

Ist der Dieselmotor am Ende? Angesichts des VW-Skandals stellt sich diese Frage sicher nicht nur der Motorexperte. Die deutsche Automobilindustrie hat jahrelang versucht, den Dieselmotor als umweltfreundlich, sparsam und damit besonders fortschrittlich hinzustellen. Nachdem im Jahr 2002 der Hersteller Peugeot die ersten „sauberen“ Diesel mit der „Nichtraucher“ - Kampagne an den Mann gebracht hat, sind die deutschen Autobauer schnell auf diesen Zug aufgesprungen. Besonders niedrige Verbrauchsdaten und der niedrige Dieselpreis (ist ja nicht überall so) waren ein gutes Verkaufsargument, vor allem für die zunehmende Zahl von Vielfahrern. Der Dieselmotor hat prinzipbedingt sowohl Vor- als auch Nachteile gegenüber dem Benzinmotor. Beide Motoren unterscheiden sich vor allem im Verbrennungsvorgang. Beim Benzin- oder Ottomotor wird ein extern aufbereitetes Kraftstoff-Luft-Gemisch in den Zylinder gebracht und dort mittels einer Elektrode gezündet. Dabei ist sowohl die Gemischmenge als auch die Zusammensetzung des Gemischs beeinflussbar, so dass sich optimale Verbrennungsparameter einstellen lassen, unabhängig vom Lastzustand. Durch die niedrigere Temperatur, Verdichtung und den geringeren Brennwert von Benzin ist allerdings der Wirkungsgrad geringer und der Kraftstoffverbrauch höher. Der Dieselmotor hingegen hat einen besseren Wirkungsgrad, aber die Verbrennung ist lastabhängig, da die Luftmenge immer konstant bleibt und nur der eingespritzte Kraftstoffanteil variiert. Nun kann man besonders im Teillastbereich ein sehr mageres Gemisch verwenden, was bedeutet, dass der Kraftstoffverbrauch weiter sinkt.

Doch der Dieselmotor hat zwei entscheidende Nachteile. Der eine ist der Rußausstoß. Ruß entsteht durch die nicht vollständige Verbrennung der Kraftstoffpartikel, die besonders bei hohem Kraftstoffzufluss – also etwa beim Gasgeben – in Form von Kohlenstoffstaub entweichen. Durch Optimierungen bei der Kraftstoffeinspritzung wurden hier Verbesserungen erreicht, aber dennoch muss der Ruß vor allem durch aufwändige Filter zurückgehalten werden. Die ersten brauchbaren Partikelfilter für Pkw wurden von Peugeot eingesetzt, seitdem sind sie Standard. Doch auch diese Technik hat Tücken: Der Ruß setzt sich im Filter ab, und wenn der Gegendruck zu groß wird muss eine Regeneration stattfinden. Und dazu muss der Ruß verbrannt werden, was sowohl höheren Verbrauch als auch mehr CO₂ – Ausstoß bedeutet. Und wer hat es nicht schon erlebt: Man steht an der Ampel, es wird grün, und der vor einem stößt eine dicke schwarze Wolke aus! Der Rußausstoß ist also nur im grünen Bereich, wenn der Filter intakt ist. Und von Kritikern wird immer wieder angeführt, dass auch die Filter nur Partikel bis zu einer bestimmten Größe zurückhalten, Feinststaub aber dennoch emittiert wird. Inwieweit die Regenerationszyklen die vorteilhafte Umweltbilanz bezüglich CO₂ verfälschen ist leider noch nicht genau untersucht.

