



## Komplexe Entwicklung von Tanksystemen

© Bertrant

War das Kraftstoffsystem einst ein relativ einfaches Gebilde, um Otto- und Dieselfkraftstoffe zu bevorraten, wurde es in den letzten Jahren hochkomplex. Eine immer strengere Emissionsgesetzgebung und die Einführung neuer Kraftstoffe und Additive sowie die Antriebsstrang-Hybridisierung haben große Auswirkungen auf die Entwicklung eines modernen Tanks. Bertrant entwickelt und prüft neue Konzepte zum Befüllen und Entlüften, betrachtet aber auch das Geräuschverhalten und komplexer werdende Entwicklungsprozesse.

### KLASSISCHE KRAFTSTOFFTANKS

Moderne Tanksysteme unterliegen heutzutage deutlich mehr Anforderungen als noch vor zehn Jahren. Nicht nur die gestiegenen Ansprüche durch den Kunden hinsichtlich Qualität und Sicherheit bei der Betankung, auch die gesetzlichen Bestimmungen und Vorschriften durch Länderbehörden machen das Tanksystem zu einem höchstkomplexen Bauteil mit einer hohen Entwicklungstiefe.

Den Stand der Technik bilden derzeit Kunststoff-Kraftstoffbehälter für konventionelle Fahrzeuge ab. Der Begriff „konventionell“ dient hier im Zusammenhang mit Tanksystemen als Abgrenzung für klassische Tanksysteme gegenüber Tanksystemen für Plug-in Hybrid Electric Vehicles (PHEVs). Die mehrschichtige Kunststoffblase des Tanks bietet Vorteile bei der Geometriefreiheit sowie eine Verbesserung im Permeationsverhalten, also der Eigenschaft eines Werkstoffs, von

einem Stoff (Permeat; beispielsweise Gas), durch Diffusion durchdrungen zu werden. Neben den Anforderungen an das Abgasemissionsverhalten eines Pkw wird auch die Emissionsreduzierung aus Verdunstungsprozessen zunehmend verschärft [1, 2].

Das in den Tank integrierte und mit dem Aktivkohlefilter (AKF) verbundene Entlüftungssystem realisiert den Gasaustausch während der Betankung sowie im Fahrbetrieb. Das verdrängte Gasvolumen

## AUTOREN



**Dipl.-Sport-Ing. Elmar Geidel**  
ist Lead Engineer in der Entwicklung von Kraftstoff- und SCR-Systemen bei der Bertrandt Technologie GmbH in Mönshheim.



**Dipl.-Ing. Jan-Michael Hoepfner**  
ist Entwicklungsingenieur für Kraftstoff- und SCR-Systeme bei der Bertrandt Technologie GmbH in Mönshheim.



**Rico Mende, B. Eng.**  
ist Lead Engineer im Versuch für Kraftstoff- und SCR-Systeme bei der Bertrandt Technologie GmbH in Mönshheim.



**Andreas Jäckle**  
ist Teamleiter für Messtechnik und Prüffelder bei der Bertrandt Technologie GmbH in Mönshheim.

bei einem Betankungsvorgang wird abhängig von länderspezifischen Vorschriften gezielt über das Einfüllrohr zur aktiv absaugenden Zapfpistole der Tankstelle oder aber durch den AKF geleitet. Der AKF dient zur Dekontamination der Kraftstoffdämpfe.

Des Weiteren können die durch Schwappbewegungen oder Temperaturanstieg entstehenden Kraftstoffdämpfe des Ottokraftstoffs ebenfalls in den AKF abgelassen werden, um das Druckniveau der dem Bauteil entsprechenden Betriebsdrücke einzuhalten. Ein weiterer Vorteil des Kunststofftanks ist seine hohe elastische Verformbarkeit im Fall eines Fahrzeugcrashes. All diese Funktionen unterliegen strengsten Anforderungen durch den OEM und die gesetzgebenden Behörden.

### DRUCKTANKSYSTEME FÜR HYBRIDFAHRZEUGE

Eine weitere Herausforderung im Kontext der Tankentwicklung bringt die aktuell wachsende Hybridisierung von Kraftfahrzeugantrieben mit sich. Ein klassisches Tanksystem mit einer offenen Entlüftung ist in einem PHEV (im Betriebsmodus rein elektrisches Fahren und Laden) nicht anwendbar. Die adsorbierten Kraftstoffdämpfe im AKF können im Fall des rein elektrischen Fahrens dem Verbrennungsmotor nicht zur Verbrennung zugeführt werden. Der AKF kann nicht regeneriert werden. Die Arbeitskapazität des AKF würde somit überschritten, und schädliche Kohlenwasserstoffmoleküle träten aus. Um dies zu verhindern, wird das Entlüftungssystem der Kraftstoffbehälter von der Umwelt über ein Isolationsventil (Fuel Tank Isolation Valve) abgeschlossen.

