



Mit Poti und Mikrotaster - Autofahren morgen

Fahren wir bald nicht mehr selbst, sondern fährt statt dessen ein von Sensoren gesteuerter Rechner unser Auto? Eine alte Zukunftsvision nimmt immer realere Gestalt an - der Mensch als Unsicherheitsfaktor im modernen Straßenverkehr wird mehr und mehr durch intelligente Elektronik unterstützt. Schon gibt es das erste fahrfähige Auto ohne Lenkrad, die H-Schaltung hat wohl bald ausgedient, Sensoren überwachen das Umfeld, den Fahrer und das Fahrzeug. Unser Beitrag wirft einen Blick auf Gegenwart und Zukunft der elektronischen Fahrhilfen.

Wissen Sie eigentlich, daß Sie heute eher eine elektronische Fahrmaschine erwerben als ein Kraftfahrzeug im althergebrachten Sinne? Während das lenkradlose Cockpit wohl bei den meisten Kraftfahrern noch ein Gruseln auslösen wird, sind andere elektronische Fahrhilfen heute schon Realität und zum Teil, wie das ABS, Massenprodukte.

Freilich, die im Titelfoto abgebildete Mercedes-Benz-Studie F 200 Imagination läßt uns erst einen Blick auf das Übermorgen des Automobils werfen, aber wer hätte vor 10 Jahren an ABS im Kleinwagen gedacht?

Es sind viele kleine Schritte, die das Autofahren im immer dichten, schnelleren und für das Leistungsvermögen des Menschen vermehrt kritischen Verkehr erleichtern und vor allem zu unserer Sicherheit beitragen. Beredter Ausdruck für eine solche Entwicklung ist der permanente Rückgang schwerer Verkehrsunfälle mit Todesfolge in der Bundesrepublik. Gleichzeitig nimmt jedoch die Anzahl der Unfälle zu, die rein menschliches Versagen zur Ursache haben. Das fängt bei zu geringem Abstand an und hört beim Sekundenschlaf noch lange nicht auf.

Beispiel gefällig? Früher hatten wir

Angst vor einer Landstraßenkurve, weil sich der Fahrzeugaufbau spürbar neigte, wir „kämpften“ mit der Lenkung und je nach Antrieb wollten entweder das Heck hinaus aus der Kurve oder der Bug stur geradeaus. Das „Popometer“ sagte schnell nein und gab den Reflex an den Gasfuß weiter. Dieses Abenteuer erleben heute nur noch Rennfahrer auf ihren Pisten und deswegen bewundern wir sie.

Wir Otto-Normalfahrer dagegen gehen heute dieselbe Kurve mit der doppelten Geschwindigkeit als vor 20 Jahren an, denn wir sitzen in einem sicheren Fahrzeug mit elektronisch gesteuertem Fahrwerk, eleSi



Bild 1: Das elektronische Gaspedal: links unten der Geber, links oben der Drosselklappenversteller und rechts das Motorsteuergerät, in das die Gaspedalsteuerung integriert ist. (Foto: Bosch)



Bild 2: Im Schnittbild sieht man sehr gut die elektromechanischen Funktionselemente einer Drosselklappenverstellereinheit. (Foto: BMW)

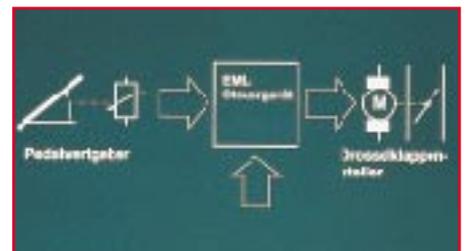


Bild 3: Die Grundkomponenten der elektronischen Motorregelung mit elektronischem Gaspedal, Motorsteuerung und Drosselklappenverstellung. (Foto: BMW)

tronisch unterstützter Lenkung, Airbags, Prallzonen und, und, und... Und wundern uns, daß dieses verfl... Auto dann bei Regen aus der Kurve geflogen ist. Die Erklärung ist einfach: in Sicherheit gewiegt, vergißt der Mensch allzusehr, daß zum Fahren Physik gehört, dazu ein stets aufmerksamer und vor allem erfahrener Fahrer.

Beides, aber vor allem die Mängel des Menschen, läßt die Fahrzeugtechniker nicht ruhen. Gegen die Physik der Flieh- und Beschleunigungskräfte kann kein Techniker an, wohl aber gegen die zunehmende Unfähigkeit des Menschen, diese einzuschätzen und zu beherrschen. Dazu kommen die ständige Tendenz zur Eliminierung störanfälliger mechanischer Fahrzeugkomponenten, die komplexe Einbindung aller mechanischen Stellorgane in die Fahrzeugelektronik und reine Komfortsteigerungen.

