

was die sehr positiven öffentlichen Reaktionen bestätigen. Telefonische Umfragen ergaben, dass viele Nutzer die Information als hilfreich empfinden und bereits gute Erfahrungen gemacht haben. Die Tafel bietet im Durchschnitt täglich über 80 Minuten lang Informationen, die den Autofahrern die Wahl einer günstigeren Alternativroute ermöglichen. Von der detaillierten Visualisierung der aktuellen Verkehrslage durch TrafficVision profitieren inzwischen auch die Bayerische Landesmeldestelle und die rund um München zuständigen Autobahnpolizeistationen, die sich nun schneller und umfassender informieren können als bisher.

Wegen der rasant fortschreitenden Entwicklungen auf dem Mobilfunksektor hat der TUM-Lehrstuhl inzwischen einen ersten einsatzfähigen Testpiloten VisionAir entwickelt, mit dem die Verkehrslage vollgrafisch und ständig aktualisiert auf dem Display moderner Java-Handys dargestellt werden kann. So hat man die aktuellen Informationen zur Verkehrslage immer und überall zur Hand.

Durch die Zusammenführung aller Verkehrsinformationen sind nun die Voraussetzungen geschaffen, um zukünftig - etwa im Rahmen von Großveranstaltungen wie der Bundesgartenschau 2005 oder der Fußball-Weltmeisterschaft 2006 - auch weitere Aufgaben eines strategischen Verkehrsmanagements umzusetzen. In Zukunft können Autofahrer flexibler auf aktuelle Situationen reagieren und Staus ausweichen - damit es nicht mehr jeden Tag das Gleiche ist.

*Florian Glas*

**Dipl.-Ing. Florian Glas**  
**Lehrstuhl für Verkehrstechnik**  
**Tel.: 089/289-23837**  
**florian.glas@vt.bv.tum.de**

Virtual Prototyping in der Technischen Elektrophysik

## Mikrosysteme am Computer entwickeln

**Ob Beschleunigungs- und Drehratensensoren für Airbag- oder ABS-Systeme, ob Pumpen zur Dosierung kleinster Flüssigkeitsmengen auf Mikrodosierchips in Umweltanalytik oder Pharmazie, ob kleinste, implantierbare Elektroden zur Stimulation erkrankter Netzhautzellen, ob Hochfrequenzschalter für Mobilfunk und Hörgeräte: Mikrosysteme halten in vielen Bereichen des täglichen Lebens Einzug, und ihr Einsatz wird für immer mehr Anwendungen in der Praxis denkbar. Am Lehrstuhl für Technische Elektrophysik der TUM (Prof. Gerhard Wachutka) hat sich Dr. Gabriele Schrag in ihrer vom Bund der Freunde der TUM ausgezeichneten Dissertation mit der »Modellierung gekoppelter Effekte in Mikrosystemen auf kontinuierlicher Feldebene und Systemebene« befasst. Hier stellt sie ihre Arbeit vor:**

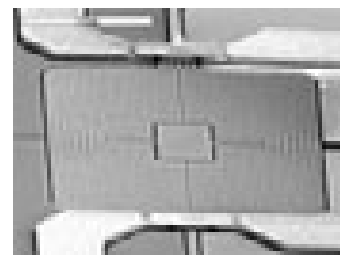
Mikrosysteme vereinigen auf kleinster Fläche über die rein elektrische Funktion integrierter Schaltungen (Mikrochips) hinaus auch nicht elektrische, etwa mechanische, fluidische, chemische oder optische Funktionalität. Ihre Arbeitsweise beruht auf der Kopplung zwischen verschiedenen physikalischen Energiedomänen. Beispielsweise wandeln sie elektrische Signale in nicht elektrische um, etwa beim Anregen einer mikromechanischen Membran in der Antriebseinheit einer Mikropumpe - man spricht dann von einem Aktor. Oder es werden nicht elektrische Signale in elektrische gewandelt, etwa bei der elektrischen Detektion der mechanischen Verformung eines Drucksensors - dann spricht man von einem Sensor. Um bei der Entwicklung solcher Mikrosysteme Funktions- und Designkonzepte schon in einem frühen Stadium verifizieren und selektieren zu können, benötigt man zuverlässige Simulationswerkzeuge, die den Entwurf von Bauelementen und Systemen durch umfassende Modellierung unterstützen können.

Wichtig ist hierbei einerseits die korrekte Modellierung der gekoppelten Effekte auf Ebene der Bauelemente; dazu müssen vielfach noch zuverlässige Ansätze entwickelt werden. Andererseits soll das Gesamtverhalten des Mikrosystems modellierbar sein - also inklusive aller gekoppelten Effekte, der Beschaltung und Auswerteelektronik -, denn nur so kann man es als Ganzes in seiner Funktion optimieren. Da mikromechatronische Systeme hinsicht-

lich der physikalischen Effekte weitaus komplexer sind als rein elektronische Systeme, sind unbedingt Modelle mit einer deutlich reduzierten Zahl an Freiheitsgraden nötig, so genannte Makro- oder Systemmodelle; nur diese erlauben es, Mikrosysteme in ihrer Gesamtheit effizient zu modellieren.