Durch die weiterhin entstehenden Dämpfe im Tank kommt es zu einem Druckanstieg, der zugleich mit zunehmendem Druck die Dampfentstehungsrate verringert. Aufgrund dessen wird in einem PHEV ein Drucktanksystem eingesetzt. Hierbei kommen nun jedoch Stahlkraftstoffbehälter oder extra verstärkte Kunststoffbehälter zum Einsatz, um die höheren Druck- und Emissionsanforderungen zu bewältigen.

### HERAUSFORDERUNGEN AN DIE AKUSTIK

Der Besitzer eines klassischen Fahrzeugs stellt vor allem Ansprüche an die Geräuschfreiheit des Tanks und die Betankungsqualität. Die Geräuschfreiheit im Zusammenhang mit der Start-Stopp-Automatik des Verbrennungsmotors sowie der Elektrifizierung der Fahrzeuge steigert Entwicklungsumfang und Aufwand um aktive sowie passive Maßnahmen im und um das Tanksystem. Eine verbreitete technische NVH-Lösung sind Schwappwände innerhalb der Tankblase, die das Schwappen des Kraftstoffs reduzieren. Des Weiteren werden Gummielemente zur passiven Entkopplung des Tanksystems in die Verbindungsstellen zur Karosserie eingebracht, um die Körperschallübertragung zu minimieren. Eine sichere Betankungsqualität stellt zudem hohe Anforderungen an die Geometrie des Einfüllrohrs.

### TANKSYSTEME IM ZEICHEN DES UMWELTSCHUTZES

Im Zuge wachsender Restriktionen an Tanksysteme spielt der AKF im Spannungsfeld „Umweltschutz – Emissionen – Endkunde“ bei der Kraftstoffanlage

eine zentrale Rolle. Die durch Ottokraftstoffe emittierten, leichtentzündlichen Dämpfe erzeugen dabei nicht nur einen äußerst unangenehmen Geruch, sondern beinhalten auch gesundheits- und umweltschädliche Kohlenwasserstoffe, die in jedem Fall aufgefangen werden müssen.

Haupteinflussfaktoren auf die Verdampfungsraten sind dabei eine Überlagerung der Faktoren Dampfdruck des Kraftstoffs, vorherrschende Kraftstofftemperatur und die durch Fahrt hervorgerufene, dynamische Anregung des Kraftstoffs. Übliche, klassische Tanksysteme können der resultierenden Verdampfung über einen isochoren Druckaufbau nicht entgegenwirken. Der erzeugte Gasvolumenstrom wird daher extern aus dem Tank ausgeleitet und nachbehandelt.

### BEHERRSCHEN DER EMISSIONEN

Eine seit vielen Jahren etablierte Lösung sieht das Auffangen der emissions- und umweltschutzrelevanten Kohlenwasserstoffe mit der Aktivkohle des AKF vor. Die Aktivkohle wird dabei in einen durch ein Behältnis vorgegebenen Strömungspfad gefüllt und adsorbiert beim Durchströmen unter exothermer Reaktion die Kohlenwasserstoffmoleküle aus dem Gasstrom. Das Gas kann im Anschluss bedenkenlos an die Umwelt abgeleitet werden.

Zusätzlich zu dieser Grundbelastung des AKF muss aber eine Differenzierung in der Ländervarianz von Kraftfahrzeugen vorgenommen werden, um einen weiteren Beladungsfaktor zu erfassen. Üblicherweise wird zwischen Fahrzeugen für den „nordamerikanischen Markt“ und Fahrzeugen des Markts „Rest der Welt“ (RdW) abgegrenzt.

