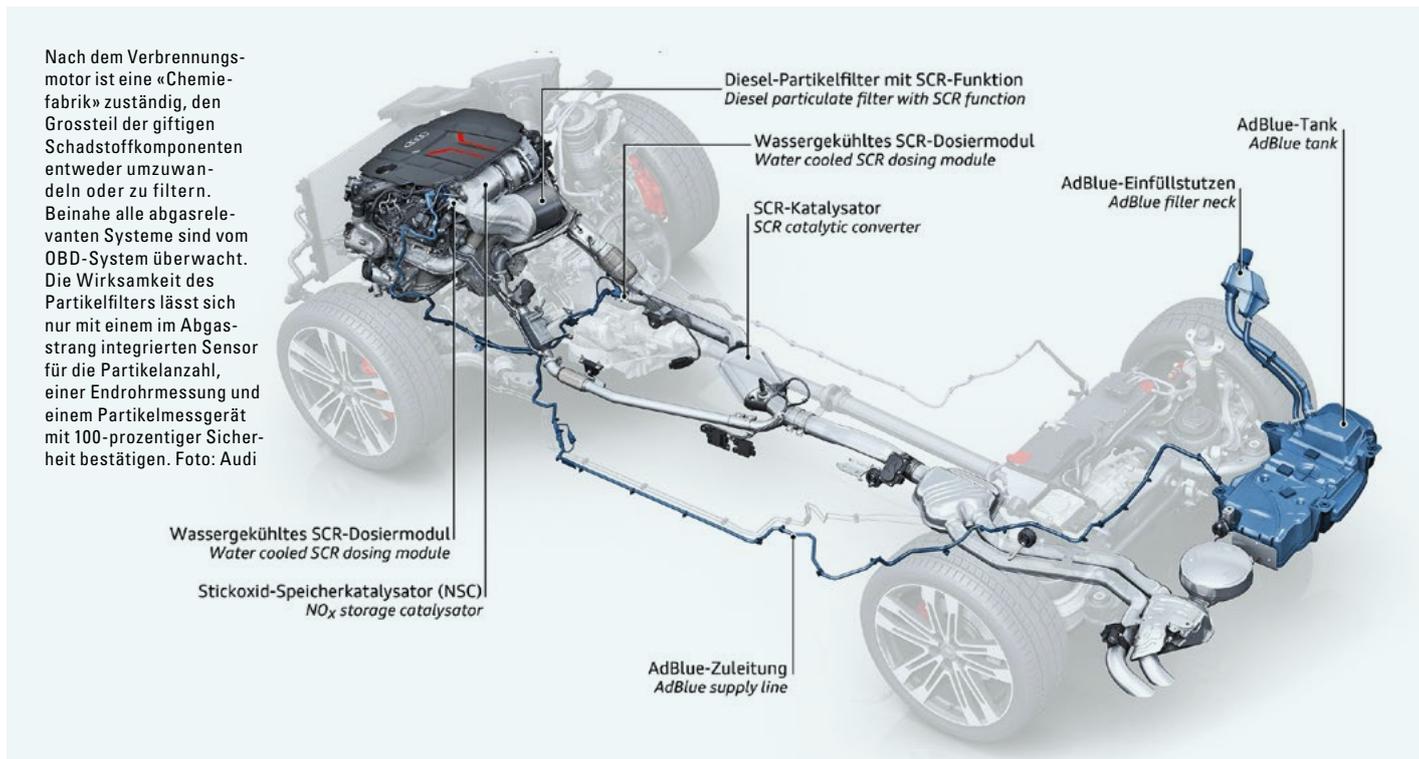


Prüfablauf, Messgeräte und -verfahren sowie Herausforderungen

# Die Kleinstpartikel messen

Seit der Einführung des On-Board-Diagnose-Systems gehören Endrohrmessungen der Schadstoffemissionen nicht mehr zum Wartungsrepertoire in Werkstätten. Das OBD-System überwacht die schadstoffrelevanten Emissionssysteme und sollte bei Nichtfunktion Fehler erkennen. Ausnahme war bis anhin der Dieselpartikelfilter. Seit vergangenem Jahr wird eine Partikelanzahlmessung vorgeschrieben, um die Funktionsweise zu prüfen.