Gaszug gerissen? - Nicht möglich!

Eine denkbare Reaktion Ihres Werkstattmeisters in Zukunft. Denn bald wird wohl dieses störanfällige Bauteil von der Ausrüstungsliste moderner Fahrzeuge gestrichen werden. Was schon lange in der Formel 1 Standard ist, kehrt nun auch sukzessive in Serienautos ein: das elektronische Gaspedal. Man tritt nur noch auf ein Pedal, das den Stellweg über ein Potentiometer in ein elektrisches Signal umwandelt. Dieses Signal erreicht über den Übertragungsbus (siehe unseren Beitrag im „ELVjournal 2/97“) und die Motorsteuer-elektronik den elektronischen Drosselklappenversteller (Abbildung 1). Wie ein solcher Gleichstromantrieb konkret aussieht, zeigen Abbildung 1 von außen und in anderer Bauform Abbildung 2 im Schnittbild.

Für die reine Drosselklappenverstellung wäre dies ein unvermeidbar hoher Aufwand, jedoch durch die komplexe Einbindung in die Motorsteuerung (Abbildung 3) sind über diesen Weg zahlreiche Funktionen

wie die stets angepaßte Leerlaufdrehzahlregulierung, die Drehzahlbegrenzung, die Fahrgeschwindigkeitsregelung, die Antriebsschlupf- und Fahrdynamikregelung steuer- und auswertbar.

So sind durch die mechanische Entkopplung zwischen Fahrerfuß und Drosselklappenhebel vielfältige Lösungen realisierbar, die den „Störfaktor“ Mensch intelligent korrigieren und unterstützen. So kann die Elektronik einen der berüchtigtsten Fehler, das zu weit durchgetretene Gaspedal in Zusammenhang mit dem falschen Gang und damit zu hohem Benzinverbrauch, für den Fahrer unmerklich eliminieren. Wer schon einmal mit dem ganz leichten Gasfuß bewußt eine definierte Zeit gefahren ist, wird es nachvollziehen können, was sich hier sparen läßt.

Auch sind die Zielkonflikte zwischen Verbrauch, Abgasmenge und Fahrbarkeit zu lösen, ohne den Fahrer damit zu belasten. Er merkt es nicht, wenn etwa ein Zylinder bei Bedarf abgeschaltet wird, der Motor in den Magermix-Betrieb übergeht oder die Getriebeautomatik sich elektronisch auf verbrauchsoptimierte Fahrt einstellt.

Unter die Rubrik Komfort fallen dann noch so angenehme Funktionen wie das in der Pedalwegcharakteristik einstellbare

Gaspedal, das sich bei erkannter Langsam- oder Rückwärtsfahrt besonders feinfühlig bedienen läßt.

Schließlich lassen sich solche Funktionen wie der neue Bremsassistent von Mercedes-Benz, über den wir noch sprechen werden, erst durch solch eine Einrichtung wie das elektronisch auswertbare Fußpedal realisieren, denn wie sollte man sonst die Geschwindigkeit der Pedalbedienungs erfassen?

Selbstverständlich ist ein solches Pedal mit umfangreichen Sicherheitsfunktionen ausgestattet. Es überprüft sich regelmäßig selbst, meldet auftretende Fehler und schaltet gegebenenfalls auf ein Notfallprogramm, das den Formel 1-Teams wohl fehlt,

Bild 4: Der Schalthebel des sequentiellen M-Getriebes von BMW, rechts sind deutlich die Schaltelemente zu sehen. (Foto: BMW)





Bild 5: Wie in der Formel 1: Das Digitaldisplay im Drehzahlmesser zeigt den Schaltzustand an und gibt Schalterempfehlungen an den Fahrer. (Foto: BMW)

wie Jordan in Melbourne mit dem Ausfall von Ralf Schumacher anschaulich bewies.

Schalten wie Schumi

Weil wir gerade bei der Formel I waren, da liegt das nächste Thema zum elektronischen Steuern der Fahrzeugfunktionen schon vor uns: das elektronisch schaltbare Getriebe. Auf Knopfdruck wechselbare Gänge sind wohl der Traum aller, die die alte H-Schaltung wie das ständige Kuppeln im Stau hassen. Das Relikt H-Schaltung lenkt viele, vor allem unerfahrene Fahrer zudem vom Verkehr ab und erfordert bei manchen Fahrzeugtypen bis heute Kraft und lange Arme. Nicht umsonst hielten die vollelektronischen Getriebe, ob sie nun Tiptronic, M-Tronic oder anders heißen, zuerst im LKW und in Bussen Einzug, denn dort war der Bedarf vorrangig, nachdem sich die im PKW üblichen mechanischen Automatikgetriebe nur bedingt durchsetzen konnten.

