

# Neues System zur **Ermittlung des Kraftschlusspotenzials im Fahrbetrieb**



In Zusammenarbeit mit der Nutzfahrzeugentwicklung der DaimlerChrysler AG wurde am Institut für Maschinenkonstruktionslehre und Kraftfahrzeugbau der Universität Karlsruhe ein System entwickelt, welches das Kraftschlusspotenzial zwischen Reifen und Fahrbahn im Fahrbetrieb erkennt. Dabei ist es von besonderem Wert, dass diese Informationen permanent ermittelt werden, dass die Ermittlung automatisch erfolgt und dass das gesamte System fahrzeugfest installiert ist.

## 1 Motivation

Bei Straßenverkehrsunfällen werden alleine in Deutschland derzeit jährlich zirka 7000 Personen getötet und etwa 500.000 verletzt [1]. Um diese Zahlen deutlich zu verringern, das heißt um diese Unfälle zu verhindern oder zumindest deren Folgen zu vermindern, ist zunächst eine Analyse der Ursachen notwendig. Bei der Auswertung der statistischen Daten zeigt sich, dass rund 97 % der Unfälle mit Personenschaden auf so genanntes „menschliches Versagen“ zurückzuführen sind.

In **Bild 1** sind die neun häufigsten Unfälle mit Personenschaden in Deutschland im Jahr 2002, verursacht durch „menschliches Versagen“, aufgetragen. Dabei fällt auf, dass „nicht angepasste Geschwindigkeit“ und „ungenügender Sicherheitsabstand“ zu den am häufigsten auftretenden Unfallursachen zählen. Hierbei bedeuten „nicht angepasst“ beziehungsweise „ungenügend“, dass der Fahrer die jeweilige Fahr-situation, also die Kombination aus Fahrbahnzustand, Straßenführung und Fahrgeschwindigkeit, nicht richtig beurteilt und seine Fahrweise nicht entsprechend den vorliegenden Verhältnissen angepasst hat.

Die beiden genannten Muster „menschlichen Versagens“ lassen sich also darauf zurückführen, dass die maximalen Reifenkraften, die in der aktuellen Fahrsituation übertragbar waren, falsch eingeschätzt beziehungsweise überschätzt wurden.

Die Auswirkung des Fahrbahnzustands auf die Bandbreite der übertragbaren Umfangskräfte beziehungsweise der auftretenden Reibwerte zeigt **Bild 2**. Aufgetragen sind typische Verläufe der Umfangskräfte über dem Schlupf am Beispiel eines Lkw-Reifens bei verschiedenen Wasserhöhen. Es fällt auf, dass in einem bestimmten Wasserhöhenbereich, der nur einer leichten Benetzung mit Wasser entspricht, ein Reibwertsprung stattfindet. Noch deutlicher wird dieser Sprung bei einer Auftragung der jeweils maximalen Bremskraft beziehungsweise des Bremskraftreibwertes über der Wasserhöhe gemäß **Bild 3**. Dieser Reibwertsprung kann in der Größenordnung von 20 % des entsprechenden Reibwertes auf der trockenen Straße liegen.

Die niedrigsten Reibwerte werden bekanntlich auf vereister Fahrbahn erreicht, wobei sich die Temperatur der Eisoberfläche extrem auswirkt. Der ungünstigste Fall liegt bei Eis nahe 0 °C vor, hier können nur noch äußerst geringe Umfangskräfte übertragen werden. Es kann also festgehalten werden, dass der Zustand der Fahrbahnoberfläche bei einem vorgegebenen Fahrzeug den entscheidenden Einfluss auf die übertragbaren Kräfte hat.

## Die Autoren



Prof. Dr.-Ing. habil. Dr. h. c. Rolf Gnadler ist Leiter der Abteilung Kraftfahrzeugbau und Mitglied der kollegialen Leitung des Instituts für Maschinenkonstruktionslehre und Kraftfahrzeugbau der Universität Karlsruhe (TH).



Prof. Dr.-Ing. Hartmut Marwitz ist Vice President und Leiter Entwicklung Mercedes-Benz Lkw bei der DaimlerChrysler AG, Stuttgart.

## First Fill ...



## ... Lebenselixier für Ihre Entwicklungen.



FUCHS ist einer der führenden Schmierstoff-Entwicklungspartner der Automobilindustrie. Mit Sitz in Deutschland und mit über 70 Tochtergesellschaften weltweit ist FUCHS der größte unabhängige Schmierstoff-Hersteller. Wir bieten Lösungen bei allen schmierungstechnischen Aufgaben für Motoren, Getriebe, Achsen und Antriebswellen bis hin zu Lenkungen, Stoßdämpfern und Schließsystemen. So wurden wir Lieferant des Jahres 2002 bei DAIMLERCHRYSLER. Lassen Sie uns gemeinsam mehr bewegen. [www.fuchs-europe.de](http://www.fuchs-europe.de)

FUCHS EUROPE SCHMIERSTOFFE GMBH. WIR BEWEGEN MEHR.



