

# Technologiekompetenz Verkehr in Österreich



**Im Fokus:**  
Ausgewählte Projekte aus dem Strategieprogramm  
Intelligente Verkehrssysteme und Services



#### **Bisher erschienene Ausgaben:**

Technologiekompetenz Verkehr in Österreich - Im Fokus  
Band 1: Wasserstoff- und Brennstoffzellen, 2007 (deutsch/englisch)  
Band 2: Transport Fuels, 2008 (nur in englisch)

## **IMPRESSUM**

Eigentümer, Herausgeber und Medieninhaber  
Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie – BMVIT  
A-1010 Wien, Renngasse 5

Für den Inhalt verantwortlich:  
Abteilung Mobilitäts- und Verkehrstechnologien  
Leitung: Mag.<sup>a</sup> Evelinde Grassegger  
Leitung-Stv.: Dr. Andreas Dorda

Redaktion:  
DI(FH) Andreas Blust, BMVIT  
Peter Kudlicza, Chefredakteur GSVmagazin  
Österreichische Gesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen

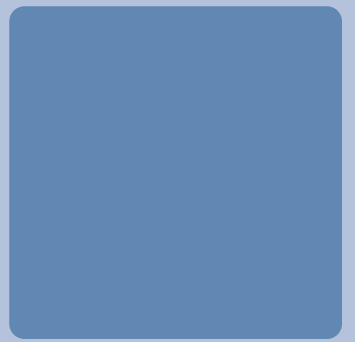
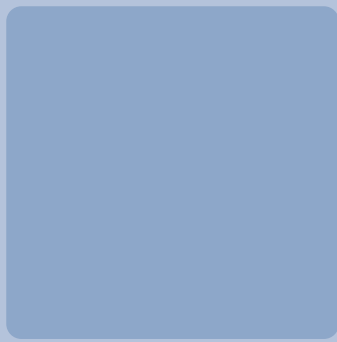
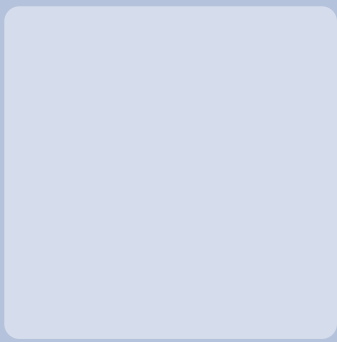
Produktion:  
Projektfabrik Waldhör KEG, A-1180 Wien,  
Währinger Straße 121/3

Fotos und Abbildungen:  
Projektpartner des bmvit, Projektfabrik

## INHALTSVERZEICHNIS

Vorwort .....	5
Technologiekompetenz Verkehr in Österreich .....	7
Strategieprogramm IV2S – Intelligente Verkehrssysteme und Services .....	8
Programmlinie A3 – Austrian Advanced Automotive Technology .....	9
Programmlinie I2 – Intelligente Infrastruktur .....	10
Programmlinie ISB – Innovatives System Bahn .....	11
IV2S Ergebnisse .....	12
Projekte Programmlinie A3 .....	14
Projekte Programmlinie I2 .....	36
Projekte Programmlinie ISB .....	60
Kontakt & Information .....	83





## VORWORT

Gesellschaftliche, wirtschaftliche und technologische Entwicklungen stellen immer komplexere Anforderungen an das Verkehrssystem und seine Leistungsfähigkeit. Neue Technologien und Innovationen können einen wichtigen Beitrag zur Gestaltung einer zukunftsfähigen intelligenten Mobilität leisten und eröffnen dem Verkehrstechniksektor neue wirtschaftliche Chancen. Gerade dieser Sektor ist einer der erfolgreichsten in Österreich. Die Wirtschaft profitiert nicht nur von einem effizienten Verkehrssystem, sondern auch durch neue Produkte und Dienstleistungen und verbessert dadurch insgesamt die Wettbewerbsfähigkeit des Standorts.

Die Nutzung neuer Technologien z.B. zur Lösung verkehrsbedingter Umweltprobleme hat in Österreich eine lange Tradition und liegt auch darin begründet, dass diese beiden Kompetenzbereiche Verkehr und Infrastruktur sowie Technologie und Innovation in einem Ministerium zusammengefasst sind und dadurch frühzeitig Synergien genutzt werden konnten. Dieser politikfeldübergreifende Ansatz wurde in den thematischen F&E-Förderungsprogrammen der letzten 10 Jahre, wie „move“ (Mobilität und Verkehrstechnologie), „IV2S“ (Intelligente Verkehrstechnologien und Services) verankert. Die adressierten Forschungsthemen leisten einen wesentlichen Beitrag zur Erreichung einer „Doppeldividende“ im ökonomischen wie im ökologischen Sinne.

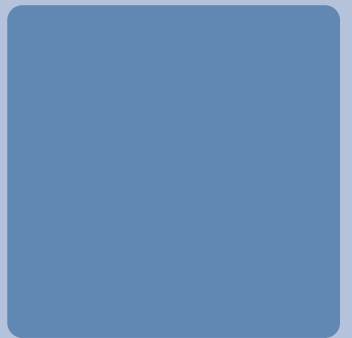
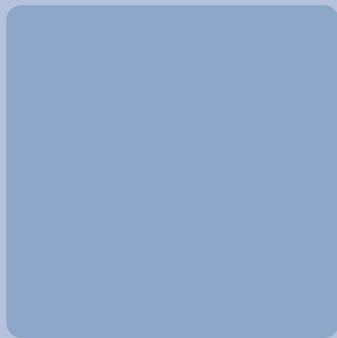
In der vorliegenden Ausgabe der Schriftenreihe „Technologiekompetenz in Österreich“ wird ein Überblick über erfolgreiche Projekte aus dem ausgelaufenen Forschungs- und Technologieprogramm „Intelligente Verkehrssysteme und -Services“ (2002-2006) gegeben. Diese Broschüre stellt den aktuellen Forschungs- und Technologiestatus der österreichischen Verkehrstechnologie in den vom bmvit schwerpunktmäßig geförderten Themen dar und gibt ein Bild von der hohen Kompetenz der österreichischen Verkehrstechnikindustrie.

Wir sehen uns damit auch im Einklang mit den Zielen der Europäischen Forschungs- und Technologiepolitik und der Verkehrspolitik – denn die Herausforderungen der Zukunft sind nur gesamteuropäisch lösbar.

### **CHRISTA KRANZL**

Staatsekretärin im Bundesministerium für Verkehr,  
Innovation und Technologie





# TECHNOLOGIEKOMPETENZ VERKEHR IN ÖSTERREICH

Mit dieser neuen Schriftreihe „Technologiekompentz Verkehr in Österreich“ möchte das Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie (bmvit) zu strategischen Forschungsthemen im Verkehr einen Überblick über den aktuellen Stand der Entwicklungen in Österreich geben. Im Zentrum stehen dabei die Forschungsergebnisse aus den Förderprogrammen und Förderinstrumenten des bmvit. Um einen umfassenden Überblick geben zu können, werden in die Darstellung auch österreichische Projekte aus europäischen und internationalen FTE-Programmen einbezogen sowie dem bmvit bekannte, weitere FTE-Aktivitäten und Maßnahmen zur Unterstützung der Entwicklungen in diesen technologischen Themenfeldern präsentiert.

Zielsetzung dieser Schriftenreihe ist es, für Österreichs ForscherInnen den aktuellen FTE-Stand von wichtigen Forschungsthemen in kompakter Form zu dokumentieren und auf internationaler Ebene den gewählten österreichischen Technologieansatz und das österreichische Know-How zu präsentieren. Darüber hinaus sollen einer breiten Öffentlichkeit Informationen zu technologischen Spitzenleistungen auf dem Gebiet des Verkehrs zugänglich gemacht werden.

## **Evelinde Grassegger**

Leiterin der Abteilung Mobilität und Verkehrstechnologien



# STRATEGIEPROGRAMM

## IV2S – Intelligente Verkehrssysteme und Services

Im Rahmen der Technologieoffensive wurde im Jahr 2002 für eine Laufzeit von 5 Jahren das Forschungs- und Technologieprogramm „Intelligente Verkehrssysteme und Services (IV2S) eingerichtet. Unter Berücksichtigung der Stärkefelder der österreichischen Industrie-Forschungs- und Innovationslandschaft setzte das Strategieprogramm IV2S in ausgewählten Themen und Technologien im Verkehrsbereich strategische Schwerpunkte. Im Sinne einer Doppeldividende wurde mit IV2S ein doppelter Nutzen in wirtschaftlicher und gesellschaftlicher Hinsicht verfolgt; einerseits sollte durch Forschung und technologische Entwicklung der Kompetenzaufbau eines Schlüsselsektors erhöht und durch die Eröffnung neuer Innovationspotentiale die Wettbewerbsfähigkeit gesteigert werden; andererseits soll durch innovative Lösungen ein Beitrag für eine moderne Verkehrs- und Umweltpolitik geleistet werden.

Unterstützt wurden:

- die Erzielung von Technologiedurchbrüchen
- die Bündelung der universitären, außeruniversitären und industriellen Forschung
- internationale Vernetzung
- die Demonstration und Implementierung neuer technologischer Lösungen
- Projekte, die eine effiziente, sichere, umweltverträgliche und nutzergerechte Gestaltung des Verkehrs der Zukunft unterstützen



Strategieprogramm  
**IV2S Intelligente Verkehrssysteme und Services**  
 2002 – 2006

Programmlinie <b>A3 – Austrian Advanced Automotive Technology</b>	Programmlinie <b>I2 – Intelligente Infrastruktur</b>	Programmlinie <b>ISB – Innovatives System Bahn</b>
--	---	---

	Geförderte Projekte	Fördervolumen	Projektvolumen
Insgesamt	263	52,9 Mio. €	107 Mio. €

Kontakt:  
 Mag.<sup>a</sup> Evelinde Grassegger, evelinde.grassegger@bmvit.gv.at



## PROGRAMMLINIE

### A3 – Austrian Advanced Automotive Technology

Das Impulsprogramm A3 ist strategisch ausgerichtet auf die Stärkung und Weiterentwicklung der international anerkannten Kompetenz Österreichs im Bereich der automotiven Industrie. Komplementär zu den Forschungsaktivitäten im Rahmen europäischer Netzwerke fördert A3 vor allem Projekte, die geeignet sind, Technologiesprünge und innovative Ansätze der österreichischen Automobilzulieferindustrie zu unterstützen.

#### Schwerpunkte

Das Impulsprogramm A3 konzentriert sich auf drei Themenkreise, deren Entwicklung entscheidend für künftige Mobilitätskonzepte sind:

- Alternative Antriebe und Treibstoffe wie Hybridantriebe, Brennstoffzellen, Wasserstoffmotoren und -speichertechnologien, Super-Kondensatoren oder Elektromotoren, sowie Treibstoffe aus Biomasse und die dazu gehörenden Motorkonzepte bzw. Antriebsstränge und die Entwicklung künftiger Versorgungsinfrastrukturen.
- Alternative Werkstoffe und Fertigungsverfahren, darunter innovative Konzepte für die Speicherung von Wasserstoff, die auch in der Weltraumtechnik angewandt werden.
- Fahrzeugelektronik und Konzepte zur konstruktiven Integration neuer Antriebstechnologien in künftige Fahrzeuge.

Seit dem Start des Impulsprogramms wurden vier Ausschreibungen durchgeführt, in denen insgesamt 78 Projekte mit 319 Partnern zur Förderung ausgewählt wurden. Zusätzlich wurden 2005 und 2006 mit zwei weiteren Ausschreibungen insgesamt acht Leitprojekte gefördert. Leitprojekte sind große Demonstrations- oder Umsetzungsprojekte unter Beteiligung von Entwicklern, Produzenten, aber auch Anwendern alternativer Antriebe und Treibstoffe und der dazugehörigen Infrastruktur, um diese im Realbetrieb weiter zu optimieren und die Kunden auf technologische Umbrüche in der Verkehrstechnik vorzubereiten.



	Geförderte Projekte	Fördervolumen	Projektvolumen
Ausschreibungen	78	20,4 Mio. €	39,6 Mio. €
Leitprojekte	8	3,3 Mio. €	7,4 Mio. €

Kontakt:

Dr. Andreas Dorda, andreas.dorda@bmvit.gv.at

Mag. Christian Drakulic, christian.drakulic@bmvit.gv.at

## PROGRAMMLINIE

### I2 – Intelligente Infrastruktur

Leistungsfähige Verkehrssysteme der Zukunft benötigen eine hochgradige Automatisierung und Steuerung der komplexen Abläufe auf Basis von Echtzeitinformationen. Das Programm I2 Intelligente Infrastruktur wurde ins Leben gerufen, um österreichische Unternehmen zu Innovationsschritten zu motivieren und eine kritische Masse zu schaffen, die es ermöglichen wird, auf bestehenden und neuen Märkten konkurrenzfähig zu agieren. Konkrete Themen sind:

#### Konkrete Themen sind:

- umfassende und aktuelle Reiseinformation und Auskunftssysteme zur Vermeidung von Staus und Spitzenbelastungen
- Innovative Mobilitäts- und Verkehrskonzepte mit modernen Ansätzen Richtung Intermodalität
- neue Entwicklungen von Sensoren und Messmethoden zur Erfassung von Verkehrsabläufen
- substantielle Beiträge für ein intelligentes Verkehrsmanagement und -steuerung
- Telematikanwendungen auf der Schiene für einen effizienten Güter- und Personenverkehr
- Gestaltung eines attraktiven und effizienten öffentlichen Personenverkehrs

Seit dem Start des Programms wurden drei Ausschreibungen durchgeführt; insgesamt wurden 204 Projekte mit rund 650 Partnern eingereicht. Davon wurden 95 Projekte mit rund 310 Partnern zur Förderung empfohlen. Ergänzend werden Leitprojekte in den Themenbereichen Telematikeinsatz in der Binnenschifffahrt und im übergreifenden Verkehrsmanagement (Leitprojekt MOBILE) durchgeführt.



	Geförderte Projekte	Fördervolumen	Projektvolumen
Ausschreibungen	95	16,1 Mio. €	32,3 Mio. €
Leitprojekte	13	2,9 Mio. €	6,6 Mio. €

Kontakt:

DI(FH) Andreas Blust, andreas.blust@bmvit.gv.at

## PROGRAMMLINIE

### ISB – Innovatives System Bahn

Mit einem Volumen von knapp 100 Mrd. Euro und jährlichen Wachstumsraten von 2-3% gehört der Weltmarkt für Bahntechnik zu den interessantesten Technologiebereichen im Verkehrswesen. Neben einer international erfolgreichen und exportstarken Schienenfahrzeugindustrie verfügt Österreich über hervorragendes Know How im Bereich der Bahntechnikzulieferindustrie und ist Weltspitze bei der Herstellung von Schienen und Weichen. Das Impulsprogramm ISB unterstützt Forschung und Entwicklung innovativer Technologien und Systeme für den Schienenverkehr.

#### High-Tech für die Bahn

ISB konzentriert sich auf fünf Themenkreise, deren Entwicklung entscheidend für das System Bahn sind:

- Informations- und Kommunikationstechnik für Betriebs- und Leitsysteme
- Moderne Fahrzeug- und Antriebstechnik zur Erhöhung der Energieeffizienz und zur Leistungsoptimierung
- Senkung der Lärmemissionen
- Sicherheit im Betrieb, Erhöhung der Zuverlässigkeit
- Interoperabilität mit dem langfristigen Ziel eines international standardisierten Schienenverkehrssystems

Im Rahmen von ISB wurden zwei Ausschreibungen durchgeführt; zusätzlich wurden 2005 und 2006 jeweils 1,5 Mio. Euro für erhöhte Förderungen von kooperativen bottom-up Projekten, sowie für Ausschreibungen für Grundlagen- und Machbarkeitsstudien, zur Verfügung gestellt.



	Geförderte Projekte	Fördervolumen	Projektvolumen
Ausschreibungen	40	8,2 Mio. €	18,2 Mio. €
Begleitmaßnahmen	8	1,1 Mio. €	1,1 Mio. €
TKE und WGF *)	21	0,9 Mio. €	1,8 Mio. €

\*) TKE Technologie und Komponentenentwicklung, WGF wirtschaftsbezogene Grundlagenforschung

Kontakt:

DI(FH) Frank Michelberger, frank.michelberger@bmvit.gv.at

## IV2S ERGEBNISSE

### IV2S-Projekte stärken Kooperationen und bringen direkt verwertbare Ergebnisse

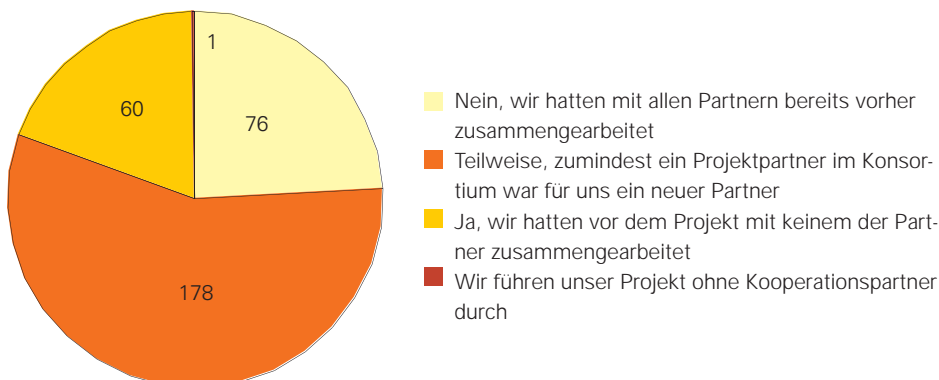
IV2S – Intelligente Verkehrssysteme und Services hat strategisch wichtige Impulse für die technologische Weiterentwicklung und erfolgreiche Innovationen in der Verkehrswirtschaft initiiert. Das zeigt die erste Zwischenevaluierung, die im Herbst 2006 durchgeführt wurde.

Die angestrebten Ziele Netzwerkbildung, Stärkung der Kooperationen zwischen Unternehmen und Wissenschaft, Verbesserung des Innovationsniveaus und der Konkurrenzfähigkeit im internationalen Wettbewerb sind in hohem Grad erreicht und teilweise übertroffen worden. Die Ergebnisse der Projekte sind teilweise bereits schon am Markt verwertet bzw. stehen kurz davor. Das zeigt eine Befragung unter den ProgrammteilnehmerInnen.



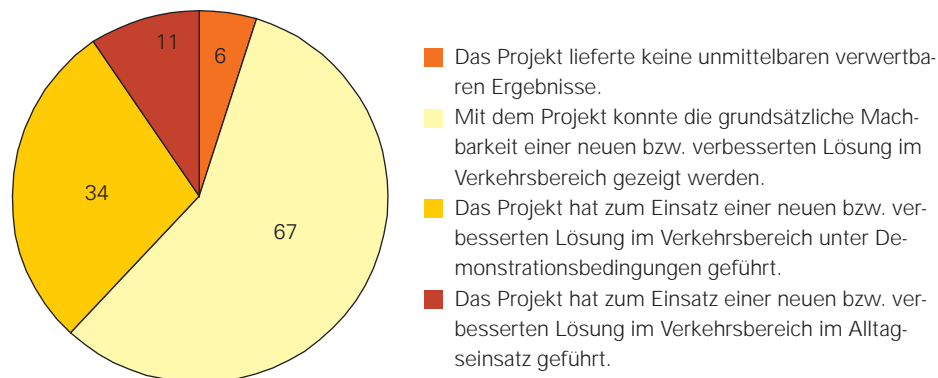
#### Kooperationen

56% der 315 befragten ProgrammteilnehmerInnen gaben an, einen neuen Projektpartner ins Konsortium eingebunden zu haben. 19% der Teilnehmer bildeten gänzlich neue Konsortien. Hier sind wirklich neue Kooperationen entstanden.



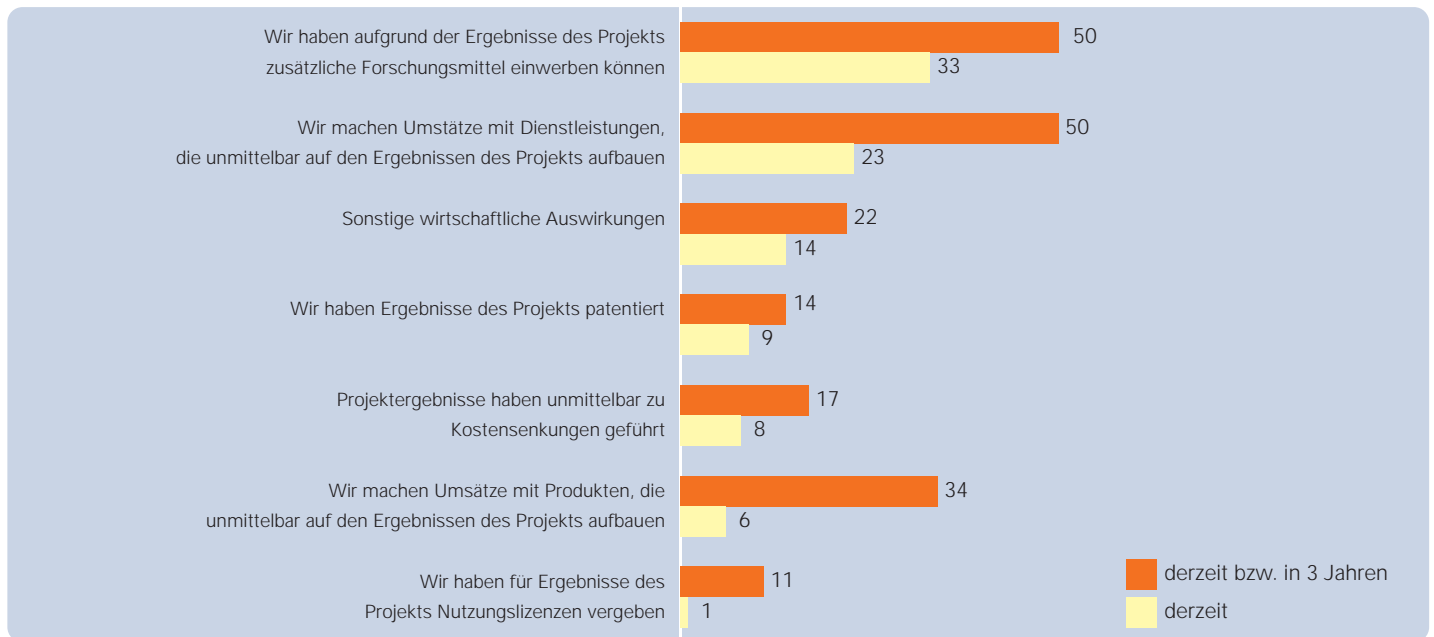
#### Erfolgreiche Ergebnisse

57% der 118 Befragten gaben an, einen grundsätzlichen Lösungsweg aufgezeigt zu haben. 29% der Teilnehmer konnten eine solche Lösung bereits im Rahmen einer Demonstration unter Beweis stellen. 9% der erprobten Lösungen haben bereits zu Verbesserungen im Alltag geführt.



## Wirtschaftliche Auswirkungen – Beitrag zur Wettbewerbsfähigkeit

Erste Hinweise, in wie weit das Programm einen Beitrag zur Sicherung der Wettbewerbsfähigkeit der österreichischen Forschung und Verkehrsindustrie leisten konnte, liefern die Ergebnisse zur (erwarteten) wirtschaftlichen Verwertung der Projektergebnisse.



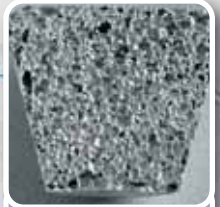
# PROJEKTE PROGRAMMLINIE A3

## A3



Stuttgart

**Austrian Advanced Automotive Technology**



**Magnesiumschaum**  
Seite 26

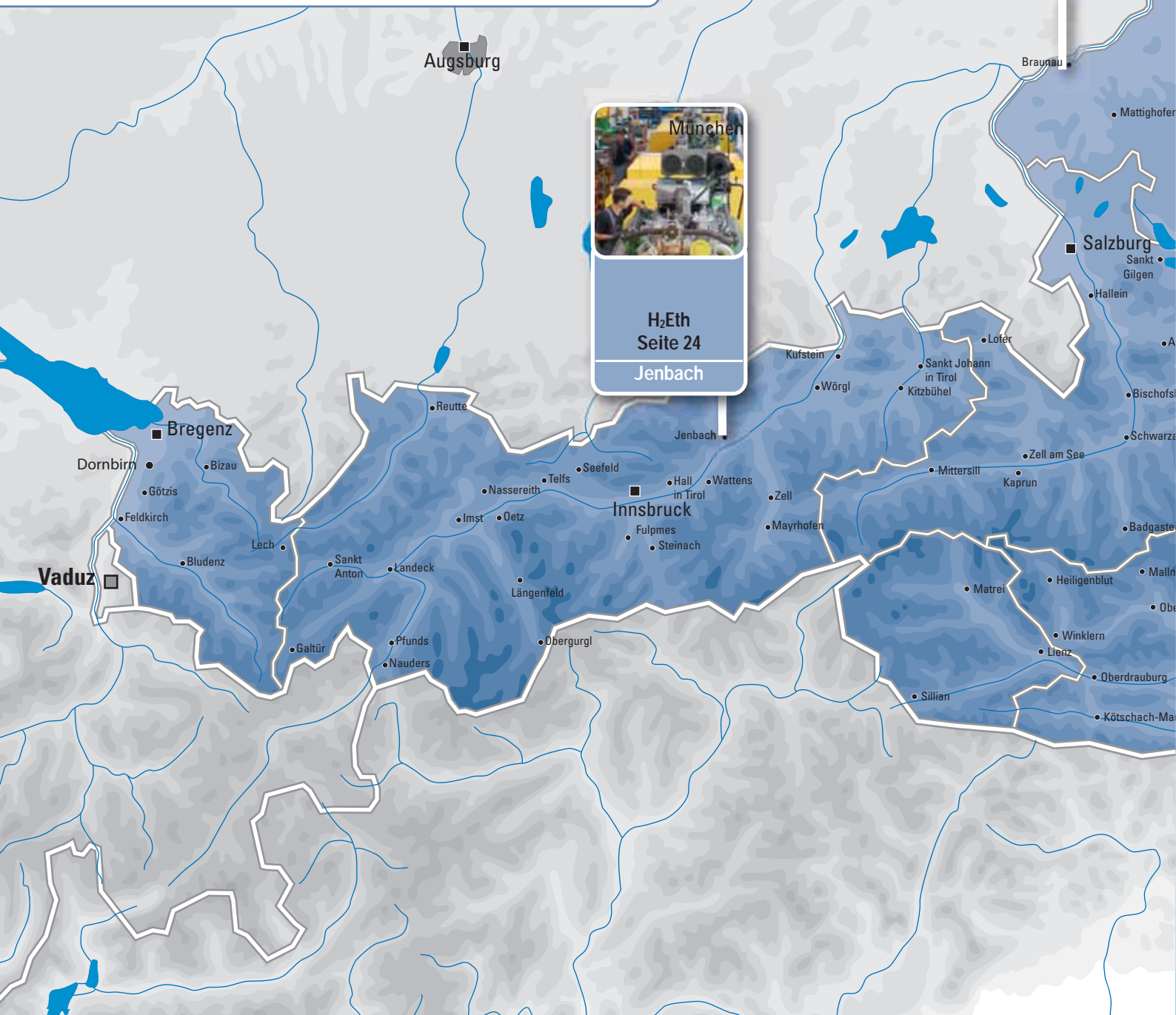
Ranshofen



München

**H<sub>2</sub>Eth**  
Seite 24

Jenbach





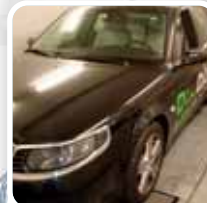
**Hylog**  
Seite 16  
Sattledt



**OpAmp**

Laa an der Thaya

**3D Sensoren**  
Seite 34  
Wien



**Bioethanol Kraftstoff**  
Seite 18  
Wien



**PEMFC Kleintraktion**  
Seite 30  
Wiener Neustadt



**Ljubljana**  
**Sorptions Kälteanlage**  
Seite 32  
Leoben



**H<sub>2</sub>BVplus**  
Seite 22  
Graz



**PEM Brennstoffzellenhybridfzg**  
Seite 28  
Graz



**CNG 600 mono**  
Seite 20  
Graz

## HYLOG

Logistik-Zugfahrzeug mit Brennstoffzellen-Antrieb, gespeist aus in Wasserstoff gespeicherter Solarenergie

Die oberösterreichische Firma Fronius beschäftigt sich seit knapp zehn Jahren mit der Speicherung von Solarenergie in Wasserstoff als Betriebsmittel für Brennstoffzellen. Im Rahmen der Programmlinie A3 des bmvit wurde eine mobile Lösung entwickelt: Die Brennstoffzelle soll künftig für den Einsatz in Flurförderfahrzeugen (z. B. Gabelstapler, Hubwagen) weiterentwickelt werden und als Energiequelle für die Elektromotoren genutzt werden.

### Solarer Wasserstoff wird für den Winter eingelagert.

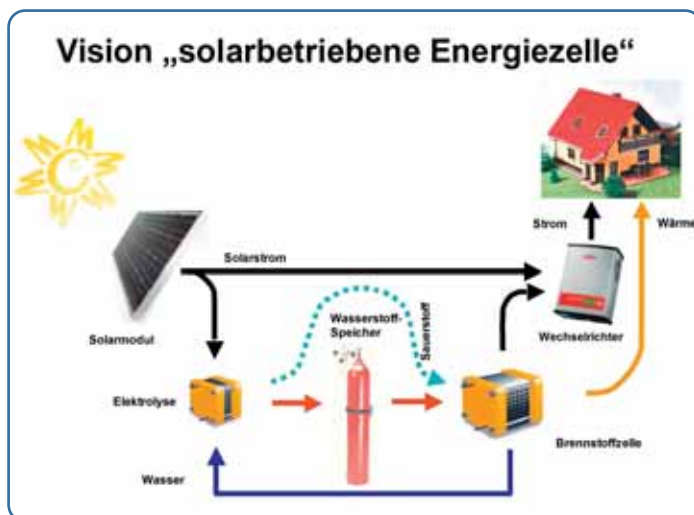
Die Zwischenspeicherung von Solarenergie in Wasserstoff ist eine attraktive Lösung, um die Erzeugung erneuerbarer Energien mit dem jeweiligen Bedarf zu synchronisieren: Bloße Photovoltaik liefert nur dann Energie, wenn die Sonne scheint. Kurzfristig – im Wechsel von Tag und Nacht – ist eine Pufferung mit Hilfe der Batterietechnik möglich. Der „Speicherhorizont“ von Solarenergie in einer Batterie liegt bei drei bis fünf Tagen. Eine Speicherung der photovoltaischen Energie im Sommer zur späteren Nutzung im Winter ist auf diese Weise nicht möglich.

Der Lösungsansatz von Fronius führt über den Wasserstoff. Solarstrom wird genutzt, um durch Elektrolyse Wasser in seine Bestandteile Wasserstoff und Sauerstoff zu zerlegen, den Wasserstoff zu speichern und damit eine Brennstoffzelle – im gegenständlichen Fall eine Niedrigtemperatur-Brennstoffzelle – zu „füttern“. Diese Brennstoffzelle transferiert den Energieträger wieder in elektrischen Strom.

### Dreigeteilte Sonnenenergie – auch für den Hausgebrauch!

Der Trick ist, dass man den aus Solarenergie gewonnenen Strom gewissermaßen „dreiteilt“: Ein Teil wird direkt verwendet, ein zweiter in Batterien gepuffert und ein dritter auf dem Weg der Elektrolyse weiterverarbeitet. Da der Speicherwirkungsgrad für den Wasserstoffpfad im Bereich von 25% bis 30% liegt, werden beide Speicherwege bei Bedarf kombiniert.

Um die Attraktivität dieser Lösung zu dokumentieren, hat man bei Fronius ein Rechenmodell auf der Basis eines Vierpersonenhaushaltes mit einem Tagesbedarf an elektrischer Energie von 11 Kilowattstunden (kW/h) entwickelt. Um diese Leistung über eine Brennstoffzelle bereitstellen zu können, benötigt man täglich etwa 9 m<sup>3</sup> Wasserstoff, die in einer 50 Liter-Druckflasche mit 200 bar gespeichert werden können. Um diese Menge Wasserstoff zu erzeugen, müssen acht Liter Wasser durch Elektrolyse zerlegt werden. Wasserstoff hat – bezogen auf seine Masse – die höchste Energiedichte mit etwa 33 kW/h pro Kilo. Vom Volumen her ist die Energiedichte allerdings gering.





**Im Haushalt können 8 Liter Wasser mit Sonnenenergie elektrolytisch zu 9 m<sup>3</sup> Wasserstoff gespalten und bei 200 bar gespeichert werden.**

Zum „Zusammendrücken“ von Wasserstoff auf 200 bar wird derzeit noch ein Verdichter benötigt. Heutige „Elektrolyseure“ schaffen ohne zusätzlichen Energieaufwand – durch bloßen Rückstau – nur 30 bar. Es wird aber bereits an Hochdruckelektrolyseuren gearbeitet, die Wasserstoff ohne zusätzlichen Energieaufwand bis 200 Bar „unter Druck setzen“ können.

Um den „Muster-Haushalt“ ausreichend versorgen zu können, braucht man etwa 150 m<sup>2</sup> Solarpaneele. Von dieser Solarenergie würden 30 % direkt genutzt, 40 % in der Batterie gepuffert und 30 % über den Wasserstoffspeicherpfad für den Betrieb der Brennstoffzelle weiterverarbeitet. Die Kosten für eine Kilowattstunde photovoltaisch gewonnener elektrischer Energie liegen derzeit in der Größenordnung von etwa 40 Eurocent; die konventionelle Alternative in einem Haus ohne Anschluss an ein Stromversorgungsnetz – der Betrieb eines Diesellaggregates – muss mit 1,5 Euro pro kW/h veranschlagt werden.

