

Zuerst erschienen in:

W. Fischer, F. Flückiger (Hrsg.): Information – Communication – Knowledge engineering education today.  
Referate des 32. Symposiums der Internationalen Gesellschaft für Ingenieurpädagogik  
Schriftenreihe Ingenieurpädagogik Band 49; S. 318 – 321; FH Karlsruhe 2003

## **VOM VIRTUELLEN WAFER ZUM REALEN DRUCKSENSOR**

Sabine Merten(1), Klaus-Peter Kämper(1), Manfred Brill(2), Antoni Picard(2),  
Detlev Cassel(2), Andreas Jentsch(2), Markus Rollwa(2)

**Fachhochschule Aachen(1), Fachhochschule Kaiserslautern/ Zweibrücken(2)**

*The technology course “Fabrication of a microsensor” represents a multimedia-based approach towards education in high technology production in consideration of didactical aspects. The students learn the operation of a complex microfabrication line with the help of virtual fabrication machines before they perform the actual process in a hands-on training in an actual clean room.*

*Das Technologiepraktikum „Virtuelle Sensor-Fertigung“ ist ein Beispiel für die medientechnische Aufbereitung von Lern- und Lehrmaterial unter didaktischen Gesichtspunkten. Studierende lernen einen Fertigungsprozess mit Hilfe von virtuellen Maschinen kennen, bevor sie die reale Prozesskette im Laborpraktikum im Reinraum durchführen.*

### Virtuelles Technologiepraktikum

Medien sind einer der wichtigsten Werkzeuge in der Ingenieurpädagogik für die Vermittlung von angewandtem Wissen. Die Vielfalt der Medien lässt eine für die jeweilige Anwendung optimale Aufbereitung von Theorie und Praxis zu. Das Projekt INGMEDIA (Entwicklung und Evaluation interaktiver, multimedialer Lernsoftware für technische und physikalische Praktika in Ingenieurstudiengängen) stellt sich genau dieser Herausforderung. Verschiedene Arten von Praktika, angefangen von Grundlagenpraktika, für z.B. Erstsemester, über Internet gesteuerte Telematikversuche bis zu komplexen, fortgeschrittenen Technologiepraktika werden neu konzipiert und verwirklicht. Das Technologiepraktikum „Vom virtuellen Wafer zum realen Drucksensor“ ist ein Beispiel für die medientechnische Aufbereitung von Lern- und Lehrmaterial unter didaktischen Gesichtspunkten.

Das Technologiepraktikum besteht aus einem realen Praktikum in einem Reinraumlabor und einem zugehörigen virtuellen Labor, das den Reinraum in seiner Gesamtheit abbildet. Im Reinraum werden durch Aneinanderreihung unterschiedlicher Prozesse mikrotechnische Bauteile hergestellt wie z.B. ein Drucksensor. Diese Fertigungsketten werden mit verschiedenen, z.T. komplexen Maschinen ge-

fahren, wobei jeder einzelne Teilschritt auf den vorherigen aufbaut. Die jeweiligen Teilschritte werden in separaten Lernmodulen medientechnisch für das virtuelle Labor aufbereitet. Zu den wichtigsten Inhalten der Lernmodule im virtuellen Labor zählen die Darstellung des theoretischen Hintergrundes für den entsprechenden Prozessschritt und die Nachbildung einer Maschine in Form einer Computersimulation. Die Simulationsoberfläche stellt die reale Maschinenoberfläche dar mit gewissen Abstrahierungen im manuellen Bedienbereich. Die Simulation soll den Studierenden das Erlernen der realen Maschinenbedienung in ihrer nahezu gesamten Komplexität ermöglichen. Ähnlich wie Piloten in einem Flugsimulator für den realen Flug geschult werden, werden die Lernenden über die Simulation auf die im Reinraum zu bedienenden Maschinen vorbereitet. Die Schulungen finden ortsunabhängig statt, wodurch effektive reale Praktika durchgeführt und Laborkosten eingespart werden können, zumal nur wenige Reinräume (z.B. in Zweibrücken) für den Lehrbetrieb zur Verfügung stehen.



