

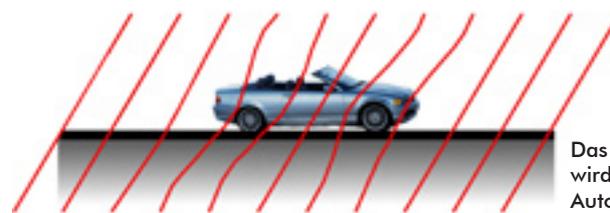
Straßen und Autobahnen ohne Stau - TrafficSensoren als Verkehrsmanager der Zukunft



Das Autoradio nervt, es bringt wieder die üblichen Staumeldungen – A6 im Rhein-Main-Gebiet, A8, A9, rund um Hamburg, Berlin, Stuttgart und München, zäher Verkehr bis zum Stillstand ist angesagt. Es ist Freitagabend und damit "Stauzeit" auf vielen Strecken. Eine neue Technologie, so genannte TrafficSensoren sollen hier in naher Zukunft abhelfen.

Die TrafficSensor-Technologie beruht auf der Tatsache, dass jeder metallische Gegenstand, sein ganz eigenes Magnetfeld erzeugt und damit das Erdmagnetfeld in seiner Umgebung beeinflusst, es regelrecht verzerrt. Gelingt es diesen speziellen "magnetischen Fingerabdruck" einerseits zu messen und andererseits in Beziehung zum "Verursacher" zu setzen, hätte man eine ganz neue Messmethode für sehr unterschiedliche Anwendungen. Allerdings ist es schwierig,

die sehr kleinen Magnetfelder und deren Veränderungen zu messen. Starke Magnetfelder nachzuweisen ist keine Kunst, extrem schwache dagegen schon.



Das homogene Erdmagnetfeldes wird durch ein „metallisches“ Auto verzerrt

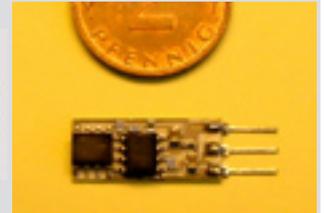
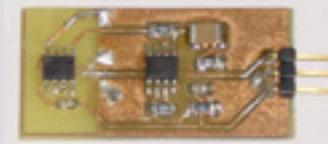
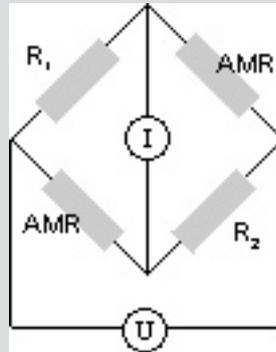
Erstmalig gelang es Professor Peter Grünberg vom Forschungszentrum Jülich Forschungsergebnisse zur Messung kleinster Magnetfelder zu realisieren, wofür er 1998 mit dem "Deutschen Zukunftspreis" ausgezeichnet wurde. Mit diesem Wissen entwickelten Saarbrücker Forscher der Universität des Saarlandes einen modernen Sensor, der in der Lage ist, Magnetfelder bis in den Piko-Tesla-Bereich zu messen. Er kann damit Magnetfelder aufspü-

ren, die fast Tausendmal schwächer als das Erdmagnetfeld sind.

"Wird das Erdmagnetfeld beispielsweise durch ein vorbeifahrendes Fahrzeug gestört, registriert der

Sensor sowohl das spezielle Magnetfeldprofil des Fahrzeuges als auch die Verbiegung sowie das spätere Entzerren des Erdmagnetfeldes. Gelingt es, diese Beeinflussung des Erdmagnetfeldes in Korrelation zum Fahrzeug zu stellen, hat man ein einfaches und sicheres Mittel zur Verkehrsdatenmessung" erläutert Professor Uwe Hartmann, Leiter der Forschergruppe "MagnetoSensorik" des Bereiches Experimentalphysik der UdS.