Der zweite Nachteil ist die im Vergleich zum Ottomotor deutlich höhere Stickoxid-Emission. Und Stickoxide (NO_x) sind leider sowohl umwelt- als auch gesundheitsschädigend. Deshalb sind in den USA die Grenzwerte sehr streng. Die Tabelle zeigt ein paar Normwerte zum Vergleich:

Zulässige NO _x Emission	Ottomotoren	Dieselmotoren
EURO4 (ab 2006)	80 mg/km	250 mg/km
EURO5 (ab 2011)	60 mg/km	180 mg/km
EURO6 (ab 2015)	60 mg/km	80 mg/km
CARB LEVII (USA, seit 2007)	31 mg/km	31 mg/km

In Europa wird zwischen Benzin- und Diesel-PKW unterschieden, was schon sehr fragwürdig ist, weil es nicht einzusehen ist, dass ein Gesundheitsrisiko unterschiedlich bewertet wird. Immerhin wird für die ab diesem Jahr geltende EURO6-Norm der NO_x-Wert drastisch reduziert, doch sind die Werte

immer noch deutlich höher als die schon lange geltenden Grenzwerte des California Air Research Board, dem inzwischen 13 Bundesstaaten angehören und weitere beitreten werden. Stickoxide sind zum einen gesundheitsgefährdend, da sie Krankheiten der Atemwege verursachen (besonders NO₂), doch sie sind auch für verstärkte bodennahe Ozonbildung (Sommersmog), sauren Regen, sowie als Treibhausgase (Aerosole) für Klimaveränderungen verantwortlich.

Warum aber ist bei Dieselmotoren das Problem der Stickoxide so schwer zu beherrschen? Das Kraftstoffgemisch ist sehr mager, besonders im Teillastbereich, da nur die Kraftstoffmenge geregelt wird. Aber gerade unter diesen Bedingungen, Luftüberschuss bei der Verbrennung unter hohen Temperaturen, werden Stickoxide freigesetzt, die aus der Reaktion von Stickstoff und Sauerstoff in der Verbrennungsluft entstehen. Einige Hersteller (etwa Mazda) versuchen daher, mit Optimierungen des Verbrennungsverlaufs hier eine Verbesserung zu erzielen, z.B. durch niedrigere Temperaturen und Abgasrückführungen. Damit wird versucht, das Problem bereits an der Wurzel zu packen. Am verbreitetsten bei den europäischen Herstellern sind aber sogenannte Speicherkatalysatoren, die erstmal ebenfalls von Peugeot eingeführt wurden. Hier werden die Stickoxide eingelagert, und ähnlich dem Rußpartikelfilter durch regelmäßige Regenerationszyklen entfernt. Für größere Motoren wird zusätzlich eine Harnstoffeinspritzung (AdBlue) durchgeführt (SCR-Kat). Leider funktioniert dieser wiederum unter Teillast, etwa im Stadtverkehr, nicht besonders gut, da dann die Abgastemperaturen zu niedrig sind. Um das Problem einigermaßen zu beherrschen, müsste das Gemisch angereichert werden, aber genau das ist kontraproduktiv für geringen Kraftstoffverbrauch und CO₂-Ausstoß. Da beißt sich die Katze in den Schwanz!

All dies zeigt, dass sowohl der Rußausstoß als auch die NO_x-Emission beim Dieselmotor schwer beherrschbar sind. Der Aufwand ist bedeutend höher als beim Ottomotor, was Dieselmotoren teuer macht – zumindest wenn man tatsächlich die Emissionen beherrschen will. Und hier ist der Ansatz der Motorenbauer, der letztlich zum VW-Skandal geführt hat! Interessanterweise hat man schon vor Jahren festgestellt, dass sich trotz aller Verschärfungen der Abgasnormen die Luftqualität z.B. an den großstädtischen Messpunkten nicht wirklich verbessert hat. Weder die Belastung mit Feinstaub noch mit NO_x ist signifikant zurückgegangen. Warum? Weil der Dieselmotor unter realen Bedingungen, vor allem im Teillastbereich, deutlich mehr emittiert als im vorgeschriebenen Messzyklus beim Abgastest der Typzulassung. Studien zeigen im Mittel eine 7-fach höhere Emission! Mit anderen Worten, ein Euro5 – Diesel hat in der Praxis mehr als 1g NO_x abgegeben, etwa das 20fache wie ein Ottomotor.

