

Die Silizium-Helfershelfer

Wissen Sie, wie Ihr ABS funktioniert? Was bedeutet eigentlich EDC, ASR etc.? Und wie funktioniert ein Airbag-Sensor? Auf den ersten Blick mag man meinen, dies gehört eher in eine Auto-Zeitschrift. Uns interessiert aber vor allem die intelligente Elektronik, die sich dahinter verbirgt und immer mehr das Kommando im Fahrzeug übernimmt.

Elektronik überall...

Noch vor einigen Jahren konnte ein technisch versierter Autofahrer fast alle Wartungs- und Instandsetzungsarbeiten an seinem Auto selbst durchführen; das bißchen Elektrik bestand ja nur aus Sicherungen, Kabeln, Relais und Glühlampen.

Etwa seit Mitte der 80er Jahre erobert die Elektronik schrittweise immer mehr funktionswichtige Baugruppen im Fahrzeug. Heute gibt es kaum noch ein Fahrzeug ohne elektronische Einspritzanlage, Motormanagement, ABS, Airbag und zahlreiche Kontrollfunktionen. Inzwischen haben die elektronischen Helfer bereits die Fahrwerke vor allem von Oberklasse- und Sportwagen gut im Griff.

Sensoren erkennen heute jede beliebige Bewegungsrichtung, Beschleunigung und Verzögerung, Abstand, Niederschlag, Fahrbahnzustand. Am Ende setzen hochpräzise mechanische Steuerelemente die Befehle der dazwischenliegenden Mikroprozessoren um, und dies so schnell, daß wir als Fahrer kaum etwas davon merken.

Allerdings - dies als Tip für Heißsporne - selbst die modernste Elektronik kann die Gesetze der Physik nicht aufheben -

soweit zur Restfunktion unseres Verstandes beim Autofahren.

Stotterbremse mit Zähnen

Ein Antiblockiersystem, kurz ABS genannt, ist heute bereits bei modernen Kleinwagen zur Ausstattung gehörig. Es verhindert ein Blockieren der Räder beim Bremsen. Dadurch bleibt die Fahrstabilität sowie die Lenkfähigkeit des Fahrzeugs auch bei Vollbremsungen erhalten. Wer die Nerven besitzt, kann so einem Hindernis selbst bei Vollbremsung ausweichen, während blockierende Räder ja bekanntlich einfach geradeaus rutschen. Bei zahlreichen Fahrbahnzuständen wie Trockenheit, Nässe, ja sogar im Schnee wird der Bremsweg zudem entscheidend verkürzt - ein unschätzbare Sicherheitsaspekt im heutigen dichten Verkehr.

Aus der Erkenntnis, daß jedes einzelne Rad des Fahrzeugs, das ja je nach aktuellem Fahrzustand völlig anders belastet ist, einzeln bis kurz vor den Stillstand abgebremst, kurz vor der Rutschgrenze wieder freigegeben und dann wiederum abgebremst werden muß, entwickelten die Techniker eine ausgefeilte Sensorik.

