



2004

**Informationen zur
Lehre und Forschung
am
Institut für Eisenbahnwesen und Verkehrssicherung (IfEV)
der TU Braunschweig**

Herausgegeben von *proIfEV* – Freunde und Förderer des IfEV –

Inhaltsverzeichnis

Inhaltsverzeichnis	i
Vorwort	1
1 Personalentwicklung	2
1.1 Team 2005	2
1.2 Ausgeschieden 2004	3
1.3 Nachruf.....	4
2 Lehre	5
2.1 Studiengänge	5
2.2 Geplante Bachelor- und Masterstudiengänge	5
2.3 Inhalte der Lehrveranstaltungen	7
2.4 Studentische Arbeiten im Jahr 2004	9
3 Forschung	11
3.1 DFG-Projekt SafeRail	11
3.2 EU-Projekt SamRail "Safety Management for RAILways".....	12
3.3 Entwicklung eines neuen Flankenschutzverfahrens	13
3.4 Unfallursachen-Analyse	13
3.5 Entwicklung des Datenaustauschformats CausalML	14
3.6 Transrapid-Trassierung in Grund- und Aufriss	14
3.7 Strukturierte Erstellung von Risikographen.....	14
3.8 Functional Hazard Analysis „FHA“	15
3.9 Optimierungspotenziale einer neuen Stellwerksgeneration.....	15
3.10 CENELEC getriebene Optimierung der Entwicklung bahntechnischer Systeme	16
3.11 Bahnübergänge für den Betrieb selbstorganisierender Schienenfahrzeuge „BüSoS“	16
3.12 Veröffentlichungen 2004	17
4 Veranstaltungen	18
4.1 Kolloquien & Workshops, Tagungen	18
4.2 Exkursionen.....	20
5 Ausblick	23
Übersicht über das wissenschaftliche Personal des IfEV.....	24
Impressum.....	25

Vorwort

Liebe Leserinnen und Leser,

mit dem in diesem Jahr erstmalig herausgegebenen Jahresrückblick möchte der Mitte Dezember zu gründende Förderverein des Instituts für Eisenbahnwesen und Verkehrssicherung die Weihnachtsgrüße des Instituts ergänzen. Wir wollen allen Geschäftspartnern und Freunden des IfEV einen Überblick über die im ausklingenden Jahr 2004 in der Forschung und der Lehre geleistete Arbeit des Instituts geben.

In hoffentlich kurzweiligen Berichten wollen wir Ihnen zunächst die Entwicklung in der Lehre vorstellen. In den vergangenen Jahren wurde vieles verändert, neue Lehrveranstaltungen konzipiert und bestehende überarbeitet. Wir möchten Ihnen zeigen, welches Wissen ein Studierender, der am IfEV vertieft hat, heute mitbringt. Ebenfalls möchten wir Sie über die Entwicklungen weg von den Diplom- hin zu Bachelor- und Masterstudiengängen informieren. In den kommenden Jahren werden zunehmend Absolventen mit den „neuen“ Abschlüssen in den Arbeitsmarkt eintreten.

In einem weiteren Abschnitt stellen wir die wichtigsten Forschungsprojekte des vergangenen Jahres vor, um Ihnen einen Einblick zu geben, auf welchen Gebieten das IfEV tätig ist und welche Kompetenzen und Erfahrungen Sie am Institut vorfinden.

Zunächst möchten wir jedoch die Gelegenheit nutzen, Ihnen die Institutsangehörigen vorzustellen. Damit haben Sie die Möglichkeit, sich bei Fragen gleich an den „richtigen Kollegen“ zu wenden.

Wir danken allen Kolleginnen und Kollegen am IfEV für die Zuarbeit zu diesem Jahresrückblick. Herrn Professor Pachl gilt unser Dank für seinen Ausblick zur Entwicklung der Eisenbahnforschung und der Lehre im Eisenbahnwesen am Ende dieses Jahresrückblickes.

Wir hoffen, Ihnen mit dem vorliegenden Jahresrückblick interessante Einblicke in das Wirken und Leben am IfEV geben zu können und wünschen Ihnen ein gesundes und erfolgreiches Jahr 2005!

Für die Gründungsmitglieder des Vereins *proIfEV*

Birgit Milius

Gunnar Bosse

Ein Wort in eigener Sache:

Mit dem als gemeinnützig konzipierten Förderverein *proIfEV – Freunde und Förderer des IfEV* – wollen wir in wirtschaftlich schwierigen Zeiten schwerpunktmäßig die hervorragende Arbeit von Professor Pachl bei der Ausbildung des eisenbahntechnischen Nachwuchses unterstützen als auch darauf hinwirken, dass die seit nunmehr 50 Jahren erfolgreiche interdisziplinäre Ausrichtung des Instituts für die Forschung im Eisenbahnwesen weitgehend erhalten werden kann. Der Verein wird sich nach seiner Gründung im Dezember mit einer eigenen Internetseite vorstellen, die Sie vom Frühjahr 2005 an unter <http://www.proIfEV.de> erreichen werden.

1 Personalentwicklung

Von besonderer Bedeutung für eine Einrichtung an der Schnittstelle von Lehre und Forschung ist stets die Entwicklung des wissenschaftlichen Nachwuchses und die damit verbundene Fluktuation des Personals. Wegen dreier Weggänge kann das Jahr 2004 durchaus als ein Jahr des Wechsels bezeichnet werden. Wir geben Ihnen hier einen kurzen Überblick über alle Angehörigen des IfEV. Bei Interesse an den Aufgaben einzelner Personen finden Sie am dieses Jahresrückblickes nähere Angaben zu den Forschungsinteressen der Mitarbeiter sowie E-Mail-Adressen zur Kontaktaufnahme.



v.l.n.r.: Birgit Milius, Dr. Jan-Tecker Gayen, Oliver Lemke, Katja Ortseifen, Henning Blum, Dr. Raimo Michaelsen, Dr. Jürgen Six, Gunnar Bosse, Iris Weber, Prof. Dr. Jörn Pachtl (es fehlt Petra Burger-Scheidlin)

1.1 Team 2005

Die Leitung des Instituts hat seit nunmehr acht Jahren **Professor Dr.-Ing. Jörn Pachtl** inne. Sein Lehrbuch „*Systemtechnik des Schienenverkehrs*“ ist mittlerweile in der vierten Auflage erschienen und darf sicher auf einer Stufe mit Lehrbuchklassikern wie z.B. der Potthoff'schen Verkehrsströmungslehre genannt werden. Vortragsreisen, auch in die USA, sowie sein dort erschienenes Buch „*Railway Operation*“ weisen ihn als internationalen Experten für Betriebsverfahren im spurgeführten Verkehr aus. Er wird im Sekretariat von Frau **Iris Weber** und in der Buchhaltung von Frau **Petra Burger-Scheidlin** unterstützt.

Als Oberrat bzw. Rat sind **Dr.-Ing. Jan-Tecker Gayen** und **Dipl.-Ing. Gunnar Bosse** mit den langfristigen Institutsaufgaben betraut. Dazu gehören im Bereich der Lehre neben dem Durchführen von Lehrveranstaltungen vor allem die Organisation sowie die Neu- und die Weiterentwicklung von Studiengängen. Sie sind ferner für die Abwicklung der Forschungsprojekte, aber auch die Verwaltung der Finanzen und des Rechnernetzes verantwortlich.

Das besondere Forschungsinteresse von **Dr.-Ing. Jürgen Six** gilt der Statistik seltener Ereignisse. Zu seinem Verantwortungsbereich gehört die Leitung der Institutsbibliothek. Er wird das Institut jedoch Anfang 2006 verlassen und in den Ruhestand gehen.

Auf der Landesstelle zur Förderung des wissenschaftlichen Nachwuchses arbeitet weiterhin **Dipl.-Ing. Birgit Milius**. Zur Förderung ihres eigenen einhalbjährigen Nachwuchses ist sie zur Zeit halbtags beschäftigt. Neben ihrem Forschungsprojekt zur Entwicklung aufwandsärmerer Verfahren zur Risikoanalyse kümmert sie sich u.a. um die Organisation von Tagungen und den Kontakt zu den Ehemaligen.

Das „Lehrezimmer“, früher „die 9_11“, heute „die 1000_und_4“ ist die erste Adresse für alle Studentinnen und Studenten des IfEV. Es ist zur Zeit rein nordhessisch besetzt. Zu den Interessengebieten von **Dipl.-Ing. Oliver Lemke** zählen formale und semi-formale Systembeschreibungen sowie Methoden zur Analyse von Unfällen und gefährlichen Ereignissen. **Dipl.-Ing. Katja Ortseifen** setzt sich u.a. intensiv mit dem Rationalisieren und Erstellen betrieblicher Regelwerke im Bereich der Leit- und Sicherungstechnik sowie den Rückfallebenen bei hochgradig zentralisierter Betriebsführung auseinander.

Neu hinzugekommen ist **Dipl.-Ing. Henning Blum**. Der gebürtige Schleswig-Holsteiner hat im tiefen Sachsen an der TU Dresden Verkehrsingenieurwesen studiert und ist via Hannover im September 2004 zum IfEV gestoßen. Er wird mit seinen Interessen und Ansichten die erfolgreiche Arbeit des IfEV bereichern. Der begeisterte Bahnfahrer beschäftigt sich über die unterschiedlichen Facetten des Eisenbahnbetriebs hinaus mit dem Betrieb und der Technik von öffentlichen Nahverkehrssystemen.