**Eine zukunftsweisende Lösung: wasserstoffbetriebene Brennstoffzellen-Hybridtransporter**

Mit HyLOG ging Fronius einen Schritt weiter und untersuchte den Einsatz von Brennstoffzellen mit Photovoltaik als Ursprungsenergie in bislang batteriebetriebenen Leicht- und Kleinfahrzeugen wie Flurförderfahrzeugen sowie in Elektrofahrzeugen auf Flughäfen oder Bahnhöfen. Auch bei diesen Anwendungen ist an ein Hybridsystem gedacht, bei dem kurzfristiger, hoher Leistungsbedarf von einer Batterie abgedeckt wird. Es wäre wirtschaftlich nicht darstellbar, ein teures Brennstoffzellensystem auf gelegentliche Leistungsspitzen trimmen. Die Brennstoffzelle übernimmt dabei die Funktion eines „range extenders“, der die Reichweite bzw. Einsatzdauer des Logistikfahrzeugs erhöht, da die 8 bis 10 Stunden ladezeit für die Batterie durch einen wenige Minuten dauernden Betankungsvorgang ersetzt werden.

Hersteller von Flurförderfahrzeugen haben bereits Interesse an der Lösung gezeigt. Die Umrüstung der Fahrzeuge auf Brennstoffzellenantrieb erfolgt in enger Zusammenarbeit von Fahrzeughersteller und Brennstoffzellenlieferant.

Fronius testet derzeit die Praxistauglichkeit der Brennstoffzelle als neue Antriebstechnik für Flurförderfahrzeuge im eigenen Werk am Standort Sattledt. Wesentliche Erkenntnisse dabei werden auch im Bereich Behördengenehmigung gemacht, da mit Wasserstoff als leichtentzündlicher Treibstoff wenig Erfahrungen in diesem Anwendungsgebiet vorliegen.



**Fronius International GmbH  
Bitter GmbH  
Biovest Consulting GmbH  
HyCentA Research GmbH  
Clusterland Oberösterreich GmbH  
(Automobil-Cluster)**

**Kontaktperson:**

Fronius International GmbH, Dr. Ewald Wahlmüller,  
wahlmueller.ewald@fronius.com, 07242/241-510

„Über die A3-Förderung kann ich nur das Beste sagen. Man agiert in Partnerschaften, in denen kritische Kompetenzen gebündelt werden. Das ist ein sinnvoller Weg. Auch der Aufwand ist überschaubar im Vergleich zu jenem, um an ein EU-Projekt heranzukommen. Im 6. Forschungsrahmenprogramm sind wir durch den Rost gefallen. Unsere Forschungstiefe passte nicht. Wir wollen zielgerichtet entwickeln und nicht einfach nur in der Gegend herumfahren.“ (Ewald Wahlmüller, Fronius)

## BIOETHANOL KRAFTSTOFF

### Beimischung oder ökologischer Komplettersatz für zukünftige Motoren?

Der Einsatz von Bioethanol als Ergänzung oder Ersatz für fossile Kraftstoffe ist heute noch umstritten – unter anderem deshalb, weil ausgelöst durch den extensiven Anbau geeigneter Pflanzen Störungen des Ökosystems befürchtet werden und weil gegen die energetische Nutzung der Früchte von Energiepflanzen (wie Zuckerrohr, Mais oder Sonnenblumen), die gleichzeitig Grundlage für Nahrungsmittel sind, erhebliche Vorbehalte bestehen. In der zweiten Generation von Biokraftstoffen, an deren Entwicklung die Forscher gegenwärtig arbeiten, soll hingegen die Frucht zur Lebensmittelproduktion verwendet und nur die restlichen Bestandteile bzw. „Abfälle“ der Nutzpflanze zur Energieerzeugung genutzt werden.

#### In der Zukunft kommen nur noch die Pflanzenabfälle in den Biotreibstofftank.

Ein künftig verstärkter Einsatz von Biokraftstoffen setzt die Entwicklung angepasster Motoren voraus. Tests am Prüfstand wurden am Institut für Verbrennungskraftmaschinen der TU Wien im Projekt „Bioethanol-Kraftstoff“ innerhalb der Programmlinie A3 des bmvit durchgeführt.

Ethanol (Ethylalkohol) verhält sich aufgrund seines chemischen Aufbaus anders als Benzin. Der herkömmliche Ottokraftstoff ist eine Mischung aus verschiedenen Kohlenwasserstoffen; Ethanol hingegen eine homogene chemische Verbindung. Verwendet man „Ethanol pur“ statt Benzin, kann man seine positiven Eigenschaften, die das Herz jedes Entwicklers von Ottomotoren höher schlagen lassen, voll nutzen – vor allem die hohe Oktanzahl als Maß für die Klopfestigkeit. Das versetzt die Konstrukteure in die Lage, das Verdichtungsverhältnis – und damit auch den Wirkungsgrad – deutlich zu erhöhen und trotzdem die Klopfneigung gering zu halten.



#### Ethanol treibt dem Ottomotor das Klopfen aus.

Das Klopfen kommt zustande, wenn sich Teile des Kraftstoff-Luft-Gemisches nach der Zündung spontan durch den hohen Druck und die Temperatur von selbst entzünden. Damit sind extrem hohe Belastungen des Motors verbunden, die – wenn sie zu lange dauern – bis zur Zerstörung führen können. Vor dieser Belastung schützt die Verschiebung des Zündzeitpunktes nach hinten, doch damit verschlechtert sich der Wirkungsgrad. Dies ist bei Ethanol gar nicht oder nur in wesentlich geringerem Ausmaß erforderlich. Somit ergeben sich mit Ethanol nicht nur Vorteile bezüglich der effizienten Energieumsetzung - durch die frühe Verbrennung ist auch die Abgastemperatur deutlich niedriger als bei Benzinbetrieb. Dies führt zu einem wesentlich geringeren Anreicherungsbedarf zur Kühlung des Katalysators bei hohen Lasten, wodurch zusätzlich Kraftstoff gespart wird.

Um das diesbezügliche Potential zur Wirkungsgradsteigerung voll auszunützen, muss der Motor auf den Betrieb mit Ethanol optimiert werden. Entscheidet man sich für einen flexiblen Betrieb mit beliebigen Mischungen aus Ethanol bis zu 85% und Benzin, wie dies etwa in den „Flex Fuel Vehicles“ (FFV) der Fall ist, muss man zwangsläufig Kompromisse eingehen. Künftige Bioethanolmotoren werden in ihrem Wirkungsgrad bei Vollast an moderne Dieselmotoren herankommen.

Ethanol hat jedoch auch Nachteile, die beherrscht werden müssen. Anders als bei Ottokraftstoffen, die Dank ihrer leichtflüchtigen Komponenten bei etwa 30°C zu sieden beginnen, liegt der Siedepunkt von Ethanol bei 78°C. Das hat Auswirkungen auf das Kaltstartverhalten. Die Herausforderung, dass beim Start unter sehr niedrigen Umgebungstemperaturen genügend Kraftstoff verdampfen kann, erfordert viel Aufwand bei der Applikation. Beispielsweise kann bei einem Motor mit Direkteinspritzung durch

mehrere Einspritzungen pro Zyklus das Verdampfungsverhalten verbessert werden. Da der Heizwert von Ethanol etwa ein Drittel geringer ist als jener von Benzin, muss auch entsprechend mehr Kraftstoff eingespritzt werden. Insgesamt betrachtet sind für den ausschließlichen Ethanolbetrieb von Verbrennungsmotoren zwar Anpassungsentwicklungen, aber keine von Grund auf neuen Konstruktionen erforderlich.

#### Höhere Widerstandsfähigkeit der Komponenten für härtere Anforderungen.

Unter anderem sollten die Ventilsitze aus höherwertigerem Material gefertigt werden, da die Belastung etwas höher ist und die Schmiereigenschaften geringer sind. Für Kraftstoffleitungen und Dichtungen müssen neue Werkstoffe eingesetzt werden, die dem aggressiveren Alkohol Stand halten.

#### Im firmenübergreifenden Team kommt man in der Forschung einfach weiter.

Allein aus eigener Kraft hätte die TU Wien das Forschungsvorhaben nicht realisieren können. Die Arbeit in einem Konsortium und die Förderung durch das bmvit waren Voraussetzungen für den Erfolg. Da die Abwicklung geförderter Projekte am Institut Routine ist, war man mit dem Procedere des Zugangs zu den Fördermitteln vertraut und hat den geringen administrativen Aufwand als positiv empfunden. Die Abwicklung sei im Vergleich zu EU-Forschungsprojekten „ungleich einfacher“, betont Projektleiter Peter Hofmann.



Technische Universität Wien  
AGRANA Beteiligungs AG  
OMV Refining & Marketing GmbH  
Volkswagen AG

#### Kontaktperson:

Technische Universität Wien, Dr. Peter Hofmann  
peter.hofmann@ivk.tuwien.ac.at, 588 01-31576

„Aus bisher bereits durchgeführten mehreren Forschungsprojekten mit Förderung des BMVIT können wir eine sehr gute Erfahrung bestätigen. Für die Universitäten ist die Forschungsaufgabe der Kern des Inhaltes, gerade bei den A3-Programmen ist der bürokratische Aufwand überblickbar, was bei internationalen Programmen – etwa der EU – häufig leider nicht der Fall ist. Es müssen Mitarbeiter beschäftigt werden, die sich praktisch nur um die Administration kümmern. Auch ist viel Lobbyismus im Spiel. Dafür haben wir in Österreich nicht die stärksten Hebel.“ (Peter Hofmann, TU Wien)



## CNG 600-MONO

reines Ergasfahrzeug mit 600km Reichweite

MAGNA STEYR beschäftigt sich seit 2004 intensiv mit Erdgasantrieben, um eine Brücke zwischen konventionellen Kraftstoffen und künftigen Wasserstoffsystemen zu schlagen. Zur Realisierung des Vorhabens wurden die eigenen Aktivitäten mit jenen der TU Wien gebündelt, um die vielfältigen Herausforderungen von Erdgasantrieben – vor allem die Kosten, die Akzeptanz und die Reichweite der Fahrzeuge – zu bewältigen. Im Rahmen der Programmlinie A3 des bmvit wurde gemeinsam das Projekt CNG 600-mono gestartet. Mit im Boot waren die auf innovative Ventilkonstruktionen spezialisierte Grazer Firma VENTREX Automotive und die Firma Opel Special Vehicles als ausländischer Partner sowie die ÖAMTC-Akademie.



### Erdgas ebnet künftigen Wasserstoffsystemen den Weg.

Primäres Ziel war die Entwicklung von Erdgastanksystemen. In der Folge könnten Fahrzeuge für den ausschließlichen Betrieb mit Erdgas entwickelt und gegebenenfalls auch produziert werden. Geeignete Tanksysteme sollen etwa 2009, die ersten damit ausgestatteten Fahrzeuge ein Jahr später verfügbar sein.

Zwar ist es schon heute möglich, ein Erdgasfahrzeug aus geprüften Komponenten zusammen zu bauen, doch die gegenwärtige Praxis ist vom Gedanken der „Nachrüstung“ beeinflusst. Damit allein lassen sich indes noch keine Systeme kosten- und gewichtsgünstig in Großserien fertigen. Ziel ist die Entwicklung eines „monovalenten“ Fahrzeugs – also eines Autos, das ausschließlich mit Erdgas bzw. Biogas (chemisch: Methan) betrieben wird.

### Um das Potenzial von Erdgasfahrzeugen voll auszuschöpfen, muss der Ottomotor kompromisslos auf Erdgasbetrieb ausgelegt werden – der Benzin-Reservetank wird früher oder später entfallen.

Die gegenwärtigen Erdgasfahrzeuge am Markt sind zwar „erdgastauglich“, aber nicht konsequent für den Erdgasbetrieb optimiert. In ihnen ist stets auch ein kleinerer Benzintank eingebaut – eine Art „Notreserve“ der eine Mobilität auch garantiert, wenn das Erdgas verbraucht und keine Gastankstelle in der Nähe ist. Monovalente Fahrzeuge setzen eine entsprechende Infrastruktur, aber auch die Akzeptanz bei den Käufern voraus. Wann sich der erste Fahrzeughersteller „trauen“ wird, den Nottank zu entfernen, ist heute noch schwer abzuschätzen.

Bei MAGNA STEYR bereitet man sich trotz vieler Unwägbarkeiten gründlich auf diesen „Tag X“ vor. Zunächst soll der gesamte Antriebsstrang mit Motor und Getriebe an den Kraftstoff angepasst und dann das gesamte Fahrzeug optimiert werden. Schließlich soll der Autofahrer weder ein verändertes Fahrverhalten, noch eine beschränkte Nutzung – etwa durch einen Kraftstofftank im Kofferraum – hinnehmen müssen. Mit einer erzielten Reichweite von über 600 km im monovalenten Gasbetrieb - ohne Reduktion des Kofferraums - konnte man dieses Ziel erreichen.



### Ein „weitreichender“ Erdgasvorrat bringt den Tank gehörig unter Druck.

Der Kraftstoff Methan kann nicht wie von konventionellen flüssigen Kraftstoffen gewohnt, in packaging optimierten Kraftstoffbehältern gespeichert werden, sondern muß in Druckbehältern, die einem Systemdruck von bis zu 250 bar standhalten, untergebracht werden. Es muss also einerseits ein geeigneter, hochfester Werkstoff gefunden und andererseits die Form des Tanks so gewählt werden, dass er einem für automotive Verhältnisse großen Druck standhält und den verfügbaren Bauraum optimal nutzt.

Im Projekt CNG600-mono wird als Tank ein Typ 4 Verbundstoff-Hybridbehälter verwendet, bei dem der Kunststoffliner mit einer Mischung von Kohle- und Glasfaser umwickelt wurde. Dass Stahl für komplexe Geometrien nur eingeschränkt geeignet ist, liegt nicht nur am Gewicht, sondern vor allem am Umstand, dass dieser Werkstoff ab 200 bar Druck nicht mehr geschweißt werden darf. Bei Erdgastanks will man jedoch die Vorteile von Drücken bis 300 bar nutzen.

### Erdgastanks erfordern andere Baugeometrien als bei flüssigen Treibstoffen.

Die Fahrzeughersteller stehen vor der Aufgabe, für den Tank einen entsprechenden Bauraum bereitzustellen. Druck will sich kugelförmig ausbreiten; ein Zylinder ist noch ein tauglicher Kompromiss. Heutige Tanks für drucklos gespeicherte Otto- oder Dieseltreibstoffe haben komplexere Geometrien, die im Allgemeinen von einer „Kistenform“ abgeleitet sind. Werden solche Behältnisse unter Druck gefüllt, entstehen Biegespannungen, die man weder mit Glasfaser noch mit Kohlefaser beherrschen kann. In Stahltanks müsste man Schottwände einziehen, die solche Belastungen abfangen und verhindern, dass sich der Tank im Bestreben, zu einer Kugel zu werden, „aufbläht“ und seine Festigkeit verliert. Damit würde sich aber wiederum das Gewicht erhöhen.

Die Konsequenz: Man muss die Fahrzeughersteller dazu bewegen, Bauraum zur Verfügung zu stellen, um einen zylindrischen Tank ohne spürbaren Raumverlust für den Endkunden zu vernünftigen Herstellkosten unterzubringen. Dieser Tank muss bezogen auf seinen benötigten Bauraum, bei möglichst dünner Wandstärke möglichst viel Volumen bieten. Solche Lösungen nahe an der Quadratur des Kreises wird es nicht so schnell geben, aber man kann sich ihnen – da ist man bei MAGNA STEYR zuversichtlich – annähern.



**Magna Steyr Fahrzeugtechnik AG & Co KG**  
**Technische Universität Wien**  
**Ventrex Automotive GmbH**  
**ÖAMTC Akademie**  
**Ingenieurkonsulent Herbert Kitzler**  
**Opel Special Vehicles GmbH**

#### **Kontaktperson:**

Magna Steyr Fahrzeugtechnik AG & Co KG,  
DI Markus Rudolf  
markus.rudolf@magnasteyr.com, 0316/404-2499

„Durch die Zusammenarbeit mit Partnern in unterschiedlicher Konstellation kann man Feinjustierungen vornehmen, die sich auf das Projekt positiv auswirken. In unserem Fall wurde die Abwicklung durch die Partnerschaft mit der TU Wien, die über umfassende einschlägige Erfahrung verfügt, wesentlich erleichtert.“ (Markus Rudolf, Magna Steyr)

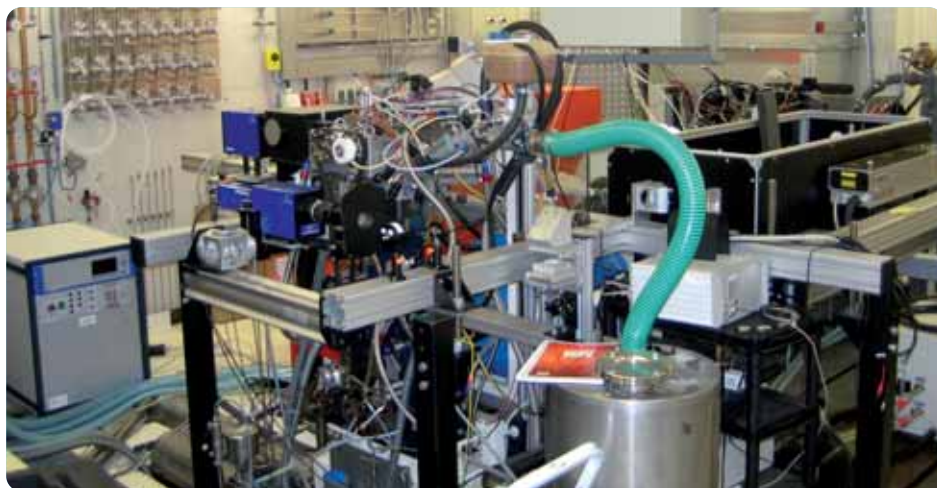
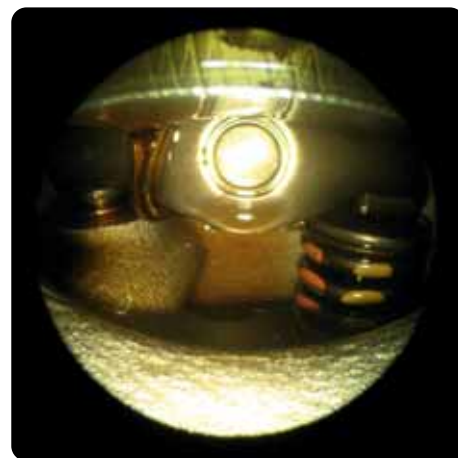
## H<sub>2</sub>BVPLUS

### Wasserstoff-Selbstzündung zum sauberen Antrieb von Automotoren

Der Einsatz von Wasserstoff zum Antrieb von Kraftfahrzeugen ist aus heutiger Sicht ein Thema mit zwei Variationen: einerseits die Brennstoffzelle, andererseits der mit Wasserstoff betriebene Verbrennungsmotor. Mehrere Generationen von Experimentalfahrzeugen mit Wasserstoffmotoren wurden bereits getestet – zur Serienreife ist es jedoch noch ein weiter Weg. An der Optimierung solcher Motorenkonzepte wird mit Nachdruck gearbeitet. Österreichische Ingenieure haben daran einen wesentlichen Anteil.

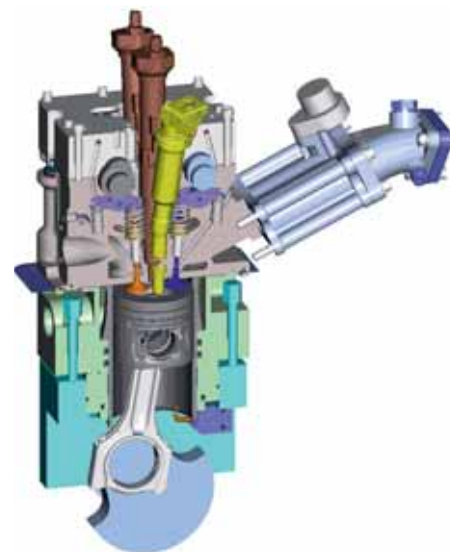
Derzeit werden Verbrennungsmotoren verwendet, die „bivalent“ – also wahlweise mit Benzin oder Wasserstoff – betrieben werden können. Das ist, wie jeder Kompromiss, keine optimale Lösung. So können etwa das Verdichtungsverhältnis oder das Einspritzen nicht ausschließlich an die Eigenschaften des Wasserstoffs angepasst werden.

Analog zur Direkteinspritzung beim Benzinmotor wurde mittlerweile im Rahmen eines EU-Projektes unter österreichischer Beteiligung eine Direkteinblasung für den Wasserstoffmotor auf der Basis eines Benzinmotors erfolgreich entwickelt. Damit geben sich die Forscher jedoch nicht zufrieden: Der Wirkungsgrad soll weiter erhöht werden. Das ist – neben der Leistungsdichte und dem Emissionsverhalten – die dritte entscheidende Herausforderung.



### Eine waghalsige Idee gegen das Klopfen von wasserstoffbetriebenen Motoren: ein dieselmotorisches Selbstzünde-Brennverfahren mit wesentlich höheren Wirkungsgraden!

Der Wirkungsgrad wird beim Verbrennungsmotor von der Kraftstoff-Luft-Zusammensetzung und vom Verdichtungsverhältnis beeinflusst. Die erste Voraussetzung erfüllt der Wasserstoff hervorragend, weil er sehr mager betrieben werden kann. Weniger einfach gestaltet sich die höhere Verdichtung. Man kann sie nämlich nicht beliebig erhöhen. Das bei hoher Verdichtung entstehende Klopfen ist eine unvermeidbare Eigenschaft des Ottomotors – gleichgültig ob er mit Benzin oder mit Wasserstoff betrieben wird. Diese Grenze lässt sich zwar etwas verschieben, aber nicht aufheben. Das wollten die Wissenschaftler am Institut für Verbrennungskraftmaschinen der TU Graz jedoch nicht schicksalsergeben hinnehmen und haben eine auf den ersten Blick waghalsige Idee entwickelt: Ein dieselmotorisches Brennverfahren für den Wasserstoffbetrieb. Hierbei würde das Klopfen als Begrenzung für das Verdichtungsverhältnis wegfallen und man könnte in Wirkungsgradbereiche vorstoßen, die dem Ottomotor verschlossen bleiben.



### Bei der Wasserstoff-Selbstzündung geht thermisch die Hölle ab, allerdings ohne Ruß.

Das klingt gut. Wasserstoff ist leicht entzündlich; daher könnte er ein hervorragender Kraftstoff für den Dieselmotor sein. Ist er aber zunächst einmal nicht: Die Selbstzündungstemperatur liegt nämlich in einem Bereich von 600 bis 700 Grad gegenüber höchstens 400 Grad bei Dieselmotor. Somit stellte sich die zentrale Aufgabe, die Selbstzündung unter allen Betriebsbedingungen sicherzustellen – sofern sich das dieselmotorische Brennverfahren überhaupt realisieren lässt. Attraktiv wäre eine solche Lösung auch aus Umweltgründen, weil bei dieselmotorischer Verbrennung ohne Kohlenstoff auch kein Ruß entstehen kann. Diese Überlegungen haben schließlich zur Einreichung des Projektes H<sub>2</sub>BVplus als Fortsetzung des EU-Forschungsvorhabens HyICE geführt.

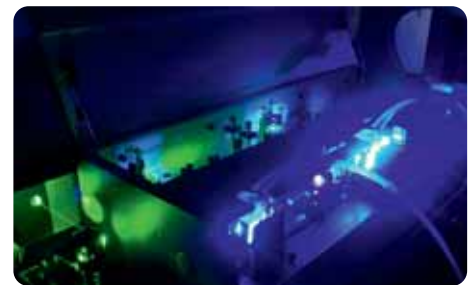
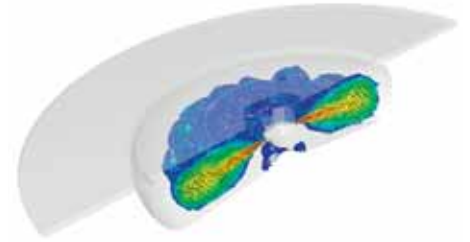
Ob am Ende ein serientaugliches Produkt steht, ist ungewiss. Projektleiter Helmut Eichlseder spricht von einem „Hochrisiko-Projekt“, das ohne Förderungsmittel aus der Programmlinie A3 des bmvit nicht zu realisieren gewesen wäre. Denn die Frage, ob die Selbstzündung von Wasserstoff tatsächlich eine praktikable Lösung sein kann, ist noch nicht abschließend beantwortet. Gegenwärtig gibt es hierzu nur theoretische Überlegungen und einen Demonstrator an der TU Graz – einen Einzylinder-Motor, mit dem man unter Laborbedingungen eine Selbstzündung „provokieren“ kann.

### Industrielles Hochrisiko-Projekt mit wissenschaftlicher Fundierung durch die TU Graz

Erst in weiterer Folge – nach zufriedenstellenden Laborversuchen – kann an den Aufbau eines Fahrzeug-Vollmotors als Versuchsträger gedacht werden. Für die Entwicklung eines solchen Prototypen muss man noch einmal einen Zeitraum von etwa vier Jahren veranschlagen. Gegenwärtig ist man selbst im Labor „noch nicht einmal in der Halbzeit“. Zunächst soll ein Versuchsmotor mit höherem Verdichtungsverhältnis entwickelt werden, an dem auch untersucht werden muss, ob Mechanik und Thermik nicht überfordert werden.

Eichlseder ist vorsichtig optimistisch. Wenn er heute vor der Entscheidung stünde, dieses Projekt noch einmal in Angriff zu nehmen, würde er es wieder tun. Auf die Risiken habe man im Förderantrag hingewiesen: Man könne nicht a priori davon ausgehen, am Ende einen Erfolg zu präsentieren. Nur: Bis jetzt sei, so Eichlseder, kein „k.o.-Kriterium“ aufgetaucht, das einer Umsetzung der Idee in die Praxis entgegen stünde.

Projektpartner sind neben der BMW AG die Hörbiger Ventiltechnik und das Wasserstoffzentrum HyCenta in Graz.



Technische Universität Graz  
HyCentA Research GmbH  
BMW Forschung und Technik GmbH  
Hoerbiger Valve Tec GmbH

#### Kontaktperson:

Technische Universität Graz,  
Prof. Helmut Eichlseder  
helmut.eichlseder@vkma.tu-graz.ac.at,  
0316/873-7200

„Der ‚Wirkungsgrad‘ der Projektabwicklung war sehr hoch. Wir haben von der Antragstellung bis zur Durchführung gespürt, dass auch das bmvit als Initiator des Förderprogramms an einer effizienten Durchführung interessiert ist. Wichtig war die Möglichkeit, mit BMW einen – wenngleich nicht geförderten – ausländischen Partner ins Boot nehmen zu können. Wir arbeiten an einem Hochrisiko-Projekt, das ohne Förderung sicher nicht hätte realisiert werden können.“ (Helmut Eichlseder, TU Graz)

## H<sub>2</sub>ETH

### Gasmotoren für nicht-fossile Gase

Bei GE Energy in Jenbach entwickelt und baut man Gasmotoren, die mit alternativen Brennstoffen betrieben werden. Hierzu zählen „Non-Natural Gases“ wie Biogase, Deponiegase, Grubengase, Klärgase und auch Gase, die bei der Stahlproduktion im Hochofen entstehen. Etwa 30 bis 40 % vom Umsatz werden derzeit bereits mit solchen Motoren erwirtschaftet. Die energetische Nutzung von Methan aus Deponien ist ein wichtiger Beitrag zum Klimaschutz, denn Deponiegas hat, wenn es in die Atmosphäre entweicht, ein Vielfaches der schädlichen Treibhauswirkung von Kohlendioxid.

#### Die Beimischung von Wasserstoff zu „Non Natural Gases“ reduziert Stickoxyde.

Zum Spektrum der „nicht-fossilen“ Kraftstoffe zählt auch Wasserstoff. Zwar ist das „Wasserstoff-Zeitalter“ ein Langfrist-Szenario; ein Nahziel kann jedoch sein, Wasserstoff anderen gasförmigen Brennstoffen – auch den „Non Natural Gases“ – beizumischen und hierdurch Emissionen zu reduzieren. In derzeit laufenden Versuchsreihen wird mit einem Anteil von bis zu 20 % Wasserstoff am Gasgemisch experimentiert. Damit lassen sich die Stickoxidemissionen deutlich absenken.



Wasserstoff wird gegenwärtig durch ein Reforming-Verfahren aus Erdgas (Methan; CH<sub>4</sub>) gewonnen. Im Forschungsprojekt H<sub>2</sub>Eth aus der Programmlinie A3 des bmvit wurde die Verbrennung von stark wasserstoffhaltigen Gasen untersucht. Das Problem ist, dass Wasserstoff mehr als Erdgas zum Klopfen neigt. Um dieses Problem in den Griff zu bekommen, wird ein Gasmischer verwendet, der Wasserstoff noch vor dem Turbolader zuführt. Zur Steuerung dieses Prozesses wurden mehrere Strategien entwickelt; unter anderem der Einsatz mechanischer Sensoren, die auf Vibrationen reagieren. Eine neuere Technologie ist die Druckmessung im Inneren des Zylinders und in der Folge eine angepasste Einstellung des Zündzeitpunktes. Mit Hilfe der Elektronik können auch Unterschiede in den einzelnen Zylindern ausgeglichen werden. Hierfür hat man bei Jenbacher eine Steuerung entwickelt. Mittlerweile wurden eine Versuchsreihe im Labor erfolgreich abgeschlossen und ein Prototyp getestet. Das Prinzip ist bereits patentiert.

#### Nach erfolgreich abgeschlossenen Prototyp-Versuchen im Labor wurde bereits eine Pilotanlage in Argentinien errichtet.

Eine Pilotanlage wurde in Argentinien errichtet. Dort hat der Betreiber einer Windfarm das Produkt bestellt. Er verwendet überschüssige elektrische Energie, um Wasser elektrolytisch in Wasserstoff und Sauerstoff zu spalten und den Wasserstoff bei Bedarf als Energieträger zu nutzen.

### Gasmotoren für nicht fossile Gase

Den ausschließlichen Einsatz von Wasserstoff in Gasmotoren sieht man bei GE in Jenbach gegenwärtig noch nicht. Der Beimischungsfaktor lässt sich jedoch noch optimie-



ren, um die Emissionen weiter zu senken. Zwar ist der Reforming-Prozess mit einem Wirkungsgradverlust verbunden; die Verwendung von Ergas „pur“ wäre aus heutiger Sicht wirtschaftlicher. Wenn jedoch die Schadstoffemissionen vom Gesetzgeber so weit begrenzt werden, dass sie mit konventionellen Erdgasmotoren technisch nicht mehr erreicht werden können, wird man sich Alternativen überlegen müssen – und eine davon wird wohl der Reforming-Prozess zur Reduzierung der Stickoxidemissionen sein.

Ein Schwerpunkt im Forschungsprojekt war die Verwendung von Hochofengasen, die bisher als nicht verwertbar galten, nun aber von „allesfressenden“ Motoren als Kraftstoff genutzt werden können.

### Eine gute inhaltliche Abstimmung mit den Projektpartnern ist der Schlüssel für einen nachhaltigen Erfolg.

Mit der Förderlandschaft hat man in Jenbach langjährige Erfahrung. Bei H2Eth waren die TU Graz und ein weiteres Industrieunternehmen Projektpartner. Den Zugang zu Fördermitteln betrachtet Projektleiter Volker Schulte als unbürokratisch. An EU-Projekten will er sich nicht mehr beteiligen, da der Antragsprozess zu umständlich sei und man wegen der großen Zahl von Partnern inhaltliche Kompromisse eingehen müsse. Außerdem komme es nach dem Abschluss von Projekte häufig zu Diskussionen über das geistige Eigentum.

Kritisch sei bei solchen Forschungsprojekten stets die Startphase, in der die Projektpartner gemeinsam die Meilensteine definieren und die Lastenhefte erstellen. Projekte müssten gut „aus der Taufe gehoben“, werden, um die Gefahr einer Verwässerung der Ziele zu vermeiden. Auch die Partner müssten das Projekt als strategisch wichtig werten und damit eine für sie nützliche Technologie verbinden. Mit der Beimischung von Wasserstoff ist Jenbacher weltweit an der Spitze.



