



KOMBINATION VON ABSTANDSREGELSYSTEM UND STOP&GO-FUNKTION IM AUDI A8

Das Potenzial eines einzelnen Radarsensors für die Darstellung von Abstandregelssystemen ist annähernd ausgeschöpft. Audi setzt deswegen beim Adaptive-Cruise-Control-System im neuen A8 erstmals auf eine Überwachung des Umfeldbereichs mit mehreren Sensoren. Die Kombination und Vernetzung von Radar-, Video- und Ultraschallsystemen bildet die Basis, das Abstandregelssystem um die Funktion Stop&Go zu erweitern. Dieser sensible Bereich unmittelbar vor dem Fahrzeug und die Wechselwirkung mit dem Fahrer machte umfangreiche Probandenversuche notwendig, wie eine Studie der Universität der Bundeswehr München beschreibt.

AUTOREN



DIPL.-ING. (FH) REIMUND LIMBACHER
arbeitet im Bereich Entwicklung
Fahrerassistenzsysteme bei der
Audi AG in Ingolstadt.



PROF. DR. BERTHOLD FÄRBER
ist Professor an der Universität der
Bundeswehr München in München.

Dank verbesserter Sensoreigenschaften und stetig weiterentwickelter Regelalgorithmen haben radarbasierte Abstandregelssysteme inzwischen breite Akzeptanz im Markt gefunden. Der zusätzliche Kundennutzen durch integrierte und vorausschauende Bremsassistenten-Systeme trägt ebenso zu diesem Erfolg bei.

Eine weitere Verbesserung des ACC-Systems in Richtung eines vorausschauenderen Fahrverhaltens zählt zu den wichtigsten Entwicklungszielen des Audi A8 und seiner Assistenzfunktionen. Das ACC-System der neuen Generation zeichnet sich dadurch aus, dass es unter anderem das

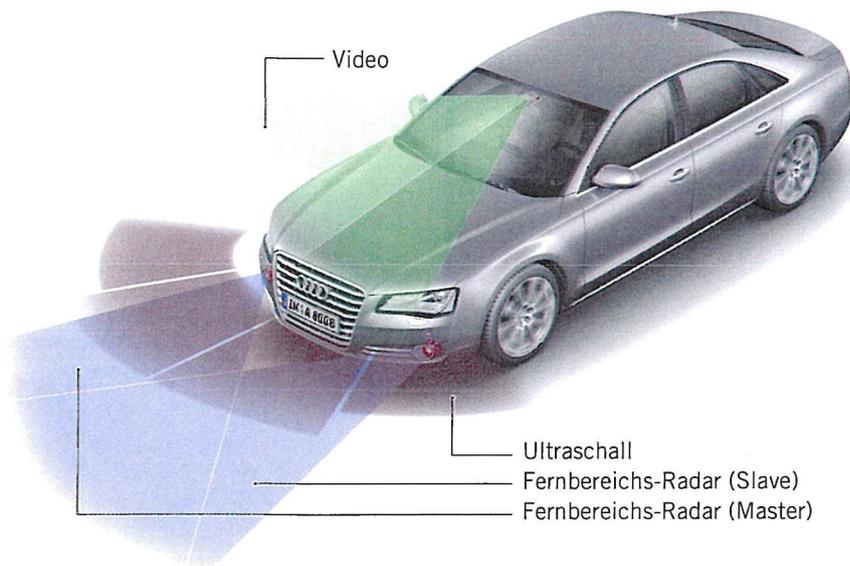
Verhalten eines Fahrers im fließenden Verkehr und im Stop&Go-Betrieb berücksichtigt.

