



# **Aufbau eines Europäischen Virtuellen Labors für Entwurf, Überwachung und Steuerung von technischen Prozessen**

Peter F. Elzer, Ralf Behnke, Karl-H. Sauer mann, Arno Simon

Institut für Prozeß- und Produktionsleittechnik (IPP) der Technischen Universität Clausthal (TUC)  
Julius-Albert-Strasse 6  
D-38678 Clausthal-Zellerfeld  
elzer, ralf, karl, simon@ipp.tu-clausthal.de

## **1 Grundgedanken**

Zu den wesentlichsten Auswirkungen der “Neuen Medien“ und der Datennetze auf die zukünftige Arbeitswelt werden nach allgemein anerkannter Ansicht eine verstärkte Internationalisierung der Industrie und tiefgreifende Veränderungen in den Organisationsformen der Arbeit gehören. In der Industrie sind die diesbezüglichen Veränderungen, vor allem in Bezug auf Forschung und Entwicklung, schon in vollem Gange. Es ist deshalb notwendig, diese Aspekte auch in der universitären Lehre zu berücksichtigen und am besten sofort an konkreten Beispielen innerhalb der Forschung zu erproben.

Ein Ansatz dazu wird derzeit an der Technischen Universität Clausthal (TUC) verfolgt. Einige Institute der TUC und solche im europäischen Ausland, die schon seit einer Reihe von Jahren auf “konventionelle“ Weise zusammengearbeitet haben - z.B. unterstützt durch Reisestipendien aus den “Erasmus“ und “Sokrates“ Förderprogrammen der EU - sollen mit Hilfe leistungsfähiger Netzwerkverbindungen und geeigneter Mensch-Maschine-Schnittstellen so eng gekoppelt werden, daß die Durchführung gemeinsamer Forschungsprojekte “on-line“, d.h. ohne eine von den Mitgliedern der jeweiligen Arbeitsgruppen als störend empfundene räumliche oder zeitliche Trennung möglich ist. So entsteht ein “Europäisches Virtuelles Labor“.

Das gemeinsame Forschungsinteresse der bisher daran beteiligten Institute besteht in der Untersuchung von Grundlagen und optimalen Realisierungen von Techniken aus den Gebieten “Multi-Media“ (“MM“) und “Virtuelle Realität“ (“VR“) sowie deren Anwendung auf den Gebieten des Entwurfs technischer Systeme und deren Überwachung und Steuerung. Diese Themenkombination ist besonders erfolgversprechend, da auf diese Weise die für den Betrieb des virtuellen Labors nötigen technischen Hilfsmittel gleichzeitig Gegenstand der Forschung, Erprobung und kontinuierlichen Weiterentwicklung sein werden.

## **2 Ausgangsbasis**

### **2.1 Das “Clausthaler Labor“**

An der TUC wurde - unter anderem gefördert aus Mitteln der Innovationsoffensive des Landes Niedersachsen (Az.: 14-77010/1/P 54) - eine zukunftsweisende Einrichtung zur



Unterstützung von Lehre und Forschung und als Dienstleistungsangebot für die Industrie geschaffen. Es handelt sich um ein instituts- und fachbereichsübergreifendes verteiltes virtuelles Labor für alle Aspekte der Planung und des Baues von Fabrikationsanlagen mit dem Arbeitstitel: **“Clausthaler Labor für Plant Design and Virtual Manufacturing“** (im folgenden kurz **“Clausthaler Labor“** genannt).

Bisher sind daran sieben Institute aus verschiedenen Fachbereichen beteiligt, die untereinander vermittels des Campusnetzes der TUC (100 MBit/sec) verbunden sind. Die Schnittstelle nach außen bildet der Zugang der TUC zum Deutschen Forschungsnetz.