Ebenfalls zum IfEV gehört die am Forschungsflughafen ansässige Abteilung Flugsicherung, die von **Professor i.R. Dr.-Ing. habil. Peter Form** geleitet wird. Professor Form bereichert weiterhin das Lehrangebot des IfEV mit Vorlesungen zu elektronischen Eisenbahnsicherungssystemen sowie zur Flugsicherungstechnik und zur Funknavigation.

Seit diesem Jahr unterstützt neben **Professor Dr.-Ing. Klaus-Dieter Wiegand** ein weiterer Honorarprofessor das IfEV in der Lehre. Der Mathematiker **Professor Dr. rer. nat. Jens Braband**, Leiter des Geschäftsbereichs RAMS bei der Siemens AG Transportation Systems, hält bereits seit über zwei Jahren als Lehrbeauftragter Vorlesungen zur Risiko- und zur Sicherheitsanalyse technischer Systeme. Diesen immer wichtiger werdenden Themen wird nicht nur von den Studierenden des IfEV, sondern auch von Angehörigen anderer Forschungseinrichtungen viel Interesse entgegengebracht.

1.2 Ausgeschieden 2004

Drei Mitarbeiter sind im Jahr 2004 ausgeschieden und haben das IfEV nach jeweils fast sechs Jahren verlassen. Ferner ist **apl. Professor Dr.-Ing. habil. Jochen Glimm** in den Ruhestand gegangen. Prof. Glimm war nach seiner Zeit am IfEV viele Jahre bis zu seinem Ruhestand an der Physikalisch-Technischen Bundesanstalt (PTB) in Braunschweig tätig. Er ist sicher vielen ehemaligen Studentinnen und Studenten durch seine Vorlesung „Technische Zuverlässigkeit I + II“ noch in Erinnerung.

Dipl.-Wirtsch.-Ing. Jens Kampe setzte sich im Bereich der Lehre intensiv mit dem EDV-gestützten Entwurf von Bahnanlagen auseinander. Für das Vertiefungsstudium entwickelte er für die Lehrveranstaltung „Entwurf und Bau von Bahnanlagen“ ein Lehrkonzept mit Kurzreferaten, um die Studierenden aktiv in die Stoffvermittlung einzubinden und zur zeitnahen Nachbereitung der Vorlesungen anzuhalfen. Im Drittmittelforschungsbereich war er u.a. an Projekten zur Prozesssicherheit im Eisenbahnwesen beteiligt. Herr Kampe wird dem Eisenbahnwesen nicht erhalten bleiben, sondern ist seit Mitte Oktober als selbstständiger Immobilienverwalter tätig.

Dr.-Ing. Raimo Michaelsen fand den Einstieg in sein Promotionsthema über ein gemeinsam mit zwei weiteren Kollegen im Auftrag der Luxemburgischen Eisenbahn CFL bearbeitetes Projekt. Darauf aufbauend und in Zusammenarbeit mit der DB AG hat er sich in den vergangenen drei Jahren mit Fragen des Flankenschutzes und dessen Bemessung auseinandergesetzt. In der Lehre galt sein Interesse den betrieblichen Fragen, die auch in der von ihm konzipierten Lehrveranstaltung, der Eisenbahnbetriebssimulation, im Mittelpunkt stehen. Dr. Michaelsen ist seit November bei der Siemens AG in Braunschweig tätig.

Dipl.-Inform. Saeid Arabestani hat als Informatiker das interdisziplinäre Team von Bauingenieuren und Elektroingenieuren bereichert. Sein Forschungsschwerpunkt war die Anwendung formaler Methoden aus der Informatik. Seine Arbeiten haben am Beispiel des Bahnübergangs gezeigt, dass in Form eines mathematischen Beweises nachgewiesen werden kann, dass die Anforderungen, die an ein System gestellt werden, von diesem auch korrekt erfüllt werden. Sein Forschungsprojekt wurde im Rahmen eines DFG Schwerpunktprogramms sechs Jahre lang gefördert. Herr Arabestani wird im kommenden Jahr über die Ergebnisse seiner Arbeit promovieren. Vom Dezember an ist auch er bei der Siemens AG in Braunschweig tätig.

Wir danken den drei Kollegen und Herrn Professor Glimm für die geleistete hervorragende Arbeit ganz herzlich. Wir wünschen den Herren Michaelsen, Arabestani und Kampe für den weiteren beruflichen Werdegang viel Erfolg und Herrn Professor Glimm einen gesunden und zufriedenen Ruhestand.

1.3 Nachruf

Am 19. Februar 2004 verstarb **Professor Dr.-Ing. Hans Fricke** im Alter von 90 Jahren. Professor Fricke wirkte von 1962 an über 20 Jahre am Institut für Verkehr, Eisenbahnwesen und Verkehrssicherung.

Professor Dr.-Ing. Hans Fricke war von 1938 bis 1951 Wissenschaftlicher Mitarbeiter des heutigen Instituts für Nachrichtentechnik. In der Zeit des 2. Weltkriegs war er dienstverpflichtet zur Forschung bei der Marine. 1951 habilitierte er sich bei Prof. Dr. Leo Pungs. Im Jahre 1962 kam er an das Institut für Verkehr, Eisenbahnwesen und Verkehrssicherung von Professor Dr.-Ing. Hermann Lagershausen, an dessen Institut seinerzeit die Kompetenzen im Eisenbahnwesen mit denen der modernen Technologie der Nachrichtentechnik vereint wurden.

Mit seinen wegweisenden Arbeiten zur elektromagnetischen Übertragung von Informationen zwischen dem Fahrweg und Eisenbahnfahrzeugen gehörte er zu den Pionieren der modernen elektronischen Leit- und Sicherungstechnik, mit der noch heute die modernen Hochgeschwindigkeitszüge gesteuert und überwacht werden. Darüber war er gemeinsam mit dem Institut für Nachrichtentechnik im Rahmen des Sonderforschungsbereichs „Flugführung“ erfolgreich tätig. Während seiner Tätigkeit am Institut hat er zahlreiche Promotionen betreut und seine Mitarbeiter in ihren wissenschaftlichen Arbeiten stets mit wissenschaftlichem Rat gefördert.

Mit Professor Fricke haben die Technische Universität Braunschweig und das Institut für Eisenbahnwesen und Verkehrssicherung einen vielseitigen Forscher und Ingenieur verloren, der immer wieder bereit war, über die Grenzen seines eigenen Fachgebietes hinaus mit anderen Ingenieurdisziplinen interdisziplinär zusammenzuarbeiten, um maßgeblich zum technischen Fortschritt im Verkehrswesen beizutragen.

2 Lehre

Das System Eisenbahn lässt sich gut mit den drei technischen Komponenten *Fahrweg*, *Fahrzeuge* und *Sicherungstechnik* beschreiben. Deren Zusammenwirken wird durch eine gemeinsame Schnittmenge, die vierte Komponente *Betriebsverfahren und Betrieb* geregelt. Aufgrund seiner interdisziplinären fachlichen Ausrichtung deckt das IfEV bis auf die Komponente „Fahrzeuge“ alle zentralen Bereiche des Systems Eisenbahn ab. Es kann sich deshalb mit seinem Lehrangebot sehr gut in die Studiengänge verschiedener Fachbereiche einbringen. Nachfolgend werden die aktuellen und zukünftigen Beteiligungen an Studiengängen, die wichtigsten Veränderungen in den Strukturen der Studiengänge bis hin zur Entwicklung von Bachelor- und Master-Studiengängen beschrieben. Ferner wird ein Blick auf die Inhalte der Lehrveranstaltungen geworfen.

2.1 Studiengänge

Das IfEV ist mit seinem Lehrangebot derzeit innerhalb seines eigenen Fachbereichs in die beiden Diplomstudiengänge *Bauingenieurwesen* und *Wirtschaftsingenieurwesen (Bau)* sowie im Fachbereich Informatik in die dortigen Diplom- und Masterstudiengänge eingebunden. Hinzu kommt, wenn auch in einem deutlich geringeren Maße, seit dem Wintersemester 2004/05 eine Beteiligung an dem Curriculum der Volkswagen-AutoUni in Wolfsburg.

In den Studiengängen **Bauingenieurwesen und Wirtschaftsingenieurwesen (Bau)** bietet das IfEV die für alle Studierenden verpflichtenden Grundlagenfächer *Bahnbau (Bauingenieurwesen)* und *Bahnverkehr (Wirtschaftsingenieurwesen)* an. In dem Vertiefungsabschnitt beider Studiengänge besteht die Möglichkeit, das Vertiefungsfach „Spurgeführter Verkehr“ als einen von drei Schwerpunkten zu wählen und eine oder zwei studentische Arbeiten auf diesem Fachgebiet anzufertigen. Erfreulicherweise blieb mit etwa zehn Studierenden die Anzahl der Vertiefer trotz des allgemeinen Studierendenrückgangs im Bauwesen stabil.

Studierende der **Informatik** können seit über zwanzig Jahren Lehrveranstaltungen des IfEV als sogenanntes Nebenfach belegen und mit einer Vordiplom- sowie einer Hauptdiplomprüfung abschließen. Dies wird auch nach dem Umstellen des Diplomstudiengangs auf die neuen Bachelor- und Masterstudiengänge Bestand haben. Erfreulich ist die Tatsache, dass sich durch das gemeinsame, institutsübergreifende Betreuen von studentischen Arbeiten wieder eine positive Entwicklung der Anzahl von Informatikarbeiten am IfEV abzeichnet. Das Nebenfach „Verkehrssicherung und Verkehrslenkung“ gewinnt dadurch zusätzliche Attraktivität.

