



# Die Rolle des Fahrers im Spektrum von Automation und Transition

Moderne Fahrzeuge verfügen über immer zahlreichere Assistenzsysteme, die dem Fahrer Aufgaben abnehmen oder ihn unterstützen. Nur bedingt führt die Kombination der einzelnen Lösungen im Zusammenspiel mit dem Menschen jedoch zu sicherheitstechnischen Synergien. Dieses Ergebnis bestätigt eine Simulatorstudie der Volkswagen AG, in der verschiedene Übergabe- und Übernahmesituationen innerhalb eines definierten Automationspektrums hinsichtlich der Nutzererwartungen und des Nutzerverhaltens untersucht wurden.

## 1 Einleitung

Kontinuierliche Entwicklungen in der Fahrzeugindustrie haben inzwischen zu einer großen Zahl an Assistenzsystemen geführt. Diese werden auch in integrierter beziehungsweise simultan regelnder Auslegung Aufgaben der Fahrzeugführung übernehmen. Eine vorwiegend technisch vorangetriebene Automationszunahme kann zu Insellösungen führen, die sich nur marginal zur Verwirklichung von sicherheitstechnischen Synergieeffekten miteinander kombinieren lassen. Erfahrungen aus der Luftfahrt bestätigen, dass eine Synthese aus Assistenz und Automation bei Vorliegen diffuser Mensch-Maschine-Schnittstellen mit ungewollten Nebeneffekten einhergeht.

Ein geringes Systemverständnis, Intransparenz der Eingriffe und Verwechslungen von Systemzuständen sind vor dem Hintergrund der Bandbreite automatisierter Fahrfunktionen zu beachten. **Bild 1** veranschaulicht ein denkbares Spektrum mit potenziellen Transitionen zwischen den jeweiligen Stufen. Es macht deutlich, dass die Bandbreite und Vielzahl an Übergabe- beziehungsweise Übernahme-situationen eine zunehmende Komplexität des Gesamtsystems

bedingen. Im vorliegenden Beitrag werden die Nutzererwartungen sowie das Nutzerverhalten aus technischer und psychologischer Sicht in Übergangssituationen zwischen vier Automationsstufen, **Bild 2**, thematisiert. Im Folgenden soll kurz geschildert werden, wie die Simulatorstudie, auf der dieser Text basiert, konzipiert war. Die Bandbreite der integrierten Fahrfunktionen im Simulator umfasste:

- die Fahrt ohne Assistenz
- die Fahrt mit Adaptive Cruise Control (ACC)
- die Fahrt mit kombinierter Quer- und Längsführung, Spurhaltung nur unterstützt
- die Fahrt mit kombinierter Quer- und Längsführung, Spurhaltung übernommen.

Für die einzelnen Modi wurden folgende begriffliche Vereinfachungen gewählt, die auch im weiteren Verlauf des Beitrags Verwendung finden:

1. Stufe: Fahrer selbst (FS)
2. Stufe: ACC
3. Stufe: Assistent
4. Stufe: Pilot.

Im Vordergrund standen Transitionen von der Automation hin zum Fahrer und umgekehrt. Der Grad der Kontrollverschiebung variierte jedoch zwischen Au-