1 Motivation

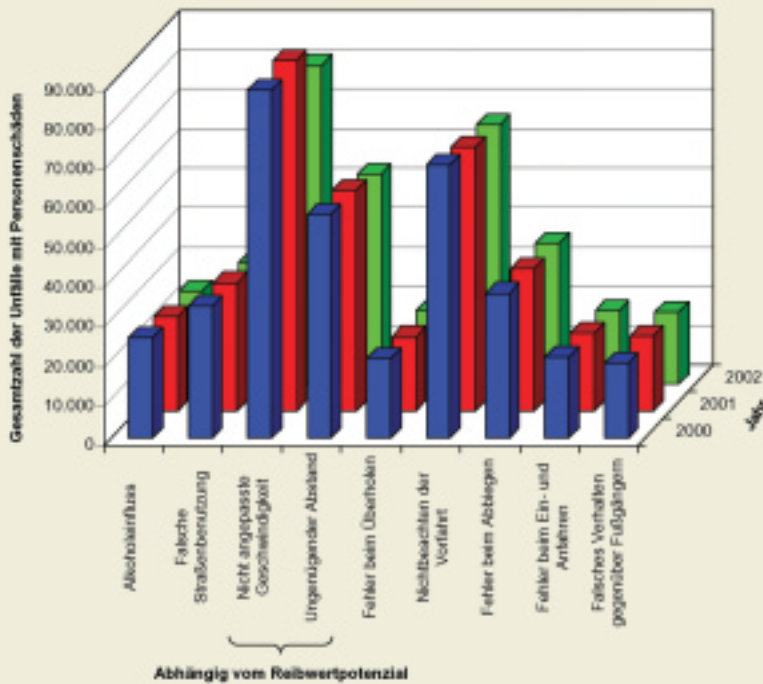


Bild 1: Verkehrsunfälle mit Personenschaden in Deutschland, verursacht durch „menschliches Versagen“. Einen wesentlichen Anteil haben die Versagensmuster „nicht angepasste Geschwindigkeit“ und „ungenügender Abstand“ [1]. Problematisch ist hierbei, dass hier das richtige Verhalten vom aktuellen Reibwertpotenzial abhängig ist  
 Figure 1: Road traffic accidents resulting in personal injury and caused by "human error" that occurred most frequently in Germany. A significant number is due to the errors "Speed not adjusted" and "Insufficient distance" (figures from [1] for 2002). The main problem here is that the "correct human response" is dependent on the current friction coefficient potential

Weiter wird daraus deutlich, dass ein Fahrer in der Regel überfordert ist, wenn er nicht nur den Fahrbahnzustand erkennen soll, sondern auch noch Reibwerte, Bremswege und Kurvengrenzgeschwindigkeiten in der richtigen Größe abschätzen soll.

Wenn aber der Fahrer in der vorgenannten Situation in der Regel überfordert ist, dann sollte man sich auch konsequenterweise nicht damit zufrieden geben, daraus resultierende Unfälle allein einem „menschlichem Versagen“ anzurechnen. Vielmehr müssen intensive Anstrengungen darauf gerichtet sein, ein „Assistenzsystem“ zu entwickeln, das in der Lage ist, solche menschlichen Fehleinschätzungen zu korrigieren und damit entsprechend schwere Unfälle zu vermeiden.

Es ist also ein System zu entwickeln, welches das aktuell verfügbare Kraftschlusspotenzial permanent ermittelt. Bisher aus der Patentliteratur oder anderen

Veröffentlichungen bekannt gewordene Systeme verwenden optische, akustische oder elektrische Verfahren beziehungsweise gemessene Raddrehzahlen, beispielsweise in Verbindung mit Sensoren für Gieraten, Lenkradwinkel, Längs- und Querbesehleunigungen usw., meist im Zusammenhang mit Fahrzeugsimulationsmodellen [2, 3, 4, 5, 6].

Nachteile dieser bisher bekannten Systeme bestehen vor allem darin, dass sie beispielsweise nicht permanent (also auch bei frei rollendem oder geradeaus fahrendem Fahrzeug) aktiv sind oder nicht fahrzeugimmanent (zum Beispiel ohne spezielle Messreifen) aufgebaut sind, dass sie auf Blickkontakt zur Fahrbahn angewiesen sind (Verschmutzungsgefahr der Optik) oder gespeicherte Kennfelder der speziellen, aktuell aufgezogenen Reifen benötigen, beziehungsweise dass sie spezielle Situationen (zum Beispiel geringe Wasserhö-

hen) nicht erkennen oder dass aufwändige Fahrzeugsimulationsmodelle (mit entsprechender Vielzahl variabler Eingabegrößen) benötigt werden.

Alle diese Nachteile vermeidet das neuartige, im Folgenden vorgestellte, „Dynamische Fahrbahn-Informationssystem“, auch „Dynamic Friction Information System“ genannte DFIS. Es wurde bereits in einem Nutzfahrzeug Atego der DaimlerChrysler AG aufgebaut und für dieses Fahrzeug zur vollen Funktionsfähigkeit entwickelt.

2 Funktionsprinzip

Die Grundidee zur Erkennung des aktuell zur Verfügung stehenden Kraftschlusspotenzials [9] besteht darin, das Kraftschlusspotenzial nicht direkt zu messen, sondern aus einer größeren Zahl von Informationen durch ein Ausschluss- (oder Schranken-) verfahren indirekt einzugrenzen und so zu erkennen.

Hierzu werden mit „indirekten“ Sensoren möglichst viele Informationen, vor allem zur Fahrbahn, gesammelt. Ein Beispiel für eine solche Information ist die Temperatur der Fahrbahnoberfläche, die für sich alleine zunächst keine Aussage über das Reibwertpotenzial liefert. Wie das Bild 4 veranschaulicht, ist allerdings bei einer Fahrbahnoberflächentemperatur von +20 °C mit Sicherheit eine vereiste oder verschneite Straßenoberfläche auszuschließen, während umgekehrt eine Fahrbahnoberflächentemperatur von -10 °C ebenso sicher eine regennasse Straßenoberfläche ausschließt.

Wesentlich ist dabei also, dass die Ausgangssignale der verwendeten Sensoren mit zielführenden Fragestellungen verknüpft werden, auf die jeweils nur eine begrenzte Anzahl von Antworten zugelassen ist. Durch intelligente Verknüpfung der Antworten mehrerer Sensoren kann das vorhandene Reibwertpotenzial im Sinne eines Schranken- (Ausschluss-) Verfahrens mehr und mehr eingegrenzt werden, was am Ende dieses Prozesses zu einem eng begrenzten Bereich möglicher Reibwertpotenziale führt. Dabei ist durch Quervergleiche der Aussagen aus einzelnen Signalen sowohl Redundanz als auch Selbstdiagnose des Systems möglich.

Nach dem vereinfachten Beispiel zur Erläuterung des Funktionsprinzips gemäß Bild 4 sei noch etwas detaillierter auf die eingesetzte Sensorik und das Auswerteverfahren eingegangen [9, 10].