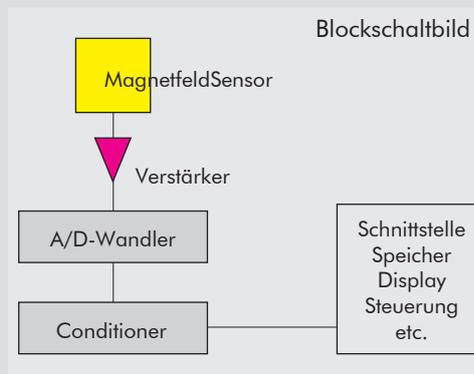
TrafficSensoren arbeiten nach dem AMR-Prinzip (AMR – anisotroper Magnetowiderstand) und bestehen aus einem weichmagnetischen Material (z.B. Permalloy) in Form eines stromführenden Leiters. Bei Einwirkung eines äußeren Magnetfeldes ändert sich der elektrische Leitungswiderstand. Dieser "Magnetowiderstand" ist abhängig von Stärke und Richtung des angelegten Magnetfeldes. Um ihn messen zu können, benutzt man das Funktionsprinzip einer sogenannten Wheatstonesche Brücke. Sie funktioniert derart, dass der Stromfluss über die Brücke gegen Null geregelt wird, um den Magnetowiderstand bestimmen zu können.



Verschiedene Ausführungen des TrafficSensors je nach Einsatzgebiet sind möglich

Verbindet man AMR-Sensoren über eine solche eine Wheatstonesche-Brücke, wird die Brücke bei einem veränderlichem äußeren Magnetfeld ständig "verstimmt" und muss gegen Null nachgeregelt werden. Dabei ist der Stromfluss über die Brücke ein empfindliches Maß für die Stärke und die Richtung des von außen wirkenden Magnetfeldes.

Der Magnetfeldsensor erfasst konstante und veränderliche Felder mit hoher Empfindlichkeit (einige 100 nT – einige 100 mT) in 3-D-Auflösung und schickt



Blockschaltbild

das elektrische Signal über einen Verstärker an einen Analog/Digital-Wandler (A/D-Wandler). Anschließend wird das Signal in einem "Sensor-Conditioner" messtechnisch aufbereitet.

Neben einer automatischen Nullpunkts-Kalibrierung werden störende Einflüsse durch die Umgebungstemperatur ausgeglichen, vorhandene Umgebungsmagnetfelder eliminiert sowie der Vergleich bzw. die Erkennung spezifischer Magnetfeldprofile vorgenommen.

Eine intelligente Signalführung sorgt dafür, dass uninteressante Signale, verursacht durch Straßenbahnen, Züge oder Versorgungsanlagen ausgeschlossen werden. Eine Fleißarbeit, einzelne Magnetfeldprofile mussten aufgenommen und klassifiziert werden, um den TrafficSensor mit "Intelligenz" auszustatten. Zudem waren entsprechende Schnittstellen zu entwickeln, um beispielsweise die Daten per Kabel, Funk oder in Kombination mit anderen Systemen, wie satellitengestützte Kommunikationssysteme, dem GPS-System oder mobilen Systemen, die nur die Rohdaten vor Ort speichern, zur Auswertung bereit zu stellen. Schließlich war die notwendige Software zur Auswertung zu entwerfen. Derzeit kann der Sensor nicht nur alle Fahrzeuge vom Fahrrad übers Auto bis zum Flugzeug erfassen, sondern auch Fahrzeugklasse, Geschwindigkeit und Fahrtrichtung bestimmen. Vorteil des TrafficSensors: Er ist klein und robust, kann ohne Schaden zu nehmen überfahren werden, misst genau und zuverlässig von oben, unten oder von der Seite, und das unabhängig von Witterungseinflüssen wie Schnee, Eis, Regen, Nebel, Schmutz sowie Licht- und Temperaturschwankungen.