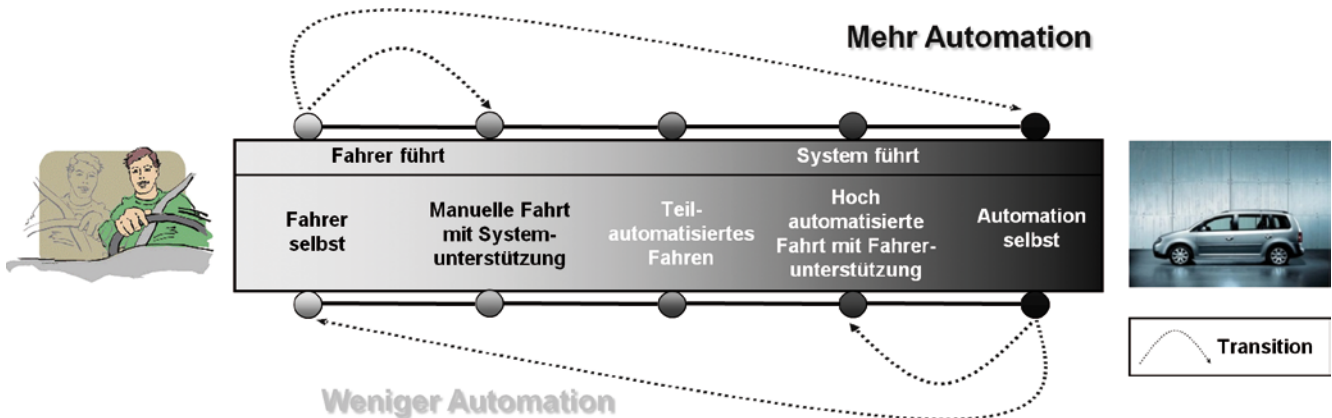
## Die Autoren



Dipl.-Psych. Ina Petermann ist Doktorandin in der Abteilung „Bedienkonzepte & Fahrer“ der Volkswagen Konzernforschung in Wolfsburg.



Dr. Miklós Kiss ist Leiter in der Abteilung „Bedienkonzepte & Fahrer“ der Volkswagen Konzernforschung in Wolfsburg.



**Bild 1:** Potenzielles Automationspektrum mit Transitionen



**Bild 2:** Integrierte vier Automationsstufen

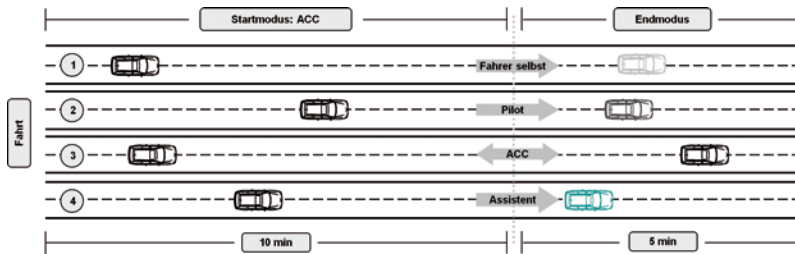


Bild 3: Ablauf der vier Fahrten (Startmodus ACC)

tomation und Fahrer. So wurden direkte (De-)Aktivierungen um indirekte über Zwischenstufen erweitert.

## 2 Methodische Umsetzung

Die Untersuchung fand in einem feststehenden Fahrsimulator statt. Die 80 getesteten männlichen Probanden hatten die Aufgabe, die in Bild 2 vorgestellten Stufen während einer Autobahnfahrt zu nutzen. Jeweils 20 Probanden wurden zufällig die Startmodi FS, ACC, Assistent oder Pilot zugeordnet. Dieses Automationsniveau stellte dann stets den Ausgangspunkt für Transition in entsprechend höhere beziehungsweise niedrigere Stufen dar. Die Übergänge fanden etwa auf dem letzten Drittel der Fahrstrecke statt, Bild 3. Aufgrund der festgelegten Abfolge ist zu beachten, dass es auch Fahrten ohne Übergang gab, Bild 3. Fahrerseitig auszulösende Übergaben oder systemseitig initiierte Übernahmeaufforderungen an den Fahrer erfolgten somit dreimal innerhalb von vier Fahrten von jeweils 15 Minuten.

Neben der Reihenfolge je Versuchsgruppe wurde auch die Art der Schaltung variiert. Dies betraf die Modi Assistent und Pilot. Hier waren neben direkten (De-)Aktivierungen auch indirekte über Zwischenstufen möglich, zum Beispiel über das ACC. Die Übergänge wurden in Abhängigkeit funktionsrelevanter Fahrsituationen ausgelöst. Ein Display visualisierte dem Fahrer Veränderungen des Systemzustandes. Zudem wurden sie von einem Tonsignal begleitet. Die Probanden sollten angebotene Fahrfunktionen mittels Tastendruck auf dem Lenkrad aktivieren sowie in bestimmten Fahrsituationen entsprechend reagieren.