Im derzeit aufgebauten System werden Sensoren für Akustik und Beschleunigung, ein neuartiger WSE-Sensor, ein Sensor für die Temperatur der Fahrbahnoberfläche sowie ein Regensensor eingesetzt.

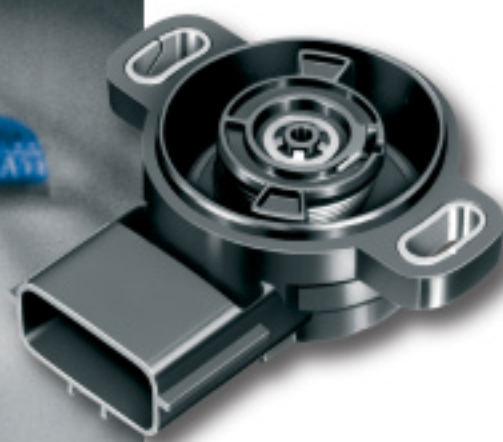
**EINMAL AM TAG  
KOMMT JEDER MIT ALPS  
IN BERÜHRUNG...**

Unzählige Anwendungen und Komponenten in allen Bereichen der elektronischen Industrie nutzen heute Bauteile von ALPS. Mit höchster Qualität und Zuverlässigkeit. Das macht ALPS zum festen Bestandteil des täglichen Lebens.

**ALPS®**

## Grenzenlose Entfaltungsmöglichkeiten.

Holen Sie alles aus Ihrem Fahrzeug raus – mit Sensoren für bestes ökologisches und ökonomisches Fahren. ALPS Sensoren zeichnen sich durch eine extrem hohe Widerstandsfähigkeit aus. Und damit durch eine überdurchschnittlich lange Lebensdauer. Denn sie sind perfekt auf die enorme Hitzeentwicklung und entstehenden Vibrationen im Motorraum ausgelegt. So verwundert es nicht, dass viele namhafte internationale Automobilhersteller mit uns zusammenarbeiten. Und sich die Innovation und Zuverlässigkeit unserer elektromechanischen Bauelemente zu eigen machen. Gestützt auf ein bewährtes, dezentrales Logistik- und Vertriebssystem, das einen rationellen und kostengünstigen Produktionsablauf garantiert. Unsere Engineering Spezialisten helfen Ihnen jederzeit von der ersten Idee bis hin zum fertigen Produkt.



### Drosselklappen Sensor

Lebensdauer	Max. 1.000.000 Zyklen
Linearität	+/- 2%
Arbeitstemperatur	-40° C bis +125° C

### Abgas Sensor

Lebensdauer	Max 5.000.000 Zyklen
Linearität	+/- 2%
Arbeitstemperatur	-40° C bis +150° C

**ALPS SENSOREN FÜR EFFEKTIVES MOTORMANAGEMENT.**

**ALPS AUTOMOTIVE PARTS – INNOVATIVE LÖSUNGEN IM AUTOMOBIL.**

AUTOMOTIVE

[www.alps.de](http://www.alps.de)

**PARTS OF LIFE**

ALPS ELECTRIC EUROPA GmbH • Tel.: (+49)211/5977-0 • Fax: (+49)211/5977-146 • E-Mail: [info@alps.de](mailto:info@alps.de)

Wir kennen jede Schraube persönlich. Kennen Sie unsere Extras persönlich?



Im ATZ- und MTZ-Abonnement inklusive. Und jetzt auch im Einzelverkauf für € 19,- erhältlich: Sichern Sie sich Ihr persönliches Extra!

Bitte senden Sie mir  Exemplar(e) des Extras "BMW 5er" zum Einzelpreis von € 19,- (zzgl. Versandkosten)

Firma \_\_\_\_\_  
 Abteilung \_\_\_\_\_  
 Vorname \_\_\_\_\_  
 Name \_\_\_\_\_  
 Straße / Hausnummer \_\_\_\_\_  
 PLZ / Ort \_\_\_\_\_  
 Datum \_\_\_\_\_  
 Unterschrift \_\_\_\_\_

Bitte einfach Coupon ausfüllen und faxen an 06 11 . 78 78 423 oder per Post senden!

Vieweg Verlag Leserservice  
 Postfach 1546  
 65173 Wiesbaden  
 Telefon 06 11 . 78 78 151  
 Telefax 06 11 . 78 78 423  
 abo@vieweg.de  
 www.all4engineers.com

1 Motivation

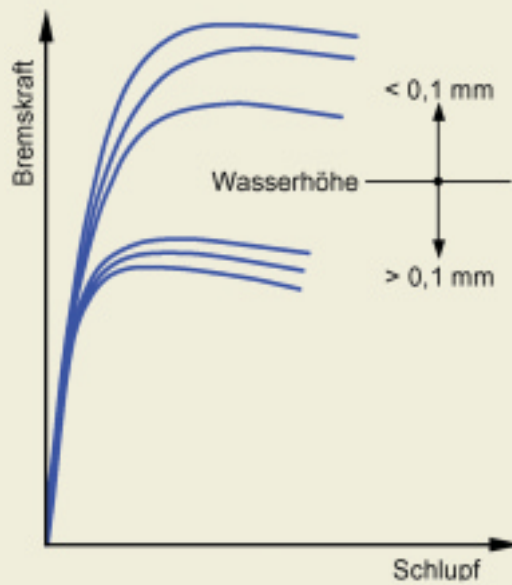


Bild 2: Typische Verläufe der Umfangskraft-Schlupf-Kurven eines Lkw-Reifens bei verschiedenen Wasserhöhen auf Asphalt. Bereits bei sehr kleinen Wasserhöhen ist eine deutliche, nahezu sprunghafte Abnahme der übertragbaren Kräfte zu erwarten  
*Figure 2: Typical longitudinal force/slip curves for a truck tyre at various water depths on asphalt. Even at very low water depths, a significant reduction, almost a downward leap, is expected in transmissible forces*