## BETANKUNGSQUALITÄT TRIFFT UMWELTVORSCHRIFTEN

Bei der Betankung eines Kraftstoffbehälters der Märkte „RdW“ muss die Betankungseinrichtung (bei der Tankstelle) das aus dem Kraftstofftank verdrängte, meist kraftstoffdampfgesättigte Gasvolumen absaugen und auffangen [2]. Fahrzeuge des nordamerikanischen Markts unterliegen hingegen der Anforderung einer ORVR-Betankung mit Rückgewinnung an Bord (Onboard Refueling Vapor Recovery, ORVR), bei der das Fahrzeug das im Zuge der Betankung aus dem Kraftstoffbehälter verdrängte Gasvolumen eigenständig auffangen muss. Dieses Gasvolumen muss also nicht nur zusätzlich vom AKF gefiltert werden. Es führt auch gleichzeitig zu einer direkten Korrelation aus möglicher Betankungsgeschwindigkeit des gesamten Tanksystems und dem Durchströmungswiderstand des AKF. Dieses komplexe Zusammenspiel muss durch einen hohen Aufwand an Validierung und Konstruktion serienreif und gesetzeskonform abgestimmt werden, **BILD 1**.

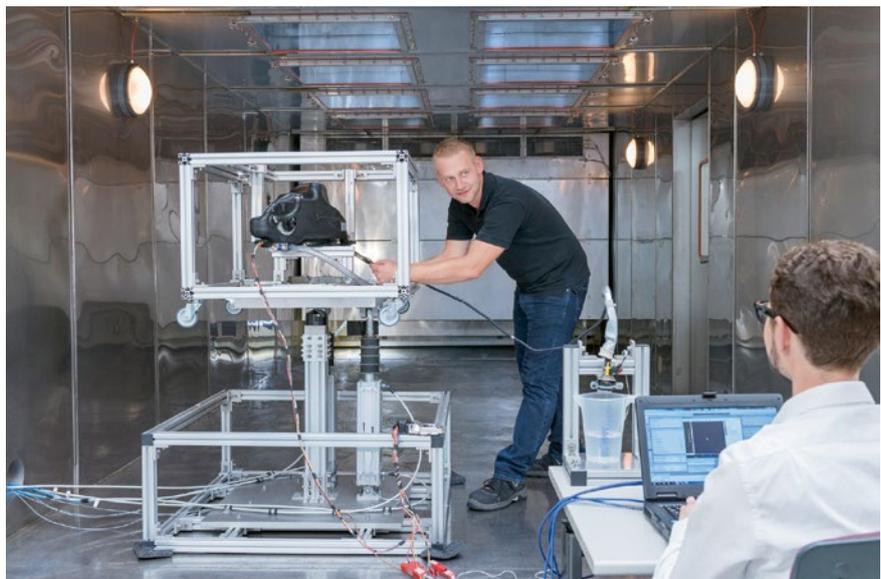
Da es sich bei der Beladung des AKF um einen regenerativen Prozess handelt, bedient man sich des bei Ottomotoren im Ansaugtrakt befindlichen Saugrohrunterdrucks, um den Filter endotherm zu regenerieren, und führt die resorbierten Kohlenwasserstoffmoleküle dem Verbrennungsvorgang des Motors zu. In der Entwicklungsphase wird darauf geachtet, dass die Arbeitskapazität (Aufnahmemenge an Kohlenwasserstoffmolekülen sowie eingesetzte Menge an Aktivkohle) so groß wie nötig und so klein wie möglich ausgelegt wird. Die eingesetzte Aktivkohle gibt es in verschiedenen Formen und Zusammensetzungen; sie wird jedoch vorrangig in granulöser Form für AKF verwendet.

## TANKSYSTEME FÜR SCR-SYSTEME

Zusätzlich zur Kraftstoffversorgung wird in modernen Dieselfahrzeugen vermehrt ein weiteres Tanksystem eingesetzt, um das Additiv für das SCR-System der Abgasnachbehandlung zu bevorraten. Dieses System wird benötigt, um die aktuellen gesetzlichen Anforderungen des Schadstoffausstoßes bei Dieselmotoren effektiv zu erfüllen. Durch die selektive katalytische Reduktion (SCR) wer-



**BILD 1** Absicherung der Betankungsqualität und Befüllbarkeit mit einem Prüfstand (© Bertrandt)



**BILD 2** Untersuchung der Auftaugeschwindigkeit an einem SCR-System (© Bertrandt)

den Stickoxide ( $\text{NO}_x$ ) aus dem Abgas zu großen Teilen entfernt.

