

18

ANALYSIS OF 5 DIESEL GASES

▼ IN DIESER AUSGABE

EINFÜHRUNG

2

KURZE CHRONOLOGIE
DES DIESELMOTORS

2

DIESEL-
VERBRENNUNGSMOTOR

3

EUROPÄISCHE
NORMEN

8

REDUZIERUNG VON
SCHADSTOFFEN IM
VERBRENNUNGSPROZESS

9

ABGASNACH-
BEHANDLUNG

11

ANALYSE DER
DIESELABGASE

16

TECHNISCHE
HINWEISE

18



EureTechFlash ist eine Publikation
der AD International
(www.ad-europe.com)

Laden Sie alle EureTechFlash
Ausgaben runter auf

www.eurecar.org

EINFÜHRUNG

Seit der Erfindung der Verbrennungsmotoren war die Energieeffizienz von Dieselmotoren viel höher als die ihrer direkten Konkurrenten, ein Faktor, der zusammen mit den niedrigeren Kraftstoffkosten zu ihrer absoluten Hegemonie bei industriellen Anwendungen, im Schwerverkehr und in der kollektiven Mobilität geführt hat.

Der Einsatz in Pkws war zunächst gering, was auf höhere Kosten, hohes Gewicht, begrenzte Arbeitsflexibilität und zu hohen Geräuschpegel zurückzuführen war. Viele Jahre lang führten die Komplexität und Präzision des Kraftstoffversorgungssystems zu Mehrkosten in der Produktion, die schließlich durch die Weiterentwicklung der Bearbeitungstechniken und die Automatisierung der Maschinen ausgeglichen werden konnten.

Kurz darauf löste die Entwicklung der digitalen Elektronik und deren Anwendung in den Motorversorgungssystemen eine Revolution in der weltweiten Automobilszene aus, was zu einer drastischen Leistungssteigerung der Dieselmotoren führte.

Die Reaktion der Endverbraucher auf die Kombination aus höherer Betriebswirtschaftlichkeit und gleicher oder besserer Leistung ließ nicht lange auf sich warten, sodass Dieselfahrzeuge mehrere Jahre in Folge die Verkaufstatistiken anführten.

Der schnelle Wandel des Fuhrparks in einigen Ländern der Welt und die zunehmende Verbreitung von Dieselfahrzeugen in Großstädten führten in wenigen Jahren zu einer Realität mit gefährlichen Folgen. Die spezifischen Abgasemissionen des Dieselmotors haben ihn in den letzten Jahren zum zentralen Gegenstand eines Gesundheitsproblems gemacht, das die Behörden mit immer strengeren Zulassungsnormen



und häufigeren Inspektionen zu lösen versuchen.

Die verbindliche Einhaltung der Umweltschutzbestimmungen hat zur technischen Weiterentwicklung der Dieselmotoren und zur Entwicklung neuer Systeme zur Schadstoffreduzierung geführt, deren Leistung und einwandfreier Betrieb nur durch die abschließende chemische Zusammensetzung der Abgase nachgewiesen werden kann. Anteil und Schwankung bestimmter, bei der Verbrennung entstehender Stoffe, ermöglichen es zudem, konkrete Abweichungen zu diagnostizieren, welche die Selbstdiagnoseprogramme der Fahrzeuge nicht in der Lage sind, zu bestimmen.

KURZE CHRONOLOGIE DES DIESELMOTORS



1892 erfindet, patentiert und überrascht der Deutsche **Rudolf Diesel** die Welt mit einem **Selbstzündler**, der mit Schweröl betrieben und später als **Dieselmotor** bezeichnet wird. Nach dem Tod seines Erfinders stieg der Bekanntheitsgrad des Dieselmotors und verbesserte seinen Ruf. Nach einer ersten Expansion in militärische Anwendungen führte ihn seine erhöhte Leistungsfähigkeit in wenigen Jahren in die Welt der Industrie und des Schwertransports.

1904 wurde das erste U-Boot mit Dieselmotor gebaut. Es kombinierte einen Elektromotor für Tauchfahrten und einen Dieselmotor, der die Akkus auflud und für Überwasserfahrten genutzt wurde.

1920 begann die Produktion von dieselbetriebenen Lastkraftwagen und erst ab **1930** kamen, u. a. dank der Einführung des Abgasturbo-laders, der die Leistung um fast 30% steigerte, nach und nach Dieselmotoren zum Einsatz. Im Jahre **1939** erfolgten 25% der weltweiten Schifffahrt mit dieselbetriebenen Motoren.

