



Fehlerquelle Mensch? Wie modernste Technik kritische Situationen entschärft

„Der war im toten Winkel“ - das soll es in Zukunft nicht mehr geben, ebenso wie zu lange Reaktionszeiten beim Bremsen, wegen eingeschlafenem Fahrer aus der Spur brechende oder auffahrende Brummis oder zu spät erkanntes Glatteis. Wie heute bereits und in Zukunft moderne technische Systeme menschliche Unzulänglichkeiten im Straßenverkehr kompensieren sollen, zeigt unser Artikel.

Sind wir überfordert?

Anders kann man viele Unfallmeldungen kaum interpretieren. Beispiel Auffahrunfall: Gut 40 % aller Verkehrstoten sind bei Auffahrunfällen zu beklagen, von denen Verkehrstechnikexperten behaupten, dass fast alle vermeidbar wären, hätten die Fahrer entsprechend Situation und Wetter zeitiger gebremst.

Und dann das sattsam bekannte Thema Spurwechsel - die Benutzung von Spiegeln und Blinkern scheint heute ehrenrührig zu sein. „Möge doch der andere aufpassen“, das scheint immer mehr um sich zu greifen.

Tatsächlich fährt wohl der am sichersten, der ständig alle Eventualitäten und potenzielle Fehler seiner Umgebung einkalkuliert und sich so ein persönliches Zeitpolster schafft, das die Reaktion um die entscheidende halbe Sekunde früher ermöglicht.

Aber irgendwann kommt sie doch einmal, die Situation, bei der auch der vorausschauende Fahrer einfach überfordert ist: Plötzlich schert einer aus, man muss blitzschnell bremsen und ausweichen, der Wagen fängt an zu schleudern...

Oder, man hat ihn einfach nicht gesehen, den Biker im toten Winkel, den Fußgänger im schwarzen Mantel, usw. Dann spricht

man schulterzuckend vom menschlichen Versagen - und das Unglück ist passiert.

Tatsache ist, dass der moderne Verkehr mit seiner enormen Dichte, seiner hohen Flexibilität und steigenden Anforderungen an Aufmerksamkeit, Vorausdenken, Reaktionsfähigkeit uns zunehmend zu überfordern droht. Dazu kommt, dass uns in unseren modernen, warmen, schnellen und vermeintlich sicheren Autos der Instinkt für Gefahren weitgehend abhanden gekommen ist. Wir sitzen nicht mehr im Freien, Angesicht in Angesicht mit Wetter und Maschine, widmen uns mehr dem rollenden Konzertsaal, dem Handy oder dem Gespräch statt dem Verkehr. Heraus kom-



Bild 1: ESP verhindert erfolgreich das Ausschwenken des Hecks bei Kurvenfahrt oder glattem Untergrund. Links ohne, rechts mit ESP. Bild: DaimlerChrysler

men steigende Unfallzahlen, auch wenn dank immer modernerer Fahrzeuge die Anzahl der Verkehrstoten stetig sinkt.

Nach vorn denken

Dem Problem hat sich die gesamte, an der Herstellung und dem Betrieb von Automobilen beteiligte Branche gewidmet.

Wir sitzen heute in relativ ausgereiften, komfortablen Autos und merken kaum noch, wie viele Handgriffe uns die Elektronik abnimmt und wieviel passive und mittlerweile auch aktive Sicherheit unter dem Blech steckt.

Wer will heute noch so eigentlich simple Dinge wie einen Scheibenwischer-Intervallschalter, eine heizbare Heckscheibe, einen Frostwarmer oder elektrisch verstellbare Spiegel missen? Oder wer denkt schon noch an die Meilensteine der Sicherheitseinrichtungen wie Knautschzone, Sicherheitslenksäule, Sicherheitsgurt, Seitenaufprallschutz, Airbag oder ABS?

Damit wurden von Forschern und Entwicklern die Grundlagen geschaffen, an ganz neue Aufgaben und Lösungsansätze heranzugehen, die das Fahren noch sicherer, unfall- und konfliktfreier machen sollen. Sie widmen sich heute Themen wie adaptiver und intelligenter Lichttechnik, Spurführungserkennung, Konflikterkennung, der elektronischen Knautschzone, der Pre-Crash-Erkennung und solchen „Kleinigkeiten“ wie der Spurhaltung bei Seitenwind. Damit sollen die Unzulänglichkeiten des Menschen wie relativ lange Reaktionszeiten, schlechtes Sehvermögen bei Dunkelheit und schlechter Witterung, Unaufmerksamkeit, Ermüdung usw. zumindest weitgehend kompensiert werden.

Elektronische Beifahrer - Fahrerassistenzsysteme

Was so simpel begann, nämlich, dass ein Transistor uns den regelmäßigen Griff nach dem Wischerschalter abnahm, hat heute eine hohe Komplexität erreicht - leistungsfähige Rechner „denken“ heute schon mit,

das Auto bekommt elektronische Sinne eingepflanzt und hilft dem Fahrer in der Endkonsequenz aktiv bei seiner Arbeit. Bei all diesen Visionen darf man allerdings eines nie vergessen - die Physik lässt sich auch von der Elektronik nicht überlisten, nur die Grenzen werden weiter gesteckt.

ABS und die Folgen

Wie gesagt, Auffahr- und Schleuderunfälle stellen das Gros an schweren Unfällen. Deshalb ist die Verkürzung von (Gesamt-) Bremswegen und der intelligente Eingriff in das System Straße-Rad-Fahrzeug eine der wohl vornehmsten Aufgaben der Techniker. Es begann mit dem Bremskraftverstärker, der es überhaupt erst erlaubte, mittels einfacher Fußkraft ein schweres Fahrzeug abzubremsen. Die Scheibenbremse war ein weiteres Kapitel an Wirksamkeit. Mit dem Kürzel ABS zog jedoch vor gut 20 Jahren die Elektronik ein, heute sind viele Fahrzeuge mit der elektronischen Stotterbremse ausgerüstet - sie hat sich zur Serienausstattung entwickelt. ABS verhindert das Blockieren der Räder bei einer Vollbremsung. Denn die Folge blockierter Räder ist ein unkontrollierbares Weiterrutschen - das Fahrzeug ist nicht mehr lenkbar und rutscht u. U. ins Hindernis hinein. Mit ABS bleibt die Lenkfähigkeit auch bei Vollbremsung erhalten und man kann um das Hindernis herumfahren.