Es gibt sie inzwischen in den verschiedensten Ausführungen, ob nun als Lenkradtasten wie bei Porsche oder BMW oder als „Kopie“ des herkömmlichen Schalthebels wie bei der neuen BMW-M-Tronic (Abbildung 4). Solche Getriebe werden sequentielle Getriebe genannt, denn das Schalten erfolgt hier nur in einer Ebene, also: Antippen nach vorn = hochschalten,

Bild 7: Moderne elektronische Fahrhilfen werten eine Unzahl an Daten aus Zuständen und Einflüssen im und rund um das Fahrzeug aus und verknüpfen diese zu intelligenten Entscheidungen für die Steuerung des Fahrzeugs. (Grafik: BMW)

Antippen nach hinten = herunterschalten. Natürlich entfällt hier die optische Kontrolle des eingelegten Gangs über die Hebelstellung, deshalb signalisiert ein Gangdisplay (Abbildung 5) den Getriebezustand. Und auch hier dann wieder die Zusatz-Komfortkomponente: wie in der Formel 1 werden bevorstehende bzw. von der Motorelektronik empfohlene Schaltpunkte optisch angezeigt.

Deutlich im Bild 4 rechts zu sehen: ein solcher Schalthebel gibt die Befehle des Fahrers im Prinzip über zwei Mikrotaster weiter, er funktioniert wie ein Computer-Joystick. Die Signale der Schalter gelangen zunächst wieder zur zentralen Motorelektronik und steuern dann elektrohydraulische Stellglieder am Getriebe (Abbildung 6).

Die Motorelektronik sorgt auch hier für die Korrektur der menschli-

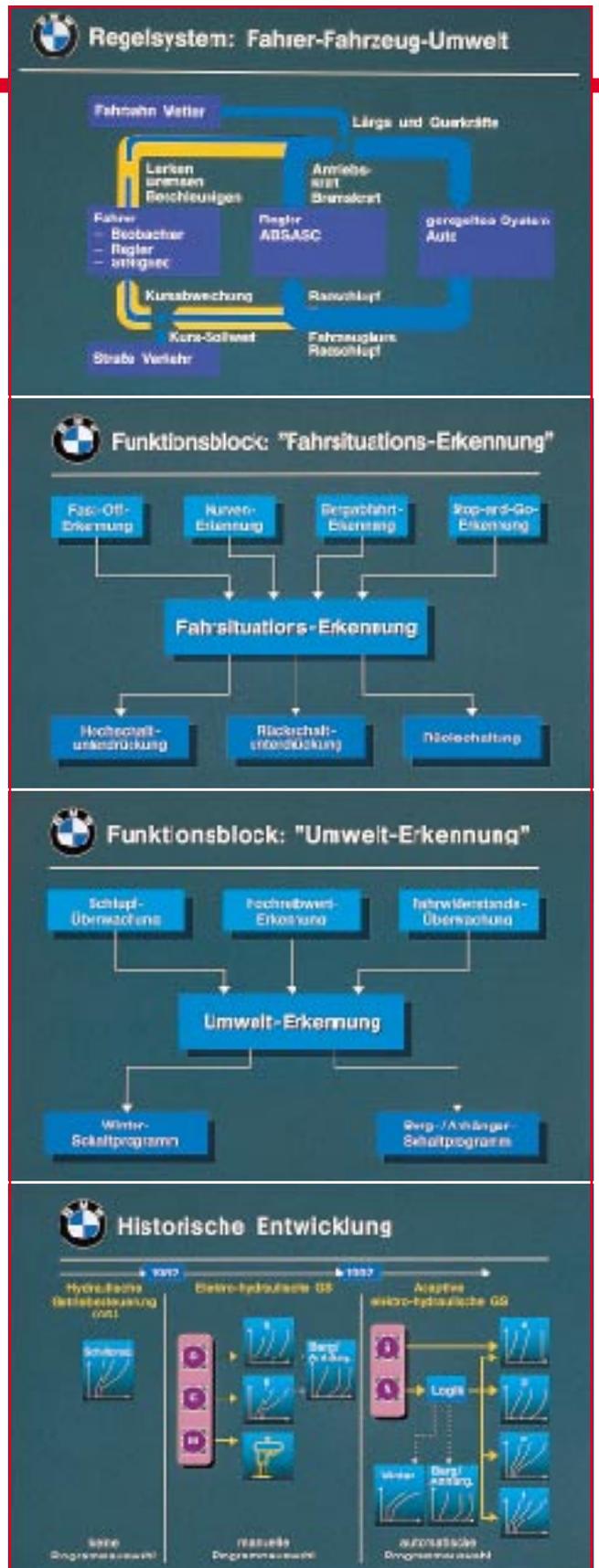
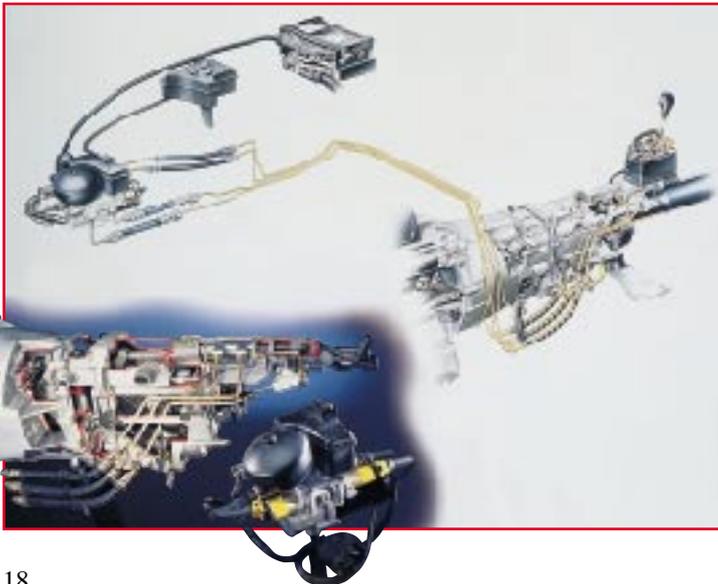