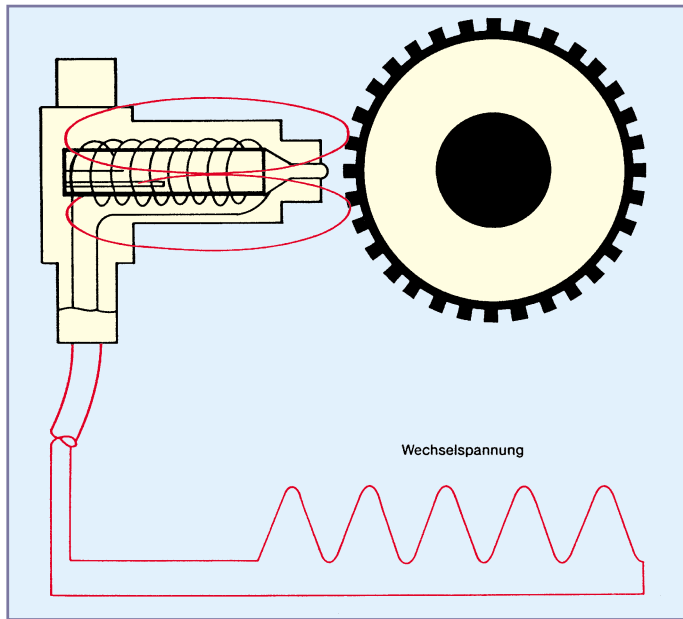
Diese dient heute nicht nur zur Steue-

rung des ABS allein, sondern auch oft als exakter Wegstreckenzähler, z.B. zur Unterstützung von Verkehrsleitsystemen im Fahrzeug, wie im „ELVjournal“ 5/94 bereits beschrieben. Darüber hinaus leiten sich aus diesen Sensoren auch die Impulse für Fahrstabilitätsregelungen, wie sie bereits jetzt in einigen Oberklasse-Fahrzeugen zu finden sind, ab.

Der Wirkungsmechanismus der ABS-Sensoren ist recht einfach und mechanisch intelligent gelöst. Direkt an den mit den Rädern fest verbundenen Elementen, also im landläufigen Sinne den Achsen, sind gezahnte Scheiben angebracht. Vor der Zahnscheibe, auch Impulsrad genannt, befindet sich der Impulssensor, der ein geringes magnetisches Feld ausstrahlt. Durch die Zahnelemente des Impulsrades wird dieses magnetische Feld mehrmals pro Radumdrehung verändert und damit eine geringe Wechsellspannung in der Aufnahmespule des Sensors erzeugt.

Diese geringe Spannung, die in ihrer Frequenz proportional der Radumdrehung ist, gelangt zur Auswertung an die ABS-Elektronik, die die analogen Eingangsgrößen in digitale Werte umwandelt und dem Steuerprozessor, heute ein Spezialschaltkreis nur für diese Funktion, zuführt. Dieser Prozessor wertet gleichzeitig die Impulse aller 4 Radsensoren, die momentane Fahrgeschwindigkeit und die Stellung des Bremspedals aus und steuert blitzschnell den Bremskraftverstärker für alle 4 Räder an. Hier werden für jedes Rad getrennt sehr schnell kleine Ventile auf- und zugesteuert, die den einzelnen Rädern entsprechend ihrer Drehzahl spezifische Bremskräfte aufprägen. Solange das Rad noch einen Kraftschluß zum Boden hat, also sich noch dreht (bei Glatteis ergibt sich auch mit ABS ein sehr langer Bremsweg - die Physik halt!), wird es nun intervallartig bis zum Stand abgebremst, falls der Fahrer

Bild 1: Arbeitsweise des ABS-Sensors. Durch die Unterbrechung eines Magnetfeldes werden Steuerimpulse erzeugt (Zeichnung: BMW)



dies durch vollen Bremspedaldruck signalisiert hat.

Daß ein solches System wirklich sehr schnell sein muß, leuchtet ein, deshalb kommt auch hier nur ein Mikroprozessor in Frage, der blitzartig alle benötigten Auswertungen vornehmen kann.

...plötzlich nimmt er Gas weg!

Das Aha-Erlebnis eines Menschen, der das erste Mal mit ASC eine nasse Kurve zu schnell durchfahren hat! ASC, in Langform Automatische Stabilitäts-Controlle, ist die logische Umkehr von ABS. Dieses System verhindert ein Durch-

drehen der Antriebsräder z.B. auf glattem Untergrund durch definiertes Zurücknehmen des Motordrehmoments und Einwirkung auf die jeweilige Radbremse.

So ist man in der Lage, auch bei der im Winter vor allem auf Autobahnen anzutreffenden Situation zweier verschiedener Fahrbahnzustände auf jeder Fahrzeugseite, das Fahrzeug exakt in der Spur zu halten und ein Ausbrechen zu verhindern. Auch

bei schnellen Kurvenfahrten, wo das kurveninnere Rad im Extremfall bis zum Abheben entlastet wird, wirkt die ASC stabilisierend und verhindert so den gefürchteten Übersteuerungseffekt. Aber Achtung: Auch dieses System hat seine Grenzen!