Doch die Entwicklung ging rasant weiter. Vor wenigen Jahren tauchte ein neues Kürzel auf - ESP, das elektronische Stabilitätsprogramm. Quasi beruhend auf der ABS-„Logistik“ im Auto, wird hier gezielt eingegriffen, wenn es zu so kritischen Situationen wie der etwas zu schnell angefahrenen Kurve, Fahrbahnbelag mit unterschiedlichen Reibbeiwerten (also z. B. links Beton, rechts aber Schnee), glatter Fahrbahn usw. kommt. ESP analysiert über die Radsensoren die Umdrehungen jedes Rades, ermittelt vielfältige weitere Bedingungen wie Längs- und Querbesehleuni-

gung und sorgt durch gezielten Bremseneingriff an jedem einzelnen Rad und ggf. auch Eingriff in die Motorleistung für eine Stabilisierung des Fahrzustands (Abbildung 1). So verliert der früher berüchtigte, urplötzliche Heckschwenk seinen Schrecken - bevor es dazu kommt, hat ESP bereits das auslösende Rad abgebremst. Den herkömmlichen physikalischen Lenk- und Bremsvorgang dazu beherrschen nur sehr geübte Fahrer. Wer schon einmal mit ESP alle drei Autobahnspuren auf der „Flucht“ vor einem drohenden Auffahrunfall „gemessen“ hat, weiß, dass das früher meist mit einem kapitalen Dreher oder gar Überschlag ausgegangen wäre.

Noch einen Schritt weiter geht das System, wenn es mit einer Traktionskontrolle gekoppelt ist, dann verlieren Matsch, Eis und Schnee weitgehend ihren Schrecken - dreht ein angetriebenes Rad durch, wird neben den üblichen ESP-Mechanismen auch die Antriebsleistung gedrosselt, sodass das Fahrzeug keinen schädlichen, quertreibenden Schub durch den Antrieb aufbauen kann. Diese Wirkung kann sogar bis zum Stillstand führen, weshalb u. a. das System auch abschaltbar ist.

Dynamisch ohne Ausreißer

Schließlich gibt es die derzeit modernsten Vertreter der elektronischen Fahrhilfen: Fahrdynamiksysteme (z. B. Active Body Control genannt) erfassen alle physikalischen Faktoren des sich bewegendes Fahrzeugs und sorgen dafür, dass dieses unter möglichst allen Bedingungen in der vom Fahrer gewählten Spur bleibt. Sie passen z. B. das Federungs- und Dämpfungssystem den Verhältnissen, etwa bei Kurvenfahrt, an. So kann man dann quasi über glattes Kopfsteinpflaster genauso sicher fahren wie über trockenen Asphalt. Das System registriert Gier-, Nick-, Längs- und Querbesehleunigungen, analysiert die Fahrbahnbeschaffenheit, die Witterung und stellt Fahrwerk und Bremsen entsprechend

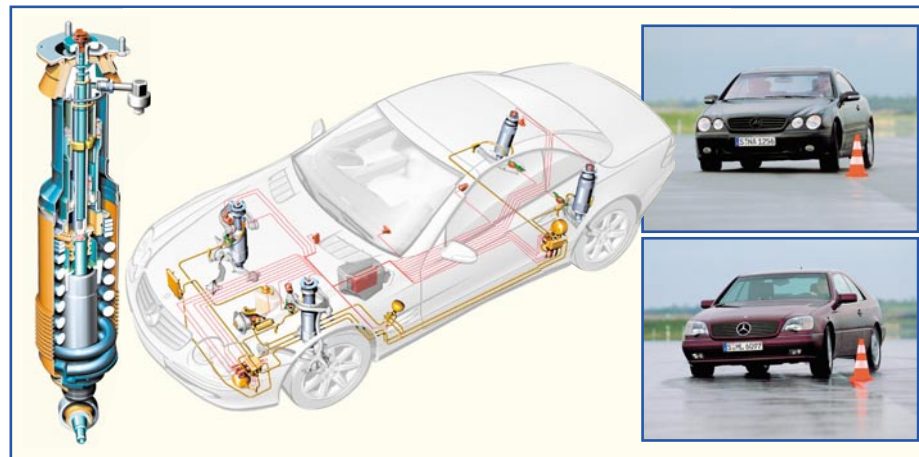


Bild 2: Durch gezielte Fahrwerkseinstellung wird beim Fahrdynamiksystem, hier das ABC von DaimlerChrysler, u. a. die Wankbewegung des Fahrzeugs bei Kurvenfahrt verringert. Bild: DaimlerChrysler

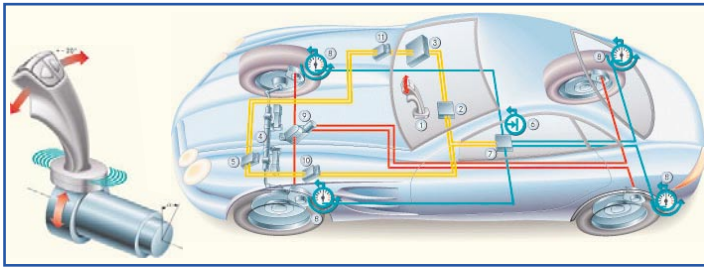


Bild 3: Fahren am Stock - Drive by wire-Lenk-systeme eröffnen neue Möglichkeiten der Fahrzeugsteuerung. Bild: DaimlerChrysler

ein. Damit wird dann auch durch gezielte Beeinflussung der Dämpfer-Feder-Elemente die Seitenneigung (Wanken) verringert (Abbildung 2). So führt dann das plötzliche Schlagloch eben nicht mehr zum Ausbrechen des Wagens, das Fahrwerk und die Lenkungshärte passen sich der gefahrenen Geschwindigkeit an usw.

