

## **Telematik im Straßenverkehr – Internationaler Stand und resultierender Forschungsbedarf in Deutschland**

FA FGSV 4/2000

Forschungsstelle: Professor Dr.-Ing. Heinz Zackor Ingenieurberatung, Kassel

Auftraggeber: Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen, Köln

Abschluss: Mai 2004

### **1. Einführung / Problemdarstellung**

Im vergangenen Jahrzehnt sind erhebliche Anstrengungen unternommen worden, durch Nutzung moderner Informations- und Kommunikationstechnologien und einer aktuellen Datenbasis dynamisch den Verkehrsablauf zu beeinflussen und damit positive Nutzenbeiträge in den Zielfeldern Sicherheit, Umweltverträglichkeit und Wirtschaftlichkeit zu erreichen.

Neben einer Individualisierung der Verkehrsinformation wird auch ansatzweise eine Kooperation der Verkehrsträger mit dem Ziel eines integrierten, intermodalen Verkehrssystem-Managements angestrebt. Diese Entwicklung ist weltweit zu beobachten, insbesondere in Europa, Nord-Amerika und Japan.

Trotz der erzielten Fortschritte in der Systemtechnik sind verschiedene Probleme, die vor allem die verkehrstechnischen Inhalte betreffen, bislang nur unbefriedigend gelöst. Hierzu zählen:

- Leitstrategien für eine dynamische Zielführung
  - Wie können nutzeroptimale und systemoptimale Ansätze unter Beachtung unterschiedlicher Wertpräferenzen und einer unvollständigen Wissensbasis konzeptionell in Einklang gebracht werden?
  - Welche externen Maßnahmen sind vorstellbar, um die sozialen Kosten des Verkehrsablaufs wenigstens näherungsweise zu minimieren?
- Automatisierung des Verkehrsablaufs
  - Wie können Fahrzeuge in Kolonnen eingefügt und aus ihnen entkoppelt werden? Ist die Querverführung manuell möglich?
  - Welche Konzepte sicherer Rückfallebenen für den Fall menschlichen oder technischen Versagens sind vorstellbar?
  - Wie ist der Verlust an Handlungskompetenz für bestimmte Fahraufgaben, die durch Automatisierung nur noch in Ausnahmefällen vom Fahrer wahrgenommen werden, zu beurteilen?
- Integrierte Datenerfassung
  - Welche Konzepte einer kombinierten Verkehrserfassung (lokale Daten, Floating-Car-Daten {FCD}, Video-Aufnahme/automatische Bildauswertung) sind für verschiedene Einsatzbedingungen technisch-wirtschaftlich sinnvoll?
  - Wie sind die institutionellen Bedingungen hinsichtlich einer öffentlich-privaten Partnerschaft zu sehen?
- Nachfragesteuerung durch Road Pricing
  - Welche Konzepte erscheinen verkehrstechnisch sinnvoll und technisch-organisatorisch machbar?

Viele dieser Fragen wurden bereits in den großen europäischen Forschungs- und Entwicklungsprogrammen PROMETHEUS und DRIVE (einschließlich mehrerer Nachfolgeprogramme) behandelt. Zum Teil wurden technische Lösungen gefunden und in Labor- oder Feldversuchen demonstriert. Eine großmaßstäbliche praktische Umsetzung ist aber bisher kaum gelungen, zumindest nicht im Ausmaß ursprünglicher Erwartungen. Die Ursachen liegen vermutlich in drei Bereichen:

- Die verkehrstechnischen Optimierungskriterien für die Herleitung von Beeinflussungsmaßnahmen unter Beachtung sowohl gesellschaftlicher als auch individueller Zielsetzungen (Systemoptimum/Nutzeroptimum) sind nur unzulänglich behandelt worden, sodass deutlich erkennbare Nutzen kaum nachgewiesen sind.
- Die technischen Lösungen erscheinen im Vergleich zu den individuell eingeschätzten Nutzen zu teuer, sodass die Kaufbereitschaft nach wie vor gering ist. Darüber hinaus ist die Automatisierung von Fahraufgaben nicht praxistauglich gelöst.
- Es mangelt immer noch an institutionellen Vereinbarungen über eine effiziente Kooperation in öffentlich-privaten Partnerschaften, insbesondere bei intermodalen Konzepten.

Auch die außereuropäischen Aktivitäten lassen die aufgeworfenen Fragen weitgehend unbeantwortet, wie die nachfolgenden Abschnitte zeigen. Nach deren Analyse soll ein Forschungsbedarf nach Aufgabenfeldern strukturiert abgeleitet werden.