Neben einer seriennah umgesetzten Regelung des ACC wurde für die zwei angebotenen Spurhaltungsvarianten, Bild 2, ein Sollpunkt definiert, der vor dem Egofahrzeug ausschlaggebend für korrigierende Lenkeingriffe war. Das aufgebraachte Zusatzlenkmoment hing zudem von der Fahrgeschwindigkeit ab, die maximal 110 km/h betrug. Für den Modus Pilot erfolgte eine fahrspurzentrierte

Auslegung der Spurhaltung, welche den Probanden eine sogenannte Hands-Off-Fahrt ermöglichte. Die Führung beim Assistenten hingegen unterstützte nur über die Initiierung einer Gegenlenkkraft bei unbeabsichtigtem Annähern an die Fahrbahnränder.

## 3 Ergebnisse der Studie

Am Versuch nahmen 80 männliche Probanden teil, die im Mittel 35,6 Jahre alt waren (Standardabweichung  $sd = 6,2$  Jahre) und eine durchschnittliche jährliche Fahrleistung von 18887,50 km aufwiesen ( $sd = 9123,62$  km/Jahr). Ihre Reaktionen und Beurteilungen werden im Folgenden getrennt für Deaktivierungen beziehungsweise Aktivierungen dargestellt.

Für Transitionen in höhere Automatisierungsgrade galt stets die Zeitspanne vom systemseitig initiierten Angebot bis zu dessen Bestätigung über die Lenkradtaste als Grundlage zur Berechnung von Aktivierungsdauern. Für Übergänge in geringere Automationsstufen wurde als Maß der Fahrerreaktion der Zeitpunkt von der Systemübergabe bis zu einer situationsgebundenen Handlung betrachtet. Bei Transitionen auf FS entsprach dies einem erwartbaren Ausweichmanöver infolge einer Kollisionssituation mit einem Reh. Bei Teilrückgaben an den Fahrer wurden die Kennwerte bis zum Erscheinen eines „neuen“ Fremdfahrzeuges analysiert. Subjektive Bewertungen erfolgten auf einer 15-stufigen Skala. Bis auf die Angaben zur Re-