Sensorelement ist hier wieder der ABS-Sensor, der die Raddrehzahl exakt erfaßt. Signalisiert dieser einen drohenden oder gar vorhandenen Stillstand des Rades, so sorgt der Mikroprozessor im Steuergerät blitzschnell für ein Abregeln des Motordrehmoments. Reicht auch dieses nicht aus, so tritt das ABS gezielt in Aktion und bremst das gegenüberliegende Rad ab.

Dies alles geschieht völlig unabhängig von der Gaspedalstellung, der Fahrer merkt hiervon wiederum kaum etwas, außer eben, daß das Fahrzeug kurz an Beschleunigung verliert.

Eine solche ASC ist auch wirkungsvoll bei glatter Fahrbahn einsetzbar, wo ja insbesondere PS-starke Fahrzeuge Traktionsprobleme haben.

Eine Weiterentwicklung dieses Systems ist das ASC+T-System, das das ASC um eine schaltbare elektronische Differentialsperre erweitert, die es einerseits erlaubt, die Schlupfunterschiede zwischen den beiden Antriebsrädern beim starken Beschleunigen zu eliminieren, andererseits aber auch ein einfaches Herausfahren eines festgefahrenen Fahrzeugs ermöglicht.

Im Gegensatz zu mechanischen Sperrdifferentials erfolgt der Aufbau der Sperrwirkung beim ASC+T kontinuierlich und automatisch bei Bedarf. Entscheidend sind hier wiederum die ABS-Sensoren. Das Sperren des Differentials übernimmt eine kontinuierlich stellbare Spezialkupplung im Differentialgetriebe.

Die einzelnen Systembezeichnungen differieren im übrigen je nach Hersteller, so heißt das ASC von BMW bei anderen Herstellern ASR und ASC+T, bei Mercedes z.B. ASD.

...liegt wie ein Brett!

Ein Mercedes ab 1995 liegt wirklich wie ein Brett, sofern er mit dem neu entwickelten Fahr-Dynamik-Regelungssystem, kurz FDR genannt, ausgerüstet ist. Hier erlebt die aktive Fahrwerksbeeinflussung ihren bisherigen technischen Höhepunkt. Das Regelsystem bietet einen deutlichen Sicherheitsgewinn vor allem in jenen kritischen Fahrsituationen, in denen der Fahrer kaum noch eine Chance hat, seinen Wagen durch manuelle Lenk- und Bremsmanöver auf sicheren Kurs zurückzubringen. Man denke da nur an ein auf schnee glatter Fahrbahn ausbrechendes Fahrzeug, an zu schnell angefahrne Kurven oder an das kritische Bremsen in Kurven oder Fahrbahnen mit einseitig glatter Oberfläche.

