

**FRAUNHOFER RAIL  
KOMPETENZEN UND DIENSTLEISTUNGEN**



# FRAUNHOFER RAIL

## Vorwort

Schnell, sicher, zuverlässig, umweltorientiert und dem Gemeinwohl verpflichtet soll der Schienenverkehr sein, wirtschaftlich geführt die Bahnunternehmen – Anforderungen, die sich nicht selten widersprechen und doch miteinander vereinbart werden müssen.

Die Fraunhofer-Allianz Verkehr Rail (Fraunhofer Rail) ist ein Zusammenschluss von Fraunhofer-Instituten, der es sich zum Ziel gesetzt hat, Bahnunternehmen, Infrastrukturbetreiber, Hersteller von Schienenfahrzeugen und Logistik-dienstleister bei der Erfüllung dieser Anforderungen zu unterstützen.

Fraunhofer Rail bündelt das Fachwissen, die Erfahrung und die Forschungsthemen von acht Fraunhofer-Instituten.

Das Spektrum der Forschungsthemen reicht von der Verkehrs- und Netzplanung bis zum Entwickeln von Trassenpreissystemen, vom Optimieren der Fertigungsprozesse in der Fahrzeugherstellung bis zum Verbessern des Fahrgastkomforts, von der Auswahl geeigneter Werkstoffe bis zum Entwickeln von Messgeräten und Konzepten für das Überwachen von Infrastruktur, Schienenfahrzeugen und Frachtgütern, vom Reduzieren der Lärm- und Schadstoffemissionen bis zu satellitengestützten Fußgängerleitsystemen und dem „Mobile Ticketing“.

Seine Kompetenz hat Fraunhofer Rail bereits im Auftrag der Europäischen Union, des Umweltbundesamtes, der Deutschen Bahn u.a. internationalen Organisationen und Unternehmen unter Beweis gestellt.

## Preface

Rail traffic should be quick, safe, reliable, environmentally compatible and service the public. On the other hand Railway companies must operate economically. These -often contradictory- requirements have to be combined.

The Fraunhofer Transport Alliance Rail (Fraunhofer Rail) is an association of Fraunhofer Institutes, which help organisations like railway operators, rolling stock manufacturers and logistic service providers to meet this challenge.

Fraunhofer Rail concentrates specific know-how, experience and research capacity of eight individual Fraunhofer-institutes.

The spectrum of the research subjects covers traffic and network planning, route pricing, optimizing the production process of vehicles, improving the passenger's comfort and selecting suitable materials. Further activities include developing of measuring instruments, and concepts for monitoring of infrastructure, rail cars and freights. Additional areas of work comprise reducing noise and pollutant emissions, satellite-supported pedestrian's navigation and „Mobile Ticketing“.

Fraunhofer Rail has proved its competence in successful projects for the European Union, the Federal Environment Agency, the Deutsche Bahn and many other international organizations and companies.

## Inhalt

Fraunhofer Rail

- Vorwort 2
- Kompetenz durch Kooperation 4

Eisenbahninfrastruktur

- Planung und Entwicklung 6
- Betrieb 7
- Wartung und Instandhaltung 8

Güterverkehr und Logistik

- Planung 10
- Prozessoptimierung 11
- Informations- & Kommunikationssysteme 12

Rollendes Material

- Entwicklung 14
- Herstellung 15
- Betrieb 16
- Instandhaltung und Zustandsüberwachung 17

Personenverkehr

- Planung 19
- Betrieb 20
- Informationstechnologien 21

Über uns

- Kontaktinformationen 23
- Impressum 23

## Content

Fraunhofer Rail

- Preface 2
- Competence through cooperation 4

Rail infrastructure

- Planning and development 6
- Operation 7
- Service and maintenance 8

Goods traffic and logistics

- Planning 10
- Process optimization 11
- Information and communication systems 12

Rolling stock

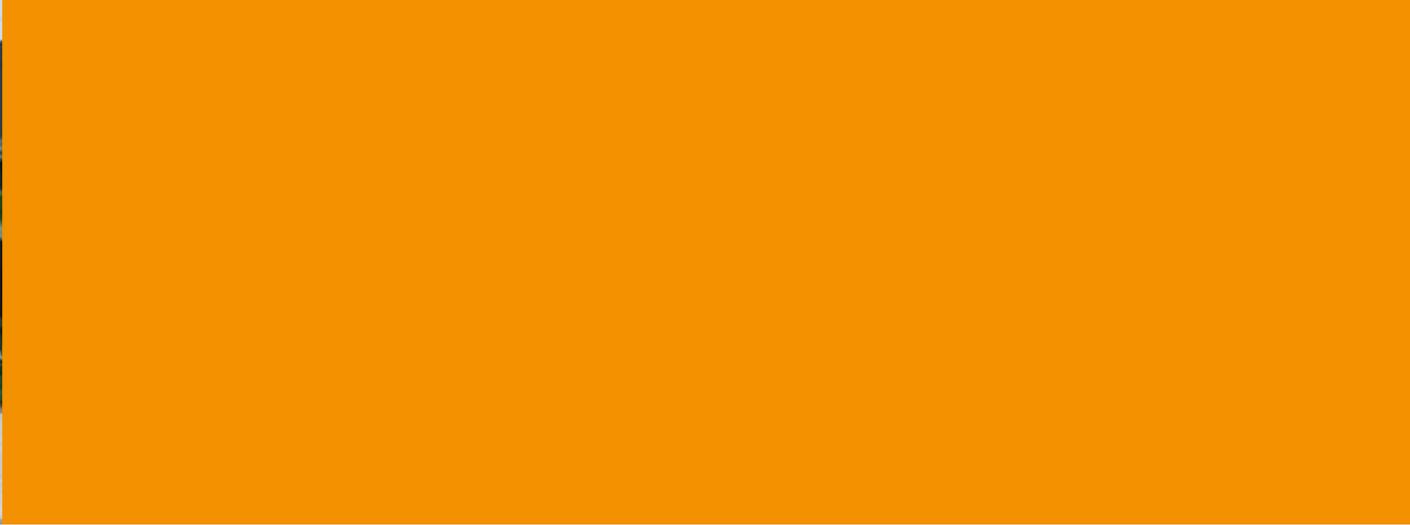
- Development 14
- Manufacture 15
- Operation 16
- Maintenance and status monitoring 17

Passenger transport

- Planning 19
- Operation 20
- Information technologies 21

About us

- Contact information 23
- Editorial notes 23



### Kompetenz durch Kooperation

Diese Broschüre gibt einen Überblick über das Leistungsangebot der Fraunhofer-Gesellschaft im Bereich Bahntechnologie.

Fraunhofer Rail ist eine Initiative der Fraunhofer-Allianz Verkehr, welche die Kompetenzen der Fraunhofer-Institute in diesem Bereich bündelt und Ihnen das Finden von Ansprechpartnern erleichtert.

### Competence through cooperation

This brochure summarizes the offerings of the Fraunhofer-Gesellschaft in the rail sector.

