

jektionsstrahl trifft von der dem Betrachter abgewandten Seite auf die Leinwand. Die Projektion ist aufgebaut aus fünf jeweils mit einem Projektor bestückten Modulen; die Bildhöhe beträgt 2,9m. Der asymmetrisch um das Fahrerhaus angeordnete Sichtwinkel umfasst 210°. Das erlaubt sowohl den Schulterblick des Fahrers wie auch die Sicht aus dem Beifahrerfenster. Die Ansichten der Rückspiegel - es gibt zwei Hauptspiegel und einen zusätzlichen Weitwinkelspiegel auf der Beifahrerseite - werden mit Thin Film Transistor (TFT)-Bildschirmen simuliert. Diese bieten eine sehr gute Sicht auf die Bereiche neben und hinter dem Lkw. Unterschiedliche Wetterverhältnisse, autonomer Verkehr und Stressoren lassen sich programmieren. So bringt man den Probanden gezielt in bestimmte Fahrsituationen und beobachtet und bewertet dann seine Reaktionen.

Für ein realistisches Fahrgefühl muss der Fahrer den Fahrzustand am Lenkrad spüren. Im Simulator erzeugt ein Hohlwellenmotor das Lenkmoment, der Lenkwinkel wird über einen Absolutwertgeber gemessen. Diese Einheit gibt dem Fahrer ein Feedback von der Lenkung und leitet seinen Lenkwunsch an die Software. Die Software verarbeitet den Wunsch und gibt ihn an die Bewegungsplattform weiter. Diese setzt die von sechs elektrischen Spindelantrieben erzeugten Bewegungen des Fahrerhauses um und vermittelt so dem Fahrer ein Gefühl der Geschwindigkeit.

MOBINET NetzInfo und VisionAir

## Sehen statt Hören

**Jeden Tag das gleiche Spiel: Wer auf den Autobahnen rund um München unterwegs ist, steht jeden Tag zur gleichen Zeit im gleichen Stau. Das Straßennetz verfügt heute trotz seiner zahlreichen Einfall- und Ringstraßen nur noch über begrenzte Restkapazitäten. Schon kleine Ereignisse wie eine Messeveranstaltung oder ein Verkehrsunfall können das labile Gleichgewicht zwischen Stop and Go empfindlich stören und weitreichende Auswirkungen haben. Dann steht man im Stau - und eine halbe Stunde später kommt im Radio die Staumeldung. Wie schön wäre es, sähe man rechtzeitig und auf einen Blick die topaktuelle Verkehrslage; man könnte sofort ausweichen und viel Zeit sparen. Für Autofahrer aus dem Münchner Osten wurde diese Vision jetzt Realität - dank MOBINET NetzInfo, einem Projekt des Lehrstuhls für Verkehrstechnik der TUM (Prof. Fritz Busch).**

Kernstück des vom Bundesministerium für Bildung und Forschung geförderten Forschungsprojekts ist eine 50 m<sup>2</sup> große innovative Verkehrsinformationstafel an der BAB A94. Sie zeigt eine schematische Übersicht der wichtigsten Hauptstraßen Richtung München. Da, wo aktuell eine Störung vorliegt, wird mittels LED-Technologie aus einer schwarzen eine leuchtend rote Linie. Das Straßennetz ist dabei so skiz-



NetzInfo-Tafel auf der A94 bei der Anschlussstelle Parsdorf.

*Foto: Autobahndirektion Südbayern*

ziert, wie es der Autofahrer vor sich hätte, wenn er die Tafel auf den Boden »umklappen« würde; so erkennt er schnell, ob und wohin sich ein Ausweichen lohnt.

Das Geheimnis der Tafel schlummert allerdings im Verborgenen, denn von der Erfassung der Verkehrsdaten bis hin

zur grafischen Darstellung waren viele Hürden zu überwinden. Es wurde ein technisch hochkomplexer Datenverbund realisiert, der die Informationen von über 600 Detektoren aus elf einzelnen, bislang separat arbeitenden Systemen zusammenführt. Dazu musste im Rahmen eines »Kooperativen Verkehrsmanagements« eine enge Vernetzung zwischen den Systemen des Freistaats Bayern und der Landeshauptstadt München geschaffen werden. Für die integrative grafische Visualisierung und Steuerung der Tafel haben die TUM-Wissenschaftler die völlig neue Software TrafficVision entwickelt, die die Verkehrslage minütlich neu berechnet und automatisch an die Tafel und somit an die Autofahrer weitergibt.

Die NetzInfo-Tafel - eine europaweit einzigartige inno-



Testpilot VisionAir zur Darstellung der Verkehrslage auf Java-Handys.

*Foto: Lehrstuhl für Verkehrstechnik*

vative Form der Verkehrsinformation - ist seit Anfang Juli 2003 im Regelbetrieb. Dank der intensiven Voruntersuchungen ist das Tafel-Design intuitiv verständlich,

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-