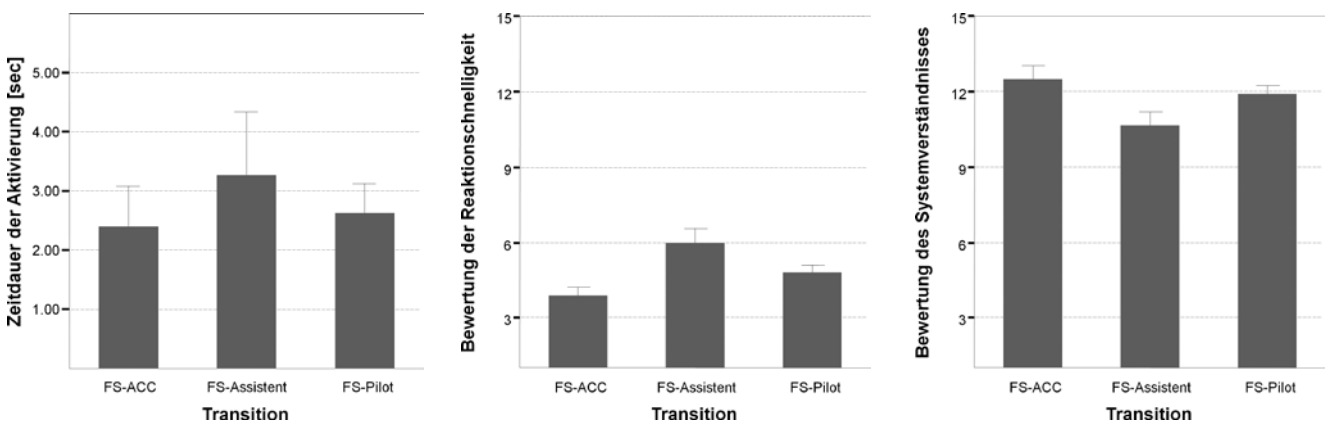
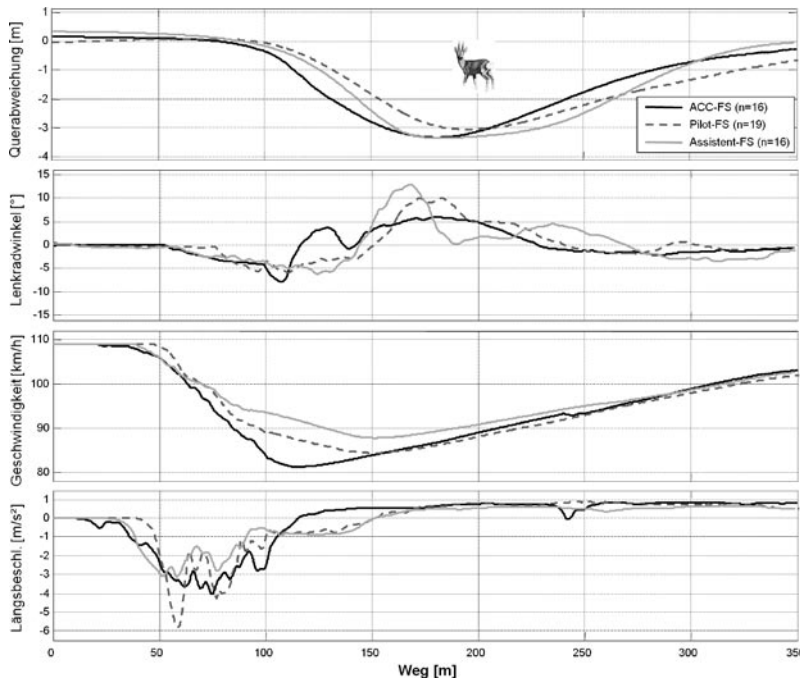


Bild 4: Fehlerbalkendiagramme für die Aktivierungsdauern (links) und die subjektiven Bewertungen (Mitte und rechts) der direkten Transitionen aus Modus Fahrer Selbst





**Bild 5:** Verlauf der Fahrer- und Fahrzeugreaktionen für den Systemabwurf auf Fahrer selbst aus dem Modus ACC, Assistent oder Pilot

aktionsschnelligkeit, **Bild 4** Mitte, entsprach die Zahl „1“ einer geringen und der Wert „15“ einer hohen Itemsausprägung.

### 3.1 Transitionen von FS auf ACC, Assistent oder Pilot

In **Bild 4** links ist die Aktivierungsdauer in Sekunden für den direkten Übergang aus FS in eine der drei implementierten Systemfunktionen dargestellt. Ein Effekt der Fahrt ( $F_{2,51} = 0,230$ ,  $p = 0,796$ ) beziehungsweise Wechselwirkungen zwischen Endmodus Fahrt ( $F_{4,51} = 0,792$ ,  $p = 0,536$ ) wurden varianzanalytisch nicht festgestellt. Dafür ergab sich ein Haupteffekt des Faktors „Endmodus“ ( $F_{2,51} = 4,199$ ,  $p = 0,021$ ).

Im **Bild 4** links zeigt sich, dass die Probanden im Vergleich zum Übergang auf den Assistenten signifikant schneller vom Modus FS auf ACC ( $p = 0,004$ ) beziehungsweise Pilot geschaltet haben ( $p = 0,038$ ). Beim Übergang auf ACC im Gegensatz zur Transition FS zu Assistent wurde auch subjektiv schneller reagiert ( $p = 0,008$ ), **Bild 4** Mitte. Zudem verstanden die Probanden hier besser, was das System jetzt tun wird ( $p = 0,027$ ), **Bild 4** rechts. Allerdings konnte sowohl in den Video- als auch Versuchsdokumentati-

