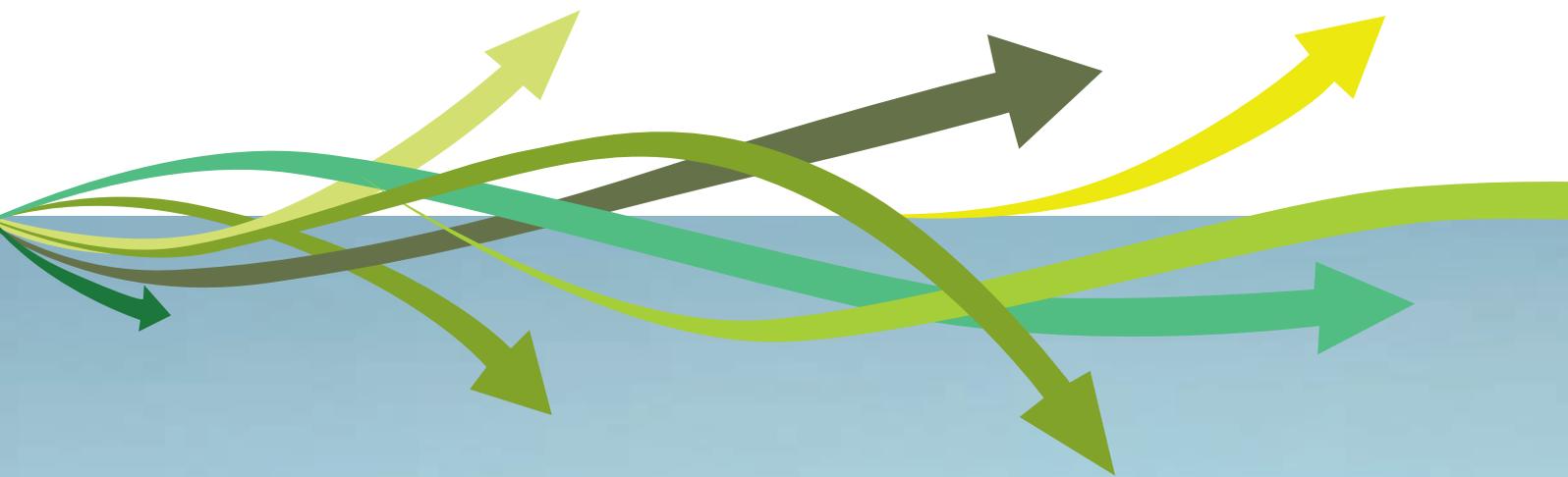


Wir erforschen:

Mobilität



Allianz der
Wissenschaftsorganisationen

Wir erforschen:

Mobilität







Grußwort

Die Innovationsprozesse haben in den vergangenen Jahren deutlich an Dynamik gewonnen. Einen wesentlichen Beitrag dazu leistet die »Hightech-Strategie für Deutschland«. Mit ihr wurde in der vergangenen Legislaturperiode erstmals ein nationales Gesamtkonzept vorgelegt, das zu einer neuen Qualität der Zusammenarbeit von Wissenschaft, Wirtschaft und Politik geführt hat. Mit der Weiterentwicklung der Hightech-Strategie werden bewährte Maßnahmen fortgeführt, aber auch neue Akzente gesetzt. Die »Hightech-Strategie 2020« konzentriert sich auf fünf große Bedarfsfelder: Klima und Energie, Gesundheit und Ernährung, Mobilität, Sicherheit, Kommunikation. Das Ziel: Deutschland durch gezielte Impulse für neue Technologien, Innovationen und durch die Bündelung der Kräfte von Wissenschaft und Wirtschaft zum Vorreiter bei der Lösung der drängenden globalen Fragen zu machen.

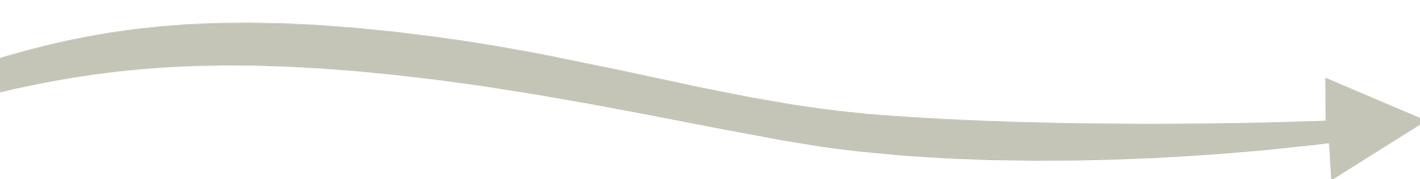
Die Mitglieder der Allianz der Wissenschaftsorganisationen übernehmen bei der erfolgreichen Umsetzung der Hightech-Strategie eine zentrale Aufgabe. Damit die Wissenschaft ihrer zentralen Rolle in Forschung und Entwicklung sowie im Innovationsprozess und beim Technologietransfer in Deutschland nachkommen kann, haben Bund und Länder mit der Fortführung des Paktes

für Forschung und Innovation, der Exzellenzinitiative und des Hochschulpaktes die größte Investition in Forschung, Wissenschaft, Innovation und Bildung auf den Weg gebracht, die es in Deutschland je gegeben hat.

Die Wissenschaftsorganisationen greifen erfolgreich Zukunftsthemen auf und dringen in neue Forschungsgebiete vor. Die vorliegende Broschürenreihe zeigt, wie gut die deutsche Forschung für die Lösung der zentralen Zukunftsaufgaben aufgestellt ist. Jede Broschüre widmet sich jeweils einem der in der Hightech-Strategie identifizierten Schwerpunktthemen. Anhand ausgewählter Beispiele wird die Arbeit in den deutschen Forschungseinrichtungen anschaulich vorgestellt. Mit ihren verständlichen Darstellungen von Spitzenforschung unterstützen diese Publikationen den breiten gesellschaftlichen Dialog über die drängenden Fragen unserer Zeit.

A handwritten signature in blue ink that reads "Annette Schavan".

Prof. Dr. Annette Schavan, MdB
Bundesministerin für Bildung und Forschung





Liebe Leserinnen und Leser,

»Leben ist Bewegung und ohne Bewegung findet Leben nicht statt«. Diese Erkenntnis Leonardo da Vincis ist in Zeiten wachsender individueller Mobilitätsbedürfnisse und zunehmend vernetzter globaler Märkte heute wohl aktueller denn je. Der Preis sind negative Wirkungen auf Bevölkerung und Umwelt durch Lärm, Schadstoffemissionen und Ressourcenverbrauch. Den Übergang zu ökonomisch, ökologisch und gesellschaftlich nachhaltigen Verkehrssystemen für Menschen und Güter zu gestalten ist daher eine zentrale Aufgabe für Forschung, Wirtschaft und Politik.

Mobilität über größere Entfernungen ist untrennbar mit motorisierten Fahrzeugen verbunden. Erst sie ermöglichen eine schnelle und bequeme Fortbewegung zu Lande, zu Wasser und in der Luft. Standen in der Vergangenheit überwiegend Antriebsleistung oder Höchstgeschwindigkeit im Vordergrund, sind es heute vor allem umweltbezogene Aspekte wie Energieeffizienz, CO₂-Emission oder Lärm. Diese Aspekte in Einklang zu bringen mit den steigenden Ansprüchen an Sicherheit, Zuverlässigkeit und Komfort ist eine wichtige Aufgabe für Forschung und Entwicklung.

Ein nachfrageproportionaler Ausbau von Infrastrukturen ist weder wirtschaftlich noch ökologisch darstellbar. Daher kommt dem Verkehrsmanagement eine wachsende Bedeutung zu, um Effektivität und Effizienz der Infrastrukturnutzung zu erhöhen. Technologieübergreifende Ansätze sind im Straßen-, Schienen-, See- und Luftverkehr ebenso gefragt wie für die Verkehrsknoten Bahnhof, Hafen und Flughafen. Vor allem neue Kommunikations- und Informationstechnologien zwischen Fahrzeugen und Infrastruktur eröffnen Perspektiven für ein besseres Management, auch über die Grenzen einzelner Verkehrsträger hinweg.

Die Verkehrssystem-Forschung steht im Fokus, wenn es um die komplexen Zusammenhänge zwischen Verkehrsentwicklung und Umwelt geht. Hier ist ein umfassendes Verständnis für das Ursache-Wirkungs-Gefüge zu entwickeln, um Wege zu einem umweltverträglicheren Verkehrssystem zu identifizieren. Dabei geht es zum Beispiel um die Beschreibung des Verkehrs- und Entscheidungsverhaltens von Menschen und Unternehmen sowie die Bewertung neuer Technologien. Aufbauend sind die Auswirkungen auf Mensch und Umwelt zu quantifizieren.

Klimaschutz, Ressourcenschonung und Reduktion fossiler Abhängigkeiten: Elektromobilität adressiert alle diese Herausforderungen. Um ihre Chancen nutzen zu können und Deutschland eine Spitzenposition im Wettbewerb zu sichern, ist noch umfangreiche Forschung erforderlich. Dabei geht es kurzfristig um praxistaugliche Fahrzeugtechnologien. Ebenso wichtig ist aber, sich etwa um Nutzeranforderungen, multimodale Mobilitätskonzepte oder die Einbindung in Energienetze zu kümmern. Denn nur durch überzeugende Systemlösungen können die Märkte wirklich erreicht werden.

Ein weiterer wichtiger Bereich der Mobilitätsforschung adressiert Güterverkehr und Logistik. Gerade für Deutschland als exportorientierte Wirtschaftsnation ist es von existenzieller Bedeutung, das prognostizierte qualitative und quantitative Wachstum im Transportsektor zu ermöglichen. Auch hier sind Lösungen gefragt, die Ökonomie und Ökologie nachhaltig in Einklang bringen.

Wir haben uns an eine nahezu unbegrenzte Mobilität gewöhnt. Diese Erwartungshaltung auch in Zukunft adäquat zu befriedigen bedarf erheblicher Anstrengungen. Wie werden die Fahrzeuge von morgen angetrieben? Wie können Verkehrsträger in Städten besser vernetzt werden? Wie kann globale Mobilität sichergestellt werden? Welche Unterstützung benötigen Verkehrsteilnehmer vor und während einer Reise? Wie kann im Verkehr eine Interessensbalance zwischen Ökonomie, Ökologie und Gesellschaft erreicht werden?

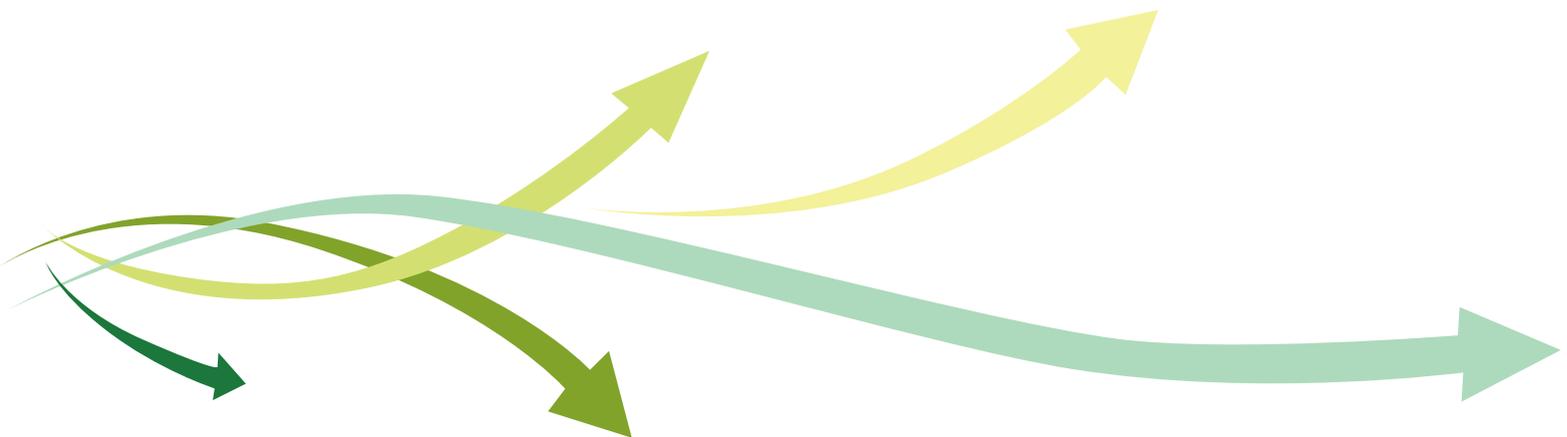
Dies sind nur einige der Fragen, an deren Beantwortung Forscherinnen und Forscher in unserem Land arbeiten. Mit dieser Broschüre wollen wir Ihnen anhand einiger ausgewählter Beispiele einen Eindruck von der Kompetenz und Vielfalt unseres Engagements vermitteln. Damit Mobilität im besten Sinn des Wortes nachhaltig möglich ist – lokal, national und global.

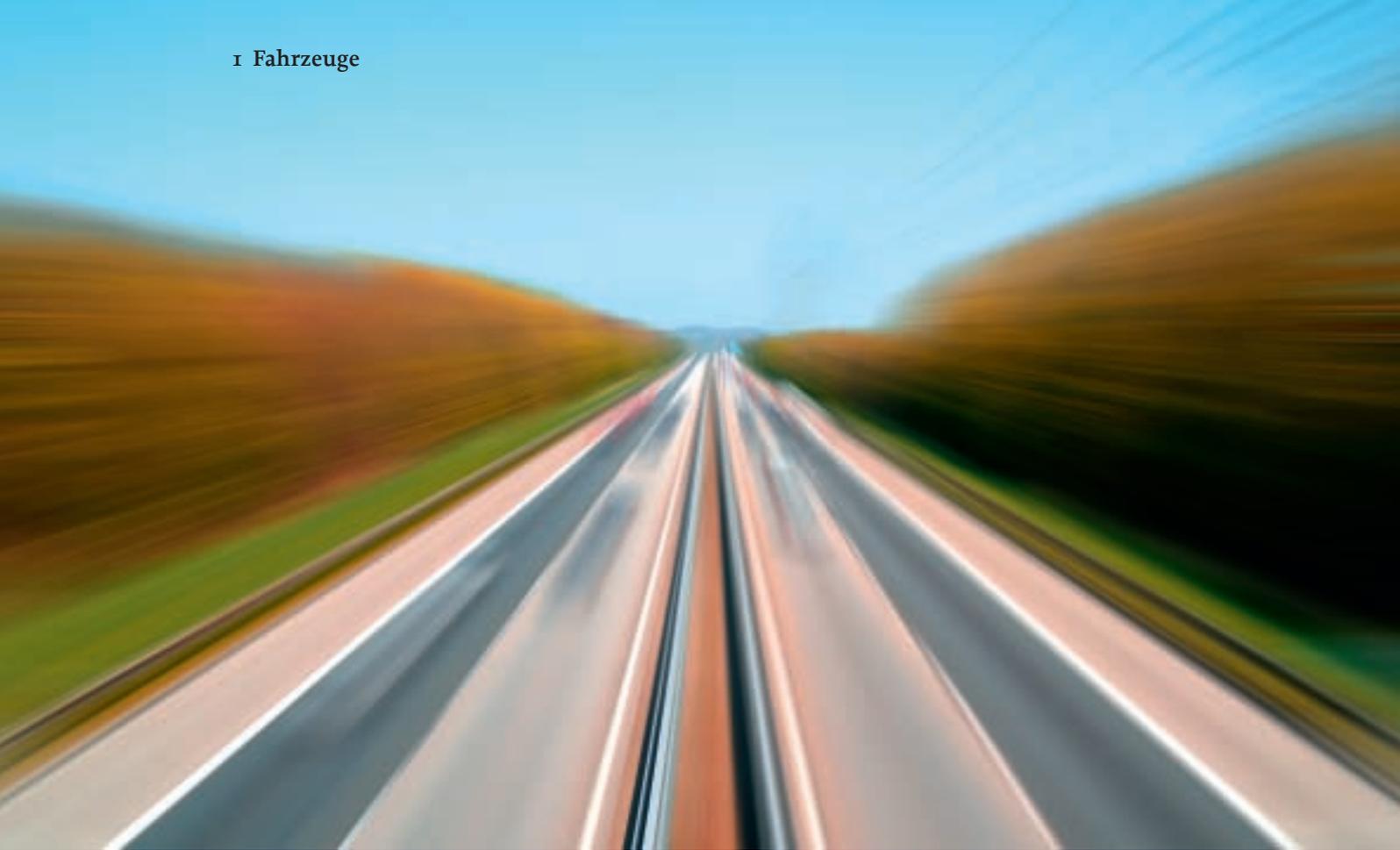
Ihr

Ulrich Wagner
Vorstand Energie und Verkehr des
Deutschen Zentrums für Luft- und Raumfahrt (DLR)

Inhalt

1	Fahrzeuge	
	Bewährtes nutzen, Neues wagen	6
2	Verkehrsmanagement	
	Effektiv planen, effizient steuern	15
3	Verkehrsentwicklung und Umweltwirkungen	
	Umfassend verstehen, nachhaltig handeln	23
4	Elektromobilität	
	Mehr als nur das Auto	29
5	Güterverkehr und Logistik	
	Mit Köpfchen zum Kunden	37
6	Mobilität der Zukunft	
	Heute das Morgen denken	41
	Kontakt	46
	Impressum	48





Bewährtes nutzen, Neues wagen

Alles ist im Fluss, auch die Transportsysteme und Fahrzeugkonzepte der Zukunft. Die Endlichkeit der fossilen Energieträger zwingt zur Erforschung neuer Lösungen. Die Entwicklung der Fahrzeugkonzepte wird auch darauf reagieren, dass schon mehr als die Hälfte der Weltbevölkerung in Metropolen lebt. Forderungen nach sauberen und umweltfreundlichen Lebensräumen zielen auf emissionsfreie Transportsysteme. Die Zukunft wird von erneuerbaren Energien und der Einbindung der Fahrzeuge in die Versorgungs- und Kommunikationsnetze geprägt sein. Leitbild und Herausforderung für die Forschung an Fahrzeugen sind eine signifikant verbesserte Nutzung der Energiepotenziale sowie der Durchbruch der CO₂-neutralen Fahrzeug- und Antriebstechnologie.





Heute findet man auf den Straßen noch weit überwiegend diesel- und benzintriebene Fahrzeuge. Neue Konzepte wie Hybrid- oder Elektroautos werden in Zukunft dominieren.

Die Analyse aktueller Szenarien zeigt, dass selbst unter der Annahme günstigster Randbedingungen in Politik, Wirtschaft und Gesellschaft reine Elektroautos erst in 10 bis 15 Jahren eine relevante Marktdurchdringung erreichen können. Bis dahin konkurrieren eine Vielfalt unterschiedlicher Antriebskonzepte miteinander: Benzin- und Dieselantriebe, Hybridvarianten, erd- und biogasbetriebene, Elektro- und Brennstoffzellenfahrzeuge. Den Hybridvarianten ist gemeinsam, dass sie sowohl verbrennungs- als auch elektromotorische Antriebe in Kombination nutzen. Intensive Forschung vereint die

Vorteile beider Antriebsarten; Verbrauchseinsparungen von bis zu 30 Prozent sind damit möglich. Der Grad der Hybridisierung kann – je nach Nutzerprofil – zunehmen, bis letztlich das reine Elektrofahrzeug massentauglich ist. Range-Extender-Technologien, die den Aktionsradius der Fahrzeuge erhöhen, treiben die Elektromobilität weiter voran.

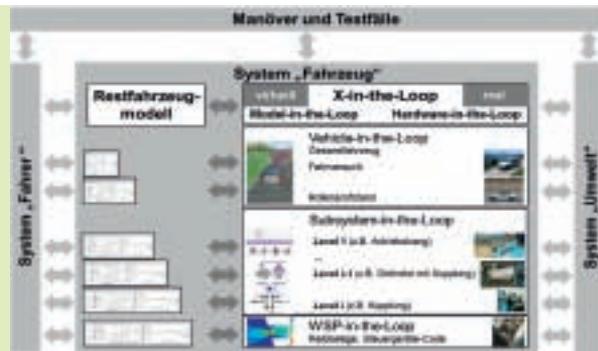
Für Straßen- und Schienenfahrzeuge kommt neben der Entwicklung dieser neuen Technologien auch der Weiterentwicklung bewährter Systeme eine herausragen-



Leichtbauwerkstoffe
Leicht macht mobil

Ingenieure schwärmen von kohlefaserverstärktem Kunststoff (CFK), denn dieses Material verbindet wie kaum ein anderes hohe Festigkeit mit geringem Gewicht. Allerdings ist es nicht einfach herzustellen. Um besonders bei großen Bauteilen Fortschritte zu erzielen, arbeiten das Fraunhofer-Institut für Fertigungstechnik und Angewandte Materialforschung IFAM und das Deutsche Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR) in Stade im neuen Großforschungszentrum CFK Nord zusammen. Hier sollen mit weiteren Forschungs- und Industriepartnern Prozesse zur automatisierten spanenden Bearbeitung – Bohren, Flächenfräsen und Besäumen – sowie zur automatisierten klebtechnischen Montage von Strukturen aus kohlefaserverstärkten Kunststoffen im XXL-Maßstab entwickelt werden.

Dr. Michael Wolf
Fraunhofer-Institut für Fertigungstechnik und Angewandte Materialforschung IFAM
www.ifam.fraunhofer.de
michael.wolf@ifam.fraunhofer.de



Ganzheitlicher Entwicklungsansatz
Antriebssysteme auf dem Prüfstand

Zur Erforschung neuer Fahrzeug-Antriebskonzepte wurde am Karlsruher Institut für Technologie (KIT) eine durchgängige Methoden- und Prozesskette erarbeitet, mit der Teilsysteme vom Wirkmechanismus bis zum Fahrzeug im Gesamtsystem untersucht werden können. Vorteil dieser Methodik ist die Austauschbarkeit von Komponenten und Modulen in Hard- und Software, wodurch eine durchgängige Entwicklungs- und Validierungsumgebung geschaffen wird. Durch die Integration von Simulation und Test ist es möglich, mit modernster Prüftechnik reale Fahr- und Verkehrssituationen im Labor nachzubilden und zu untersuchen. Bei Bedarf kann auch der Fahrer virtuell eingebunden werden. Mit dem Ausbau des KIT Campus Ost wird die Infrastruktur auf diesem Gebiet nochmals deutlich erweitert.

