



Einspeisen von Videodaten in ein reales Fahrzeug für effizientere Testverfahren

© IPG Automotive

AUTOREN



Dipl.-Wirt.-Ing. Raphael Pfeffer
ist Produktmanager Test Systems
bei IPG Automotive in Karlsruhe.



Dipl.-Ing. Marc Haselhoff
ist Ingenieur in der Elektronik-
Entwicklung bei IPG Automotive
in Karlsruhe.

Zum Testen von kamerabasierten Fahrerassistenzsystemen unter realen Bedingungen können Simulationen einen Beitrag zur Effizienzsteigerung leisten. IPG Automotive zeigt das Potenzial der virtuellen Videodateneinspeisung in reale Komponenten anhand der Video Interface Box.

VIELFALT DER SZENARIEN

Alle aktiven Sicherheitssysteme haben eines gemeinsam: Sie müssen verlässlich funktionieren. Das wird länderspezifisch von unterschiedlichen Prüforganisationen getestet. In Europa bewertet die unabhängige Organisation Euro NCAP (European New Car Assessment Programme)

die Neuwagen. Eines der Hauptkriterien von Euro NCAP beim Test aktueller und zukünftiger Generationen von Fahrerassistenzsystemen (FAS) ist die Zuverlässigkeit bei der Erkennung von Situationen, in denen Fußgänger oder Radfahrer involviert sein könnten.

Voraussetzung für die einwandfreie Funktion sind umfangreiche Tests in der



Entwicklung, die etliche relevante Szenarien einbeziehen. Zur Generierung entsprechender Szenarien bietet die Simulation eine nahezu unbegrenzte Vielfalt an exakt wiederholbaren Kombinationsmöglichkeiten aus Umwelt, Verkehrsobjekten und Fahrdynamik. Für den virtuellen Fahrversuch hat IPG Automotive verschiedenste, aufeinander abgestimmte Software- und Hardwareprodukte entwickelt, die mithilfe der Simulation diese Szenarien im MiL-, SiL-, HiL- und ViL-Umfeld für die Entwicklung sicherheitsrelevanter Assistenzfunktionen wie beispielsweise Notbremsassistentensysteme nutzbar machen.

POTENZIAL EINES KÜNSTLICHEN FUSSGÄNGERS

Beim Überqueren einer Straße wandelt ein Fußgänger mit nur einem Schritt eine unkritische in eine lebensgefährliche Situation. Um in dieser Situation Zeit und damit benötigten Bremsweg zu gewinnen, muss ein kamerabasiertes Assistenzsystem schon die Intention der Person, die Fahrbahn zu betreten, erkennen können.

Der reale Mensch verlagert beim Loslaufen den Oberkörper nach vorn, noch bevor die Beine bewegt werden. Aktuelle, passive Dummies, sogenannte Pedestrian Targets, auf ferngesteuerten Plattformen verhalten sich dazu genau gegensätzlich; durch die Trägheit lehnt sich der Dummy beim „Loslaufen“ mit dem Oberkörper nach hinten. Darüber

hinaus sind die Extremitäten bei einfachen Modellen oft starr realisiert und damit zur Stimulation moderner Erkennungsalgorithmen ungeeignet. Eine anatomisch korrekte Nachbildung des menschlichen Bewegungsablaufs ist nur mit sehr hohem technischen Aufwand zu realisieren.

Die Beschädigung oder der Verlust eines solchen Targets würde darin resultieren, dass es für aussagefähige Tests nicht weiterverwendet werden kann. Um das zu vermeiden, muss eine fehlerhafte Erkennung durch das Testfahrzeug aufwendig verhindert werden, indem der Dummy beispielsweise unmittelbar vor dem Aufprall nach oben aus dem Gefahrenbereich gezogen wird. Dies erfordert weitere kostenintensive Konstruktionen. Auch das Reflektionsverhalten des gesamten Aufbaus aus Dummy, Antrieb und Sicherungssystem mit metallischen Komponenten kann stark vom realen Fußgänger abweichen. Bei der Untersuchung der Fusion von Radar- und Bilddaten fällt dies besonders ins Gewicht.