VERNETZTE UMFELDESENSOREN

Das Potenzial eines einzelnen Radarsensors für die Darstellung von Abstandregelssystemen ist annähernd ausgeschöpft. Audi setzt deswegen beim ACC im A8 erstmals auf eine Erfassung des Umfeldbereichs mit mehreren Sensoren, ❶. Die Kombination von Radar-, Video- und Ultraschallsystemen sieht folgendermaßen aus:

: Doppel-Radarsystem: Anstelle eines einzelnen Radarsensors wird hier erstmals ein Doppel-Fernbereichs-Radarsystem (77 GHz) eingesetzt. Die zwei Fernbereichsradare sind sichtbar anstelle der Nebelscheinwerfer im Stoßfänger verbaut. Die Funktion des Nebellichts ist als Allwetterlicht in die Hauptscheinwerfer integriert. Die Radarlinsen können bei winterlichem Wetter beheizt werden um witterungsbedingte Einschränkungen zu reduzieren. Die Vorteile des Doppel-Radar-Systems liegen zum einem in einem größeren horizontalen Sichtwin-

INDUSTRIE FAHRERASSISTENZ



① Audi A8 mit Umfoldsensoren für ACC

kel von zirka 40°. Zum anderen besteht die Möglichkeit, die Daten der zwei im Haupterfassungsbereich redundant messenden Sensoren zu fusionieren.

- : Videokamerasystem: Beim optionalen ACC-System wird immer auch eine monokulare Videokamera im Frontscheibenbereich und ein zugehöriges Bildverarbeitungssteuergerät installiert. Die Videokamera kommt dabei primär für die Kundenfunktionen Spurhalteassistent, Lichtsteuerung und Tempolimit-Anzeige zum Einsatz. Neu sind eine eigenständige, auf Bildverarbeitungs-Algorithmen basierte Fahrzeug- und Anfahrhinderung-Erkennung, welche insbesondere für den ACC-Betrieb verwendet wird.
- : Ultraschall-Sensoren: Die optimierte Ultraschallsensorik der Einparkhilfefunktion wird ebenfalls immer mit ACC kombiniert. Die vier im vorderen Stoßfänger verbauten Sensoren werden bei aktiviertem ACC im Stop&Go-Verkehr auf einen speziellen Extended-Range-Mode umgeschaltet. Dadurch lässt sich die Erfassungsreichweite der Sensoren gegenüber dem Betrieb für die Einparkhilfefunktion auf rund vier Meter verdoppeln.

UMFELDERFASSUNG BEIM ANFAHREN

Die Entwickler erweiterten den ACC-Algorithmus so, dass die Sensorinformationen von Radar, Video und Ultraschall beim

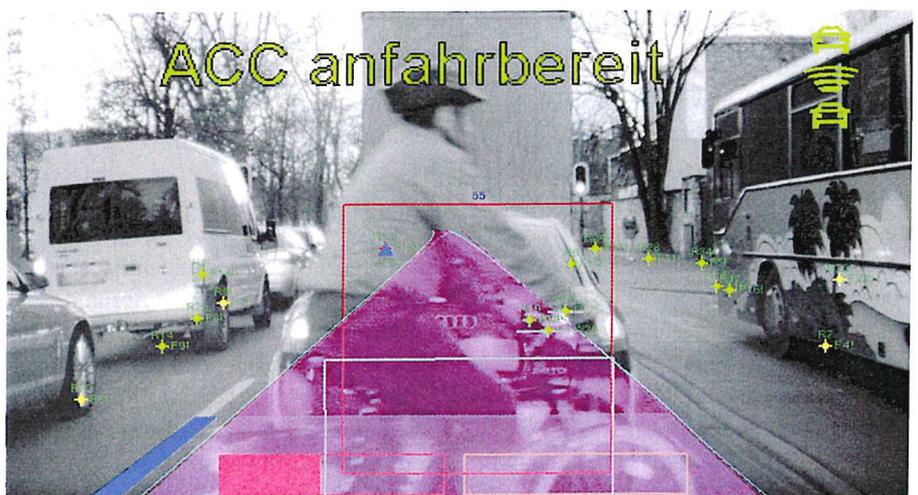
Anfahren aus dem Stillstand durch ACC ausgewertet werden können. Erst durch diese Kombination ließ sich die neue Anfahraktionen realisieren. Die Vernetzung der einzelnen Sensoren und Steuergeräte erfolgt über ein Flexray- und CAN-Bussystem.