Andreas Senger



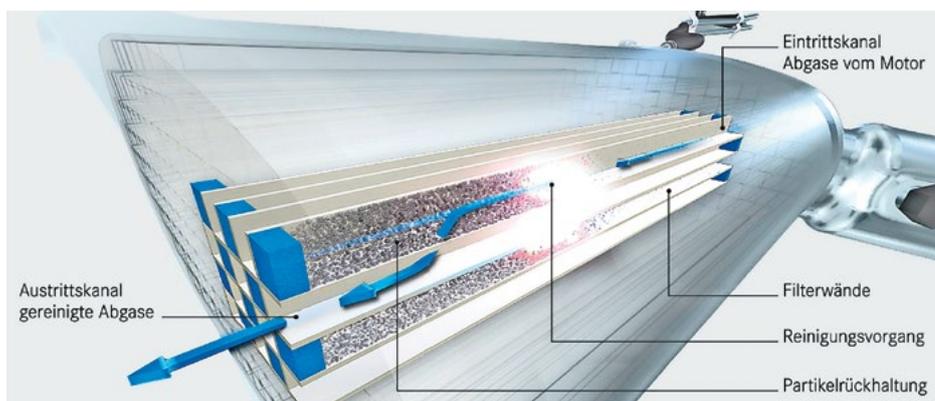
Moderne Verbrennerfahrzeuge weisen zur Reduktion schädlicher Abgasanteile richtiggehende Chemiefabriken auf. Nebst der Filtrierung von Partikeln wie Russ

bei direkteingespritzten Otto- wie Dieselmotoren werden mit Katalysatoren beschichtete Monolithen eingesetzt, um die Oxidation oder Reduktion von Bestandteilen umzuset-

zen. Während der Partikelfilter eine geschlossene Wabenstruktur aufweist und das Abgas durch die Keramikwände diffundieren muss (und damit grössere Partikel zurückgehalten werden), passiert der Abgasstrom einen Oxidations- oder Dreiwegekatalysator in Kanälen, deren Oberflächen mit einem Wash-Coat vergrössert wurden und auf denen die Oxidations- und Reduktionsmittel aufgedampft sind.

## Zweite Lambdasonde

Um die Funktionsweise zu prüfen, wird beispielsweise nach dem Katalysator eine zweite Lambdasonde verbaut, um den Restsauerstoff im umgewandelten Abgas zu prüfen und damit festzustellen, ob das System einwandfrei funktioniert. Das OBD-System hat zudem die Aufgabe, die Umwandlung nicht nur zu überwachen, sondern dank einem standardisierten Code einen Fehler im Steuergerät zu set-



Die Partikel eines direkteingespritzten Ottomotors oder Dieselmotors werden durch einen Filter zurückgehalten. Das Abgas muss die Zellwand passieren und die grösseren Partikel werden zurückgehalten. Foto: Mercedes-Benz

zen, der auch von markenfreien Testgeräten ausgelesen werden kann. Dadurch können Werkstattprofis auch bei Fremdmarkenfahrzeugen die abgasrelevanten Systeme abfragen und den Fehlercode auslesen und die fehlerhaften Sensoren oder Aktoren finden.

Die Schadstoffe Kohlenwasserstoffe (HC), Stickoxide (NO<sub>x</sub>) wie Kohlenmonoxid (CO) werden in einem Dreiwegekatalysator bei Lambda-1-Betrieb beinahe vollständig umgewandelt. Bei Dieselmotoren sind SCR-Katalysatorsysteme verbaut, um die NO<sub>x</sub>-Konzentration durch Eindosieren von AdBlue (wässrige Harnstofflösung, die zu Ammoniak NH<sub>3</sub> im Abgasstrang umgewandelt wird) massiv zu reduzieren. Damit bleiben im Abgas von direkt einspritzenden Otto- wie Dieselmotoren einzig Partikel/Feinstaub (PM, particulate matter) übrig, die durch den Partikelfilter aufgenommen und durch Regeneration verbrannt werden. Wie erwähnt, diffundiert das Abgas durch die Zellwände und die grösseren Partikel werden im Filter zurückgehalten. Die häufigste Überwachungsmöglichkeit im Fahrzeug ist ein Differenzdrucksensor, der den Abgasdruck vor und nach dem Dieselpartikelfilter (DPF) misst und im Steuergerät analysiert. Wenige Hersteller verbauen bereits Partikelanzahlsensorik in den Abgasstrang.