Eine alternative Lösung kann daher die Verlagerung der Testszenarien in die virtuelle Welt der offenen Integrations- und Testplattform CarMaker sein. Hier lassen sich alle relevanten Elemente wie Fahrzeug, Straße, Verkehrsteilnehmer und -objekte analog zum realen Fahrversuch abbilden, auch die für aktive Sicherheitssysteme relevanten Fußgänger, **BILD 1**.

EINSPESUNG VIRTUELLER BILDDATEN IN REALE KOMPONENTEN

Die virtuellen Fußgänger und Radfahrer in IPGMovie, dem 3-D-Visualisierungstool der CarMaker-Produktfamilie, zeichnen sich durch einen realitätsnahen Bewegungsablauf aus und sind daher für die Stimulation von bilddatenbasierten Erkennungsalgorithmen geeignet. Die im Euro NCAP geforderten Szenarien können in CarMaker nachgestellt und zum Test der Assistenz- und Sicherheitsfunktionen genutzt werden, **BILD 2**. Dabei ist der Einsatz entlang des gesamten V-Modells im MiL- und SiL-Bereich sowie am HiL-Prüfstand möglich. Selbst im realen Versuchsfahrzeug können die Systeme im ViL-Betrieb (also der Kombination aus realem Fahrzeug und virtueller Umgebung) eingesetzt werden. Für die Anwendung im Software-in-the-Loop-



BILD 1 Reale Euro NCAP Pedestrian Targets (EPTa und EPTc, links) versus virtuelle Fußgänger (Erwachsener und Kind, rechts) (© Euro NCAP und IPG Automotive)

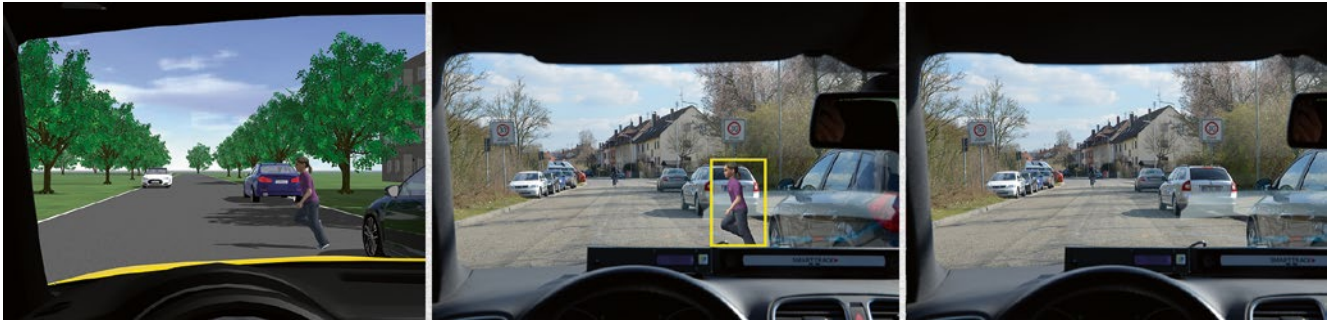


BILD 2 Euro-NCAP-Beispiel mit virtuellem Fußgänger (© IPG Automotive)

Stadium bietet das Sensor Model Extension Package eine Vielzahl an Möglichkeiten, die von IPGMovie generierten Szenen mit Filtern oder Fehlern zu versehen und sie per Netzwerksocket an die zu testenden Algorithmen zu übergeben. Existiert zu einem späteren Zeitpunkt im Entwicklungsprozess bereits ein Steuergerät als realer Prototyp oder sogar schon eine Serienversion, bietet die Simulation auch hier mehrere Möglichkeiten, die generierten Bilddaten in das Steuergerät einzuspeisen.

Den schnellsten und kostengünstigsten Weg stellt der „Monitor HiL“ dar. Hierbei wird das komplette Kamerasystem, bestehend aus Optik, Bildsensor (Imager) und Steuergerät (ECU) so vor einem hochauflösenden Monitor platziert, dass es die Szene erfassen und die

dargestellten Objekte erkennen kann. Bei Szenarien mit sehr hohen Helligkeitsunterschieden, wie zum Beispiel an Tunnelausfahrten oder in Gegenverkehrssituationen bei Nacht, geraten diese Aufbauten an ihre Grenzen. Auch die Darstellung von Szenen für extreme Weitwinkellinsen („Fischaugen“) ist nur mit hohem Aufwand und großer Präzision bei der Montage zu erreichen.