Ein spezielles Merkmal des Clausthaler Labors im Vergleich zu anderen **“virtuellen Laboren“** ist die Einbeziehung realer Versuchsanlagen wie z.B. für Rapid Prototyping oder aus den Gebieten der Fertigung oder der Verfahrenstechnik. Dies veranschaulicht der in Abb. 1 dargestellte schematisierte Überblick über seine Struktur. Bei den einzelnen Instituten sind beispielhaft einige ihrer Arbeitsgebiete aufgeführt, die von besonderer Bedeutung für die Aufgabenstellung des gesamten Labors sind. Eine ausführlichere Darstellung des Clausthaler Labors wurde bereits an anderer Stelle gegeben [EISm].

Damit eröffnet sich ein weites Spektrum praxisrelevanter Themen für Lehre und Forschung, wie z.B. die Einbeziehung vorhandener Maschinen oder Komponenten in die Fabrikplanung, die netzgestützte Kopplung oder Fernsteuerung industrieller Systeme oder die Anwendung der **“Computer Augmentierten Realität“** (**“CAR“**).

## 2.2 Bedeutung für die Lehre

Seine Bedeutung für die Lehre besteht darin, daß in Anbetracht der schnellen Verbreitung der **“Neuen Medien“** auf allen Gebieten der Arbeitswelt und der tiefgreifenden Änderungen, die sie bewirken, Studierende technischer Disziplinen die Möglichkeit erhalten, den zweckmäßigen Einsatz der erwähnten neuartigen Hilfsmittel so frühzeitig und umfassend wie möglich zu erlernen und zu üben.

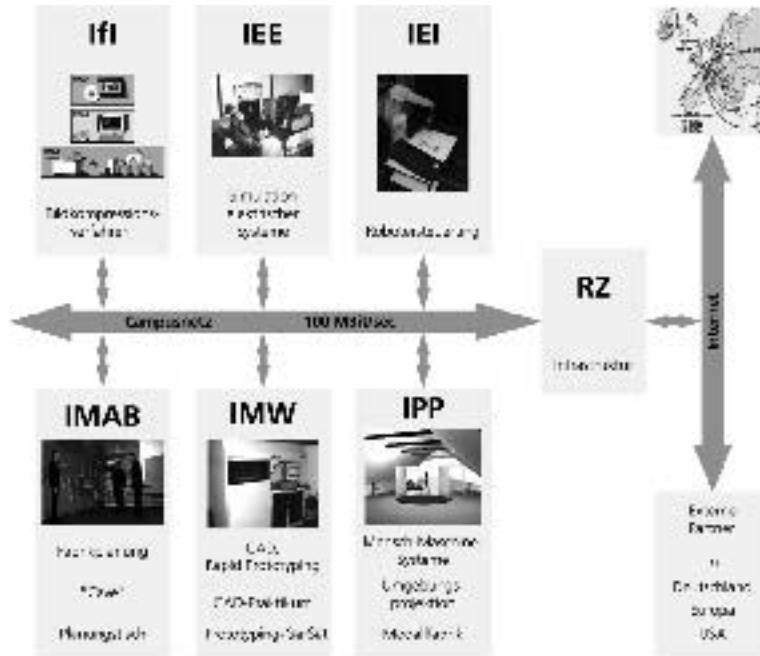
Dies geschieht zunächst durch deren praktischen Einsatz im Rahmen von Studien- und Diplomarbeiten. Die dabei gewonnenen Erfahrungen werden dann schrittweise in vermittelbare Lehrinhalte umgesetzt und in die entsprechenden Lehrveranstaltungen eingebaut.

## 2.3 Ökonomische Aspekte

In Bezug auf die ökonomischen Aspekte der Forschung wird sich der Nutzen des Clausthaler Labors auf zweifache Weise auswirken:

- Die beteiligten Institute erhalten leichten Zugang zu Geräten und Software, deren mehrfache Beschaffung die Mittel jedes einzelnen Institutes überschreiten würde.
- Es können eine Reihe wissenschaftlicher und technischer Probleme internetgestützter Systeme einer Lösung nähergebracht werden, die bisher noch deren praktischen Einsatz behindert haben.

Nicht zuletzt kann insbesondere die regionale mittelständische Wirtschaft dadurch daraus Nutzen ziehen, daß ihr in der Region modern ausgerüstete universitäre Kooperationspartner auf den aktuellsten Technologiefeldern zur Verfügung stehen.