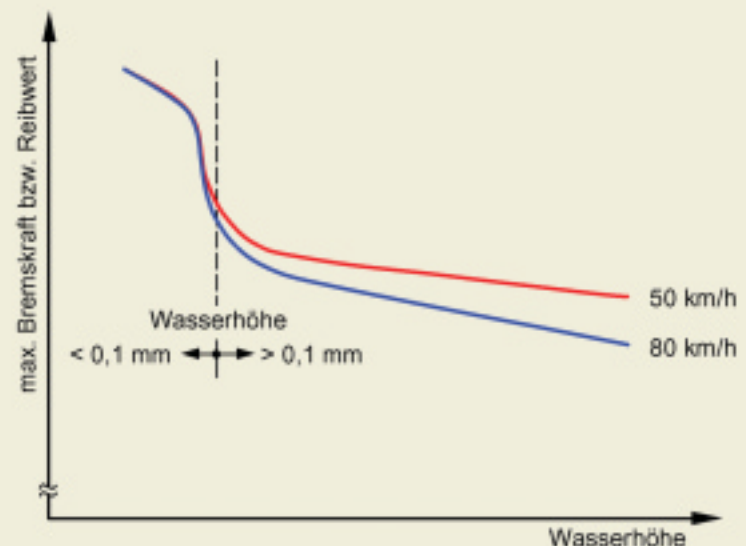


Bild 3: Typische Verläufe der maximal übertragbaren Bremskräfte beziehungsweise der Bremskraftreibwerte eines Lkw-Reifens für zwei verschiedene Geschwindigkeiten, jeweils in Abhängigkeit von der Höhe des Wasserfilms auf der Fahrbahn. Signifikant ist der deutliche Abfall der maximalen Bremskräfte im Bereich sehr kleiner Wasserhöhen  
*Figure 3: Typical curves for the maximum transmissible braking force or braking force friction coefficients of a truck tyre at two different speeds, both dependent on the depth of the water on the road surface. The considerable decline in the maximum braking force in the very low water depths range is significant*

Der Akustiksensord kann als Mikrofon in einem Gehäuse, sicher vor Verschmutzungen und Beschädigungen, im Kotflügelbereich untergebracht werden. Er nimmt unter anderem Geräusche zwischen Reifen und Fahrbahn auf, die einer Frequenzana-

lyse gemäß **Bild 5** zugeführt werden. Typische Frequenzanteile, wie sie beispielsweise zum Überrollen von Schotter, Kopfsteinpflaster und Asphalt oder zum Plant-schen von Spritzwasser im Kotflügelbereich gehören, können so identifiziert oder

ausgeschlossen werden. Nebenbei bemerkt kann ein solcher Akustiksensoren auch zur Schadensfrüherkennung im Antriebsstrang und im Motorbereich eines Nutzfahrzeugs eingesetzt werden, was letztlich Reparaturkosten und Ausfallzeiten reduziert.

Mit den Beschleunigungssensoren [10] werden vertikale Achsbeschleunigungen in Radnähe gemessen. Frequenzanalysen analog zu Bild 5 liefern Aussagen, die verwertbar sind im Zusammenhang mit Fragen nach beispielsweise Kopfsteinpflaster, Sandpisten, Schlaglochstreifen sowie Asphalt- oder Betondecken.

Der neuartige WSE-Sensor misst Oberflächenspannungen im Bereich des Spritzlappens und hilft so mit, einen eventuell vorhandenen Reifenspray aus Wasser-Schnee- oder Eispartikeln zu identifizieren oder auszuschließen.

Der Sensor zur Ermittlung der Fahrbahnoberflächentemperatur unterstützt die Erkennung oder den Ausschluss von winterlichen Fahrbahnen bis hin zu der extrem gefährlichen Eisbildung bei Beregnung eines gefrorenen Untergrunds.

Der Regensensor in der heute üblichen Bauweise an der Windschutzscheibe unterstützt die Erkennung von nassen Fahrbahnen, vor allem im Sinne von Redundanz. Schaltet der Regensensor die Scheibenwischer ein, dann muss das System mit seinen sonstigen Erkennungsmechanismen eine regennasse Fahrbahn anzeigen.

Selbstverständlich erlaubt das erläuterte Funktionsprinzip die Einbeziehung beliebiger weiterer Sensoren, vor allem auch aus der Palette der in einem modernen Kraftfahrzeug heute ohne dies schon eingesetzten Sensorik. Sinnvoll ist dies immer dann, wenn ein solcher Sensor in der Lage ist, wenigstens eine der relevanten Fahrbahnoberflächen (Schrankenverfahren!) auszuschließen. Dies erhöht die Aussagesicherheit durch Redundanz und verbessert weiter die Möglichkeiten der Selbstdiagnose.

Wie bereits mehrfach erwähnt, erfolgt die eigentliche Auswertung der Informationen, die von den derzeit eingesetzten fünf Sensoren geliefert werden, mit Hilfe eines Schrankenverfahrens [9]. Die Informationen aus den Sensorsignalen werden in Zahlen von 1 bis 3 (als Antworten auf Fragen im Sinne von ja, nein oder mehrdeutig) verschlüsselt und in allen möglichen Kombinationen zusammengestellt. Der dabei entstehende Entscheidungsvektor hat derzeit 118.098 Varianten. Sie entstehen aus 11 Abfragen, bei denen in einem Fall die Antwort „mehrdeutig“ ausgeschlossen wurde.