Fraunhofer Rail is an initiative of the Fraunhofer Transport Alliance which bundles the competences of the Fraunhofer institutes operating in rail technology and facilitates finding of contact persons.

## EISENBAHNINFRASTRUKTUR RAIL INFRASTRUCTURE

Die tägliche Organisation des Personen- und Güterverkehrs ist eine logistische Meisterleistung, die eine funktionierende Infrastruktur voraussetzt. Eine funktionierende Infrastruktur bedeutet geringe Störanfälligkeit und hohe Sicherheit bei gleichzeitiger Wirtschaftlichkeit.

Dieses Ziel vor Augen arbeitet Fraunhofer Rail an Simulationsverfahren, Analysen, Konzepten und Messgeräten, die Infrastrukturbetreiber beim Planen, Entwickeln, Betreiben, Warten und Instandhalten der Infrastruktur unterstützen.

The daily organization of passenger and goods traffic is a great logistical feat, and it requires a functioning infrastructure. Functioning infrastructure means a low degree of susceptibility to breakdowns and a high level of safety, with commercial viability ensured at the same time.

With this target in mind, Fraunhofer Rail works on simulation procedures, analyses, concepts and measuring-devices to support infrastructure operators in planning, development, operation, servicing and maintenance.



## Planung und Entwicklung

Die Infrastruktur von Eisenbahnen hat eine Komplexität erreicht, die mit einfachen Ursache-Wirkungsketten nicht mehr präzise beschrieben werden kann. Hier setzen die Wissenschaftler von Fraunhofer Rail an:

- Mit dem Verkehrs- und Wirtschaftsmodell ASTRA entwerfen sie Verkehrsszenarien, die verschiedene politische Strategien, Annahmen zur Verkehrsnachfrage und Maßnahmen zum Infrastrukturausbau berücksichtigen. Aus dem Systemmodell können sie Trends im Personen- und Güterverkehr ableiten, den Einsatz neuer Technologien sowie verschiedener Preis- und Infrastrukturausbau-Szenarien bewerten und Effekte auf Handel, Löhne und Beschäftigung vorhersagen.
- In Verkehrssimulationen stellen die Wissenschaftler das Verkehrsgeschehen in Schienennetzen nach. Indem sie prüfen, wie sich z.B. der Bau eines Überholgleises oder das Erhöhen der Taktfrequenz auswirken, können sie Engpässe identifizieren und Maßnahmen zum Um- und Ausbau sowie zur besseren Kapazitätsauslastung des Schienennetzes empfehlen.

Höhere Achslasten und steigende Fahrgeschwindigkeiten belasten die Gleise. Fraunhofer Rail entwickelt Simulations- und Berechnungsverfahren, um Verschleiß und Materialermüdung an Schienen und Weichen, aber auch die Qualität von Schweißprozessen zu bewerten. So können bereits bei der Infrastrukturplanung geeignete Werkstoffe und Schweißprozesse ausgewählt werden.

## Planning and development

The infrastructure of railways has now become so complex that it can no longer be described accurately with simple cause-and-effect chains. This is where the scientists at Fraunhofer Rail begin:

- With the ASTRA traffic and economic management model, they create traffic scenarios which take into account various different political strategies and assumptions involving traffic demand and infrastructure expansion measures. They can derive trends in passenger and goods traffic from the system model, assess the effect of the deployment of new technologies and that of various different price and infrastructure expansion scenarios, and forecast the effects on trade, wages and employment.
- In traffic simulations, the scientists recreate the traffic conditions in rail networks. By investigating what effect the construction of a passing loop would have, for example, or an increase in train frequency, they can identify bottlenecks and recommend measures for alterations and extensions and for improving the degree to which the capacity of the rail network is exploited.

Greater axle loads and increasing running speeds put more strain on the track. Fraunhofer Rail develops simulation and calculation procedures to assess not only wear and material fatigue on rails and points but also the quality of welding processes. In this way, suitable materials and welding processes can be selected early on, in the infrastructure planning phase.

## Betrieb

Lassen sich regenerative Energiequellen auch für den Schienenverkehr erschließen? Zur Beantwortung dieser Frage ziehen die Experten von Fraunhofer Rail Systemmodelle heran, die Kosten und Versorgungssicherheit der Infrastrukturbetreiber genauso berücksichtigen wie das Innovations- und Risikopotenzial der alternativen Energiequellen und die Folgen ihres Einsatzes für die Umwelt.

Trassenpreissysteme sollen wettbewerbsneutral und wirtschaftlich sein. Unter Berücksichtigung dieser Anforderungen berät Fraunhofer Rail Infrastrukturbetreiber bei der Entwicklung von Trassenpreissystemen, die mit der Kosten- und Erlösrechnung sowie der Sensitivitätsanalyse auf ihre Wirkung geprüft werden. Soll das Trassenpreissystem außerdem umweltorientiert sein, berechnen die Experten die externen Kosten, die durch Umwelt- und Gesundheitsschäden entstehen, um sie den verursachenden Benutzern über die Trassenpreise zuzurechnen.

Für den Schallschutz an Bahntrassen sind Schallschutzwände unerlässlich. Fraunhofer Rail forscht an neuen Materialien, die hohe Beständigkeit und vielfältige Gestaltungsmöglichkeiten kennzeichnen, sowie an mikroperforierten Bauteilen, die schallabsorbierende Eigenschaften mit Transparenz verbinden – ein Novum im Schallschutz. Bei Baustellenlärm setzen die Forscher hingegen auf aufblasbare Schallschutzelemente aus Folien und Membranen, die flexibel einsetzbar und schnell montiert sind.

## Operation

Can regenerative energy sources be tapped for rail traffic too? To answer this question, the experts at Fraunhofer Rail use system models; these take into account not only costs which would be incurred by infrastructure operators, and supply reliability, but also the innovation and risk potential of the alternative energy sources and the environmental consequences of their use.

Tariff systems for the use of rail sections should be neutral in terms of their effect on the competition and commercially viable. Taking these requirements into account, Fraunhofer Rail advises infrastructure operators on the development of tariff systems, which are examined for the effect they will have in terms of cost, yield and sensitivity analysis. If a tariff system is also to be geared to environmental needs, the experts calculate the external costs which will be incurred by environmental damage and damage to health so that they can be passed on to the users who cause that damage via the tariffs.

Sound-absorbing walls are essential for noise protection along railway lines. Fraunhofer Rail researches new materials featuring high durability and many different design options, and micro-perforated components which combine sound-absorbing qualities with transparency – a novelty in noise protection. To combat noise from work sites, by contrast, the researchers tend to go for inflatable noise protection elements made of plastic film and membranes which can be deployed flexibly and installed quickly.



### Wartung und Instandhaltung

Fraunhofer Rail entwickelt Lasermessgeräte für Messzüge, die auch bei hoher Geschwindigkeit Oberleitungen und Lichtraumprofil einer Strecke präzise messen. Die Geräte erfassen weitgehend wetterunabhängig und relativ zum Gleis die Lagedaten von Masten und kleinen Gegenständen, die in den Lichtraum hineinragen. Position und Verschleiß eines Fahrdrabtes messen sie berührungslos.