Prof. Dr.-Ing. Dr. h. c. Albert Albers
Karlsruher Institut für Technologie
IPEK – Institut für Produktentwicklung
www.ipek.kit.edu
albert.albers@kit.edu



Ein Verbrennungsmotor war über viele Jahrzehnte das Standardkonzept für den Antrieb von Autos.

de Bedeutung zu. Die Möglichkeiten sind vielfältig: von der Verringerung der Fahrwiderstände und der intensiveren Nutzung von Verlust- und Abwärme bis hin zur Verwendung emissionsarmer Kraftstoffe. Hier spielen die Biokraftstoffe der zweiten und dritten Generation überall dort, wo keine Agrarflächen- oder Lebensmittelkonkurrenz besteht, eine wichtige Rolle für alle Fahrzeugkonzepte, vor allem für den Luftverkehr.

Alle Forschung dient dazu, die Fahrzeuge der Zukunft insgesamt effizienter zu machen, ihren Wirkungsgrad

zu steigern, Emissionen zu verringern oder ganz zu vermeiden.

Die Optimierung des Verbrennungsmotors bietet noch reichlich Potenzial und bildet einen der größten Stellhebel zur Reduktion von Verbrauchs- und Emissionswerten: Forschungs- und Entwicklungsanstrengungen zielen auf die Nutzung von weiterentwickelter Benzindirekteinspritzung und Zylinderabschaltung, auf Turboaufladung und Downsizing sowie auf die Verringerung von Reibungsverlusten. Neue Motoren-

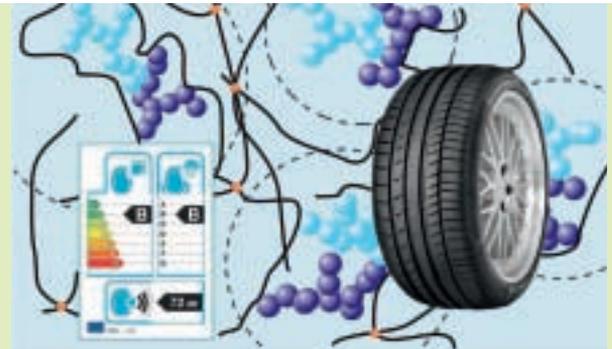


**Thermoelektrik
Strom aus Abwärme**

Thermoelektrische Materialien können einen Wärmestrom direkt in elektrische Leistung wandeln. Ein Teil der Abwärme in Autos, Computern und Heizungen wird damit nutzbar. Das Institut für Werkstoff-Forschung des Deutschen Zentrums für Luft- und Raumfahrt (DLR) und das Fraunhofer-Institut für Physikalische Messtechnik IPM erforschen die dazu einsetzbaren Werkstoffe und optimieren gemeinsam mit Industriepartnern die Herstellungsverfahren. Ein Ziel ist es, in naher Zukunft den Wirkungsgrad der thermoelektrischen Generatoren für die Verwendung an Auspuffanlagen so weit zu steigern, dass die Bordelektronik eines Autos damit komplett versorgt werden kann.

Dr. rer. nat. Wolf Eckhard Müller
Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt, Mitglied in der Helmholtz-Gemeinschaft, Institut für Werkstoff-Forschung
www.dlr.de/wf/; eckhard.mueller@dlr.de

Dr. Harald Böttner
Fraunhofer-Institut für Physikalische Messtechnik IPM
www.ipm.fraunhofer.de/; harald.boettner@ipm.fraunhofer.de



**Gut unterwegs
Reifen aus neuen Elastomeren
erhöhen die Fahrsicherheit**

Reifen spielen eine wesentliche Rolle für die Sicherheit des Kraftfahrzeugs und beeinflussen neben vielen anderen Eigenschaften auch den Kraftstoffverbrauch. Wissenschaftler des Leibniz-Institutes für Polymerforschung Dresden erforschen die Wirkmechanismen für Nassrutschverhalten und Rollwiderstand sowie Optimierungswege für diese Eigenschaften, die in einem Zielkonflikt stehen. Ab 2012 sind Kennwerte für Nassgriff und Rollwiderstand auf einem EU-Reifenlabel für Neureifen Pflicht. Durch den gezielten Einsatz von nanoskaligen Füllstoffen im Zusammenspiel mit Hochleistungskautschuken lassen sich die hohen Sicherheitsanforderungen an moderne Pkw-Reifenlaufflächen weiter verbessern, ohne den Rollwiderstand und somit die Energieeffizienz des Reifens zu beeinträchtigen.

Prof. Dr. Gert Heinrich
Leibniz-Institut für Polymerforschung Dresden e. V.
www.ipfdd.de
gheinrich@ipfdd.de



Geruchlos, sicher, leise: Ein Elektroauto wird »aufgetankt«.

konzepte erlauben noch höhere Wirkungsgrade, besonders bei Einheiten, die vornehmlich im Betriebs-optimum arbeiten und z. B. als Range Extender die Reichweite von Elektroautos steigern: Wankelmotoren, Freikolbenlineargeneratoren, Mikrogasturbinen. Die Forschung an diesen Konzepten läuft auf Hochtouren.

Die Verringerung der Fahrwiderstände ist ein weiterer wichtiger Ansatz zur Minderung des Kraftstoffverbrauchs: Dies gilt für alle Fahrzeuge zu Lande und in

der Luft. Der aerodynamische Widerstand kann durch eine optimierte Verkleidung der Fahrzeuge verkleinert werden. Rollwiderstände werden über die Entwicklung von Leichtlaufreifen weiter reduziert. Eine verbesserte Konstruktion des Reifenunterbaus und neue, im Nanobereich optimierte Hochleistungskautschuke prägen die Laufeigenschaften künftiger Reifen.

Beschleunigungswiderstände lassen sich hauptsächlich durch eine Reduktion der Fahrzeugmasse verringern, und dabei zählt buchstäblich jedes Gramm. Beim



**Weniger Unfälle dank Galileo
Fahrerassistenzsystem nutzt
europäische Navigationssatelliten**

An der RWTH Aachen wird ein Fahrerassistenzsystem zur Kollisionsvermeidung erforscht, das auf dem europäischen Satellitennavigationssystem Galileo basiert. Im Gegensatz zu heutigen Systemen wird neben einer reinen Notbremsung auch das autonome Ausweichen als weitere Alternative zur Unfallvermeidung untersucht. Die dafür notwendige präzise Erkennung des Fahrzeugumfelds wird durch eine sehr genaue Positionsbestimmung im Galileo-Testzentrum der RWTH erreicht. Durch Fusion mit anderen Sensorsignalen und Kommunikation der Fahrzeuge untereinander wird sie weiter verbessert. Ausgehend von den Versuchen im Testzentrum, können auch Anforderungen an die Positionsgenauigkeit zur Realisierung sicherheitskritischer Fahrerassistenzsysteme der Zukunft analysiert werden.

Prof. Dr. Lutz Eckstein; RWTH Aachen, Institut für Kraftfahrzeuge
www.ika.rwth-aachen.de; eckstein@ika.rwth-aachen.de
Prof. Dr. Dirk Abel; RWTH Aachen, Institut für Regelungstechnik
www.irt.rwth-aachen.de; d.abel@irt.rwth-aachen.de



**Assistenz und Automation
Unterstützung auf Knopfdruck –
sicherer Auto fahren**

In dem EU-Projekt HAVEit (Highly Automated Vehicles for Intelligent Transport) arbeitete das Deutsche Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR) mit europäischen Partnern erfolgreich am hochautomatisierten Fahren. Dabei fährt das Auto im Wesentlichen selbstständig, der Fahrer ist jedoch stets situationsangemessen eingebunden und kann die Fahrzeugführung jederzeit intuitiv übernehmen. So behält er die Verantwortung, wird aber in hohem Grad unterstützt. Die zentrale Frage für die Forschung besteht darin, wie Mensch und Automation für ein sicheres und entspanntes Fahren sinnvoll kooperativ zusammenspielen. Beim Projektabschluss im Juni 2011 demonstrierten die Forschungsfahrzeuge der Projektpartner, wie hochautomatisiertes Fahren aussehen kann.

PD Dr. Frank Köster
Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt, Mitglied in der
Helmholtz-Gemeinschaft, Institut für Verkehrssystemtechnik
www.dlr.de/ts; frank.koester@dlr.de



Kohlefaserverstärkter Kunststoff macht künftige Elektroautos besonders leicht und sparsam.

Auto ermöglichen 100 kg Gewichtsreduktion einen um 0,3 l/100 km geringeren Verbrauch; Gewichtseinsparungen von bis zu 50 Prozent sind daher das ambitionierte Ziel automobiler Forscher. Größte Fortschritte werden dabei auf dem Gebiet neuartiger Bauweisen und Werkstoffkonzepte erzielt. Sie resultieren u. a. im sogenannten Multi-Material-Design, also der Entwicklung und Kombination innovativer Materialien, die sowohl Gewicht einsparen als auch sicherheitsrelevante Eigenschaften der Fahrzeugstruktur verbessern. Weiterentwickelte Hochleistungsstähle, Magnesi-

um, Aluminium und kohlefaserverstärkter Kunststoff (CFK) sind Materialien im Fahrzeug der Zukunft; für die Massenproduktion sind sie jedoch vielfach noch zu kostenintensiv. Effiziente Produktionsprozesse für CFK-intensive Bauteile müssen entwickelt werden, um über Skaleneffekte in der Massenproduktion die Herstellkosten für große, integrale Komponenten bei Straßen- und Schienenfahrzeugen zu verringern.

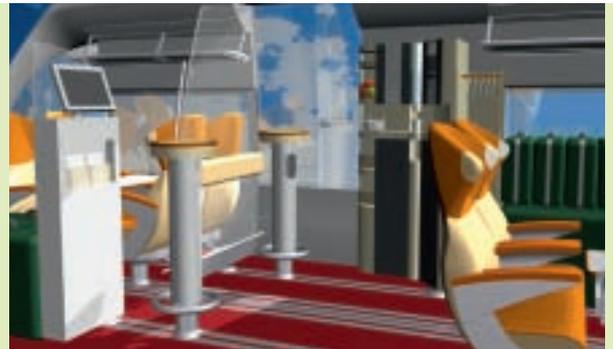
Die Fahrzeuge der Zukunft werden aber nicht nur effizienter, sondern auch kommunikativer. Die daten-



Zug der Zukunft
Hochgeschwindigkeitsverkehr der nächsten Generation

Im Forschungsprojekt »Next Generation Train« (NGT) entwickeln neun Institute des Deutschen Zentrums für Luft- und Raumfahrt (DLR) den Zug der Zukunft. Der NGT soll mit 400 km/h schneller und komfortabler sein als heutige Züge, sitzplatzbezogen aber nur halb so viel Energie benötigen wie ein ICE. Damit macht er dem Flugzeug Konkurrenz, stellt die Forscher aber auch vor große Herausforderungen. Der Zug muss leicht und trotzdem fahrdynamisch stabil sein, braucht eine ausgefeilte Aerodynamik, Antrieb und Bremssysteme müssen extrem leistungsfähig und effizient sein und bei alledem darf der Komfort für die Fahrgäste nicht zu kurz kommen. Die gewonnenen Erkenntnisse sollen auch auf zukünftige schnelle Regional- und Güterzüge übertragen werden.

Dr.-Ing. Joachim Winter
 Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt, Mitglied in der Helmholtz-Gemeinschaft, Institut für Fahrzeugkonzepte
www.dlr.de/fk
joachim.winter@dlr.de



RailCab
Neue Technik auf alten Bahnen

RailCab setzt neue Technik auf alte Schienen: Mit einem modularen Bahnsystem will die Forschungsinitiative moderne Fahrwerkstechnologien mit verschleißfreier Linearmotorteknik auf der vorhandenen Schieneninfrastruktur nutzbar machen – wodurch eine wesentliche Barriere für die Verbreitung neuartiger Schienentransportsysteme entfällt. Der Kern von RailCab sind kleine, fahrerlose Fahrzeuge zum bedarfs-gesteuerten Personen- und Gütertransport. Eine intelligente Fahrwerkstechnik sorgt für hohen Fahrkomfort. Wissenschaftliche Grundlage für dieses vollkommen neuartige System ist der konsequente Einsatz von Mechatronik. RailCab ist der Hauptdemonstrator im DFG-geförderten Sonderforschungsbereich 614 – Selbstoptimierende Systeme des Maschinenbaus.

Prof. Dr.-Ing. Ansgar Trächtler
 Universität Paderborn
 Neue Bahntechnik Paderborn
www.railcab.de
railcab@nbp.upb.de



Auch der Zugverkehr von Morgen wird komfortabler, schneller und effizienter als heute sein.

technische Vernetzung und der ständige Austausch von Informationen per Funk oder Internet mit anderen Fahrzeugen und mit der umgebenden Infrastruktur helfen, den Verkehr der Zukunft flüssiger und damit emissionsärmer zu gestalten. Ergänzt durch die Car-2-X-Technologien soll sogar unfallfreies Fahren möglich werden: Beispielsweise kann über die Vernetzung von GPS- und ESP-Daten vor herannahenden Fahrzeugen an Kreuzungen, vor Unfällen, Staus oder schlechten Wetterbedingungen gewarnt werden, damit eine rechtzeitige Reaktion möglich wird. Das Fahrzeug der

Zukunft wird also nicht nur sauberer, sicherer und komfortabler, sondern auch intelligent. Die Forschungs- und Entwicklungsziele reichen bis hin zum autonomen oder automatischen Fahren.

Auch der Zugverkehr, die Schifffahrt und der Flugverkehr stehen vor ähnlichen Herausforderungen. Intensiv wird deshalb am Zug der Zukunft geforscht, der nicht nur komfortabler und schneller, sondern zugleich leiser, kostengünstiger und effizienter als heutige Personenverkehrszüge ist und damit dem Flugverkehr ernsthaft



Lärmschutz im Schienenverkehr **Sichere Züge auf leisen Sohlen**

Züge könnten künftig leiser durch Deutschland rollen. Im Projekt LZarG, kurz für »Leiser Zug auf realem Gleis«, haben die Deutsche Bahn und zahlreiche weitere Unternehmen sowie Universitäten Schallschutzmaßnahmen wie Schalldämpfer für Zugräder und Schienenstege oder schwingungsabsorbierende Sohlen für Schwellen entwickelt. Diese nachrüstbaren Elemente könnten zum Ziel der Bahn beitragen, den Schienenverkehrslärm vom Jahr 2000 bis zum Jahr 2020 zu halbieren. Forscher der TU München haben mit einer neuen Labormethode und an Teststrecken im Schienennetz nachgewiesen, dass sich die besohnten Schwellen entgegen mancher Befürchtungen genauso wenig seitlich verschieben lassen wie unbesohnte, wenn Gleise infolge der Sommerhitze seitlich ausknicken wollen.

Dr.-Ing. Walter Stahl
Technische Universität München
Lehrstuhl und Prüfam für Verkehrswegebau
www.vwb.bv.tum.de
walter.stahl@vwb.bv.tum.de



Inspektion von Zügen **Prüfung im Vorüberfahren**

Verglichen mit anderen Verkehrsmitteln gilt die Bahn als sicher. Dennoch haben einige schwere Unfälle in europäischen Bahntunnels die Netzbetreiber veranlasst, verstärkt in die Tunnelsicherheit zu investieren. Ein internationales Konsortium arbeitet derzeit an Überwachungsstationen, die Defekte am vorbeifahrenden Zug erkennen. Am Fraunhofer-Institut für Physikalische Messtechnik IPM wird dazu ein Laserscanner entwickelt, der Abweichungen von der Waggongeometrie, etwa verrutschte Ladungen, schnell und sicher erfasst und auswertet. So können noch vor der Einfahrt in den Tunnel gefährliche Veränderungen erkannt werden, auch wenn sie erst beim fahrenden Zug aufgetreten sind.

Dr. Heinrich Höfler
Fraunhofer-Institut für Physikalische Messtechnik IPM
www.ipm.fraunhofer.de
heinrich.hoeffler@ipm.fraunhofer.de



Das steigende Transportvolumen im Güterverkehr verlangt von der Verkehrsplanung, die Warenströme sinnvoll auf Straße und Schiene zu verteilen.

Konkurrenz macht. Eine Halbierung des spezifischen Energieverbrauchs pro Personenkilometer im Vergleich zu einem aktuellen ICE3 ist das ambitionierte Ziel der Forscher. Gleichzeitig soll die Reisegeschwindigkeit bei mindestens 400 km/h liegen. Nur über die Entwicklung innovativer Technologien im Bereich Leichtbau und Fahrwerk, neuer Lösungen für hocheffiziente Antriebs- und Bremssysteme mit Energierückgewinnung, neuartiger Möglichkeiten der Energieübertragung sowie einer ausgefeilten Aerodynamik kann dies realisiert werden.

Was dem Personenverkehr nützt, hilft auch dem Gütertransport. Dieser nimmt weltweit zu, und in Deutschland hat das Verkehrsaufkommen der Schiene den zweitgrößten Anteil, mit einer Steigerung von mehr als 10 Prozent gegenüber dem Vorjahr. Intensiv arbeiten die Forscher daher am Hochgeschwindigkeits-Cargo-Train.

Innovative Technologien werden auch in der Schifffahrt signifikant dazu beitragen, Emissionen zu reduzieren. Die Möglichkeiten sind vielfältig: Neben dem



Das Flugzeug der Zukunft
Neue Bauformen für die Flugzeuge der nächsten Generation

Mit dem A380 sind die Grenzen von Flugzeugen in konventioneller Bauart erreicht. Deshalb forschen Wissenschaftler des Deutschen Zentrums für Luft- und Raumfahrt (DLR) am Flugzeug der Zukunft. Eine mögliche Variante ist ein sogenannter Blended Wing Body, also ein Flugzeug, dessen Rumpf fließend in den Flügel übergeht. Diese Flugzeuge sollen größer, leichter und energieeffizienter sein sowie für die Passagiere gleichzeitig mehr Komfort bieten. Der Rumpf sowie eine Kabinengestaltung wurden erstmals am Computer zusammengeführt und bieten eine theoretische Grundlage für den erweiterten integrierten Flugzeugentwurf. Mit einem Blended Wing Body könnte der Treibstoffverbrauch um rund 20 Prozent reduziert werden, die Betriebskosten würden um circa 30 Prozent sinken.

Prof. Dr.-Ing. Volker Gollnick
 Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt,
 Mitglied in der Helmholtz-Gemeinschaft,
 Institut für Lufttransportsysteme
www.dlr.de/ly; volker.gollnick@dlr.de



Formadaptiver Tragflügel
Flexibler fliegen

Die aerodynamischen Eigenschaften eines Tragflügels werden durch sein Profil und seine Grundrissform bestimmt. Um diese für verschiedene Flugzustände wie Manöver- oder Streckenflug zu verbessern, forscht das DFG-geförderte Projekt an einer mit Vogelflügeln vergleichbaren Konfiguration, die aus einer Holmstruktur mit Gelenken zur aktiven Grundrissvariation und einer Membran zur Anpassung an die jeweiligen Strömungsverhältnisse besteht. Dazu war es zunächst einmal nötig, das in der Natur vorhandene Konzept des Vogelzugs grundlegend zu verstehen. Die erzielten Ergebnisse liefern Grundlagen für innovative Tragflügelkonzepte unbemannter Fluggeräte, die eine wichtige Rolle in zukünftigen Lufttransportzenarien spielen.

Prof. Dr.-Ing. Nikolaus Adams
PD Dr.-Ing. Christian Breitsamter
 Technische Universität München
 Lehrstuhl für Aerodynamik und Strömungsmechanik
www.aer.mw.tum.de
nikolaus.adams@tum.de



Im Warenverkehr zwischen den Kontinenten spielt die Schifffahrt die größte Rolle. Entsprechend wichtig ist es hier, Potenziale zur Steigerung von Effizienz und Sicherheit zu nutzen.

Einsatz effizienterer Motoren und alternativer Kraftstoffe können auch Optimierungen an Propeller- und Ruderprofilen sowie die Verwendung gegenläufiger Propeller Treibstoff sparen. Insbesondere Anpassungen der Form des Schiffsrumpfes und innovative Beschichtungen der Hülle ermöglichen deutliche Verbrauchsminderungen. Insgesamt liegt das Reduktionspotenzial bei bis zu 30 Prozent. Die wiederkehrende Nutzung von Windkraft über Segel oder Kites zur Unterstützung der Fortbewegung, verbunden mit einer automatisierten, wetterbedingten Anpassung

der Schiffsrouten, ist ein weiterer Schwerpunkt der Forschung.

Aktuelle Entwicklungen beim Luftverkehr werden von dem übergeordneten Ziel getrieben, dem Klimawandel erfolgreich zu begegnen und die Erzeugung klimawirksamer Gase und Aerosole deutlich zu verringern. Ziel ist Reduktion von 50 Prozent der CO₂-Emission und 80 Prozent der NO_x-Emission pro Personenkilometer im Vergleich zum Jahr 2000. Neue Flugzeugkonzepte, herausragende technologische Durchbrüche



Hochauftriebstechnik
Das anwohnerfreundliche Flugzeug

Um den Luftverkehr besser auf die Bedürfnisse der Menschen abzustimmen, sollen künftige Verkehrsflugzeuge mit besonders kurzen Start- und Landebahnen auskommen. Das verringert den Platzbedarf von Flughäfen und die Lärmbelästigung der Anwohner. Die Verwirklichung solcher Konzepte erfordert Technologien, die in der Aeroakustik, der Aerodynamik und der Flugdynamik weit über den derzeitigen Stand der Methoden und des Wissens hinausgehen. Der Sonderforschungsbereich »Grundlagen des Hochauftriebs künftiger Verkehrsflugzeuge« untersucht unterschiedliche Konzepte der dazu nötigen aktiven Hochauftriebssysteme. Im Fokus der Untersuchungen sind Fragen der Lärminderung und der verbesserten Skalierbarkeit der Flugzeugleistung bei Start und Landung.