### **2. PIARC-Handbücher**

Auf globaler Ebene werden der Informationsaustausch und die Aufbereitung von Fachwissen mit dem Ziel eines international abgeglichenen Transfers von der Wissenschaft zur Praxis hauptsächlich von der World Road Association (PIARC) wahrgenommen. Deren Arbeitsgruppe "Intelligent Transport" hat in den Jahren 1996 bis 1999 ein ITS Handbook 2000 [1] erstellt, das die verfügbaren "Intelligent Transport Systems" beschreibt und Empfehlungen zu deren Anwendungen gibt. Das Handbuch behandelt in sechs Hauptabschnitten folgende Themenbereiche:

- (1) Zielsetzungen und generelle Ansätze der Telematikanwendungen: Systemarchitekturen, Schlüsseltechnologien, Nutzerdienste,
- (2) Funktionsweisen der Systemkomponenten,
- (3) Systembewertung: Schätzung von Kosten und Nutzen,
- (4) Programm- und Projektplanung: Inhalte, institutionelle Bedingungen (öffentlich-private Partnerschaften), Finanzierung,
- (5) Einführungsplanung: organisatorisch-institutionelle Voraussetzungen, verfügbare Technologien, Pilotprojekte,
- (6) Besonderheiten in Entwicklungs- und Schwellenländern.

In Anhängen sind u. a. bisherige Erfahrungen in Fallstudien sowie zahlreiche Länderprofile hinsichtlich der Telematikaktivitäten und deren Voraussetzungen dargestellt.

Das ITS Handbook gibt eine Fülle von Detailinformationen, die letztlich über sehr allgemein gehaltene Empfehlungen hinaus die eingangs genannten Fragen ohne Antwort lassen. Auch die derzeit laufende Aktualisierung des Handbuchs lässt zwar Berichte über weitere technische Entwicklungen und Implementierungen erwarten, aber nicht die Beantwortung der grundlegenden Fragen.

Das PIARC-Nachfolgegremium "Network Operations" hat in den Jahren 2000 bis 2003 das Arbeitsfeld der Telematikanwendungen auf eine breitere Basis gestellt und in einen umfassenden Straßenbetrieb eingebunden. Ihm sind neben den traditionellen Aufgaben der Erhaltung eines funktionsfähigen und sicheren Zustands des Straßennetzes verstärkt auch die bessere Nutzung der Infrastruktur unter normalen Verkehrsbedingungen sowie insbesondere bei Störungen unter Verwendung moderner Informationstechnologien (Telematikanwendungen) zugeordnet. Diese als "Big Shift" definierte Aufgabenerweiterung und -verlagerung bedeutet eine Verschiebung der Zielgruppe vom Straßenhalter zum Nutzer (Verkehrsteilnehmer). Die Arbeitsgruppe hat in diesem Verständnis ein "Road Network Operations Handbook" [2] erstellt, das im Wesentlichen folgende fünf Aufgabenfelder abdeckt:

- (1) Straßennetzüberwachung (Verkehrsfluss, Verkehrsstörungen, Schlechtwetterbedingungen),
- (2) Erhaltung oder Wiederherstellung einer möglichst hohen Service-Qualität (Notfall-Management, Winterdienst, Baustellen-Management),
- (3) Verkehrssteuerung (präventiv und reaktiv),
- (4) Verkehrsinformation (vor Antritt und während der Fahrt),
- (5) Verkehrsnachfrage-Beeinflussung (zeitlich, räumlich und modal durch intermodale Information und Road Pricing).

Das Handbuch beschreibt auch den Telematikeinsatz in den einzelnen Maßnahmen, jedoch nur im qualitativen Überblick und verweist auf das komplementäre ITS Handbook. So sind auch hier praktisch keine konkreten Antworten zu den oben genannten Problemen zu finden.

Da die vorgestellten Handbücher zur Ableitung des Forschungsbedarfs wenig ergiebig erscheinen, in den Arbeitsgruppen sehr wohl aber einschlägige Experten vertreten waren, wurde versucht, durch gezielte Befragungen bessere Hinweise auf den international gesehenen Forschungsbedarf zu erhalten. Das folgende Kapitel berichtet über die Einschätzungen.

### 3. Aktuelle Forschungsthemen in internationaler Sicht

#### 3.1 Europa

Zwei Projekte, die sich bezüglich der Telematikanwendungen mit dem Entwicklungsstand und dem Forschungsbedarf in Europa beschäftigen, boten eine Basis, um aktuelle Forschungsthemen zu diskutieren:

- (1) Stand der Verkehrstelematik in Deutschland im europäischen Vergleich (Forschungsauftrag des Bundesministeriums für Verkehr, Bau- und Wohnungswesen) [3],
- (2) ROSETTA – Real Opportunities for Exploitation of Transport Telematics Applications (FE-Projekt im 5. Rahmenprogramm der EU) [4].

Beide Projekte sind verkehrsträger- und verkehrsart-übergreifend angelegt.

Die Auswertungen zu (1) zeigen, dass der Wissensstand in den westeuropäischen Ländern auf Grund der umfangreichen Beteiligungen in EU-Projekten sowie der generell vielfältigen Verflechtungen der Forschungsinstitutionen, der Wirtschaft und der öffentlichen Verwaltungen weitgehend ausgeglichen ist. Unterschiede bestehen hauptsächlich im Umsetzungsgrad und in der Beteiligung privater Institutionen.