Fährt, bremst oder beschleunigt ein Zug entstehen Kräfte, die Gleise und Gleisbett belasten:

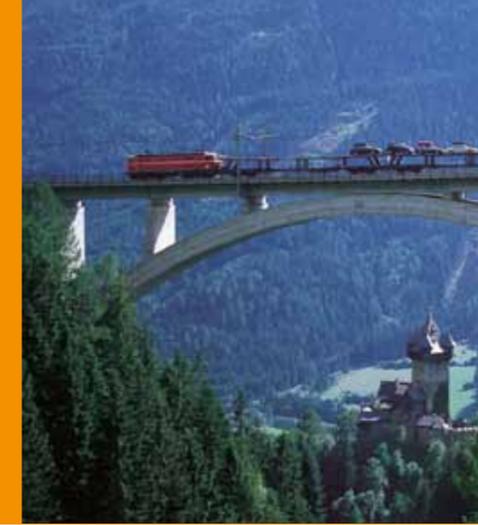
- Den Oberbau überwacht Fraunhofer Rail mit einem Messrad, das die lokalen Kontaktkräfte in allen Richtungen misst, und mit einer am Gleiskörper angebrachten Sensorik. Aus den gewonnenen Daten leiten die Wissenschaftler Wartungskonzepte und -maßnahmen ab. Die Geräuschentwicklung (NVH-Verhalten), die beim Kontakt von Rad und Schiene durch vertikale Schwingungen entsteht, können sie durch Messungen ebenso bewerten, wie die Betriebsfestigkeit der im Oberbau verwendeten Baumaterialien.
- Um Inspektions- und Schleifintervalle definieren zu können, die technisch und wirtschaftlich sinnvoll sind, untersuchen die Wissenschaftler die Kontaktbeanspruchung und die Wechselwirkung von Verschleiß und Rollkontaktermüdung an Schienen und Weichen. Durch das numerische Simulieren und Bewerten der Schweißprozesse klären sie, wie sich Verzug und Eigenspannungen in Schienen vermindern und das Auftreten von Rissen verhindern lassen.

### Service and maintenance

Fraunhofer Rail develops laser measuring devices for test trains which can also measure the contact wires and clearance profile of a given track section accurately at high speed. Largely independent of the weather, and relative to the track, the devices gather the positional data of masts and small objects which obtrude into the clearance zone and carry out non-contact measurements of the position and wear of contact wires.

When a train runs, brakes or accelerates, forces are generated which put a strain on the rails and track bed:

- Fraunhofer Rail monitors the superstructure with a special measuring-wheel which measures the local contact forces in all directions, and with sensors fitted on the track. The scientists then derive servicing concepts and measures from the data gathered. Measurements also enable them to assess the noise, vibration and harshness (NVH) generated by vertical oscillations when the wheel is in contact with the track, and the operational stability of the construction materials used in the superstructure.
- In order to be able to set intervals between inspections and track grinding operations which make sense in technical and economic terms, the scientists investigate the contact strain and the interaction of wear and rolling contact fatigue on rails and points. Using numerical simulation and assessing welding processes, they clarify how distortion and internal stress in rails can be reduced and cracking prevented.



## GÜTERVERKEHR UND LOGISTIK GOODS TRAFFIC AND LOGISTICS

Die Globalisierung der Weltwirtschaft führt durch den Fall von Handelsschranken und durch die Effizienzsteigerung des Transportes zu einem weiter stark steigenden Transportaufkommen, das nicht nur an die Logistik der Seehäfen sondern auch an die Hinterlandlogistik stetig steigende Anforderungen stellt. Weitere große Aufkommens- und Transportweitensteigerungen sind in den nächsten Jahren zu erwarten. Engpässe in allen Verkehrsbereichen sind bereits abzusehen.

Reserven bei gleichzeitig hoher Umwelt- und Klimaverträglichkeit liegen dabei im Schienengüterverkehr. Ausschlaggebend für die Verlagerung von Transporten auf diesen Verkehrsträger ist die Erfüllung der logistischen Anforderungen von Verladern und Logistikdienstleistern. Fraunhofer Rail bietet hier zum einen die Planung von Schienengüterverkehrskonzepten passend zu den eigenen Bedarfsfällen, die Prozessoptimierung im Bahntransport mit den vor- und nachgelagerten Aktivitäten und die Einbindung in moderne Informations- und Kommunikationssysteme an.

With the disappearance of trade barriers and the increase in transport efficiency, the globalization of the world economy is leading to a further sharp rise in transport volumes, which poses growing challenges for both seaport and hinterland logistics. Further major increases in volume and transport distances are to be expected in the coming years. Bottlenecks can already be seen approaching in all areas of traffic.

Having said that, there are reserve capacities in rail goods traffic, and its impact on the environment and the climate is low. The decisive factor in the shift to these modes of transport is the fulfillment of the logistical requirements of shipping agents and providers of logistics services. Fraunhofer Rail offers the planning of rail goods traffic concepts tailored to the individual requirements of logistics providers, process optimization in rail transport including prior and subsequent activities, and integration in modern information and communication systems.



## Planung

Die Liberalisierung des Schienengüterverkehrs (SGV) in Deutschland und Europa bietet für die Logistik große Chancen. Durch die Etablierung zahlreicher Wettbewerber ergeben sich für Verlagerer und Logistikdienstleister neue Möglichkeiten Schienentransportkonzepte zu entwerfen, einzukaufen und anzubieten, die optimal auf die eigenen bzw. die Kundenanforderungen abgestimmt sind.

Fraunhofer Rail bietet hierfür umfassende Kompetenzen und Erfahrungen im Bereich der Planung von Transportnetzwerken. Die ersten Schritte sind Analysen der aktuellen Transportbedarfe, der derzeitigen Abläufe in der Transportplanung und -durchführung sowie der technischen und organisatorischen Gegebenheiten. Hierunter zählen beispielsweise Abläufe und Restriktionen an den Ladestellen, Ladungssicherung der Güter und zeitliche Restriktionen der beteiligten Unternehmen. Für die stichprobenartige Erhebung von Transporten in der Logistik stehen entsprechende Telematikanwendungen zur Verfügung.

Hierauf aufbauend entwerfen wir passende integrierte Transportkonzepte unter Nutzung des SGV. Dies betrifft sowohl Werksbahn- als auch Streckenverkehre sowie deren Verknüpfung. Neueste Erkenntnisse aus der Forschung im Bereich Transport- und Eisenbahnwesen werden ebenso integriert wie die Erfahrungen und Anforderungen der Kunden.