Bei dem im Wintersemester 2004/05 angelaufenen Studiengang „Sustainable Mobility“ der **Volkswagen-AutoUni** handelt es sich vorerst noch um eine VW-interne Führungskräfte-schulung, die jedoch zukünftig auch firmenfremden Interessierten offen stehen soll. An der Lehrveranstaltung "Traffic Flow Management" ist Professor Pacht neben weiteren Professoren der TU Braunschweig mit dem Modul „Schienenverkehrsleittechnik“ beteiligt.

2.2 Geplante Bachelor- und Masterstudiengänge

Im Rahmen des sogenannten Bologna-Prozesses sollen die Studienabschlüsse in Europa vereinheitlicht werden. Dazu müssen in Deutschland sämtliche Diplomstudiengänge bis zum Jahre 2009 auf

Bachelor- und **Masterstudiengänge** umgestellt werden. Allerdings fehlt es seitens der Politik an klaren Vorgaben. Die bundesrepublikanische Bildungs- und Hochschulpolitik gleicht nicht erst seit dem Eindringen eines Fuchses namens „Pisa“ einem aufgeschreckten Hühnerhof, dessen 16 Hühner sich samt des Hahns im überstürzten Hervorbringen von Vorschlägen übertreffen, die gern auch noch mit den Attributen „innovativ“ und „international“ versehen werden. So gibt es an den Hochschulen noch viele Unsicherheiten, dennoch besteht wegen der gesetzten Termine Handlungsbedarf. Doch wie stellt sich die Situation am Ende des Jahres 2004 dar?

Gab es bisher in Deutschland eine weitgehende Trennung zwischen Universitäten und Fachhochschulen, so soll diese Trennung nun offenbar aufgehoben werden, denn beide Einrichtungen sollen Bachelor- und Masterabschlüsse anbieten können. Da seitens der Politik keine erkennbaren Standards vorzuliegen scheinen und auch in der Wirtschaft kein einheitliches Meinungsbild existiert, bilden sich derzeit verschiedene Interessenverbände. Dazu gehört auch die sogenannte T9-Gruppe, ein Zusammenschluss Technischer Hochschulen und Universitäten, der auch die TU Braunschweig angehört.

In der T9-Gruppe sieht man als eigentliches Ziel einer universitären Ausbildung den Masterabschluss an. Der Bachelor-Abschluss soll demnach eine einheitlich definierte Zwischenqualifizierung sein, mit der ein nichtwissenschaftlicher Berufsabschluss erworben werden kann. Desweiteren soll eine definierte Schnittstelle wie der Bachelor einen flexiblen Wechsel an andere Studienstandorte im In- und Ausland sowie in andere Masterstudiengänge, wie es im Rahmen einer wissenschaftlichen Ausbildung zunehmend üblich und wünschenswert ist, erlauben.

Wie die meisten Fachbereiche der TU Braunschweig erarbeitet auch der Fachbereich Bauingenieurwesen einen sechssemestrigen Bachelor- und einen viersemestrigen Masterstudiengang, die u.U. sogar schon zum Wintersemester 2005/06, spätestens jedoch zum Wintersemester 2006/07 starten sollen. Nach dem gegenwärtigen Stand der Planungen wird das IfEV im Rahmen des Bachelorstudiengangs *Bauingenieurwesen* mit einer Lehrveranstaltung *Grundlagen des Schienenverkehrs* beteiligt sein. Für den Masterstudiengang ist eine umfassende Vertiefung *Schienenverkehr* vorgesehen, die aus den Lehrveranstaltungsmodulen *Bahnbau*, *Bahnverkehr* und *Bahnsicherungstechnik* bestehen soll und damit die eingangs dieses Kapitels beschriebenen Schwerpunkte weiterhin abdecken wird.

Eine weitere Entwicklung an der TU Braunschweig ist die Bündelung der Aktivitäten der vielfältigen Verkehrsforschungseinrichtungen zu einem Schwerpunkt „Verkehr und Mobilität“. In diesem Rahmen wird das IfEV auch an den neuen **Verkehrsstudiengängen** beteiligt sein, die mit den Abschlüssen „Bachelor“ und „Master“ abschließen sollen. Für die endgültige inhaltliche und strukturelle Ausgestaltung dieser Studiengänge erwarten wir im kommenden Jahr nach dem Wechsel im Amt des Präsidenten der TU die dringend notwendigen Richtungsentscheidungen des Präsidiums und der Gremien der TU Braunschweig. Dies gilt insbesondere für die Profilschärfung gegenüber der Volkswagen-AutoUni in Wolfsburg, die sich mittelfristig über die hausinterne Schulung hinaus für Externe öffnen will und staatlich anerkannte Master-Abschlüsse anstrebt. Für ein kooperatives Miteinander sollten zwischen der TU Braunschweig und der AutoUni auf Basis klarer Profile Kooperationschnittstellen definiert werden.

2.3 Inhalte der Lehrveranstaltungen

2.3.1 Grundlagen

In der Lehrveranstaltung (LVA) **Bahnbau** (Prof. Dr.-Ing. Jörn Pachl, Dipl.-Ing. Gunnar Bosse) werden die Grundlagen zum Entwurf und Bau von Gleisanlagen vermittelt. Dazu gehören die Linienführung, die Konstruktion des Fahrwegs, die Funktion und der Aufbau von Weichen und Kreuzungen sowie einzuhaltende Lichtraumprofile und Gleisabstände. Die abschließende Betrachtung der Längsneigung führt über zu den theoretischen Grundlagen der Fahrdynamik und Fahrzeitermittlung, die in der LVA **Bahnverkehr** (Prof. Dr.-Ing. Jörn Pachl, Dipl.-Ing. Katja Ortseifen) zusammen mit der Zugfolge-Regelung (Abstandshalteverfahren, Signalisierung) und der Leistungsuntersuchung (Fahrstraßenaus-schlüsse, Belegungsgrade) behandelt werden.

2.3.2 Planung und Bau von Bahnanlagen

In der LVA **Infrastrukturplanung für Schienenverkehrssysteme** (Prof. Dr.-Ing. Jörn Pachl) werden ausgehend von der strategischen Netzplanung die Randbedingungen zur Planung von Gleisanlagen erörtert und weitere Grundlagen zur Gestaltung von Bahnanlagen einschließlich der Anordnung von Sicherheitseinrichtungen vermittelt. Die Arbeitsschritte von der Vorentwurfsplanung bis zum Lageplan einer Gleisanlage sind Inhalte der LVA **Entwurf und Bau von Bahnanlagen** (Dipl.-Ing. Gunnar Bosse, Dipl.-Ing. Birgit Milius). Die Studierenden sollen sich mit den Möglichkeiten und Grenzen der rechnergestützten Arbeitsweise in der Eisenbahntwurfsplanung vertraut machen. Darüber hinaus werden in Zusammenarbeit mit der Firma Matthäi-Gleisbau Einblicke in das Wechselspiel zwischen Ober- und Unterbau gegeben und Gleisbauverfahren im Rahmen einer praxisnahen Aufgabe vorgestellt. Ergänzend wird auf einzelne Infrastrukturelemente wie z.B. Fahrleitungsanlagen und Brandschutzeinrichtungen in Tunneln eingegangen.

2.3.3 Verkehrssicherung

Die zentrale LVA zur Verkehrssicherung ist die LVA **Sicherung des Schienenverkehrs** (Prof. Dr.-Ing. Jörn Pachl). Es werden detailliert die Methoden der Sicherung der Zugfolge, der Fahrwegsicherung und der Bahnübergangssicherung vorgestellt sowie die Zugbeeinflussungsverfahren und ihre Wirkung erläutert. Über die funktionalen Aspekte hinaus werden die Vorgaben des Gesetzgebers ebenso betrachtet wie die aktuellen Entwicklungen der Betriebsleit- und Sicherungstechnik. Unter einem elektrotechnischen Blickwinkel werden die Sicherungssysteme der Eisenbahn in der LVA **Elektronische Eisenbahnsicherungssysteme** (Prof. i.R. Dr.-Ing. Peter Form) erörtert.

Die Lehrveranstaltungen **Funknavigation** und **Flugsicherungstechnik** (beide Prof. i.R. Dr.-Ing. Peter Form) sind auf die Verkehrssicherung in der Luftfahrt ausgerichtet. Es werden die betrieblichen Anwendung, die Wirkungsweisen und die Eigenschaften von Funknavigationssystemen im Mittel- und Langstreckenbereich sowie die im Funkfeld auftretenden Störungen behandelt. Ferner werden zukünftige Bedürfnisse und Entwicklungen im Bereich der Funknavigation skizziert. Die Aufgaben und die Entwicklung der Flugsicherungstechnik werden anhand des Umfangs, der Ordnung und des Ablaufs des Luftverkehrs sowie der Arbeitsweise der Luftverkehrskontrolle beschrieben. Vor diesem Hintergrund werden die Prinzipien und wesentlichen Eigenschaften der heute angewendeten Primär- und Sekundärradar-Techniken entwickelt und ihre Grenzen aufgezeigt. Daraus resultierende Beweg-

gründe für neue Vorschläge auf dem Gebiet der Überwachungstechnik und des Kollisionsschutzes runden die LVA ab.