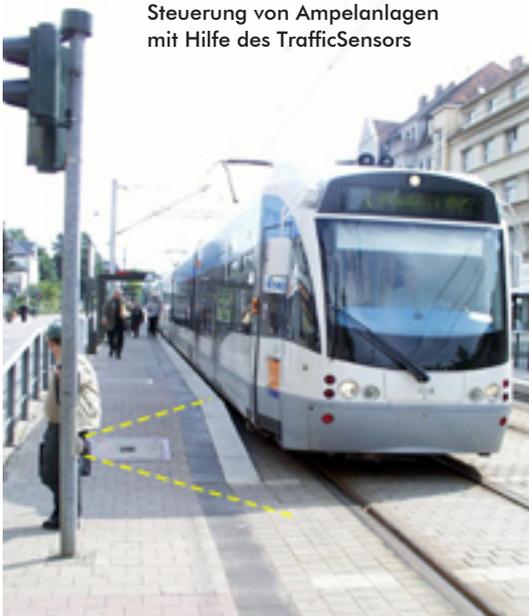


Professor Hartmann mit einer Ausführungen des TrafficSensors, der in einen Fahrbahnmarkierungs-"Nagel" eingebaut ist

Damit ist er allen bisher zur Verkehrsmessung eingesetzten Radar-, Infrarot- und Lasersystemen oder gar den stör- und verschleißanfälligen Induktionsschleifen überlegen, die das nur eingeschränkt können.



Steuerung von Ampelanlagen mit Hilfe des TrafficSensors



Funktionsprüfung der Sensoren bei unterschiedlicher Messanordnung: Im Bereich der stark befahrenen Rheinstraße, einer Haupteinfallssache in Darmstadt, wurde ein 3D-Sensor unterhalb der Fahrbahn in ein 80 cm tief liegendes Rohr eingebracht. Für eine Messung von oben nutzte man die Brücke am Ortseingang von Darmstadt, dem Autobahnende A672. Zusätzlich erfasste ein Referenzvideo die Fahrzeuge, um die Fahrzeugklassifizierung anhand der Messkurven genau zu belegen.

Das Zentrum für integrierte Verkehrssysteme (ZIV) in Darmstadt ist Ansprechpartner, wenn es um die Entwicklung von modernen Verkehrskonzepten geht. "Der TrafficSensor aus Saarbrücken ist eine moderne, kostengünstige Alternative zu den bisherigen Verkehrserfassungssystemen", so der ZIV-Geschäftsführer Dr.-Ing. Uwe Plank-Wiedenbeck.

"In Kooperation mit den Forschern und Entwicklern testen wir verschiedene verkehrstechnische Anwendungen des TrafficSensors sowohl für den ruhenden als auch für den fließenden Verkehr. Testmessungen in der Innenstadt von Darmstadt und an Autobahnen waren bereits sehr erfolgreich." In Innenstadtbereich von Darmstadt wurden an Ampelanlagen und Straßen mit hohem

Verkehrsaufkommen Sensoren angebracht, miteinander vernetzt und so aktiv der Verkehr geregelt. Waren die Sensoren unterhalb der Straße verlegt, erfassten sie auch Fahrzeuge in zwei oder drei Reihen nebeneinander. Bei Radar-, Infrarot- oder Lasermessungen ist gerade das problematisch, wenn ein Fahrzeug in Messrichtung die "Sicht" versperrt. Dazu kommt, dass die Messsignale weder durch Schienenverkehr noch durch hochfrequente Stromleitungen gestört waren. Ein weiteres, entscheidendes Argument für den Einsatz von der TrafficSensoren, ist, dass sie unter der Erde (2 – 2,50 m tief) in Rohre verlegt werden können, ohne dass die Straße dafür gesperrt werden muss. Selbst bei Straßenbauarbeiten kann weiter gemessen werden. Dazu wird der Sensor einfach im Rohr verschoben.