Die erstellten SGV-Konzepte beinhalten Zug- und Bedienkonzepte sowie optimierte und anzupassende Prozesse. Außerdem werden die einzusetzende Technik, Umschlagprozesse sowie die Ladungssicherung berücksichtigt. Ebenfalls ermitteln wir die wirtschaftlichen und qualitativen Effekte sowie die Voraussetzungen und Risiken einer Umsetzung als solide Entscheidungsgrundlage.

## Planning

The liberalization of rail goods traffic in Germany and Europe offers some major opportunities in logistics. Thanks to the establishment of numerous competitors, new possibilities are opening up for shipping agents and providers of logistics services for designing, purchasing and providing rail transport concepts which are perfectly tuned to their own requirements or, as the case may be, those of their customers.

Fraunhofer Rail offers comprehensive skills and experience in the planning of transport networks. The first steps are analyses of current transport requirements, current procedures in transport planning and realization and technical and organizational conditions. These, for example, include procedures and restrictions at the loading-points, measures taken to ensure that the goods are secure, and restrictions of time at the companies involved. Appropriate telematics applications are available to logistics providers so that they can carry out spot checks on the location and status of goods being transported.

Continuing from there, we design suitable integrated transport concepts using rail goods traffic. This relates not only to industrial on-site traffic but also to non-local traffic and the connections between the two. Recent insights from research into transport and railways are integrated, as are customers' experiences and demands.

Once drawn up, the rail goods traffic concepts contain marshalling concepts and processes which, having been optimized, need to be adapted accordingly. Apart from that, the technology to be used, handling and load-securing processes are also taken into account. We also calculate the economic and qualitative effects and the prerequisites for and risks of implementation as a solid basis for decision-making.

## Prozessoptimierung

Die Organisation und Abläufe im Schienengüterverkehr sind äußerst komplex. Dies gilt sowohl für die Organisation im Vorfeld, als auch für die betrieblichen Abläufe. Dabei wird neben den ursprünglichen spezifischen Aspekten für den Schienengüterverkehr die Integration des Transportes speziell auf der Schiene in die bestehenden Logistikketten immer wichtiger. Um eine optimierte Wertschöpfungskette zu erreichen ist die prozessuale Integration des Schienengüterverkehrs in die Produktions-, Distributions- und Beschaffungslogistik notwendig.

Ausgegangen wird von detaillierten Ist-Analysen, die gemeinsam mit dem Kunden unter Verwendung von modernen Moderations-, Darstellungs- und Kommunikationsmethoden mit den relevanten Fachabteilungen erstellt werden. Dabei werden sowohl ausführende Mitarbeiter in die Analysen einbezogen als auch je nach Fragestellung die Bereiche IT, Kundenservice, Buchhaltung und Geschäftsführung. Dabei kann die Analyse entweder nach dem Bottom-Up- oder dem Top-Down-Ansatz durchgeführt werden. Komplexe Szenarien können mittels Simulation erfasst, untersucht und bewertet werden.

Schon in dieser Phase identifiziert Fraunhofer Rail gemeinsam mit dem Kunden wichtige Ansätze für die spätere Prozessoptimierung. Optimierungsvorschläge werden auf Basis der branchen- und verkehrsträgerübergreifenden Erfahrungen entwickelt. Das fundierte Bahn-Know-how ist hierbei von großer Bedeutung. Je nach Fragestellung und Ausgangslage können Experten aus den verschiedenen Disziplinen des Schienengüterverkehrs integriert werden.

## Process optimization

The organization and procedures in rail goods traffic are extremely complex. This applies both to organization up front and to operational procedures. Apart from the original specific aspects of rail goods traffic, the integration of transport in existing logistics chains, especially on the track, is becoming more and more important. The procedural integration of rail goods traffic in production, distribution and procurement logistics is necessary in order to achieve an optimum value-added chain.

The process starts from detailed current situation analyses, drawn up together with the customer and the relevant specialist departments using modern moderation, presentation and communication methods. Not only the executive workers are included in the analyses but also, depending on the questions at issue, IT, customer service, accounting and management. The analysis can be carried out using either the bottom-up or the top-down approach. Complex scenarios can be registered, investigated and assessed by means of simulations.

In this phase, together with the customer, Fraunhofer Rail already identifies important basic approaches for subsequent process optimization. Proposals for optimization are developed on the basis of experience gained from more than one sector and more than one mode of transport. Well founded rail expertise is of great importance. Depending on the question at issue and the initial status, experts from the different disciplines of the rail goods traffic sector can be called in.



### Informations- & Kommunikationssysteme

Die Komplexität der Organisation und Steuerung des Schienenverkehrs sowie die nach wie vor kritisierte mangelnde Auskunftsfähigkeit des Schienengüterverkehrs bzgl. des Status der Sendungen erfordern nach wie vor intensive Forschungen und Entwicklungen im Bereich der IT. Fraunhofer Rail analysiert die Bedarfe an Informations- und Kommunikations (IuK)-Systemen.

IuK-Prozesse werden gemeinsam mit den Kunden aufgenommen. An Hand derer identifizieren die Wissenschaftler von Fraunhofer Rail vorhandene Schwachstellen und stellen die daraus entstehenden Anforderungen an IuK-Systeme systematisch dar. Hieraus entstehen Lastenhefte für eine Beschaffung oder für Weiterentwicklungen.

Das fachliche Know-how bei der funktionalen Gestaltung von Anwendungen, gepaart mit dem Know-how und der Erfahrung der Softwarehersteller in der Entwicklung und der Gestaltung graphischer Nutzeroberflächen (Graphical User Interface – GUI) sowie im Bereich Wartung und Vertrieb, bieten Entwicklungschancen für innovative, marktgerechte und ausgereifte Produkte.

Fraunhofer Rail ist unabhängig von Herstellern und kann durch das breite Kompetenzspektrum objektiv geeignete Lösungen entwickeln.

### Information and communication systems

Both the complexity of the organization and control of rail traffic and the lack of ability to provide information relating to the status of dispatched goods, which continues to be a point of criticism, call for intensive research and development in IT. Fraunhofer Rail analyses requirements for information and communication systems.

The status with regard to information and communication processes is recorded together with the customer. On the basis of these processes, the scientists at Fraunhofer Rail identify existing weak points and offer a systematic presentation of the requirements as regards information and communication systems. This leads to performance specifications for the procurement of such systems or for further developments.

Specialized expertise in the functional design of applications, coupled with the expertise and experience of the software manufacturers in the development and design of graphical user interfaces (GUIs) and in servicing and sales, offer development opportunities for innovative products which conform to market conditions and are technically mature.

Fraunhofer Rail is independent of any single manufacturer and can thus use its broad range of skills to develop suitable solutions objectively.