Das neue System basiert in logischer

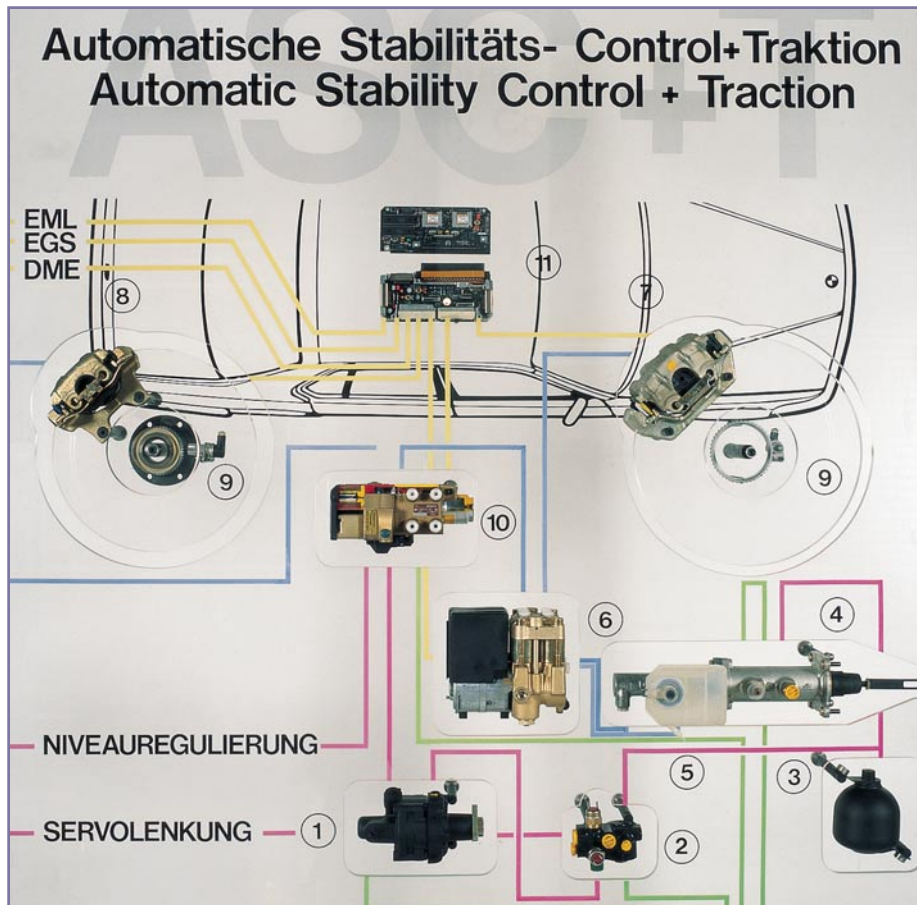


Bild 2: Die automatische Stabilitäts- Kontrolle erfordert das blitzschnelle Zusammenspiel von elektronischen und mechanischen Komponenten (Bild: BMW)



Bild 3: Die Komponenten der Fahrdynamikregelung von Mercedes-Benz zeigen den hohen Aufwand an verschiedenen Sensoren (Foto: Mercedes-Benz)

Konsequenz auf der serienmäßigen ABS- und ASR-Technik. Im wesentlichen geschieht die Fahrdynamikregelung durch individuelle und gezielt dosierte Bremsdruckregelung an einem oder mehreren der Räder.

Das Kernstück der Fahrdynamikregelung ist ein elektronisches Steuergerät, dessen Herz natürlich ein Mikroprozessor ist. Dieses Steuergerät ist mittels eines speziellen Datenbusses, der prinzipiell wie ein Computernetzwerk arbeitet, mit den Managementsystemen für Motor und Automatikgetriebe gekoppelt.

Die digitale Leitungsverbindung ermöglicht einen schnellen und gegenüber Analogdatenübertragung störsichereren Datenaustausch, so daß die Steuerzentrale jederzeit mit aktuellen Daten über Motordreh-

moment, Gaspedalstellung und Getriebeübersetzung versorgt wird.

Zusätzlich verarbeitet das System Sensor-Informationen über Lenkwinkel, Drehgeschwindigkeit, Querbeschleunigung, Bremsdruck und Raddrehzahlen. Anhand dieser Werte lassen sich nicht nur die Längs- und Querkraft an den Rädern berechnen, die Drehgeschwindigkeit ist auch ein Indiz für etwaige Schleuderbewegungen des Fahrzeugs.

Gezieltes Eingreifen der Chips

Erreichen die Bewegungswerte des Fahrzeugs kritische Werte, erteilt die Fahrdynamikregelung der nachgeschalteten Hydraulikeinheit den Befehl, gezielt differenzierten Bremsdruck an einem oder mehreren Rädern aufzubauen. So kann ein Aus-

brechen etwa in einer Kurve gezielt verhindert werden.

Verantwortlich für das Erfassen der Querbewegungen des Fahrzeugs sind die sogenannten Giersensoren, die die Drehbewegung um die Hochachse auswerten.

Sensoren, Sensoren...

Wie arbeiten die vielen Sensoren in der Fahrzeugelektronik eigentlich? Einen haben wir bereits ausführlich kennengelernt. Die vielen Sensoren, die vornehmlich Beschleunigungen oder Verzögerungen erfassen sollen, arbeiten heute oft immer noch nach rein mechanischen Prinzipien, wie z. B. viele Airbag-Sensoren.

