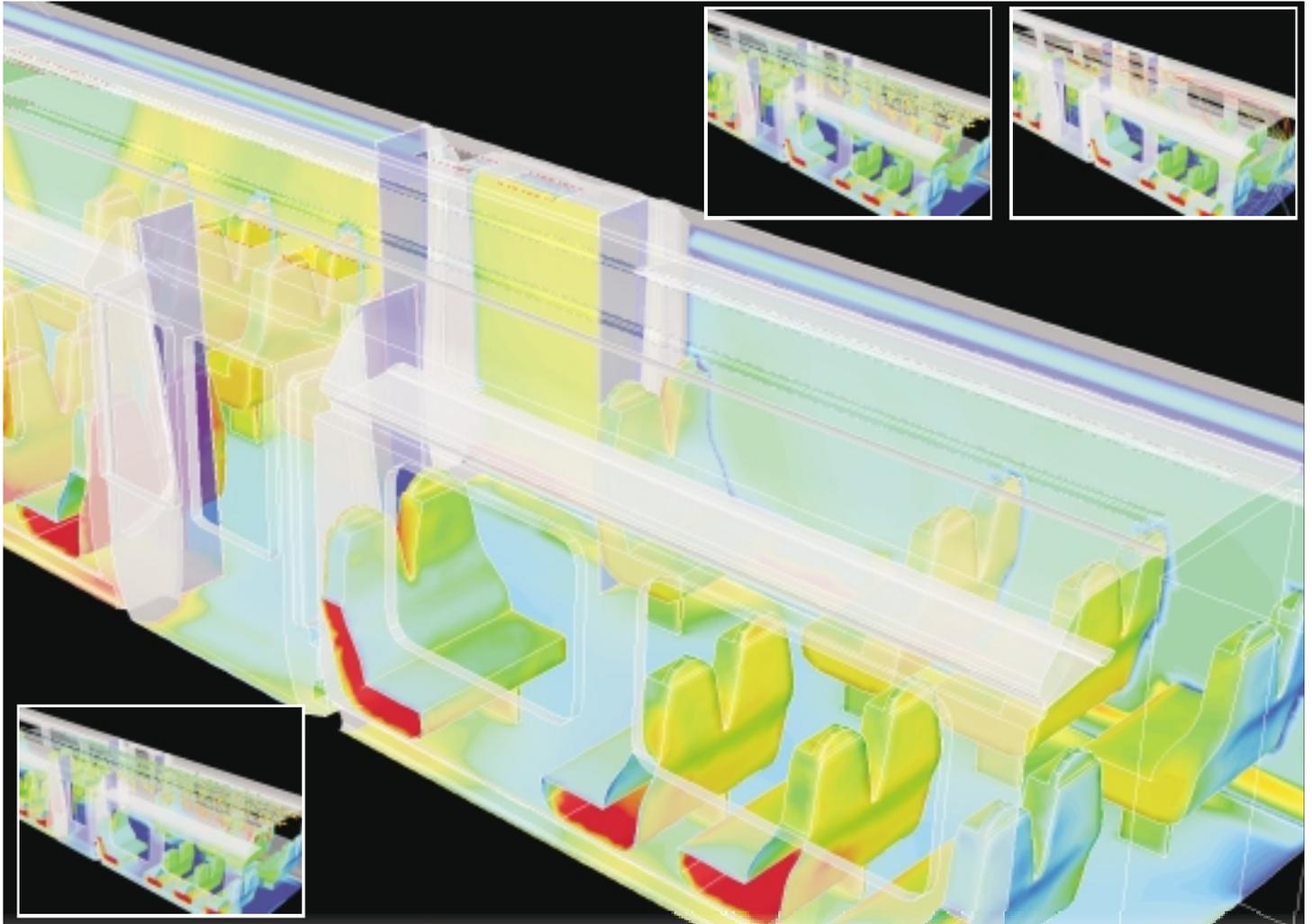


IT'S T.I.M.E.

TECHNOLOGY. INNOVATION. MANAGEMENT. ENGINEERING.

Ein fachübergreifendes Journal für die angewandte Wissenschaft

Ausgabe 1/2001



Simulation des Klimatisierungs- & Belüftungskonzeptes des DESIRO-UK Regionalzuges

Mobilität

Europas neue Wege

Chancen und Hindernisse für Innovationen im Verkehrsbereich

Freie Fahrt im Cyberspace

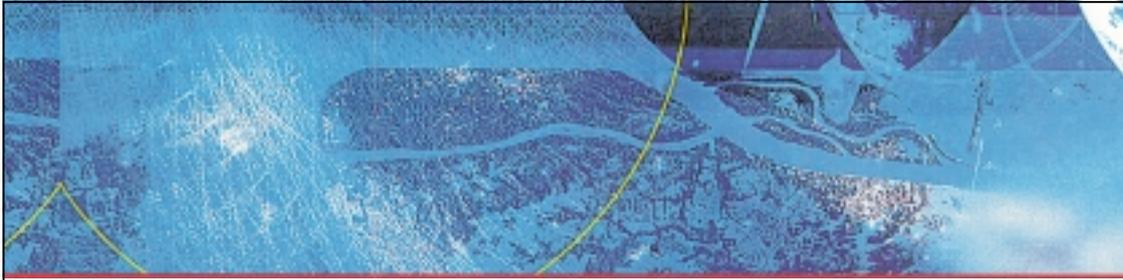
Schöne mobile Zukunft

GALILEO

European Satellite Navigation Technology for Enhanced Mobility

Elektronische Eisenbahnstellwerke

Fehlertolerante Systeme im Technologiewandel



SCIENCE-TALK

Forscher im Gespräch mit BürgerInnen

Wir alle wissen, dass wir Wissen brauchen. Nur ständiges Weiterlernen, auf der Höhe der Zeit bleiben, neueste Entwicklungen begreifen, hält uns fit für die wissensbasierte Gesellschaft.

Österreichs größtes Zentrum für angewandte Forschung, die Austrian Research Centers Seibersdorf wollen mit Bürgerinnen und Bürgern in ein Gespräch über die Zukunft eintreten. In der Reihe „Science Talk“ werden führende WissenschaftlerInnen aus dem In- und Ausland ihre Forschungsergebnisse in klar verständlicher Form vorstellen und erläutern, wie diese unsere Welt verändern.

Es soll deutlich werden, welche Chancen und Risiken Forschung und technologische Entwicklung für jeden Einzelnen mit sich bringen und was wir für unsere Zukunft von der Wissenschaft erwarten dürfen.

Details unter:

www.arcs.ac.at/science-talk


AUSTRIAN RESEARCH CENTERS
SEIBERSDORF


www.diepresse.at

It's time for IT'S T.I.M.E.

Günter R. Koch

Informatiker und wissenschaftlich-technischer Geschäftsführer
des Österreichischen Forschungszentrums Seibersdorf



Liebe ARConauten,

die Argonauten aus der griechischen Sagenwelt haben mehr als nur phonologische Ähnlichkeit mit den MitarbeiterInnen der Häuser ARCS und arsenal.

Auch wir verstehen uns als „Navigatoren“ im Sinne von mutigen Seefahrern. Nur dass wir nicht die Ägäis durchkreuzen, sondern den stets expandierenden Ozean der Natur- und Technikwissenschaften.

Navigation steht demnach für das sich Zurechtfinden und Orientieren in den Weiten des Wissens. Wie aber wird dieses Wissen erzeugt und geordnet? Und was macht es zu einem wissenschaftlichen Wissen?

Wissenschaftlichkeit legitimiert sich durch die Kommunikation aller Wissensschaffenden: Das System wissenschaftlicher Publikationen stellt einen globalen Markt des Informationsaustausches dar, Veröffentlichungen sind die Währung der Wissenschaft. Qualifizierte Beiträge sind somit einerseits Ausweis wissenschaftlicher Befähigung, andererseits garantieren sie die Qualität der eigenen Erfindungen, indem sie sich der internationalen Begutachtung stellen: Stell' dir vor, du weißt etwas und keiner bekommt's mit! (Übrigens: Wissensmanagement sorgt sich vor allem um das Teilen und Verteilen von Wissen).

Die Unternehmen und ihre MitarbeiterInnen der angewandten Forschung, die unter dem ARC-Dach versammelt sind, haben zwei Märkte zu bedienen, die sich nicht notwendigerweise vertragen: Im Markt der Kunden mit seinen industrieökonomischen Ansprüchen haben sie sich systemadäquat, d.h. ökonomisch zu verhalten; in dem zweiten müssen sie anhand ihrer begutachteten wissenschaftlichen Leistungen beweisen, dass sie der Scientific Community zugehören.

Diese Fähigkeit des qualifizierten wissenschaftlichen Arbeitens und des Kommunizierens im System des „Wissenschaftsmarktes“ anzustacheln, ist zentrales Motiv für die Herausgabe von IT'S T.I.M.E. Es soll zunächst als Plattform zur Erstpublikation wissenschaftlicher Leistungen unserer beiden Unternehmen dienen. Damit verknüpfen sich eine Reihe von Anreizen:

- Den wissenschaftlich arbeitenden MitarbeiterInnen wird offeriert, über das aktive Einbringen nicht nur eines Beitrags, sondern über eine Zeitspanne mehrerer Artikel sich sukzessive ein eigenes wissenschaftliches Kompendium zu erarbeiten. Für deren Akzeptanz als wissenschaftliche Arbeit an einer Universität wird sich die wissenschaftliche Geschäftsführung einsetzen. Wissenschaftliches Publizieren wird als Kriterium in den Mitarbeiter-Bewertungskatalog aufgenommen.
- Unser wissenschaftlich-technisches Management ist auch aufgefordert, Publikationen von MitarbeiterInnen in IT'S T.I.M.E. gegebenenfalls in „ausgebauter“ Form aktiv an internationale, citation-index-qualifizierte Fachzeitschriften zu vermitteln.
- Anstatt wie bisher umfängliche Berichte von Forschungsprojekten abzuliefern, die letzten Endes doch wenig beachtet in Archiven verschwinden, wird stattdessen einer konzentrierten und methodisch-wissenschaftlichen Publikation Vorrang gegeben: Im Zweifel zählt eine peer-reviewte, zehnteilige Publikation deutlich mehr als ein hundertseitiger Bericht.
- Wir werden zu den jährlichen AWARDS zur Belohnung besonderer Projekt- und Wirtschaftsleistungen einen weiteren, neuen AWARD zur Auszeichnung der besten wissenschaftlichen Publikation(en) aufnehmen.

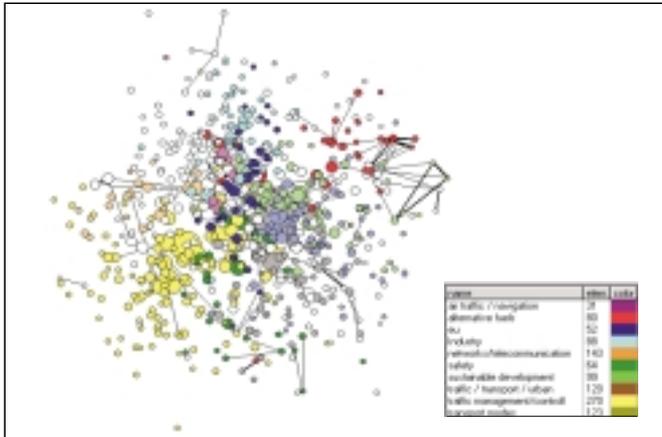
Die herausragende und differenzierende Position der ARC-Unternehmen gründet auf deren Fähigkeit, komplexe Systeme unter Einsatz vieler disziplinärer Qualifikationen zu konzipieren und zu „bauen“. In diesem Sinne ist jedes der vier jährlich erscheinenden Hefte einem solchen „System-Thema“ gewidmet. Das erste IT'S T.I.M.E. wird sich mit Mobilität, Verkehr und intelligenten Verkehrsinfrastruktursystemen beschäftigen. Die folgenden Ausgaben werden Bereiche wie Wissensmanagement, Gesundheit, Medizintechniksysteme und Kommunikation behandeln.

Wenn es uns gelingen sollte, innerhalb eines Jahres IT'S T.I.M.E. als beachtetes Magazin der angewandten Forschung in Österreich und darüber hinaus zu platzieren, träumen wir von einer Ausweitung mit Hilfe eines strategischen Partners aus der Verlagsbranche über die zunächst gesetzten engeren Grenzen hinaus. Helfen Sie uns durch Ihre Beiträge, dass wir dieses Reconnomee erzielen. Leinen los!

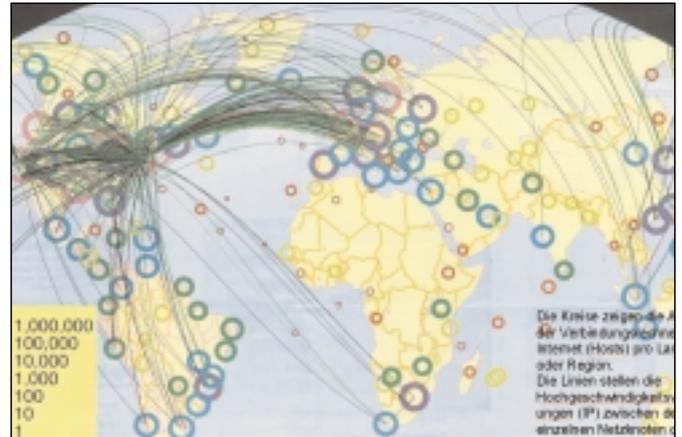
Ihr Günter Koch

IT'S T.I.M.E.

INHALT

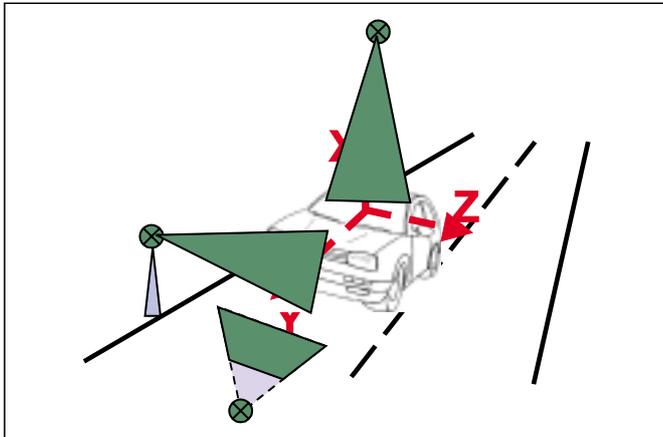


Key Topics and Crucial Players (S. 11)



Freie Fahrt im Cyberspace (S. 24)

| | | |
|----|---|---|
| 1 | <i>Günter Koch</i> | It's time for IT'S T.I.M.E. Vorwort des Herausgebers |
| 4 | <i>Volkmar Haase</i> | Mannder, es isch Zeit Vorwort des Chefredakteurs |
| 5 | <i>Anton Plimon</i> | Neue Wege für den Verkehr Leitfaden |
| 7 | | Kurzfassungen / Abstracts Für eilige Leser – For readers in a hurry |
| 11 | <i>Ute Gigler, Clemens Widhalm</i> | Key Topics and Crucial Players Mapping of International Publications in Mobility and Transport Technologies |
| 16 | <i>Matthias Weber, Henk van Zuylen</i> | Europas neue Wege Chancen und Hindernisse für Innovationen im Verkehrsbereich |
| 24 | <i>Reinhard D. Kühne, Claudia Nobis, Ralf-Peter Schäfer</i> | Freie Fahrt im Cyberspace Schöne mobile Zukunft |
| 33 | <i>Jürgen Zajicek</i> | Online-Simulation Eine Chance für den innerstädtischen Verkehr |
| 37 | <i>Ralf G. Herrtwich, Wieland Holfelde</i> | Das vernetzte Automobil Neue Funktionalitäten versprechen mehr Komfort und Sicherheit |
| 41 | <i>Gerhard Holzer</i> | Mobile Dienste „Daypath“: Standardtechnologie für intelligente vernetzte Autos |



Telematic Solutions (S. 67)



„Im Gespräch“: Ingolf Schädler (S. 73)

| | | |
|----|---|--|
| 44 | <i>Gerhard Triebnig, Birgit Löcker</i> | GALILEO European Satellite Navigation Technology for Enhanced Mobility |
| 48 | <i>Helmut Kaufmann, Peter J. Uggowitzer</i> | New Rheocasting Leichtmetall-Guss für sichere Bauteile in den Automobilen |
| 53 | <i>Gabriel Haller, Martin Mann</i> | Der Zug im Zug Evaluierung der thermischen Situation in Reisezugwagen |
| 61 | <i>Thomas Gruber, Walter Böhm</i> | Elektronische Eisenbahnstellwerke Fehlertolerante Systeme im Technologiewandel |
| 67 | <i>Erwin Schoitsch</i> | Telematics Solutions? Historical overview and Present/Future Solutions for Dependable and Competitive Environments |
| 73 | | „Geburtsstation installieren“ Im Gespräch mit Ingolf Schädler |
| 76 | <i>Hans Peter Lenz</i> | Disput – Nur mit dem Auto hat Mobilität Zukunft |
| 77 | <i>Gerd Sammer</i> | Disput – Die Kostenwahrheit auf den Tisch |
| 78 | | Schon publiziert <i>von ARCS, arsenal und anderen Forschern</i> |
| 79 | | Rückmeldungen <i>Schreiben Sie uns!</i> |
| 80 | | Chefsache <i>Ereignisse und Reiseziele</i> |
| 80 | | Impressum |

„Manner, es isch Zeit“

(Andreas Hofer, 1809)

Volkmar H. Haase, Physiker und Informatiker. Er ist Professor an der Technischen Universität in Graz



Liebe Leserin, lieber Leser,

„Was, noch ein Wissenschaftsmagazin, wo wir doch ohnehin mit Informationen überflutet werden?“, werden Sie fragen. Genau da aber setzen wir an. Wir wollen dieser Flut an wissenschaftlichen Informationen einen Damm der Orientierung entgegensetzen, indem wir jeweils ein Thema fachübergreifend

und umfassend behandeln. Die Erkundungsreise in die Welt des Wissens werden wir gemeinsam mit Experten aus verschiedenen, für das Thema relevanten Disziplinen antreten. Am Ende soll ein Wissensgebiet durch uns vermessen, strukturiert und entschlüsselt sein.

Unsere Themen: Das erste Heft ist dem Thema „Mobilität“ gewidmet, untersucht von Mathematikern, Soziologen, Informatikern, Verkehrsplanern, Automobilbauern und anderen. „Innovationsnetze“, „Energie“, „Gesundheit“ und „Komplexität“ werden folgen.

T.I.M.E. – Die Wissenschaft ist eine Tochter der Freiheit. Unsere Zeitschrift will ihr ein weites Feld eröffnen, damit Vielfalt und Diskurs entstehen können.

T. wie Technologie: Hier wird über neue Produkte, über technische Lösungen geschrieben.

I. wie Innovation: Gemeint sind Ideen, Erfindungen und Konzepte.

M. wie Management: Wie ist Wissenschaft organisiert, wie werden ihre Ergebnisse in der Gesellschaft eingesetzt?

E. wie Engineering: Angewandte Wissenschaft lebt davon, dass Erkenntnisse zu Handlungen, zu Methoden, zu Prozessen führen.

Wissenschaft ist global, ihre Sprache ist das Englische. Weil IT'S T.I.M.E. aber in Wien erscheint, haben wir uns entschlossen, sowohl in Englisch als auch in Deutsch zu publizieren. Gerade in deutscher Sprache gibt es keine Zeitschrift für Wissenschaftler, die angewandte Forschungsergebnisse aus verschiedenen Fachgebieten themenzentriert behandelt.

Forschungsergebnisse nachvollziehbar machen. Vieles kann nur gemeinsam gelöst werden und soll daher in einer Sprache beschrieben sein, die von allen Interessierten verstanden wird. Unser Journal ist von Fachleuten geschrieben und von internationalen Beiräten sachlich geprüft.

Die Austrian Research Centers Seibersdorf sind das kleinste Großforschungszentrum der Welt. Wir machen vielfältige angewandte Forschung in Österreich und der Europäischen Union.

Wir laden alle ein, unsere Kunden und Konkurrenten, mit uns hier zu publizieren – IT'S T.I.M.E. hat den Ehrgeiz, das Spezialjournal für die Zusammenarbeit unterschiedlicher Wissenschaftsdisziplinen zu sein.

So finden Sie sich zurecht:

Für Eilige: Ein Inhaltsverzeichnis mit deutschen und englischen Kurzfassungen. Appetithappen, die zum gezielten Weiterlesen motivieren.

Es ist an der Zeit: Herausgeber und Chefredakteur sagen, was Ihnen im letzten Quartal aufgefallen ist und warum die Scheinwerfer heute so und nicht anders eingestellt werden.

Der Leitfaden: Unser Gasteditor ist Experte/in des Heftthemas. Er/sie kommentiert den Inhalt, legt Markierungen an und macht neugierig.

Die Fachartikel: Der eigentliche Inhalt: kompakte, lesbare und übersichtliche Beiträge.

Der Disput: Meinung und Gegenmeinung führen zur Entwicklung von Lösungen. Zum Thema des Heftes laden wir zwei Experten ein, die kontroverse Thesen vertreten.

Im Gespräch: Wissenschaft ist öffentlich. Wir werden über das Thema des Heftes mit jemandem sprechen, der politische Verantwortung trägt.

Rückmeldungen: Dies sind Ihre Spalten! Eröffnen Sie Ihren Disput, kommentieren Sie Inhalte und sagen Sie uns, was IT'S T.I.M.E. taugt!

Neues: In dieser Rubrik lesen Sie über Ereignisse und Entscheidungen, die langfristig wirken: Forschungs-„Highlights“, Politisches aus Brüssel, Wien und Berlin, und über neue Leuchttürme im Web.

Schon publiziert: Wir listen Interessantes aus aller Welt zum Heftthema auf und verweisen auf wichtige Veröffentlichungen von ARCS-Mitarbeitern.

Chefsache: Weiterbildung ist eine Voraussetzung, um auf der Karriereleiter voranzukommen. Wir fragen die „Chefs“ im ARCS – vom Gruppenleiter bis zum Geschäftsführer – was ihre nächsten wichtigen Termine sind. Und zu welchem Thema IT'S T.I.M.E. neue Beiträge sucht.

Bilder und mehr: Forschung muss nicht trocken sein. Was unernst aussieht, kann durchaus tief sinnig sein. Lassen Sie sich überraschen!

Ihr Volkmar Haase

Neue Wege für den Verkehr

Anton Plimon

Technischer Physiker und wissenschaftlich-technischer Geschäftsführer von arsenal research



Der Mensch hat sich im Lauf seiner Geschichte vom homo sapiens zum homo mobilis entwickelt. Ein hohes Maß an Mobilität für Personen und Güter gilt mittlerweile als Garant für eine positive Entwicklung von Volkswirtschaften und ermöglicht dem Menschen eine individuelle Lebensgestaltung sowohl in der Arbeitswelt als auch in

der Freizeit. Gleichzeitig stößt aber das Bedürfnis nach gesteigerter Mobilität auf Grenzen in der Aufnahmefähigkeit von Verkehrssystemen, speziell im urbanen Bereich, und stellt durch Schadstoffemissionen, Lärm und Unfälle eine große Belastung für Individuum und Umwelt dar.

Ein Sinneswandel des Einzelnen ist vonnöten

Im Bereich der aktiven und passiven Sicherheit der Fahrzeuge hat die Technik bereits wichtige Schritte getan. Neue Materialien, optimiertes Crashverhalten und Airbags mindern Unfallfolgen, während ESP, ABS und auch der verstärkte Einsatz von Verkehrstelematik letztlich eine Senkung der Unfallzahlen zum Ziel haben. So konnte zum Beispiel am Autobahnring in München durch Einsatz modernster Verkehrsleitsysteme, die ein konsequentes Eingreifen in den Verkehr ermöglichen, die Unfallhäufigkeit um rund 30 Prozent reduziert werden – ein Erfolg, der wohl kaum durch eine andere Maßnahme erreichbar ist. Ähnliches gilt auch für die Umwelt: Durch die immer strengeren Abgasnormen wurden in den letzten Jahren verstärkt Anstrengungen unternommen, Emissionen aus dem Autoverkehr zu verringern und auch den Kraftstoffverbrauch deutlich zu senken.

All das ändert aber nichts an der Tatsache, dass durch die Zuwachsraten des Individualverkehrs und des Gütertransports auf der Straße ganz Mitteleuropa über kurz oder lang einem Verkehrskollaps entgegensteuert. Im Wesentlichen existieren zwei Ansätze, um diesem Trend entgegenzuwirken.

1. Verkehrstelematik

Um die bestehende Verkehrsinfrastruktur effizienter nutzen zu können, wird der Ruf nach einem verstärkten Einsatz von Verkehrstelematiksystemen, vor allem auf hochrangigen Straßen, laut. In zwei Beiträgen dieses Magazins wird ein vielverspre-

chender Ansatz vorgestellt: Bei „Floating Car Data“-Systemen werden die Daten über den Verkehrsfluss nicht über fixe Messstellen gesammelt, sondern das Fahrzeug selbst fungiert als mobiler Sensor, der laufend Position und Geschwindigkeit an eine zentrale Stelle weiterleitet. Solche Technologien bilden den Grundstock für intelligente Leitsysteme, die durch Simulation und Prognose die Verkehrsflüsse der Zukunft leiten werden. Die technische Grundausstattung dafür existiert bereits: Österreich ist mit über 6 Millionen Anschlüssen fast flächendeckend mit Mobiltelefonen versorgt, wobei die Datenübertragungsraten mit der Einführung von UMTS noch deutlich steigen werden. Neue Navigationssysteme wie GALILEO, das voraussichtlich ab 2008 in Betrieb gehen wird, sollen für die notwendigen Verbesserungen in der Ortungsgenauigkeit sorgen.

Das kann aber noch nicht das Ende der Entwicklung sein: Ein System mit Fahrzeugen, deren Fahrer ihre Geschwindigkeit individuell wählen, stellt einen denkbar schlechten Regelkreis dar, da es nicht auf maximalen Durchfluss optimiert ist. Im Sinne einer effizienten Infrastrukturnutzung wäre es also sinnvoll, dem Menschen das Steuer zu entziehen und diese Aufgabe einem intelligenten Verkehrsmanagementsystem zu übertragen, das die Geschwindigkeit der einzelnen Teilnehmer je nach Verkehrssituation wählt und den Abstand zum Vordermann selbsttätig regelt. Und hier zeigt sich ein zweites Dilemma im Verhältnis Mensch – Mobilität. Neben dem Grundbedürfnis, von A nach B zu gelangen, hat sich Mobilität mittlerweile zu einer Form der Unterhaltung und Freizeitgestaltung entwickelt – Slogans wie „Freude am Fahren“ sind nicht zufällig entstanden.

Verkehrstelematiksysteme ermöglichen die effiziente Nutzung der bestehenden Infrastruktur

Menschen fassen Verkehr zunehmend als Erlebniswelt auf und sind nicht bereit, die Hände vom Lenkrad zu nehmen und das Steuern beispielsweise elektronischen Assistenten zu überlassen. Schon die Diskussion um die Einführung des Sicherheitsgurtes hat gezeigt, dass ihn viele Autofahrer als Einschränkung der persönlichen Freiheit betrachten. Ein irrationales Verhalten, zumal diese Maßnahme objektiv ein großes Plus an Sicherheit bringt. Wenn also hier die Akzeptanz schon zu wünschen übrig lässt, wie soll dann der radikale Eingriff in die Steuerung des Fahrzeugs mit der Erlebniswelt Auto in Einklang zu bringen sein? Als wesentliche Voraussetzung für die Erhöhung der gesell-

schaftlichen Akzeptanz muss dem Fahrer ein Höchstmaß an Systemzuverlässigkeit garantiert werden. Hier wurden in den letzten Jahren sehr gute Lösungsansätze erarbeitet, denn bereits jetzt steckt in unseren Autos mehr Elektronik als man gemeinhin annehmen würde. Immerhin verarbeitet die Autoindustrie heute bereits mehr Chips als die Computerindustrie selbst. Und auch ein Sinneswandel des Einzelnen ist vonnöten: Während man es im öffentlichen Verkehr als selbstverständlich erachtet, quasi ohne eigenes Zutun transportiert zu werden und sich während der Reise anderen Dingen widmen zu können, findet sich diese Einstellung im Individualverkehr noch nicht. Um also den subjektiven Verlust an Mündigkeit zu kompensieren, könnten Fahrzeuge verstärkt mit Infotainment-Infrastruktur ausgestattet werden, die dem Fahrer auf Knopfdruck Informationen und Unterhaltung zur Verfügung stellt. Die im vorliegenden Heft vorgestellten Lösungen für vernetzte Autos oder Telematik-Autos sind eine wichtige Voraussetzung für die Realisierung dieser Vision.

Intermodalität als Antwort auf den programmierten Verkehrsinfarkt

2. Intermodalität

Vor allem in Ballungsräumen ist aber irgendwann der Punkt erreicht, an dem man trotz ausgeklügelter Verkehrsleitsysteme an die Grenzen des Wachstums stößt. Eine mögliche Antwort auf den programmierten Infarkt ist die intelligente Kombination von Individualverkehr und öffentlichen Verkehrsmitteln. Aber auch „Modal Shift“-Konzepte haben mit Akzeptanzproblemen zu kämpfen. Intermodalität funktioniert zwar dort, wo jeden Tag die gleiche Route befahren wird, aber nicht „on demand“, also die anlassbezogene Planung einer optimierten Route. Zudem scheitern umfassende Verkehrsverbünde bisher an den Systemgrenzen der Anbieter. So ist es derzeit noch illusorisch, ein einziges Ticket für die Verwendung von Bahn, Bus, U-Bahn und Mietauto zu lösen. Eine intelligente maßgeschneiderte Mobilität kann aber nur durch eine völlige Durchgängigkeit der Verkehrssysteme in der Planung und in der Abrechnung gewährleistet werden. Auch hier können Technologien wie Simulation oder neue Informationstechnologien Lösungen anbieten – einerseits, um die besten Reisewege ausfindig zu machen, und andererseits die optimale Reiseroute auch intermodal zu buchen. Nur so kann das Szenario der von Claudia Nobis in diesem Heft skizzierten „Freien Fahrt im Cyberspace“ realisiert werden.

Der abschließende Disput zwischen den Professoren Lenz und Sammer zeigt, dass sich auch die Wissenschaft durchaus nicht einig ist, wie der Verkehr der Zukunft aussehen soll. Während die technikorientierte Sichtweise davon ausgeht, dass das Auto seine Position als Transportmittel Nummer eins noch weiter ausbauen wird und darauf vertraut, dass dieses Wachstum durch bessere Verkehrsorganisation und strenge Umweltauflagen zu verkraften sein wird, weisen Kritiker auf die steigenden volkswirtschaftlichen Folgekosten des Verkehrs hin und fordern von

der Politik Mut zu unpopulären Maßnahmen, um die Kostenwahrheit für alle Verkehrsmittel herzustellen und neue Mobilitätsdienstleistungen zu ermöglichen.

Lösungsansätze um dem Wunsch nach individueller Fortbewegung gerecht zu werden

Unbestritten bleibt aber, dass der Wunsch nach individueller Fortbewegung zunimmt – die daraus resultierenden Probleme werden nicht durch einen rein technischen Ansatz zu lösen sein. Auf längere Sicht wird man daher von einer interdisziplinären Zusammenarbeit zwischen Informatikern, Elektrotechnikern und Maschinenbauern zu einer transdisziplinären Sichtweise übergehen müssen und auch Soziologen und Entertainment-Experten verstärkt in die Suche nach neuen Formen der Mobilität einbeziehen. Die vorliegende Ausgabe von IT'S T.I.M.E. ist ein erster Versuch, diesen Bogen zwischen Technik und Gesellschaft zu spannen.

Ihr Anton Plimon

arsenal research

Verkehrs- und Infrastrukturtechnologien

Fahrzeugversuchsanlage

Klima-Wind-Kanal
Rail Research Center

Verkehrstechnologien

Computational Fluid Dynamics
Mifare® Certification Institute
Facility Management

Monitoring, Energie- und Antriebstechnik

PSC – Power Service Center
MCC – Monitoring Competence Center

Erneuerbare Energie

Technologien
Elektrische - bzw. gebäudetechnische Systeme
SolarNET

Verkehrswege

Pavement Management
Schwingungen und Erschütterungsschutz

Kurzfassungen

(1) Key Topics and Crucial Players Mapping of International Publications in Mobility and Transport Technologies

Ute Gigler, Clemens Widhalm, ARCS

Mobilität und Verkehrstechnologien sind in Österreich wie auch international zu wichtigen Themen geworden. Politiker und Wissenschaftler sehen sich steigendem Verkehrsaufkommen und großen Umweltproblemen gegenüber. Eine bibliometrische Analyse internationaler Fachliteratur und von Projekten der EU hilft bei der Identifikation von Leitthemen und wichtigen „Players“ sowie bei der Suche nach innovativen Lösungen. Wir zeigen, wie mit der Visualisierungssoftware BibTechMonTM analysiert wird, und untersuchen Forschungsarbeiten in der Verkehrstechnologie, insbesondere hinsichtlich Verkehrsmanagement, Verkehrssteuerung und alternativer Energieträger.

Nordamerika und die EU dominieren die genannten Themen. Großbritannien, Frankreich und Deutschland führen die Forschung bei alternativen Energieträgern an. Japan legt den Schwerpunkt auf Verkehrssteuerungssysteme. In Österreich wird das Verkehrsmanagement betont. Insbesondere bei Verkehrs- und Geschwindigkeitsüberwachung sowie bei alternativen Brennstoffen ist die Industrie führend.

(2) Europas neue Wege: Chancen und Hindernisse für Innovationen im Verkehrsbereich

*K. Matthias Weber, ARCS
Henk van Zuylen, AVV*

Das Transport- und Verkehrswesen ist ein komplexes System, das sich nur langsam ändert, dessen Problem Ineffizienz ist und das nicht zuletzt die Umwelt belastet. Es gibt neue vielversprechende technologische Optionen, die zur Lösung dieser Probleme beitragen können, jedoch durch die Gesellschaft, die Politik und/oder die Wirtschaft behindert werden.

Die europäische Verkehrspolitik hat sich für die kommenden Jahre ehrgeizige Ziele gesteckt. Neue Technologien sollen dabei eine wichtige Rolle spielen. Zwar muss eine technologiezentrierte Strategie des „picking winners“ vermieden werden, aber die europäische Verkehrspolitik kann dennoch die Verbreitung nachhaltiger Technologien fördern und erleichtern und so die Anstrengungen der Mitgliedsstaaten und der Industrie ergänzen. Politische Maßnahmen werden „vielversprechende Technologien“ sowie die Innovationsphasen identifizieren, in denen europäische Aktionen einen echten Mehrwert bringen können.

(3) Freie Fahrt im Cyberspace: Schöne mobile Zukunft

*Reinhard D. Kühne, Claudia Nobis, Ralf-Peter Schäfer,
DLR Berlin*

Informations- und Kommunikationstechnologien machen die Welt scheinbar immer kleiner. Umstritten ist, ob Verkehr von der Straße auf die Datenautobahn verlagert werden kann. Insgesamt geht der Trend von kollektiven Leitsystemen zu individuellen Lösungen im Fahrzeug und über den Pkw und den Lkw hinaus. Intermodale Verkehrsdaten werden vernetzt und dadurch eine angepasste Verkehrsmittelwahl ermöglicht.

Flächendeckender Einsatz ist noch Zukunft. Es mangelt nicht an der Technik,

sondern an verfügbaren Daten. Erforscht werden muss auch die Akzeptanz der Technik bei den Nutzern. Erkenntnisse aus der Lebensstil- und Motivationsforschung können die Telematik erfolgreich machen.

In einem Projekt mit Berliner Taxis werden Daten über Verkehrsflüsse gesammelt, um die aktuelle Verkehrssituation zu erfassen. Bedürfnisorientierte Angebote sind auch beim Wohnen interessant: Wohnmodelle, die Mobilitätsdienste anbieten, sind eine attraktive Alternative zum eigenen Auto.

(4) Online-Simulation: Eine Chance für den innerstädtischen Verkehr

Jürgen Zajicek, arsenal research

Die Steuerung des Verkehrs spielt aufgrund des steigenden Verkehrsaufkommens in Großstädten und deren Umgebung bei der Bewältigung und Verhinderung der täglichen Staus eine immer wichtigere Rolle. Grundlage dafür ist die detaillierte Kenntnis des aktuellen Verkehrszustandes eines betrachteten Straßennetzes durch gezielt positionierte Detektoren und neue Ansätze bei der Interpretation der gesammelten Daten.

In diesem Artikel wird die Bedeutung der Simulationsrechnung bei der Verkehrsleitung aufgezeigt und auf den derzeitigen und zukünftigen Ablauf bei der Datenerhebung und -interpretation eingegangen. Die Verarbeitung von Online-Daten durch ein leistungsfähiges Simulationsprogramm und die anschließende Prognoserechnung in Echtzeit wird sich dabei durchsetzen.

(5) Das vernetzte Automobil: Neue Funktionalitäten versprechen mehr Komfort und Sicherheit

*Ralf G. Herrtwich, Wieland Holfelder,
DaimlerChryslerAG*

In Zukunft werden sich in vielen Dingen, die uns umgeben, zur unsichtbaren elektronischen Unterstützung kleinste und vernetzte Computer befinden. Das Auto ist dabei keine Ausnahme, es wird mehr und mehr von Informations- und Kommunikationstechnologie dominiert werden. Damit sind nicht nur Software und Hardware im Fahrzeug gemeint, sondern auch externe Dienste, die Information über drahtlose Netze ins Fahrzeug bringen oder Daten aus dem Fahrzeug empfangen und auswerten.

Navigation und Fahrerassistenz sind hier die „Killer-Applikationen“. Sieht man, wie sich das Internet über E-Mail und Web-Browsing hinaus entwickelt hat, und projiziert diese Entwicklung auf die Telematik, dann kann man nur erahnen, was in den nächsten Jahren alles auf uns zukommen wird:

1. Das Fahrzeug als Gateway ins Internet, um Insaßen mit Informationen und Diensten zu versorgen
2. Fahrzeug-zu-Fahrzeug- bzw. Fahrzeug-zu-Infrastruktur-Kommunikation, die unsichtbar Sicherheit und Komfort verbessert
3. Das Fahrzeug als „Smart Space“: Mobile Geräte kommunizieren mit dem Fahrzeug und untereinander.

(6) Mobile Dienste: „Daypath“: Standardtechnologie für intelligente Autos

Gerhard Holzer, ARCS

Die Verbindung von Netzwerk-Diensten mit Kommunikationstechnik für den

Menschen in Alltagssituationen nutzbar zu machen – das war das Ziel des Projekts „Daypath“. Der Zugriff auf Services wie z.B. Unified Messaging, Routenplanung, Home-Control, Verkehrstelematik oder Entertainment muss vom Büroarbeitsplatz aus ebenso möglich sein wie aus dem Auto, sei es über ein Mobiltelefon, ein Call Center oder ein Home-Device. Wesentlich ist, dass der Nutzer unabhängig vom verwendeten Endgerät damit gut umgehen kann und Funktionalität, Sicherheit und Flexibilität gewährleistet sind.

Bei Daypath wurden die Komponenten so gewählt, dass damit beliebige Autos nachgerüstet werden können. Der Bordrechner ist ein Standard-Industrierechner für den automotiven Einsatz, der unter Linux betrieben und mittels einer Java™ Middleware Lösung für diese Anforderungen optimiert wurde. Diese Technologie ermöglicht eine rasche, flexible und kosteneffiziente Implementierung von Services jeder Art, die zentral auf Serverfarmen gehostet und von den diversen Endgeräten auf Anforderung genutzt werden können.

(7) GALILEO: European Satellite Navigation Technology for Enhanced Mobility

Gerhard Triebnig, Birgit Löcker, ARCS

Satellitenavigation erobert die Märkte für persönliche Mobilität, Straßen- und Schienenverkehr und das Transportwesen. GALILEO, das europäische Satellitensystem für globale Navigation, erlaubt es Europa auf diesem Feld unabhängig zu werden. GALILEO bietet verbesserte Signalgenauigkeit, für Europa optimierte Satellitenpositionen, minimale Dienstunterbrechungen und hohe Integrität. Der Zugang für Benutzer und Betreiber erfolgt über Schlüsselwörter in den Empfängern. Eine Verschlüsselung ist nicht notwendig.

GALILEO wird in Phasen entwickelt: Definition bis 2000, Entwicklung und Validierung bis 2005, Installation 2006 bis 2007; ab 2008 ist der Echtbetrieb vorgesehen. Gleichzeitig wird die EGNOS-Mission – das europäische Satellitenavigationsprojekt – fortgesetzt. EGNOS wird in GALILEO integriert werden. GALILEO wird 3,25 Mrd. Euro kosten, bei jährlichen Betriebskosten von 222 Mio. Die EU-Kommission, die ESA und private Investoren tragen die Kosten. Der Nutzwert von GALILEO wird für die Zeit bis 2020 mit insgesamt 74 Mrd. Euro beziffert.

(8) New Rheocasting: Leichtmetall-Guss für sichere Bauteile in den Automobilen

*Helmut Kaufmann, LKR Ranshofen
P.J. Uggowitzer, ETH Zürich*

New Rheocasting erlaubt die kostengünstige Fertigung von Leichtmetall-Gussteilen mit hoher Verformbarkeit für den Einsatz in Sicherheitskomponenten im Automobilbau. Es eignet sich für Teile mit Wandstärken größer 2 mm, die porenarm, wärmebehandelbar und schweißbar sein sollen, z.B. Fahrwerksteile, Lenkungs- und Bremskomponenten sowie Hydraulik- und Pneumatikteile. Gussknoten für Space-Frames, Armaturenräger oder Sitze sind machbar, wenn die Geometrie verfahrensgerecht ausgelegt ist und ein günstiges Verhältnis von Fließlänge zu Wandstärke gewählt wird.

Erhöhtes Potenzial gegenüber Konkurrenzverfahren kann New Rheocasting dann ausspielen, wenn die Legierungen speziell für die geforderten Bauteileigenschaften und Verfahrensbedingungen entwickelt werden, so etwa höherfeste Aluminium- und wärmefeste Magnesiumlegierungen.

(9) Der Zug im Zug: Evaluierung der thermischen Situation in Reisezugwagen

*Gabriel Haller, Martin Mann,
arsenal research*

In diesem Beitrag werden die Möglichkeiten und derzeitigen Grenzen zu Berechnung, Optimierung und Studium des thermischen Komforts in Schienenfahrzeugen mittels numerischer Simulation (CFD = Computational Fluid Dynamics) aufgezeigt. Hierzu wurde der Innenraum eines ganzen Reisezugwagens in einem Rechenmodell „nachgebaut“ und ausgewählte Versuche berechnet. Zur Validierung der Ergebnisse dieser Simulationsrechnung wurden an einem Versuchsmodell eines Reisezugwagenteiles Klimaversuche mit denselben stationären Bedingungen wie im Rechenmodell durchgeführt. Ein Vergleich der Messungen mit dem Simulationsmodell zeigte gute qualitative Übereinstimmung.

(10) Elektronische Eisenbahnstellwerke: Fehlertolerante Systeme im Technologiewandel

Thomas Gruber, ARCS, Walter Böhm, Alcatel

Nach einer kurzen Einführung in das Konzept der Fehlertoleranz werden das „klassische“ ELEKTRA-Stellwerk, wie es seit Anfang der Neunzigerjahre an zahlreichen Standorten in Österreich, in der Schweiz und in Ungarn im Einsatz ist, und die darin realisierten Fehlertoleranzmechanismen beschrieben. Anschließend werden die Technologiesprünge zur ELEKTRA 2 und die darin teilweise geänderten Methoden zur Erzielung von Sicherheit und Zuverlässigkeit dargestellt.

(11) Telematics Solutions? Historical Overview and Present/Future Solutions for Dependable and Competitive Environments

Erwin Schoitsch, ARCS

Der Transport von Personen und Gütern befriedigt eines der Grundbedürfnisse der Menschen, jenes nach Mobilität, und ist ein Schlüssel für die Entwicklung der Gesellschaft. Alle erfolgreichen Zivilisationen waren auf die eine oder andere Art auf dem Transportwesen überlegen, nicht zuletzt im militärischen Bereich (Römisches Imperium, Britisches Empire).

Verkehr ist immer mit Gefahren und Risiken verbunden, wobei das Risikobewusstsein und die Akzeptanz von Risiken stark vom Verkehrsträger abhängen. Im Individualverkehr oder Sport- und Freizeitbereich wird ein hohes Risiko in Kauf genommen, wogegen etwa im Bahn- und Flugverkehr viel geringere Risiken abgelehnt oder gefürchtet werden. Neben individuellen Risiken sind auch noch die Umwelt- und globaleren Risiken zu betrachten. Diese Risiken können verringert werden durch:

- Technische Maßnahmen („Verlässliche Systeme“, „Telematiklösungen“)
- Optimierung des Verkehrs durch Logistikmaßnahmen und/oder Einsatz nachhaltiger Technologien
- Verkehrs-Vermeidungsstrategien („Telematik-Alternativen“)

Abstracts

(1) Key Topics and Crucial Players Mapping of International Publications in Mobility and Transport Technologies

Ute Gigler, Clemens Widhalm

Mobility and transport technologies have become important topics both in Austria and internationally. Rising traffic volumes and related environmental problems represent crucial issues facing policy makers, scientists and other stakeholders. Bibliometric analysis of international scientific literature and European Union projects assists in the search for hot topics and critical players, and facilitates innovative solutions. We demonstrate applications using the Bib-TechMonTM visualization software and investigate research activities in transport technologies. Traffic management/traffic control and alternative fuels are examined in detail.

The findings indicate that North America and European Union countries dominate the above-mentioned fields. The United Kingdom, France and Germany lead research activities in alternative fuels. Japan concentrates on traffic control system research. Austria stresses traffic management/traffic control. Industry plays a major role in the areas of traffic control/speed detection, and alternative fuels.

(2) New Technologies to Meet European Traffic Needs: Strategies for developing policies for innovation

K. Matthias Weber, Henk van Zuylen

Transportation and traffic systems are complex, evolving only slowly. Inefficiency and pollution are major problems today. New promising technologies, if not hindered by societal concerns, political issues or economic concerns offer solutions to these problems.

European traffic policy has set ambitious goals for the near future. Technologies will play an important role. The strategy of "picking winners" will be avoided, but nevertheless European traffic policy will facilitate the deployment of sustainable technologies in coordination with the EU member states, and with industry. Policy-related measures will identify "promising technologies" as well as "innovation phases", where European activities will generate added value.

(3) Free Flight in Cyberspace: Brave new – mobile – world

Reinhard D. Kühne, Claudia Nobis, Ralf-Peter Schäfer

Information and communication technologies are making the world smaller. The question is whether traffic control can be taken from the roadside to the information highway. The trend is moving from collective control systems to individual solutions in the vehicle and beyond. Intermodal traffic data can be networked, thus enabling selection of appropriate means of transit.

An all-encompassing system lies well in the future. The technology is available, but useful data is not. Acceptance of this type of technology has yet to be researched. Knowledge developed from lifestyle and motivational research can lead to successful implementation of telematics.

A project involving Berlin taxis collects data on traffic flow in order to ascertain the current traffic situation. Transit-related living options are also attractive: hou-

sing models offering transportation services are an attractive alternative to owning an automobile.

(4) Online Simulation: An opportunity for urban traffic

Jürgen Zajicek

Due to the increasing volume of traffic in the major conurbations, as well as the need to reduce congestion, traffic control is playing an ever increasing role in urban life. A crucial element in this is the collection of detailed data reflecting the current status of the road network by means of strategically placed sensors and new approaches to interpreting the data obtained.

This article discusses the significance of simulation in calculating traffic flow, and describes current and future means of obtaining and interpreting traffic data. Analysis of online data using a powerful simulation program as well as related forecasting in real time is the anticipated result.

(5) The Networked Automobile: New functions for comfort and safety

Ralf G. Herrtwich, Wieland Holfelder

In the future, many common devices will depend on support from small networked computers. The automobile is no exception; increasingly control of the motor vehicle is dominated by information and communications technology. This includes not only internal vehicle hardware and software, but also external data services providing information to the vehicle via wireless networks, or networked services receiving and evaluating vehicle data.

Navigation and driver assistance are the "killer applications". If one considers how rapidly e-mail and web browsing spread and became common, and then extends this to telematics, one can only imagine what a significant development this will be in coming years:

1. The motor vehicle as gateway to the Internet, providing passengers with information and services
2. Vehicle to vehicle or vehicle to infrastructure communication to improve safety and passenger convenience
3. The vehicle as "Smart Space": mobile devices communicate with the vehicle and among themselves.

(6) Mobile Services: "Daypath": standard technology for intelligent automobiles

Gerhard Holzer

The goal of the "Daypath" project is to provide integration of network services with communication technology in a manner useful in everyday life. Access to

services such as unified messaging, route planning, home appliance networking, traffic telematics or entertainment should be available from the workplace as well as the vehicle, be it using a cell phone, a call center or a home device. Important is that the user can access the network easily, independent of the device used, and that functionality, security and flexibility are assured.

In the case of Daypath, the components were selected so that as many automobiles as desired might be retrofitted. The on-board computer is an industry-standard device for use in motor vehicles, employs the Linux operating system and optimized for this application using a Java™ Middleware solution. This technology allows a quick, flexible and cost-efficient implementation of all types of services, hosted on a central server and usable by a variety of end devices upon demand.

(7) GALILEO: European satellite navigation technology for enhanced mobility

Gerhard Triebnig, Birgit Löcker

Satellite navigation is capturing the markets of personal mobility, road mobility, rail and commercial fleet management. GALILEO, the European Global Navigation Satellite System, will enable Europe to play an independent role in these endeavors. GALILEO offers better two-signal accuracy, optimum satellite configuration over Europe, minimal service interruptions and higher data integrity. End-users and providers use access keys in the receivers, thus eliminating the need for signal encryption.

GALILEO is being developed in phases: Product definition until 2000, development and validation until 2005, followed by deployment 2006 – 2007, and real-time operations from 2008 onwards. In parallel, the EGNOS mission – Europe's satellite navigation project – is being continued. EGNOS will eventually be integrated into GALILEO. The total cost of GALILEO will be 3.25 billion euro, and annual operational costs will amount to 222 million euro. The projects will be co-funded by the European Commission, the European Space Agency and private investment. Total benefits over the period of 2000 to 2020 have been estimated to be 74 billion euro.

(8) New Rheocasting: Light metal alloy castings for safety-related motor vehicle parts

*Helmut Kaufmann,
P.J. Uggowitzer*

New rheocasting will allow cost-effective production of deformable light metal alloy castings for use in safety-related components in motor vehicle construction. It is appropriate for parts with wall thicknesses greater than 2 mm, which must be non-porous, heat treatable and amenable to welding applications. Examples might be in chassis, steering and braking components as well as hydraulic and pneumatic parts. Casting nodes for air frames, fittings or seats are feasible, if the part geometry is appropriate to the manufacturing process, and a favorable casting length / thickness is selected.

New rheocasting can show its superiority to competitive processes if alloying

is developed for the required component characteristics and production requirements, such as advanced aluminum and heat resistant magnesium alloying.

(9) Easy Riders: Evaluation of the thermal environment in railway cars

Gabriel Haller, Martin Mann

This article describes the options and limits of determining, optimizing and studying the thermal environment in railways cars using numeric simulation (CFD = Computational Fluid Dynamics). The interior of an entire railway car was reconstructed using a simulation model, and selected variables were tested. Validation of the simulation was performed using a physical test model of a section of a railway car, applying climate variables with the same fixed requirements as the simulation. Comparison of the measurement results showed good qualitative concurrence of the two test methods.

(10) Electronic Signal Boxes: Error-tolerant systems amidst technological change

Thomas Gruber, Walter Böhm

The article provides a brief introduction to the concept of error tolerance, then describes the "classical" ELEKTRA signaling and interlock system implementing an error tolerance mechanism, as used in Austria, Switzerland and Hungary since the start of the 1990s. In addition, the technological advances of ELEKTRA 2 are described, along with the modified methods for achieving safety and reliability.

(11) Telematics Solutions? Historical Overview and Present/Future Solutions for Dependable and Competitive Environments

Erwin Schoitsch

Transportation – of people as well as of goods and information – has always been a basic need for mankind, and a key to successful economies. Civilizations that successfully managed transportation had a clear advantage over others, particularly with regard to military superiority (e.g., the Roman and British Empires). Transportation is always associated with hazards and implied risks – although public risk perception depends upon the type of transportation (relatively high risk is accepted for individual car traffic, or recreational driving but not for public transport). There are several ways to reduce risk associated with transportation (including environmental risks):

- Reduction by technical means (dependable systems, solutions using telematics)
- Optimization by logistics and/or use of more "sustainable" technologies
- Traffic avoidance strategies (telematics "alternatives")

Key Topics and Crucial Players

Mapping of International Publications in Mobility and Transport Technologies

Ute Gigler, Clemens Widhalm, ARCS

Policy makers, scientists, researchers, planners, and other stakeholders are called upon to analyze the most pressing issues and to design and implement innovative solutions as traffic volumes increase and transport-related environmental problems mount. Bibliometric analysis can facilitate the search for key topics and crucial players in a specific research area.

The topics mobility and innovative transport technologies have gained in importance internationally and in Austria over the last few decades as traffic volumes continue to increase and transport-related environmental problems mount. This article will demonstrate different applications of bibliometric analysis through co-occurrence analysis and the visualization software Bib-TechMon™ in the field of transport technologies as it is documented in the international scientific literature and in project descriptions of the 4th European Union Framework Program (FP4) [3]. Specifically, the analysis will focus on international research activities in transport technology and mobility as a whole and will examine in detail two topics of great international relevance: traffic management/traffic control and alternative fuels.

Wide range of databases selected for an overview of mobility and transport technologies

The article will identify and highlight different specialization patterns such as the relative importance of selected fields of research in various countries and regions. It will also examine the importance of different organizational types on selected topics. This paper presents results from the first year of a three-year research project. Hence, only a selection of a number of crucial topics could be analyzed in detail.

Databases

Search methods:

A wide range of databases were selected to offer a comprehensive look at the topics mobility and transport technologies. In order to obtain literature to various topics within mobility and transport, search terms were logically connected as follows. One of the four terms transport, traffic, mobility, and infrastructure had to occur together with a term from a list of subtopics in the areas of information and communication technologies (ICT) and services, sustainability, or innovative technologies. The query was restricted to titles only and to citations published in the period between 1992 and 2000 in order to obtain a representative, yet

manageable sample. All articles downloaded standard bibliographic information such as title, author, institution, keywords, and abstracts, but not the full text.

The following table illustrates the databases used, shows the thematic foci, and includes the number of citations drawn from each.

| Database | Thematic Focus | Number of Citations |
|---|---|---------------------|
| INSPEC | Physics, Electrical science engineering, and computer | 563 |
| Compendex | Engineering | 348 |
| NTIS (National Technical Information Service) | Technology | 404 |
| TRIS (Transport Research Information System) | Transport, Transport Technologies | 1910 |
| Enviroline | Environment, Sustainability, Environmental Technology | 78 |
| Environmental Bibliography | Environment, Environmental Technology | 29 |
| CORDIS (FP4 Projects of European Commission) | Transport | 977 |
| TOTAL | | 4309 |

Table 1: Selected databases and number of citations

Methodology

Automatic indexing:

To represent the contents of the articles described above such that they are suitable for further analysis, the titles and abstracts had to be indexed auto-matically. For this purpose, a stemming procedure based on the context sen-sitive longest-match principle and a phrase recognition algorithm were applied to titles and abstracts [6].

In a separate procedure, descriptors listed on each citation were pulled from each article and added to the pool of words. In total, the process yielded 1600 words and phrases which provided the basis for further analysis.

Standardization of data:

In order to be able to apply the bibliographic analysis with the

BIBLIOMETRIC ANALYSIS

software Bib-TechMon™ for the network analysis, the spelling of authors, institutions, or keywords had to be unified. In addition, synonyms and abbreviations were standardized.

