

ASSISTENZSYSTEME

# Erkennungsdienst für Gefahren

Sensoren und Software haben das Fahrzeugumfeld im Blick

|-- **Text** Rolf Andreas Zell |-- **Video** Daimler-Forschung



**E**ben noch war beim Blick in den Seitenspiegel alles frei hinter dem Fahrzeugheck. Einen Wimpernschlag später beim geplanten Spurwechsel ertönt drohend die Hupe des just im toten Winkel „lauernenden“ Pkw auf der Überholspur. An der T-Kreuzung geht der Blick nach rechts – alles frei. Links – kein Fahrzeug zu sehen. Anfahren, und wie aus dem Nichts nähert sich von rechts das Motorrad auf der Vorfahrtstraße.

Bruchteile einer Sekunde, manchmal nur Millisekunden, entscheiden im dichten Verkehr, der heute überall in Ballungsräumen, auf Landstraßen und erst recht auf Autobahnen herrscht, ob wir wohlbehalten ankommen oder in einen Unfall verwickelt werden. Finanzieller Schaden, Zeitverlust und langwierige Briefwechsel sind im Gefolge eines Verkehrsunfalls noch die geringste Unbill. Richtig drückend sind die Folgen, wenn ein Mensch dabei zu Schaden kam.

**Nobody's perfect** – Uwe Franke entschuldigt mit dem geflügelten Wort keineswegs die kleinen Schwächen, von denen sich auch der versierteste und umsichtigste Autofahrer nicht freisprechen sollte, denn er ergänzt den Satz so: „auch unsere Sensoren nicht.“ Uwe Franke könnte man in der Abteilung „Bildverstehen“ der Konzernforschung und Vorentwicklung von Daimler griffig als „Mr. Stereo“ vorstellen. Seit nunmehr 13 Jahren experi-

ter in Stefan Hahns Abteilung ergänzt: „Deshalb nutzen wir synergistisch das gesamte Sensorspektrum – von der optischen bis zur elektromagnetischen Welle. Wer Uwe Franke als Mr. Stereo tituliert, muss Jürgen Dickmann als Mr. Radar vorstellen. Seit vielen Jahren hilft sein Team aus der Forschung und Vorentwicklung all die radarsensorbasierten Sicherheitsfunktionen für die Kollegen von der Fahrzeugentwicklung vorzubereiten, die inzwischen Eingang in die Serienfahrzeuge von Mercedes-Benz gefunden haben – vom Spurassistenten über den Notbremsassistenten bis hin zur Realisation der Pre-Crash-Funktion, also den elektronischen Reflexen des Autos, welche die Insassen vor einem drohenden Unfall optimal schützen.

Schaut man sich einige der Projekte an, mittels derer die Ingenieure in Stefan Hahns Abteilung die kommenden Sicherheitsfunktionen in den Serienmodellen von Morgen und Übermorgen erarbeiten, so könnte man sagen: Mr. Stereo und Mr. Radar arbeiten eifrig an der Fusion ihrer Mannschaften. Das Frankesche Diktum, wonach kein Sensor der Welt alle Gefahren perfekt erkennt, hat die Forscher um Stefan Hahn eine in der Natur bewährte Strategie einschlagen lassen: Auch der Mensch interpretiert seine Umwelt schließlich nicht exklusiv mit nur einem Sinn, vielmehr erschließt er sich die Welt zugleich hörend, sehend und tastend oder per Geschmackssinn sowie mit der Nase. Wem aufgrund eines Handikaps auch nur ein Sinneskanal abhanden gekommen ist, weiß, wie schwierig es mitunter ist, dieses Manko mit der verbliebenen Sensorik zu kompensieren.