**Abbildung 1.** Struktur des Clausthaler Virtuellen Labors mit Beispielen der Anteile der einzelnen Institute an der Gesamtaufgabenstellung

### 3 Schwerpunkte des Projektes

#### 3.1 Rechnergestützte Projektierung und Modellierung von Verfahren und Anlagen

Die unter diesen Begriffen zusammengefaßten Vorgehensweisen werden immer wichtiger, um Verfahren und Anlagen - technische Systeme im Allgemeinen - besser, sicherer, effizienter, umweltverträglicher, etc. zu machen. Sie tragen auch dazu bei, den Entwicklungsprozeß zu beschleunigen und teure physische Modelle zu sparen. Die MM- und VR-Technologien sind dafür sehr wirksame Hilfsmittel. Vor allem bieten sie bisher nie gekannte Gestaltungs-, Erlebnis- und Erkenntnismöglichkeiten in der Planungsphase. Davon ist eine wesentliche Steigerung der Planungsqualität und damit der Benutzbarkeit, Sicherheit und Zuverlässigkeit technischer Systeme zu erwarten.

Das Kennenlernen und eigenständige Anwenden dieser Planungstechniken ist also für Studierende von großer Bedeutung. Bezüglich Forschung und Entwicklung ist ein wesentlicher Motivationsschub dadurch zu erwarten, daß Qualität und Verfügbarkeit der bisher in der "Internet-Szene" üblichen Arbeitsmittel bis an ihre Grenzen belastet und ausgetestet werden. Davon sind entsprechende Anstöße für ihre Weiterentwicklung zu erwarten.

### 3.2 Überwachung und Steuerung technischer Systeme

#### Regulärer Betrieb

Heutige technische Prozesse sind meist sehr komplex und hoch automatisiert. Ihre Steuerung und Überwachung geschieht weitgehend dezentral. Somit sind sie nicht ohne weiteres überschaubar. Dies führt z.B. beim regulären Betrieb - der laufenden Überwachung und Steuerung des Prozesses - dazu, daß das Bedienpersonal immer weniger in die "reale" Umgebung integriert wird. Zur Kompensation dieses Defizites, zur Erleichterung der Aufgaben des Bedienpersonals bei besonders großen technischen Prozessen (wie z.B. Kraftwerken, chemischen Anlagen usw.) und zur Vermeidung von Bedienfehlern werden mehr oder minder hochentwickelte Mensch-Maschine-Schnittstellen und Unterstützungssysteme eingesetzt. Deren Ziel ist es im allgemeinen, Fehler bei der Erkennung und Klassifikation von Prozeß zuständen sowie Fehler bei der Planung und Ausführung der Prozeß-eingriffe zu verringern und - soweit möglich - zu vermeiden.



**Abbildung 2.** Rundumprojektion und Positionserkennung im Integrationslabor des IPP

Die Handhabbarkeit und Wirksamkeit neuentwickelter Mensch-Maschine-Schnittstellen muß durch eingehende Versuche - "Usability-Tests" - erprobt und bewertet werden. Dafür stellt ein verteiltes Labor ein hervorragendes Arbeitsmittel dar, da es die Teilnehmerbasis für solche Versuche deutlich verbreitert. Andererseits sind innerhalb des verteilten Labors Stellen nötig, an denen alle Techniken und Aspekte des Baues neuzeitlicher Mensch-Maschine-Schnittstellen integriert und erprobt werden können. Ein solches Integrationslabor wurde am IPP der TUC eingerichtet. Abb. 2 zeigt einen Ausschnitt davon.

### Inbetriebnahme und Wartung

Bei der Inbetriebnahme bzw. beim An- und Abfahren einer Anlage (z.B. für Wartungszwecke) werden hohe Anforderungen an die Beteiligten - die Anlagenbauer und das eigentliche Bedienpersonal der Anlage - gestellt.

So werden manche Planungsfehler erst bei der Inbetriebnahme entdeckt, da sie bei der Planung und beim Bau einer Anlage u.U. nicht vorhersehbar waren. Dies kann durch die Nutzung von Simulationstechniken vermieden werden. Ein entsprechender Simulator muß aber nicht "vor Ort" vorhanden sein, sondern kann über das Internet zugeschaltet werden.