In der LVA **Prüfung und Zulassung von Bahnsicherungseinrichtungen** (Honorarprof. Dr.-Ing. Klaus-Dieter Wiegand) werden zunächst die rechtlichen und technischen Grundlagen der Prüfung und Zulassung von Bahnsicherungseinrichtungen vorgestellt und erörtert, bevor im zweiten Teil der Veranstaltung auf die Durchführung der sicherungstechnischen Prüfungen und Abnahmen eingegangen wird. Die Zulassung von Bahnsicherungseinrichtungen erfordert umfangreiche Risiko- und Sicherheitsanalysen. Dazu werden in der LVA **Risikoanalyse technischer Systeme** (Honorarprof. Dr. rer. nat. Jens Braband) systematische, strukturierte Methoden und Prozesse z.B. zur Vorfallsanalyse vorgestellt, diskutiert und angewendet, die dazu beitragen können, Sicherheitsprobleme zu erkennen und frühzeitig geeignete Gegenmaßnahmen zu entwickeln. In einem ganzheitlichen Ansatz werden auch nichttechnische Einflussfaktoren, wie z. B. der Mensch oder Organisationsfaktoren, berücksichtigt. Darauf aufbauend geht es in der LVA **Sicherheitsanalyse technischer Systeme** (Honorarprof. Dr. rer. nat. Jens Braband) um die Frage des Entwurfs sicherer computergestützter Systeme sowie der zugehörigen Sicherheitsnachweisführung. Dabei werden nicht nur technische Einflussfaktoren, wie z. B. Zuverlässigkeit der Hardware oder Korrektheit der Software, betrachtet, sondern auch, welchen Einfluss die Entwicklungsprozesse oder das Management auf die Sicherheit solcher Projekte haben.

2.3.4 Eisenbahnbetrieb

Die nationalen und internationalen Betriebsverfahren sind Gegenstände der LVA **Prozessgestaltung im Bahnbetrieb** (Prof. Dr.-Ing. Jörn Pacht). In dieser Veranstaltung werden die notwendigen Vorgänge zur sicheren Durchführung von Zug- und Rangierfahrten vorgestellt und diskutiert. Zusätzlich wird auf die Besonderheiten bei der Durchführung von Fahrten während Bauzuständen eingegangen. In der LVA **Leistungsuntersuchung und Fahrplankonstruktion für Eisenbahnbetriebsanlagen** (Prof. Dr.-Ing. Jörn Pacht) werden Verfahren zur Fahrplankonstruktion vorgestellt und die Methodik der Leistungsuntersuchungen von Strecken und Knoten vermittelt. Ferner wird auf die Besonderheiten des integralen Taktfahrplans eingegangen. Mit einem Fahrplankonstruktionsprogramm ist eine Hausübung anzufertigen. Weitere Methoden zur Leistungsuntersuchung werden in der LVA **Eisenbahnbetriebssimulation** (Dipl.-Ing. Katja Ortseifen, Dipl.-Ing. Henning Blum) vorgestellt. Dazu werden die Inhalte mehrerer Vorlesungen in einer praxisnahen Aufgabenstellung zusammengeführt. Die Bearbeitungsschritte umfassen die betriebliche Infrastrukturplanung und die Fahrplankonstruktion. Mit Hilfe von Simulationsprogrammen werden die Planungsergebnisse stochastischen Einflüssen unterzogen und anschließend bewertet. In der LVA **Operational Research im Verkehr** (Dr.-Ing. Jürgen Six) werden die Studierenden an das Thema der Optimierung von Transportprozessen herangeführt. Dazu werden Begriffe erläutert, die allgemeine Zielsetzung der Verfahren diskutiert und Anwendungsbereiche herausgearbeitet. Darauf aufbauend werden Verfahren vorgestellt, die zur Ermittlung von optimalen Wegen in Netzwerken dienen.

2.3.5 Interdisziplinäre und fächerübergreifende Lehrveranstaltungen

Die Veranstaltung **Anwendungen im Bahnwesen** hat jährlich wechselnde Themen. Die Studierenden unterschiedlicher Studiengänge haben die Aufgabe, gemeinsam ein in sich geschlossenes Projekt zu bearbeiten. Dabei werden neben dem fachlichen Wissen Qualifikationen wie Teamarbeit, Selbstorga-

nisation und Präsentation trainiert. Im Wintersemester 2004/05 ist eine Musterstrecke zu erarbeiten, die als Basis für Risikobetrachtungen für und im System Eisenbahn dienen kann (Dipl.-Ing. Birgit Milius, Dipl.-Ing. Gunnar Bosse). Im zurückliegenden Wintersemester 2003/04 wurden anhand der technischen Spezifikationen des European Train Control Systems (ETCS) die Auswirkungen verschiedener ETCS-Level auf den Betrieb analysiert (Dipl.-Ing. Oliver Lemke).

Gleichfalls wechselnde Themen hat das Seminar **Projekte des Bauingenieurwesens**. Es ist für alle Studierenden des Fachbereichs Bauingenieurwesen eine Pflichtveranstaltung. Dazu stellen mehrere Institute bereits abgeschlossene oder auch noch laufende Projekte aus der eigenen Praxis vor. Die Studierenden sollen diese Projekte in Gruppen selbstständig nachvollziehen und in einer gemeinsamen Abschlussveranstaltung am Ende des Semesters ihren anderen Kommilitonen in Referaten präsentieren. Das IfEV hat in den beiden zurückliegenden Sommersemestern folgende Themen angeboten:

- „Reaktivierung einer Eisenbahnstrecke als Regionalstadtbahn“ zusammen mit der Regionalbahn Kassel GmbH (2004, Dipl.-Ing. Oliver Lemke)
- „Sanierung der ICE Bahnstrecke zwischen Hildesheim – Groß Gleidingen“ in Zusammenarbeit mit der Walter-Heilit VWB sowie der DB AG (2003, Dr.-Ing. Raimo Michaelsen)

2.4 Studentische Arbeiten im Jahr 2004

Im zurückliegenden Jahr wurden die nachfolgend aufgeführten studentische Arbeiten von Professor Pacht herausgegeben und beurteilt. Die Betreuung übernahmen die genannten Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern sowie Honorarprofessor Braband.



v.l.n.r.: Birgit Milius und Honorarprofessor Dr. Jens Braband in einem Betreuungsgespräch mit einem Diplomanden (im Hintergrund das Zentrum Braunschweigs mit der St. Andreaskirche)

Themen	Studiengang	Art d. Arbeit	Betreuer
Bauliche und sicherungstechnische Gestaltung eines Eisenbahnknotens für den Integralen Taktfahrplan	B	D	Bo
Umrüstung von Komponenten der Leit- und Sicherungstechnik bei Nahverkehrsunternehmen im laufenden Betrieb	W	D	Bo
Entwurf einer kreuzungsfreien zweigleisigen Verbindungskurve zur Umfahrung des Bahnhofs Vienenburg	W	D	Bo
Erstellen eines Konzeptes zur Instandsetzung gestörter elektronischer Signalanlagen	B	D	Bo
Ersatz eines punktförmigen Zugbeeinflussungssystems auf Transponderbasis durch Eurobalisen	W	D	Bo
Der Entstehungsprozess der TSI-ZZS - Eine STAMP Organisationsanalyse	B	D	Br
Einsatz von Standardisierten Verfahren bei vorübergehenden Änderungen an der Leit- und Sicherungstechnik von Bahnanlagen	W	D	Ka
Untersuchung zum Risiko beim Eisenbahnbetrieb in der Rückfallebene	B	E	MI
Klassifizierung der betrieblich-technischen Einsatzbedingungen von Sicherungsanlagen an der Schnittstelle von ESTW- zu Nebenbereichen	B	E	Os
Klassifizierung der betrieblich-technischen Einsatzbedingungen von Sicherungsanlagen in Nebenbereichen unter vereinfachten betrieblichen Bedingungen	B	E	Os
Untergrundsanierung von Eisenbahnstrecken	B	E	Bo
Die Leistungsfähigkeit von Nebenstrecken beim Betrieb von Selbstorganisierenden Eisenbahnfahrzeugen	B	E	Bo
Analyse des Zulassungsprozesses für neue Bahnsysteme	W	S	Os
Überprüfung eines objektorientierten UML-Modells zum eingleisigen Bahnübergang im FFB mit Model-Checking	I	S	Ar
Bewertung von ereignisorientierten Unfallursachenanalysemethoden anhand eines Eisenbahnunfalls	B	E	Bo Br
Bewertungskriterien für die Wahl geeigneter Gleisumbaumaßnahmen	W	S	Bo

Studiengänge: B = Bauingenieurwesen, I = Informatik, W = Wirtschaftsingenieurwesen (Bau)

Art: D = Diplomarbeit (10 Wochen), S = Studienarbeit (250 Stunden), E = Entwurf (250 Stunden)

Betreuer: Ar: Dipl.-Inform. Saeid Arabestani; Bo: Dipl.-Ing. Gunnar Bosse; Br: Honorarprof. Dr. rer. nat. Jens Braband; Ka: Dipl.-Wirtsch.-Ing. Jens Kampe; MI: Dipl.-Ing. Birgit Milius; Os: Dipl.-Ing. Katja Ortseifen

3 Forschung

Das Jahr 2004 war wieder ein erfolgreiches Jahr im Hinblick auf die bearbeiteten Forschungsprojekte und die erzielten Ergebnisse. Die Forschungstätigkeit des IfEV war dem technischen und wirtschaftlichen Strukturwandel im europäischen Eisenbahnwesen entsprechend auf die Entwicklung von Verfahren zur betrieblichen Infrastrukturplanung, auf die Sicherheitsbewertung von Betriebsverfahren im Eisenbahnwesen, auf die Gestaltung der Mensch-Maschine-Schnittstellen in den Leitzentralen sowie auf die Führung von Sicherheitsnachweisen beim Einsatz neuer Technologien ausgerichtet.