Co-occurrences:

A statistical measure is needed that systematically assesses which keywords are closely related to one another and as a result would form a topic. It is assumed that keywords of one topic occur more frequently together in one document than keywords belonging to different topics. As a measure for each pair of keywords, the number of co-occurrences in a document (number of articles or project descriptions, where pairs of keywords occur) is counted. For statistical reasons, the Jaccard Index was used to normalize the elements of the respective co-occurrence matrix [1], [3], [4].

Cluster analysis of keywords:

A cluster analysis on the basis of the Jaccard matrix was performed which led to the formation of groups of thematically related keywords that were subsequently called subtopics. In a separate manual procedure, these subtopics were grouped into topics to simplify further analysis.

Visualization:

Although the above described matrix allows a grouping of keywords, a visualization method is needed that transforms the matrix into a readable and easy to interpret two-dimensional map. A mechanical spring model that functions as follows is thus applied [2]. Keywords in this model are mass points with a mass and size proportional to the total frequency. The mass points are connected with each other by forces (springs) correlated to the Jaccard Index. They are positioned randomly at their starting position and will then move driven by the forces defined above. This is done by iteration of the respective n-dimensional differential equation system. Through this model, the keywords are positioned according to their correlation; intensively correlated operating terms will be pictured in close proximity to one another.

Thus, the map provides information based on the size of the objects and their relative position to one another [5]. Additional information such as color-coding of objects to identify themes or to visualize other parameters of interest can also be applied.

All tables and figures were generated with the bibliographic data drawn from the databases.

Discussion and analysis

Figure 1 generated through BibTechMon™ will serve as a base map. It depicts nine different topics, which are color-coded for easier interpretation. The size of the dots indicates the relative importance of certain keywords, whereas the proximity (indicated by physical closeness and lines on the map) to one another is an indication of the number of citations in which certain keywords occur. The closer they are to one another, the more articles where keywords co-occur.

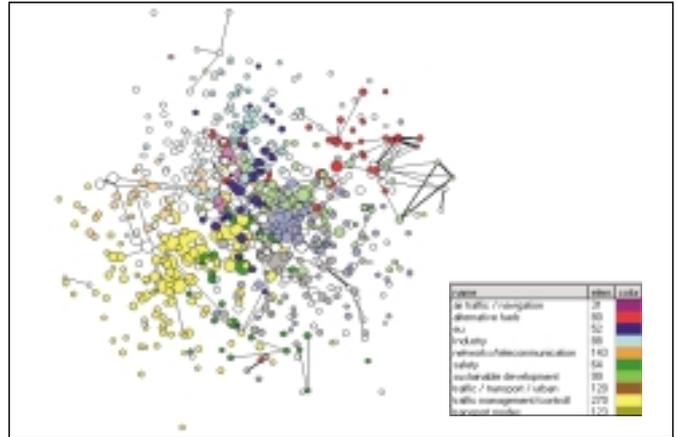


Figure 1: Network of keywords

Selection of topics:

Two topics visible in yellow and red on the map were selected for further analysis: sustainable development (SD) and traffic management/traffic control (TMC). Interesting to note also is the close proximity of the topics sustainable development and alternative fuels and the apparent thematic relationship between sustainable development, traffic/transport/urban planning and transport modes. Similarly, the topics EU/policy, safety and traffic management/traffic control also seem to possess common keywords.

The topics SD and TMC were then subdivided in previously identified subtopics (cluster analysis). Of those, alternative fuels (AF), belonging to SD, control systems, highway traffic control, intelligent transport systems, traffic control systems, traffic control/speed detection and traffic management, all of which belong to TMC will be further discussed. In addition, TMC as a topic that is comprised of 9 subtopics in total will be analyzed separately. The following table illustrates which keywords and phrases occur in connection with TMC and AF.

| Traffic Management/ Traffic Control | Alternative Fuels |
|--|--------------------------|
| Fuzzy logic | Fuel cells |
| Traffic surveys | Electricity |
| Automated toll collection | Fuel substitution |
| Warning systems | Cost-benefit analysis |
| Advanced traveller information | Electrochemistry |
| Computerised monitoring | Hydrogen |
| Dynamic route guidance | Membrane |
| Bus priority | Biomass |

Table 2: Keywords and phrases used in TMC and AF

Several reasons facilitated this choice. On the one hand, the map indicates that AF and TMC are not closely related thematically as they are located on opposite ends of the map. Only very few terms seem to co-occur in articles of both topics. On the other hand, both topics seem to have been very dominant topics in the international literature in the period between 1992 and 1999 as

depicted in Figure 2, although the volume of publications in each differs significantly. The number of publications in AF is still rising indicating a growing interest in the topic while TMC has reached its peak in 1997 and has been dropping since.

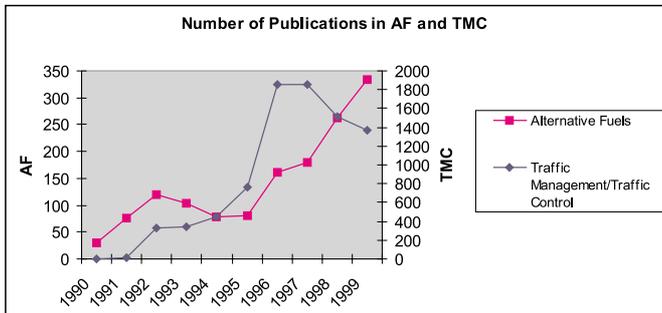


Figure 2: Number of publications in AF and TMC

Analysis of institutions:

An analysis of the relative importance of institutions (their publishing activity on certain topics) offer further insights into the topics at hand. Institutions are defined as those organizations that an author of a publication or a project is affiliated with; the institutions were divided into the following types: industry (IND), consultants (CON), organization (ORG; i.e. non-profit), government (GOV), university institute (EDU), and research organization (ROR).

Automatic indexing of titles and abstracts

Figure 3 depicts the distribution of all institutions organized by keywords for all topics, not just the selected ones, and shows the distribution of organizational types. As opposed to Figure 1, the size of the dots in this figure indicates the number of keywords a particular institution is listed with: the more keywords, the bigger the dots. The proximity in this case illustrates how many times articles with common keywords used by a particular pair of institutions occur. Two institutions would be closely correlated, if their respective publications are represented by common keywords. Proximity, however, does not indicate whether they co-

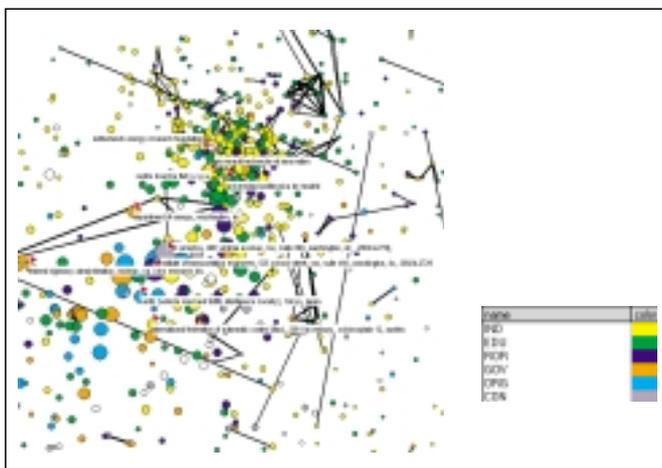


Figure 3: Network of institutions

operated on a publication. The most important institutions and thus key players for AF and TMC are shown on the map. Viewed from top to bottom, the first 5 have published in the field of alternative fuels, the remaining ones in TMC.

Relative importance of topics in different countries and regions:

Zooming in the selected topics enables a more detailed analysis of the institutions involved and allows an in-depth look at different specialization patterns of countries and regions. Specifically, the relative importance of different countries and regions in which institutions are located will be examined for the topics and subtopics selected. The countries listed represent a small portion of all countries whose institutions published to AF and TMC and were selected because of their relevance in the transport sector in Austria and Europe. The regions, however, represent publications from countries all over the world and consequently allow for a world-wide comparison by region for the topics AF and TMC. Japan was classified as a region, because its number of publications was proportionally much higher compared to the rest of Asia. Institutions from countries of the European Union may be slightly over-represented, because publications drawn from the CORDIS database generally had more than one, often several institutions listed, whereas the majority of publications from other databases listed only one institution.

Statistical measure needed to assess closely related keywords

Table 3 illustrates the number of times keywords are used by an institution from a specific country or a region on the topics and subtopics selected.

By viewing the table in absolute numbers, the dominance of the European Union (EU) and North America (NA) on both topics quickly becomes evident. However, there is a three-fold difference between the EU and NA in the field of AF. The United Kingdom (UK) clearly dominates the topic TMC, whereas Germany and France, although in second place, only use half as many keywords. The remaining countries such as Austria and Switzerland are orders of magnitude behind the other three. Keywords used are more evenly distributed across countries in the field of alternative fuels, although the UK, France and Germany still dominate.

An analysis of countries and regions in terms of their specific thematic foci offers a different picture. Table 4 depicts the relative importance of each topic in a country or a region.

The subtopic highway traffic control has very little relevance in European countries, whereas its significance in Asia, Australia, and North America is much greater. Asia and Japan also noticeably dominate all other regions and nations in the field of traffic control systems and they focus the majority of resources on that subtopic. Leaders in the field of traffic management appear to be Australia, Africa, Japan, and North America in that order as they place heavy emphasis on that field, whereas European

BIBLIOMETRIC ANALYSIS

| Topic/Subtopic | Africa | Asia | Australia | EU | Japan | North America | Other Europe | GERMANY (DE) | NETHERLANDS (NL) | AUSTRIA (AT) | SWEDEN (SE) | SWITZERLAND (CH) | FRANCE (FR) | FINLAND (FI) | UNITED KINGDOM (GB) | ALL |
|---------------------------------|--------|------|-----------|-------|-------|---------------|--------------|--------------|------------------|--------------|-------------|------------------|-------------|--------------|---------------------|--------|
| (alternative) fuels | 0 | 17 | 10 | 2410 | 7 | 805 | 68 | 403 | 189 | 37 | 191 | 27 | 390 | 62 | 418 | 3340 |
| control systems | 1 | 35 | 6 | 605 | 12 | 151 | 11 | 106 | 41 | 18 | 28 | 4 | 89 | 10 | 144 | 823 |
| highway traffic control | 0 | 16 | 11 | 33 | 5 | 242 | 4 | 4 | 3 | 0 | 2 | 0 | 0 | 2 | 15 | 326 |
| intelligent transport systems | 0 | 12 | 26 | 180 | 15 | 233 | 3 | 21 | 11 | 3 | 11 | 0 | 23 | 6 | 49 | 473 |
| traffic control systems | 1 | 56 | 12 | 675 | 65 | 484 | 13 | 94 | 41 | 33 | 28 | 4 | 82 | 17 | 192 | 1326 |
| traffic control/speed detection | 2 | 11 | 26 | 724 | 7 | 197 | 9 | 90 | 65 | 23 | 44 | 3 | 134 | 21 | 146 | 986 |
| traffic management | 6 | 36 | 89 | 1082 | 55 | 1130 | 20 | 97 | 85 | 26 | 50 | 5 | 113 | 42 | 383 | 2463 |
| TMC | 17 | 208 | 246 | 4545 | 260 | 4216 | 96 | 590 | 330 | 156 | 251 | 27 | 588 | 141 | 1213 | 9748 |
| TOTAL | 77 | 689 | 718 | 76646 | 735 | 18131 | 2220 | 12606 | 6151 | 1890 | 3983 | 829 | 13079 | 1987 | 15461 | 100456 |

Table 3: Number of keywords per topic used by institutions from a country or a region

countries again place far behind other regions. Austria concentrates more resources on TMC than any other European country analyzed. In alternative fuel research, however, Austria comes in last, although keywords used by institutions in all European countries are fairly evenly distributed. A comparison of regions shows that EU countries, other European nations as well as North America allocate more resources to research in alternative fuels than other regions.

A yet more differentiated picture is offered in Figure 4, where data is represented on a logarithmic scale. It depicts which countries and regions concentrate their activities on certain topics compared to all activities world-wide.

The percentages showing the relative importance of each topic in a country or a region (Table 4) were again divided by the percentages indicating the relative importance of each topic world-wide; thus, the number 1 represents the average. Austria, for instance, played a significant role in TMC compared to other European countries as exhibited in Table 4. However, compared to activities in other countries world-wide, its role is a minor one. This standardized analysis also shows that the concentration of research activities on alternative fuels in North America as a re-

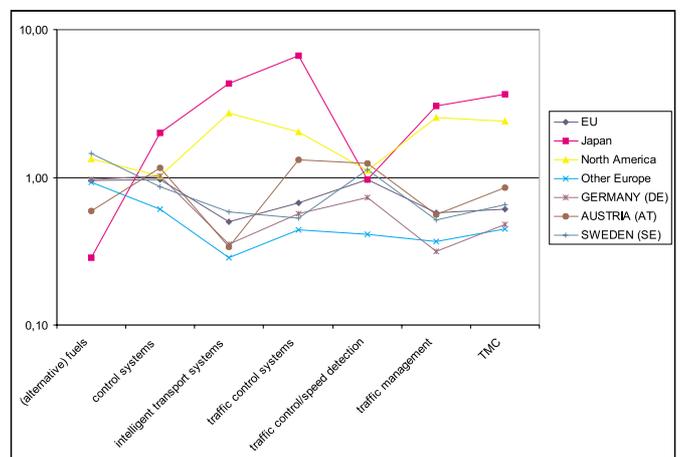


Figure 4: Level of concentration on topics by institutions from a country or a region

gion and Sweden is proportionally higher than research world-wide.

Relative importance of topics or subtopics by organizational type

Figure 5 shows that consultants figure prominently in the field of

| Topic/Subtopic | Africa | Asia | Australia | EU | Japan | North America | Other Europe | GERMANY (DE) | NETHERLANDS (NL) | AUSTRIA (AT) | SWEDEN (SE) | SWITZERLAND (CH) | FRANCE (FR) | FINLAND (FI) | UNITED KINGDOM (GB) | ALL |
|---------------------------------|--------|-------|-----------|------|-------|---------------|--------------|--------------|------------------|--------------|-------------|------------------|-------------|--------------|---------------------|------|
| (alternative) fuels | 0,0% | 2,5% | 1,4% | 3,1% | 1,0% | 4,4% | 3,1% | 3,2% | 3,1% | 2,0% | 4,8% | 3,3% | 3,0% | 3,1% | 2,7% | 3,3% |
| control systems | 1,3% | 5,1% | 0,8% | 0,8% | 1,6% | 0,8% | 0,5% | 0,8% | 0,7% | 1,0% | 0,7% | 0,5% | 0,7% | 0,5% | 0,9% | 0,8% |
| highway traffic control | 0,0% | 2,3% | 1,5% | 0,0% | 0,7% | 1,3% | 0,2% | 0,0% | 0,0% | 0,0% | 0,1% | 0,0% | 0,0% | 0,1% | 0,1% | 0,3% |
| intelligent transport systems | 0,0% | 1,7% | 3,6% | 0,2% | 2,0% | 1,3% | 0,1% | 0,2% | 0,2% | 0,2% | 0,3% | 0,0% | 0,2% | 0,3% | 0,3% | 0,5% |
| traffic control systems | 1,3% | 8,1% | 1,7% | 0,9% | 8,8% | 2,7% | 0,6% | 0,7% | 0,7% | 1,7% | 0,7% | 0,5% | 0,6% | 0,9% | 1,2% | 1,3% |
| traffic control/speed detection | 2,6% | 1,6% | 3,6% | 0,9% | 1,0% | 1,1% | 0,4% | 0,7% | 1,1% | 1,2% | 1,1% | 0,4% | 1,0% | 1,1% | 0,9% | 1,0% |
| traffic management | 7,8% | 5,2% | 12,4% | 1,4% | 7,5% | 6,2% | 0,9% | 0,8% | 1,4% | 1,4% | 1,3% | 0,6% | 0,9% | 2,1% | 2,5% | 2,5% |
| TMC | 22,1% | 30,2% | 34,3% | 5,9% | 35,4% | 23,3% | 4,3% | 4,7% | 5,4% | 8,3% | 6,3% | 3,3% | 4,5% | 7,1% | 7,8% | 9,7% |

Table 3: Number of keywords per topic used by institutions from a country or a region

intelligent transport systems along with industry and organizations, whereas their activities in the fields alternative fuels and highway traffic control are very minor.

Industry plays a major role in the fields control systems, traffic control/speed detection, and alternative fuels clearly dominating all other organizational types. Aside from industry, the share of research activities in the field of alternative fuels is fairly evenly distributed among universities, government and research organizations. Universities also play an important role in the fields control systems, highway traffic control, and traffic control systems.

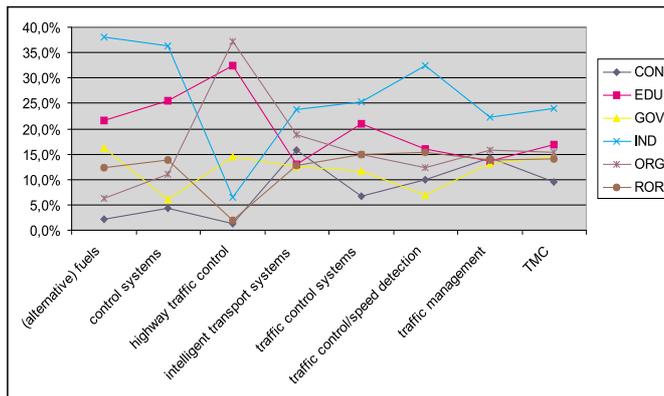


Figure 5: Relative importance of topics by organizational types

Conclusions

Hierarchical and one-dimensional structuring of bibliographic data is not sufficient to gain full insight into a research area. With the help of BibTechMon™, multidimensional information can be graphically represented on two-dimensional knowledge maps, which offers an easy-to read and interpret analysis of a research area.

Hierarchical structuring of bibliographic data not sufficient for a full insight into research area

Two different networks are presented; the network of keywords map which illustrates the importance of certain keywords and topics as well as the thematic correlation of different keywords and topics. The network of institutions map depicts the distribution of institutions organized by keywords and shows key players in certain areas of research. The topics alternative fuels and traffic management/traffic control were identified as hot topics and chosen for an in-depth analysis.

The analysis focused on the relative importance of the selected topics and subtopics in different countries and regions as well as the significance of those topics in a country or region compared to activities world-wide. In addition, the relative importance of various organizational types in selected topics and subtopics was examined. The results highlight different specialization patterns of countries and regions such as a dominance of the European Union and North America in the research area traffic manage-

ment/traffic control or Sweden's emphasis on alternative fuels. A close examination of organizational types yielded that e.g. industry plays a major role in the fields control systems, traffic control/speed detection, and alternative fuels.

This article demonstrates that co-occurrence analysis and the visualization tool BibTechMon™ provide the basis for an in-depth analysis of internationally relevant topics in the field mobility and transport technologies. Since this paper represents work in progress, a characterization of only a selection of critical topics was possible. Future research will focus on identifying new key topics and crucial specialization patterns in the fields mobility and transport technologies.

Bibliography

- [1] Callon, M., J. P. Courtial, W. A. Turner and S. Bauin (1983): From Translations to Problematic Networks: An Introduction to Co-Word Analysis. *Social Sciences Information*, v. 22, pp. 191-235.
- [2] Kopsca A. and E. Schiebel (1998): Science and Technology Mapping: A New Iteration Model for Representing Multidimensional Relationships. *Journal of the American Society for Information Science (JASIS)*, v. 49, no. 1, p. 7 et seq.
- [3] Kostoff R. (1993): *Co-Word Analysis*; Kluwer Academic Publishers, pp. 63-78.
- [4] Leyersdorf, K. (1989): Words and Co-Words as Indicators of Intellectual Organizations. *Research Policy*, v. 18, pp. 209-223.
- [5] van Raan, A.F.J. (1992): *Advanced Bibliometric Methods to Assess Research Performance and Scientific Development: Basic Principles and Recent Practical Applications*. *Research Evaluation*, v. 3, no. 3, pp. 151-166.
- [6] Widhalm, C., A. Kopsca, E. Schiebel, H.G. Müller, and N. Balling (1999): *Konzeptive Entwicklung eines Einlesesystems und einer Strategie zur automatisierten Schlagwortgenerierung*. OEFZS-S-0051, confidential.

Ute Gigler (ute.gigler@arcs.ac.at) has a B.A. in Environmental Sciences from the University of California at Berkeley and a Master in Urban Planning from the University of Washington. She worked on indicator development and on watershed management and planning, assessing the impacts of land use on water resources and fisheries, as well as on habitat enhancement and stream restoration in urban areas. Currently she is with ARCS in the Department of Systems Research. Her research interests include transportation planning and policy, changes in mobility, integrated environmental assessment, e.g., environmental impacts of urban growth patterns, and the consumption of natural resources in cities.



Clemens Widhalm (clemens.widhalm@arcs.ac.at) has a Doctorate of Technical Physics; he graduated in 1998 at Technical University of Vienna. He was project manager at Technical University of Vienna of a BRITE-EURAM project (CR-1815-91) in the CRAFT-scheme (4th Framework Program) together with 7 partners of natural stone industry and 3 university institutes. Currently he is working at ARCS, Department of Technology Management. His work includes Technology monitoring for companies, and evaluation of R&D-activities for the public sector by means of systematic evaluation of huge databases, as well as knowledge management concepts for industry and the development of visualisation methods.

Europas neue Wege

Chancen und Hindernisse für Innovationen im Verkehrsbereich

K. Matthias Weber und Henk van Zuylen, ARCS/AVV

Welche Rolle soll die Politik bei der Suche nach und der Entwicklung von aussichtsreichen Verkehrstechnologien spielen? Im Rahmen einer europäischen Innovationspolitik ist ein aktives, aber differenziertes Vorgehen gefragt, das Zeitpunkt, Art und Umfang der Unterstützung genau reflektiert.

In den letzten Jahren wurden viele Fortschritte bei der Reduzierung der Abgasemissionen von Kraftfahrzeugen gemacht, wobei gleichzeitig auch die Zahl der Unfälle sank sowie schnellere und bequemere Transportmittel auf den Markt kamen. Der anhaltende Anstieg der Nachfrage nach Mobilität scheint jedoch einen großen Teil der erreichten Fortschritte zunichte zu machen. Staus und CO₂-Emissionen wecken besondere Besorgnis in Bezug auf die Nachhaltigkeit unseres heutigen Verkehrsangebots und seiner Nutzung und hinsichtlich der Luftqualität in den Städten.

Nutzer und 'Stakeholder' müssen am Innovationsprozess beteiligt werden, um Diskrepanzen bei der Entwicklung der kulturellen, institutionellen und technologischen Aspekte zu vermeiden.

Das Bewusstsein für die Dringlichkeit dieser Probleme hat auf der Ebene der europäischen Politik zugenommen, wie beispielsweise durch den Aktionsplan für die Verkehrspolitik der EU-Kommission [2] deutlich wurde. Neben der Betonung einer Stärkung der Marktkräfte bei der Bereitstellung von Verkehrsdienstleistungen wird auch die Erhöhung der Effizienz und Qualität von Verkehrsdienstleistungen und eine Reduzierung ihrer Umweltfolgen ausdrücklich erwähnt.

Neue Technologien sollen einen erheblichen Beitrag zur Verbesserung der jetzigen Situation leisten. Zum Beispiel argumentieren Van Wee et al. [8] in einer Szenariostudie, dass durch technologische Innovationen zwischen 1990 und 2030 folgende Emissionssenkungen erreichbar wären:

- CO₂: -80%
- NO_x: -90%
- VOC (leicht flüchtige organische Verbindungen) -90%
- Partikel: -90%.

Laut der Studie können diese Ziele erreicht werden ohne das Wirtschaftswachstum zu bremsen. Mit anderen Worten: durch die Anwendung neuer, auch verkehrsvermeidender Technologien kann das Wirtschaftswachstum von den zunehmenden, durch die

wachsende Verkehrsnachfrage verursachten Umweltschäden abgekoppelt werden [1].

Die Einführung und Akzeptanz neuer Lösungen wird jedoch an mehreren Stellen des Innovationsprozesses behindert. Wie von der durch die EU-Verkehrsminister im April 1999 eingesetzten High-Level Group betont wurde, lassen sich sechs Kategorien von Hindernissen für Innovationen im Verkehrsbereich unterscheiden [6]:

- mangelnde Kenntnis vorhandener Informationen
- Hindernisse im rechtlichen und regulativen Bereich
- technische Hindernisse
- finanzielle und kommerzielle Hindernisse
- gesellschaftliche Hindernisse
- Hindernisse im Entscheidungsprozess

Diese Verschiedenartigkeit von Hindernissen ist mit einem „koevolutionären“ Verständnis des Innovationsprozesses kompatibel. Dabei wird behauptet, dass technologische Innovationen zumeist drei wesentliche Aspekte besitzen: *Technologie*, *Institutionen* im Umfeld, in das die Technologie eingeführt wurde (z.B. Gesetzgebung, Verteilung von Kompetenzen, Besitzverhältnisse) und *Kultur* (z.B. Einstellungen, Präferenzen, Gewohnheiten und Werte). Beim Innovationsprozess hängen alle drei Aspekte eng miteinander zusammen und müssen sich daher gleichzeitig entwickeln. Hindernisse können von jedem der drei Aspekte ausgehen und insbesondere von den Wechselwirkungen zwischen ihnen. Das bedeutet, dass Nutzer und 'Stakeholder' am Innovationsprozess beteiligt werden müssen, um Diskrepanzen bei der Entwicklung der kulturellen, institutionellen und technologischen Aspekte zu vermeiden. Nur ein offener, interaktiver Innovationsprozess besitzt das Potenzial, nachhaltige Innovationsergebnisse zu liefern.

Die von den unterschiedlichen politischen Ebenen und Bereichen ausgehenden Signale und Maßnahmen ergänzen sich nicht immer.

Umgang mit der Ungewissheit

Diese Überlegungen zeigen, wie vielfältig die Probleme sind, mit denen die Politik (und als Teil derselben auch die europäische

Politik) zu kämpfen hat, sobald es um das Überwinden dieser Hindernisse geht und die zukünftige Entwicklung der Verkehrstechnologie in Übereinstimmung mit den gesteckten Zielen beeinflusst werden soll.¹⁾

Als ein erster Schritt ist ein gutes Verständnis der wirtschaftlichen und sozialen Implikationen neuer Technologien notwendig. Dazu müssen eine ganze Reihe Ungewissheiten und wechselseitige Abhängigkeiten verstanden werden, zum Beispiel:

- Ungewissheit in Bezug auf die zukünftigen Leistungsmerkmale neuer Technologien (Welches Leistungspotenzial besitzen sie?)
- Ungewissheit über die Art ihrer Auswirkungen gemessen an verschiedenen Bewertungskriterien, die sich mit den oben ausgeführten politischen Zielen decken (Haben sie wünschenswerte Folgewirkungen?)
- Ungewissheit über das Ausmaß der Auswirkungen unter verschiedenen Zukunftsszenarien für das Verkehrssystem (Sind sie relevant?)
- Ungewissheit über die zur Erreichung bestimmter politischer Ziele am besten geeigneten Technologien, z.B. ob alternative Brennstoffe, elektrische Antriebe oder Hybridantriebe zur Reduzierung von CO₂-Emissionen eingesetzt werden sollten (Wo liegen die Prioritäten?)

Außerdem ist das Transport- und Verkehrswesen ein komplexes System mit mehreren Ebenen. Innovationen auf der technologischen Basisebene (z.B. neue Materialien) müssen – was ihre Auswirkungen auf das Verkehrssystem betrifft – ebenso berücksichtigt werden wie neue Verkehrskonzepte (z.B. das Mehrzweckauto oder Hochgeschwindigkeitszüge).²⁾ Wechselseitige technologische Abhängigkeiten in solch einem komplexen technischen System sowie die lange Lebensdauer von Infrastrukturen und ihre hohen Kosten, favorisieren inkrementale Veränderungen und behindern Systeminnovationen.

Zudem trägt die Politik selbst zu den Ungewissheiten im Zusammenhang mit neuen Verkehrstechnologien bei. So wirkt sich die Verlässlichkeit von Vorschriften, Preisrahmen und Organisationsstrukturen (z.B. infolge einer Liberalisierung der Verkehrsmärkte) auf die Zukunftsperspektiven neuer Technologien aus. Außerdem ergänzen sich die von den unterschiedlichen politischen Ebenen und Bereichen ausgehenden Signale und Maßnahmen nicht immer.

Allerdings sind solche Ungewissheiten nicht unbedingt ein Hindernis für die Politik. Im Gegenteil: Ungewissheit bedeutet auch, dass man noch zwischen verschiedenen Optionen wählen

und die zukünftige Leistungsfähigkeit von Technologien durch jetzt oder später getroffene politische Maßnahmen beeinflussen kann.

Über ein bestmögliches Problemverständnis hinaus muss die europäische Innovationspolitik im Verkehrsbereich aber auch die für sie angemessene Rolle bei der Unterstützung von Verkehrsinnovationen bestimmen, bevor konkrete Maßnahmen definiert werden können. Bei der Suche nach einer solchen Rolle sollte die Realisierung eines europäischen Mehrwerts gegenüber rein nationalen Politikinitiativen Berücksichtigung finden. Dieser kann von dem jeweiligen Technologiefeld abhängen (er stellt sich z.B. in der Luftfahrt anders dar als beim öffentlichen Nahverkehr), aber auch von der Phase, in der sich eine technologische Innovation gerade befindet.

In einem interaktiven Innovationsmodell können die FTE-Politik, Verkehrspolitik, Wettbewerbspolitik und andere Politikbereiche nicht separat analysiert werden.

Prinzipiell kann die Politik während des Innovationsprozesses in Bezug auf neue Technologien verschiedene Rollen übernehmen, und diese Rollen können sich mit jeder Phase verändern: Kontrollinstanz, FuE-Instanz, Regulierungsinstanz, Innovationsförderung, Umsetzung oder sogar Entwicklung [9]. Es wird heutzutage weithin akzeptiert, dass die Politik die Auswahl von Technologien weitestgehend dem Markt überlassen sollte, aber sie wird als notwendig angesehen, um Innovationen und ihre Akzeptanz in verschiedenen Phasen zu beeinflussen und zu unterstützen und den Rahmen für die technologischen Entwicklungspfade der Zukunft zu bestimmen.

Darüber hinaus werden die für Verkehrsinnovationen relevanten Entscheidungen in verschiedenen Bereichen der Politik getroffen und auf verschiedenen politischen Ebenen umgesetzt. In einem interaktiven Innovationsmodell können die FTE-Politik, Verkehrspolitik, Wettbewerbspolitik und andere Politikbereiche mit Einfluss auf die verschiedenen Elemente des interaktiven Modells nicht separat analysiert werden. Daher sollte die europäische Politik eine Rolle anstreben, in der sie zum richtigen Zeitpunkt Impulse aus der Forschung geben kann und bei der Koordinierung der verschiedenen politischen Bereiche und Ebenen hilft.

Diese Rolle muss sich jedoch auf eine solide Wissensbasis stützen. Die Identifizierung so genannter „aussichtsreicher“ Technologien ist ein wichtiger erster Schritt und dient als Grundlage und Stütze der Politik zur Entwicklung und Förderung von Innovationen im Verkehrsbereich. Eine wichtige Frage in diesem Zusammenhang lautet, ob sich die Identifizierung solcher „aussichtsreicher“ Technologien auf einen interaktiven Prozess unter breiter Beteiligung von ‘Stakeholdern’ oder hauptsächlich auf das Urteil unabhängiger Experten stützen sollte. Auf diese Frage gibt es keine einfache Antwort; die jüngsten Erfahrungen

¹⁾ Die Hauptziele der gemeinsamen Verkehrspolitik der EU lassen sich grob in die folgenden, an das jüngste Aktionsprogramm (Europäische Kommission 1998) angelehnten Kategorien einteilen: Zugang zum Markt und Interoperabilität garantieren; integrierte Transportsysteme einführen; faire und effiziente Preisgestaltung garantieren; zum wirtschaftlichen und sozialen Zusammenhalt beitragen; Sicherheit erhöhen; Umweltbelastungen reduzieren; externe Effektivität erhöhen; sicherstellen, dass bestehende Regeln durchgesetzt werden; Verbraucher schützen und die Qualität von Transportdienstleistungen erhöhen.

²⁾ Beim Transport- und Verkehrswesen kann man sechs Ebenen unterscheiden: Basistechnologien, Komponenten, Anwendungen, Fahrzeugkonzepte, Verkehrs-/Transportkonzepte und Verkehrs-/Transportsysteme, wobei bei letzterer hauptsächlich zwischen Fracht- und Personenverkehr unterschieden wird.

zeigen jedoch, dass die Beteiligung von Industrie *und* Benutzern während dieser Phase sinnvoll ist.

Methodologie zur Identifikation aussichtsreicher Technologien

Die europäische Verkehrsinnovationspolitik muss gut unterrichtet handeln, weshalb es wichtig ist, mögliche Folgen und Potenziale aufkommender Technologien zu erkennen. Man benötigt zuverlässige Bewertungsinformationen und Leistungsabschätzungen für neue Technologien, um politische Entscheidungen zu untermauern und potenzielle Herausforderungen, Risiken und Chancen zu antizipieren. Für den Zeitraum bis 2020 wurde im Rahmen des Projekts FANTASIE die zukünftige Leistung einer breiten Auswahl neuer Verkehrstechnologien abgeschätzt und dabei besonders auf neue Verkehrskonzepte geachtet.³⁾ Ein Überblick über den Prozess der Vorausschau und Bewertung der Technologien sowie des Designs geeigneter Politikstrategien ist in Abb. 1 dargestellt.

Selbst innerhalb einzelner Modalitäten stechen bestimmte Technologien häufig hervor und verleihen der IKT zusätzliches Gewicht bei der zukünftigen Verkehrstechnologie.

Die Wirkungen wurden für verschiedene Szenarien und Transportbereiche abgeschätzt. Diese Schätzungen stützen sich auf die besten aktuell verfügbaren Informationen und konzentrieren sich auf vier Hauptdimensionen, um die Wirkungen der technologischen Innovationen zu bewerten. Die vier Hauptbewertungsdimensionen spiegeln die derzeitigen Schwerpunkte der Europäischen Kommission im Verkehrsbereich wider: Effizienz und Qualität, Sicherheit, Umweltwirkungen und sozio-ökonomische Aspekte. Für jede dieser Bewertungsdimensionen wurden wiederum eine Reihe Indikatoren definiert. So wurde z.B. die Dimension wirtschaftliche Effizienz durch die Konstruktions- und Unterhaltungskosten, die möglichen Reisezeitgewinne und einen Komfortindikator erfasst. Zudem wurden noch horizontale Bewertungsdimensionen aufgestellt, um Querschnittsaspekte berücksichtigen zu können, z.B. strukturelle und Nachfrageeffekte, Wirkungen im Hinblick auf Intermodalität und Systemintegration, technologische Interdependenzen und Synergieeffekte etc.

Korver und Harrel [7] haben im Rahmen der vier Prototyp-Szenarien die jeweils zu erwartenden Marktanteile der verschiedenen Transportkonzepte abgeschätzt, um dann in Kombination mit den technischen Parametern die Bewertung ihrer Wirkungen zu ermöglichen. Die Szenarien spiegeln mögliche politische und ökonomische Zukunftsentwicklungen und Rah-

menbedingungen sowie die damit verbundenen Unsicherheiten wider. Die vier Szenarien können entlang zweier Basisdimensionen (Grad der Nachhaltigkeitsorientierung, Niveau des Wirtschaftswachstums) in Form nachstehender Matrix dargestellt werden.

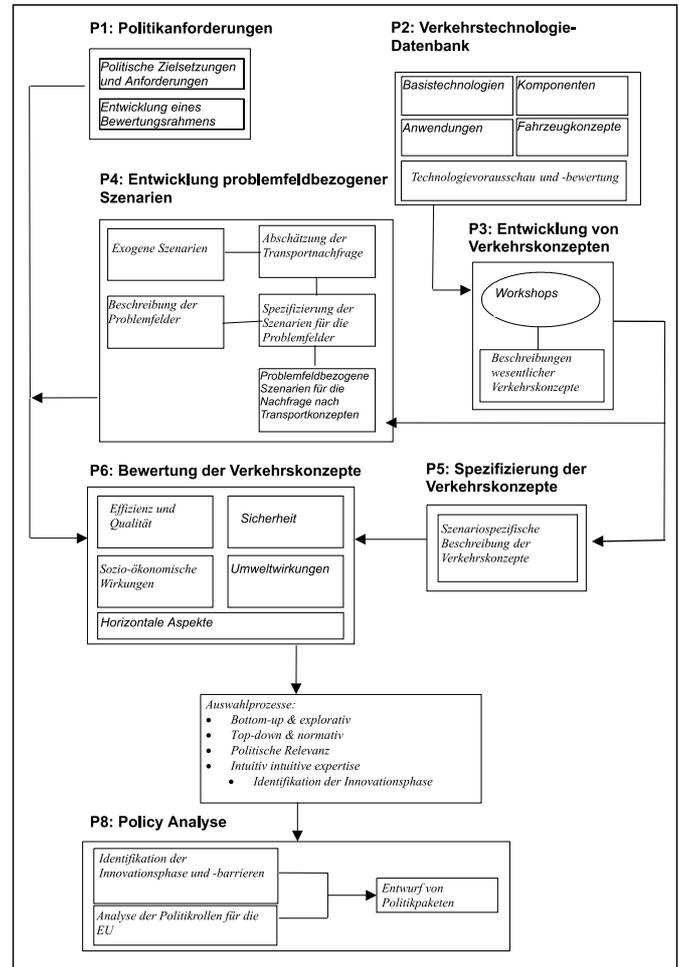


Abb. 1: Methodologie von FANTASIE in Arbeitspaketen

Im Szenario *Nachhaltiges Wachstum* sind Wirtschaftswachstum und Verkehrsnachfrage entkoppelt. Dies entspräche in etwa der Situation, die die Europäische Kommission in Hinblick auf den Verkehrsbereich anstrebt. Im Falle *Nachhaltiges Gleichgewicht* verändert sich die Verkehrsnachfrage beträchtlich. Beim Güterverkehr wird angenommen, dass sich die Nachfrage weiterhin in erster Linie in Abhängigkeit vom Wirtschaftswachstum entwickeln wird und erst in zweiter Linie in Abhängigkeit vom Nachhaltigkeitsziel. Beim Personenverkehr ist es genau umgekehrt; Nachhaltigkeit ist die primäre Triebkraft, hinter die das Wirtschaftswachstumsziel zurücktreten muss. Die beiden anderen Szenarienfälle ergeben sich aus einer Fortschreibung der derzeitigen Gegebenheiten (*business as usual*) bzw. aus dem Primat des Wachstumsziels (unbeschränktes Wachstum).

Diese vier Szenarien stellen den Bezugsrahmen für die Folgenabschätzung der verschiedenen technologischen Innovationen dar, und zwar im Hinblick auf die Politikziele der gemeinsamen Transportpolitik der EU, die ja in den vier Bewertungsdimensionen vereinfacht abgebildet wurden.

³⁾ Diese Arbeit wurde als Teil des von der DG VII finanzierten Projekts FANTASIE durchgeführt (Forecasting and Assessment of New Transport Technologies and their Impact of the Environment).

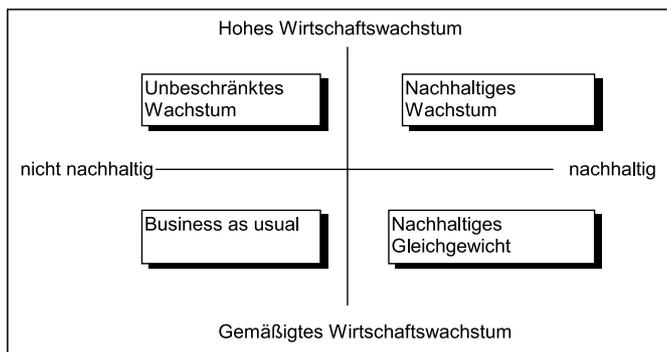


Abb. 2: Die vier Prototyp-Szenarien (Korver und Harrel 1999)

Jedes der Grundszenarien wurde dann weiter spezifiziert, um die verschiedenen Hauptanwendungsfelder von Transport zu erfassen:

- städtischer Personenverkehr
- Verkehr im ländlichen Raum
- Interurbaner Personenverkehr der Mittelstrecke (80 – 250 km)
- Interurbaner Personenverkehr der Langstrecke (> 250 km)
- Kurzstrecken-Frachtverkehr (auch städtisch)
- Langstrecken-Frachtverkehr

Die Regierungen haben ebenso wie die EU die Möglichkeit, bewusst ihre Rollen im Innovationsprozess zu wählen.

Die Bereitschaft der EU und der nationalen Regierungen, auf den Innovationsprozess Einfluss auszuüben, hängt natürlich letzten Endes ebenfalls von den wirtschaftlichen Bedingungen einerseits und der Bedeutung des Nachhaltigkeitsziels andererseits ab. Diese politischen Orientierungen müssen daher Bestandteil der Szenarien sein, um Politikmaßnahmen zu entwickeln, die mit den Szenarien kompatibel sind. Dieser Aspekt gewann gegen Ende des FANTASIE-Prozesses zentrale Bedeutung. Im Rahmen mehrerer Workshops wurden Politikpakete entworfen (s.u.), bei denen neben den Bewertungsergebnissen speziell auch die geeignete Rolle für die EU Eingang fanden sowie die Frage, ob ein Instrumenteneinsatz in Bezug auf den Zeitpunkt im Innovationsprozess sinnvoll wäre oder nicht.

Eine Auswahl aussichtsreicher Technologien

Unter Anwendung der vorab beschriebenen Methodologie konnte eine relativ begrenzte Anzahl aussichtsreicher Technologien identifiziert werden. Diese Technologien erfüllen zum einen die Bedingung, dass man von ihnen eine positive und bedeutende Wirkung auf die meisten Bewertungsaspekte in den verschiedenen Szenarien erwartet und dass sie in Bezug auf ihre Entwicklungschancen von politischen Maßnahmen wahrscheinlich beeinflusst werden können [9]. Anders ausgedrückt sind diese Technologien „robust“, d.h. sie versprechen positive Wirkungen unter verschiedensten Bedingungen, sie sind „rele-

vant“, weil man von ihnen insgesamt beträchtliche Wirkungen erwartet, und sie sind „politikempfindlich“, d.h. sie können durch innovationspolitische Maßnahmen beeinflusst werden.

Tabelle 1. Die aussichtsreichsten Verkehrsinnovationen⁴⁾

| Kategorie | Technologie (Innovationsphase) |
|---------------------------------|---|
| Multimodale Technologien | <ul style="list-style-type: none"> • Multimodale Verkehrsinfos (2,3) • Multimodale Fahrplaninfos (2,3) • Intermodale Transshipment-Terminals (3,4) • Intermodale Passagierterminals (2,3) • Multimodale (kombinierte) Transportdienste (2,3) • Buchungssysteme für Transportarten (2) • Informationssystem für die modale Koordination (2) • Informationssystem zur Erkennung von Vorlieben und Gewohnheiten von Reisenden (1) |
| Informationstechnologie | <ul style="list-style-type: none"> • Smart Payment Systems (3,4) • Smart Card (3,4) • Erkennungssysteme (2,3) • Mobiler Zugang zum Internet (4) • Teleaktivitäten (4) |
| Straße | <p>a) Generisch</p> <ul style="list-style-type: none"> • Moderne Antriebssysteme (2,3,4) • Elektro- und Hybridantrieb (3,4) • Brennstoffzelle (2,3) • Elektrisches Stadtauto (3) • Dynamische Streckenplanung (3) • Verkehrsinfosgeräte im Fahrzeug (4) • Elektronische Erhebung von Straßenbenutzungsgebühren (4) • Verkehrskontrollsysteme (4) • Parkplatz-Managementsysteme (4) • Fahrerlose Transportsysteme (2,3) • Fahrerunterstützungssysteme (2,3,4) • Drive-by-wire (2) <p>b) Personenverkehr</p> <ul style="list-style-type: none"> • Menschlich angetriebene Fahrzeuge (4) • Neue Systeme für schnellen Personentransit (2,3) • Ride sharing (Mitfahrdienste) (4) • Car sharing (4) <p>c) Frachtverkehr</p> <ul style="list-style-type: none"> • Road trains („Lastwagen-Züge“) (4) • Frachtelematik (3,4) • Innovative Systeme zum Bau von unterirdischen Frachtinfrastrukturen (2,3) |
| Schiene | <ul style="list-style-type: none"> • Recycling und Aufbereitung von Abfällen (städtischer Schienenverkehr) (3) • Brennstoffzellen- und Batterietechnologie (für on-demand-Schiensysteme) (2,3) • Neue Schieneninfrastruktur für neue Transportkonzepte, z.B. Maglev und Personal Rapid Transit (2,3) • Verkehrsmanagement-Systeme und Integration von Informationstechnologie mit GNSS (Global Navigation Satellite Systems). • Drahtlose Kommunikationssysteme und Computer-Kommunikationsnetzwerke (Internet, LAN, WAN) für Zugferreisende und städtischen Nahverkehr (3,4) • Reduzierung von Gewicht und Luftwiderstand (3,4) • Hochgeschwindigkeits-Neigezüge (3,4) • Technologien für unterschiedliche Spannungen (3,4) • Nahverkehrszüge und People Mover (3,4) |
| Luft | <ul style="list-style-type: none"> • Megaliner (2) • Tiltrotor (2) • Verbesserte Propfan-Triebwerke (3) • Kommerzieller Überschalltransport (2,3) • Airship (2,3) • Ultraschallflugzeuge (3) • Entfrosts-/Enteisungssysteme (3) • Luftverkehrsmanagement (3) |
| Seeweg | <ul style="list-style-type: none"> • Vollelektrische Schiffe (2,3) • Schnelle hochseetüchtige Passagierfähren (3,4) • Schnelle Passagierfähren für Binnengewässer (3,4) • Whale-tail-Boote für Binnengewässer (2) |

Quelle: van Zuylen et al. (2000) Die Zahlen in den Klammern beziehen sich auf die Innovationsphase, in der sich die Technologie z.Zt. befindet: 1 = Technologie im Erfindungsstadium, 2 = Testphase, 3 = erste praktische Anwendung, 4 = Markteinführung, 5 = Reife und Benutzung, 6 = nimmt ab oder durch neue Technologie ersetzt.

⁴⁾ Die in dieser Tabelle verwendeten Technologiekategorien unterscheiden hauptsächlich zwischen verschiedenen Transportmodalitäten, die von zwei übergreifenden Kategorien ergänzt werden (multimodale und Informationstechnologie). Die meisten der erwähnten individuellen Technologien beziehen sich auf die Ebenen von Transportkonzepten oder Fahrzeugkonzepten (s. Endnote 2).

Bei Betrachtung von Tabelle 1 fällt auf, dass sich neben einer Reihe unimodaler Technologien (Luft, Schiene, Straße, Schiff) auch zwei horizontale Technologiefelder als besonders vielversprechend abheben, nämlich die Informationstechnologie und multimodale Integration. Selbst innerhalb einzelner Modalitäten stechen bestimmte Technologien, z.B. Verkehrsinformationen und -management, Telematik und intelligente Betriebshilfssysteme, häufig hervor und verleihen der IKT zusätzliches Gewicht bei der zukünftigen Verkehrstechnologie. Die multimodale Integration als zweite horizontale Technologiegruppe wird ZUDEM durch Innovationen in den einzelnen Modalitäten ergänzt, z.B. neue Mobilitätskonzepte (Car-sharing, Ride-sharing,⁵⁾ Frachtlogistik). Eine dritte Art von Innovation, die aus allen Gruppen herausragt, sind neue Antriebssysteme für alle Modalitäten. Es handelt sich um den Bereich, der zur Zeit vielleicht die meiste Aufmerksamkeit genießt, vor allem aufgrund von umweltbezogenen Überlegungen. In Übereinstimmung mit der Neuorientierung der Transportdienste in einem auf Marktprinzipien gestützten System werden Maut- und Road Pricing-Technologien für den Straßenverkehr als sehr aussichtsreiche zukünftige Optionen angesehen.

Mit der Weiterentwicklung einer Technologie über den Innovationszyklus muss die Rolle der Politik überdacht werden; sie kann und sollte sich unter Umständen sogar deutlich verändern.

Mögliche Rollen der EU bei der Verkehrstechnologiepolitik

Die meisten zukunftssträchtigen Technologien würden von einer Kombination aus verschiedenen, über den Innovationszyklus verteilten politischen Maßnahmen profitieren, von denen aber nur einige bevorzugt auf europäischer Ebene durchzuführen sind. Es muss zu jeder Zeit ein Gleichgewicht gefunden werden zwischen europäischen und nationalen, regionalen und lokalen Maßnahmen, die sich verschiedenen Kernaspekten der Innovation zuwenden – nicht zuletzt aus Rücksicht auf Gemeinschaftsprinzipien wie Subsidiarität und die Notwendigkeit, den Mehrwert von Gemeinschaftsmaßnahmen zu rechtfertigen. Ebenso brauchen Technologien, die bereits Gegenstand industrieller FuE sind, nicht unbedingt zusätzliche finanzielle Unterstützung seitens der EU, könnten stattdessen jedoch von Initiativen im Normungsbereich profitieren.

Mit anderen Worten, die Regierungen haben ebenso wie die EU die Möglichkeit, bewusst ihre Rollen im Innovationsprozess zu wählen. Grundsätzlich lassen sich folgende Rollen unterschei-

den, wobei die Standardrolle sicher zunächst einmal die passive ist, d.h. keine spezifischen Aktionen werden gestartet:

- Neutrale, passive Rolle
- Beobachter
- Forschungs- und Entwicklungsakteur
- Regulierer
- Innovationsagent
- Implementierer
- Entwicklerrolle

Beim Übergang von FuE zur Markteinführung können Regulierungen, gesetzgeberische Maßnahmen, Harmonisierungsbemühungen oder fiskalische Instrumente die Geschwindigkeit der Marktpenetration deutlich erhöhen.

Diese Wahl der Rolle hängt ab von der Art der zur Diskussion stehenden Innovation, von der Innovationsphase, in der sie sich befindet, aber auch von der traditionellen Rolle des Staates im Anwendungsfeld der Technologie (z.B. Eisenbahnwesen) und den Beziehungsgeflechten zwischen den verschiedenen Akteuren, den Kompetenzen der staatlichen Akteure, aber sicher auch von den (nationalen) Politikulturen und -präferenzen. Mit der Weiterentwicklung einer Technologie über den Innovationszyklus muss die Rolle der Politik überdacht werden; sie kann und sollte sich unter Umständen sogar deutlich verändern. Die Rolle sollte mit Blick darauf gewählt werden, dass die Mittel so effektiv wie möglich eingesetzt werden. Für die EU ergibt sich zudem das spezifische Problem, dass sie sich immer im Rahmen dessen bewegen muss, was durch die politischen Strukturen und die europäischen Verträge legitimiert ist. Unter Berücksichtigung dieser verschiedenen Aspekte lassen sich die Rollen für die europäische Politik wie in Tabelle 2 dargestellt zusammenfassen.

Danach kommt die EU im Prinzip zwar für alle Rollen in Frage, allerdings abhängig von der Innovationsphase, in der sich eine Technologie befindet. Im Rahmen dieser Rollen sind dann eine Reihe spezifischer Handlungsoptionen möglich, die von finanziellen und rahmensetzenden Maßnahmen über die Schaffung von Netzwerken und Harmonisierungsbemühungen bis hin zu Pilot- und Demonstrationsprojekten reichen. Die Überlappung verschiedener konkreter Maßnahmen hat auch zur Folge, dass verschiedene Generaldirektionen der EU Kommission mit ihren Politiken gleichzeitig auf Innovationsprozesse einwirken, und war häufig in ganz unterschiedlichen Rollen.

Darüber hinaus kann man auch Überlegungen anstellen, zu welchem Zeitpunkt politische Interventionsversuche am effektivsten zu sein versprechen. Während des Forschungs- und Entwicklungsprozesses ist die Unsicherheit noch sehr groß, so dass die Gefahr von Fehlsteuerungen verstärkt vorhanden ist. Eine sehr sensitive Phase ist hingegen der Übergang von FuE zur Markt-

5) Die Unterscheidung zwischen Car-sharing und Ride-sharing besteht darin, dass beim Ride-sharing nur ein Autobesitzer vorhanden ist, der seine Fahrten mit anderen durch moderne IKT-/Telematik-/Fahrinformationssysteme koordiniert, z.B. für Berufspendler. Car-sharing ist wiederum ein professioneller Dienst, der von einer Firma angeboten wird, die auch die Autos besitzt und somit für ihre Wartung und Versicherung verantwortlich ist. Das heißt auch, dass das Car-share-Auto nur im Rahmen des Car-sharing-Programms benutzt wird, während das beim Ride-sharing benutzte Auto normalerweise den Privatzwecken des Eigentümers dient.

einführung (siehe Abb. 3). Hier können Regulierungen, gesetzgeberische Maßnahmen, Harmonisierungsbemühungen oder fiskalische Instrumente die Geschwindigkeit der Marktpenetration deutlich erhöhen. Ein zweiter sehr wirksamer Zeitpunkt ist auch dann erreicht, wenn eine Technologie bereits ihren Entwicklungshöhepunkt erreicht hat und neue, alternative Optionen sie zu verdrängen beginnen.

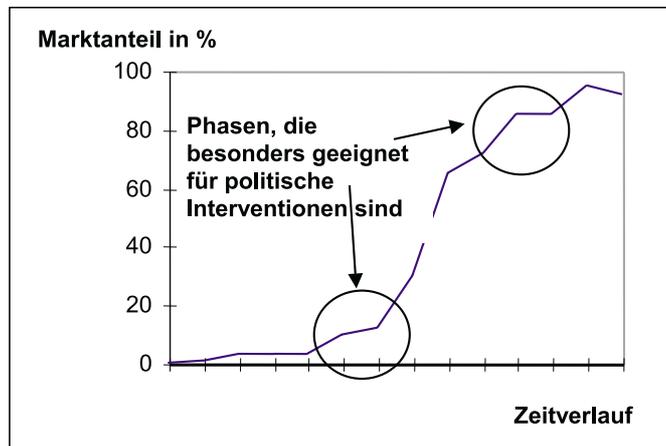


Abb. 3: Geeignete Interventionsphasen über dem Innovationsverlauf

Allgemein formuliert wird die europäische Politik dann am besten zur Innovation im Verkehrswesen beitragen, wenn sie folgende Maßnahmen kombiniert:

- **Strukturelle Maßnahmen:** Die gesetzlichen und regulativen Rahmenbedingungen müssen innovationsfördernd im Sinne der Verkehrspolitik sein. So wurden bereits europäische Organisations- und Besteuerungsprinzipien definiert, die mehr Transparenz und eine Berücksichtigung externer Kosten ermöglichen würden, aber sie harren bislang noch ihrer Umsetzung [3]. Die Liberalisierung der Transport- und Verkehrsmärkte muss in diesem Zusammenhang genannt werden, aber auch die Pläne für eine Reform der Kraftstoffbesteuerung und die weitere Verschärfung von Emissionsgrenzwerten. Die Harmonisierung dieser strukturellen Bedingungen in ganz Europa führt jedoch nur dann zu Verkehrsinnovationen, wenn sie keinen großen Verwaltungsaufwand oder schwere finanzielle Belastungen verursacht, die der Innovation neue Hindernisse in den Weg legen.
- **Technologische Maßnahmen:** Zwar sollten weite Bereiche der Innovationspolitik wohl besser auf nationaler oder regionaler Ebene implementiert werden, es gibt jedoch mehrere Technologiebereiche mit einer spezifisch europäischen Dimension (z.B. die Luftfahrt), wo Forschungsmaßnahmen auf europäischer Ebene angebracht sind. Ähnliches gilt auch für grundlegende Arbeiten zu neuen Antriebssystemen, die von einer koordinierten europäischen Forschungsbasis profitieren könnten. Während späterer Phasen im Innovationsprozess könnten sich EU-finanzierte Demonstrations- und Pilotprojekte bei der Verbreitung von Ergebnissen und Anwendungserfahrungen mit neuen Verkehrslösungen als sehr nützlich erweisen. Jedoch sollte klar sein: Je mehr sich derartige Ansätze dem Markt nähern, desto wichtiger wird es, ein sorgfältiges Gleichgewicht zu finden zwischen dem Schutz von experi-

mentellen Technologien einerseits und der notwendigen Vorbereitung auf den Wettbewerbsdruck andererseits. Konkret bedeutet dies, dass die Unterstützung für solche Nischentechnologien eindeutig begrenzt sein muss.⁶⁾

- **Kompatibilitätsmaßnahmen:** Der zeitigen Standardisierung von Verkehrslösungen wird eine sehr wichtige Rolle auf europäischer Ebene zugeordnet. Dies ist nicht nur wichtig, um die Kompatibilität von Technologien über die Grenzen der europäischen Mitgliedsstaaten hinweg zu ermöglichen und auf diese Weise die Größe des europäischen Marktes auszunutzen, sondern auch zur Erreichung einer kritischen Masse im Hinblick auf die Setzung globaler Technologiestandards. Eine frühzeitige Standardisierung kann jedoch auch nachteilig sein, da durch zu frühes Definieren von Standards bessere Lösungen verhindert werden können.
- **Kulturelle Maßnahmen:** Die europäische Politik kann einen Orientierungsrahmen liefern, indem sie neue Visionen im Zusammenhang mit der Verkehrsproblematik fördert und somit die Mobilitätskultur in den Mitgliedsstaaten verändert. Die Grün- und Weißbücher der letzten Jahre haben den Weg für innovatives Verhalten seitens der Technologieanbieter und Verkehrsbetriebe geebnet und auch das Bewusstsein der Bürger für die Nebenwirkungen des Verkehrs beeinflusst.