Fernlenken

Den vorläufigen Höhepunkt bei den Fahrdynamiksystemen bildet wohl das viel diskutierte Drive by Wire - das Lenken ohne mechanische Verbindung zwischen Rad und Fahrerhand. Gestandenen Fahrern jagt es einen Schauer über den Rücken - Neueinsteiger tun sich laut einer Daimler Chrysler-Studie nicht so schwer, ja sie bevorzugen sogar das Fahren per Joystick statt mit Lenkrad (Abbildung 3). Trotz aller Vorbehalte wird wohl auch die letzte Mechanik-Bastion, die Lenksäule mit direkter Verbindung über Lenkgetriebe und Spurstange mit dem Rad, bald fallen. Dann lenken wir quasi ferngesteuert unser Auto, dass das geht, beweisen Piloten, Kapitäne, Kranführer und Modellautofahrer schon lange.

Das Bewegen der lenkenden Räder übernehmen elektronisch gesteuerte Elektromotoren. Diese wiederum sind nicht nur vom Fahrer ansteuer-, sondern auch in die bisher diskutierte Fahrdynamiksysteme einbindbar. Dann ist z. B. das Thema Spurabweichung durch plötzlichen Seitenwind keines mehr. Das System vergleicht die auftretenden Seitenkräfte und den Lenkeinschlag blitzschnell mit dem Verhalten des Fahrers (hält der das Lenkrad weiter in der bisherigen Stellung?) und zieht das Auto so schnell wieder in die Spur, dass der Fahrer den Seitenwindangriff überhaupt nicht bemerkt. Auch die Kursabweichungen durch Fahrbahnunebenheiten, Straßenbahnschienen, Schlaglöcher usw. sind dann passé. Und schließlich ist solch ein System im Ernstfall in der Lage, zusammen mit dem restlichen Fahrdynamiksystem, ein schleuderndes Fahrzeug wieder einzufangen - schneller als jeder Fahrer reagieren kann.

Die elektronische Knautschzone

Zurück zum Bremsen: Knackpunkt bleibt immer auch die Reaktionszeit des Fahrers. Deshalb realisiert man derzeit Bremssysteme der Superlative, die den relativ lang-

samen Fahrer aktiv unterstützen. Hier erfasst eine Elektronik typische Bewegungsabläufe des Fahrerfußes, also das schnelle Loslassen des Gaspedals und den unsanften Druck aufs Bremspedal nach sehr kurzer Zeit. Registriert das System diesen Bewegungsablauf, versetzt es blitzschnell das gesamte Bremssystem in Bereitschaft und eliminiert so die sonst erforderliche Reaktionszeit des immer noch recht trägen mechanischen Bremssystems. Jetzt genügt das Überschreiten eines bestimmten Bremspunkts um Pedal und die Bremsen greifen voll zu - als ob der Fahrer das Pedal schon bis zum Anschlag durchgetreten hätte. So gewinnt man die vielleicht entscheidenden Meter - immerhin legt man mit 100 km/h in einer Sekunde ungebremst fast 28 Meter zurück. Begonnen hat damit DaimlerChrysler mit seinem Bremsassistenten, andere zogen inzwischen nach.

Um zumindest alle mechanischen Verzögerungen des Bremssystems auszuschalten, kehrt nun das vollelektronische Bremssystem ein - Brake by wire genannt. Hier entfällt jede Verzögerung durch eine relativ träge Hydraulik und Mechanik. Blitzschnell, weil elektronisch angesteuert, pressen starke Elektromotoren die Bremszangen auf die Scheiben. Ein weiterer Vorteil ist die gesteigerte Dynamisierung des gesamten Fahrwerk-Rad-Straße-Systems, denn ohne Umwege über hydraulische Systeme kommen die Regelsysteme direkt an jede einzelne Radbremse heran.

Nun gilt es noch, den „Verzögerungsfaktor“ Mensch weitgehend „auszuschalten“. Das heißt im ersten Schritt, in dem der Fahrer dennoch volle Handlungsfreiheit behält, dass mittels intelligenter Sensorensysteme die Umgebung erfasst wird, so das vorausfahrende Fahrzeug. Dies erfolgt mit Radar oder Infrarot-Licht. Das System analysiert alle Informationen wie Geschwindigkeit, Abstand, Zustand der Pedalsensoren, erkennt mit Hilfe spezieller Analyse-Algorithmen und Bewegungsmodelle Gefahrsituationen und macht zunächst den Fahrer auf die kommende Gefahrsituation aufmerksam. Reagiert der nicht und die Situation eskaliert weiter, greift das System ein und startet den Bremsvorgang. Das kann sanft erfolgen, um einen vielleicht „eingeschlafenen“ Fahrer wieder aufmerksam zu machen oder auch vollautomatisch bis zum Stillstand, etwa am Stauende. Ehe

der Fahrer „aufgewacht“ ist, hat ihm das System vielleicht das Leben gerettet. Wie weit das Szenario im modernen Verkehr mit seinen ständig wechselnden Sicherheitsabständen, Lückenspringern usw. praktisch anwendbar ist, wird derzeit erforscht. Erste Systeme sind seit langem in Erprobung und zum Teil als automatische Abstandsregelungen bei mehreren Autoherstellern sogar schon im Verkauf (z. B. als Adaptive Cruise Control bezeichnet). Abbildung 4 zeigt ein solches System. Damit lässt es sich immer im richtigen Sicherheitsabstand fahren, die Technik regelt Geschwindigkeit, Abstand und Motordrehzahl sowie ggf. den Bremsengriff automatisch, bei jederzeit möglichem Eingriff durch den Fahrer.

Vorerst Fernziel dieser Forschungsrichtung ist die Rundumerfassung, um komplex die nahe Umgebung des Autos analysieren und auf dieses zukommende Gefahren entschärfen zu können. Ein Radarsystem seitlich eines LKWs kann etwa jedes Hindernis im toten Winkel erfassen und entsprechende Warnungen bzw. Aktionen auslösen. Dann steht das Fahrzeug eben schon, bevor die Hinterachse das übersehene Hindernis überrollen kann...