Aufgabe der Umfelderfassung ist, mögliche Objekte wie querende Fußgänger oder Zweiradfahrer sowohl im Stillstand als auch während des Anfahrvorgangs zu erkennen. Die beiden Radarsensoren detektieren solche Objekte erst im Abstand von zirka 1 bis 1,5 Meter vor dem Fahrzeug. Aufgrund des radartechnischen Messprinzips ist die Erkennungsrate beischwach reflektierenden Personen bekanntermaßen begrenzt. Unter Berücksichtigung von internen Zuverlässig-

keitsklassifizierungen für die gemessenen Signale berechnet das System eine sogenannte Radar-Hinderniswahrscheinlichkeit.

Die Stärke der Videobildverarbeitung ist, dass sich besonders bewegte Objekte in einem stationären Umfeld sehr schnell und zuverlässig detektieren lassen – beispielsweise „Fußgänger läuft zwischen stehenden Fahrzeugen“. Dies ermöglicht ein dafür entwickelter Algorithmus im Bildverarbeitungs-Steuergerät, der nach bewegten Pixeltexturen sucht. Dies gelingt über Differenzbildvergleich und Methoden zur Erkennung des optischen Flusses in definierten Bildbereichen. Die Bildbereiche sind dabei so gewählt, dass sie dem aktuellen Freiraum vor dem eigenen Fahrzeug bis zum nächsten Fahrzeug entsprechen, ②. Eine so ermittelte Video-Hinderniswahrscheinlichkeit sowie weitere Zuverlässigkeitsklassifizierungen werden an das ACC-Master-Steuergerät gesendet.

Den unmittelbaren Nahbereich vor der Fahrzeugfront deckt ergänzend das Ultraschallsensorsystem ab. Der Erfassungsbereich reicht bis zu vier Meter nach vorn und seitlich über den Anfahrkorridor hinaus, ③. Das Einparkhilfesteuergerät sendet dabei kontinuierlich die Abstandsmessinformationen an das ACC-Master-Steuergerät. Zusätzlich zu den vier direkten Messsignalen (zum Beispiel Sensor 1 sendet und empfängt) werden auch sechs Kreuzecho-Abstandssignale (beispielsweise Sensor 1 sendet, Sensor 2 empfängt dieses Signal) ermittelt. Deswegen liegen im ACC-Algorithmus zehn Abstandsmessinformationen vor. Eine von Audi entwickelte Auswertesoftware