**GE Jenbacher GmbH & Co OHG**  
**Profactor GmbH**  
**HyCentA Research GmbH**  
**Forschungsgesellschaft für Verbrennungskraftmaschinen und Thermodynamik mbH**

#### **Kontaktperson:**

Jenbacher GMBH & CO OHG, Dr. Volker Schulte  
volker.schulte@ge.com, 05244/600-2737

„Manche Unternehmen akquirieren Fördermittel, aber ein Teil der Projekte dümpelt dann dahin, weil irgendwer in der Organisation nur die Finanzierung im Auge hatte und nicht hinterfragt wird, ob die Projekte mit der strategischen Geschäftsausrichtung in Einklang zu bringen sind. Vor diesem Zwiespalt hüten wir uns. Wir diskutieren mit unseren Projektpartnern intensiv die Ziele und achten darauf, dass diese Ziele im Lauf der Projektentwicklung nicht verwässert werden.“ (Volker Schulte, GE ENERGY, Jenbacher Gasmotoren)

## MAGNESIUMSCHAUM AUS SCHROTT

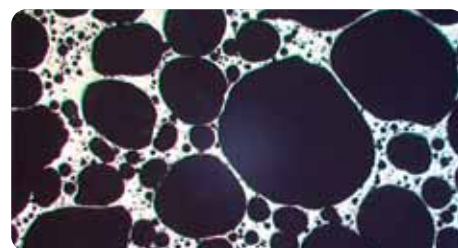
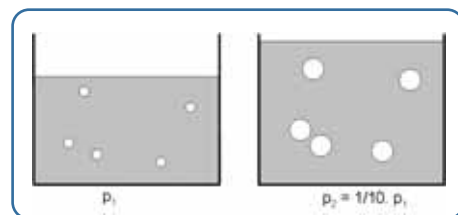
innovatives Leichtmetallrecycling mit vielfältigen Einsatzmöglichkeiten

Die Entdeckung, dass Magnesium schäumt, ist eigentlich dem Zufall zu verdanken: Das ARC Leichtmetall-Kompetenzzentrum Ranshofen beschäftigt sich seit vielen Jahren neben der Entwicklung von Aluminiumschäumen auch mit Aluminium Gusslegierungen: Flüssiges Aluminium nimmt viel Wasserstoff auf. Gelöster Wasserstoff in Aluminiumschmelzen ist ein Qualitätsproblem für die nachfolgende Verarbeitung in Gießereien, weil sich im Gussteil Poren und Blasen bilden können. Um festzustellen, wie gut eine Schmelze entgast ist, setzt man eine Probe unter Vakuum. Beim Anlegen von Unterdruck dehnen sich die Gasblasen aus. Je mehr Gasblasen in der Schmelze enthalten sind, desto geringer ist die Dichte der unter Vakuum erstarrten Probe. Der Dichteunterschied ist ein Maß für den Wasserstoffgehalt. Die Methode wird in fast allen Aluminiumgießereien angewendet.

Meister Zufall verwandelt Magnesiumschrott in patentfähigen Leichtmetallschaum. Obwohl dieses Prinzip der Unterdruck-Dichtebestimmung bei Magnesiumlegierungen nicht funktioniert, hat man in Ranshofen einmal aus purem Interesse auch mit Magnesiumschrott den Schmelztest unter Vakuum durchgeführt und dabei mit Erstaunen festgestellt, dass die Mixtur aus Verunreinigungen im Altmetall ein Aufschäumen bewirkt und dass sich dieser Schaum stabilisieren lässt, wenn auch nur in einem relativ engen „Temperaturfenster“. Das Verfahren wurde in der Folge zum Patent angemeldet, gemeinsam mit einem langjährigen Industriepartner – der Firma Alulight – wurde ein Projekt entwickelt und im Rahmen der Programmlinie A3 des bmvit zur Förderung eingereicht. Dank der Verwendung von unbehandeltem Schrott reduzieren sich die Herstellkosten erheblich.

### Metallschäume sind multifunktionale Hochleistungswerkstoffe.

Allgemein sind Metallschäume Materialien, die hauptsächlich aus Luft und nur zu einem kleinen Teil aus Metall bestehen. Sie sind konventionellen Kunststoffschäumen äußerlich sehr ähnlich, haben aber vielfach höhere Festigkeiten und sind temperaturbeständig. Sie bieten somit interessante Anwendungsmöglichkeiten vor allem im Bereich Fahrzeugbau, da Metallschäume zu Leichtbauelementen geringen Gewichts aber hoher Steifigkeit verarbeitet werden können (z.B. Fahrzeugrahmen). Zugleich sind sie imstande, im Crashfall viel Aufprallenergie aufzunehmen (z. B. als Seitenaufprallschutz) und bieten somit einen wesentlichen Beitrag zur passiven Sicherheit im Straßenverkehr. Weitere Anwendungsmöglichkeiten bieten sich aufgrund ihres Geräusch- und Vibrationsdämpfungsvermögens, der Absorption von elektromagnetischen Wellen und ihrer geringen Wärmeleitfähigkeit.



### Recyceltes Magnesium zum Aufschäumen ersetzt teures Rein-Aluminium.

Aluminiumschaum ist teuer, daher ist sein Einsatz gegenwärtig auf wenige Anwendungsfälle beschränkt. So wird er etwa bei Bauteilen, die im Crashfall Energie absorbieren müssen, statt Kunststoffschaum eingesetzt, weil er temperaturunempfindlich und alterungsbeständig ist. Kunststoffschäume ändern im Lauf der Zeit ihre Eigenschaften. Auch in der Architektur wird Aluminiumschaum verwendet – dort aus Designgründen. Obwohl Magnesium um etwa 30 % leichter als Aluminium ist, haben beide Schäume etwa die gleiche Dichte, nämlich rund 0,5 Gramm pro  $\text{cm}^3$  – sie schwimmen daher auf Wasser. Der Gewichtsvorteil von Magnesium wird aufgezehrt, weil er als Schaum weniger Poren bildet. Auch sonst sind die wesentlichen Eigenschaften – vor allem Steifigkeit und Elastizität – durchaus ähnlich. Unterschiedlich ist hingegen die Haltbarkeit: Magnesium korrodiert schneller. Das ist bei künftigen technischen Anwendungen ein Nachteil, der jedoch durch Beschichtungen aufgehoben werden kann. In der Medizintechnik kann diese Eigenschaft hingegen durchaus erwünscht sein, etwa zur Herstellung von Implantaten, die sich in dem Maß auflösen, wie sich die durch Magnesiumschaum vorübergehend ersetzten körpereigenen Teile wieder nachbilden.



### Magnesiumschaum brilliert nicht nur im Fahrzeugbau, sondern auch im Weltraum und sogar im menschlichen Körper.

Entsprechende Experimente wurden bereits durchgeführt, doch steht die Anwendung etwa zum zeitlich begrenzten Knochen- bzw. Knorpelersatz erst am Anfang. Aluminium ist für vergleichbare Applikationen keine Alternative – zum einen, weil es sich nicht abbaut und zum anderen, weil es im Verdacht steht, Alzheimer auszulösen. Die Beständigkeit von Aluminiumschaum macht ihn umgekehrt wieder geeignet für technische Anwendungen, bei denen Energieabsorption, Schwingungs- und Körperschalldämpfung gefragt sind. So kann man daraus zum Beispiel Platten zur vibrationsarmen Verankerung von Maschinen herstellen. Bauteile mit hohen Ansprüchen an die Festigkeit lassen jedoch weder aus Aluminium- noch aus Magnesiumschaum herstellen.

Neben der Medizintechnik könnte Magnesiumschaum auch in der Raumfahrt eingesetzt werden. Satelliten sind zunehmend der Gefahr ausgesetzt, von „Weltraumschrott“ getroffen und beschädigt oder gar zerstört zu werden. Eine „Panzerung“ mit Magnesiumschaum würde eine Schutzschicht bilden, die den Aufprall solcher Körper dämpft und den Satelliten vor Schaden bewahrt.



**ARC Leichtmetallkompetenzzentrum  
Ranshofen GmbH  
Alulight International GmbH  
HPI High Performance Industrietechnik GmbH  
Non ferrum Metallpulver GmbH & Co KG**

#### **Kontaktperson:**

Austrian Research Centers  
Leichtmetallkompetenzzentrum Ranshofen GmbH,  
DI Richard Kretz  
richard.kretz@arcs.ac.at, 07722/83333-7012

„Wir haben das Procedere der Projekteinreichung als sehr angenehm empfunden und damit keinen Riesen-Stress gehabt, weil wir einen passenden Einreichtermin wählen konnten. Die Abwicklung haben wir nicht als Last empfunden. In der Phase der Antragstellung haben wir immer wieder Rücksprache mit dem bmvit gehalten und dabei Tipps zur Gestaltung der Unterlagen erhalten. Das ständige Feedback war hilfreich.“ (Richard Kretz, ARC Ranshofen)

## PEM BZ-HYBRIDFAHRZEUG

Elektrofahrzeug mit kombiniertem Brennstoffzellen-Batterie-Antrieb

Wie rüstet man ein Batteriefahrzeug auf Brennstoffzellen-Antrieb um? Die Antwort auf diese Frage suchte (und fand) die AVL List in ihrem Forschungsprojekt „PEM Brennstoffzellen-Hybridfahrzeug“, das im Rahmen der Programmlinie A3 des bmvit gefördert wurde. Das Thema hat sich ergeben, weil die AVL bei der Suche nach neuen Projektideen auf das Deutsche Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR) gestoßen ist, das den Versuchsträger „Hylite®“ entwickelt hatte. Das Fahrzeug wurde nach Graz gebracht und hier auf dem Prüfstand umfangreichen Tests unterzogen. Dabei wurden sämtliche Daten wie Wirkungsgrade und Leistungsflüsse aus dem Fahrzeug „herausgeholt“ und mit den Ergebnissen von Berechnungen verglichen. Auf der Basis eigens entwickelter Softwaretools konnte schließlich das Gesamtkonzept für ein Fahrzeug abgebildet werden, das mit einer Kombination von Batterie und Brennstoffzelle als Hybrid betrieben wird.

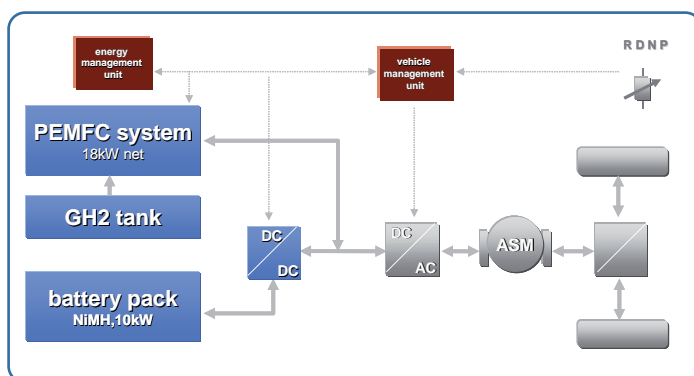


### Zurückgewonnene Bremsenergie ist eingesparte Antriebsenergie.

Ein Schwerpunkt im Projekt war die Optimierung der Energieflüsse von Brennstoffzelle, Batterie und Antrieb im Wechselspiel zwischen Energielieferant und Energiespeicher. Die Batterie wird mit jener Energie gespeist, die Elektrofahrzeuge beim Bremsen zurückgewinnen („rekuperieren“). Ein ausgefeiltes Energiemanagement ist wichtig, um zu vermeiden, dass die Batterie völlig entleert wird oder umgekehrt so voll ist, dass keine Bremsenergie mehr zugeführt werden kann – das würde die Bremswirkung reduzieren. Im Fahrbetrieb hat die Unterstützung durch die Batterie zwei Aufgaben: Zum einen erhöht sie den – ohnedies hohen – Wirkungsgrad der Brennstoffzelle, zum anderen begünstigt sie deren Lebensdauer.

### Ein ausgefeiltes Energiemanagement schützt Batterie wie Brennstoffzelle und entlockt ihnen Höchstleistungen.

Die Belastung der Brennstoffzelle in Fahrzeugen ist sehr hoch, denn wer Vollgas gibt, will auch sofort die volle Leistung haben. Man müsste also das Brennstoffzellensystem auf diese Spitzenleistung abstimmen. Die Verfügbarkeit von „voller Kraft voraus“ in Sekundenbruchteilen kann sich jedoch negativ auf die Lebensdauer auswirken. Wenn zur Unterstützung eine Batterie genutzt wird, kann trotz „gemäßiger“ Brennstoffzellenbelastung dem Fahrerwunsch voll entsprochen werden – was die Lebensdauer der Brenn-



stoffzelle begünstigt. Diese wird bei heutigen Brennstoffzellenfahrzeugen mit etwa 80.000 km oder zwei Jahren angegeben. Die Brennstoffzelle versagt nicht von einem Augenblick auf den anderen ihren Dienst, sondern sie kündigt ihre Altersschwäche durch eine kontinuierlich sinkende Performance an.

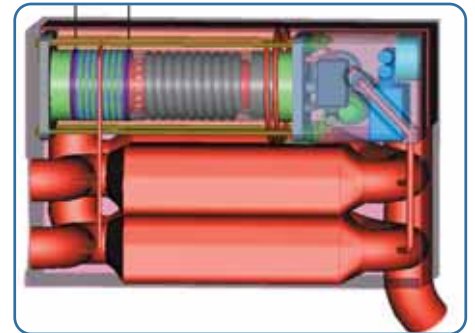
Brennstoffzellenfahrzeuge müssen Reichweiten erzielen, wie man sie von Fahrzeugen mit herkömmlichen Verbrennungsmotoren gewohnt ist. Das sind mindestens 400 km. Will man mit 4,2 kg Wasserstoff 400 km zurücklegen, darf man beim Wirkungsgrad des Brennstoffzellenfahrzeugs – der heute in einer Größenordnung von etwa 45 % also beim Doppelten eines Dieselfahrzeugs liegt – nichts verschenken. Mit Unterstützung der Batterie gewinnt man im Stadtverkehr ca. 10 -20 „Extraprozent“ Wirkungsgrad und damit mehr Reichweite. Auf Autobahnen, wo man nicht oft bremsen muss, ist der „Bonus“ entsprechend gering.

#### Am Brennstoffzellenantrieb arbeiten alle namhaften Automobilhersteller.

Die Weiterentwicklung von Brennstoffzellenfahrzeugen wird neben den Automobilherstellern von den Zulieferern geprägt. Sie müssen ihre Komponenten und Module auf die Besonderheiten der neuen Technologie abstimmen. Im Mittelpunkt des Forschungsprojektes stand daher nicht die Brennstoffzelle an sich, sondern das Zusammenspiel der Systemkomponenten mit dem Brennstoffzellensystem - und das in einem bestehenden Fahrzeug. Als Versuchsträger und Testobjekt diente den Projektpartnern ein bereits erprobtes und für die Straße zugelassenes Elektrofahrzeug, dessen "Innenleben" im Verlauf der Arbeiten fast vollkommen verändert wurde.

Mit der erfolgreichen Inbetriebnahme des Brennstoffzellen-Hybridfahrzeugs belegen die Projektpartner, dass sich ihre Systeme bzw. Werkzeuge für den Brennstoffzellenantrieb eignen und vor allem, dass das Zusammenspiel der einzelnen Fahrzeugkomponenten reibungslos funktioniert. Am Brennstoffzellenantrieb arbeiten alle namhaften Automobilhersteller aus Europa, den USA und Japan.

Das Projektziel wurde, wie Erich Ramschak von der AVL-List betont, voll und ganz erreicht. Mit dem Brennstoffzellen-Fahrzeug konnten erprobte Werkzeuge für die gestellte Aufgabe entwickelt und Netzwerke zur künftigen Umsetzung aufgebaut werden. Von Österreich waren die AVL und ein Christian-Doppler-Labor beteiligt; die anderen Projektpartner stammten aus Deutschland. Das Procedere der Einreichung des Forschungsprojektes bezeichnet Ramschak als „unkompliziert und effizient“.



**AVL List GmbH**  
**Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt**  
**Christian-Doppler-Labor für Brennstoffzellensysteme**

#### Kontaktperson:

AVL List GmbH, DI Erich Ramschak  
erich.ramschak@avl.com, 0316/787-3784



„Nach der Grundsatzentscheidung der AVL, auf dem Sektor der Brennstoffzellentechnologie tätig zu werden, haben wir nach thematisch einschlägigen Projekten gesucht und sind dabei auf das DLR gestoßen. Die Kernidee war, mit der Technologie in der Praxis Erfahrungen zu sammeln, Komponenten und Auslegungs- bzw. Optimierungswerkzeuge zu entwickeln und diese auf dem Technologieträger zu testen. Daraus ist die Idee entstanden, ein bestehendes Batteriefahrzeug in ein Brennstoffzellenfahrzeug umzurüsten.“ (Erich Ramschak, AVL List)

## PEMFC-KLEINTRAKTION

### Brennstoffzellen-Hybridantriebe für Scooter, Niederflrtransporter und Kühl-Lieferwagen

Das Projekt „PEMFC-Kleintraktion“ der Firma Echem – eines Kompetenzzentrums für angewandte Elektrochemie in Wiener Neustadt – baut auf der Überlegung auf, dass man mit dem Einsatz von Brennstoffzellen in Fahrzeugen klein anfangen sollte, um schon kurzfristig Markterfolge zu erzielen. Deshalb konzentriert man sich auf die Entwicklung von Hybridfahrzeugen, deren Antrieb Gesamtleistungen zwischen 500 Watt und 3 Kilowatt erbringt, von denen 500 W bis 1 kW auf die Brennstoffzelle entfallen und der Rest von Bleibatterien beigesteuert wird. Die „PEMFC Kleintraktion“ wurde als Projekt der Programmlinie A3 vom bmvit gefördert.

#### Die Brennstoffzelle verhindert die Unterbrechung der Kühlkette bei abgestelltem Kühl-Fahrzeug.

Echem setzt auf Komponenten, die am Markt verfügbar sind – darunter den serienmäßigen Brennstoffzellen-Stack – und auf vorhandene Fahrzeuge. Deren Layout muss jedoch so gestaltet werden, dass sich die Batterie und die Brennstoffzelle einbauen lassen. Ein Elektroscooter und ein Niederflrtransporter, den man mit zwei Euro-Paletten beladen kann, wurden entsprechend umgerüstet. Als dritter Versuchsträger wurde ein Leichtbau-Kühlfahrzeug adaptiert, in dem das Brennstoffzellensystem das Kühlagregat betreibt. Hierdurch ist gewährleistet, dass die Kühlkette bei abgestelltem Fahrzeug nicht unterbrochen wird.

#### Erfolgreiche Feuertaufe im praktischen Einsatz als „range extender“

Die Testfahrzeuge haben ihre „Feuertaufe“ bestanden und sich im praktischen Einsatz bewährt. Unter anderem konnte die Reichweite des Wirtschaftsfahrzeuges, die bei ausschließlichem Batteriebetrieb mit 50 bis 60 km begrenzt ist, durch die Reduzierung der Akkuleistung auf die Hälfte und den Einsatz der Brennstoffzelle nahezu vervierfacht werden. Das optimierte Zusammenspiel von Akku und Brennstoffzelle lässt eine weitere Miniaturisierung erwarten.

Die erreichbare Wegstrecke wird im innerstädtischen Zulieferverkehr im allgemeinen nicht auf einmal zurückgelegt. Oft fährt ein Fahrzeug nur einige hundert Meter, wird zum Be- und Entladen abgestellt und setzt dann seine Fahrt fort. In der Zwischenzeit kann die Brennstoffzelle die Batterie immer wieder aufladen. Auch der Elektroscooter wurde erfolgreich mit einer Brennstoffzelle ausgestattet. Solche Fahrzeuge, können bis zu einer Höchstgeschwindigkeit von 40 km/h zugelassen werden.



#### Die Erhöhung des Wasserstofftank-Drucks auf 350 bar bleibt eine Herausforderung.

Das einzige Problem, das dem Einsatz in einer Großserie noch im Weg steht, ist die Wasserstoff-Infrastruktur. Der Wasserstoff sollte am zweckmäßigsten in einem Druckbehälter mit 300 bar gespeichert werden. Hierfür ist zwar die gegenwärtig einzige österreichische Wasserstofftankstelle auf dem Gelände der TU Graz eingerichtet, aber in Österreich sind derzeit nur Druckflaschen bis 200 bar verfügbar. Das ist für ein Demonstrationsobjekt, nicht jedoch für eine spätere wirtschaftliche Anwendung ausreichend. Eine Alternative wäre das Mitführen des Wasserstoffs in Metall-Hydridspeichern mit maximal 17 bar Fülldruck.

Insgesamt arbeiteten 12 Partner an diesem Projekt, das man ohne Förderung kaum hätte durchführen können. Die Abwicklung war im wesentlichen problemlos. Es überraschte jedoch die Erkenntnis, dass relativ wenig Leistungsdaten über die adaptierten Fahrzeuge bekannt gewesen sind, weil die Hersteller von Elektrofahrzeugen empirisch vorgehen: Sie wissen aus jahre- bzw. jahrzehntelanger Erfahrung, welche Leistung für einen bestimmten Aktionsradius benötigt wird. Echem musste daher erst aussagekräftige Daten über den Leistungsbedarf bei unterschiedlichen Fahrbedingungen generieren, um das Brennstoffzellensystem zu optimieren. Ob man eher ein kleineres Brennstoffzellensystem wählt und die Batteriekapazität erhöht oder umgekehrt die Batterie zugunsten der Brennstoffzelle verkleinert, ist eine Frage des Preises, des Raumbedarfs und des Gewichtes.



### Die erfolgreiche Projektabwicklung motivierte zum Folgeprojekt, das die Markteinführung einleiten soll.

Echem hat schon mehrere Forschungsprojekte erfolgreich abgewickelt. Daher war das Procedere bekannt. EU-Projekte seien „viel bürokratischer“ erklärte Projektleiter Jürgen Schodl. Natürlich kommen auch die bmvit-Programmlinien nicht ganz ohne administrative Formalitäten aus, doch die geforderten technischen Beschreibungen und wirtschaftlichen Betrachtungen könnten ohne großen Aufwand geliefert werden. In einem Folgeprojekt, das ebenfalls zur Förderung eingereicht wurde und an dem sich auch potenzielle Kunden beteiligen wollen, wird der Einsatz solcher Hybridfahrzeuge im realen Betrieb untersucht. Damit wäre der Schritt vom Demonstrator zum serienreifen Produkt vollzogen. Dieses Ziel soll innerhalb von zwei Jahren erreicht werden.

**ECHEM Kompetenzzentrum für angewandte Elektrochemie GmbH**  
**Fotec Forschungs- und Technologietransfer GmbH**  
**TMG Technologie- und Marketing GmbH**  
**Photovoltaiktechnik GmbH**  
**Fronius International GmbH**  
**Banner GmbH**  
**Bitter GmbH**  
**IO Fahrzeuge Produktions- und Handels GmbH**  
**S. Graf, Carello, Elektrofahrzeuge Produktions- und Vertriebs GmbH**  
**Schuh Karosseriebau GmbH**  
**ZSW (Deutschland)**  
**FuMATech GmbH (Deutschland)**

#### **Kontaktperson:**

ECHEM – Kompetenzzentrum  
für angewandte Elektrochemie GmbH,  
Mag. Jürgen Schodl  
juergen.schodl@echem.at, 02622/22266-39



„Wir haben uns seit dem Start der Programmlinie A3 mit dem Entwicklungsschwerpunkt Brennstoffzelle immer wieder an Ausschreibungen beteiligt und uns von der Überlegung leiten lassen, dass Brennstoffzellen im Bereich der Kleintraktion die größten Marktchancen haben. Ziel ist es, das Projekt wirtschaftlich umzusetzen. Das liegt auch im Interesse der Industriepartner. Je kleiner die Brennstoffzelle, desto weniger fällt der höhere Preis ins Gewicht.“ (Jürgen Schodl, Echem)

## SORPTIONS-KÄLTEANLAGE

### Ionische Flüssigkeiten als innovatives umweltneutrales Kühlmedium

Ionische Flüssigkeiten sind eine Salzschnmelze. Bisher bekannte Salzschnmelzen sind nur bei sehr hoher Temperatur flüssig – Natriumchlorid (Kochsalz) zum Beispiel bei rund 803°C. Der Schmelzpunkt ionischer Flüssigkeiten ist so niedrig, dass sie bei Raumtemperatur und sogar bis zu minus 60°C flüssig sind. Auf den ersten Blick sehen sie aus wie Wasser; sie bestehen jedoch nicht aus Molekülen, sondern aus Ionen. Ihre verblüffendste Eigenschaft ist ein mit typischen Festkörpern wie z.B. Stahl vergleichbarer Dampfdruck, somit praktisch Null. Was keinen Dampfdruck hat, siedet und brennt nicht, kann nicht in die Umwelt entweichen und auch nicht eingeatmet werden. Ionische Flüssigkeiten sind erst seit wenigen Jahren bekannt. Die größte Herausforderung ist die Kombination von Kationen und Anionen und die Reinheit des Produkts. Anders als bei konventionellen Flüssigkeiten kann man Verunreinigungen – eben wegen des fehlenden Dampfdrucks – nicht durch Destillieren entfernen.

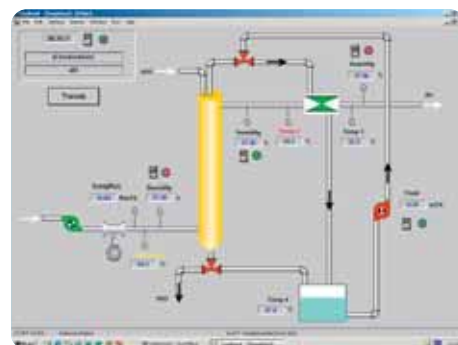
### Ionische Flüssigkeiten können weder verdampfen noch brennen.

Eine attraktive Anwendung von ionischen Flüssigkeiten könnte deren Einsatz in Sorptions-Kälteanlagen sein. Die junge Leobener Firma Proionic GmbH – ein Spin-Off der Montanuniversität Leoben – hatte ein entsprechendes Projekt im Rahmen der Programmlinie A3 des bmvit zur Förderung eingereicht.

Kälte lässt sich auf mannigfache Weise erzeugen. Am häufigsten wird die Kompressor-technologie genutzt. Kühlschränke und Klimaanlage werden mit Kompressoren betrieben. Damit sind zwei Probleme verbunden: Erstens verbraucht der Kompressor Energie. Damit ist, wenn diese Energie aus nicht-regenerativen Quellen stammt, die Emission von Kohlendioxid verbunden. Und zweitens steckt in den Kühlmedien – wenngleich die heute zugelassenen Flüssigkeiten nicht mehr die Ozonschicht schädigen – ein erhebliches Treibhauspotenzial. Die verwendeten teilfluorierten Kohlenwasserstoffe richten, wenn sie in die Atmosphäre entweichen, einen hundertfach größeren Schaden an als Kohlendioxid.

### Man kann Kälte „gratis“ aus Wärme erzeugen, wenn überschüssige Abwärme oder Sonneneinstrahlung zur Kühlung genutzt wird.

Ziel der Entwicklung von Proionic war der Einsatz von „Energieabfall“ in Form von Motorabwärme. Es ist unglaublich, aber wahr: Man kann Kälte aus Wärme erzeugen. Das Prinzip ist als „solares Kühlen“ bekannt und funktioniert in der Weise, dass im Sommer, wenn solare Wärmeenergie reichlich vorhanden und der Kühlbedarf am größten ist, warme Luft mit einem Feuchtigkeitsgehalt zwischen 70 % und 90 % „getrocknet“ wird, so dass der Feuchtigkeitsgehalt letztlich nur mehr bei etwa 10 % liegt. Diese trockene Luft wird mit der Außenluft gegengekühlt und Wasser als Kältemittel eingedüst. Damit steigt die Luftfeuchtigkeit wieder auf 80 % bis 95 %. Die dabei entstehende Verdunstungskälte ist so groß, dass Temperaturen letztlich bis auf 5 Grad absinken können.



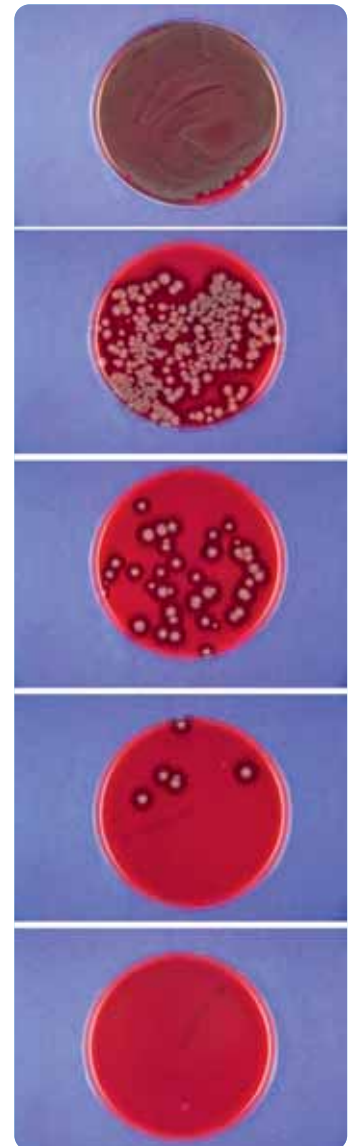


Das Wasser aus der Lufttrocknung befindet sich in einem Sorptionsmedium. Hierfür wurden bisher Feststoffe – zum Beispiel Kieselgele – aber auch Lösungen von anorganischen Salzen wie etwa Lithiumchlorid oder Kalziumchlorid verwendet. Sie nehmen zusätzlich Wasser aus der Luft auf. Zur Regenerierung wurden dann die Lösungen erwärmt – im Fall des solaren Kühlens durch die von den Paneelen gelieferte Wärme – oder eben durch z.B. Motorabwärme. Das Wasser verdunstet und das Sorptionsmedium steht erneut zur Verfügung.

**Die Nachteile von korrosiven Salzlösungen werden durch ungiftige ionische Flüssigkeiten überwunden, die Energieeffizienz steigt.**

Salzlösungen haben jedoch zwei Nachteile: Sie sind aggressiv und extrem korrosiv. Hinzu kommt, dass solche Lösungen im Winter, wenn sie nicht genutzt werden, zum Auskristallisieren neigen. Wenn man die Anlage in der warmen Jahreszeit unbesetzt wieder in Betrieb nimmt, kann sie durch die Kristallbildung zerstört werden. So entstand die Idee, die bisherigen Salzlösungen durch eine Salzschmelze – eben die ionische Flüssigkeit – zu ersetzen. Ionische Flüssigkeiten sind nicht korrosiv, aber stark hygroskopisch, also Wasser anziehend und können nicht auskristallisieren, da sie per se flüssig sind. Toxikologisch sind sie unbedenklich. Durch die spezifischen Eigenschaften ist kein Wärmetauscher mehr notwendig, sodass die Energieeffizienz des gesamten Systems gesteigert wird.

Am Beginn der praktischen Versuche stand auch eine an der medizinischen Fakultät der Universität Graz durchgeführte Untersuchung, ob und in welchem Umfang ionische Flüssigkeiten ein Nährboden für Bakterien oder Pilze sein könnten. Schließlich bestehen die besten Kandidaten aus natürlichen Kationen und Anionen, wenngleich sie in dieser Kombination in der Natur nicht vorkommen. Die Mediziner gaben alsbald Entwarnung. Das Förderprogramm hat den Abschluss der Machbarkeitsstudie und die Entwicklung eines Demonstrators ermöglicht – die tragfähige Basis für Proionic, um das Projekt weiter voran zu bringen, auch wenn die Markteinführung noch eine wenig Zeit brauchen wird.



**PROIONIC Production of Ionic Substances GmbH**  
**Montanuniversität Leoben**

**Kontaktperson:**

Mag. Roland Kalb  
roland.kalb@proionic.at, 03842/47044-20

## 3D-SENSOREN

Optische Sensoren für Überwachungsaufgaben im Automobil

Die Anwendung von optischen 3D-Sensoren in Assistenzsystemen von Kraftfahrzeugen war Gegenstand eines Forschungsprojektes des Instituts für Elektrische Mess- und Schaltungstechnik an der TU Wien im Rahmen der A3-Programmlinie des bmvit. Die Einsatzmöglichkeiten im automotiven Bereich sind vielfältig und reichen von der rechtzeitigen Aktivierung passiver Sicherheitssysteme in Falle von absehbar nicht mehr vermeidbaren Kollisionen bis zur Hebung des Komforts, zum Beispiel durch Einparkhilfen. Mit solchen Applikationen soll der Lenker aktiv unterstützt, entlastet, gewarnt und geschützt werden.

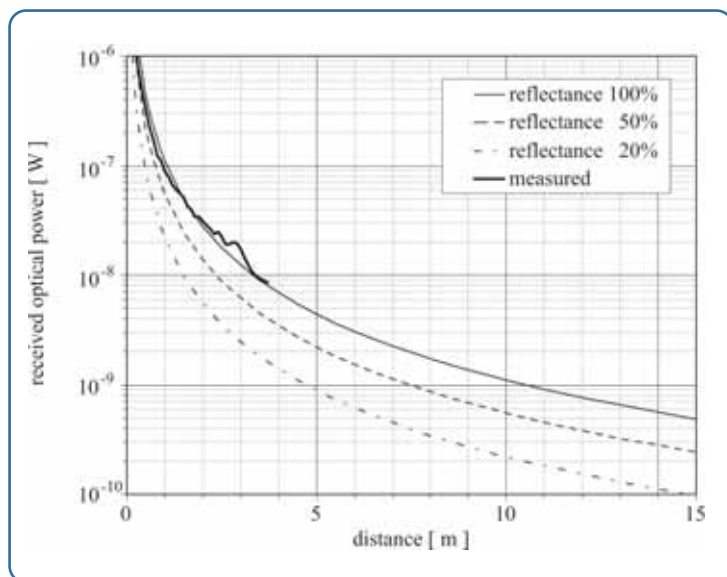
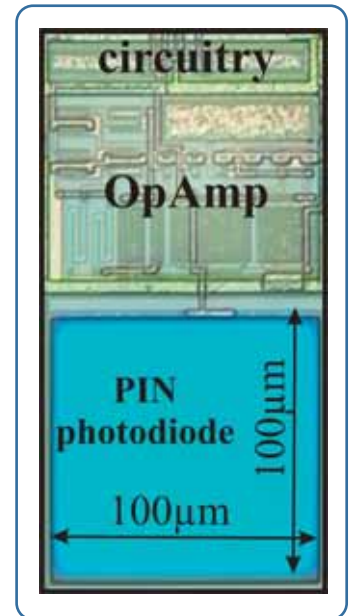
Zur Beobachtung kritischer Bereiche sowie zur Erfassung möglicherweise gefährlicher Situationen ist eine räumliche Tiefeninformation notwendig. Hierfür bietet sich der Einsatz von 3D-Sensoren an.