Bild 6: Perfektes Zusammenspiel von Elektronik, Hydraulik und Mechanik im M-Getriebe von BMW: Die Steuerung erfolgt nur noch per Mikrotaster und digitaler Motorelektronik. (Foto: BMW)

chen Fehler, schaltet blitzschnell durch die richtigen Gänge, sorgt für die koordinierte Zusammenarbeit von Einspritzelektronik, Getriebeabstufung, Kupplungssteuerung, sorgt nach einer Bremsung für den richtigen Gang zum Weiterfahren und realisiert z. B. beim Zurückschalten auf glatter Fahrbahn einen sanften Übergang, um das bekannte Ausbrechen des Fahrzeugs zu verhindern.

Die Elektronik erlaubt hier sogar den



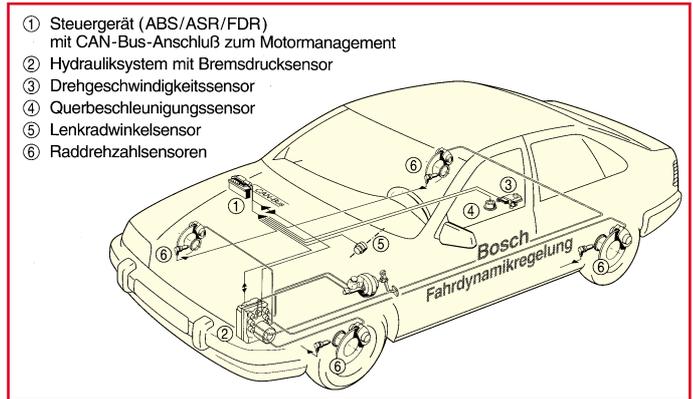
Gangwechsel mit durchgetretenem Gaspedal, schließlich ist das Getriebe ja für den BMW-Supersportler, den M 3 entwickelt worden und stammt direkt aus dem Rennsport. Und quasi als „Abfallprodukt“ kann der Fahrer zwischen verschiedenen Getriebecharakteristiken wählen. So steht ihm sowohl eine reine Automatikfunktion als auch ein Winterprogramm neben dem Handschaltprogramm für den sportlichen Betrieb zur Verfügung. Die zugehörige Elektronik ist doppelt ausgeführt, um bei Störungen blitzschnell ohne Gefahr wechseln zu können.

Denkt mit

Besonders die Automatikfunktionen auch der „normalen“ modernen Automatikgetriebe sind einen ausführlichen Blick wert.

So ist bei BMW etwa seit geraumer Zeit schon das „lernende“ Getriebe im Einsatz. Dies bedeutet nichts anderes, als daß die Elektronik das Fahrverhalten des Fahrers erfaßt, abspeichert und die Charakteristik des Getriebes darauf einrichtet. Dadurch kann sich das Getriebe bei einem sportli-

Bild 8: Die Übersicht über die Komponenten der Bosch-Fahrdynamikregelung verdeutlicht die Vielzahl an eingesetzten Sensoren und Gebern. (Grafik: Bosch)



cher ambitionierten Fahrer auf schnelle Gangwechsel und kürzere Abstufung einstellen, bei einem ruhiger Veranlagten eben auf längere und ökonomischere Abstufung. Dazu kommen bei dieser adaptiven Getriebeautomatik umfangreiche Anpassungen an den Fahrzustand des Fahrzeugs, etwa die Auswertung der Drehzahlen jedes einzelnen Rades, des Lenkeinschlagwinkels, des Streckenprofils (z. B. Bergauf-, Bergabfahrt) usw.