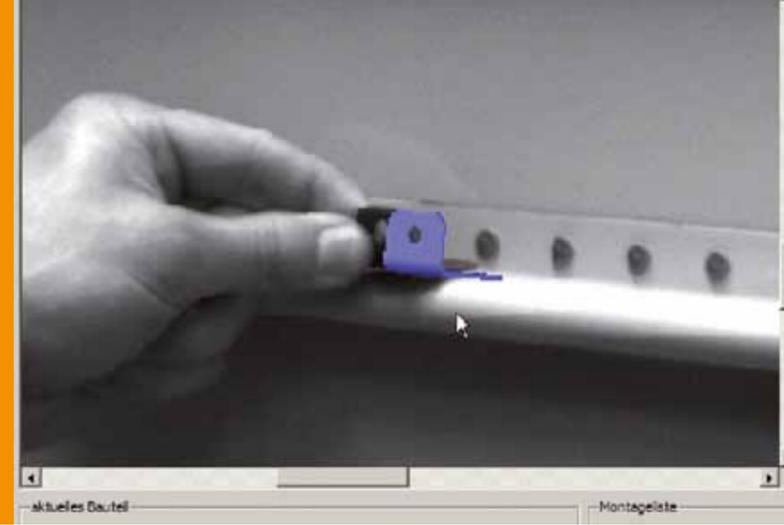
## ROLLENDES MATERIAL ROLLING STOCK

Für einen zuverlässigen und effizienten Bahnverkehr sind moderne Schienenfahrzeuge unerlässlich. Diese werden einschließlich ihrer Transportgüter als »Rollendes Material« bezeichnet.

Fraunhofer Rail bietet Leistungen über den kompletten Produktlebenszyklus von der Entwicklung und Herstellung bis zum Betrieb und der Instandhaltung des Rollenden Materials an.

Modern rail vehicles are essential for reliable and efficient railway traffic. Together with the goods they carry, they are referred to as 'rolling stock'.

Fraunhofer Rail provides services throughout the whole product life cycle, from development and manufacture to the operation and maintenance of the rolling stock.



## Entwicklung

Die Leistungen von Fraunhofer Rail im Entwicklungsprozess von Schienenfahrzeugen umfassen Maßnahmen zur Sicherstellung von Zuverlässigkeit und Lebensdauer, zur zeit-, kosten- und ressourcenoptimierten Herstellung, zur Verbesserung von Sicherheit, Ergonomie und Komfort für Nutzer der Schienenfahrzeuge sowie zur Minderung von Lärm- und Schadstoffemissionen an die Umwelt.

Im Bereich der Zulassung von sicherheitsrelevanter Software im Bahnbereich berät Fraunhofer Rail bei der Entwicklung von dezentralen und modularen Architekturen, deren Validierung und Zertifizierung sowie bei der Verbesserung von Entwicklungsprozessen und der Erstellung von Sicherheitsdokumenten gemäß EN 50128.

Mit umfassenden numerischen und experimentellen Verfahren auf den Gebieten der Bauteildimensionierung sowie Methoden der Werkstoffcharakterisierung und Bauteilprüfung wird ein sicherer, zuverlässiger und wirtschaftlicher Betrieb von Schienenfahrzeugen garantiert. Vor diesem Hintergrund haben sich die Entwickler von Fraunhofer Rail auf belastete Sicherheitsbauteile und Strukturen, wie z.B. Wagenkästen, Lager, Bremsen, Räder und Radsatzwellen sowie komplette Radsätze spezialisiert.

Die Simulation und Optimierung von Fertigungsschritten, deren Automatisierung und Flexibilisierung sowie Technologien zur Qualitätsprüfung sichern eine effiziente Herstellung von Produkten.

Moderne Methoden der Geräusch-, Hygiene-, Raumklima- und Sitzkomfortuntersuchung sowie Verfahren der Craschanalyse sollen die Zufriedenheit und Sicherheit der Passagiere gewährleisten. Innovative Verfahren des Sound-Designs, der Akustikbauteilentwicklung und des Usability Engineering (z.B. aktive Sitzkomfortbeeinflussung) verbessern die Wettbewerbsfähigkeit der Produkte.

## Development

The services offered by Fraunhofer Rail in rail vehicle development include measures for ensuring reliability and long service life, manufacture which consumes a minimum of time, money and resources, the improvement of safety, ergonomics and comfort for users of the vehicles, and reductions in emissions of noise and pollutants into the environment.

As regards the licensing of safety-relevant software in the rail sector, Fraunhofer Rail gives advice on the development of distributed and modular architectures, their validation and certification, and the improvement of development processes and drawing-up of safety documentation in compliance with EN 50128.

With comprehensive numerical and experimental procedures relating to component sizing and methods of materials characterization and component inspection, the safe, reliable and cost-effective operation of rail vehicles is guaranteed. Against this backdrop, the developers at Fraunhofer Rail have come to specialize in safety components and structures exposed to stress, such as vehicle bodies, bearings, brakes, wheels and wheel-set axles, and complete wheel sets.

The efficient manufacture of products is ensured by the simulation and optimization of steps in manufacturing, by their being automated and made more flexible, and by quality inspection technologies.

Modern methods of sound analysis, methods for the investigation of hygiene, interior climate and seat comfort, and crash analysis procedures are designed to ensure that passengers are both safe and satisfied. Innovative procedures for sound design, the development of acoustic components and usability engineering (e.g. facilities with which passengers can adjust their own seating comfort) enhance the competitiveness of the products.

## Herstellung

Fraunhofer Rail entwickelt physikalische Methoden der zerstörungsfreien dimensionellen Messung und Prüfung von Fahrzeugkomponenten sowie der Charakterisierung von Werkstoffen und überführt diese in die Anwendung zur Kontrolle und Überwachung von Fertigungsprozessen sowie zur Qualitätsprüfung der hergestellten Bauteile.

Diese Lösungen werden überall dort eingesetzt, wo sicherheitstechnische Aussagen und Qualitätsnachweise gefordert sind. Die methodische Kompetenz von Fraunhofer Rail umfasst die physikalischen Verfahrensgrundlagen, Sensorik, Gerätebau, Handhabungstechniken, Techniken zur Ergebnisbewertung und Dokumentation sowie die Qualifizierung und Validierung neuer Prüfverfahren und -geräte.

Die Erfassung kleinster Materialfehler wird durch die Anwendung von innovativen Prüftechnologien mittels Ultraschall, Wirbelstrom, Röntgentechnik und Thermographie ermöglicht.

Da die Produktqualität ein Wettbewerbsfaktor ist, gewinnen In-Prozess Mess- und Prüftechniken immer mehr an Bedeutung, um eine 100%-Prüfung zu gewährleisten und durch eine schnelle Rückkopplung eine Prozessregelung zu ermöglichen. Für die Prüfung von Geometrie- und Oberflächenmerkmalen in der Fertigung bieten sich Verfahren des maschinellen Sehens an. Berührungslos messende optische Sensoren sind für solche Anwendungen wegen ihrer hohen Messgeschwindigkeit besonders geeignet. Diese ermöglichen auch eine verbesserte Integration des Menschen in moderne Fertigungsprozesse durch Bereitstellung von Assistenz- und Überwachungsfunktionen.

## Manufacture

Fraunhofer Rail develops physical methods for the non-destructive dimensional measurement and inspection of vehicle components and the characterization of materials, and transfers them to the application in which manufacturing processes are checked and monitored and manufactured components inspected for quality.