### Künstliche „Augen“ unterstützen den Fahrer in kritischen Situationen.

Zur Ermittlung von Distanzen wird die Geschwindigkeit des Lichtes genutzt. Im gegenständlichen Projekt wird jedoch nicht die Laufzeit des Lichtes, sondern die Phasenverschiebung gemessen. Sie ergibt sich aus der Differenz zwischen dem Sendepuls und dem viel schwächeren Empfangspuls. Diese Phasenverschiebung ist proportional zum Abstand. Im Projekt wurden Grundlagen und einzelne Pixel, die auf einige Zentimeter genau messen können, untersucht. Das Konzept erlaubt jedoch in einer späteren Ausbaustufe eine schnelle, berührungslose Entfernungsmessung in einem Messfeld von  $32 \times 32$  – also insgesamt 1024 – Pixeln, von denen jedes einen kleinen Schaltkreis enthält. Dieses Prinzip ist für Sicherheitsanwendungen im Straßenverkehr sehr gut geeignet. Der Sensor ist ein integrierter Halbleiterchip mit Fotoempfänger und Auswertelektronik. An ihn werden hohe Anforderungen gestellt: Er muss preisgünstig und klein sein, schnell und verlässlich arbeiten, wenig Strom verbrauchen, gegen Störungen unempfindlich sein und er darf selbst andere elektronische Bauteile nicht stören.

### Hochwirksame Fotodioden können reflektierte Signale von nur einem Milliardstel Watt „Stärke“ auffangen.

Eine besondere Herausforderung war, dass die mittlere Lichtleistung wegen des vorgeschriebenen Schutzes der Augen begrenzt werden musste und daher das von beliebigen, diffusen Oberflächen reflektierte Signal sehr schwach ist. Wenn etwa der

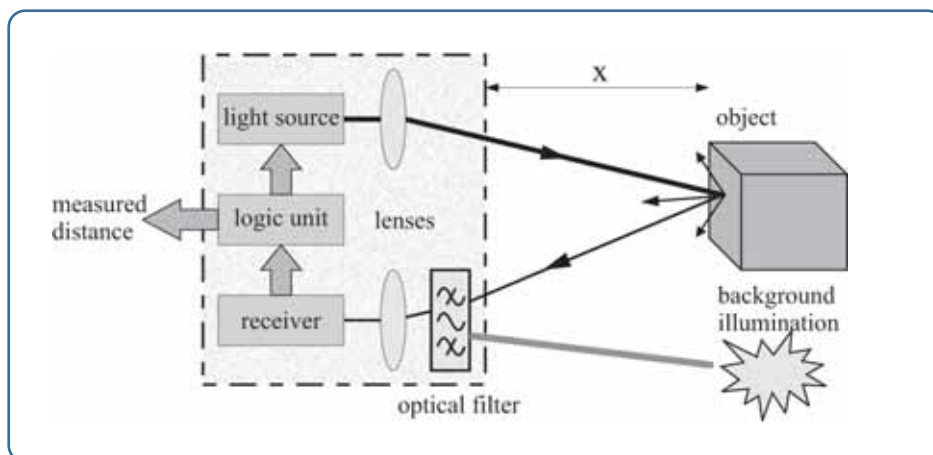


ausgesendete, gepulste Lichtstrahl ein Milliwatt stark ist, kommt zum Empfänger nur ein Millionstel dieser Leistung zurück. Es müssen daher rauscharme Schaltungen und hochwirksame Fotodioden eingesetzt werden, die das ankommende Licht fast zur Gänze in einen Fotostrom umsetzen. Dafür benötigt man Pin-Fotodioden mit hoher Bandbreite und hohem Wirkungsgrad.

### Trotz großer Herausforderungen ist das Nachfolgeprojekt bereits auf Schiene.

Im Rahmen des Forschungsprojekts konnte die technische Machbarkeit nachgewiesen werden und mittlerweile wurde ein Nachfolgeprojekt gestartet, das noch bis August 2008 unter der Bezeichnung „Sensafe“ läuft. Dabei steht jedoch immer noch die anwendungsbezogene Grundlagenuntersuchung im Mittelpunkt und noch nicht die Herstellung eines Demonstrators oder eines Prototypen. Eine praktische Anwendung ist daher erst längerfristig denkbar.

Der Weg zum Erfolg des Projektes 3D-Sensoren verlief nicht ohne Hürden. Eine Herausforderung war die Veränderung des Phasenganges der sich erwärmenden Chips. Das hatte Messfehler zur Folge. Damit hatten die Forscher zunächst nicht gerechnet. Sie haben daraufhin ihre Schaltungen so geändert, dass der unerwünschte Effekt vermieden wird. Zudem gelang es, das gegenwärtig wohl leistungsfähigste System zur Unterdrückung von Hintergrundlicht zu entwickeln, um weitere Messfehler zu vermeiden.



**TU Wien, Institut für elektrische Mess- und Schaltungstechnik**  
**Siemens VDO Automotive GmbH**  
**WAHL optoparts GmbH**

**Kontaktperson:**

Technische Universität Wien,  
 Prof. Dr.-Ing. Horst Zimmermann  
 horst.zimmermann@tuwien.ac.at, 01/588 01 35430

„Wir beschäftigen uns intensiv mit Fotodioden in integrierten Schaltungen. Mit diesem Projekt sind wir weltweit führend. Anderen Teams, die auch an der Entwicklung von 3D-Sensoren arbeiten, stehen weder derart leistungsfähige Fotodetektoren zur Verfügung, noch haben sie eine vergleichbare Kompetenz auf dem Gebiet der optoelektronischen Schaltungen. Unser nächstes Ziel ist die kostengünstige Herstellung der Sende- und Empfangseinheiten.“ (Horst Zimmermann, TU Wien)

# PROJEKTE PROGRAMMLINIE I2

## I 2



**Intelligente Infrastruktur**



**EWAS**  
Seite 42

**Railcargo**  
Salzburg



**Kontakt**  
Seite 38

**Betrieb**  
VW Feldkirch

**Vaduz**

**Bregenz**

**Augsburg**

**München**

**Salzburg**

**Innsbruck**



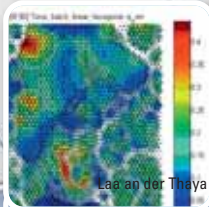
**Dyges, Hot Spot**  
Seite 40

**A13**  
Brennerautobahn



**Vienna Spirit,  
Open Spirit  
Seite 56**

**Wien, Salzburg,  
München**

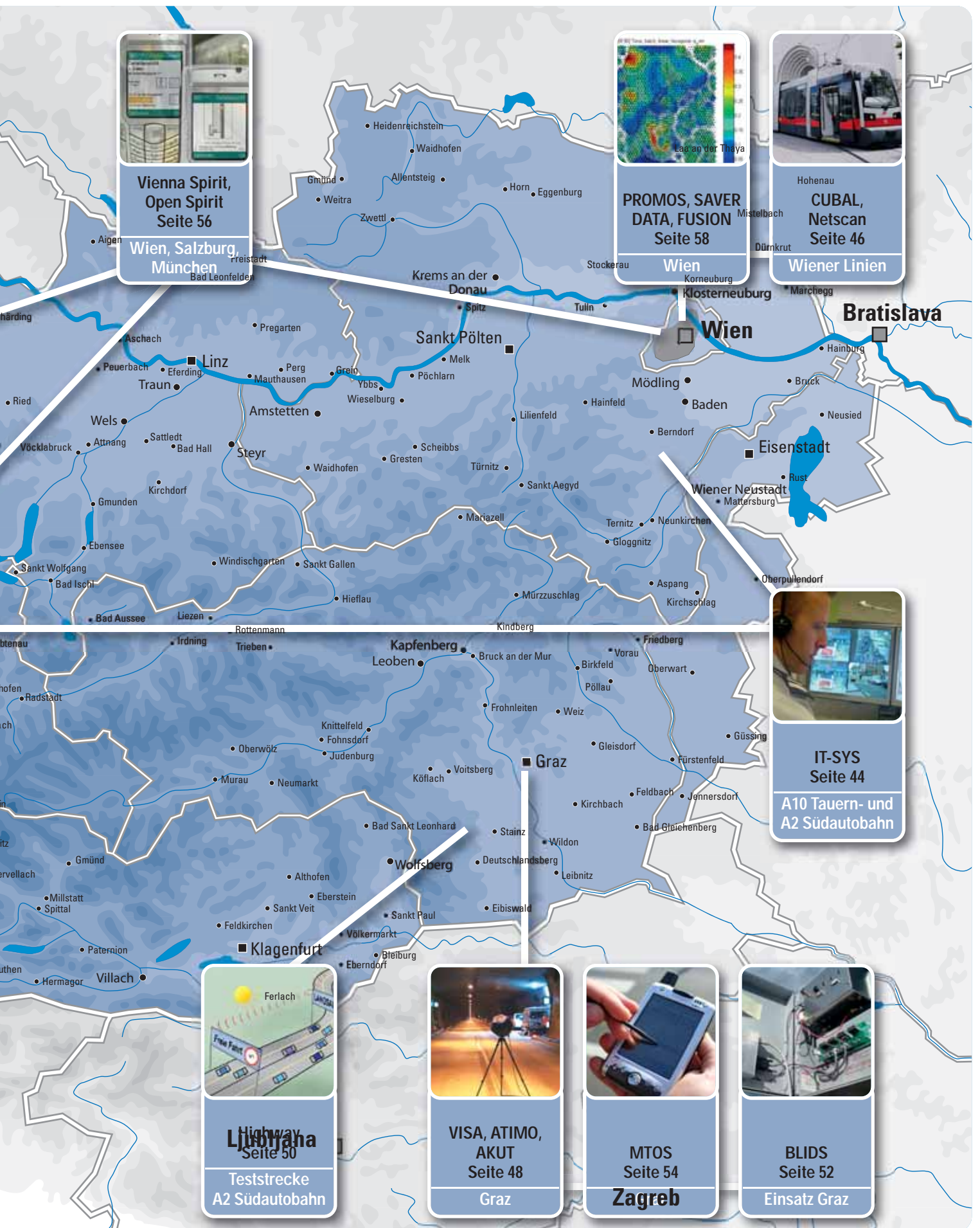


**PROMOS, SAVER  
DATA, FUSION  
Seite 58**



**CUBAL,  
Netscan  
Seite 46**

**Wiener Linien**



**IT-SYS  
Seite 44**

**A10 Tauern- und  
A2 Südautbahn**



**Lichtwaha  
Seite 50**

**Teststrecke  
A2 Südautbahn**



**VISA, ATIMO,  
AKUT  
Seite 48**

**Graz**



**MTOS  
Seite 54**

**Zagreb**



**BLIDS  
Seite 52**

**Einsatz Graz**

## CONTACT

### fahrzeugautonome Anschlusssicherung Bus-Bus-Bahn

Der Vorarlberger Verkehrsverbund suchte nach einer kostengünstigen Lösung, um alle Leistungsmerkmale einer Betriebsleitzentrale zu nutzen, jedoch auf das Kernstück – die Zentrale selbst – verzichten zu können. Das System sollte uneingeschränkte Funktionalität bieten und vor allem vermitteln, wo sich welches Fahrzeug gerade befindet. Außerdem sollte es möglich sein, dem Fahrer Anweisungen zu senden.

Während bei der Architektur mit einer Betriebsleitzentrale das Terminal im Fahrzeug nicht „intelligent“ zu sein braucht, musste für den speziellen Anwendungsfall ein „fahrzeugautonomes“ System entwickelt werden, das auch zur Anschlusssicherung eingesetzt werden kann. Das war für die Betreiber wichtig, weil sich Beschwerden über verpasste Anschlüsse zuletzt gehäuft hatten. Ursache war die Umstellung des Liniennetzes auf „Durchbindeverkehre“. Damit konnte zwar der Betrieb wirtschaftlicher gestaltet werden, jedoch wurden mehr Umsteigevorgänge notwendig. Durch die relativ niedrige Taktfrequenz sind verpasste Anschlüsse besonders unangenehm.

In der Folge hat sich eine Arbeitsgruppe mit allen beteiligten Verkehrsunternehmen konstituiert. Nach intensiven Beratungen wurde beschlossen, ein neues Betriebsleitsystem einzuführen. Das Vorarlberger Softwareunternehmen TIG entwickelte unter der Bezeichnung „ConTakt“ einen Projektentwurf. Es wurde ein vierstufiger Ablauf geplant, wobei der Vorarlberger Verkehrsverbund VVV als Projektführer in den ersten drei Phasen und der Gemeindeverband Oberes Rheintal sowie die Stadtwerke Feldkirch in der ersten und zweiten Phase eingebunden sein sollten. Das Projekt wurde erfolgreich zur Förderung in der Programmlinie I2 des bmvit eingereicht.

Die von TIG entwickelte Lösung zielte in zwei Richtungen: Einerseits die Abstimmung der einzelnen Fahrpläne, um den Kunden optimale Anschlüsse mit möglichst kurzen Wartezeiten zu bieten und andererseits Anschlüsse auch im Falle von Verspätungen zu gewährleisten. Für ersteres wurde die automatische Anschlussberechnung eingesetzt. Die Kommunikation zwischen den Fahrzeugen erfolgt auf der Basis des Betriebsdatenschnitts im 70 cm-Band.

#### Feldversuch mit 50 Fahrzeugen und 2500 Anschlusssituationen

Auf die Startphase – die Projektdefinition – folgte eine Machbarkeitsstudie. Es wurde die erforderliche Technologie entwickelt und deren Funktionsfähigkeit im Laborversuch nachgewiesen. Daran schloss sich ein „kleiner Feldversuch“ mit vier Fahrzeugen der Stadt Feldkirch, gefolgt von einem größeren, in den alle 16 Busse der Stadt Feldkirch und weitere der Region Oberes Rheintal – somit insgesamt 50 Fahrzeuge mit rund 2.500 Anschlusssituationen pro Werktag – eingebunden wurden



### Erweiterter Feldversuch mit 150 Fahrzeugen und Anschlusssicherung Bus – Bahn, mündet 2006 in den Echtbetrieb

Ende 2004 startete ein Feldversuch „Bus/Bahn“, in den auch die ÖBB mit einem Pilotversuch im Bahnhof Feldkirch eingebunden war. In dieser Phase waren bereits 150 Fahrzeuge mit dem Betriebsleitsystem ausgestattet. Seit Anfang 2006 läuft ConTakt im Echtbetrieb.

Derzeit sind etwa zwei Drittel der Busflotte in das System integriert. Aus Kostengründen kann nicht der gesamte vorhandene Fahrzeugbestand sofort nachgerüstet werden; es wird jedoch jeder neu erworbene und in Dienst gestellte Autobus mit einem Terminal ausgestattet.



### Erfolge sind beeindruckend. Fahrgastzuwachs ist nachweisbar. Beschwerden über verpasste Anschlüsse tendieren gegen Null: berichtet der VVV.

Die Erfolge sind beeindruckend. Eine Fahrgastbefragung in der dritten Phase durch den VVV hat eine „verblüffend hohe Zustimmung“ gebracht, berichtet Projektleiter Peter Elsensohn. Fahrgastzuwachs ist nachweisbar; Beschwerden über verpasste Anschlüsse „tendieren gegen Null“, betont man bei der TIG.

### Interesse aus Liechtenstein, Schweiz und Deutschland

Die Vorarlberger Lösung soll nicht auf das Bundesland beschränkt bleiben. An einer Einbeziehung des öffentlichen Personennahverkehrs von Liechtenstein wird bereits gearbeitet. Auch mit der Schweiz und der Bundesrepublik Deutschland fanden bereits Gespräche mit dem Ziel statt, ConTakt länderübergreifend einzusetzen.



**T.I.G. – Technische Informationssysteme GmbH**  
**Vorarlberger Verkehrsverbund VVV**  
**Gemeindeverband Oberes Rheintal**  
**Stadtwerke Feldkirch**  
**Österreichische Bundesbahnen ÖBB**

**Kontaktperson:**

T.I.G. – Technische Informationssysteme GmbH,  
Peter Elsensohn  
p.elsensohn@tig.at, 0676/8444 66 351

„Bei den Vorarbeiten zu ConTakt sind wir zur Überzeugung gekommen, dass das Projekt thematisch in die Programmlinie I2 des bmvit passt. Auch dem Innovationsanspruch hatten wir grundsätzlich erfüllt. Mit der Projekteinreichung war für uns ein beträchtlicher administrativer Aufwand verbunden. Gemeinsam mit dem Vorarlberger Verkehrsverbund können wir auf eine erfolgreiche Entwicklung blicken.“  
(Peter Elsensohn, TIG)

## DYGES, HOT SPOT

### dynamische Belastungsmessung an Brücken

Nichts hält ewig – auch nicht eine Brücke. Abhängig von der Belastung zeigt sie früher oder später Alterungserscheinungen. Irgendwann wird man über Gewichtsbeschränkungen nachdenken müssen und letztlich ist eine Erneuerung unausweichlich. Bisher hat man die dynamische Einwirkung unterschätzt und ging man bei der Bewertung des Zustandes ausschließlich von statischen – also von ruhenden – Lasten aus.

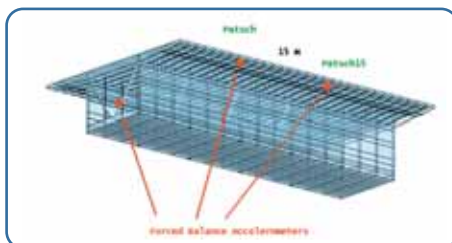
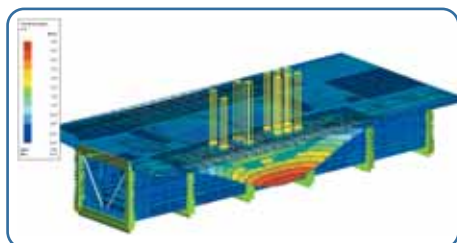
#### Pilotinstallation auf der Europabrücke – Brennerautobahn A13

Das vom bmvit im Rahmen der Programmlinie I2 geförderte Projekt DYGES hatte das Ziel, die Zustände von Brücken aus Schwingungsmessungen bzw. aus der Beobachtung von Schwingungsreaktionen am Bauwerk zu erkennen und die dynamischen Einwirkungen von Verkehrslasten zu bewerten. Da das Problem auf der Brennerautobahn besonders akut ist, wurde die Europabrücke für die Pilotinstallation ausgewählt. Hierfür wurde ein Verfahren zur permanenten, automatisierten Überwachung des Einwirkungsspektrums und des Einwirkungsprofil entwickelt, das den Schwerverkehr exakt abbildet. Auch Brückenverformungen in horizontaler Richtung werden erfasst.

#### Dyges liefert das Wissen, wie „gesund“ eine Brücke ist.

Durch die Zählungen an der Mautstelle weiß man zwar, wie viele Lkw die Brennerautobahn befahren; man kennt auch die Achszahl, aber nicht die Tonnage. Hierfür wurde ein spezieller Algorithmus auf der Grundlage von Beschleunigungsmessungen entwickelt. Zur Kalibrierung des Systems haben in mehreren Umläufen leere und beladene Lkw mit verschiedenen Geschwindigkeiten die Brücke befahren. Der Einfluss auf das Bauwerk wurde mit Laserverformungsmessungen erfasst. Die Verformungen, die im Bereich weniger Zentimeter liegen, sind die Grundlage für Lastmodelle und die wiederum dienen zur Ermittlung der Restnutzungsdauer oder – mit anderen Worten – zur Prognose der Lebensdauer. Hierfür werden die Messergebnisse in Diagrammen dargestellt und über die Erwartungswerte gelegt, sodass man auf einem Blick Abweichungen des Ist- vom Sollzustand erkennen kann. Das Wissen, wie „gesund“ eine Brücke ist, beantwortet die Frage, wann gravierende Sanierungsmaßnahmen notwendig sind und wann die Brücke schließlich von Grund auf erneuert werden muss.

Im nachfolgenden Projekt HotSpot haben die Experten ein Verfahren zur automatischen Generierung von Zustandsberichten ausgetüftelt. Gegenwärtig werden die Messergebnisse von der Europabrücke sowie von der Lueg- und der Gschnitztalbrücke über eine Datenleitung zur VCE übertragen, dort ausgewertet und die Reports wöchentlich mit e-Mail an die ASFINAG gesendet. In einem weiteren Schritt ist vorgesehen, dass die ASFINAG direkt auf die Daten zugreifen kann, doch müssen hierzu erst die EDV-Systeme entsprechend adaptiert werden.





### automatische Zustandberichte von Europa-, Lueg- und Gschnitztalbrücke an die ASFINAG

Die Messungen, die seit dem Jahr 2003 laufen, lassen keine Auffälligkeiten an den Brücken erkennen. Zwar wachsen die Verkehrsmengen, aber das Belastungsniveau bleibt im Wesentlichen konstant. Die Spezialisten der VCE stellen der Europabrücke ein gutes Zeugnis aus und zerstreuen Bedenken, das Tragwerk würde den Verkehrszuwachs um mehr als 400 % gegenüber den 60er Jahren nicht mehr lange unbeschadet standhalten. Das heißt aber nicht, dass man die Hände in den Schoß legen kann. Vorbeugende Maßnahmen sind notwendig, um „Schadenphänomene“ von vorn herein zu verhindern. Das ist kostengünstiger, als auf ein Stadium zu warten, in dem eine Verstärkung des Tragwerkes fast so teuer wie ein Neubau wird.

### Interesse aus Tschechien für Brücke im Verlauf der Schnellstraße zwischen Most und Komotov

Mittlerweile interessieren sich auch ausländische Verkehrsinfrastrukturbetreiber für das Monitoring. So wurde eine zwar weniger aufwändige, aber nach dem gleichen Prinzip arbeitende Anlage in Tschechien im Verlauf einer Schnellstraße zwischen Most und Komotov eingesetzt. Die Brücke ist ein Nadelöhr im Zuge einer vierspurig ausgebauten Schnellstraße. Der Neubau wurde aus Kostengründen auf einen späteren Zeitpunkt verschoben. Die VCE sollte mit DYGES herausfinden, bis zu welcher Belastung das System noch unauffällig bleibt und wann mit Veränderungen zu rechnen ist, die nicht mehr zu tolerieren sind. Die nur einen Tag dauernde Messung ergab, dass eine Gewichtsbeschränkung von 25 t verhängt werden sollte, um das Tragwerk zu schonen. Die Behörde ist dieser Empfehlung gefolgt.

DYGES lässt sich bei jeder Brücke anwenden, ob Stahl- oder Betonkonstruktion. Auch Eisenbahnbrücken können damit untersucht werden. Hierfür sind jedoch Modifizierungen notwendig, da im Gegensatz zu einer Straßenbrücke die Lasten nicht permanent, dafür aber konzentrierter, flächiger und intensiver auftreten. Auch der Kontakt von Fahrzeug und Fahrweg ist auf der Schiene anders, als auf der Straße.



VCE Holding GmbH  
ASFINAG  
Joanneum Research

**Kontaktperson:**

VCE Holding GmbH, Helmut Wenzel  
wenzel@vce.at, 01/897 53 39



„Der Zugang zu den Fördermitteln aus dem bmvit ist um Eckhäuser einfacher, als auf EU-Ebene. Es gibt natürlich einen gewissen Verwaltungsaufwand, dem man sich stellen muss. Das ist nicht immer angenehm, aber das passt schon. Die Abläufe sind schlanker, straffer und zielorientierter. Der ganze Prozess des Berichterstattens, der Projektdokumentation, der Projektkoordination und Projektevaluierung ist in Österreich wesentlich einfacher.“ (Helmut Wenzel, VCE)

## EWAS

sensorgestütztes, elektronisches Wagenalarmierungssystem

Innerhalb der Rail Cargo Austria (RCA) managt eine Gruppe den Einsatz des Mobilers – eine hydraulische Hub- und Verschiebeinrichtung, mit der spezielle Container und Wechsellaufbauten horizontal zwischen Lkw und Eisenbahnwaggon von einer einzigen Person umgeladen werden können. Nach diesem Prinzip wurden im Vorjahr rund 400.000 Tonnen in 28.000 beladenen Containern umgeschlagen. Innerhalb eines Jahres ist die Zahl der Behälter von 320 auf 420 und der Lkw von 16 auf 20 gestiegen.

Im konventionellen Wagenladungsverkehr können Waggons im grenzüberschreitenden Transport auf Grund internationaler Übereinkommen auch von den jeweils anderen Bahngesellschaften – gegen entsprechende Miete – im nationalen Verkehr eingesetzt werden. Meist ist nicht absehbar, wann sie wieder zurückkommen. Das Mobilier-Equipment muss jedoch so schnell wie möglich wieder verfügbar sein, denn je öfter damit Umläufe gefahren werden können, desto wirtschaftlicher ist das System. Der Einsatz wird von Salzburg aus gesteuert.

### seit 2001 Tracking & Tracing von Mobilier-Sendungen

Um die Mobilier-Sendungen ständig „im Auge zu behalten“, setzt man seit 2001 Tracking & Tracing ein. Mit der EU-Erweiterung und dem damit verbundenen Verkehrswachstum wurde das System der Wagen- bzw. Frachtverfolgung allgemein verstärkt eingesetzt, weil man befürchtete, Waggons und Behältnisse könnten im Netz der Eisenbahnen in Osteuropa „in ein schwarzes Loch fallen“. Wegen der fehlenden Kompatibilität der EDV-Systeme wäre es sonst kaum möglich zu ermitteln, wo sich ein Wagen wie lange befindet und in welche Richtung er sich bewegt.

Im Projekt EWAS in der Programmlinie I2 des bmvit wurden die Basisfunktionalitäten der Wagenverfolgung um ein sensorgestütztes, elektronisches Wagenalarmierungssystem erweitert. Damit lässt sich überprüfen, wann beispielsweise ein Container, eine Schiebetür oder das Auslassventil eines Kesselwagens geöffnet wird, ob dies in einem erlaubten oder nicht erlaubten Bereich, zu einem erlaubten oder nicht erlaubten Zeitpunkt erfolgt.

### EWAS sendet Alarmmeldung bei unerlaubtem Zugriff auf einen Tankwagen

Wird ein unerlaubter Vorgang gemeldet, schlägt das System in der Leitstelle Alarm, von wo aus beim Verdacht einer illegalen Öffnung die Polizei vor Ort verständigt werden kann. Auf einem Versuchsfahrzeug – einem Tankwagen – wurden solche Sensoren im Bereich der Einfüllöffnung, der Entlüftungsschraube und des Ablassventils angebracht. Auch das Austreten von Flüssigkeiten als Folge eines Defekts wird erkannt.



Die Einrichtung zur Datenübertragung besteht aus der Kombination eines Moduls zur satellitengestützten Navigation (GPS) mit einem Mobilfunkgerät (GSM) und einer Pufferbatterie. Die Nachrichten werden als SMS übertragen. Die „Black box“ ist gekapselt und arbeitet völlig autark. Da – abgesehen von einem Alarm – die Daten nur viermal innerhalb von 24 Stunden übertragen werden, ist der Stromverbrauch gering und die Batterie „lebt“ mehrere Jahre. Sollte ihr Ladezustand unter einen bestimmten Schwellenwert sinken, wird dies ebenfalls mit SMS der Leitstelle gemeldet und die Batterie beim nächsten Wartungstermin getauscht. Mit diesem System können praktisch alle Arten von Gütern – mit Ausnahme staubförmiger – überwacht werden.



Einem umfassenden Einsatz steht gegenwärtig entgegen, dass die Telematik-Einheit wegen der geringen Stückzahl derzeit noch relativ teuer ist und dem Kunden für diesen Mehrwert eine Miete verrechnet wird. Das ist bei der knappen Kalkulation, zu der man gezwungen ist, um gegenüber dem Lkw wettbewerbsfähig zu bleiben, schwierig. Es drängt sich der Vergleich mit der Katze auf, die sich in den Schwanz beißt: Solange der Investitionsaufwand und die daraus abgeleitete Miete hoch ist, bleibt die Nachfrage gering und so lange die Nachfrage gering ist, können nur wenige Wagen mit EWAS ausgerüstet werden. Eine deutliche Preisreduktion setzt hohe Stückzahlen voraus.

#### Erweiterung mit Stoßmesser zur Dokumentation von Stößen auf das Transportgut

Dennoch wird die Entwicklung weiter vorangebracht. Es wurden auch Stoßmesser eingebaut, mit denen man Beschleunigungen detektieren kann, die einen bestimmten Grenzwert überschreiten. Sollte etwa das Transportgut durch einen unsanften Rangierstoß beschädigt worden sein, lässt sich exakt dokumentieren, wann und wo sich dieser Vorfall ereignet hat. Und an der Durchbiegung der Blattfedern lässt sich feststellen, ob ein Wagen voll oder leer ist.

Das engagierte Team der RCA hätte ein noch größeres Portfolio an Kriterien untersuchen wollen, die mit EWAS abgedeckt werden könnten, aber man musste sich wegen des Budgets nach der Decke strecken. Doch aufgeschoben ist nicht aufgehoben: Was bislang nicht verwirklicht werden konnte, soll in ein Folgeprojekt einfließen.

#### Rail Cargo Austria AG

##### Kontaktperson:

Rail Cargo Austria AG  
Walter Schwaighofer  
walter.schwaighofer@railcargo.at,  
+43 662/93000-3300



„Die Förderlandschaft in Österreich ist generell sehr gut aufbereitet und gut dokumentiert. Vor allem das bmvit ist sehr engagiert und bereitet mit seinen Förderungen den Weg für neue, innovative Produkte. Das ist im EU- Bereich viel schwieriger und komplizierter. Wir hatten uns mit dem Mobiler beim EU- Projekt Marco Polo beworben, sind aber als nicht förderungswürdig abgewiesen worden. Die Begründung: Das System sei zu wenig innovativ.“ (Walter Schwaighofer, RCA)

## ITS-SYS

### automatische Bilderkennung- und Auswerteverfahren

Aus Verkehrszählungen allein lassen sich noch keine Verkehrsbelastungen ableiten, denn alles ist, wie schon Einstein anmerkte, relativ: Ob etwa 1000 Fahrzeuge in der Stunde viel oder wenig sind, hängt von den jeweiligen „Verkehrszuständen“ ab. Verkehrslagebilder lassen sich nicht aus Sensordaten erzeugen, sondern nur – wie schon der Begriff „Bild“ ausdrückt – mit Live-Videoaufnahmen. Es müssen jedoch nicht notwendigerweise Operatoren in einer Verkehrszentrale die Monitore überwachen – das wäre bei einer flächendeckenden Erfassung auch kaum möglich. Automatische Bilderkennung- und Auswerteverfahren bieten zudem den Vorteil der einheitlichen Bewertung: Den Verkehr steuernde Maßnahmen wie etwa die vorübergehende Reduktion der zulässigen Geschwindigkeit oder die Umleitung des Verkehrs auf parallel verlaufende, weniger belastete Straßen sollen nach objektive Kriterien und nicht nach subjektive Einschätzungen disponiert werden.

### digitale Bildbearbeitungstechnologien zum Messen von Verkehrsparametern

Frequentis hat unter der Bezeichnung IT-SYS ein Verfahren entwickelt und unter realen Bedingungen getestet, das digitale Bildbearbeitungstechnologien zum Messen von Verkehrsparametern mit der intelligenten Bestimmung von Verkehrszuständen zu einem Gesamtsystem verknüpft. Das im Rahmen der Programmlinie I2 vom bmvit geförderte Projekt sieht eine zweistufige Auswertung vor: Zunächst werden aus dem Kamerabildern primäre Verkehrsaussagen wie Anzahl und Typ der Fahrzeuge, Geschwindigkeit des Verkehrsflusses oder Häufigkeit des Fahrstreifenwechsels bestimmt und daraus sekundäre Aussagen – zum Beispiel über das Stau- oder Unfallrisiko – abgeleitet. Diese Aufgabe übernahm arsenal research, dessen Experten umfangreiches Know-how zur Generierung aussagekräftiger Sekundärdaten aus Primärdaten einbringen konnten. Die Qualität der Verkehrsinformationen, die in den Verkehrsleitzentralen zur Steuerung des Verkehrsflusses verwendet werden, trägt entscheidend zu der Erhöhung der Sicherheit auf den Straßen bei.

In einem Pilotversuch sollten die Video- und Sensorinformationen ausgewertet und mit den Ergebnissen aus einem parallel betriebenen System mit konventioneller Radarsensortechnologie verglichen werden. Die Kameras liefern Informationen über den Ablauf des Verkehrsflusses, über Beschleunigungs- und Bremsmanöver. Je mehr Fahrzeuge auf einer Straße mit einer bestimmten Kapazität unterwegs sind, desto stärker sinkt die Geschwindigkeit. Aus „historischen“, in einem Archiv gespeicherten Informationen über die Folgen vergleichbarer Verkehrsentwicklungen lässt sich vorhersagen, ob der Verkehr weiter fließen wird, oder eine Stop- and Go-Situation und letztlich ein Stau zu erwarten ist. Dabei werden auch Umfeldkriterien wie etwa die eingeschränkte Sicht durch Nebel, nasse oder glatte Fahrbahnen berücksichtigt.

Eingebunden in das Projekt waren auch die mobilkom austria, die Lösungen zur Weiterleitung der Information über die unmittelbar erwartete Verkehrssituation via Handy an die Autofahrer entwickeln sollte und ein Grazer Universitätsinstitut, das sich auf die Auswertung von Videobildern spezialisiert hat. Das System ist selbstlernend; jede „Erfahrung“ wird dauerhaft gespeichert und künftigen Entscheidungen zu Grunde gelegt. Je länger das System in Betrieb ist, desto präziser werden die Prognosen.



## Pilotversuch auf Tauernautobahn A10 – Tunnel im Salzachtal und Südataubahn A2 bei Wiener Neudorf

Der Pilotversuch wurde auf der Tauernautobahn A10 durchgeführt. Dort musste jeweils eine Röhre der beiden Tunnel im Salzachtal zur Sanierung gesperrt und ein Gegenverkehr eingerichtet werden. Auf der Nord- und auf der Südseite der wurden vor den Tunnels jeweils zwei Kameras installiert. Es konnten Staus vorhergesagt und entsprechende Warnungen zu einem Zeitpunkt ausgegeben werden, wo von einem Stau weit und breit nichts zu sehen war.