Auf diesem Weg wird jede von einem Sensor zur Verfügung gestellte Information genutzt, um mittels Schrankenverfahren in

# Accelerate and...See the Possibilities!

“ Unser Ziel ist es, im internationalen Motorsport erfolgreich zu sein. Dazu müssen wir unsere Autos möglichst schnell machen. Wenn wir wollen, dass unser Rennwagen gewinnt, müssen wir schnell entscheiden, wie er für eine spezielle Strecke optimiert werden kann und welche Aufhängung oder welcher Motor für ein bestimmtes Rennen am besten geeignet sind. Wir haben uns für das Lizenzierungssystem MSC.MasterKey entschieden, weil wir erkannt haben, dass wir mit einem Token-basierten Angebot unsere vorhandenen Lizenzen besser nutzen können – und das zu günstigen Bedingungen. Die Software, die wir brauchen, muss genauso zuverlässig, vielseitig und flexibel sein wie die Autos, die wir mit ihr entwickeln wollen. ”

Andrea Adamo  
N.Technology



Das Lizenzierungssystem **MSC.MasterKey** ist eine effiziente und innovative Antwort auf die Anforderungen im Bereich der wirklichkeitstretuen Simulation. Das auf Token-Basis arbeitende **Lizenzierungssystem** bietet Ihnen Zugriff auf eine erstklassige Palette an Simulationstools zur virtuellen Produktentwicklung. **Über 250 Pakete marktführender Software** ( u.a. MSC.Nastran, MSC.Patran, MSC.ADAMS, MSC.Fatigue, MSC.Marc und MSC.Dytran ) stehen Ihnen zur Verfügung. Mit dem exakt auf Ihre Umgebung zugeschnittenen Lizenzierungssystem optimieren Sie Ihre Produktivität und schonen Ihr Entwicklungsbudget.

Profitieren Sie von mehr als 40 Jahren Erfahrung und informieren Sie sich, wie MSC.MasterKey Ihren Produktentwicklungsprozess beschleunigen kann.

**MSC SOFTWARE**  
SIMULATING REALITY

MSC.Software GmbH · 81829 München  
Tel. 0 89 - 431 987 0 · info.de@mscsoftware.com

[www.mscsoftware.com/europe](http://www.mscsoftware.com/europe)

2 Funktionsprinzip

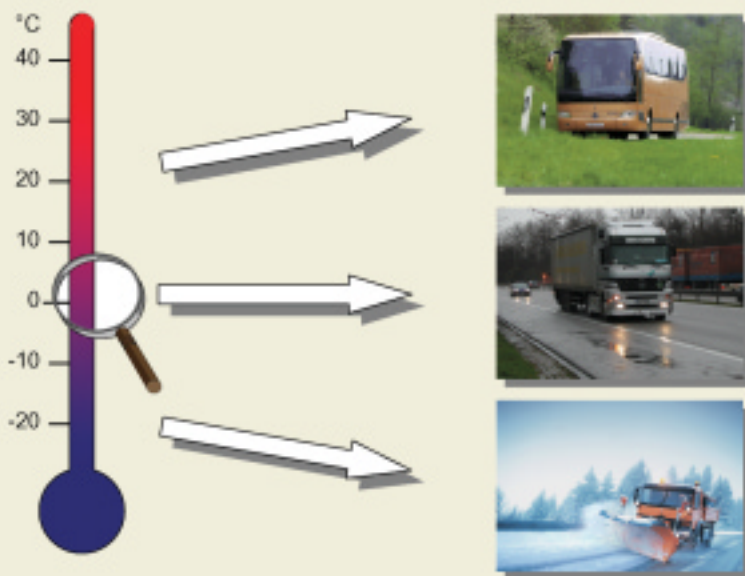


Bild 4: Nutzung eines Sensors für die Temperatur der Fahrbahnoberfläche zur Eingrenzung der möglichen Fahrbahnoberfläche beziehungsweise Reibwertklasse

Figure 4: Using a road surface temperature sensor to narrow down the possible road surface or friction coefficient class

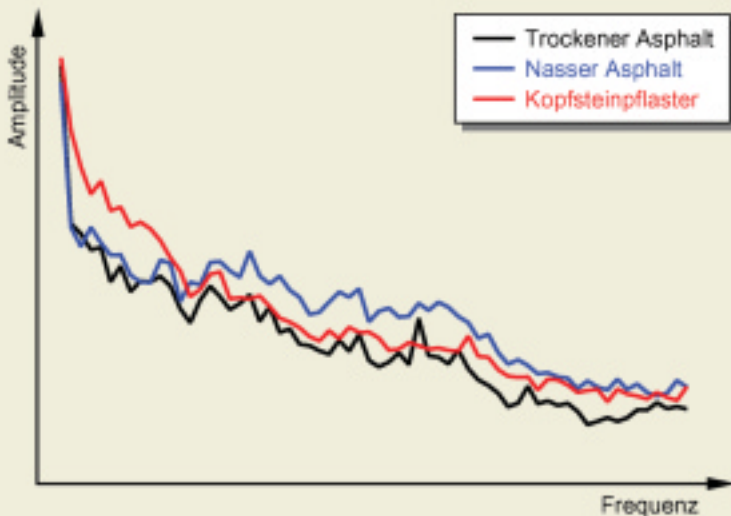


Bild 5: Frequenzanalyse des Reifen-Fahrbahngeräuschs zur Erkennung verschiedener Fahrbahntypen beziehungsweise -zustände anhand charakteristischer Kurveneigenschaften

Figure 5: Frequency analysis of the tyre/road surface noise to detect different road surface types and conditions using characteristic curve properties

Summe zu entscheiden, ob ein bestimmter Fahrbahntyp beziehungsweise Fahrbahnzustand ausgeschlossen werden kann oder ob dessen Vorhandensein als einzige Möglichkeit übrig bleibt.

Als konkretes Beispiel hierfür sind Antworten auf die Fragen an die derzeit eingesetzten fünf Sensoren für eine bestimmte Fahrbahnoberfläche in der **Tabelle** zusammengestellt und nachfolgend rein ver-

bal ausgewertet. Der WSE-; der Regen- und der Akustiksensoren (Abfragen 1, 2 und 5) schließen das Vorhandensein von Wasser auf der Fahrbahnoberfläche als redundantes Ergebnis aus dem Schrankenverfahren aus. Zwar lässt der Temperatursensor aufgrund des festgestellten Temperaturbereichs der Fahrbahnoberfläche die Möglichkeit für Schnee oder Eis offen (Abfrage 3), jedoch kann diese anhand der Antworten des WSE-, des Beschleunigungs- und des Akustiksensors (Abfragen 1, 4, 10, und 11) wiederum redundant mittels Schrankenverfahren ausgeschlossen werden. Somit kann bisher als redundantes Ergebnis aus dem Schrankenverfahren festgehalten werden, dass die aktuelle Fahrbahn trocken und frei von Schnee und Eis sein muss.