② Umfelderfassung auf Basis Video-Bildverarbeitung

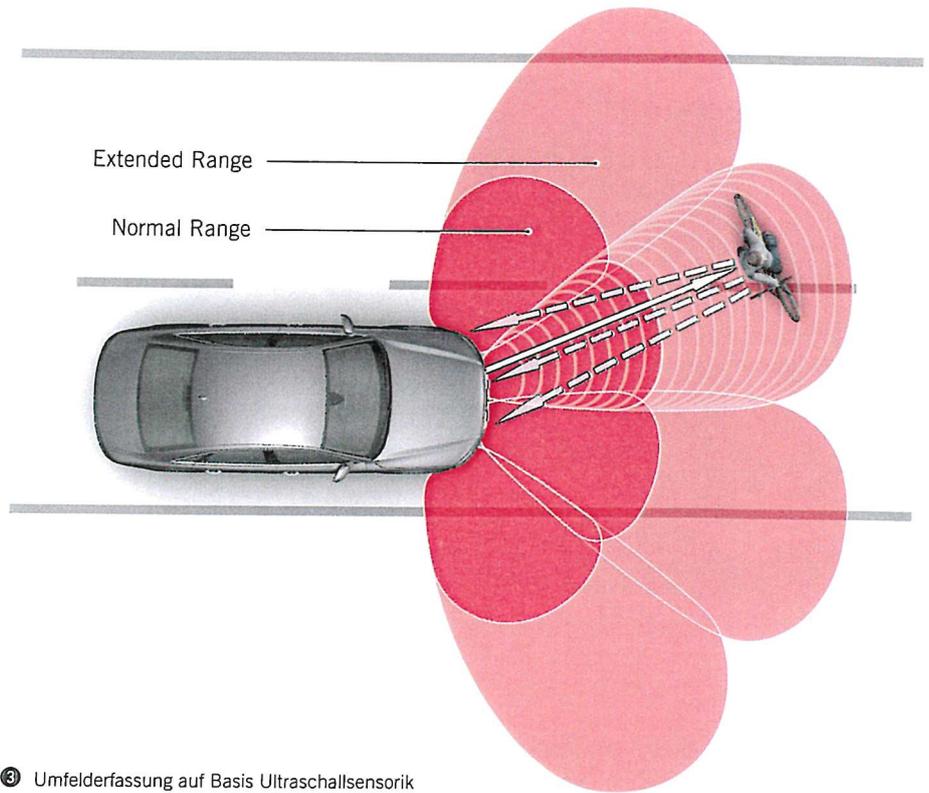
bestimmt die Ultraschall-Hinderniswahrscheinlichkeit – generiert aus Trilaterations-Verfahren und Plausibilitätsbetrachtungen. Aus den Einzel-Hinderniswahrscheinlichkeiten wird situationsabhängig unterschiedlich gewichtet eine Gesamt-Hinderniswahrscheinlichkeit bestimmt. Daraus resultiert wiederum eine „Anfahrkorridor Frei/Nicht-Frei“-Entscheidung.

Zur Ermittlung der Erkennungszuverlässigkeit der dreifachen Umfelderkennung wurden umfangreiche entwicklungsbegleitende Tests durchgeführt. Eine abschließende Testreihe mit über 500 Einzelversuchen deckte die Varianz der potenziell auftretenden Situationen gut ab. Die Parameter, die die Entwickler dabei berücksichtigen, zeigt ④. Das Testergebnis zeigte eine sehr hohe Erkennungsrate.