These solutions can be used anywhere where safety-related statements and quality certificates are called for. The methodological competence of Fraunhofer Rail comprises basic physical procedures, sensors, equipment engineering, handling techniques, techniques for the assessment and documentation of results, and the qualification and validation of new inspection procedures and devices.

The use of innovative inspection technologies involving ultrasound, eddy current, X-ray technology and thermography enable minute material defects to be detected.

As product quality is also a factor in competition, in-process measuring and inspection techniques are becoming more and more important in order to ensure 100% inspection and make it possible to regulate processes by means of early feedback. Machine vision processes are suitable for the inspection of geometric and surface quality parameters during manufacture. Non-contact optical sensors are particularly suitable for such applications on account of their high measurement speed. They also facilitate the integration of the human element in modern manufacturing processes by providing assistance and monitoring functions.



## Betrieb

Zur Vermeidung von Schäden an Mensch, Umwelt, Infrastruktur, dem Schienenfahrzeug und dessen Ladungen sowie zur Sicherstellung eines störungsfreien Bahnverkehrs entwickelt Fraunhofer Rail innovative Technologien zur Überwachung von Schienenfahrzeugen und den damit zu transportierenden Gütern sowie zur Fehlerdiagnose an Fahrzeugkomponenten.

Dabei kommen sowohl mobile, d.h. fahrzeuggebundene, als auch stationäre, d.h. an ausgewählten Überfahrstellen positionierte Lösungen zum Einsatz.

Mobile Lösungen ermöglichen z.B. Fahrbetriebsmessungen zur Sicherstellung der Betriebssicherheit in unterschiedlichen Fahrsituationen und Beladungszuständen.

Stationäre Lösungen überwachen heiß gelaufene Achsenlager und feststehende Bremsen an Personen- und Güterzügen mittels berührungsfrei messenden Infrarotsensoren. Optische Messsysteme werden in das Gleisbett integriert und ermöglichen die Überwachung des Radprofilverschleißes. Ultraschallprüfköpfe werden in den Schienenkopf integriert und gestatten die Prüfung der Radlaufläche auf Schädigungen während der Zug über die Prüfstrecke rollt. Damit kann den Anforderungen an die Steigerung von Sicherheit, Fahrkomfort und Betriebszuverlässigkeit Rechnung getragen werden. In der Anwendung vielfach erprobte Profilraumscanner auf Grundlage moderner Laser-Technologie können z.B. verrutschte Ladungen oder Überpufferungen erfassen und Warnmeldungen an entsprechende Leitstellen weitergeben. Spektroskopische Messungen ermöglichen die Erfassung von unzulässigen Abgasemissionen, Bränden und Leckagen. Sie leisten einen wichtigen Beitrag für unsere Umwelt und die Sicherheit im Bahnverkehr.

## Operation

To help prevent injury to humans and damage to the environment, the infrastructure, the rail vehicle and its load, and to help ensure undisrupted rail traffic flow, Fraunhofer Rail develops innovative technologies for the monitoring of rail vehicles and the goods they carry, and for fault diagnosis on vehicle components.

Both mobile (i.e. part of the vehicle itself) and static (i.e. positioned at selected overrun points) solutions are used.

For example, mobile solutions make it possible to carry out measurements during vehicle operation to ensure operational safety in various different running conditions and load constellations.

Static solutions monitor axle bearings for possible overheating and brakes for blocking on passenger and goods trains by means of non-contact infrared sensors. Optical measurement systems are integrated in the track bed and enable wheel profile wear to be monitored. Ultrasonic probes are integrated in the railhead and allow the tread to be inspected for damage while the train passes over the relevant section of track. Requirements involving increased safety, passenger comfort and operational reliability can thus be met. Profile scanners based on modern laser technology, for example – which have proved their worth in this application on many occasions – can detect loads which have slipped out of position or buffer overruns, and transmit warnings to the appropriate control centers. Spectroscopic measurements make it possible to detect excessive exhaust emissions, fires or leaks. They make an important contribution to the conservation of our environment and safety in rail traffic.

## Instandhaltung und Zustandsüberwachung

Fraunhofer Rail entwickelt Lösungen zur Instandhaltung und Zustandsüberwachung von Komponenten der Schienenfahrzeuge sowie der dazu zum Einsatz kommenden Maschinen und Anlagen.

Beanspruchungsmessungen und sich anschließende Lebensdauerberechnungen bis hin zu bruchmechanischen Untersuchungen gewährleisten eine sichere Festlegung von Wartungs- und Instandhaltungszyklen. Damit können Kosten gespart und die Lebensdauer von Komponenten verlängert werden.

Moderne Mess- und Prüfverfahren in Kombination mit Analysetechniken ermöglichen eine zustandsorientierte Wartung und Instandhaltung sowie eine Bestimmung der verbleibenden Abnutzungsvorräte.

Radsatz-Messstände prüfen in Instandhaltungswerken den Verschleißzustand der Räder. Bei klotzgebremsten Rädern von Güterwagen werden unzulässige Zugeigenspannungen im Radkranz mittels Ultraschall erkannt. Auf dieser Grundlage erfolgt eine zuverlässige Festlegung von Instandhaltungsstufen. Nach der Reprofilierung von Radsätzen stellen Prüfanlagen die Einhaltung von geometrischen Anforderungen sowie die Rissfreiheit an stark beanspruchten Bauteilen sicher. Dabei kommen optische Messtechnologien sowie Ultraschall- und Wirbelstromprüfverfahren zum Einsatz.

Managementsysteme in Verbindung mit RFID-Technologien ermöglichen eine zuverlässige Dokumentation aller Wartungs- und Instandsetzungsarbeiten über den kompletten Lebenszyklus von technischen Komponenten.

## Maintenance and status monitoring

Fraunhofer Rail develops solutions for the maintenance and status monitoring of rail vehicle components, and also of the machines and units used for those purposes.

Strain measurements, subsequent calculations of remaining useful service life and fracture mechanics investigations ensure that servicing and maintenance cycles can be fixed at a rhythm which will ensure optimum safety while also enabling costs to be saved and the useful service life of components to be extended.

Modern measurement and inspection procedures combined with analysis techniques make it possible to carry out status-oriented servicing and maintenance and determine the residual inventories of parts subject to wear and tear.

Wheel set measuring units check the wear status of the wheels in maintenance shops. In the case of block-braked wheels on freight cars, excessive residual tensile stress in the rim is detected by means of ultrasound. On this basis, maintenance levels can be determined reliably. After the reprofiling of wheel sets, inspection units ensure their compliance with geometric standards and freedom from cracks in components subjected to major strain. Here, optical measurement techniques and ultrasonic and eddy current inspection procedures are used.

Management systems combined with RFID technologies enable all servicing and maintenance work to be documented reliably throughout the whole life cycle of technical components.