Das Versprechen von der sauberen Dieseltechnik ist also ein Märchen. Doch die Autobauer wehren sich noch immer gegen die Einführung eines neuen Messzyklus. Denn dann fallen auch die meisten Fahrzeuge, die jetzt zumindest den aktuellen, wenig praxisrelevanten Zyklus bestehen, durch. Es geht nicht um Umwelt und Gesundheit. Es geht darum, den Glauben an das Autowunderland Deutschland aufrechtzuerhalten, koste es was es wolle. Und da scheut man auch vor Betrugereien nicht zurück. Mit Softwaremanipulationen werden beim Testzyklus die Bedingungen so optimiert, dass die Grenzwerte eingehalten werden. Doch wozu sind diese Werte gut, wenn sich unter realen Bedingungen niemand darum schert?

Der Autostandort Deutschland ist erschüttert. VW muss 8 Millionen Autos umrüsten. Das Kraftfahrt-Bundesamt, das jahrelang untätig war, ist aus dem Dornröschenschlaf erwacht. Die Kosten aus Klagen der US-Behörden und privaten Schadenersatzklagen sind nicht absehbar. Und der Ruf der Dieseltechnologie ist nachhaltig geschädigt. Die Pariser Oberbürgermeisterin fordert schon ein

Einfahrtverbot. Die Versuche, mit dem Diesel in Amerika Fuß zu fassen, kann man wohl für immer als gescheitert bezeichnen.

Im Übrigen haben die neueren Benzin-Direkteinspritzmotoren die gleichen Probleme wie Dieselmotoren! Denn auch bei ihnen wird zur Kraftstoffeinsparung ein dem Dieselmotor ähnliches Prinzip der Gemischaufbereitung verwendet, was zu den gleichen Problemen bei Rußpartikel- und Stickoxid-Emission führt. Deshalb ist Mitsubishi, die das Prinzip zur Serienreife führten, letztlich wieder davon abgekommen. Stattdessen forciert man in Japan alternative Konzepte wie die Hybridtechnik oder Brennstoffzellenantriebe.

Ausgerechnet die deutschen Motorenbauer haben aber sowohl die Dieselsechnologie als auch die Benzin-Direkteinspritzer zum Standard für kraftstoffsparende Autos gemacht. Fragt sich nur, welche Auswirkungen das auf die Umwelt hat, denn tatsächlich schadstoffarm sind diese Autos eben nur auf dem Prüfstand. Auch wenn sich die meisten deutschen Dieselfahrer gelassen geben (denn die wenigsten tun dies wegen der Umwelt), könnte diese Technik schon wegen der Verunsicherung der Autofahrer bald wieder verschwinden.

Zuletzt will ich noch auf einen ganz besonderen Aspekt eingehen. Zum einen ist inzwischen klar, dass Prüfstandswerte ungeeignet sind, etwas über den tatsächlichen Schadstoffausstoß zu verraten. Nicht nur, dass die Prüfzyklen realitätsfremd sind, auch der neue Worldwide Harmonized Light duty Test Procedure“ (WLTP) ist im Prinzip manipulierbar. Deshalb wird die Einführung eines „Real Driving Emission“ – Test gefordert, also Messungen auf der Straße. Wie konnte es aber zu den Manipulationen kommen? Die Typzulassung, deren Bestandteil auch der Nachweis der Einhaltung der Emissionsgrenzen ist, wird nicht unabhängig, sondern von den Autobauern selbst durchgeführt. Die Protokolle werden in Deutschland dem Kraftfahrt-Bundesamt zur Verfügung gestellt. Früher hat diese Behörde auch Feldüberwachungen veranlasst. Doch die Autolobby hat vor Jahren erreicht, dass diese Überwachung eingestellt wurde und das Amt in einen Dornröschenschlaf fiel. Immer wieder haben vereinzelt Organisationen wie die ICCT (International Council on Clean Transportation), die eigene Untersuchungen anstellten, auf Ungereimtheiten hingewiesen, aber die Gesetzeshüter stellten sich taub. Der Nährboden für Manipulationen war bereitet. Wer aber trägt dafür die Verantwortung? Das Management ganz oben hat diesen Betrug sicher nicht angewiesen. Wenn sich Leute wie Winterkorn hinstellen und nichts gewusst haben wollen ist das vermutlich sogar die Wahrheit. Also ist irgendein Entwickler, der in die Software bestimmte Programmteile eingefügt hat, der Schuldige? Nein, denn auch der hat das nicht gemacht, weil er betrügen wollte. Das Problem liegt in der Unternehmenskultur, den Strukturen zur Entscheidungsfindung bei der Umsetzung von neuen Projekten. Ich kann hier nur Vermutungen anstellen, aber ich erwarte, dass diese sehr nahe an der Realität sind. Besonders in den Großkonzernen ist seit Jahren zu beobachten, dass die Techniker zu Erfüllungsgehilfen von Kaufleuten, vor allem aus dem Marketing, geworden sind. Nicht technische Innovation treibt die Entwicklung, sondern der Konsum. Innovation überlässt man gern Hochschulen und Instituten. Das Management gibt große Ziele aus, und die hauseigene Entwicklung bekommt ihre Aufgaben von Vertriebsleuten, die herausgefunden haben, was der Kunde vermeintlich will, womit am meisten Geld verdient werden kann und wie man so den Vorstandsvorgaben Genüge tun kann. Und so läuft das dann ab: Das Marketing fordert einen Motor mit bestimmten Eigenschaften, z.B. 3 Liter Verbrauch, 70g CO₂, Einhalten der kalifornischen Abgasnorm. Die Entwicklung bietet an, so was z.B. mit 100 Ingenieuren in 3 Jahren zu schaffen, die Kosten pro Motor sind 5000 Euro. Das Marketing verlangt die Fertigstellung in 1,5 Jahren, weil man das Auto schon Händlern in Amerika versprochen hat. Und kosten darf der Motor nur 2000 Euro. Warum tut man das? Weil man es dem Management versprochen hat, und gelingt das nicht ist die Karriere zu Ende. Die Entwicklung sagt, dass dies quasi