Diese Technik birgt im Alltag einige Herausforderungen in sich, wie zum Beispiel zusätzlicher Bauraum für den Tank, aber auch für weitere Komponenten wie SCR-Katalysator und Dosiersystem. Kritisch ist dabei vor allem das Kälteverhalten des Additivs (Harnstofflösung, Markenname AdBlue), das bereits bei  $-11\text{ }^\circ\text{C}$  einfriert und zu starken Deformationen des SCR-Behälters führen kann. So muss die Betriebsbereitschaft auch bei durchgefrorenem Additiv und

auf Kurzstrecken gewährleistet sein, beispielsweise durch eine permanente Beheizung des Systems. **BILD 2** zeigt eine Untersuchung zur Auftaugeschwindigkeit am SCR-System. Aber auch die korrosiven Eigenschaften der Harnstofflösung und die Betankung stehen auf der Agenda.

Zusätzlich wird eine Betankung durch den Endkunden notwendig – beeinflusst durch Additivverbrauch und Tankgröße. Auch hier sind alle Anforderungen an die Kundentauglichkeit abzuschern, ähnlich wie beim Kraftstofftank.

# ATZ live

## Netzintegration der Elektromobilität

### Mobilitätswandel konsequent entwickeln

2. Internationale ATZ-Fachtagung  
16. und 17. Mai 2017 | Berlin

---

INTEGRATION DEZENTRALER  
ERNEUERBARER ENERGIEQUELLEN

---

NUTZUNG VON FLEXIBILITÄTEN BEI LADEPROZESSEN

---

DATENÜBERTRAGUNG UND DATA SECURITY

---

INFRASTRUKTUR UND REGULATORISCHE  
RAHMENBEDINGUNGEN

/// KEYNOTE-VORTRÄGE

Christian Senger, Volkswagen AG

Volker Blandow, TÜV SÜD AG



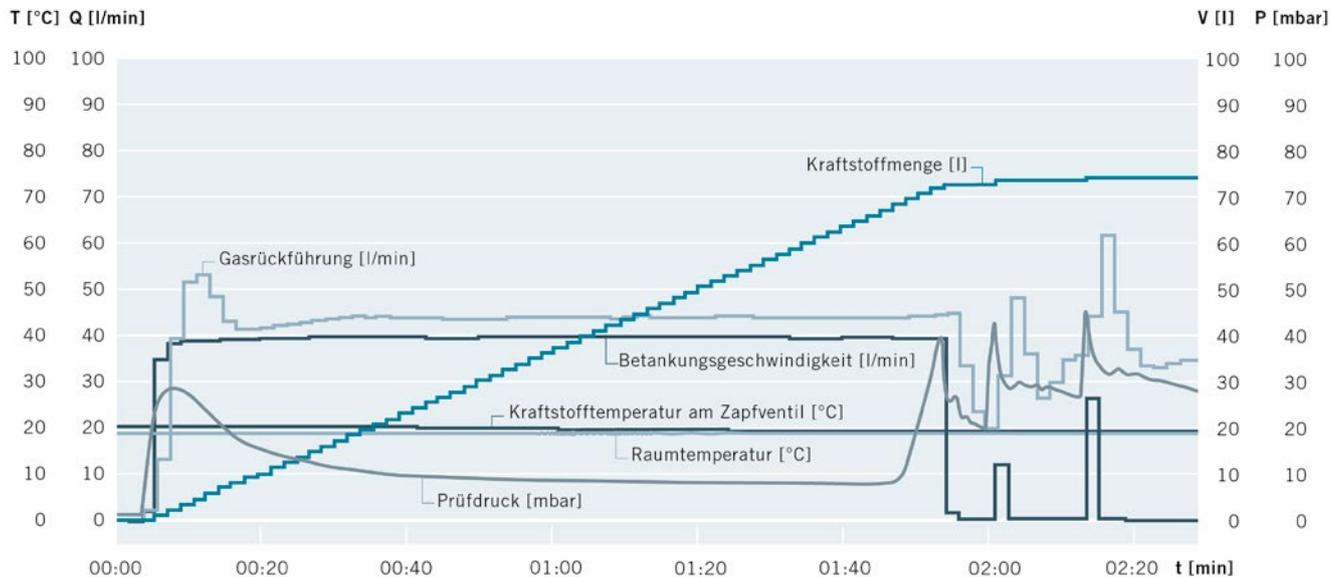
/// PARTNER

**BMW i.** 

**ATZ** live  
Abraham-Lincoln-Straße 46  
65189 Wiesbaden | Deutschland

Telefon +49 611 7878-131  
Telefax +49 611 7878-452  
ATZlive@springer.com

PROGRAMM UND ANMELDUNG  
**www.ATZlive.de**



**BILD 3** Typisches Betankungsdiagramm mit den abgeprüften Merkmalen Kraftstoffmenge, Gasrückführung und Betankungsgeschwindigkeit über der Zeit (© Bertrandt)