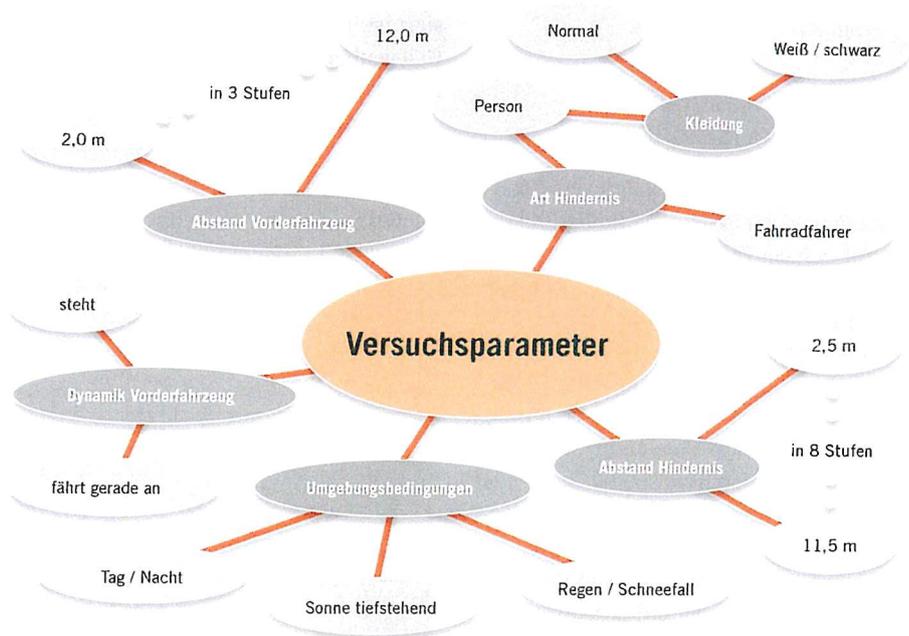
ACC-STOP&GO UND ANFAHRFUNKTION

Die neue Generation des ACC mit Stop&Go sowie die Anfahrfunktion erfüllen die Audi-typische Funktionsphilosophie. Entsprechend sind sie in das bestehende Bedien- und Anzeigekonzept integriert. Zu den Kriterien der Funktionsphilosophie zählt sowohl die größtmögliche Verfügbarkeit des Systems als auch eine System-Einstellbarkeit, unabhängig von ungünstigen äußeren Rahmenbedingungen. So kann der Kunde sein ACC im A8 auch bei sehr niedrigen Geschwindigkeiten aktivieren und Wunsch-Geschwindigkeit sowie -Abstand einstellen. Dies ist sogar im Stillstand möglich und unabhängig davon, ob ein vorausfahrendes Fahrzeug zugegen ist.

Bremst das Fahrzeug im ACC-Betrieb im Stop&Go-Verkehr automatisch mit bis zu $4,0 \text{ m/s}^2$ hinter dem vorausfahrenden Fahrzeug bis in den Stillstand ab, bleibt das System weiterhin aktiv. Anschließend wartet der Anfahrassistent darauf, dass das vordere Fahrzeug wieder beschleunigt. Dauert der Halt nur zwei bis drei Sekunden, fährt der A8 direkt automatisch an. Bei längerem Stillstand hingegen, zum Beispiel an einer roten Ampel, leitet der Fahrer den automatischen Anfahrvorgang durch ein Ziehen am „Resume“-Hebel oder durch die Betätigung des Gaspedals ein. Im Vergleich zu bisherigen ACC-Systemen gewinnt der Fahrer durch diese Funktion deutlich an Komfort. Ein Vergleich macht dies deutlich: In den bisherigen Systemgenerationen wurde der Fahrer erst akzeptiert, wenn



③ Umfelderkennung auf Basis Ultraschallsensoren



④ Versuchsparemeter zur Testreihe Umfelderkennung im Nahbereich

das vordere Fahrzeug anfuhr. Dies führte häufig dazu, dass das Vorderfahrzeug bereits mehrere Meter weggefahren war und eine größere Lücke entstand.

Hier bietet ACC im Audi A8 dem Fahrer nun die Möglichkeit, den Anfahrtrigger schon bis zu 15 Sekunden vor dem Anfahren des Vorderfahrzeugs auszulösen. Zum Beispiel wenn er sieht, dass die Ampel auf

„Grün“ umspringt und die Kolonne gleich anfährt. Der A8 wird jetzt punktgenau mit dem vorderen Fahrzeug anfahren.

Diese Zeitspanne von bis zu 15 Sekunden wird unterstützt durch die Umfelderkennung beim Anfahren. Im Falle eines erkannten Objekts im Fahrkorridor erhält der Fahrer, sobald das Fahrzeug anfährt, eine optisch und akustische Fahrerüber-



5 Optisch/akustische Fahrerübernahmeaufforderung im Kombiinstrument

nahmeaufforderung, 5. Das Anfahren erfolgt dann mit einer deutlich reduzierten Dynamik. Der Fahrer gewinnt somit Zeit, um eine mögliche Kollision oder eine Engpass-Situation zu vermeiden.