Dabei kommen, wie aus Abbildung 7

deutlich hervorgeht, eine Unmenge an Informationen rund um Fahrer, Fahrzeug und Fahrzeugumgebung zusammen, die sämtlich in der Motor- und Getriebesteuerung zusammenlaufen und deren Elektronik erlauben, objektiv richtige Entscheidungen zu treffen, z. B. Getriebe, Motor und Bremsen gezielt zu beeinflussen, falls der Wagen ins Schleudern zu geraten droht.

Was der Mensch nur mit sehr viel Erfahrung und Routine noch beherrschen kann (die meisten von uns sind einer solchen

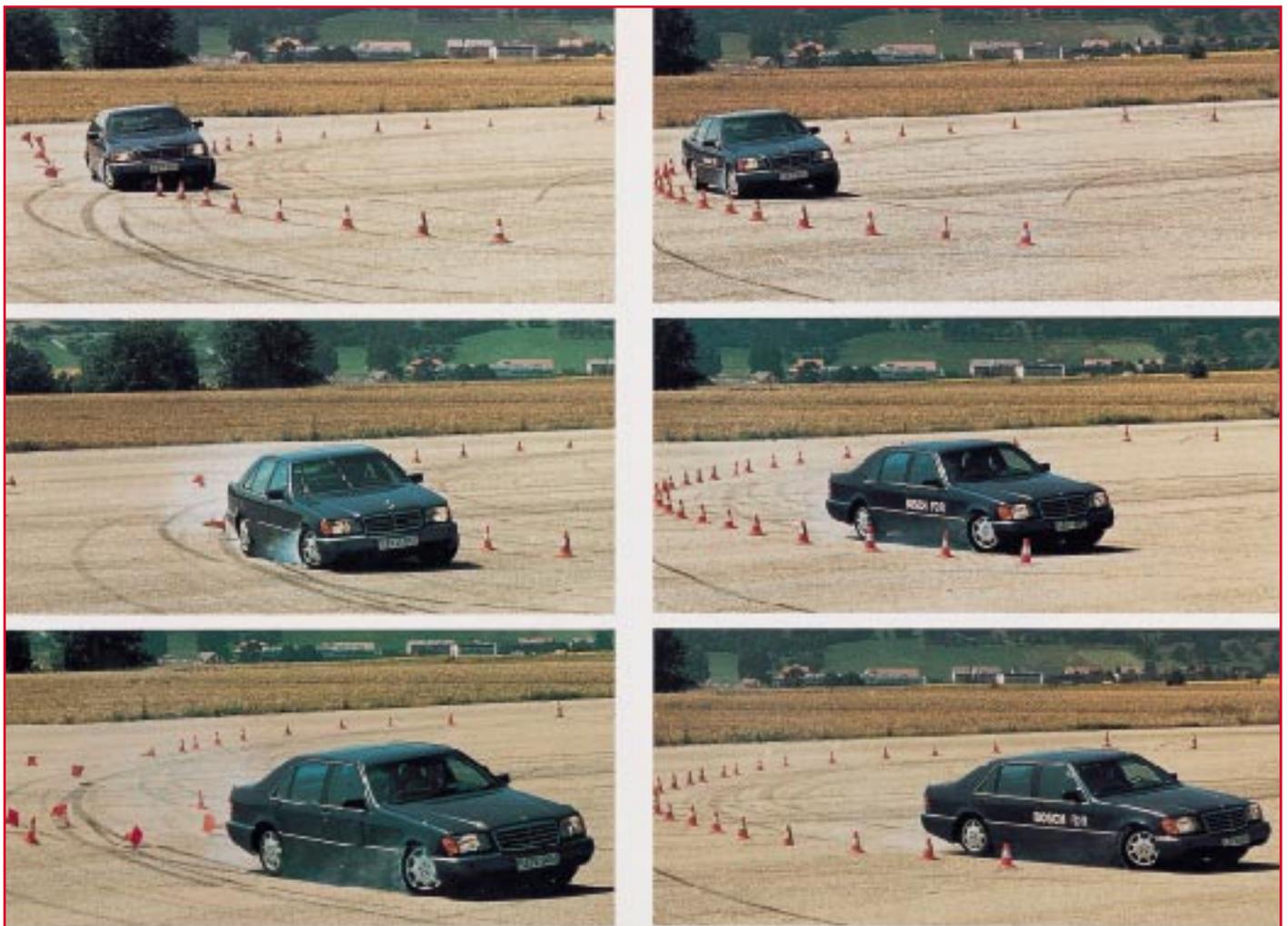


Bild 9: Auswirkung der Fahrdynamik-Regelung (FDR) auf das Fahrverhalten eines Fahrzeugs in Notsituation: während das Fahrzeug ohne FDR in der linken Bildsequenz hoffnungslos aus der Kurve ausbricht, hält das Fahrzeug mit FDR rechts die Spur und bewältigt ohne Zutun des Fahrers die Situation. (Bild: Bosch)

Situation mangels Training hilflos ausgeliefert), regelt hier die Elektronik mittels Antischleuderprogramm, das unter dem Begriff Fahrdynamikregelung firmiert.

Hier können Sensoren, Regelglieder und Mikroprozessoren ihre Stärken voll ausspielen. Ohne Zutun des Fahrers, meist merkt er nicht einmal etwas vom unsichtbaren Wirken der elektronischen Helfer, wird das Gas weggenommen, werden einzelne Räder gezielt abgebremst, bis die Sensoren wieder ein stabiles Fahrverhalten signalisieren.

Welche Vielzahl von Sensoren hier zusammenarbeiten, zeigt Abbildung 8, während man in Abbildung 9 ganz deutlich die Wirkung eines solchen Systems bei zu schneller Kurvenfahrt mit und ohne Fahrdynamikregelung sehen kann.

Daß eine solch komfortable Fahrhilfe nicht mehr allein der Oberklasse vorbehalten ist, beweist der Einsatz auch in den Volumenmodellreihen von z. B. VW (Passat), Ford (Mondeo), Audi (A4), BMW (3er) und Mercedes-Benz (C-Klasse).

Wer fährt hier eigentlich?

Diese Frage ergibt sich schon, wenn man die ausgefeilten Funktionen der heutigen Fahrzeugelektronik betrachtet.

