

## Stickoxide: So tickt der Diesel

Von Markus Gersthofer

**Die jüngst ans Licht gekommenen Betrugsfälle mit manipulierten Abgaswerten haben das Vertrauen in den Dieselmotor erschüttert. Böse Worte vom „Dirty Diesel“ machen die Runde, vom „schmutzigen Diesel“, den keiner mehr haben will. Verfehlungen einzelner Hersteller freilich dürfen nicht dazu führen, den Motor insgesamt zu verurteilen. „Nichts hat sich daran geändert, dass der Diesel die effizienteste Wärmekraftmaschine mit innerer Verbrennung ist. Seine bewährte Technologie vereinigt in einzigartiger Weise Effizienz, Leistung, Zuverlässigkeit und geringe Emissionen. Er lässt sich mit regenerativ erzeugten Kraftstoffen betreiben und hilft so, die Forderungen der globalen Wirtschaft zu erfüllen.“ Dieser sinngemäß übersetzte Satz stammt nicht etwa von Volkswagen, auch nicht vom Verband der Automobilindustrie in Deutschland, sondern vom Diesel-Technologie-Forum in der US-Hauptstadt Washington.**

Ein großer und bisher als seriös bekannter Automobilhersteller trickst, um (zumindest amerikanische) Abgasvorschriften einzuhalten. Das ist Betrug – und dumm: So etwas kann nicht geheim bleiben, es beschäftigen sich einfach zu viele mit dem Thema. Volkswagen steht nicht nur in den USA vor einem Scherbenhaufen. Das „Diesel-Gate“ des zweitgrößten Herstellers der Welt zeigt aber auch die Schwierigkeit, die Bestimmungen zu erfüllen: In Europa, China, Japan gelten ganz unterschiedliche Grenzwerte. Die USA kennen sogar zwei verschiedene. In den meisten Bundesländern gelten die „Bin“-Regeln der „Environmental Protection Agency“ (EPA). Kalifornien und einige weitere Bundesländer verlangen die wesentlich schärferen „TIER 1“ und „TIER 2“-Limits des Californian Air Resources Board (CARB). Scharfe Grenzwerte erhöhen die Kosten und den Verbrauch – beeinträchtigen also gerade die Paradedisziplin von Dieselmotoren.

Selbstzünder, so die einheitliche Meinung der europäischen Hersteller, sind unverzichtbar, um künftige Verbrauchs- und Emissionsvorschriften einzuhalten.

Kopfzerbrechen bereitet dabei insbesondere das CO<sub>2</sub>-Limit von 95 Gramm pro 100 Kilometer ab 2021 – entsprechend einem Kraftstoffverbrauch von 4,1 l/100 km beim Benzin- und von 3,6 l beim Dieselmotor. Letztere erreichen einen wesentlich höheren Wirkungsgrad und damit einen niedrigeren Verbrauch. Dieser wird zusätzlich dadurch gesenkt, weil in Dieselmotor 13 Prozent mehr Energie stecken als in derselben Menge Benzin. Dieselmotoren haben dafür ihre speziellen, mittlerweile an jedem Stammtisch diskutierten Probleme: Sie belasten die Umwelt mit Ruß und Stickoxiden mehr als Benziner.

Ruß ist kein Thema mehr

Das Thema Ruß ist keines mehr. Seit langem besitzen Dieselfahrzeuge in Europa wie in den USA Partikelfilter. Sie fangen nahezu alle Rußteilchen aus dem Auspuff – die als schwarzer Qualm sichtbaren großen wie die für die Gesundheit gefährlicheren kleinen.

Die Kritik heute richtet sich vor allem gegen die Stickoxide. Sie reizen Schleimhäute und Atemwege, sie schädigen Pflanzen und begünstigen Smog. Große Hitze lässt den bei Raumtemperatur reaktionsträgen Stickstoff in der Luft mit Sauerstoff reagieren – im Kraftwerk wie im Automotor. Erstere sind heute weitgehend „entstickt“. Bleibt der Motor – und hier vor allem der Diesel mit seinen hohen Verbrennungstemperaturen.