Zwei über mehrere Jahre laufende Projekte zum Flankenschutz bzw. zur Anwendung formaler Methoden im Eisenbahnwesen wurden in diesem Jahr erfolgreich abgeschlossen. Für die Entwicklung eines neuen, risikobasierten Verfahrens zur Flankenschutzbemessung wurde Dr.-Ing. Raimo Michaelsen der akademische Doktorgrad verliehen. Auch Dipl.-Inform. Saeid Arabestani hat im Rahmen seiner von der DFG geförderten Forschungsarbeiten zur formalen Beschreibung einer Anforderungsspezifikation mit entsprechenden Beweismöglichkeiten eine Dissertationsschrift erstellt. Sein Promotionsverfahren soll im kommenden Jahr abgeschlossen werden. Aus Anlass des nach nunmehr sechsjähriger Laufzeit erfolgreichen Abschlusses des DFG-Projektes möchten wir Ihnen im Folgenden einen etwas ausführlicheren Einblick über das abstrakte Thema geben sowie unsere Projektpartner vorstellen.

Neben diesen beiden Arbeiten wurden eine Reihe weiterer Projekte auf den Gebieten Risikoanalyse und Unfalluntersuchung fortgeführt, begonnen und zum Teil auch in 2004 abgeschlossen. Nachfolgend geben wir Ihnen auch einen kurzen Überblick über die Themen dieser Projekte.



Projektbesprechung

Im Uhrzeigersinn: Gunnar Bosse, Oliver Lemke, Katja Ortseifen, Dr. Raimo Michaelsen, Dr. Jürgen Six, Henning Blum, Dr. Jan-Tecker Gayen, Prof. Dr. Jörn Pacht (es fehlt Birgit Milius)

3.1 DFG-Projekt SafeRail

Entsprechend der neuen CENELEC-Normen ([EN50126], [EN50128] und [EN50129]) wird für die Systemspezifikation von Sicherungssystemen im Eisenbahnwesen der Einsatz von formalen Methoden empfohlen. Sie sollen das Durchführen formaler



Prüfungen während des Zulassungsprozesses ermöglichen. Bisher war in den Lastenheften von Eisenbahnsicherungssystemen die natürliche Sprache das durchgängige Beschreibungsmittel. Sie wurde für einzelne Aufgabenkomplexe durch spezielle Beschreibungsmittel wie z.B. Tabellen und Grafiken ergänzt. Daraus ergab sich jedoch keine besondere Unterstützung der Zulassungsprozesse.

Das Projekt SafeRail wurde mit dem Ziel begonnen, die Anwendung von formalen, d.h. mathematisch fundierten Methoden zur Spezifikation und Verifikation von Sicherheits- und Steuerungssystemen im Eisenbahnwesen zu untersuchen. Die von der Deutschen Forschungsgemeinschaft (DFG) geförderten Forschungsarbeiten zielten darauf ab, Techniken und Methoden bereit zu stellen, die im Lastenheft das Erstellen von präzisen Systemdefinitionen sowie das Durchführen formaler Korrektheits- und Konsistenzprüfungen unterstützen. Ebenso soll das Durchführen von Risikoanalysen von der Ableitung der betrieblichen Gefährdungen bis hin zur Festlegung der Gefährdungsraten erleichtert werden. Ziel solcher Methoden soll in allen Phasen der Systementwicklung und des Zulassungsprozesses der Nachweis des richtigen und sicherheitskonformen Verhaltens im Sinne eines mathematischen Beweises sein.

Um beim Einführen derartiger formaler Verfahren die in der Ingenieurwelt zu erwartenden Akzeptanzprobleme zu vermeiden, war ein besonderes Augenmerk auf eine ingenieurgerechte Schnittstelle zu den formalen Methoden zu richten. Dazu gehören Aspekte wie die einfache Erlernbarkeit und Anwendbarkeit sowie die unkomplizierte Nachvollziehbarkeit der einzusetzenden integrierten Methoden. Um die Anzahl der Methoden gering zu halten, waren notwendige von unnötigen Beschreibungsmitteln abzugrenzen. Aus diesen Gründen waren in dem Projekt nicht vorrangig neue Methoden zu entwickeln, sondern primär bereits vorhandene und verfügbare Verfahren in die Systemspezifikation zu integrieren. Dazu waren vor allem die Schnittstellen zwischen den unterschiedlichen Methoden zu definieren und festzulegen. Für die integrierten Methoden sollte eine für Ingenieure verständliche Notation entwickelt werden.

Das Projekt wurde im Rahmen des DFG Schwerpunktprogramms „Integration von Techniken der Softwarespezifikation für ingenieurwissenschaftliche Anwendungen“ von drei Kooperationspartnern durchgeführt. Neben dem IfEV waren Prof. Dr.-Ing. Peter Göhner vom Institut für Automatisierungs- und Softwaretechnik der Universität Stuttgart sowie Prof. Dr. Friedrich von Henke aus der Abteilung Künstliche Intelligenz der Universität Ulm beteiligt. Im IfEV wurden die Arbeiten im Wesentlichen von Dipl.-Inform. Saeid Arabestani durchgeführt, der über dieses Thema eine Promotionsschrift einreichen wird. Die Projektidee stammt von Dr.-Ing. Jan-Tecker Gayen, der das Konzept in Zusammenarbeit mit den beiden Kooperationspartnern entwickelt und über die sechs Jahre aktiv begleitet hat.

3.2 EU-Projekt SamRail "Safety Management for RAILways"

Das Projekt SamRail wurde von der Europäischen Kommission gefördert. Beteiligt war ein Konsortium von 16 Partnern aus Industrie, Bahnen und Universitäten aus Ländern der Europäischen Union. Das Ziel war die Entwicklung eines Sicherheits-Management-Systems für die europäischen Eisenbahnen, durch das geregelt werden soll, wie und welche Sicherheitsziele festzulegen sind und wie bei der Bemessung und Evaluierung des Risikos vorzugehen ist. Dabei sind die sozialen und ökonomischen Eigenheiten und unterschiedliche Rechtssysteme in den Ländern der europäischen Union als Randbedingungen zu berücksichtigen. Mit dem zu entwickelnden System sollen die Angaben und



Forderungen der Sicherheitsdirektive der Europäischen Union erfüllt werden. Es soll erreicht werden, dass sich die Sicherheit im Eisenbahnwesen europaweit auf einem vergleichbaren, hohen Niveau einstellt.

Aufgabe des IfEV war vor allem die Mitarbeit bei der Definition der wesentlichen Grundbegriffe wie beispielsweise Risiko oder Opfer. Außerdem gehörte zum Arbeitsumfang das Zusammentragen der unterschiedlichen Risikoarten sowie die Diskussion der zu berücksichtigenden Einflussparameter auf das Risiko. Die Arbeit machte eine umfangreiche Recherche der europäischen Literatur zu dem Thema notwendig. Der schwierige Prozess der Abstimmung der Arbeitsergebnisse in den multinational besetzten Arbeitsgruppen ist leider nur zu typisch für die Zusammenarbeit in Projekten der europäischen Union.

3.3 Entwicklung eines neuen Flankenschutzverfahrens

Bei der Deutschen Bahn AG (DB AG) wird zur Beurteilung der Notwendigkeit einer Flankenschutzweiche die DB-Konzern-Richtlinie für das Vorhalten von Flankenschutzweichen (SBIV22) angewendet. Dabei wird berechnet, ob in Abhängigkeit von Betriebsprogramm, Streckenausrüstung und örtlicher Lage der Einbau einer Flankenschutzweiche notwendig ist. Diese Vorschrift wurde einer wissenschaftlichen Überarbeitung unterzogen. Das Ziel der Überarbeitung war das Erstellen einer neuen Formel, mit welcher das durch Flankenraumverletzungen hervorgerufene Risiko berechnet werden kann. Ebenfalls zum Arbeitsumfang gehörte das Ermitteln eines Grenzwertes zur Bewertung des berechneten Risikos. Dazu wurde ein neues Risikomodell entwickelt und speziell auf die Eisenbahn abgestimmt. Das Projekt wurde von Dr.-Ing. Raimo Michaelsen bearbeitet, der über das Thema erfolgreich promovieren konnte. Das neue Verfahren zur Flankenschutzbemessung befindet sich derzeit im Zulassungsverfahren der Aufsichtsbehörde.



Flankenraumverletzung

3.4 Unfallursachen-Analyse

In der Regel sind Unfälle und gefährliche Ereignisse nicht monokausal, sondern haben häufig mehrere beitragende Faktoren, die in bestimmten Wirkbeziehungen zueinander gestanden haben. Die beitragenden Faktoren können mitunter organisatorisch, zeitlich und räumlich weit vom eigentlichen

Vorfallesgeschehen entfernt liegen. Ziel der Unfallanalyse ist das möglichst vollständige Ermitteln aller Faktoren. Die Ergebnisse von Unfallanalysen helfen beim Erkennen von Schwachstellen im System und dienen damit der Vermeidung ähnlich gelagerter Vorfälle in der Zukunft. Die Unfallanalyse hat deshalb im Rahmen der Sicherheitsarbeit neben dem aufdeckenden auch einen ausgeprägt präventiven Charakter.

Im Projekt "Unfallursachen-Analyse" werden zur Zeit die Möglichkeiten der Anwendung verschiedener bekannter Methoden zur Unfallanalyse erörtert und deren Anwendungsbereich, auch über die Unfallanalyse hinaus, abgeschätzt. Das Forum für die Diskussion der Arbeitsergebnisse sind die halbjährlichen Bieleeschweig-Workshops.

