gewonnen, nicht nur beim Umgang mit einfachen Werkzeugen, sondern auch bei der Arbeit mit hoch technisierten Systemen. Dieses Erfahrungswissen ist insbesondere wichtig, um komplexe und risikobehaftete Handlungssituationen zu bewältigen.

## **Lernen in Mixed-Reality-Umgebungen**

Das Lernen mit elektronischen Medien oder virtuellen Werkzeugen per E-Learning und das Lernen inmitten der real-stofflichen Welt scheinen gegensätzliche Lernkulturen zu repräsentieren, die nur schwer miteinander zu verbinden sind. Das Konzept der *Mixed-Reality* ermöglicht es, diesen Gegensatz zu überwinden: es löst die ursprüngliche Trennung von Realem und Virtuellen auf und ermöglicht deren gegenseitige Verknüpfbarkeit und Abbildung.

Der Begriff Mixed-Reality wurde von Milgram and Kishino (1994) geprägt. Ihre ersten Arbeiten zum Thema waren stark von der Visualisierungstechnik und Computergrafik beeinflusst. Sie gingen der Frage nach, wie virtuelle Objekten, etwa computergenerierte 3D-Grafiken, Animationen und Simulationen, reale Entwicklungs- und Arbeits-

umgebungen anreichern und ergänzen könnten. Gleichzeitig sollte die reale Umgebung als Schnittstelle dienen, um virtuelle Objekte zu manipulieren. Im Zentrum des Interesses standen meist rein technische Projekte, wie etwa 3D-Displays, Datenbrillen oder immersive virtuelle Umgebungen, auf die der Nutzer nicht schaut, sondern in denen er sich befindet, besser eintaucht.

In gewisser Weise markiert Mixed-Reality eine Gegenbewegung zur zunehmenden Virtualisierung durch Computertechnik. In der Forschung zeichnete sich diese Gegenbewegung seit Anfang der neunziger Jahre ab. Wegweisende Arbeiten in diesem Zusammenhang entstanden in den amerikanischen Forschungslaboren Palo Alto Research Center (PARC) und Massachusetts Institute of Technology (MIT). Meine eigenen Arbeiten in dieser Richtung waren durch die Erfahrung mit Simulationstechnik in der Fabrikautomation motiviert; sie zielten auf die Entwicklung von Simulatoren, die mit Realsystemen gekoppelt werden können (Bruns, Heimbucher und Müller 1993; Müller 1998). Heute repräsentiert Mixed-Reality eine etablierte Forschungsrichtung innerhalb der Computerwissenschaften.

## **Das MARVEL-Projekt**

Ziel unseres Projekts MARVEL – Virtual Laboratory in Mechatronics: Access to Remote and Virtual E-Learning – ist es, reale und virtuelle Lernorte zu verknüpfen (Müller und Ferreira 2003). Mechatronische Systeme zeichnen sich durch die größtmögliche Integration von Mechanik, Elektronik und Informatik. Zum einen werden realen Arbeitsumgebungen mit virtuellen Lernwelten angereichert und zum anderen reale Maschinen und Anlagen in virtuellen Lernsystemen genutzt. Es werden Lernszenarien und -umgebungen entwickelt und erprobt, die einen flexiblen Online-Zugriff auf reale Produktionsanlagen und technische Labore von unterschiedlichen Lernorten aus ermöglichen. Hierdurch soll die Zusammenarbeit zwischen Berufsschulen, Ausbildungsbetrieben und Universitäten erleichtert werden. Schüler, Auszubildende und Lehrende sollen in die Lage versetzt werden, reale Produktionsanlagen und Labor-einrichtungen gemeinsam über das Internet zu nutzen. Es sollen interaktiver Handlungs- und Lernräume entstehen, in denen realitätsnahe komplexe 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-Learning-Spaces*. Wir möchten zeigen, dass solche Lernräume mit relativ einfachen Mitteln möglich sind – etwa indem bereits verfügbare internet-

gestützte Programme vernetzt und zur Fernbeobachtung, Steuerung und Wartung eingesetzt werden.

Unser aktuelles Netzwerk stellt eine breite Palette von Lernumgebungen für die Bereiche Mechatronik, Automatisierungs- und Prozesstechnik zur Verfügung [1]. Gegenwärtig erproben wir Installationen zu vier Themen:

- Prozesssteuerung und -überwachung einer Solaranlage,
- Konfiguration und Programmierung eines Industrieroboters,
- Unterstützung für die Installation und Inbetriebnahme einer elektro-pneumatischen Steuerung,
- Diagnose und Service für ein modulares Produktionssystem.