## ERPROBEN UND VERIFIZIEREN

Um die Entwicklungskonzepte und Ergebnisse der Berechnung zu verifizieren, greift Bertrandt auf erfahrene Versuchsingenieure zurück, die die Entwicklungsschritte hinsichtlich Grundfunktionen – aber auch Dauerhaltbarkeit und Emissionsverhalten – bewerten. Hierzu werden in eigenen Werkstätten Prüfvorrichtungen erstellt oder die Versuchsteile in das Gesamtfahrzeug integriert. Messtechnikspezialisten generieren qualifizierte Messdaten, beispielsweise zu Temperatur- und Druckverhältnissen bei einer Bergfahrt unter hohen Temperaturen oder zum Beladungsfaktor des AKF-Behälters.

Im Prüffeld für Kraftstoffsysteme und Umweltsimulation werden während des gesamten Entwicklungsprozesses Versuche durchgeführt, zum Beispiel, um den Aufwand durch Fahrerproben zu reduzieren, aber auch, um höchst flexibel zu sein.

Da die Tank- und Einfüllrohr-Geometrien durch die kontinuierlich wachsenden Derivate immer komplexer werden, besteht die Herausforderung darin, den Kraftstoffbehälter für eine optimale Betankung bestmöglich zu entlüften, damit der Endkunde problemlos tanken kann. Aktuell werden bei Bertrandt Systeme je nach Bestimmungsland und Kraftstoffart (EU, USA und China sowie Benzin/Diesel) des Fahrzeugs mit rund

50 verschiedenen Zapfventilen abgeprüft. Hinzu kommen weltweit unterschiedliche Betankungsgeschwindigkeiten an den Tankstellen, die in einem Bereich von 15 bis 60 l/min liegen können. Auch die verschiedenen Positionen des Zapfventils müssen geprüft werden, um jedes gängige Endkundenverhalten abzusichern.

Die aufgezeigten Fälle, die in der Realität weltweit auftreten können, verdeutlichen, wie viele Versuche durchgeführt werden müssen, um ein Fahrzeug-Kraftstoffsystem für den Kunden allein hinsichtlich der Betankungsqualität freigeben zu können. **BILD 3** zeigt ein typisches Betankungsdiagramm mit den abgeprüften Merkmalen Kraftstoffmenge, Gasrückführung und Betankungsgeschwindigkeit über der Zeit.

Die Peripherie der Kraftstoffversorgungsanlage muss ebenfalls auf Herz und Nieren geprüft werden. Mit einer speziellen Konditionierstation für AKFs kann die Alterung des Filters durch die Be- und Entladung mit Kraftstoffdämpfen oder Butan über den Lebenszyklus simuliert, Rückschlüsse auf die zu verwendende Kohle gezogen oder auch die aktuelle Arbeitskapazität ermittelt werden.

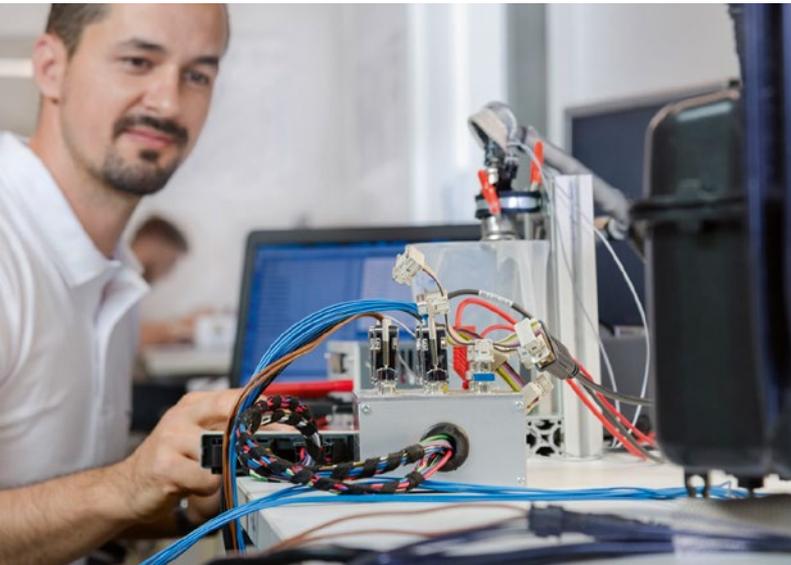
Die Systemdichtheit in Worst-Case-Szenarien sicherzustellen ist ein wichtiger Punkt, zum Beispiel bei Crash oder Überschlag (Roll-Over-Versuche). Durch Umweltsimulationsversuche werden Einflüsse auf die verwendeten Materialien untersucht, zum Beispiel durch Tempera-

tur-, Salznebel- oder Druckwechsel-Tests, aber auch der Einfluss auf eingefüllte Medien, wie auf den Harnstoff, der für SCR-Systeme benötigt wird. Nach einer Testreihe oder zwischen den einzelnen Schritten kann das Tanksystem in einer sogenannten SHED-Prüfkammer (Sealed Housing for Evaporative Determination) auf das Emissionsverhalten überprüft werden.