PROBANDENVERSUCHE ZUR SYSTEMAUSLEGUNG

Entwicklungsbegleitend waren verschiedene Fragen zur Systemauslegung und der Gestaltung der Funktion an sich zu lösen. Da sich derartige Fragen nur mit „Normalfahrern“ beantworten lassen, wurden Fahrversuche mit einem speziell ausgerüsteten Versuchsfahrzeug durchgeführt, 6. Das Fahrzeug ermöglicht die Aufzeichnung der CAN-Bus-Daten der Fahrerreaktionen an Fahr- und Bremspedal, sowie die Lenkbewegungen. Darüber hinaus sind drei Kameras angebracht, die die Verkehrsszene, das Gesicht des Fahrers sowie den Fußraum erfassen und synchron zu den CAN-Daten abspeichern, 7. Für die Versuche sind dabei drei Aspekte wichtig: Die Auswahl der Probanden (Pbn), die Instruktion und die Erfahrung der Pbn mit dem System, sowie die Natürlichkeit der Fahr- und Versuchssituation.

An den Fahrversuchen nahmen insgesamt 36 Personen teil, repräsentativ ausgewählt nach Alter und Geschlecht. Um einen gleichen Kenntnis- und Fertigungsstand bezüglich des Umgangs mit ACC Stop&Go zu gewährleisten, erhielten alle Personen zu Beginn des Versuchs eine Einweisung in das System mit praktischer Übung.

Um den Probanden die Gelegenheit zu geben, das ACC Stop&Go-System zu erleben, wurde eine Strecke gewählt, die durch viel Stop&Go-Verkehr charakterisiert ist. Dem Fahrer bietet sich somit die Gelegenheit, das System ACC Stop&Go zu nutzen und die Funktion in kurzer Zeit wiederholt zu erleben.

Während eines derartigen Versuchs kommen im Prinzip alle für ACC Stop&Go relevanten Situationen vor, jedoch nicht mit hinreichender Häufigkeit, um statistisch belastbare Aussagen zu treffen. Deshalb werden mit instruierten Personen und Fahrzeugen Situationen dargestellt, die in

der täglichen Nutzung auftreten können.

Bei jeder Testfahrt werden Ereignisse, die auch im realen Straßenverkehr vorkommen, gezielt erzeugt: An Ampeln, bei der die Rotphase bekannt ist beziehungsweise durch Knopfdruck ausgelöst werden kann, befindet sich ein instruiertes Fahrzeug vor dem Versuchsfahrzeug. Bei „Grün“ fährt das vordere Fahrzeug los, ein instruierter Fußgänger betritt die Fahrbahn. Das System erkennt den Fußgänger und löst die entsprechende Systemreaktion der Anfahrfunktion aus. Bei jedem Proband wird einmalig simuliert, dass der Fußgänger nicht erkannt wird und das Fahrzeug normal anfährt.

ERGEBNISSE FÜR DIE SYSTEMAUSLEGUNG

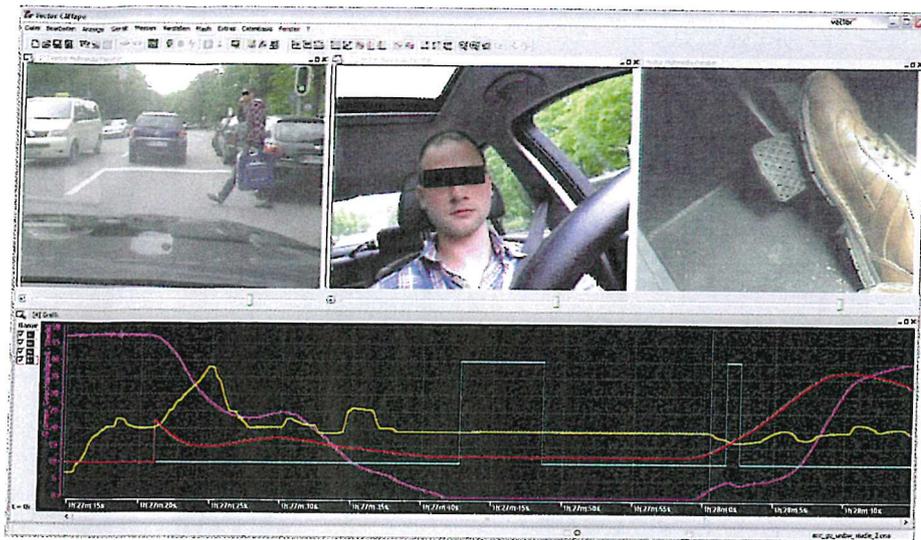
Die erste Frage betrifft die maximale Dauer zwischen der Aktivierung des „Go“ (Betätigung des „Resume“-Hebels) bis zum Anfahren. Wird der Fahrer bei längeren Zeiten zwischen Anfahr-Anforderung und tatsächlichem „Go“ und eventueller Beschäftigung mit Nebentätigkeiten beim Anfahrvorgang ausreichend aufmerksam sein?