Das Videosystem erkennt Autos an ihrer Form und berechnet aus dem „Wandern“ der Bildpunkte deren Geschwindigkeit. Auch Abstände zwischen den Fahrzeugen und Fahrstreifenwechsel können erkannt werden. Die Ergebnisse sind zwar nicht exakt, aber ausreichend, um einen Überblick über die allgemeine Verkehrslage zu gewinnen. Nimmt etwa die Häufigkeit des Wechsels von Fahrstreifen zu, kann man ziemlich sicher sein, dass sich wenig später ein Stau bildet.

Informationen an Verkehrsinformations- und Managementzentrale der ASFINAG  
In diesem Pilotversuch wurden die Videostreams vorerst an die Verkehrsinformations- und Managementzentrale der ASFINAG übertragen und dort ausgewertet. Geplant ist die Auswertung vor Ort durch die Implementierung lokaler „Intelligenz“ bei den einzelnen Kameras. Das erspart die Übertragung großer Datenmengen.

## nationales Referenzprojekt als Türöffner für Großauftrag der Metropolitan Police von London

Die Erfahrung, die Frequentis im Rahmen dieses Pilotversuchs auf der A10 und eines zweiten auf der Südataubahn A2 bei Wiener Neudorf sammeln konnte, waren ein wichtiger „Türöffner“ für ein Projekt im Auftrag der Metropolitan Police von London zur automatischen Übertragung von Videosignalen in die Zentrale. Das Gesamtauftragsvolumen, das Frequentis dort lukrierte, lag in der Größenordnung von 50 Millionen Euro, wovon 12 bis 14 Millionen Euro allein auf das Videosystem entfallen sind. Frequentis war als einziger Anbieter in der Lage, eine Komplettlösung anzubieten.



**Frequentis AG**  
Österreichisches Forschungs- und  
Prüfzentrum Arsenal Ges.m.b.H.  
mobilkom Austria  
Technische Universität Graz

### Kontaktperson:

Frequentis AG, Hartmut Huber  
hartmut.huber@frequentis.com, 01/81150 1104

„Wir haben das erste Projekt mit unserem Partner mobilkom selbst finanziert und auch das Pilotprojekt auf den Weg gebracht. Die Umsetzung in ein Produkt war jedoch aufwändig und deshalb haben wir uns entschlossen, das Vorhaben zur Förderung einzureichen. Das Projekt war erfolgreich - wichtige Teilkomponenten wurden im Auftrag der Metropolitan Police von London weiter verwendet. Das Pilotprojekt hat uns den Einstieg in den Videomarkt ermöglicht.“ (Hartmut Huber, Frequentis)

## CUBAL, NET SCAN

### Telematik gestützte Instandhaltung von Schienennetzen

Die Komponenten zur vorausschauenden Planung für die Wartung eines Straßenbahn oder U-Bahnnetzes lassen sich wie ein Kochrezept aufzählen: Man nehme ein geeignetes Messsystem mit Messwagen, eine Infrastrukturdatenbank zur Speicherung der räumlich und zeitlich zugeordneten Messdaten, eine digitale Abbildung des Schienennetzes mit Referenzdaten und ein als „Verortung“ bezeichnetes Verfahren zur präzisen Zuordnung der Messdaten. Beim „Verorten“ werden gedundene Messdaten auf einem Gleisabschnitt auf die Referenzdaten zugeordnet. Letzteres ist der springende Punkt. Zwar stehen prinzipiell mehrere Verortungsverfahren zur Verfügung, aber sie sind alle für den spezifischen Anwendungsfall ungeeignet:

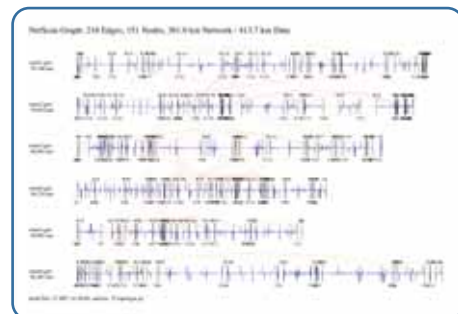
Gängige GPS basierte Lösungen sind dabei bei urbanen Schienennetzen wegen der Abschattungssituation nur eingeschränkt (Straßenbahn) oder gar nicht (U-Bahn) verwendbar und somit im verbauten Gebiet höchst unzuverlässig. Auch sind bei älteren Straßenbahnnetzen digitale Referenzdaten oft nicht oder nur teilweise vorhanden. Der Einbau von Induktionsschleifen ist teuer und die Orientierung an der bestehenden Infrastruktur – z.B. Weichen – liefert zu wenige Referenzpunkte. Deshalb wurde ein neues Verortungsverfahren gesucht, das eine hinreichende Genauigkeit bietet, gleichermaßen im Straßenbahn- und U-Bahnnetz genutzt werden kann und weder Investitionen in die Streckeninfrastruktur noch Wartungsaufwand verursacht. Es soll mit einer möglichst einfachen Sensorik am Messwagen das Auslangen finden, vollautomatisch arbeiten, die nachträgliche Auswertung der Messprotokolle ermöglichen und – um das ganze kommerziell zu nutzen, auch in anderen Städten mit Straßenbahn- bzw. U-Bahnbetrieben eingesetzt werden können.

### CUBAL (curvature-based rail data localisation) Verortungsverfahren für Straßenbahn- und U-Bahnnetze

Was zunächst an die eierlegende Wollmilchsau erinnerte, konnte schließlich im Rahmen eines Forschungsprojektes der Wiener Linien gemeinsam mit Seibersdorf Research verwirklicht werden. CUBAL (curvature-based rail data localisation), eine Methode zur vollautomatischen Rekonstruktion der Messstrecke eines Gleismesswagens, konnte all diese Forderungen erfüllen – und zwar mit einer Präzision, die alle Erwartungen bei weitem übertrifft.

Das Projekt wurde im Rahmen der Programmlinie I2 des bmvit gefördert. Ein Messwagen, der die einzelnen Strecken befährt, sollte jederzeit genau „wissen“, wo er sich gerade befindet. Die Kenntnis der exakten Position ist für die Planung von Instandhaltungsmaßnahmen wichtig. Damit können Mängel wie übermäßiger Verschleiß am Schienenkopf oder Gleislagefehler präzise aufgefunden werden. Diese örtliche Zuordnung orientiert sich an den Kurven, die der Messwagen durchfährt. Sie werden mit Hilfe eines Kreisels detektiert und nach der Methode der Quanteninformationsalgorithmik ausgewertet. Das Prinzip ist etwa damit vergleichbar, dass man in einem Auto mit verbundenen Augen sitzt und allein durch die seitliche Bewegung des eigenen Körpers merkt, ob man gerade eine Rechts- oder eine Linkskurve durchfährt.

Wird etwa ein Kurvenradius von 125 Metern über eine Kurvenlänge von 100 Metern gemessen, so sucht sich das System den dazu passenden Bogen aus den Referenzdaten. Kinder die Puzzlesteine einpassen gehen ähnlich vor. Um das Verfahren anzuwenden zu können, musste zunächst das gesamte Schienennetz digitalisiert und in Excel-Tabellen bzw. Text-Files dargestellt werden. Das hat viel Zeit in Anspruch genommen, aber der Aufwand hat sich gelohnt. Die Wiener Linien sind weltweit der einzige U-Bahn- und Straßenbahnbetrieb, dessen Netz mit einer Gleislänge von mehr als 600 km vollständig und konsistent in digitaler Form vorliegt.



## Wiener Linien 600 km Straßenbahnnetz digital erfasst und dokumentiert

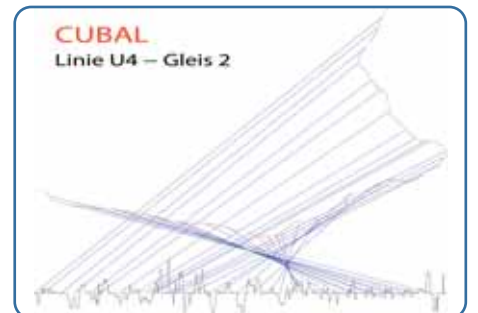
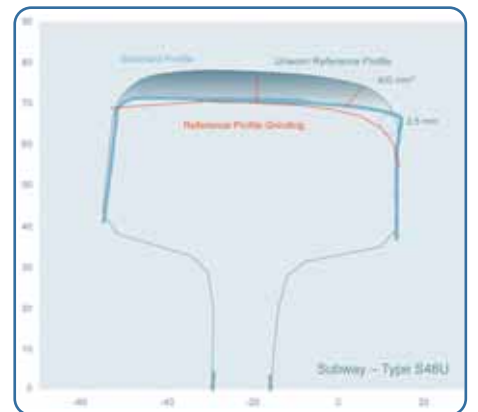
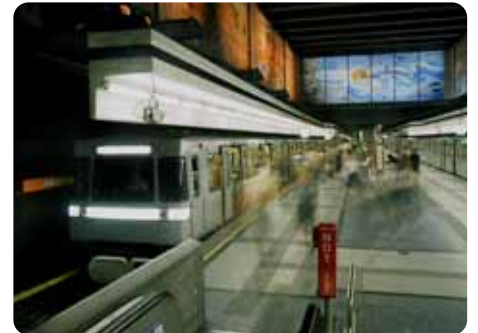
Im Nachfolgeprojekt NetScan haben sich die Projektpartner ein noch ehrgeizigeres Ziel gesetzt, nämlich den Verortungsprozess umzukehren und aus den vom Messwagen erhobenen Gleisdaten ganze Netzwerkpläne zu rekonstruieren um so auch Betreibern, die über keine digitalen Pläne verfügen, eine zustandsbasierte Wartung ihrer Netze zu ermöglichen und zwar zu einem Bruchteil der Kosten einer gängigen geodätischen Vermessung. Es galt, ein Verfahren zur Erstellung digitaler Netzpläne zu entwickeln, das

- eine für die Verortung ausreichende Genauigkeit bietet,
- auf der Auswertung aufgezeichneter Messprotokolle basiert,
- die optionale Einbindung vorhandener Vermessungspunkte, Plandaten und GPS Informationen erlaubt,
- optimal auf das CUBAL Verortungssystem abgestimmt ist,
- Topologie und Trassierung des Netzwerks korrekt abbildet und
- auch für andere Anwendungen (Routenplanung, Fahrplansimulationen) verwendbar ist.

Ausgangspunkt zur Rekonstruktion des Netzwerkgraphen ist eine mehrfache Befahrung des Netztes auf verschiedenen sich teilweise überlappenden Routen. Dabei werden neben der Krümmung auch die Überhöhung und die Spurweite der Gleise aufgezeichnet. Um die Topologie des Netzwerkes zu rekonstruieren wird in den aufgezeichneten Daten nach partiellen Überlappungen gesucht. Für das Auffinden dieser Bereiche wurde das schon in CUBAL eingesetzte Korrelationsverfahren weiterentwickelt, das auf Prinzipien der Quanteninformatik beruht. Mit diesem Verfahren können auch schon sehr kurze Abschnitte (bis zu 25m) in hunderten Kilometern Strecke effizient und mit hoher Zuverlässigkeit wieder gefunden werden. U-Bahnlinien werden derzeit sechsmal im Jahr befahren, Straßenbahnlinien rund 4 bis 5 Mal. Die beiden Messwagen sind so 8000 km im Jahr unterwegs.

## Interesse aus ganz Europa

Es zeichnet sich bereits ab, dass CUBAL und NetScan auch zum kommerziellen Erfolg werden könnten: In Graz und in Berlin sind Gespräche über einen Einsatz schon weit fortgeschritten; auch Budapest ist interessiert. Andere europäischen Betreiber in Athen, Rom oder Mailand haben sich das System ebenso bereits zeigen lassen, wie jene in Dresden, Leipzig, Frankfurt, Nürnberg und Hamburg.



**WIENER LINIEN GmbH & Co KG**  
**Seibersdorf Research**

### Kontaktperson:

WIENER LINIEN GmbH & Co KG,  
Dr. Markus Ossberger  
markus.ossberger@wienerlinien.at

„Die Einreichung von Cubal hatten wir als bürokratisch empfunden, weil uns noch die Routine gefehlt hat. Bei NetScan waren wir top vorbereitet und wir haben nur wenig Zeit für das Proposial aufwenden müssen. Hier war auch die Fragestellung einfacher und praxisnäher. Die Förderung war eine wichtige Unterstützung bei der Umsetzung der Projekte.“ (Markus Ossberger, Wiener Linien)

## VISA, ATIMO, AKUT

innovative Messsysteme für Verkehrsanwendungen

Die Höhe der Lkw-Maut auf Autobahnen ist von der Zahl der Achsen abhängig. Die Qualität der Überwachung hängt daher von der automatischen, lückenlosen Erfassung aller Lkw ab. Hierfür wird gegenwärtig ein System von Videokameras eingesetzt. Seitlich am Fahrbahnrand angeordnete Kameras haben ein Erfassungsproblem, wenn zwei Lkw nebeneinander fahren. Daher werden Kameras auf Gantries – den „Balken“ über der Fahrbahn eingesetzt – diese können jedoch nicht von der Seite auf die Räder „schauen“. An der Grazer JOANNEUM RESEARCH hat man sich Alternativen zum Einsatz von Videokameras überlegt. Dabei wurde die Idee entwickelt, die Durchbiegung der Fahrbahn unter dem Gewicht des Lkw mit einem Laservibrometer optisch zu messen. Der Nachweis der Machbarkeit wurde als Förderprojekt VISA im Rahmen der Programmlinie I2 des bmvt eingereicht. Partner war die VCE, die sich unter anderem mit der Messung von Brückenschwingungen beschäftigt, woraus Erkenntnisse über vorbeugende Instandhaltung abgeleitet werden können.

### VISA – Achszählung mit Laservibrometern zum europäischen Patent angemeldet

Für eine Grundlagenstudie wurde auf einer einspurigen Teststrecke ein dreiachsiger Lkw mit einem Dreiachs-Anhänger beobachtet. Die Aufzeichnung der Schwingungen durch das Messgerät bildeten beim Vorbeifahren eindeutig die Achszahl ab. Will man alle Fahrstreifen einer Richtungsfahrbahn erfassen, muss man für jeden Fahrstreifen ein Messgerät verwenden. Da sich die Durchbiegung nicht auf die Breite des Fahrstreifens beschränkt, müssen Interferenzen, die entstehen, wenn zwei Lkw nebeneinander fahren, „herausrechnen“ um die Messdaten eindeutig den Fahrstreifen zuordnen zu können.

Bemerkenswert ist, dass Durchbiegung nicht nur auf Asphaltbelägen, sondern auch auf Betonfahrbahnen zu beobachten ist – schwächer zwar, aber dennoch messbar. Das Prinzip wurde mittlerweile zum europäischen Patent angemeldet. Weltweit wurde noch kein vergleichbares Verfahren für den konkreten Anwendungsfall entwickelt. Abschätzungen des kommerziellen Nutzens und eines möglichen Exporterfolgs sind in diesem frühen Stadium nicht möglich, zumal noch einige Herausforderungen bewältigt werden müssen. So ist etwa bei geringen Abständen zweier Lkw hintereinander fahrender Lkw nicht ausgeschlossen, dass die Distanz zwischen der Hinterachse des Vordermanns und der Vorderachse des nachfolgenden Lkw geringer ist, als der Achsabstand eines Fahrzeuges. Das würde das Messergebnis verfälschen.

### ATIMO – Erfassung der Schadstoffklassen von vorbeifahrenden LKWs mittels akustischem „Fingerprint“

ATIMO – ein zweites, an der JOANNEUM RESEARCH entwickeltes I2-Projekt – könnte die bislang fehlenden technischen Voraussetzungen liefern, um die von der EU angestrebte Mautstaffelung bei Nutzfahrzeugen nach Schadstoffklassen umzusetzen. Bisher ist kein





verlässliches Verfahren verfügbar, um „im Vorbeifahren“ zu erkennen, ob ein Lkw etwa mit einem Euro 3- oder mit einem Euro 5- Motor ausgerüstet ist. Vom Fahrzeug selbst kann nicht auf die Schadstoffklasse geschlossen werden, da von ein und demselben Modell meist mehrere Motorisierungsvarianten unterschiedlicher Schadstoffklassen angeboten werden. Das ist von außen nicht zu erkennen. Zur vollständigen Erfassung müsste man jedes Fahrzeug anhalten.

Bei der an der JOANNEUM RESEARCH entwickelten Lösung wird das Vorbeifahrtgeräusch analysiert und daraus auf die Schadstoffklasse geschlossen. Um die Machbarkeit zu testen, wurden auf einer Gantry Mikrophone installiert. Zunächst befuhren 12 Lkw 60 bis 70 mal eine Teststrecke in verschiedenen Gängen, mit unterschiedlichen Drehzahlen, beim Beschleunigen, beim Abbremsen sowie im Leerlauf. Die Messergebnisse wurden aufgezeichnet. Jedem der Motoren konnte schließlich ein „akustischer Fingerprint“ zugeordnet werden.

Zwar kann die Schadstoffklasse nicht direkt aus dem Motorengeräusch ermittelt werden, aber durch einen Vergleich mit den gespeicherten „Klangbildern“ in der Datenbank ist eine eindeutige Zuordnung möglich. Dieser Prozess läuft nahezu in Echtzeit ab.

Ob und in welchem Umfang die Genauigkeit der Messung beeinträchtigt wird, wenn zwei Lkw nebeneinander fahren, wurde im gegenwärtigen Forschungsprojekt noch nicht untersucht. Man ist jedoch zuversichtlich, dass mit Hilfe moderner Methoden der Signalverarbeitung eine eindeutige Identifizierung möglich sein wird.

**AKUT – akustisches Tunnelmonitoring im Grazer Plabutsch-Tunnel erprobt**

Ein drittes I2-Projekt der JOANNEUM RESEARCH – AKUT – betrifft das akustische Tunnelmonitoring. Es wurde im Grazer Plabutsch-Tunnel erprobt. Mikrophone im Abstand von etwa 100 Metern meldeten atypische Geräusche an eine Zentrale: Kollisionen „Auto gegen Auto“ oder „Auto gegen Wand“, Reifenplatzer, Hilfeschreie, quietschende Bremsen, Hupen, herunter fallende Ladung oder flatternde Abdeckplanen. Alle relevanten Geräusche – einschließlich der Kollisionen – wurden unter realen Bedingungen aufgezeichnet und in einer Datenbank gespeichert.

Erfassen die Mikrophone und die zugehörige „intelligente“ Software ein auffälliges Geräusch, so kann in Zukunft in der Tunnelwarte die Videokamera im Ereignisbereich automatisch aufgeschaltet werden. Der Operator kann sich ein Bild von der Lage machen und gezielt reagieren – etwa durch die Sperre des Tunnels und die Verständigung von Einsatzkräften. Dieses Projekt wurde mit dem Staatspreis für telematik 2006 ausgezeichnet.



**Joanneum Research GmbH  
VCE Holding GmbH  
Kapsch TrafficCom  
ASFINAG**

**Kontaktperson:**

Joanneum Research Forschungsgesellschaft mbH  
Franz Graf, Maria Fellner  
franz.graf@joanneum.at, 0316/876 1631  
maria.fellner@joanneum.at, 0316/876 1637

„Akustisches Monitoring im Tunnel und an der Autobahn ist eine hoch innovative Idee – das Programm I2 hat diese Projekte voll unterstützt und uns damit europaweit zum Durchbruch verholfen.“  
(Franz Graf, Maria Fellner, JOANNEUM RESEARCH)

## HIGHWAY

### Verkehrssicherheit mit kooperativen Systemen

Die Hebung der Verkehrssicherheit ist eines der Innovationsfelder von Magna Steyr. Das steirische Unternehmen ist überzeugt, dass die Potenziale zur Reduktion der Unfälle noch nicht ausgeschöpft sind. Eine optimierte Verkehrssteuerung wäre ein wichtiger Beitrag, um das von der EU vorgegebene Ziel einer Halbierung der Zahl der Verkehrstoten bis zum Jahr 2010 zu erreichen.

Heutige Systeme zur aktiven Unfallvermeidung reagieren ausschließlich auf Daten des eigenen Fahrzeuges und Verkehrsbeeinflussungsanlagen nur auf die Verkehrslage. Mit dem Projekt HIGHWAY, das im Rahmen der Programmlinie I2 vom bmvit gefördert wurde, hat Magna Steyr gemeinsam mit den Partnern ASFINAG und arsenal research ein grundlegend neues System entwickelt, das möglichst alle unfallrelevanten Daten bündelt und dem Fahrer eine Richtgeschwindigkeit vorschlägt, ihn aber auch vor konkreten Gefahren wie Nebel, Aquaplaning, einem Stau oder einem Unfall warnt.

**Wenn kritische Situationen rechtzeitig erkannt und vermieden werden, lassen sich nach Expertenschätzungen allein auf Autobahnen bis zu 30 % aller Unfälle vermeiden.**

Der Ansatz, Daten aus dem Fahrzeug mit Umfelddaten, aktuellen Verkehrs- und Straßenzustandsinformationen zu koppeln, ist neu; das einzelne Fahrzeug wird sowohl mit seinen individuellen Eigenschaften, als auch als Teil eines kooperativen Systems betrachtet. Wenn kritische Situationen rechtzeitig erkannt und vermieden werden, lassen sich nach Expertenschätzungen allein auf Autobahnen bis zu 30 % aller Unfälle vermeiden. Mittelfristig ist auch ein Einsatz auf Landesstraßen und im Ortsgebiet denkbar. Gemessen an den volkswirtschaftlichen Folgekosten von Verkehrsunfällen wären die Investitionen in die Infrastruktur solcher Systeme jedenfalls wesentlich geringer.

HIGHWAY will dem Autofahrer die Wahlmöglichkeit bieten, sich auf der Basis vernetzter Fahrzeug- und Verkehrsdaten lenken zu lassen oder die Informationen zu nutzen, um sein Fahrverhalten an aktuelle, aber auch an unmittelbar zu erwartende Verkehrssituationen anzupassen. Der Fahrzeuglenker soll nicht „zwangsbeglückt“ werden; sondern selbst entscheiden, ob er sich etwa nach einem anstrengenden Arbeitstag und bei eingeschränkter Konzentrationsfähigkeit in ein System einklinken will, das ihn sicher ans Ziel leitet.

### 6 km Teststrecke aus Süd Autobahn A2 südlich von Graz

Zur praktischen Erprobung wurde auf der Süd Autobahn A2 südlich von Graz eine etwa 6 km lange Teststrecke eingerichtet. Dort werden vielfältige Informationen – neben Daten über das Verkehrsaufkommen und den Verkehrsfluss auch die Luft- und die Fahrbahntemperatur, Wind, Regen und die Beschaffenheit der Fahrbahnoberfläche – verbunden mit Videobildern von insgesamt 11 Kameras analysiert und in einem



Sicherheits-Leitrechner ausgewertet. Daraus wird eine Richtgeschwindigkeit errechnet und dem Fahrzeuglenker in das Auto kommuniziert. Ein möglichst homogen fließender Verkehr wirkt sich nicht nur auf die Verkehrssicherheit, sondern auch auf die CO<sub>2</sub>-Bilanz positiv aus. Die grundsätzliche Machbarkeit ist demonstriert worden. Zur Markteinführung ist jedoch die Errichtung einer flächendeckenden Kommunikationsinfrastruktur auf der Straße und die entsprechende Ausrüstung der Fahrzeuge notwendig.

Die mit HIGHWAY gesammelten Erfahrungen sind auch für die Definition eines weiterführenden Projektes – der Entwicklung eines „Vehicle Safety Controllers“ – wichtig. Dieser Fahrzeugregler, der das gesamte Sicherheitspotenzial durch Einbeziehung sämtlicher relevanter Parameter erschließt, soll gemeinsam mit der zum Betrieb notwendigen Software der Fahrzeugindustrie zur Verfügung gestellt werden. Entsprechende Kooperationen werden gegenwärtig vorbereitet. Bei Magna Steyr betont man, dass die Berücksichtigung der Sicherheitsthematik eine Verpflichtung für jeden Fahrzeughersteller ist.

### Standardisierung ist wichtiges Anliegen der Industrie

Neben der Weiterentwicklung der Infrastructure-to-Car-Kommunikation werden auch Impulse für eine künftige Car-to-Car-Kommunikation erwartet. Deren Standardisierung ist Magna Steyr ein wichtiges Anliegen, um von vornherein zu verhindern, dass jedes Land eigene Kommunikationssysteme entwickelt, die untereinander nicht kompatibel sind. Die Folge wäre, dass Autofahrer ihre Systeme in einem anderen Land nicht oder nur eingeschränkt nutzen könnten.

MagnaSteyr hätte HIGHWAY ohne Förderung aus eigener Kraft kaum realisieren können, zumal sich der Aufwand nicht zur Gänze auf den Produktpreis umlegen lässt. Sonst wäre die Markt- bzw. die Kundenakzeptanz in Frage gestellt.



**Magna Steyr Fahrzeugtechnik AG & Co KG**  
**Österreichisches Forschungs- und**  
**Prüfzentrum Arsenal Ges.m.b.H.**  
**ASFINAG**

**Kontaktperson:**

Magna Steyr Fahrzeugtechnik AG & Co KG,  
Othmar Peier  
othmar.peier@magnasteyr.com, +43 316 404 2947

„Der Zugang zur Förderung von der Erstellung der Unterlagen über die Evaluierung bis zum Feedback war einfach. Wir würden jedoch flexiblere Antragstermine wünschen. Die Taktung der Projekte deckt sich nicht immer mit den strategischen Plänen der Unternehmen. Das macht oft Umschichtungen im Budget notwendig. EU-Projekte erfordern einen hohen Aufwand, so dass man sich die Sinnhaftigkeit einer Förderung im Einzelfall überlegen muss.“ (Othmar Peier, Magna Steyr)

## BLIDS

### Verkehrsdatenerfassung mit Bluetooth

Das Projekt BLIDS ist einem Zufall zu verdanken: Der Geschäftsführer der steirischen Firma CC Com, Age Andersen, hat in einer schwedischen Zeitung einen Bericht über die Rentabilität intelligenter Verkehrssysteme gelesen. Darin wurde über kostenintensive Telematiklösungen berichtet. Da die CC Com schon mehrere Forschungsprojekte auf der Basis der Bluetooth-Technologie abgewickelt hat, entstand die Idee, Bluetooth auch als Funktechnologie zur Erfassung von Verkehrsdaten zu nutzen.

Ursprünglich wollte man damit eine kostengünstige Alternative zur Steuerung von Lichtsignalanlagen entwickeln, hat sich aber dann auf den Einsatz des Systems zur Berechnung von Verkehrsflüssen im niederrangigen Straßennetz konzentriert. Das zur Förderung durch das bmvit im Rahmen der Programmlinie I2 eingereichte Projekt BLIDS wurde nach der Vorevaluierung auf Empfehlung der Fachleute in eine Machbarkeitsstudie und in einen Demonstrator geteilt. Die Machbarkeitsstudie sollte den Nachweis liefern, dass es möglich ist, mit der Bluetooth-Technologie Fahrzeuge mit Geschwindigkeiten bis zu 100 km/h über eine Distanz von maximal 100 Metern zu erfassen.

#### 7% aktive Bluetooth-Verbindungen reichen für Berechnung von Verkehrsflüssen

Die Überlegung baut auf dem Umstand auf, dass gegenwärtig etwa 90 % aller Verkehrsteilnehmer in Österreich ein Handy mit sich führen und davon wiederum 7 % auch im Fahrzeug die Bluetooth-Verbindung aktiviert haben. 7 % erscheinen zunächst wenig, doch Statistiker verweisen darauf, dass sogar 3 % reichen würden, um das gesteckte Ziel zu erreichen: Die Berechnung von Verkehrsflüssen in einem bestimmten Gebiet – nicht zu verwechseln mit der Entwicklung von Verkehrslagebildern auf der Basis exakter Fahrzeugzählungen.

Die verwendeten Klasse I Bluetooth-Chips – jeder einzelne dieser Bauteile ist mit einer eindeutigen Kennung versehen, sodass seine Signale unverwechselbar zugeordnet werden können – hat eine Reichweite von etwa 100 Metern. Das ist weit genug, um mit einem Empfänger am Straßenrand zu kommunizieren. Solche Empfänger können im Ortsgebiet am Mast einer Straßenbeleuchtung montiert und direkt mit Strom versorgt werden. Auch Freiland-Installationen mit Akkus als Stromquelle sind möglich.



Das Signal der Bluetooth-Geräte, die in den Fahrzeug mitgeführt werden (Handys) werden an den Access-Points an ihrer einzigartigen Bluetooth-Adresse wiedererkannt. Somit ist es möglich mithilfe der Kenntnis der Vorbeifahrzeit herauszufinden welchen Weg und in welche Richtung das Fahrzeug sich bewegt hat. Das Konzept von c.c.com unterscheidet sich vom Floating Car Data-(FCD-) System in Wien, wo über Taxis mit GPS-Ortung die Dauer für das Zurücklegen bestimmter Wegstrecken bestimmt und hieraus Fahrzeiten errechnet werden.

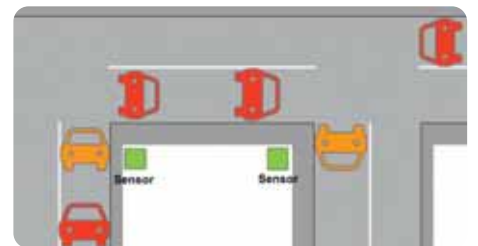
Bei BLIDS sind keine Installationen im Auto notwendig. Je größer die Menge der gesammelten Daten wird, desto präziser können die Wege nachvollzogen werden, die Verkehrsteilnehmer zwischen dem Ursprung und dem Ziel ihrer Fahrt wählen.

Die Informationen eines Senders werden auf ihre Plausibilität überprüft. Signale, die das Bluetooth-aktivierte Handy eines Fußgängers an einem Empfänger überträgt, werden herausgefiltert. Das ist mit bestimmten Routinen möglich – etwa wenn sich der Kontakt nur auf einem einzigen Access-Point beschränkt.

#### Verkehrsflussmessung an zwei Kreuzungen in Graz. Untersuchung von Fahrgastströmen bei Grazer Verkehrsbetriebe GVB

Nachdem der Nachweis der Machbarkeit gelungen war, wurden in Graz zunächst an zwei großen Kreuzungen Empfänger für Bluetooth-Signale installiert. Zudem haben die Grazer Verkehrsbetriebe (GVB) ihre Straßenbahnen und Autobusse mit BLIDS ausgerüstet, um Fahrgastströme zu untersuchen. Damit lässt sich – völlig anonym – ermitteln, wo welcher Kunde ein-, aus- und umsteigt.

Aus diesen Informationen kann man herauslesen, ob die aktuelle Linienführung dem Bedarf einer Mehrheit der Fahrgäste – die GVB verzeichnen jährlich 100 Millionen Beförderungsfälle – entspricht oder ob sie gegebenenfalls angepasst werden sollte, damit die Benutzer von „Öffis“ möglichst wenig umsteigen müssen. Das ist ein Beitrag zur Hebung des Komforts. Solche Untersuchungen waren bisher mit vertretbarem Aufwand nicht möglich.



**C.C.Com GmbH**  
**Stadt Graz**  
**Grazer Verkehrsbetriebe**

**Kontaktperson:**

c.c.com GmbH, DI Johannes Weinzerl,  
jweinzerl@cccom.at, Tel. 0316/409590-13

„Die I2-Programmlinie des bmvit war uns bekannt, weil wir bereits einige Verkehrstelematik-Projekte abgewickelt hatten. Ich finde, dass die nationalen Förderprogramme im Vergleich zu vielen anderen Förderungen absolut in Ordnung sind. Wir hatten es anfangs auch mit EU- Anträgen versucht, aber erkannt, dass wir hierfür als Firma zu klein sind. Deshalb haben wir uns auf nationale Förderinstrumente konzentriert und sind damit sehr erfolgreich unterwegs.“ (DI Johannes Weinzerl, C.C. Com GmbH)

## MTOS

### Verkehrsdatenerfassung in Echtzeit – vernetzt in die Zukunft

Die Firma mgTron, ein Unternehmen das sich mit der Entwicklung von Messgeräten - Schwerpunkt Radartechnologie - beschäftigt und die Firma Solvion, die mit ihrem Team komplexe datenbankgestützte Softwareapplikationen entwickelt, haben Anfang 2004 mit der Entwicklung eines mobilen, netzwerkfähigen Echtzeit Verkehrsdatenerfassungssystem namens mtos begonnen. Im April 2004 wurde die erste Teststation in Graz in der Kärntner Straße in Betrieb genommen. Im Anschluss daran wurden auch an anderen strategisch wichtigen Punkten mtos-Sensoren platziert. In den darauf folgenden Monaten wurde das Produkt mtos kontinuierlich auf die Anforderungen einer modernen Verkehrsüberwachungsanlage überprüft und ständiger Weiterentwicklung unterzogen, sowohl von hardwaretechnischer Seite, als auch im Bereich der Software. Wegleitend war die Idee, bestehende Strukturen und Systeme in den organisch gewachsenen Verkehrsleitnetze nicht zu konkurrenzieren, sondern einfach und unkompliziert, umfassend und zuverlässig, kostengünstig, schnell und flexibel zu unterstützen, ergänzen und ausbauen zu können.