Prof. Dr.-Ing. Rolf Radespiel
 Technische Universität Braunschweig
 Institut für Strömungsmechanik
www.tu-braunschweig.de/sfb880
r.radespiel@tu-braunschweig.de



Mehr Sicherheit für Hubschrauber
Aktive Strömungskontrolle am Hauptrotorblatt

Der Einsatz transsonischer Rotorblattprofile am Hauptrotor hat die Flugleistungen neuer Hubschrauber erhöht und den Treibstoffverbrauch gesenkt. Unter bestimmten Flugzuständen gingen diese Verbesserungen aber mit einer Verschärfung des dynamischen Strömungsabrisses am rücklaufenden Blatt (Dynamic Stall) einher. Extreme Lastvariationen führen hierbei zu erhöhten Strukturbelastungen, Vibrationen und Verschleiß. Diesem Problem widmet sich das deutsch-französische Projekt SIMCOS des Deutschen Zentrums für Luft- und Raumfahrt (DLR) und des französischen Forschungszentrums ONERA. Im Projekt werden aktive Techniken zur Strömungskontrolle am Rotorblatt entwickelt, und bisher konnte eine Reduktion der schädlichen Lastspitzen um bis zu 85 Prozent erreicht werden.

Dr.-Ing. Kai Richter
 Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt,
 Mitglied in der Helmholtz-Gemeinschaft,
 Institut für Aerodynamik und Strömungstechnik
www.dlr.de/as
kai.richter@dlr.de

Seit vielen Jahrzehnten nimmt der Flugverkehr zu; ein Ende dieser Entwicklung ist noch nicht abzusehen.



und die Verwendung emissionsarmer Kraftstoffe sind notwendig, um dies zu erreichen. Neben der Verwendung innovativer Leichtbaumaterialien zur Verringerung des Flugzeuggewichts kommt der Optimierung der aerodynamischen Eigenschaften des Flugzeugs der Zukunft große Bedeutung zu. So sind etwa Flügelstrukturen, die sich den jeweiligen Flugbedingungen und Strömungsverhältnissen anpassen, Ziel aktueller Forschungsleistungen. Die Realisierung einer reinen Nurflügelkonstruktion im Flugzeug der Zukunft könnte den Treibstoffverbrauch um 20 Prozent reduzieren.

Die Forschung von heute dient als Brücke zum Verkehr von übermorgen: Das Motto der Wissenschaft für die Mobilitätsinnovation in Deutschland ist, Bewährtes zu nutzen und weiterzuentwickeln, Neues zu konzipieren und zu wagen.



Entwicklungssoftware für den Schiffbau **Das Schiff entsteht am Computer**

Hochspezialisierte Unikatfertigung sichert dem deutschen Schiffbau entscheidende Vorteile im globalen Wettbewerb. Um dennoch Kosten und Risiken frühzeitig abschätzen zu können, ist Software für den frühen Entwurf von besonderer Bedeutung. Aufbauend auf den schiffbaulichen Berechnungsmethoden der Flensburger FSG-Werft hat das Deutsche Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR) zusammen mit der Fraunhofer-Gesellschaft, der TU Hamburg-Harburg und der Industrie das Entwurfssystem SESIS entwickelt. Durch Verwendung aktueller Softwaretechnologie bietet SESIS eine leistungsfähige Benutzerschnittstelle und erlaubt standortübergreifende Kooperationen mit Zulieferern. Die komponentenbasierte Architektur erleichtert die Wart- und Erweiterbarkeit der Software.

Rolf Hempel
Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt,
Mitglied in der Helmholtz-Gemeinschaft,
Institut für Simulations- und Softwaretechnik
www.dlr.de/sc
rolf.hempel@dlr.de



Verringerung des Kraftstoffverbrauchs **Haifischhaut spart Energie**

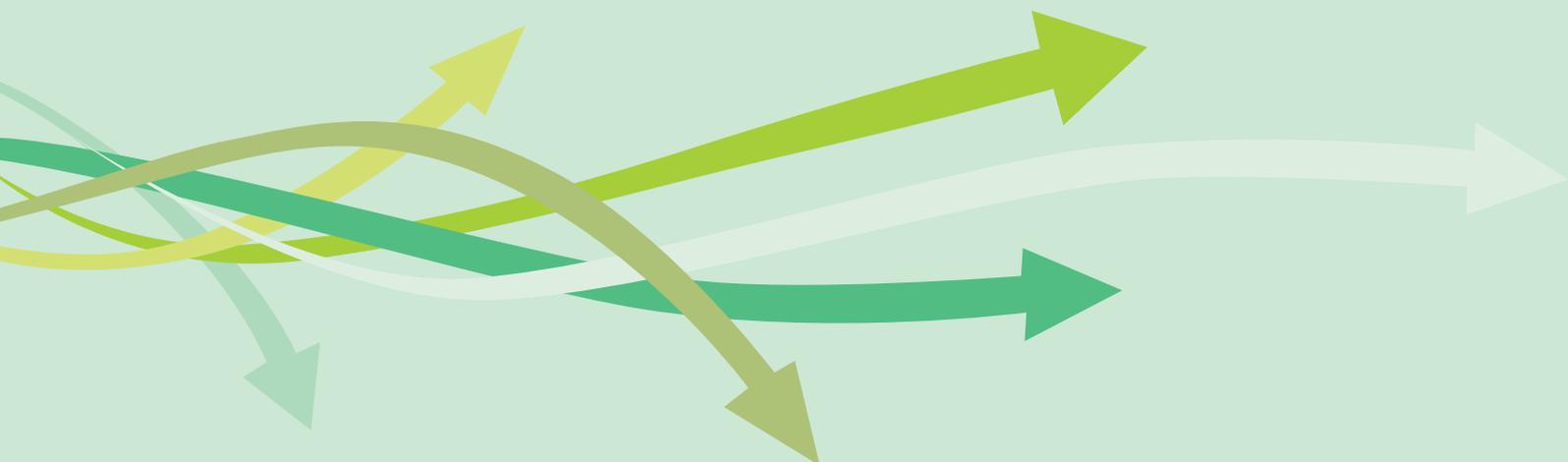
Mikrostrukturierte Oberflächen senken – wie etwa bei einer Haifischhaut – den Strömungswiderstand. Besonders interessant ist dies bei Flugzeugen und Schiffen. Wissenschaftler des Fraunhofer-Instituts für Fertigungstechnik und Angewandte Materialforschung IFAM in Bremen entwickelten ein Lacksystem, das die Vorteile der mikrostrukturierten Oberfläche technisch vorteilhaft realisiert. Es besteht aus einem UV-härtbaren, mit Nanopartikeln verstärkten Lack und einem Rollenapplikator, der den Lack aufträgt, strukturiert und härtet. Bei umfassendem Einsatz des Systems errechnet sich eine Senkung des Flottenverbrauchs bei Flugzeugen und Schiffen von rund zwei Prozent.

Yvonne Wilke
Fraunhofer-Institut für Fertigungstechnik und
Angewandte Materialforschung IFAM
www.ifam.fraunhofer.de
yvonne.wilke@ifam.fraunhofer.de



Effektiv planen, effizient steuern

Mit dem stetig steigenden Mobilitätsbedarf im Güter- und Personenverkehr wachsen auch das Verkehrsaufkommen und somit die negativen Effekte des Verkehrs wie Staus, Lärm und Emissionen. Vor allem im Straßenverkehr kommt es zunehmend zu übermäßigen Belastungen des Verkehrsnetzes und der Umwelt. Für eine funktionierende Mobilität sucht die Verkehrsforschung nach Wegen, um diesem Trend entgegenzuwirken und das wachsende Verkehrsaufkommen auf allen Verkehrswegen zu bewältigen. Im Fokus stehen dabei sowohl der Straßen-, Schienen-, See- und Luftverkehr sowie die Verkehrsknoten als Bindeglieder einer intermodalen Mobilität. Großanlagen wie die »Anwendungsplattform Intelligente Mobilität« und Simulationen unterstützen die Arbeiten.



2 Verkehrsmanagement



In Großstädten wird der Bedarf an einem funktionierenden Straßenverkehrsmanagement besonders deutlich.

Ziel der Forschung zum Straßenverkehrsmanagement ist die Optimierung des Verkehrsflusses. Dazu muss die Verkehrslage umfassend und aktuell erfasst werden, um den Verkehr sinnvoll zu beeinflussen. Neue Technologien und Verfahren zur Erhebung und Verarbeitung von Informationen über den aktuellen Verkehrszustand können das Verkehrslagebild verbessern und zugleich kostengünstige Verfahren unterstützen.

Ein Ansatz für städtische Gebiete sind Floating Car Data (FCD), die die zeitgenaue Ortsbestimmung von

Fahrzeugflotten und damit Rückschlüsse auf Geschwindigkeiten im Verkehrsnetz ermöglichen. Mit der Nutzung neuer Technologien wie GSM, WLAN, Bluetooth oder Kamertechnologien kann die Erfassung der Verkehrslage auch in kleineren und mittleren Städten kostengünstig realisiert werden.

Die gezielte Beeinflussung von Verkehr sorgt schließlich für eine verbesserte Verkehrsqualität, indem Staus verhindert und der Verkehr optimal auf die vorhandene Infrastruktur verteilt werden kann. Strategi-



Verkehrsdatenerfassung **Taxiflotten als Verkehrssensoren**

Effizientes Verkehrsmanagement setzt ein genaues Bild der Verkehrslage voraus. Dazu forscht das Deutsche Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR) auch an effizienter und kostengünstiger Verkehrsdatenerfassung. Ein Fokus liegt auf der Technologie Floating Car Data (FCD), bei der aus den Positionsinformationen von Fahrzeugflotten mit Satellitennavigation auf die Verkehrslage geschlossen werden kann. FCD misst entgegen klassischer, lokaler Technologien die Fahrzeiten direkt, die zum Beispiel für Echtzeit-Verkehrsinformationssysteme, dynamische Navigation und die Tourenplanung von Flotten exzellente Informationen bieten. Auch für die Verkehrsplanung und ihre Bewertung kann FCD eingesetzt werden, zum Beispiel für eine optimierte Schaltung von Ampeln.

Dr. Peter Wagner
Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt,
Mitglied in der Helmholtz-Gemeinschaft,
Institut für Verkehrssystemtechnik
www.dlr.de/ts
peter.wagner@dlr.de



Selbstorganisierte Grüne Wellen **Ohne Stopp durch Ballungszonen**

Grüne Wellen ermöglichen eine stetige Fahrt durch städtische Ballungszonen. Neben einer Durchsatz-erhöhung führen sie vor allem zu einer Reduzierung der Stopps und damit zu einer Schadstoffreduktion. Bisher wurden Grüne Wellen zentral und statisch vorgeplant. In einem DFG-geförderten Kooperationsprojekt der Leibniz Universität Hannover und der Universität Karlsruhe werden intelligente, lernfähige und kooperierende Lichtsignalanlagen-Steuerungen entwickelt, die sich selbstorganisiert dem aktuellen Verkehrsbedarf anpassen und dort Grüne Wellen bilden, wo sie aktuell benötigt werden. Grundlage dafür sind Verfahren des Organic Computing. In Simulationen konnte der Schadstoffausstoß um bis zu 25 Prozent reduziert werden.

Prof. Dr. Christian Müller-Schloer
Leibniz Universität Hannover – SRA
www.sra.uni-hannover.de/index.php?id=585&L=0
cms@sra.uni-hannover.de



Um die Leistungsfähigkeit des Zugverkehrs weiter zu steigern, werden neue Leit- und Sicherheitssysteme entwickelt.

en zur Steuerung und zum Management des Straßenverkehrs stehen daher im Fokus der Forschung, die mithilfe von Verkehrssimulationen bewertet werden. Der Einsatz von Elektrofahrzeugen mit seinen Auswirkungen auf Verkehrsfluss und Emissionen wird mit einem systemischen Ansatz betrachtet. Für Katastrophen und Großereignisse wird an Unterstützungstools für die Einsatzkräfte gearbeitet, um die Verkehrsströme unter extremen Bedingungen effizient zu leiten und Einsatzkräfte schnell an ihren Einsatzort zu bringen.

Für ein funktionierendes Verkehrssystem ist eine stärkere Verlagerung des Verkehrs von der Straße auf die Schiene unerlässlich. Im Zentrum steht dabei die Steigerung der Attraktivität und Wettbewerbsfähigkeit des Schienenverkehrs, für die die betriebliche, technische und wirtschaftliche Optimierung vorangetrieben wird. Zentraler Ansatzpunkt ist die Leit- und Sicherungstechnik, die für einen sicheren Bahnverkehr sorgt und dazu stets zuverlässig und sicher funktionieren muss. Mit der streckenseitigen Infrastruktur sind hohe Kosten für die Instandhaltung verbunden, und bei Ausfällen



InSignIs

Effektiverer Verkehrsfluss an Knotenpunkten

An Straßenkreuzungen mit Lichtsignalanlage werden beim Wechsel der Grünzeiten sogenannte Zwischenzeiten geschaltet, die der Verkehrssicherheit dienen. Anhand von Messungen für die Verkehrsströme bei gesättigtem Verkehrsfluss fand das DFG-geförderte Projekt »InSignIs« heraus, dass entgegen dem bisherigen deutschen Ansatz ein nennenswerter Teil dieser Zwischenzeit zum reibungslosen Verkehrsfluss beiträgt. Hieraus entwickelte InSignIs ein Modell zur Berücksichtigung der effektiven Freigabezeit und zeigte erhebliche Potentiale einer situationsabhängigen und dynamischen Bemessung von Zwischenzeiten auf. Forschungen zum stochastischen Charakter der Verkehrsvorgänge im Phasenwechsel und zur Vertiefung von Sicherheitsaspekten werden folgen.

Prof. Dr.-Ing. Manfred Boltze
Technische Universität Darmstadt
Verkehrsplanung und Verkehrstechnik
www.verkehr.tu-darmstadt.de/vv
boltze@verkehr.tu-darmstadt.de

Sichere Verkehrskreuzung

Kooperative Systeme zur Vermeidung von Unfällen

Verkehrskreuzungen könnten künftig sicherer werden. Im europäischen Forschungsprojekt SAFESPOT haben Forscher der Technischen Universität München mit dem Unternehmen MAT.TRAFFIC eine Software entwickelt, um die Folgen von Unaufmerksamkeit und Regelverstößen an diesen unfallträchtigen Punkten zu vermeiden. Das Verfahren analysiert Position, Geschwindigkeit, Beschleunigung und Blinkerstellung von Fahrzeugen und verknüpft diese mit Informationen der Ampel sowie von Laserscannern, die das Verhalten von Radfahrern und Fußgängern an der Kreuzung erfassen. Missachtet ein Verkehrsteilnehmer etwa ein rotes Signal oder übersieht der Autofahrer beim Abbiegen einen Radfahrer, warnt das kooperative System alle Betroffenen vor Regelverstößen und möglichen Kollisionen.

Prof. Dr. Fritz Busch
Technische Universität München
Lehrstuhl für Verkehrstechnik
www.vt.bv.tum.de
fritz.busch@tum.de



Primäres Ziel des Luftverkehrsmanagements ist nach Sicherheit und Pünktlichkeit eine möglichst geringe Umweltbelastung durch Abgase und Lärm.

kommt es zu Verspätungen. Hohe Anschaffungskosten, Zulassungsprozesse und die Komplexität des Gesamtsystems hemmen zugleich die Modernisierung. In diesem Spannungsfeld wird an Lösungen geforscht, um Kosten über den gesamten Lebenszyklus der Leit- und Sicherungstechnik zu senken, zum Beispiel durch zustandsorientierte Instandhaltung. Die Einführung des einheitlichen Europäischen Zugsicherungssystems ETCS (European Train Control System) sorgt mit europaweit einheitlich spezifizierter Technik für eine Öffnung des Marktes und damit für mehr Wettbewerbs-

druck. Die Herausforderung besteht darin, eine echte Interoperabilität zu erreichen und mithilfe von Tests die Zulassung neuer Komponenten zu erleichtern. Zur Verbesserung der Sicherheit werden unter anderem der Einfluss des Menschen untersucht sowie Assistenzsysteme für sicheres und auch für energieoptimiertes Fahren entwickelt.

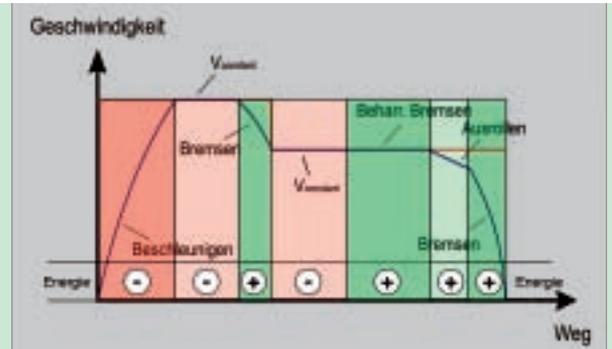
Die Ziele des Luftverkehrsmanagements sind die deutliche Verminderung der Umweltbelastungen durch Kohlendioxid, Stickoxide und Lärmemissionen, eine



Neutraler Test von Komponenten ETCS – Europa wächst zusammen

Das neue europäische Zugbeeinflussungssystem »European Train Control System« (ETCS) wird derzeit auf ersten Strecken in Europa eingeführt – für einen harmonisierten und grenzenlosen Bahnverkehr. ETCS dient der Übertragung von Daten wie zum Beispiel der Fahrerlaubnis zum Fahrzeug und dort deren Überwachung. Um die Einsetzbarkeit von neuen Komponenten sicherzustellen, müssen die ETCS-Spezifikationen eingehalten und nachgewiesen werden. Entsprechende Tests können in einem neutralen Testlabor wie dem DLR-RailSiTe® durchgeführt werden. Mit dem Test neuer Komponenten und weiteren Untersuchungen zum Beispiel zur Projektierung, zur Migration oder zu Betriebsregeln unterstützt das Deutsche Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR) so die Einführung von ETCS.

Dr. Michael Meyer zu Hörste
Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt,
Mitglied in der Helmholtz-Gemeinschaft,
Institut für Verkehrssystemtechnik
www.dlr.de/ts
michael.meyerzuhoerste@dlr.de



DYNAMIS Mehr Wirtschaftlichkeit durch energiesparendes Fahren

Auch auf Schienen kann viel für eine ökologische Fahrweise getan werden. Das Institut für Verkehrswesen, Eisenbahnbau und -betrieb (IVE) der TU Braunschweig hat ein interaktives Programmsystem entwickelt, das die Fahrdynamik von Eisenbahnen, Stadt-, Straßen- und U-Bahnen untersucht und Signalstandorte, Motorleistungen sowie Bremswege und Fahrzeuggrenzlasten bemisst. Mithilfe von DYNAMIS können Wissenschaftler, Eisenbahnverkehrsunternehmen und Fahrzeughersteller Fahrpläne entwickeln, die die technischen Komponenten der Fahrzeuge einbeziehen. So unterstützt DYNAMIS Strategien für energiesparendes Fahren mit dem Ziel, die ökologische Verträglichkeit, die Akzeptanz in der Bevölkerung und die Wirtschaftlichkeit des Eisenbahnverkehrs zu steigern.

Prof. Dr.-Ing. Thomas Siefer
Technische Universität Braunschweig
Institut für Verkehrswesen, Eisenbahnbau und -betrieb (IVE)
www.tu-braunschweig.de/ive/wus
th.siefer@tu-bs.de



Großflughäfen sind komplexe Gebilde, die umfassend gesteuert und überwacht werden müssen.

Pünktlichkeitsrate von 99 Prozent, verkürzte Passagierabfertigungszeiten und hohe Sicherheitsstandards. Die Forschungen konzentrieren sich auf ein umfassendes Terminalmanagement, das die Land- und Luftseite integriert und damit ein ganzheitliches Flughafenmanagement erlaubt. Mithilfe neuer Prozessstrukturen sollen die Passagiere im Flughafenbereich zudem noch gezielter geführt werden. Geforscht wird sowohl an neuen Technologien, die die Sicherheitskontrollen für Passagier, Gepäck und Fracht beschleunigen, als auch an effizienteren Abfertigungsprozessen. Als Verkehrs-

knoten leistet der Flughafen einen zentralen Beitrag zum Gesamtverkehr, den es mithilfe intermodaler Verkehrsverbindungen gezielt mit den anderen Verkehrssträgern zu verknüpfen und im Sinne eines intermodalen Verkehrs zu kombinieren gilt.

Die Forschungen zum Seeverkehrsmanagement stärken den See- und Binnenwasserverkehr, der Träger für 80 Prozent des Welthandels ist. Übergeordnetes Ziel ist eine erhöhte Sicherheit, indem Kollisionen und Grundberührungen vermieden werden. Für eine ver-



Optimale Regelung von Bahnsystemen
Weniger Energieverbrauch durch Fahrerassistenz

Das Fahrerassistenzsystem ENAflex unterstützt den Triebfahrzeugführer dabei, pünktlich und energieeffizient von einem Halt zum nächsten zu fahren. Auf einem Anzeigegerät, wie zum Beispiel einem Smartphone, bekommt er den genauen Umschaltzeitpunkt zwischen Beschleunigung, Auslauf und Bremsen angezeigt. So wird unnötiges Bremsen und Beschleunigen vermieden. Das Sparpotenzial wurde bereits auf Testfahrten analysiert. Im elektrischen Betrieb wurden 10–15 Prozent weniger Energieverbrauch gemessen. Im Dieseltrieb konnten 8 Prozent Kraftstoffeinsparung erreicht werden. Gemeinsam mit verschiedenen Partnern wird ENAflex weiterentwickelt und in Feldversuchen erprobt.