Für diese Fälle und um weitere Unzulänglichkeiten des „Abfilmens“ zu umgehen, wurde mit der Video Interface Box (VIB), BILD 3, eine technische Möglichkeit geschaffen, die Bilddaten direkt in das Steuergerät einzuspeisen. Dazu werden Optik und Bildsensor vom Rest des Kamerasystems physikalisch getrennt und für die entstandene Schnittstelle ein maßgeschneidertes Hardware-Interface

entwickelt. Da Optik und Bildsensor in den meisten Systemen zugekaufte Massenartikel sind, besteht hier in der Regel ohnehin eine Schnittstelle, die oft per Kabelverbindung realisiert ist. Hier ist also eine Kopplung ohne konstruktive Änderung des Steuergeräts, also auch mit einer Serienversion, möglich.

Da der optische Pfad, bestehend aus Linse und auf dem Sensor angebrachten Farbfilter, entfernt wird, ist eine Nachbildung dieser Komponenten in der Visualisierung notwendig. Das bereits erwähnte Sensor Model Extension Package bringt alle dazu benötigten Werkzeuge mit. Um das Testsystem so flexibel wie möglich zu gestalten, wird die Hardwareschnittstelle als austauschbare Aufsteckplatine innerhalb der Video Interface Box realisiert. Diese Platine dient lediglich der

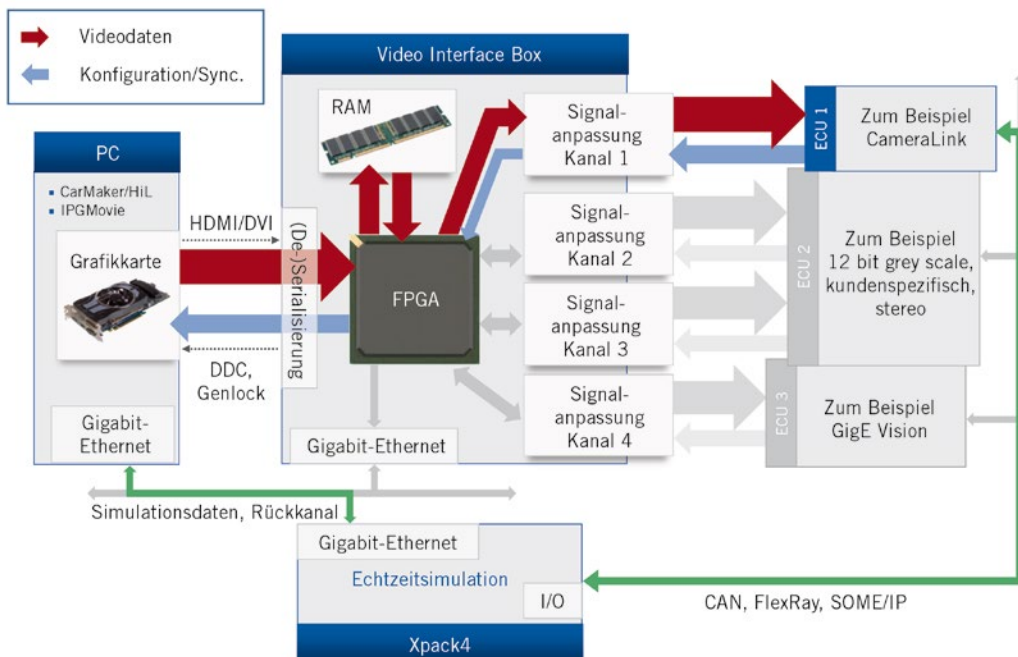


BILD 3 Video Interface Box (VIB) von IPG Automotive (Blockdiagramm) (© IPG Automotive)

SOLLTE EIN GLOBALER ANBIETER VON FAHRWERKS- SYSTEMEN IHRE WELT AUF DEN KOPF STELLEN?