---

## „Beim Stereosehen stehen wir derzeit in allen Rankings auf den vordersten Plätzen“

Uwe Franke, Bildverstehen, Daimlerforschung

---

mentiert sein Team bei den Experten der „Umfelderfassung“ unter der Leitung von Stefan Hahn mit Stereokameras und entwickelt Algorithmen, die immer mehr Pixelpunkte in den Videosequenzen immer schneller und immer präziser analysieren. Es gilt, aus der Bildinformation Gefahrenmomente zu destillieren. Der Lohn für diese langfristig angelegte Arbeit und das mit exzellenten Fachleuten besetzte Team: Seit letztem Jahr belegt Mr. Stereos Mannschaft so ziemlich alle Ranglisten der Fachwelt mit Platz 1 oder zumindest einem Podiumsplatz.

Trotzdem weiß Franke: „Nobody's perfect,“ und Jürgen Dickmann, ein weiterer Teamlei-

**Fusionspläne** „Die Sensorfusion erhöht die Sicherheit um Größenordnungen, dass wir bei der Umgebungserfassung ein Objekt nicht fälschlicherweise detektieren.“ So bringt Jürgen Dickmann den Vorteil auf den Punkt: Ein falsch ausgelesenes Pixel im Videobild? Selten zwar, aber das kommt vor. Ein vom Radarstrahl nicht erfasstes Objekt? Das passiert nur alle Jubeljahre, aber ausschließen lässt es sich nicht. Nur, dass zeitgleich Videoauge und Radarkeule dasselbe Objekt übersehen oder ein real nicht vorhandenes Hindernis in ihren Analysen „hinzudichten“ – diese Wahrscheinlichkeit ist eben, wie Dickmann es mathematisch umreißt, um Größenordnungen kleiner.

Diesen enormen Zuwachs an korrekter Erfassung der Sensoren nutzen die Experten in Stefan Hahns Abteilung, um den sensorbasierten Assistenzsystemen immer „verant-

--| **Gefahrsituation Baustelle. Die Stereokamera vermisst die Fahrspurbreite. Um die Datenflut und damit den Rechenaufwand zu reduzieren, wird die Welt in abstrakte Sticksels aufgelöst.**

wortungsvollere“ Aufgaben zu übertragen. Uwe Franke zeigt es in einem Video, das die Ulmer Forscher auf ihrem Testgelände während eines Versuchs angefertigt haben: Mit zirka 50 km/h fährt eine schwarze S-Klasse auf der „Hauptstraße“ des Geländes. Über der noch entfernt liegenden „Seitenstraße“ hängt eine Fahrzeugattrappe an einer Laufkatze, die dank einer metallenen Trägerkonstruktion die Hauptstraße queren kann. Kurz bevor die mit Radarsensoren und Stereokameras bestückte S-Klasse die Kreuzung erreicht, zieht die Laufkatze die Attrappe blitzschnell in den Fahrweg der Limousine.

**Höchste Sicherheit** Auch wenn man nicht live dabei ist, auf dem Bildschirm ist gut zu verfolgen, wie die S-Klasse – ohne Zutuns des Fahrers – sofort die Notbremsung einleitet. Die beherzte Aktion, die der Bordrechner der S-Klasse praktisch verzögerungsfrei auslöst, nachdem sowohl Video- als auch Radaranalyse das querende Objekt in Echtzeit als unmittelbar drohende Crashgefahr eingestuft haben, verhindert den Zusammenstoß buchstäblich um Haaresbreite. Stefan Hahns trockener aber nachvollziehbarer Kommentar: „Wenn Sie in dieser Situation die Elektronik eine autonome Notbremsung auslösen lassen, müssen sie sich bei der Umfelderkennung wirklich verdammt sicher sein.“

Wie detailliert dabei die Informationen sind, die eine geeignete Sensorik dank ausgeklügelter Auswertesoftware zu liefern im Stand ist, zeigt eine weitere Videoszene. Uwe Franke nennt es 6D-Sehen, und es ist beileibe kein Ausflug in die n-te Dimension der theoretischen Physik: Aus Fahrerperspektive zeigt die Stereokamera eine Verkehrsszene in einem Wohngebiet. Vorne, noch etwa zwanzig Meter entfernt, hält rechts ein Pkw an der Einmündung einer Seitenstraße. Farbige Bildpunkte über dem Schwarzweißbild der Kamera zeigen die gemessene Entfernung der Bildpunkte zur Kamera und damit zum rollenden Fahrzeug an: Alles, was grün schimmert, ist weit weg, orangene Punkte dominieren im Mittelgrund, alle Objekte direkt vor der Fahrzeugfront changieren ins Rot.