Ein anderer Fall ist die Bereitstellung des Anfahrpersonals für eine neu errichtete Anlage. Sie bedarf umfangreicher planerischer und organisatorischer Vorbereitungen. Dies gilt auch, wenn die Anlage vor bzw. nach regelmäßigen Wartungsarbeiten ab bzw. angefahren werden muß. Diese Vorgänge sind eine schwierige und langwierige Angelegenheit und u.U. risikoreich.

Der Schulung des Bedienpersonals kommt dabei eine vitale Bedeutung für den erfolgreichen Verlauf zu. Dies gilt besonders, wenn das Bedienpersonal ohne Unterstützung des Anlagenbauers zum ersten Mal auf sich selbst angewiesen ist. Hier ist von einer intensiven Kopplung - unter Ausnutzung aller Möglichkeiten des Internets - zwischen Inbetriebnahme- und Entwicklungsmannschaft eine wesentliche Verbesserung der Situation zu erwarten.

### 3.3 Multimediale Darstellung von technischen Sachverhalten und Arbeitsergebnissen

Diese werden in Technik und Industrie zu einem immer wichtigeren Lehr- und Arbeitsmittel. Ein Anwendungsgebiet ist z.B. die Visualisierung von naturwissenschaftlichen und technischen Sachverhalten oder Arbeitsergebnissen, ein anderes Betriebs- und Wartungsanleitungen). Zum einen müssen deshalb derartige Darstellungsformen für die Unterstützung der Lehre entwickelt werden, zum anderen müssen Studierende lernen, sie selbst zu entwickeln.

## 4 Zu erwartende Vorteile

Die dargestellte Organisationsform hat eine Reihe von Vorteilen. Es handelt sich um eine geografisch verteilte - und damit überregionale - Struktur, bei der aber bestehende regionale Einrichtungen genutzt werden und in ihrem lokalen Umfeld verankert bleiben. Deshalb fallen Diskussionen über Standort, Gebäude oder Führungspositionen weg, die sonst bei der Gründung von gemeinsamen (speziell europäischen) Einrichtungen für große Reibungsverluste sorgen. Auch die für Baumaßnahmen anfallenden Mittel werden weitestgehend eingespart.

Anders ausgedrückt wird auf diese Weise ein "europäischer Forschungsverbund neuen Typs" geschaffen, dessen Lebensdauer über die bei der bisherigen Projektförderung üblichen drei bis fünf Jahre hinausgeht. Dadurch wird einmal aufgebautes know-how nicht

wie bisher nach Beendigung eines "Projektes" zerschlagen, sondern bleibt erhalten. Die Verwertung von Ergebnissen ist z.B. dadurch sichergestellt, daß das Eigeninteresse der einzelnen Teilnehmer an lokaler Nutzung der gemeinsam erzielten Ergebnisse erhalten bleiben kann, ohne die gemeinsame Arbeit zu beeinträchtigen.

Weiterhin können die Mitarbeiter in ihrer regionalen Umgebung verbleiben, aber auch, falls nötig, andere Forschungsstellen des Verbundes besuchen. Viele kleine Probleme können ohne Zeitverzug durch Telekonferenzen gelöst werden, wodurch ein großer Teil der Reisetätigkeit entfällt. Durch die enge Kopplung der einzelnen Forschungsstellen entsteht andererseits eine neue Qualität des internationalen Charakters der Zusammenarbeit.

## 5 Bisher erreichter Stand

Ein weiterer besonderer Akzent des "Clausthaler Labors" ist seine bereits in der Konzeption angelegte Internationalität. So konnten beispielsweise langjährige Kontakte zu den Universitäten von Loughborough und Durham in Großbritannien genutzt werden, die schon im Rahmen des von der EU geförderten COPES-Projektes [Gret] zu gemeinsamen Arbeiten führten.