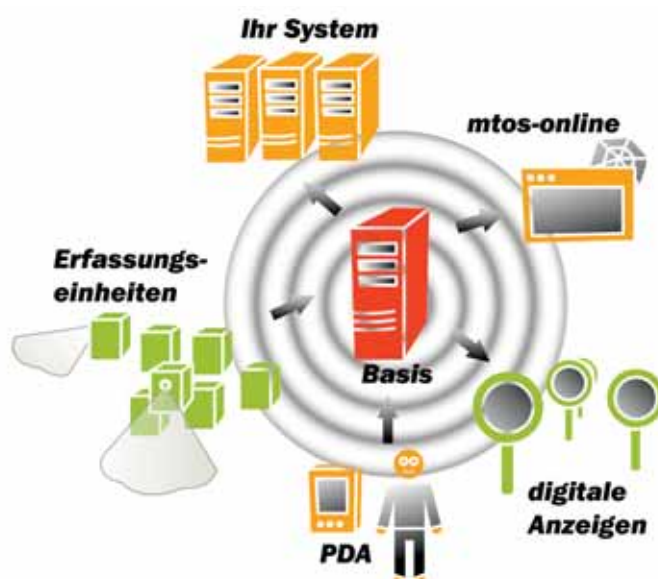


### Integration eines vernetzen Verkehrsdatenerfassungssystem – Referenzanlagen in Graz

In Zusammenarbeit mit dem Straßenamt der Stadt Graz wurde das Pilotprojekt „mtos – Integration eines mobilen Verkehrsdatenerfassungssystem in einen Verkehrsmanagementsystem“ im Rahmen der Programmlinie I2 des bmvit zur Förderung eingereicht. Im Rahmen des Pilotprojekts wurde das mobile Verkehrserfassungssystem mtos in das integrierte Verkehrsmanagement System der Stadt Graz eingebunden, um unabhängig von anderen Rechnerzentralen über noch nicht abgedeckte Straßenabschnitte Fahrzeugdaten zu gewinnen und in das Gesamtsystem einfließen zu lassen. Die von mtos gewonnenen und ausgewerteten Daten stehen den zuständigen Verantwortlichen online zur Verfügung und werden über eine offene, standardisierte Softwareschnittstelle in das integrierte Verkehrsmanagement System eingebunden.

Weitere Aufgabenstellungen an das System während des Projekts waren unter anderem:

- Die Störfall- bzw. die Störfallfrüherkennung für sensible Verkehrsbereiche über Schwellwerte.
  - Ermittlung der Verkehrsflussqualität
- Das Projekt konnte zur vollsten Zufriedenheit der Stadt Graz abgeschlossen werden und die im Zuge des Projekts installierten mtos-Systeme wurden von der Stadt Graz übernommen und als fester Bestandteil in das Verkehrsmanagementsystem integriert.



## Mtos im Detail

mtos steht für mobile traffic observation system und ist ein modulares, leicht wartbares System zur Erfassung und Auswertung von Verkehrsdaten sowie zur Steuerung verkehrsbeeinflussender Maßnahmen. Straßenseitig besteht das System aus einem Radarsensor pro zu überwachender Fahrspur, der Kontrolleinheit mit GPRS-Modem und der Stromversorgungseinheit, die in einem robusten Gehäuse verpackt sind. Die von einer mtos Verkehrsdatenerfassungseinheit gesammelten Verkehrsdaten werden in Echtzeit mittels GPRS an einen zentralen Web-Server übertragen und verarbeitet. Über den zentralen Server können Daten im Internet abgerufen und Konfigurationen für die einzelnen Sensoren und Erfassungseinheiten vorgenommen werden (Grundfunktionen). Aber auch „Erweiterungsfunktionen“ stehen zur Verfügung. Auf der einen Seite kann mtos über standardisierte Schnittstellen einfach in bestehende Systeme integriert werden und auf der anderen Seite kann das System zur Störfall- und Störfallfrüherkennung eingesetzt werden. Signalisiert das System eine kritische Grenzbelastung oder einen plötzlichen Stau, so werden diese Informationen – je nach vorangegangener Definition – an eine Zentrale oder direkt als Steuerbefehl an digitale Anzeigeelemente weitergeleitet.



## Echtbetrieb in Wien und in Graz – Feuerprobe beim „FM4 Frequency Concert“ – Reges Interesse vom Ausland

- In Wien und Graz läuft mtos bereits im Echtbetrieb.
- Eine zusätzliche „Feuerprobe“ bestand das System in Verbindung mit einem Projekt von Salzburg Research. Im Zuge des in Salzburg statt gefunden „FM4 Frequency Festival“ wurde mtos zur Echtzeiterfassung der Besucherströme sowie zur Weiterleitung der Daten an einen mobilen Leitstand eingesetzt und konnte durch seine Mobilität und Zuverlässigkeit überzeugen.
- Weitere Landeshauptstädte sowie ausländische Firmen haben ihr Interesse am System bereits bekundet.

Projektleiter und Geschäftsführender Gesellschafter der Firma Solvion Herr Wolfgang Schreiner hebt hervor, dass das Projekt ohne Förderungen nicht in diesem Zeitraum umzusetzen gewesen wäre. Die Entwicklung bis zum Prototyp wurde aus Eigenmitteln finanziert, jedoch ein Echteinsatz in dieser Größenordnung wäre ohne den Partner Stadt Graz und den Fördergeldern aus der Programmlinie I2 des bmvit nicht möglich gewesen.



Projektleitung:

**Solvion information  
management GmbH & CoKG**

Projektpartner:

**mgtron traffic Sensors, Stadt Graz – Abteilung  
Straßenamt, TU-München – Lehrstuhl für  
Verkehrstechnik**

**Kontaktperson:**

Solvion information management GmbH & CoKG  
Wolfgang Schreiner  
wolfgang.schreiner@solvion.net,  
43/316/696540-603

„Die erste Stufe, die Entwicklung des Prototyps, haben wir selbst finanziert. Die zweite Stufe, der großräumige Echteinsatz, wäre ohne unseren starken Partner, die Stadt Graz, und die Förderung nicht in diesem Zeitraum durchführbar gewesen. Erwähnen möchte ich noch, dass die Abwicklungsformalitäten rund um den Förderantrag bzw. der Förderabrechnung unbürokratisch und kompetent bearbeitet wurden. mtos ist mittlerweile in Serie gegangen und stößt auf reges Interesse.“ (Wolfgang Schreiner, Solvion)

## VIENNA SPIRIT, OPEN SPIRIT

intermodale Reiseauskunft mit Navigations- und Fahrgastinformationssystemen

Die Idee zu Vienna-SPIRIT wurde in den Austrian Research Centers Seibersdorf geboren. Der Public Transport Sektor ist für Forschungseinrichtungen ein interessantes Entwicklungsgebiet. Der Verkehrsverbund Ost-Region (VOR) brachte einschlägige Erfahrungen in das Projekt ein, dessen Ziel die Entwicklung einer intermodalen Reiseauskunft durch die Verschränkung von Navigations- und Fahrgastinformationssystemen war. Hieraus sollte eine durchgehende Reiseinformation entstehen, die es dem Kunden erlaubt, den Weg vom Ausgangspunkt bis zum Ziel nach seinen eigenen Wünschen zusammenzustellen.

Dynamische Verkehrsinformationen tragen zur Vermeidung von Staus und zur Verkürzung der Reisezeiten bei. Heutige Systeme sind vor allem für den Verkehr auf Autobahnen entwickelt worden. Künftig sollen auch Informationen für den Individualverkehr in Städten, für den öffentlichen Verkehr, aber auch für Radfahrer und Fußgänger verfügbar sein. Diese Daten werden die aktuelle Verkehrslage abbilden und Kurzfrist-Prognosen mit einem Zeithorizont von etwa einer halben Stunde erlauben.

Bei einer Stauankündigung könnten sich Autofahrer unterwegs eine Alternativroute mit öffentlichen Verkehrsmitteln berechnen lassen. Die Abfahrtszeiten und die nächsten Zustiegemöglichkeiten werden mitgeliefert. Das Navigationssystem leitet auf Wunsch zur nächsten Park & Ride-Anlage.

Eine besondere Herausforderung ist die Anpassung von Navigationssystemen für Fußgänger an die spezifischen Bedürfnisse dieser Gruppe von Verkehrsteilnehmern. Einerseits ist das Straßennetz als Navigationsgrundlage nicht ausreichend – es fehlen Fußwege etwa in Parks, aber auch in Gebäuden – und andererseits verhalten bzw. orientieren sich Fußgänger anders als Autofahrer.

### VIENNA SPIRIT technische Machbarkeit einer intermodalen Reiseinformationsplattform in Wien, Salzburg und München nachgewiesen

Die technische Machbarkeit einer offenen, intermodalen Reiseinformationsplattform wurde in mehreren Pilotprojekten – in Wien, Salzburg und in München – nachgewiesen. Es folgte eine schrittweise Überführung in den Regelbetrieb. Darüber hinaus lieferten die Ergebnisse von Vienna-SPIRIT den Anstoß zu einer Reihe weiterer Forschungsprojekte, darunter Informationen über die Verfügbarkeit freier Plätze auf Park & Ride-Anlagen, die Möglichkeit der Vorreservierung und den Kauf eines elektronischen Tickets.

Mit Vienna-SPIRIT ist eine Zusammenarbeit mit der elektronischen Fahrplatzvermittlung COMPANO entstanden. Der Anfrager erhält nicht nur Hinweise auf Mitfahrgelegenheiten in anderen Fahrzeugen, sondern auch Informationen über Öffis. Ist kein Platz als Mitfahrer verfügbar, wird der Umstieg auf annähernd zeitgleich verkehrende Bahnen und Busse vorgeschlagen. Das System ist mittlerweile bei weiteren Verkehrsverbänden in Österreich im Einsatz.





## OPEN SPIRIT das Smartphone als persönlicher Reisebegleiter

Das Angebot umfassender Verkehrsinformations- und Navigationsapplikationen wird durch den Umstand begünstigt, dass statistisch betrachtet jeder Österreicher ein Handy besitzt und die Geräte immer leistungsfähiger werden. Im Forschungsprojekt Open-SPIRIT wurde ein „persönlicher Reisebegleiter“ für Smartphones entwickelt, mit dem sich alle Verkehrsteilnehmer – insbesondere Fahrgäste in öffentlichen Verkehrsmitteln – jederzeit und überall orientieren und informieren können. Die Dienste umfassen die intermodale und überregionale Tür-zu-Tür- Routenplanung, eine kontinuierliche und positionsabhängige Navigation entlang der geplanten Route in Gebäuden und an Umsteigeknoten, sowie die Personalisierung und Speicherung von Routen in einem persönlichen Benutzerprofil.

Für grafische Darstellungen wurden zwei Varianten entwickelt – eine mit interaktiven Rasterbildern und eine mit 3D- bzw. perspektivischer Vektordarstellung. Die Route wird in eine Umgebungsdarstellung eingebettet, die dem Benutzer einen Vergleich zwischen der Visualisierung am Mobiltelefon und der realen Umgebung ermöglicht. Außerdem werden die nächsten Schritte entlang der Route in Textform erläutert. Die Erweiterung um elektronisches Ticketing wurde in Open-SPIRIT zunächst als Konzept erarbeitet. Das Ticket soll sowohl für verschiedene Verkehrsmittel (z.B. Bus, Straßenbahn, S-Bahn, U-Bahn), als auch für unterschiedliche Verkehrsdienstleister (z.B. Wiener Linien, ÖBB, Grazer Verkehrsbetriebe) gültig sein und beim Kauf automatisch auf das Mobiltelefon geladen werden.

Das Pilotsystem des Persönlichen Reisebegleiters wurde in allen Ausprägungen einem vertieften Test durch Benutzer unterzogen. Dieser Benutzertest fand im Oktober 2005 in der Wiener Station Matzleinsdorfer Platz und am Grazer Jakominiplatz statt. Aus den Ergebnissen der Tests und den Erfahrungen aus der Prototyp- und Pilotsystementwicklung wurden Empfehlungen für die Überführung des Open-SPIRIT – Persönlichen Reisebegleiters in den Regelbetrieb abgeleitet.

Der Open-SPIRIT Regelbetrieb ist nicht nur für Betreiber und Nutzer Öffentlicher Verkehrsmittel von Interesse. Eine breite Anwendung der Indoor-Navigation in komplexen Gebäuden wie Flughäfen, Krankenhäuser oder Amtsgebäuden wäre sinnvoll.



**Verkehrsverbund Ost-Region (VOR) GmbH**  
**Austrian Research Centers Seibersdorf,**  
**Salzburg Research, ec3, FGM, Materna,**  
**Sonorys, GeoVille**

**Kontaktperson:**

Verkehrsverbund Ost-Region (VOR) GmbH,  
Mag. Wolfgang Schroll  
wolfgang.schroll@vor.at, 01/526 60 48

„Die Vorbereitung der Projekte zur Einreichung war sehr intensiv, aber auch sehr spannend. Die Forderung nach einer detaillierten Darstellung würde ich ungern missen, weil das auch ein Beitrag zur Qualitätssicherung ist. Dazu Projektpartner zu finden, war nicht schwer. Mühsamer war das Zerteilen der Aufgaben und das Zusammenführen der Ergebnisse. Dazu ist ein starkes Projektmanagement gefragt und gefordert. Das hat bei uns gut funktioniert.“ (Wolfgang Schroll, VOR)

## PROMOS, SAVER DATA, FUSION

### Erhebung, Auswertung und Nutzung von Straßenverkehrsdaten

Drei Projekte, die sich mit der Erhebung, Auswertung und Nutzung von Straßenverkehrsdaten beschäftigen, hat arsenal research im Rahmen der Programmlinie I2 des bmvit entwickelt.

Gemeinsam mit dem ORF wurde PROMOS (Prognose von Verkehrsinformation auf Basis mobiler Sensoren) durchgeführt. Ziele waren die räumliche und zeitliche Vorhersage der Verkehrsentwicklung, die Berechnung der Reisezeit in Verkehrskorridoren, die Übertragung der Informationen auf ein mobiles Endgerät sowie die Evaluierung des Datenaustausches mit der ORF-Verkehrsredaktion. Hierfür sollte die vorhandene Infrastruktur – das Mobilfunknetz, unabhängig vom jeweiligen Betreiber – genutzt und die Kompatibilität zu anderen Verkehrssensoren sicher gestellt werden. Um die Position auch in abgeschatteten Bereichen bestimmen zu können, wurde einem Berechnungsverfahren der Vorzug gegenüber dem Einsatz des satellitengestützten Global Positioning Systems (GPS) gegeben.

Location-Based Services sollten mit dem Handy des Verkehrsteilnehmers genutzt werden können. Das Mobilfunknetz besteht aus einander überlappenden Zellen und wenn das Handy eine andere Funkzelle erreicht, werden Signale zwischen dem Mobilfunkgerät und der Basisstation ausgetauscht. Dieser Vorgang – das „Handover“ – findet immer statt, wenn das Handy eingeschaltet ist – auch wenn keine Gesprächs- oder Datenverbindung aufgebaut wurde. Durch die Aneinanderreihung der Signale kann die Bewegungsrichtung des Handys bzw. seines Besitzers verfolgt werden. Die Zeit zwischen den einzelnen Handovers lässt, da die Größe der Funkzellen bzw. die Abstände der Basisstationen bekannt sind, auf die Bewegungsgeschwindigkeit schließen. Mit Hilfe von gespeicherten „historischen“ Daten sind Reisezeitprognosen möglich. Die Genauigkeit solcher Vorhersagen wächst mit der „Erfahrung“, die das System im Laufe der Zeit sammelt. Es wurde nachgewiesen, dass aus diesen Quellen streckenbezogene Reisezeitinformationen gewonnen werden können.

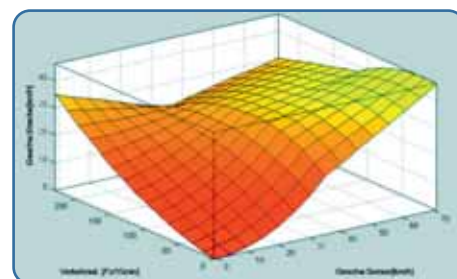
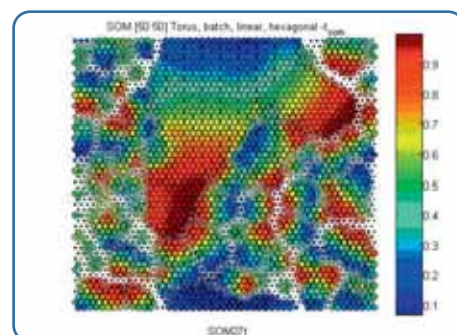
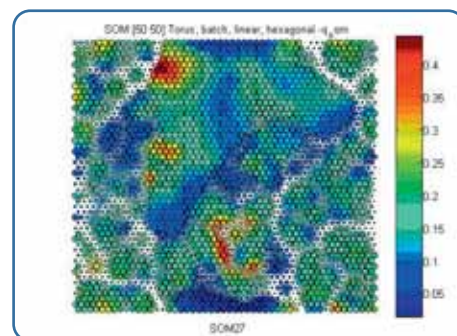
#### PROMOS – Vorhersage von Reisezeiten mittels Datenanalyse aus Funkzellen vom Mobilfunknetz

Die Nachfrage nach solchen Lösungen ist hoch, weil die Vorhersage von Reisezeiten dem Autofahrer hilft, die Abfahrtszeit so zu wählen, dass er ohne Verspätung möglichst stressfrei sein Ziel erreicht.

In FUSION (Floating Car Data und Sensordaten intelligent fusionieren) hat arsenal research eine Lösung zum intelligenten Verknüpfen von Floating-Car-Data (FCD) mit Sensordaten entwickelt. Partner waren TRAFFIC.AT, Funktaxi 31300, EBE-Solutions und die mobilkom austria. Grundsätzlich können Verkehrsdaten auf zwei Arten erfasst werden: Querschnittsbezogen durch den Einbau von Induktionsschleifen oder durch Sensoren und streckenbezogen vor allem durch Floating-Car-Data und Mautdaten.

#### FUSION Floating Car Data und Sensordaten intelligent fusionieren

Beide Verfahren haben Vor- und Nachteile. Die querschnittsbezogene Information ist permanent verfügbar, präzise und vollständig. Sie verursacht jedoch meist hohe Infrastrukturkosten. Reisezeiten lassen sich daraus nicht direkt ableiten. Streckenbezogene Informationen sind zeitlich nicht immer verfügbar und haben nur Stichprobencharakter. Ihr Vorteil sind geringe Kosten – die Daten fallen ohnedies an; sie müssen nur ausgewertet werden – und die Möglichkeit, Reisezeiten direkt zu berechnen. Es lag daher nahe, die Vorteile beider Systeme zu verbinden, um zeitlich und räumlich

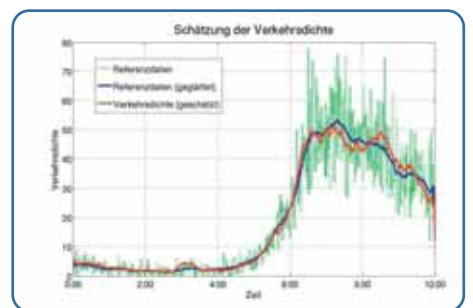
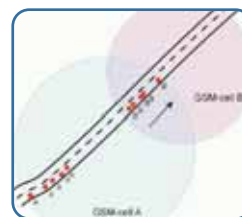


exaktere Informationen über den Verkehrszustand und über voraussichtliche Reisezeiten zu gewinnen. Die Projektentwicklung war herausfordernd; insbesondere die Erkenntnis, dass das verwendete Verkehrsmodell eine hohe Datenqualität voraussetzte, führte zur Einbindung weiterer Datenquellen wie etwa Videodaten. Auch mathematische Verfahren wie Fuzzy-Logic und neuronale Netze mussten implementiert werden. Mit diesen Neuro-Fuzzy-Modell wurde auf 20 Streckenabschnitten im Wiener Straßennetz ein Zusammenhang zwischen lokalen Sensordaten und streckenbezogenen Reisezeiten hergestellt. Hierdurch konnten fehlende Verkehrsstärkedaten auf der Basis von Reisezeiten oder auch fehlende Reisezeit-Informationen über lokale Sensordaten berechnet werden. Mit „Fusion“ lassen sich Verzögerungen schneller erkennen und Reisezeiten auch bei geringem oder nicht vorhandenen FCD ermitteln. Der mittlere Fehler von Korridor-Reisezeiten wurde um bis zu 50 % reduziert. Zudem ist das automatische Korrigieren und Trainieren des Systems möglich.

### SAVERDATA – patentierte Lösung zur Verkehrszählung mit virtuellen und realen Zählstellen

SAVERDATA wurde von arsenal research gemeinsam mit der mobilkom austria und dem Institut für Nachrichtentechnik und Hochfrequenztechnik der TU Wien durchgeführt. Ziel war die Entwicklung einer alternativen Erfassungsmethode zur konventionellen Verkehrszählung durch Verwendung logischer Betriebsparameter von Mobilfunknetzen und durch die Einrichtung „virtueller“ Zählstellen an Hauptverkehrsweegen. Am Ende der Entwicklung stand ein Demonstrator, der den Nachweis der Machbarkeit lieferte. Die Ergebnisse sind evaluiert. Derzeit wird an Verwertungsstrategien gearbeitet. Der Datenabgleich zwischen den „virtuellen“ und realen Zählstellen ist mittlerweile durch ein österreichisches Patent geschützt; ein Patent in Deutschland wurde angemeldet.

In einem Folgeprojekt soll die Erweiterung der Reisezeit-Information mit Daten aus Verkehrsmanagementsystemen und die Verknüpfung mit Reisezeiten des öffentlichen Verkehrs untersucht werden.



**Österreichisches Forschungs- und Prüfzentrum Arsenal Ges.m.b.H.**  
**ORF – Verkehrsredaktion, TRAFFIC.AT,**  
**Funktaxi 31300,**  
**EBE-Solutions GmbH, mobilkom austria,**  
**Technische Universität Wien**

**Kontaktperson:**

Österreichisches Forschungs- und Prüfzentrum Arsenal Ges.m.b.H.,  
 Dr. Martin Linauer  
 martin.linauer@arsenal.ac.at, 050550-6619

„Die Förderprogramme des bmvit geben Erfolg versprechenden, innovativen Projekten den Impuls für eine rasche Umsetzung. Die Programmlinie I2 zeichnet sich durch eine schlanke Administration und durch eine nachvollziehbare Evaluation aus. Transparentes und effizientes Programmmanagement sind klare Stärken im direkten Vergleich zu manchen EU-Förderprogrammen. Generell sind Förderungen ein perfektes Instrument, um Firmen zu vernetzen und neue Entwicklungen gemeinsam voranzutreiben.“  
 (Martin Linauer, arsenal research)

# PROJEKTE PROGRAMMLINIE ISB

# ISB



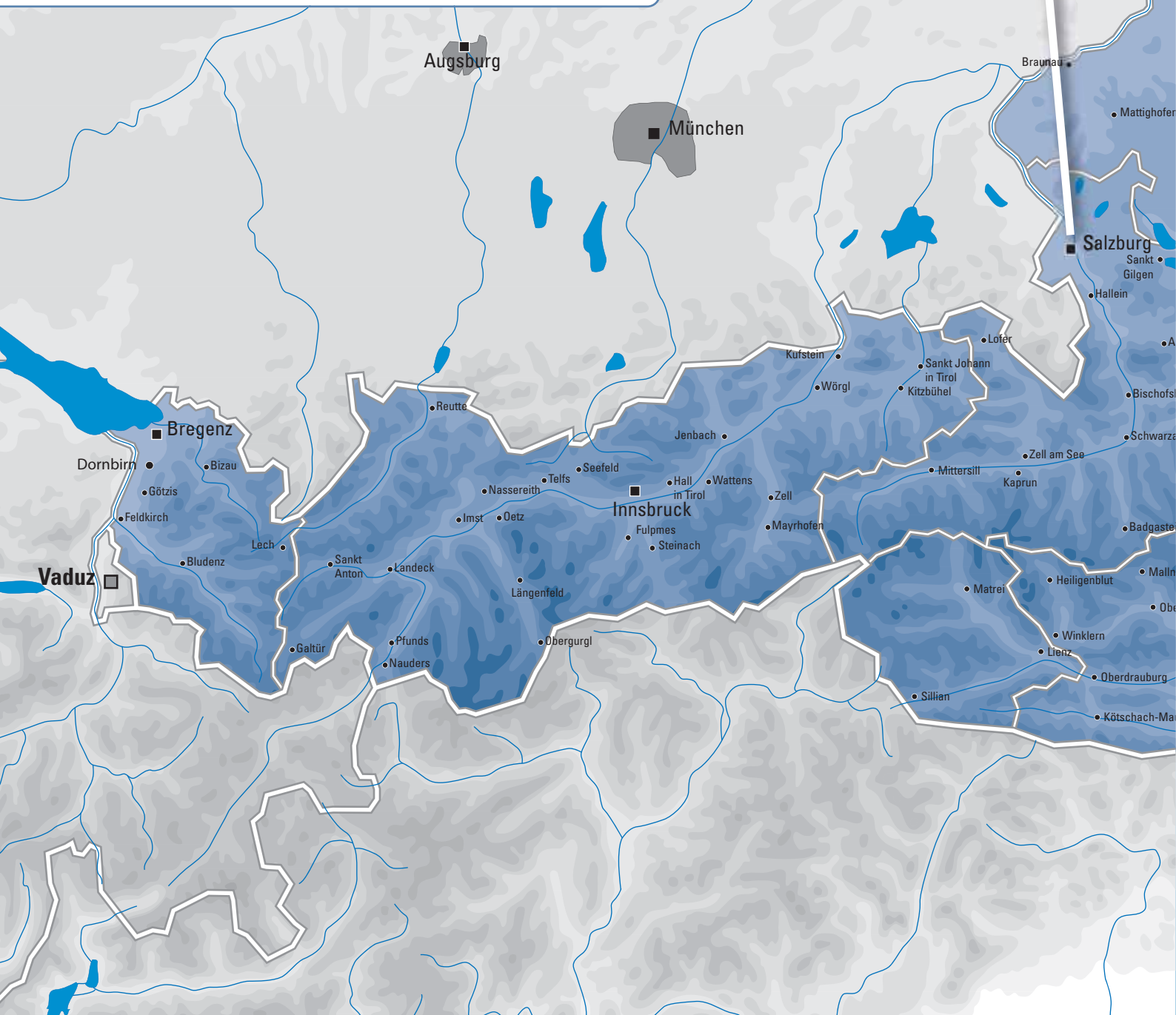
## Innovatives System Bahn

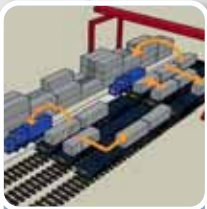


Aurelia  
Seite 80

Salzburg-Gnigl

Stuttgart





**SimCont**  
Seite 76  
Wien-Nordwest,  
Wels, St. Michael  
Bad Leonfelden



**Energiesysteme  
für Tunnelthermie**  
Seite 70  
Hadersdorf



**Aktive Schwingungsreduktion**  
Seite 66  
Laa an der Thaya  
Wien



**CHECKPOINT**  
Seite 68  
Himberg



**ROSE und REWI**  
Seite 78  
Paternion,  
Böheimkirchen,  
Semmering, u.a.



**Wood Tainer und  
Manipulator F20**  
Seite 62  
Bruck an der Mur



**Sicherheits-Hydraulikflüssigkeiten**  
Seite 74  
Leoben



**Innovatives  
Fahrwerk**  
Seite 64  
Graz



**Flexible  
Reisezugwagen**  
Seite 72  
Graz



## WOODTAINER UND MANIPULATOR F 20

Innovative Container für den Holztransport

Die Sägewerke im österreichischen Alpenvorland produzieren großen Mengen Holzhackschnitzel, die als Rohmaterial für die Zellstoffherzeugung und in der Folge für die Papierproduktion verwendet werden. Einer der Hauptabnehmer, die Papierfabrik Sappi, ist in Gratkorn nördlich von Graz angesiedelt. Für die Transporte des Schüttgutes zum Bestimmungsort bietet sich die Bahn an, doch die bislang eingesetzten Waggons waren kompliziert zu handhaben: Man musste Klappen öffnen, dann wurde das Hackgut entladen und zur Weiterverarbeitung transportiert. Auch der Einsatz stationärer Anlagen zum Kippen der Waggons ist aufwändig.

### Eine der Innovationen: falten und stapeln

Die Innofreight Consulting & Logistics GmbH in Bruck an der Mur hat sich des Problems angenommen und mit dem „WoodTainer XXL“ einen Universalcontainer entwickelt, der für den Transport von leichtem Schüttgut bestimmt ist. Die Container werden mit einem Radlader befüllt, am Zielort von einem großen Stapler „auf den Arm genommen“ und gedreht. Ausserdem entstand die Idee, einen faltcontainer zu konstruieren, den innoFold, der für Transporte von Schüttgütern bis zu  $500\text{kg/m}^3$  verwendet werden kann. In seinem Inneren hängt ein sackähnliches Inlay aus extrem reißfestem Textilmaterial. Das Behältnis wird wie der „WoodTainer XXL“ durch Drehen entleert und anschließend mit der Gabel des Gabelstaplers gefaltet. „innoFold“ ist mit Zugfedern ausgerüstet, so dass man ihn nur bis zu einer bestimmten Höhe heben muss und er sich dann von selbst „entfaltet“.

Der 20 Fuß Spezialcontainer gewährleistet einen raschen Umlauf zwischen Sägewerk und Zellstoff- bzw. Papierfabrik. Er wird vornehmlich eingesetzt, wenn der Rücklauf im Leerzustand durchgeführt wird. Drei leere, aufeinander gestapelte Behälter ergeben die Höhe eines Standardcontainers. Durch seine platzsparende Stapelbarkeit im Leerzustand werden zwei Drittel der Stellplatzfläche für alternative Beladung freigemacht. So kann der faltcontainer auch gemeinsam mit Rundholz zum Sägewerk zurückgebracht werden. Hierzu bedarf es eines KV-Fähigen Rundholzwaggons oder des komplementären Einsatzes von ebenfalls stapelbaren Rundholzpaletten. Übrigens auch eine Entwicklung von Innofreight. Die Praxis zeigt, dass solche Transporte bei etwa 20 bis 30% aller Rückfahrten möglich sind.

Bisher hat Innofreight bei Herstellern in Slowenien und Italien 1.500 „WoodTainer XXL“ herstellen lassen, weil es in Österreich hierfür keine Produzenten gibt. Vom faltbaren Typ existieren gegenwärtig nur einige wenige Prototypen; die Aufnahme der Serienproduktion ist im Frühjahr dieses Jahres geplant.

### Alleinstellungsmerkmal durch ein einzigartiges Produkt

Bei Innofreight erwartet man einen Nachfrageboom und rechnet damit, dass bis zum Jahr 2012 rund 10.000 Container verfügbar sein werden. Damit würde das Unternehmen einer der größten Spezialcontainervermieter Europas werden.



## Innovative Container für den Holztransport

Heute liegt der Exportanteil des Produktes noch bei etwa 30 %; im Jahr 2012 sollen 80 bis 90 % der Container exportiert werden. Interessenten geben sich bei Innofreight die Klinke in die Hand, denn weltweit gibt es kein vergleichbares Produkt. In Österreich werden die Container ausschließlich an die RailCargo Austria vermietet, mit der ein Exklusivvertrag besteht. Als Gegenleistung für diese Exklusivität hat die RCA den nationalen Vertrieb übernommen.

## Entlastung der Straße durch konkurrenzfähige Technologie

Bei Innofreight ist man davon überzeugt, mit diesen beiden Innovationen ein Logistik und Transportsystem geschaffen zu haben, das den Standort Österreich in der Papier- und Zellstoffproduktion langfristig sichert. Außerdem wird die Straße entlastet, weil diese Technologie gegenüber dem Hackschnitzeltransport mit Lkw konkurrenzfähig ist. Daher wurde bereits ein großer Teil dieser Fracht auf die Schiene verlagert: die RCA befördert jetzt pro Jahr etwa 1,2 Mio.t Hackgut.

Innofreight-Geschäftsführer Peter Wanek-Pusset hebt hervor, dass das Projekt ohne Förderung durch das bmvit nicht zu realisieren gewesen wäre, denn Innofreight war zum damaligen Zeitpunkt ein junges Unternehmen und die Entwicklung des Wood-Tainers kapitalintensiv. Wichtig war auch die Unterstützung durch die Papierholz Austria, der Einkaufsgemeinschaft von Sappi Zellstoff Pöls und Mondi in Frantschach. Sie haben die Möglichkeit geboten, auf ihrem Gelände die neue Technologie im Echtbetrieb zu testen.

Das innovative Unternehmen plant nun die Übersiedlung in den Terminal St. Michael, wo die Container gewartet werden. Auf die Erfolgsstory angesprochen, meint Wanek-Pusset nur: „Wir waren eben mit dem richtigen Produkt zur richtigen Zeit am richtigen Ort“.



### Innofreight Consulting & Logistics GmbH

#### Kontaktperson:

Innofreight Consulting & Logistik GmbH,  
Dipl.-Ing. Peter Wanek-Pusset  
peter.wanek-pusset@innofreight.com  
03862/8989 – 240

„Ohne Förderung wäre das Projekt nicht zustande gekommen. Wir waren damals ein junges Unternehmen und unsere Entwicklung ist sehr kapitalintensiv. Die Investition in die Hardware lag in der Größenordnung von einigen hunderttausend Euro. Das Geld haben wir nicht gehabt. Die Zusammenarbeit mit der FFG funktionierte ausgezeichnet. Eine Beteiligung am EU-Rahmenprogramm wäre zu aufwändig. Wir bevorzugen überschaubare Projekte.“ (Peter Wanek-Pusset, Innofreight)

## INNOVATIVES FAHRWERK

Entwicklung und Erprobung eines Fahrwerkkonzepts mit Direktantrieb

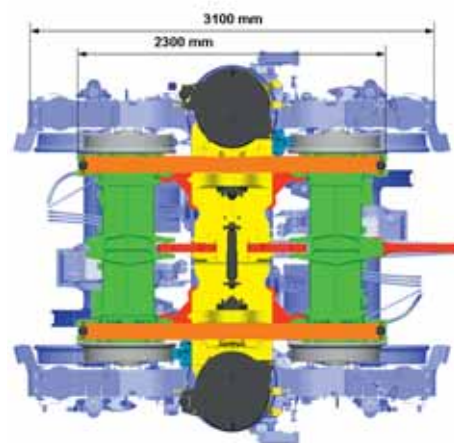
Ein Elektromotor ist im Prinzip ein fest stehender, magnetischer Stator, in dessen Innerem sich eine Welle – der Rotor – dreht. Das Drehgestell eines Schienentriebfahrzeuges besteht aus Rädern, die mit einer Radsatzwelle verbunden sind sowie einem Motor, der Kraft über eine Kupplung und ein Getriebe auf die Räder bringt. Bei Siemens in Österreich, dem Kompetenzzentrum für Drehgestelle innerhalb des weltweiten Siemens-Konzerns, hatte man die Königs-idee: Warum sollte nicht die Radsatzwelle der Rotor sein, der von einem Gehäuse mit robuster Formspulenwicklung umschlossen wird und einen Synchrondrehstrommotor bildet? Hierdurch erspart man sich einen separaten Antrieb mitsamt der mechanischen Kraftübertragung. Jeder Radsatz erhält seinen eigenen Motor und das Motorlager ist zugleich das Radsatzlager.