Dabei hat eine beweglich angeordnete Stahlkugel bei der Verzögerung des Fahrzeugs einen mechanischen Widerstand einer Art Blattfeder zu überwinden. In einigen Systemen wird die Kugel im Normalzustand auch noch durch einen Elektromagneten relativ stabil in ihrer Ausgangslage gehalten. Übersteigt die Verzögerung ein festgelegtes Maß, so überwindet die Kugel den mechanischen Widerstand der Feder und schnell nach vorn, wo sie einen Kontakt auslöst, der wiederum das Zündsignal für den Airbag liefert. Daß es hier mit Präzision zu Wege gehen muß, beweist allein schon die Überlegung, daß nicht jeder Parkrempler oder heftiges Bremsen zur Airbag-Auslösung führen darf.

Natürlich spielen bei der Auslösung von Airbags noch viele weitere Informationen eine Rolle, die das Steuergerät blitzschnell zu bewerten hat. Hier ist übrigens ein weites Feld für die immer weiter entwickelte Fuzzy-Logik. Diese wertet auch undefinierte Zwischenzustände aus und entscheidet dann anhand programmierter oder nach einiger Praxis selbst gespeicherter „Erfahrungswerte“.

Zunehmend werden diese rein mechanisch wirkenden, aber sehr zuverlässigen Sensoren von mechanisch-elektronischen Sensoren wie etwa den Beschleunigungssensoren nach dem Differentialkondensatorprinzip abgelöst. Diese sind dann direkt in die Steuergeräte integrierbar, da sie sehr klein und durch ihren mechanischen Aufbau auf Platinen unterzubringen sind.

Das Arbeitsprinzip dieses Sensors beruht darauf, daß sich eine träge Masse freischwingend als Zentralelektrode zwischen 2 Kondensatorelektroden befindet. Wird die Zentralelektrode durch Beschleunigungs- oder Verzögerungsvorgänge bewegt, so verändert sie das Kapazitätsgleichgewicht zwischen beiden äußeren Elektroden. Da diese Änderung kontinuierlich und feinfühlig erfolgt, ist dieser Sensor natürlich für entsprechend empfindliche Systeme wie das beschriebene FDR-System ideal geeignet.

Sinnvoll wird ein solches System erst

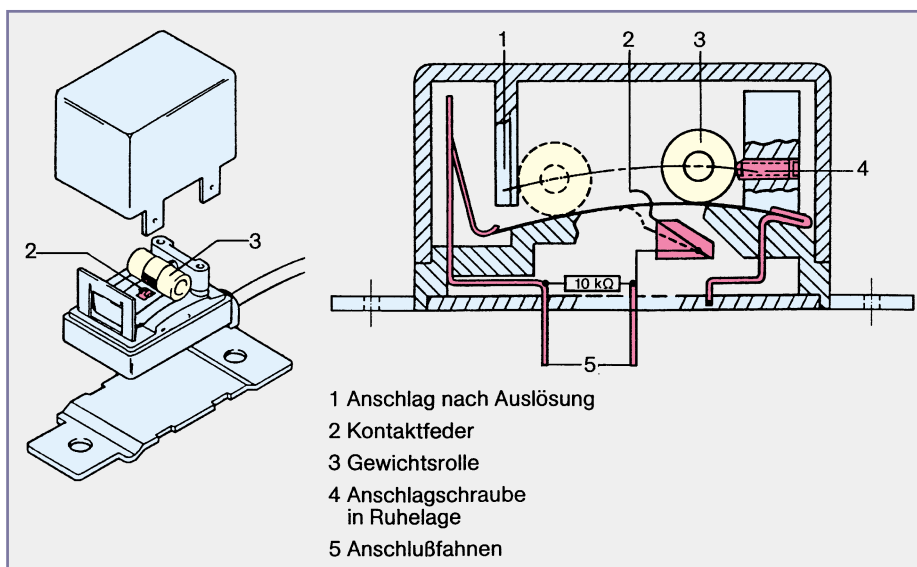


Bild 4: Aufbau eines Airbag-Sensors. Die Funktionsweise ist im Text beschrieben (Zeichnung: BMW)