Jeder weiß Bescheid - die intelligente Straße

Was aber, wenn das Stauende oder das plötzliche Glatteis hinter einer nicht einzu sehenden Kurve liegen? Dann müssen auch Radarsysteme weitgehend das Handtuch werfen. Hier sollen ebenfalls derzeit erprobte Informations- und Sensorensysteme helfen - die intelligente Straße. Sensoren an der Straße und in jedem Auto erfassen

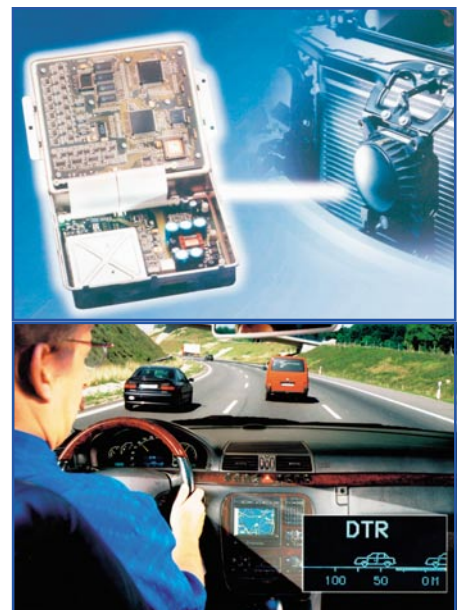


Bild 4: Radar macht's möglich - eine aktive Abstandsregelung warnt den Fahrer und hält automatisch den richtigen Abstand zum Vordermann. Bild: Continental



Bild 5: Glatteis- und Stauwarnung der Zukunft per vernetzter Telematik. Bild: DaimlerChrysler

alle möglichen relevanten Daten des auf der Straße befindlichen Verkehrs und senden diese an alle beteiligten Fahrzeuge aus. So senden etwa die bereits im Stau stehenden ein Signal, die an den Stau heranfahrenden, bremsenden ein Anderes. So kann der sich dem noch nicht zu sehenden Stau Nähernde rechtzeitig informiert und der Fahrer auf die drohende Gefahr aufmerksam gemacht werden. Ähnlich verhält es sich mit der Glatteiswarnung an alle sich der Glatteisstelle nähernden Fahrzeuge. Hier sind dann Fahrbahn- und Wettersensoren sowie Telematiksysteme beteiligt (Abbildung 5).



Bild 6: Warnt vor Konflikten - das Testprojekt ASHRA von DaimlerChrysler. Bild: DaimlerChrysler

Noch weiter geht die intelligente Straße aber, wenn es etwa um die Erkennung der Situation an einer Kreuzung oder von Verkehrsschildern geht. Das Fahrzeug empfängt dann alle nötigen Signale etwa einer kommenden Vorfahrtsituation, das Display vor dem Fahrer macht ihn aufmerksam und auch darauf, dass ein vielleicht optisch noch gar nicht zu sehendes Fahrzeug kreuzen wird (Abbildung 6).

Oder - wie oft fragt man sich auf der Autobahn, wie schnell man denn etwa gerade fahren darf? War jetzt schon die „80“ zu Ende, was stand da eben im Schilderwald vor der Baustelle zuletzt? Das Ablesen von Verkehrsschildern ist eine der einfachsten Aufgaben kommender optischer

Erfassungssysteme - das relevante Schild erscheint erinnernd stilisiert im Display vor dem Fahrer. Aber noch viel mehr können Kamerasysteme, die plötzlich auftauchende Hindernisse schneller erfassen sollen als ein vielleicht unaufmerksamer Fahrer, etwa den auf die Fahrbahn tretenden Fußgänger, die ebenso überraschend geöffnete Autotür oder das ohne Rücksicht ausparkende Auto. Insbesondere den berüchtigten Unfällen mit unvermittelt zwischen Autos hervortretenden Kindern will man so beikommen. Die Kamerasysteme funktionieren bereits recht gut, nun muss nur noch die äußerst aufwändige Rechentechnik auf Steuergerätegröße geschrumpft werden. Was es bedeutet, die unterschiedlichsten Objekte entsprechend ihrer Wichtigkeit aus der Umgebung herauszufiltern und zu bewerten (Abbildung 7), kann sich wohl jeder vorstellen - „grauer Mantel vor grauem Auto auf grauem Asphalt“ ist eine enorme Herausforderung für Technik und Programmierer.

Den Crash kommen sehen

Die Zusammenfassung all der beschriebenen Sensorsysteme ermöglicht eine höchst effiziente Information des Fahrers und im Notfall den gezielten Eingriff in

den Fahrprozess. Wie wichtig dies ist, beweist der hier immer wieder zitierte Stau-Unfall. Analysiert man alle Umgebungsfaktoren einer solchen kommenden Crash-Situation, kann man sehr wohl Parameter für die Technik bereitstellen, die dieser eine eindeutige Bewertung ermöglichen - ohne die „lange Leitung“ des Fahrers.

Symptomatisch dafür ist etwa die Spurhaltung auf der Straße. Auch hier arbeitet man mit Hochdruck an optischen Erkennungssystemen, die ein Abweichen von der gewählten Spur erfassen sollen - wohl besonders wichtig für übermüdete Trucker. Sobald die Gefahr besteht, die gewählte (und vom Computer anhand von gelernten und immer wieder ständig kon-

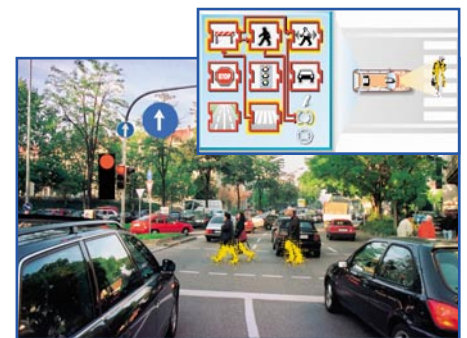


Bild 7: Hohe Anforderungen an moderne Kamerasysteme - sie müssen etwa Fußgänger vor dem Hintergrund herausfiltern (gelbe Bereiche) oder Verkehrszeichen erkennen.

trollierten Merkmalen, siehe Abbildung 8, erfasste) Spur zu verlassen, warnt das System den Fahrer (Abbildung 8).