Unwillkürlich denkt der Betrachter: Achtung, das Fahrzeug aus der Seitengasse könnte anfahren und mir die Vorfahrt nehmen. Doch etwas anderes passiert. Unvermittelt taucht direkt hinter dem stehenden Fahrzeug ein Fußgänger auf. Er, so zeigen die nächsten Sekundenbruchteile des Films, entpuppt sich als die eigentliche Gefahr, denn er trabt mit Joggingtempo direkt auf die Fahrbahn.

Das Videobild macht die zugrunde liegende Analyse der Stereobilderfassung sichtbar, sobald auch nur der Kopf des hinter dem stehenden Pkw hervoreilenden Fußgängers auftaucht. Lange, bunte Pfeile markieren die Bewegungsrichtung und Schnelligkeit des Passanten, der in den Fahrweg läuft. Optischen Fluss nennen Experten diese Methode. Mit ihrer Hilfe lassen sich Relativbewegungen von Objekten im Videobild messen.

Im fahrenden Auto bewegt sich schließlich beim 3D-Bild die gesamte Umwelt. Auch stehende Objekte, wie der wartende Pkw kommen scheinbar näher. Ermittelt die Auswertesoftware jedoch zusätzlich den optischen Fluss, so wird deutlich, dass sich nur der Fußgänger in der bewegten Szenerie von einer zur nächsten Sequenz auch selbst bewegt. Eigengeschwindigkeit und Bewegungsrichtung lassen sich so erfassen und damit erkennen, ob sich Fahrzeug und Passant auf einem Kollisionskurs befinden. Erst diese nochmals dreidimensional erfasste optische Fluss im 3D-Bild zeigt die Gefahr in dieser Verkehrsszene. Deshalb spricht Uwe Franke vom 6D-Sehen.

**Siebter Sinn** Für Jürgen Dickmann schenkt uns die Sensortechnik auf Radarbasis dagegen den siebten Sinn. Einer der großen Pluspunkte dieser Sensoren ist ihre Eigenschaft, auch unter Bedingungen Umfeldinformationen beizusteuern, in denen das menschliche Auge oder eine Videokamera gar nichts oder nur eingeschränkt sehen würde. Dies ver-

---

„Das Radar ist unser 7. Sinn. Es sieht das, was kein Auge und keine Kamera sehen“

Jürgen Dickmann, Radarexperte, Daimlerforschung

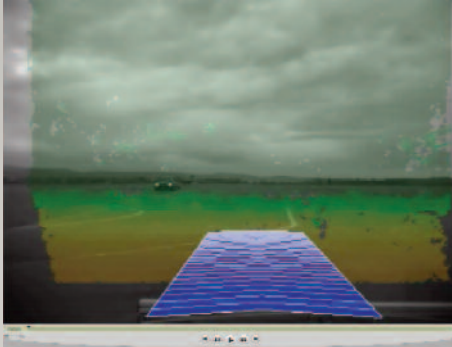
---

deutlicht ein Falschfarben-Radarbild auf dem ein weit vorausfahrender Pkw als Radarsignal eindeutig zu erkennen ist. Im korrespondierenden Videobild sieht man lediglich das unmittelbar vorausfahrende Auto – einen Lkw, dessen Silhouette den davor befindlichen Pkw natürlich komplett verdeckt.