Prof. Dr.-Ing. Jürgen Krimmling
 Technische Universität Dresden
 Institut für Verkehrstelematik
www.tu-dresden.de/die_tu_dresden/fakultaeten/vkw/vis
juergen.krimmling@tu-dresden.de



Von der Spieltheorie zur Trassenvergabe
Größter Gewinn schafft nicht den größten Nutzen

Verschiedene Eisenbahnverkehrsunternehmen konkurrieren heute um die begrenzte Kapazität der europäischen Eisenbahninfrastruktur. Im Rahmen des von der Deutschen Forschungsgemeinschaft geförderten Graduiertenkollegs »Algorithmische Synthese reaktiver und diskret-kontinuierlicher Systeme« fand an der RWTH Aachen eine spieltheoretische Abstraktion des Trassenvergabe- und -allokationsprozesses statt. Die Eisenbahnverkehrsunternehmen werden dabei als Spieler modelliert, die ihre ökonomische Zielfunktion maximieren. Es zeigte sich, dass eine volkswirtschaftlich optimale Kapazitätsnutzung nur durch eine kooperative, integrierte Planung möglich wird.

Dr. rer. nat. Jürgen Jacobs
 RWTH Aachen
 Lehrstuhl für Schienenbahnwesen und Verkehrswirtschaft
www.via.rwth-aachen.de
jacobs@via.rwth-aachen.de



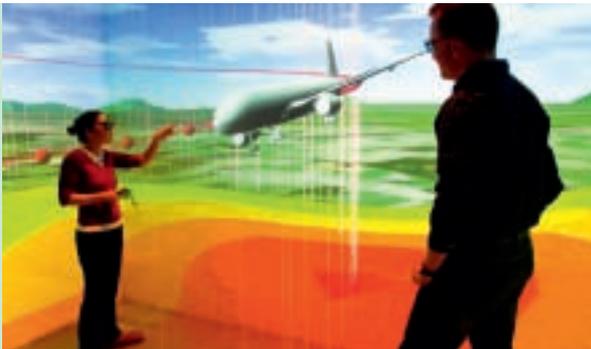
Eine wichtige Rolle beim Transport von Massengütern spielt die Binnenschifffahrt; auch hier findet man Potenziale zur Verbesserung von Effizienz und Sicherheit.

besserte Wirtschaftlichkeit steht gleichzeitig die zeitgerechte Umsetzung schiffsgebundener Transportprozesse bei geringem Kraftstoffverbrauch im Fokus.

Ausrüstungsgrad und Leistungsfähigkeit vorhandener Technologien wie satellitengestützte Ortung, Radar und Automatic Identification System erlauben heute noch keine umfassende und zuverlässige Bestimmung der Verkehrslage. Daher wird an der integrativen Nutzung verschiedener Sensoren und Messsysteme gearbeitet, um Aussagen über die Qualität von Informati-

onen und eine zuverlässige Verkehrserfassung treffen zu können. Kritische Verkehrsgebiete wie Hafeneinfahrten, Brücken und Schleusen sowie das Anlegen von Schiffen stellen höchste Anforderungen an die Schiffsführung. Assistenzfunktionen können hier unterstützen, indem sie Verkehrslage und Verkehrsbedingungen bewerten und darauf optimierte Manöverstrategien bereitstellen.

Neue Kommunikationstechnologien eröffnen weitere Möglichkeiten für das Verkehrsmanagement und



Virtuelle Realität am Flughafen **Vierdimensionale Entscheidungshilfen**

Mit der Änderung von Flugrouten oder der Erweiterung eines Flughafens verlagern sich nicht zuletzt auch die Lärmemissionen und Schadstoffe der Luftfahrt. Diese und andere Effekte machen fünf Institute der RWTH Aachen jetzt im Projekt »Virtuelle Flugverkehrssimulation« erfahrbar. Auf Basis von Simulationen wird ein zeitabhängiges Modell entwickelt, das Informationen über Fluggeräusche, Wetter, Wirbelschleppen und Schadstoffemissionen enthält. Die Ergebnisse werden dann in der CAVE, dem Projektionsraum für eine vierdimensionale virtuelle Welt, visualisiert und hörbar gemacht. Ziel ist es, Entscheidungshilfen insbesondere für Flughafenplanung, Genehmigungsverfahren, Nachbarschaftskommunikation und Forschung zu schaffen.

Univ.-Prof. Dr. rer. nat. Johannes Reichmuth
RWTH Aachen
Lehrstuhl für Flughafenwesen und Luftverkehr
www.via.rwth-aachen.de
reichmuth@airport.rwth-aachen.de



Automatisierte Landeverfahren **Umweltfreundliche Anflüge**

Weniger Treibstoffverbrauch, Schadstoffausstoß und Lärm beim Landeanflug – das sind die Ziele des Projekts flexiGuide des Deutschen Zentrums für Luft- und Raumfahrt (DLR). Mit automatisierten Landeanflügen könnte dies bereits in naher Zukunft erreicht werden. Damit diese Anflugverfahren an Flughäfen eingesetzt werden können, benötigen Fluglotsen jedoch gezielte Unterstützung. Die Flugzeuge auf den neuen Anflugrouten werden ihnen als Projektion angezeigt, so als würden sie konventionelle Anflugrouten nutzen. Dadurch können die Lotsen besser einschätzen, wo sich die Maschinen befinden. Im Rahmen von flexiGuide testen die Forscher an Simulatoren gemeinsam mit Lotsen verschiedene Anflugbedingungen, um ein optimales Umfeld für die Lotsen zu schaffen.

Dr. Marco-Michael Temme
Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt,
Mitglied in der Helmholtz-Gemeinschaft,
Institut für Flugführung
www.dlr.de/fl
marco.temme@dlr.de

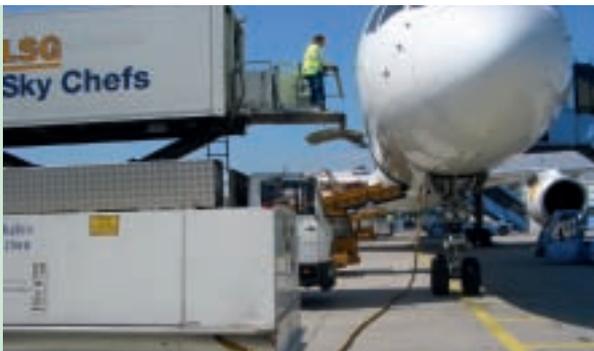


Für die Passagiere ist es wichtig, dass der Wechsel von einem Verkehrssystem zum anderen gut funktioniert.

seine zunehmende Verknüpfung mit einzelnen Verkehrsteilnehmern. Vernetzte Autos, Züge, Flugzeuge und Schiffe können Informationen über ihre Position und Geschwindigkeit ebenso übermitteln wie über den Zustand des Verkehrswegs. Die Verkehrsinfrastruktur informiert zum Beispiel über aktuelle Ampelphasen, Geschwindigkeitsbegrenzungen oder ein Stauende. Im Verkehrsmittel selbst werden solche Informationen genutzt, um Assistenzsysteme zu verbessern und die Sicherheit zu steigern. Die Forschung erschließt aber auch die Potenziale, die sich durch vernetzte Kommu-

nikation für die Verkehrslageerfassung und -beeinflussung ergeben.

Durch Smartphones werden Kommunikationstechnologien zunehmend verbreitet und binden Fußgänger, Radfahrer und den öffentlichen Personenverkehr in ein vernetztes Verkehrssystem ein. Das ermöglicht eine neue Qualität des inter- und multimodalen Verkehrs, also des Reisens mit mehreren Verkehrsmitteln. So können die Vorteile einzelner Verkehrsträger je nach Bedarf für ein schnelles, umweltschonendes



Flughafenmanagement **Bodenprozesse effizienter machen**

Flughäfen werden zunehmend als Engpass im Luftverkehrssystem angesehen. Die von DFG und SESAR geförderten Projekte der TU Dresden haben durch Anwendung stochastischer Schätzgrößen für Prozessdauern und Zielzeiten hier deutlich bessere Vorhersagemöglichkeiten in den Bodenprozessen geschaffen. Inzwischen stehen Steuerungs- und Regelungsalgorithmen für automatisierte Prozessmanager, die bei Planungsabweichungen zum Einsatz kommen, im Fokus der Forschung. Die Arbeiten werden durch Daten der Flughäfen Stuttgart, Dresden, München und Leipzig/Halle unterstützt und erfolgen in Kooperation mit der George Mason University. Die Firma Siemens liefert Eingaben aus Anforderungssicht. Anfang 2012 soll der erste Prototyp mit Livedaten getestet werden.

Prof. Dr.-Ing. Hartmut Fricke
Technische Universität Dresden
Professur für Technologie und Logistik des Luftverkehrs
www.ifl.tu-dresden.de
fricke@ifl.tu-dresden.de



Automatisierter Flughafen-Rollverkehr **Konfliktmanagement und Optimierung der Rollvorgänge**

Ein zunehmender Automatisierungsgrad von Rollvorgängen an Flughäfen ist Bestandteil zukünftiger Strategien zur Steuerung des Luftverkehrs. Heutzutage liegt die Verantwortung zur Durchführung eines sicheren und effizienten Rollverkehrs nahezu vollständig auf Seiten der Lotsen. Um ein steigendes Verkehrsaufkommen bewältigen zu können, ist der Einsatz neuer Assistenzsysteme zur Unterstützung von Lotsen und Piloten Bestandteil aktueller Forschungsprojekte. Dazu gehören auch die automatische Vorhersage und Detektion sowie Strategien zur Auflösung und Vermeidung von Konflikten. Verkehrssimulationen dienen dabei der Validierung neu entwickelter Systeme und Prozeduren und reduzieren das Risiko und die Kosten möglicher Fehlentwicklungen.

Prof. Dr.-Ing. Peter Hecker
Technische Universität Braunschweig
Institut für Flugführung
www.tu-braunschweig.de
p.hecker@tu-braunschweig.de

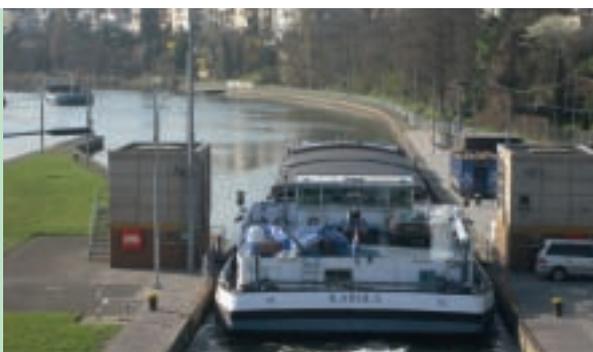
2 Verkehrsmanagement



Bei der Planung von Verkehrsstrukturen muss das wachsende Mobilitätsbedürfnis der Menschen berücksichtigt werden.

oder angenehmes Reisen effektiv genutzt werden. Die Themen reichen von der Anschlusssicherung an öffentliche Verkehrsmittel über die automatisierte Parkplatzsuche bis zu CarSharing-Konzepten unter Einbindung von Elektrofahrzeugen.

Die Forschungsansätze für Verkehrsmanagement sind vielfältig und gewinnen mit neuen Technologien immer wieder neue Möglichkeiten hinzu. Sie alle tragen dazu bei, dass Mobilität auch bei einem steigenden Verkehrsaufkommen gelingen kann.



Fahrerassistenz im Schiffsverkehr Von der Straße aufs Schiff

Um eine verstärkte Verlagerung des Gütertransports von der Straße in den Binnenwasserverkehr zu erreichen, sind leistungsfähige Fahrerassistenzsysteme erforderlich, die auf der bedarfsgerechten und zuverlässigen Bereitstellung von Positions-, Navigations- und Zeitdaten beruhen. Die stetige Bewertung dieser Daten in Bezug auf die Verkehrslage und die Verkehrswegebene dient dazu, Manöver effizient zu planen und umzusetzen. Beiden Aufgaben widmet sich das vom Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie geförderte Projekt PiLoNav. Ziel des Projektes ist es, zusammen mit Partnern aus Forschung und Industrie ein sicheres und ressourceneffizientes Passieren von Schleusen und Brücken auch bei hohen Verkehrsdichten zu ermöglichen.

Dr. Evelin Engler
Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt, Mitglied in der Helmholtz-Gemeinschaft, Institut für Kommunikation und Navigation
www.dlr.de/kn
evelin.engler@dlr.de



Sicherheit in der Binnenschifffahrt Ein Autopilot für Schiffe

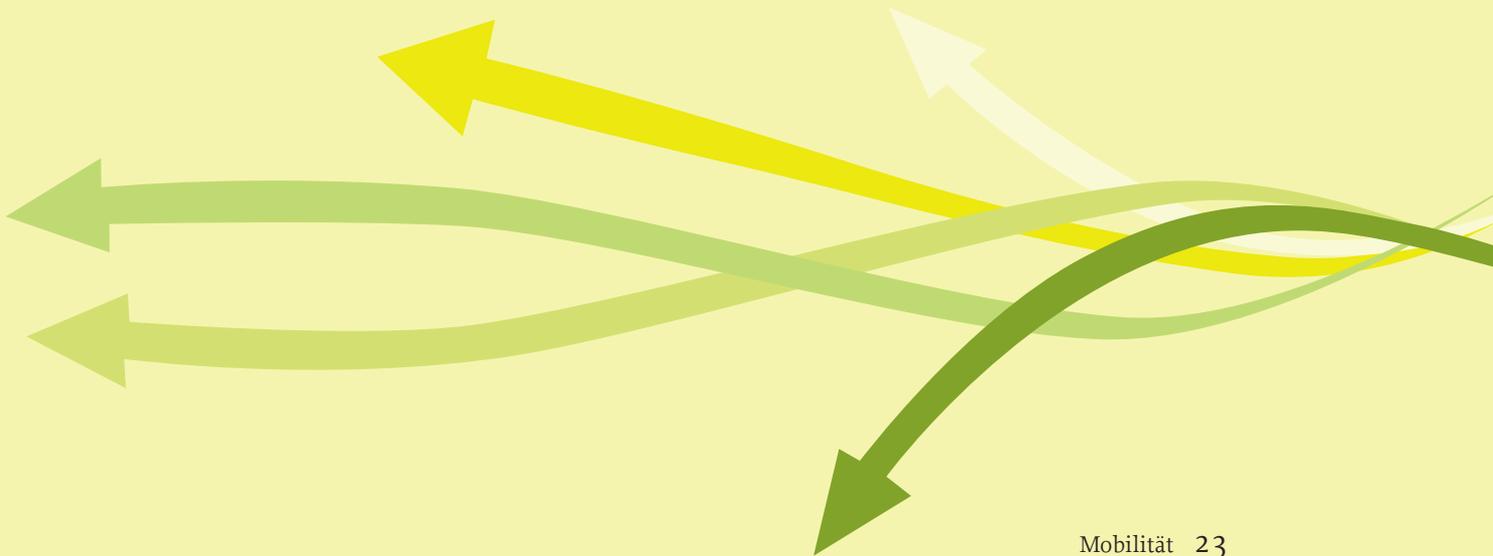
Ein Schiff bei Nacht und Nebel sicher durch einen Fluss zu steuern wird künftig leichter. Forscher des Max-Planck-Instituts für Dynamik komplexer technischer Systeme haben eine Navigationshilfe für Binnenschiffe entwickelt, die Schiffsführern auch in unübersichtlichen Situationen Durchblick verschafft, wenn sie etwa bei Dunkelheit durch eine enge Fahrrinne manövrieren. Eine Kombination von Automatic Identification System, GPS, Radar, Wendeanzeiger, Pegeldata und digitalen Karten erleichtern nicht nur die Orientierung für den Steuermann, sie liefern einem Steuercomputer auch die nötigen Daten, um ein Schiff ganz ohne menschliches Zutun zu navigieren – selbst durch enge Kurven oder beim Überholen.

Prof. Dr. Ernst Dieter Gilles
Max-Planck-Institut für Dynamik komplexer technischer Systeme
www.mpi-magdeburg.mpg.de
gilles@mpi-magdeburg.mpg.de



Umfassend verstehen, nachhaltig handeln

Transport und Verkehr sind von elementarer Bedeutung für ein immer stärker vernetztes globales Wirtschaftssystem. Nur ein leistungsfähiges Verkehrssystem kann zukünftig die individuelle Mobilität sichern und den steigenden Warenaustausch ermöglichen. Der Preis einer wachsenden Mobilität von Menschen und Gütern ist eine zunehmende Belastung der Umwelt – sowohl durch Lärm- als auch durch Schadstoffemissionen. Zur Reduktion negativer Auswirkungen auf Umwelt und Klima leistet die Wissenschaft einen wichtigen Beitrag, zum Beispiel durch die Bewertung verkehrspolitischer Maßnahmen.



3 Verkehrsentwicklung und Umweltwirkungen

Der wachsende Güterverkehr stellt eine besondere Herausforderung für das Verkehrssystem Straße dar.



Allein im Güterverkehr in Deutschland stieg die Verkehrsleistung zwischen 1992 und 2008 von knapp 400 Milliarden Tonnenkilometer auf 630 Milliarden Tonnenkilometer an. Im gleichen Zeitraum nahm die Verkehrsleistung in Personenkilometer von 895 Personenkilometer auf etwa 1100 Personenkilometer zu. Mitverantwortlich sind neben dem steigenden Verkehrsaufkommen die zurückgelegten weiteren Entfernungen. Daraus resultieren hohe Aufwendungen für den Bau und Erhalt der Verkehrsinfrastruktur sowie Kosten für die Gesellschaft, aufgrund von Unfällen und

Umweltbelastungen. Gleichzeitig ist der Verkehr für rund 20 Prozent des Ausstoßes des Klimagifts CO₂ verantwortlich.

Die Antwort auf diese Herausforderungen liegt in der integrierten Betrachtung von Verkehrsentstehung, Verkehrsentwicklung und Verkehrswirkungen, insbesondere in Hinblick auf Klima- und Umweltaspekte. Ziel ist es, ein umfassendes Verständnis für das Ursache-Wirkungs-Gefüge der Verkehrsnachfrage zu entwickeln, um so Empfehlungen zur politischen Steuerung hin zu



Das deutsche Mobilitätspanel Messung des Mobilitätsverhaltens

Seit 1994 befragt das Institut für Verkehrswesen des Karlsruher Instituts für Technologie im Auftrag des Bundesverkehrsministeriums jedes Jahr private Haushalte zu ihrem Mobilitätsverhalten. Die Befragung liefert einerseits den Ist-Zustand des kollektiven und individuellen Mobilitätsverhaltens und bietet andererseits Einblicke in Ursache-Wirkungs-Zusammenhänge sowie längerfristige Entwicklungen, da die Personen wiederholt befragt werden. Jährlich nehmen rund 1 500 Personen teil, die zuletzt etwa 37 000 Wege zurücklegten. Ein Teil der Haushalte wird darüber hinaus auch zu Nutzung und Kraftstoffverbrauch ihrer Pkws befragt. Ein Ergebnis aus dem aktuellen Mobilitätspanel ist der messbare Rückgang der Pkw-Nutzung bei Personen unter 30 Jahren.

Prof. Dr.-Ing. Peter Vortisch
Karlsruher Institut für Technologie
Institut für Verkehrswesen
www.ifv.kit.de
peter.vortisch@kit.edu



Low-Cost-Carrier Unbegrenzter Wachstumsmarkt oder nur kurzfristige Erscheinung

Der Markt der Low-Cost-Carrier, sogenannter Billigflieger, ist mit einem Anteil von etwa 30 Prozent ein fester Bestandteil des deutschen Luftverkehrsmarktes. Seit 2002 ist er stetig gewachsen. Dem Wachstum sind jedoch Grenzen gesetzt, denn seit 2011 ist in Deutschland ein Rückgang der Low Cost Angebote festzustellen. Es ist schwieriger geworden, neue Flughäfen zu finden, die diesen Verkehr aufnehmen können, und nur wenige neue Strecken können hinzugewonnen werden. Deshalb versuchen die Gesellschaften verstärkt, die Grenzen von Europa zu überschreiten. Dennoch werden sich langfristig nur wenige große Low-Cost-Carrier, die in der Lage sind, ihre Geschäftsmodelle an die neue Situation anzupassen, neben den traditionellen Fluggesellschaften etablieren.

Dr. Peter Berster
Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt,
Mitglied in der Helmholtz-Gemeinschaft,
Institut für Flughafenwesen und Luftverkehr
www.dlr.de/fw; peter.berster@dlr.de



Neuere Entwicklungen wie Low-Cost-Carrier beeinflussen das Konkurrenzgefüge zwischen den Verkehrsträgern.

einem umweltverträglicheren Verkehrssystem geben zu können. Von großer Bedeutung ist dabei die Analyse treibender Einflussfaktoren auf die Verkehrsnachfrage, wie z. B. der demographische Wandel und die ökonomische Entwicklung – einschließlich der Preisentwicklung bei Rohstoffen. Zentral bleibt aber die Rolle derjenigen, die über die Art und Weise des Fortkommens entscheiden: Menschen wie Unternehmen. Gezielte Befragungen liefern der Verkehrsforschung dahingehend wichtige Informationen zum Verkehrs- und Entscheidungsverhalten der Nutzer. Große Erhebungen

ermöglichen die Analyse des Verkehrsverhaltens von Personen und Haushalten auf nationaler und regionaler Ebene und auch zur gewerblichen Nutzung von Kraftfahrzeugen.