Der Beschleunigungssensor liefert das Ergebnis, dass auch eine befestigte Fahrbahn (Abfrage 10) auszuschließen ist. Der Akustiksensoren schließt weiter Asphalt und Sand (Abfrage 6 und 9) aus. Bleiben noch die Abfragen 7 und 8, die zweifelsfrei Schotter identifizieren.

Zusammengefasst wurden also an fünf Sensoren insgesamt elf Fragen gestellt, aus deren Antworten mit Hilfe des Schrankenverfahrens eindeutig eine trockene, schnee- und eisfreie Fahrbahnoberfläche aus Schotter ermittelt wurde. Es ist nun eine reine Denksportaufgabe herauszufinden, wie auf demselben Wege beispielsweise Blitzeis, Flüsterasphalt oder eine Betondecke mit Nieselregen sicher erkannt werden können.

Wie das stark vereinfachte Flussdiagramm in **Bild 6** veranschaulicht, erfolgt eine Einordnung der so identifizierten Fahrbahn in eine von derzeit sechs Reibwertklassen, deren Größe und Lage im gesamten Reibwertspektrum selbstverständlich auch vom jeweiligen Fahrzeugtyp abhängt. Dabei kann nach den bisherigen Erfahrungen zumindest bei Nutzfahrzeugen im Hinblick auf die Radlasten sowie den relevanten Geschwindigkeitsbereich auf weitere Informationen wie Art der Bereifung, Luftdruck und Profilhöhe verzichtet werden.

Weiter ist anhand des Beispiels in der Tabelle leicht zu erkennen, dass das System bei entsprechenden Mehrdeutigkeiten beziehungsweise Widersprüchen der Sensorantworten über Möglichkeiten der Selbstdiagnose beziehungsweise der wissensbasierten Abschaltung in Verbindung mit einer entsprechenden Information an den Fahrer verfügt.

3 Anwendungsmöglichkeiten

Das zuvor dargestellte System ist bereits in einem Nutzfahrzeug vom Typ Atego erfolgreich realisiert. Es ist ohne Mitwirkung des

Fahrers permanent aktiv und vermittelt dem Kraftfahrzeug in jeder Betriebssituation die Kenntnis des aktuell verfügbaren Kraftschlusspotenzials, und zwar in den Grenzen einer nach physikalischen Gesichtspunkten festgelegten Reibwertklasse.

Diese Information kann genutzt werden, um heutige Sicherheitssysteme wie beispielsweise ABS und ESP besser anzusteuern, als dies bisher möglich ist.

Eine weitere Anwendung besteht darin, aus Abstandsmessgeräten bei gleichzeitiger Kenntnis von Fahrgeschwindigkeit und

aktuellem Kraftschlusspotenzial erstmals echte Abstandswarner aufzubauen. Damit könnten zahlreiche Auffahrunfälle aufgrund von „ungenügendem Sicherheitsabstand“, Bild 1, entweder vollständig vermieden oder aber durch eine reduzierte Auf-fahrgeschwindigkeit entschärft werden. Man könnte somit von einer „elektronischen Knautschzone“ sprechen, was gerade bei dem Gefährdungspotenzial auffahrender Nutzfahrzeuge von ganz besonderer Bedeutung ist.

Ein weiterer Nutzen des Systems kommt

bei heutigen Unfällen vom Typ „nicht angepasste Geschwindigkeit“, Bild 1, zum Tragen. Hier könnten aktuelle Reibwertpotenziale in Verbindung mit der Kenntnis unmittelbar voraus liegender Streckenführungen aus heutigen Navigationssystemen bereits für Warnungen des Fahrers Verwendung finden.

#### **4 Weitere Entwicklungsschritte und Ausblick**

Im nächsten Schritt könnten Fahrzeuge, die



Gittergenerierungen  
CFD-Berechnungen  
Motorprozesssimulation (1-D/3-D)

# www.cfd-schuck.de

Bahnhofplatz 3  
89518 Heidenheim  
Telefon 07321 3493-3  
Telefax 07321 3493-59  
info@cf-d-schuck.de  
www.cfd-schuck.de

Schuck Ingenieurbüro für Strömungsmechanik  
**Schuck**



## Querschau **MTZ 5/2004**

### Titelthema

#### Benzin-Direkteinspritzsystem mit Piezo-Injektor für strahlgeführte Brennverfahren

Für Ottomotoren mit strahlgeführtem Brennverfahren hat Siemens VDO Automotive ein neues Benzin-Direkteinspritzsystem entwickelt, zu dessen Komponenten ein neuartiger, nach außen öffnender Injektor auf Piezo-Basis gehört. Die Dynamik und Strahlaufbereitung dieses Piezo-Injektors erlauben eine deutliche Ausweitung des kraftstoffsparenden Schichtbetriebs und leisten damit einen Beitrag speziell zur Absenkung der CO<sub>2</sub>-Emissionen.

### Weitere Themen

<b>Entwicklung</b>	Berechnung der transienten thermischen Belastung von Abgaskrümmern mittels CFD
Externe Nacheinspritzung zur Regeneration von Dieselpartikelfiltern	Eine neue Steuerkette ohne Polygoneffekt
Flammendiagnostik für die Leistungs- und Emissionsentwicklung	<b>Forschung</b>
Echtzeitfähige Simulation von Common-Rail-Turbodieselmotoren	Neues System zur Messung von Stickstoffkomponenten im Einsatz an SCR-Katalysatoren

■ Hotline 06 11/78 78-151 ■ Fax 06 11/78 78-423 ■ email: vieweg.service@gvw-fachverlage.de

**MTZ**  
Vieweg Verlag  
Postfach 1546  
D-65173 Wiesbaden



über ein entsprechendes System verfügen, ihre Erkenntnisse über das aktuelle Reibwertpotenzial an Folgefahrzeuge [11] telemetrisch übermitteln. Diese Fahrzeuge könnten dann die Kraftschlussinformationen über die vor ihnen liegenden Streckenabschnitte nutzen, um ihre Fahrstrategie gegebenenfalls anzupassen. Dies könnte so ablaufen, dass in besonders gefährlichen, vorausliegenden Situationen dem Fahrer rechtzeitig Warnungen vermittelt werden, die bei Nichtbeachtung zu elektronischen Eingriffen in das Motor- und Bremsenmanagement führen. Weiter könnten auf diesem Wege beispielsweise Beschilderungen an Brücken dann (und erst dann) aktiviert werden, wenn ein entsprechend ausgerüstetes Fahrzeug die Nähe einer Situation erkennt, in der Vereisungsgefahr besteht oder gar Fahrbahnvereisung feststellt.