Im Bereich des Straßenverkehrs wird Forschungsbedarf zu folgenden Themen gesehen:

- Klärung einer zukunftsfähigen, effizienten Kompetenzverteilung zwischen öffentlichen und privaten Akteuren, Schaf-

fung von geeigneten Rahmenbedingungen für öffentlich-private Partnerschaften,

- Anwendungspotenziale einer Road Pricing (Maut)-Technologie, die sich auf Satellitenortung und Mobilfunk-Datenübertragung stützt,
- Logistikkonzepte für den Straßengüterverkehr bei fahrleistungsabhängiger Maut, eventuell unter Einbeziehung der Achslasten und der Schadstoffemissionen,
- Definition und Abgleich zwischen nutzer- und systemoptimalen Steuerungsstrategien zur dynamischen Zielführung,
- Automatisierung von Fahraufgaben: technische Lösungen und soziale Akzeptanz,
- Standardisierung von Schnittstellen für Leit- und Informationssysteme (ohne Behinderung der weiteren technischen Entwicklung),
- Nutzung von DAB (Digital Audio Broadcasting) für eine hochleistungsfähige Übertragung von Verkehrsdaten,
- Technische und organisatorische (institutionelle) Verbesserung der Datenerfassung inklusive lokaler Messungen, fahrzeugseitiger Messungen (FCD) und (künftig) des Satelliten-Ortungssystems GALILEO,
- Beeinflussung des Modalsplit (Verlagerung vom privaten zum öffentlichen Personenverkehr) durch bessere (Telematik gestützte) Verkehrsinformation.

Das Projekt (2) hat u. a. das Ziel, für das 6. EU-Rahmenprogramm für Forschung und Entwicklung Empfehlungen im Bereich der Verkehrstelematik zu geben. Für den Straßenverkehr (ohne ÖPNV) werden folgende Forschungsthemen gesehen:

- Notfall-Management: Lokalisierung des Notrufs, Erkennung/ Beurteilung des Ereignisses, Bestimmung und Einleitung von Maßnahmen, Berücksichtigung der Sprachenvielfalt im internationalen Verkehr,
- Gestaltung der Mensch-Maschine-(Fahrer-Fahrzeug-)Schnittstelle für Fahrerassistenzsysteme, Berücksichtigung der Handlungskompetenz in Fällen seltenen Gebrauchs (insbesondere bei Notfällen),
- Durchsetzung von Maßnahmen zur Sicherheitserhöhung (Enforcement), z. B. mit Hilfe einer automatischen Erkennung der Fahrzeugidentität,
- Messung des Fahrbahnoberflächenzustandes (Verschmutzung, Wasserfilm, Schnee, Eis) durch eine Kombination von straßen- und fahrzeugseitigen Systemen; Erweiterung um eine Kurzzeitprognose,
- Kostengünstige fahrzeugseitige Messung von Bewegungsabläufen (FCD) zur Einschätzung von Verkehrszuständen und zur schnellen Erkennung von Störungen,
- Nutzung von Mobilfunkgeräten zur automatischen Positionserkennung, Verkehrszustands- und Störungserkennung durch statistische Auswertung,
- Kurzzeitprognose von Verkehrszuständen zur Fahrtenplanung und zur möglichen Korrektur einer Route während der Fahrt; Erweiterung durch einen intermodalen Ansatz,
- Automatische Auswertung von Luft- und Satellitenbildern zur Verkehrszustandsbeschreibung,
- Reiseinformationsdienste zur Planung, zur Durchführung und zur Abrechnung intermodaler Reisen (von Haus zu Haus), auch im internationalen Verkehr,
- City-Logistik: Organisation von Sammel- und Verteilertransporten mit stadtgerechten Güterfahrzeugen in Ballungsräumen,
- Möglichkeiten der Fahrzeug-Fahrzeug-Kommunikation, Integration mit fahrzeugautonomen und infrastrukturgestützten Systemen,

- Verknüpfung von Verkehrs- und Gütertransport-Management durch gemeinsame Nutzung verfügbarer Telematik-Techniken und Daten,
- Ausbildung/Weiterbildung für den Umgang mit Telematik-Techniken und Anwendungen in einem europäischen Netzwerk aus Hochschulen, Industrie, Ingenieurbüros, Verkehrsministerien und -verwaltungen sowie Systembetreibern.

### 3.2 USA

Durch PIARC-Kontakte konnten Informationen über Forschungsaktivitäten und -bedarfe in den U.S.A. gewonnen werden.