Den Stickoxiden aus dem Auspuffrohr – „NO<sub>x</sub>“ in der Fachsprache – ist schon lange der Kampf angesagt. Die ersten gesetzlichen Regelungen (bis Euro 4) ließen sich mit innermotorischen Maßnahmen erfüllen, vor allem mit Abgasrückführung. Der Verbrennungsluft zugemischtes Abgas verdünnt die Ladung. Die Temperatur sinkt – und es bilden sich weniger Stickoxide.

Für Euro 5 und vor allem Euro 6 genügt Abgasrückführung nicht mehr (Ausnahmen wie Mazda bestätigen die Regel). Zwei wirksamere Verfahren streiten sich um die Gunst der Autokäufer und vor allem –hersteller: der Speicherkatalysator (amerikanisch Lean NO<sub>x</sub> Trap, LNT) und die selektive katalytische Reduktion SCR.

Der Speicherkat ist ähnlich aufgebaut wie der Drei-Wege-Katalysator für Benzinmotoren. Seine große, meist mit Bariumverbindungen beschichtete Innenfläche bindet Stickoxide. Ist das Speichervermögen erschöpft, wird vorübergehend zusätzlicher Kraftstoff eingespritzt. Es entsteht Kohlenmonoxid, das die Stickoxide in Stickstoff und CO<sub>2</sub> umwandelt. Je häufiger der Speicher durch diese zusätzliche Einspritzung geleert werden muss, desto mehr steigt der Verbrauch. LNT beseitigt NO<sub>x</sub> im Abgas zudem nicht vollständig. Die schärfste europäische Abgasnorm Euro 6 lässt sich mit ihm nur mit

kleinen Fahrzeugen und kleinen Motoren erfüllen, die ohnehin einen geringen Stickoxidausstoß haben. Dafür ist diese Lösung wartungsfrei und zumindest mit kleinem Speicher vergleichsweise preiswert. Kleine Speicher verlangen allerdings häufigere Reinigung und damit zusätzlichen Kraftstoff. Eine manipulierte Software könnte die Reinigung verhindern und damit ungünstige Verbrauchswerte und dazu Kosten für einen größeren Speicher vermeiden.

### Sauberkeit kostet Kraftstoff

Ungleich größeren Aufwand verlangt die selektive katalytische Reduktion. In die heißen Auspuffgase wird (in Wasser gelöster) Harnstoff eingespritzt, gängige Herstellerbezeichnung „Adblue“. Er zerfällt bei Hitze zu Ammoniak, das wiederum die Stickoxide in harmlosen Stickstoff und in Wasser aufspaltet. Das System besteht aus Tank, Düsen, Pumpe, Leitungen, letztere müssen für den Kaltstart bei Frost sogar beheizt werden. SCR ist kompliziert und teuer, sorgt aber zuverlässig für einen „cleanen“ Diesel – zumindest bei schwefelarmem Kraftstoff und warmgefahrenem Motor mit heißen Abgasen.

Zurück zu Volkswagen. Golf, Jetta und Beetle sind kompakt und leicht. Ihre von 2009 bis 2014 gebauten TDI-Versionen (nur diese sind betroffen) besitzen auch in den USA einen Speicherkat. 180 Milligramm NOx pro Kilometer, wie in der EU früher für Euro 5 zugelassen, schafft er mit links – zumindest im „Neuen Europäischen Fahrzyklus“, mit dem Verbrauch und Emissionen in der EU (noch) ermittelt werden. Der NEFZ bedeutet geringes Tempo, viel Stadtverkehr, viel Leerlauf – ideale Verhältnisse für den Speicherkat.

Die Amerikaner haben ihren eigenen FTP 75-Test mit höherem Tempo. Sie machen keine Unterschiede zwischen Benzin- und Dieselaautos. Und erlauben für beide nur 31 Milligramm NOx pro Kilometer: Der Speicherkat kommt an seine Grenzen. Auf der Straße, fernab der Idealbedingungen auf dem Prüfstand, kann er darüber hinaus kommen.