Bild 5: Komplette Airbag-Ausstattung. Unten im Bild die beiden Crash-Sensoren. (Foto: BMW)



richtig durch die intelligente Kombination mehrerer Sensoren. So setzt man heute für modernste Airbag-Sensoren Kombinationen von Sensoren für Frontal- und seitlichen Aufprall ein, ebenso erfährt ein weiterer Sensor, ob der Beifahrerplatz besetzt ist, um so die teure und bei unbesetztem Platz sinnlose Airbag-Auslösung zu verhindern.

Die Überwachung der Stellung von Gaspedal und Bremspedal übernehmen auch heute noch meist ganz profane Potentiometer und Schaltkontakte.

Wie wirkungsvoll übrigens o.g. Beschleunigungssensoren arbeiten können, erfahren viele Fahrer von zahlreichen PKW ab oberer Mittelklasse unbemerkt täglich. Sie verhindern z.B. bei BMW-Fahrzeugen das lästige Einnicken der Fahrzeugschnauze beim Bremsen und das Anheben beim Beschleunigen. Beide Erscheinungen sind nicht nur für die Insassen unangenehm, sondern beeinträchtigen durch jeweiliges Entlasten der gegenüberliegenden Achse die Fahrstabilität bei Beschleunigungs- und Bremsvorgängen. Die Sensoren beeinflussen über die zentrale Steuerung direkt entsprechend in ihrer Härte einstellbare Stoßdämpfer, die dafür sorgen, daß das Fahrzeug u.a. auch in Kurven, bei Mercedes mit dem ABC-System (Active-Body-Controll) realisiert, exakt waagrecht bleibt.

AGS - der intelligente Merker

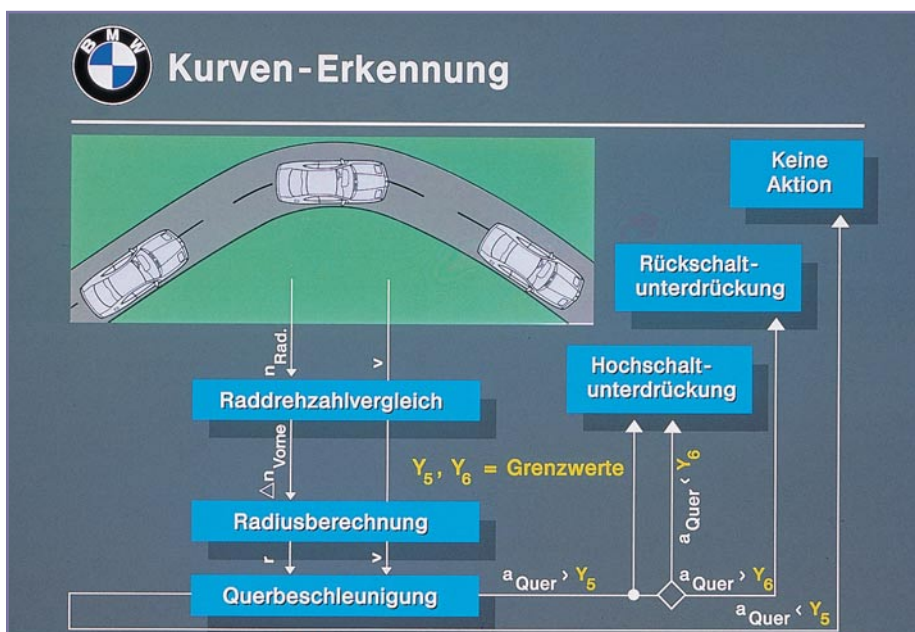
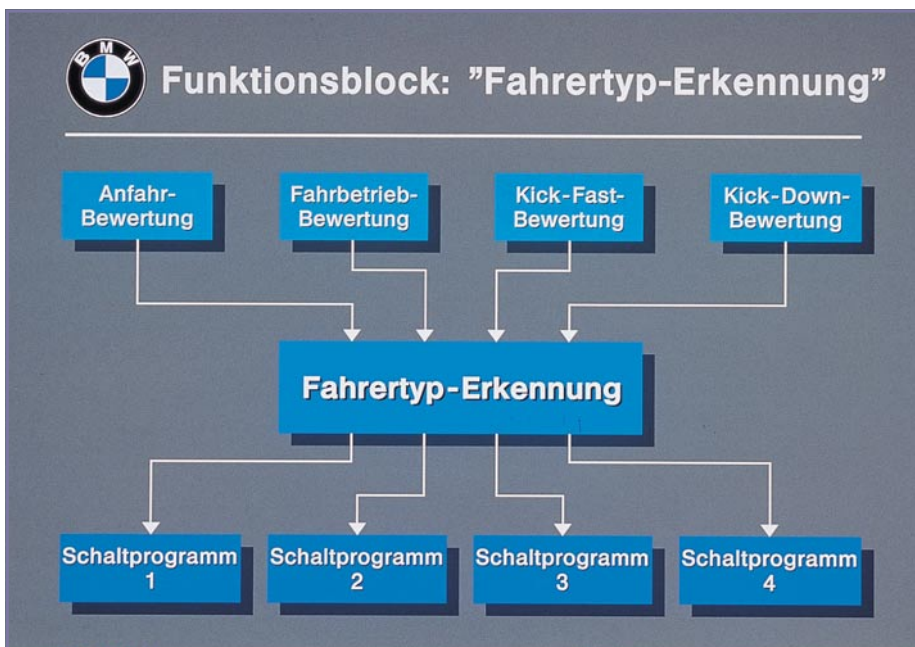
Aufbauend auf der bisher diskutierten Technik zur Fahrwerksbeeinflussung hat BMW eine intelligente Getriebesteuerung entwickelt, die allerdings nur in den Acht- und Zwölfzylindermodellen zur Anwendung kommt. Mittels aller bisher diskutierter Sensorik wird es ermöglicht, sowohl mehrere Getriebeprogramme zu speichern und das Getriebe elektronisch anzusteuern als auch das selbstlernende Getriebe zu realisieren.