Gehäusete Mikromembranpumpe, entwickelt und gefertigt am Fraunhofer-Institut für Zuverlässigkeit und Mikrointegration (IZM) München. Foto: IZM München



Mikromechanischer Schalter. Bedingt durch den Herstellungsprozess und zur Herabsetzung der Dämpfung ist der Schalter mit rund 3 000 bis 5 000 Perforationen versehen und damit geometrisch zu komplex, um ihn detailliert auf Bauelementeebene modellieren zu können. Foto: Infineon Technologies AG München

Dafür hat Gabriele Schrag verschiedene Ansätze und Methoden entwickelt. An typischen Demonstratoren wie einem integrierten mikromechanischen Drucksensor, einer elektrostatisch angetriebenen Mikromembranpumpe, gelochten Platten oder Membranen als Basis-

elemente für dynamisch betriebene Bauelemente konnte sie Wege aufzeigen, wie sich die Komplexität der Modelle - angepasst an das jeweilige Problem - so reduzieren lässt, dass gekoppelte Effekte möglichst genau und physikalisch basiert, aber dennoch mit angemessenem Rechenaufwand in die Simulationen einbezogen werden können. Ausgehend von der universellen Methodik der »Generalisierten Kirchhoffschen Netzwerke« - sie erlaubt es, die elektrische Netzwerktheorie auch auf nicht elektrische Energiedomänen zu erweitern und so ganze Mikrosysteme inklusive aller Kopplungen auf Systemebene zu modellieren - hat Schrag eine Mixed-Level-Methode vorgestellt, die modular organisiert und deshalb besonders flexibel und leistungsfähig ist, um maßgeschneiderte Modelle auch für komplexe Mikrosysteme abzuleiten. Diese Modelle haben die geforderte Effizienz und sind gleichzeitig ausreichend exakt, da sie physikalisch basiert abgeleitet werden.

Die Leistungsfähigkeit der Methode wurde erfolgreich beim Modellieren viskoser Dämpfungseffekte in dynamisch betriebenen Mikrobau-elementen demonstriert. Diese auf Bauelementebene zu behandeln, ist insbesondere für die in der Praxis oft komplexen Geometrien mit mehreren tausend Perforationen wegen des hohen Rechenaufwands praktisch unmöglich. Mit Hilfe der Mixed-Level-Methode gelingt es, einen abstrahierenden Ansatz auf Systemebene abzuleiten, der die Komplexität des Problems deutlich reduziert, aber dennoch physikalisch

basiert und akkurat bleibt und es somit erstmals erlaubt, die Dämpfung auch bei komplexen Bauelementegeometrien mit einem akzeptablen Rechenaufwand prädiktiv zu simulieren.

**Dr. Gabriele Schrag**  
**Lehrstuhl für Technische Elektrophysik**  
**Tel.: 089/289-23125**  
**[schrag@tep.ei.tum.de](mailto:schrag@tep.ei.tum.de)**

Personenbezogene Dienstleistungen

## Arbeit in der Interaktion

**Personenbezogene Dienstleistung findet stets in Kooperation mit Klienten statt. Deren Bedürfnisse und Gefühle fließen bei der Ausführung dieser Tätigkeiten mit ein. In einem Verbundprojekt entwickelt der Lehrstuhl für Psychologie der TUM (kommissarische Leitung Prof. Winfried Hacker) Konzepte und Methoden für Interaktionsarbeit und erprobt in Betrieben Maßnahmen zur Förderung personenbezogener Dienstleistung.**

Die personenbezogene Dienstleistung, die Tätigkeit mit und am Menschen, wird in den nächsten Jahren weiter an Bedeutung gewinnen. 2010, so die Prognose, wird jeder dritte Beschäftigte in Deutschland im Dienstleistungsbereich arbeiten. Die demographische Entwicklung und der erwartete Pflegebedarf machen deutlich, dass dabei ein Schwerpunkt die Humandienstleistung sein wird, also beispielsweise die von Ärzten, Pflegekräften, Lehrern oder Polizisten. Die Qualität solcher Dienstleistung ist davon abhängig, wie gut Leistungserbringer und Leistungsnehmer miteinander kooperieren. So kann eine Pflegekraft eine Heimbewohnerin nur fachgerecht versorgen, wenn diese einverstanden ist, sich gefühlsmäßig darauf einstellt und kooperiert. Ebenso wird eine Lehrerin einen Schüler nur zur Mitarbeit bewegen, wenn sie auf seinen Wissenstand und Gefühlszustand eingeht und ihn kooperationswillig und lernbereit stimmt. Im Unterschied zur Sach-Dienstleistung ist das Gegenüber hier nicht nur Konsument, sondern stets »Ko-Pro-

duzent«. Selbst einfache Tätigkeiten sind in der Humandienstleistung in komplexe interaktive Zusammenhänge eingebettet.

Eine Arbeitsgruppe des TUM-Lehrstuhls für Psychologie betreibt seit vielen Jahren Forschung zur Qualität des Arbeitslebens in der Humandienstleistung. Im Rahmen eines vom Bundesministerium für Bildung und Forschung geförderten und an der TUM koordinierten interdisziplinären Verbundes entstehen Konzepte und Methoden sowie arbeitsorganisatorische Ansätze zur Verbesserung von Interaktionsarbeit. Gemeinsam mit Arbeitssoziologen der Universität Augsburg, des Instituts für Sozialforschung (ISF) München und anderer Institute werden Interaktionsprozesse in verschiedenen Feldern der Dienstleistung erforscht. Zunächst wurde ein integriertes Konzept der Interaktionsarbeit



Humandienstleistungen wie die Pflege alter Menschen gewinnen in unserer Gesellschaft immer mehr an Bedeutung. Die Qualität solcher Tätigkeiten zu erhöhen, ist Ziel eines Verbundprojekts, an dem TUM-Psychologen mitarbeiten.  
 Foto: Björn Giesenbauer

entwickelt, das Kernkomponenten interaktiver Arbeit darlegt und theoretisch be-