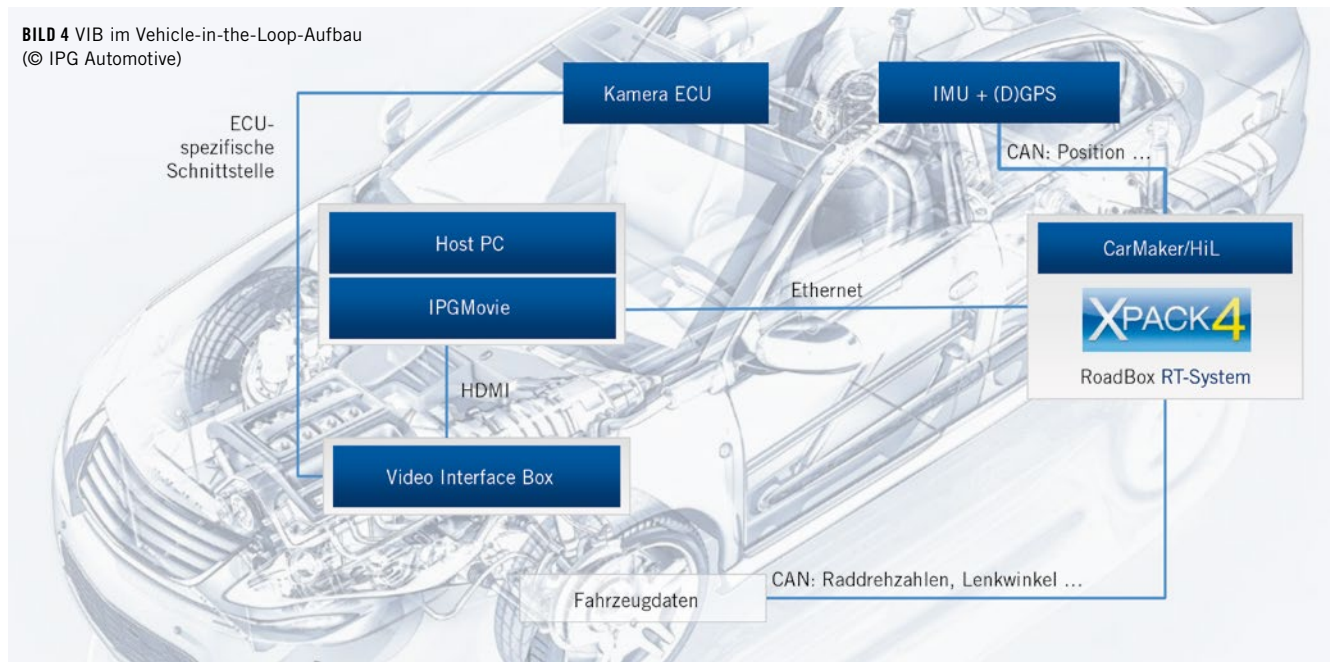
Bei Tenneco liegt uns der Dienst an unseren OEM-Kunden genauso am Herzen wie eine bequeme Fahrt. Deshalb sind an jedem Projekt erfahrene Programmmanager beteiligt und daher setzen wir bei der gesamten Entwicklung konsequent auf Anwendungstechnik spezialisierte Teams ein. Durch die Entwicklung vielfach bewährter „Monroe® Intelligent Suspension“-Dämpfer für mehr als 40 unterschiedliche Fahrzeugmodelle – von Kompaktwagen über Luxusfahrzeuge bis hin zu Supersportwagen – wissen wir sehr genau, dass jede Fahrzeugentwicklung individuelle Abläufe erfordert. Daher arbeiten wir eng mit unseren Kunden zusammen und sorgen so für eine effektive, durchweg transparente Kommunikation zwischen „Monroe® Intelligent Suspension“-Fertigungs- und Erstausrüsterteams.

Unser Ziel: Ein Entwicklungsprozess – so bequem und kontrollierbar wie unsere Produkte selbst. Zu guter Letzt verleihen unsere Fahrzeugingenieure der Federung per Feinabstimmung den letzten Schliff. Damit sich Ihre Kunden über das beste Fahrerlebnis freuen können. Die eigentliche Frage lautet: Was empfinden Ihre Kunden, wenn sie das neue Fahrzeug fahren? Bei unabhängigen Kundenbefragungen bewerteten 87% den Fahrkomfort von Oberklasse-Fahrzeugen mit „Monroe® Intelligent Suspension“-Dämpfern als sehr gut oder hervorragend. Vielleicht ist es also Zeit, sich mit dem Entwicklungsteam bei Monroe® Intelligent Suspension zu unterhalten. Schließlich bevorzugen Fahrer, deren Meinung für uns alle zählt, Monroe® Intelligent Suspension. Die Dämpfer, die ihre Welt verändern.