Auch das bereits erwähnte Radarsystem kommt hier zur Anwendung, nämlich zur Crashverhinderung. Es warnt nicht nur den Fahrer und bereitet die Technik auf die

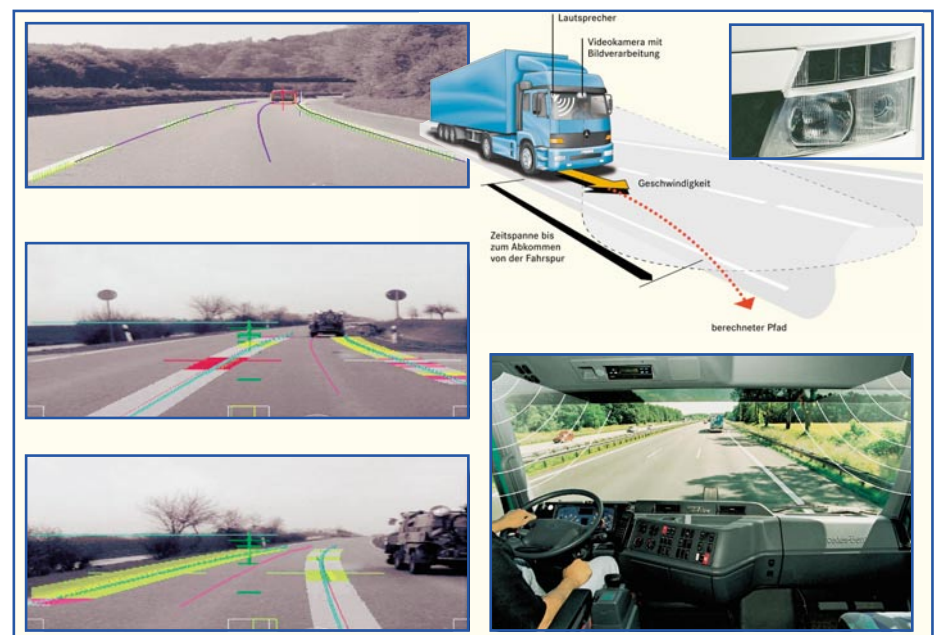


Bild 8: Kleine Radar- und Kameraeinheiten überwachen die Spurhaltung anhand bestimmter Merkmale und warnen den Fahrer bei Abweichungen. Bild: DaimlerChrysler

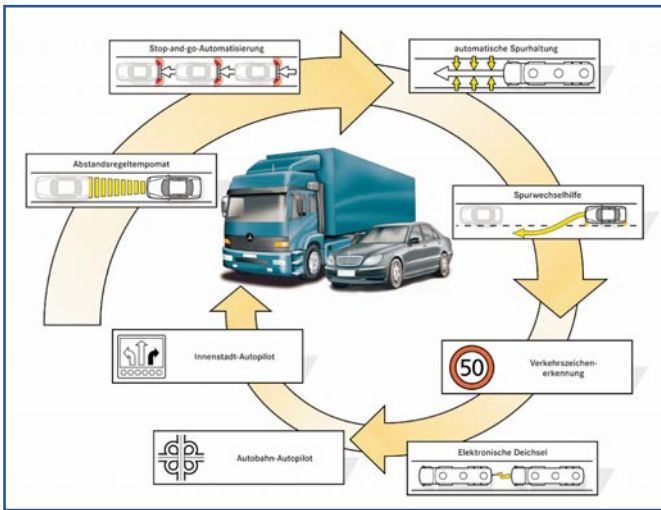


Bild 9: Moderne Assistenzsysteme unterstützen den Fahrer und sorgen auch in Zukunft für flüssigen Verkehr. Bild: DaimlerChrysler

Vollbremsung vor, es sorgt auch dafür, dass z. B. Gurtstraffer, Airbags und andere Insassenschutzsysteme entsprechend der eventuell zu erwartenden Aufprallstärke eingestellt werden. Dabei werden sogar solche Feinheiten wie die Analyse der Insassenzahl (damit nur die benötigten Airbags ausgelöst werden) oder die Sitzposition (zur gezielten Aufblasstärke der Airbags) berücksichtigt. So ist auch hier die Verzögerung des gesamten Insassenschutzsystems quasi ausgeschaltet, denn oft geht es um Zehntel- ja Hundertstelsekunden beim Überleben im Crash.

In der Summe all dieser technischen Einrichtungen kann man schnell zum Schluss kommen, doch die Steuerung des Fahrzeugs gleich der Elektronik zu überlassen. Solche Überlegungen gibt es tatsächlich, etwa die der „elektronischen Deichsel“ für die endlosen LKW-Kolonnen auf den Autobahnen. Praktische Tests haben die technische Funktionsfähigkeit des Systems bereits nachgewiesen. Entsprechend ausgerüstete LKW klinken sich nach Auffahren auf die Autobahn in ganz kurzem Abstand in die Kolonne ein, das Abstands- und Spurführungssystem regelt fortan die Fahrt bis zur geplanten Ausfahrt,



Bild 10: Schrecksekunde toter Winkel - moderne Sensorsysteme warnen den Fahrer vor dem Spurwechsel. Bild: BMW

der Fahrer in der Kolonne kann „die Beine hochlegen“. Gewiss, unter den heutigen chaotischen Verkehrsverhältnissen in der Praxis noch eine Utopie und kaum durchsetzbar. Aber was wird tatsächlich in wenigen Jahren, wenn unsere Verkehrswege endgültig verstopft sind? Vielleicht sind wir dann alle dankbar, ein solches System an Bord zu haben, das uns sicher, ohne Staus, ohne den uneinsichtigen, Staus hervorrufenden Streit beim Einfädeln, ohne Stress und vielleicht mit einer durchgängig hohen Geschwindigkeit wenigstens auf den langen Autobahnstrecken von A nach B bringt?

Aus welchen Komponenten sich solch ein Assistenz-System zusammensetzen wird, ist in Abbildung 9 noch einmal zusammengefasst.

Toter Winkel bald tot?

Wie bereits gesagt, der Blick in den Spiegel und Blinken gelten heute wohl als ehrenrührig, der auf der Fahrschule einmal gelernte Schulterblick scheint vergessen - und plötzlich stehen sie vor einem: gedankenlose Links-Schleicher, Vergessliche und Rücksichtslose. Was den meisten Autofahrern noch gelingt, der heftige Bremsvorgang, endet leider für viele Biker tödlich. Gerade diese aber verschwinden beim flüchtigen Spiegelblick völlig im toten Winkel, ebenso wie viele PKW beim Rechtseinscheren.