Zur Beantwortung dieser Frage wird in den hergestellten Anfahrssituationen mit abgelenkten Fahrern getestet. Die Fahrer werden durch den Versuchsleiter mit einer Nebenaufgabe abgelenkt.

Sämtliche Versuche zeigen, dass alle Fahrer den Blick auf die Straße richten,



6 Versuchsfahrzeug mit Messinstrumentarium



Die Verkehrsszenen und Fahrerreaktion (Gesicht und Fußraum) werden synchron mit den CAN-Daten aufgezeichnet

Die Auswertung der Blick- und CAN-Daten zeigt sehr deutlich: Alle Fahrer nahmen den Fußgänger wahr und alle Personen reagierten korrekt mit Betätigung der Bremse oder Fuß in Bremsbereitschaft. Das aufgrund der Versuchsergebnisse und ergonomischer Prinzipien realisierte System- und Warnkonzept erfüllt alle gesetzten Anforderungen. Wird ein Objekt im Anfahrkorridor erkannt, erhält der Fahrer zusätzlich die Übernahme-Auforderung, die ihm aus dem ACC-Betrieb bekannt ist. Auch in den Situationen ohne zusätzliche Warnung wird die Aufmerksamkeit des Fahrers durch den Anfahrdruck auf die Straße gerichtet, wie die Versuchsergebnisse deutlich gezeigt haben.

sobald sich das Fahrzeug in Bewegung setzt. Auch das Anfahren mit reduzierter Dynamik wird von den Fahrern wahrgenommen und führt zu einer Blickzuwendung zur Straße. Das bedeutet: In dem

hier untersuchten Zeitintervall erregt die Bewegungswahrnehmung und die Eigenbewegung des Fahrzeugs die Aufmerksamkeit des Fahrers, so dass er seinen Blick auf die Straße richtet.



DOWNLOAD DES BEITRAGS
www.ATZonline.de



READ THE ENGLISH E-MAGAZINE
order your test issue now:
SpringerAutomotive@abo-service.info

w.mta.it

MTA
Advanced Automotive Solutions

Today we give you more
electronics, Electromechanics, Race.

Elektronik, Elektromechanik, Rennsport. MTA behauptet heute mehr denn je ihren Platz als idealer Partner für den Ausbau Ihres Business und stellt Ihnen hierzu 3 Divisionen zur Verfügung. Divisionen, die den Markt Bereichen Automotive und Off Highway eine komplette und personalisierte Palette fortschrittlicher Produkte mit hohem technologischem Inhalt bieten.