MONROE® INTELLIGENT SUSPENSION
IHR SECHSTER SINN BEIM FAHREN

monroeintelligentsuspension.com

BILD 4 VIB im Vehicle-in-the-Loop-Aufbau
(© IPG Automotive)



Anpassung der Signale an die Steckverbindung und die elektrischen Pegel der originalen Verbindung zwischen Imager und Steuergerät. Sämtliche Aspekte hinsichtlich Timing und der Einbettung von Daten, die nicht die eigentlichen Bildinformationen enthalten, sind als FPGA-Code auf der Hauptplatine der Video Interface Box untergebracht und können somit projektspezifisch angepasst und in weiten Teilen vom Anwender parametrisiert werden. Die Parametrierung wird dazu in IPGMovie realisiert, was eine komfortable Anpassung ohne die Notwendigkeit eines Eingriffs in den FPGA-Code möglich macht.

Die Verbindung zwischen IPGMovie und Video Interface Box wird über den HDMI-Ausgang einer leistungsstarken, handelsüblichen Grafikkarte hergestellt. Das eigene Protokoll von IPG Automotive in Verbindung mit dem bewährten Übertragungsweg HDMI garantiert ein verzögerungsarmes und effizientes Versenden der Bilddaten mit zuverlässigem, exaktem Timing. Dieses hochgenaue Timing ermöglicht es, das Puffern der Daten innerhalb der Video Interface Box auf ein Minimum zu beschränken und damit die Verzögerung durch die Signalanpassung äußerst gering zu halten. Da die bis zu vier verschiedenen Kameraansichten als „Kacheln“ im Split-Screen-Verfahren gemeinsam übertragen werden, sind die Ansichten untereinander optimal

synchronisiert und können auch zur Speisung von Stereokamera-ECUs genutzt werden, deren Algorithmen bereits bei geringen Synchronisierungsdifferenzen fehlerhafte Ergebnisse liefern können.

Über die HDMI-Verbindung erfolgt auch der Zugriff von IPGMovie auf die Registerstruktur des emulierten Imagers; durch diesen Zugriff kann IPGMovie zum Beispiel die von der ECU zuvor angewiesene Änderung der Belichtungszeit auslesen und darauf entsprechend reagieren. In der anderen Richtung können die Initialisierung der Registerstruktur und die Anpassung der Werte zur Laufzeit über diesen Rückkanal erfolgen. Vor allem durch die dynamische Reaktion auf Änderungen der Belichtungseinstellungen wird ein „echtes“ In-the-Loop-Testen erst möglich, da das Steuergerät nicht im sogenannten „HiL Mode“ betrieben werden muss, in dem einige Features der Seriensoftware deaktiviert sind. IPG Automotive entwickelt derzeit Emulationen von Bildsensoren der führenden Hersteller und deren gängigsten Modellen, wie auch Hardware zur Signalanpassung auf gebräuchliche Kamera-zu-ECU-Verbindungen wie zum Beispiel differenzielles NTSC oder verschiedene Varianten von LVDS. Die wachsende Anzahl an Emulationen, Adaptionenplatinen und deren Kombination senkt Aufwand und damit Kosten der Projekte.

VEHICLE-IN-THE-LOOP FÜR DAS TESTEN IM REALEN GESAMTFAHRZEUG

Ein weiterer Schritt zum Testen von kamerabasierten Fahrerassistenzsystemen unter realen Bedingungen ist die Verwendung der Video Interface Box im Vehicle-in-the-Loop-Testfahrzeug, **BILD 4**. Die Vehicle-in-the-Loop-Methode vereint die Vorteile von realem Fahrversuch und Simulation und ist insbesondere in späten Phasen der Entwicklung interessant. Hierfür wird das Device-Under-Test, hier ein kamerabasiertes System, bereits im Gesamtfahrzeug integriert. Die Einheit befindet sich also bereits im finalen Systemverbund. Im Gegensatz zum realen Fahrversuch werden jedoch Teile der Umwelt in der Simulation berechnet. Das hat den Vorteil, dass auch komplexe Szenarien einfach generiert oder gar aus früheren Phasen der Simulation übernommen werden können und vollständig reproduzierbar durchführbar sind. Trotzdem entspricht das Verhalten des Fahrzeugs hinsichtlich seiner Fahreigenschaften vollständig dem Verhalten aus einem realen Fahrversuch.