Da diese Bedingungen und Vorgaben auf verschiedenen politischen Ebenen definiert werden, ist eine gute Koordination von Maßnahmen gefragt, damit ein solcher Politikmix kohärent funktionieren kann. Dass beispielsweise innovatives Verhalten im Verkehrssektor vom Grad des vorhandenen Wettbewerbsdrucks abhängt, zeigt, dass die Verkehrstechnologiepolitik unmittelbar mit der Wettbewerbspolitik in diesem Sektor zusammenhängt.

Es gibt mehrere Technologiebereiche mit einer spezifisch europäischen Dimension (z.B. die Luftfahrt), wo Forschungsmaßnahmen auf europäischer Ebene angebracht sind.

Maßnahmenpakete für die Verkehrspolitik der Zukunft

Basierend auf der Identifizierung der aussichtsreichsten Technologien und der möglichen Rollen für die europäische Politik werden sieben verschiedene politische „Maßnahmenpakete“ vorgeschlagen, um die bedeutendsten Themen der Verkehrspolitik von technologischer Seite her anzugehen. Diese Pakete sind nicht an spezifischen technologischen Lösungen ausgerichtet, sondern spiegeln die wesentlichen Problembereiche für die Zukunft des Transportwesens in Europa wider.

- **Paket „Antriebe“:** In jüngerer Zeit ist der Fortschritt bei den Antriebstechnologien in erster Linie von regulativen Maßnahmen

⁶⁾ Dieses Argument deckt sich mit den Ergebnissen mehrerer EU-finanzierter Forschungsprojekte, bei denen die Ergebnisse und Verfahren von Pilotprojekten und Versuchen mit Verkehrsinnovationen analysiert wurden, z.B. im Kontext der Projekte SNM-T, Utopia und ENIGMATIC.

bestimmt gewesen. Daher scheint für eine direkte Forschungsfinanzierung nur ein begrenzter Spielraum zu existieren, und zwar zur Ergänzung der bestehenden nationalen und industriellen FuE. Aus europäischer Perspektive scheinen nicht-technische Maßnahmen aussichtsreicher, zum Beispiel durch Anpassungen des bestehenden rechtlichen und regulativen Rahmens, um so die Einführung neuer Antriebssysteme zu beschleunigen. Dies sollte ergänzt werden durch den Aufbau eines Netzwerks der für Antriebssysteme relevanten Akteure (d.h. aus den Bereichen Infrastrukturen, Treibstoffe, Motoren etc.) sowie durch Pilot- und Demonstrationsprojekte, um das notwendige Wissen für eine fundierte Bewertung der Anwendungsbedingungen und -perspektiven aufzubauen und zu verbreiten.

- **Paket „Stadt“:** Neben dem Paket „Antriebe“ besteht ein entscheidendes Problem im städtischen Bereich in der Wechselbeziehung zwischen Verkehr, Flächennutzung und der Verbesserung der öffentlichen Verkehrssysteme. Die EU spielt bei städtischen Transport- und Verkehrsfragen nur eine eingeschränkte Rolle, da die Umsetzung der meisten Maßnahmen (z.B. Planung, Investition, Zugangsbeschränkungen etc.) eindeutig in den kommunalen Zuständigkeitsbereich fällt. Durch Austausch von Erfahrungen, Steigerung des Bewusstseins und Formulierung von Rahmenrichtlinien (z.B. in Bezug auf Sicherheit und Flächennutzungsplanung) könnte jedoch die Einführung von aussichtsreichen Technologien für den Stadtverkehr beschleunigt werden. Dies kann zwar durch Pilot- und Demonstrationsprojekte unterstützt werden, der Spielraum für eine EU-Finanzierung direkter FuE in der Verkehrstechnologie für Stadtgebiete scheint jedoch eher begrenzt zu sein.
- **Paket „Intermodalität“:** Im Gegensatz zu den Antriebssystemen, bei denen Innovationen vor allem auch durch Umweltbedenken vorangetrieben wurden, gibt es bei Intermodalitäts-Technologien für den Personen- und Frachtbereich keine solche Haupttriebkraft; stattdessen wirken hier mehrere Faktoren zusammen. Daher müsste ein Bündel von Maßnahmen gesetzt werden, z.B. gesetzliche Änderungen, Normungsmaßnahmen, Pilot- und Demonstrationsprojekte, FuE (besonders für neue Bahnsysteme), neue Terminals und – vielleicht am wichtigsten – Anreize zur Gründung intermodaler Dienstleistungsanbieter, d.h. Organisationen, die ein inhärentes Interesse an intermodalen Lösungen haben. Die Einführung intermodaler Technologien bedeutet auch weitreichende Änderungen des Benutzerverhaltens, die aber – wie in jüngerer Zeit durch zahlreiche Ride- oder Car-sharing-Initiativen gezeigt – durchaus auf wachsende Akzeptanz stoßen.
- **Paket „Luftfahrt“:** Ein wesentlicher Teil der derzeitigen FTE-Maßnahmen der EU ist der Luftfahrt gewidmet, der ersten Verkehrsindustrie, die wirklich europäisch geworden ist. Ein großer Teil der Aktivitäten in diesem Bereich spiegelt industrielle Anliegen wider. Der Hauptengpass, den die EU angehen sollte, scheint eher im Bereich der bodengestützten Systeme und beim Flugverkehrsmanagement zu liegen als bei neuer Flugzeugtechnik. Außerdem sollte die FuE in Sicher-

heitsfragen als spezifisch europäischer Forschungsschwerpunkt fortgesetzt werden. Die Beschleunigung der Zertifizierungs- und Normungsverfahren sollte auch in das Paket Luftfahrt integriert werden, da sie entscheidenden Einfluss auf die Akzeptanz neuer Lösungen ausüben.

- **Paket „Bahn“:** Die industrielle Entwicklung neuer Bahnsysteme ist für mehrere der aussichtsreichsten Bahntechnologien bereits im Gange. Während Hochgeschwindigkeits- und Neigezüge in den vergangenen Jahren viel politische Aufmerksamkeit erhielten, stecken andere Lösungen noch in einer frühen Entwicklungsphase und könnten eine Startfinanzierung gebrauchen. Dies trifft insbesondere auf städtische Nahverkehrssysteme und andere moderne „People-Mover“-Technologien zu, die bisher noch wenig Unterstützung von den großen Unternehmen in der Bahnbranche erhalten haben. Als entscheidendes Element einer innovationsgerichteten Strategie im Bahnsektor sollte auch die Öffnung für den Wettbewerb als Anreiz für innovatives Verhalten angesehen werden. Da Sorgen um die Sicherheit im Schienenbereich nach wie vor eine wichtige Rolle spielen, sind FuE und Pilotprojekte in diesem Bereich auch auf europäischer Ebene gerechtfertigt.
- **Paket „Navigations- und Reiseinformationen“:** Informations- und Kommunikationstechnologien spielen bei allen Modalitäten und besonders bei der modalen Integration eine wachsende Rolle. In diesem Bereich betreibt die Industrie bereits einen erheblichen FuE-Aufwand. Der Schwerpunkt der europäischen Politik sollte daher eher bei der Suche nach ausgeklügelten Lösungen für Probleme der Normung, Interoperabilität und des Datenschutzes liegen, um für Kompatibilität und Wettbewerb in allen Mitgliedsstaaten zu sorgen. Auch das Problem der Eigentumsrechte muss behandelt werden, um Reiseinformationen in einen kommerziell nutzbaren Dienst zu verwandeln.
- **Paket „Verkehrsmanagement, Kommunikation und Zahlung“:** Dieses Paket behandelt „interaktive“ Technologien mit wahrscheinlichen Auswirkungen auf die Verkehrsnachfrage, entweder in Bezug auf die absolute Nachfrage oder ihre zeitliche Verteilung. Die Anwendung von Verkehrsmanagement-Technologien hängt vom zukünftigen Preisrahmen in der EU ab, also eindeutig eine Frage, die auf EU-Ebene behandelt werden muss. Es ist aber auch weitere FuE notwendig, um die technologische Innovation zu fördern. Da viel Forschung in diesem Bereich betrieben wird, könnte die Rolle der EU darin bestehen, einen Rahmen für zukünftige Entwicklungen bei der interaktiven Technologie zu entwickeln, z.B. durch Förderung gemeinsamer Normen beim Verkehrsmanagement.

Diese sieben Pakete bieten lediglich Anhaltspunkte, in welchen Bereichen die europäische Verkehrsinnovationspolitik in Zukunft handeln sollte. Einige dieser Bereiche werden sicherlich bereits vom derzeitigen 5. Rahmenprogramm für Forschung und technologische Entwicklung behandelt, allerdings nicht unbedingt im Kontext umfassender Maßnahmenpakete.

Abgesehen von den oben genannten Paketen, die sich hauptsächlich auf Verkehrstechnologien beziehen, wird die EU auch Maßnahmen für technologische Innovationen in Betracht

ziehen müssen, die deutliche Auswirkungen auf die Verkehrsnachfrage haben könnten. Teleaktivitäten (z.B. Telearbeit, Teleeinkauf, virtuelle Unterhaltung u.s.w.) werden die Verkehrsnachfrage – zumindest qualitativ – beeinflussen. Miniaturisierung, Dematerialisierung, Wiederverwertung von Materialien und erneuerbare Materialien in der Industrie werden die Nachfragemuster im Verkehr ebenfalls beeinflussen, während die Benutzung von IKT in der Industrie und im Dienstleistungssektor neue Möglichkeiten zur Rationalisierung der Logistik bietet, jedoch auch neue Verkehrsflüsse mit sich bringt (z.B. als Folge von E-Commerce) [1]. Diese Innovationen müssen in Bezug auf ihr zukünftiges Folgenpotenzial für den Verkehr weiterhin genau verfolgt werden.

Es besteht nach wie vor Handlungsbedarf auf europäischer Ebene im Bereich technologie- und innovationspolitischer Maßnahmen im Verkehrsbereich. Allerdings ist ein differenziertes Herangehen angezeigt.

Während die hier beschriebenen Forschungsergebnisse eine aktive, aber differenzierte Rolle für eine europäische Innovationspolitik im Bereich der Verkehrstechnologien nahe legen, hat die Verkehrs- und Mobilitätsforschung in den bisher vorliegenden Vorschlägen für ein neues europäisches Forschungsrahmenprogramm tendenziell an Gewicht verloren und wird gemeinsam mit den Themenfeldern Energie und Umwelt in ein reduziertes Programm integriert [4]. Andererseits wird von der Kommission nach wie vor die Dringlichkeit der im Verkehrsproblem anstehenden Probleme betont; eine Bestätigung dieser Linie wird auch für das neue Weißbuch zur europäischen Transportpolitik erwartet [5].

Wie die Ergebnisse des Projekts FANTASIE gezeigt haben, besteht aber nach wie vor Handlungsbedarf auf europäischer Ebene im Bereich technologie- und innovationspolitischer Maßnahmen im Verkehrsbereich. Allerdings ist ein differenziertes Herangehen angezeigt. So ist erstens nur in ausgewählten Technologiefeldern ein Handeln auf europäischer Ebene sinnvoll und notwendig. Zweitens müssen die Innovationsphasen und drittens die geeigneten Politikrollen für die Maßnahmenwahl stärker berücksichtigt werden. Die Ergebnisse des Projekts FANTASIE geben dazu erste Hinweise, die sich in Form der sieben oben genannten Maßnahmenpakete zusammenfassen lassen. Diese könnten zumindest Anhaltspunkte liefern für die weitere Diskussion bis zur Verabschiedung des neuen Rahmenprogramms und speziell für die Spezifizierung eines darin enthaltenen Verkehrstechnologieteils.

Wertvolle Kommentare zu diesem Beitrag lieferten Panayotis Christidis, Hector Hernandez, Laura Lonza Ricci (IPTS), Ulrich Leiß (IABG) und Anton Geyer (ARCS). Dieser Beitrag stützt sich auf die von der Generaldirektion Verkehr unter dem 4. Rahmenprogramm finanzierte Forschung.

Literatur

- [1] Baum, H., *Decoupling of Economic Growth and Transport Intensity*, Bericht für das 15. Internationale Symposium über Theorie und Praxis in der Verkehrswirtschaft, Thessaloniki, 2000.
- [2] Europäische Kommission (Hg.), *The Common Transport Policy. Sustainable Mobility – Perspectives for the Future*, 1998a.
- [3] Europäische Kommission (Hg.), *Fair payment for infrastructure use: a phased approach to a common transport infrastructure charging framework in the EU*, 1998b.
- [4] Europäische Kommission (Hg.), *Vorschlag der EU-Kommission über das mehrjährige Rahmenprogramm der Europäischen Gemeinschaft im Bereich der Forschung technologischer Entwicklung und Demonstration*, 2001a.
- [5] Europäische Kommission (Hg.), *Weißbuch zur europäischen Transportpolitik*, 2001b (in Vorbereitung).
- [6] HLG, *Working Paper on Innovation in the Field of Transport*, Europäische Kommission, DG-VII, Brüssel, Oktober 1999.
- [7] Korver, W., Harrel, L., *Definition of European Transport Systems, Deliverable 13*, TNO Bericht 99/NV/167, Delft, 1998.
- [8] Van Wee, G.P., Geurts, K.T., van der Brink, R.M.M., van der Waard, J., *Transport scenarios for the Netherlands for 2030; A description of the scenarios for the OECD project „Environmental Sustainable Transport“*, Bericht 773002009. Bilthoven (NL) National Institute of Public Health and the Environment, 1996.
- [9] Van Zuylen, H., Weber, K.M., Shires, J., Eriksson, E.A., *Options to Support the Introduction of New Technologies and Their Implications on Transport Policy*, Deliverable 23 des DG VII-finanzierten Forschungsprojektes FANTASIE, eingeschränkt, 2000.

K. Matthias Weber, ARCS-S

Tel.: +43 50550 3865, Fax: +43 50550 3888, E-mail: matthias.weber@arcs.ac.at
 Henk van Zuylen, Verkehrsministerium, Verkehrsforschungszentrum (AVV),
 Tel.: +31 102 825 732, Fax: +31 102 825 646, E-Mail: h.j.vzuylen@avv.rws.minver.nl
 Technologie-Universität Delft, Fakultät für Bauingenieurwesen und Geowissenschaft,
 Tel.: +31 152 782 761, Fax: +31 152 783 179, E-Mail: h.j.vanzuylen@ct.tudelft.nl

K. Matthias Weber hat Verfahrenstechnik und Politikwissenschaft studiert und an der Universität von Stuttgart in Volkswirtschaft promoviert. Er leitet das Geschäftsfeld Technologiepolitik an den ARCS. Zuvor arbeitete er über mehrere Jahre als wissenschaftlicher Angestellter am Institute for Prospective Technological Studies (IPTS) der Europäischen Kommission in Sevilla. Im Rahmen des IPTS Futures-Programms beschäftigte er sich vor allem mit Fragen der Mobilität, Wettbewerbsfähigkeit und Osterweiterung. In den letzten Jahren war er auch an zahlreichen verkehrsbezogenen Projekten am IPTS beteiligt bzw. hat diese geleitet. Der Schwerpunkt lag dabei auf sozio-ökonomischen Aspekten zukünftiger Technologien und den politischen Maßnahmen zur Förderung ihrer Verbreitung.



Henk J. van Zuylen ist Sonderberater für Technologiepolitik und neue Transportsysteme für das niederländische Ministerium für Verkehr, Wassermanagement und öffentliche Arbeiten. Er lehrt dynamisches Verkehrs- und Transportmanagement an der Technischen Universität Delft und ist Leiter des Forschungsprogramms Dynamic Traffic Management der Forschungsschule TRAIL, einer Zusammenarbeit zwischen verschiedenen Fakultäten dreier niederländischer Universitäten.

Freie Fahrt im Cyberspace

Schöne mobile Zukunft

Reinhard D. Kühne, Claudia Nobis, Ralf-Peter Schäfer, DLR Berlin

Auch der Lebensstil beeinflusst das Verkehrsverhalten. Daher müssen nicht nur Technikpotenziale, sondern auch individuelle Verhaltensoptionen zum Forschungsgegenstand gemacht werden, wenn eine flexible, kostengünstige und umweltschonende Mobilität das Ziel sein soll.

Berlin an einem Donnerstagmorgen im Jahr 2010: auf dem Weg zur Arbeit macht Herr Müller im Treppenhaus kurz Halt am Buchungsterminal der Wohnungsbaugesellschaft. Da für den morgigen Tag ein Besuch im Möbelgeschäft vorgesehen ist, reserviert er aus dem quartierseigenen Fuhrpark einen Transporter. Damit können die sperrigen Gegenstände bequem nach Hause gebracht werden. Außerdem lässt er sich vom Routenplaner für kommenden Sonntag eine Verbindung für einen Besuch bei seiner Mutter geben. Da sie außerhalb der Berliner Umlandgemeinde Ludwigsfelde wohnt, wird ihm eine Kombination aus Bahn und Auto vorgeschlagen. Nach Annahme des Vorschlages werden die Fahrkarten automatisch ausgedruckt und der von ihm gewünschte Kleinwagen am Bahnhof Ludwigsfelde reserviert. Auf der Internetseite des um die Ecke liegenden Supermarktes gibt er die Einkaufsliste für das Wochenende ein. Eingegangene Bestellungen werden jeweils abends per Sammelfahrt mit dem Elektroauto durch das Quartier nach Hause gebracht. Wer nicht zu Hause ist, bekommt die Lieferung in einem Serviceraum im Eingangsbereich des Hauses hinterlegt. Zum Schluss noch kurz ein Blick auf die Wetterdaten. Da weiter Sonnenschein angesagt ist, entscheidet er sich für das Fahrrad.

Verkehr ist nicht Technik, sondern Mobilitätsverhalten, das sich zur Befriedigung der Mobilitätsbedürfnisse der Technik bedient.

Die Rechnung für die verwendeten Verkehrsmittel erhält er einmal pro Monat zugesandt. Herr Müller genießt jedes Mal wieder die Freiheit bei der Verkehrsmittelwahl sowie die Tatsache, dass er sich weder um die Wartung eines Fahrzeuges kümmern noch über hohe Fixkosten eines zu mehr als 90 Prozent stehenden Vehikels ärgern muss.

Selbiger Donnerstagmorgen 2010: Herr Meyer ist mit dem Pkw auf dem Weg zu einem Geschäftstreffen von seinem an der Peripherie gelegenen Büro nach Berlin Mitte unterwegs. Da Herr Meyer erst seit kurzem in der Stadt wohnt, hat er sein Routen-Navigationsgerät eingeschaltet, mit dem er über Spracherkennung kommuniziert. Nach fünf Minuten Fahrt wird ihm ein Stau wegen eines Unfalls gemeldet. Da ihm das Navigationsgerät für die Ausweichrouten einen Zeitverlust von einer Viertelstunde an-

gibt, lässt er sich alternativ die S-Bahn-Verbindung geben, mit der er laut Zeitvergleich 20 Minuten früher am Ziel ankommen soll. Das Navigationsgerät lotst ihn zur nächsten S-Bahnhaltestelle. Von hier aus erhält er per Handy alle weiteren Routeninformationen, die vom günstigsten Tarif beim Lösen der Fahrkarte bis hin zur Wegbeschreibung von der S-Bahnhaltestelle zum Bürogebäude des Geschäftspartners reichen. Da Herr Meyer über seinen Arbeitgeber eine für ganz Deutschland geltende Karte des öffentlichen Verkehrs mit automatischem Ticketing zur Verfügung hat, braucht er sich um keine Fahrkarte zu kümmern. Monatsweise wird für die übertragbare Karte automatisch eine Rechnung gestellt, bei der je nach Anzahl der Fahrten der jeweils günstigste Tarif zur Anwendung kommt.

Immer schneller, immer weiter lautet die Devise, nicht nur im Bereich Tourismus und weltweit vernetzter Wirtschaftsbeziehungen.

Die geschilderten Szenen sind so visionär nicht. Viele der genannten Bausteine existieren bereits, andere sind zumindest technisch machbar. Von dem gewünschten Zustand, durch eine weite Verbreitung und selbstverständliche Nutzung der Technologien spürbare Auswirkungen auf das Verkehrsaufkommen und die Verkehrsabläufe zu generieren, sind wir dagegen weit entfernt. Neben der technischen Weiterentwicklung und der großflächigen Anwendung bedarf es vor allem auch der Bereitschaft der Nutzer, sich auf die neuen Technologien und die damit verbundene neue Form der Mobilität einzulassen. Verkehr ist nicht Technik, sondern Mobilitätsverhalten, das sich zur Befriedigung der Mobilitätsbedürfnisse der Technik bedient. Das in der Diskussion um die Zukunft des Verkehrs propagierte Bild der Intermodalität, das von einer Schnittstellenoptimierung der Verkehrsträger und einer flexiblen Nutzung der Verkehrsmittel ausgeht, setzt einen informierten und rational handelnden Menschen voraus. Wissenslücken in Bezug auf verhaltensabhängige Aspekte der neuen Technologien stellen ein wichtiges Forschungsfeld dar. Die zunehmende Wahrnehmung der Bedeutung des Faktors Mensch schlägt sich u.a. in Forschungsprogrammen des Bundesministeriums für Bildung und Forschung (BMBF) in Deutschland mit Titeln wie „Mobilität besser verstehen“ nieder wie

auch in der Gründung des interdisziplinär ausgerichteten Instituts für Verkehrsforschung am Deutschen Zentrum für Luft- und Raumfahrt. Das Institut wird derzeit mit Bundesmitteln in Berlin aufgebaut. In enger Zusammenarbeit von Wissenschaftlern aus den Disziplinen Mathematik, Physik, Ingenieur- und Sozialwissenschaften sollen zukunftsweisende Mobilitätskonzepte entwickelt und erprobt werden.

Neue Dimensionen durch schrumpfende Distanzen

Die Welt erfährt derzeit eine rasante Entwicklung sowohl im Bereich Verkehr als auch auf dem Gebiet der Informations- und Kommunikationstechnologien (I&K-Technologien). Beide Entwicklungen sind eng miteinander verknüpft. Veränderte Transporttechnologien haben zu einem regelrechten „Schrumpfen“ der Erde geführt. Wenn zu Beginn der Neuzeit die Durchschnittsgeschwindigkeit von Pferdewagen und Segelschiffen bei 10 km in der Stunde lag, so überwinden heute Düsenflugzeuge mit einer Geschwindigkeit von rund 1000 km pro Stunde die hundertfache Entfernung im selben Zeitraum. Insbesondere von der mit ca. 80 Prozent der Weltbevölkerung dicht besiedelten Nordhalbkugel der Erde ist jeder Punkt praktisch innerhalb einer Tagesreise erreichbar.

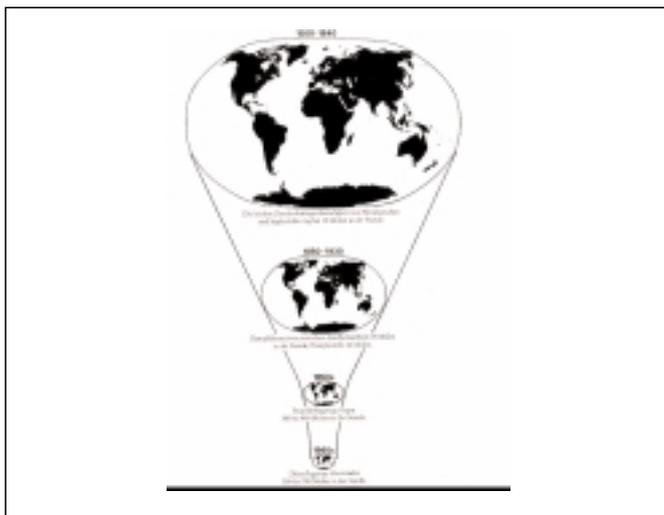


Abb.1: Schrumpfen der Welt – die Folgen veränderter Transporttechnologien auf die „reale“ Entfernung (Peter Dicken, *Global Shift, Industrial Change in a Turbulent World*, London 1986)

Immer schneller, immer weiter lautet die Devise, nicht nur im Bereich Tourismus und weltweit vernetzter Wirtschaftsbeziehungen. Auch im Alltagsleben macht sich die Möglichkeit, weite Entfernungen in vergleichsweise kurzer Zeit zu überwinden, durch die Flucht aus den Städten und die Verwirklichung vom Traum des eigenen Häuschens im Grünen bemerkbar. Zunehmende Entfernungen zwischen Wohn- und Arbeitsstandort sind die Folge der landschaftszerfressenden Siedlungsstruktur. Der Pkw bildet das Rückgrat dieser Lebensweise mit all seinen problematischen Nebenerscheinungen wie Ressourcenverbrauch, Belastung von Mensch und Natur durch Lärm- und Abgasemissionen, Flächenverbrauch und Beeinträchtigung der Lebens- und Aufenthaltsqualität insbesondere in Städten. Der Schrumpfungsprozess wird durch die anhaltende Fortent-

wicklung der I&K-Technologien und die Möglichkeit des Austausches im Echtzeitmodus derzeit regelrecht potenziert. Ohne physische Ortsveränderung können innerhalb kürzester Zeit die unterschiedlichsten Orte der Welt besucht werden. Das Internet hat als Informationsplattform inzwischen breite Akzeptanz gefunden. Lag die Zahl der Internetnutzer in der Bundesrepublik Deutschland 1997 noch bei 16 Millionen, so wird sie nach einer Prognose der „Initiative D21“ bis zum Jahr 2003 auf 30 Millionen ansteigen (Berliner Zeitung, 24.08.2000). Insbesondere die junge Generation wächst bereits selbstverständlich mit diesem Medium auf (siehe Karikatur aus der Computerzeitschrift c't Ausgabe 9/2000). Eine grundlegende Änderung und weitreichende Revolutionierung menschlicher Lebensweisen sind zu erwarten.

Trotz der Ablösung der physischen Verkehrsnetze von den Kommunikationsnetzen entwickeln sich die Verkehrsknotenpunkte gleichzeitig zu Informationsknotenpunkten.

Welche Folgen die neuen Technologien mit sich bringen, wird sehr kontrovers diskutiert. Der These von der Bedeutungslosigkeit der Ansiedlung im Raum und der Gleichstellung des ländlichen Raumes mit dem urbanen Raum aufgrund vernetzter Welten steht die These der weiterhin vorhandenen bzw. sogar zunehmenden Zentralitätsfunktion der Städte gegenüber. Die Internet-Geographie, die sich mit den durch das Internet entstehenden virtuellen Welten auseinandersetzt, scheint die zweite These zu bestätigen. Trotz der Ablösung der physischen Verkehrsnetze von den Kommunikationsnetzen entwickeln sich die Verkehrsknotenpunkte gleichzeitig zu Informationsknotenpunkten. Es gilt: „Die meisten befahrenen Autobahnen sind auch Datenautobahnen.“

Entscheidend wird sein, inwiefern die I&K-Technologien einen Beitrag zur Lösung heutiger Verkehrsprobleme, insbesondere in Bezug auf die rasch ansteigende Nachfrage im Personen- und Güterverkehr, leisten können. Das enorme Potenzial, das sich durch die Anwendungsfelder der Telematik, Teleworking, Electronic- und Mobile-Commerce etc. ergeben, lässt Optimisten hoffen, der rasche Anstieg der Verkehrsnachfrage könne eingedämmt werden und langfristig sogar zu deutlich verkehrsentlastenden Effekten führen. Pessimistische Einschätzungen gehen stattdessen von einem Überwiegen der verkehrs-

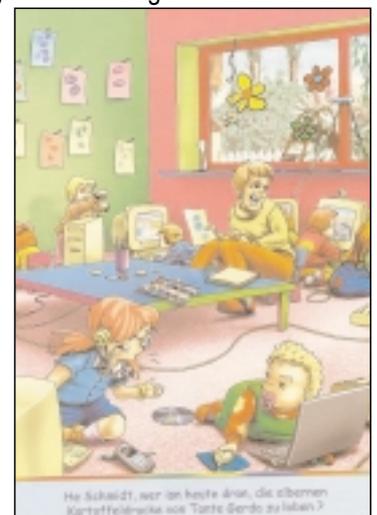


Abb. 2: Karikatur aus der Computerzeitschrift c't Ausgabe 9/2000

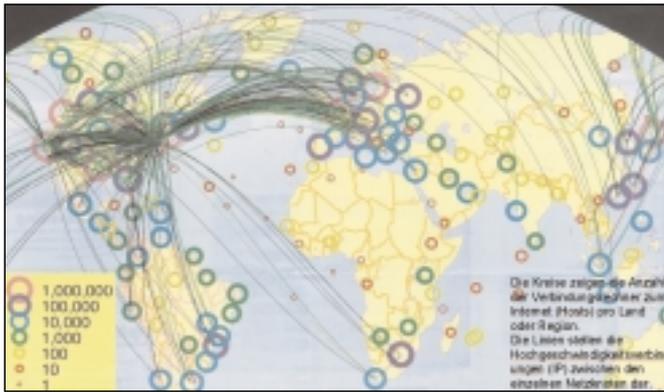


Abb. 3: Internetnetze (www.mids.orgs)

induzierenden Effekte aus. Über die Wechselwirkungen zwischen der physischen und der virtuellen Welt ist bislang allerdings wenig bekannt. Auch konnte auf Grundlage der bisherigen Untersuchungen keine Quantifizierung der Auswirkungen vorgenommen werden [12]. Dieses offene Forschungsfeld stellt eine der bedeutendsten verkehrswissenschaftlichen Aufgaben der Zukunft dar.

Über die Wechselwirkungen zwischen der physischen und der virtuellen Welt ist bislang wenig bekannt.

Nachfolgend werden zwei Bausteine aus den Anwendungsfeldern von I&K-Technologien im Verkehrsbereich herausgegriffen: die Anwendung bei Verkehrsinformationssystemen als Grundlage für ein modernes Verkehrsmanagement sowie bei der Entwicklung neuartiger Mobilitätsdienstleistungen in der Wohnungswirtschaft.

Verkehrsinformationssysteme

Mit dem Aufkommen der Kommunikationsnetze ist es möglich, physischen Verkehr und Telekommunikation in der als Telematik bezeichneten Technikkombination zu vereinen. In einer szenarischen Marktbetrachtung gelingt es, kommende Entwicklungen zu prognostizieren. Geht man von der derzeitigen Situation in Europa mit etwa 500 Mrd. Euro Mobilitätsausgaben, mit einem Bestand von 164 Mio. Pkw und einem derzeitigen Telematik-Umsatz pro Jahr von 0,26 Mrd. Euro aus, so lässt sich eine Verzwanzig- bis Verachtzigfachung des Telematik-Umsatzes pro Pkw je nach Intensität der Nutzung des Internets bis zum

| Jahr | 1998 | 2010 | |
|-------------------------------|-------|----------------|---------------|
| VerkehrstelematikszENARIO | | wenig Internet | viel Internet |
| Mobilitätsausgaben [Mrd. €] | 500 | 600 | 540 |
| Bestand PKW [Mio. Stück] | 164 | 190 | 184 |
| Telematikanteil | 0,05% | 1,0% | 5,0% |
| Telematikumsatz/Jahr [Mrd. €] | 0,26 | 6,12 | 27,0 |
| Telematikumsatz/PKW [€/PKW] | 1,56 | 32,2 | 146,7 |

Abb. 4: Verkehrstelematikmarkt Europa (Lehrstuhl für Verkehrsplanung und Verkehrsleittechnik)

Jahr 2010 abschätzen. Wo heute kollektive Verkehrsleittechnik, Signalsteuerung, Verkehrsbeeinflussung und Wechselwegweisungssysteme realisiert sind, werden künftig Mobilfunk-Terminale als Regelausstattung im Fahrzeug dem Fahrer umfassende Verkehrs- und Navigationsinformationen sowie Fahrverbote und -gebote anzeigen.

Heute setzen Mobilitätszentralen mit Angeboten für Fahrtvermittlung, Verbindungsinformation und Ticketing, die personalintensiv auf statischen Fahrplänen auf und sind nur an wenigen Stellen in Bahnhöfen und zentralen Plätzen erreichbar. Morgen werden diese automatisiert, dynamisch und rund um die Uhr erreichbar sein, über Internetanbindung große Verbreitung finden und weitere noch gar nicht definierte Aufgaben der Mobilitätsdienstleistung übernehmen.

| Standard | Übertragungsgeschwindigkeit kB/s | Einführung |
|---|----------------------------------|------------|
| GSM Global System for Mobile Communications | 9,6/14 | 1992/1996 |
| HSCSD (GSM) High Speed Circuit Switched Data | 43,2 | 1999/2000 |
| GPRS (GSM) General Packet Radio Service | 170 | 2000/2001 |
| EDGE (GSM) Enhanced Data rates for GSM Evolution | 343 | 2001 |
| W-CDMA Wideband Code Division Multiple Access (UMTS) Universal Mobile Telecommunications System | 128 bis 2.000 | 2002/2003 |

Abb. 5: Höhere Datengeschwindigkeit in Zellulernetzen (Lehrstuhl für Verkehrsplanung und Verkehrsleittechnik)

Die festen Allianzen der großen Fahrzeughersteller wie General Motors mit AOL, Ford mit Yahoo oder DaimlerChrysler mit T-Online zeigen, dass Internetdienste und Fahrzeugtechnologie eine Symbiose eingehen, um die Möglichkeiten des Mobile-Commerce, des Electronic Booking und des Electronic-Traveling-Systems nicht nur für die Fahrzeughersteller zur Abwicklung des Produktions- und Zulieferprozesses selbst, sondern auch für die Vernetzung der Kunden und Fahrzeuginsaßen zu nutzen.

Die festen Allianzen der großen Fahrzeughersteller wie General Motors mit AOL, Ford mit Yahoo oder DaimlerChrysler mit T-Online zeigen, dass Internetdienste und Fahrzeugtechnologie eine Symbiose eingehen.

Voraussetzung für Mobile-Commerce und elektronische Dienstleistungen ist ein breites Angebot, bei dem die Mobilkommunikationssysteme mit deutlich höheren Datengeschwindigkeiten als bisher ausgestattet werden und so den raschen Zugang zum Internet ermöglichen. Die Entwicklungsstrategie von High-Speed-Circuit und Switch-Data über den General-Package-Radio-Service (GPRS) bis schließlich zum Universal Mobile Telecommunications System (UMTS) zeigt, dass dies mit der Einführung ab dem Jahr 2003 gegeben ist. Dann werden Internetanbindungen von Mobiltelefonen über Spracherkennung und -ausgabe, sowie der Abruf von Daten aus der

Datenübertragung zwischen unterschiedlichen Geräten, insbesondere in der Fahrzeugkommunikation, ohne Einschränkungen möglich sein.

Generell ist das Mobilitätsverhalten durch eine hohe Gewohnheitsbildung gekennzeichnet. Die Entscheidung, welches Verkehrsmittel genutzt wird, fällt nicht jeden Tag neu.

Wesentliche Elemente in der Verkehrstelematik, bei Mobilitätsdienstleistungen und in der Transportlogistik sind die Informationsdienste, mit denen Verkehrslenkung, Sicherheitsdienste, Verkehrserfassung und Abrechnungssysteme versorgt werden. Die Informationsdienste können in völlig unterschiedlichen Bereichen Anwendung finden und reichen von der Aufbereitung von Daten für die Notfallwarnung, Routenberechnung, Park-and-ride-Dienste und Umweltmonitoring über Fahrplan-, Baustellen- und Tourismusinformationen bis hin zur Bestimmung von Transportkosten und zur Bereitstellung von Daten für die Wissenschaft. Schon heute nehmen eine Vielzahl von Kunden entsprechende Dienste in Anspruch. Hierzu gehören Autovermietungen, Transport- und Tourismusunternehmen, Taxi- und Automobilverbände, Parkanlagenbetreiber, Veranstalter von Großereignissen, Busunternehmen, Onlinedienste, Medien und Verwaltung in Industrie und Wirtschaft.



Abb. 6: Ortungssprünge mit GPS-Satellitenortung in der südlichen Innenstadt von Stuttgart (Martin Stark, Uni Stuttgart, 1999)

Neben der mobilen Kommunikation mit der Entwicklung hin zu einer Übertragungsgeschwindigkeit bis zu 2 Mbit/s wird die Verwandlung der Technik vom Prothesenpark zum umfassenden, künstlich-intelligenten Netzwerk vor allem durch die Entwicklung der satellitengestützten Navigationssysteme vorangetrieben. Automatische Fahrzeugführung, Zielführungssysteme, Notruf, urbanes und interregionales Flottenmanagement sowie Diebstahlsicherung haben unterschiedliche Qualitätsanforderungen an die Ortungsgenauigkeit und Verfügbarkeit. Während für die automatische Fahrzeugführung eine Verfügbarkeit des Services von 99,9 Prozent und eine Ortungsgenauigkeit von 1 m notwendig ist, reicht im Bereich der Diebstahlsicherung eine Or-

tungsgenauigkeit der Größenordnung von 1 bis 10 km und eine Integrität unter 50 Prozent.

Trajektorien aus Messfahrten wie die nebenstehend gezeigten, die in der Innenstadt von Stuttgart aufgenommen wurden, belegen allerdings, dass bei der Satellitenortung in bebauten Gebieten zum Teil erhebliche Sprünge auftreten können und eine allein darauf gestützte Navigation nicht die im Straßenverkehr geforderte Genauigkeit hat.

Autonome Kfz-Navigationssysteme setzen deshalb auf eine Positionsbestimmung über Koppelnavigation und direkte Ortung. Mit einer in Deutschland verkauften Stückzahl von zwei Millionen haben im Jahr 2000 die Navigationsgeräte zum ersten Mal die Schwelle zum Massenmarkt überschritten. Die Anwendungen moderner Ortungssysteme bleiben dann nicht mehr wie derzeit auf die Fahrzeuge der Oberklasse beschränkt.

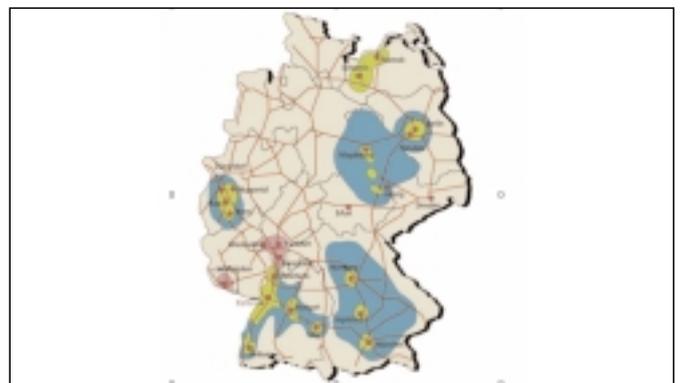


Abb. 7: DAB-Sendegebiete (DAB-Pilotprojekt Baden-Württemberg GmbH, Baden-Baden)

Entwicklungen wie das „Digital Audio Broadcasting“ (DAB) und die Verkehrsinformation via Mobiltelefon als Dienst der Anbieter Tegaron oder Mannesmann Passo, Gedas oder des ADAC sind erste Schritte auf einem Weg zu umfassender dynamischer Navigation. Dabei ist das DAB mit der aktuellen, grafisch aufbereiteten Verkehrsinformation nicht wesentlich mehr als eine qualitative Weiterentwicklung des derzeitigen Verkehrsrundfunks. Die im Mobilfunknetz angebotenen Dienste dagegen greifen zusätzlich auf eigene Verkehrserfassungssysteme zu und stellen hinsichtlich der Datenerfassung eine neue Qualität an Verkehrsinformationsdiensten dar.

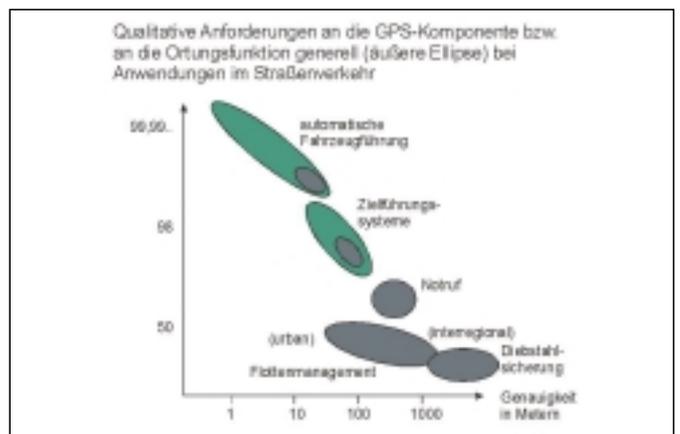


Abb. 8: Ortung und Navigation (W. Möhlenbrink und K. Mezger, GPS-Anwendungen im Straßenverkehr, Spektrum der Wissenschaft, 1/96)

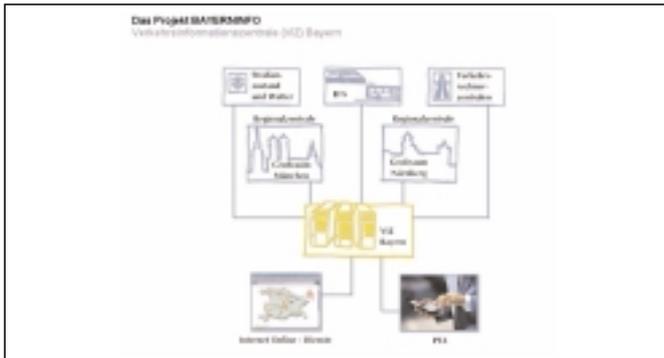


Abb. 9: Projekt Bayerninfo – Aufbau eines überregionalen Verkehrsinformationssystems (www.ssp-consult.de/Projekte/KOOP3_BAY.htm)

Die Nutzung der sich flächenhaft ausbreitenden neuen Kommunikations- und Informationsdienste ist keineswegs auf Anwendungen für das Automobil beschränkt. Die durchgängige, umfassende Fahrplaninformation, wie sie mit dem seit 1995 eingeführten landesweiten elektronischen Auskunftssystem EFA-Baden-Württemberg angeboten wird, ist ein Beispiel dafür, dass Verkehrsinformationssysteme auch für den öffentlichen Verkehr Teil des zitierten künstlich intelligenten Netzwerks sind und eher den Beginn als den Abschluss einer Entwicklung darstellen: Im System EFA-Baden-Württemberg werden alle (!) Verbindungen des öffentlichen Personenverkehrs in Baden-Württemberg, im gesamten deutschen Fernverkehr und in einem großen Teil der deutschen, französischen und Schweizer Tarifverbände erfasst und auf dem heimischen PC abrufbar angeboten (www.efa-bw.de).

A95 Garmisch-Partenkirchen - München
Freitag, 30.8.2000

| Strecke | 08 | 09 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 |
|--|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| Autobahn entlang der Eichenrheine | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Eichenrheine bis Murnau/Isartal | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Murnau/Isartal bis Sindelsdorf | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Sindelsdorf bis Panzenstetten | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Panzenstetten bis Drebach | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Drebach bis Winklarn | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Winklarn bis Schäftlarn | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Schäftlarn bis Eichen/Steinberg | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Eichen/Steinberg bis München/Flughafen | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| München/Flughafen bis München Kreuzhof | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| München Kreuzhof bis München Dandlberg Süd | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

Abb. 10: Projekt Bayerninfo – Verkehrsvorhersage am Beispiel der A 95 Garmisch-Partenkirchen – München (www.ssp-sult.de/Projekte/KOOP3_BAY.htm)

Mit dem Aufbau von überregionalen und intermodalen Verkehrsmanagements- und Verkehrsinformationssystemen deutet sich die Richtung möglicher Weiterentwicklungen an. Im Projekt „Bayerninfo“, bei dem eine landesweite Verkehrsinformationszentrale auf einer Regionalzentrale im Großraum München und einer im Großraum Nürnberg aufsetzt und Verkehrsinformationen über verschiedene Ausgabegeräte einschließlich „Personal traveller assistant“ (PTA) anbietet, lässt sich schon heute die aktuelle Verkehrslagedarstellung mit einer Verkehrsvorhersage für bis zu 14 Tage verknüpfen und intermodale Routenplanung vorbereiten.

Der Weg zur Realisierung der aufgezeigten Entwicklungen besteht aus vielen aufeinander aufbauenden Mosaiksteinen, die nach und nach zu einem Gesamtbild zusammengesetzt werden. Einen solchen Mosaikstein stellt ein aktuelles Projekt des Insti-

tuts für Verkehrsforschung am Deutschen Zentrum für Luft- und Raumfahrt dar.

Berliner Taxis als automatische Staumelder

Im Rahmen des Projekts soll ein Informationssystem für eine optimierte Verkehrslageüberwachung des Großraums Berlin aufgebaut werden. Die Ermittlung des aktuellen Zustandes des Verkehrsnetzes und seiner Prognose stellt ein wesentliches Ziel dieses Forschungsansatzes dar.

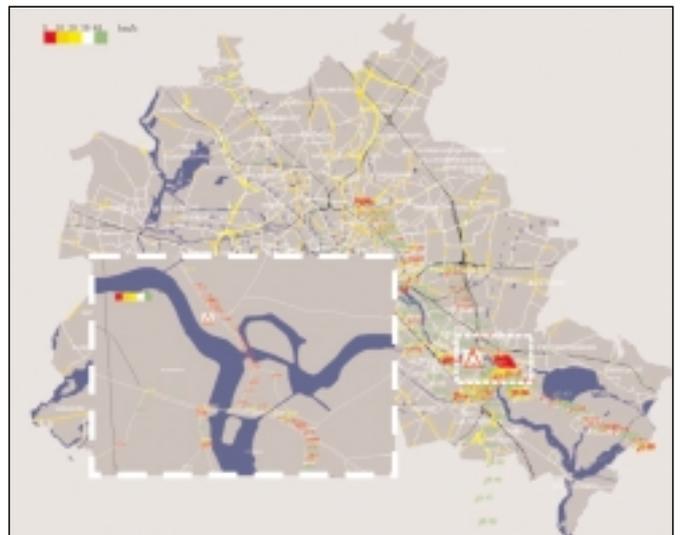


Abb. 11: Stauszenario in Berlin-Köpenick am 4.11.2000

Die derzeit existierenden Verkehrsinformationsangebote basieren im Wesentlichen auf der Auswertung punktueller Sensoren bzw. der Meldung kommerzieller oder privater Staumelder. Die Aktualität und Genauigkeit dieser Informationen sind oft unzureichend. Alternativ kommen seit einiger Zeit Verkehrsleitsysteme an Bundesautobahnen zum Einsatz, die z.B. aus induktiven Durchflussmessungen der Verkehrsstärke Handlungsempfehlungen für die Verkehrsteilnehmer ableiten.

Das Konzept der Lebensstile wurde vor über 20 Jahren in den Sozialwissenschaften als Reaktion auf die zunehmende Pluralisierung und Individualisierung der Gesellschaft entworfen.

Der vom DLR verfolgte Ansatz für ein verbessertes Verkehrsmanagement besteht in der Erfassung der Verkehrslage in Ballungsräumen durch Satelliten und dem Einsatz von GPS-Systemen (Global Positioning System) in Verbindung mit dem Internet.

In dem Pilotprojekt des Instituts für Verkehrsforschung mit den Firmen City Funk GmbH (Berlin) und Austrosoft (Wien) werden derzeit Taxis der Firma City Funk mit GPS-Technik ausgerüstet. Taxis eignen sich aufgrund ihrer überdurchschnittlichen Fahrleistung und vorhandener Ausrüstung mit Funk- und Ortungstechnik gut zur Verkehrserhebung. Des Weiteren verkehren

Taxis häufig auf viel befahrenen Routen sowie Hauptverkehrsachsen. Durch eine ständige Positionsangabe werden Floating-Car-Daten (FCD) erfasst. Hierdurch können unmittelbar Stausituationen (Verkehrsbehinderungen) erkannt und im Verkehrsnetz abgebildet werden. Für eine sinnvolle Erfassung des Verkehrszustandes im gesamten Berliner Straßennetz ist eine Datenerfassung von nur ca. einem Prozent aller fahrenden Fahrzeuge ausreichend. Derzeit sind ca. 300 Taxis dieser Zentrale im täglichen Einsatz, davon ist ca. ein Drittel ständig im Netz unterwegs.

Die mobile Erfassung von FC-Daten erfolgt durch einen in jedes Fahrzeug eingebauten GPS-Empfänger, der über einen Betriebsfunkkanal die Positionsdaten zu einer Zentrale sendet. Die auf diese Weise gewonnenen Daten müssen dann in möglichst kurzer Zeit als Verkehrsinformation im Internet verfügbar sein. Hierfür wird der Zentralrechner der Firma City Funk über eine Festnetzverbindung an ein Informationssystem im Institut für Verkehrsforschung gekoppelt. Es lassen sich dann aktuelle Geschwindigkeiten der Taxis und die für bestimmte Strecken erforderlichen Reisezeiten rasch ermitteln. Um Fehlinterpretationen aus den erhobenen Daten zu vermeiden, müssen bestehende Verzerrungen der Taxidaten korrigiert werden. So haben die Taxis teilweise die Möglichkeit, Busspuren zu nutzen. Weiterhin muss gelegentliches Warten auf Kunden vom Stehen im Stau unterschieden werden.

Das Informationssystem ist in einer Client-Server-Architektur konzipiert. Die Implementierung erfolgte in der Programmiersprache JAVA. Die JAVA-Technologie garantiert eine modulare, leicht erweiterbare Umgebung, die Plattform- und Datenbankanabhän-

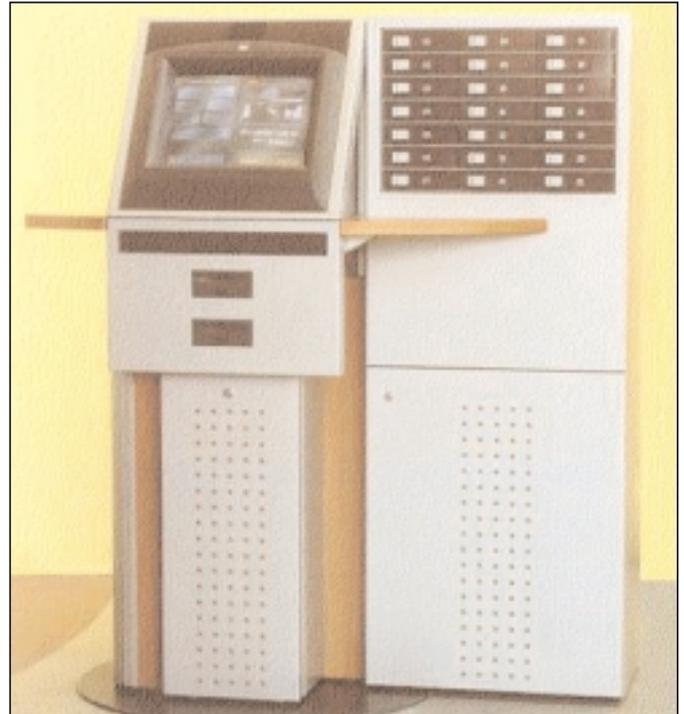


Abb. 13: Buchungsterminal SAM (Service Auto-Mat) von VW mit Tresorfächern für die Fahrzeugschlüssel (Aktionsinformation VW: Serviceannahme in der dritten Dimension: SAM, Ihr neuer 24h-Mitarbeiter)

gigkeit des Systems sowie eine leichte Integration in das Internet.

Für die Visualisierung und Bereitstellung der gewonnenen und aufbereiteten Daten im Internet wird ein web-gestütztes Informationssystem aufgebaut, das über die aktuelle Verkehrslage und gegebenenfalls über Staus sowie deren Passierdauer informiert. Die Visualisierung erfolgt auf Basis von topografischen Karten, die ebenso über einen Web-Browser zugänglich sind. Die Durchflussqualität einzelner Straßenabschnitte wird grafisch durch Farbdifferenzierungen (z.B. rot = stop and go; grün = freie Fahrt) dargestellt.

Neben der Aufbereitung von Online-Verkehrsinformationen und der Ergänzung bestehender Verkehrsinformationsdienste ergeben sich aus diesem Projekt vielfältige Anwendungen. Dazu zählen beispielsweise die Erstellung von Reisezeitdatenbanken oder die dynamische Fahrtroutenplanung. Mit hoch aufgelösten Reisezeitdaten können sowohl Prognosen über Fahr- bzw. Reisezeiten als auch Routenpläne erstellt werden. Für Betreiber von Fahrzeugflotten, wie beispielsweise Taxiunternehmen, Kurier- und Expressdienste, bietet das System eine Möglichkeit für die Verbesserung der Disposition und die Optimierung ihres Flottenmanagements. In der Forschung können diese Daten für die Entwicklung und Evaluierung von Verkehrsflussmodellen eingesetzt werden.