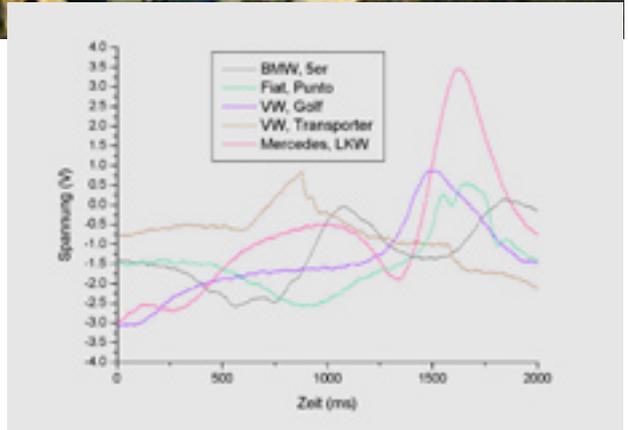


Frankfurter Autobahnkreuz A3/A5



ZIV-Mitarbeiter bei der Messung am Autobahnkreuz A5/A661

Magnetfeldprofile zur Kraftfahrzeug-Klassifizierung



Von besonderem Interesse waren die ersten Messungen am Autobahnkreuz A5/A661 Bad Homburg im September 2002. In zwei Rohren war je ein 3-D-Sensor zirka 2 Meter tief im Abstand von 50 Zentimetern positioniert. Um die aufgenommenen Sensor-Daten überprüfen zu können, ermittelte man in einer zweiten Messreihe die Fahrzeuggeschwindigkeit mittels Lichtschranke und manuell die Fahrzeugklasse. Der Vergleich beider Messreihen

spricht eindeutig für den TrafficSensor. Selbst starken Erschütterungen durch den fließenden Verkehr hält der Traffic-Sensor stand und liefert sicher und zuverlässig Daten über Geschwindigkeit und Abstand, und das getrennt für jede Fahrbahn. Außerdem kann man, was für eine Mautkassierung relevant ist, die Fahrzeugklasse über die Anzahl der Achsen bestimmen und bei Lastkraftwagen, ob sie beladen oder leer fahren. Betreiberfirmen

von stationären Mautstationen im Ausland wie Schweiz, Österreich, Frankreich, Italien etc. interessieren sich für den TrafficSensor. Bietet er nämlich die Chance, die Mautkassierung von Lastkraftwagen, unabhängig vom Personal der Mautstationen, zu kontrollieren. Derzeit müssen die Betreiberfirmen jährlich hohe Defizite infolge finanziellen Missbrauchs durch das Personal der Mautstationen hinnehmen.

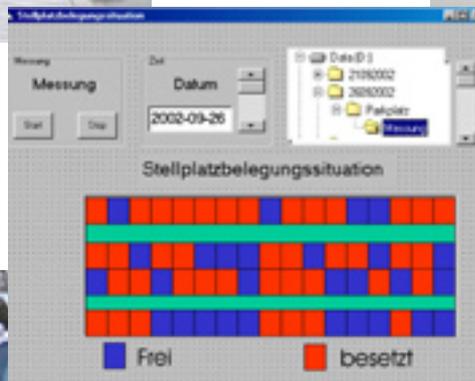
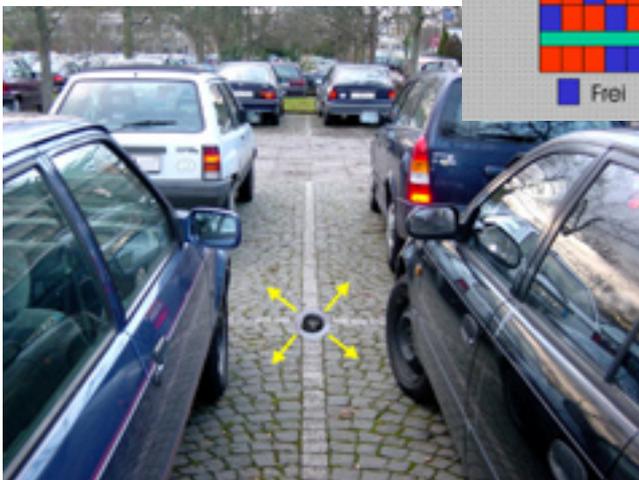
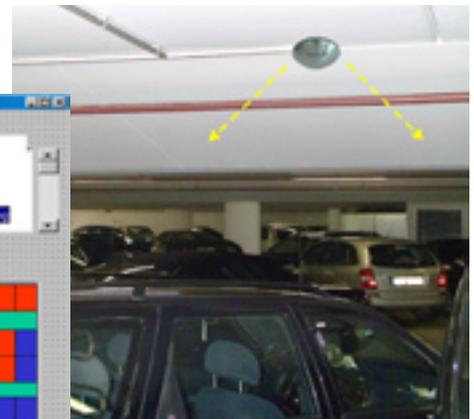