Für eine Umsetzung nach der Vehicle-in-the-Loop-Methode und einer Kopplung von Simulation und realem Fahrzeug sind im Wesentlichen zwei Teilaufgaben zu lösen:

- Positionsbestimmung des Fahrzeugs in der realen Welt und Überführung der Position, Bewegung und Lage in die Simulation
- Perception der simulierten Umwelt und Überführung an die entsprechende Sensorik oder nachgelagerte Komponenten im Fahrzeug (dieser Punkt lässt sich vollständig übertragbar auch im ViL-Fall mit dem zuvor vorgestellten Video-Interface-Box-Verfahren lösen).

Für die Positionsbestimmung hat sich der Einsatz einer inertialen Messplattform bewährt. Die hochgenauen Beschleunigungs- und Drehratensensoren werden zur relativen Lage- und Lageänderungsbestimmung verwendet. Um eine Drift über die Zeit zu vermeiden, wird das System durch absolute Positionsdaten aus GPS und DGPS gestützt. So können bei einer Update-Rate von bis zu 1000 Hz Genauigkeiten von 1 bis 2 cm erreicht werden (1 σ -Umgebung).

Im Fahrzeug wird zusätzlich ein kompaktes Echtzeitsystem (RoadBox), auf dem der Simulationskern in harter Echtzeit läuft und an das die Positions- und Bewe-

gungsdaten des echten Fahrzeugs über eine CAN-Schnittstelle gesendet werden, mitgeführt. Das Fahrzeugmodell in der Simulation wird dabei komplett durch die gemessenen Daten ausgetauscht. Die Fahrdynamik ist real. Der Echtzeitrechner selbst ist mit einem Host-PC über Ethernet verbunden, der dem Testingenieur/-fahrer zum einen die Kontrolle über die Simulation ermöglicht und zum anderen die Grafikkarte für die VIB beinhaltet. Bei den Fahrversuchen bewegt der Fahrer das Fahrzeug über ein freies Testgelände. Sämtliche für den Testfall relevanten Objekte werden in der Simulation erzeugt. Damit der Fahrer die Fahrsituation insbesondere für Closed-Loop-Szenarien wahrnehmen kann, kommen Augmented-Reality-Brillen mit See-through-Technik zum Einsatz. Diese blenden – ähnlich wie ein Head-up-Display – die virtuellen Objekte als Overlays ein. Dabei wird über ein Tracking-System die Kopfbewegung erfasst, sodass die Darstellung immer passend ausgegeben werden kann. Auf diese Weise entsteht ein Gesamtsystem, das sich so weit wie möglich am realen Fahrversuch orientiert, aber

die Durchführung der Tests mit deutlich vermindertem Aufwand ermöglicht.

VERGLEICHBARE VERFAHREN

Der Absicherungsaufwand für kamera-basierte Assistenzfunktionen stößt mit herkömmlichen realen Fahrversuchen längst an seine Grenzen hinsichtlich Machbarkeit und Wirtschaftlichkeit. Der Einsatz der vorgestellten Video Interface Box in einer Vehicle-in-the-Loop-Umgebung ermöglicht das risikolose und reproduzierbare Testen auch komplexer Test-szenarien mit hoher Effizienz und unter realen Randbedingungen. Zukünftige Generationen von Bildauswertungs- und Funktionsalgorithmen werden Aspekte berücksichtigen, die durch physische Dummy Targets nicht mehr dargestellt werden können. Spätestens dann wird auf vergleichbare Verfahren vor allem in Hinblick auf Fahrerassistenzsysteme nicht mehr verzichtet werden können.



READ THE ENGLISH E-MAGAZINE

Test now for 30 days free of charge:
www.atz-worldwide.com

Ladungswechsel im Verbrennungsmotor

Elektrifizierung – Potenziale für den Ladungswechsel

9. MTZ-Fachtagung

25. und 26. Oktober 2016 | Stuttgart

AUFLADUNG

Mechanisch und elektrisch unterstützte Aufladekomponenten

EMISSIONEN

Einfluss des Ladungswechsels

SYSTEMOPTIMIERUNG

Kurbelgehäuse und Ventiltrieb



Aktuelles Tagungsprogramm: www.ATZlive.de