Dabei erfährt der Steuerprozessor, hier kommt ebenfalls vermehrt je nach Hersteller mehr oder minder Fuzzy-Technik zum Einsatz, die Eigenheiten des Fahrers bei typischen Fahrzuständen wie Beschleunigen, Bremsen, Kurvenfahrt, Fahrt mit hoher Belastung usw. und läßt dies in einem persönlichen Getriebeprogramm einfließen. So arbeitet das Getriebe schließlich ganz nach den Gewohnheiten des Fahrers. Bei einem sportlichen Fahrer erfolgt dann die Getriebeabstufung kürzer, bei dem Mann mit Hut eben schonend lang.

Aber vor allem problematische und

Bild 7: Ein Anwendungsbeispiel zur Wirkung des AGS: Bei Kurvenfahrt sorgt es für gleichmäßigen Kraftschluß und zügiges Heraufbeschleunigen. (Grafik: BMW)

Bild 6: Das intelligente Getriebesteuersystem AGS stellt sich auf die individuellen Eigenheiten des Fahrers ein. (Grafik: BMW)



manchmal gar gefährliche Gangwechsel, z.B. beim Fahren in den Bergen, im Stau oder in Kurven werden von der Elektronik exakt erfaßt und die Getriebeabstufung blitzschnell entsprechend gewählt, heute natürlich ruckfrei und ohne Kraftschlußloch.

Die manuelle Gangwahl, die auch möglich ist, wird bei einem solchen Getriebe sicher kaum noch in Anspruch genommen.

Das Nonplusultra der Getriebebesteuerung exerzieren Porsche und BMW mit ihrer M-Technic-Schmiede bzw. ALPINA. Hier erfolgt die Gangwahl wie in der Formel I einfach per Tipptasten am Lenkrad - eine für Hochschalten und eine für Herunterschalten. Natürlich ist eine solche voll-elektronische Getriebebesteuerung nur mittels zwischengeschalteter Mikrorechen-technik zu realisieren.