Bei genügender Verbreitung solcher Systeme ist es in einem letzten Schritt denkbar, die von den einzelnen Fahrzeugen permanent ermittelten aktuellen Kraftschlusspotenziale telemetrisch an ein satellitengestütztes Navigationssystem weiter zu leiten. Dieses System wäre dann in der Lage, parallel zum geometrischen Straßenatlas einen dynamischen Reibwertatlas aufzubauen und zu pflegen. Damit könnte ein Navigationssystem in der Zukunft neben einem geometrischen Straßenatlas zusätzlich einen flächendeckenden, stets aktualisierten Reibwertatlas im Hintergrund zur Verfügung stellen.

Nach der Realisierung dieser Vision wären Unfälle beispielsweise vom Typ „zu hohe Geschwindigkeit in der Kurve“ oder „Auffahren wegen zu geringem Sicherheitsabstand“ weitgehend ausgeschlossen.

**6 Zusammenfassung**

In diesem Beitrag wurde ein neuartiges, permanent aktives, fahrzeugimmanentes System zur Ermittlung des Reibwertpotenzials vorgestellt. Das gemeinsam mit der Nutzfahrzeugentwicklung der Daimler Chrysler AG am Institut für Maschinenkonstruktionslehre und Kraftfahrzeugbau der Universität Karlsruhe entwickelte System DFIS wurde funktionsfähig an einem Nutzfahrzeug Atego der DaimlerChrysler AG aufgebaut. Es sammelt indirekte Informationen und ermittelt durch Anwendung eines Schrankenverfahrens die Art und den Zustand der Fahrbahnoberfläche. Dies führt dann zur Einordnung in eine von insgesamt sechs Reibwertklassen.

Angenommen, es können durch die Kenntnis des Reibwertpotenzials 90 % derjenigen Unfälle mit Personenschaden vermieden (oder zumindest durch reduzierte Kollisionsgeschwindigkeit entschärft) wer-

**2 Funktionsprinzip**

Tabelle: Beispiel für Antworten auf elf Fragen an die derzeit am Nutzfahrzeug Atego eingesetzten fünf Sensoren. Durch Anwendung des Schrankenverfahrens ergibt sich daraus eine trockene, schnee- und eisfreie Schotterstrecke, was zur Einordnung in eine entsprechende Reibwertklasse führt

*Table: Example of responses to 11 questions to the five sensors currently used in the Atego commercial vehicle. By applying the bound method, it is possible to determine a dry, gravel stretch, free from ice and snow. This enables assignment to the appropriate friction coefficient class*

Abfrage	Sensor	Frage	Antwort
1	WSE-Sensor	Wasser, Schnee oder Eis?	nein
2	Regensensor	Regen?	nein
3	Temperatursensor (Fahrbahn)	Schnee oder Eis möglich?	ja
4	Beschleunigungssensor	Schnee oder Eis?	nein
5	Akustiksensoren	Nass?	nein
6	Akustiksensoren	Asphalt?	nein
7	Akustiksensoren	Kopfstein?	mehrdeutig
8	Akustiksensoren	Schotter?	ja
9	Akustiksensoren	Sand?	nein
10	Beschleunigungssensor	Befestigt?	nein
11	Akustiksensoren	Schnee oder Eis oder Sand?	nein

den, die auf „nicht angepasste Geschwindigkeit“ oder „ungenügenden Sicherheitsabstand“ zurückzuführen sind. Dies würde bedeuten, dass die Gesamtzahl der Unfälle mit Personenschaden um insgesamt etwa 30 % reduziert (beziehungsweise zumindest entschärft) würde. Diese Überlegung zeigt das hohe Sicherheitspotenzial von DFIS auf.

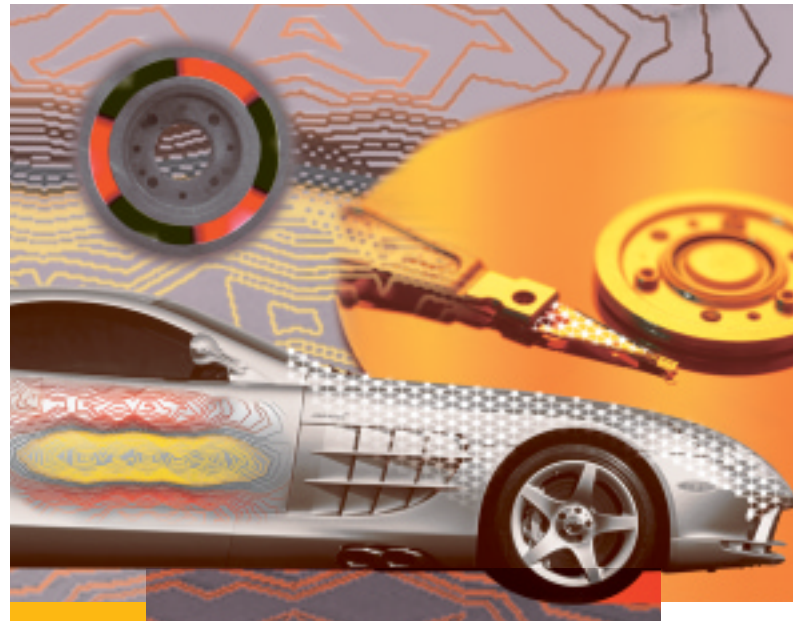
Abschließend sei darauf hingewiesen, dass dieses System in der Endausbaustufe erstmals eine wirklich vorausschauende Fahrweise ermöglicht. Dabei ist der Begriff „vorausschauend“ nicht auf die Sichtweite des Fahrers beschränkt, sondern beinhaltet auch Streckenabschnitte, die er noch gar nicht sehen kann. Dies wäre endlich die Abkehr von der uralten Fahrstrategie, die noch aus der Zeit der Pferdekutschen stammt und die, was die Vorausschau angeht, allein auf dem Prinzip beruht „Der Fahrer sieht etwas oder er wird gesehen“. Dieses Fahren nach dem Prinzip „Sehen und gesehen werden“ ist bei anderen Massenver-