Von besonderem Interesse sind die Verkehre, die durch eine hohe Entwicklungsdynamik gekennzeichnet sind. Dazu gehören beispielsweise die Low-Cost-Carrier in der Luftfahrt, die über ihre aggressive Preisgestaltung eine Alternative zu den etablierten Fluglinien, teilweise aber auch zum schienengebundenen Fern-



Güterverkehr 2030 Mehr Emissionen trotz technologischen Fortschritts

Im Auftrag der Shell AG hat das Deutsche Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR) eine Studie zum Lkw-Verkehr in Deutschland durchgeführt. In zwei Szenarien zur Fahrzeugtechnologieentwicklung wurde ermittelt, dass die CO₂-Emissionen im wachsenden Straßengüterverkehr im Jahr 2030 größer sein werden als heute. Die Dieselmotortechnik bleibt im Güterverkehr das energetische Rückgrat. Wasserstoff, Hybrid- und Elektro-Lkw stehen erst am Anfang ihrer Entwicklung, sind aber Hoffnungsträger bei der Entwicklung zukünftiger Antriebskonzepte. Über Antriebe und Kraftstoffe hinaus schätzte die Lkw-Studie das Potenzial ein, CO₂-Emissionen durch weitere technische Verbesserungen zum Beispiel in der Aerodynamik, durch Leichtlaufreifen und Leichtbau zu verringern.

Andreas Lischke
Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt,
Mitglied in der Helmholtz-Gemeinschaft,
Institut für Verkehrsforschung
www.dlr.de/vf; andreas.lischke@dlr.de

Stoffstromanalyse Nachhaltige Mobilität im Kontext erneuerbarer Energien bis 2030

Im vom Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit geförderten Projekt Renewbility wurde erforscht, wie die Mobilität von Personen und Gütern zukünftig gewährleistet und trotzdem Emissionen eingespart werden können. Dazu wurde ein Analyse-Instrument entwickelt, das Potenziale und Hemmnisse für eine nachhaltige Mobilität untersucht und Wechselwirkungen mit der Förderung erneuerbarer Energien aufzeigt. Die Auswirkungen von verkehrspolitischen Maßnahmen wurden in modellbasierten Szenarien analysiert und die Treibhausgasemissionen quantifiziert. Bemerkenswert ist, dass im Personenverkehr eine Senkung der Emissionen ermittelt werden konnte, während im Güterverkehr die Steigerung der Verkehrsleistung die Minderungspotenziale kompensiert.

Markus Mehlin
Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt,
Mitglied in der Helmholtz-Gemeinschaft,
Institut für Verkehrsforschung
www.dlr.de/vf; markus.mehlin@dlr.de

3 Verkehrsentwicklung und Umweltwirkungen

Das steigende Verkehrsaufkommen verlangt von uns, die Belastung von Mensch und Umwelt im Auge zu behalten.



verkehr darstellen. Aktuell erfahren die elektrischen Antriebe bei Pkws eine hohe Aufmerksamkeit, da sie versprechen, einen Beitrag zur Reduktion negativer Umweltwirkungen zu leisten. Zugleich gilt es zu berücksichtigen, dass das künftige Verkehrswachstum – vor allem getrieben durch die Entwicklung im Wirtschaftsverkehr – erreichte Einsparungen von Energie und damit verbundenen Emissionen kompensieren wird. Eine Reduktion negativer Effekte ist folglich nur über neue, kreative Lösungen der Verkehrspolitik zu erreichen. Die Wissenschaft unterstützt an dieser Stelle,

indem sie verkehrspolitische Maßnahmen auf Effektivität und Effizienz hin überprüft, so etwa im Hinblick auf die Möglichkeiten und Auswirkungen eines EU-weiten Emissionshandels im Luftverkehr.

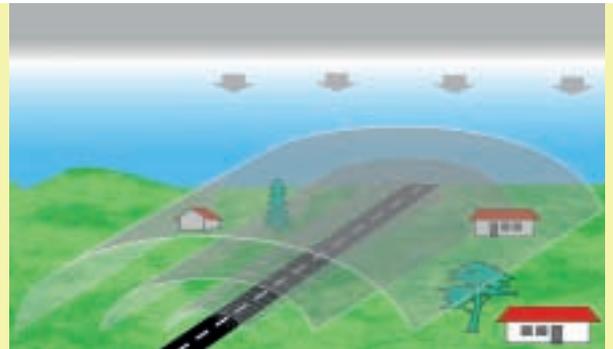
Der Anspruch muss sein, das Verkehrssystem als Ganzes zu betrachten, also auch Wechselwirkungen zwischen den Verkehrsträgern zu berücksichtigen. Erst eine systemorientierte Betrachtung erlaubt die ganzheitliche Analyse des Verkehrs auf Fragen des Klimaschutzes, der Luftqualität oder der Gesundheit.



Klimawirkung Mehr als nur CO₂

Neben der direkten Emission von Treibhausgasen wie CO₂ und NO_x beeinflusst der Verkehr das Klima noch durch eine Reihe weiterer Effekte. So werden zum Beispiel die Ozon- und die Methankonzentration verändert, Aerosole erzeugt und zusätzliche Wolken gebildet. Diese Effekte werden besonders durch die Luftfahrt und den Seeverkehr hervorgerufen. Das Deutsche Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR) bestimmt die einzelnen Beiträge verschiedener Verkehrsträger zur Klimaänderung. Damit ergeben sich nicht nur Möglichkeiten zur fairen Berücksichtigung der Nicht-CO₂-Effekte in internationalen Klimaabkommen, sondern es bietet sich auch die Möglichkeit, durch eine optimierte Routenwahl bei gleichem Transportvolumen die Klimawirkung zu reduzieren.

Prof. Dr. Robert Sausen
Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt,
Mitglied in der Helmholtz-Gemeinschaft,
Institut für Physik der Atmosphäre
www.dlr.de/ipa
robert.sausen@dlr.de



Prognose verkehrsbedingter Umweltbelastungen Wissen, wann es staubt

Verkehr verursacht Umweltbelastungen, und deren Prognose ist für die Gesundheit der Menschen wichtig. Forschern des Fraunhofer-Instituts für Verkehrs- und Infrastruktursysteme IVI gelang es, aus großen Messdatensätzen statistisch relevante Wirkzusammenhänge abzuleiten. Sie zeigten, dass insbesondere Meteorologie und Standortbedingungen einen übergeordneten Einfluss auf die Immission haben. Lang anhaltende niederschlagslose Zeiträume oder Inversionswetterlagen dominieren die Feinstaub-Immissionen weit stärker als Veränderungen der Verkehrsströme. Darauf aufbauend wurde ein Vorhersagemodell entwickelt. Die eigentliche Datenverarbeitung erfolgt durch ein Neuronales Netz, das mit lokalen Messwerten standortspezifisch trainiert wird.

Dr.-Ing. Matthias Klingner
Fraunhofer-Institut für Verkehrs- und Infrastruktursysteme IVI
www.ivi.fraunhofer.de
matthias.klingner@ivi.fraunhofer.de



Weil der motorisierte Individualverkehr oft mit Aufwand und Stress verbunden ist, verändert sich das Mobilitätsverhalten: Fahrrad und Lafschuhe werden wieder interessant.

Eine Bewertung der Prozesskette, ausgehend von der Verkehrsentstehung bis hin zu Fahr- und Verkehrsleistungen nach Verkehrsträgern, ermöglicht beispielsweise die Bewertung des Verkehrsbeitrags zur Klimaänderung.

Die Analyse des Verkehrssystems liefert Antworten auf Fragen, wie sich ein verändertes Mobilitätsverhalten auf die Nutzung unterschiedlicher Verkehrsmittel auswirkt oder welches Potenzial neue Antriebstechnologien zur Reduktion lokaler und globaler Emissionen

mitbringen. Gleichzeitig bewegen wir uns hin zu einer stärker vernetzten Mobilität, die die Übergänge zwischen Bahn, Bus, Auto und Rad erleichtern soll. Wissenschaft und Forschung können ihren Beitrag leisten, indem sie hinterfragen, welchen Beitrag Konzepte und Technologien tatsächlich leisten und wie sie gestaltet sein müssen, damit Nutzerinnen und Nutzer die neuen Möglichkeiten auch annehmen.

Im Zeitalter einer weiteren Ausdifferenzierung von Antrieben und Kraftstoffen, eines Auftretens neuer



Verkehrslärmwirkung **Schlafen für die Wissenschaft**

Das DLR hat im Rahmen von Verkehrslärmstudien 72 Männer und Frauen aller Altersklassen ins Schlaflabor gebeten und diese dort in je elf Nächten mit verschiedenen Verkehrsgläuschen beschallt. Untersucht wurde der Einfluss von Verkehrslärm auf den Schlaf, auf Aufwachreaktionen und die Herzfrequenz. Ferner wurden die Belästigung und die Folgen für die Leistung der Probanden während des folgenden Tages betrachtet. Es zeigte sich, dass Straßen- und Schienenverkehrsgläuschen den Schlaf messbar stärker stören als Fluglärm. Dies ist u. a. darin begründet, dass der Schlafende auf plötzlich auftretende Geräusche reagiert, die schnell den höchsten Lautstärkepegel erreichen und die hohe Frequenzen enthalten. Rein subjektiv wurde Fluglärm jedoch als die größere Störung empfunden.

Dr. med. Eva-Maria Elmenhorst
Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt,
Mitglied in der Helmholtz-Gemeinschaft,
Institut für Luft- und Raumfahrtmedizin
www.dlr.de/me
eva-maria.elmenhorst@dlr.de



Carbon Footprint in der Logistik **Klimaschutz und Effizienz**

Mobilität verbraucht Ressourcen. Verantwortungsbewusste Unternehmen wollen daher wissen, wie sie ihre Distribution wirtschaftlich und zugleich klimaschonend abwickeln können. Eine Carbon-Footprint-Analyse gibt Auskunft über die CO₂-Emissionen beispielsweise der unternehmenseigenen Distributionsstrukturen oder der Dienstleistungen eines Logistikunternehmens. Das Fraunhofer-Institut für Materialfluss und Logistik IML verknüpft solche Untersuchungen eng mit Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen, sodass ökoeffiziente Maßnahmen abgeleitet werden können, die sich sowohl auf das Betriebsergebnis als auch auf den Klimaschutz positiv auswirken. Die Entwicklung solcher verbesserter Strukturen fördert darüber hinaus die Corporate Identity des Unternehmens.

Prof. Dr.-Ing. Uwe Clausen
Fraunhofer-Institut für Materialfluss und Logistik IML
www.ima.fraunhofer.de
uwe.clausen@ima.fraunhofer.de

3 Verkehrsentwicklung und Umweltwirkungen

Neue Mobilitätskonzepte berücksichtigen die Bedürfnisse der Menschen nach Reisen, Sicherheit und einer gesunden Umwelt.



Verkehrsmittel und der verstärkten Integration zwischen den Verkehrsträgern steigen die Anforderungen an eine systemische Betrachtungsweise. Sie bietet das Potenzial, Änderungen der Rahmenbedingungen – vor allem in Bezug auf unterschiedliche, komplexe Politikszenerarien – in verschiedenster Hinsicht (Emissionen, Klima, Gesundheit) fundiert zu bewerten. Es ist davon auszugehen, dass die Erwartungen an den Verkehrsbereich steigen, seinen Beitrag zur Reduktion der Umwelt- und Klimawirkungen zu leisten. Umso wichtiger werden die Entwicklung und Erprobung

neuer Mobilitätskonzepte, Technologien und verhaltenorientierter Maßnahmen im Personen- und Wirtschaftsverkehr.



Wie wichtig ist der Preis der Fahrkarte?
Öffentlicher Nahverkehr: Nutzung hängt mehr vom Benzinpreis ab als vom Ticketpreis

In einer Studie hat das Rheinisch-Westfälische Institut für Wirtschaftsforschung (RWI) untersucht, welche Faktoren die Nutzung des öffentlichen Nahverkehrs bestimmen. Im Fokus der Analyse stand der Einfluss von Benzinpreisen, von Kosten für ÖPNV-Tickets, von personenspezifischen Charakteristika und von Eigenschaften des Nahverkehrssystems auf die Nutzungshäufigkeit des ÖPNV an Werktagen. Es wurden Daten aus dem Deutschen Mobilitätspanel verwendet, der Schwerpunkt lag auf erwachsenen Mitgliedern deutscher Haushalte. Die Ergebnisse zeigen, dass Benzinpreise einen substantziellen Einfluss auf die ÖPNV-Nutzung von Erwachsenen haben, wohingegen die Preise von ÖPNV-Tickets keinen statistisch signifikanten Effekt aufweisen.

Prof. Dr. Manuel Frondel
Rheinisch-Westfälisches Institut für Wirtschaftsforschung (RWI),
Mitglied der Leibniz-Gemeinschaft
www.rwi-essen.de
manuel.fronedel@rwi-essen.de

Gemeinsam Emissionen sparen
Ökonomische Auswirkungen des Emissionshandels im Luftverkehr

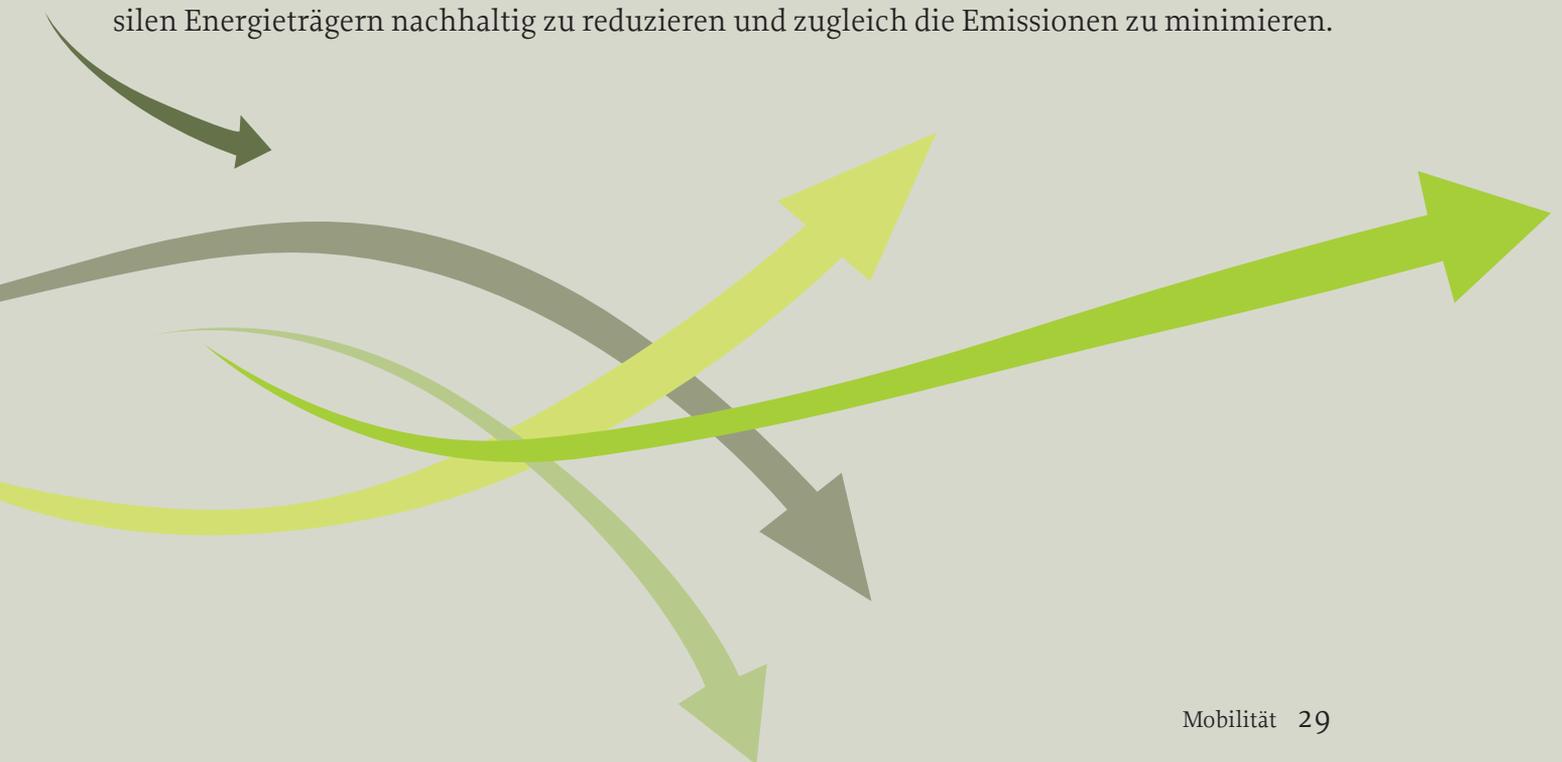
Für das vom Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung geförderte Projekt »Umweltökonomische Steuerungsinstrumente im Luftverkehr« wurde ein empirisches Simulationsmodell entwickelt, mit dem die ökonomischen und ökologischen Effekte des EU-Emissionshandelssystem (EU-ETS) für den Luftverkehr abgeschätzt werden können. Damit lassen sich zum Beispiel die insgesamt benötigten Emissionsrechte und die Kosten für den Kauf zusätzlicher Emissionsrechte ermitteln. Wenn es gelingt, auch die Nicht-EU-Luftverkehrsgesellschaften in das EU-ETS einzubeziehen, sind ambitionierte Treibhausgasreduktionen möglich. Etwa ein Drittel der CO₂-Emissionen des weltweiten Luftverkehrs würden dann unter die ab dem Jahr 2012 geltende Regelung fallen.

Dr. Janina Scheelhaase
Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt,
Mitglied in der Helmholtz-Gemeinschaft,
Institut für Flughafenwesen und Luftverkehr
www.dlr.de/fw; janina.scheelhaase@dlr.de



Mehr als nur das Auto

Erheblich wachsende Verkehrsaufkommen bei gleichzeitiger Forderung nach effektiverem Klimaschutz und besserer Ressourcenschonung – dieses Spannungsverhältnis ist treibende Kraft für den globalen Umbau von Energie- und Verkehrssystemen. Nach mehr als 100 Jahren Entwicklungsgeschichte des Verbrennungsmotors deutet sich mit der Elektromobilität eine technologische und verkehrssystemische Zeitenwende an, bietet doch eine stärkere Nutzung elektrischer Antriebe in Straßenfahrzeugen die Chance, die Abhängigkeit von fossilen Energieträgern nachhaltig zu reduzieren und zugleich die Emissionen zu minimieren.



4 Elektromobilität

Die Elektromobilität gilt als Konzept mit großen Zukunftschancen.



Deutschland strebt eine Spitzenposition im Markt für Elektromobilität an. Bereits im Jahr 2020 sollen auf unseren Straßen eine Million Elektrofahrzeuge unterwegs sein. Auf dem Nationalen Entwicklungsplan aufbauend, hat die Nationale Plattform Elektromobilität (NPE) Maßnahmen erarbeitet, um die ehrgeizigen Ziele zu erreichen. Die Wissenschaftsorganisationen sind daran beteiligt und leisten wesentliche Forschungs- und Ausgestaltungsbeiträge. Als Reaktion auf die Empfehlungen der Nationalen Plattform stellt die Bundesregierung in ihrem 2011 vorgelegten Regie-

rungsprogramm Elektromobilität unter anderem eine Milliarde Euro zusätzlich für Forschungs- und Entwicklungsmaßnahmen bereit.

Obwohl Verbrennungsmotoren auch in den nächsten zwei Dekaden noch von wesentlicher Bedeutung für den Antrieb von Straßenfahrzeugen sein werden, ist schon heute der schrittweise Übergang zu den neuen Technologien zu gestalten. Dabei reicht die Weiterentwicklung von Fahrzeugtechnik und elektromobilitätsspezifischer Infrastruktur nicht aus. Für die



Elektromobilitätsforschung **Auswirkungen der Elektromobilität auf die Stromversorgung und das Stromnetz**

Das Deutsche Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR) leitet das vom Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie finanzierte Projekt »Perspektiven von Elektro-/Hybridfahrzeugen in einem Versorgungssystem mit hohem Anteil dezentraler und erneuerbarer Energiequellen«. Im ersten Schritt erfolgt die Charakterisierung plausibler Fahrzeugkonzepte der Zukunft hinsichtlich Auslegung, Kosten und Kundengruppen. Daraus werden Flottenszenarien berechnet und zeitliche Nutzungsprofile abgeleitet. In einem Energiesystemmodell werden diese Flotten integriert und Effekte einer gesteuerten Batteriebeladung auf die Stromversorgung analysiert. In Zusammenarbeit mit mehreren Partnern werden schließlich die netztechnischen Auswirkungen auf allen Netzebenen untersucht.

Dr. Thomas Pregger
Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt,
Mitglied in der Helmholtz-Gemeinschaft,
Institut für Technische Thermodynamik
www.dlr.de/tt; thomas.pregger@dlr.de

Elektrofahrzeuge ins Netz integrieren **Wie verhält sich der Nutzer?**

Mehr Elektrofahrzeuge auf den Straßen könnten örtlich auftretende Emissionen senken, die Abhängigkeit von Energieimporten reduzieren und einen Beitrag zum Klimaschutz leisten, indem z. B. Ladezeiten in Zeiten mit Windstromüberschuss gelegt werden. Im vom Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie finanzierten Projekt NET-ELAN, das das Forschungszentrum Jülich koordiniert, wird untersucht, wie ein Bestand an Elektrofahrzeugen sinnvoll in bestehende und zukünftige Energieversorgungsstrukturen eingebunden werden könnte. Jülicher Wissenschaftler betrachten im Projekt unter anderem das Nutzerverhalten, z. B. die Fahrzeugnutzung und daraus resultierende Ladezeiten, sowie die Auswirkungen der Elektromobilität auf künftige Energieversorgungsszenarien.

Jochen Linssen
Forschungszentrum Jülich,
Mitglied in der Helmholtz-Gemeinschaft,
Institut für Energie- und Klimaforschung
www.fz-juelich.de
j.linssen@fz-juelich.de



Hybridfahrzeuge verbinden die Vorteile von Benzin- und Elektroautos, sind aber relativ komplex gebaut.

notwendige Akzeptanz und eine erfolgreiche Markteinführung ist vielmehr eine systemische Forschung notwendig, die das gesamte Spektrum abdeckt: von Verkehrsnachfrage und Nutzerbedarf über Verkehrs- und Mobilitätsmanagement, Fahrzeugkonzepte, Fahrzeugtechnologien und Infrastrukturintegration bis hin zu Strom- und Wasserstoffherzeugung, ökonomischer und ökologischer Systemanalyse sowie Strategien für eine erfolgreiche Markteinführung und Geschäftsmodellen.