3.5 Entwicklung des Datenaustauschformats CausalML

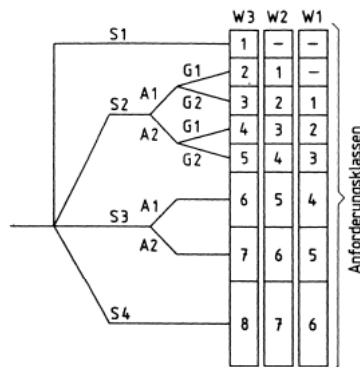
CausalML ist ein auf XML basierendes Datenaustauschformat für Vorfalls- und Unfallanalysedaten, die in einer Why-Because-Analyse ermittelt wurden. Die Why-Because-Analyse (WBA) ist eine formale Unfallanalysetechnik, die auf der Ermittlung kausaler Wirkbeziehungen basiert. CausalML kann auch als ein Datenaustauschformat für Why-Because-Graphen verstanden werden, die das Endergebnis einer WBA sind. CausalML wird am IfEV in Zusammenarbeit mit anderen Partnern weiterentwickelt und gepflegt.

3.6 Transrapid-Trassierung in Grund- und Aufriss

Bei der Berechnung von Trassierungsparametern zur Festlegung der Linienführung für den Fahrweg der Magnetschwebbahn TRANSRAPID sind die fahrdynamischen Einflüsse aus Grund- und Aufriss zu überlagern. Die Summe dieser fahrdynamischen Einflüsse darf die in der Richtlinie gegebenen Grenzwerte nicht überschreiten. Um diese Summe der fahrdynamischen Einflüsse berechnen zu können, müssen jedoch Ergebnisse aus beiden Planungsschritten vorliegen. Es hat sich als praktikabel erwiesen, zunächst den Grundriss zu entwerfen, bei dem lediglich die fahrdynamischen Einflüsse aus der Grundrissstrassierung berücksichtigt werden. Bei der anschließenden Aufrisstrassierung wird die Summe der fahrdynamischen Einflüsse aus Grund- und Aufriss berücksichtigt. Dabei kann es zu Überschreitungen der Grenzwerte kommen. In einem iterativen Verfahren sind der Grund- und Aufriss so aufeinander abzustimmen, dass die Grenzwerte eingehalten werden. Dieses u.U. sehr aufwändige Verfahren lässt sich durch den Einsatz eines EDV-Tools unterstützen. Am IfEV ist nicht nur der dargestellte Zusammenhang von Grund- und Aufrisstrassierung untersucht worden. Es ist auch ein Tool zur Vereinfachung des Trassierungsprozesses entwickelt worden.

3.7 Strukturierte Erstellung von Risikographen

Europäische Gesetze und Normen machen Sicherheitsbetrachtungen für neu einzuführende Produkte unabdingbar. Um zu ermitteln, welchen Anforderungen ein Produkt genügen muss, sind Risikoanalysen durchzuführen. Diese sind i.d.R. mit einem hohen Aufwand verbunden, weil zur Beschreibung der bei einem möglichen Systemversagen eintretenden Unfallfolgen sehr detaillierte Betrachtungen angestellt werden müssen. Zusätzlich wird dieser Arbeitsschritt durch das Fehlen oder zumindest eine ungenügende Qualität des statistischen Zahlenmaterials bezüglich dieser Ereignisse erschwert.



Beispiel für einen Risikographen aus der DIN V 19250

Deshalb wird angestrebt, bei Risikoanalysen die detaillierte Betrachtung durch einen qualitativen Prozess zu ersetzen. Der Risikograph ist ein bereits existierendes Verfahren, dessen Performance jedoch nicht den Ansprüchen aller Technikbereiche genügt. In dem Forschungsvorhaben soll ein Vorgehen entwickelt werden, mit dem in Abhängigkeit des Technikbereichs Risikographen strukturiert erstellt, überprüft und kalibriert werden können.

3.8 Functional Hazard Analysis „FHA“

Nicht nur im Eisenbahnwesen, sondern auch in anderen Industrie- und Verkehrszweigen sind Sicherheitsnachweise zu führen. Im Eisenbahnwesen bestehen insbesondere zur Luftfahrt Analogien hinsichtlich des Unternehmenszwecks, aber auch bei der öffentlichen Rezeption und den Umweltverknüpfungen. Das in der Luftfahrt angewendete Verfahren zur Sicherheitsnachweisführung wird analysiert und dessen Vergleichbarkeit mit und seine Übertragbarkeit auf das Eisenbahnwesen untersucht.

3.9 Optimierungspotenziale einer neuen Stellwerksgeneration

In diesem Jahr wurde die Vorstudie „Optimierungspotenziale Neue Stellwerksgeneration“ abgeschlossen, an der mehrere Partner aus Universitäten und Industrie im Auftrag der DB AG beteiligt waren. Für das Arbeitspaket betriebliches Lastenheft hatte das IfEV die Federführung. Erste Grundzüge für ein betriebliches Lastenheft für neue Stellwerke wurden entwickelt.

Aufbauend auf den Ergebnissen der Vorstudie ist derzeit am IfEV die Erstellung eines CENELEC-konformen betrieblichen Lastenhefts in Bearbeitung. Das Lastenheft soll für die einzelnen Anforderungen die Bezüge zu den relevanten Quellen (EBO, Konzernrichtlinien) enthalten und die vorhandenen betrieblichen Regelwerke rationalisieren. Wichtige und interessante zu vertiefende Aspekte sind hierbei neben grundlegenden Definitionen die betrieblichen Abläufe zur Durchführung des Bahnbetrieb und der gesamte Bereich der Leit- und Sicherungstechnik. Für die Darstellung werden auch objektorientierte Beschreibungsmittel eingesetzt. Ein erfreulicher Nebeneffekt ist hierbei die gute Zusammenarbeit zwischen den Ingenieuren und den Informatikern, die innerhalb des Projekts zu einem interessanten Transfer von Eisenbahnwissen bzw. Modellierungsgrundsätzen führt.

3.10 CENELEC getriebene Optimierung der Entwicklung bahntechnischer Systeme

An Softwaretechniken für den Bahnbereich, die in sicherheitskritischen Umgebungen eingesetzt werden soll, werden grundsätzlich und in den Europäischen CENELEC-Normen höchste Anforderungen an Stabilität, Sicherheit und Fehlerfreiheit gestellt. Für deren Entwicklungsverfahren werden allerdings keine konkreten Entwicklungsprozesse vorgegeben. Das Ziel des Projekts „CENELEC getriebene Optimierung der Entwicklung bahntechnischer Systeme (OPRail)“ ist es nun, einen solchen CENELEC-konformen Softwareentwicklungsprozess zu spezifizieren. Dabei soll insbesondere der Einsatz semi-formaler und formaler Werkzeuge wie z.B. der UML berücksichtigt werden. Das Projekt wird vom BMBF durch das Rahmenprogramm "Software Engineering 2006" gefördert. Das IfEV unterstützt die zwei Fallstudien der beiden Praxispartner Alcatel SEL AG und Deuta Werke GmbH bei der Entwicklung der prototypischen Anwendungen. Dazu wird beispielsweise durch das IfEV eine Simulationsumgebung für das Verhalten von Raddrehzahlgebern und Doppler-Radars entwickelt, die von der Fa. Deuta zum Test der mit dem OPRAIL-Prozess entwickelten Software verwendet wird.

3.11 Bahnübergänge für den Betrieb selbstorganisierender Schienenfahrzeuge „BüSoS“

Selbstorganisierende Schienenfahrzeuge sollen vor allem im Güterverkehr zu einer nennenswerten Verlagerung des Transportvolumens von der Straße zurück zur Schiene führen. Aus dem Betrieb derartiger Fahrzeuge werden sich besondere Anforderungen an das Leistungsverhalten der Fahrweginfrastruktur ergeben. In diesem Vorhaben sollen die technischen, rechtlichen und betrieblichen Anforderungen an Bahnübergänge durch eine Verknüpfung von Methoden der Eisenbahnbetriebswissenschaft und der Straßenverkehrstechnik ermittelt und beschrieben werden.

3.12 Veröffentlichungen 2004

Pachl, J.

Systemtechnik des Schienenverkehrs - Bahnbetrieb planen, steuern und sichern, Verlag B.G. Teubner, Stuttgart, Leipzig, Wiesbaden, 4. Auflage 2004



Naumann, P.; Pachl, J.

Leit- und Sicherungstechnik im Bahnbetrieb - Fachlexikon Tetzlaff Verlag, Hamburg, 2. Auflage 2004

Michaelsen, Raimo

Quantitative Ermittlung und Bewertung des Risikos für Zugfahrten durch Flankenraumverletzungen

Schriftenreihe Institut für Eisenbahnwesen und Verkehrssicherung, Bd.66, 2004

Arabestani, Saeid; Bitsch, Friedemann; Gayen, Jan-Tecker

Precise Definition of the Single-Track Level Crossing in Radio-Based Operation in UML Notation and Specification of Safety Requirements

In H. Ehrig et al. (Eds.): INT 2004, LNCS 3147, pp. 119-144, Springer-Verlag 2004

Bosse, Gunnar; Lemke, Oliver

Beispielhafte Anwendung einer formalen Unfallanalysemethode

Zur Veröffentlichung bei ZEVrail Glasers Annalen eingereicht

Gayen, Jan-Tecker Milius, Birgit

Functional Hazard Assessment der Luftfahrt im Vergleich zu Risikoanalysen der Eisenbahn

Signal+Draht 96 (2004), Heft 10

Kampe, Jens

Berechnung von Trassierungsparametern zur Festlegung einer Linienführung für den Fahrweg der Magnetschwebbahn TRANSRAPID

Zur Veröffentlichung bei Der Eisenbahningenieur eingereicht

Michaelsen, Raimo

Quantitative Ermittlung und Bewertung des Risikos für Zugfahrten durch Flankenraumverletzungen

Zur Veröffentlichung eingereicht

Pachl, Jörn

Vorschlag für eine neue Systematik der Betriebsverfahren deutscher Eisenbahnen

Der Eisenbahningenieur 55(2004)7, S. 5-10

Pachl, J.; White, T.