Abb.1: Maschine Hochtemperaturofen mit Prozessrechner

Eine für den Prozessablauf wichtige Maschine im Labor, die simuliert wird, ist der Hochtemperaturofen (s. Abb.1). Dieser besteht aus verschiedenen Anlagenteilen wie Ofenrohre, Gaszuführungen, die weitestgehend manuell bedient werden, und dem Prozessrechner. Die komplexe Oberfläche des Prozessrechners ist in Abbildung 2 zu sehen. Die virtuelle Oberfläche zu dieser Maschine ist nahezu identisch zur realen, so dass sich die Studierenden intensiv mit den einzelnen Komponenten vertraut machen können. Die Studierenden erfahren so, welche Bedienelemente und Anzeigen es zu dieser Anlage gibt, welche besonders wichtig sind und wie diese aufeinander Einfluss nehmen. Bei der Entwicklung der Simulation müssen die manuell zu bedienenden Anlagenteile in abstrahierter Form in die Oberfläche der virtuellen Maschine integriert werden, was über eine separate Menüzeile zusätzlich zur Prozessoberfläche erfolgt.

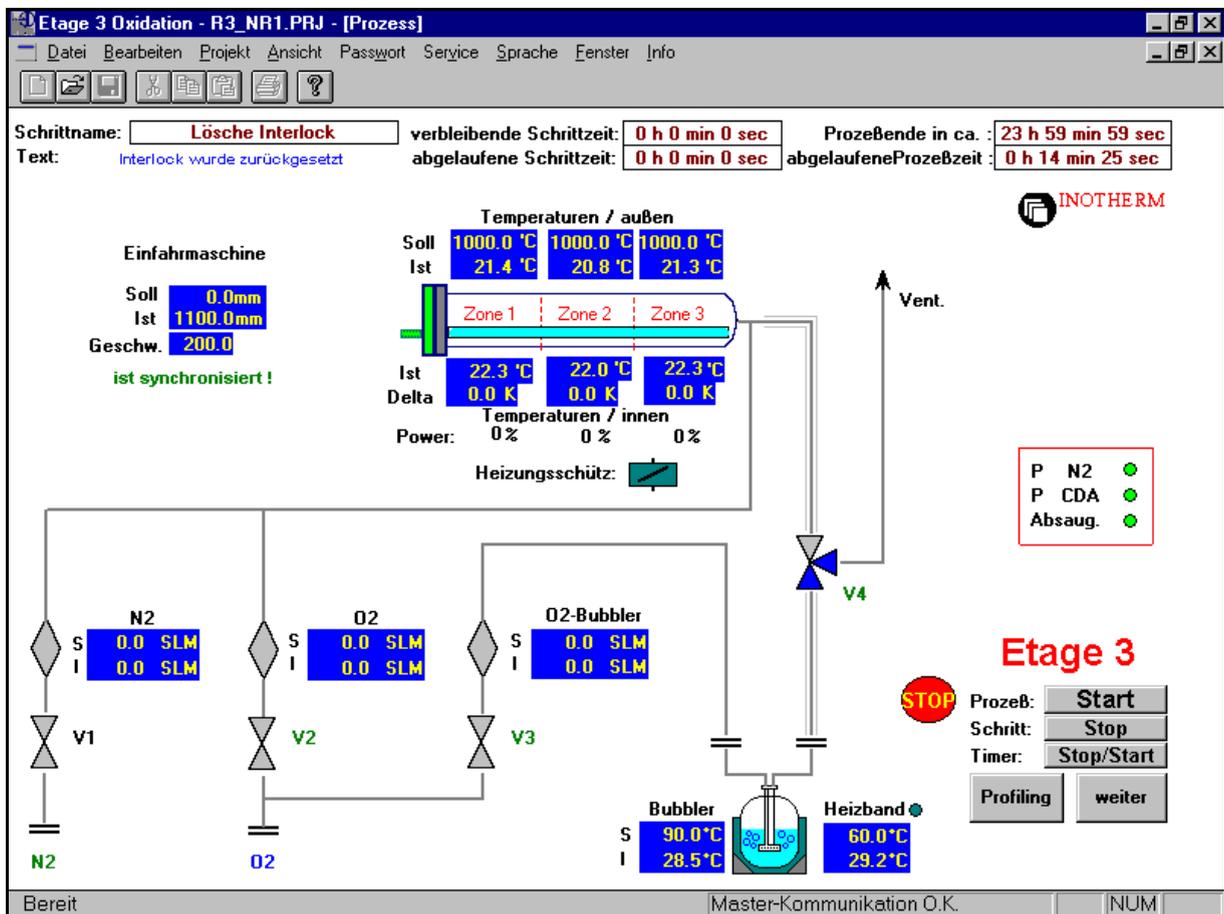


Abb.2: Hochtemperaturofen – Oberfläche des Prozessrechners

Das Zurechtfinden der Studierenden an der realen Anlage steht nicht allein im Vordergrund, genauso wichtig ist das Verstehen der dahinter liegenden prozesstechnischen Zusammenhänge. Neben der Computersimulation ist deshalb die Er-

stellung weiterer Inhalte, die dieses Verständnis und Wissen erhöhen, von Bedeutung. Die Aufbereitung dieser Inhalte erfolgt über elektronische Dokumente mit Hyperlinks, Bilder, interaktive Animationen und Videos. Die elektronischen Dokumente umfassen theoretische Erläuterungen, Handbücher zu den jeweiligen Maschinen, Programmhilfen und Bedienungsanleitungen, Hinweise zu weitergehender Literatur etc. Hier ist eine enge Verknüpfung von Text, Bildern, Animation und direktem Internetzugriff gegeben. Die elektronischen Dokumente sind z.T. ausdrückbar und können zusätzlich in Form von Handbüchern als klassische Nachschlagewerke dienen. Gerade komplizierte Vorgänge wie z.B. das Entstehen einer Oxidationsschicht, die Beschichtung mit einer PVD-Anlage (physical vapor deposition) oder