nicht machbar ist, aber mit 300 Ingenieuren könne man es vielleicht schaffen. Doch der Kaufmann stellt klar, dass man nur 50 Entwickler genehmigt bekommt, weil sonst kein Gewinn eingefahren werden kann. Was tut nun die Entwicklung? Sie beauftragt einen anderen Konstrukteur, der schließlich zu dem Ergebnis kommt, in 2 Jahren mit 70 Ingenieuren einen Motor für 2500 Euro zu entwickeln. Warum tut er das? Tut er es nicht, ist auch seine Karriere beendet. Doch er hat die Risiken unterschätzt, vielleicht bewusst. Und dann kommt die rettende Idee: wir drehen mal ein bisschen an der Software. Der Chef gibt grünes Licht, ohne die Vorstände zu informieren. Warum tut er das? Tut er es nicht, ist seine Karriere zu Ende. So wird ein Entwickler beauftragt, das umzusetzen. Falls er Skrupel hat, wird er beruhigt, oder seine Karriere ist zu Ende. Und ist es erst einmal gut gegangen, wird es bald zur Routine. So oder so ähnlich mag sich das abgespielt haben. Vielleicht auch anders, Tatsache bleibt, dass letztlich das Top-Management verantwortlich dafür ist, wie Untergebene mit dem oft aus dem Geltungsbedürfnis Einzelner aufgebauten unangemessenen Erwartungsdruck umgehen. Viele Manager interessieren sich nur noch für Zahlen und Projektampeln auf Powerpoint-Folien, für technische Argumente ist meist kein Platz.

Der Schaden für unsere Umwelt ist nicht wieder gutzumachen. Blue Motion entpuppt sich als blauer Dunst. 30% CO₂-Einsparung hat Winterkorn versprochen – nein gefordert von seinen Ingenieuren. In der Kürze der Zeit zu erreichen nur mit Diesel und Benzin- Direkteinspritzern. Auf VW werden vielleicht noch andere folgen. Doch die europäischen Behörden werden versuchen, den Schaden für die europäische Automobilindustrie so gering wie möglich zu halten, und die japanischen Hersteller sind in Amerika nicht auffällig, denn sie setzen seit längerem auf elektrische Technologien, in dem Bewusstsein, dass nur damit die strengen Normen der Zukunft einzuhalten sind. Vielleicht trägt der VW-Skandal dazu bei, dass die deutschen Autobauer wieder verstärkt auf echte Innovationen setzen und in die Batterieforschung