Am weitesten ist die Zusammenarbeit mit der Universität von Loughborough gediehen. Es wurde ein gemeinsames Projekt begonnen, das sich mit der Fernüberwachung und -steuerung von verfahrenstechnischen Anlagen über das Internet befaßt. Seitens der TUC wird die am IPP eingerichtete Modellfabrik zur Verfügung gestellt. Die englische Seite arbeitet an den sicherheitstechnischen Problemen der Fernbedienung, beide Institute an speziellen Aspekten der dafür notwendigen Mensch-Maschine-Schnittstellen. Die Arbeiten in Loughborough selbst werden vom British Research Council gefördert. Das Projekt ist eingebettet in eine Vereinbarung über gemeinsame Studienangebote und einen Austausch von Studierenden im Rahmen des Erasmus/Sokrates-Programms. Abb. 3 illustriert die Zusammenarbeitsstruktur und Aufgabenverteilung.

Mit der Universität in Durham wurde ebenfalls eine Vereinbarung über den Austausch von Studierenden und gemeinsame Studienangebote unterzeichnet. Ein gemeinsames Projekt ist in der Konzeptphase.

Mit anderen Forschungsstellen in Europa laufen schon seit einigen Jahren Verhandlungen in Bezug auf gemeinsame Projekte. Diese werden sich in naher Zukunft konkretisieren, da mit dem Clausthaler Labor jetzt die technischen und organisatorischen Grundlagen gelegt sind.

Inhalt der bisher durchgeführten Versuche waren hauptsächlich die besonderen Probleme geografisch weit verteilter Zusammenarbeitsformen. Dabei wurden einige Schwachstellen aufgedeckt, die in dieser Form nicht erwartet worden waren. An Lösungen wird gearbeitet.

Kopplungsversuche nach USA ("center for advanced visual studies" am MIT) verliefen überraschend ermutigend, wenn dabei auch die reale Zeitdifferenz den Zusammenarbeitsphasen natürliche Grenzen setzt.

Zum Schluß sei angemerkt, daß die dargestellte Struktur offen ist für weitere Interessen, die auf Gegenseitigkeitsbasis an diesem zukunftsweisenden Großversuch teilnehmen möchten.

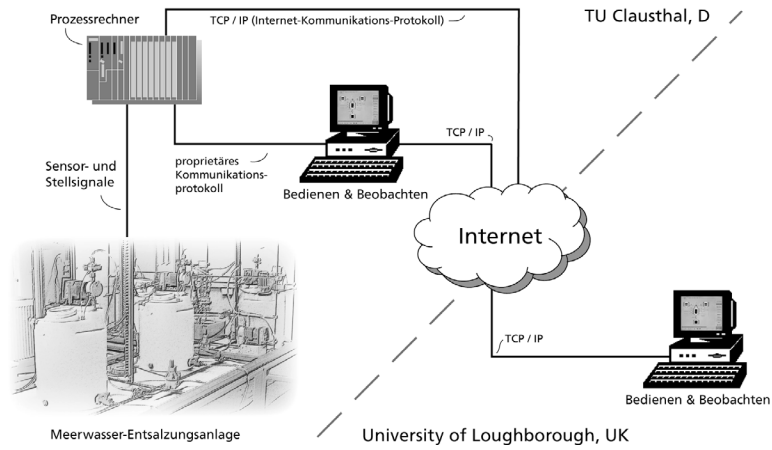


Abbildung 3. Aufgabenverteilung zwischen der TUC und der Universität Loughborough

## Literatur

- [EISm] Elzer, P. F., Sauermann, K.-H.: Ein verteiltes Labor für Fabrikplanung und virtuelle Fertigung. In: Automatisierungstechnik im Spannungsfeld neuer Technologien. Tagung Baden-Baden, 22./23. Mai 2001/ VDI/VDE-Gesellschaft Mess- und Automatisierungstechnik. VDI-Berichte Nr. 1608, S. 485-492. VDI-Verlag, Düsseldorf (2001).
- [Gret] Grethe, V.: Netzwerk für zukünftige Kooperationen - COPES führt europäische Wissenschaftler nach Clausthal. IMW-Institutsmittelungen, Nr. 23, S. 153 - 154, Clausthal (1998).