Achtung Glatteis!

Erfahrene Kraftfahrer erkennen an bestimmten Anzeichen wie Wasseraufwirbelung, Reifenlaufgeräusch usw. die kritische Glatteisgrenze der Fahrbahn.

Die Techniker läßt das Problem der aktiven Erkennung des aktuellen Fahrbahnzustands unmittelbar vor dem Fahrzeug nicht ruhen. So erforscht man im Rahmen des europäischen Prometheus-Projekts neue Sensortechniken, die die Erkennung von aktueller Fahrbahngriffigkeit und Fahrbahnzustand, insbesondere für die Gefahren Aquaplaning und Winterglätte ermöglichen.

Die Anwendung solcher Sensortechniken erfordert natürlich die Komplettausstattung des Fahrzeugs mit elektronischen Fahrhilfen, wie bisher beschrieben. Denn

der Mensch ist in seinem Regelsystem viel zu träge, um blitzschnell, logisch und flexibel auf plötzlich auftretende kritische Fahrbahnzustände zu reagieren.

Dabei kommen Kombinationen von Regensensoren, IR- und Ultraschallsensoren zum Einsatz, die eine recht exakte Beurteilung des Fahrbahnzustands erlauben.

Abstand halten!

Zu kurze Abstände im praktischen Fahrbetrieb sind mit die häufigste Unfallursache besonders auf Autobahnen. Dabei sind es beileibe nicht nur die notorischen Drängler; die große Masse weiß es einfach nicht besser. Auch diesem Problem widmet sich das Prometheus-Projekt.

Hier arbeitet man intensiv am aktiven Tempomat, der im wesentlichen aus einem genauen Abstandssensor, der Steuerung zur Beeinflussung der Motorelektronik und ggf. des ABS besteht.

Der intelligente Tempomat wirkt auf freien Straßen als Geschwindigkeitsregler. Sobald ein langsames Fahrzeug vorausfährt, erfolgt eine automatische Verringerung der Fahrgeschwindigkeit und ein konstantes Einhalten des Abstandes gemäß der aktuellen Fahrgeschwindigkeit. Gleiches gilt auch für Kolonnenfahrt. Leider spricht die derzeitige, undisziplinierte Fahrpraxis vieler noch gegen solch ein Projekt, denn erst eine allgemeine Einführung eines solchen Gerätes würde den Effekt gleichmäßiger Fahrt mit exaktem Sicherheitsabstand ergeben.

Ein solches System könnte aber bereits heute sicher zur Kollisionsvermeidung beitragen, etwa bei Unaufmerksamkeit von Fahrern an Stauenden, an Kreuzungen oder bei Ablenkung, Konzentrationsabfall etc.

Schon gibt es Versuche, solche Antikollisionsysteme zu etablieren. Diese erfordern allerdings einen heute noch unverhältnismäßig hohen apparativen Aufwand, da hier noch die blitzschnelle Erfassung der Situation rings um das Fahrzeug etwa im Falle eines Ausweichens vor einem Hindernis notwendig ist. Dies ist ohne aufwendige Video-Datenerfassung und ohne superschnelle Rechner kaum wirtschaftlich zu realisieren, aber eine absolut interessante Vision der Techniker.

Letztere Techniken sind allerdings stark an Fahrerakzeptanz gebunden und werden wohl noch einige Jahre Zukunftsmusik bleiben, während die Systeme der aktiven Fahrwerks- und Motorregelung bald auch die Fahrzeugklassen unterhalb der Oberklasse erobern werden, wie es Airbag und ABS bereits heute getan haben.

Trotz umfangreichster und modernster Sensorik und Mikroprozessorunterstützung darf der Fahrer niemals vergessen, daß der Haftung zwischen Reifen und Fahrbahnoberfläche Grenzen gesetzt sind. **ELV**



Bild 8: Die verschiedenen Sensoren zur Erfassung des Fahrbahnzustands in einem Prometheus-Versuchsfahrzeug.



Bild 9: Abstandssensoren in einem Versuchsträger des Prometheus-Projekts.