Einen herausragenden Stellenwert – im Vergleich zu Europa und Japan – hat in den USA. das Thema Automatisierung des Verkehrsflusses. Seit etwa einem Jahrzehnt unterstützt das Verkehrsministerium (USDOT) die Entwicklung eines "Automated Highway System" (AHS). Ziel ist, durch Telematikeinsatz die Sicherheit und die Leistungsfähigkeit der existierenden Straßeninfrastruktur deutlich zu erhöhen. Folgende Einzelthemen wurden oder werden untersucht, wobei Ergebnisse im Rahmen der vorliegenden Ausarbeitung nicht recherchiert werden konnten, aber teilweise im Internet [5] einsehbar sind:

- Voraussetzungen für automatisierten Verkehr auf Außerorts- und Innerortsstraßen im Vergleich,
- Überprüfung der technischen Funktionsfähigkeit eines Fahrzeugs vor Beginn einer automatisierten Fahrt (Check-in),
- Überprüfung der Übergabe vom Automatik-Modus auf den Manual-Modus (Check-out),
- Kontrolle im Längsverkehr mit Fehler-Überprüfung und Fehler-Management,
- Kontrolle in der Querverkehr (Spurhaltung/Spurwechsel) mit Fehler-Überprüfung und Fehler-Management,
- Kontrolle im Kreuzungsbereich mit Fehler-Überprüfung und Fehler-Management,
- Besondere Anforderungen für den Güterverkehr und den öffentlichen Verkehr,
- Einführungsstrategien für den Systemaufbau auf Autobahnen,
- Organisation des Eintritts und des Austritts eines Fahrzeugs in eine bzw. aus einer automatisch fahrenden Kolonne,
- Überwachung der Funktionsfähigkeit der Infrastruktur und der Fahrzeuge hinsichtlich der Automatik-Komponenten,
- Situationserkennung bei eingeschränkter Sicht,
- Messung des Zustands der Fahrbahnoberfläche,
- Stabilitätssicherung des fahrenden Fahrzeugs,
- Überwachung des Fahrers hinsichtlich einer möglichen Übernahme der Fahraufgabe,
- Analyse der Sicherheitspotenziale,
- Institutionelle und gesellschaftliche Aspekte (einschl. Akzeptanz),
- Nutzen-Kosten-Untersuchungen,
- Aufbau von Testfeldern,
- Software-Entwicklung für Simulationen.

Die Liste ist zwar nicht vollständig, zeigt aber dennoch deutlich, dass die gleichen Fragen behandelt werden wie früher im europäischen Programm PROMETHEUS, allerdings nunmehr unter Verfügbarkeit weiter entwickelter technischer Komponenten.

Weitere US-Forschungsaktivitäten befassen sich mit der dynamischen Zielführung sowie mit der integrierten Datenerfassung.

Zur Zielführung werden zwei Ansätze verfolgt, die beide eine Kurzzeitprognose enthalten [6]:

- (1) Analyse der Ist-Verkehrszustände und darauf aufbauende zeitliche Fortschreibung,
- (2) Dynamische Schätzung von Quelle-Ziel-Beziehungen und Umlegung.

Eine Gegenüberstellung von Systemoptimum und Nutzeroptimum ist dabei nicht erkennbar.

Die Untersuchungen zur Datenerfassung und zur Fusion von Daten aus verschiedenen Quellen werden nicht eigenständig, sondern in einem Systemkontext gesehen, der die Aufgabenstellung und den Anwendungszweck sowie die gesamte Systemarchitektur beschreibt und damit erst eine Bewertung der Datenqualität erlaubt. Auch die institutionellen Bedingungen für eine Kooperation bei der Datenerhebung und –aufbereitung sind einbezogen; hierzu bietet die Straßenverwaltung Unterstützung an. [7]

### 3.3 Japan

Zu den vier einfürend genannten Problembereichen gibt es aus Japan folgende Einschätzungen [8]:

- Die dynamische Zielführung ist ein bedeutender Bereich der Telematik-Anwendungen und wird im Zusammenhang mit der Road Pricing-Idee gesehen. Die Optimierungskriterien sind nicht klar beschrieben, scheinen aber tendenziell ein Systemoptimum anzustreben. Noch nicht befriedigend gelöst ist die parallel vorgesehene netzweite individuelle Verkehrsinformation zur Fahrtenplanung.
- Als Vorstufe zu einer möglichen Automatisierung des Verkehrsflusses werden Fahrerassistenzsysteme entwickelt und erprobt. Die Automatisierung wird aber eher skeptisch beurteilt, auch wegen der beabsichtigten Privatisierung der zunächst vorgesehenen Test-Autobahn.
- Zur Verbesserung der Verkehrszustandserfassung bestehen große Hoffnungen in der stichprobenhaften FCD-Erfassung. Sie soll in einer öffentlich-privaten Partnerschaft organisiert werden. Für die Integration in die vorhandene Datenerfassung besteht noch Klärungsbedarf.
- Die Gebührenerhebung in Road Pricing-Systemen soll über Kurzwegkommunikation erfolgen. Die Steuerungskriterien, mit denen die Realisierung der Verkehrsnachfrage beeinflusst werden kann, sind im Wesentlichen umweltorientiert.