### Beschleunigung der Entwicklung um fünf Jahre

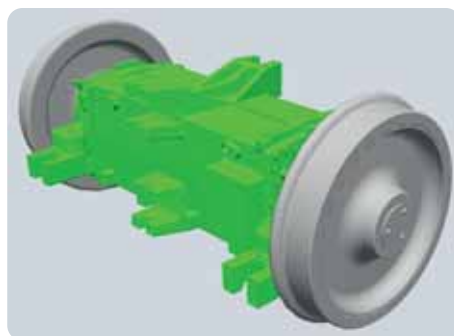
Die theoretische Überlegung wurde im Rahmen der Programmlinie ISB des bmvit in die Praxis umgesetzt. So entstand das Drehgestell „Syntegra“. Mit der Förderung konnte die Entwicklung um etwa fünf Jahre beschleunigt und die innovative Lösung auf die Beine – oder richtiger: auf die Räder gestellt werden. Das in Graz entwickelte Produkt gilt als weltweit einmalig.

Zwar hatte man schon früher mit einer ähnlichen Konstruktion experimentiert, jedoch nur auf der Basis von Asynchronmotoren. Die ersten Überlegungen reichen sogar bis an den Beginn des 20. Jahrhunderts zurück, als die AEG und Siemens mit Schnelltriebwagen auf einer Versuchsstrecke bei Berlin experimentierte. Damit ausgestattete E-Loks hatten hohe Verluste verbraucht viel Strom, zudem erfolgte die Stromrichtung des Drehstromes im Unterspannwerk. Die Magnettechnologie der Permanentmagnete war noch nicht ausreichend entwickelt. Neue Permanentmagnete aus einer Neodym-Eisen-Bor-Verbindung sind hochfest und erbringen eine extreme Leistung. Mit ihnen wird der „Läufer“ auf der Radsatzwelle bestückt.



Die Ergebnisse sind bemerkenswert: Das Fahrwerk ist leichter und kompakter; auch die Instandhaltung wird einfacher und der Wirkungsgrad gegenüber einem konventionellen Drehgestell ist merkbar höher, die Leistungsverluste können halbiert werden.

Das Projekt wurde gemeinsam mit Siemens in Nürnberg – dort ist die Motorenentwicklung des Unternehmens beheimatet – und mit der auf Lagertechnologie spezialisierten SKF in Steyr realisiert. Die „Verheiratung“ von Motorlager und Radlager ist nicht trivial, weil ein Motorlager für niedrige Lasten, aber hohe Temperaturen und hohe Drehzahlen Radsatzlager hingegen für niedrige Temperaturen, extrem hohe Lasten und langsamen Lauf ausgelegt werden. SKF ist es gelungen, einen optimalen Kompromiss zu entwickeln, der die auseinander laufenden Eigenschaften optimal verbindet.





### Jährliche Einsparung pro U-Bahnzug entspricht Stromverbrauch von 113 Haushalten

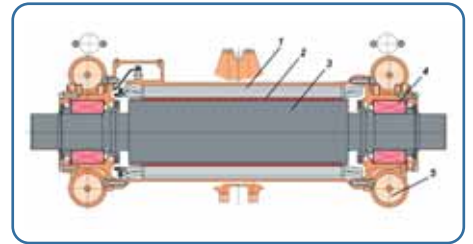
Von der Innovation erwartet sich Siemens einen Wettbewerbsvorteil speziell bei Triebwagen für U-Bahnen. Fahrwerke kann man nicht einfach „billiger“ machen; das Kosten-/Nutzen-Verhältnis lässt sich nur durch konzeptionell neue Wege verbessern. Auffälligstes Merkmal ist, dass ein derartig innovatives Drehgestell einem Radstand von nur 1,60 m gegenüber 2,30 m bei einem konventionellen Fahrwerk erlaubt. Das schont auch die Gleise in Kurven.

Modellrechnungen und praktische Versuche haben gezeigt, dass sich bei einem 4-Wagen U-Bahnzug etwa 13 % an kinetischer Energie auch zufolge der Reduktion der „rotatorische Masse“ bei gleicher Transportleistung einsparen lassen. Das Anfahrmoment kann reduziert werden, sodass man weniger Motorleistung für die Beschleunigung braucht und damit die Antriebsverluste in Summe um 30 % sinken. Bei vergleichbarer Transportleistung braucht man um ein Fünftel weniger elektrische Energie. Das entspricht pro U-Bahn-Zug einer jährlichen Einsparung von 340 MWh (Megawattstunden) – so viel, wie 113 Haushalte Strom verbrauchen – und damit auch von 235.000 kg CO<sub>2</sub>. Das sind die Emissionen von 1,1 Mio. Pkw-km.

### Das Interesse ist bereits groß

Derzeit wird das neue Drehgestell auf dem Testgelände von Siemens in Wildenrath in einem Münchener U-Bahnzug erprobt. Nach Abschluss aller lauftechnischer Experimente, Bremsversuchen, Ausfallsszenarien usw. wird das Fahrzeug im Münchener U-Bahnnetz eingesetzt. Andere Verkehrsbetriebe haben bereits ihr Interesse an Syntegra bekundet. Siemens ist derzeit in einer Phase der Produktdefinition und einer Planung der Markteinführung.

Mit dem innovativen Drehgestell hat Siemens nach eigenen Angaben „den Weltmarkt im Visier“. Anders würde sich eine derartige Entwicklung nicht rechnen.



**Siemens Transportation Systems  
SKF Österreich AG**

**Kontaktperson:**

Siemens Transportation Systems,  
Martin Teichmann  
martin.teichmann@siemens.com, 0676/437 27 00

„Im Technologiesektor sind Riesen-Chancen meist auch mit Risiken verbunden. Unwägbarkeiten aus eigener Kraft abzusichern verursacht lange Vorlaufzeiten. Die Förderung durch das bmvit hat uns geholfen, die Zeitspanne vom Konzept bis zum Versuchsträger, den wir auf die Schiene stellen konnten, entscheidend zu verkürzen. Der Zusatzaufwand zur Projektabwicklung für den Zugang zu den Fördermitteln war überschaubar und auf das Wesentliche konzentriert.“ (Martin Teichmann, Siemens)

## AKTIVE SCHWINGUNGSREDUKTION

### Dämpfung der Schwingungen des Wagenkastens von Metro-Fahrzeugen

Der Wagenkasten eines Schienenfahrzeuges ist in Wirklichkeit nicht so starr, wie man vermutet – er ist elastisch. Das kann Schwingungen verursachen, und zwar in allen drei Dimensionen: Es treten Längsbiegungen sowie Querverziehungen auf und das Ganze verdreht sich auch noch gegeneinander. Dies alles spielt sich zwar im Millimeterbereich ab, ist jedoch für den Fahrgast merkbar und beeinträchtigt dessen Komfort. An der TU Wien suchte das Institut für Mechanik und Mechatronik gemeinsam mit Siemens Transportation Systems in Wien – dort ist man auf den Bau von Metro-Fahrzeugen spezialisiert – nach Möglichkeiten, diese Schwingungen auszuschalten.

Ein Verfahren gewissermaßen mit der Brechstange, nämlich den Wagenkasten so zu verstärken, dass auch geringste Schwingungen vermieden werden, scheitert am hohen konstruktiven Aufwand, am Gewicht des Wagenkastens und nicht zuletzt an den hohen Kosten.

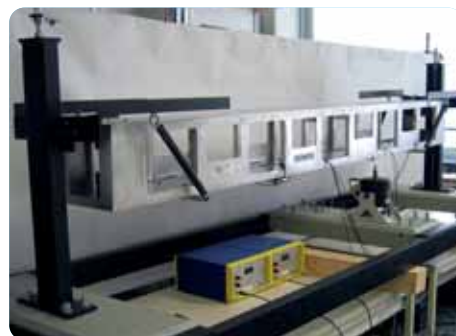
#### Aktive Schwingungsreduktion ermöglicht Entwicklung von leichteren Wagenkästen

Die Wissenschaftler der TU Wien tüftelten in einem Projekt im Rahmen der Programmlinie ISB des bmvit eine elegante Lösung aus: An der Struktur des Wagenkastens werden Sensoren angebracht, die die Schwingungen messen. Diese Messungen werden mit einem speziell entwickelten Regelalgorithmus bewertet und anschließend von Aktoren – also Geräten, die Kräfte einbringen – in Bewegung umgesetzt. Hierzu werden Piezo-Aktoren verwendet, die aus keramischem Material bestehen, das sich – wenn Spannung angelegt wird – verändert. Die Aktoren wirken mit Kräften von etwa 7 t den Schwingungen entgegen und dämpfen sie regelrecht aus. Durch diesen „Trick“ ließen sich künftig leichtere Wagenkästen entwickeln. Die benötigten Sensoren und Aktoren sind am Markt erhältlich.

Zunächst ermittelten die Ingenieure die erforderliche Zahl und die günstigste Position der Sensoren und Aktoren am Wagenkasten. Es hat sich gezeigt, dass man mit vier Aktoren auskommt, von denen jeder eine Gegenbewegung zur Verformung in der Größenordnung von 0,15 mm bewirkt. Die Aktoren müssen unabhängig voneinander arbeiten, weil jeder eine spezifische, nur an seiner Stelle auftretende Schwingung ausgleichen muss. Die „Abtastzeit“, die notwendig ist, um die Sensorsignale zu verarbeiten und in Aktor-Aktivitäten umzusetzen, liegt im Bereich einer Millisekunde. Bei längerer Reaktionszeit würde die Schwingungskompensation nicht funktionieren.

#### Praxistauglichkeit durch Modellversuche bestätigt

Den Wissenschaftlern ist der Umstand entgegengekommen, dass das Prinzip simuliert werden konnte: Das Modell eines Wagenkastens im Maßstab 1:10 wurde in einem Gestell „weich“ aufgehängt. Die Versuche bestätigten die Praxistauglichkeit der Lösung. Deshalb wird noch heuer ein Metro-Wagen zum Prototypen umgerüstet und im Fahrbetrieb eingesetzt. Es ist gewährleistet, dass das System bei einem Ausfall nur den Komfort, aber nicht die Sicherheit beeinträchtigt.



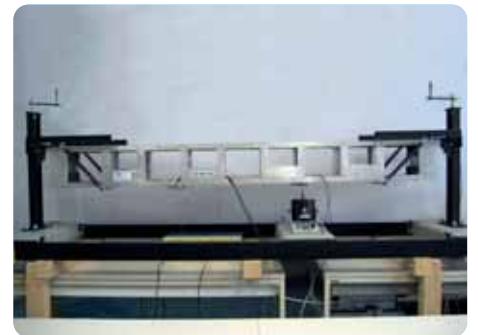
Bei Siemens rechnet man damit, dass die aktive Schwingungsreduktion trotz des technischen Mehraufwandes wirtschaftlich darstellbar ist, weil künftig leichtere Wagenkästen entwickelt werden können. Das reduziert den Materialverbrauch. Gegenwärtig kommt es immer wieder zu Konflikten zwischen Konstrukteuren und Designern, weil die Konstrukteure einen Wagenkasten entwerfen, der mechanisch optimiert ist, die Designer jedoch Versteifungen an bestimmten Stellen als störend empfinden. Oft ist es schwierig, die widersprüchlichen Anforderungen unter einen Hut zu bringen.

### Nicht nur für Neubau-Wagen

Das Prinzip der aktiven Schwingungsreduktion setzt nicht zwingend die Neuentwicklung von Wagenkästen voraus. Bestehende Fahrzeugserien können weiter gebaut und durch Re-Design entsprechend adaptiert werden. Auch „Retrofitting“ – der Einbau von Sensoren und Aktoren im Zuge einer Fahrzeugrevision – ist möglich. Bei dieser Gelegenheit können nicht mehr benötigte Versteifungen herausgeschnitten werden.

Die aktive Schwingungsreduktion ist hauptsächlich für Metro-Fahrzeuge bestimmt. In Wien haben die U-Bahnwagen jeweils drei Einstiege, in Shanghai sogar fünf Türausschnitte. Damit wird zwar ein wesentlich schnellerer Fahrgastwechsel in den Stationen erzielt, aber die Seitenwände sind tragende Elemente und je mehr „Löcher“ man hinein schneidet, desto elastischer wird die Struktur.

Bei Reisezugwagen ist die Schwingung durch Verformung im Allgemeinen kein Problem, weil die Einstiege nur am Anfang und am Ende des Wagenkastens angeordnet sind. Dadurch ist die Struktur steifer. Bei der Straßenbahn bringt das Prinzip der aktiven Schwingungsreduktion wenig Vorteile, weil dort der Komfort eher von anderen Faktoren – etwa der Gleisqualität – abhängt.



**TU Technische Universität Wien – Institut für  
Mechanik und Mechatronik;  
Siemens Transportation Systems**

**Kontaktperson:**

Technische Universität Wien,  
Prof. Dr. Martin Kozek  
kozek@impa.tuwien.ac.at, 01/58801/32812

„Das bmvit hatte ein Projektmanagementbüro mit der formalen Abwicklung der Ausschreibung beauftragt. Wir konnten dort eine Projektskizze präsentieren und wurden bei der Formulierung des Antrages entsprechend den Förderkriterien kompetent beraten. Das ist ein hilfreiches Procedere, weil es das Risiko minimiert, dass eventuell eine gute Idee schlecht beschrieben und deren Umsetzung deshalb von einer Förderung ausgeschlossen wird.“ (Martin Kozek, TU Wien)

## CHECKPOINT

### Automatische Zugüberwachung

Wenn Fahrdienstleiter dem Lokführer eines vorbeifahrenden Zuges zuwinken, dann ist das kein Akt der Höflichkeit, sondern ein Zeichen, dass er an den Waggons nichts Auffälliges wahrgenommen hat: kein rotglühendes Lager, kein Schlaggeräusch durch Flachstellen an Rädern, keinen Geruch einer angezogenen Bremse. Mit zunehmender Rationalisierung sind jedoch immer mehr Stationen unbesetzt. Stattdessen werden Betriebsführungszentralen eingerichtet – in Österreich insgesamt fünf. Damit wird jedoch das Netz von „Augenscheinkontrollen“ entlang der Strecke weitmaschiger.

Die Thales Rail Signalling Solutions GesmbH in Wien zählt zu den führenden Herstellern von elektronischen Stellwerken und Zugkontrollsystemen. Sie hat im Rahmen der Programmlinie ISB des bmvit gemeinsam mit den ÖBB und der TU Wien (Institut für Elektrische Mess- und Schaltungstechnik und Institut für Eisenbahnwesen, Verkehrswirtschaft und Seilbahnen) das Projekt „Checkpoint“ entwickelt.



### Besonders im Fokus: Einsatz in kritischen Punkten im Netz

Das Konzept sieht vor, dass Sensoren an einer Messstelle eine Vielzahl von Daten vorbei fahrender Züge erfassen und an einen Rechner senden, der die Informationen mit der Zugnummer aus dem Betriebsinformationssystem verknüpft. Ein detektierter Schaden wird automatisch dem Fahrdienstleiter in der Betriebsführungszentrale gemeldet und bei drohender Gefahr sofort das nächste Signal auf Halt gestellt. Bei der Umsetzung wurde darauf geachtet, den Operator nicht mit Berichten über Normalzustände zu überfrachten, sondern ihn gezielt auf Mängel hinzuweisen – etwa durch eine akustische Warnung. Die Checkpoints sollen an kritischen Punkten im Netz eingerichtet werden. Dazu zählen Grenzübertrittsstellen, Tunnels oder Brücken.

### Den Sensoren bleibt nichts verborgen

Für den Feldversuch wurde ein Testzug aus 20 Waggons zusammengestellt, von denen jeder einen „künstlichen“, genau definierten Schaden hatte – darunter Heißläufer, Gewichtsüberschreitungen, aus dem zulässigen Profil heraus ragende Objekte, Feuer an Bord und Entgleisungen. Aus den generierten Schwingungskurven lässt sich nicht nur auf Flachstellen am Rad schließen, sondern sogar deren Größe ermitteln. Das unterschiedliche Durchbiegen beider Schienen eines Gleises weist auf eine ungleichmäßig verteilte Ladung hin.

Standort für die Versuchsstation ist die Ostbahn zwischen Gramatneusiedl und Himberg – zum einen, weil der Zentralbahnhof Kledering nahe ist und zum anderen, weil über diese stark befahrene Strecke viel Wagenmaterial rollt, das nicht immer in bestem Zustand ist.

Das System kann auch Mängel entdecken, die dem menschlichen Auge verborgen bleiben. So kann ein Wagenmeister die Flachstelle an einem Rad dann nicht erkennen, wenn zufällig an dieser Stelle die Bremsbacken anliegen. Und wenn man in einem Güterbahnhof feststellt, dass die beiden Puffer gleich hoch sind, heißt das noch lange nicht, dass auch der Wagen gleichmäßig beladen ist. Es ist schon mehrfach vorgekommen, dass ein leerer Waggon schief gestanden ist und dieser Mangel durch einseitige Beladung scheinbar ausgeglichen wurde. Der Trick wird am Checkpoint durchschaut. In Einzelfällen war eine Wagenseite doppelt so schwer wie die andere. Damit wächst die Entgleisungsgefahr.



In einem weiteren Schritt sollen die einzelnen Checkpoints untereinander vernetzt werden, um Trends zu erkennen. Die Ergebnisse einer Messstelle werden mit jenen an der nächsten verglichen. Stellt sich heraus, dass die Temperatur eines Lagers während der Fahrt ständig steigt, wird berechnet, ob und wann eine kritische Temperatur zu erwarten ist, die das Anhalten des Zuges erfordert. Bei den ÖBB sieht man in einer solchen Lösung, die in den nächsten Jahren realisiert werden soll, einen beträchtlichen Mehrwert.

#### Großes Interesse bei europäischen Schieneninfrastrukturunternehmen

Die Projektziele hat Thales nach eigenen Angaben „bei weitem erreicht“. Das Prozedere bei der Einreichung und der Abwicklung des Forschungsprojektes wurde als „sehr angenehm“ empfunden. Ohne Förderung wäre der „Checkpoint“ wahrscheinlich nicht realisiert worden, weil sich das Konsortium mit jeweils spezifischem Know-how wohl nicht gebildet hätte.

Die Thales Rail Signalling Solutions in Wien hat mit dem Projekt ihre Position als Kompetenzzentrum für Sicherheitslösungen innerhalb des weltweit operierenden Konzerns gefestigt. Wo überall auf der Welt sich künftig Bahngesellschaften sich für diese Innovation entscheiden, wird die österreichische Tochtergesellschaft den Auftrag abwickeln. Mehrere europäische Schieneninfrastrukturunternehmen haben den Prototypen in Himgberg bereits studiert und wollen „Checkpoint“ auch in ihren Netzen einsetzen.



**Thales Rail Signalling Solutions;**  
**TU Technische Universität Wien – Institut für Eisenbahnwesen, Verkehrswirtschaft und Seilbahnen;**  
**TU Wien – Institut für Elektrische Mess- und Schaltungstechnik**  
**ÖBB Infrastruktur Betrieb AG**

**Kontaktperson:**

Thales Rail Signalling Solutions,  
Roland Stadlbauer  
roland.stadlbauer@thalesgroup.com,  
0664/815 34 72

„Durch die Förderung war es möglich, ein Konsortium zu bilden. Wir haben den Kontakt zu den beiden am CHECKPOINT mitwirkenden Instituten der TU Wien verbessert, was uns auch bei künftigen Projekten helfen wird. Und wir konnten die Zusammenarbeit mit den ÖBB als unseren Kunden verdichten. Im Thales-Konzern sind wir durch CHECKPOINT zum weltweiten Kompetenzzentrum für Eisenbahn-Sicherheitsapplikationen geworden.“ (Roland Stadlbauer, Thales)

## ENERGIESYSTEME FÜR TUNNELTHERMIE

Nutzung geothermischer Energie aus der Verkehrsinfrastruktur

Die Sporthauptschule in Hadersdorf am westlichen Stadtrand von Wien ist ein Musterbeispiel für die Nutzung unbegrenzt und konstant verfügbarer Öko-Energie: Sie wird seit etwa drei Jahren mit Erdwärme aus dem nahen Lainzer Tunnel versorgt. In einem früheren gemeinsamen Forschungsprojekt des Instituts für Grundbau und Bodenmechanik an der TU Wien, der damaligen HL-AG und der „alten“ SCHIG aus der Programmlinie „Green Logistics“ sind in einem Bauabschnitt des Tunnels – der Weichenhalle unter dem Bahnhof Wien-Hadersdorf – Gründungspfähle mit Absorberelementen versehen worden, um dem Erdboden Wärme zu entziehen.

### Der Erdboden als Speicher

Das funktioniert, weil die Fundamente, große Betonflächen, als Wärmetauscher genutzt werden können: Das darin zirkulierende Wasser wird so warm, dass man es zum Heizen verwenden kann. Im Sommer läuft der Prozess „im Rückwärtsgang“ ab: Überschüssige Außenwärme wird in die Erde „gepumpt“, zwischengelagert und kann Monate später, bei Bedarf, wieder herausgeholt werden, denn der Erdboden ist ein großer und vor allem ein sehr träger Wärmespeicher.

Im Rahmen eines Projektes aus der Programmlinie ISB des bmvit wurde nun nach Lösungen gesucht, das bisher nur bei unterirdischen, in offener Bauweise errichteten Objekten angewendete Prinzip auf den bergmännischen Tunnelvortrieb zu übertragen. Das würde attraktive Perspektiven eröffnen, denn das laufende Infrastrukturinvestitionsprogramm der Österreichischen Bundesregierung sieht eine Vielzahl neu zu bauender Eisenbahntunnels und zweite Tunnelröhren im Straßennetz vor. Da solche Untertagebaustellen beengt sind und es dort hektisch zugeht, wären jedoch die Bauleute nicht sehr erfreut, würde man ihre Arbeit durch das Installieren von Absorbieren behindern.

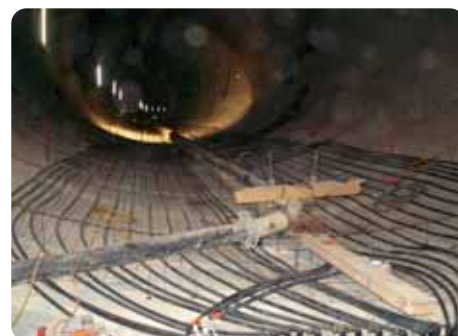
Andererseits: Tunnelbauten sind – wie das Beispiel des Lainzer Tunnels zeigt – bei Anrainern nicht unbedingt beliebt, doch die Aussicht, sie gewissermaßen als ökologische Wärmekraftwerke nutzen zu können, würde wohl auch das Image dieser Bauwerke heben.

Bei der Suche nach einer möglichst wirtschaftlichen und die Tunnelbauarbeiten nicht behindernden Lösung kam man auf die Idee, die Felsanker, die zur Fixierung der Tunneldecke in das Bergmassiv gebohrt werden müssen und die eine ausreichende Fläche zum Wärmeaustausch haben, auch als Erdwärmeabsorber zu nutzen.

### 150 Meter Tunnel liefern Energie zur Beheizung von bis zu zehn Einfamilienhäuser

Um das Vorhaben zu realisieren, wurde als externer Partner die Firma Atlas Copco in das Projekt mit eingebunden. Der schwedische Konzern hat mehrere Standbeine; eines davon ist die Bohr- und Ankertechnik für den Tunnelbau. Diese Stahlanker haben einen Durchmesser von 32 Millimetern sowie eine Länge von drei Metern und können mit Kupplungen bis zu einer Länge von 15 Metern zusammengesetzt werden. Sie sind als Koaxialrohre ausgebildet, das heißt, es steckt praktisch ein „Rohr im Rohr“, sodass die Wärmetauschflüssigkeit – mit einem Frostschutzmittel versetztes Wasser – zirkuliert. Das Wasser entzieht dem umgebenden Gestein Wärme, die im Wärmetauscher „verstärkt“ wird. Durch diesen Vorgang entsteht am Ende 35 bis 40 Grad C warmes Wasser, das sich hervorragend für Fußbodenheizungen und großflächige Wandheizkörper eignet. Die entsprechenden Niedrigenergiehäuser sollten möglichst nahe an der Wärmequelle liegen, um Leitungsverluste gering zu halten.

Berechnungen haben ergeben, dass man mit der Leistung von Absorbieren, die über eine



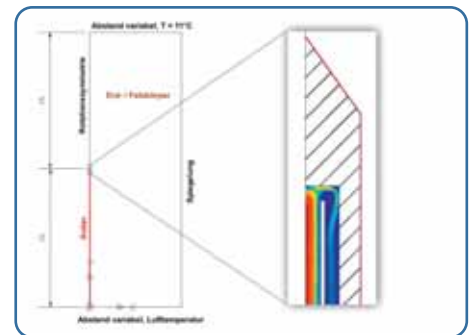
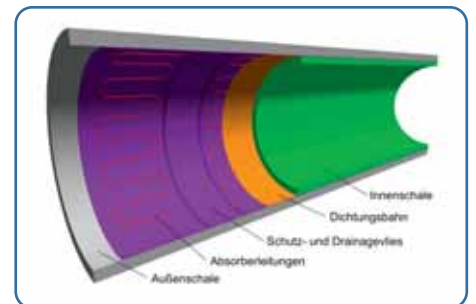
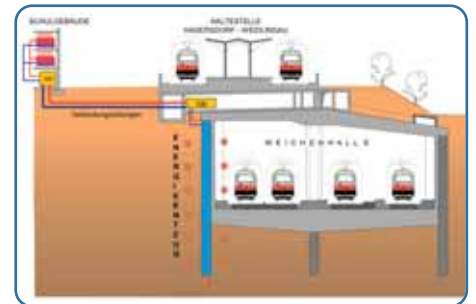
Tunnellänge von 150 Metern verteilt sind, acht bis zehn Einfamilienhäuser beheizen kann. Am wirtschaftlichen sind solche Anwendungen bei Tunnels in Ballungsräumen, weil dort die Wärme über die in relativ kurzen Abständen angelegten Notausstiege in nahegelegene Objekte geleitet werden kann. Je größer die Entfernung zum Nutzer der Tunnelthermie, desto stärkere Pumpen sind notwendig. Das geht zu Lasten der Wirtschaftlichkeit.

Zur Amortisation lassen sich gegenwärtig keine exakten Angaben machen, da viele der verwendeten Bauteile – insbesondere die speziell gefertigten Stahlanker – derzeit nur in geringer Stückzahl und mit relativ hohem Aufwand gefertigt werden müssen. Schätzungen gehen von einem Return on Invest in 20 Jahren aus. Tunnels und Gebäude „leben“ viel länger. Sollten in den nächsten Jahren die Preise für fossile Energie weiter steigen, würde die Amortisationszeit schrumpfen.

### Heizen und Kühlen – Anwendung in der U-Bahn

Erstmals haben die Wiener Linien ein auf den jüngsten Forschungsergebnissen aufbauendes System im Zuge der Verlängerung der U2 installiert: Die vier Neubaustationen zwischen Schottenring und dem Wiener Stadion nutzen Erdwärme, um die Betriebsräumlichkeiten im Winter zu heizen und im Sommer zu kühlen.

Die Projektbetreiber erwarten sich auch beträchtliche Exportchancen. Die großen Staaten Ost- und Südasiens, deren Wirtschaften gegenwärtig hohe Wachstumsraten erzielen – darunter vor allem China und Indien – investieren massiv in den Ausbau der Infrastruktur und damit auch in den Bau von Eisenbahn- und Straßentunnels.



**TU Technische Universität Wien – Institut für Eisenbahnwesen, Verkehrswirtschaft und Seilbahnen**  
**TU Wien – Institut für Grundbau und Bodenmechanik**  
**Ingenieurkonsulent für Bauingenieurwesen**  
**Dr. Dieter Adam**  
**AtlasCopco MAI GmbH**  
**WIENER LINIEN GmbH & Co KG**

**Kontaktperson:**  
 WIENER LINIEN GmbH & Co KG,  
 Andreas Oberhauser  
 andreas.oberhauser@wienerlinien.at

„Der Aufwand für die Projekteinreichung in der Programmlinie ISB des bmvit war überschaubar. Das 7. EU-Rahmenprogramm ist um eine Größenordnung aufwändiger. Das liegt nicht nur an der großen Distanz, sondern auch an der großen Zahl von Partnern. Bei unserem Projekt waren es vier: Zwei Industriebetriebe und zwei Universitätsinstitute, die auch Erfahrung mit der Antragsformulierung hatten. Das war eine ideale Kombination.“ (Andreas Oberhauser, Wiener Linien)

## FLEXIBLE REISEZUGWAGEN

### Innovative Ansätze bei der Innenausstattung

Der flexible Einsatz von Reisezugwagen bringt eine bessere Ausnutzung des Fahrzeugparks, weil Nachfrageschwankungen ausgeglichen und die Angebote besser an die Bedürfnisse unterschiedlicher Kundengruppen angepasst werden können. Den Bahngesellschaften eröffnet sich die Chance, den Anschaffungs-, Betriebs- und Wartungsaufwand des Rollmaterials zu optimieren. Diese Win-Win-Perspektive hat die Grazer Forschungsgesellschaft Mobilität (FGM) in einem vom bmvit geförderten Projekt der Programmlinie ISB untersucht. Die Lösungsansätze können sowohl in Neuentwicklungen als auch in die Modernisierung vorhandener Fahrzeuge einfließen.

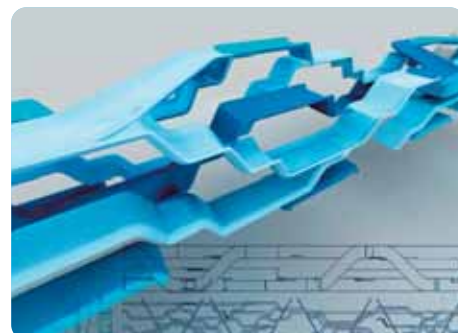
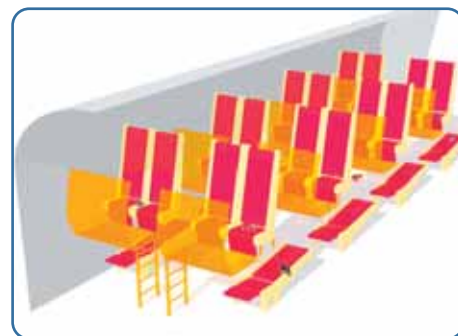
Die Wirtschaftlichkeit eines Reisezugwagens wird durch die Produktivität bestimmt. Deren Kriterien sind die Anzahl der Platzkilometer pro Jahr und die Auslastung (Personenkilometer im Verhältnis zu den angebotenen Platzkilometern). Verringerte Stillstandszeiten und mehr Plätze je Fahrzeugeinheit erhöhen die Produktivität. Während die Laufleistung den Kunden nicht berührt, kann eine beengte „Möblierung“ den Reisekomfort reduzieren und die Lust des Kunden an einer Bahnfahrt mindern.

Das FGM-Projekt basiert auf der Überlegung, dass durch flexible Inneneinrichtungen bei Reisezugwagen die Auslastung der Fahrzeugressourcen und damit die Produktivität erhöht werden kann. Entsprechende Konzepte wurden für den Fernverkehr am Tag und für den kombinierten Tag- und Nachtverkehr entwickelt. Die Lösungen sollten einerseits die kurzfristige flexible Anpassung des Platzangebotes in den einzelnen Komfortkategorien an die unterschiedlichen Marktanforderungen und andererseits die Umstellung der Inneneinrichtung für den Einsatz der Wagen sowohl im Tages- als auch im Nachtreiseverkehr erlauben.

### Kreative Designlösungen für flexible Inneneinrichtungen

Als wichtige Komfort- und Qualitätsfaktoren wurden unter anderem die Breite der Armlehnen, Beinfreiheit und Platz für das Reisegepäck identifiziert. Dabei musste berücksichtigt werden, dass der Anteil der Senioren an der Bevölkerung – damit auch an den Fahrgästen – steigt und dass Autofahrer nur dann zum Umsteigen auf die Bahn bewegt werden können, wenn damit kein Verlust an Behaglichkeit gegenüber dem Ambiente im eigenen Fahrzeug verbunden ist.

Konzepte flexibler Inneneinrichtungen in der Luftfahrt konnten wegen der unterschiedlichen Rahmenbedingungen nicht 1:1 auf die Bahn übertragen werden: Flugzeuge sind meist von Punkt zur Punkt unterwegs; beim Zug wechseln die Fahrgäste häufig. Kreative Designlösungen für Reisezugwagen wurden in zwei Stufen entwickelt: Zunächst lieferten Studenten der Universität für Angewandte Kunst in Wien eine Reihe von Grobkonzepten. In der Folge wurden zwei ausgewählte Entwürfe – einer für den Tagesverkehr, der andere für den kombinierten Tages- und Nachtverkehr – weiterentwickelt. Der Schwerpunkt lag bei der Verifizierung mechanischer und funktionaler Details.