Doch auch Mr. Radars siebter Sinn ist nicht perfekt. Das bis dato größte Manko: Objekte erzeugen im Radar lediglich einen mehr oder weniger großen Punkt. Form und Größe der --Objekte schlagen sich dagegen kaum nieder. |--

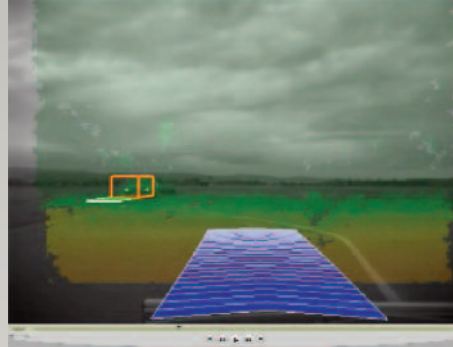
## Gefahrenquelle Kreuzung entschärfen

Kreuzungsunfälle – etwa verursacht durch die missachtete Vorfahrt beim Linksabbiegen – gehören zu den häufigsten Unfalltypen im innerstädtischen Bereich. Die Ulmer Daimler-Forscher um Uwe Franke arbeiten an einem Kreuzungsassistenten auf der Basis einer Stereobildfassung.



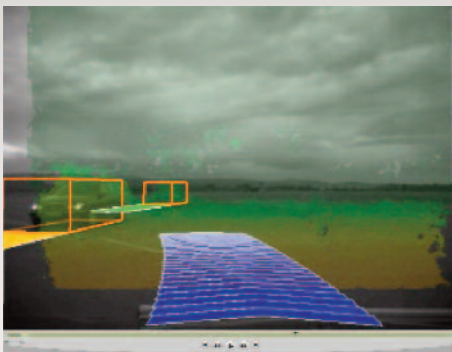
00:00:00

**Entfernungsmessung** Sämtliche Pixel des Videobilds werden stereotaktisch vermessen. Die Farbflächen von grün, gelb bis orange zeigen die Entfernung zum Fahrzeug an.



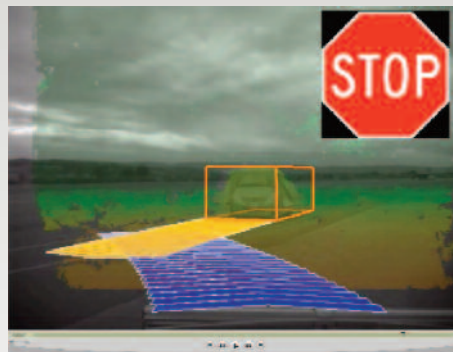
00:01:07

**Objekterfassung** Der orangene Kasten zeigt an, das die Elektronik das entgegenkommende Fahrzeug erfasst hat. Der grüne und der blaue „Teppich“ zeigen die jeweiligen Fahrwege an.



00:03:14

**Eskalation** Das erste Fahrzeug stellt keine Gefahr dar – es hat den eigenen Fahrweg bereits passiert. Gefahr droht indes von einem erst jetzt in den Blick kommenden, folgenden Pkw.



00:04:22

**Interpretation** Die Analyse der voraussichtlichen Fahrwege zeigt einen Kollisionskurs an. Das Assistenzsystem schlägt Alarm – visualisiert durch das eingeblendete Stopp-Schild.

**1 Gefahr in 6D** Die Bildpunkte werden beim 6D-Sehen nicht nur räumlich vermessen. Die Auswertung des sogenannten optischen Flusses – visualisiert durch die Pfeile am Fußgänger – zeigt auch dessen Eigenbewegung und Bewegungsrichtung an.

**2 Optischer Fluss** In dieser Darstellung wird deutlich, wie exakt die Relativbewegungen des Fußgängers erfasst werden: rot das vorwärts pendelnde Bein sowie der Gegenarm, grün das Standbein und orange der nur schwach bewegte Rumpf und Kopf.

**3 Verkehr im Laserscanner** Er könnte dem Radarbild die entscheidenden Konturen hinzufügen. Die Szene zeigt eine Kreuzung mit entgegenkommenden Autos und wartende Pkw an der einmündenden Seitenstraße.

**4 Sensorfusion für maximale Sicherheit** Für diese brenzliche Situation haben die Ulmer Forscher Radar- und Stereokameradaten fusioniert. Erst wenn beide Sensortypen die Gefahr detektieren, wird zum Beispiel die Notbremsung ausgelöst.