onen festgestellt werden, dass bei der Schaltung FS zu Assistent bei vier von 20 Personen eine Modusverwechslung auftrat. Die Personen nahmen hier nach der Aktivierung die Hände vom Lenkrad. Sie gaben an, geglaubt zu haben, dass jetzt der Pilot die Fahraufgabe übernimmt. Diese falsche Annahme wurde trotz regelungsbedingtem Pendeln in der Spur oft erst nach einigen Sekunden bemerkt. Zudem holten sich die Fahrer keine verifizierenden Informationen vom Display mit der Systemzustandsanzeige. Auf Nachfrage wünschten sich zehn von 18 Personen mit dem Übergang FS zu Assistent eher ein schrittweises Hochschalten über ACC. Für die Aktivierung vom Pilot hingegen sprachen sich 13 von 19 Probanden gegen eine derartige indirekte Schaltung aus.

### 3.2 Transitionen von ACC auf Assistent oder Pilot

Analysiert man die eben beschriebenen, indirekten Transitionen aus ACC heraus, zeigt sich, dass die Probanden vergleichbar schnell die Modi Pilot beziehungsweise Assistent aktivierten ( $T_{38} = -0,405$ ,  $p = 0,668$ ). Gleiches gilt für den jeweiligen Vergleich zur Transition aus FS. Laut subjektivem Urteil ist je-

# Messen mit Licht



## Optische Messsysteme für die Automobilentwicklung

Innovative Messtechnik von Polytec ist Ihr Schlüssel zu gesteigerter Produktqualität und mehr Effizienz in Entwicklung und Fertigung.

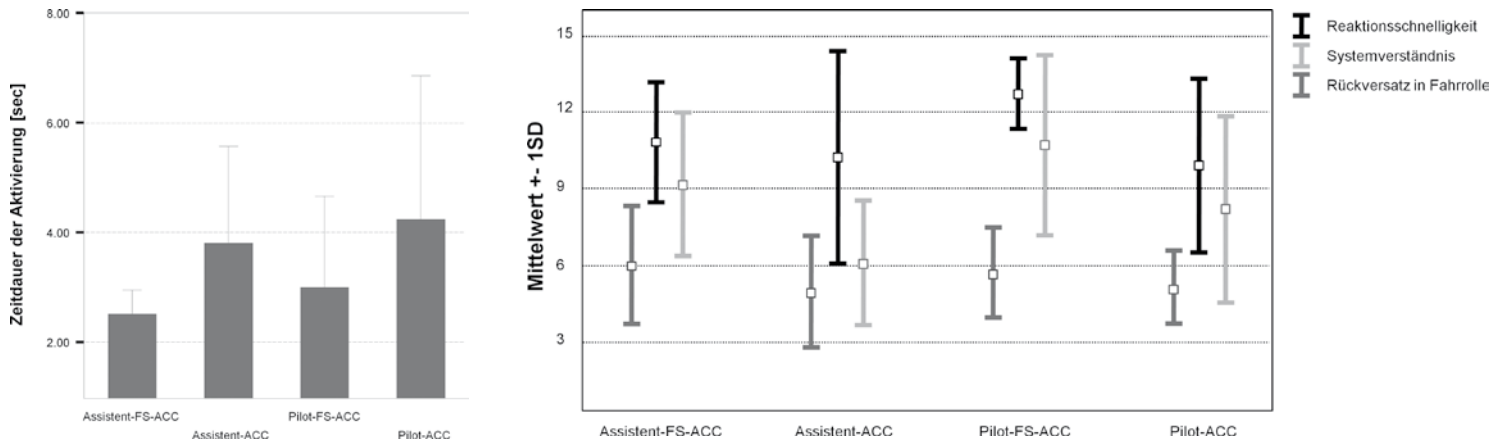
**Berührungslos, schnell und genau.**

- Laservibrometer für die berührungslose Schwingungsmessung, experimentelle Modalanalyse, zur Körperschallvisualisierung und zur dynamischen Dehnungsmessung.
- Weißlichtinterferometer für die Messung an anspruchsvollen funktionalen Oberflächen, zur Bestimmung von Geometrie und Topographie.