Damit ist in Japan kein Forschungsbedarf erkennbar, der über die europäischen und amerikanischen Fragestellungen hinausgeht.

## 4. Schlussfolgerungen für den Forschungsbedarf in Deutschland

### 4.1 Gesamteinschätzung im internationalen Vergleich

Nach Auswertung von Material, Diskussion in Fachgremien (insbesondere der PIARC) und gezielten Befragungen kann festgestellt werden, dass der Forschungsstand in internationaler Sicht in den hoch entwickelten Wirtschaftsregionen (Europa, USA, Japan) im Wesentlichen vergleichbar ist, begründet durch den globalen Austausch im Forschungs- und Entwicklungsbereich. Einzelne Problembereiche oder Systementwicklungen werden aber durchaus unterschiedlich gewichtet.

So haben die Entwicklungen zum automatischen Fahren in den USA eine überdurchschnittlich hohe Bedeutung.

Insgesamt werden die in der Einführung dargestellten Problembereiche als wichtige Arbeitsfelder bestätigt, wobei die Einzelfragen nicht oder nicht erschöpfend beantwortet sind. Gerade die verkehrstechnischen Inhalte werden vielfach unbefriedigend, zum Teil überhaupt nicht erkennbar – insbesondere hinsichtlich der Optimierungsansätze – behandelt. Damit bleiben die aufgeworfenen Fragen als wesentlicher Forschungsbedarf bestehen. Dieser Bedarf wird nachfolgend kommentiert und durch Einzelfragen/-themen unter Einbeziehung der vorausgegangenen Auswertungen ergänzt. Dabei sind die Aufgabenfelder gegenüber den in der Einführung genannten Themen etwas erweitert und modifiziert gegliedert.

Die Diskussion über Entwicklungsstand und Forschungsbedarf wurde auch in den FGSV-Ausschuss "Telematik im Straßenverkehr" getragen und hat dort die Erarbeitung eines Positionspapiers [9] unterstützt. Dieses Papier stellt die Defizite und den Handlungsbedarf in den wichtigen Maßnahmenbereichen von der Verkehrsinformation bis zur Fahrzeugführung sowie in den Basistechnologien für Datenerfassung, -übertragung, -verarbeitung und Informationspräsentation dar. Es behandelt schließlich auch die institutionell-organisatorischen Aspekte.

### 4.2 Forschungsbedarf nach Aufgabenfeldern

#### 4.2.1 Datenerfassung und -übertragung

Ein modernes Konzept zur Verkehrserfassung kann drei Teilsysteme enthalten:

- Konventionelle lokale Querschnittsmessung (z. B. mit Induktivschleifen- oder Infrarotdetektoren)
- Videoerfassung eines Streckenabschnitts mit automatischer Bildauswertung – Erfassung des Bewegungsablaufs von Einzelfahrzeugen (FCD)

Alle drei Verfahren sind technisch weit entwickelt, wobei die FCD-Erfassung künftig verstärkt durch Satelliten-Ortung unterstützt werden kann. Es fehlt aber ein Konzept zur integrierten Datenerfassung (Datenfusion) unter Berücksichtigung der konkreten Straßen- und Verkehrsbedingungen, der Genauigkeitsforderungen aus den Anwendungen sowie der Kosten.

Größerer Bedarf besteht in der Erfassung von Umfelddaten (Fahrbahnoberfläche, Niederschlag, Sicht). Dies ist großflächig für Verkehrsinformation und Zielführung von Bedeutung, lokal (in unmittelbarer Fahrzeugumgebung) für die individuelle Beeinflussung des Bewegungsablaufs (Abstands- und Geschwindigkeitsbeeinflussung).

Für die Überwachung der Einhaltung von Vorschriften – auch im Rahmen von Road Pricing-Systemen – ist die zuverlässige Erfassung relevanter individueller Fahrzeugdaten (Fahrzeugtyp, Gewichtsklasse/Achslast, Emissionsklasse, Fahrzeughalter/Kennzeichen) von Bedeutung. Dabei sind datenschutzrechtliche Bestimmungen zu beachten – insbesondere, wenn private Institutionen an der Datenhaltung und -verarbeitung beteiligt sind.

Weiterer Untersuchungsbedarf liegt in der zuverlässigen Erkennung von Notfällen. Dies betrifft das eigene Fahrzeug sowie Fahrzeuge oder Verkehrsteilnehmer in unmittelbarer Nachbarschaft im Sichtbereich oder im Bereich einer automatischen Datenkommunikation. Erfassungsgrößen sind die Position, die Art des Notfalls sowie resultierende Verkehrsbehinderungen.