## KOMPLEXE PROJEKTE – UNTERSTÜTZUNG IN UNTERSCHIEDLICHEN DISZIPLINEN

Als Entwicklungsdienstleister unterstützt Bertrandt in den unterschiedlichen Disziplinen und kann OEM und Zulieferer gezielt entlasten oder auch komplexe Projekte ganzheitlich übernehmen. In den Entwicklungsabteilungen des Dienstleisters arbeiten erfahrene Ingenieure und Spezialisten aus Konstruktion und Werkstofftechnik und setzen die Lastenheftanforderungen um. Hier fließen auch kleiner werdende Bauräume mit ein und führen zu teilweise sehr komplexen Formen der Tankblase.

Da auch im Tanksystem immer mehr elektrische und elektronische Komponenten Einzug halten – wie neuartige Füllstandsensoren, unterschiedliche Pumpentechnik oder das OBD-Diagnosemodul bis hin zum eigenen Tanksteuergerät –, wird zusätzliches Know-how in Elektrotechnik und Elektronik benötigt,



**BILD 4** Zusätzliches E/E-Know-how – Versuche zur Elektrifizierung des Tanksystems (© Bertrant)

**BILD 4**, um diese Komponenten in das Gesamtsystem betriebs-sicher zu integrieren. Abgerundet wird das Portfolio durch Funktionsentwickler und Applikationsspezialisten für die relevanten Betriebs- und Diagnosefunktionen sowie Versuchs-ingenieure, die die Systeme abschließend prüfen.

#### FAZIT UND AUSBLICK

Zusammengefasst lässt sich erkennen, dass ein Tanksystem mit seiner gesamten Peripherie keine reine Bevorratung des Kraftstoffs oder des Additivs mehr darstellt, sondern vielmehr ein komplexes Zusammenspiel verschiedener Bauteile mit umfangreichen Funktionen und Anforderungen an „Umwelt-schutz – Emissionen – Endkunde“ bildet. Dementsprechend hoch ist mittlerweile der Entwicklungsaufwand bei Fahrzeug-herstellern und Systemlieferanten.

In Zeiten zunehmender Hybridisierung und Elektrifizierung ist das Thema Kraftstoff in den Entwicklungsabteilungen sehr aktuell. Es wird die Marktakteure noch einige Jahre mit seiner hohen Komplexität begleiten. Um diese Herausforderungen zu meistern, hat sich Bertrant als Ergänzung zu seinen Entwick-lungsbereichen auf die Validierung unter Realbedingungen spezialisiert und erweitert sein Prüffeld am Standort Mönshheim bei Weissach entsprechend.

#### LITERATURHINWEISE

- [1] Gruden, D.: Umweltschutz in der Automobilindustrie. Kapitel: Umwelt-auswirkungen des Automobils. Wiesbaden: Vieweg+Teubner, 2008, S. 329 ff.  
[2] Hilger, M.: Alternative Antriebe und Ergänzungen zum konventionellen Antrieb. Kapitel 6: Alternative Kraftstoffe. Wiesbaden: Springer Vieweg, 2016, online: <https://www.springerprofessional.de/alternative-kraftstoffe/10709556>, aufgerufen am 21. März 2017



READ THE ENGLISH E-MAGAZINE

Test now for 30 days free of charge: [www.atz-worldwide.com](http://www.atz-worldwide.com)

Jetzt kostenlosen Eintrittsgutschein sichern:  
[www.sensor-test.com/gutschein](http://www.sensor-test.com/gutschein)

Willkommen zum

# Innovations-dialog!



## SENSOR+TEST

DIE MESSTECHNIK - MESSE

### Nürnberg

### 30.5. – 1.6.2017



AMA Service GmbH  
Postfach 2352  
31515 Wunstorf  
Tel. +49 5033 96390  
[info@sensor-test.com](mailto:info@sensor-test.com)