**5 Sichtbar nur per 7. Sinn** Der vorderste Pkw auf der rechten Spur ist von einem Lkw verdeckt und damit für das Auge oder eine Kamera nicht sichtbar. Im Radarbild ist das Fahrzeug jedoch deutlich zu erkennen.

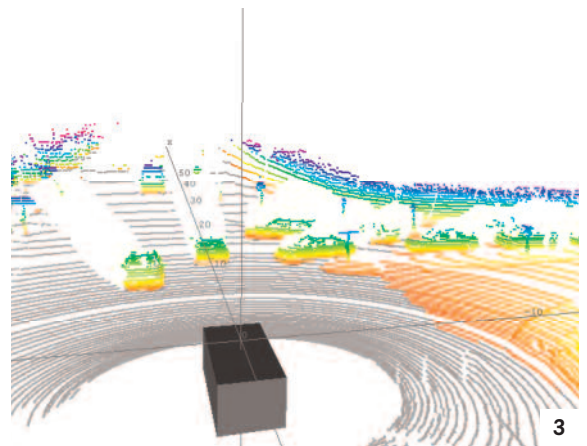
**6 Weitblick für die Landstraße** Ein Vorteil von Radarsensoren ist, dass sie bis zu 400 Meter nach vorne blicken können – etwa um den Spurverlauf auf einer kurvigen Landstraße zu erfassen.

**7 Spurerkennung mit Extraintelligenz** Die erste Generation der Spurerkennung orientierte sich ausschließlich an Fahrbahnmarkierungen. Stattet man solche Assistenzsysteme zusätzlich mit Algorithmen zur Objektklassifikation aus, können sie etwa auch Baustellenbaken detektieren, welche die Sperrung einer Fahrspur ankündigen.

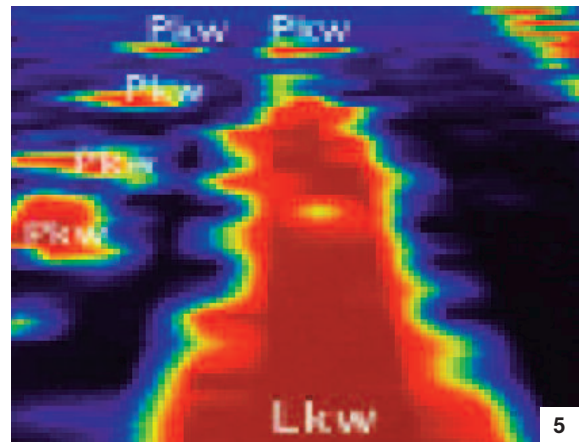
**8 Bewegung im bewegten Bild** Das Verkehrsgeschehen an einer Kreuzung gehört zu den komplexesten Situationen überhaupt: entgegenkommende und querende Fahrzeuge, bei mehrspurigen Straßen noch die parallel fahrenden Autos auf den Nachbarspuren. Hinzu kommen Fußgänger, deren Bewegung es ebenfalls sehr präzise zu erfassen gilt. Die Kreuzungsassistenz stellt deshalb die Königsdisziplin der Umfelderkennung dar.