**Beratung! Vorführung! Miete!**  
**Telefon 07243 604-178/ -104**  
**Lm@polytec.de**

Polytec GmbH  
 76337 Waldbronn · [www.polytec.de](http://www.polytec.de)

Advancing Measurements by Light



**Bild 6:** Fehlerbalkendiagramme für die Aktivierungsdauern (links) und die subjektiven Bewertungen (rechts) direkter und indirekter Transitionen auf ACC

doch der Übergang von FS auf Pilot im Gegensatz zum Übergang von ACC zu Pilot transparenter und besser verständlich ( $T_{18} = -2,229$ ,  $p = 0,034$ ). Verwechslungen der Modi Pilot und Assistent konnten, wie unter 3.1 bereits geschildert, erneut bei drei von 17 Personen festgestellt werden.

### 3.3 Transitionen von ACC, Assistent oder Pilot auf FS

Unabhängig vom Ausgangsmodus erfolgte an einem definierten Streckenpunkt die komplette Rückgabe der Fahrzeugkontrolle an den Fahrer. Dies fand kurz vor einer schwer voraussehbaren Kollisionssituation mit einem Reh statt. Bild 5 stellt den Verlauf der Fahrer- und Fahrzeugreaktionen auf den Systemabwurf am Wegpunkt 0 graphisch dar.

Aus Bild 5 geht hervor, dass die Probanden mit dem Übergang von ACC zu FS am frühesten die Fahrspur wechselten, gefolgt von denen, die vorab Assistent gefahren sind. Dies ereignete sich beim Wechsel von ACC zu FS zirka 125 m beziehungsweise beim Übergang von Assistent auf FS 112 m vor dem Reh. Die Personen, die von Pilot auf FS übergingen, lenkten am spätesten ein. Die Reaktionszeitpunkte spiegeln sich ebenso in der ersten deutlichen Veränderung des Lenkradwinkels nach der Transition wider. Die Probanden mit der Transition von ACC zu FS stellten mit  $4,5^\circ$  den geringsten Lenkradwinkel beim ersten Gegenlenken nach dem Fahrstreifenwechsel und führten das Ausweichmanöver harmonischer durch.

Die Maxima der anderen beiden Modi sind deutlich nach links verschoben. Die untersten zwei Graphen in Bild 5 zeigen, dass Personen mit vorheriger ACC-Fahrt als erste abbremsen, gefolgt von denen mit Modus Assistent beziehungsweise Pilot. Gleichzeitig fällt auf, dass die Fahrer mit dem Übergang von Pilot zu FS am stärksten verzögert haben, nämlich um  $-5,8 \text{ ms}^2$ . Alle Probanden gaben jedoch unabhängig vom Modus an, auf die Übergabe schnell reagiert zu haben, beurteilten diese als transparent und empfanden den Systemabwurf als nicht gefährlich.

### 3.4 Transitionen von Assistent oder Pilot auf ACC oder über FS auf ACC

Neben dem vollständigen Systemabwurf wurde auch eine teilweise Rückgabe der Fahrzeugführung – hier in ACC – betrachtet, die zum Beispiel bei einseitig endender Fahrspurmarkierung denkbar ist. Die Ergebnisse für eine direkte ACC-Aktivierung oder indirekte über FS stellt Bild 6 vergleichend dar.

Für die Schaltung von Assistent hin zu ACC gegenüber der Schaltung Assistent über FS zu ACC ergaben sich für die Aktivierungsdauer signifikante Unterschiede ( $T_{10} = -2,284$ ,  $p = 0,045$ ), Bild 6 links. Die Fahrer fühlten sich zudem mehr beim Assistent-FS-ACC-Wechsel in die Fahrerrolle zurückversetzt ( $T_{10} = -2,284$ ,  $p = 0,045$ ). Darüber hinaus fanden die Probanden die Transition Pilot-FS-ACC im Vergleich zu Pilot-ACC verständlicher ( $T_{18} = -2,419$ ,  $p = 0,026$ ) und im Gegensatz zum Assistent-FS-ACC-Übergang transparenter ( $T_{18} = -2,237$ ,  $p = 0,038$ ), Bild 6 rechts.