Schon heute ist es je nach Ausstattung möglich, daß der Fahrer z. B. auf der Autobahn sich in seinen mechanischen Tätigkeiten nur noch auf das Lenken und Bremsen konzentrieren muß. Selbst die ständige Anpassung an wechselnde Fahrtempi erledigen modernste Geschwindigkeitsregelanlagen, wie die neueste Bosch-Kreation, der ACC (Adaptive Cruise Control - Adaptiver Fahrgeschwindigkeitsregler) so intelligent, daß der Fahrer auch von dieser Aufgabe entlastet werden kann. Über eine Abstandsradaroption paßt das ACC das Tempo und den Abstand automatisch an vorausfahrende Fahrzeuge an, regelt beim Überholen auf die vorgegebene Geschwindigkeit hoch, und paßt das Tempo nach dem Einordnen wieder an. Dazu greift die ACC natürlich, ohne Zutun des Fahrers (der nur die Eckwerte vorzugeben hat) tief in Getriebe- und Motormanagement ein. Sogar ein Bremsengriff ist möglich.

Und um das „Gruselkabinett“ für den Fahrer alten Schlags („Autofahren muß weh tun“) komplett zu machen: ein, wenn auch moderater, Eingriff in die Lenkung hat längst Einzug gehalten, ohne daß es der Fahrer in der Wirkung überhaupt bewußt merkt. Ein elektronisches Stellglied sorgt z. B. bei der BMW-Servotronic dafür, daß die Lenkung bei zunehmendem Tempo immer härter reagiert. So ist bei hohem Tempo ein stabiles Geradeauslaufen möglich und bei langsamer Fahrt das geradezu spielerische Rangieren auch eines großen 7ers.



Bild 10: Die Zukunft des Fahrens: lange Fahrten bewältigt das Fahrzeug autonom, der Fahrer kommt entspannt am Ziel an. (Foto: Sharp)

Daß hier der Weg zur radar- und kameraunterstützten elektronischen Lenkung nicht mehr weit ist, beweisen fahrfähige Studien u. a. bei Mercedes-Benz oder Renault. Bilderkennungs- und Radarsysteme sind heute bereits so perfektioniert, daß ein Fahren wie in Abbildung 10 schon bald keine Utopie mehr sein wird.

Auch die Zielleitsysteme werden immer perfekter und preiswerter (Abbildung 11).

Schon gibt es die ersten Studien der Verbindung dieser Zielleitsysteme mit der intelligenten Fahrzeugsteuerung über Bilderkennung und Radar.