Ergo steuert die Industrie gegen. Dabei verfolgen die Hersteller verschiedene Konzepte. Die einen versehen das Fahrzeug ringsum mit Kameras und blenden die Kamerabilder dann auf dem Innen-„Rückspiegel“ ein, der natürlich hier ein kleiner Monitor mit geteilter Anzeigefläche ist. Dieses Konzept ist z. B. bei BMW im Concept Car Z22 zu sehen. Im gleichen Haus, aber beispielsweise auch bei Ford, Fiat oder Volvo sind wohl bald Lösungen in der Praxis zu sehen, die noch weiter gehen. Hier registriert ebenfalls ein Sensor bzw. ein Bilderfassungssystem, was sich



Bild 11: Rundum-Radarsysteme zeigen sogar solche Hindernisse punktgenau an. Bild: Siemens

neben bzw. hinter dem Fahrzeug tut. Befindet sich, wenn man selbst zum Spurwechsel ansetzt, ein Fahrzeug neben oder kurz schräg hinter dem eigenen bzw. im toten Winkel des Rückspiegels, warnt eine deutliche Leuchtanzeige am Rückspiegel und zusätzlich im Cockpit davor, jetzt die Spur zu wechseln (Abbildung 10). Derartige Systeme sind auch eine diskutierte Lösung für den toten Winkel des LKW-Fahrerhauses.

Weil wir gerade beim toten Winkel sind - auch bei den Einparksystemen tut sich Neues auf. Das ist auch dringend nötig, werden unsere Autos doch von innen aus immer unübersichtlicher. Neben den bisher angewandten Ultraschallsystemen kann natürlich auch der bereits erwähnte Rundumradar diese Aufgabe übernehmen und dann auch das enge Einparken an bisher per Ultraschall kaum zu ortenden Hindernissen ermöglichen, wie Abbildung 11 für ein von Siemens entwickeltes Rundumradar-System zeigt.

Licht statt Blindflug

Mit dem Stichwort Überblick kommen wir zum nächsten großen Thema nach den Fahrerassistenzsystemen. Mehr als 80 Prozent aller Informationen nehmen wir im Straßenverkehr mit nur einem unserer fünf Sinne auf - den Augen. Dass die nicht die Besten sind, was es in der Natur an optischen Aufnahmesystemen gibt, wissen wir schon lange. Wir können nur in einem ganz bestimmten Frequenzbereich des Lichts sehen, außerhalb sind wir blind. Dazu kommt, dass sich unser Scharfsehen mit der Entfernung verliert - wir haben halt keine Katzen- oder Adleraugen.

Dennoch bewegen wir uns mit unzureichenden technischen Hilfen viel zu schnell durch Nacht und Nebel. Mehr als 40 Prozent aller Unfälle passieren nachts, bei einem Gesamtfahranteil von nur knapp 20 Prozent. Das heißt tatsächlich, wir sind schneller, als wir sehen können - in der Straßenverkehrsordnung steht's umgekehrt.

Sicher, moderne Scheinwerfertechniken wie etwa zunächst das Halogen- später das

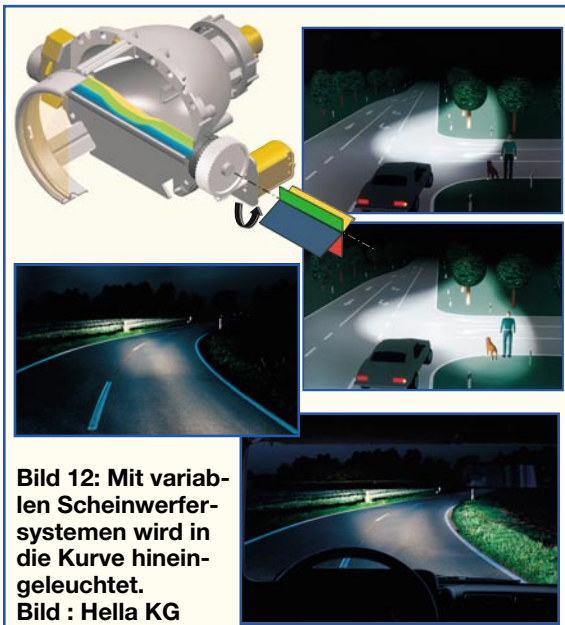


Bild 12: Mit variablen Scheinwerfersystemen wird in die Kurve hineingeleuchtet. Bild : Hella KG

Gebüsch gegenüber statt in die Kurve hinein. Das Thema ist alt und schon vor gut dreißig Jahren gab es serienreife Lösungen, z. B. bei Citroën. Man muss ja nur die Scheinwerfer bzw. deren Lichtverteilung synchron zum Lenkeinschlag bewegen. So einfach das klingt, es technisch zu lösen ist recht aufwändig, müssen doch viele Faktoren berücksichtigt werden. So darf man durch das Schwenken des Lichtkegels keinesfalls den Gegenverkehr blenden, das Ganze muss mit dem Niveauregulierungssystem zusammenarbeiten usw. Der erste Ansatz, die gesamten Scheinwerfereinheiten synchron zu schwenken, wurde aus vielerlei Gründen bald verworfen - zu anfällig, zu teuer, schlecht in die

Control und steuert die Scheinwerfer z. B. auch anhand eines GPS-Systems und digitalisierter Straßenkarten. Zusammen mit weiteren Informationen über Geschwindigkeit, Lenkwinkel und Querbeschleunigung versetzt dies die Technik in die Lage, z. B. vor Kurven den weiteren Straßenverlauf auszuleuchten und damit vorausschauender fahren zu können. Auch ist es möglich, etwa innerhalb geschlossener Ortschaften mit einem breiten Lichtband zu fahren, außerhalb dagegen mit einem gestreckten, weitreichenden und schmalen Lichtkegel.

Hella zeigt ein entsprechendes System, das mit einer Freiform-Walze arbeitet (Abbildung 12), die als Reflektor das Licht nach Bedarf lenkt.

Genau gezielt

BMW macht, da man ohnehin dabei ist, bisherige Lichtsysteme radikal umzustellen, gleich Nägel mit Köpfen und entwickelt das so genannte Pixellicht. Das ist eine völlig neue Scheinwerfertechnologie, bei der kleine, steuerbare Spiegel die Aufgabe des herkömmlichen Scheinwerferreflektors übernehmen und den Lichtstrahl zielgenau lenken (Abbildung 13). Das Prinzip kann man mit dem einer Lasershow vergleichen, hier sorgen ebenfalls bewegliche Spiegel für die Reflexion des Lichts.