## PERSONENVERKEHR PASSENGER TRANSPORT

Im Bereich des öffentlichen Personenverkehrs, insbesondere auf der Schiene, macht Fraunhofer Rail seinen Kunden ein umfassendes Angebot.

Planung und Betrieb des Personenverkehrs sind unter vielen Aspekten Gegenstand der Projekte der Institute von Fraunhofer Rail mit ihren Partnern aus Politik und Industrie. Ein besonderes Gewicht liegt in der Entwicklung von Lösungen, die auf modernsten IT-Technologien beruhen.

Fraunhofer Rail offers its customers a comprehensive range of public passenger services, especially rail services.

Many aspects of the planning and operation of passenger services are the subject of the projects being carried out at the institutes of Fraunhofer Rail, whose partners come from both politics and industry. There is particular emphasis on the development of solutions based on state-of-the-art IT technologies.

### Planung

Das Angebot von Fraunhofer Rail zur Planung im öffentlichen Personenverkehr betrifft mehrere Ebenen:

- Auf der politischen Ebene steht die langfristige strategische Planung im Fokus. Fraunhofer Rail entwickelt Angebots- und Nachfrageszenarien auf europäischer Ebene, welche die Bewertung und Prognose der sozialen Kosten der Verkehrsträger sowie Szenarien technologischer, gesellschaftlicher und institutioneller Trends im Verkehrssektor umfassen.
- Für die Planung in Verkehrsunternehmen wird die Planungskette von der strategischen Netzplanung über die Angebotsplanung bis hin zu operativen Fragen der Fahrzeugumläufe, des Personaleinsatzes und von Beschilderungskonzepten durch die Kompetenzen von Fraunhofer Rail unterstützt.
- Aus Nutzersicht steht die Planung der Reisekette im Fokus. Sie umfasst, ausgehend vom Fahrtwunsch, die Fahrplaninformation, den Ticketerwerb, die Reisebegleitung, und die Anschlusssicherung. Die Experten von Fraunhofer Rail analysieren Hemmschwellen in Reiseketten, untersuchen Modalitätswechsel im Verlauf der Reisekette und optimieren Anschlüsse in ÖPNV-Fahrplänen.

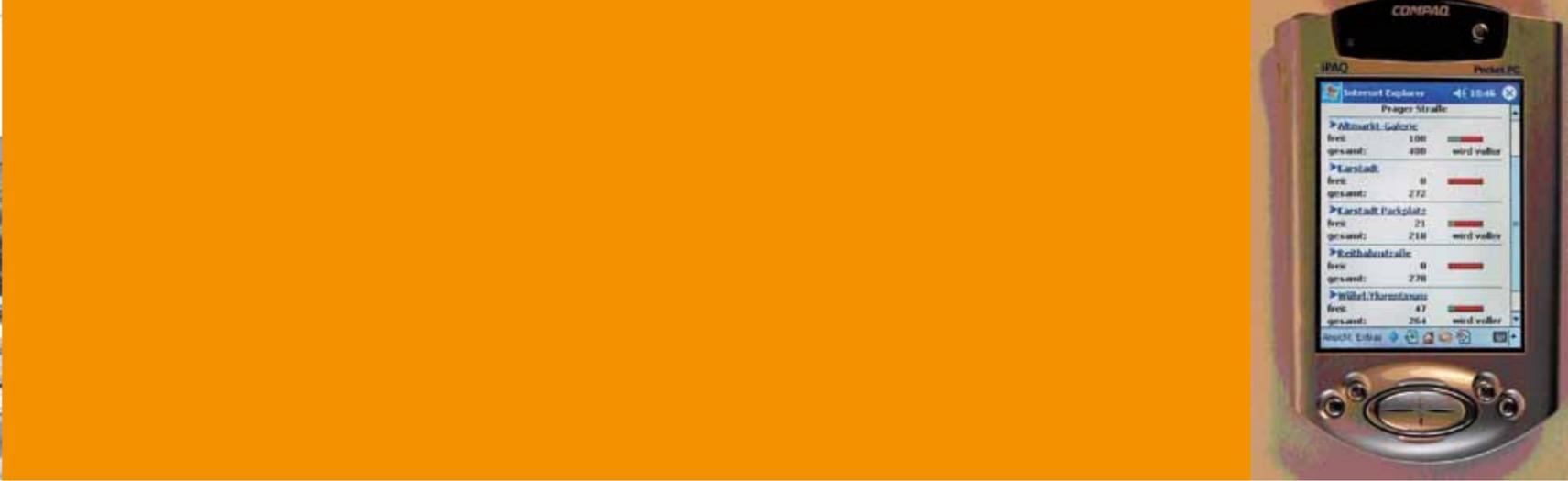
Wesentliche Bedeutung in der Planung haben auch die Bezüge zu anderen Verkehrsträgern. Das Angebot von Fraunhofer Rail umfasst die Untersuchung von Motivationen und Hemmnissen für den Wechsel von Verkehrsmitteln, Konzepte für die Verknüpfung von motorisiertem Individualverkehr und öffentlichem Verkehr (P+R-Konzepte, Parkplatzinformationssysteme) sowie Lösungen zur intermodalen Fahrplanauskunft.

### Planning

Fraunhofer Rail's planning range in public passenger services operates on several different levels:

- At political level the focus is on long-term strategic planning. Fraunhofer Rail creates supply-and-demand scenarios at European level, which include the assessment and forecast of the social costs of means of transport and scenarios featuring technological, social and institutional trends in the traffic sector.
- For planning in transport companies, the planning chain is supported by the skills of Fraunhofer Rail, which include not only strategic network planning and tender planning but also operative issues involving vehicle circulation, personnel deployment and signposting concepts.
- From the user's point of view, the focus is on the planning of the journey in terms of its continuity. Beginning with the passenger's desired journey, it includes timetable information, ticket purchase, passenger care and smooth connections. The experts at Fraunhofer Rail analyze inhibition thresholds in compound journeys, investigate changes of modes of transport during their course, and optimize connections in public transport timetables.

Cross-references to other modes of transport are also of great significance in planning. The services offered by Fraunhofer Rail include the investigation of reasons for changing means of transport and, by the same token, reasons for not doing so, concepts for linking individual motorized traffic and public transport (P+R concepts, car-park information systems), and solutions for intermodal timetable information.