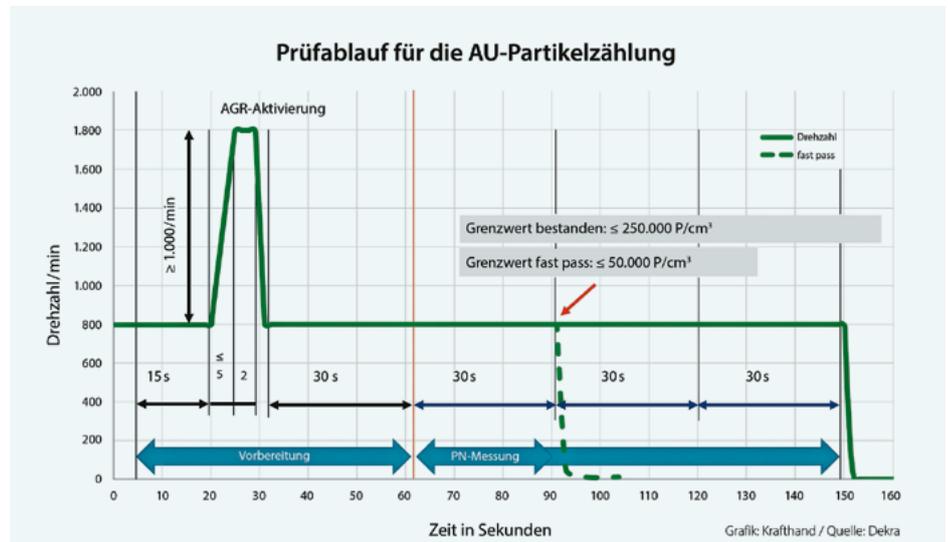
Grundsätzlich geht das System bei einem grossen Differenzdruck davon aus, dass eine Regeneration notwendig wird. Dabei wird bei höheren Lastfahrten durch Einbringen von Diesel in den Abgastrakt (Einspritzung in den Auspufftakt oder separater Injektor) die Temperatur im DPF erhöht, um ein Abbrennen der gefilterten PM zu initialisieren. Wird das Fahrzeug oft im Kurzstreckenbetrieb und selten mit hoher Last betrieben, verstopft der DPF zunehmend. In diesem Fall muss der Kunde eine Werkstatt aufsuchen, um den Freibrennvorgang mittels Diagnosetester zu starten.

Die Differenzdrucküberwachung kann also zwar zum «Beladungszustand» mit PM, aber nicht zur Überwachung der Filtrierungsfunktion eingesetzt werden. Weil bei Bestandsfahrzeugen in der EU festgestellt wurde, dass die Fahrzeuge teilweise trotz OBD übermässig hohe PM-Emissionen aufwiesen, hat der Gesetzgeber reagiert und eine Endrohrmessung eingeführt, die seit vergangenem Jahr auch in der Schweiz bei der periodischen Fahrzeugprüfung angewandt wird.

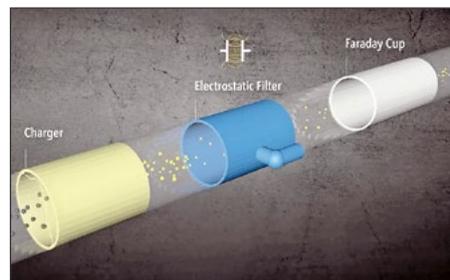
Dabei wird ein Prüfverfahren angewandt (siehe Technikbox), das eine Beurteilung der Filtrierungsfunktion zulässt. Sind das Umfeld und der DPF in Ordnung, werden nur wenige Partikel gezählt oder emittiert. Ist der Keramikmonolith rissig oder teilweise geborsten, dann kann ungefiltertes Abgas emittiert werden und die Partikelanzahl schnell überproportional hoch. Es ist also denkbar, dass

ein DPF mit Rissen stark beladen ist und das Abgas durch die Risse die Filtrierstelle passieren kann, ohne zurückgehalten zu werden. Der Differenzdrucksensor geht in diesem Fall von einem unbeladenen DPF aus.

Die Partikelmessung wurde in der Schweiz Anfang 2023 eingeführt und nach und nach durch die amtlichen Prüfstellen umgesetzt.