Angriff auf ein Heiligtum

Elektronisches Gaspedal, Eingriff in die Lenkung, in das Schalten, was kann der konservative Fahrer noch rein mechanisch mit Gefühl und Körperkraft bedienen? Die Bremse!

Irrtum, auch hier hat die Mechanik bald ausgedient, wie die marktfähige elektrohydraulische Bremse von Bosch (Abbildung 12) beweist.

Zwar ist das Bremspedal aus Sicherheitsgründen (totaler Elektronikausfall)



Bild 11: Auch Zielleitsysteme gehören mittlerweile zu den elektronischen Fahrhilfen, entlasten sie den Fahrer doch deutlich vom Streß des Wegsuchens. (Foto: Philips)

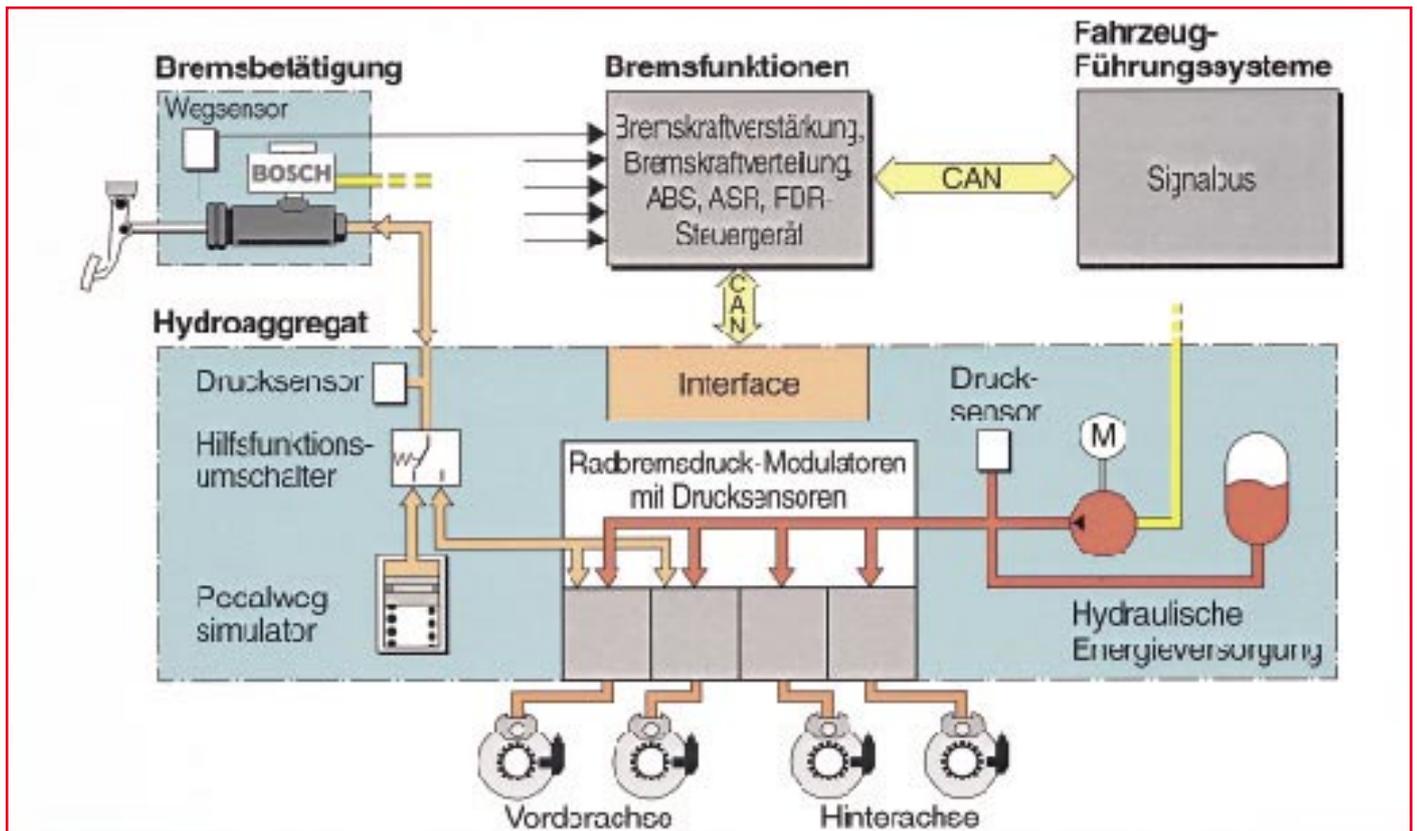


Bild 12: Selbst die Bremse wird in Zukunft elektronisch gesteuert. Die komplexe Einbindung in die elektronische Fahrzeugsteuerung erfordert auch diesen Eingriff in eine der letzten Bastionen der herkömmlichen Fahrzeugtechnik. (Grafik: Bosch)