In MARVEL setzen wir eine neuartige Lernumgebung für Mechatronik ein, die auf der *Hyperbond*-Technologie (Bruns 2003) basiert. Hyperbonds sind technische Schnittstellen zwischen virtuellen und realen Systemen. Sie übersetzen Impulse aus realen Versuchsaufbauten in digitale Informationen und umgekehrt. Druckluft kann z.B. durch Computerbefehle in einer Maschine gestartet werden, aber auch vom Computer registriert werden und dessen elektronische Anzeige mit Daten beliefern. Auf diese Weise wird ein nahtloser Übergang zwischen Simulation und Realität erreicht. Der Computer macht es möglich, komplexe technische Systeme, etwa ein komplettes Produktionssystem als virtuelle Simulation zu realisieren. Mit der Schnittstelle Hyperbond können beliebige Komponenten dieses simulierten Systems, wie etwa eine pneumatisch gesteuerte Fertigungsstation, als real begreifbares Teilsystem ausgekoppelt werden. Der entscheidende Vorteil aus pädagogischer Perspektive liegt hier in der Verbindung von konstruktivem und analytischem Lernen.

Lernen und Arbeiten mit der MARVEL-Umgebung wird durch verschiedene digitale Medien ergänzt und mit unterschiedlichen Unterrichtsformen (Theoriekurs, Laborunterricht, Werkstattlernen, Online-Tutoring oder Selbstlernen) kombiniert. Dabei können sich Lernende und Lehrende von zu Hause, vom Arbeitsplatz oder von der Schule aus in das MARVEL-E-Learning-Netzwerk einwählen, an ihrem aktuellen Projekt arbeiten und sich mit anderen Teammitgliedern koordinieren. Die Tragfähigkeit des MARVEL-Ansatzes wird anhand von Unterrichtsversuchen nicht nur unter technischen, sondern auch lernpsychologischen und lernorganisatorischen Aspekten evaluiert.

## Fazit

Das hier vorgestellte Mixed-Reality-Konzept erlaubt die Gestaltung, Bereitstellung und Evaluation von vernetzten virtuellen und realen Lern- bzw. Arbeitsumgebungen.

Es verfolgt dabei drei Ziele: Erstens soll die Beurteilung der didaktischen Reichweite von virtuellen und realen Lernmedien bzw. -werkzeugen verbessert werden. Zweitens soll die Rolle des Lernortes differenzierter beurteilbar sein. Drittens sollen unterschiedliche Lerntätigkeiten im Kontext verschiedener Lernorte, Lernmedien und Werkzeuge zukünftig besser analysiert werden können. Dies ist besonders wichtig, weil jeder Mensch seine eigene, individuelle Art zu lernen hat. Mit unserem Konzept lassen sich unterschiedliche Lernstile berücksichtigen, es bleibt Raum für die verschiedenen Formen der Aneignung von Wissen und Fertigkeiten.

Viele der in diesem Betrag beschriebenen Ideen sind in Forschungszusammenhängen entstanden und bedürfen der praktischen Weiterentwicklung und pädagogischen Erprobung. Dies ist aufwändig und erfordert Zeit. Letztendlich entscheidet dann die Praxis darüber, welche Lernmedien am geeignetsten sind. Bei den digitalen Lernmedien stehen wir heute erst am Anfang dieser Entwicklung. Es sind noch zahlreiche Studien und vielfältige Experimente erforderlich, um zu tragfähigen und nachhaltigen Konzepten zu kommen.

Erfahrungen im Forschungsprojekt MARVEL deuten darauf hin, dass das hier vorgestellte Mixed-Reality-Konzept der technischen Bildung neue Horizonte zu eröffnen vermag – nicht zuletzt, weil es einen Perspektivenwechsel beinhaltet. An die Stelle des Gegensatzes von E-Learning auf der einen und Lernen im Anwendungs- und Praxisfeld auf der anderen Seite tritt die Integration von digitalen Lernumgebungen in real-physikalische Arbeitssituationen und -prozesse. Hieraus entstehen ganz neue Lernmöglichkeiten mit Übergängen zwischen virtuellen und realen Erfahrungswelten.

## Literatur

- Bruns, F. W. (2003): Hyper-Bonds - Human skills oriented systems design with mixed reality. IFAC 8th Symposium on Automated Systems Based on Human Skills and Knowledge, Gothenborg, 2003
- Milgram, Paul und Fumio Kishino (1994): A Taxonomy of Mixed Reality Visual Displays. IEICE Trans, on Information and Systems, E77-D(12), 1321-1329.
- Bruns, F.-Wilhelm; Achim Heimbucher und Dieter Müller (1993): Ansätze einer erfahrungsorientierten Gestaltung von Rechnersystemen für die Produktion. artec-Paper 21, Bremen.
- Müller, Dieter (1998): Simulation und Erfahrung - Ein Beitrag zur Konzeption und Gestaltung rechnergestützter Simulatoren für die technische Bildung. Dissertation Universität Bremen.
- Müller, Dieter und Jose M. Ferreira (2003): MARVEL: A Mixed Reality Learning Environment for Vocational Training in Mechatronics. Proceedings of the Technology Enhanced Learning International Conference (TEL'03), Milano, Italy, November 2003.

## Digitale Verweise

- [@1] Homepage des Pilotprojektes MARVEL mit weiterführenden Informationen: [www.marvel.uni-bremen.de](http://www.marvel.uni-bremen.de)