Im Zentrum der Elektromobilitätsforschung steht meist die Fahrzeugtechnologie. Hier konkurrieren rein batterieelektrische Fahrzeuge mit Hybrid- und Brennstoffzellenfahrzeugen. Zentrale Herausforderungen sind größere Reichweiten, niedrigere Kosten und kürzere Ladezeiten. Das Batteriesystem nimmt hier eine Schlüsselrolle ein, bestimmen doch gerade bei rein batterieelektrischen Fahrzeugen seine Parameter wesentlich das Leistungsvermögen des Elektrofahrzeugs insgesamt. Gewicht und Reichweite, Antriebsleistung und Lebensdauer sind direkt abhängig von



Smart Grids für saubere Energieversorgung Stromnetz für Elektroautos

Wie werden künftig Millionen Elektrofahrzeuge sicher und ökologisch mit Energie versorgt? Am Fraunhofer IFF in Magdeburg entwickelten Forscher ein System zur logistischen Steuerung eines elektrobasierten Verkehrskonzepts, das vor allem Energie aus regenerativen Quellen nutzen soll. In Kooperation mit 14 weiteren Partnern entstand im Rahmen des Projekts »Harz. EE-mobility« ein intelligentes Verkehrs- und Energiemanagementsystem, mit dem die flächendeckende, stabile Versorgung der Fahrzeuge mit »sauberer« Energie sichergestellt werden kann. Dank digitaler Mobilitätsleitwarten, intelligenter Ladestationen und rückspeisefähiger Batterien werden die Fahrzeuge selbst zu mobilen, dezentralen Stromspeichern, die Energie bei Bedarf ins Netz zurückgeben.

Dr.-Ing. Przemyslaw Komarnicki
Fraunhofer-Institut für Fabrikbetrieb und -automatisierung IFF
www.iff.fraunhofer.de
przemyslaw.komarnicki@iff.fraunhofer.de

Strom tanken beim Fahren? Das Projekt CONGREEN erforscht kontaktlose Energieübertragung

Derzeit müssen Elektrofahrzeuge mit Stecker und Kabel aufgeladen werden. Das Institut für Kraftfahrzeuge (ika) der RWTH Aachen forscht an komfortableren Verfahren, zum Beispiel am vollautomatischen, induktiv-kontaktlosen Laden – im Alltag bekannt von elektrischen Zahnbürsten. Von einer in die Fahrbahn integrierten Sendeeinheit werden bis zu 10 kW elektrische Energie über einen Luftspalt von 10 Zentimetern zu einem Empfangsteil übertragen, das am Fahrzeugunterboden sitzt. Ist die Handhabung eines Ladekabels bei widrigen Umständen wie Schnee oder Regen oft unbequem, so ist die induktive Ladestation robust bei hohem Wirkungsgrad. Aktuell erforschen das ika und Partner die elektromagnetische Verträglichkeit sowie die automobilgerechte Gesamtsystemauslegung.

Univ.-Prof. Dr.-Ing. Lutz Eckstein
RWTH Aachen, Institut für Kraftfahrzeuge
www.ika.rwth-aachen.de
eckstein@ika.rwth-aachen.de

4 Elektromobilität



Die elektrischen Komponenten von Hybridfahrzeugen müssen für die harten Bedingungen in einem Auto konzipiert werden.

Energie- und Leistungsdichte sowie Zyklfestigkeit der Batterie.

Heutige Batterien mit vertretbarem Gewicht und Preis ermöglichen Reichweiten von 150-200 km, die sich allerdings aufgrund von niedrigen Außentemperaturen, dem Zuschalten von Heizung oder Klimaanlage sowie topographisch anspruchsvollen Strecken deutlich reduzieren können. Hierin liegt im Wesentlichen die Notwendigkeit zur Verbesserung aktueller Batterietechnologien begründet, aber auch die Erforschung

neuer Speichersysteme. Der Steigerung der Energiedichte von Traktionsbatterien sind jedoch aufgrund der Eigenschaften der verwendbaren Elemente Grenzen gesetzt.

Daher wird parallel hierzu an Hybrid- und Brennstoffzellenfahrzeugen gearbeitet. Die Kombination von elektrischem Antrieb und Verbrennungsmotor bietet lokal emissionsfreies Fahren, ohne auf die gewohnte Reichweite verzichten zu müssen. Die Systeme reichen von zwei parallelen Antriebssträngen in einem Vollhybrid-



Systemforschung Elektromobilität Ein System für Mobilität

Um die Wettbewerbsfähigkeit im Automobilbau und bei Energieerzeugung und -speicherung zu erhalten und die internationale Entwicklung stark mitzugestalten, muss Elektromobilität in Deutschland systematisch vorangetrieben werden. Mit der »Systemforschung Elektromobilität« will Fraunhofer den Wandel zu einer nachhaltigen »All-electric Economy« unterstützen. Die Besonderheit daran ist, alle Wertschöpfungsstufen der Elektromobilität aufeinander abgestimmt zu erforschen – von der Energieerzeugung über den Transport und die Verteilung der Energie, die Schnittstellen zwischen Stromnetz und Fahrzeug, die Speicherung bis hin zu neuen Fahrzeugkonzepten mit einer neuen Infrastruktur sowie Nutzungs- und Abrechnungskonzepten. Dabei ist die Bewertung des Zusammenwirkens der Systemkomponenten mittels Systemzuverlässigkeitsmethoden eine besondere Herausforderung.

Prof. Dr.-Ing. Holger Hanselka
Hauptkoordinator Systemforschung Elektromobilität; Fraunhofer-Institut für Betriebsfestigkeit und Systemzuverlässigkeit LBF
www.lbf.fraunhofer.de; holger.hanselka@lbf.fraunhofer.de



Motoren nach Maß Elektrische Antriebe für Straßenfahrzeuge sind sehr flexibel gestaltbar

Im Vergleich zu Verbrennungsmotoren können elektrische Antriebe höchst flexibel gestaltet und eingesetzt werden. Die Möglichkeiten reichen von in die Radnaben integrierten Direktantrieben bis zu schnelllaufenden Zentralantrieben mit sehr hoher Leistungsdichte – beides mit Wirkungsgraden deutlich über 90 Prozent. Das Institut für Antriebssysteme und Leistungselektronik (IAL) der Leibniz Universität Hannover entwickelt derartige Antriebe, optimiert sie im Gesamtsystem von Wechselrichter, Motor und Getriebe und vergleicht, abhängig von den Fahrzeuganforderungen, Systeme. Überdies entwickelt und lizenziert das IAL auch Spezialsoftware, die Unternehmen bei der fertigungsgeordneten Optimierung ihrer eigenen Antriebskonzepte unterstützt.

Prof. Dr.-Ing. Bernd Ponick
Leibniz Universität Hannover
Institut für Antriebssysteme und Leistungselektronik
www.ial.uni-hannover.de
ponick@ial.uni-hannover.de

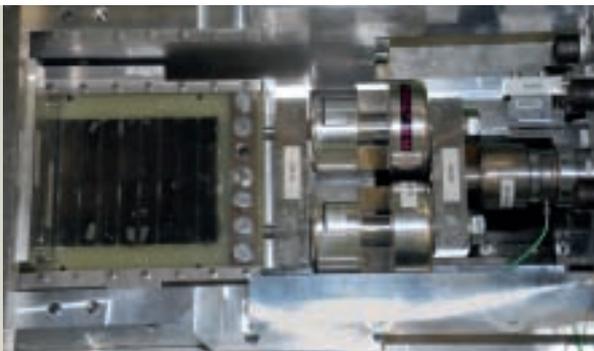


Der Hybridbus führt Treibstoff mit sich, der mittels einer Brennstoffzelle in elektrischen Strom für die Antriebsmotoren umgewandelt wird.

fahrzeug mit Verbrennungs- und Elektromotor bis zu primär batterieelektrischen Antrieben, die bei Bedarf Strom in einem separaten Verbrennungsaggregat erzeugen. Obwohl Hybridfahrzeuge in Serie erhältlich sind, ist ihre Technologie bei weitem nicht ausgereizt. Forschungsbedarf besteht auch bei Brennstoffzellenfahrzeugen, die zwar einen hohen technischen Standard erreicht haben, für eine breite Markteinführung aber noch nicht alltagstauglich genug sind.

Um das Mehrgewicht batterieelektrischer Fahrzeuge

zu kompensieren, gilt es, die Fahrzeugmasse zu reduzieren und zugleich den Leistungs- und Energie-speicherbedarf im Zusammenspiel mit den Fahrzeugkosten zu optimieren. Neben metallischen Werkstoffen bieten sich hierzu Faserverbundwerkstoffe und unverstärkte Kunststoffe an. Die Kombination verschiedener Materialien eröffnet ein hohes, bislang kaum erschlossenes Potenzial für einen kosten- und ressourceneffizienten Leichtbau. Zudem ermöglicht sie neuartige Fahrzeugkonzepte, die die spezifischen Vorteile elektrischer Antriebe ausnutzen.



Freikolben-Lineargenerator
Range Extender für den Fall der Fälle

Trotz der zu erwartenden Steigerung der Energie- und Leistungsdichte von Batterien wird die Reichweite batterieelektrischer Fahrzeuge begrenzt bleiben. Hilfsmotoren, sogenannte Range Extender, können sie vergrößern, bedürfen aber noch einiger Forschung. Denn ein Range Extender muss leicht, kompakt und gut in das Fahrzeug integrierbar sein. Außerdem darf er nicht stören, wenn er einsetzt. Das Deutsche Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR) entwickelt mit dem Freikolben-Lineargenerator einen Range Extender, der genau diese Anforderungen erfüllt. Mehr noch: Die Variabilität von Verdichtung und Hub führt zu einem hohen Wirkungsgrad bei geringen Emissionen und erlaubt den Betrieb mit verschiedenen Kraftstoffen. Seine extrem flache Bauweise erleichtert überdies die optimale Positionierung im Fahrzeug.

Dr.-Ing. Christian Piehler
Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt,
Mitglied in der Helmholtz-Gemeinschaft,
Programmdirektion Verkehr
www.dlr.de/verkehr; christian.piehler@dlr.de



e performance
Konzeption eines Elektrofahrzeuges

Im Projekt »e performance«, einer Kooperation zwischen Audi, Bosch und der RWTH Aachen, erforscht das Institut für Kraftfahrzeuge (ika) unter anderem das Energie- und Thermomanagement künftiger Elektrofahrzeuge. Auslegungsszenarien für Antriebsstrang und Batterie werden durch Simulationen entwickelt, Möglichkeiten zur Reduzierung des Kälte- und Wärmebedarfs im Fahrzeuginnenraum eruiert, und es wird die Kopplung von Thermomanagement und Klimatisierung zur Steigerung der Gesamtsystemeffizienz untersucht. Ein Ergebnis dieser Arbeiten sind vernetzte Simulationsmethoden und innovative Betriebsstrategien. Dabei erfolgt die Konzeption der modularen Komponenten stets auf Grundlage der Optimierung der physikalischen, elektrischen und funktionalen Wechselwirkungen im Gesamtfahrzeugkontext.

Univ.-Prof. Dr.-Ing. Lutz Eckstein
RWTH Aachen, Institut für Kraftfahrzeuge
www.ika.rwth-aachen.de
eckstein@ika.rwth-aachen.de

4 Elektromobilität



Ein weitreichender Erfolg der Elektroautos muss mit einer flächendeckenden Installation von Stromtankstellen einhergehen.

Die Potenziale der Elektromobilität sind jedoch auch jenseits des Fahrzeugs auszuschöpfen. So ist schon die dezentrale Bereitstellung von Ladeinfrastrukturen eine Herausforderung: Noch existiert, anders als für Fahrzeuge mit Verbrennungsmotoren, kein »Tankstellennetz«. Nicht nur der wirtschaftliche Aufbau und Betrieb eines solchen Versorgungsnetzes, sondern auch seine »Intelligenz« sind bisher ungelöst. Gefordert ist eine bidirektionale Anbindung von Fahrzeugen an das Stromnetz, um die Netzeinspeisung erneuerbarer Energien ausbauen und das schwankende Angebot durch

ein intelligentes Lademanagement ausgleichen zu können. Hier werden die Wechselwirkungen zwischen Energieversorgung und Verkehrssystem deutlich.

Adressiert werden zudem die Notwendigkeit adäquater Geschäftsmodelle und einer ganzheitlichen Systemanalyse. Dabei kommt vor allem der Spezifikation von Nutzeranforderungen und -profilen eine entscheidende Rolle zu. Mit der Elektrifizierung des Autos wird dessen Nutzung anspruchsvoller, immer mehr Entscheidungen sind zu treffen. Gerade vor dem Hintergrund



Gemeinsame Batterieforschung

Ein Ziel

Der Erfolg der Elektromobilität hängt von einer effizienten, bezahlbaren und kundenfreundlichen Batterie ab. Dies erfordert die Erforschung neuartiger Materialien ebenso wie den Aufbau vielversprechender Batteriesysteme in technischer Größe, um daraus Strategien für einen zuverlässigen und sichereren Betrieb von Hochleistungsbatterien und ihre Integration in ein Gesamtsystem zu entwickeln. Die Helmholtz-Gemeinschaft hat sich gemeinsam mit universitären Partnern das Ziel gesetzt, dieses Thema ausgehend von den Systemanforderungen ganzheitlich zu bearbeiten und innovative Lösungen zu finden. Neue Impulse geben hierbei die Energiespeicherinitiative, der Kompetenzverbund Nord und der Verbund Elektrochemie für Elektromobilität sowie das Helmholtz-Institut Ulm.

Dr. Sören Wiesenfeldt
Helmholtz-Gemeinschaft
Beauftragter für die Forschungsbereiche Schlüsseltechnologien und Luftfahrt, Raumfahrt und Verkehr
www.helmholtz.de/forschung
soeren.wiesenfeldt@helmholtz.de



Lithiumbatterien

Schub für das Elektroauto

Die Nanotechnik könnte Elektrofahrzeuge konkurrenzfähig machen: Mit ihrer Hilfe trimmen Wissenschaftler des Max-Planck-Instituts für Festkörperforschung Lithiumakkus, um unter anderem die Reichweite batteriegetriebener Autos zu erhöhen. So ermöglichen sie etwa mit nanostrukturierten Elektroden gleichzeitig ein hohes Speichervermögen sowie ein rasches Be- und Entladen. Schneller laden lassen sich die Batterien auch, wenn die Forscher nanoskopische Siliziumdioxid-Partikel – im Prinzip winzige Sandkörner – in den Elektrolyten mischen. Durch den Elektrolyten wandern in der Batterie Ionen zwischen den Polen hin und her. Das Siliziumdioxid trennt negative und positive Ionen und erhöht so die Leitfähigkeit. Außerdem macht es Batterien stabiler und weniger leicht entflammbar.

Prof. Dr. Joachim Maier
Max-Planck-Institut für Festkörperforschung
www.fkf.mpg.de
s.weiglein@fkf.mpg.de



Wichtig ist, dass ein Elektroauto einfach zu bedienen und zu fahren ist. Nur dann wird es von den Nutzern auch akzeptiert.

einer alternden Gesellschaft ist sicherzustellen, dass die Anforderungen an die Fahrerinnen und Fahrer nicht zu hoch werden. Dies betrifft beispielsweise die Unterstützung bei der Fahrzeugführung, die Planung reichweitenoptimierter Routen und deren Überwachung, die Definition von Ladestrategien, die Zuführung zu Ladeorten oder die Automatisierung von Abrechnungsprozessen.

Auch wird ein neues Bewusstsein für die Planung von Alltagswegen entstehen müssen, das angesichts der

ausgeprägten Verhaltensroutinen eine weitere wichtige Aufgabe darstellt. Solche Routinen gilt es mit smarten und gleichzeitig attraktiven Konzepten zu durchbrechen, die zu neuen Nutzungsmustern im motorisierten Individualverkehr führen. Dies können etwa integrierte Mobilitätskonzepte sein, die Elektrofahrzeuge als eins von mehreren Angebotselementen vorsehen. Auch Informationen über die Umweltwirkung einer Wegenutzung könnten zur Entscheidung bei der Wahl der Route und der Verkehrsmittel beitragen. Innovative Ansätze für attraktive Angebote sind gefragt, die eine monomo-



Elektromobilität

Mehr als eine technische Innovation

Bis 2050 soll der Straßenverkehr in Städten vollständig auf Elektrofahrzeuge umgestellt werden, um CO₂-Emissionen zu senken – so lautet ein Beschluss der EU-Kommission. Mit diesem Ziel sind sowohl technische wie konzeptionelle Herausforderungen verbunden. Bei der Etablierung dieser neuen Technologie gilt es, die Nutzerakzeptanz einzubeziehen. Um die spezifischen Anforderungen an den Elektroverkehr zu ermitteln, wurde eine umfangreiche Nutzerbefragung in Berlin und NRW mit 45 Probanden durchgeführt. Sie testeten das Elektroauto mehrere Monate. Anschließend wurden sie in qualitativen Interviews zu ihren Erfahrungen befragt und somit spezifische Anforderungen der Nutzer erfasst. Fazit: Mit dem Elektroauto können zwar fast alle Wege in Städten zurückgelegt werden, aber es ist aus Sicht der Nutzer bis heute nicht alltagstauglich. Das Projekt wurde vom Bundesministerium für Wirtschaft gefördert.

Prof. Dr.-Ing. Christine Ahrend, Dr. Oliver Schwedes
Technische Universität Berlin, FG Integrierte Verkehrsplanung
www.verkehrsplanung.tu-berlin.de
christine.ahrend@tu-berlin.de, oliver.schwedes@tu-berlin.de



Flottenversuch Elektromobilität

Hybridfahrzeuge im Alltag

Das Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit fördert einen Flottenversuch, bei dem untersucht wird, ob Batterien von Elektrofahrzeugen zukünftig als dynamische Speicher zur verbesserten Systemintegration von erneuerbaren Energien beitragen können. Dabei wird mit 20 Plug-in-Hybriden von Volkswagen im Alltagsbetrieb erforscht, wie elektrisch angetriebene Pkws genutzt werden und ob sie Möglichkeiten zur Energierückspeisung bieten. Hybridfahrzeuge unterliegen zwar keiner Reichweitenbeschränkung, jedoch sorgt der ökonomische Anreiz des elektrischen Fahrens für beständiges Laden. Das Deutsche Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR) untersucht dabei das Ladeverhalten sowie den Einfluss auf die Mobilitätsplanung der Versuchsteilnehmer.

Stefan Trommer
Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt,
Mitglied in der Helmholtz-Gemeinschaft,
Institut für Verkehrsforschung
www.dlr.de/vf
stefan.trommer@dlr.de

Der »Tankstutzen« der Zukunft: ein Aufladestecker.



dale Verkehrsmittelnutzung aufbrechen und Multi- bzw. Intermodalität unterstützen.

Das Deutsche Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR), die Fraunhofer-Gesellschaft und mehrere große technische Universitäten haben sich einen systemischen Forschungsansatz auf die Fahnen geschrieben und integrieren die Kompetenzen ihrer einschlägigen Institute. Zahlreiche weitere Forschungseinrichtungen und Hochschulen stellen ihre fachspezifischen Stärken ebenfalls in den Dienst der Elektromobilitätsforschung.

Sie alle eint das Ziel, zur Etablierung der automobilen Elektromobilität beizutragen. Dafür engagieren sie sich gemeinsam mit ihren Kooperationspartnern in Wirtschaft, Industrie und Kommunen. Die »Schaufenster Elektromobilität«, große regionale Demonstrations- und Pilotvorhaben, für die im Oktober 2011 der Startschuss fiel, werden hierzu weitere wichtige Erkenntnisse liefern.



Elektromobilität im urbanen Raum Vom Pionierprodukt zur Massenakzeptanz

An der TU München erforschen 20 Lehrstühle gemeinsam, wie Elektrofahrzeuge durch technische Maßnahmen, intelligente Mobilitätsangebote und kluge Produkt- und Kommunikationsstrategien vom Nischenprodukt zur Massenanwendung werden können. Mit ihrem Pilotprojekt MUTE, der Entwicklung eines realen Fahrzeugs und der damit verbundenen Mobilitätskonzepte, verknüpfen die Wissenschaftler in einem umfassenden Ansatz technische Herausforderungen mit sozioökonomischen Rahmenbedingungen. Zugleich untersuchen sie, ob und wie diese Strategien in der Realität umsetzbar sind. Im Monat soll MUTE bei einer mittleren Fahrleistung von 1 000 km nicht mehr als ein vergleichbarer herkömmlicher Kleinwagen kosten. Auf der IAA 2011 in Frankfurt wurde das daraus resultierende Fahrzeugkonzept vorgestellt.