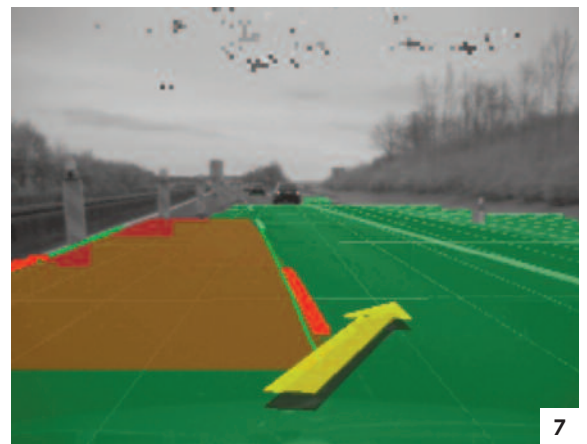
1



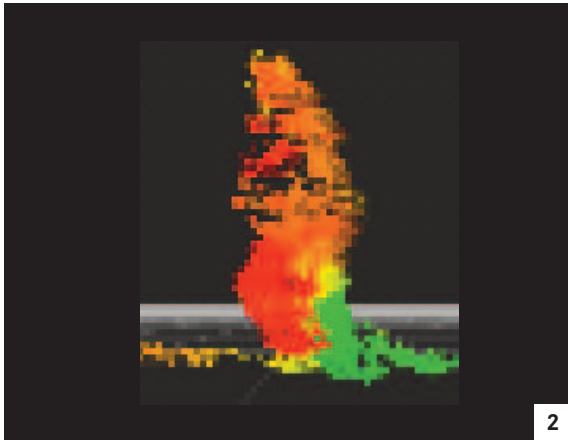
3



5



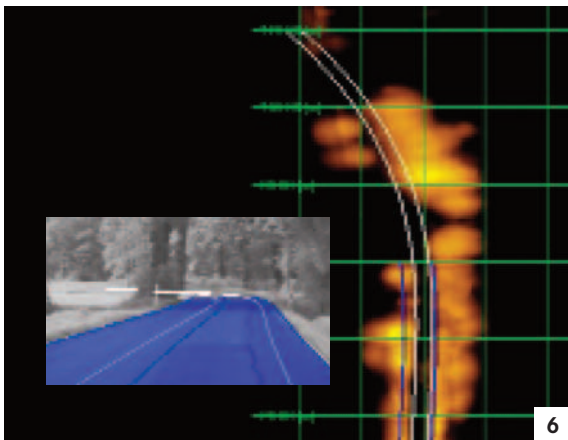
7



2



4



6



8

Unter anderem deshalb arbeiten Dickmanns und Frankes Team an der Fusion von Radar- und Stereobilderfassung. Erstere liefert hoch präzise Entfernungsdaten, letztere steuert die Objektgeometrie bei, hilft also klären, ob das noch 200 Meter entfernte Objekt am Rand der Gegenfahrbahn der kurvigen Landstraße ein entgegenkommendes Fahrzeug oder eine Kiste mit Streugut ist.

**Sensoren-Dreamteams** Nicht nur mit der Videokamera könnten Radarsensoren ein neues „Dreamteam“ bilden. Die Ulmer Forscher setzen etwa auch Laserscanner ein, die der Radarinformation gleichsam Konturen hinzufügen. Bislang war diese Sensortechnik viel zu kostspielig, um an einen automobilen Einsatz zu denken. Doch verschiedene Entwicklungen machen sie nun durchaus auch hinsichtlich der Kosten attraktiv. Gegenüber Videosensoren haben Laserscanner einen unschätzbaren Vorteil: Ebenso wie eine Videooptik brauchen sie zwar Blickkontakt. Aber sie lassen sich hinter opaken Blenden „verstecken“ – ein durchaus wesentlicher Aspekt bei einem Produkt, dass auch ästhetisch höchsten Ansprüchen genügen muss.

Stefan Hahn lässt im Gespräch deutlich werden, dass es ihm und seinen Teams nicht darum geht, das jeweils eigene Sensorbaby zu hätscheln und alternative Sensoren möglichst klein zu reden. Er skizziert den gelebten Pragmatismus seiner Abteilung so: „Wir wollen längs- und quergeregelt durch den dicksten Verkehr; das ganze in Echtzeit und mit der höchsten Präzision. Vor allem aber mit bezahlbarer Technik.“



## WEB-TIPP



Hier finden sie verständlicher Weise nur Standbilder von den Videoszenen der Daimler-Forscher. HTR-online zeigt Ihnen drei besonders beeindruckende Videos:

– Hier steht das erste Beispiel, das wir zeigen können.

– Hier steht das zweite Beispiel, das wir zeigen können.

– Hier steht das dritte Beispiel, das wir zeigen können mit einem etwas längeren Text.

[www.daimler.com/innovation](http://www.daimler.com/innovation)