Steuerung des innerstädtischen Parkleitsystem



Im Parkhaus und auf dem Parkplatz der Fraport AG, Frankfurt wird die unterschiedliche Positionierung der TrafficSensoren getestet:

- in der Einfahrtsschranke
- an der Decke
- im Fussboden



Computerüberwachte Parkplatzkontrollanzeige:
Besetzt - Frei



Sensortyp für den Einbau in den Fussboden

Für den Einsatz im ruhenden Verkehrsraum spricht, dass mit einer entsprechenden TrafficSensor-Anordnung jede Ein- und Ausfahrt, egal ob Garage, Industrietor oder Parkhaus einfach und problemlos überwacht und steuerbar ist. "Intelligente" Parkhäuser oder -plätze, die Autos freie Stellplätze zuweisen sind so in naher Zukunft realisierbar und mit innerstädtischen Parkleitsystemen kombinierbar.

Funktionstests im Personalparkhaus der Fraport AG des Frankfurter Flughafens belegen das. Jetzt kommt der TrafficSensor als kommerzielles Produkt, gebaut von der saarländischen Automobilzuliefer-Firma VOTRONIC GmbH in St. Ingbert auf den Markt. Im Moment noch etwa 100 EURO teuer, wird man bei größeren Stückzahlen den Endpreis um die Hälfte reduzieren können.

Zu weiteren Anwendungen befragt, ergänzt der ZIV-Geschäftsführer Uwe Plank-Wiedenbeck: "Verkehrsleit- und Regelsysteme für den Schienenverkehr auf Nebenstrecken sind ein weiteres, weites Einsatzfeld. Schneller über die aktuelle Verkehrslage informiert, könnten Strecken zügiger freigegeben, Signale rascher geschaltet und damit Bahnverspätungen deutlich reduziert werden. Auch in Punkto Sicher-



Fotos: Deutsche Bahn AG

heit an Bahnübergängen bietet sich der Einsatz von TrafficSensoren zur permanenten Überwachung an. Derzeit gibt es im Schienennetz der Deutschen Bahn AG 26.000 Bahnübergänge, von denen nur 11.000 technisch gesichert sind.“

Selbst zur Verkehrsregelung in der Schifffahrt, beispielsweise auf Flüssen und Kanälen, an Hafeneinfahrten oder Schleusen kann der TrafficSensor eingesetzt werden, denn auch unter Wasser misst der TrafficSensor zuverlässig und sicher.

Ein anderes, sehr interessantes Anwendungsgebiet liegt im Bereich des Rollfeldmanagements auf Flughäfen. Jedes startende, landende oder rollende Flugzeug in die richtige Position zu leiten, erfordert enormen logistischen Aufwand. Bisher wird dies über Befeuerung, Bodenradar, Funk und vorausfahrende "Follow me"-Fahrzeuge geregelt. Mit Traffic-Sensoren in den gelben Roll- (Center-Lines) und Haltelinien (Stop-Bars) wäre der Flugplatz für die Bodenkontrolle witterungsunabhängig zu jeder Zeit überwachbar. Flugzeuge könnten entlang der Leitlinien kontrolliert in die Parkpositionen geleitet werden, Stop-Bars für den Start wären zeitlich exakt überwachbar. Würde in einem ersten Schritt - beispielsweise für das Parkpositions-Management - der TrafficSensor rastermäßig in die Fahrbahnmarkierung eingebaut, könnte das Kontrollpersonal im Tower jeden Winkel des Flugplatzes örtlich erfassen, kontrollieren und Flugzeuggbewegungen bequem steuern.