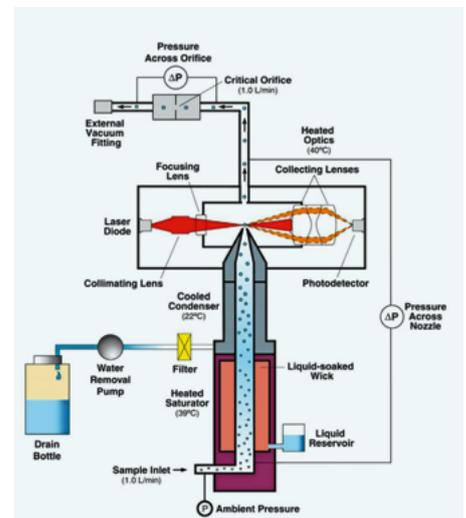
Der Prüfablauf (hier die Version aus Deutschland) ist klar geregelt. Wichtig ist: Die Betriebstemperatur des Verbrennungsmotors muss erreicht sein und es darf keine DPF-Regeneration stattfinden.



Das in Partikelzählgeräten meist eingesetzte DC-Messverfahren (Diffusion Charging) lädt die Partikel mittels Hochspannung elektrostatisch auf. Die Ladung der Partikel ist grösser, je mehr Partikel durchströmen. Diese Ladungsgrösse wird danach in einem Faradayschen Käfig durch den abfliessenden Strom gemessen, der proportional zur Anzahl der Partikel ist.

Messbetrieb Diesel HG4-PCK			
212.2	3.1	109.0	768
340.0	8	817	768

Wird die Grenze von 100 000 Partikel/cm<sup>3</sup> im Leerlauf nicht überschritten, ist der DPF in Ordnung. Bei 2000/min darf der Wert von 250000 PM/cm<sup>3</sup> nicht überschritten werden (Schweizer Version des Prüfablaufes). Defekte DPF weisen in der Regel schon im Leerlauf Werte von über einer Million PM/cm<sup>3</sup> auf und zeigen auch ein schwarz eingefärbtes Endrohr. Fotos: Krafthand/Quelle Dekra, US Department of Energy, Maha, Hella Gutmann.



Das genauere CPC-Verfahren (Condensation Particulate Counting) ist ausgelegt auf das Messen der Partikelanzahl durch ein optisches System. Die Partikel werden mittels einer Trägerflüssigkeit durch Licht (Laser) sichtbar gemacht und erfasst. Das CPC-Messsystem ist auch für Ottopartikelfiltermessungen anwendbar (noch keine gesetzliche Vorgabe). Die Geräte sind wartungsarm und benötigen eine Betriebsflüssigkeit (Isopropanol), um PM sichtbar zu machen.

Dabei ist für die Schweiz festgesetzt, dass dass Personenwagen mit Dieselmotoren ab Emissionsnorm Euro-5b weniger als 250 000 Partikel/cm<sup>3</sup> emittieren dürfen. Ist die offizielle Messung darüber, ist von einem defekten DPF auszugehen. Bei einer einwandfreien Verbrennung und korrekt arbeitendem DPF-System sind in der Regel weniger als 100 000 Partikel/cm<sup>3</sup> oder sogar weniger als in der Luft (10 000 Partikel/cm<sup>3</sup>). Erreicht das Fahrzeug bei der Messung mit Leerlaufdrehzahl die 100 000 Partikel/cm<sup>3</sup>-Grenze nicht, wird das System als funktionstüchtig betrachtet. Zeigt das Gerät mehr als die 100 000 Partikel/cm<sup>3</sup> an, muss eine zweite Messung mit konstanter Motordrehzahl von 2000/min durchgeführt werden und die Partikelzahl darf 250 000 Partikel/cm<sup>3</sup> nicht überschreiten. Aus der Praxis ist bekannt, dass defekte DPF über eine Million Partikel pro cm<sup>3</sup> emittieren und entsprechend ist eine Zuordnung ob i.O. oder defekt grundsätzlich einfach möglich.