kehrsmitteln wie Flugzeugen oder Hochgeschwindigkeitszügen längst Vergangenheit, und es ist an der Zeit, diese mittelalterliche Fahrstrategie auch beim Kraftfahrzeug endlich zu überwinden. Der Dank für diese Anstrengungen werden höhere Sicherheit und weniger Tote im Straßenverkehr sein.

**Literaturhinweise**

- [1] Statistisches Bundesamt (Hrsg.), Fachserie 8, Verkehr. Reihe 7 – Verkehrsunfälle, Stuttgart, Metzler-Poeschel, 2002
- [2] Göhrich, H.-J.: Ermittlung des aktuellen Kraftschlusspotenzials eines Pkw im Fahrbetrieb. Dissertation, Universität Karlsruhe 1992, Fortschritt-Berichte VDI Reihe 12 Nr.181, Düsseldorf: VDI-Verlag, 1993
- [3] Sigl, A.: Verfahren zum Erkennen des Reibwerts, Offenlegungsschrift DE 3727708-A1 (1989)
- [4] Jacobi, S.: Verfahren zur Bestimmung des Kraftschlusspotenzials eines Kraftfahrzeugs, Offenlegungsschrift DE 10010306-A1 (2001)
- [5] Fujii, J.: Verfahren und Vorrichtung zur Erfassung des Reibungskoeffizienten einer Straße, Offenlegungsschrift DE 19844090-A1 (1999)

## Schwingungen *sehen*



### VIBRATIONEN MESSEN – SCHNELL UND BERÜHRUNGSLÖS

Das ganze Spektrum der Laser-Vibrometrie

für: ■ Forschung

■ Entwicklung

■ Produktion

Berührungslose Schwingungsanalyse, 1- oder 3-dimensional, an einzelnen Punkten oder an kompletten Flächen beliebiger Messobjekte.

**Besuchen Sie uns:**

**Testing Expo 2004 · Halle 7 · Stand 7073**



**Beratung! Vorführung! Miete!**  
**Telefon (0 72 43) 604-178/-104**  
**Lm@polytec.de**



**POLYTEC GMBH**

Polytec-Platz 1-7 · D-76337 Waldbronn

Telefax (0 72 43) 6 99 44

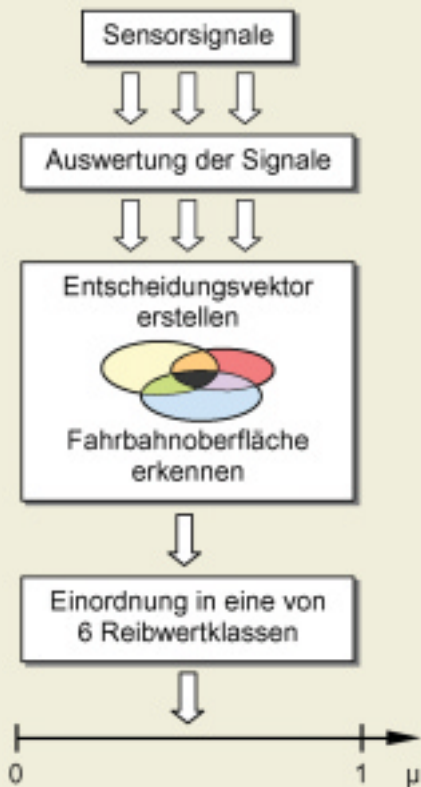


Bild 6: Flussdiagramm in stark vereinfachter Darstellung  
 Figure 6: Extremely simplified flow chart

- [6] Finkle, R.; Schreck, A.; Wanielik, G.: Multi-sensorielle, vorausschauende Straßenzustandserkennung, Offenlegungsschrift DE 19932094-A1 (2001)
- [7] Gnadler, R.; Unrau, H.-J.; Fischlein, H.; Frey, M.: Umfangskraftverhalten von Pkw-Reifen bei unterschiedlichen Fahrbahnzuständen. In: ATZ 98 (1996), S. 458-466
- [8] Fischlein, H.: Einfluss der Fahrbahngriffigkeit auf das Kraftschlussverhalten von Pkw-Reifen. Dissertation, Universität Karlsruhe (1999)
- [9] Gnadler, R.; Marwitz, H.; Unrau, H.-J.: Verfahren und Vorrichtung zum Bestimmen von Kraftschluss und Kraftschlussgrenze bei Fahrzeugreifen, Offenlegungsschrift DE 198 55 332 A1 (2000)
- [10] Gnadler, R.; Marwitz, H.; Unrau, H.-J.: Verfahren zur Fahrbahnklassifizierung, Offenlegungsschrift DE 101 33 117 A1
- [11] Bauer, W. D.; Mayer, C. M.; Schwarzhaupt, A.; Spiegelberg, G.; Gnadler, R., Patentschrift 101 26 459 C1

For an English version of this article, see **ATZ worldwide**. For information on subscriptions, just call us or send an email or fax.



**ATZ**

Vieweg Verlag · Postfach 1546 · D-65173 Wiesbaden  
 Hotline 06 1178 78151 · Fax 06 1178 78425  
 email: vieweg.service@gvw-fachverlage.de