Lokale Verkehrsdaten – eingeschränkt auch Umfelddaten – werden bisher hauptsächlich auf Autobahnen und städtischen Hauptverkehrsstraßen erfasst, kaum auf den übrigen Straßen, die aber in eine Zielführung, insbesondere bei Umleitungen auf Grund von Störungen, einzubeziehen sind. Zu prüfen ist, wie-

weit hier kleine FCD-Stichproben ausreichend sind und welche Möglichkeiten einer ergänzenden lokalen Erfassung in Frage kommen, wobei Energieversorgung und Datenübertragung unter den Aspekten der Kosten und möglichen Vandalismus' mit zu betrachten sind.

Für die nicht leitungsgebundene Datenübertragung stehen heute und künftig folgende Medien zur Verfügung:

- Rundfunk: UKW (RDS), DAB,
- Kurzwegkommunikation (Zweiwegkommunikation): Bake-Fahrzeug-Kommunikation, eventuell künftig auch Fahrzeug-Fahrzeug-Kommunikation,
- Mobilfunk (Punkt zu Punkt): GSM-basiert, künftig ergänzt oder ersetzt durch UMTS.

Zu prüfen sind die aus den jeweiligen Kapazitäten sich ergebenden möglichen Qualitätsverbesserungen der Verkehrsbeeinflussung.

Schließlich sollte eine unter Kostengesichtspunkten sinnvolle Zuordnung von Teilaufgaben der Datenerfassung und -übertragung zu diversen öffentlichen und privaten Akteuren entwickelt werden.

#### 4.2.2 Zustandsbeschreibung und Kurzzeitprognose

Aus den Daten verschiedener Einzelmessungen wird der Verkehrszustand modellgestützt berechnet oder geschätzt. Die Fehler der Messwerte sind zu analysieren, insbesondere die der mobilen Positionsbestimmung. Über die Fehlerfortpflanzung lässt sich die Genauigkeit der Zustandsbeschreibung einschätzen. Von besonderem Interesse sind die Lokalisierung von deutlichen Zustandsänderungen und damit die zuverlässige zeitlich-räumliche Beschreibung von gestörtem Verkehrsfluss und Stauungen (Aufbau und Abbau).

Die Kurzzeitprognose der Verkehrszustände über einen Zeitraum von einigen Minuten bis zu mehreren Stunden kann auf einer Trendfortschreibung mit längerfristiger Berücksichtigung von Erwartungswerten basieren. Problematisch und untersuchungsbedürftig sind die zeitliche Einschätzung der Beseitigung vorübergehender Kapazitätseinschränkungen (insbesondere bei Unfällen) sowie die Antizipation eines geänderten Fahrerhaltens bezüglich der Wegewahl auf Grund einer aktuell gegebenen Zustandsinformation oder einer daraus abgeleiteten Empfehlung.

#### 4.2.3 Verkehrsinformation und Zielführung

Die heutige Praxis der Verkehrsinformation hat – neben der generellen Fehlerproblematik – zwei wesentliche strukturelle Mängel: Zum einen deckt sie nur einen Teil des gesamten für Steuerungsmaßnahmen zur Verfügung stehenden Straßennetzes ab, zum anderen ist sie sektoral ausgelegt, bezieht sich also nur auf den Straßenverkehr oder nur auf den Schienenverkehr. Zu untersuchen ist, wie auf schwach oder gar nicht überwachten Straßen die Verkehrszustände – insbesondere bei Verkehrsverlagerungen – eingeschätzt werden können (vgl. Abschnitt 4.2.1). Die Überwindung der sektoralen Trennung in einem intermodalen Konzept ist wesentlich ein institutionelles Problem; hier sind Kooperationen zwischen den Betreibern zu vereinbaren.

Wesentlich komplexer als die Verkehrsinformation stellt sich die Entwicklung von Zielführungsstrategien dar, die im Kern einen Optimierungsansatz enthalten müssen.

Strategien zur Lösung der Probleme der unterschiedlichen Wertpräferenzen auf Nutzerebene und auf Systemebene sowie der unvollständigen Information als Entscheidungsgrundlage werden in internationaler Sicht weitgehend überhaupt nicht mit wissenschaftlichem Anspruch entwickelt. Lediglich aus den

Niederlande ist zu berichten, dass dort ein Konzept verfolgt wird, das einen Kompromiss zwischen beiden Optimierungsansätzen anstrebt unter der Annahme, dass individuelle Abweichungen vom Nutzeroptimum in gewissen Margen (etwa 10 %) von den Verkehrsteilnehmern akzeptiert werden.

Als Erweiterung der sektoralen Betrachtung von System und Nutzeroptimum ist die intermodale Routenplanung und Zielführung zu entwickeln. Hier sind die besonderen Restriktionen in der kurzfristigen Verfügbarkeit von Fahrzeugen und Personal im öffentlichen Verkehr zu berücksichtigen. Über den operativen Bereich hinaus sollte untersucht werden, wie weit durch gute intermodale Informationsangebote der Modalsplit zu Gunsten des öffentlichen Verkehrs geändert werden kann.