Das Bafu (Bundesamt für Umwelt) und das Astra (Bundesamt für Strassen) gehen davon aus, dass 8 bis 20% der geprüften Fahrzeuge einen defekten DPF aufweisen. Für die Werkstätten ist der Einsatz eines Prüfgerätes nicht vorgeschrieben, aber sinnvoll. Wird ein Kundenfahrzeug für die periodische Fahrzeugprüfung vorbereitet (MFK-Vorbereitung), sollten alle defekten Systeme diagnostiziert und dem Kunden mittels Kostenvoranschlag der Sachverhalt transparent kommuniziert werden. Wenn die Werkstatt ein Fahrzeug für das «Vorführen» vorbereitet, der Kunde in Bremsanlage, Schwingungsdämpfer usw. Geld investiert, ist es ärgerlich und schwer zu vermitteln, wenn der DPF beanstandet wird und zusätzliche Kosten von bis zu mehreren tausend Franken für den Ersatz gezahlt werden müssen. Derart hohe Summen können mit den vorangehenden Investitionen in Reparaturen rasch den Zeitwert des Fahrzeuges überschreiten. Wenn Werkstätten ein DPF-Prüfgerät einsetzen (Anschaffung rund 9000 Franken), sollte die Amortisation vorher bedacht werden. Um die Messung auch über die Jahre



Die Endrohrmessung zur Zählung der Partikelanzahl/cm<sup>3</sup> Luft erfordert ein eigenes Prüfgerät, dessen Wartung essenziell ist, um Messfehler zu vermeiden und korrekte Aussagen über den Zustand des DPF zu tätigen. Foto: Bosch



Bei Zulieferern und Automobilherstellern werden millionenteure Abgasmessanlagen verwendet, um auf dem Prüfstand (links) oder auf der Strasse (rechts) präzise und reproduzierbare Messungen vorzunehmen. Foto: Mercedes

zuverlässig durchführen zu können, müssen die Messgeräte gewartet und sinnvollerweise geeicht werden. Die jährliche Eichung ist nur bei kantonalen Strassenverkehrsämtern und bei Prüfgeräten der Polizei sowie bei Betrieben, welche im Rahmen des RBV Nachkontrollen bzgl. DPF vornehmen, vorgeschrieben.

Die Geräte weisen aufgrund ihres Messverfahrens eine Toleranz bei der Partikelmessung auf (siehe Technikasten S. 37). Auch beim Eichen gibt der Gesetzgeber eine grosszügige Toleranz von ± 30% vor. Zudem ist es vor der Messung zielführend, eine Konditionierung des Systems gemäss Hersteller durchzuführen (bspw. Asche-/Russbelastung, Regenerations-

status, Additivfüllstand usw. auszulesen). Im Weiteren muss die Motorbetriebstemperatur und die Abgasanlage auf Betriebstemperatur gebracht sein und die Prüfung im «offiziellen Messung»-Modus durchgeführt werden. Schon kleinste Kontaminationen mit Öl können das Messergebnis verändern. Um die Ansprechzeit der Prüfgeräte (bis am Endrohr durch die Messsonde Abgas angesaugt und zur Messzelle gebracht wurde) einzuhalten, sollte eine Wartezeit von 15 Sekunden bei der Messung eingehalten werden. Eine periodische Wartung/Reinigung der Prüfgeräte im Werkstattalltag sorgt dafür, dass die Messung auf der MFK der werkstatteigenen Prüfung entspricht und die Werte korrelieren. ●

 <p><b>CORTELLINI &amp; MARCHAND AG</b></p>	<p><b>061 312 40 40</b> Rheinfelderstrass 6, 4127 Birsfelden</p>
<p><b>Der umfassendste Auto-Steuergeräte-Reparatur- Service von Cortellini &amp; Marchand AG.</b></p>	<p><b>Sie suchen, wir finden – Ihr Suchservice für Auto-Occasionsteile</b></p>
<p><a href="http://www.auto-steuergeraete.ch">www.auto-steuergeraete.ch</a></p>	<p><a href="http://www.gebrauchte-fahrzeugteile.ch">www.gebrauchte-fahrzeugteile.ch</a></p>

<p><b>Neu: FGS, der Anhänger mit Liftachse und 100%-Achsausgleich</b></p> <p><b>Nutzlast bis 2,9 t</b></p> 	<p>Autotransport-Anhänger und Aufbauten Besuchen Sie unsere Ausstellung oder verlangen Sie eine Vorführung. Auch in Kommunalausführung lieferbar.</p> <p><b>T&amp;W Technik</b></p> <p>Dammstrasse 16, 8112 Otelfingen Tel. 044 844 29 62 <a href="http://www.fgs-fahrzeuge.ch">www.fgs-fahrzeuge.ch</a></p> 
---	--