SCR wie im VW Passat hat mit den 31 Gramm zunächst keine Probleme. Aber: Die Amerikaner verlangen, dass der Adblue-Vorrat im Fahrzeug sicher bis zur nächsten Inspektion reicht. Nur die Werkstatt füllt nach. Mit leerem Harnstofftank springt der Motor nicht mehr an (gilt auch bei uns). Ein bis drei Prozent des Dieselskonsums werden von der Harnstofflösung verbraucht. Der Mittelwert von zwei Prozent bedeutet bei einem Normverbrauch von fünf Litern 0,1 Liter pro 100 Kilometer oder ein Liter pro 1000 km.

Auch in den USA kommen Autos in der Realität nicht mit dem Normverbrauch aus. Bei acht Litern tatsächlichem Verbrauch statt der fünf nach Norm wächst der Adblue-Bedarf pro 1000 Kilometer schon auf 1,6 Liter. 15 000 Meilen oder rund 25 000 Kilometer bis zur nächsten Inspektion würden 40 Liter der Harnstofflösung erfordern, mit etwas Reserve 50. Für einen solch riesigen Zusatztank gibt es keinen Platz und kein Geld.

Der Gedanke liegt nahe, den Inhalt eines kleinen Tanks zu strecken, indem man die Harnstoff-Zugabe bei normaler Fahrt drosselt und nur auf dem Prüfstand richtig arbeiten lässt. Die Manipulation lässt sich nur entdecken, wenn Autos nicht nur auf der Rolle zur Typprüfung gemessen werden, sondern sich eine Behörde Serienmodelle herausgreift und auf der Straße, im realen Einsatz nachprüft. Die Environmental Protection Agency in den USA, die von den Herstellern gefürchtete EPA, macht genau dies. Sie hat inzwischen auch die Messgeräte dazu, die „Portable Emission Measure Systems“ (PEMS). Die Typprüfungswerte müssen 50 000 Meilen, also 80 000 Kilometer eingehalten werden, etwas weniger strenge Werte sogar 120 000 Meilen (fast 200 000 Kilometer).

#### Autos wissen Bescheid

Heutige Autos sind längst Computer auf Rädern. Sie sind selbstverständlich in der Lage, normale Fahrt und Prüfstand zu unterscheiden. Letzterer lässt nur die Antriebsräder rollen, die anderen stehen still, was im ESP-System zunächst für Verwirrung sorgt. Querbeschleunigungs- und Lenksensor melden nichts, obwohl das Auto fährt, auch die Navi erkennt keine Ortsveränderung. Um einwandfrei zu arbeiten, muss die Elektronik auf diese Verhältnisse eingestellt werden.

Mehr oder weniger alle Hersteller legen nicht nur Motoren und Abgassysteme so aus, dass sie die jeweils geltenden Prüfbedingungen sicher erfüllen. Kleine Tricks wie besonders dünnflüssiges Motoröl oder abgehängte Lichtmaschinen und Klima-Kompressoren sind dabei verbreitet und noch im Rahmen der Legalität. Volkswagen, möglicherweise auch weitere Hersteller inner- und außerhalb des Konzerns sind offenbar über diese Spielereien hinausgegangen. Sie sind den Verlockungen eines „defeat device“ erlegen, eines Umschalt-Tricks, der auf dem Prüfstand verbotenerweise in die Motorsteuerung eingreift: für weniger Last und damit für weniger Stickoxide beim Speicherkat, für volle Wirkung beim SCR-System.

Den Dieselmotor insgesamt zu verdammen, wird der Sache aber nicht gerecht: Mit dem richtigen Einsatz der richtigen Technik wird er auch in Zukunft kräftige, sparsame und saubere Antriebsquelle für Millionen von Automobilen sein. Weniger Wirrwar bei den weltweiten Vorschriften und regelmäßige Nachkontrolle nach Art der EPA können ihm

dabei nur nutzen. Die EU denkt daran, Ähnliches 2017/18 als „Real Driving Emissions“ ebenfalls einzuführen. Die Vorfälle jetzt werden die Einführung von RDE sicher beschleunigen. (ampnet/fer)

## Bilder zum Artikel

---



Der erste Serien-Pkw mit Dieselmotor: Mercedes-Benz 260 D (1936).

---



Volkswagen 2.0 TDI.

---