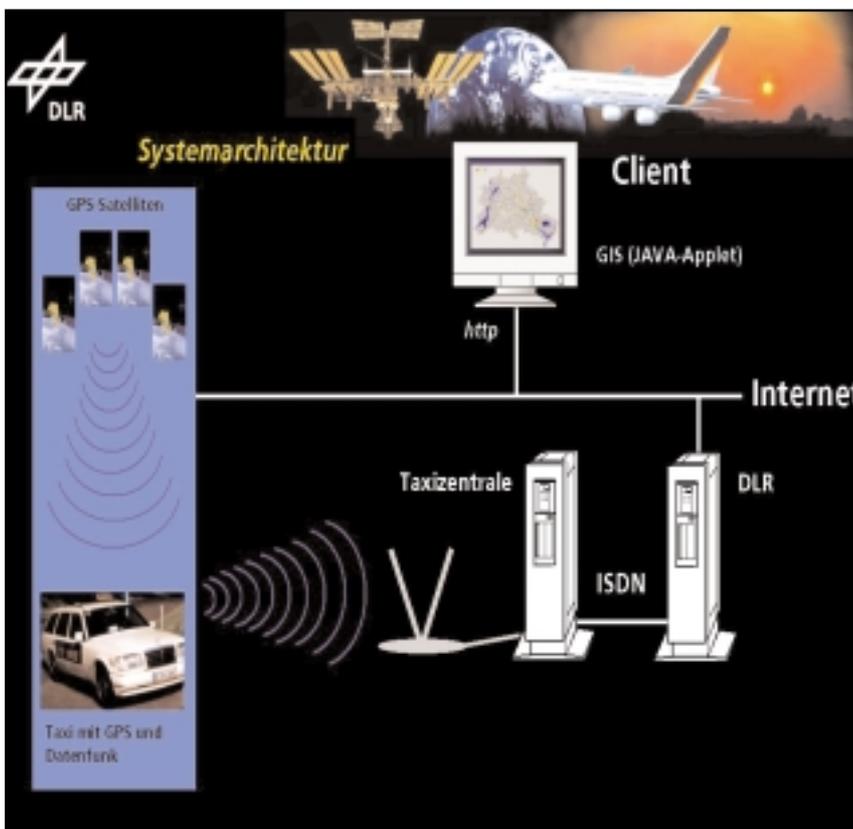


Abb. 12: Taxis als Staumelder – Systemarchitektur

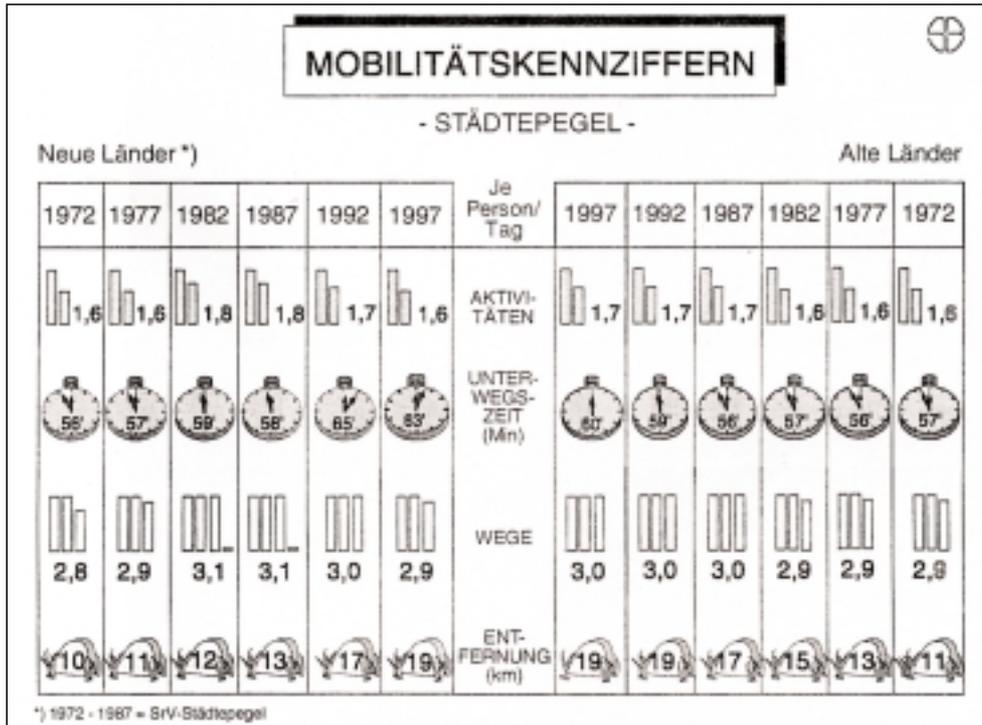


Abb. 14: Mobilitätskennziffern in den neuen und alten Ländern der Bundesrepublik Deutschland (Brög, 2000)

Dennoch hat sich die Mobilität des Menschen – werden die Mobilitätskennziffern, d.h. die Zahl der Aktivitäten außer Haus und die dafür benötigte Unterwegszeit, Wegezähl und zurückgelegte Entfernung betrachtet – kaum verändert. Im Durchschnitt werden 1,7 Aktivitäten je Person und Tag zurückgelegt, für deren Ausübung drei Wege mit einem Zeitaufwand von einer Stunde erforderlich sind. Verändert hat sich lediglich die zurückgelegte Entfernung. In den neuen Bundesländern ist sie seit 1972 um neun auf 19 Kilometer, in den alten um acht auf 19 Kilometer pro Person und Tag angestiegen [1].

Die Zunahme der Entfernungen vermittelt den Eindruck der Notwendigkeit des Pkw. Bei der genauen Betrachtung der durchschnittlichen Distanzen ergibt sich

Das Spektrum an technischen Möglichkeiten zur Verkehrsbeeinflussung scheint heute nahezu unbegrenzt. Der Schwerpunkt liegt bei Verkehrsinformationssystemen, die auf autofahrende Verkehrsteilnehmer ausgerichtet sind. Langfristig sollen intermodale Verkehrsdaten optimal miteinander verknüpft und ein Angebot geschaffen werden, das gleichermaßen Informationen zum Straßenverkehr, zu öffentlichen Verkehrsmitteln und den Schnittstellen wie Park-and-ride-Parkplätzen sowie Preis- und Reisezeitvergleichen bereithält. Mit Hilfe von Mobiltelefonen und entsprechenden Diensten (z.B. WAP) können an jedem Ort zu jeder Zeit individuell gewünschte Informationen abgefragt werden. Damit ist die technische Grundlage geschaffen, eine dem Reisezweck angepasste Verkehrsmittelwahl zu treffen.

Verhaltenspsychologische Aspekte des Mobilitätsverhaltens

Beeinflusst die kollektive Verkehrsleittechnik den Verkehrsteilnehmer ohne sein Zutun, setzen mobile Endgeräte eine bewusste Entscheidung der Verkehrsteilnehmer voraus, soll die Möglichkeit der Verkehrsvermeidung und -verlagerung zum Tragen kommen. Damit wechselt der Fokus von den technischen zu den verhaltenspsychologischen Aspekten auf der Suche nach Lösungsansätzen für heutige Verkehrsprobleme.

Mobilitätsverhalten

Bei der Verkehrsmittelwahl hat in den letzten Jahrzehnten eine starke Verschiebung zugunsten des Pkw stattgefunden. Seit 1972 hat sich der Anteil der Pkw-Fahrten am modal split von 20 auf 40 Prozent verdoppelt. Die Wege der Pkw-Mitfahrer eingeschlossen werden heute über 50 Prozent der Wege mit dem Pkw zurückgelegt [1].

jedoch folgendes Bild: Ein Viertel aller Wege ist nicht länger als ein Kilometer, bei der Hälfte aller Wege werden nicht mehr als drei Kilometer zurückgelegt und nur jeder fünfte Weg ist weiter als zehn Kilometer [9]. Viele der alltäglichen Ziele sind somit zu Fuß, zumindest aber mit dem Fahrrad oder öffentlichen Verkehrsmitteln erreichbar. Nach einer von Socialdata durchgeführten Untersuchung sind 45 Prozent der Wege, die mit dem Pkw zurückgelegt werden, aufgrund objektiver Sachzwänge nicht auf ein Verkehrsmittel des Umweltverbundes verlagerbar. Bei den restlichen 55 Prozent führen dagegen subjektive Gründe zur Wahl des Autos, ein Wechsel wäre prinzipiell möglich [2].

Bei der Wahl des Verkehrsmittels sind vor allem die Kriterien Zeit- und Kostenaufwand sowie Bequemlichkeit entscheidend [6]. Werden diese Kriterien beim Vergleich des motorisierten Individualverkehrs mit öffentlichen Verkehrsmitteln verwendet, so ist nicht die tatsächliche Situation entscheidend, sondern die Situation, wie sie von der Person wahrgenommen wird, d.h. mit ihren Wissenslücken und Wahrnehmungsverzerrungen. Eine Untersuchung von Verron hat ergeben, dass beim Vergleich des motorisierten Individualverkehrs mit öffentlichen Verkehrsmitteln sowohl die Kosten als auch der Zeitaufwand für öffentliche Verkehrsmittel oft überschätzt, für die Nutzung des Pkw dagegen unterschätzt werden [10].

Neben den rationalen Gründen, die für die Nutzung des Autos sprechen, spielen individuell unterschiedlich ausgeprägte Einstellungen, Werte und Präferenzen bei der Wahl des Verkehrsmittels eine große Rolle. Betrachten die einen das Auto als reinen Gebrauchsgegenstand, so ist es für die anderen Teil der persönlichen Selbstdarstellung und des eigenen Lebensstils, die Kontrolle über das Fahrzeug wird zum Lustgewinn und damit zum Selbstzweck.

MOBILITÄTSVERHALTEN

Das Umweltbewusstsein spielt eine vergleichsweise geringe Rolle bei der Verkehrsmittelwahl, da es in Konkurrenz zu anderen, in der jeweiligen Situation meist höher bewerteten Einstellungen und Präferenzen steht. Wie eine Untersuchung von Diekmann und Preisendörfer [5] ergeben hat, zeichnet sich umweltrelevantes Verhalten durch hohe bereichsspezifische Differenzen aus. Je größer die „Kosten“ im Sinne von Verhaltensaufwand, Verzicht oder tatsächlichen Kosten werden, um so weniger wirksam sind umweltbewussteste Einstellungen. Insbesondere beim Verkehrsverhalten handelt es sich um eine so genannte „High cost“-Situation.

Generell ist das Mobilitätsverhalten durch eine hohe Gewohnheitsbildung gekennzeichnet. Die Entscheidung, welches Verkehrsmittel genutzt wird, fällt nicht jeden Tag neu. Gewohnheiten helfen auf diese Weise, die Komplexität des Alltags zu verringern.

Als problematisch erweist sich vor allem die fundamentale Beziehung zwischen Wohlstand und Pkw-Besitz sowie dem Besitz eines Pkw und einem damit meist verbundenen, stark auf den Pkw ausgerichteten Mobilitätsverhalten. Bei der Anschaffung eines Pkw – ebenso wie bei der Wahl des Wohnstandortes – handelt es sich um eine langfristige Mobilitätsentscheidung, die jede alltäglich zu treffende Mobilitätsentscheidung grundlegend beeinflusst [7]. Statistisch gesehen verfügen heute von 1.000 Einwohnern in Deutschland 522 über einen eigenen Pkw. Der Gesamtbestand beträgt 43 Millionen und hat sich damit seit 1965 mit 9 Millionen Pkw fast verfünffacht [4]. Die erhöhte Pkw-Verfügbarkeit hat zu einer starken Zunahme des Anteils der mit dem Pkw zurückgelegten Wege geführt und das Verkehrsmittelwahlverhalten nachhaltig verändert.

Verhaltensbeeinflussende Mobilitätsangebote

Damit verhaltensbeeinflussende Maßnahmen und Handlungskonzepte die gewünschte Wirkung hervorrufen, sind gute Kenntnisse der hinter dem Mobilitätsverhalten verborgen liegenden Motive und Bedürfnisse sowie der jeweiligen Einflüsse und Wechselwirkungen nötig. Wurden für die Erklärung von Mobilität lange Zeit raumbezogene Größen (Verkehrsinfrastruktur, Lage der Arbeitsplätze, Angebot an Einkaufsmöglichkeiten) und objektive, personenbezogene Merkmale wie Alter, Einkommen, Geschlecht, Bildungsstand etc. als Erklärungsgrößen herangezogen, so wird zunehmend die Bedeutung subjektiver Einflussfaktoren auf das Mobilitätsverhalten erkannt. Es wird ange-

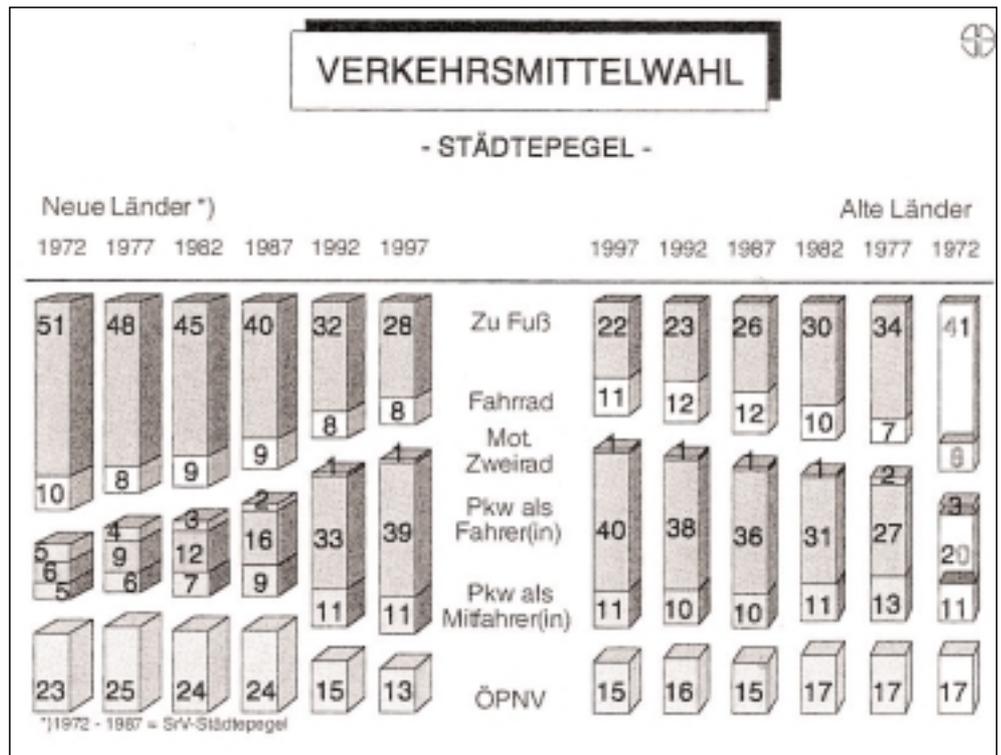


Abb. 15: Anteil der Verkehrsmittel an den Wegen in den neuen und alten Ländern der Bundesrepublik Deutschland (Brög, 2000)

nommen, dass der persönliche Lebensstil sowohl auf die langfristigen, den Rahmen gebenden Mobilitätsentscheidungen (wie die Wohnstandortwahl und die Pkw-Anschaffung) als auch auf die täglich zu treffenden, kurzfristigen Mobilitätsentscheidungen (Wahl von Aktivitäten und Verkehrsmitteln) großen Einfluss hat [11].

Das Konzept der Lebensstile wurde vor über 20 Jahren in den Sozialwissenschaften als Reaktion auf die zunehmende Pluralisierung und Individualisierung der Gesellschaft entworfen. Die herkömmlichen Klassen- und Schichtungsmodelle reichten nicht mehr aus, um die soziale Realität mit ihrer immer weitreichenderen gesellschaftlichen Ausdifferenzierung zu erfassen und abzubilden. Bei den Lebensstilen werden neben den objektiven personenspezifischen Merkmalen auch die subjektiven Merkmale wie Einstellungen, Werte, Freizeitaktivitäten etc. erhoben. Gerade der Freizeitbereich erweist sich als Möglichkeit, die Selbstverwirklichung in besonderer Weise darzustellen und sich von anderen zu unterscheiden [8].

Die besondere Eignung der Ergebnisse von Lebensstilanalysen als Entscheidungsgrundlage für die Konzeption von zielgruppenspezifischen Maßnahmen wird durch die Ursprünge der Lebensstilforschung in der Marketingforschung unterstrichen.

Neue Mobilitätsdienstleistungen im Wohnungsbau

Wohnen und Mobilität sind zwei grundlegende Bedürfnisse des Menschen. Da die meisten Wegeketten das Muster Wohnen – Aktivität(en) – Wohnen aufweisen, wird in der Wohnung ein Großteil der (bewussten und unbewussten) Entscheidungen über die Wahl der Aktivität, des Ziels und des Verkehrsmittels getroffen.

Die Wohnung ist damit der ideale Ort, umfassende Informationen über die verschiedenen Handlungsoptionen im Verkehrsbereich zur Verfügung zu stellen.

Ein gutes Angebot an Alternativen gegenüber der Nutzung eines eigenen Pkw reicht allein in der Regel nicht aus, um eine tatsächliche Änderung des Verkehrsverhaltens – insbesondere die Abschaffung eines Pkw – herbeizuführen. Positiv können äußere Anlässe wie ein Umzug, der zu einer Neuorganisation der Alltagsmobilität führt, oder z.B. die Erhöhung der Miete für einen Pkw-Stellplatz sein. Auch der Moment, in dem ein alter Pkw ausrangiert wird, erhöht die Wahrscheinlichkeit, dass über mögliche Alternativen zur Anschaffung eines neuen Pkw ernsthaft nachgedacht wird.

Inzwischen wurden verschiedene Projekte ins Leben gerufen, bei denen Wohnangebote mit Mobilitätsdienstleistungsangeboten verbunden werden. Ein bekanntes Beispiel in diesem Zusammenhang ist das Stadthaus Schlump im Hamburger Stadtteil Eimsbüttel. Den Mietern der ca. 45 Wohneinheiten steht ein von der Volkswagen AG geleaster Fuhrpark mit fünf Fahrzeugen unterschiedlicher Größe zur Verfügung. Die Finanzierung erfolgt über die Wohnungsmieten und über eine Gebühr, die bei der Benutzung der Fahrzeuge anfällt. Betreiber des Fuhrparks ist das Wohnungsunternehmen selbst [3]. In der Miete mit inbegriffen ist zudem eine Jahreskarte für den öffentlichen Nahverkehr sowie die Möglichkeit, Fahrräder gegen ein geringes Stundenentgelt auszuleihen.

Langfristig ist an ein Modell zu denken, bei dem Mobilität selbstverständlich wie Wärme, Wasser und Strom zur Versorgungsleistung einer angemieteten Wohnung dazugehört. Die Kenntnisse aus der Lebensstilforschung können hier eine gute Grundlage sein, um bedürfnisgerechte Mobilitätsangebote zu schaffen und sie zielgruppengerecht zu kommunizieren.

Eine neue Form der Mobilität wird sich nur langsam durchsetzen können – wie seinerzeit auch die Verbreitung des Automobils. Mobilität beginnt im Kopf. Veränderungsprozesse im gesellschaftlichen und individuellen Denken können intermodale Mobilität langfristig zu einer selbstverständlichen Art der Fortbewegung werden lassen.

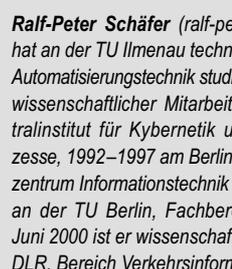
Literatur

- [1] Brög, W.: Der nichtmotorisierte Verkehr und seine Einbindung in ganzheitliche Mobilitätskonzepte. In: TÜV Energie und Umwelt GmbH, Projektträger Mobilität und Verkehr, Bauen und Wohnen des BMBF: Mobilitätsforschung für das 21. Jh.: Verkehrsprobleme und Lösungsansätze, Dokumentation der Tagung 4./5. Mai 2000
- [2] Brög, W., Erl, E.: Can daily mobility be reduced or transferred to other modes? München: Socialdata, 1996
- [3] Broschüre „Wohn mobil“ von Volkswagen: Car Sharing einmal anders“ der Abt. f. Forschung, Umwelt und Verkehr der Volkswagen AG
- [4] Bundesministerium für Verkehr, Bau- und Wohnungswesen: Verkehr in Zahlen 2000. Hamburg: Dt. Verkehrs-Verlag, 2000
- [5] Diekmann, A., Preisendörfer, P.: Persönliches Umweltverhalten: Diskrepanzen zwischen Anspruch und Wirklichkeit. In: Kölner Zeitschrift für Soziologie und Sozialpsychologie, 44. Jg., Nr. 2, 1992, S. 226-251
- [6] Held, M., Verron, H., von Rosenstiel, L.: Verkehrsmittelwahl. In Haase, H., Molt, W. (Hrsg.): Handbuch der Angewandten Psychologie, Bd. 3: Markt und Umwelt. Landberg: Verlag Moderne Industrie, 1981
- [7] Hunecke, M., Wulfforst, G.: Raumstruktur und Lebensstil – wie entsteht Verkehr? In: Internationales Verkehrswesen, 52. Jg., Nr. 12, 2000, S. 556-561
- [8] Lanzendorf, M.: Freizeitmobilität als Gegenstand angewandter Umweltforschung. In: Geographische Rundschau, Nr. 10, 1998, S. 570-574
- [9] VDV, Verband Deutscher Verkehrsunternehmen, Socialdata GmbH: Mobilität in Deutschland. Köln: Luth-Druck, 1991
- [10] Verron, H.: Verkehrsmittelwahl als Reaktion auf ein Angebot: Ein Beitrag der Psychologie zur Verkehrsplanung. Berlin: Schriftenreihe des Instituts für Verkehrsplanung und Verkehrswegebau, Technische Universität, 1986
- [11] Wulfforst, G., Beckmann, K. J., Hunecke, M., Heinze, M.: Raumnutzung und Mobilitätsverhalten: Wechselwirkungen zwischen Stadtentwicklung, Lebensstil und Verkehrsnachfrage. In: Hunecke, M.: Gestaltungsoptionen für eine zukunftsfähige Mobilität: Eine empirische Studie zum Zusammenwirken von Raumstruktur und Lebensstil im Mobilitätsverhalten von Frauen und Männern in vier ausgewählten Kölner Stadtquartieren. Gelsenkirchen: Sekretariat für Zukunftsforschung, 2000
- [12] Zumkeller, D.: Verkehr und Telekommunikation – Auswirkungen auf die Verkehrsinfrastruktur und das Stadt- und Regionalgefüge. Fachtagung des Instituts für Städtebau und Wohnungswesen München der Deutschen Akademie für Städtebau und Landesplanung. April 2000; www.isw.de/Prog2000/Auswirkungen.pdf

Reinhard D. Kühne (reinhard.kuehne@dlr.de) hat an der Universität Stuttgart Physik studiert und war nach verschiedenen Tätigkeiten an Hochschule und Wirtschaft zuletzt Leiter des Instituts für Straßen- und Verkehrswesen am Lehrstuhl für Verkehrsplanung und Verkehrsleittechnik der Universität Stuttgart. Seit 2001 ist er Leiter des Instituts für Verkehrsforschung am Deutschen Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR) in Berlin



Claudia Nobis (claudia.nobis@dlr.de) hat in Lüneburg angewandte Kulturwissenschaften mit den Fächern Ökologie und Umweltbildung sowie Wirtschafts- und Sozialgeographie studiert. 1997–2000 war sie Mitarbeiterin beim Forum Vauban e.V. in Freiburg i. Br. (Projektleitung Verkehr im Rahmen des EU-Projekts „Realisierung des nachhaltigen Modellstadtteils Vauban“). Seit Mai 2000 ist sie wissenschaftliche Mitarbeiterin im DLR, Bereich Verkehrssystemanalyse.



Ralf-Peter Schäfer (ralf-peter.schaefer@dlr.de) hat an der TU Ilmenau technische Kybernetik und Automatisierungstechnik studiert. 1990-1992 war er wissenschaftlicher Mitarbeiter am Berliner Zentralinstitut für Kybernetik und Informationsprozesse, 1992–1997 am Berliner GMD-Forschungszentrum Informationstechnik mbH und 1997–2000 an der TU Berlin, Fachbereich Informatik. Seit Juni 2000 ist er wissenschaftlicher Mitarbeiter am DLR, Bereich Verkehrsinformatik.



Online-Simulation

Eine Chance für den innerstädtischen Verkehr

Jürgen Zajicek, arsenal research

Die Steuerung des Verkehrs in Großstädten zur Bewältigung der täglichen Staus ist eine vordringliche Aufgabe. Die Verarbeitung von Online-Daten durch ein leistungsfähiges Simulationsprogramm und die anschließende Prognoserechnung in Echtzeit versprechen die effizientesten Lösungen.

Als sich in den vergangenen Jahrzehnten immer mehr Städte den Wunsch nach einem Haus im Grünen erfüllten, nahm der damals schon starke Pendlerverkehr aus den strukturschwachen Gebieten in die Großstädte noch weiter zu. Die häufigen Staus und Stillstände auf den Hauptverkehrsrouten zu den Verkehrsspitzen zählen heute vielerorts zum täglichen Übel, mit dem sich die meisten Verkehrsteilnehmer bereits abgefunden haben. Wenn die Zulassungszahlen von Kraftfahrzeugen weiterhin so rasant steigen, ist für die Zukunft eine dramatische Verschärfung der heutigen Verkehrslage zu befürchten.

Wenn die Zulassungszahlen von Kraftfahrzeugen weiterhin so rasant steigen, ist für die Zukunft eine dramatische Verschärfung der heutigen Verkehrslage zu befürchten.

Aufgrund dieser Aussichten ist die genaue Kenntnis der Umstände, die zu bestimmten Verkehrssituationen führen, von großer Bedeutung. In der Vergangenheit beschränkten sich die Verkehrsplaner aufgrund der Möglichkeiten der Technik auf die Auswertung der Daten von Zählstellen an den wichtigsten Punkten in einem Hauptstraßennetz einer Stadt oder Region. Basierend auf diesen Zählwerten wurde versucht, die Realität mittels Simulationsmodellen zumindest „nachzubauen“, doch wiesen diese Berechnungen aufgrund der noch nicht sehr weit entwickelten Computertechnik größere Ungenauigkeiten auf.

Die Analyse des Verkehrsgeschehens eines betrachteten Gebietes kann in mehreren Schritten erfolgen:

- Zählung der Fahrzeuge an den wichtigsten Punkten
- Auswertung der erhaltenen Daten:
 - Anzahl der in das System ein- und ausfahrenden Fahrzeuge
 - aktuelle Position im Netz
 - Verkehrsdichte
 - mittlere gefahrene Geschwindigkeit
 - Art der Fahrzeuge
- Simulation zur Vervollständigung der Daten
- Prognose basierend auf den Simulationsergebnissen

- Vergleich mit historisch gesammelten Daten oder mit Daten aus Prognoseprogrammen
- Erkennung möglicher Vorfälle im System

Die Zählung der Fahrzeuge in einem Straßennetz kann über unterschiedliche Vorgehensweisen erfolgen. Abb. 1 liefert einen Überblick über die derzeitige und zukünftige Technik in der Zähldatenerfassung.

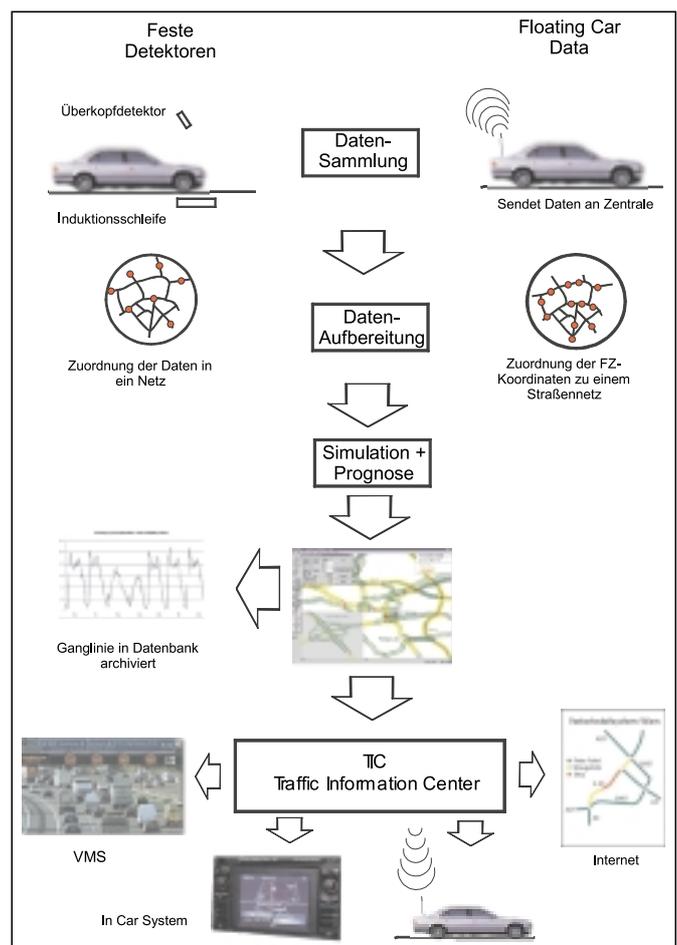


Abb. 1: Übersicht über den Ablauf einer Verkehrsanalyse

Zähldatenermittlung

Bei der Systemarchitektur werden derzeit folgende Ansätze mit unterschiedlicher Intensität an Forschungsaufwand verfolgt:

- (1) Ortsfeste Detektoren mit Online-Übertragungstechnik
- (2) Floating Car Data (FCD)

Bei beiden Ansätzen werden die Daten von einer Zentrale, einem so genannten Traffic Information Center (TIC) empfangen, in eine Echtzeitsimulation übertragen und ausgewertet. Als Ergebnis der Zählung liegen die Daten unabhängig von der Detektionstechnologie in Form einer Ganglinie für einen betrachteten Zeitraum in festgelegten Zeitintervallen vor (siehe Abb. 2). Ein in der Software enthaltenes Prognoseprogramm errechnet mögliche Entwicklungen der Verkehrslage in der nächsten Stunde. Aufgrund dieser Datenbasis können in einem Geo-Informationssystem (GIS) Karten zum aktuellen und prognostizierten Zustand im betrachteten Netz erstellt und dem zuständigen Verkehrskordinator damit eine zusätzliche Entscheidungshilfe für die zu ergreifenden Maßnahmen bereitgestellt werden (siehe dazu Abb. 3).

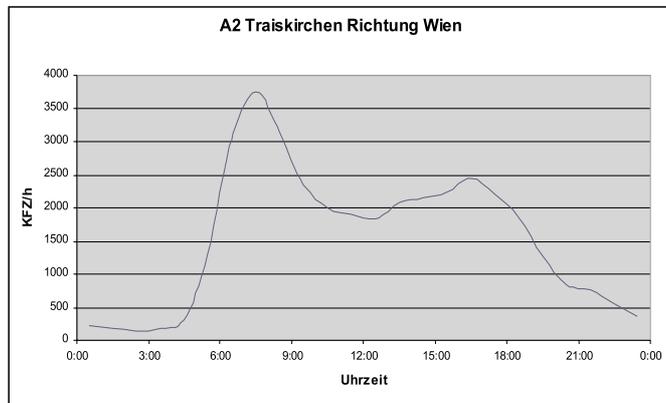


Abb. 2: Beispiel der Tagesganglinie einer Autobahn
(Quelle: arsenal research)

Festinstallierte Online-Detektoren

Die ortsfesten Zählstellen basieren zur Zeit hauptsächlich auf der Induktionsschleifentechnologie, daneben werden auch Infrarot-, Radar- und Erdmagnetfelddetektoren verwendet. Dabei löst ein detektiertes Fahrzeug einen Impuls aus, der in einer Registerereinheit gespeichert wird. Die Zähl-daten werden in festen Intervallen ausgelesen und ausgewertet. Der große Nachteil besteht darin, dass man nur Daten von bereits vergangenen Ereignissen erhält. Diese Daten können zwar sehr gut für die statistische Auswertung und die Planungen künftiger Straßenbauwerke verwendet werden, doch sagen sie nur wenig über die aktuelle Verkehrssituation aus. Durch diesen Umstand kann man mittels Verkehrssimulation nur die Gründe für bestimmte Ereignisse in der Vergangenheit untersuchen.

Bei der Einrichtung dieses Systems wird ein bestehendes Zählstellennetz durch Detektoren ergänzt, die dynamische Daten online an eine Zentrale senden. Der Vorteil dieses Ansatzes liegt im geringen Aufwand an Hardware, die auf bereits vorhandene Infrastruktur aufbaut. Dadurch kann in sehr kurzer Zeit ein dynamisches Netz aufgebaut werden.

An jedem Detektorstandort, der in der Regel aus mehreren Einzeldetektoren aufgebaut ist, befindet sich ein Ortsrechner, der die Messdaten sammelt und aufbereitet. Diese vorbereiteten Daten werden in weiterer Folge über GSM-Standleitungen oder ver-

gleichbare Übertragungstechnologien in die Rechenzentrale gesendet.

Bei den ortsfesten Detektoren werden die an die Verkehrsleit-zentrale (VLZ) gesendeten Messwerte eines Sensorstandortes einem bestimmten Straßenquerschnitt im Simulationsnetz zugeordnet, wodurch eine weitere Aufbereitung der Zähl-daten entfällt.

Detektoren in Fahrzeugen liefern dynamische Daten

Bei diesem Modell registrieren in den Fahrzeugen integrierte Sensoren die fahrdynamisch relevanten Messdaten wie Geschwindigkeit und Position sowie Einlenkwinkel, Längsneigung der Straße etc. Diese Messwerte werden entweder mit Hilfe der eingebauten Navigationsgeräte via Satellit oder im technisch einfacheren Fall über GPRS-Mobiltelefone an die für die aktuelle Position des Fahrzeugs zuständige VLZ gesendet. In der VLZ werden die Daten wie oben beschrieben analysiert und aufbereitet. Um ein realitätsnahes Abbild der aktuellen Verkehrslage zu erhalten, muss sich eine Mindestanzahl an Fahrzeugen in einem Netz befinden, die mit der entsprechenden Hardware ausgestattet sind. Der in verschiedenen Studien in den Beneluxstaaten und Skandinavien ermittelte geschätzte Mindestanteil schwankt zwischen 2 und 15 Prozent der zugelassenen Fahrzeuge.

Vor der Implementierung von FCD-Daten in die Simulationsrechnung müssen die laufend aus den einzelnen Fahrzeugen eintreffenden Standortkoordinaten über eine in einem GIS gespeicherte Straßenkarte einer fiktiven Zählstelle auf einem bestimmten Straßenabschnitt zugeordnet werden. Der Vorteil dieser Methode liegt im Vergleich zu den ortsfesten Zählstellen, deren Daten für eine festgelegte Teilstrecke gelten, in der Möglichkeit der Generierung von Scheinzählstellen in beliebigen Abständen in Abhängigkeit von der „verkehrstechnischen Sensibilität“ eines Straßenabschnittes. So könnte man bei Bedarf sogar jeder Kreuzung „Dummy“-Zählstellen zuordnen.

Die Simulationsrechnung ist die Grundlage für jede aussagekräftige Prognose der Reisezeiten in einem Straßennetz.

Dies würde aber bereits bei der Mindestanzahl an FCD-Fahrzeugen eine enorme Rechenleistung voraussetzen. Da die Anforderungen an das Computersystem bei der Verarbeitung der Datenmengen mit der Anzahl an „datenliefernden“ Fahrzeugen sehr stark zunehmen, liegt das Hauptinteresse der Forschung in der Entwicklung gut strukturierter, schneller Algorithmen.

Die Simulationsrechnung

Allgemein unterscheidet man drei Ansätze bei Simulationsprogrammen nach der Größe des Gebietes und der Art der Einflussfaktoren:

- Mikrosimulation: für örtlich sehr begrenzte Bereiche, z.B. einzelne Knoten, unter Berücksichtigung aller Interaktionen zwischen einzelnen Fahrer-Fahrzeug-Einheiten (FFE)
 - Mesosimulation: betrachtet in einem größeren Gebiet ebenfalls einzelne FFE, die durch weniger Parameter beschrieben werden
 - Makrosimulation: rechnet mit Fahrzeugpulks in großen Netzen
- Die Qualitätsunterschiede der am Markt erhältlichen Mikrosimulationssoftware werden durch die verwendeten Fahrzeugfolge- und Beeinflussungsmodelle bestimmt, die die Interaktionen der einzelnen FFE berücksichtigen. Die Aufgabe eines Mikrosimulationsprogramms liegt in der möglichst realistischen Umsetzung der Abläufe auf einem einzelnen Knotenpunkt oder einer geringen Anzahl von benachbarten Knoten. Die modernsten Versionen einiger Mikrosimulationsprogramme bewerkstelligen mit der entsprechenden Rechnerleistung auch größere Netze, wie zum Beispiel das Hauptstraßennetz des Großraums um Mannheim (VISSIM 3.8 der PTV AG Karlsruhe).

Bei der Makrosimulation variiert die Qualität mit dem Grad der Einbindung der Mikrosimulationsroutinen im Rechenalgorithmus. Aufgrund der Steigerung der Rechnerleistung in den letzten Jahren geht der Trend bei der Simulation von Stadtgebieten vom mikroskopischen Ansatz zum mesoskopischen über. Das Haupteinsatzgebiet des makroskopischen Ansatzes bleibt aber weiterhin die Analyse von überregionalen Straßennetzen und des Verhaltens der Verkehrsteilnehmer ganzer Regionen oder Städteverbünde.

Bei der Simulation des Verkehrsflusses innerhalb eines betrachteten Straßennetzes spielt nicht nur das Verhalten bei der Routenwahl an den Knotenpunkten (Makrosimulation) eine wichtige Rolle, sondern auch die Umsetzung dieses Vorganges durch die Verkehrsteilnehmer (Mikrosimulation).

Auf dem Gebiet der aus mikroskopischen Algorithmen entwickelten Makrosimulationsprogramme ist ein Trend weg von den zeitbasierten Modellen hin zu Routinen mit variablen Zeitintervallen zu beobachten. Dank der rasanten Entwicklung in der Computertechnik und der Telekommunikation während der letzten Jahre wird das direkte Einspielen von Zählraten in eine Online-Makrosimulation ermöglicht, wie z. B. bei VISUMonline der PTV AG Karlsruhe. Aufgrund der geringeren Anzahl an Zeitschritten kann Rechenzeit eingespart werden. Die so frei werdenden Ressourcen können für die gleichzeitige Auswertung der Auswirkungen mehrerer möglicher Szenarien zur besseren Beurteilung des aktuellen Verkehrsgeschehens eingesetzt werden. Die Erstellung einer Simulation für den innerstädtischen Raum ist grundsätzlich mit einem erheblich größeren Aufwand zur Einbindung der komplexen Struktur der möglichen Fahrtrouten und Interaktionen verbunden als die Betrachtung des Verkehrsaufkommens auf überregionalen Autobahnnetzen.

Speziell im innerstädtischen Bereich kann durch diese Vorgehensweise das Potenzial der vorhandenen Infrastruktur besser ausgenutzt werden.

Um ein bestehendes ortsfestes Detektornetz unter möglichst wirtschaftlichen Gesichtspunkten zu verdichten, können die Zählstellen auch einen größeren Abstand aufweisen. Die Online-Simulation ermöglicht eine Verdichtung und Vervollständigung der Verkehrsdaten auf den Strecken zwischen den einzelnen Sensorstandorten. Die Simulationsrechnung ist die Grundlage für jede aussagekräftige Prognose der Reisezeiten in einem Straßennetz.

Bei der Verwendung von Floating Car Data zur Verkehrszählung stellt sich die Frage nach der Notwendigkeit einer Simulationsrechnung, da durch die ständig aktualisierten Koordinaten der Fahrzeuge eine Abbildung der realen Situation ermöglicht wird. Solange der Großteil der Fahrzeuge nicht mit einer FCD-Hardware ausgestattet ist, dient die Online-Simulation zur Überprüfung und Kalibrierung der Datenqualität. Außerdem bilden die Ergebnisse der Simulation die Datengrundlage für die Prognoserechnung (Abb. 3).

In weiterer Folge können durch die Prognoserechnung für die nächste Stunde Ganglinien erstellt werden. Durch den ständigen Vergleich der prognostizierten mit den aus den historischen Zählraten entwickelten und in einer Datenbank archivierten, typischen Ganglinien für den

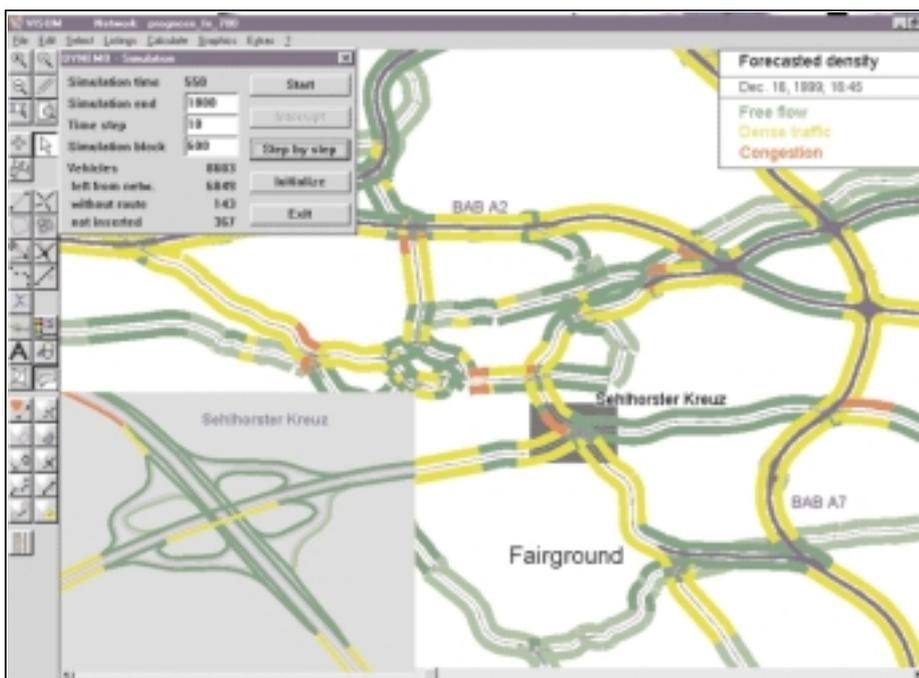


Abb. 3: Ergebnis einer Kurzzeitprognose mit VISUMonline bei der EXPO in Hannover (Quelle: PTV AG Karlsruhe, Bild: VISUMonline)

aktuellen Tag kann das System bereits frühzeitig erkennen, ob auf einem bestimmten Straßenabschnitt eine Stauung oder Verkehrsverdichtung eintreten wird. Mit den daraus resultierenden Erkenntnissen lassen sich schneller und gezielter Gegenmaßnahmen einleiten. Speziell im innerstädtischen Bereich kann durch diese Vorgehensweise das Potenzial der vorhandenen Infrastruktur besser ausgenutzt werden.

Möglichkeiten zur Verkehrssteuerung

Durch die Prognoserechnung eröffnen sich viele neue Möglichkeiten in der Verkehrssteuerung unter Verwendung der verschiedensten ITS-Hilfsmittel wie gezieltes Umleiten der Verkehrsströme (Re-routing), Ramp Metering oder modifizierte Steuerungen von Verkehrslichtsignalanlagen (VLSA).

Ein weiteres wichtiges ITS-Hilfsmittel ist die Bereitstellung von Information für potenzielle Verkehrsteilnehmer vor Fahrtantritt (pre-trip information) zum Beispiel über Faxabruf, SMS oder Internet (s. dazu auch die Artikel Herrtwich/Holfelder S. 36 ff und Holzer S. 40 ff).

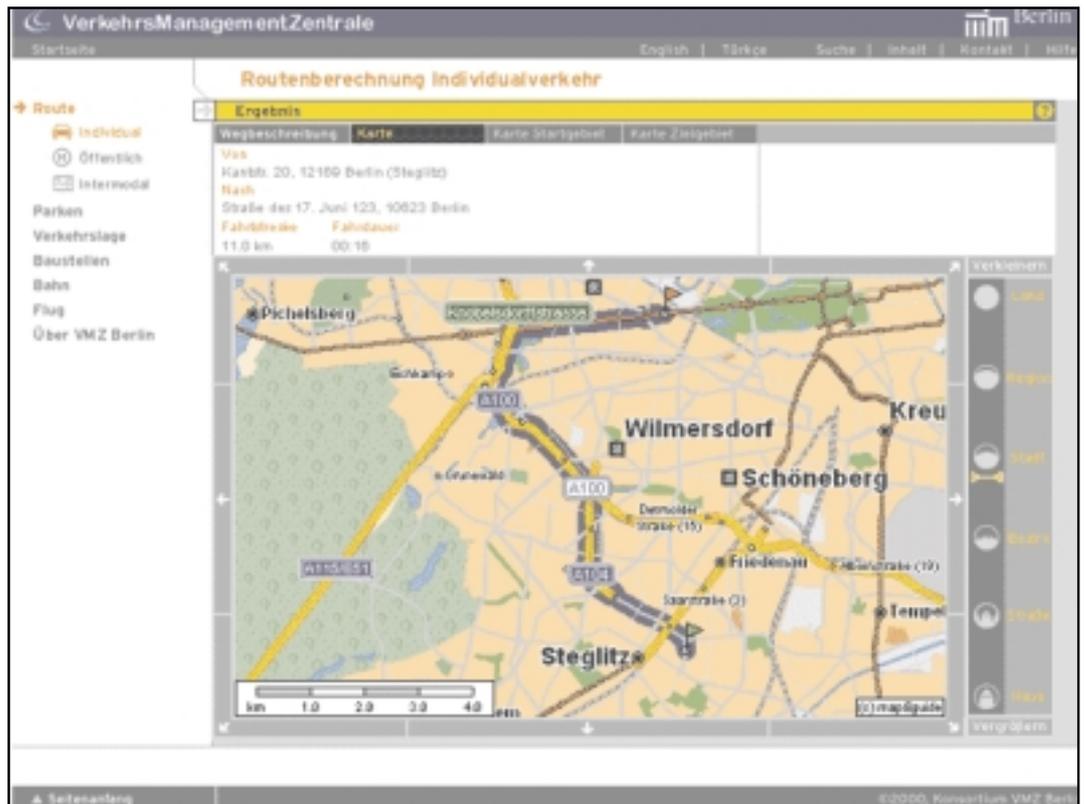


Abb. 4: Routenrechnung am Beispiel der Verkehrsmanagementzentrale VMZ Berlin (Quelle: VMZ Berlin, Bild: arsenal research)

OD-Matrix des betrachteten Gebietes kann mit Hilfe eines Simulationslaufes in kurzer Zeit eine Aussage über die Auswirkungen einer Verkehrsverlagerung auf die möglichen Ersatzrouten getroffen werden (siehe Abb. 4).

Zukünftige Entwicklung

In der näheren Zukunft wird neben der Datensammlung mittels der festen Zählstellen auch verstärkt mit der FCD-Technologie gearbeitet werden. Damit ist eine schnelle und ausreichend genaue Einschätzung des aktuellen Zustandes in einem Straßennetz möglich. Durch die Einbindung von FCD-Daten wird die Online-Simulationsrechnung das grundlegende Werkzeug im Bereich des Verkehrsmanagements der Zukunft darstellen.

Durch die Einbindung von FCD-Daten wird die Online-Simulationsrechnung das grundlegende Werkzeug im Bereich des Verkehrsmanagements der Zukunft darstellen.

Literatur

Jürgen Zajicek: „Anwendung der Simulationssoftware VISSIM im Verkehrswesen“, Diplomarbeit am Institut für Verkehrswesen, BOKU Wien..

Die Strategien zur Informationsweitergabe an die Verkehrsteilnehmer während der Fahrt (on-trip information) variieren mit der vorhandenen ITS-Infrastruktur des Straßennetzes und der technischen Ausstattung der Fahrzeuge. Dabei kommen VMS (Variable Message Sign) sowie zukünftig Informationsanzeigen in den Fahrzeugen (GPRS-Handy, Displays der Navigationsgeräte, Palms usw.) zur Anwendung (siehe Abb. 1).

Im Unterschied zu den ortsfesten Zählstellen erhält man über die Verfolgung der einem FCD-Fahrzeug entsprechenden Koordinatenpaare eine dynamische Start-Ziel-Matrix (OD-Matrix), wenn diesem beim Einfahren in das Simulationsnetz eine Kennung zugewiesen wird. Anhand der Kenntnis der dynamischen

Jürgen Zajicek (zajicek.j@arsenal.ac.at) hat an der Universität für Bodenkultur Wien Kulturtechnik und Wasserwirtschaft studiert, danach an verkehrswissenschaftlichen Studien des Instituts für Verkehrswesen der Universität für Bodenkultur und des Ludwig-Boltzman-Instituts für Verkehrssystemanalyse in Wien mitgearbeitet und ist seit Februar 2001 Projektleiter für Simulation im Bereich Verkehrstelematik bei arsenal research (Geschäftsfeld Verkehrstechnologien).

Das vernetzte Automobil

Neue Funktionalitäten versprechen mehr Komfort und Sicherheit

Ralf G. Herrtwich und Wieland Holfelder
 DaimlerChrysler AG – Telematik-Forschung, Berlin/Palo Alto

Die IT-Revolution wird auch vor dem Auto nicht Halt machen. Als Gateway zum Internet und als „Smart Space“ wird der Pkw zum Umschlagplatz von Informationen und Diensten, ein elektronisches „Nervensystem“ verspricht neue Sicherheitsstandards.

In vielen Bereichen des täglichen Lebens spielt das Internet und die damit verbundene Möglichkeit, auf Informationen ständig und von überall aus zugreifen zu können, eine immer bedeutendere Rolle. Bisher gehörte das Automobil nicht dazu – bislang. Scott McNealy, Chairman und CEO von Sun Microsystems, sieht das Automobil als „das nächste Schlachtfeld der Informationsrevolution“ [1].

In der Tat, Automobilfirmen sowie IT-Giganten wie Sun, IBM und Microsoft arbeiten mit großer Energie an Lösungen, die Möglichkeiten einer vernetzten Welt, der e-Society, auch im Automobil gewinnbringend und zum Nutzen der Kunden umzusetzen.

In diesem Artikel stellen wir diesen Übergang aus Sicht eines Automobilherstellers dar und gehen auf die daraus folgenden Chancen und Risiken ein. Wir beginnen mit einer Einführung in die technischen Möglichkeiten, Fahrzeuge zu vernetzen, bevor wir näher über konkrete Anwendungsgebiete für vernetzte Automobile sprechen und deren Chancen und Risiken betrachten.

Mobilkommunikation für Fahrzeuge

Technisch gibt es verschiedene Alternativen, Fahrzeuge drahtlos zu vernetzen. Dabei ist zu beachten, dass drei Faktoren miteinander konkurrieren: Preis, Bandbreite und Flächendeckung. Nur ein, maximal zwei dieser Faktoren können auf Kosten der übrigen Faktoren bzw. des übrigen Faktors optimiert werden. Verwendet man z.B. GSM-Netze, um Fahrzeuge zu vernetzen, erreicht man zwar eine im Allgemeinen ausreichende Flächendeckung, allerdings zur Zeit in der Regel nur eine Datenübertragungsrate von 9.6 Kb/s. Um die Übertragungsrate zu erhöhen, kann man z.B. mehrere GSM-Kanäle bündeln, muss dafür aber einen höheren Preis bezahlen (Optimierung der Bandbreite auf Kosten des Preises). Alternativ kann man eine andere Netztechnologie verwenden, wie z.B. das Ricochet-Netz der Firma Metricom [2], ein in den USA angebotenes Metropolitan Area Netzwerk, verliert dabei aber die überregionale Flächendeckung (Optimierung der Bandbreite auf Kosten der Fläche). Erschwerend kommt hinzu, dass verschiedene Anwendungen auch verschiedene Dienstgüte-Anforderungen an die verwendete

Pervasive Computing bezeichnet eine neue Generation von technischen Systemen, bei der die Vernetzung als allgegenwärtig angesehen wird.

Das Internet ist in einem Umbruch begriffen. Von einer ersten Phase, in der PC, mobile Geräte, Smart Homes und Fahrzeuge „manuell“ an das Internet angeschlossen wurden, bewegen wir uns in eine zweite Phase. Nun hat alles, was einen „elektronischen Herzschlag“ hat, auch eine Netzschnittstelle und ist dadurch automatisch Teil des Netzes (siehe Abb. 1).

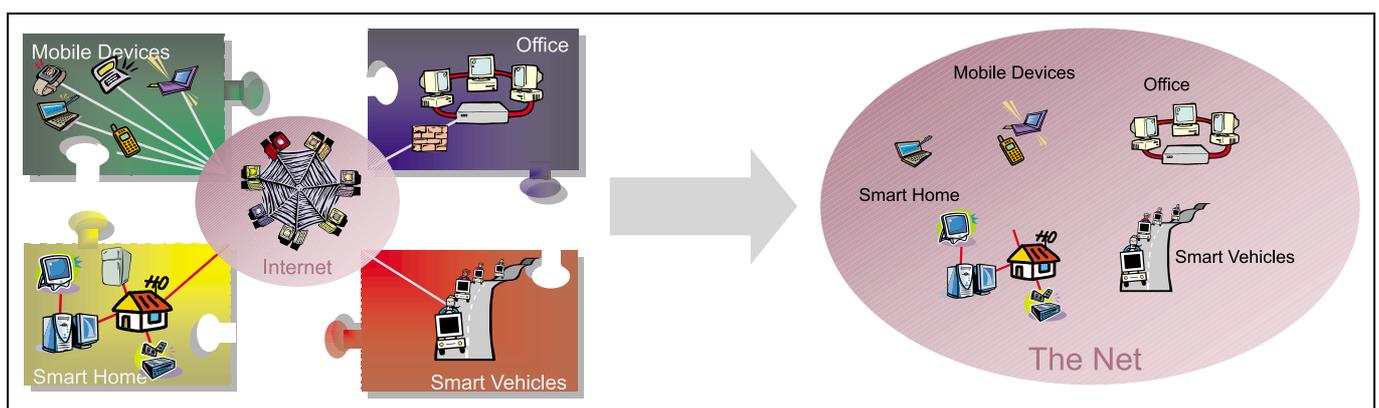


Abb. 1: Das Internet zusammensetzen: alles, was einen „elektronischen Herzschlag“ hat, ist Teil des Netzes

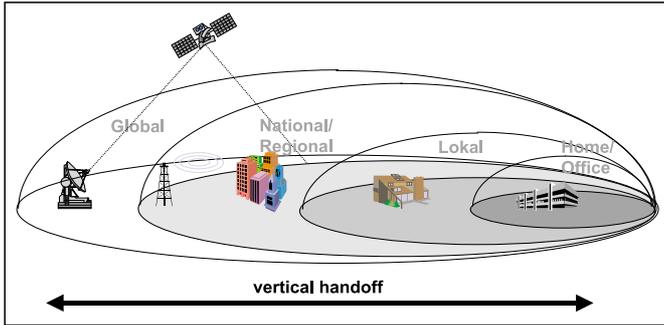


Abb. 2: Vertical Handoff zwischen verschiedenen Kommunikationstechnologien

Netztechnologie haben. Eine automatische Fehlerbenachrichtigung benötigt ein zuverlässiges Netz mit idealerweise globaler Flächendeckung, wobei Bandbreite und Preis dabei eher unkritisch sind. Das Herunterladen von digitaler Musik, z.B. im MP3-Format, ins Fahrzeug hingegen erfordert vor allen Dingen eine breitbandige und preisgünstige Netzverbindung, um kommerziell erfolgreich zu sein. Dies ist aber zur Zeit, wenn überhaupt, nur auf Kosten einer geringeren Flächendeckung zu erreichen.

Eine Konsequenz dieser Restriktionen könnte sein, dass ein Fahrzeug über verschiedene Kommunikationstechniken an Bord verfügt und je nach Bedarf automatisch die kostengünstigste Lösung, basierend auf den Anforderungen der Anwendungen, auswählt (sog. Vertical Hand-off, siehe Abb. 2). Technisch ist diese Lösung bereits prototypisch umgesetzt [3], was allerdings auch höhere Kosten bei der Ausrüstung der Fahrzeuge sowie ein komplexeres Abrechnungssystem durch die Verwendung mehrerer Kommunikationsdienstleister mit sich bringt.

Alternativ dazu können auch mobile Geräte, die von den Benutzern in ein Fahrzeug mitgebracht werden und über eine eigene Netzanbindung verfügen, vom Fahrzeug für dessen Kommunikationsbedarf mitbenutzt werden.

Pervasive Computing aus der Sicht eines Automobilherstellers

Pervasive Computing oder Ubiquitous Computing bezeichnet eine neue Generation von technischen Systemen, bei der die Vernetzung als allgegenwärtig angesehen wird. In Bezug auf Telematik und die allgegenwärtige Vernetzung des Automobils kann man drei Kategorien unterscheiden:

1. *Das Fahrzeugs als Gateway ins Internet*, um Insaßen mit Informationen und Diensten aus dem Netz zu versorgen.
2. *Fahrzeug-zu-Fahrzeug- bzw. Fahrzeug-zu-Infrastruktur-Kommunikation*, bei der die Vernetzung als „unsichtbares“ Charakteristikum zusätzliche Sicherheits- und Komfort-Funktionen ermöglicht.
3. *Das Fahrzeug als „Smart Space“*, in dem mobile Geräte und andere „Dinge“ mit dem Fahrzeug und untereinander kommunizieren.