Prof. Dr.-Ing. Markus Lienkamp
Technische Universität München
Wissenschaftszentrum Elektromobilität
www.mute-automobile.de; lienkamp@ftm.mw.tum.de



Kontrolle von Vibrationen Leicht, leise und sicher reisen

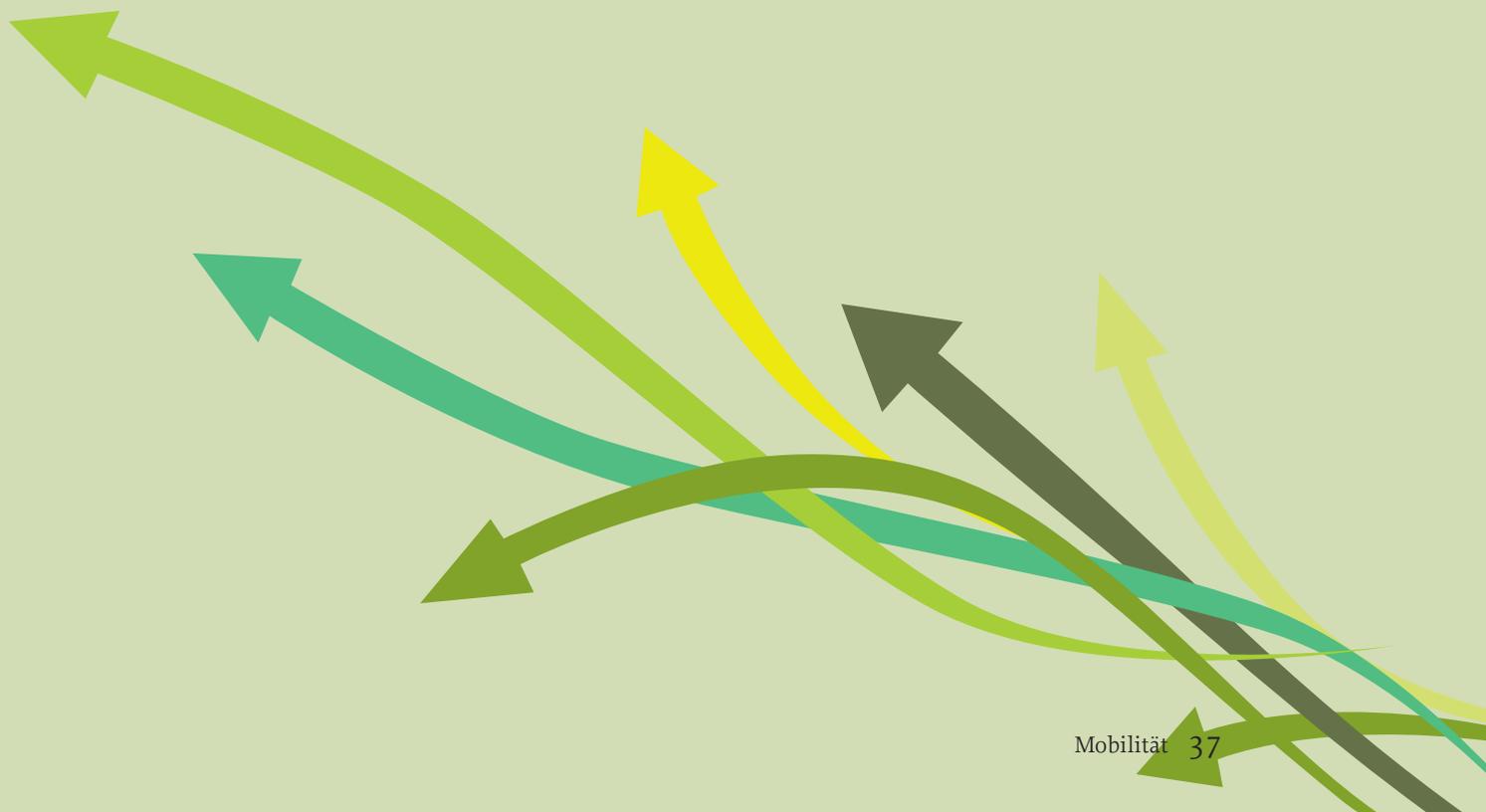
In elektrifizierten Fahrzeugen dominieren im Vergleich zu verbrennungsmotorisch betriebenen andere Störquellen das Schwingungs- und Akustikverhalten des Fahrzeugs, z. B. der Fahrbahn-Reifen-Kontakt, das Getriebe oder ein Range-Extender-Betrieb. Zudem erfordert die Elektrifizierung die Ausreizung von Leichtbaupotenzialen. Das Fraunhofer-Institut für Betriebsfestigkeit und Systemzuverlässigkeit LBF entwickelt Bewertungsverfahren dieser Eigenschaften sowie neuartige Lösungen des funktionsintegrierten, aktiven Leichtbaus. Dieser ermöglicht sowohl die sicherheitstechnische Überwachung von Leichtbauteilen als auch die aktive Verbesserung des Schwingungs- und Komfortverhaltens. Damit leistet das Fraunhofer LBF einen wesentlichen Beitrag zur Steigerung der Akzeptanz von Elektrofahrzeugen.

Prof. Dr.- Ing. Tobias Melz
Fraunhofer-Institut für Betriebsfestigkeit und Systemzuverlässigkeit LBF
www.lbf.fraunhofer.de
tobias.melz@lbf.fraunhofer.de



Mit Köpfchen zum Kunden

Ob urbane Versorgung oder weltweite Arbeitsteiligkeit – Warenaustausch und Logistik sind zu Grundpfeilern unseres modernen Lebens geworden. Dabei verläuft die Entwicklung des Transportsektors dynamischer als die anderer Branchen. Wissenschaft und Forschung sind gefordert und leisten vielfältige Beiträge für den effizienten und nachhaltigen Transport von Gütern.





Transport und Logistik sind Querschnittstechnologien: Sie beeinflussen praktisch alle Wirtschaftszweige.

In Deutschland belaufen sich die Dienstleistungen im Transportsektor auf rund 74 Milliarden Euro; das entspricht 4 Prozent der gesamten Bruttowertschöpfung. Doch die Transportlogistik hat darüber hinaus großen Einfluss auf weitere Wirtschaftszweige: Gemeinsam mit den Ausgaben für transportbezogene Dienstleistungen hat bereits jeder zehnte Euro, der in Deutschland ausgegeben wird, mit Transport zu tun und der Nutzen ist bei unserer arbeitsteiligen, stark auf Export wie Import angewiesenen Volkswirtschaft nicht hoch genug einzuschätzen.

Der Transportsektor verändert sich dabei hochdynamisch: Die weltweite Arbeitsteiligkeit von Wirtschaft und Produktion sorgt für ein überproportionales Wachstum, und zugleich ergeben sich durch kleiner werdende Sendungsgrößen strukturelle Veränderungen. Mehr und mehr Menschen nutzen Angebote des Online-Handels oder werden selbst Anbieter von gebrauchten oder neuen Waren.

Um dieses qualitative und quantitative Wachstum im Transportsektor zu ermöglichen und dabei ökonomisch



Logistik zwischen Produktion und Verkehr **Vernetzung sorgt für Leistung**

Die Abhängigkeit der Wirtschaft von Globalisierung, Urbanisierung und der Volatilität der Märkte beeinflusst zunehmend die Wertschöpfung (Produktion und Logistik). Um angemessen agieren zu können, ist der Verkehr als Ermöglicher der Wertschöpfung zu betrachten. Will man die Reaktionsfähigkeit dieser drei Systeme erhöhen, müssen die Rahmenbedingungen der angrenzenden Systeme bekannt, analysierbar und prognostizierbar sein. Die Technische Universität Darmstadt strebt zusammen mit der European Business School in ihrem Forschungsprojekt »Dynamo PLV« eine interdisziplinäre Betrachtung von Entscheidungen in Produktion, Logistik und Verkehr an und will damit einen Qualitätssprung für die Flexibilität und Nachhaltigkeit der Wertschöpfung erreichen.

Prof. Dr. Dr. h. c. Hans-Christian Pfohl
Technische Universität Darmstadt
Fachbereich Rechts- und Wirtschaftswissenschaften
www.dynamo-plv.de
pfohl@bw.tu-darmstadt.de



Dynamische Tourenplanung **Veränderungen sind eingeplant**

Ein ressourcenschonender Umgang in der Logistik erfordert eine sorgfältige Planung. Um dennoch flexibel auf kurzfristige Transportanfragen und Störungen im Prozessablauf reagieren zu können, werden am Fraunhofer-Institut für Verkehrs- und Infrastruktursysteme IVI Modelle und Algorithmen für die robuste dynamische Tourenplanung entwickelt. Eingebunden in eine Logistiksoftware ist es damit möglich, auf Veränderungen während der Planung und Durchführung automatisiert und in Echtzeit zu reagieren. Durch vorausschauende Berücksichtigung ungewisser Informationen und Ereignisse lässt sich eine neue Qualität der Tourenplanung erreichen. Die Pläne können so erstellt werden, dass sie hinsichtlich notwendiger Änderungen robust sind.

Dipl.-Math. oec. Axel Simroth
Fraunhofer-Institut für Verkehrs- und Infrastruktursysteme IVI
www.ivi.fraunhofer.de
axel.simroth@ivi.fraunhofer.de



Das weltweite Transportvolumen steigt auch in Zukunft; die Logistik muss daher aus ökonomischen wie ökologischen Gründen effizienter werden.

misch wie ökologisch nachhaltig zu gestalten, müssen eine Vielzahl an Herausforderungen bewältigt werden. Transporte müssen energieeffizienter werden, Logistik- und Unternehmensstandorte müssen auf den Prüfstand gestellt und Lieferketten optimiert werden. Dies ist nicht nur eine Voraussetzung, um die Klimaziele der Bundesregierung zu erfüllen, sondern auch die aus wirtschaftlicher Sicht beste Reaktion auf steigende Ölpreise. Die Budgets für Erhalt und Ausbau der Transportinfrastruktur waren in der Vergangenheit eine volkswirtschaftlich sinnvolle Investition und werden

es in vielen Fällen auch in Zukunft sein. Um den steigenden Bedarf nach Verkehrswegen zu decken, wäre global sogar eine Verdopplung der derzeitigen Investitionen in die Transportinfrastruktur auf etwa 41 Billionen US-Dollar bis zum Jahr 2030 erforderlich.

Wissenschaft leistet wichtige Beiträge, um Verkehrswege und verkehrslogistische Anlagen so effizient wie möglich zu nutzen. Optimale Betriebsstrategien sind für Containerterminals oder Stückgutspeditionsanlagen unverzichtbar, um die steigenden Sendungsmengen



Verkehrsaufkommen im Hamburger Hafen Entlastung des Verkehrs durch optimierte Abläufe

Im Auftrag der Hamburg Port Authority (HPA) hat das Deutsche Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR) Verkehrsbewegungen auf dem Gelände des Hamburger Hafens untersucht. Dabei wurden eine einwöchige Verkehrszählung und über 1 700 persönliche Interviews durchgeführt. Die Routen von 50 Lkws, die auf dem Hafengelände fahren beziehungsweise dort starteten oder ankamen, wurden ebenfalls aufgezeichnet. Die gewonnenen Informationen geben Aufschluss über Lärm- und Abgas-Hotspots, zum Parkverhalten der Fernverkehrs-Lkws, zu Nutzungsoptionen der Elektromobilität im Hafen und zu möglichen Maßnahmen zur Entlastung des Verkehrs auf dem Hafengelände. Darüber hinaus konnten erste Aussagen zu Verlagerungspotenzialen bei Parkplätzen außerhalb des Hafens gemacht werden.

Dr.-Ing. Verena Ehrler
Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt,
Mitglied in der Helmholtz-Gemeinschaft,
Institut für Verkehrsforschung
www.dlr.de/vf
verena.ehrler@dlr.de



Selbststeuernde Transportprozesse Der intelligente Container

Die Beanspruchung von Verkehrsträgern wie Straße und Schiene nimmt stetig zu. Um die Mobilität in hoher Qualität zu erhalten und zu verbessern, werden im DFG-geförderten Sonderforschungsbereich »Selbststeuerung logistischer Prozesse« Lösungen entwickelt. Logistische Objekte wie ein intelligenter Kühlcontainer oder das verderbliche Ladungsgut selbst können durch Aufnahme von aktuellen Informationen wie z. B. Verderblichkeitsgrad und Straßenauslastung während des unmittelbaren Transportprozesses im gegenseitigen Austausch Entscheidungen bspw. auf Basis eines Multi-Agentensystems treffen, die insbesondere bei unerwarteten Veränderungen für einen günstigen Transportverlauf sorgen. So können unnötige Verkehre reduziert und Transporte in hochdynamischen Situationen besser ausgenutzt werden.

Prof. Dr.-Ing. Bernd Scholz-Reiter
Universität Bremen
Bremer Institut für Produktion und Logistik (BIBA)
www.sfb637.uni-bremen.de
bsr@biba.uni-bremen.de



Der Warentransport ist in seinem heutigen und zukünftigen Umfang nur mithilfe spezialisierter IT-Lösungen realisierbar.

in Zukunft zu bewältigen. In innovativen IT-Lösungen werden Transporteinheiten mit mehr Informationen versehen und damit mehr dezentrale, autonome Entscheidungen ermöglicht. Grundlegende Forschungsarbeiten an den Nahtstellen von Logistik, Produktion und Verkehr helfen, durch bessere Erklärungsmodelle zu besseren Entscheidungen – in Politik, öffentlicher Verwaltung und den Unternehmen – zu gelangen.

Mit dem Anwachsen des Transportvolumens steigt auch der Anspruch an die Zuverlässigkeit der entspre-

chenden Technologien. Sicherungs- und Steuerungssysteme sind daher kontinuierlich weiterzuentwickeln, damit Effizienz und Sicherheit aller Verkehrsmittel und -wege ständig verbessert werden. IT-Systeme und innovative Transport- und Umschlagtechnologien helfen dabei, eine möglichst umweltfreundliche Güterverkehrslogistik zu realisieren, die auch morgen noch die Ver- und Entsorgung am Arbeitsplatz wie im Privathaushalt gewährleistet.



Stabilität braucht Wandel **Logistikanforderungen im Airbus-Konzern**

Transnationale Konzerne bewegen sich in einem Spannungsfeld zwischen nationalen Abhängigkeiten und globalen Marktanforderungen. Das Wissenschaftszentrum für Sozialforschung in Berlin untersucht die komplexen Logistikanforderungen eines solchen Konzerns am Beispiel von Airbus. Die konzerninterne Arbeitsverteilung auf die Standorte in Deutschland, Frankreich, England und Spanien steht dabei im Mittelpunkt. Eine Analyse des Zeitraums 1970–2010 zeigt eine im Kern stabile Aufteilung mit eingespielter Logistik. Erkennbar ist aber auch, dass sowohl das permanente »Wandern« kleinerer Arbeitspakete als auch die komplexer werdenden Produktionsprozesse wachsende Anforderungen an die internen und externen Logistiksysteme stellen, wie das Beispiel des A380 verdeutlicht.

Lisa Maria Arnold
Wissenschaftszentrum Berlin für Sozialforschung (WZB),
Mitglied der Leibniz-Gemeinschaft
Projektgruppe Modes of Economic Governance
www.wzb.eu
arnold@wzb.eu



Anlagenlogistik **Mit Statistik und Simulation zum Erfolg**

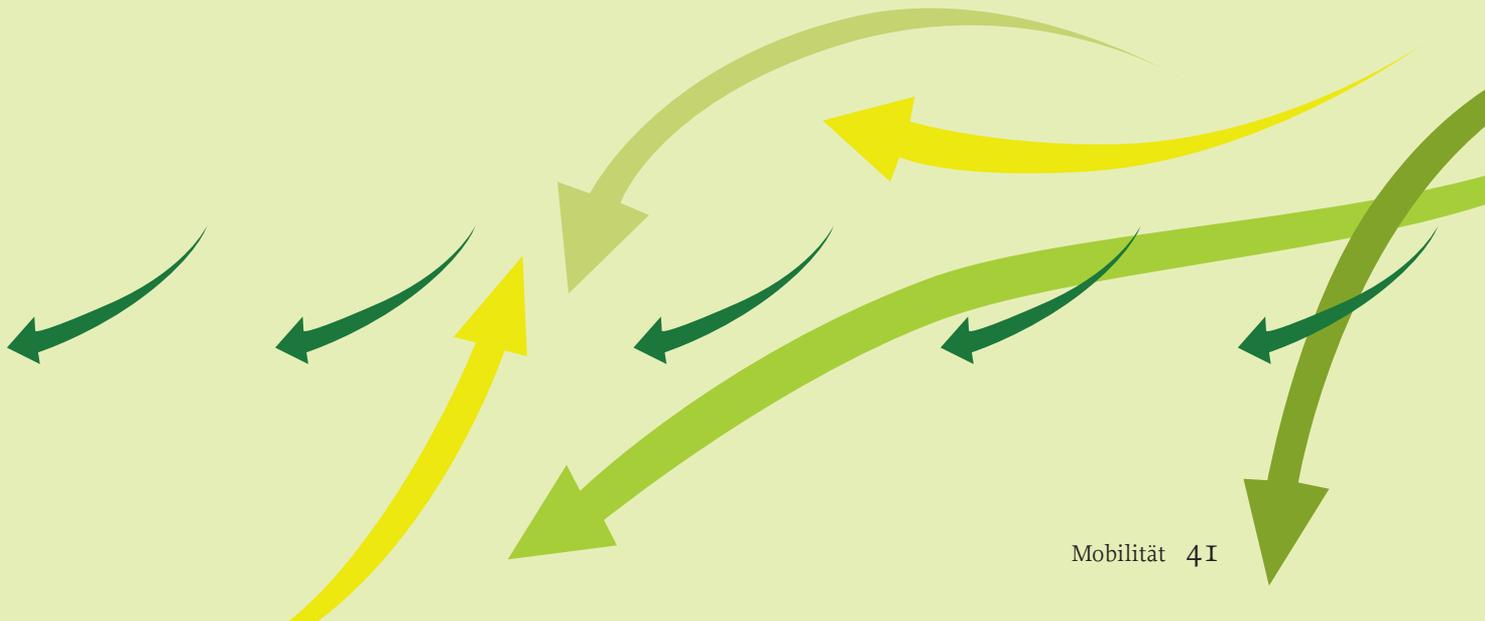
In logistischen Anlagen wie Containerterminals oder Speditionsanlagen sind die Prozesse mit ihrer zeitlichen Kopplung und den daraus resultierenden inner- und außerbetrieblichen Abhängigkeiten außerordentlich komplex. Eine Forschergruppe an der TU Dortmund entwickelt daher eine Methode zur Identifikation von logistischen Betriebsstrategien bzw. Strategiebündeln und testet diese am Beispiel einer Speditionsanlage. Dazu wird die diskrete ereignisgesteuerte Simulation mit der statistischen Methode der rekursiven Partitionierung kombiniert. Dies ermöglicht einen systematischen Vergleich logistischer Strategien und verringert zugleich den Aufwand von Simulationsprojekten bei realen logistischen Anlagen.

Prof. Dr.-Ing. Uwe Clausen
Technische Universität Dortmund
Institut für Transportlogistik
clausen@itl.tu-dortmund.de



Heute das Morgen denken

Kaum ein anderes Thema regt die Phantasie der Menschen so an wie die Zukunft der Mobilität. Spätestens seit dem Siegeszug des Automobils im vorigen Jahrhundert ist die fast unbegrenzte Mobilität für uns zur Selbstverständlichkeit geworden. Dabei wird leicht vergessen, auf welchem hohem Niveau sich unsere Ansprüche eingependelt haben. Nun müssen wir allerdings erkennen, dass in der Zukunft ganz neue, schwierigere Probleme anzugehen sind als bisher, um bei sich ständig ändernden Randbedingungen diese Ansprüche noch befriedigen zu können.



Bei den Planungen künftiger Technologien und Systeme muss berücksichtigt werden, dass der Bedarf an Mobilität von Menschen und Gütern weiter steigen wird.



Schaut man ein wenig in die Geschichte der Mobilität, so ist im Prinzip immer alles anders gekommen, als man es sich seinerzeit vorgestellt hat. Ein Vergleich der Prognosen von gestern für heute lassen einen sehr vorsichtig werden bei den Vorhersagen für morgen. Anstatt sich mit überschäumendem Optimismus gewagten Zukunftsvisionen hinzugeben, erscheint es tatsächlich sinnvoller, sich mit den Problemen und Risiken genauer auseinanderzusetzen.

Dabei gibt es eben Fakten am Rande, die sich nicht

einfach wegdiskutieren lassen. Es wird dann leicht auf zu erwartende Fortschritte der Wissenschaft verwiesen, aber da schwingt viel Hoffnung mit und genau da beginnt die Unsicherheit in den Vorhersagen. Klar ist, dass Mobilität im globalen Rahmen gesehen werden muss, den Blick lediglich auf Deutschland oder Mitteleuropa zu richten ist wenig hilfreich.

In dieser globalen Sicht stellt man erst mal fest, dass die Weltbevölkerung dramatisch wächst, mit zunehmendem Anspruch auf das gleiche Mobilitätsverhalten,



Alternativen zum Privat-Pkw

Was bewegt Familien im ländlichen Raum?

Im ländlichen Raum ist die Abhängigkeit vom privaten Pkw sehr groß. Das bedeutet, auch angesichts steigender Mobilitätskosten, bereits in naher Zukunft eine große Herausforderung. Ansätze für alternative ländliche Mobilitätsangebote gibt es zwar, unbekannt ist jedoch, in welchem Verhältnis diese Ansätze zu Familien und ihrem Alltag stehen. Für die Suche nach Konzepten für umwelt- und familiengerechte Mobilität werden Landfamilien in Ost- und Westdeutschland zu ihrer Alltagsmobilität und ihren Zukunftsvorstellungen befragt. Gemeinsam mit dem Wuppertal Institut für Klima, Umwelt, Energie werden Beispiele für alternative Mobilitätskonzepte zusammengestellt und ihr Umweltbeitrag abgeschätzt. Das Projekt wird gefördert durch die Deutsche Bundesstiftung Umwelt.

Prof. Dr.-Ing. Christine Ahrend
Melanie Herget
Technische Universität Berlin
Fachgebiet Integrierte Verkehrsplanung
www.verkehrsplanung.tu-berlin.de/ufm
christine.ahrend@tu-berlin.de; melanie.herget@tu-berlin.de



»Mobilität 2050«

Kombination von Bahn und Taxidiensten

Halte von Zügen mit nur wenigen Ein- und Aussteigern sind für andere Reisende und auch betriebswirtschaftlich nachteilig. Im Rahmen der Nachhaltigkeitsstrategie des Landes Hessen erforscht das Teilprojekt »Mobilität 2050«, welche Vor- und Nachteile sich ergeben, wenn kleine Haltepunkte durch die Bedienung über Taxidienste von und zu benachbarten Bahnhöfen substituiert werden. Dazu werden u. a. Reisezeiten, Akzeptanz, Nutzerkosten und Betreiberkosten untersucht sowie Randbedingungen für eine regionale Übertragbarkeit dieser Maßnahmen identifiziert. Ziel ist die Bewertung solcher Substitutionen unter Berücksichtigung flexibler Betriebsformen in einem integrierten Ansatz mit teilweiser Neukonzeption des Liniennetzes.