die Ausbreitung einer zähen Flüssigkeit auf einer rotierenden Scheibe (Spin Coater) werden auf einfache Weise in interaktiven Animationen visualisiert, wobei die Maschinen schematisch dargestellt sind. Hier können die Studierenden nun durch Veränderung weniger Parameter direkt den veränderten Prozessvorgang erleben und verstehen. Videos werden bevorzugt für die Wiedergabe manueller Eingriffe eingesetzt. Sie zeigen das Arbeiten an den realen Maschinen und verdeutlichen den typischen Ablauf im Labor, gerade auch im Hinblick auf Sicherheitsaspekte. Eigenständigkeit, umsichtiges Agieren und Eigenverantwortlichkeit z.B. sind Schlüsselqualifikationen, die den Studierenden durch eigenständiges Arbeiten an den Maschinen und durch zurückhaltende Betreuung vermittelt werden.

Nicht nur die einzelnen Lernmodule können für sich zur Schulung für die jeweilige Anlage eingesetzt werden, das Training im virtuellen Labor geht noch einen Schritt weiter, da es die Gesamtheit aller Anlagen umfasst. Durch Verkettung der virtuellen Maschinen, d.h. der Output der einen Maschine wird als Input der nächsten Maschine genutzt, kann das virtuelle Labor auch zur Vorbereitung auf einen realen Fertigungsprozess verwendet werden. Damit rückt neben den einzelnen Anlagen und ihrer Bedienung der gesamte Fertigungsprozess mit seinen spezifischen Problemen und den Abhängigkeiten der einzelnen Prozessschritte untereinander in den Vordergrund, da die Teilschritte aufeinander aufbauen. Was die Studierenden virtuell an ihrem Studienort, an dem die Schulungen stattfinden, trainieren, können sie live im Reinraum-Labor in Zweibrücken erleben. Das Praktikum „Vom virtuellen Wafer zum realen Drucksensor“ besteht also aus der Kombination einer realen Prozesskette und dem virtuellen Labor, in dem die Studierenden ihr Hintergrundwissen vertiefen und über das sie optimal auf die Maschinenbedienung vorbereitet werden. Nach Absolvierung des intensiven und kompakten Laborkurses nehmen die Studierenden neue Fertigkeiten und einen selbständig produzierten Drucksensor als Endprodukt mit nach Hause.