Das Fahrzeug als Gateway ins Internet

In der ersten Kategorie finden sich Anwendungen wieder, bei de-

nen Insaßen den mobilen Netzanschluss hauptsächlich dazu verwenden, Informationen und Dienste aus dem Netz zu empfangen. Dazu gehören etwa:

- Verkehrsdienste (Routen, Staumeldungen, Umleitungsempfehlungen)
- Mobile Office (E-Mail, Kalender, Adressbuch)
- Mobile Infotainment (Musik, Nachrichten, Wetter, Aktienkurse, Sportergebnisse)

Man kann sich Sensoren vorstellen, die untereinander kommunizieren und in ihrer Gesamtheit eine ganz neue Funktionalität bereitstellen.

- Concierge-Dienste (Hotelbuchungen, Reservierungen in Restaurants, Theater, Oper, Kino)
- Mobile E-Commerce (Erwerb von Waren oder Dienstleistungen per mobiler Transaktion)

Zukünftig werden diese Anwendungen durch verbesserte Netztechnologie, neue Personalisierungsalgorithmen und präzisere Lokalisierungstechnologie wesentlich individueller und kundenfreundlicher werden. Off-board-Navigationssysteme erlauben z.B. den Zugriff auf aktuellstes Kartenmaterial sowie Informationen über interessante Punkte entlang der Strecke und kombinieren diese Daten mit dynamischen Verkehrsinformationen und Staumeldungen, die dann unter Umständen die Route automatisch neu berechnen und dadurch dem Kunden jeweils den optimalen Weg vorschlagen. Personalisierte Concierge-Dienste unterstützen den Kunden individuell bei der Hotelbuchung, Restaurantfindung oder bei der Auswahl einer Unterhaltungsveranstaltung, jeweils abhängig vom persönlichen Geschmack und der jeweils aktuellen Position des Fahrzeugs.

Fahrzeug-zu-Fahrzeug- bzw. Fahrzeug-zu-Infrastruktur-Kommunikation

Die Gefahr, dass Telematik die Aufmerksamkeit des Fahrers verringern kann, ist nicht zu leugnen und Thema intensiver Forschungsarbeiten. Gründe für Ablenkungen können vielschichtig sein und beinhalten folgende Faktoren:

- *Visuelle Unaufmerksamkeit* (z.B. durch Bedienung eines Navigationssystems oder eines Mobiltelefons)

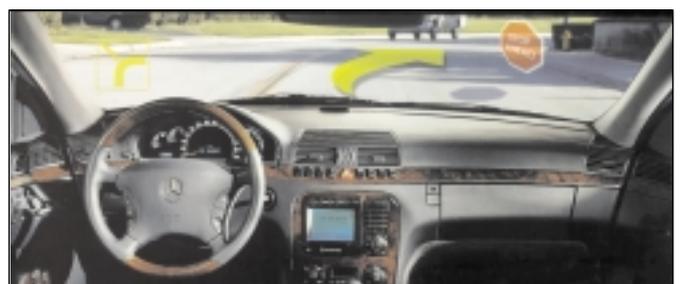


Abb. 3: Die Projektion auf die Windschutzscheibe verhindert eine Ablenkung des Fahrers



Abb. 4: Eine Automatische Warnung vor plötzlich auftretenden Hindernissen hilft Unfälle zu vermeiden

- **Mentale Unaufmerksamkeit** (z.B. durch den anderen Kontext während einer Konversation am Telefon)
- **Kognitive Ablenkung** (z.B. durch ein ständig wechselndes Informationsangebot sowie ein dynamisches Nutzungsprofil)
- **Dynamische Antwortzeiten** (je nach Art und Umfang einer Anfrage können Antwortzeiten zum Teil stark variieren)
- **Körperliche und ergonomische Faktoren** (bedingt durch die Nutzung ungewohnter und komplexer Bedien- und Steuerelemente)

Aus dem Kommunikationsnetz des Fahrzeugs wird ein „Nervensystem“, das durch Verkettung einzelner Module ganz neue Gesamtfunktionen bereitstellt.

Sprachgesteuerte Ein- und Ausgabe sowie neue Ansätze bei der grafischen Darstellung von Inhalten (z.B. Projektion von Navigationshinweisen auf die Windschutzscheibe, siehe Abb. 3), die den Fahrer nicht von der eigentlichen Fahrtätigkeit ablenken, versuchen diese Gefahren zu minimieren.

Telematik kann aber auch gerade fehlende Aufmerksamkeit kompensieren, etwa durch aktive Warnhinweise oder durch direkte Eingriffe in die Fahrzeugsteuerung. Derartige Systeme lassen sich mittels Fahrzeug-zu-Fahrzeug- oder Fahrzeug-zu-Infrastruktur-Kommunikation realisieren. Eine dezimetergenaue Positionsbestimmung eines Fahrzeugs und eine Latenzzeit der Fahrzeug-zu-Fahrzeug-Kommunikation im Zehntelsekunden-Bereich werden es in Zukunft z.B. erlauben, Fahrzeuge nicht nur in der Spur zu halten, sondern auch Unfälle mit anderen Fahrzeugen zu vermeiden. Im Extremfall könnte dabei auch ein automatisches Abbrems- oder gar Ausweichmanöver eingeleitet werden (Abb. 4).

Das Fahrzeug als „Smart Space“

Die dritte und letzte Kategorie beschreibt das Fahrzeug als „Smart Space“, in dem mobile Geräte und andere Dinge mit dem Fahrzeug und untereinander kommunizieren. Mobile Geräte sind dabei z.B. Mobiltelefon, elektronischer Organizer oder MP3-Player, die zum Teil selbst über eine eigene Netzanbindung verfügen. Fahrzeughersteller reagieren auf die wachsende Zahl dieser so genannten Consumer Electronics (CE) durch die Integration von Schnittstellen, die eine Kommunikation zwischen CE und Fahrzeug ermöglichen. Hierzu existieren verschiedene Lösungen, die sowohl per Kabel als auch kabellos (per Infrarot oder RF) realisiert sind. Beispiele für verkabelte Lösungen sind der Media Oriented System Transport (MOST) Bus [4], der Domestic Digital Bus (D2B) [5] oder Firewire (IEEE 1394) [6]. Beispiele für drahtlose Lösungen sind Bluetooth [7], Infrarot-Technologie (z.B. IrDA) [8] oder Wireless Local Area Network Standards wie z.B. IEEE 802.11 [9].

Dabei werden mehr und mehr Funktionen, die bislang weitgehend das Fahrzeug zur Verfügung gestellt hat, von diesen Geräten übernommen. Typischerweise sind dies Funktionen, die nicht zum Kernbereich eines Automobils gehören. Beispiele dafür

sind ein mobiler MP3-Player, der per Bluetooth MP3-Dateien drahtlos über die Stereoanlage des Fahrzeugs abspielt, oder ein elektronischer Organizer, der basierend auf aktuellem Datum und Uhrzeit automatisch die Adresse des nächsten Termins aus dem Kalender an das Navigationssystem überträgt. Abb. 5 gibt einen Überblick über die Komplexität der Standards, die vor allem auch durch die rasante Entwicklung im CE-Bereich in den Automobilbereich drängen. Um dieser Entwicklung software-seitig standhalten zu können, sind vor allem modulare Komponentenarchitekturen not-

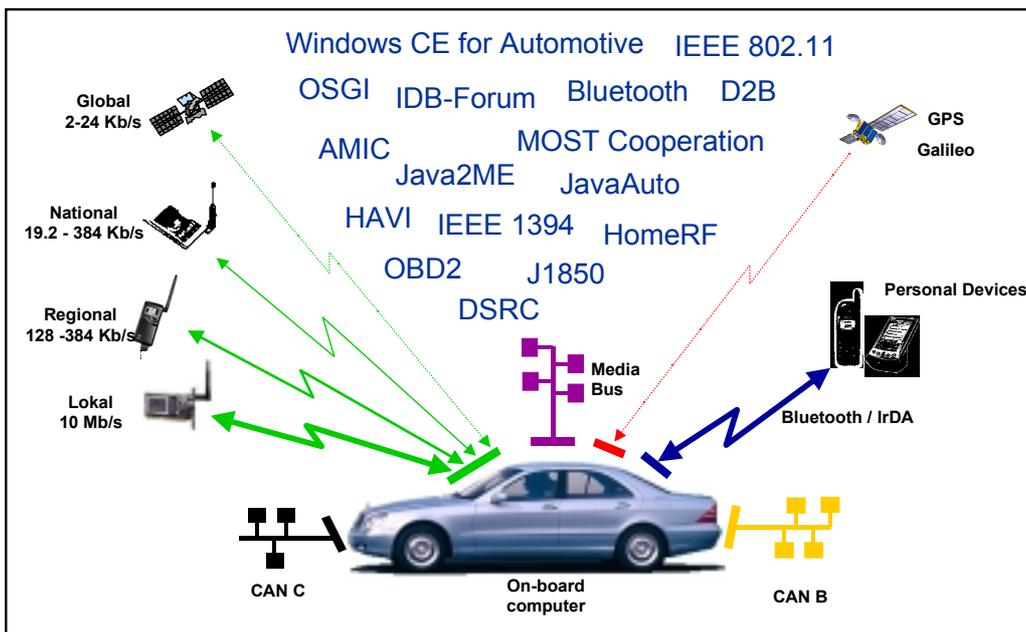


Abb. 5: Mögliche Standards und Kommunikationsschnittstellen in einem modernen Automobil

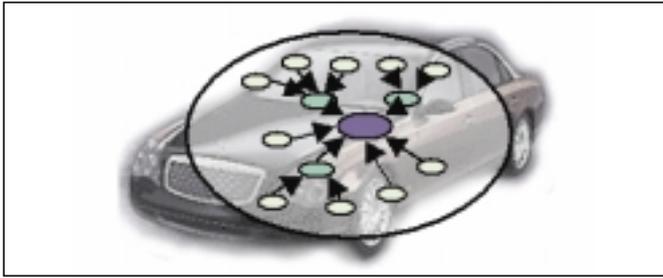


Abb. 6: Fahrzeuge der Zukunft werden über ein eigenes „Nervensystem“ verfügen

wendig, wie etwa bei Stümpfle und Jameel [10] beschrieben. Andere „Dinge“ (z.B. Bauteile und Materialien) können durch die Vernetzung im Fahrzeug Zustände, Messwerte oder Sensordaten übermitteln und damit Sicherheit, Komfort oder Lebensdauer eines Fahrzeugs erhöhen. Ein Reifen mit Unterdruck könnte nicht nur das Aufleuchten einer Warnlampe auslösen, sondern auch automatisch die maximale Geschwindigkeit festlegen, ein Ölsensor, der eine verminderte Schmierfähigkeit feststellt, die maximale Motordrehzahl begrenzen.

Navigation und Fahrerassistenz sind die „Killer-Applikationen“ der Telematik.

Als nächsten Schritt kann man sich Sensoren vorstellen, die untereinander kommunizieren, sich dadurch gegenseitig ergänzen und in ihrer Gesamtheit eine ganz neue Funktionalität bereitstellen. Bestimmte Komponenten könnten für andere, ausgefallene Teile „einspringen“ und damit das Gesamtsystem intakt halten. Neue Sensoren, die nachträglich in ein Fahrzeug eingebaut werden, könnten ihre Schnittstelle (das Format ihrer Ein- und Ausgabe) automatisch über ein fahrzeuginternes Netz anderen Sensoren oder Modulen bekannt geben, um diesen zu erlauben, ihre Funktionalität zu erweitern. Werden z.B. Sensoren im Fahrzeug nachgerüstet, die in der Lage sind, die Position des Kopfes und der Augen des Fahrers zu ermitteln, könnten diese Sensoren mit den Innen- und Außenspiegeln und der Kopfstütze kommunizieren und veranlassen, dass diese entsprechend eingestellt werden. Auf diese Weise wird aus dem Kommunikationsnetz des Fahrzeugs ein „Nervensystem“, das durch Vernetzung einzelner Module ganz neue Gesamtfunktionen bereitstellt.

Zusammenfassung und Ausblick

Vom Computer als Helfer und Partner in allen Lebenslagen führt der Weg hin zur allgegenwärtigen, fast unsichtbaren elektronischen Unterstützung miniaturisierter und vernetzter Computer, eingebettet in (fast) allen Dingen, die uns umgeben. Das Auto ist dabei keine Ausnahme. Heute schon verarbeitet die Autoindustrie mehr Computerchips als die Computerindustrie, Autos der Zukunft werden mehr und mehr von Informations- und Kommunikationstechnologie dominiert. Damit sind nicht nur Software und Hardware im Fahrzeug gemeint, sondern zunehmend auch

fahrzeugexterne Dienste, die Information über drahtlose Netze ins Fahrzeug bringen oder Daten aus dem Fahrzeug empfangen und auswerten. Autos der Zukunft werden sehen, hören und fühlen, Informationen auswerten, Informationen austauschen, Situationen einschätzen, entsprechend reagieren und die geplanten Aktionen an ihre Umwelt und andere Fahrzeuge kommunizieren.

Waren E-Mail und Web-Browsing die so genannten „Killer-Applikationen“ des Internet, also die Anwendungen, die den Erfolg des Internet eingeläutet haben, so sind Navigation und Fahrerassistenz die „Killer-Applikationen“ der Telematik. Betrachtet man, wie sich das Internet über E-Mail und Web-Browsing hinaus in nur wenigen Jahren entwickelt hat, und projiziert man diese Entwicklung auf die Telematik, dann kann man nur erahnen, was wir von Telematikdiensten in den nächsten Jahren noch alles erwarten können.

Literatur

- [1] Keynote Speech of Scott McNealy at Convergence 2000: Detroit, MI, October 2000
- [2] Informationen zu Ricochet: <http://www.metricom.com>
- [3] Vertical Handoffs in Wireless Overlay Networks: Mark Stemm, Randy H. Katz; ACM Mobile Networking (MONET), Special Issue on Mobile Networking in the Internet, Summer 1998
- [4] MOST Specification Rev 2.1: Most Cooperation (<http://mostnet.de>), February 2001
- [5] Audio, video and audiovisual systems – Domestic Digital Bus (D2B): International Electrotechnical Commission (IEC) Publication 61030 (1991–06), First Edition, 1991
- [6] Firewire System Architecture: IEEE 1394a: Don Anderson, MindShare Inc.; Addison-Wesley Pub Co., December 1998
- [7] The Official Bluetooth Website: <http://www.bluetooth.com>
- [8] The Infrared Data Association (IrDA) Website: <http://www.irda.org>
- [9] The IEEE 802.11 Handbook: A Designer's Companion: Bob O'Hara, Al Pe-trick; IEEE Press; December 1999
- [10] Eine Internet-basierte Komponentenarchitektur für Fahrzeug-Client-/Server-Systeme: M. Stümpfle, A. Jameel; Tagungsband „Kommunikation in Verteilten Systemen“ (KiVS '99), Springer, März 1999

Ralf Guido Herrtwich

(ralf.herrtwich@daimlerchrysler.com) leitet das Telematikforschungslabor der DaimlerChrysler AG mit Standorten in Berlin, Stuttgart, Ulm und Palo Alto/Kalifornien. Er ist studierter Informatiker und hat sich für IBM in Heidelberg und Paris und RWE in Essen mit Netzwerken, Multimedia, Telekommunikation und e-business beschäftigt.



Wieland Hoffelder (whd@rtna.daimlerchrysler.com) leitet die Smart Vehicles Research Group des DaimlerChrysler Research and Technology Center in Palo Alto/Kalifornien. Davor hat er für zwei start-up-Firmen im Silicon Valley Internetanwendungen entwickelt und in der Forschungsabteilung des European Networking Center von IBM in Heidelberg gearbeitet.

Mobile Dienste

„Daypath“: Standardtechnologie für intelligente vernetzte Autos

Gerhard Holzer

Authorized Java Centerssm der ARCS

Offboard-Navigation, Music-on-Demand, E-Mail – das Auto der Zukunft wird sich in eine Plattform für verschiedenste elektronische Dienste verwandeln. Die Technologien sind schon da, man muss sie „nur“ noch einbauen und vernetzen.

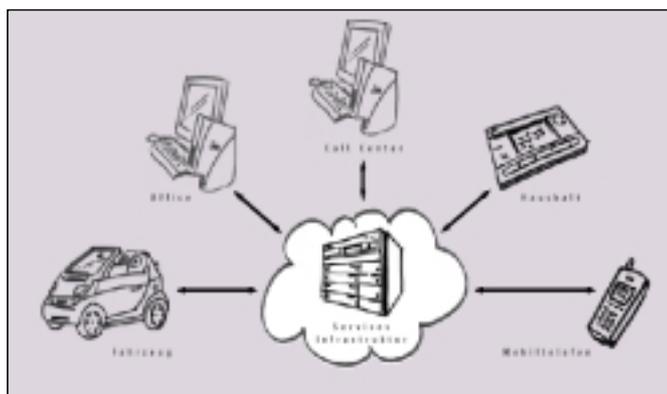
Schon heute nutzt der moderne Mensch eine Vielzahl von Geräten aus dem Umfeld der IKT im Auto: Mobiltelefone, Personal Digital Assistant (PDA), PC, Navigationssysteme. Bei all diesen Geräten geht es schlussendlich darum, Zugriff auf Informationen zu erlangen – aktuell, rasch, einfach und nicht zuletzt kostengünstig.

Speziell im Umfeld des KFZ war lange Zeit ein Autotelefon und für einige wenige Menschen ein Navigationssystem, welches seine Daten von einer CD-ROM bezieht, das Nonplusultra an elektronischen Helfern. Durch bereits verfügbare Technologien, die den Einbau kostengünstiger Bordrechner ermöglichen, ändern sich die Möglichkeiten rasant.

Für die weltgrößte IT-Fachmesse CeBIT in Hannover wurde nun unter der Schirmherrschaft der Firma Sun Microsystems „Daypath“ realisiert. Dieser Showcase sollte im modernen Sinne der Konvergenz (Daten, Applikationen und Prozesse quer über alle Plattformen und Systeme zu nutzen) zeigen, wie netzwerkzentrische Dienste – neben den Zielplattformen Mobiltelefon, PC und Home-Appliance – im KFZ genutzt werden können. Das „Authorized Java Center“ (AJC) der ARCS in Wien war im Rahmen dieses Showcase für wesentliche Bereiche der Systemintegration sowie für die Realisation des WAP-Clients (Wireless Application Protocol) verantwortlich.

Im Rahmen dieses Beitrages soll der Showcase näher vorgestellt werden, um einen kurzen Überblick über die enormen Einsatzmöglichkeiten solcher Szenarien und Technologien zu gewinnen.

Überblick über den Showcase



Bei „Daypath“ sollte gezeigt werden, wie mit aktueller und bekannter Technologie „webbasiert“ durch intelligente Verknüpfung und geeignete Integration in eine Systemlandschaft auf Basis von SUN Solaris als Betriebssystem, iPlanet Produkten als Back-End Lösung sowie Java™ als Entwicklungsumgebung der gesamte Tagesablauf eines Menschen unterstützt werden kann. Das Automobil spielt dabei naturgemäß eine wesentliche Rolle, aber der Haushalt, das Büro oder der Gang zum Einkaufen etc. sollen hier ebenfalls eingebunden werden.

Vorbei sind die Zeiten, wo man nach Erwerb eines neuen Mobiltelefons zuerst stundenlang damit beschäftigt war, Namen und Telefonnummern einzutragen.

Besonderes Augenmerk wurde bei der gesamten Implementierung darauf gelegt, dass es sich einerseits um heute bereits verfügbare Technologien handeln musste (um nicht den nächsten utopischen Prototypen zu zeigen, der dann wohl ohnehin nie realisiert werden würde) und andererseits die Gesamtkosten eines solchen Systems auch die Möglichkeit der Nachrüstung in bestehende Umgebung (Auto, Wohnung, Arbeitsplatz) gewährleisten würden (so würde zum Beispiel das gesamte Hardwarepaket für das KFZ unter ATS 30.000,- kosten).

Das Fahrzeug

Im KFZ (ein SMART Cabrio – gleichsam als Kontrastmodell zu den anderenorts oft gezeigten Fahrzeugen der Ober- und Luxusklasse mit zumeist umfangreicher, den Kofferraum füllender Technik) wurde ein Industrie-Standard konformer Bordrechner unter dem Betriebssystem Linux ein-



gesetzt; Java™ diente zum einen als Plattform für die einzelnen Applikationen („middle ware“), zum anderen wurden damit auch die Schnittstellen zu Komponenten im Fahrzeug (wie Standheizung, Schiebedach etc.) realisiert. Visualisiert wurde auf einem handelsüblichen VGA-KFZ-Display, die Eingabe und Navigation durch das System wurde mittels eines „Jog-Wheels“ implementiert, wie es bei großen Automobilherstellern schon seit einiger Zeit für die Steuerung ihrer eigenen Navigations- und Kommunikationssysteme zum Einsatz kommt.

Für die Kommunikation mit anderen Netzwerkkomponenten im Rahmen des Showcase kam ein Funk-LAN gemäß dem Standard 802.11 b zum Einsatz. Dieses System wurde so adjustiert, dass es im Wesentlichen der Bandbreite der zukünftigen UMTS-Netze (Universal Mobile Telephone System) entsprach; den Kontakt zur „Außenwelt“, z.B. zum UMS, stellte ein Nokia 6090 GSM Fixeinbautelefon her.

Der Haushalt

Als Gerät für den Haushalt wurde ein Siemens „Homeset“ verwendet – dieses Gerät basiert ebenfalls auf Java™-Technologie und verfügt über einen VGA-Touchscreen sowie In-/Output für Audio. Es wurde über eine Standard-Netzwerkkarte mit dem lokalen Netzwerk verbunden, eine Kommunikation mit der „Außenwelt“ war nicht notwendig.



Mobiltelefon



Hier kamen 2 verschiedene Technologien zum Einsatz: Die erste Geräteserie war bereits „Java™ enabled“, d.h. diese Prototypen aus dem Hause Siemens verfügten über eine Implementierung der Java 2 ME („Micro Edition“) und waren somit direkt in der Lage, Java™-Code abzuarbeiten.

Die zweite Geräteserie (Siemens SL 45 und S 35) waren handelsübliche GSM-Mobiltelefone mit integriertem WAP-Browser (Standard 1.1);

über entsprechende Einstiegsseiten war auch mit diesen Geräten eine Vielzahl von Funktionen abruf- bzw. bedienbar.

Office & Call Center

Im Sinne der Philosophie von Sun Microsystems wurde sowohl für den Arbeitsplatz wie auch für das angeschlossene



Call Center als Zugangsgerät ein „Thin Client“ in Form einer Sun RAY 1 Station gewählt. Der Zugriff auf webbasierte Dienste ist auch mit diesen Geräten problemlos möglich, obgleich sie weder über eine Festplatte noch über sonstige interne Massenspeicher verfügen. Es ging darum zu zeigen, dass man lediglich einen Web-Browser benötigt, um die Services nutzen zu können.

Die Zukunft liegt in Form zentral gehaltener Daten und Informationen.

Wie bereits eingangs erwähnt sollte im Rahmen von „Daypath“ ein Überblick über den gesamten Tagesablauf gegeben werden; je nach Endgerät waren bestimmte Funktionalitäten implementiert. Im KFZ konnten u.a. folgende Dienste in Anspruch genommen werden, wobei Sprachsteuerung bzw. -eingabe alternativ zu dem „Jog-Wheel“ genutzt werden können:

- Zugriff auf UMS (Unified Messaging System) und persönliche Informationen wie Kalender, Aufgaben etc.
- Offboard Navigation, Routenplanung und Zugriff auf LBS (Location Based Service)
- MP3-Audioverzeichnis
- WWW
- Spezielle Informationsdienste (Wetter, Börse, Nachrichten etc.)
- Home Control (Steuerung von Heizung, Alarmanlage etc. im Haushalt)

Aus dem Haus konnte via „Homeset“ u.a. folgendes Angebot genutzt werden:

- E-Mail und WWW
- MP3-Archiv und Playlist
- Zugriff auf KFZ-Komfortfunktionen (Standheizung, Schiebedach etc.)
- Home-Control (Heizung, Klima, Licht etc.)

Mit Hilfe des Mobiltelefons war ebenfalls der Zugriff bzw. die Steuerung der für KFZ und Haus dargestellten Servicedienste möglich. Insbesondere die Aktivierung bestimmter Funktionen im Fahrzeug (z.B. Parkwächter oder Standheizung), die Steuerung der Komfortfunktionen (Licht, Sauna, Alarmanlage) im Haushalt sowie MP3 und Navigation bzw. Routenplanung machen somit das Mobiltelefon zu einem vollwertigen „elektronischen Butler“. Über einen herkömmlichen Internet-Browser am Arbeitsplatz ist es bereits selbstverständlich, die Mehrzahl dieser Services zu nutzen. Die eingesetzten Technologien ermöglichen hier auch eine extrem rasche „time to market“.

Die Vernetzung

In Zukunft wird man eine MP3-Playlist zu Hause zusammenstellen, entsprechend konfigurieren und dann speichern können, um am nächsten Tag von überall darauf Zugriff zu haben. Die

Musik spielt, gleich, ob man nun ein entsprechendes Mobiltelefon hat oder im (eigenen wie fremden) Fahrzeug sitzt, das über eine entsprechende Infrastruktur verfügt – Unabhängigkeit und Flexibilität sind hier enorme Vorteile. Gleiches gilt für die Routenplanung für die nächste Geschäfts- oder Urlaubsreise: geplant am PC zu Hause oder im Büro, gespeichert und dann Zugriff mit dem Mobiltelefon, dem PDA oder aus dem Auto heraus.

Die Routenplanung erfolgt nicht im Fahrzeug, sondern in den Rechenzentren entsprechender Serviceanbieter

Kalender, Kontakte und Aufgaben – all dies sind Informationen, die heute bereits in diversen Systemen und mit Hilfe verschiedenster Geräte verwaltet werden. Durch die zentrale Speicherung dieser Informationen kann der Benutzer auf die einmal erstellten Kontaktinformationen von überall und mit jedem adäquaten Endgerät zugreifen. Vorbei sind die Zeiten, wo man nach dem Erwerb eines neuen Mobiltelefons zunächst stundenlang damit beschäftigt war, Namen und Telefonnummern einzutragen. Oder wer kennt nicht das Problem mit dem Leihauto? Ein Autotelefon wäre ja hier, allein die Nummern sind im PDA gespeichert und so muss man doch wieder händisch die Nummer eingeben, um ein Gespräch zu führen. Durch einen netzwerkzentrischen Ansatz gehören auch solche Unannehmlichkeiten der Vergangenheit an.

Auch Navigation und Routenplanung basieren heute noch in den meisten Fällen auf veralteten Daten (CD-ROM oder DVD) im Fahrzeug („Onboard Navigation“). Aktuelle Verkehrssituation, Wetterbedingungen oder einfach nur geänderte Straßenführung – alle diese Faktoren können mit heute üblichen Systemen nicht berücksichtigt werden. Auch hier liegt die Zukunft in Form zentral gehaltener Daten und Informationen. Die Routenplanung erfolgt nicht im Fahrzeug, sondern in den Rechenzentren entsprechender Serviceanbieter. Die so berechnete Route wird dann über entsprechende Kommunikationsmittel – heute meist noch via SMS, in Zukunft mittels GPRS (General Packet Radio Service) – an das Endgerät übermittelt („Offboard Navigation“).

Bei einer solchen Berechnung können aktuelle Wetterbedingungen, Verkehrsstörungen und andere relevante Informationen sofort berücksichtigt werden. So erhält der Fahrer einen aktuellen und individuellen Routenplan geliefert. Wenn er über geeignete Endgeräte verfügt, ist dabei auch eine intermodale Planung möglich. Das System im Fahrzeug wird dann beispielsweise durch ein entsprechendes Mobiltelefon oder einen PDA ergänzt, und schon kann der Benutzer die Routenführung auch mit öffentlichen Verkehrsmitteln, dem Rad oder zu Fuß nutzen.

Dass insgesamt im Rahmen von „Daypath“ auf adäquate Tech-

nologie gesetzt wurde, zeigt sich exemplarisch an einer Initiative der Firma Motorola: Diese hat mit dem „i-Radio System“ ebenfalls vergleichbare Ansätze im Fahrzeug anlässlich der CeBIT 2001 vorgestellt. Das Telematiksystem bietet personalisierte und ortsabhängige Informationen und Services, beispielsweise Verkehrsinformationen, dynamische Offboard-Navigation, Music-on-Demand, E-Commerce-Optionen und E-Mail. Auch hier wird Java™ als Basistechnologie genutzt. Somit können Anwender das System über eine persönliche Website von jedem PC aus personalisieren und konfigurieren.

Schwachstelle an solchen Vernetzungsszenarien sind aktuell noch die oftmals zu geringen Bandbreiten speziell an der Luftschnittstelle. Die heute verfügbare Geschwindigkeit von 9,6 kBit „circuit-switched“ reicht für viele der hier demonstrierten Anwendungen keinesfalls aus. Die neuen Technologien GPRS und in weiterer Folge UMTS stehen aber bereits in den Startlöchern und mit ihnen zwei wesentliche Vorteile, nämlich die „paket-orientierte Abrechnung“ und „always online“.

Abgesehen von solchen Fragen der Übertragungstechnik war aber speziell für die Arbeit des AJC wesentlich, dass aufgrund standardisierter Technologien eine extrem rasche Systemintegration möglich wurde – ein Vorteil, der auch für Kundeninstallationen zur Anwendung kommen kann und dadurch eine weitere Marktchance für die beteiligten Unternehmen darstellt.

Wenn der Fahrer über geeignete Endgeräte verfügt, ist dabei auch eine intermodale Planung möglich

Man muss an dieser Stelle noch einmal betonen, dass jede einzelne Anwendung für sich bekannt ist – die intelligente Vernetzung unter Verwendung marktüblicher Standards und die konsequente Informationsbereitstellung über zentrale Serverarchitektur bietet hier aber Synergien, die bis dato noch nicht realisiert wurden!

Gerhard Holzer (gerhard.holzer@arcs.ac.at) hat Betriebswirtschaftslehre in Wien studiert, und hat das postgraduale Studium „Telematik Management“ an der Donauuniversität Krems abgeschlossen. Er ist Business Development Manager des Authorized Java CenterSM der ARCS. Detailliertere Informationen zu diesem Projekt finden sich unter www.daypath.de sowie auf den Websites der beteiligten Partner.



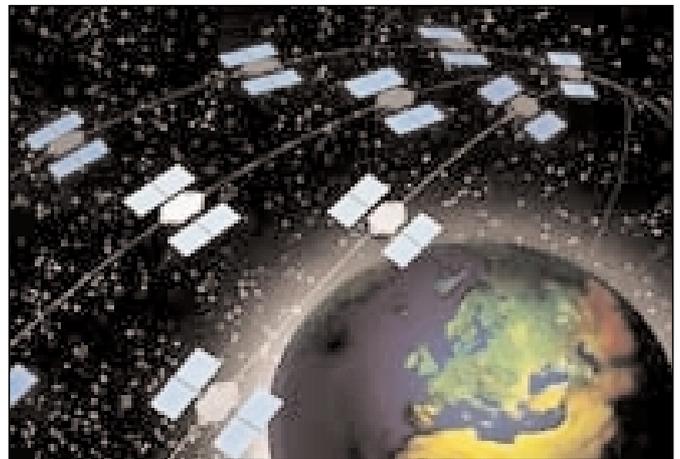
GALILEO

European Satellite Navigation Technology for Enhanced Mobility

Gerhard Triebnig, Birgit Löcker
ARCS, Department of Intelligent Infrastructures and Space Applications

The high technology domains of satellite navigation, mobile communications, and the Internet are advancing an evolution toward an information society by opening up a range of opportunities for developing new and improved, user-friendly info-mobility services for transport and travel, business and tourism, leisure and other applications.

Satellite navigation is a tool to determine position, velocity and precise time worldwide by measuring one's distance from at least four satellites. The distance from each satellite is derived by measuring the time the navigation signal needs to travel from the satellite to the receiver. The receiver must know both the distance to the satellite and the satellite's precise position in space. Satellite navigation systems comprise four components: a space segment to deliver the signal, a ground segment to process and verify it, a local element to enhance accuracy and integrity over local areas such as airports or harbors, and a user segment to exploit the signal via different services of Value-Added Service Providers.



Satellite navigation used to determine position, velocity and precise time worldwide

Principles of GPS operation

GPS navigation is based on one-way ranging from the satellites, which also broadcast their estimated positions. Ranges are measured to four line-of-sight satellites simultaneously by matching (correlating) the incoming signal with a user-generated replica signal and measuring the received phase against the user's (relatively crude) crystal clock. With four satellites and appropriate geometry, users can determine four unknowns, typically, latitude, longitude, altitude, and a correction to the user's clock. Fewer satellites are needed if users already know their altitude or time. Each satellite's future position is estimated from ranging measurements taken at five worldwide monitoring stations. These measurements use the same signals employed by a typical user's receiver.

The primary satellite navigation systems are the US Department of Defense's Global Positioning System (GPS) and the Russian system GLONASS. GPS – a global, all-weather, 24-hour satellite-based navigation, positioning and timing system – provides a signal for civilian and military purposes. The GPS civilian signal was initially degraded so that users could only receive it with reduced accuracy. This selective availability was eliminated on May 1, 2000 – at least partly in response to plans for GALILEO.

Positioning accuracy ranges from 1 mm to 100 m, depending on factors such as type of end-user receiver, user environment and processing techniques. Satellite navigation receivers range from hand-held sets costing less than \$150 to units used for precise surveying which cost over \$15,000. At the same time as GPS, GLONASS was developed to provide similar services with similar advantages and disadvantages – apart from selective availability. The short life span of the GLONASS satellites in combination with political factors within Russia resulted in a satellite constellation that was initially inoperable.

Global Positioning System (GPS)

The current GPS constellation consists of 27 Block II/IIA/IIR satellites in orbit 20,200 km above the earth. The control segment consists of five monitoring stations (Hawaii, Kwajalein, Ascension Island, Diego Garcia, Colorado Springs), three ground antennas (Ascension Island, Diego Garcia, Kwajalein), and a master control station (MCS) located at Schriever AFB in Colorado. The monitoring stations passively track all satellites in view, accumulating ranging data. This information is processed at the MCS to determine satellite orbits and update each satellite's navigation message. Updated information is transmitted to each satellite via the ground antennas. The user segment consists of antennas and receiver-processors that provide the user with positioning, velocity and precise timing. GPS provides two levels of service:

- Standard Positioning Service (SPS) is a positioning and timing service available to all GPS users at no direct charge; SPS provides a predictable positioning accuracy of 100 meters (95 percent) horizontally and 156 meters (95 percent) vertically and time transfer accuracy to UTC within 340 nanoseconds (95 percent).
- Precise Positioning Service (PPS) is a highly accurate military positioning, velocity and timing system available on a continuous, worldwide basis to users authorized by the US government. It provides a predictable positioning accuracy of at least 22 meters (95 percent) horizontally and 27.7 meters vertically and a time transfer accuracy to UTC within 200 nanoseconds (95 percent).

Primary satellite navigation systems: US Global Positioning System and Russian GLONASS

Global Navigation Satellite System (GLONASS)

The GLONASS system is currently a constellation of 24 orbiters. The first GLONASS satellites were placed into orbit in 1982, and continuously transmit coded signals in two frequency bands. The satellites are located on three orbital planes separated by 120 degrees, and the satellites within the same orbit plane are separated by 45 degrees. The ground control segment is entirely located in former Soviet Union territory: the ground control center and time standards in Moscow and the telemetry and tracking stations in St. Petersburg, Ternopol, Eniseisk, Komsomolsk-na-Amure. The time scale is defined as Russian UTC. In contrast to GPS, the GLONASS time system includes also leap seconds. The GLONASS system has two types of navigation signal:

- A standard precision navigation signal (SP) is available to all civil users and provides a horizontal positioning accuracy of 57-70 meters (99.7% probability), a vertical positioning accuracy of 70 meters (99.7% probability), and a timing accuracy of 1 mks (99.7% probability).
- A high precision navigation signal (HP) for military purposes.

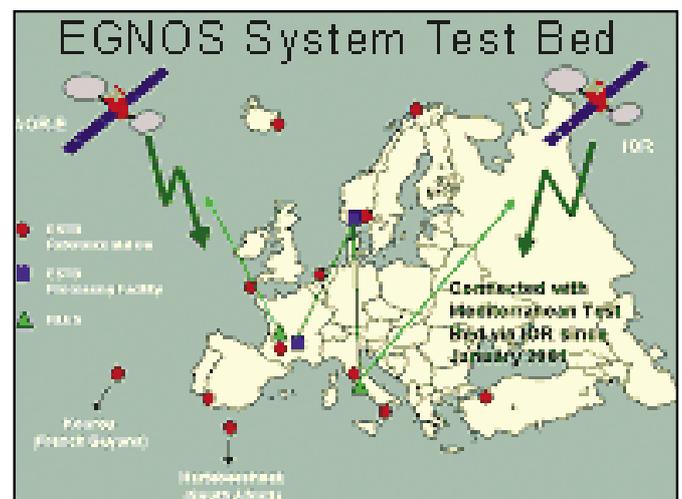


Europe's satellite navigation program

In 1999, European Ministers called on the European Commission (EC) and the executive of the European Space Agency (ESA) to elaborate a coherent European strategy for the utilization of outer space.



This European challenge is reflected in the realization of a civil global navigation satellite system, GALILEO, and in a build-up of political momentum to streamline various satellite initiatives and projects. In July 1999, Europe launched the definition phase of GALILEO, developing the overall GALILEO system architecture with respect to the market needs. This phase will last through the end of 2000. In May this year, the EC will consider the viability of the GALILEO project, and hopes to secure the commercial backing of a group of companies (\$177.6 million). Preparations for this milestone started in January 2001 with the development and validation phase: consolidation of GALILEO mission requirements, specification of various types of equipment for space and ground segments, development of additional technology including critical ground segment techniques, and completion of the GALILEO system test bed (GSTB). Development of the space and associated ground segments is scheduled to start in 2002, leading to the in-orbit validation of the initial system early in 2005. In parallel with this, the EGNOS mission actually enters the real-life experimentation phase, comprising demonstrations and trials in Europe, Africa and South America, and interoperability trials with Japan and the USA. The EGNOS system test bed (ESTB), which became operational in January 2000, is a pre-operational EGNOS signal-in-space. Specific ESTB objectives include not only supporting EGNOS system development and verification, but also demonstrating EGNOS to potential user communities, preparing for future operational introduction, and demonstrating the service's expansion capabilities outside Europe.



EGNOS

EGNOS stands for European Geostationary Navigation Overlay Service, and is being developed by ESA in conjunction with the European Commission and Eurocontrol, the European Civil



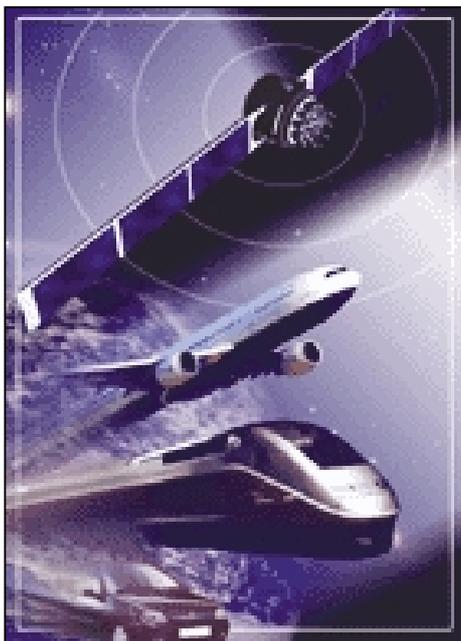
Aviation authority. It improves the accuracy and reliability of navigation signals from GPS and GLONASS to the point where they can be used for safety-critical applications, such as flying aircraft and navigating ships through narrow channels. The space segment is composed of navigation transponders onboard the Inmarsat-III Atlantic Ocean Region East (AOR-E) and Indian Ocean Region (IOR) satellites. The ground segment consists of reference stations (RS), processing centers, navigation land earth stations (NLES), and a communication network.

GALILEO enables Europe to play an independent role in international satellite navigation

The ESTB user segment comprises a 15-channel receiver allocating two channels to GEOs and the rest for GPS, with GLONASS capability being added at a later stage, a data recorder and a PC for the navigation processing.

The case for GALILEO

GALILEO offers advantages which will enable Europe to play an independent role in the international satellite navigation arena.

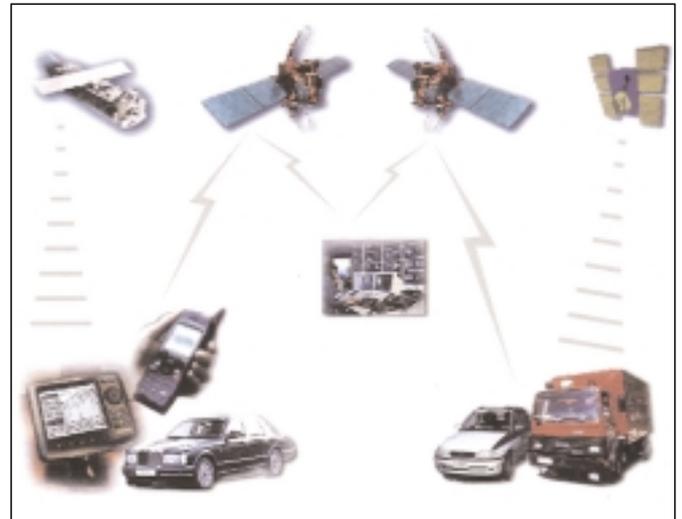


The distinguishing features of GALILEO are better two-signal accuracy, optimal satellite configuration over Europe, minimum service interruptions resulting from design improvements and higher integrity by integration, complemented regionally or locally as necessary. More quantitative advantages be-

come apparent when the cost and benefits of GALILEO are analyzed. The total cost of GALILEO to the end of its deployment phase is estimated at 3.25 billion euro, and annual GALILEO and EGNOS operational costs after 2008 at 222 million euro. The overall costs of 6 billion euro from 2008 until 2020 are to be co-funded by the European Commission, the European Space Agency and private investment, available at the latest for the deployment phase. In contrast, total benefits over the period from 2000 to 2020 have been estimated to be 62 billion euro in economic benefits, and 12 billion euro in social benefits.

Advantages for Europe:

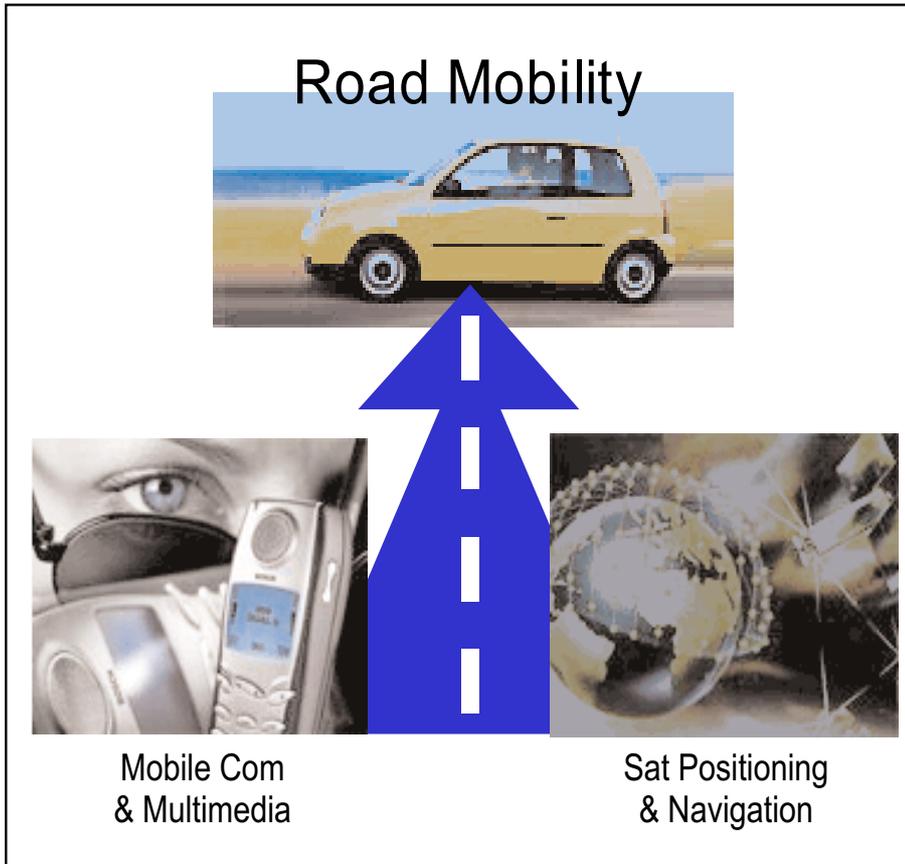
- Creation of approximately 20,000 jobs
- Improved public utility services:
 - Improved traffic capacity (air, train, etc.)
 - Online public traffic information
 - Emergency service integrated in mobile phones
 - Improved search & rescue: 14% increased chance of survival
 - Seamless road tolling systems
- New integrated services for mobility market segments:
 - Advanced in-car navigation systems, including interactive traffic planning
 - Indirect savings due to reduction in travel time and reduced congestion
 - Personal tracking systems (children, disabled persons, VIPs)



GALILEO services for mobility market segments

Mobility is the capability of moving freely in the environment whilst undertaking independently the activities of everyday life. In combination with mobile communication and information, the GALILEO services are intended to give added value to end-users by:

- helping drivers make the most efficient routing decisions;



users, including services related to personal safety and search & rescue services.

**Intelligent transport solutions
under development by
Austrian Research Centers
Seibersdorf**

**Role of Austrian Research Centers
Seibersdorf**

Intelligent transport solutions for the market segments personal mobility, road mobility, rail and commercial fleet management are currently under development in Austria. These will help cope with the steadily deteriorating road mobility situation in the Vienna region at the intersection of major European transport routes, with local traffic generated by 1.6 million inhabitants and a booming economy. The

- improving mobile citizens' safety;
- providing seamless access to, and interaction with, personalized, location-dependent, rich-content multimedia information for mobile citizens;
- knowing the current location and physical condition of any commercial vehicle;
- improving travel efficiency by reducing congestion;
- saving energy by reducing fuel requirements;
- reducing the environmental impact of mobility.

“Vienna Pilot – Automotive Communication and Navigation” program has been established as a scalable pilot initiative in the sector of road mobility, offering car drivers a means of mobile communication, in-vehicle access to e-commerce, satellite positioning and navigation services.

**European Commission and European Space
Agency to elaborate European strategy for
utilization of outer space**

The OAS (Open Access Service) will be available for use free of charge by any person in possession of a GALILEO receiver. Service providers using the GALILEO commercial service to give added value to their range of products will pay a fee to the GALILEO operating company, which will offer certain guarantees in return. Access to this service will be limited to end-users and providers of value-added services by means of access keys in receivers (like PIN codes for GSM). Such a solution will avoid the need for the more complicated technique of signal encryption, and will enable revenue to be collected from users subscribing to the service. The public service will be restricted to authorized

Gerhard Triebnig (gerhard.triebning@arcs.ac.at) leads the Division of Intelligent Infrastructures and Space Application of the Austrian Research Centers. He has more than 15 years of experience in managing industrial and public space contracts, thereof 8 years as staff of the European Space Agency, including one year affiliation to the European commission joint research Centre Ispra, Space Application Institute, and 7 years in the R&TD space industry. For the Austrian Research Centres, he is in charge for company wide space coordination, the ESA key account, and the management of key strategic projects.



Birgit Loecker (birgit.loecker@arcs.ac.at) is member of the Division of Intelligent Infrastructures and Space Application of the Austrian Research Centers Seibersdorf. She finished the Vienna University of Business Administration and Commerce submitting the diploma thesis “Inter-Organizational Barriers in Industrial Markets: An Analysis of Austrian Companies and Organizations working the Space Market”. For the Austrian Research Centres, she is in charge for awareness building and GALILEO promotion in Austria, and the analysis of market aspects in space-related projects.

New Rheocasting

Leichtmetall-Guss für sichere Bauteile in den Automobilen

Helmut Kaufmann, ARC Leichtmetall.Kompetenzzentrum Ranshofen

Peter J. Uggowitzer, Institut für Metallforschung, ETH Zürich

Wie sollte ein Pkw im Fall einer Kollision mit hoher Geschwindigkeit gebaut sein, um die Gefahr für die Insassen zu minimieren? Gussteile im Fahrwerks- und Karosseriebereich sollten sich bei erhöhter Belastung duktil verformen, dürfen aber auf keinen Fall spröde brechen. New Rheocasting ist ein Gussverfahren, das sowohl punkto Qualität wie auch punkto Kosten neue Wege weist.

Automobiler Leichtbau geht einher mit neuen Legierungen und Verarbeitungsverfahren für die Leichtmetalle Aluminium und Magnesium. Neben Leder und Holz werden die beiden Leichtmetalle immer stärker als notwendige Zutaten für technisch hochwertige Fahrzeuge betrachtet. So bleibt Aluminium nicht mehr ausschließlich unter dem Karosserieblech verborgen, sondern findet schon sehr oft aus ästhetischen Erwägungen als Designelement im Fahrzeuginnenraum Verwendung.

In den vergangenen fünf Jahren wurden daher in den Entwicklungszentren aller Automobilhersteller Serienanwendungen von leichtmetall-intensiven Fahrzeugen umgesetzt oder stehen knapp vor Produktionsstart. Zu nennen seien die Aluminiumautos A8 und A2 von Audi, der Speedstar von Opel, der Lotus Elise, BMW Z8, Ferrari 360 Modena, die alle über Aluminium-Space-Frame-Konstruktionen verfügen. Selbst die nächste Generation des Rolls Royce wird eine solche erhalten.

Da in den meisten Fällen Werkstoffe auf Eisenbasis substituiert wurden, hatten die Leichtmetallkomponenten entsprechend hohe Anforderungen zu erfüllen.

Andere Modelle, wie der BMW 5er, Audi A4, Mercedes S-Klasse oder Lancia Thesis, aber auch alle Porsche-Typen, verfügen über Aluminium-Komponenten im Fahrwerksbereich, wieder andere, wie der Audi A6, über Aluminiumblech-Anbauteile in der Karosserie.

Magnesium wird besonders häufig im Innenraum eingesetzt, nämlich dort, wo Korrosion kein großes Problem darstellt. Beispiele sind Lenkradrahmen in nahezu allen modernen Autos, Mittelkonsolenträger, Armaturenräger sowie Sitzanwendungen. Selbst preisgünstige Autos wie der Fiat Punto verfügen über Magnesium-Sitzrahmen, die vorwiegend aus Druckgussteilen komplettiert werden.

Dieser mittlerweile weiten Verbreitung von Leichtmetallanwendungen im Automobilbau ist ein erheblicher Forschungsaufwand in Legierungs- und Verfahrensentwicklung, aber auch in der Bau-

teilkonstruktion vorausgegangen. Da in den meisten Fällen Werkstoffe auf Eisenbasis substituiert wurden, hatten die Leichtmetallkomponenten entsprechend hohe Anforderungen zu erfüllen.

Space-Frames beispielsweise bestehen meist aus gefügten Gussknoten und Strangpressprofilen. Die Gussknoten müssen trotz ihrer komplexen Gestalt und teilweise beachtlichen Größe (die B-Säule des Audi A2 ist nur ein einziges Aluminium-Druckgussteil!) hohe mechanische Kennwerte, hohes Verformungsvermögen im Crash-Fall und gute Schweißbarkeit aufweisen. Dass dies heute bei fortschrittlichen Gießereien möglich ist, verdankt sich einer evolutionären Werkstoff- und Verfahrensent-

Glossar

Duktilität Eigenschaft eines Werkstoffs, sich plastisch verformen zu lassen anstatt spröde zu brechen

Space-Frame Rahmenkonstruktion im Karosseriebau, die meist aus Aluminium-Strangpressprofilen und Druckgussteilen oder Profilen und Blechen zusammengeschweißt wird

Squeeze Casting Gießverfahren, bei dem langsame, laminare Formfüllgeschwindigkeit und hoher Erstarrungsdruck angewandt werden. Die Schmelze ist dabei voll flüssig.

Thixocasting Gießverfahren, bei dem auf Druckgießmaschinen Legierungen im teigigen Zustand verarbeitet werden. Das Vormaterial wird im Strangguss während der Erstarrung gerührt und erstarrt globulitisch. Danach wird es induktiv in den teigigen (= semi-solid) Zustand erwärmt.

New Rheocasting Gießverfahren, bei dem auf einer Squeeze Casting Maschine Legierungen im teigigen Zustand vergossen werden. Das Vormaterial wird durch gezielte Kühlung in den teigigen, globulitischen Zustand gebracht und ohne Erwärmung sofort kostengünstig weiterverarbeitet.

Globulitische α -Phase Erste, bei der Erstarrung einer Legierung entstehende Festphase, die sich im speziellen Fall kugelförmig ausbildet

Kontiguitätsvolumen Skelettbildungsgrad, Maß für die Zusammenhängigkeit einer Phase

Thixotropie Scherratenabhängige Viskosität

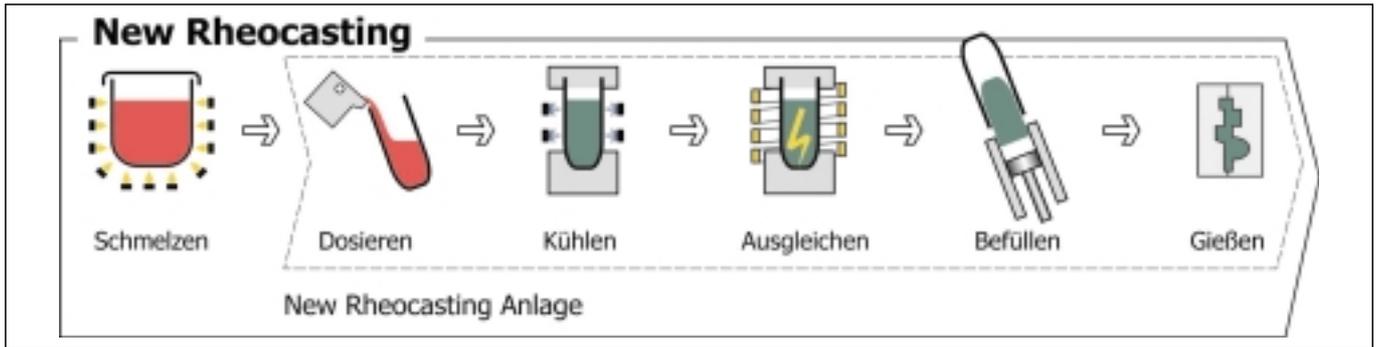


Abb. 1: Schematische Darstellung der Herstellung von thixotropem Vormaterial und dessen Weiterverarbeitung zu einem Bauteil im NRC-Verfahren

wicklung auf vielen Sektoren: Die Druckgießmaschinen werden mit Echtzeitregelung versehen, neue Trennstoffe ermöglichen die Verwendung eisenarmer und somit duktilerer Legierungen, Simulationsmethoden helfen bei der Optimierung von Gießformen und der Findung geeigneter Prozessparameter etc.

Genauso hohe Festigkeits- und Duktilitätsanforderungen wie an Space-Frame-Knoten werden auch an Fahrwerksteile, Bremskomponenten, teilweise selbst an Motorträger gestellt. Die erwähnten Fahrzeugteile werden heute bevorzugt im Schwerkraftkokillenguss, Vakuumdruckguss, Niederdruckguss, Squeeze Casting und neuerdings auch mit Semi-solid-Gießverfahren hergestellt.

Simulationsmethoden helfen bei der Optimierung von Gießformen und der Findung geeigneter Prozessparameter.