Dienstleistungen zur Verkehrsinformation und zur Zielführung können von öffentlichen sowie von privaten Institutionen erbracht werden, wobei sich öffentliche Stellen im Wesentlichen auf eine kollektive Grundversorgung über Verkehrsfunk und straßenseitige Verkehrsbeeinflussung (Wechselverkehrszeichen) beschränken und private Dienstleister individualisierte Systeme betreiben. Die mit der unterschiedlichen Interessenvertretung einhergehenden Zielkonflikte sollten durch einen geeigneten Ordnungsrahmen minimiert werden – möglichst im Rahmen öffentlich-privater Partnerschaften.

In Berlin wurde unter internationaler Beachtung eine den Straßen-, den Schienen- und den Luftverkehr einschließende Verkehrsmanagement-Zentrale mit einer privaten Betreibergesellschaft aufgebaut. Es ist zu prüfen, wie weit das Konzept wirtschaftlich tragfähig ist, unter welchen Randbedingungen es die gesellschaftlichen Zielsetzungen weitgehend umsetzt und welche Schlussfolgerungen für den Aufbau ähnlicher Zentralen zu ziehen sind.

Im Güterverkehr ist die Routenplanung (Tourenplanung) nicht nur von den aktuellen Verkehrsverhältnissen abhängig, sondern sie muss vielfältige Randbedingungen der Transportlogistik beachten: Reihenfolge und Zeitfenster von Be- und Entladungen, Abmessungen und Gewichte der Ladegüter, arbeitsrechtliche Bestimmungen u. a. m. Zusätzliche Abhängigkeiten entstehen bei Transportketten, z. B. in der Organisation von Sammel- und Verteilertemperaturen im Rahmen einer City-Logistik oder beim Güterumschlag zwischen Bahn und Lkw. Obwohl dieses Arbeitsfeld privatwirtschaftlich organisiert ist, muss ein gesellschaftliches Interesse an Verbesserungen bestehen, da ein erheblicher Teil der sozialen Kosten des Güterverkehrs als externe Kosten nicht den Verursachern angelastet wird.

#### 4.2.4 Nachfragesteuerung durch Road Pricing

Straßenbenutzungsgebühren werden häufig zur Finanzierung von Verkehrsanlagen (Bau und Betrieb) erhoben. Die Idee des Road Pricing ist jedoch viel umfassender: Es soll – zumindest tendenziell – die externen Kosten des Verkehrs internationalisieren oder – anders ausgedrückt – die sozialen Kosten individualisieren, d. h. konkret, die heute von der Gemeinschaft getragenen Kosten (Schäden) im Umwelt- und im Sicherheitsbereich, aber auch im Verkehrssystem selbst, nach dem Verursacherprinzip anlasten.

Zur automatischen Gebührenerhebung (einschließlich der Erfassung der hierfür relevanten Fahrzeugmerkmale) existieren mehrere technische Konzepte, die sich in der Verteilung der Datenhaltung und -verarbeitung auf das Fahrzeug, auf straßenseitige Kontrollstationen und auf zentrale Einrichtungen unterscheiden. Je nach Auslegung können in unterschiedlichem Maß folgende Probleme auftreten:

- Technische Fragen: Erkennung von Fehlern bei der Datenerfassung und bei der Gebührenerhebung, Rückfallebenen, eventuelle Auswirkungen auf das Verkehrsverhalten,

- Institutionell-organisatorische Fragen: Übertragung an private Gesellschaften, Betriebskosten und Finanzierung, Struktur und Höhe der Tarife, Überwachung durch öffentliche Institutionen,
- Verkehrliche Fragen: Erwünschte und unerwünschte Verkehrsverlagerungen im Netz, mittelfristige Veränderungen der Fahrzeugmerkmale (Gewichte, Emissionsklassen u. a.), Veränderungen des Modalsplit, langfristige Veränderungen der Nachfragestruktur.

Zur Behandlung dieser Fragen können Erfahrungen aus verschiedenen Ländern ausgewertet werden.

#### 4.2.5 Automatisierung von Fahraufgaben

Eine Automatisierung des Verkehrsablaufs birgt erhebliche Nutzenpotenziale in den Bereichen Sicherheit und Wirtschaftlichkeit sowie – eingeschränkt – im Umweltbereich. Neben einigen Pilotprojekten existieren Wirkungsanalysen auf der Grundlage von Simulationen. Zurzeit besteht der Eindruck, dass die hohen Erwartungen zunächst durch die Entwicklung von Fahrerassistenzsystemen, die den Fahrer durch aktuelle Informationen, Warnungen oder Empfehlungen in der Ausübung der Fahraufgabe unterstützen, ersetzt werden. Automatisierungsansätze liegen im Bremseingriff bei drohendem Auffahrunfall sowie im permanenten Nachfahren auf einem Fahrstreifen mit manueller Spurführungskontrolle ("intelligenter Tempomat").