Analytical Capacity Management with Blocking Times

Transportation Research Board. 83rd Annual Meeting on January 11-15, 2004. Compendium of Papers CD-ROM, Paper No. TRB2004-000289. Mira Digital Publishing, Washington, D.C. 2003

4 Veranstaltungen

4.1 Kolloquien & Workshops, Tagungen

4.1.1 Doktorandenkolloquium in Güntersberge / Harz

Das IfEV und die Professur für Verkehrssicherungstechnik der Fakultät Verkehrswissenschaften „Friedrich List“ der TU Dresden lehren und forschen in verwandten Gebieten der Sicherheit im spurgeführten Verkehr. Um den fachlichen Austausch zwischen den Wissenschaftlichen Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern zu fördern, hat das IfEV mit seinen Kollegen aus Dresden im Frühjahr 2004 eine Kooperationsvereinbarung über das Durchführen von gemeinsamen Doktorandenkolloquien abgeschlossen. Im Rahmen dieser ein- oder zweitägigen Kolloquien soll den Doktoranden Gelegenheit gegeben werden, über ihre Forschungsthemen vorzutragen und die Inhalte gemeinsam zu diskutieren. Wir verbinden damit die Hoffnung, Promotionen in beiden Einrichtungen zu fördern. Die Kolloquien sollen in etwa einjährigen Abständen stattfinden.



1. Doktorandenkolloquium im Juni 2004 in Güntersberge / Harz

v.l.n.r.: (stehend) Katja Ortseifen (BS), Dr. Raimo Michaelsen (BS), Carsten Weber (DD), Gregor Theeg (DD), Dr. Ulrich Maschek (DD), Alexander Wittig (DD), Elisabeth und Dr. Jan-Tecker Gayen (BS), (hockend) Enrico Anders (DD), Birgit Milius (BS), Gunnar Bosse (BS), Jörg Schurig (DD)

4.1.2 Bieleeschweig IV

Unfälle können innerhalb von Sekundenbruchteilen das Leben von Menschen verändern. Niemand weiß, wann und wo sie eintreten – das macht es so schwer, sie zu verhindern. Unternehmen investieren deshalb jahrelange Forschung und viel Geld, um technische Systeme wie beispielsweise Automobile, Eisenbahnen oder chemische und kerntechnische Anlagen so sicher wie möglich zu machen. Was jedoch bedeutet Sicherheit und wie weist man sie nach? Wie kann man aus Unfällen lernen, um sie zukünftig zu vermeiden? Dies waren die Themen des 4. Bieleeschweig-Workshops, der vom Institut für Eisenbahnwesen und Verkehrssicherung der TU Braunschweig mit Unterstützung der Dr. Graband & Partner GmbH aus Braunschweig ausgerichtet wurde. Sechzig Experten aus unterschiedlichen Industriezweigen, von Universitäten, Aufsichtsbehörden und Ingenieurbüros nutzten die

Gelegenheit, sich über aktuelle Fragen und Probleme auszutauschen und neueste Entwicklungen kennen zu lernen.



Plenum des Bieleeschweig-Workshops im Neuen Senatssitzungs-
saal der Technischen Universität Braunschweig

Neben Vortragenden aus der Automobilindustrie, dem Eisenbahnbundesamt, der Deutschen Bahn AG und der BASF trugen auch zwei Angehörige des IfEV ihre Forschungsergebnisse vor. Dr.-Ing. Jan-Tecker Gayen beschäftigte sich in seinem Vortrag mit grundsätzlichen Fragen zur Beschreibung des Risikos. Er präsentierte eine Auswahl von unterschiedlichen Definitionen, erläuterte Einflussparameter und verschiedene Randbedingungen, die in Übereinstimmung gebracht werden müssen, um zu sinnvollen Ergebnissen zu kommen. Als eine qualitative Methode zur Ermittlung von Risiken wurde von Dipl.-Ing. Birgit Milius der Risikograph vorgestellt. Anhand eines Beispiels berichtete sie von der Effizienz der Methode, aber auch von der Vielzahl der noch ungelösten Fragen. Es wurde in der Diskussion jedoch übereinstimmend festgestellt, dass es sich um einen vielversprechenden Ansatz handele, der weiter zu verfolgen sei.



Dr. Jan-Tecker Gayen



Dipl.-Ing. Birgit Milius, Prof. Dr. Jens Braband

„Unsere Erfahrungen haben sich bestätigt. In allen Industriezweigen besteht großer Diskussionsbedarf und ein interdisziplinäres Forum wie dieser Workshop mit Teilnehmern aus ganz verschiedenen Bereichen wird deshalb allgemein begrüßt. Nur so können zahlreiche der noch offenen Fragen geklärt sowie neue und bessere Verfahren entwickelt werden.“ fasste Professor Dr.-Ing. Jörn Pacht zum Abschluss die Eindrücke der Teilnehmer zusammen. Der 5. Bieleeschweig-Workshop wird im Frühjahr 2005 in München stattfinden.

4.1.3 RailAutomation 2004

Das IfEV und die Rail Automation Academy (RAA) der Siemens AG führten am 3. und 4. Juni erstmalig die internationale Eisenbahnfachtagung RailAutomation 2004 durch. Während der zweitägigen Veranstaltung diskutierten rund 90 Experten aus Deutschland, Österreich, der Schweiz, Holland und Dänemark innovative sicherungstechnische Konzepte und Betriebsverfahren.

Die Themenschwerpunkte der RailAutomation 2004 lagen bei den Möglichkeiten und Grenzen der Zentralisierung der Betriebsteuerung im hochbelasteten Kernnetz der Eisenbahn, dem Erhalt von Regionalstrecken durch die Einführung innovativer Sicherungs- und Betriebsverfahren sowie der Überführung des konventionellen in den automatischen Betrieb. Neben den Möglichkeiten zur Effizienzsteigerung standen vor allem die Verfahren zum gesetzlich vorgeschriebenen Nachweis der mindestens gleichen Sicherheit bei der Einführung neuer Techniken und Betriebsverfahren im Vordergrund. Alle Teilnehmer sahen wegen des enormen technischen Wandels in diesem Gebiet des Eisenbahnwesens einen noch erheblichen Forschungs- und Entwicklungsbedarf, um die Wirtschaftlichkeit und die Sicherheit im Eisenbahnwesen auch in Zukunft gleichermaßen sicherstellen zu können. Die nächste RailAutomation wird am 11. und 12. Mai 2005 wieder in Braunschweig stattfinden.

4.2 Exkursionen

4.2.1 Lossetalbahn bei Kassel

Im Rahmen des Seminars "Projekte des Bauingenieurwesens" hat das IfEV am 19.05.2004 eine Exkursion zu Baustellen der in der Nähe von Kassel gelegenen Lossetalbahn unternommen. Die Studierenden konnten sich dabei einen direkten Eindruck über das bearbeitete Projekt verschaffen. Unterstützt wurde die Exkursion von der Regionalbahn Kassel GmbH, einem Zusammenschluss der Kasseler Verkehrsgesellschaft AG und der Kassel-Naumburger Eisenbahn.



Die Lossetalbahn ist ein Teil der früheren Eisenbahnverbindung von Kassel nach Eschwege. Nach dem Einstellen des Personenverkehrs in den 80er Jahren wurde seit Ende der 90er Jahre etappenweise die Strecke im Abschnitt Kassel - Hessisch-Lichtenau wieder für den Personenverkehr reaktiviert. Die Besonderheit liegt darin, dass der Verkehr auf dieser Strecke mit Straßenbahnfahrzeugen abgewickelt wird, die an einer Verknüpfungsstelle direkt in das innerstädtische Netz der Kasseler Verkehrsgesellschaft übergehen. Damit ergibt sich für die Reisenden aus dem Kasseler Umland eine komfortable Verkehrsanbindung direkt in die Mitte des Oberzentrums. Weil ferner auch Güterzüge die Strecke befahren sollen, sind wegen der unterschiedlichen Fahrzeugbreiten der Straßenbahnen und der Güterzüge zum Teil aufwändige Sonderkonstruktionen, wie z.B. Vier-Schienen-Gleise im Bereich der Haltestellen notwendig. Im Rahmen der Reaktivierung wird der gesamte Oberbau erneuert, moderne Leit- und Sicherheitstechnik installiert und die Strecke mit 750 V Gleichstrom elektrifiziert.



Neuer Streckenabschnitt und neue Haltestelle der Lossetalbahn

Zum Zeitpunkt der Exkursion wurde gerade mit den Arbeiten am vierten und letzten Bauabschnitt begonnen. Die Studierenden konnten so eine Bettungsreinigungsmaschine im Betrieb erleben. Weiterhin wurde ein bereits fertig gestellter Abschnitt besichtigt, der aus Umweltschutzgründen aus einer festen Fahrbahn vom Typ Geatrac besteht, um Querungsmöglichkeiten für eine bedrohte Molchart zu schaffen. Die Exkursion schloss mit der Besichtigung der bereits seit 10 Jahren im Mischbetrieb nach EBO befahrenen Strecke nach Baunatal-Großenritte.

4.2.2 Nordwestbahn

Am 30.06.2004 fuhren 13 Studierende und zwei betreuende Mitarbeiter des IfEV zur NordWestBahn nach Osnabrück. Die NordWestBahn ist ein in

NordWestBahn

Connex-Gruppe/Stadtwerke Osnabrück/VW.G Oldenburg *Gut unterwegs.*

in Osnabrück ansässiges Eisenbahnverkehrsunternehmen, dem im Jahre 1998 der Auftrag für den Betrieb auf dem 290 Kilometer langen Weser-Ems-Netz im Nordwesten Niedersachsens von der Landesnahverkehrsgesellschaft Niedersachsen (LNVG) erteilt worden ist. Die NordWestBahn ist ein Tochterunternehmen der Stadtwerke Osnabrück AG, der Verkehr und Wasser GmbH Oldenburg sowie der Connex Regionalbahn GmbH aus Frankfurt am Main.