Die theoretischen Vorteile von Semi-solid-Formgebung (Verarbeitung im Erstarrungsintervall von Leichtmetalllegierungen) erwiesen sich in den letzten Jahren als Triebkraft für die Entwicklung von industriell einsetzbaren Verfahrenstechnologien. Zu den wesentlichen Vorzügen gehören die verkürzte Zykluszeit aufgrund geringerer Erstarrungszeiten, geringere Temperaturbelastung der Formen durch weniger Wärmeinhalt der vorerstarrten Legierungen, bessere Maßhaltigkeit und geringere Porosität durch reduzierte Erstarrungsschwindung sowie geringere Warmrissneigung bei sensiblen Legierungen. Die bislang am weitesten verbreiteten Verfahren waren Thixocasting und Semi-liquid Casting [1,2]. Die mit diesen Verfahren hergestellten Gussteile erwiesen sich als porenarm, wärmebehandelbar sowie schweißbar und wiesen in der Regel hohe mechanische Kennwerte auf [3-7]. Bis auf wenige Ausnahmen im Versuchsmaßstab werden diese Verfahren vorwiegend für Aluminiumlegierungen eingesetzt. Für Magnesiumlegierungen wird seit etwa 10 Jahren an der Entwicklung des Thixomolding-Verfahrens gearbeitet, das maschinenseitig Anleihen beim Kunststoff-Spritzguss nimmt und Magnesiumgranulat in einer Extruderschnecke in den Semi-solid-Zustand bringt und vergießt [8].

Schon früh wurden jedoch Zweifel an der Wirtschaftlichkeit des Thixocasting-Verfahrens geäußert, da besonders die Her-

stellung des globulitischen Ausgangsmaterials im Strangguss und das in der Regel induktiv erfolgende Wiederaufheizen in den Semi-solid-Zustand als technisch aufwendig und kostspielig eingestuft wurden [9,10]. Gleiches gilt für das Granulat für Thixomolding.

Wie die Untersuchung von Hall et al. [11] zeigt, liegt ein weiterer Kostennachteil bei diesen Verfahren in den hohen Umarbeitungskosten des Kreislaufmaterials, das nicht ohne erneute Einstellung des globulitischen Ausgangsmaterials in den Prozess rückgeführt werden kann. Auch im Energieverbrauch liegen diese Verfahren deutlich über denen von Squeeze Casting oder dem New Rheocasting [12].

New Rheocasting (NRC) ist ein neues Semi-solid-Gießverfahren, mit dem es nicht nur möglich ist, hochwertige Aluminiumbauteile, sondern auch ähnlich anspruchsvolle Magnesium-Komponenten zur Erfüllung der genannten Anforderungen herzustellen. Der vorliegende Beitrag gibt einen Überblick über die Entwicklungsarbeiten für duktile Bauteile im New Rheocasting, die zur Zeit im Kplus-Zentrum am LKR in Ranshofen laufen.

Schon früh wurden Zweifel an der Wirtschaftlichkeit des Thixocasting-Verfahrens geäußert.

Herstellung des globulitischen Vormaterials im NRC-Verfahren

Der entscheidende Unterschied zwischen den bestehenden Thixocasting-Varianten und dem NRC-Verfahren liegt darin, dass das globulitische Vormaterial nicht mehr durch Rühren im Erstarrungsintervall der Legierung im Strangguss erfolgt, sondern durch erzwungene homogene Keimbildung direkt an der Gießmaschine [13]. Abb. 1 verdeutlicht diesen Schritt der Keimbildung und des darauf folgenden Globulitenwachstums bis zur Weiterverarbeitung des Semi-solid-Materials in einer vertikalen Squeeze Casting Maschine.

Bedeutsam für die Qualität des globulitischen Vormaterials ist die Temperatur im Warmhalteofen. Diese soll nur wenig über der Liquidustemperatur der jeweiligen Legierung liegen, um bei Kontakt mit der Wandung des NRC-Stahlriegels spontan in den Semi-solid-Bereich abzukühlen. Dabei entstehen die erwähnten Erstarrungskeime, die das gesamte in den Tiegel dosierte Volumen

durchsetzen und bei gezielter weiterer Abkühlung in globulitischer Form wachsen. Überschreitet die Überhitzung im Warmhalteofen ein bestimmtes Limit, so bildet sich ein dendritisches Gefüge aus [13, 14]. Als Grund dafür gilt das Wiederaufschmelzen der Erstarrungskeime durch die nachfolgende überhitzte Schmelze und späteren Erstarrungsbeginn von den Tiegelwänden nach innen in gewohnter dendritischer Manier.

Wie gezeigt werden konnte [13, 14], sind jedoch die Verarbeitungsfenster einerseits im Warmhalteofen, andererseits im NRC-Tiegel relativ weit, so dass zumindest bei jenen Legierungen, die gut für die Semi-solid-Formgebung geeignet sind, mit stabilen Prozessverhältnissen zu rechnen ist.

Für die Verarbeitung von Aluminiumlegierungen steht am LKR bereits eine Pilotanlage, in der die gezielte Kühlung der Schmelzen in einem Karussell mit mehreren Kühlstationen erfolgt, um kurze Zykluszeiten und hohe Produktivität zu gewährleisten (Abb. 2).



Abb. 2: New Rheocasting Anlage, bestehend aus einer Ube HVSC 800 NRC Squeeze Casting Maschine mit Kühlstation und Becherreinigungsanlage für Abgussmengen bis 7,5 kg Aluminium

Im Hinblick auf die Wirtschaftlichkeit des Verfahrens gilt als größter Vorzug, dass im Warmhalteofen konventionelle Legierungen eingesetzt werden können. Dies trifft sowohl auf Aluminium- als auch auf Magnesiumlegierungen zu.

Im Hinblick auf die Wirtschaftlichkeit des Verfahrens gilt als größter Vorzug, dass im Warmhalteofen konventionelle Legierungen eingesetzt werden können.

Anforderungen an die NRC-Legierungen

An einer Vielzahl von Legierungen und Gussteilgeometrien wurden innerhalb von Kplus am LKR die wesentlichen metallkundlichen und technologischen Kriterien für hochwertigen NRC-Guss erarbeitet. Eine aktuelle Aufstellung enthält Tabelle 1.

Tabelle 1: Bisher in der NRC-Entwicklung am LKR betrachtete Legierungen und wirtschaftlich-technologische Untersuchungen

| Al-Legierungen | Mg-Legierungen | Begleitende Untersuchungen |
|------------------------------|------------------------------|--|
| AlSi7Mg | AZ91 | Energiebetrachtung |
| AlSi9Cu3 | AZ71 | Fügetechnik |
| AlSi5Cu2 | AM60 | Mg-Recycling |
| AlSi17Cu | AM60Sr | Prototypenfertigung |
| AlMg5Si2 | AE42 | Prototypenprüfung |
| AlSi1Mg | ZK60 | Werkstoffprüfung |
| Al-MMC (PRM) | | |
| Erforderliche Modifikationen | Erforderliche Modifikationen | Techn.-wirtschaftliche Gesamtbeurteilung |

Wie Tabelle 1 erkennen lässt, ist das NRC-Gießverfahren nicht auf Gusslegierungen beschränkt, sondern lässt sich auch auf Knetlegierungen anwenden, die ein großes Potenzial für höherfeste Bauteile in sich bergen. Die Tabelle weist auch Legierungen aus, die nicht nur wegen ihrer Duktilitätseigenschaften, sondern auch wegen der Verschleißbeständigkeit oder Warmfestigkeit betrachtet werden.

Die Eignung von Legierungen für thixotrope Formgebung ist in hohem Maße bestimmt durch die Möglichkeit einer genauen, homogenen und reproduzierbaren Einstellung des Fest-Flüssiganteils. In erster Linie wird dies bestimmt durch die Breite des Erstarrungsintervalls, d.h. der Temperaturabhängigkeit des Fest- bzw. Flüssiganteils. Generell kann festgestellt werden, dass eine geringe Temperaturabhängigkeit $S=df^S/dT$ von Vorteil ist. Da die Semi-solid-Umformung in der Regel mit einem Flüssiganteil zwischen 40% und 60% erfolgt, scheint es sinnvoll, als Bewertungsgröße das entsprechende Temperaturintervall, $\Delta T^{40/60}$, zu wählen.

Tabelle 2 zeigt für ausgewählte Al- und Mg-Legierungen, die in duktilen Bauteilen Anwendung finden könnten, einen Überblick über die verfügbare Breite des Erstarrungsintervalls:

Tabelle 2: Verfügbares Erstarrungsintervall von ausgewählten Leichtmetalllegierungen im praktisch relevanten Verarbeitungsbereich für Semi-solid-Formgebung

| Legierung | $\Delta T^{40/60}$ [°C] |
|----------------|-------------------------|
| AlSi7Mg | 17 |
| AlMg5Si2 | 20 |
| AlMgSi1 (6082) | 5 |
| AM60 | 13 |
| AZ91 | 22 |
| AZ71 | 18 |
| AE42 | 9 |

Praktische Versuche zeigen, dass Legierungen mit einem Erstarrungsintervall von etwa 15°C und mehr einfach und Legierungen mit weniger als 10°C schwer beherrschbar sind.

Das rheologische Verhalten eines Semi-solid-Materials ist in hohem Maße durch die morphologische Ausbildung der Festphase im Erstarrungsintervall bestimmt. Bei vorgegebenem Flüssiganteil, f^L , bzw. Festanteil, f^α , ist es zielführend, eine metallografische Beschreibung der Gefügeausbildung über die folgenden Parameter vorzunehmen: (i) Formfaktor der Festphase, F^α , (ii) Skelettbildungsgrad oder Kontiguität der Festphase, C^α , und (iii) Phasenbereichsgröße, D^α [15].

Der Formfaktor F^α beschreibt den Globulitisierungsgrad der Festphase und wird errechnet mit der Formel $F^\alpha = (S^{\alpha L})^2 / 4\pi A^\alpha$, wobei A^α die durchschnittliche Fläche von primärer fester Mg-Phase und $S^{\alpha L}$ die mittlere Länge der Fest-Flüssig-Phasengrenze beschreibt. Normalerweise gilt $F^\alpha > 1$, für den Grenzfall von absolut kugelförmigen Körnern wird $F^\alpha = 1$. Bei dendritischen Gefügen ist $F^\alpha > 3$ und Thixotropie kann nicht beobachtet werden. Mit $F^\alpha < 2$ sind die Anforderungen an die Kornform zur Erzielung thixotroper Eigenschaften erfüllt. Ganz allgemein gilt, dass sich die rheologischen Eigenschaften des Werkstoffs verbessern, wenn sich der Formfaktor der Größe 1 annähert.

Die bisherigen Untersuchungen lassen von besten Formgebungsbedingungen sprechen und für die Bauteile hohe Duktilität erwarten.

Die Kontiguität C^α beschreibt den Skelettbildungsgrad der α -Mg-Phase: $C^\alpha = 2S^{\alpha\alpha} / (2S^{\alpha\alpha} + S^{\alpha L})$, mit $S^{\alpha\alpha}$ als $\alpha\alpha$ -Korngrenze und $S^{\alpha L}$ als Phasengrenze zwischen α -Mg und der Flüssigphase. Üblicherweise ist $C^\alpha < 1$, jedoch bei vollständiger Agglomeration der Festphase gilt $C^\alpha \approx 1$. Sind alle α -Mg-Körner völlig separiert, wird C^α gleich 0. Die beiden Extremfälle für Kontiguität zeigen keine thixotropen Eigenschaften und erlauben keine Verarbeitung über Semi-solid-Formgebung.

Der Anteil zusammenhängender, duktiler α -Phase, der mit Hilfe des Gefügeparameters Kontiguitätswolumen $C^{\alpha f\alpha}$ quantifiziert werden kann, gilt als verarbeitungstechnisch günstig, wenn er innerhalb der Grenzen $0.1 \leq C^{\alpha f\alpha} \leq 0.3$ eingestellt werden kann [16]. Ist für ein Bauteil eine hohe Duktilität wünschenswert, so sollte das Kontiguitätswolumen während der Formfüllung gering (= niedrige Viskosität), im erstarrten Zustand aber hoch sein. Da die α -Phase in der Regel deutlich duktiler ist als die im Bauteil rasch erstarrte ehemalige Schmelzphase, ergibt sich die klare Forderung nach einem möglichst hohen Anteil zusammenhängender α -Phase, d.h. die Forderung nach einem hohen Kontiguitätswolumen $C^{\alpha f\alpha}$ im Bauteil. Eine homogene Formfüllung, d.h. die Vermeidung von Fest-Flüssig-Entmischung, die zu lokalem Verlust an α -Kontiguität führt, ist hier oberstes Gebot. Die Phasenbereichsgröße, D^α , d.h. die Größe der α -Festphasenkörner, ist mitbestimmend für die Viskosität der Fest-Flüssig-Suspension. Eine kleine Korngröße der α -Phase ist wünschenswert. Anzustreben ist eine Phasenbereichsgröße von $D^\alpha < 100 \mu\text{m}$.

Die bisherigen Untersuchungen von Legierungen im NRC-Verfahren weisen im Schnitt sowohl für Aluminium- als auch für Ma-

gnesiumlegierungen Korngrößen im Bereich von $80 \mu\text{m}$, Formfaktoren im Bereich von 1.2 sowie Kontiguitätswolumina von 0.15 aus, wenn die Teile mit einem Festanteil von 50 Prozent vergossen wurden. Man kann also von besten Formgebungsbedingungen sprechen und für die Bauteile hohe Duktilität erwarten.

New Rheocasting erlaubt die kostengünstige Fertigung von Leichtmetall-Gussteilen mit hoher Duktilität für den Einsatz in Sicherheitskomponenten im Automobilbau.

Gefügeausbildung und mechanische Eigenschaften

Durch die vergleichsweise langsame Formfüllung und aufgrund der ebenen Füllfront, die sich durch die erhöhte Viskosität der Suspension ergibt, gelingt es im New Rheocasting gasfreie und damit wärmebehandelbare und schweißbare Gussteile herzustellen. Damit können bei Al- und Mg-Legierungen die Eigenschaften nochmals in einem weiten Bereich beeinflusst werden. Vor allem bei Magnesiumlegierungen kann die Duktilität durch Erhöhung des Kontiguitätswolumens der duktilen α -Phase durch eine Lösungsglühung erhöht und die Dehnung beträchtlich gesteigert werden (Abb. 3a und b). In Aluminiumgusslegierungen verbessert sich die Dehnung durch Einförmigkeit der Si-Phase, während die α -Phase unberührt bleibt (Abb. 4a und b).

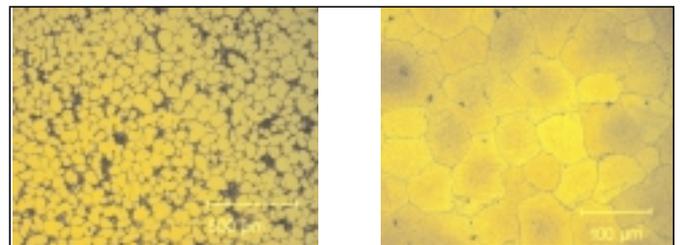


Abb. 3a und b: Lichtmikroskopische Aufnahme der Magnesiumlegierung AZ71 im Gusszustand (a) und nach Lösungsglühung (b) [17]

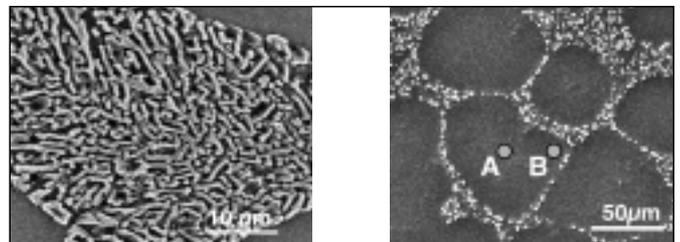


Abb. 4a und b: REM-Aufnahme der Aluminiumlegierung AlSi7Mg im T5 (a) und im T6-Zustand (b) [18]

Die Positionen A und B in Abb. 4b markieren Positionen innerhalb der α -Phase, die mit EDX auf Si- und Mg-Gehalte vermessen wurden. Position A weist 0,93% Si und 0,31% Mg auf, Position B 0,94% Si und 0,39% Mg. Die Lösungsglühung führte zu gleichmäßiger Elementverteilung. Auf die mechanischen Kennwerte im statischen Zugversuch wirkt sich die Wärmebehandlung wie folgt aus (Tabelle 3):

Tabelle 3: Typische Kennwerte von Leichtmetalllegierungen nach Verarbeitung im NRC-Verfahren

| Legierung | Rp _{0.2} [MPa] | Rm [MPa] | A [%] |
|------------|-------------------------|-----------|------------|
| AlSi7Mg T5 | 170 – 200 | 260 – 280 | 6 – 9 |
| AlSi7Mg T6 | 240 – 260 | 300 – 320 | 12 – 15 |
| AZ91 GZ | 110 – 140 | 180-240 | 2.5 – 5.5 |
| AZ91 T4 | 105 – 135 | 210 – 270 | 8.5 – 11.5 |
| AZ71 GZ | 105 – 135 | 190 – 205 | 4 – 6.5 |
| AZ71 T4 | 100 – 130 | 250 – 300 | 9 – 14 |

Die Werte für die Aluminiumlegierung AlSi7Mg entstammen aus einem querlenker-ähnlichen Versuchsteil (Abb. 5), während die Magnesiumdaten aus Stufenkeilen entnommen wurden. Allerdings wurde zu Versuchszwecken auch schon die Magnesiumlegierung AZ91 in eine Lenkerform vergossen.

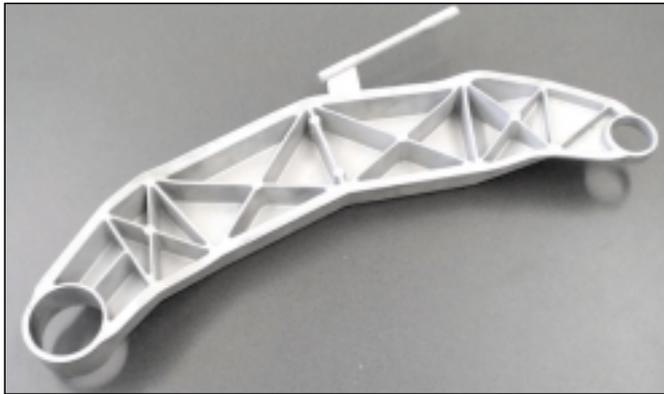


Abb. 5: Versuchsteil aus AlSi7Mg, Länge 550 mm, Gewicht 3 kg

Zusammenfassung und Ausblick

New Rheocasting erlaubt die kostengünstige Fertigung von Leichtmetall-Gussteilen mit hoher Duktilität für den Einsatz in Sicherheitskomponenten im Automobilbau. Während der Vakuumdruckguss großflächige und dünnwandige Teile aus dem Karosseriebereich fertigen lässt, eignet sich New Rheocasting für Teile mit Wandstärken größer 2 mm, die porenarm, wärmebehandelbar, und schweißbar sein sollen. In Frage kommen daher Fahrwerksteile, Lenkungs- und Bremskomponenten sowie Hydraulik- und Pneumatikteile. Gussknoten für Space-Frames, Armaturenräger oder Sitze und Ähnliches sind machbar, wenn die Geometrie verfahrensgerecht ausgelegt ist und ein günstiges Verhältnis von Fließlänge zu Wandstärke gewählt wird. Erhöhtes Potenzial gegenüber Konkurrenzverfahren kann New Rheocasting dann ausspielen, wenn Legierungsentwicklung zur Anpassung der Werkstoffe an die geforderten Bauteileigenschaften und Verfahrensbedingungen betrieben wird. Höherfeste Aluminium- und warmfeste Magnesiumlegierungen sind in Entwicklung.

Literatur

[1] G. Hirt, R. Cremer, T. Witulski, „Neuere Entwicklungen beim Thixogießen“, Gießerei 84, 1997, Nr. 11, 11–15.
 [2] R. Moschini, „Manufacture of automotive components by pressure diecasting in semi liquid state“, Die Casting World, October 1992, 72–76.
 [3] Chr. Ditzler, „Thixoforming – Aluminiumbauteile mit hoher Beanspruchbarkeit und komplexer Gestalt, Teil 1“, Aluminium, 71. Jg., 1995, 4, 432–435.

[4] J.-P. Gabathuler, H. Huber, Chr. Ditzler, „Thixoforming-Aluminiumbauteile mit hoher Beanspruchbarkeit und komplexer Gestalt, Teil 2“, Aluminium, 71. Jg., 1995, 5, 620–622.
 [5] M.C. Flemings, „Behavior of Metal Alloys in Semisolid State“, Met. Trans. A, Vol. 22A, 1991, 957–981.
 [6] M.O. Speidel, G.-C. Gullo, B. Bieri, P.J. Uggowitzer, „ThixoCasting und ThixoForging für Groß-Serien von endkonturnahen hochwertigen und preisgünstigen Bauteilen“, Tagungsband Bauteil 99: Werkstoffe und Verfahren im Wettbewerb, Mai 6-7, Berlin, DVM, 1999, 113–124.
 [7] G. Hirt, B. Nohn, U. Morjan, T. Witulski, „Thixogießen: Verfahrenstechnik und Werkstoffaspekte“, Gießerei-Praxis Nr. 2, 1999, 58–65.
 [8] J.N. Pennington, „Magnesium Thixotropic Casting going commercial“, Modern Metals, June 1992, 30–44.
 [9] H. Kaufmann, „Endabmessungsnahes Gießen: Ein Vergleich von Squeeze Casting und Thixocasting“, Gießerei 81, Nr. 11, 1994, 342–350.
 [10] M. Garat, L. Maenner, „Thixogießen – Erweiterung der Legierungsreihen und Anwendungen“, Gießerei 86 (1999), Nr. 5, 76–81.
 [11] K. Hall, H. Kaufmann, A. Mundl, „Detailed Processing and Cost Considerations for New Rheocasting of Light Metal Alloys“, Internationale Semi-Solid Processing-Konferenz, Turin, 27.–29. September 2000.
 [12] K. Hall, S. Grossart, A. Mundl, H. Kaufmann, „Energie- und Stoffstrombetrachtung als Basis für die Bewertung von Semi-solid-Gießverfahren“, Gießerei, (2001), (im Druck).
 [13] H. Wabusseg, H. Kaufmann, P.J. Uggowitzer, „Struktur und Eigenschaften von New Rheocasting – Bauteilen“, Gießerei 87, (2000), Nr. 3, 39–43.
 [14] H. Kaufmann, H. Wabusseg, P.J. Uggowitzer, „Metallurgical and Processing Aspects of the NRC Semi-Solid Casting Technology“, Aluminium, 76. Jg., (2000), 69–75.
 [15] H. Kaufmann, P.J. Uggowitzer, „New Rheocasting von Magnesium-Legierungen“, Magnesium-Taschenbuch, Aluminium-Verlag Düsseldorf 2000.
 [16] G.-C. Gullo, K. Steinhoff, P.J. Uggowitzer, „Metallurgical Aspects of Thixoforming of AlMgSi-wrought Alloys“, ICAA7, April 9–14, 2000, Charlottesville, Virginia.
 [17] H. Kaufmann, R. Potzinger, P.J. Uggowitzer, „The Relationship between Processing and Properties of New Rheocast AZ91 and AZ71 Magnesium Parts“, Light Metal Age, February 2001, 56–61.
 [18] H. Kaufmann, A. Mundl, P.J. Uggowitzer, „Wärmebehandlungsuntersuchungen an New Rheocasting-Versuchsteilen aus Al- und Mg-Legierungen“, Gießerei-Praxis, 1/01, 27–32.

Die Autoren danken der Technologie Impulse GmbH (TiG) und dem Land Oberösterreich für die Förderung der vorliegenden Arbeit im Rahmen des Kplus-Programms am LKR.

Helmut Kaufmann (helmut.kaufmann@arcs.ac.at) hat an der Montanuniversität Leoben studiert und dort 1992 auf dem Gebiet Werkstoffwissenschaften promoviert. Er verbrachte ein Forschungsjahr am MIT, war 5 Jahre bei der AMAG Forschungs- und Versuchsanstalt, zuletzt Hauptabteilungsleiter für Gießtechnologie, sowie 3 Jahre in Düsseldorf als Market Development Manager für UBE Europe GmbH. Seit 1997 leitet er das Leichtmetall-Kompetenzzentrum in Ranshofen.



Peter J. Uggowitzer (uggowitzer@met.mat.ethz.ch) arbeitet am Institut für Metallforschung der ETH Zürich.

Der Zug im Zug

Evaluierung der thermischen Situation in Reisezugwagen

Gabriel Haller, Martin Mann, arsenal research

Geschäftsfelder Fahrzeugversuchsanlage und Verkehrstechnologie

Um die Möglichkeiten zur Optimierung des thermischen Komforts in Schienenfahrzeugen mittels numerischer Simulation (CFD) aufzuzeigen, wurden der Innenraum eines ganzen Reisezugwagens in einem Rechenmodell „nachgebaut“ und ausgewählte Versuche berechnet [1].

Um Schienenfahrzeuge attraktiver zu machen, muss auch der Komfort für den Passagier verbessert werden. Dazu zählt auch der thermische Komfort in Fahrgastinnenräumen, der immer mehr zu einem wichtigen Qualitätskriterium geworden ist. Um gute thermische Verhältnisse in einem Reisezugwagen zu erreichen, ist es notwendig, sich schon in der Konstruktionsphase intensiv mit den Einflussfaktoren und deren Optimierung zu beschäftigen. Da hier noch kein Fahrzeug für Messungen zur Verfügung steht, werden im zunehmendem Maße Simulationsmethoden verwendet um Varianten zu optimieren bzw. zu bevorzugen oder auszuschneiden.

Die thermische Behaglichkeit und die Luftqualität werden durch das Zusammenwirken zahlreicher Parameter und Komponenten beeinflusst.

Thermische Behaglichkeit ist gegeben, wenn eine Person die Lufttemperatur, die Luftfeuchtigkeit, die Luftbewegung und die Wärmestrahlung in ihrer Umgebung als optimal empfindet und weder wärmere noch kältere, weder trockenere noch feuchtere Raumluft wünscht [2]. Die thermische Behaglichkeit und die Luftqualität werden durch das Zusammenwirken zahlreicher Parameter und Komponenten beeinflusst (Abb. 1).

Die Lufttemperatur, die Temperatur der Umschließungsflächen, die Luftgeschwindigkeit und die Luftfeuchtigkeit wirken in komplexer Weise auf den Wärmehaushalt des Menschen ein. Der Mensch ist nicht immer in der Lage festzustellen, welche der Einflussgrößen das thermische Unbehaglichkeitsgefühl ausgelöst hat. Daher ist nur durch Berücksichtigung aller Einflussfaktoren ein Zustand erreichbar, der von einem möglichst hohen Prozentsatz der in einem Raum befindlichen Personen als behaglich empfunden wird.

Weitere Einflussfaktoren für die Behaglichkeit allgemein bilden unter anderem [3, 4, 5, 6, 7]

- die Luftqualität (Konzentration der Schadstoffe, Staubgehalt, Gehalt an Mikroorganismen, Gase und Dämpfe, Gerüche, Ionengehalt, elektrische und elektrostatische Felder)

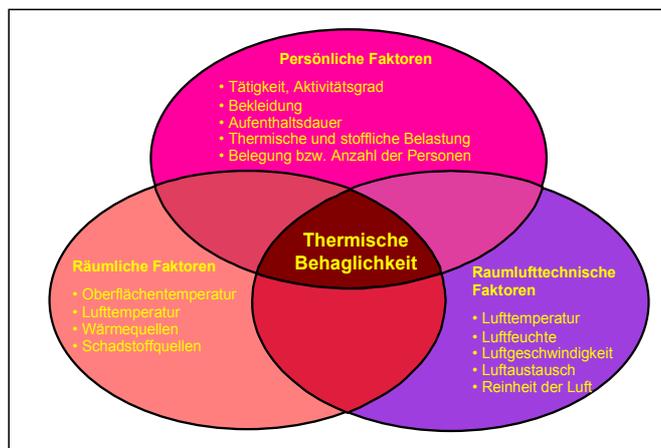


Abb. 1: Einflussfaktoren der thermischen Behaglichkeit

- radioaktive Strahlung
- Lärm
- Beleuchtung
- Farbe der Einrichtungsgegenstände

Diese Faktoren haben jedoch keinen direkten Einfluss auf das thermische Empfinden des Menschen [vgl. dazu z. B. 3, 4, 6, 17].

Komponenten der thermischen Behaglichkeit

Im Folgenden werden nur die wesentlichen physikalischen Komponenten der thermischen Behaglichkeit näher erläutert, da auf Aktivitätsgrad, Bekleidungswiderstand etc. in diesem Beitrag nicht näher eingegangen werden soll [vgl. 2, 7, 8, 14, 17].

Der gesunde menschliche Körper hat bekanntlich eine „Kerntemperatur“ von etwa 37°C, die er durch Regelmechanismen auch bei stark geänderten Umgebungsbedingungen weitgehend konstant hält. Der „Regler“ sitzt im Hypothalamus. Er versucht, ein Gleichgewicht zwischen Wärmeproduktion und Wärmeabgabe aufrechtzuerhalten. Vor allem durch Veränderung der Durchblutung peripherer Körperteile in Verbindung mit Schweißabgabe erfolgt äußerst effektiv der Wärmeaustausch mit der Umgebung. Zwei Umgebungstemperaturen haben einen wesentlichen Einfluss auf diesen Wärmeaustausch und damit auf die thermische Behaglichkeit des Menschen: die Lufttemperatur und die Temperatur der Umschließungsflächen.

Um thermische Neutralität, das heißt Behaglichkeit, für die größtmögliche Anzahl von Personen zu erreichen, darf die Lufttemperatur nur wenig schwanken. Da die Gleichmäßigkeit der Lufttemperatur entscheidend die Zufriedenheit mit den Umgebungsbedingungen beeinflusst, sind sowohl der horizontale als auch der vertikale Gradient der Lufttemperatur in den entsprechenden Regelwerken angegeben.

Um thermische Neutralität, das heißt Behaglichkeit, für die größtmögliche Anzahl von Personen zu erreichen, darf die Lufttemperatur nur wenig schwanken.

Besonders eine hohe vertikale Schichtung der Lufttemperatur bedingt hohes thermisches Unbehagen. Als Grenzen für die Schichtung der Raumlufttemperatur in Gebäuden sind als vertikaler Gradient 2 K pro Meter Raumhöhe angegeben [2]. Das höhenmäßige Gefälle der Raumlufttemperatur darf zwischen 1,1 und 0,1 Metern Höhe maximal 3 K betragen [8]. Für Reisezugwagen ist der Sollwert der Raumlufttemperatur in Abhängigkeit von der Außenlufttemperatur definiert, wie aus Abb. 2 ersichtlich.

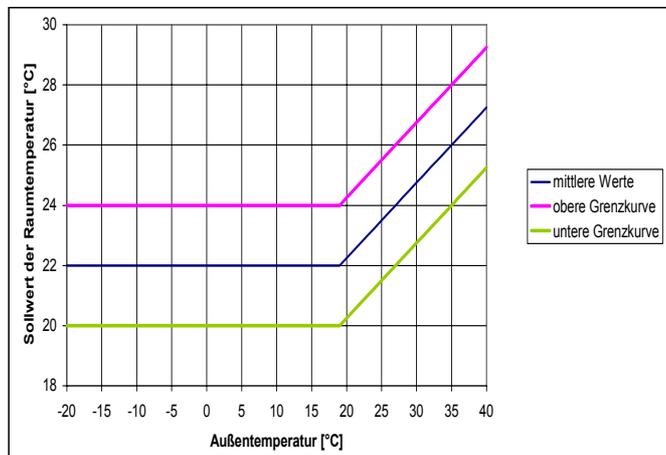


Abb. 2: Sollwerte der Raumlufttemperatur in Abhängigkeit von der Außenlufttemperatur [9]

Alle Körper befinden sich mit der Umgebung im thermischen Strahlungsaustausch, wenn sie unterschiedliche Temperaturen aufweisen. Daher stellt die Temperatur der Umschließungsflächen einen weiteren wichtigen Parameter der thermischen Behaglichkeit dar. Zur Beurteilung der Behaglichkeit dient die operative Raumtemperatur, die das Zusammenwirken von der Raumlufttemperatur und der Temperatur der Umschließungsflächen berücksichtigt. Die operative Raumtemperatur ist die gleichmäßige Temperatur einer schwarz strahlenden Raumumschließung, bei der der Mensch die gleiche Wärme-

menge für Strahlung und Konvektion abgibt wie bei der gegebenen nicht gleichförmigen Umgebung [4, 15]. Die Wirkung der Luftbewegung ist hierbei jedoch nicht vollständig berücksichtigt. Die operative Raumtemperatur wird nach folgender Näherungsgleichung ermittelt [2]:

Gl. 1

$$t_{\text{öo}} = 0,5 \cdot (t_{\text{öL}} + t_{\text{ör}})$$

wobei

$$t_{\text{ör}} = \sum_{k=1}^n \varphi_k \cdot t_k$$

und

$$\varphi_k = \frac{1}{8} - \frac{1}{4 \cdot \pi} \cdot \arctan \left[\frac{h_k \cdot \sqrt{a_k^2 + b_k^2 + h_k^2}}{a_k \cdot b_k} \right]$$

| | |
|----------------------|--|
| $t_{\text{öo}}$ | örtliche operative Temperatur [°C] |
| $t_{\text{öL}}$ | örtliche Lufttemperatur [°C] |
| $t_{\text{ör}}$ | örtliche Strahlungstemperatur [°C] |
| φ_k | Einstrahlzahl |
| t_k | Temperatur der Fläche k [°C] |
| a_k, b_k | Abmessungen der betrachteten ebenen Fläche [m] |
| h_k | Normalabstand zur betrachteten Fläche [m] |

Die örtliche Strahlungstemperatur wird über die Summe der so genannten Einstrahlzahlen und der jeweiligen Oberflächentemperaturen ermittelt. Die Einstrahlzahl ist eine dimensionslose Größe und beschreibt den jeweiligen Anteil der ausgesandten Strahlung einer Fläche, der die betrachtete Gegenfläche trifft. Die Methode zur Ermittlung der Einstrahlzahlen wird in der Literatur beschrieben [2, 7].

Bereiche für die operative Raumtemperatur für Gebäude sind aus [2] ersichtlich. Gemessen wird die operative Raumtemperatur mit einem Globusthermometer [11].

Bei einem zu großen Temperaturunterschied von Raumluft- und Wandtemperatur ist kein Bereich der thermischen Behaglichkeit möglich. In verschiedenen Untersuchungen wurde der Einfluss zu warmer beziehungsweise zu kalter Decken, Fußböden und Wände untersucht. Der unbehaglichste Zustand wird durch eine zu warme Decke verursacht [6, 17].

In Schienenfahrzeugen kommt eine Person stärker mit den Umschließungsflächen in Berührung als in geschlossenen Räumen von Gebäuden. Aufgrund der konstruktiven Gegebenheiten sind aber in Schienenfahrzeugen die Grenzen der Wandtemperaturen und der Temperaturdifferenz zwischen Raumluft- und Wandtemperatur großzügiger gesetzt.

Eine einseitige Erwärmung oder Abkühlung des Menschen durch uneinheitliche Raumluft- oder Umgebungsfächentemperaturen führt zu so genannten Strahlungstemperatur-Assymmetrien und kann thermische Unbehaglichkeit verursachen. Entsprechende gesetzliche Regelungen sind zur Zeit nur für Gebäude vorhanden [2, 6].

Die Luftgeschwindigkeit ist eine weitere wichtige raumklimatische Einflussgröße. Eine gewisse Luftbewegung ist immer notwendig,

da der Großteil des Wärmetransports über Wärmeleitung der Luft und Konvektion stattfindet. Insbesondere wird das Wohlbefinden dann gestört, wenn die Temperatur der bewegten Luft eine geringere Temperatur als die Raumluft hat. Weiters spielen eine große Rolle:

- die Anströmrichtung
- die örtliche Anströmung des Menschen (Anströmung empfindlicher Körperteile, z.B. Nacken)
- der Turbulenzgrad

Die so genannte Zugluft stellt die häufigste Ursache der Unzufriedenheit mit raumluftechnischen Anlagen dar. Neben dem vorhin erwähnten konvektiven Zug durch kalte Raumluft ist auch der Strahlungszug zu berücksichtigen, der durch Strahlungswärmeabgabe an kalte Umschließungsflächen entsteht.

Der Turbulenzgrad beschreibt die Schwankungen um die mittlere Luftgeschwindigkeit. Er ist folgendermaßen definiert [2]:

Gl. 2

$$tu = \frac{s_v}{\bar{v}_L} \cdot 100$$

wobei

$$\bar{v}_L = \frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^n v_{iL}$$

und

$$s_v = \sqrt{\frac{1}{n-1} \cdot \sum_{i=1}^n (v_{iL} - \bar{v}_L)^2}$$

v_{iL} Momentanwert der Luftgeschwindigkeit [m/s]
 tu Turbulenzgrad [%]
 s_v Standardabweichung der Momentanwerte der Luftgeschwindigkeit
 \bar{v}_L mittlere Luftgeschwindigkeit [m/s]

Die Grenzkurven für die zulässige mittlere Luftgeschwindigkeit für Bauwerke [6] sind in Abb. 3 für verschiedene Turbulenzgrade in Abhängigkeit von der örtlichen Lufttemperatur gegenübergestellt. Der Grenzkurve der zulässigen mittleren Luftgeschwin-

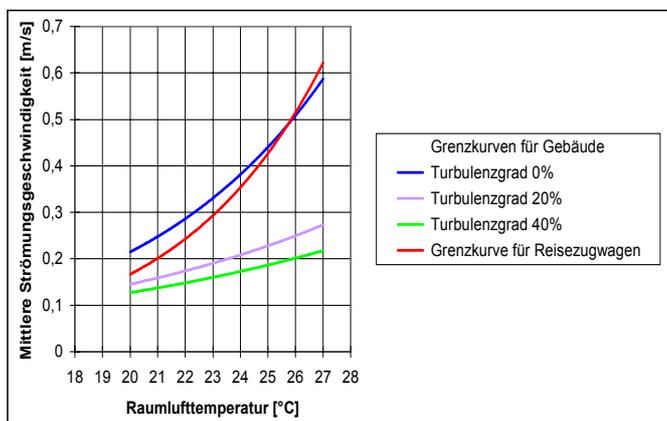


Abb. 3: Gegenüberstellung der mittleren Luftgeschwindigkeiten in Abhängigkeit von der Raumlufteperatur für Gebäude und für Reisezugwagen [16]

digkeit für Reisezugwagen in Abb. 3 ist kein Turbulenzgrad zugeordnet [10].

Gerade bei geringen Luftgeschwindigkeiten (0,1 – 0,2 m/s) ist die Anzahl Unzufriedener relativ hoch, falls große Luftgeschwindigkeitsschwankungen festgestellt werden.

Um eine Bewertungsmöglichkeit zu haben, die es erlaubt, Angaben über die Beeinflussung durch Zugluft zu machen, wurde die so genannte Zugzahl entwickelt. Sie gibt den Prozentsatz der Personen an, die sich durch Zugluft belästigt fühlen [6, 8, 14, 15, 17].

Gl. 3

$$dr = (34 - t_{LB}) \cdot (v_L - 0,05)^{0,62} \cdot (0,37 \cdot v_L \cdot tu + 3,14)$$

dr Zugzahl [%]
 t_{LB} Lufttemperatur (im Bereich $19 < t_a < 27^\circ\text{C}$) [°C]
 v_L Luftgeschwindigkeit [m/s]
 tu Turbulenzgrad [%]

Die Grenzkurven für Gebäude gelten für eine Zugzahl $dr = 15\%$.

Relative Feuchte der Luft

Da ein Teil der Wärmeabgabe des Menschen durch Verdunstung an der Hautoberfläche erfolgt, hat auch die Luftfeuchtigkeit Auswirkungen auf die Behaglichkeit, weil die Stärke der Verdunstung vom Dampfdruckunterschied des Wassers an der Hautoberfläche und dem des Wasserdampfes in der Luft abhängt. Da bei üblichen Raumtemperaturen und Tätigkeiten der Anteil der feuchten Wärmeabgabe gering ist [4], und außerdem der Mensch über kein Sinnesorgan verfügt, das die Luftfeuchtigkeit unmittelbar wahrnehmen kann, sind die Grenzen der Luftfeuchtigkeit, in denen man sich noch behaglich fühlt, nicht so eng. Eine untere Grenze ist durch die Gefahr gegeben, dass bei zu niedriger Luftfeuchtigkeit ein Austrocknen der Schleimhäute und der Atemwege stattfinden kann. Die obere Grenze der zulässigen Luftfeuchtigkeit ist dadurch gegeben, dass mit zunehmender Feuchte die Wärmeabgabe des Menschen durch Verdunstung an der Hautoberfläche behindert ist, ja sogar gänzlich unterbunden werden kann. Der zulässige Bereich der relativen Luftfeuchtigkeit für Gebäude liegt zwischen 30 und 65 Prozent [2].

Bei einem zu großen Temperaturunterschied von Raumlufte- und Wandtemperatur ist kein Bereich der thermischen Behaglichkeit möglich.

In den Normen für Reisezugwagen ist der Bereich der zulässigen Luftfeuchtigkeit ähnlich definiert [9, 10]. Aufgrund der derzeitigen Klimakonzepte ist eine Befeuchtung in Reisezugwagen aus hygienischen bzw. wartungstechnischen Gründen nicht

vorgesehen, daher ist hier keine untere Grenze für die relative Feuchte der Luft definiert.

Frischlufthmenge

Die bewegte Luft in einem Raum hat die Aufgabe des Stoff- und Energietransports. Über sie erfolgt die Erwärmung bzw. Klimatisierung der Raumluft und die Abfuhr der luftgetragenen Stör- und Schadstoffe.

Bei Schienenfahrzeugen liegt aufgrund der beschränkten Wärmedämmungsmöglichkeiten der Umschließungsflächen die Hauptaufgabe der zugeführten Luft im Temperieren der Raumluft durch Zufuhr warmer Luft im Heizbetrieb bzw. kalter Luft im Kühlbetrieb. Die Temperatur der zugeführten Luft ist jedoch beschränkt, sie darf im Heizbetrieb maximal 35°C (60°C direkt an den Einlassöffnungen), im Kühlbetrieb minimal 10°C (5°C direkt an den Einlassöffnungen) betragen [9]. Weiters ist eine Frischluftzufuhr sowohl in Reisezugwagen als auch in Gebäuden notwendig, um Kohlendioxid- und Schadstoffkonzentrationen in der Raumluft nicht zu überschreiten und um unangenehme Gerüche zu vermeiden.

**Die so genannte Zugluft
stellt die häufigste Ursache
der Unzufriedenheit mit
raumlufttechnischen Anlagen dar.**

Die Kennzeichnung des Luftwechsels im Raum erfolgt durch die Angabe des Luftwechselkoeffizienten, der das Verhältnis von stündlich umgewälztem Luftvolumen zum Raumvolumen angibt. Der Luftwechselkoeffizient sollte 3 bis 10 h⁻¹ betragen [13]. Große Luftwechselkoeffizienten stehen im Widerspruch zu einem möglichst zugfreien Aufenthaltsbereich.

Strömungssimulation

Die in den letzten Jahren im Bereich der Aerodynamik und Analyse von strömungstechnischen Bauteilen zunehmend zur Anwendung kommende Technologie der numerischen Strömungssimulation (CFD, Computational Fluid Dynamics) bietet sich auch als Werkzeug zur Untersuchung und Optimierung von Raumluftströmungen an. Doch gerade bei Raumluftströmungen, die einerseits gekennzeichnet sind durch geringe Strömungsgeschwindigkeiten (< 1m/s) und starke thermische Auftriebseffekte, andererseits durch stark unterschiedliche geometrische Längenmaßstäbe (Einblasdüsen mit kleinen geometrischen Details versus Raumdurchmesser) ergeben sich spezielle numerische und physikalische Rahmenbedingungen [18]. Dies erfordert die Entwicklung anwendungsspezifischen Know-hows und effizienter Methoden, um in weiterer Folge den industriellen Einsatz zu ermöglichen. Im vorgestellten Pro-

jekt werden Simulationsergebnisse und Messdaten zweier essenzieller Komfortparameter – Temperatur und Strömungsgeschwindigkeit – an einem Teilmodell eines Großraumwaggons gegenübergestellt. Die vorläufige Beschränkung auf eine geringere Anzahl von Komfortparametern und ein vereinfachtes Modell ermöglicht eine rasche und grundlegende Beurteilung der grundsätzlichen Einsatzmöglichkeiten von CFD für die Komfortanalyse.

Versuchsaufbau

Als Versuchsplattform wird ein Mockup (Abb. 4) in tatsächlicher Größe verwendet, das einen ca. 4 Meter langen Abschnitt eines Eisenbahnwaggons darstellt. Die mechanische Struktur und der Wandaufbau entsprechen einem realen Waggon. Der Testabschnitt enthält 8 Sitze in 2er-Gruppen und ein Fenster auf jeder Seite (dunkles Fenster in Bild 1). Stirnseitig sind Trennwände eingezogen und abgedichtet.

Zur Klimatisierung ist ein Heiz- und Klimagerät im vorderen Bereich montiert. Der Luftstrom wird von dort über flexible Schläuche in die Bodensimse des Wagens geleitet. Von dort werden pro Wagenseite jeweils 2 horizontale und ein vertikaler Einlassschlitz angespeist. Der vertikale einblasende Schlitz (26 x 645 mm) am Fenstersims erzeugt einen flachen, an der Scheibe anliegenden Strahl, während die in Bodennähe platzierten Einlässe weitgehend horizontal einblasen. Alle Einlässe sind mit Gittern zur Gleichrichtung der Strömung ausgestattet. Das definierte Abströmen der Luft erfolgt über zwei stirnseitig gelegene Öffnungen nahe der Decke (Abb. 5).

Simulationsmethode

Die Aufgabe besteht darin, die strömungstechnischen Erhaltungsgleichungen für Masse, Impuls und Energie zu lösen. Diese kontinuumsmechanischen partiellen Differentialgleichungen können nur numerisch gelöst werden, indem sie diskretisiert werden, d.h. mit Hilfe eines Berechnungsnetzes durch ein System algebraischer Gleichungen angenähert werden. Dazu kommen überwiegend Finite-Volumen-Methoden zur Anwendung [19, 20]. Der durchströmte Raum wird in eine Anzahl diskreter Elemente (Zellen, Kontrollvolumen) aufgeteilt. Nun werden die Differentialquotienten der Erhaltungsgleichungen über diese Zellen integriert und somit Bilanzgleichungen für alle Zellen erzeugt. Diese Gleichungen werden zu einem algebraischen Gleichungssystem zusammengesetzt und iterativ gelöst. Bei Konvergenz des Gleichungssystems und ausreichender



Abb. 4: Mockup

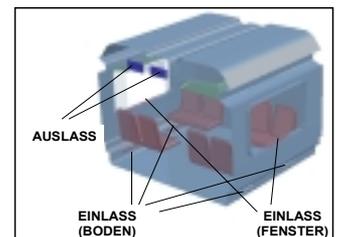


Abb. 5: Randbedingungen

Feinheit des Berechnungsnetzes strebt die numerische Lösung der exakten Lösung der Erhaltungsgleichungen zu. Somit wird auch die Bedeutung der Qualität des Berechnungsnetzes evident. Da die Anzahl der Zellen annähernd linear in Rechenzeit und Speicherbedarf eingeht, ist man bestrebt, einen sinnvollen Kompromiss zwischen Genauigkeit und Rechenaufwand zu finden. Die Ermittlung einer praktikablen Netzaufösung ist eine der wesentlichen Aufgabenstellungen der vorliegenden Untersuchung.

CFD-Modell

Für das gesamte Projekt wird das Softwarepaket Fluent V5.3 verwendet. Verschiedene Netzaufösungen und Topologien kommen zum Einsatz. Das kleinste Netz besteht aus ca. 191.000 Hexaeder-Zellen, weiters werden zwei Netze mit 722.000 Tetraeder-Zellen bzw. 765.000 Hexaeder-Zellen verwendet. Das größte Netz besteht aus 1,300.000 Tetraedern. Tetraedernetze erlauben grundsätzlich ein größeres Maß an geometrischer Flexibilität bei deren Erstellung, für vergleichbare Ergebnisse ist allerdings eine höhere Auflösung als bei Hexaedernetzen erforderlich. Die starken Geschwindigkeitsgradienten im Bereich der Einblasdüsen müssen ausreichend aufgelöst werden, wodurch in diesem Bereich für alle Netze eine lokale Gitterverfeinerung erforderlich wird.

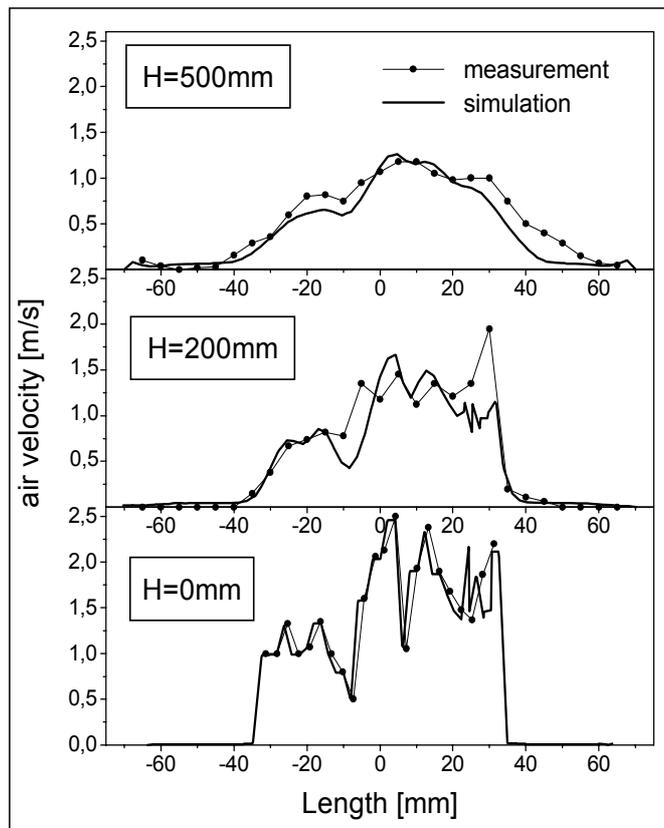


Abb. 6: Geschwindigkeitsprofile 0 mm, 200 mm und 500 mm über dem Fensterauslass

In der Praxis erweist es sich als sehr schwierig, an allen Einlässen gleiche Einströmungsgeschwindigkeiten sicherzustellen.

Diese Ungleichförmigkeiten haben auch einen starken Einfluss auf das erzeugte Strömungsfeld. Daher wird die genaue Geschwindigkeitsverteilung an den Einlassdüsen aus Messungen am Mockup ermittelt. Abb. 6 zeigt eine Gegenüberstellung der gemessenen und errechneten Geschwindigkeitsprofile an den vertikalen Fenstereinlässen. Dabei sind verschiedene Ebenen zur Veranschaulichung der Strahlausbreitung dargestellt. Es zeigt sich eine sehr gute Übereinstimmung zwischen Messung und Rechnung. Klar erkennbar wird die sehr ungleichförmige Geschwindigkeitsverteilung direkt am Auslass ($H=0\text{mm}$), die durch das Kanalsystem hervorgerufen wird.

Die Aufgabe besteht darin, die strömungstechnischen Erhaltungsgleichungen für Masse, Impuls und Energie zu lösen.

Netzvergleich

Um die Unterschiede der verschiedenen Netztopologien und Netzarten herauszufinden, werden mit diesen Rechenläufe mit identischen Randbedingungen durchgeführt. Die Außentemperatur wird mit -20°C spezifiziert, die Einblastemperatur beträgt 44°C bei einem Volumenstrom von $130\text{ m}^3/\text{h}$. Um eine starke Temperaturschichtung zu provozieren, werden nur die Fenstereinlässe aktiviert. Zuerst wird der Versuch unternommen, eine stationäre Lösung zu erzielen. Allerdings verhält sich das Strömungsfeld aufgrund der moderaten Reynoldszahlen und der Auftriebseffekte niemals vollständig stationär. Lokal schwingende Wirbelstrukturen mit geringen Geschwindigkeiten unter $0,1\text{ m/s}$ spielen aber für das gesamte Strömungsgeschehen und den Temperaturverlauf nur eine untergeordnete Rolle. Daher wird im Weiteren die Erreichung eines repräsentativen, quasi-stationären Lösungszustandes als ausreichend erachtet.

In Abb. 7 sind die Simulationsergebnisse anhand von Temperatur- und Geschwindigkeitsprofilen für die verschiedenen Netzausführungen dargestellt. Die Temperaturprofile (Abb. 7, links) zeigen grundsätzlich ein ähnliches Verhalten – die Unterschiede liegen in einem Bereich von ca. $1,5^{\circ}\text{C}$. Qualitativ wird von allen die Temperaturschichtung über die Raumhöhe ähnlich wiedergegeben.

Für die Geschwindigkeitsprofile ergibt sich eine ähnliche Tendenz. Alle Profile sind grundsätzlich ähnlich, wobei in der Wagenmitte aufgrund der fortdauernden Fluktuationen naturgemäß Unterschiede auftreten. Die Beträge der Geschwindigkeit sind hier aber durchaus vergleichbar. Deutlich zu erkennen sind die Geschwindigkeitsspitzen an den Fenstereinlässen. Durch die klar definierte Einblasung wird hier auch das Strömungsfeld eindeutig festgelegt.

Aus Abb. 7 geht deutlich hervor, dass bei Hexaedernetzen mit

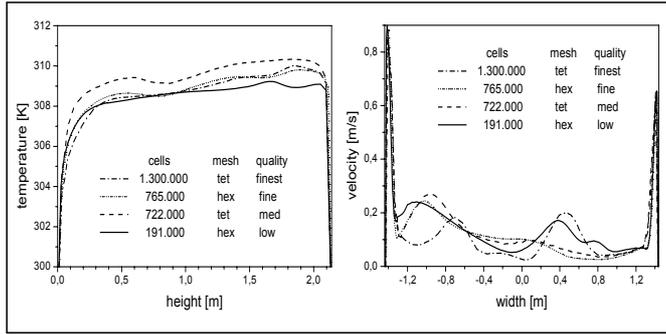


Abb. 7: Vertikales Temperaturprofil (in Abteilmitte) und horizontales Geschwindigkeitsprofil (1,1 m über dem Boden) für verschiedene Berechnungsnetze

vergleichsweise weniger Berechnungszellen das Auslangen gefunden werden kann. Selbst das kleinste Netz mit nur 190.000 Zellen zeigt keine wesentlichen Unterschiede auf. Weitere Untersuchungen mit unterschiedlichen Turbulenzmodellen ($k-\epsilon$, RNG- $k-\epsilon$) und verschiedenen Arten der Auftriebstermmodellierung (ideales Gas, Boussinesq) führen zu ähnlichen Resultaten wie beim oben gezeigten Netzvergleich [21].

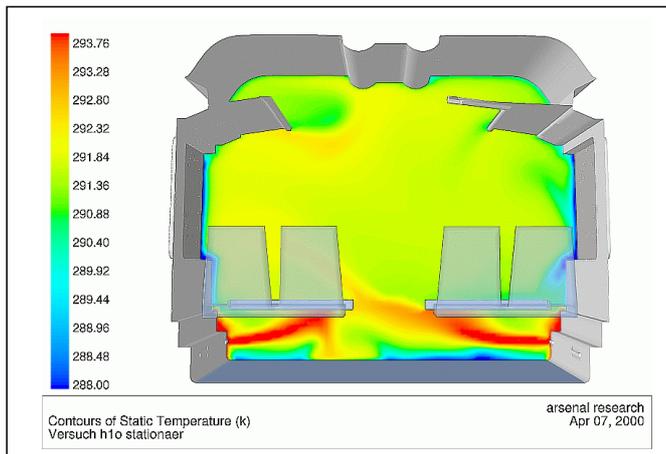


Abb. 8: Temperaturverteilung in einer vertikalen Ebene durch die hinteren Sitze, Außentemperatur 9°C, Einblasung 24°C, Volumenstrom 240 m³/h durch alle Einlässe

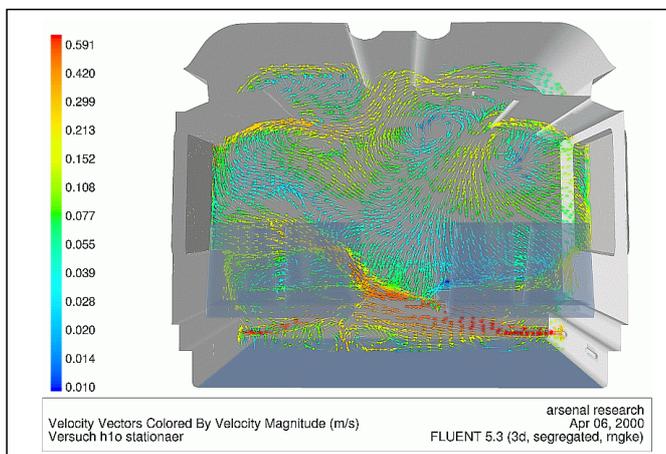


Abb. 9: Geschwindigkeitsfeld in einer vertikalen Ebene durch die hinteren Sitze, Außentemperatur 9°C, Einblasung 24°C, Volumenstrom 240 m³/h durch alle Einlässe

Simulationsergebnisse

Um verschiedene klimatische Randbedingungen zu untersuchen, werden mit dem Netz mit 765.000 Hexaederzellen weitere Rechenläufe durchgeführt. Abb. 8 und 9 veranschaulichen den Temperatur- und Geschwindigkeitsverlauf eines typischen Berechnungsfalles.