Nach Aussage von Uwe Plank-Wiedenbeck ist dazu gerade ein EU-Forschungsprojekt ISMAEL in der Antragsphase. Entwickelt werden soll, ein witterungsunabhängiges sensorbasiertes Rollführungssystem für Vorfeld- und Towerlotsen, das auf kleinen und mittleren Flughäfen zum Einsatz kommen soll. Beteiligt sind neben der Universität des Saarlandes und dem Zentrum für integrierte Verkehrssysteme (ZIV), Darmstadt diverse Partner-firmen aus Österreich, Griechenland, Türkei und Schweden. In der dreijährigen Laufzeit sind dazu Tests auf den Flughäfen Ankara (Türkei) und Thessaloniki (Griechenland) geplant.

Unabhängig vom speziellen Einsatzgebiet stellt die Entwicklung der TrafficSensor-Technologie bis zur Industriereife noch einige Anforderungen an Forscher, Entwickler und Anwender. So wird angestrebt, den Energieverbrauch des TrafficSensors durch weitere Verfahrensentwicklungen drastisch zu senken. Aussichtsreiche Wege dahin sind, den Sensor mit der Betriebsart "Sleep Modus" zu versehen oder die Sensoreinheit mit der neuen Brennstoffzellentechnik zu verknüpfen. Bei letzterem brauchte der Sensor dann nur noch einmal im Jahr gewartet werden. Eine andere Entwicklungsrichtung betrifft die Datenfernübertragung, insbesondere die Entwicklung geeigneter Funkmodule für satellitengestützte Kommunikationssysteme, die von den zukünftigen Nutzern favorisiert wird. Aber bereits jetzt bieten TrafficSensoren in Geldstückgröße angefangen von der Witterungsunabhängigkeit über geringe Störanfälligkeit bis hin zu den Kosten viele Vorteile gegen-



Foto: Fraport AG



Test am Frankfurter Flughafen im Dezember 2001 zur Aufnahme des Magnetfeldprofils für Flugzeuge, Foto: ZIV GmbH



Foto: Fraport AG

über den bisherigen Verkehrserfassungssystemen, die zwingend für deren Weiterentwicklung sprechen. Zudem wäre das Verkehrsmanagement wesentlich effizienter, weil sich schneller und zuverlässiger zu jeder Zeit ein aktuelles "Verkehrslagebild" aufnehmen, Verkehrsströme verfolgen und dirigieren ließen. Verkehrsstaus wären in Zukunft weitgehend vermeidbar oder zügiger durch rechtzeitige Umleitungsempfehlungen und Freigabe von Standspuren auf Autobahnen auflösbar.

Sichere, zeitlich exakte Angaben zu Verkehrsflüssen sind unabdingbar für eine aktuelle, kurzfristige Verkehrsinformation und folglich auch für eine effiziente Verkehrssteuerung, insbesondere in solchen staugeplagten Ballungsgebieten wie dem Rhein-Main- oder dem Ruhrgebiet. Doch Verkehrsmanagement ist immer noch eine teure Angelegenheit, deshalb gibt es bisher nur in wenigen Städten z.B. Berlin oder Köln umfassende infrarotgesteuerte Verkehrserfassungs- und Informationssysteme. Dass die Entwicklung neuer effizienter und dazu kostengünstiger Verkehrsmanagementsysteme dringend notwendig ist, zeigen auch die Prognosen der Bundesverkehrswegeplanung. So ist bis 2015 mit einem Verkehrsanstieg von über 20 % im Personenverkehr und von zirka 65 % im Güterverkehr zu rechnen^{*)}. Besonders betroffen davon wird das Verkehrsaufkommen auf Autobahnen sein.

Dr. Christine Ritschel

^{*)} Interview mit dem Verkehrsminister, Manfred Stolpe (ADACmotorwelt, H. 12, 2002)