Eine weitergehende Automatisierung bis hin zum voll automatischen Fahren erfordert die Lösung zahlreicher Fragen, die hier hauptsächlich nach der Darstellung amerikanischer Untersuchungen stichwortartig zusammen gestellt sind:

- Straßenseitige Voraussetzungen: Trassierung, Spurführung, Ausschluss von Randstörungen, Kreuzungsfreiheit, Gestaltung von Ein- und Ausfahrten u. a.,
- Verkehrszusammensetzung: Mischung oder Trennung von automatisch und nicht automatisch fahrenden Fahrzeugen auf einem Fahrstreifen oder der gesamten Fahrbahn,
- Fahrzeugseitige Kommunikation: fahrzeugautonomer Betrieb (Messung der Positionen und Bewegungsvektoren benachbarter Fahrzeuge in einer Relevanzzone), Fahrzeug-Fahrzeug-Kommunikation (nur bei Vollausstattung), Fahrzeug-Straße-Kommunikation,
- Strategie der Längsführung und technische Umsetzung,
- Strategie der Querverführung (Spurhaltung, Spurwechsel) und technische Umsetzung,
- Bildung, Teilung und Auflösung von Kolonnen elektronisch gekoppelter Fahrzeuge,
- Sichere Rückfallebenen für den Fall von technischen Störungen oder Systemversagen,
- Kontrolle des Fahrers zur Vermeidung unzulässiger Eingriffe,
- Beurteilung der Handlungskompetenz des Fahrers in nur ausnahmsweise auftretenden Situationen,
- Soziale Akzeptanz des automatischen Fahrens,
- Rechtsfragen: Verkehrsrecht, Produkthaftung,
- Kosten-Nutzen-Analysen,
- Einführungsstrategien: Start auf bestimmten Straßentypen/ Strecken, mit bestimmten Fahrzeugflotten.

#### 4.2.6 Standardisierung von Systemen oder Komponenten

Um die technische Weiterentwicklung nicht zu behindern, sollen Standardisierungen nur auf der funktionalen Ebene vorgenommen werden. Sie sollen sich schwerpunktmäßig auf Schnittstellen zwischen Komponenten beziehen, damit der Wettbe-

werb für das Angebot von Teilsystemen und Komponenten unterstützt wird.

Unter Sicherheitsaspekten verdient die Gestaltung der Fahrer-Fahrzeug-Schnittstellen besondere Aufmerksamkeit. Es ist zu untersuchen, welche Dateneingaben und Informationsausgaben in welcher Form während des Fahrens – eventuell unter differenzierter Betrachtung der Verkehrssituation – unbedenklich sind. Zu beachten ist, dass manche Bedienungen nur selten gefordert sind, dann aber sicher ablaufen müssen, z. B. Notfallhandlungen.

### 4.3 Schlussbemerkungen

Telematikanwendungen im Straßenverkehr werden hochgradig international entwickelt, die diesbezüglichen verkehrstechnischen Probleme und Konzepte sind in den hoch entwickelten Industrieregionen sehr ähnlich. Deshalb sollten Forschungsstellen auch in nationalen Projekten verstärkt einen internationalen Informationsaustausch einbeziehen.

Da die hier behandelte Thematik sicher auch in Zukunft in hohem Maß durch Innovationen und in der Folge durch entsprechende Anpassungen in der praktischen Umsetzung verkehrs- und gerätetechnischer Konzepte sowie der institutionellen Rah-

menbedingungen geprägt sein wird, kommt der Weiterbildung der in öffentlichen Verwaltungen und der Privatwirtschaft einschlägig Beschäftigten große Bedeutung zu. Hierzu sollten gemeinsam von Hochschulen, Entwicklern und Anwendern geeignete Programme entwickelt werden.

### Literaturverzeichnis

- [1] World Road Association (PIARC): ITS (Intelligent Transport Systems) Handbook 2000. Artech House, Boston/London, 1999
- [2] World Road Association (PIARC) (Hrsg.): Road Network Operations Handbook. Paris, 2003
- [3] Zackor, H., Groke, R. u. a.: Stand der Verkehrstelematik in Deutschland im europäischen Vergleich. Bericht im Auftrag des Bundesministeriums für Verkehr, Bau- und Wohnungswesen. Kassel, 2003
- [4] ROSETTA Consortium: Recommended 6 FP Work Areas and Instruments. Discussion; Document. Brussels, 2004
- [5] <http://faculty.washington.edu/jbs/itrans/ahssummary.htm>
- [6] <http://www.dynamictrafficassignment.org>
- [7] <http://www.nhi.fhwa.dot.gov/coursedescript.asp?courseid=171>
- [8] <http://www.mlit.go.jp/road/ITS>
- [9] Busch., F., Hoyer, R., Keller, H., Reupke, H., Riegelhuth, G., Zackor, H.: Telematikanwendungen im Straßenverkehr, Straßenverkehrstechnik, Hefte 6, 7 (2004) □