Besichtigung der Leitzentrale

Nach der Vorstellung des Unternehmens und seiner Marketingkonzepte wurden die Werkstätten der NordWestBahn und die dort befindlichen Fahrzeuge besichtigt. Im Anschluss an die Erläuterung der Wartungsarbeiten wurde die Leitstelle besucht, aus der der gesamte Verkehr der beiden Netze in Niedersachsen und Nordrhein-Westfalen gesteuert wird. Zum Abschluss der Exkursion folgte dann eine Fahrt mit einem regulären Zug der NordWestBahn in der Ersten Wagenklasse von Osnabrück Hbf nach Bersenbrück und zurück. Dabei war es den Studierenden möglich, dem Triebfahrzeugführer bei der Arbeit über die Schulter zu schauen



Werkhalle und Leitzentrale der Nordwestbahn

5 Ausblick

Von Prof. Dr.-Ing. Jörn Pachtl

Das IfEV steht im kommenden Jahr in mehreren Bereichen vor einem Wendepunkt. Die größte Herausforderung in der Lehre ist die Umstellung auf das Bachelor/Master-Modell. Dies erfordert eine völlige Neustrukturierung der Lehrveranstaltungen mit einer Konsolidierung in größere Einheiten. Vor dem Hintergrund knapperer Personalressourcen ist dabei auch die Nutzung von Software in der Lehre zu optimieren. In der Forschung hinterlässt das Ausscheiden mehrerer langjährig bei uns tätiger Kollegen eine schmerzhaft Lücke. Der gleichzeitige Abschluss mehrerer Forschungsprojekte erfordert zudem das Abstimmen neuer Tätigkeitsfelder. Dabei soll das Forschungsprofil des IfEV in Form der bewährten Kombination sicherungstechnischer und eisenbahnbetrieblicher Inhalte erhalten bleiben. Wissenschaftliche Herausforderungen ergeben sich in der nächsten Zeit vor allem durch folgende aktuelle Entwicklungen im Eisenbahnwesen:

- Konzeption neuer Stellwerksgenerationen,
- Weiterentwicklung der betrieblichen Regelwerke zur Anpassung an die Bedingungen einer hochgradig zentralisierten Betriebsführung,
- Neue Techniken und Betriebsverfahren für Regionalstrecken,
- Fortführung der Harmonisierung der Betriebsführung der europäischen Bahnen.

Neben diesen, sich aus der unmittelbaren Bahnpraxis ergebenden Arbeitsfeldern werden wir auch unter knapperen personellen Ressourcen weiterhin wissenschaftlich interessante Aufgaben aus dem Bereich der Grundlagenforschung des Systems Bahn in Eigenregie bearbeiten. Dazu gehören sowohl Fragen der Unfall- und Sicherheitsforschung sowie wissenschaftliche Grundsatzbetrachtungen zu den Möglichkeiten und Grenzen von Paradigmenwechseln im spurgeführten Verkehr (z.B. neue Abstandshalteverfahren, einzeln fahrende Fahrzeuge u. ä.). Gerade auf diesem Gebiet werden in der Fachwelt häufig mit großer Vehemenz Positionen vertreten, ohne dass eine wissenschaftlich fundierte Argumentation vorliegt. Hier kann das IfEV sowohl durch seine Neutralität als auch durch die vorhandene hohe Kompetenz auf den Gebieten Bahnbetrieb und Bahnsicherungstechnik wichtige Entscheidungshilfen für die Weiterentwicklung des Systems Bahn liefern.

Übersicht über das wissenschaftliche Personal des IfEV

Mit der folgenden Tabelle erhalten Sie einen Überblick über die Mitarbeiter des Institutes sowie ihre Arbeitsschwerpunkte und Forschungsinteressen.

Professoren
Dr.-Ing. Jörn Pacht j.pacht@tu-bs.de
<ul style="list-style-type: none"> • Betriebliche Systemtechnik im Eisenbahnwesen • Leit- und Sicherungstechnik • Gestaltung betriebssicherheitlicher Regelwerke • Betriebliche Infrastrukturplanung
Dr.-Ing. Peter Form p.form@tu-bs.de
<ul style="list-style-type: none"> • Sicherung im Luftverkehr • Elektronische Verkehrssicherungssysteme

Mitarbeiter auf Dauerstellen
Dr.-Ing. Jan Tecker Gayen j.gayen@tu-bs.de (April 1973 /)
<ul style="list-style-type: none"> • Risiko-/Sicherheitsanalysen für Eisenbahnsicherungssysteme • Anwendung von formalen Methoden bei der Erstellung von Lastenheften für Eisenbahnsicherungssysteme; Objektorientierte Methoden zur Modellierung von Sicherungssystemen • Akquisition, Organisation und Bearbeitung von Forschungsvorhaben • Organisation von Tagungen/Workshops (RailAutomation, Bieleeschweig, CENELEC-Kolloquien, ..)
Dipl.-Ing. Gunnar Bosse g.bosse@tu-bs.de (Oktober 1994 /)
<ul style="list-style-type: none"> • Methoden zur Analyse von Unfällen und gefährlichen Ereignissen • Leistungsfähigkeit neuer Betriebsverfahren • Systembetrachtungen für das System Eisenbahn • Organisation, Finanzen, Außendarstellung, Gremienarbeit
Dr.-Ing. Jürgen Six j.six@tu-bs.de (Juli 75/)
<ul style="list-style-type: none"> • Risiko-/Sicherheitsanalysen für Eisenbahnsicherungssysteme • Statistik

Mitarbeiter auf Zeit- und Drittmittelstellen
Dipl.-Ing. Birgit Milius b.milius@tu-bs.de (Dezember 2000 /)
<ul style="list-style-type: none"> • Risiko- und Sicherheitsanalysen; Verfahren zum Sicherheitsnachweis und zur Risikobetrachtung im Eisenbahnwesen • Systembetrachtungen für das System Eisenbahn • Organisation von Tagungen/Workshops (RailAutomation, Bieleeschweig, CENELEC-Kolloquien, ..) • Betreuung der Webseiten; Öffentlichkeitsarbeit
Dipl.-Ing. Oliver Lemke o.lemke@tu-bs.de (August 2002 /)
<ul style="list-style-type: none"> • Methoden zur Analyse von Unfällen und gefährlichen Ereignissen • Entwicklungsprozesse zum Entwurf und zur Implementierung sicherheitskritischer Systeme • formale und semi-formale Systembeschreibungen, • betriebliche und technische Betrachtungen verschiedener Teilsysteme des Eisenbahnwesens

Dipl.-Ing. Katja Ortseifen k.ortseifen@tu-bs.de (Juli 2003 /)
<ul style="list-style-type: none"> • Rationalisierung und Erstellung betrieblicher Regelwerke im Bereich der LST • Betriebsdurchführung im Störfall/Rückfallebenen
Dipl.-Ing. Henning Blum h.blum@tu-bs.de (September 2004 /)
<ul style="list-style-type: none"> • Konzepte und Folgen der zentralisierten Betriebsführung bei Eisenbahnen • Transporttechnologie des öffentlichen Personennahverkehrs • Gefährdungen der Schienenbahnen durch asymmetrische Konflikte und zugehörige Gefahrenabwehrkonzepte • Untersuchung zur betrieblichen Leistungsfähigkeit mit Werkzeugen der Simulation

Honorarprofessoren
Dr. rer. nat. Jens Braband jens.braband@siemens.com
<ul style="list-style-type: none"> • Grundlagen der Systemsicherheit • Sicherheitsmanagement • Risiko- und Ursachenanalyse von Vorfällen • Umsetzung der CENELEC-Normen in Entwicklungsprojekten.
Dr.-Ing. Klaus-Dieter Wiegand k.wiegand@ipw.de
<ul style="list-style-type: none"> • Betriebskonzepte • Verkehrstechnische Planungen • Leit- und Sicherungssysteme • Erstellung von Sicherheitsnachweisen

Im Jahr 2004 ausgeschiedene Mitarbeiter
Dipl.-Wirtsch.-Ing. Jens Kampe j.kampe@tu-bs.de (August 2002 / Oktober 2004)
<ul style="list-style-type: none"> • Trassierung und Bau von Eisenbahnanlagen
Dr.-Ing. Raimo Michaelsen r.michaelsen@tu-bs.de (April 1999 / Oktober 2004)
<ul style="list-style-type: none"> • Risiko-/Sicherheitsanalysen für Eisenbahnbetriebsverfahren sowie Bewertungen der Infrastruktur • Leistungsfähigkeitsuntersuchung von Eisenbahnstrecken/-knoten
Dipl.-Inform. Saeid Arabestani s.arabestani@tu-bs.de (Januar 99/ November 2004)
<ul style="list-style-type: none"> • Objektorientierte Analyse und Design im Eisenbahnwesen • Anwendung von formalen Methoden für die Spezifikation von Eisenbahnsystemen; Objektorientierte Modellierung des FunkFahrBetriebs mit UML • Sicherheitsanalyse in der Definitionsphase von Eisenbahnsystemen

Impressum

profEV – Freunde und Förderer des IfEV –

Dipl.-Ing. Birgit Milius

Dipl.-Ing. Gunnar Bosse

c/o Institut für Eisenbahnwesen und Verkehrssicherung

TU Braunschweig

38106 Braunschweig

<http://www.proifev.de/>

<http://www.ifev.tu-bs.de/>