## 4 Fazit

Auf dem Weg von Assistenz zu Automation müssen sowohl die Komplexitätszunahme als auch die Gestaltung von Transitionen berücksichtigt werden. Darauf deuten Modusverwechslungen bei Assistent und Pilot in einer Studie von Volkswagen hin. So wurde die Funktionalität Assistent überschätzt. Neben diesen kognitiven Fehlannahmen ist zu beachten, dass die Systemlernphase durch regel- und wissensbasiertes Handeln gekennzeichnet ist. Das herauszubildende Wissen erhöht die benötigte Zeit für kognitive Prozesse und fordert einfache, sich ergänzende Systeme mit wenigen unterschiedlichen Automatisierungsstufen. Um Mode Awareness aktiv zu unterstützen, sollten die Stufen über die Anzeige hinaus durch ihr Regelungsverhalten differenzierbar sein. Gleichfalls müssen die Bedienungsschritte für ein „Mehr oder Weniger“ an Automation über alle Systeme analog gestaltet werden. Eine Anzeige des jeweils maximal verfügbaren Automatisierungsgrads, inklusive der Aktivierungsschritte dahin, könnte den Aufbau der mentalen Systemrepräsentation fördern.

### Literaturhinweis

- [1] Petermann, I.: Die Rolle des Fahrers im Spektrum von Automation und Transition. Nutzerzentrierte Gestaltung von Übergabe- und Übernahmeprozessen zwischen Fahrer und drei aufeinander aufbauenden Automationsstufen. Vortrag, 5. VDI-Tagung „Der Fahrer im 21. Jahrhundert – Fahrer, Fahrerunterstützung und Bedienbarkeit“, Braunschweig, 4. und 5. November 2009

# ZUKUNFT LESEN



**SEIT 1898 DIE NUMMER 1  
IN SACHEN AUTOMOBILTECHNIK**

Mit den neuesten Ergebnissen aus der internationalen Forschung, Entwicklung und Produktion sowie spannenden Beiträgen von ausgewählten Experten bieten wir die führenden automobiltechnischen Fachmedien für die gesamte Branche. Und weil sich hier immer alles um den Fortschritt dreht, haben auch wir einen Schritt nach vorn gemacht: Die ATZ-Medien im neuen Design sind jetzt noch lesefreundlicher, noch klarer strukturiert und noch ansprechender. [www.ATZonline.de/leseprobe/atz](http://www.ATZonline.de/leseprobe/atz)

**ATZ**

**JA, ICH MÖCHTE DIE ATZ JETZT TESTEN!** Bitte senden Sie mir die beiden nächsten Ausgaben der ATZ – Automobiltechnische Zeitschrift zu. Möchte ich die Zeitschrift danach weiterlesen, brauche ich nichts weiter zu tun. Ich erhalte die Zeitschrift zum Preis von nur € 224,- zzgl. Versandkosten. Das Abonnement kann ich jederzeit nach Erhalt der letzten Ausgabe kündigen. Zuviel gezahlte Beiträge für nicht gelieferte Ausgaben werden erstattet.

**WIDERRUFGARANTIE:** Diese Vereinbarung kann innerhalb von 14 Tagen schriftlich widerrufen werden. Zur Fristwahrung genügt die rechtzeitige Absendung (Poststempel) an Springer Automotive Media, Leserservice PF 18, Abraham-Lincoln-Str. 46, 65189 Wiesbaden.

FIRMA

VORNAME / NAME

FUNKTION

BRANCHE

STRASSE / NR.

PLZ / ORT

Bitte schicken Sie mir regelmäßig ihren kostenlosen ATZonline-Newsletter:

E-MAIL-ADRESSE

Einfach Coupon ausfüllen und faxen an **+49 (0)611.7878-407**  
oder online bestellen unter [www.ATZonline.de/leseprobe/atz](http://www.ATZonline.de/leseprobe/atz)

DATUM / UNTERSCHRIFT