weiter mechanisch mit dem hydraulischen Bremszylinder für einen Kreis verbunden. Im Normalbetrieb jedoch wird der Bremsdruck nicht mehr per Fußkraft am Bremspedal erzeugt, sondern ein Pedalwegsensor überträgt den „Bremswunsch“ an ein elektronisches Steuergerät. Dieses leitet ihn weiter an sogenannte Radbremsdruckmodulatoren. Sie regeln den Bremsdruck an jedem einzelnen Rad - mit einer Technik, wie sie von ABS-Bremsanlagen bekannt ist. Mit dem elektronischen Bremssystem ist das Fahrzeug noch besser auf aktuelle und zukünftige Assistenzsysteme vorbereitet. Dazu gehören die erwähnte Fahrdynamikregelung, die ECC oder gar das zukünftige autonome Fahren ohne Fahrereingriff.

Was bringt ein solches Bremssystem in der Praxis? Zum einen geringe Bedienkräfte, kein im Pedal spürbares Arbeiten des ABS, das immer noch viele Fahrer im Notfall dazu verleitet, wieder den Fuß von der Bremse zu nehmen. Dazu kommt adaptives Bremsverhalten je nach Beladungszustand, Straßenzustand, Streckenprofil und schließlich durch die Ausschaltung des Unsicherheitsfaktors Mensch auch der für das Fahrzeug technisch machbare, minimale Bremsweg.

Ein solches Beispiel hat Mercedes-Benz jüngst auf den Markt gebracht und will es sofort zur Serienausstattung aller MB-

Modelle deklarieren: der Elektronische Bremsassistent.

Vollbremsung per Computer

Wenn Autofahrer in kritischen Situationen zu zögerlich oder zu sanft auf das Bremspedal treten (eine Mercedes-Studie wies dies bei über 90% untersuchter Testpersonen nach), baut der elektronische Bremsassistent binnen Sekundenbruchteilen automatisch die maximale Bremskraftverstärkung auf und verkürzt dadurch den Anhalteweg des Wagens erheblich. Dies wird in Zukunft wohl Nachfahrende davon abhalten, zu dicht auf Mercedes-Fahrzeuge aufzufahren, denn diese bremsen im Notfall immer, wie ein äußerst geübter Fahrer es tun würde.

Das elektronische Geheimnis des Brems-Assistenten besteht wieder in einem Sensor, der die Geschwindigkeit erfaßt, in der das Bremspedal über einen bestimmten Weg betätigt wird. Dabei vergleicht der Bordrechner ständig die Betätigungszeiten und -wege mit Normalwerten und individuell vom Normalverhalten des Fahrers gelernten Werten. Tritt der Fahrer nun in der Notsituation einen Sekundenbruchteil schneller auf das Pedal als im Normalfall, spricht der Bremsassistent sofort an und steuert die Bremsanlage wie bei einer Vollbremsung an.

Und Elektroniker wären nicht ausgelastet, wenn sie nicht auch weitere Komfortfunktionen in eine solche elektronische Bremsanlage integriert hätten. Denn nicht allein die Geschwindigkeit, mit der der Fahrer das Pedal betätigt, ist für die Funktion des Bremsassistenten entscheidend, sondern auch die aktuelle Fahrgeschwindigkeit, der Verschleißzustand der Bremsen und Steuersignale, die von den anderen Fahrzustandsbeeinflussungssystemen wie ABS, ASR, ESP, Motor- und Getriebeelektronik kommen.

Fahrversuche ergaben eine bis zu 40%ige Anhaltewegverkürzung bei Einsatz durchschnittlicher Fahrer mit und ohne den Bremsassistenten. Bleibt zu hoffen, daß dieses System nicht den gleichen Einführungseffekt hervorruft wie das ABS, indem im Bewußtsein um eine überlegene Bremsanlage für eine ganze Zeit riskanter mit diesen Fahrzeugen gefahren wurde. Denn eines kann, wie alle elektronischen Fahrhilfen, auch der Bremsassistent nicht: die Gesetze der Physik überwinden.

Bleibt als Fazit über die derzeitige Entwicklung der elektronischen Fahrhilfen zu sagen: es wird spannend in den nächsten Jahren, immer mehr elektronische Helfer widmen sich unserem derzeitigen Hauptproblem: der sicheren Bewältigung des immer dichterem, immer schnelleren und komplexeren Straßenverkehrs. **ELV**