Diese neue Technologie ermöglicht z. B. das blendfreie Permanent-Fernlicht, bei dem der Bereich des Gesichts des entgegenkommenden Fahrers gezielt per Sensor ausgeblendet wird - Blendung ausgeschlossen. Dazu entfällt der lästige Hell-Dunkel-Übergang (das „schwarze Loch“) beim Abblenden. Auch Fahrbahnmarkierungen und Fahrbahnränder können so besonders intensiv ausgeleuchtet werden, und man benötigt auch keine zusätzlichen Nebel- und Fernscheinwerfer mehr.

Darüber hinaus ermöglicht die Pixeltechnik völlig neue Anwendungen. So kann das Navigationssystem seine Informationen, z. B. Abbiegepeile, direkt in das Scheinwerferlicht einblenden, der Blick auf den Bildschirm kann entfallen, ein Headlight-Display ist auch nicht mehr nötig. Wer jemals eine komplexe Lasershow gesehen hat, erahnt, was hier möglich wird.

Die Hella KG bringt im März 2002 bereits einen (Zusatz-) Kurvenscheinwerfer für jedermann heraus (Abbildung 14). Ein Anbauscheinwerfer, gesteuert von einem Giersensor im Steuergerät, lenkt den Lichtstrahl in die Kurve hinein - ein Sicherheitsplus, das Nachtfahrer schätzen werden.

Unsichtbar sichtbar

DaimlerCrysler und Hella verfolgen ein weiteres, sehr interessantes System, um das Sichtfeld des Fahrers im Dunkeln erheblich erweitern zu können - ein Infrarot-

Xenonlicht, brachten radikale Verbesserungen gegenüber den Funzeln früherer Jahre. Aber dennoch ist der Sichtbereich zu beschränkt, vieles wird zu spät oder gar nicht gesehen, bei viel Licht wird der Gegenverkehr geblendet usw. Dazu fahren wir mit 200 km/h auf der Autobahn genau mit dem gleichen Licht wie in der gut ausgeleuchteten Stadt bei 30 km/h.

Natürlich widmet sich die Industrie mit Hochdruck des Problems - sie ist dabei so schnell, dass der Gesetzgeber mit seinen Normungen kaum nachkommt bzw. bestimmte Entwicklungen seit vielen Jahren ausbremst.

Licht dahin, wo man fährt

Klingt logisch, aber wohin leuchten Ihre Scheinwerfer in der Kurve? Richtig - ins

Karosserie zu integrieren und unflexibel. Mehr Erfolg versprechen Systeme, bei denen lediglich Reflektorteile des Scheinwerfers bewegt werden - ähnlich den Beamern der Bühnen-Beleuchtungstechnik. So etwas haben heute gleich mehrere Hersteller im Köcher. Mit dieser Technik gelingt es, bei Beibehaltung der modernen, recht kleinflächigen Lichtaustritte, eine völlig flexible Lichtverteilung zu realisieren, die die Aufgabe der dynamischen Kurvenausleuchtung bereits recht gut löst. Denn allein mit dem Umschwenken des Lichtkegels ist es ja nicht getan, es muss auch z. B. die genormte Lichtverteilung beibehalten werden und das bei einem heftig bewegten System, wie es das fahrende Auto nun mal ist. Das Ganze muss dazu auch schnell gehen.

BMW nennt sein System Adaptive Light

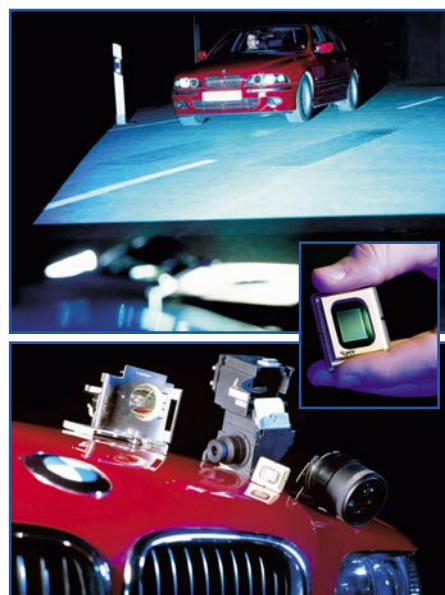


Bild 13: Könnte eine Revolution in der Scheinwerfertechnik werden: das Pixellicht. Es leuchtet wichtige Objekte mit beweglichen Minispiegeln gezielt an, Blendung des entgegenkommenden Fahrers wird vermieden und es lassen sich Fahrerinformationen direkt in den Lichtkegel einblenden. Bild: BMW



Bild 14: Bereits jetzt zu kaufen - das nachrüstbare Kurvenlicht von Hella. Bild: Hella KG

Laser-Nachtsichtsystem. Damit können Autofahrer auch dunkel gekleidete Fußgänger und Radfahrer in großer Entfernung sicher erkennen (Abbildung 15). Ebenso werden Hindernisse und der weitere Straßenverlauf auf eine Distanz von bis zu 150 Metern sichtbar - ohne dabei den Gegenverkehr zu blenden. Dies ist ein entscheidender Sicherheits- und Komfortgewinn. Mit konventionellem Abblendlicht beträgt die Sichtweite bei nächtlichen Fahrten nur rund 40 Meter.

Das Prinzip: Zwei an der Fahrzeugfront angebrachte Laserscheinwerfer leuchten mit einem für das menschliche Auge unsichtbaren Infrarot-Lichtbündel die Straße aus. Eine Videokamera nimmt das reflektierte Bild der Straßenszene auf und erzeugt daraus eine Schwarz-Weiß-Abbildung. Diese wird auf einem Bildschirm direkt im Blickfeld des Fahrers dargestellt oder in einem so genannten Head-up-Display auf die Frontscheibe projiziert.