Die sehr ungleichmäßige Aufteilung der Volumenströme auf die verschiedenen Einlassdüsen (rechte Wagenseite stark bevorzugt) resultiert in einem stark asymmetrischen Strömungsbild. Der untere Strahl von der rechten Seite drängt den linksseitigen Strahl zurück und führt zu erhöhten Zegerscheinungen im Bereich der Sitze links vom Gang. Ein einfach zu beschreibendes Strömungsfeld ist nicht zu erkennen – vielmehr treten unterschiedlichste völlig dreidimensionale Walzen auf. Dies untermauert die Wichtigkeit der korrekten Berücksichtigung der tatsächlichen Einlassrandbedingungen.

In Abb. 8 ist das Abfließen kalter Luft entlang der Fenster deutlich zu erkennen. Gleichzeitig ergibt sich eine warme Zone im Fußbereich, die zusätzlich durch die warmen Kanalwände der Bodensimse verstärkt wird. In weiten Bereichen des Fahrgastraumes stellt sich allerdings eine Temperatur ein, die nur innerhalb einer schmalen Bandbreite variiert (~ 17 bis 19°C). Dies ist durch die kräftigen Einlassstrahlen und die damit verbundene gute Durchmischung bedingt.

Vergleich mit Messwerten

Eine große Anzahl unterschiedlicher Randbedingungen sowohl im Heiz- als auch im Kühlfall wird gemessen und mit den Simulationsdaten verglichen. Einige repräsentative Fälle sind in Tabelle 1 aufgezählt.

Die Temperatur wird jeweils an 5 bis 7 Messstellen entlang von vertikalen Linien an verschiedenen Positionen des Abteils aufgenommen. Zusätzlich wird der Volumenstrom an den einzelnen Einlässen erhoben. Sowohl für das Experiment (auch hier stellt sich naturgemäß kein absolut stationärer Zustand ein) als auch bei der Simulation wird ein quasi-stationärer Zustand angefahren.

Einige der aufgenommenen Temperaturprofile sind in den Abb. 10 und 11 den Simulationsergebnissen gegenübergestellt.

Tabelle 1: Gemessene Heiz- und Kühlfälle (Auszug)

| Fall | Einlass | | Einlass-temp. [°C] | Umgebungs-temp. [°C] |
|------|---------|---------|--------------------|----------------------|
| | Boden | Fenster | | |
| H4 | ein | aus | 29,5 | -15,1 |
| H5 | aus | ein | 37,4 | -15,2 |
| C1 | aus | ein | 15,2 | 25,7 |
| C3 | ein | ein | 9,3 | 28,7 |

Die gute qualitative Übereinstimmung der gemessenen mit den errechneten Temperaturprofilen ist offensichtlich. Die Form der Profile und die Temperaturdifferenz zwischen Boden und Decke wird von der Simulation sehr gut wiedergegeben. Die Messda-

ten sehen im Allgemeinen etwas glatter aus, da hier bereits eine zeitliche Mittlung erfolgt ist. In allen Fällen wird das Auftreten bzw. die Absenz einer vertikalen Temperaturschichtung korrekt reproduziert.

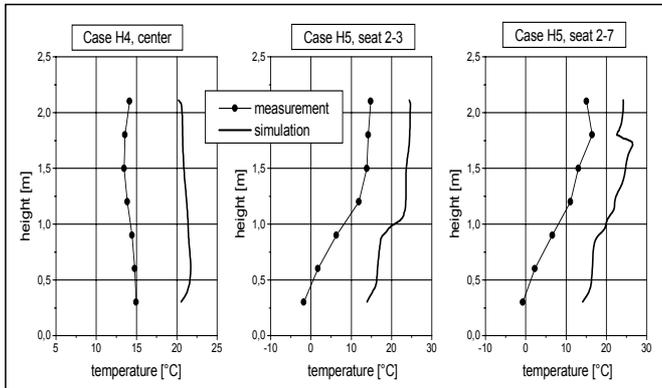


Abb. 10: Temperaturprofile, Heizfälle

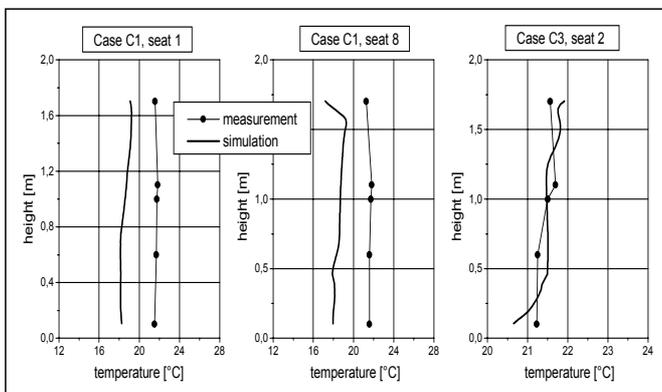


Abb. 11: Temperaturprofile, Kühlfälle

Im Gegensatz dazu zeigt der quantitative Vergleich eine weniger zufrieden stellende Übereinstimmung. Speziell bei den Heizfällen treten zum Teil große Unterschiede bei den errechneten Temperaturniveaus auf, beim Kühlen sind die Abweichungen etwas geringer. Allerdings zeigt sich, dass beim Heizen die simulierte Temperatur immer über den Messwerten liegt, im Kühlfall ist es umgekehrt.

Als größtes praktisches Problem erweist sich die genaue Definition der Randbedingungen.

Dies lässt den Schluss zu, dass die Energiebilanz des Gesamtsystems nicht erfüllt ist. Eine genaue Überprüfung der konvektiven Wärmeströme und des Konvergenzgrades des Gleichungssystems lässt als einzige Fehlerquelle die Wandwärmeströme zu. Die Problematik unpräzise definierter Randbedingungen im Zusammenhang mit der Simulation von Wandwärmeeübergängen ist aus der Literatur hinreichend bekannt [22]. Vernachlässigte Details wie Strukturelemente, die zu Kälte-

brücken führen, oder geringfügige Diskrepanzen in der Art des Wandaufbaus können die Berechnung des Wärmeüberganges empfindlich beeinflussen.

Eine andere Fehlerquelle besteht in der Wahl des Turbulenzmodells und der Wandfunktionen, die letztendlich für den korrekten Wärmeübergang maßgeblich sind. In der vorliegenden Untersuchung zeigt sich allerdings, dass unter den gegebenen Randbedingungen der Einfluss des gewählten numerischen Modells nur gering ist. Eine endgültige Klärung dieser Fragen steht noch aus.

Zusammenfassung

Die vorliegende Untersuchung beweist, dass CFD als Werkzeug zur Unterstützung des Design- und Entwicklungsprozesses von Heizungs- und Klimatisierungskonzepten in Schienenfahrzeugen wertvolle Dienste leisten kann. Die von der numerischen Simulation qualitativ korrekt reproduzierten Temperaturverläufe weisen darauf hin, dass die wesentlichen physikalischen Effekte richtig modelliert sind.

In weiterer Folge sind noch zusätzliche physikalische Modelle hinzuzuziehen. Allen voran wäre hier die Simulation von Sonneneinstrahlung und der Luftfeuchtigkeit zu nennen.

Da auch Berechnungsnetze mit weit weniger als 1 Million Zellen sinnvolle Ergebnisse liefern, scheint die Simulation kompletter Waggons mit über 50 Sitzen in greifbare Nähe gerückt. Dies erfordert jedoch eine intelligente Strategie bei der Erstellung der Netze – z.B. die Anwendung lokaler Gitterverfeinerung im Bereich der Einlassdüsen und weitgehenden Einsatz von Hexaederzellen.

Als größtes praktisches Problem erweist sich die genaue Definition der Randbedingungen. Einerseits ist es von größter Bedeutung, den Wandaufbau und dessen Isolationsverhalten exakt zu berücksichtigen. Andererseits ist die genaue Kenntnis der Zuströmbedingungen und die Aufteilung der Volumenströme auf verschiedene Einlassdüsen wesentlich für den Erfolg der Simulation. Da normalerweise keine Messdaten – geschweige denn Geschwindigkeitsprofile – zur Verfügung stehen, empfiehlt sich hier eine vorhergehende Simulation des Kanalsystems und der Belüftungsdüsen. Diese Simulationsergebnisse können dann als Randbedingung für die Innenraumsimulation herangezogen werden.

Das Problem von schlecht konvergierenden Gleichungssystemen – hervorgerufen durch die instationäre Charakteristik des Systems – lässt sich für praktische Anwendungen durch das Errei-

THERMISCHER KOMFORT

chen eines quasi-stationären Zustandes entschärfen. Diskrepanzen bei den absolut errechneten Temperaturniveaus ist noch auf den Grund zu gehen.

In weiterer Folge sind noch zusätzliche physikalische Modelle hinzuzuziehen. Allen voran wäre hier die Simulation von Sonneneinstrahlung und der Luftfeuchtigkeit zu nennen. Wie eingangs erläutert, setzt sich der subjektive Komfort aus einer Vielzahl von Parametern zusammen. Somit gilt es, nicht nur diese physikalisch messbaren Größen zu simulieren, sondern diese auch entsprechend den Komfortgleichungen zu verknüpfen, um subjektive Bewertungen zu ermöglichen. Die hier gezeigte Simulation der Temperatur- und Geschwindigkeitsverteilung stellt einen wesentlichen Schritt in Richtung einer umfassenden Komfortsimulation dar.

Literatur

- [1] *D. Bencsics-Kamptner, O. Bucek, G. Haller, M. Haigis, M. Mann, U. Sorghalla*: Evaluierung der thermischen Situation in Reisezugwagen. Forschungsauftrag des Bundesministeriums für Verkehr, Innovation und Technologie (BMVIT), Wien, März 2000
- [2] DIN 1946 Teil 2: Raumluftechnik. Gesundheitstechnische Anforderungen, 1994
- [3] Arbeitskreis der Dozenten für Klimatechnik: Handbuch der Klimatechnik. Band 1: Grundlagen, Verlag C. F. Müller, Karlsruhe 1989
- [4] *Recknagel, Sprenger, Schramek*: Taschenbuch für Heizung und Klimatechnik, 68. Auflage, Verlag R. Oldenburg, München/Wien 1997
- [5] *Ihle, C.*: Klimatechnik mit Kältetechnik, 3. Auflage, Verlag Werner, Düsseldorf 1996
- [6] CR 1752: Ventilation for buildings – Design criteria for the indoor environment, CEN, Brüssel 1998
- [7] *Fanger, P. O.*: Thermal Comfort, Reprinted, R. Krieger Publishing Company, Malabar 1982
- [8] ISO 7730: Gemäßigtes Umgebungsklima: Ermittlung des PMV und des PPD und Beschreibung der Bedingungen für thermische Behaglichkeit, 1995
- [9] UIC Kodex 553: Lüftung, Heizung und Klimatisierung der Reisezugwagen, Internationaler Eisenbahnverband 1990
- [10] CEN prEn 13129-1: Bahnanwendungen — Luftbehandlung in Schienenfahrzeugen des Fernverkehrs – Teil 1: Behaglichkeitsparameter, Februar 1998
- [11] ISO 7726: Thermal environments – Instruments and methods for measuring physical quantities, 1985
- [12] *Plank, R. (Hg.)*: Handbuch der Kältetechnik, Bd. 1, Springer Verlag, Berlin/Göttingen/Heidelberg 1954
- [13] *Apelt, F.*: Rechnerische Bewertung thermischer Behaglichkeit in Reisezugwagen, bvfa arsenal / Hochschule für Verkehrswesen, Wien 1992
- [14] *Innova (Hg.)*: Thermal Comfort, Bruel & Kjaer, Innova, Nærum 1996
- [15] ANSI/ASHRAE 55a-1995, Addendum to Thermal Environmental Conditions for Human Occupancy, American Society of Heating, Refrigerating and Air-conditioning Engineers, Inc., Atlanta 1995
- [16] *Haller, G.*: Investigations of the Thermal Comfort in Railway Vehicles, in: *Institut International du Froid (Hg.)*: Proceedings III b, 19th International Congress of Refrigeration 1995, Paris 1995
- [17] ASHRAE (Hg.): 1997 ASHRAE Handbook, Fundamentals, SI Edition, American Society of Heating, Refrigerating and Air-conditioning Engineers, Inc., Atlanta 1997
- [18] *Mann M., Haigis M.*: Numerical Investigation of the Ventilation and Thermal Comfort in a Commuter Train, 3rd MIRA International Vehicle Aerodynamics Conference, 18./19. Okt. 2000, Rugby, U.K.
- [19] *Schönung B.E.*: Numerische Strömungsmechanik – Inkompressible Strömungen mit komplexen Berandungen, Springer, Berlin, 1990
- [20] *Ferziger J.H., Peri M.*: Computational Methods for Fluid Dynamics, Springer, Berlin, 1999
- [21] Fluent 5 User's Guide. Bd. 1-4, Fluent Incorporated, Lebanon, USA, 1998
- [22] *Okada Y., Nouzawa T., Tateishi T., Masuoka H., Kamioka T.*: Prediction of air conditioning flow in the cabin of vehicle using numerical simulation, in VDI report #1411, Berechnung und Simulation im Fahrzeugbau, VDI, Düsseldorf, 1998

DI Gabriel HALLER, geboren in Wien 1962.
Studium des Maschinenbaus an der Technischen Universität Wien (Diplom 1987).
1987–1989 Projektleiter an der Versuchs- und Forschungsanstalt der Stadt Wien.
1989–1998 Projektleiter in der Fahrzeugversuchsanlage von arsenal research.
Seit 1998 Geschäftsleiter der Fahrzeugversuchsanlage von arsenal research.
(haller.g@arsenal.ac.at)



DI Martin Mann
1993 Diplomingenieur des Maschinenbaus an der TU-Wien
Auszeichnung der Diplomarbeit „Simulation der Wandfilmanlagerung des Kraftstoffes im Ansaugkanal“ mit dem 2. Preis der Jubiläumsstiftung des Fachverbandes der Fahrzeugindustrie; 1993–1999 Mitarbeiter bei AVL List GmbH im Bereich Computational Fluid Dynamics; seit 2000 wissenschaftliche Leitung Geschäftsfeld Verkehrstechnologien bei arsenal research (mann.m@arsenal.ac.at).

Elektronische Eisenbahnstellwerke

Fehlertolerante Systeme im Technologiewandel

Thomas Gruber, ARCS, Geschäftsbereich Informationstechnologien

Walter Böhm, Alcatel

Fehlervermeidung und Fehlererkennung sind zentrale Aufgaben von automatisierten Eisenbahnstellwerken. Bei der Weiterentwicklung des elektronischen Stellwerks „ELEKTRA“ gelang ein Systemsprung, ohne Abstriche bei der Sicherheit in Kauf zu nehmen.

Seit über einem Jahrzehnt werden Eisenbahnstellwerke von Computern gesteuert. Entsprechend den hohen Anforderungen an Sicherheit und Zuverlässigkeit wird hier auf bewährte Systemtechnologien zurückgegriffen. Der immer raschere Technologiewandel einerseits und der Kostendruck in der Industrie andererseits machen aber auch in der Eisenbahnsicherungstechnik eine Anpassung der Systemarchitekturen notwendig. Beim elektronischen Stellwerk „ELEKTRA“ von Alcatel Austria, an dessen Entwicklung, Test und Tooling das Forschungszentrum Seibersdorf seit der Konzeptphase Mitte der Achtzigerjahre beteiligt ist, wurde in jüngerer Zeit ein Systemsprung gemeistert, im Zuge dessen neue Konzepte und Technologien bei gleichzeitiger Kostenoptimierung zum Einsatz kamen. All das bei Aufrechterhaltung des hohen Standards an Sicherheit und Fehlertoleranz, die das ELEKTRA-Stellwerk von Anfang an auszeichneten.

Bei jedem Fehler muss ein Übergang in einen sicheren Betriebszustand bewirkt werden. Unerkannte Fehler können katastrophale Auswirkungen haben.

Qualitätsattribute von Eisenbahnsicherungsanlagen

In Eisenbahnstellwerken besteht einerseits die Anforderung, bei Fehlern potenzielle Gefahren zu minimieren (Sicherheit), und andererseits auftretende Fehler auf die betroffene Komponente zu begrenzen und so einen Ausfall des gesamten Systems zu vermeiden (Zuverlässigkeit). In der Theorie sicherheitsrelevanter Systeme nach J.-C. Laprie [1] werden im Konzept der 'Dependability' (Verlässlichkeit) folgende Qualitätsattribute eines Systems unterschieden:

- Verfügbarkeit = Gebrauchsbereitschaft
- Zuverlässigkeit = Kontinuität der Gebrauchsfähigkeit
- Sicherheit = keine katastrophalen Auswirkungen auf die Umgebung
- Vertraulichkeit = keine unautorisierte Sichtbarmachung von Information
- Integrität = keine ungewollte Veränderung von Information

- Wartbarkeit = Fähigkeit zu Reparaturen und Weiterentwicklungen

Eisenbahnsicherungssysteme müssen fail-safe konzipiert werden, sprich: bei jedem Fehler muss ein Übergang in einen sicheren Betriebszustand bewirkt werden. Denn unerkannte Fehler können katastrophale Auswirkungen haben. Gerade in verteilten Sicherheitssystemen spielen daher Mechanismen der Fehlervermeidung und Fehlererkennung eine besondere Rolle.

Werden an ein System hohe Zuverlässigkeitsanforderungen im Sinne der oben erwähnten Qualitätsattribute gestellt, dann muss es auch bei Auftreten von Fehlern an einzelnen Komponenten noch weiter seine Aufgabe erfüllen können, wenn auch im Allgemeinen mit gewissen Einschränkungen. Das führt zum Begriff der Fehlertoleranz. Eine detailliertere Diskussion der Dependability-Aspekte von verteilten Sicherheitssystemen und insbesondere der Fehlertoleranz findet sich bei Gruber et al. [9].

Fehlertoleranz in ELEKTRA-Stellwerken

Stellwerke der Type ELEKTRA weisen einen hohen Grad an Fehlertoleranz auf, der mittels folgender Methoden erreicht wird:

- Redundanz
- Mehrkanaligkeit und Diversität
- Dezentralität von Logik und lokale Fehlerbehandlung.

Auf diese Methoden wird im Folgenden näher eingegangen.

Redundanz:

Mittels Redundanz können in kombinierten Hardware-Software-Systemen Hardware-Fehler erkannt und sogar behoben werden. Zu diesem Zweck werden mehrere völlig identische Hardware-Systeme mit identischer Software, mit identischen Eingangsdaten und synchronisiert parallel betrieben. Wegen der extrem geringen Wahrscheinlichkeit, dass gleichzeitig gleichartige Fehler auftreten, ist anzunehmen, dass gleiche Resultate je zweier Rechner auch korrekt sind.

Drei solche identische, synchronisiert parallel laufende Systeme bieten zusätzlich die Möglichkeit zur automatischen Fehlerbehebung: Bringen zwei Systeme das gleiche, das dritte aber ein abweichendes Resultat, so wird das dritte System als fehlerhaft markiert, und die beiden restlichen Systeme können

unter Aufrechterhaltung der automatischen Fehlererkennung weiterarbeiten.

Mehrkanaligkeit und Diversität

In komplexen verteilten Systemen können Software-Fehler durch entsprechende Test- und Verifikationsmethoden zwar großteils, aber mit realistischem Aufwand grundsätzlich nicht vollständig eliminiert werden. Daher ist eine Fehlererkennung erforderlich.

Anders als bei den oben unter „Redundanz“ behandelten temporären Hardwarefehlern geht es hier um die Erkennung von permanenten Fehlern, nämlich von Software-Design- und Implementierungsfehlern. Zur Fehlererkennung braucht man auch hier wieder mindestens zwei Systeme, diesmal aber keine identischen, sondern im Gegenteil zwei diversitäre Software-Kanäle, in denen unterschiedliche Programme ablaufen, die die gleichen Eingabedaten erhalten und deren Ergebnisse dann verglichen werden. Sind die Ergebnisse gleich, dann kann angenommen werden, dass das Resultat richtig ist.

Das von den ARCS mitentwickelte „ELEKTRA“ ist mittlerweile „das“ Stellwerksystem der Transport Automation Systems Group im Alcatel-Konzern.

Ein Restrisiko, Fehler nicht zu erkennen, bleibt prinzipiell dadurch bestehen, dass in beiden Software-Kanälen der gleiche Fehler vorhanden sein könnte. Je weiter aber die Diversität geht, bis zum Einsatz räumlich getrennt agierender Programmiererteams, ja unter Umständen bis hin zur Verwendung strukturell unterschiedlicher Programmiersprachen, desto wahrscheinlicher ist die Vermeidung von derartigen „Gleichtaktfehlern“, bei denen die gleichen Eingabedaten in beiden Kanälen zu gleich falschen Resultaten führen und damit eine Fehleroffenbarung unterbleibt. Analog zur Hardware-Redundanz kann durch Hinzufügen eines dritten, ebenfalls diversitären Kanals eine automatische Korrektur von Software-Fehlern realisiert werden, was nicht zuletzt eine Kostenfrage darstellt. Diese ist unter dem Aspekt zu betrachten, wie hoch die erwartete Restfehlerwahrscheinlichkeit und damit die Notwendigkeit einer automatischen Fehlerkorrektur ist. Im Unterschied zur Hardware-Redundanz bietet die Diversität übrigens einen hervorragenden systematischen Fehlererkennungsmechanismus für die Testphase, was mit geringem Zusatzaufwand einen hohen Testdeckungsgrad gestattet.

Dezentralität von Logik und lokale Fehlerbehandlung

In einem gut konzipierten verteilten System bleiben Fehler in ihren Auswirkungen primär nur auf das betroffene Teilsystem beschränkt. Nur Letzteres wird im Fehlerfall abgeschaltet, der Rest der Anlage bleibt voll funktionstüchtig. Durch das Teilen des Systems in autarke (redundante) Teilsysteme, die jeweils un-

abhängig voneinander betrieben werden können, und durch lokale Fehlerbehandlung kann die Auswirkung von Fehlern auf das Gesamtsystem begrenzt und so die Verlässlichkeit erhöht werden. Ebenso können Fehler von Ressourcen durch (automatische) Rekonfiguration und Lastverteilung behandelt werden.

Das elektronische Eisenbahnstellwerk ELEKTRA 1

Im Rahmen einer Kooperation mit Alcatel Austria hat der Geschäftsbereich Informationstechnologien des Forschungszentrums Seibersdorf seit 1987 maßgeblich an der Entwicklung des hoch ausfallssicheren und fehlertoleranten elektronischen Stellwerks „ELEKTRA“ mitgewirkt, das zunächst für Österreich entwickelt und anschließend für die Schweizerischen Bundesbahnen und die Ungarischen Staatsbahnen adaptiert wurde und mittlerweile „das“ Stellwerksystem der Transport Automation Systems Group im Alcatel-Konzern ist.

Zunehmende Verkehrsdichte, höhere Fahrgeschwindigkeit und die hierfür vom Stellwerkspersonal zu bewältigende steigende Frequenz von Fahrstraßeneinstellungen bedingen heute im Eisenbahnwesen eine Maximierung des Automatisierungsgrades und die Vernetzbarkeit von Stellwerken untereinander.

Aus den konkurrierenden Anforderungen hoher Sicherheit einerseits und hoher Zuverlässigkeit andererseits resultieren dabei spezielle Systemarchitekturen. Das System ELEKTRA beinhaltet die weiter oben beschriebenen Methoden und Technologien der Fehlertoleranz in einer auf dem Eisenbahnsektor einmaligen Weise.

Systemstruktur der ELEKTRA V1

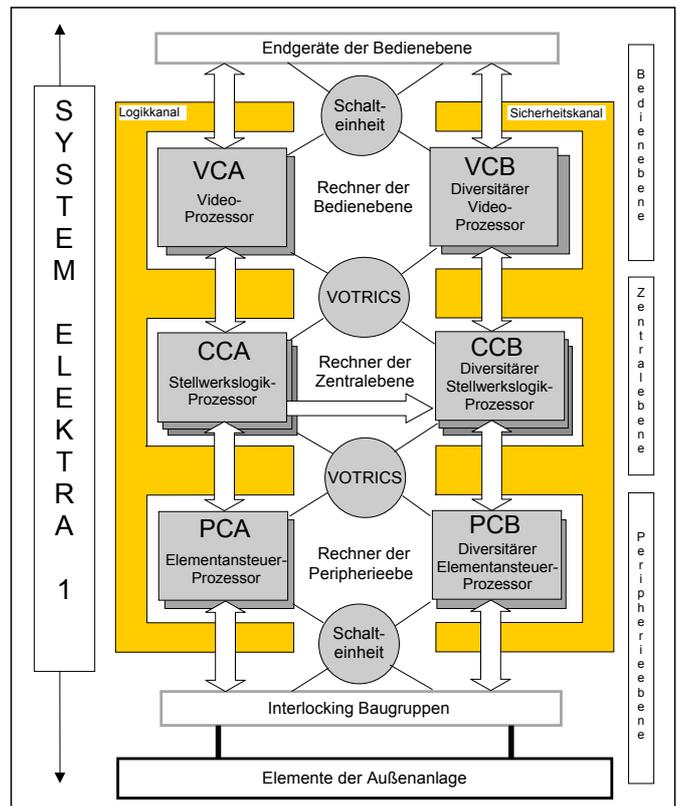


Abb. 1: Systemstruktur der ELEKTRA

Abb. 1 zeigt die Trennung in die drei Subsystemebenen

- VC (Video Controller),
- CC (Central Controller) und
- PC (Peripheral Controller)

und den Software-Voter VOTRICS zur 2-aus-3-Abstimmung in der Zentralebene (CC).

Maus- und Tastatur-Eingaben werden von VC empfangen und als Signale an CC übermittelt. Dort wird die Eingabe auf Zulässigkeit überprüft und in die erforderlichen Stellhandlungen umgesetzt. Die Stellsignale werden dann an den PC-Rechner gesendet, welcher die Elemente der Außenanlage über Interface-Platinen ansteuert. Umgekehrt erkennt der PC Zustandsänderungen an den Sensoren der Außenanlage und sendet entsprechende Signale an den CC weiter, welcher wiederum den VC über notwendige Änderungen der Bildschirmanzeige informiert.

Das zweikanalige System ist mit von unterschiedlichen Programmiererteams entwickelter diversitärer Software ausgestattet, wobei in den beiden Kanälen der Zentralebene (CC) sogar strukturell unterschiedliche Programmiersprachen verwendet werden: im CCA, dem 'Interlocking Processor', die prozedurale Echtzeit-Programmiersprache CHILL, im 'Safety Bag Processor' CCB die deskriptive Expertensprache PAMELA.

Mit Hilfe der Diversität werden Fehler in der Software automatisch erkannt. Tritt ein Softwarefehler und also Unterschied zwischen den Kanälen auf, wird das System in den sicheren Zustand übergeführt, indem zunächst alle Signale auf Halt gestellt und anschließend die Stellwerksrechner gebootet werden. Wie man in Abb. 1 weiters erkennt, haben VC und PC pro Kanal je zwei Replika, CC hat je drei. Die Rechnerplatinen sind Alcatel-Eigenentwicklungen, wobei VC und CC in der ELEKTRA 1 in 80486-Technologie realisiert sind und PC auf dem 8085-Prozessor basiert.

In der Grund-Konfiguration ergibt das insgesamt 14 Rechner für ein klassisches ELEKTRA-Stellwerk. Bei größeren Stellwerken wie etwa Salzburg liegt aber die Zahl der Rechner noch darüber: Der Peripheral Controller (PC) kann aufgrund seiner Architektur und Geschwindigkeit nur eine beschränkte Anzahl von Elementen (Weichen, Signalen etc.) behandeln. Man verwendet daher in größeren Anlagen mehrere PC (mit 4 Typen von Rechnerplatinen, insbesondere den Platinen mit parallelen Ein- und Ausgängen).

Mit dem DGP (Diagnostic Processor) kommt noch ein weiterer Rechner hinzu. Weiters kann ein Stellwerk andere fernsteuern (als Zentrale) bzw. von anderen ferngesteuert werden (als Unterstation). Zur Übermittlung der Meldungen bzw. Kommandos zwischen den Stellwerken werden dann noch ein oder mehrere so genannte RCU (Remote Control Units) mit nachgeschalteten SCU (Serial Controller Units) verwendet.

Realisierung der Fehlertoleranz

Die Fehlertoleranz der ELEKTRA bestimmt sich aus mehreren Merkmalen:

- Einmal bleibt ein im PC erkannter Hardware-Fehler eines Ele-

ments der Außenanlage bzw. des zugehörigen Interface möglichst auf das betroffene Element, also die Weiche, das Signal usw. beschränkt, wodurch die resultierende Betriebseinschränkung im Gesamtsystem gering ist.

- Weiters werden die meisten Hardware-Probleme in VC oder PC in einfacher Weise erkannt, ggf. wird eine der jeweils zwei Redundanzen abgeschaltet.
- In der CC-Ebene wird durch eine 2-aus-3-Entscheidung ein einfacher Hardware-Fehler erkannt und ohne Betriebsunterbrechung und bei Aufrechterhaltung der Fehlererkennung behoben, indem der defekte Rechner abgeschaltet wird.
- Generell gewährleistet die Zweikanaligkeit mit der durch unterschiedliche Software-Entwicklerteams erstellten diversitären Software, die in den beiden Kanälen auch mit strukturell unterschiedlichen Datenbanken arbeitet, die optimale Erkennung von Software-Fehlern.
- In der CC-Ebene mit der besonders sicherheitskritischen betrieblichen Stellwerkslogik wurden die beiden Software-Kanäle sogar in strukturell unterschiedlichen Programmiersprachen formuliert, um ein Maximum an Diversität zu garantieren.

Mit Hilfe der Diversität werden Fehler in der Software automatisch erkannt.

- Sicherheitsrelevante Software-Fehler resultieren generell in einer Abschaltung des Systems, wobei automatisch alle Signale auf Halt gestellt und anschließend die Rechner gebootet werden.
- Handelt es sich um ein System mit mehreren ferngesteuerten Bahnhöfen, so bleibt die Beeinträchtigung auf die gestörte Anlage begrenzt, die anderen Bahnhöfe können autonom weiterbetrieben werden.

Motivation zum Systemsprung

Für die Entwicklung der ELEKTRA 2 waren mehrere Faktoren maßgebend:

- Ersatz veralteter, nicht mehr auf Dauer lieferbarer Hardwarekomponenten
- Verbesserung der Migrationsfähigkeit für künftige Hardware
- Verwendung einer einheitlichen Hardware- und Software-Plattform für neue Produkte der TAS (TAS = Transport Automation Systems) innerhalb Alcatel weltweit
- Verbesserung der Skalierbarkeit vor allem für kleinere Anlagen
- Vermeidung der schwer wartbaren Punkt-zu-Punkt-Verdrahtung

Dabei waren aber gleichzeitig Randbedingungen zu erfüllen:

- Kein Verzicht auf Sicherheit
- Weiterverwendung der vorhandenen, verifizierten und validierten Software

Nutzung des Optimierungspotenzials in der ELEKTRA

Eisenbahnsysteme sind prinzipiell langlebig, die Zyklen laufen eher in Jahrzehnten als in Jahren. Bei der Auswahl der Systemhardware hat man die Wahl zwischen proprietärer, langlebiger, aber entsprechend kostenintensiver Hardware einerseits und preislich günstigerer Standard-Hardware andererseits, die dann aber entsprechend den heute relativ kurzen Lebenszyklen auf die jeweils neuere Hardware-Generation hochgerüstet werden muss.

Für das ELEKTRA-System wurde daher ein Weg gesucht, bei dem kommerziell verfügbare Hardware zum Einsatz kommt und auch die Software entsprechenden Standards genügt, um eine einfache Portierung auf das auf jeweils neuerer Hardware basierende Betriebssystem zu erlauben.

So faszinierend einmalig die Realisierung der Fehlertoleranz in der ELEKTRA ist, so hat sie doch im Vergleich zu einkanaligen Systemen merklich höhere Kosten zur Folge: Bei ELEKTRA V1 hat man ein Maximum an Verlässlichkeit mittels durch alle Subsystemebenen durchgezogener Zweikanaligkeit bzw. Diversität und bis zu dreifacher Redundanz angestrebt und den dafür notwendigen Aufwand in Kauf genommen.

Die Globalisierung bringt aber auch die im Eisenbahnsektor tätige Industrie verstärkt unter Konkurrenzdruck.

Die Globalisierung bringt aber auch die im Eisenbahnsektor tätige Industrie verstärkt unter Konkurrenzdruck. Kostenreduktion und Erhöhung der Flexibilität waren daher maßgebliche Faktoren für die Entwicklung einer neuen Systemgeneration der ELEKTRA-Stellwerke, wobei ohne Einbußen an Sicherheit einerseits in Teilbereichen die Diversität durch eine Methodensicherheit ersetzt und andererseits die optionale Verwendung von Redundanzen (entsprechend den Anforderungen aufgrund der Stellwerksgröße bzw. der Zugsfrequenz) ermöglicht wird.

Ein weiterer kostenintensiver Faktor der klassischen ELEKTRA – insbesondere bei Um- und Zubauten – ist die Verdrahtung und Verkabelung zwischen dem PC (Peripheral Controller) und den Interface-Platinen Richtung Außenanlage. Hier liegt das Optimierungspotenzial in der Verwendung eines entsprechend zuverlässigen und auch im Hochlastfall deterministischen Bussystems.

Es ist kein Widerspruch zur Systemphilosophie, die Software von A- und B-Kanal am selben Rechner ablaufen zu lassen. Dies war in der früheren ELEKTRA-Version bereits möglich und wurde auch schon realisiert, allerdings nur im RCU (Remote Control Unit). Nun soll dies mit dem Ziel einer Reduktion der Fixkosten insbesondere für kleinere Anlagen generell optional möglich werden.

Das System ELEKTRA 2

Verglichen mit ELEKTRA 1 ist in ELEKTRA 2 die Zuordnung der

Subsystemebenen zu Bedienebene, Zentralebene und Peripherieebene nicht mehr eindeutig und disjunkt. Vielmehr ist die Aufteilung überlappend, und die Peripherieebene gliedert sich in Elementebene und Interfaceebene.

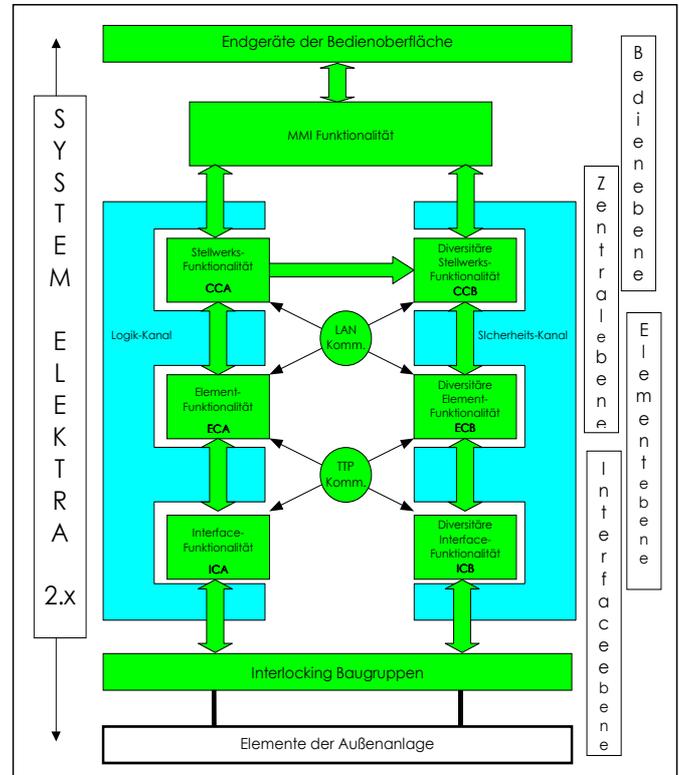


Abb. 2: Grundlegende Struktur der ELEKTRA 2

Auf den ersten Blick scheint die Struktur in Abb. 2 sehr ähnlich der ELEKTRA 1. Bei genauerem Vergleich erkennt man aber, dass nur der CC seine Identität und Struktur im Wesentlichen bewahrt hat, und selbst dieser kommuniziert mit seiner Umgebung anders als in ELEKTRA 1. Im Folgenden wird auf die Neuerungen in den einzelnen Subsystemebenen genauer eingegangen.

Bedienebene

Die bisher zweikanalige VC-Software wird durch ein einkanaliges MMI (Man-Machine-Interface) ersetzt. Zur Gewährleistung der Sicherheit werden spezielle Maßnahmen verwendet, die weiter unten beschrieben sind. Als weitere Änderung kommt statt der in ELEKTRA 1 verwendeten proprietären Hardware des VC für das MMI der ELEKTRA2 nun Standard-Hardware zum Einsatz: ein Linux-PC mit bis zu vier handelsüblichen Monitoren, der weitestgehende Flexibilität bezüglich der eingesetzten Hardware ermöglicht. Gegenüber der bislang fixen Bildschirmauflösung auf Basis einer modifizierten EGA-Karte erlaubt X-Windows außerdem nunmehr mit beliebigen Grafikkarten unterschiedliche Auflösungen und damit eine verbesserte Skalierbarkeit.

Dennoch muss die Sicherheit des Systems gewährleistet bleiben. Nun ist im VC die Sicherheitsrelevanz auf eine kleine Teilmenge der Funktionalität, nämlich die so genannten dokumentationspflichtigen Handlungen des Fahrdienstleiters, beschränkt. Für genau diese sicherheitsrelevanten Funktionen wurde das MMI daher als „methodensicheres“ Subsystem konzipiert: Die Si-

cherheit liegt nicht im MMI selbst, sondern im Zusammenspiel von MMI mit dem diversitär aufgebauten, sicheren CC: CCA zusammen mit CCB gewährleisten die Sicherheit der Spiegelung des dokumentationspflichtigen Kommandos für die Bestätigung durch den Fahrdienstleiter. Die Bedienebene reicht daher – logisch betrachtet – bis in CCA bzw. CCB, wie aus Abb. 2 auch ersichtlich ist.

Als Realisierung einer zusätzlichen Einsparungsmöglichkeit wird weiters im MMI im Vergleich zum klassischen VC auf integrierte Redundanz verzichtet. Wo Redundanz gefordert wird, wird diese durch Arbeitsplatzredundanz erreicht. Je nach Bedarf werden mehrere Arbeitsplätze angeschlossen, was durch die LAN-Koppelung in einfacher Weise möglich ist.

Zentralebene

In der Zentralebene, wo nun handelsübliche Pentium-Industrierechner eingesetzt werden, wird ein sogenanntes „warm stand-by“ Redundanzkonzept eingesetzt. Eine warm stand-by Konstellation besteht aus einer betrieblich aktiven und einer betrieblich passiven Rechner-Komponente. Auf der betrieblich passiven Komponente laufen keine dynamischen betrieblichen Prozesse (daher der Begriff „warm“, und nicht „cold“ oder „hot“), sondern nur technische Prozesse, die der Fehleroffenbarung der passiven Komponente dienen und sicherstellen, dass bei Ausfall der aktiven Komponente eine fehlerfreie Umschaltung auf die Redundanz möglich ist.

Hersteller von Eisenbahnsicherungs-
technik-Systemen sind heute aber
nicht mehr nur durch die notwendige
hohe Sicherheit und
Zuverlässigkeit gefordert.

Bei Ausfällen der aktiven Komponente kommt es zu einem Umschalt- und Abfrageprozess, welcher eine kurze betriebliche Stehzeit mit sich bringt. Da so ein Fehlerfall aber zu keinem hardwaremäßigen Neustart führt, kann die Umschaltzeit minimal gehalten werden, so dass es bei solchen seltenen Ereignissen nur zu einer geringfügigen Beeinträchtigung des Betriebes kommt. Von der betrieblichen Funktion her betrachtet bleiben die Subsysteme CCA und CCB weitgehend mit dem bisherigen System identisch, allein der Mechanismus des methodensicheren MMI kommt hinzu. Die Kommunikation erfolgt aber – in anderer Weise als in ELEKTRA 1 – über ein redundantes LAN, und zwar sowohl mit MMI als auch mit EC (Element Controller), und außerdem auch mit dem in der Abb. nicht dargestellten DGP (Diagnoseprozessor).

Peripherieebene

Die bisherige Peripherieebene, die den PC (Peripheral Controller) und die Interlocking-Baugruppen samt der Verbindung dazwi-

schen mit einem in Wire-Wrap-Technik hergestellten Rangierverteiler und Systemkabeln umfasst, wird nun durch eine

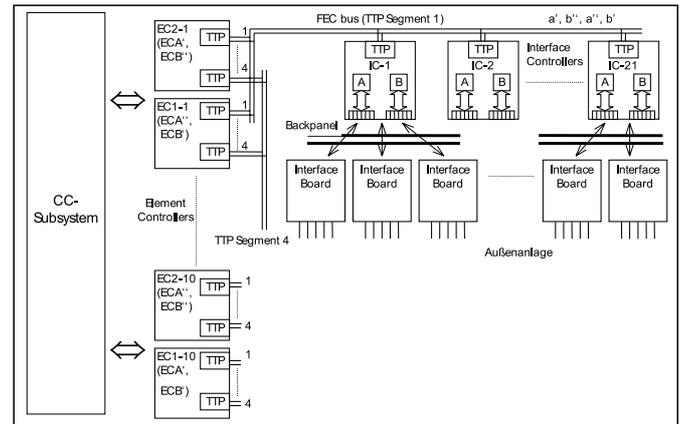


Abb. 3: Systemarchitektur der Peripherieebene

grundsätzlich neue Hardware-Struktur ersetzt:

Die neue Peripherieebene (auch Field Element Controlling System – FEC) enthält folgende Subsysteme bzw. Baugruppen:

- Element Controller (EC) – Subsystem
- FEC-Bus – Subsystem
- Interface Controller (IC) – Subsystem
- Interlocking Baugruppen.

Bei Ausfällen der aktiven Komponente
kommt es zu einem Umschalt- und
Abfrageprozess, welcher eine
kurze betriebliche Stehzeit
mit sich bringt.

Der EC enthält im Großen und Ganzen die Funktionalität des bisherigen PC, wobei aber statt der Ansteuerung von Output-Ports nun Feldbustelegramme generiert werden bzw. statt des Einlesens von Zustandsänderungen mittels Port-Scanner jetzt via Feldbus entsprechende Meldungen vom IC empfangen werden. Das EC-Subsystem kann aus bis zu 4 ECs aufgebaut sein. Jeder einzelne EC ist redundant aufgebaut und besteht aus 2 Rechnern in „hot stand-by“ Konfiguration, so dass der Ausfall eines EC-Rechners zu keiner Betriebsbeeinträchtigung führt.

Der FEC-Bus stellt die Verbindung zwischen EC- und IC-Subsystem her und ist ebenfalls redundant ausgeführt. Als Feldbusprotokoll wurde einerseits der CAN-Bus mit seinem klassischen event-triggered protocol betrachtet, andererseits der TTP-Bus mit dem time-triggered protocol (vgl. [10]). Nach Abwägung von Vor- und Nachteilen wurde dem TTP-Bus der Vorzug gegeben, da er auch im Hochlastfall inhärent deterministisch ist, wohingegen bei einem event-triggered protocol dafür spezielle Software-Maßnahmen notwendig wären.

Ein EC kann bis zu 4 Segmente zu je 21 ICs ansteuern. Die einzelnen ICs sind nicht redundant ausgeführt, da sich der Ausfall

eines ICs nur auf eine Gruppe von bis zu maximal 4 IF-Boards auswirkt.

Schlussbemerkungen

Das ELEKTRA-Stellwerk, das vor mehr als einem Jahrzehnt von Alcatel unter maßgeblicher Beteiligung des Forschungszentrums Seibersdorf entwickelt wurde, war nicht nur ein technologischer Meilenstein, sondern auch kommerziell schon in mehreren europäischen Ländern erfolgreich.

**Das ELEKTRA-Stellwerk
war nicht nur ein technologischer
Meilenstein, sondern
auch kommerziell schon in
mehreren europäischen
Ländern erfolgreich.**

Hersteller von Eisenbahnsicherungstechnik-Systemen sind heute aber nicht mehr nur durch die notwendige hohe Sicherheit und Zuverlässigkeit gefordert. Der in Folge der Globalisierung verstärkte Kostendruck und der immer raschere Wandel der Technologien bedingen erhöhte Anstrengungen zur Kostenoptimierung der implementierten Fehlertoleranzmechanismen und zur Erhöhung der Flexibilität bezüglich der Basishardware. Erfreulicherweise hat mit Alcatel ein österreichisches Unternehmen diese Herausforderung sehr erfolgreich bewältigt und ist innerhalb des Konzerns zum Technologieführer avanciert.

Literatur

- [1] Laprie, J.-C.: Dependable computing: Concepts, limits and challenges. Proc. 25th IEEE international symposium on fault-tolerant computing, Pasadena, CA, USA, June 27–30, 1995.
- [2] Theuretzbacher, N.: VOTRICS: Voting triple modular computing system. FTCS-16, Wien, 1986.
- [3] Erb, A.: Safety measures of the electronic interlocking system ELEKTRA. SAFECOMP '89, Wien, 1989.
- [4] Wirthumer, G.: VOTRICS – Fault tolerance realized in software. SAFECOMP '89, Wien, 1989.
- [5] Schoitsch, E. et al.: The ELEKTRA testbed: Architecture of a real-time environment for high safety and reliability requirements. In: Safety of computer control systems. Proc. IFAC/IFIP symposium, Trondheim, London: Pergamon Press, 1991.
- [6] Schoitsch, E.: Quality management processes like ISO 9000-3 and BOOTSTRAP: What do you gain for project management of the development of critical computer systems. SAFECOMP'94, Anaheim, Calif., USA, 24.–26.10.1994. Proceedings of the 13th international conference on computer safety, reliability and security (Maggioli, V., Ed.). p. 207–216. ISA Publications. 1994.
- [7] Barachini, F.: „PAMELA – Eine deklarative Programmiersprache für Echtzeitanwendungen“, Austrian Conference on Artificial Intelligence, 1987.
- [8] ORE-Bericht, Frage A 155.2 Software für Sicherheitssysteme, Bericht RP7, Systementwurf für sichere Rechnersysteme, Utrecht, April 1986.
- [9] Gruber, T., Kuhn W., Thuswald, M., Staffel, G.: Fehlertoleranz in verteilten Sicherheitssystemen. In: e&i Heft 5, 1996.
- [10] Kopetz, H.: REAL-TIME-SYSTEMS - Design principles for distributed embedded applications. Kluwer Academic Publishers, Boston/Dordrecht/London, 1997.

Thomas Gruber (thomas.gruber@arcs.ac.at) studierte Elektrotechnik/Fachrichtung Nachrichtentechnik an der TU Wien, 1982 Sponion zum Diplomingenieur. Von 1982 bis 1988 bei Siemens-PSE: Projekte im Bereich Bürokommunikation und Datenfernverarbeitung. Seit 1988 im Forschungszentrum Seibersdorf im Geschäftsbereich Informationstechnik mit Projekten im Bereich Eisenbahnsicherungstechnik sowie verteilte Anwendungen, Java und Jini befasst. Unter anderem Projektleitung und Realisierung der ELEKTRA-Projektierungstools.



Walter Böhm (walter.boehm@alcatel.at) studierte Nachrichtentechnik an der TU Wien, Diplom 1968, Eintritt bei Alcatel 1969, dort seit 1976 in der Eisenbahnsicherungstechnik: Produktentwicklung, Einführung der Computertechnologie in der Eisenbahn. Projektleitung für die zentrale Zugüberwachung der Tauernbahnstrecke, Teammitglied für die Erarbeitung der Systemstruktur ELEKTRA; Ausarbeitung der Anforderungen für ELEKTRA bei SBB (Schweiz) und MÁV (Ungarn). Derzeitige Tätigkeiten: Produkt Management ELEKTRA ÖBB, Requirements Management for Transport Automation Systems.

Telematics Solutions?

Historical Overview and Present/Future Solutions for Dependable and Competitive Environments

Erwin Schoitsch

The IT division of ARCS was involved in the design and development of highly dependable systems for railways, and has just recently engaged in developing applications of new technology to individual traffic solutions to provide a very reliable method to identify actual traffic flow and implement on-line dynamic control of traffic on highways and associated streets.

ELEKTRA – Dependable solutions for railway interlocking

Railways are considered by the public as “safe” modes of transportation, and in fact the guiding principle in design of signaling and interlocking as well as of parts of the rolling stock systems (e.g. brakes) is the “fail-safe” concept. This means that in the event of a problem there is a safe fall-back state, i.e., the traffic is halted in the area involved. On the other hand, there are very high reliability (availability) demands too – the traffic cannot be stopped for long on a main line, for example, because of the failure of a signaling lamp (see Figure 1). Therefore, the station master is allowed to override the safety system under certain procedures to keep the operations running – frequently resulting in railway accidents.

An example is an accident near Lambach in Austria (see Figure 1), where on a dual-track main line trains had to operate on the “wrong” track because of maintenance work on one of the tracks. Although strict procedures are in place for this, a misunderstanding on the telephone between two station masters led to a train crash on that line. Had there been equipment to control bi-directional use of the tracks, or additional electronic interfacing between both stations (as it is possible with electronic interlocking) this accident could have been avoided.

Railways considered “safe” mode of transportation

Of course, there have been proposals for “alternative” solutions already in the past, one example is the following patent providing for tracks on the top of rolling stock, and ramps at the beginning and the end of the train – it must be decided, however, whether the inbound or outbound will be equipped with the ramps.

For a very long time railways trusted only electromechanical devices for interlocking, using an array of contacts and hardwired logic to obtain a relatively simple “fail-safe” verification process. Over time such devices became increasingly expensive; in addition, the interconnection of adjacent interlocking for efficient traffic management is not possible using the old technology. As a consequence, it was decided in Austria several years ago to try the new technology of fully electronic interlocking; the first system,

developed by Alcatel Austria in conjunction with Austrian Research Center Seibersdorf, was called ELEKTRA.

Initially the architecture of such a highly reliable and fail-safe system was assessed (fault forecasting) by outside experts (see Figure 3). The architecture combines two principles to respond to both hardware failure and faults in software:

- Diversity for safety
- 2v3 Redundancy for reliability

The required SAFETY level is achieved by applying two separate channels employing software diversity with one channel designed and developed in procedural language for all the regular operations, the second channel as “safety net” [1] designed and implemented using a rule-based language (PAMELA) to check all safety-related rules in the system. The means to achieve safety includes, of course, use of appropriate software engineering techniques during the development phase (fault avoidance), in-



Fig. 1



Fig. 2: Patent to avoid train crashes on one-track lines!!

cluding divergent testing (fault removal) at two sites (Alcatel/Vienna, ARCS/Seibersdorf), and applying a very high degree of variability. This includes team diversity (from two different sites with different cultures) for design, implementation and testing; use of hardware and operating systems in a diverse manner, different tools for each of the channels, etc.

The diversity is more than diversity in tools and implementation language – even the “thinking” of designers and implementers in applying the requirements specification on each of the channels is divergent. A safety relevant action is only taken when both diverse channels agree (polling: this is done in a diverse manner too so as not to violate the architectural design principles by the polling mechanism).

To avoid a severe reduction in reliability in the event of non-software failure in one of the channels (which in any case should lead to disagreement in polling) each channel has a 3-fold redundancy with a 2v3 majority polling and an automatic re-integration of any defect component which was replaced during run-time (fault tolerance).

This system architecture has been assessed in the ACRuDA project [2], an European project for the “Assessment and Certification Rules for Digital Architectures” (focusing on different system architectures for railway signaling and control).

This system is now installed in about 40 applications of different

sizes, from small stations to very large installations like Salzburg, Austria, Fribourg, Switzerland, and in Hungary. It has interfaces to many different types of existing interlocking systems in these areas, and allows control not only of one station but of whole sections of lines with several stations.

Besides improving of interlocking and integration into a railway traffic management system, new developments on the European level should support and establish cross-border rail traffic and management despite home-grown national systems which differ in many respects although generally adhering to the same principles. ERTMS (European Rail Traffic Management System) and ETCS (European Train Control System) are two catch-phrases for such evolving standards; these systems are developed by European Industry, Railway Organizations and supported by the CEC. The first pilot installation with Eurobalises and GSM-R was successfully tested at the Austrian – Hungarian main line Vienna – Budapest, with ÖBB and MAV as railway operators, Alcatel Austria as project coordinator, also including Alstom (B), Ansaldo (I), CSEE Transport (F), and supervised by arsenal research.

Required safety level achieved by application of two separate channels

Optimization of individual traffic

The problems of traffic jams on highways as well as environmental problems associated with current practices of individual (automotive) traffic were already anticipated in the past, and a number of “alternative” solutions have been offered: one historic example is the wind-driven bus in the Netherlands designed about 1600 (Figure 4).

Today’s solutions include solar-powered vehicles, battery-driven electric cars, hydrogen cells and many other types of means to store electric power; solutions even involve steam engines! Fortunately, a few other “solutions” discussed earnestly in the

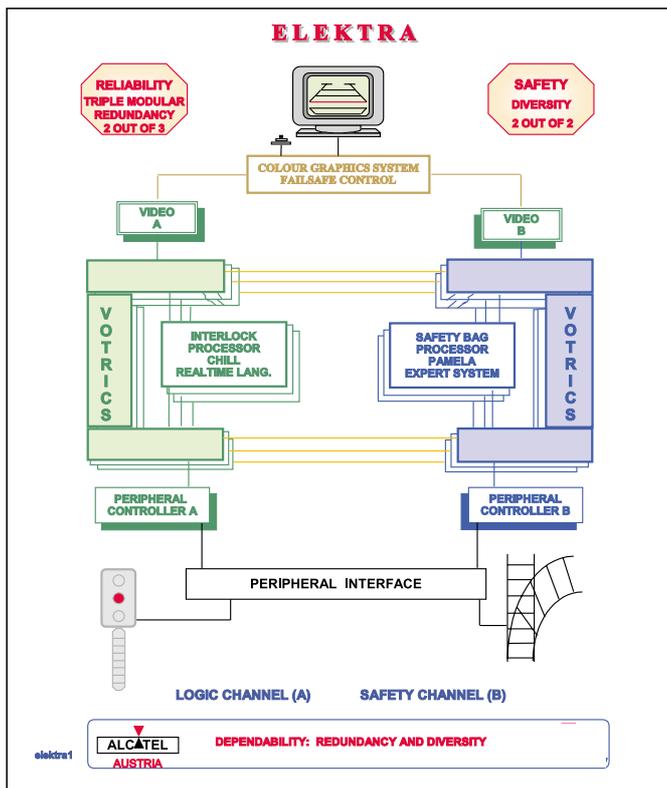


Fig. 3: The architecture of the ELEKTRA system

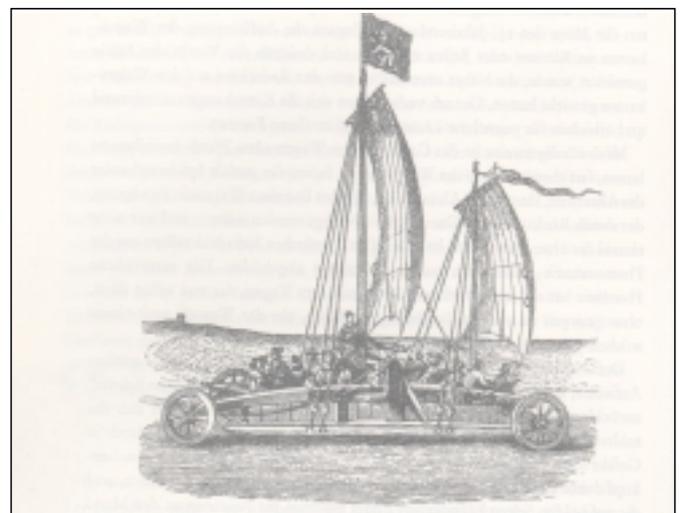


Fig. 4: Stevins Sailing Bus, around 1600, The Netherlands

fifties, with quite another risk perception compared to today, have never been tried – such as railroad engines driven by nuclear power (containing small nuclear reactors inside).