MTA, Innovation

ATZ

elektronik

2 April 2010 | 5. Jahrgang

STANDSREGELSYSTEM und
o&Go-Funktion im Audi A8

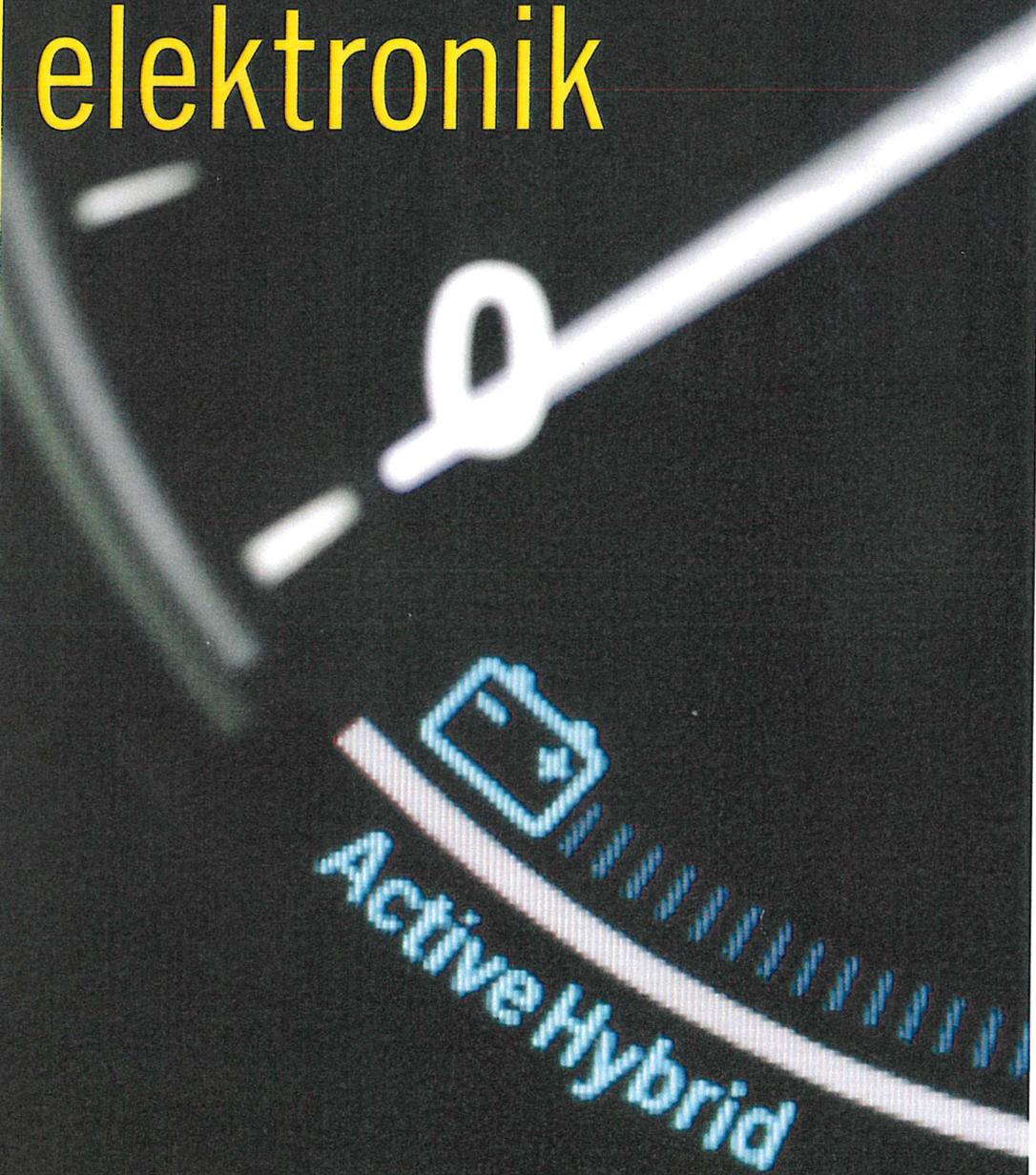
OSAR-SOFTWARE für Test
Absicherung

ILES MESSEN von
zessen in Verbrennungsmotoren

ONOMES FAHREN in der Stadt

STKOMMENTAR
s-Christian Reuss

ERVIEW
nz Schäfer



ActiveHybrid

ENERGIEMANAGEMENT HYBRIDANTRIEBE STEUERN UND REGELN