## Betrieb

In den Verkehrsunternehmen werden auf Basis moderner Technologien Betriebsabläufe optimiert und an der Schnittstelle zu den Kunden innovative Dienstleistungen angeboten. Fraunhofer Rail unterstützt die Verkehrsunternehmen durch F+E Leistungen unter anderem in folgenden Bereichen:

- In verschiedenen Ballungsräumen wird den ÖPNV-Nutzern bereits jetzt mobiles Ticketing angeboten. Die Experten von Fraunhofer Rail sind an der Entwicklung des dafür benötigten innovativen Ticketservers beteiligt. Grundlage sind Konzepte und Lösungen für elektronische Tarife und das elektronische Fahrgeldmanagement im ÖPNV.
- Um den Ticketerwerb so einfach wie möglich zu gestalten, untersuchen Wissenschaftler von Fraunhofer Rail Fahrscheinautomaten hinsichtlich der Mensch-Maschine-Schnittstelle.
- Aktuelle und individuelle Informationen für die Fahrgäste während der gesamten Reisekette sind für die Steigerung der Attraktivität des öffentlichen Personenverkehrs essentiell. Ziel der Projekte von Fraunhofer Rail zur Fahrgastinformation ist eine umfassende „Reisebegleitung“, insbesondere in intermodalen Verknüpfungspunkten, zum Beispiel durch „location based services“.
- Um durchgehende Reiseketten auch bei Störungen zu ermöglichen, kommt der Anschlusssicherung und Optimierung eine hohe Bedeutung zu. Die Experten von Fraunhofer Rail entwickeln Lösungen, welche die Verkehrsunternehmen bei der Entscheidung „Warten oder Abfahren?“ unterstützen.

## Operation

In the transport companies, operational procedures are optimized on the basis of modern technologies and innovative services provided at the interface to the customers. Fraunhofer Rail supports the transport companies with R&D services such as the following:

- In some conurbations, users of public transport are already offered mobile ticketing. The experts at Fraunhofer Rail are involved in the development of the innovative ticket servers required for this. This development is based on the concepts and solutions for electronic fares and electronic fare management in public transport.
- To make it as easy as possible to purchase a ticket, scientists at Fraunhofer Rail examine ticket machines with a view to simplifying the interface between traveler and machine.
- If public passenger services are to be made more attractive, up-to-date, individual information for travelers is essential throughout their journey. The aim of Fraunhofer Rail's passenger information project is comprehensive „passenger care“, particularly in intermodal nodes, for example by ‚location-based services‘.
- So that the continuity of journeys can be ensured when services are disrupted too, it is of great importance to make sure that connections can be reached and that the connection network is optimized. The experts at Fraunhofer Rail develop solutions which support the transport companies when it comes to deciding whether a vehicle should wait or depart.

## Informationstechnologien

Moderner öffentlicher Personenverkehr ist ohne umfassende Nutzung von IT Technologien nicht möglich. Fraunhofer Rail arbeitet an der Entwicklung von IT-Konzepten und –Lösungen für den ÖPNV, mit folgenden Schwerpunkten:

- An der Schnittstelle zum Fahrgast spielen Applikationen auf stationären Systemen und auch zunehmend auf mobilen Geräten eine wesentliche Rolle. Fraunhofer Rail arbeitet an Navigationslösungen für den öffentlichen Personenverkehr, was insbesondere die Fußgängernavigation einschließt. Der Gestaltung und Evaluation der Mensch-Maschine-Schnittstelle gehört dabei wesentliche Aufmerksamkeit.
- Die Leistungen von Fraunhofer Rail für Verkehrsunternehmen umfassen Datenintegration, Entwicklung von Schnittstellen zum Datenaustausch sowie Import und Export von Daten zwischen Unternehmen und Diensten.
- Ein innovativer Ansatz, der von den Wissenschaftlern von Fraunhofer Rail entwickelt wird, ist die Datengewinnung und Lagebild-Aktualisierung durch Etablierung und Nutzung eines „Rückkanals“ von Fahrgästen mit UMTS-Mobilfunkgeräten zu den Verkehrsbetreibern.
- Die Nutzung von Satellitennavigationstechnik als Basis für neue Dienste im ÖPNV zu erschließen, ist ein weiterer Schwerpunkt der Forschung bei Fraunhofer Rail. Für die Entwicklung von durchgängigen ortsbezogenen Diensten ist die Kopplung der Satellitenortung mit Lokalisierungstechniken innerhalb von Gebäuden und Fahrzeugen essentiell.

## Information technologies

Modern public passenger travel is not possible without the extensive use of IT technologies. Fraunhofer Rail works on the development of IT concepts and solutions for public transport, the emphasis being on the following issues:

- At the interface to the passenger, applications on static systems and also increasingly on mobile devices play an essential role. Fraunhofer Rail works on navigation solutions for public passenger travel, which also include pedestrian navigation. Special attention needs to be paid to the design and evaluation of the interface between traveler and machine.
- Fraunhofer Rail's services for transport companies include data integration, the development of interfaces for data exchange and the import and export of data between companies and external service providers.
- An innovative approach being developed by the scientists at Fraunhofer Rail is the gathering of data and updating of the overall picture by setting up and using a ‚feedback channel‘ from passengers with UMTS mobile radio telephone devices to the traffic operators.
- Opening up the use of satellite navigation technology as a basis for new services in public transport is another focal point of research at Fraunhofer Rail. The combination of satellite location with other localization technologies inside buildings and vehicles is essential for the development of integrated location-based services.



# ÜBER UNS ABOUT US

## Kontaktinformationen

Haben Sie weitere Fragen? Suchen Sie nach speziellen Ergebnissen und Ansprechpartnern für Ihre Fragen.

Schreiben Sie uns oder rufen Sie uns an.

Ihr Ansprechpartner ist:

Ansprechpartner  
Christiane Kollosche  
Telefon: +49 231 9743-371  
Fax: +49 231 9743-372  
E-Mail: [rail@verkehr.fraunhofer.de](mailto:rail@verkehr.fraunhofer.de)  
Internet: [rail.fraunhofer.de](http://rail.fraunhofer.de)

Fraunhofer-Allianz Verkehr  
Allianzvorsitzender  
Prof. Dr.-Ing. Uwe Clausen

c/o Fraunhofer IML  
Joseph-von-Fraunhofer-Straße 2-4  
44227 Dortmund

## Contact information

Do you have further questions? Are you looking for special results or contact persons for your request?

Feel free to contact us:

Your contact is:

Head of office  
Christiane Kollosche  
Phone: +49 231 9743-371  
Fax: +49 231 9743-372  
E-Mail: [rail@verkehr.fraunhofer.de](mailto:rail@verkehr.fraunhofer.de)  
Internet: [rail.fraunhofer.de](http://rail.fraunhofer.de)

Fraunhofer-Allianz Verkehr  
Chairman  
Prof. Dr.-Ing. Uwe Clausen

c/o Fraunhofer IML  
Joseph-von-Fraunhofer-Straße 2-4  
44227 Dortmund

## Impressum Editorial notes

Fraunhofer-Allianz Verkehr  
Fraunhofer Rail

Geschäftsstelle  
Joseph-von-Fraunhofer-Str. 2-4,  
44227 Dortmund

Telefon: +49 231 9743-371  
Fax: +49 231 9743-372  
E-Mail: [info@verkehr.fraunhofer.de](mailto:info@verkehr.fraunhofer.de)  
Internet: [verkehr.fraunhofer.de](http://verkehr.fraunhofer.de)

Abbildungen / Fotos  
© Fraunhofer-Allianz Verkehr  
und Institute der FhG

Redaktionsteam:

Christiane Kollosche  
Reiner Kubitzek