There have been so many wrong forecasts in the past. In 1899, at the turn of the 20th century, journalists and experts proposed future scenarios (in the same manner as last year, 1999). In 1899 linear approaches to technical development were popular (as is still frequently the case). Human flight was becoming feasible, first with gas-filled balloons, then powered winged flight (Wilhelm Kress 1901, the Wright brothers 1903), and the expectation was that within a century each citizen would be able to fly out of his own yard (Figure 5).



Fig. 5: Caricature “Die Presse”, Vienna 1899

Instead, we realize now that increased traffic density is a result of the concept of “individual transportation for everybody”:

To avoid traffic jams and better utilize the existing transport infrastructure (since the transport infrastructure cannot be enlarged indefinitely due to political and budgetary constraints), telematics solutions can help. Such solutions include reliable means to better assess the current situation online, obtain exact traffic flow data as well as number and vehicle types in a whole region (not just at a few single points). Other means of traffic control and supervision include modeling/simulation of the situation and including short term traffic flow forecasting. Many studies had been previously performed of development and characteristics of highway traffic jams at highways, including behavior such as stable position, movement of the traffic jam, and how the traffic jam resolves over time – depending on a set of parameters (Figure 7).

ARCS (Austrian Research Centers) is currently installing a pilot program using a new intelligent sensor system (magnetic field sensor, measuring and using the influence of motor vehicles on the natural magnetic field of the earth at a given point) at a critical area of the A2 highway south of Vienna (Figure 8) which is prone to regular traffic jams each workday morning (which leads to further traffic jams at the so-called “Tangente”, a highway in Vienna). This pilot installation, supported by the ASFINAG (the



Fig. 6: Traffic jam at a highway toll booth

Austrian Highway Building and Maintenance Organization) and the Federal State of Lower Austria (responsible for operation of the streets and highways on its territory), is expected to prove the functionality and reliability of the new system in practice.

The next figure shows the main features of the new system. The magnetic field sensors need not to be installed in the street cover below the road surface like the induction circuits normally used. The advantage of this is that the sensors are not likely to be destroyed within a relatively short time by the pressure and stress factors on the concrete road surfaces. The sensors can be replaced easily without road work (and thus without impact on the traffic) because they can be installed in conduits far below the surface, or on top of traffic signs (“bridges”) over the road or at the road shoulder (Figure 9).



Fig. 7: Traffic jam leads to “zero speed”

Anticipated results:

- separating data from parallel traffic lanes on highways (multiple track correlation),



Fig. 8: A2 highway, location of pilot installation

- measuring vehicle speed (by two measurement points along each lane), and
- identification of non-moving vehicles,
- distinguishing among different types of vehicles (categorizing trucks, passenger cars, etc.),
- lane use identification,

should offer a high level of predictability, since the data are very reliable and not easily disturbed by bad weather conditions. Long-term performance and reliability are expected to be much better than any other method.

The online data are collected by UWEDAT stations normally used in Austria for weather measuring stations under critical climatic and electric conditions and produced by ARCS for that purpose. Eventually, the data will be used for traffic forecasting and modeling (simulating) short-term evolution of traffic and to allow dynamic traffic control (control of access to critical sections of the highway, etc.), current information to drivers, etc. with a greater precision and timeliness than available today.

Problems of traffic jams and environmental problems anticipated in the past

Organizational Concepts to Influence Choice of Transportation Means

Many solutions for today's traffic either try to improve means for individual traffic ("car of the future" – much more comfort, internet-driven, maximum driver information, additional safety control

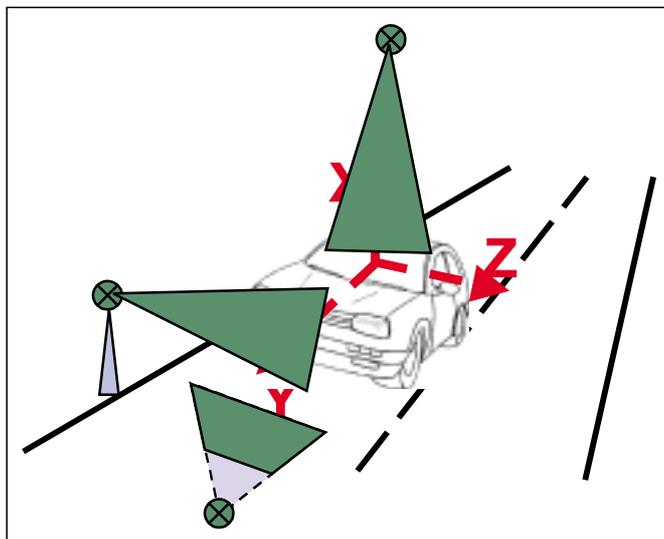


Fig. 9: Magnetic Field Sensor Application

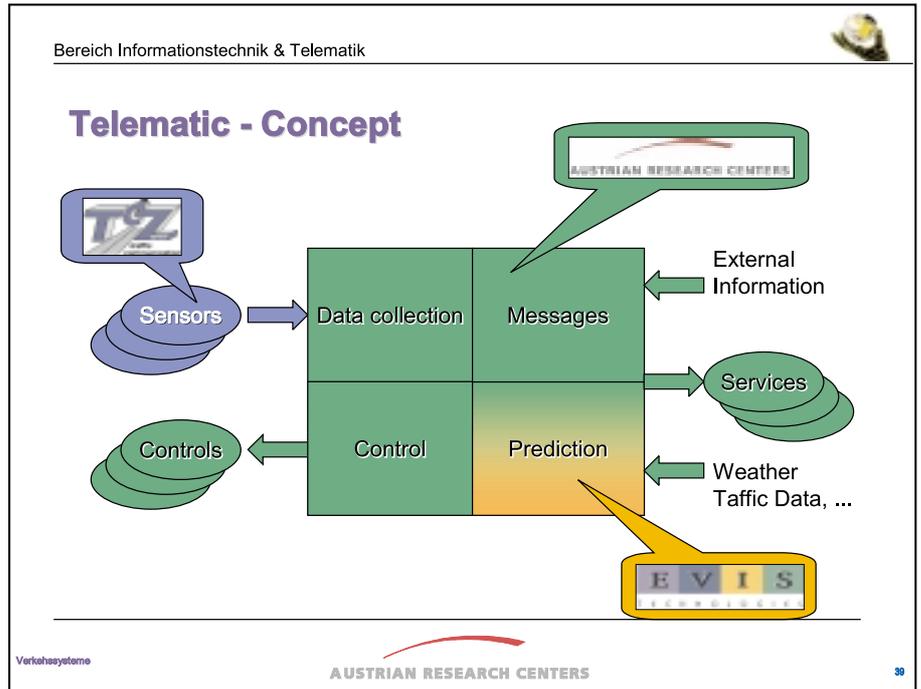


Fig. 10: The Telematics Concept for Dynamic Traffic Control

etc.) or to solve the problem of overloading individual traffic by means of rules, regulations and legal restrictions (especially in cities and nature areas). The often-used ideology of "free choice for free citizens" very often implies only freedom to use the car – not the freedom to use alternative means of transportation because of lack of infrastructure (e.g. very often in rural areas there is little opportunity to use public transport, because railway services have withdrawn from the rural areas and buses are not available). All methods so far to increase taxes on gasoline or to extract extra money from car owners via fixed tariffs for ownership or general highway fees independent of frequency of use are not reasonable tools to control use of individual transportation means: only a genuine road pricing scheme dependent on time, usage, frequency and type of road would be a reasonable method of control (use of roads during peak times should be more expensive than during off-peak hours, etc.). On the other hand, people from rural areas with less access to mass transit should in any case have to pay less than people in cities with good public transportation.

ARCS currently installing pilot program using new intelligent sensor system

There are many ideas to reduce traffic in crowded areas (car sharing, call-bus, group taxis etc.), but few of them have proven to be successful in practice, due to acceptance issues. One of the interesting ideas stems from the Swiss Traffic Club (VCS), the Oekobonus (Environmental Bonus) system. [5].

This program is part of the tax system, can be managed regionally and provides for maximum individual fairness by taking into

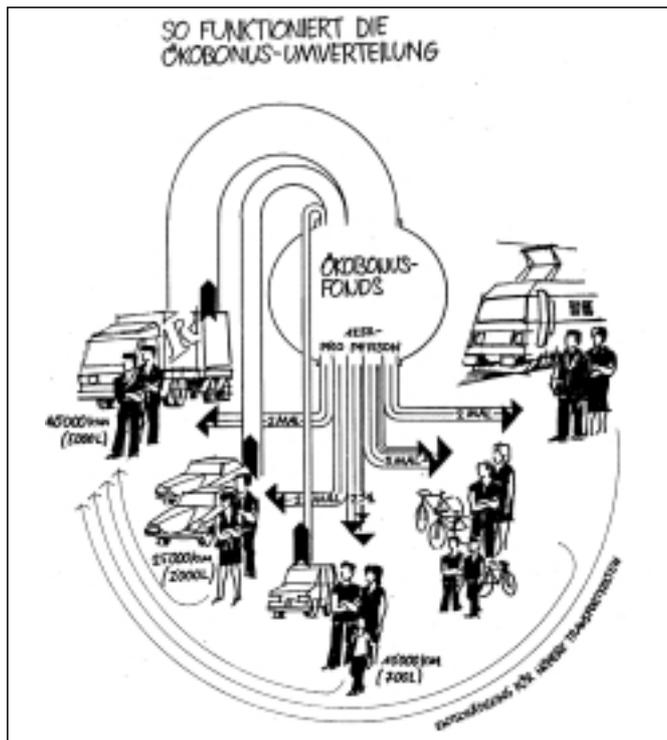


Fig. 11: The Environmental Bonus System (Swiss Traffic Club).

account all the considerations discussed above. It is a flat-rate tax system including all existing transportation fees (Figure 11).

Each person in a region receives the same amount of money resulting from total revenue taken in by taxes, duties, or other fees from car drivers/owners (or any other group/organization subject to this system), so it is neutral and not just an additional tax often misused by government. If a person does not use a car but

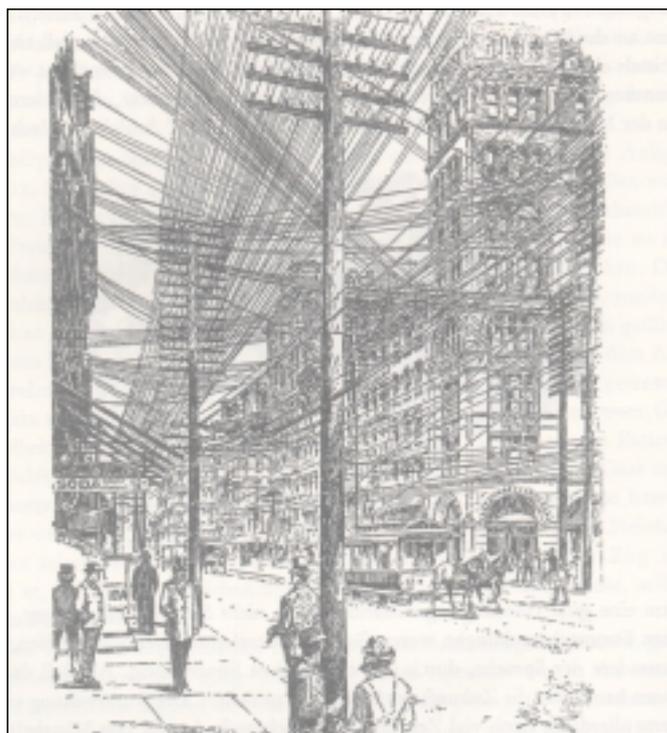


Fig. 12: "Telematic Infrastructure" 1890: New York

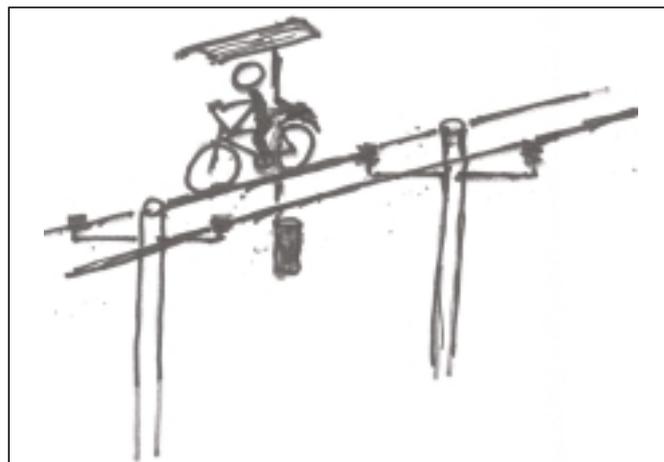


Fig. 13: Patent: How to use Telematic Infrastructure of 1890 as Traffic Infrastructure

instead mass transit or bicycle, the funds are used to cover the transportation cost (and provide a real incentive not to use the car if not absolutely necessary because it is not part of the fixed cost of the car). The fee for vehicle trip use (including trucks, etc.) can be derived from mileage counters built in into motor vehicles and secured against cheating. Transponders might even permit individual road pricing depending on the time and destination of the trip. On the other hand, it would be possible to give more money to people who need it (e.g., due to living far from public transport lines) or to exempt taxis, buses and car sharing organizations from these fees; it is clear that this system allows flexibility. This concept genuinely supports a reasonable use of the car.

Solutions for today's traffic try to improve means for individual traffic

Conclusions – Telematics Solutions ?

As already expressed in the 5th Framework Program explanatory text, Information Technology can contribute a lot not only to a "User-friendly information society" (as referred to in the IST program) but also to "sustainable and competitive growth" (another 5th FP slogan) by providing "soft technology solutions" to many problems. One major line of contribution to traffic problems is to improve/optimize traffic so that limited resources can be used more efficiently. Another major contribution is "traffic avoidance" made possible by the so-called e-technologies (e-commerce, tele-commuting, virtual enterprises, virtual reality) whereby many transportation-dependent activities could be substituted by internet-supported work environments.

This concept can be implemented by employing the telematic infrastructure in a novel fashion. We can already see this happening today, by replacing physical mobility by internet virtuality.

Bibliography

- [1] IEC 61508, Functional Safety of Electrical/Electronic/Programmable Electronic Safety-Related Systems (Part 1 – Part 7) (1998–2000) Part 7: Overview of Techniques and Measures. (IS IEC 61508-7, 2000-01)
- [2] Gerald Sonneck, Erwin Schoitsch, Assessment and Certification of Safety-Critical Digital Architectures – The ACRuDA Project. In: Computer Safety, Reliability and Security, Proceedings of the 18th International Conference SAFECOMP '99, Toulouse, France, 27.–29. Sept. 1999, Lecture Notes of Computer science No. 1698, Springer Heidelberg-New York-London 1999, p. 39–45.
- [3] G. Sonneck, E. Schoitsch, L. Strigini, A Holistic View on the dependability of Software-Intensive Systems. In: W. Ehrenberger (Ed.) Computer Safety, Reliability and Security. Proceedings of the 17th International Conference SAFECOMP 98, Heidelberg, Germany, October 1998. SPRINGER Lecture Notes in Computer Science no. 1516, ISBN 0302-9743, ISBN 3-540-65110-1, Springer Verlag Berlin-Heidelberg-New York 1998, p. 369–379.
- [4] Meine van der Meulen, Definitions for Hardware and Software Safety Engineers, Springer London-Berlin-Heidelberg, 2000, ISBN 1-85233-175-5.
- [5] Bernhart Schneider-Hauptlin, Der Ökobonus. Vorschläge zur Realisierung des Modells. VCS – Verkehrsclub der Schweiz, 1989, CH-3360 Herzogenbuchsee.
- [6] Josef Slezak, Da staunt das Vorsignal, Seltsames von den Eisenbahnen der Welt aus der Sicht der fünfziger Jahre. Published by Josef Otto Slezak Vienna 1988, Wiedner Hauptstrasse 42, A-1040 Vienna. (2nd edition) (ISBN 3-85416-100-X)
- [7] Joachim G. Leithäuser, Die zweite Schöpfung der Welt – Eine Geschichte der großen technischen Erfindungen von heute. Safari Verlag Berlin, 1957.
- [8] Richard Wunderer, Der Sprung von der Erde, Roman um die Wegbereiter des Fliegens. Schönbrunn Verlag Vienna, 1954. Aus der Serie „Wissenschaft und Verkehr“, Published by VCÖ – Verkehrsclub Österreich, Dingelstedtgasse 15, A-1150 Vienna. (email: service@vcoe.at)
- [9] Birgit Niedler, Waltraud Wagner, Mobilität lernen – sicher und umweltbewusst. (ISBN 3-901204-22-9), Vienna 1999.
- [10] Jürgen Brunsig, Birgit Niedler, Willi Nowak, Freizeitmobilität – Umweltverträgliche Angebote und Initiativen. (ISBN 3-901204-16-4), Vienna 1998.

Erwin Schoitsch (erwin.schoitsch@arcs.ac.at) studierte an der TU Wien Technische Physik und Rechentechnik. Er ist seit 30 Jahren im Österreichischen Forschungszentrum Seibersdorf tätig, davon fast die gesamte Zeit auf dem Gebiet der Informationstechnik. Seine Schwerpunkte liegen auf dem Gebiet sicherer und zuverlässiger software-intensiver Systeme und des Qualitätsmanagements bzw. der Prozessverbesserung. Auf diesen gebieten hat er sowohl große industrielle Auftragsprojekte (z.B. den Seibersdorfer Anteil an ELEKTRA) als auch EU-Projekte und EU-Netzwerke (ENCRESS, ESPITI, ISA-EUNET, SPIRE, ACRuDA, OLOS) geleitet oder an diesen mitgearbeitet. Weiters ist er auf dem Gebiet der Normung (IEC Functional Safety, Dependability) und in internationalen Arbeitsgruppen (EWICS TC7) aktiv und hat viele Publikationen verfaßt.



„Geburtsstationen installieren“

Vom langfristigen Denken der Technologiepolitik

Straße gegen Schiene, öffentlicher gegen Individualverkehr, Markt gegen Nachhaltigkeit. An Konfliktlinien im Verkehr mangelt es wahrlich nicht. IT'S T.I.M.E. fragte Ingolf Schädler, was die Politik im Bereich Verkehrstechnologie und Mobilität zu bewegen im Stande ist. Schädler ist Gruppenchef in der Technologiesektion des Bundesministeriums für Verkehr, Innovation und Technologie und für die Technologiepolitik und -programme zuständig.

Was plant Österreich in der Verkehrs- und Transportpolitik und welche Rolle kommt dabei der Verkehrstechnologie zu?

Die Ziele der Verkehrspolitik sind vorgegeben: Reduzierung des Verkehrsaufkommens und ganz stark Nachhaltigkeit. Diese Ziele gilt es zu unterstützen durch eine moderne Verkehrstechnologiepolitik, die immer nur Instrument sein kann. Daraus wird der Bedarf abgeleitet für Forschung und Industrie, und à la longue sollen die aufgezeigten Potenziale durch die Wirtschaft genützt werden. So sollen einerseits neue Produkte und Dienstleistungen entwickelt und andererseits durch die rasche Anwendung dieser Technologien der Wirtschaftsstandort Österreich gestärkt werden.

Wir werden das Auto nicht wegbekommen.
Das ist Ausdruck eines uralten individuellen
Transportbedürfnisses.

Was sind die großen Themen in der Verkehrstechnologie?

Da ist zunächst der ganze Bereich der Telematik im öffentlichen (ÖV) und im Individualverkehr. Das zweite große Thema sind für mich neue Antriebsformen und die Reduktion von Schadstoffen. Und drittens neue Dienstleistungen im organisatorischen Bereich unter Einsatz neuer Techniken, um etwa eine Verkehrsreduktion zu erzielen oder auch die Qualität im Verkehr zu erhöhen. Ich denke an den so genannten Bedarfsverkehr, wo man dank neuer Informationstechnologien sehr schnell Busse anfordern kann. Hier fallen technische und organisatorische Innovationen zusammen.

Wie werden Technologieprogramme ausgearbeitet?

Der moderne Ansatz einer Forschungs- und Technologiepolitik geht von den nationalen Innovationssystemen aus. Das ausreichende Funktionieren dieses Innovationssystems und die

Vernetzung mit anderen, also in erster Linie jenem der Union, ist vorrangige Aufgabe einer Technologiepolitik. Zum Beispiel müssen Einrichtungen und Fonds da sein, die eine objektive Antragsbegutachtung vornehmen.

Dann gibt es strategische Programme, mittels derer man Defizite ortet oder schneller zu Ergebnissen kommen möchte. Typischerweise sind das Fragen der Nachhaltigkeit und der Ökologie, wo der Markt zu kurzfristig denkt, die Politik aber längerfristig wünschbare Ergebnisse anstrebt. Der Rat für Forschung und Technologieentwicklung spricht hier von einer Doppeldividende, d.h. man möchte wirtschaftlichen mit gesellschaftlichem Erfolg kombinieren.



Ingolf Schädler ist Gruppenchef in der Technologiesektion des Bundesministeriums für Verkehr, Innovation und Technologie und für die Technologiepolitik und -programme zuständig

In der Verkehrs- und Infrastrukturforschung kommen sehr verschiedene Disziplinen zusammen. Kommt es da nicht schnell zu einer Polyphonie?

Abstimmungsprobleme gibt es sicherlich, die Polyphonie können wir nicht beseitigen. Wir sind aber dabei, alles, was mit Verkehrsprogrammen zu tun hat, in ein neues System zu fassen.

Ein großes Dachprogramm hat den Vorteil, dass man nicht in ein klein-klein abrutscht so wie national und, was immer wichtiger wird, auch international sichtbar wird. Denn wir dürfen uns nicht der Illusion hingeben, dass wir in Österreich alles neu erfinden. In jedem Technologieprogramm ist heutzutage internationale Zusammenarbeit angesagt.

Man soll auch die Kommunikationswirkung von großen strategischen Technologieprogrammen nicht unterschätzen: Sie ziehen Ideen an, erregen Aufmerksamkeit und lösen Synergieeffekte aus.

Könnten Sie dafür ein Beispiel geben?

Die Industrie entwickelt ein Auto mit einer auf Wasserstoff ausgelegten Brennstoffzelle. Die Mineralölwirtschaft produziert aber keinen Wasserstoff. Überall stehen Vorzeigautos und eine Vorzeigetankstelle, aber es passiert nichts. Deswegen hat die Europäische Kommission neun Pilotprojekte ins Leben gerufen, gemeinsame Plattformen, um festzustellen was zu tun ist.

Ein weiteres Beispiel ist die Verkehrstelematik. Hier besteht eine große Unsicherheit, vor allem weil Anwender und Betreiber fürchten, in technologische deadlock-Situationen mit enormen Kosten zu geraten. Teilweise kennen sie die Technologien bzw. deren Auswirkungen nicht. Wenn etwas im kleinen Maßstab funktioniert, muss dies noch lange nicht im großen der Fall sein. Hier richten wir Plattformen ein, bei denen Anbieter, Betreiber und Servicedienstleister zusammenkommen, um mit Technologie arbeiten zu lernen. Hier versuchen wir auch auszutesten, und das ist die größte Unbekannte, wie der Kunde reagieren wird.

Wir müssen also Geburtsstationen installieren, in denen wir neue Technologien bewerten lernen. Was wird aufgegriffen, was rechnet sich, was wird akzeptiert? So wird eine Basis geschaffen, auf die man weiter bauen kann und die dann idealerweise einen Triggereffekt auslöst.

Der Verkehrspolitik wird oft vorgeworfen, dass sie nur Konzepte entwickeln lässt, die dann wieder in der Schublade verschwinden. Müsste die Politik nicht mehr Farbe bekennen?

Verkehrspolitik ist für Österreich, in der sensiblen geografischen Situation, in der wir sind, eine Herausforderung, aber ich denke auch eine Chance. Das könnte verbessert und verstärkt werden. Unsere Aufgabe ist es, neue Technologien zu fördern, die den Verkehr so „smooth“ und intelligent machen wie nur möglich. Intelligent heißt, neben Zero-Emission-Auto und neuen Antriebssystemen auch ein besseres Supplymanagement, die Verlagerung von Fracht auf die Schiene, vor allem bei großen Distanzen. Dafür ist sehr viel IT nötig, und die Projekte, die wir unterstützen, gehen alle in diese Richtung. Wir haben zum Beispiel den Logistikpool Austria ins Leben gerufen, eine Vereinigung von verladender und transportierender Industrie und der Forschung. Das funktioniert sehr gut.

Aber ist Schiene versus Straße nicht ein ewiges Konfliktfeld?

Wir werden das Auto nicht wegbekommen. Das ist Ausdruck eines uralten individuellen Transportbedürfnisses. Das Auto sollte aber so umweltfreundlich wie möglich betrieben und so produziert werden, dass es Kriterien der Nachhaltigkeit entspricht. Moderne Verkehrspolitik sollte darauf abzielen, solche Gegensätze zwischen Schiene und Straße zu überwinden. Man muss den ÖV attraktiv machen, Schnittstellen bereitstellen, um so fließende Übergänge zu ermöglichen. Das funktioniert schon ganz gut, auch in Wien.

Sie meinen die Tangente?

Aber das ist doch die Ausnahme. Wenn Sie die Verkehrssituation in Wien mit der anderer Großstädte vergleichen, dann muss man sagen, die hätten gem unsere Probleme. Wien hat ein tolles ÖV-System und früh mit Park-and-ride-Angeboten reagiert.

Die Ära, in der der Mensch als Transportfall betrachtet wurde, möglicherweise gar als unangenehme Störung im Betriebsablauf, ist noch nicht allzu lange vorbei.

Und wo liegen die Lösungen im Güterverkehr?

Moderne Speditionsunternehmen sollten das Verkehrsmittel wählen, das am schnellsten, am billigsten und am verlässlichsten ist. Wir müssen in Europa weiter Barrieren abbauen. Das Eisenbahnpaket, bei dem wir zum ersten Mal über Harmonisierung der signaltechnischen Systeme beschlossen und einen Anachronismus hinter uns gelassen haben, ist ja nicht mal ein Jahr alt. Das braucht alles Zeit. Wir sollten vielmehr in Ergänzungen denken: Was ist optimal für eine Strecke? Ich denke, dass Transporteure nicht so verbohrt sind und nur am LKW hängen. Hier muss es neue Modelle von Seiten der Politik geben. Manche Transporte sind sehr zeitkritisch. Da liegt das Risiko voll beim Transporteur. Wenn sie über drei, vier Modi gehen müssen, gehen sie enorme Umschlagsrisiken ein. Das glaubt ihnen kein Mensch, dass sie das immer rechtzeitig schaffen. Ich will keine Bahnen nennen, aber manche Zugverwaltungen sind überfordert, binnen 48 Stunden ein Produkt zuzustellen.

Der Korridor Gedanke scheint mir hier zukunftsweisend, d.h., man errichtet in Europa für Langstreckentransporte entsprechende Korridore mit modernsten Umschlagseinrichtungen.

In Deutschland gibt es ein Verkehrsforum als Diskussionsplattform. Könnte Österreich nicht etwas Ähnliches gebrauchen?

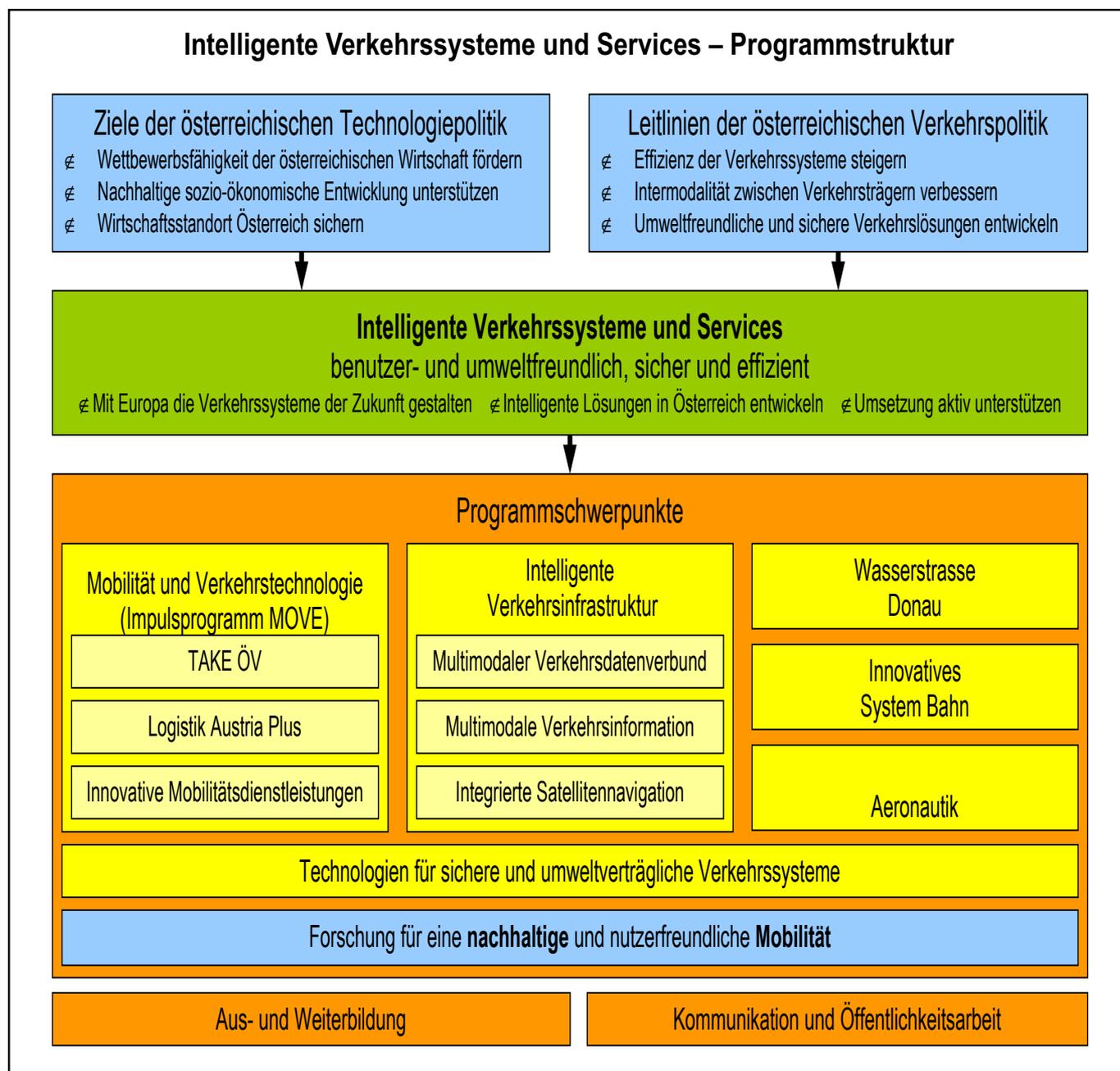
Da haben Sie Recht, da gibt es ein Manko, was die breite öffentliche Diskussion angeht. Wir haben vor, innerhalb dieses Dachprogramms auch eine Kommunikationsschiene zu betreiben. Wir haben gemeinsam mit dem ORF bereits ein erstes Forum, Motion Talk, abgehalten. Aus der Sicht der Verkehrstechnologiepolitik gilt es, Diskurse anzustoßen, verstärkt ins Gespräch zu kommen und eine Feedbackschleife auf der Benutzer-Ebene einzuführen.

gar als unangenehme Störung im Betriebsablauf, ist noch nicht allzu lange vorbei. Um auf den Kunden einzugehen und seine Bedürfnisse zu erfassen, ist noch sehr viel notwendig und möglich, auch im Sinne von Produktsegmentierung. Warum kann ein Zug nicht mit zwei Businessabteilungen inklusive Internetanschlüssen ausgestattet sein, damit die Manager auf dem Weg ins Büro bereits arbeiten können? Was tue ich mit zwei kleinen Kindern acht Stunden lang im Zug? Warum gibt es keine Kinderabteile mit entsprechender Betreuung? Ich würde dafür auch gerne bezahlen. Man wir noch kundenorientierter werden müssen.

Das heißt, Verkehr und Verkehrstechnologie müssen auch kundenorientierter werden?

Wir sind noch nicht am Ende der Fahnenstange. Die Ära, in der der Mensch als Transportfall betrachtet wurde, möglicherweise

Die Fragen stellte Oliver Hochadel.



Nur mit dem Auto hat Mobilität Zukunft

Ökonomisch notwendig, individuell wünschenswert

Hans Peter Lenz

Institut für Verbrennungskraftmaschinen und Kraftfahrzeugbau der TU Wien



Mobilität – weite Strecken schnell und mit geringer Mühe zurückzulegen – ist ein uralter Wunschtraum der Menschheit. Die Entwicklung ging über Reiter, Kutsche, Bahn, Auto bis zum Flugzeug.

Selbst in Märchen repräsentierte sich dieser Wunsch in Gestalt des „fliegenden Teppichs“ oder der „Siebenmeilenstiefel“.

Heute ist dieser Wunsch für praktisch alle Menschen in den Industrieländern Realität. Nichts erfüllt diesen Wunsch aber besser als das Auto!

Verweigerung der Mobilität erweckt stets Widerstand. Man denke an die Reisebeschränkungen in den ehemaligen Ostblockstaaten. Verweigerung der Mobilität wird generell als Strafe angesehen. In den demokratischen Ländern hat sich stets das Prinzip der Bewegungsfreiheit durchgesetzt, zuletzt repräsentiert durch das Schengener Abkommen.

Neben dem Wunsch nach Mobilität besteht aber auch heute eine Anforderung nach Mobilität. Unsere arbeitsteilige Industrielwelt verlangt Gütertransporte. Industriegüter können nicht an beliebigen Orten unserer Industriegesellschaft wirtschaftlich produziert werden. Die erforderlichen Stückzahlen bedingen eine Konzentration der Fertigung auf die jeweils am besten geeigneten Standorte. Das Gleiche gilt für landwirtschaftliche Produkte. Es ist nicht sinnvoll, überall das Gleiche zu produzieren, sondern dort, wo die Umweltbedingungen am besten sind, werden die geeigneten Produkte erzeugt und anschließend verteilt.

In den meisten Fällen ist ein Kraftfahrzeug das beste Gütertransportmittel! Die freie Wahl des Arbeitsplatzes, der Wohnung, des Einkaufsortes, der Wunsch nach Wohnen im Grünen erfordert entsprechende Personen-Transportleistungen. Die Hobbys der heutigen Zeit, die Freizeitgestaltung und das Reisen sind untrennbar mit individuellen Personentransporten verbunden.

Insbesondere die Bedeutung der Benutzung des Autos in der Freizeit wird weiter zunehmen, da die Freizeit steigt, die Lebensarbeitszeit kürzer und die Lebenserwartung länger wird.

Mit keinem Verkehrsmittel sind die Freizeitbedürfnisse besser zu erfüllen als mit dem Auto. Denken wir an den Transport von Freizeitzubehör: Tennisschläger, Golfbags, Surfbretter, Paragliders, Fahrräder, Angeln, Musikinstrumente etc.

Mobilität und Wohlstand sind untrennbar miteinander verbunden, ein Zusammenhang, der sich empirisch eindeutig belegen lässt. Daher können folgende Aussagen formuliert werden:

1. **Mobilität ist Wunsch der Bürger und Erfordernis der Wirtschaft.**
2. **Mobilität ist Folge und Voraussetzung von Wohlstand.**

Die Mobilitätswünsche und Erfordernisse sind am leichtesten mit dem Auto erfüllbar. Aus den vorgenannten Gründen sind sowohl im Personenverkehr als auch im Güterverkehr steigende individuelle Transportleistungen zu erwarten. Das Auto wird noch mehr als bisher zum Transportmittel Nummer eins werden.

Daher muss die Verkehrsorganisation verbessert werden. Derzeit rollen rund 500 Millionen Autos um den Globus. In jedem Jahr kommen rund 36 Millionen neue hinzu, und die Produktionskapazitäten werden weiter ausgeweitet. So wird z.B. China noch in diesem Jahrzehnt über 1 Million und Korea 7 Millionen Autos pro Jahr bauen. In den USA sind 60 Autos pro 100 Einwohner zugelassen, in der EU fast 50. Weltweit gesehen können wir derzeit mit etwa 10 Autos pro 100 Einwohner rechnen.

Da anzunehmen ist, dass mit zunehmendem Wohlstand in allen Ländern etwa die gleiche Zahl von Autos pro Einwohner sich einstellen wird, hängt die Gesamtzahl der Autos mit der Zahl der Einwohner – den erforderlichen Wohlstand vorausgesetzt – eng zusammen.

Im Jahr 2050 werden 10 Milliarden Menschen auf der Erde leben, und wir können mit 2 bis 3 Milliarden Autos rechnen. Diese werden sich allerdings gleichmäßiger auf der Erde verteilen als heute. Durch entsprechend strenge Vorschriften betreffend Emissionen und Sicherheit wird dies umweltverträglich möglich sein.

Die Kostenwahrheit auf den Tisch!

Zur Zukunft von Verkehr und Mobilität

Gerd Sammer
Universität für Bodenkultur



Mobilität und Verkehr sind ambivalent. Unter Mobilität verstehen wir die Sonnenseite des Begriffs: das Gefühl von Freiheit; den Raum schnell und mühelos zu überwinden, beweglich zu sein, um an beliebigen Orten seinen Bedürfnissen nachzugehen. Der Begriff Verkehr dient eher dazu, die Schattenseiten

aufzuzeigen: Verkehrsstau, Verkehrshölle, Transitverkehr, Verkehrslärm. Wer die Zukunft des Verkehrs analysiert, muss beide Seiten betrachten. Und: Verkehr und Mobilität sind nicht nur Autoverkehr, sondern auch der nichtmotorisierte, der öffentliche, der Bahn- und Flugverkehr.

Betrachtet man die Aufteilung der in Österreich zurückgelegten Wege, so werden heute rund 32 Prozent zu Fuß oder mit dem Fahrrad und 17 Prozent mit dem öffentlichen Verkehr zurückgelegt – beides mit abnehmender Tendenz. Der motorisierte Individualverkehr hat einen Anteil von 51 Prozent, Tendenz steigend. Ein Vergleich mit den USA zeigt, was auf uns zukommt, wenn wir so weitermachen. Dort hat der Autoverkehr 89 Prozent, während etwa der öffentliche Verkehr 4 Prozent ausmacht (Stand 1995).

Wenn man als Maß die von Politikern und Lobbygruppen genannte Formel anwendet, dass wachsende Mobilität gleich wachsender Wohlstand ist, könnten wir zufrieden sein. Dies ist aber eine unzulässige Vereinfachung, da alle Auswirkungen bewertet werden müssen.

Nach einer Studie an der TU Graz betragen die volkswirtschaftlichen Kosten in Österreich für einzelne Folgewirkungen des Verkehrs: Unfälle: 0.07 Euro/Kfz-km, Emissionen: 0.10 Euro/Kfz-km, Lärm: 0.05 Euro/Kfz-km. Insgesamt waren dies im Jahr 2000 mehr als 15 Mrd. Euro.

Mobilität hat also auch negative Folgen. Die Vor- und Nachteile der einzelnen Verkehrsmittel sind aber sehr unterschiedlich verteilt:

- Nichtmotorisierter Verkehr ist umweltfreundlich, aber bezüglich Reichweite und Geschwindigkeit ungünstig; der motorisierte Individualverkehr liegt bezüglich Abgasen und Lärm am ungünstigsten, hat aber bei Reichweite, Tür-zu-Tür-Geschwindigkeit und Bequemlichkeit die größten Vorteile.

- Die „Nutznießer“ der Vorteile des Autoverkehrs und die „Bezahler“ der Nachteile sind in der Regel nicht dieselben: z.B. „zahlt“ die Bevölkerung eines Dorfes an der Autobahn durch Beeinträchtigung der Lebensqualität die Lärmkosten für die vorbeifahrenden „nutznießenden“ Autofahrer.
- Im Verkehr existiert keine Kostenwahrheit. Der volkswirtschaftliche Kostendeckungsgrad des Straßenverkehrs liegt bei 44 Prozent, der des Schienenverkehrs bei 60 Prozent. Es gibt aus volkswirtschaftlicher Sicht kein kosteneffizientes Verkehrsverhalten, sowohl im privaten wie auch im Wirtschaftsverkehr.

Wie kann man eine nachhaltige und umweltverträgliche Mobilität sicherstellen? Es gibt kein einzelnes Wundermittel, weder technologisch (häufig wird hier die Telematik gepriesen) noch ordnungspolitisch. Nur ein Bündel von Maßnahmen, die dieselben nachhaltigen verkehrspolitischen Ziele verfolgen, führt zu Lösungen:

- Bewusstseinsbildung für eine verantwortungsvolle Verkehrspolitik bei allen Akteuren: Politikern, Verkehrsexperten, Medien, Interessenvertretern und Verkehrsteilnehmern.
- Herstellung von Kostenwahrheit für alle Verkehrsmittel. Verkehr darf nicht weiter ein „Diskontprodukt“ sein. Dies ist ein unpopuläres, aber notwendiges Vorgehen und heißt im Klartext, dass Mobilität für den Verkehrsteilnehmer teurer werden soll.
- Nutzung aller organisatorischen und technischen Möglichkeiten, um das Verkehrsangebot zu verbessern und die negativen Auswirkungen zu minimieren. Die Maßnahmen dürfen nicht mehr „produktorientiert“ die einzelnen Verkehrsmittel betrachten, sondern müssen „lösungsorientiert“ sein: benötigt werden Mobilitätsdienstleistungen als Tür-zu-Tür-Angebot.
- Nutzung der effizienzsteigernden Effekte der Marktwirtschaft unter klaren ordnungspolitischen Rahmenbedingungen, welche die ökologischen, ökonomischen und sozialen Regeln konsequent definieren und kontrollieren.

Die heutige Verkehrspolitik verfolgt nichts von alledem. Sie betreibt punktuelle Symptombekämpfung.

Schon publiziert

Zum Thema Mobilität:

M. Mann, M. Haigis: Numerical Investigation of the Ventilation and Thermal Comfort in a Commuter Train. Proc. 3rd MIRA International Vehicle Aerodynamics Conference. Rugby, UK 2000

P. Maurer: Visualisierung des Unfallgeschehens in einem GIS. Tagungsband GIS in Verkehr und Transport. Heidelberg 2000

G. Sammer, P. Maurer, K. Mensik, W.J. Berger: Machbarkeitsstudie für die Einführung von Sonderfahrstreifen für mehrfach besetzte Kraftfahrzeuge. Universität für Bodenkultur Wien 2000

Akademische Qualifikationen:

Thomas Bauer: Einsatz von hochauflösenden Satellitenbildern zur Analyse urbaner Strukturen. Dissertation. TU Wien 2001

Barbara Beigl: Produktfindung im Dienstleistungsbereich mit Hilfe bibliometrischer Methoden. Diplomarbeit. TU Wien 2000

Rene Buchmüller: Entwicklung eines automatischen SAR-Messsystems. Diplomarbeit. Fachstudiengang für Elektronik Wien 2001

Ditha Götzl: Das Produktfindungsprojekt des Österreichischen Forschungszentrums Seibersdorf. Diplomarbeit. Universität Wien 2000

Längerfristig Interessantes von ARCS/ar-Mitarbeitern:

Thomas Burger, Karl Kaser: Integration durch Kompetenz: Das Life Tool Projekt
URL: http://arcss03.arcs.ac.at/0xac8d203_0x0007429b, ORF Wien 2001

W. Enders, C. Halter, P. Wurm: Gefahren für PV-Anlagen durch die Umgebung und solche, die von PV-Anlagen ausgehen können. 16. Symposium Photovoltaische Solarenergie. Staffeldstein 2001

Shuren Li, Markus Peck-Radosavljevic, Elisabeth Koller, Franz Koller, Klaus Kaserer, Anna Kreil, S. Kapiotis, A. Hanwi, Herbert A. Weich, Peter Valent, Peter Angelberger, Robert Dudczak, Irene Virgolini: Characterization of I-23-Vascular Endothelial Growth Factor-Binding Sites Expressed on Human Tumor Cells: Possible Implication for Tumor Scintigraphy. Int. J. Cancer Vol.9, p. 789-796, 2000



Grazyna Mozdzen, Krystyna Spiradek-Hahn, Hans Lichtl, Christoph Schmidt: Werkstoffkundliche Untersuchungen an Ni-Druckplatten und Ballardhäuten zur Produktionskontrolle und Produktionsoptimierung in der Österreichischen Staatsdruckerei. Quartalsbericht OEFZS-W-0094. ARCS 2001

Konrad Mück, Merita Sinojmeri, Heinz Wihlidal, Ferdinand Steger: The long-term decrease of 90Sr availability in the environment and its transfer to man after a nuclear fallout. In: Radiation Protection Dosimetry Vol. 94, Nr. 3, 2001

K. Schulmeister, G. Sonneck, H. Hödlmoser, F. Rattay, J. Melerio, D. Sliney: Monte Carlo Simulation of the Probability of Hazardous Human Exposure from Space Based Lasers. Technical Digest, ILSC 200. Laser Institute of America, San Diego 2001

L.P.M. Van Velzen, L. Tamboer, M. Dionisi, J.J. Delepine, A. Morales, H. Steinmetz, P. Borgermans, J. Neubauer, S.R. Daish: Quality assurance and quality control of low and medium-level radioactive waste packages. In: Nuclear science and technology (EUR-19615 EN). European Commission Luxembourg 2001

Eva Wilhelm: Somatic embryogenesis in oak (*Quercus* spp.). In Vitro Cell. Dev. Biol. Plant Vol. 36, Nr. 5, 2000

Rückmeldungen (Feedback)

Was nicht geregelt wird, läuft außer Kontrolle. Liebe Leserin, lieber Leser – Sie sind unsere Kontrollinstanz. Wir möchten Sie motivieren, Sie herausfordern, uns zu schreiben: Ihre Meinung zu unseren Texten und Thesen und eigene innovative Ideen in Kurzform.

Das kann nun erst im nächsten Heft funktionieren. Als Anreiz dafür möchten wir Sie zu einem Spiel einladen. Senden Sie uns die Antworten auf die unten stehenden 5 Fragen zu, einschließlich Ihrer Bewertung unseres Heftes. Und kreuzen Sie Ihren Wunsch an – wir verlosen 10 Preise.

- 1) Welcher Problembereich wird von der EU-Verkehrspolitik derzeit **nicht** betrachtet?
 - a) Nahverkehrssysteme
 - b) Flugverkehrsmanagement
 - c) Telearbeit zur Verkehrsvermeidung

- 2) Zur Analyse des Verkehrsaufkommens sollte man ermitteln (mehrere Antworten möglich):
 - a) gefahrene Geschwindigkeit
 - b) Art des Fahrzeugs
 - c) Anzahl der in das System ein- bzw. ausfahrenden Fahrzeuge

- 3) Welche der folgenden drahtlosen Technologien können innerhalb eines Fahrzeugs eingesetzt werden?
 - a) Firewire
 - b) Bluetooth
 - c) UMTS

- 4) Welche Zugkräfte (in MegaPascal) hält ein Aluminium-Querlenker aus?
 - a) 100
 - b) 300
 - c) 1000

- 5) Öffentlich finanziert Individualverkehr – das Oekobonus-System: aus welchem Land kommt es?
 - a) Österreich
 - b) Kuwait
 - c) Schweiz

- 6) Wie hat Ihnen das Heft insgesamt gefallen?
 - a) schlecht
 - b) mäßig
 - c) gut
 - d) sehr gut

- 7) Wieviel aus dem Heft haben Sie gelesen?
 - a) weniger als 10%



- b) 10–40%
 - c) 40–70%
 - d) fast alles
- 8) Welcher Beitrag war besonders gut?

 - 9) Welcher Beitrag war besonders schlecht?

 - 10) Was fehlt noch? (1 Satz)

Schicken Sie die Antwort per e-mail bis 30.9.2001 an:
itstime@arcs.ac.at

Unter den richtigen Antworten auf die Fragen 1 bis 5 verlosen wir einen ersten Preis:
 eine Schiffsreise Wien-Budapest-Wien für 2 Personen
 und dazu weitere Preise aus dem „Fundus“ von ARCS:
 T-Shirts, Uhren, Mouse-Pads.

Auf Wiederlesen im November 2001

CHEFSACHE

Konferenzen, Ereignisse und Reiseziele

23.–25. August 2001

Alpbacher Technologiegespräche 2001

Wissen, Wissenschaft und Technologiennetze – Vision und Wirklichkeit

Alpbach

Kontaktadresse: Claudia Klement

claudia.klement@arcs.ac.at

<http://www.forum-alpbach.at>

29. August – 1. September 2001:

41th Congress of the European Regional Science Association
European Regional Development Issues in the New Millennium
and Their Impact on Economic Policy

Zagreb

Kontaktadresse: Mrs. Nives Barbalic-Bolaric

nbolaric@hgk.hr

<http://hgk.hr/ers41>

3.–7. September 2001

2. Tribologie-Weltkongress

Wien

Kontaktadresse: Andreas Merstallinger

andreas.merstallinger@arcs.ac.at

25.–28. September 2001

31. Jahrestagung der Gesellschaft für Informatik / Jahres-
tagung der Österreichischen Computer Gesellschaft

Informatik 2001: Network Economy

Wien

Kontaktadresse: Cosima Boller

boller@ifs.univie.ac.at

<http://www.informatik2001.at>

17.–20. Oktober 2001

Innovations for an e-Society

Challenges for Technology Assessment

Berlin

Kontaktadresse:

<http://www.itas.fzk.de/e-society>

Titel: IT'S T.I.M.E.

Untertitel: Technology, Innovation, Management, Engineering.

Ein interdisziplinäres Journal für die angewandten Wissenschaften

ISSN:

Jahrgang/Ausgabe: Heft 1 / 1. Jahrgang 2001

Herausgeber:

Österreichisches Forschungszentrum Seibersdorf GmbH

Günter Koch, Geschäftsführer

Redaktion:

Volkmar Haase, Chefredakteur

Ingrid Divis, Josef Fröhlich, Oliver Hochadel, Peter Menasse, Daniela Niegl, Anton Plimon, Friedrich Ranz, Wolfgang Renner, Andrew Smith, Roman Tronner, Alexander Welzl, Wolfgang Wallner, Eva Maria Wutte

Layout: Wolfgang Renner

Druck:

Wissenschaftlicher Beirat:

Herbert Allgeier, Brüssel

John Favaro, Pisa

Robert Hastings, Wallisellen

Helmut Kaufmann, Ranshofen

Erich Kny, ARCS

Gerhard Maleiner, ARCS

Walther Richter, Genf

Ursula Schneider, Graz

Erwin Schoitsch, ARCS

Philipp Steger, Washington

Christian Steinmann, Graz

Tibor Vamos, Budapest

Heimo Zinko, Nyköping

IT'S T.I.M.E.

erscheint 4-mal pro Jahr. Wir publizieren Originalveröffentlichungen aus den angewandten Natur-, Technik-, Sozial- und Wirtschaftswissenschaften in englischer oder deutscher Sprache. Jedes Heft ist einem fachübergreifenden Thema gewidmet.

Unter www.arcs.ac.at/itstime finden Sie alle Beiträge dieses Heftes im pdf-Format sowie zusätzliche Hinweise auf interessante Websites und aktuelle Literatur zum Heftthema.

Die nächsten Hefte haben folgende Leitthemen:

Herbst 2001 (Termin für die Einreichung von Beiträgen: 31.8.2001): Innovationsnetze

Winter 2002 (Termin für die Einreichung von Beiträgen: 31.11.2001): Wissensmanagement

Bitte senden Sie Beiträge in elektronischer Form an: itstime@arcs.ac.at



Angewandte Wissenschaft ist interdisziplinär. Fast alle wissenschaftlichen Vorhaben, die Lösungen für die Praxis erarbeiten, benötigen die Kooperation unterschiedlicher Disziplinen. Physikalische Erkenntnisse werden von Ingenieuren in Verfahren verwendet, für deren realen Einsatz Manager zuständig sind. Biologen erarbeiten Ergebnisse, die Mediziner oder Umweltspezialisten in ihren Gebieten umsetzen. Die großen multidisziplinären und wirtschaftsorientierten Forschungszentren sind die Brutstätten für solche integrative Problemlösungen.

Wissenschaftliche Erkenntnisse werden publiziert. Organe sind Fachzeitschriften der einzelnen Disziplinen. Wer Problemstellungen aus der Sicht verschiedener Disziplinen betrachten will, muss viele verschiedene Zeitschriften lesen. Ein interdisziplinäres Projektteam muss sich entscheiden, wo es veröffentlicht und wo nicht.

IT'S T.I.M.E. füllt eine Lücke. Es ist das Fachjournal für Naturwissenschaftler, Ökonomen und Ingenieure, in dem neue, konkrete, fachübergreifende Forschungs- und Entwicklungsergebnisse veröffentlicht werden. Es ist das Medium für Wissenschaftler, die über ihren eigenen Tellerrand hinaussehen, für Führungskräfte der Wirtschaft, für Journalisten, für Politiker und für die interessierte Öffentlichkeit. Hier können sie sich fundiert, kompakt und umfassend über alle jene Fragen aktuell informieren, die nicht nur einem Fachgebiet zuzuordnen sind.

In den ersten Ausgaben von IT'S T.I.M.E. beschäftigen sich Wissenschaftler des Österreichischen Forschungszentrums sowie anderer angewandter Forschungsinstitutionen mit Themen wie Mobilität, Wissensmanagement, Globalisierung. Dies aus den Sichtwinkeln Technologie, Innovation, Management und Engineering. Innovation heißt hier „Ideen“, Management heißt „Projekte“, „Engineering“ heißt „Verfahren“, und „Technologie“: „Produkte“.

IT'S T.I.M.E. wird von ARCS, dem österreichischen Forschungszentrum redigiert. Die Autoren sind Mitarbeiter von ARCS, ebenso wie die unserer Partner, aber auch von Konkurrenten und von „Vorbildern“, in der Wirtschaft und an Universitäten, in Österreich, europaweit und weltweit. Das Journal ist offen für Beiträge der europäischen angewandten Forschung. Sprache ist deutsch oder englisch. Zu der quartalsweise erscheinenden gedruckten Auflage gibt es auch eine Internet-Edition.



Wissen schafft **Zukunft**

Das **Wissens**unternehmen.

Messbare Ergebnisse schaffen, Wissen erarbeiten und anwenden: Die Austrian Research Centers (ARCS) sind Österreichs größtes Forschungsunternehmen, eine kreative und effiziente Kooperation von Natur-, Wirtschafts- und Sozialwissenschaften. Die ARCS messen sich und ihre Leistungen an Resultaten, an Patenten und Publikationen. Ihre vorrangigen Ziele sind dabei Sicherung und Ausbau des Wirtschaftsstandorts Österreich im internationalen Wettbewerb.



AUSTRIAN RESEARCH CENTERS

SEIBERSDORF

E-mail: seibersdorf@arcs.ac.at, Web: <http://www.arcs.ac.at>