Dass sich die Forscher bei der Wahl der

Lichtquelle für Infrarot-Laserlicht entschieden haben, hat gewichtige Gründe: Für das menschliche Auge ist es nahezu unsichtbar, kann somit entgegenkommende Autofahrer auch nicht blenden. Darüber hinaus profitiert man von seiner schmalen spektralen Breite; vorgeschaltete optische Filter sind dadurch in der Lage, das blendende Scheinwerferlicht des Gegenverkehrs um den Faktor 50 bis 100 zu schwächen, dabei jedoch das reflektierte Laserlicht des Nachtsichtsystems vollständig passieren zu lassen. Eine zusätzliche Schwächung des blendenden Scheinwerferlichts erzielen die DaimlerChrysler-Forscher durch einen weiteren Trick: Die Laserscheinwerfer senden das Infrarotlicht gepulst auf die Straße. Die Videokamera, deren elektronischer Verschluss mit der Frequenz der Laserdioden synchronisiert ist, nimmt dadurch zwar den vollen Anteil des reflektierten Infrarotlichts auf, das Blendlicht des Gegenverkehrs dagegen wird erheblich reduziert.

Derartige Lichtkonzepte, wie hier geschildert, erweitern also unser Sehvermögen bei Nacht und werden wohl in Zukunft auf jeden Fall dazu beitragen, dass Nachtunfälle insbesondere mit Fußgängern und Radfahrern, deutlich abnehmen werden.

Br..., Bre..., Brem... Bremsen!

Auch in das Kapitel Licht gehört das, was die Fahrer ihren Hinterherfahrern signalisieren. Und auch da tut sich einiges. LEDs und Lichtleitstäbe erobern zunehmend die Rückleuchten, damit sind deutlich flexiblere Lösungen als bisher mög-

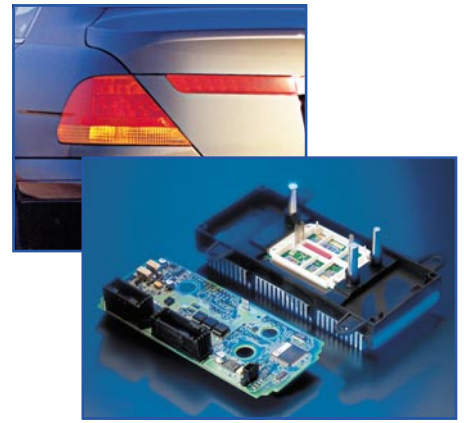


Bild 16: Beim neuen 7er BMW tun bis zu 80 LEDs in der Heckleuchte ihren Dienst. Unten die komplexe Steuer Elektronik dazu. Bild: Hella KG

lich, sowohl farblich als auch funktionell. Während sich der Ausfall einer Glühlampe verheerend auswirken kann, ist dies bei einer LED kaum zu befürchten und selbst, wenn es passiert, leuchten viele andere Leuchtdioden weiter. Beim neuen 7er-BMW tun z. B. in jeder Heckleuchte bis zu 80 LEDs (Abbildung 16) ihren Dienst.

Wie flexibel solch eine Lösung im Prinzip sein kann, demonstriert BMW mit seiner Bremsleuchte „Brake Force Display“. Das ist eine dynamische Bremsstärkeanzeige, die abhängig von der tatsächlichen Fahrzeugverzögerung Fläche und Lichtstärke der Bremsleuchten verändert. So können Nachfolgende deutlicher gewarnt werden als bisher. Leider ist diese tolle Lösung in Europa noch nicht zugelassen.

Apropos Warnen - auch an der „normalen“ Rückleuchte arbeitet die Industrie intensiv. Diese kann die Lichtstärke entsprechend der Witterung verändern, Anzeigefelder sind mehrfach nutz- und umkonfigurierbar (Abbildung 17). Damit endet dann wohl auch die Ära der Dunkelmänner und der Nebelschlussleuchten-Blender, denn hier erledigen Automaten die Anpassung von Lichtstärke und Anzeigefeld.



Bild 17: Flexible Lösung: Mit LED- und Lichtleittechnik können den Leuchtfeldern unterschiedliche Aufgaben je nach Situation zugeordnet werden. Bild: Hella KG

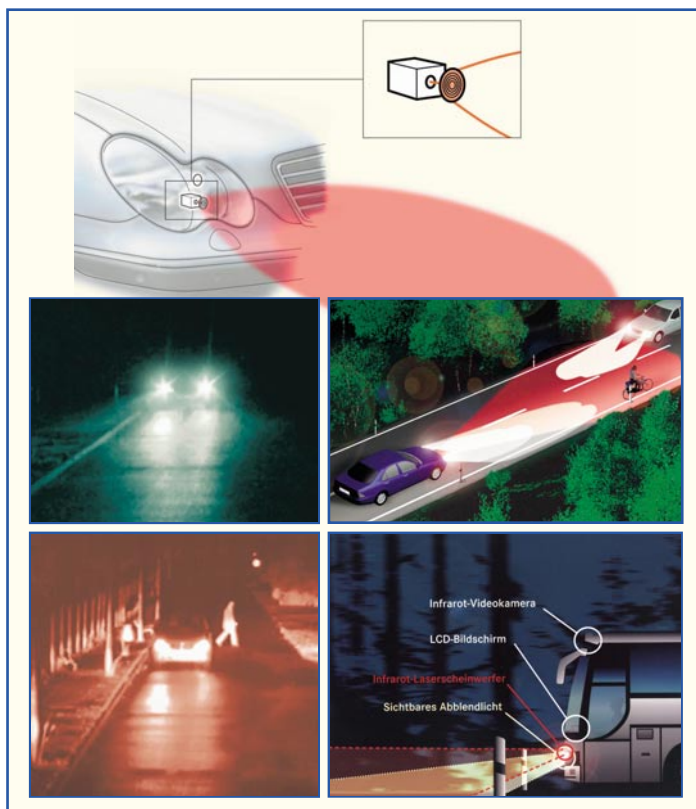


Bild 15: Mit Infrarotlicht und Headlight-Display kann man sogar im Dunkeln deutlich weiter sehen als bisher. Bild: DaimlerChrysler

All die hier diskutierten Themen führen uns am Schluss wieder an den Anfang zurück: Es sind Lösungen, die unsere Unzulänglichkeiten oft kompensieren, das Fahren und den Verkehr sicherer machen und ganz wesentlich dazu beitragen (werden), dass wir die Verkehrsprobleme auch morgen noch bewältigen können. **ELV**