## Vom Entwurf zum Prototyp

Aus dem Entwurf flexibler Komfortsitze für den Tagesverkehr entstand ein Prototyp und ein Virtual Reality-Modell zur Simulation der Raumwirkung. Das Konzept für die kombinierte Tages-/Nachtzugeinrichtung basiert auf einem Modul mit drei Plätzen, die bei Tag drei Sitze nebeneinander und in der Nacht zwei bis drei Liegen übereinander bieten. Die Liegen können nach oben zusammengeschoben werden, wodurch Platz für sperriges Gepäck, Fahrräder oder Rollstühle entsteht. Das hohe Maß an Wirtschaftlichkeit ist jedoch mit einer eingeschränkten Privatsphäre verbunden, was wohl nicht von allen Reisenden akzeptiert wird.

Wirtschaftlichkeitsuntersuchungen haben ergeben, dass der Einsatz solcher Wagen bei Tag und bei Nacht gegenüber reinen Schlaf- oder Liegewagen erheblich höhere Laufleistungen und damit Produktivitätsgewinne erwarten lässt. Die Platzkilometerleistung steigt auf mehr als das Doppelte. Damit ist jedoch auch eine grundlegend andere Organisation der Wagenbehandlung vor und nach den Einsätzen mit entsprechender Umstellung der Einrichtung verbunden.

Das erarbeitete Konzept wurde mit einem in Schweden entwickelten kombinierten Tages- und Nachtwagen verglichen. Das schwedische Modell scheidet geringfügig besser ab; allerdings differieren die Einrichtungskonzepte erheblich voneinander und orientieren sich an unterschiedlichen Zielgruppen. Es wäre jedoch denkbar, in einem Zugwagen beider Konzepte mitzuführen, um ein möglichst breites Publikum anzusprechen.

Die Kosten pro Person und Reise mit Berücksichtigung der Belegung liegen am Beispiel der durchgerechneten Relation Wien – Venedig bei 45 bis 54 EUR für das kombinierte Tages-/Nacht-Konzept gegenüber 65 bis 78 EUR für den konventionellen Schlafwagen.

Auch das Modell flexibler Komfortsitze für den reinen Tagesverkehr bringt klare wirtschaftliche Vorteile gegenüber derzeitigen Einrichtungen. Selbst wenn man die höheren Investitionskosten berücksichtigt, sind um etwa 10% niedrigere Kosten je Fahrgastkilometer zu erwarten. Aus den untersuchten Einsatzszenarien errechnet sich eine Steigerung des Gewinns für das Eisenbahnverkehrsunternehmen um 28%.



**Forschungsgesellschaft Mobilität – FGM**  
**ÖBB Technisches Services**  
**Universität für angewandte Kunst Wien**

### Kontaktperson:

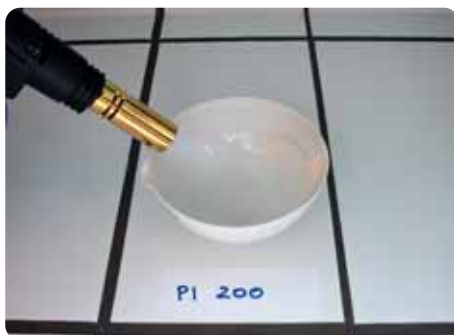
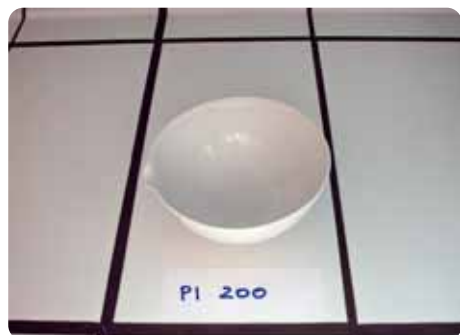
Forschungsgesellschaft Mobilität – Austrian  
Mobility research FGM-AMOR gem. GmbH,  
DI Gerfried Cebrat  
gcebrat@fgm-amor.at, 0316/810451-35

„Die Förderung durch das bmvit hat uns ermöglicht, über eine Vielzahl von Ideen und Konzepten für Reisezugwagen-Einrichtungen nachzudenken und Lösungsansätze zu erarbeiten. Die Ergebnisse können den Bahnen und den Waggonherstellern helfen, neue, innovative, attraktive und wirtschaftliche Fahrzeuge zu entwickeln. Das ist eine Chance für die Bahn, im Personenfernverkehr Marktanteile von der Straße zurück zu gewinnen.“ (Gerfried Cebrat, FGM)

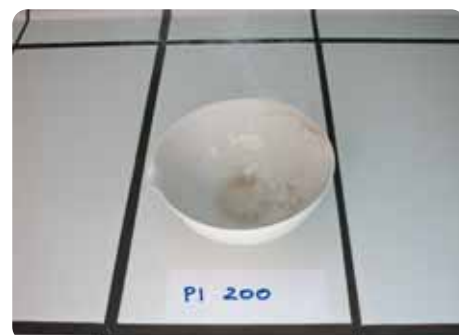
## SICHERHEITS-HYDRAULIKFLÜSSIGKEITEN

Einsatz ionischer Flüssigkeiten als nicht brennbare Hydrauliköle

Die erstaunlichen Eigenschaften von ionischen Flüssigkeiten – sie werden beim Projekt „Sorptions-Kälteanlage“ aus der Programmlinie A3 im Detail beschrieben – erlauben die Entwicklung vielfältiger Anwendungen. Da die seltsame Salzschnmelze, die schon bei normaler Raumtemperatur flüssig ist, nicht brennt, eignet sie sich auch als Ersatz für Hydrauliköle. Ionische Flüssigkeiten haben den Dampfdruck von Stahl – also praktisch Null – und verhalten sie sich trotz des flüssigen Aggregatzustandes wie ein Feststoff und lassen sich daher nicht komprimieren.



Damit eröffnen sich neue Anwendungsgebiete. Kompressoren zum Verdichten von Gasen lassen sich ohne mechanische Kolben betreiben, deren Funktion übernimmt die ionische Flüssigkeit. Auf diese Weise kann man beispielsweise Wasserstoff und Erdgas zur Speicherung in Fahrzeugtanks auf bis zu 700 bar – theoretisch sogar bis 1000 bar – verdichten und vermeidet dabei alle Nachteile eines festen Kolbens: Die „flüssige Alternative“ kann nie undicht werden; sie gleitet immer perfekt ohne Kolbenringe durch den Zylinder, ist verschleißfrei, zeigt keine Erosion, kann aber selbst durchströmt werden und über diesen Weg die beim „Zusammenpressen“ des Gases entstehende Kompressionswärme abführen. Das hat zur Folge, dass selbst Gas, das der Kompressor bis ans Limit „unter Druck setzt“, dabei nur um ein Grad wärmer wird. Bleibt die Temperatur annähernd gleich, ist auch der Druck konstant.



Die Einsparung von Betriebskosten ist beachtlich: Herkömmliche Kompressoren sind serviceintensiv und daher teuer in der Erhaltung. Die Erneuerung eines „Kolbens“ aus ionischer Flüssigkeit ist so einfach wie ein Ölwechsel beim Auto.

### Die Herausforderung: Eigenschaften erzeugen, die exakt jenen des Hydrauliköls entsprechen

Im Verlauf der Entwicklung von Sicherheits-Hydraulikölen aus ionischen Flüssigkeiten – das bmvit förderte das zur Programmlinie ISB zählende Projekt – wurde die Katastrophe von Kaprun simuliert. Damals ist das konventionelle, eigentlich schwer entflammare Hydrauliköl unter hohem Druck durch eine über der Flamme eines brennenden Heizlüfters undicht gewordene Hydraulikleitung ausgetreten. Das hatte katastrophale Folgen. Das Experiment mit dem gleichen Hydrauliköl hat eine fünf Meter lange Fackel ausgelöst – wie ein Flammenwerfer. Dies kam zustande, weil die Flüssigkeit bereits ein Aerosol geworden war, durch die feine Verteilung eine große Oberfläche hatte und daher leicht entflammbar geworden ist.



Da man ionische Flüssigkeiten in einem weiten Bereich designen – also gewissermaßen „maßschneidern“ – kann, war es naheliegend, Eigenschaften zu erzeugen, die exakt jenen des Hydrauliköls entsprechen, gleichzeitig aber die Nachteile ausschließen. Das hört sich leichter an als es ist, denn an moderne Hydrauliköle werden hohe Anforderungen gestellt und die mehr als 150jährige Entwicklung dieser Produkte lässt sich nicht von einem Tag auf den andern kopieren. Immerhin sind die konventionellen Öle mit bis zu 30 verschiedenen Substanzen versetzt. Es war daher klar, dass man nicht sofort eine Alternative zur Hand haben werde.

Das Projektziel war die Entwicklung und der Test von grundlegenden Eigenschaften und „Wechselwirkungen“ wie Korrosion, Materialbeständigkeit, Verträglichkeit mit Kunststoffen, Viskositäts- und Temperaturverhalten, Luftabscheidungsvermögen usw. Projektpartner der proionic GmbH war die Montanuniversität in Leoben. Die Arbeitsgruppe ist bislang das einzige Team in Österreich, das sich im Bereich der Anlagen- und Prozesstechnik mit dem Einsatz ionischer Flüssigkeiten beschäftigt.

Die Aufgabe war nicht einfach und hat nicht sofort zum gewünschten Erfolg geführt. So dauerte es lange, ehe das Viskositäts- und Temperaturverhalten optimal eingestellt war. Bei den Additiven stand man vor der Herausforderung, dass die meisten dieser chemischen Verbindungen ihre Wirkung in ionischen Flüssigkeiten nicht entfalten können und durch Neuentwicklungen ersetzt werden müssen. Dabei zeigte das von proionic GmbH entwickelte und international patentierte Screening-Tool „CBLIS®“ seine volle Stärke.

#### Im Fokus: Höhere Sicherheit im Tunnel

Aus der Machbarkeitsstudie mit unzähligen Serienversuchen gewannen die Forscher ein in seinen Konturen immer schärferes Bild möglicher Anwendungen in Verkehrsmitteln. Das betrifft die Bahn – vor allem dort, wo es um Tunnelsicherheit geht –, die Flugzeugindustrie und, wahrscheinlich erst zu einem späteren Zeitpunkt, den automotiven Bereich.

Fragen nach Kosten und Wettbewerbsvorteilen sind derzeit noch nicht zu beantworten, weil es einerseits keine Marktpreise und andererseits keinen Wettbewerb gibt. Nur: Wenn diese Technologie ihre Marktreife erreicht haben wird, dann ist auch mit einem weltweiten Einsatz zu rechnen. Eines steht jedenfalls fest: Die Katastrophe von Kaprun hätte sich vermeiden lassen, wären schon damals ionische Flüssigkeiten als Alternative zu Hydraulikölen zur Verfügung gestanden.



**proionic GmbH**  
Montanuniversität Leoben – Institut für nachhaltige Abfallwirtschaft und Entsorgungstechnik

#### Kontaktperson:

Montanuniversität Leoben, Mag. Roland Kalb  
roland.kalb@proionic.at, 0676/314 57 25

„Das Studium der Akten zur Brandkatastrophe von Kaprun hat zur Idee geführt, ionische Flüssigkeiten als Ersatz für konventionelle Hydrauliköle zu verwenden. Sie sind nicht entflammbar; sie lassen sich in ihren Strukturen variieren und damit funktionalisieren. Unter der Einwirkung von Temperaturen ab etwa 1000°C zersetzen sich ionische Flüssigkeiten wie jede andere organische Substanz. Aber dann wirken sie nicht brennend, sondern sogar löschend“ (Roland Kalb, proionic)

## SIMCONT

### Simulator von Funktionen von Binnenland-Containerterminals

Binnenland-Containerterminals (BCT) gewinnen als Schnittstellen zwischen den Verkehrswegen auf dem Land- und auf dem Wasserweg zunehmend an Bedeutung: Das Transportaufkommen wächst schnell und Container als standardisiertes Transportbehältnis beschleunigen den Warenfluss erheblich. Die Umschlagplätze verfügen über Einrichtungen für Transport und Hub, sowie über Lagerflächen. Layout und Organisation dieser Terminals beeinflussen die Durchlaufzeit und die Kosteneffizienz der gesamten Transportkette.

Für die großen Seehäfen wie etwa Rotterdam oder Hamburg gibt es schon seit längerem Modelle zur Optimierung der Abläufe; für Containerterminals im Binnenland fehlten bisher vergleichbare Werkzeuge. Die Anlagen werden bisher fast ausschließlich von Bauingenieuren geplant, die sich hauptsächlich an der Statik orientieren und dafür sorgen, dass nichts einstürzt oder zusammenbricht. Die Betriebsstrategie mit den logistischen Abläufen kommt meist zu kurz.

Hier setzt das Projekt SimConT (Simulation of Hinterland Container Terminal Operations) den Hebel an: Das ist ein Software-Tool, das seit 2005 am Institut für Produktionswirtschaft und Logistik der Universität für Bodenkultur (BOKU) in Wien entwickelt wird. Der Prototyp soll helfen, bestehende oder neu zu bauende BCTs durch Abbildung und Simulation der vorhandenen bzw. geplanten Infrastruktur zu optimieren. Darin eingeschlossen sind strategische, taktische und operative Erfordernisse wie effiziente Ressourceneinsatzplanungen und Kapazitätsanalysen sowie die Integration der zu- und abfließenden Güterströme einschließlich des Bedarfs an Gleisen, Abstellplätzen für Lkw usw.

#### Geringere Risiken von Fehlinvestitionen beim Neubau oder Umbau einer Anlage

Zu diesem Zweck wurden die einzelnen Funktionen von CTs untersucht, zueinander in Beziehung gesetzt und skalierbar gestaltet, um alle möglichen Konstellationen und Dimensionen simulieren zu können. Durch die modulare Konzeption wird den Betreibern von Umschlagzentren ein Analysewerkzeug in die Hand gegeben, das rasch verlässliche Aussagen zur Kapazitätsnutzung der Terminals und deren Verkehrsanbindungen liefert. Hierdurch sollen die Risiken von Fehlinvestitionen beim Neubau oder Umbau einer Anlage verringert werden.

Das Ergebnis von SimConT, das im Rahmen der Programmlinie ISB des bmvit gefördert und mit den Partnern Rail Cargo Austria (RCA) sowie mit der ÖBB Infrastruktur Betrieb AG durchgeführt wurde, ist ein dreistufiges Tool aus einem Konfigurator, einer Simulation und dem Report Generator.

#### Engpässe frühzeitig erkennen

Der Konfigurator hilft bei der elektronischen Aufbereitung realer Gegebenheiten von BCTs. Er besteht aus System- und Auftragskonfigurator sowie einem Datengenerator. Die einzelnen Module sind so gestaltet, dass Eingabefehler des Anwenders erkannt und verhindert werden. Die einzugebenden Parameter lassen sich entweder aus dem Datenmaterial der Terminals oder aus den Erfahrungswerten der Terminalbetreiber ableiten. Der Datengenerator erzeugt aus den Auftragsparametern Auftragslisten bzw. Bewegungslisten für Import- und Exportcontainer.



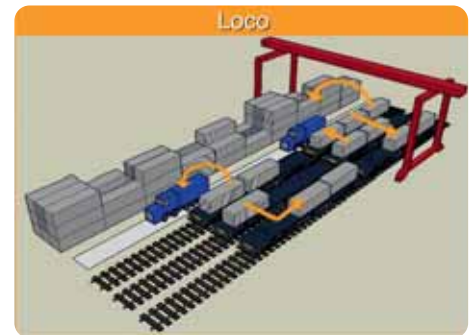
Containerterminal-Abbildung und Bewegungslisten werden anschließend als Basis für die Szenarianalyse in die Simulation übernommen, die alle Container-, Equipment- und Verkehrsmodi-Bewegungen einschließlich deren Auslastungen berechnet. Dadurch erkennt man Engpässe. Der Report Generator stellt schließlich dem User die Simulationsergebnisse übersichtlich zur Verfügung. Durch dieses Verfahren können Auswirkungen einer veränderten Infrastruktur vorab getestet werden. Das fördert die Entscheidungssicherheit in betrieblichen oder strategischen Planungsprozessen.

### Untersuchung in drei verschiedenen Terminals

In der aktuellen Ausbaustufe ist das bereits entwickelte Tool auf bimodale Terminals (Straße und Schiene) beschränkt. Als Modelle dienten drei Terminals, die sich von Größe, Layout und Funktion deutlich unterscheiden: Wien-Nordwest, Wels und St. Michael. Ein an der Donau gelegener Containerterminal wurde zunächst nicht in die Untersuchung einbezogen. Die Weiterentwicklung auf trimodale Anlagen mit Einbindung des Binnenschiffs ist jedoch geplant.

Das Projekt wurde in zwei Stufen abgewickelt: In SimConT I wurde untersucht, ob die Basisidee überhaupt umgesetzt werden kann – das war vom Start weg keineswegs klar. Tatsächlich konnte der Konfigurator erfolgreich entwickelt werden. In SimConT II standen die Betriebsstrategien im Mittelpunkt. Die große Zahl von BCT-Parametern und deren Korrelation erfordern ein multidimensionales Konzept für die Verwaltung terminalspezifischer Daten, deren Analyse die Prozessqualität und damit auch den Kundennutzen erhöht.

Der Abgleich operativer Simulationsergebnisse mit historischen Erfahrungswerten ermöglicht die Einführung eines BCT-Benchmarking. Datenumgebung und Benchmarking sind die Säulen eines Terminalinformationssystems, das auch zukunftsbezogene Informationen liefert. Es lässt sich etwa vorausberechnen, ob bei einem Wachstum des Umschlagvolumens die Lagerplätze für Container vergrößert werden müssten, ob Container in einer Ebene aufgestellt werden können oder übereinander gestapelt werden müssen – was das Handling erschwert – oder ob zur Optimierung des Umschlags die Investition in einen Containerbrückenkran als Alternative zu Spezialfahrzeugen mit Greifarmen für das Containerhandling – sogenannte Reach Stacker – notwendig ist.



**Universität für Bodenkultur Wien – Institut für Produktionswirtschaft und Logistik  
Rail Cargo Austria  
ÖBB Infrastruktur Betrieb AG**

**Kontaktperson:**

Universität für Bodenkultur Wien,  
Prof. Dr. Manfred Gronalt  
manfred.gronalt@boku.ac.at, 01/47654 - 4411

„Wir betreiben anwendungsorientierte Grundlagenforschung und haben mit SimConT Vorarbeiten für die Entwicklung eines Prototypen geleistet. Das wäre ohne Förderung durch das bmvit nicht möglich gewesen. Nun geht es darum, aus einer guten Idee ein gutes Produkt zu machen und zur rechten Zeit auf den Markt zu bringen. Wir sind in Kontakt mit mehreren Interessenten, darunter das Institut für Seeverkehrswirtschaft und Logistik in Bremen.“ (Manfred Gronalt, Boku Wien)

## ROSE UND REWI

### Entwicklung einer Rahmenschwelle für Schottergleise

Bei der Eisenbahn sind in den vergangenen Jahren die Achslasten sukzessive erhöht worden und die Züge fahren immer schneller. Die Strecken werden bis ans Limit belastet. Der Gleiskörper hat jedoch mit dieser Entwicklung nicht Schritt gehalten und ist der Beanspruchung kaum mehr gewachsen. Man wird sich daher mit einem tragfähigeren Gleissystem beschäftigen müssen. Eine Alternative – das schotterlose Gleis – ist teuer und funktioniert nur bei einem setzungsfreien Untergrund. Dessen Herstellung kostet etwa doppelt so viel wie die konventionelle Verlegung von Gleisen und trotz einfacherer Erhaltung bleiben die Lifecycle-Kosten immer noch höher als beim Schotteroberbau.

#### Das Problem: Das Gleis verschiebt sich

Die heute verwendeten Eisenbahnschwellen werden bei der Verlegung von Gleisen mit Stopfmaschinen in den Gleisschotter eingebettet und exakt ausgerichtet. Diese perfekte Positionierung hält jedoch nicht lange. Durch die dynamischen Lasteinwirkungen der Züge wird das Schotterbett allmählich verändert und das Gleis sowohl in vertikaler als auch in horizontaler Richtung verschoben.

Am Institut für Eisenbahnwesen und Verkehrswirtschaft der TU Graz dachte man über eine Lösung nach, die in der Erhaltung weniger aufwändig und daher unterm Strich billiger ist. Das Ergebnis dieser Überlegungen ist die im Projekt „ROSE“ (Programmlinie ISB des bmvit) entwickelte doppel-H-förmige Spannbetonschwelle, bei der zwei längs unter den Schienen angeordnete, jeweils einen Meter lange Balken mit quer zum Gleis liegenden Schwellen zu einem rahmenförmigen Tragkörper verbunden sind. Die in der horizontalen Ebene entstehende Formhaltung bewirkt eine hohe Schubsteifigkeit zwischen den Schienen. Grundidee des Rahmenschwellengleises ist das Ruhen der Schiene auf einem durchgehenden Längsbalken. Die Schienenbefestigungen benachbarter Schwellen sind in kurzem Abstand angeordnet. Damit wirkt die Schiene auch als querkraftübertragendes Element in vertikaler Richtung, sie kann sich aber gleichzeitig gelenkartig „elastisch“ verformen.

#### Mehrfacher Nutzen

Durch die größere Auflagefläche der doppel-H-förmigen Schwelle reduziert sich die Flächenpressung. Der Unterbau wird weniger stark beansprucht und „lebt“ daher länger. Ein weiterer Vorteil: Rahmenschwellen müssen weniger hoch mit Schotter befüllt werden. Damit bekommt man das Problem des „Schotterflugs“ bei hohen Geschwindigkeiten in den Griff. Gegenwärtig ist ein Laufmeter Unterbau mit Rahmenschwellen etwa 1,5 mal so teuer wie die traditionelle Gleisbettung, weil das neue Produkt noch außerhalb der Produktionsroutine gefertigt wird. Außerdem ist die elastische Kunststoffsohle an der Rahmenunterseite ein Kostenfaktor. Sie vergrößert die Kontaktfläche und bewirkt eine bessere, schonendere Verteilung der Kräfte auf dem Schotterbett. Damit erspart sich der Infrastrukturbetreiber das „Nachstopfen“ des Schotters bei hoher Gleisbelastung.



### Langzeitversuche auf mehreren Strecken

Die Schwellen werden bereits in Langzeitversuchen erprobt. Versuchsstrecken wurden bei Paternion in Kärnten, bei Gramatneusiedel, Timelkam sowie am Semmering bei der Station Eichberg und auf der Westbahn bei Böheimkirchen eingerichtet. Auch in der Schweiz und in Süditalien – dort hat man allein durch den Einbau dieser Schwellen die Geschwindigkeit von 140 km/h auf 190 km/h erhöhen können – laufen Tests.

Auch zur Lärminderung leistet die neue Schwellenkonstruktion einen Beitrag: An der Teststrecke bei Paternion wurde ein um 3 Dezibel reduzierter Schalldruck gemessen. Das wird als Halbierung des Geräuschpegels wahrgenommen.

### Hoher Imagegewinn für die österreichische Kompetenz im Bahnoberbau

Für den Infrastrukturbetreiber ergibt sich ein mehrfacher Nutzen: Um 70 % bis 80 % reduzierte Erhaltungsarbeiten und weniger hierdurch bedingte Behinderungen des Zugverkehrs, niedrigere Betriebskosten und höhere Produktivität. Da die wesentlichsten Systemkomponenten in Österreich produziert werden, erreicht die heimische Wertschöpfung bis zu 90 %. Umgekehrt sind die Exportchancen groß. Dazu kommt der Imagegewinn für die österreichische Kompetenz im Bahnoberbau.

Für die Verlegung der Schwellen und das Unterstopfen mit Schotter werden derzeit noch geringfügig modifizierte Weichenstopfmaschinen eingesetzt, da der Einsatz von Standard-Stopfaggregaten nicht möglich ist. Es ist jedoch damit zu rechnen, dass bei einer breiten Anwendung der Rahmschwellen auch spezielle Maschinen zum Gleisstopfen entwickelt werden.

Ergänzend zu „ROSE“ wurden im Projekt „REWI“ Rahmschwellen für unterschiedliche Weichentypen entwickelt. Die Einbeziehung der Weichen ist notwendig, um Systembrüche zwischen einer alten und der neuen Gleisform der Gleisbettung zu vermeiden. „REWI“ ist bisher ein theoretisches Modell, das noch in der Praxis erprobt werden muss. Die neue Schwellenkonstruktion wird absehbar eine „Waffe“ gegen die weiter steigende Beanspruchung der Gleiskonstruktion durch noch höhere Achslasten und Geschwindigkeiten sein.



**Technische Universität Graz – Institut für Eisenbahnwesen und Verkehrswirtschaft**  
FCP – Fritsch, Chiari & Partner ZT GmbH  
ÖBB – Infrastruktur Betrieb AG  
Getzner Werkstoffe GmbH  
Semperit Technische Produkte  
SSL Stahlbetonschwellenwerk  
psiA-Consult  
Ing. Büro Dr. Hasslinger  
VAE GmbH

#### Kontaktperson:

Technische Universität Graz,  
Prof. Dr. Klaus Riessberger  
klaus.riessberger@tugraz.at, 0316/8736215

„Bei der vom bmvit geförderten Entwicklung einer Rahmschwelle für Schottergleise hat die Zusammenarbeit der unterschiedlichen Partner – Anwender, Universitäten, Dienstleistungsanbieter und Industrie – einen optimalen Wissensaustausch ermöglicht und Perspektiven für künftige Projekte eröffnet. Mit ROSE und REWI kann Österreich seine Position als internationales Kompetenzzentrum für den Bahnoberbau ausbauen.“ (Klaus Riessberger, TU Graz)

# AURELIA

## Automatisches Radsatz-Messsystem mittels Einsatz von Lasertechnologie

Unter der Bezeichnung AURELIA hat arsenal research gemeinsam mit Barkawi & Partner, Molinari Engineering und den ÖBB Technische Services im Rahmen der Programmlinie ISB des bmvit ein automatisches Radsatz-Messsystem für Eisenbahnfahrzeuge auf Laser-Basis entwickelt. Damit wird ein hoher Grad an Automatisierungspotenzialen ausgeschöpft, da die Unrundheit der Räder berührungslos und ohne Ausbau der Achsen unmittelbar am Fahrzeug detektiert werden kann.

Mit dem Einsatz von AURELIA ist für Eisenbahnverkehrsunternehmen eine mehrfacher Nutzen verbunden: Die bisherige Praxis sieht vor, dass Räder in festgelegten Zeitabständen oder nach einer bestimmten Laufleistung getauscht werden. Dieser Tausch erfolgt, auch wenn das Rad noch in einwandfreiem Zustand ist – einfach weil es so vorgeschrieben wird. Umgekehrt kann sich aber auch herausstellen, dass das Rad defekt ist und in diesem Zustand möglicherweise schon tausende oder zehntausende von Kilometern heruntergespult hat. Unrunde Räder verursachen Schwingungen und verstärken den Lärm. Sie beschädigen die Lauffläche von Schienen, wodurch deren früherer Austausch notwendig wird.

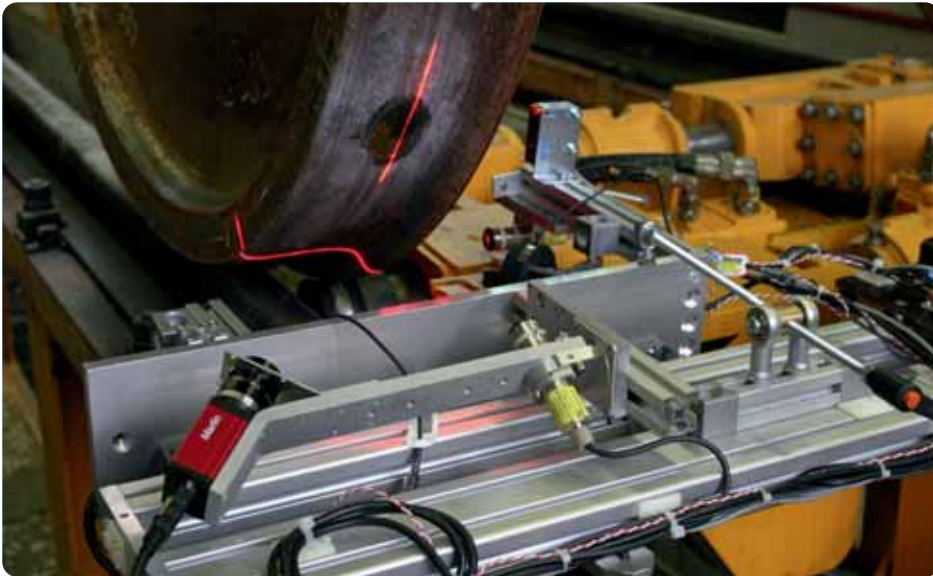
### Hoch präzise Erfassung aller Radparameter im eingebauten Zustand

Die automatische Lasermessung findet auch Unregelmäßigkeiten, die bei der bisher üblichen Kontrolle mit dem freien Auge sowie durch den Einsatz von handbedienten Messgeräten und Lehren nicht entdeckt werden können. Selbst Flachstellen von wenigen tausendstel Millimetern bleiben dem Laser nicht verborgen. Auch mikroskopisch kleine Ausbröckelungen – sie rauhen eine leicht korrodierte Oberfläche auf – lassen sich nur mit einer optischen Vermessung aufspüren. AURELIA löst die bisher subjektive Erstellung eines Befundes durch eine einheitliche, objektive Erfassung und Bewertung sowie der automatischen Weiterverarbeitung der Ergebnisse ab.

Das Projekt startete mit einer Marktanalyse und einer Bedarfserhebung. Daran schloss sich die Entwicklungs- und Konstruktionsphase für Hardware, Software und den Prüfstand. Unter anderem wurden das Messsystem und eine Zentraldatenbank einschließlich der erforderlichen Kommunikationsprotokolle entwickelt und die Testradsätze – ein Kalibrationsradsatz und zwei Radsätze mit definierten, vermessenen Beschädigungen – gefertigt.







### Bestätigung am Prüfstand

Es folgte ein Testbetrieb mit paralleler Systemoptimierung in Salzburg-Gnigl. Die Evaluierung der Ergebnisse bestätigte, dass alle relevanten Radparameter im eingebauten Zustand kontaktlos erfasst werden können: Raddurchmesser, Radprofile über den gesamten Radumfang und die Innendistanz der beiden Radscheiben. Oberflächenfehler wie Flachstellen oder Materialaufschweißungen werden automatisch erkannt. Die neu erstellte Datenbank verwaltet die aktuellen und historischen Daten der Bauteile. Darüber hinaus wird sie für die streckenbezogene Analyse der Schienenqualität genutzt.

Mit der Erarbeitung von Verwertungsstrategien wurde das Projekt abgeschlossen.

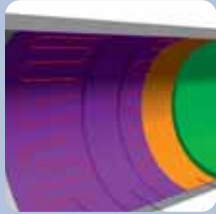


**Österreichisches Forschungs- und Prüfzentrum Arsenal Ges.m.b.H.**  
**Barkawi & Partner**  
**ÖBB Technische Services**  
**Molinari Rail Austria GmbH**

**Kontaktperson:**

Österreichisches Forschungs- und Prüfzentrum  
Arsenal Ges.m.b.H.,  
DI Jürgen Zajicek  
juergen.zajicek@arsenal.ac.at, 0664/620 78 36

„Eisenbahn ist teuer. Man hat es mit sehr langen Life-Cycles zu tun. Der Beschaffer ist bestrebt, seine Mittel langfristig bestmöglich einzusetzen. Das ist nicht Innovation, denn Innovation ist etwas Neues, das man noch nicht kennt, von dem man nicht weiß, wie es sich verhält und ob es nicht vielleicht schon morgen von der nächsten Innovation abgelöst wird. "ISB bietet die Möglichkeit die mit F&E verbundenen Risiken abzufangen und Innovationen erst zu ermöglichen." (Jürgen Zajicek, arsenal research)



## KONTAKTE UND INFORMATIONEN

### GESAMTVERANTWORTUNG

Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie [www.bmvit.gv.at](http://www.bmvit.gv.at)  
Abteilung Mobilitäts- und Verkehrstechnologien  
A-1010 Wien, Renngasse 5  
Mag.a Evelinde Grassegger  
e: [evelinde.grassegger@bmvit.gv.at](mailto:evelinde.grassegger@bmvit.gv.at), t: +43-(0)1-711 62-65 3106

Programmlinie A3 - Austrian Advanced Automotive Technology  
Dr. Andreas Dorda, [andreas.dorda@bmvit.gv.at](mailto:andreas.dorda@bmvit.gv.at)  
Mag. Christian Drakulic, [christian.drakulic@bmvit.gv.at](mailto:christian.drakulic@bmvit.gv.at)

Programmlinie I2 - Intelligente Infrastruktur  
DI(FH) Andreas Blust, [andreas.blust@bmvit.gv.at](mailto:andreas.blust@bmvit.gv.at)

Programmlinie ISB - Innovatives System Bahn  
DI(FH) Frank Michelberger, [frank.michelberger@bmvit.gv.at](mailto:frank.michelberger@bmvit.gv.at)

### PROGRAMM-MANAGEMENT UND FÖRDERABWICKLUNG (IV2S, IV2Splus)

Österreichische Forschungsförderungsgesellschaft GmbH [www.ffg.at](http://www.ffg.at)  
Bereich Thematische Programme  
A-1090 Wien, Sensengasse 1

Programmleitung IV2Splus  
DI Martin Russ  
e: [martin.russ@ffg.at](mailto:martin.russ@ffg.at), t: +43-(0)5 77 55-5030