Prof. Dr.-Ing. Manfred Boltze
Technische Universität Darmstadt
Verkehrsplanung und Verkehrstechnik
www.verkehr.tu-darmstadt.de/vv
boltze@verkehr.tu-darmstadt.de



Die Organisation der Mobilität in Ballungsräumen wird stets eine besondere Herausforderung sein.

wie wir es gewohnt sind. Zudem wachsen die Städte weltweit, mehr als 50 Prozent der Menschen leben mittlerweile dort. Leider aber steht der Verkehr immer am Ende der Planung wachsender Wirtschaften, so dass Probleme vorprogrammiert sind.

In Deutschland schrumpft die Bevölkerung, mit rückläufigem Verkehr. Aber als Ost-West-Transitland haben wir den wachsenden Güterverkehr zu bewältigen. Unsere Infrastruktur wird nicht mehr wesentlich wachsen, allenfalls Spurerweiterungen wird es geben,

abhängig von den zur Verfügung stehenden finanziellen Mitteln. Es gilt also, die vorhandenen Ressourcen optimaler zu nutzen. Dazu gibt es viele Konzepte. Die Verkehrsinformation und -prognose spielen dabei eine entscheidende Rolle. Viele Informationssysteme gibt es schon heute, aber die Prognosen haben noch viel Entwicklungspotenzial.

Das menschliche Verhalten bleibt dabei aber immer ein nicht zu unterschätzender Unsicherheitsfaktor. Das wird sich in der Zukunft auch nicht ändern. Ganz im Gegen-



Vorhersage durch Simulation

Analyse verkehrsplanerischer Maßnahmen

Wie kann Verkehr verbessert werden? Wie wirkt sich der Bau einer neuen Straße auf das Verkehrssystem aus? Können hohe Baukosten durch Alternativen vermieden werden? Das Fachgebiet für Verkehrssystemplanung und Verkehrstelematik der TU Berlin bearbeitet derartige Fragen mit einer Simulationssoftware, die gemeinsam mit der ETH Zürich und Industriepartnern entwickelt wird. Schwerpunkte liegen auf der Ausarbeitung, Modellierung und Simulation von verkehrsplanerischen Maßnahmen. Dazu zählen sowohl Verbesserungen der Infrastruktur als auch nichtbauliche Maßnahmen, wie etwa Maut, Telematik oder innovative Mobilitätskonzepte. Gestützt auf die Simulationen, werden die Auswirkungen der Maßnahmen auf Mensch und Umwelt analysiert und bewertet.

Prof. Dr. Kai Nagel
Technische Universität Berlin
Verkehrssystemplanung und Verkehrstelematik,
Fakultät V, Institut für Land- und Seeverkehr
www.vsp.tu-berlin.de
nagel@vsp.tu-berlin.de

Nachhaltigkeit auf dem Prüfstand

ÖPNV: Neue Herausforderungen in der Stadtplanung

Demographische Veränderungen und die Veränderung von Transportwegen durch die Internetwirtschaft (digital economy) stellen Stadtplanung und öffentlichen Personennahverkehr (ÖPNV) vor immer neue Herausforderungen. Der Bevölkerungszuwachs an Stadträndern sorgt für höheres Verkehrsaufkommen, das Nachhaltigkeitsbestrebungen entgegensteht. Michal Beim, seit 2009 Stipendiat der Alexander von Humboldt-Stiftung an der TU Kaiserslautern, untersucht anhand von Fallstudien vergleichend den Zusammenhang zwischen Raum- und Verkehrsplanung, unter Berücksichtigung der demographischen Entwicklung, der Bedürfnisse der Bevölkerung und der Nachhaltigkeitspolitik. Ziel ist es, Handlungsempfehlungen für Entscheidungsträger zu erarbeiten und die Ergebnisse der internationalen Forschergemeinschaft zur Verfügung zu stellen.

Dr. Michal Beim
Technische Universität Kaiserslautern
Institut für Mobilität und Verkehr (imove)
www.imove-kl.de
michal.beim@imove-kl.de

Mobilität braucht Energie. Heute werden als Treibstoffe noch fast ausschließlich Erdölprodukte wie Benzin und Diesel eingesetzt.



teil: Die Menschen ändern sich mehr, als man angenommen hat oder annehmen konnte. Das Internet ersetzt viele Kontakte, die früher mit Mobilität verbunden waren. Bei der jüngeren Generation spielt das Auto längst nicht mehr die Rolle, die es mal vor 20 bis 30 Jahren hatte. Ein Ende dieser Entwicklung ist nicht abzusehen.

Dazu kommt die demographische Entwicklung. Wie mobil werden die über Sechzigjährigen in 25 Jahren sein? Wie wird sich der öffentliche Verkehr entwickeln? Und schließlich: Wird die direkte Finanzierung

der Infrastruktur durch Maut Verkehr reduzieren (oder sogar lenken)? Dazu kommen natürlich die Vorgaben der Verminderung der Umweltbelastung, was auch immer dort das Thema ist.

Der größte Engpass in der mobilen Zukunft wird aber die Antriebsenergie sein. Abzusehen ist der »Peak-Oil«, wenn er nicht schon überschritten ist, also der Punkt der höchsten Erdölförderung weltweit. Vielleicht werden noch weitere Vorkommen gefunden und erschlossen, ein Ende ist aber absehbar. Bisher hat sich



Renaissance der Städte Zukunftschancen des ÖPNV

Dem ÖPNV bieten sich mit den soziodemographischen Entwicklungen in den kommenden Dekaden neben Herausforderungen auch Chancen. Erste empirische Indizien sprechen für einen »Trend zurück zur Stadt«. Quartiere in innerstädtischen Lagen werden aufgrund der Nähe zu vielfältigen Angeboten des täglichen Bedarfs zunehmend wieder als attraktives Wohnumfeld wahrgenommen. Ziel des Forschungsvorhabens ist die Bewertung der Chancen und Risiken des ÖPNV während einer »Renaissance der Städte«. Es soll geklärt werden, wie und in welchem Maß eine Renaissance der Städte dazu beitragen kann, die ÖPNV-Nachfrage positiv zu beeinflussen. Darüber hinaus wird untersucht, welche stadt- und verkehrsplanerischen Strategien hierbei fördernd oder hemmend wirken.

Univ.-Prof. Dr.-Ing. Dirk Vallée
RWTH Aachen
Lehrstuhl und Institut für Stadtbauwesen und Stadtverkehr (ISB)
www.isb.rwth-aachen.de
vallee@isb.rwth-aachen.de



Anwendungsplattform Intelligente Mobilität Eine Stadt als Forschungslabor

Mit der Anwendungsplattform Intelligente Mobilität (AIM) macht das Deutsche Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR) mit mehreren Partnern die Stadt und Region Braunschweig zum komplexen Forschungslabor für Mobilität. AIM nutzt das reale verkehrliche Umfeld Braunschweigs und beinhaltet speziell ausgestattete Teststrecken ebenso wie verschiedene Simulationen. Als offene und flexible Plattform ist AIM auf Nachhaltigkeit und Wiederverwendbarkeit ausgelegt. Zur Erhöhung der Sicherheit, für einen effizienten Verkehrsablauf und die Schonung von Ressourcen sind fünf Forschungsschwerpunkte in AIM verankert: Verkehrsflussoptimierung, Intermodale Mobilität, Zukünftige Mobilitätskonzepte, Markteinführung und Migration sowie Mobilitätsbewusstsein.

Dr. Lars Schnieder
Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt,
Mitglied in der Helmholtz-Gemeinschaft,
Institut für Verkehrssystemtechnik
www.dlr.de/ts
lars.schnieder@dlr.de



Die technische und logistische Entwicklung schreitet voran: Die Mobilität von morgen wird umweltschonender und menschenfreundlicher werden.

der Verkehrsteilnehmer nicht viele Gedanken um die Energieversorgung gemacht.

Das Abschalten von Atomkraftwerken, der abzusehende Engpass beim Erdöl, die ethische Diskussion um Biokraftstoffe («Table or Tank») oder die Hoffnung auf die Brennstoffzelle, überall zeigen sich enge Grenzen. Die Eisenbahn mit weniger Strom, der Flugverkehr ohne Kerosin, die Autos mit teurem Benzin und Diesel: Wir werden uns umstellen müssen. Elektroautos werden im innerstädtischen Verkehr eine Rolle spielen, für

den Fernverkehr taugen sie nach heutigen Erkenntnissen nicht. Der Individualverkehr wird aber weiter seine Bedeutung behalten. Die damit errungenen Freiheiten werden nicht so einfach aufgegeben werden.

Hier ist mehr als jemals zuvor die Wissenschaft gefragt, Konzepte zu entwickeln, die das hohe Mobilitätsniveau von heute erhalten können. Die Kopie, kooperativen (!) tierischen Verhaltens kann da ein Vorbild sein. Projekte dazu gibt es mittlerweile viele. Aber hauptsächlich an der Energiefrage wird sich die mobile Zukunft entscheiden.



Elektromobilität im Wirtschaftsverkehr **Emissionsfreier Transport in Metropolen**

Um die Attraktivität der Innenstädte zu erhalten, müssen Verkehrsstrukturen geändert werden, ohne negative Wirtschaftseffekte nach sich zu ziehen. Alternative Ansätze der innerstädtischen Versorgung bedürfen jedoch neuer Fahrzeug- und Transportkonzepte, die Kosten senken und die Verteilung in verkehrsbeschränkten Stadtgebieten ermöglichen. Das Fraunhofer-Institut für Produktionsanlagen und Konstruktionstechnik IPK erprobt daher im Rahmen der Modellregionen des Bundesverkehrsministeriums vollelektrische Nutzfahrzeuge im operativen Einsatz. Ziel ist es, die Potenziale für Verkehr, Logistik und Umwelt zu ermitteln. Ein Ergebnis ist der MicroCarrier, der die Kosten beim Umschlag und bei der teuren »Letzten Meile« deutlich senkt.

Prof. Dr. h. c. Dr.-Ing. Eckart Uhlmann
Fraunhofer-Institut für Produktionsanlagen und
Konstruktionstechnik IPK
www.ipk.fraunhofer.de
eckart.uhlmann@ipk.fraunhofer.de



Car-2-X Communication **Schwarmintelligenz nutzbar machen**

Durch Kommunikation untereinander können sich die Individuen eines Tierschwarmes stau- und unfallfrei fortbewegen. Künftig werden auch Fahrzeuge durch spezielle Funknetze mit einer Reichweite von circa 300 Metern miteinander kommunizieren können. Im Forschungsprojekt »Next Generation Car-2-X Communication« an der Universität Duisburg-Essen wird untersucht, wie sich diese Schwarmintelligenz mittels Fahrzeug-Fahrzeug-Kommunikation auf den Straßenverkehr übertragen lässt. Computersimulationen mit Zellularautomaten zeigen, dass schon 5 Prozent kommunizierender Fahrzeuge im Berufsverkehr genügen, um die Reisezeit aller Verkehrsteilnehmer signifikant zu verbessern. Ist jedes vierte Fahrzeug mit Funk ausgestattet, könnten viele Staus fast vollständig verhindert werden.

Prof. Dr. Michael Schreckenber
Universität Duisburg-Essen
Physik von Transport und Verkehr
www.uni-due.de/ptt/
schreckenber@ptt.uni-due.de

Allianz der Wissenschaftsorganisationen

Die Allianz der Wissenschaftsorganisationen ist ein Zusammenschluss wichtiger deutscher Forschungsorganisationen. Die Federführung wechselt unter den beteiligten Partnern. Zu der Allianz gehören:

Alexander von Humboldt-Stiftung

Jean-Paul-Straße 12
53173 Bonn
Telefon +49 228 833-0
Fax +49 228 833-199
info@avh.de
www.humboldt-foundation.de
Präsident: Prof. Dr. Helmut Schwarz

Die Alexander von Humboldt-Stiftung fördert Wissenschaftskooperationen zwischen exzellenten ausländischen und deutschen Forscherinnen und Forschern.

Deutscher Akademischer Austauschdienst e.V.

Kennedyallee 50
53175 Bonn
Telefon +49 228 882-0
Fax +49 228 882-444
postmaster@daad.de
www.daad.de
Vizepräsident: Prof. Dr. Max G. Huber

Der Deutsche Akademische Austauschdienst (DAAD) ist weltweit die größte Organisation für den internationalen Akademikeraustausch. Er fördert die Internationalität der deutschen Hochschulen, stärkt die deutsche Sprache im Ausland, unterstützt Entwicklungsländer beim Aufbau leistungsfähiger Hochschulen und berät die Entscheider in der Kultur-, Bildungs- und Entwicklungspolitik.

Deutsche Forschungsgemeinschaft e.V.

Kennedyallee 40
53175 Bonn
Telefon +49 228 885-1
Fax +49 228 885-2777
postmaster@dfg.de
www.dfg.de
Präsident: Prof. Dr.-Ing. Matthias Kleiner

Die Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG) ist die Selbstverwaltungsorganisation der Wissenschaft in Deutschland. Sie dient der Wissenschaft in allen ihren Zweigen durch die finanzielle Unterstützung von Forschungsaufgaben und durch die Förderung der Zusammenarbeit unter den Forscherinnen und Forschern.

Fraunhofer-Gesellschaft zur Förderung der angewandten Forschung e.V.

Hansastraße 27 c
80686 München
info@zv.fraunhofer.de
www.fraunhofer.de
Präsident: Prof. Dr. Hans-Jörg Bullinger

Die Fraunhofer-Gesellschaft betreibt anwendungsorientierte Forschung zum Nutzen der Wirtschaft und zum Vorteil der Gesellschaft. Ihre Forschungsfelder orientieren sich an den Bedürfnissen der Menschen: Gesundheit, Sicherheit, Kommunikation, Mobilität, Energie und Umwelt.

**Helmholtz-Gemeinschaft
Deutscher Forschungszentren e.V.**

Ahrstraße 45
53175 Bonn
Telefon +49 228 30818-0
Fax +49 228 30818-30
org@helmholtz.de
www.helmholtz.de
Präsident: Prof. Dr. Jürgen Mlynek

Die Helmholtz-Gemeinschaft leistet wichtige Beiträge zur Lösung großer und drängender Fragen von Gesellschaft, Wissenschaft und Wirtschaft. Dazu dienen wissenschaftliche Spitzenleistungen in den sechs Forschungsbereichen Energie, Erde und Umwelt, Gesundheit, Schlüsseltechnologien, Struktur der Materie sowie Luftfahrt, Raumfahrt und Verkehr.

Hochschulrektorenkonferenz

Ahrstraße 39
53175 Bonn
Telefon +49 228 887-0
Fax +49 228 887-110
post@hrk.de
www.hrk.de
Präsidentin:
Prof. Dr. Margret Wintermantel

Die Hochschulrektorenkonferenz ist der freiwillige Zusammenschluss der staatlichen und staatlich anerkannten Universitäten und Hochschulen in Deutschland. Sie ist die Stimme der Hochschulen gegenüber Politik und Öffentlichkeit und das Forum für den gemeinsamen Meinungsbildungsprozess der Hochschulen.

**Wissenschaftsgemeinschaft
Gottfried Wilhelm Leibniz e.V.**

Eduard-Pflüger-Straße 55
53113 Bonn
Telefon +49 228 30815-0
Fax +49 228 30815-255
info@leibniz-gemeinschaft.de
www.wgl.de
Präsident: Prof. Dr. Karl Ulrich Mayer

In der Leibniz-Gemeinschaft haben sich 86 Forschungseinrichtungen zusammengeschlossen, die wissenschaftliche Fragestellungen von gesamtgesellschaftlicher Bedeutung bearbeiten. Sie stellen Infrastruktur für Wissenschaft und Forschung bereit und erbringen forschungsbasierte Dienstleistungen – Vermittlung, Beratung, Transfer – für Öffentlichkeit, Politik, Wissenschaft und Wirtschaft.

**Max-Planck-Gesellschaft zur
Förderung der Wissenschaften e.V.**

Hofgartenstraße 8
80539 München
Telefon +49 89 2108-0
presse@gv.mpg.de
www.mpg.de
Präsident: Prof. Dr. Peter Gruss

Die Max-Planck-Gesellschaft betreibt Grundlagenforschung in den Natur-, Bio-, Geistes- und Sozialwissenschaften im Dienste der Allgemeinheit. Ihre Institute greifen insbesondere neue, besonders innovative Forschungsrichtungen auf, die an den Universitäten in Deutschland noch keinen oder keinen angemessenen Platz gefunden haben.

**Deutsche Akademie der
Naturforscher
Leopoldina –
Nationale Akademie der
Wissenschaften**

Emil-Abderhalden-Straße 37
06108 Halle (Saale)
Telefon +49 345 47239-0
Fax +49 345 47239-19
leopoldina@leopoldina.org
www.leopoldina.org
Präsident: Prof. Dr. Jörg Hacker

Die Leopoldina – Nationale Akademie der Wissenschaften – ist die älteste Gelehrten-gesellschaft in Deutschland. Sie bringt exzellente Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler zusammen, die Politik und Gesellschaft in Wissenschaftsfragen beraten.

Wissenschaftsrat

Brohler Straße 11
50968 Köln
Telefon +49 221 3776-0
Fax +49 221 388440
post@wissenschaftsrat.de
www.wissenschaftsrat.de
Vorsitzender:
Prof. Dr.-Ing. Wolfgang Marquardt

Der Wissenschaftsrat berät die Bundesregierung und die Regierungen der Länder in Fragen der inhaltlichen und strukturellen Entwicklung der Hochschulen, der Wissenschaft und der Forschung.

Herausgeber

Allianz der Wissenschaftsorganisationen

Broschüren Reihe

Wir erforschen: Energie

Wir erforschen: Gesundheit

Wir erforschen: Kommunikation

Wir erforschen: Sicherheit

Wir erforschen: Mobilität

Redaktion der Broschüre

»Wir erforschen: Mobilität«

Dr.-Ing. Christian Piehler

Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR)

Linder Höhe

51147 Köln

christian.piehler@dlr.de

Christa Schraivogel (Bild)

Fraunhofer-Gesellschaft

Autoren der Broschüre

»Wir erforschen: Mobilität«

– Prof. Dr.-Ing. Horst E. Friedrich, DLR

– Prof. Dr.-Ing. Karsten Lemmer, DLR

– Prof. Dr. Barbara Lenz, DLR

– Dr.-Ing. Christian Piehler, DLR

– Prof. Dr.-Ing. Uwe Clausen,

Fraunhofer-Gesellschaft

– Prof. Dr. Michael Schreckenber,

Universität Duisburg-Essen

Bildnachweis

– plainpicture: Titelbild, 41

– panthermedia: 6, 7 oben bis 9 oben, 11 oben bis 13 oben, 13 unten links, 16 oben, 20 oben, 21 oben, 24 oben, 26 oben, 27 oben, 35 oben, 39 unten rechts, 42 oben, 43 oben

– IPEK: 7 unten rechts

– BMW: 8 unten links

– Stöckelhuber, Klaus-Werner: 8 unten rechts

– Universität Paderborn: 10 unten rechts

– dpa: 10 oben, 28 oben, 31 oben, 33 oben, 36 oben

– TU München: 11 unten links, 12 unten rechts, 36 unten links

– MEV: 14 oben, 16 unten rechts, 17 unten rechts, 22 oben, 23, 37, 40 oben, 44 oben

– Euroluftbild.de: 15

– Bombardier Transportation: 17 oben

– Flughafen München: 18 oben

– Getty Images: 21 oben

– Universität Braunschweig: 18 unten rechts, 21 unten rechts

– RWTH Aachen: 20 unten links,

TU Dresden: 21 unten links

– Hoppe, Michael (FVT): 22 unten links

– Verkehrsverbund Rhein Ruhr:

28 unten links

– Meyer, Gereon: 29

– Nationale Plattform Elektromobilität: 30 oben

– Siemens AG: 30 unten links

– Autocluster.NRW: 31 unten rechts

– Audi AG Seite 33 unten rechts

– Griesch, Axel: 34 unten rechts

– TU Berlin: 35 unten links, 42 unten links, 43 unten links

– Classen, Bernhard: 38 oben

– fotolia: 30 unten links, 38 unten links

– Universität Dortmund: 40 unten rechts

– Beim, Michal: 43 unten rechts

– MVG München: 44 unten links

– Caro / Muhs: 45 oben

– Daimler AG: 45 unten rechts

Alle übrigen Abbildungen:

© Fraunhofer-Gesellschaft, Helmholtz-Gemeinschaft/Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR), Leibniz-Gemeinschaft, Max-Planck-Gesellschaft

Bei Abdruck ist die Einwilligung der Redaktion erforderlich.

Gesamtredaktion

– Adelheid Adam,
Fraunhofer-Gesellschaft

– Dr. Christina Beck,
Max-Planck-Gesellschaft

– Peter Hergersberg,
Max-Planck-Gesellschaft

– Dr. Thomas Köster,
Deutsche Forschungsgemeinschaft

– Franz Miller,
Fraunhofer-Gesellschaft

– Simon Neuenhöfer,
Helmholtz-Gemeinschaft

– Dr.-Ing. Christian Piehler,
Helmholtz-Gemeinschaft

– Dr. Georg Rosenfeld,
Fraunhofer-Gesellschaft

– Christa Schraivogel,
Fraunhofer-Gesellschaft

– Dr. Eva-Maria Streier,
Deutsche Forschungsgemeinschaft

– Dr. Martin Thum,
Fraunhofer-Gesellschaft

– Janine Tychsen,
Helmholtz-Gemeinschaft

– Josef Zens,
Leibniz-Gemeinschaft

– Dr. Detlef Zukunft,
Helmholtz-Gemeinschaft

Gestaltung, Satz und Lithografie

Vierthaler & Braun, München

Druck

J. Gotteswinter GmbH, München

Februar 2012