1922 begann **Robert Bosch** mit der Entwicklung eines Einspritzsystems für Dieselmotoren, wobei er eine Vielzahl von Einspritzpumpen erfand. **1927** begann die ersten Serienfertigung von Einspritzpumpen, die in kurzer Zeit den Bereich Landmaschinen und Industriefahrzeuge eroberten.

Im Vergleich zu einem herkömmlichen Vergaser benötigte ein Dieseleinspritzsystem zwischen **6 und 10 Mal mehr Teile** und dass bei viel höheren Kosten. Später führte jedoch die Automatisierung der Maschinen zu einem Durchbruch in diesem Bereich mit einer deutlichen Senkung der Endkosten. Aber erst Ende der 80er Jahre kamen die ersten **elektronisch gesteuerten Pumpen auf den Markt**.

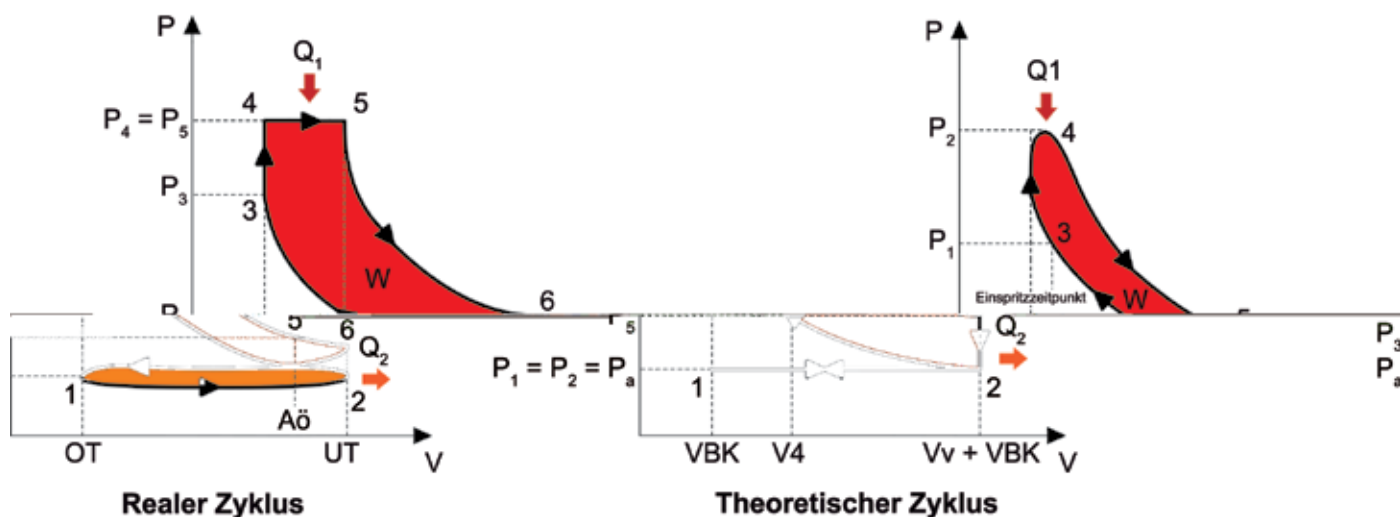
Um die Einschränkungen der kompakten Verteilerpumpen zu überwinden, wurden zwei „alte“ Konzepte zurückgewonnen: Das zwischen dem Volkswagen-Konzern und Bosch entwickelte und **1994** vorgestellte **Pumpe-Düse-System** (obwohl die Serienfertigung erst **1998** begann), und das von Fiat in Zusammenarbeit mit Magneti Marelli entwickelte **Common-Rail-System**, auch wenn es schließlich von Bosch zur Serienreife entwickelt und auf den Markt gebracht wurde.

Die rasante **Entwicklung der elektronischen Steuersysteme** für Dieselmotoren hat **zu einer weiteren Leistungssteigerung geführt** und den niedrigen Verbrauch und die Wirtschaftlichkeit von Dieselmotoren zusätzlich unterstrichen. Nach dem Gipfel und der Unterzeichnung des **Kyoto-Protokolls** zur Reduzierung der Treibhausgase wurde der Kauf von **Dieselfahrzeugen** aufgrund ihrer **geringeren Emission von CO2** im Vergleich zu den Benzinmotoren durch Anreize gefördert.

DIESEL-VERBRENNUNGSMOTOR

Theoretischer und realer Zyklus

Der berühmte 4-Takt-Dieselmotor lässt sich anhand der folgenden Arbeitsdiagramme plausibel erklären.



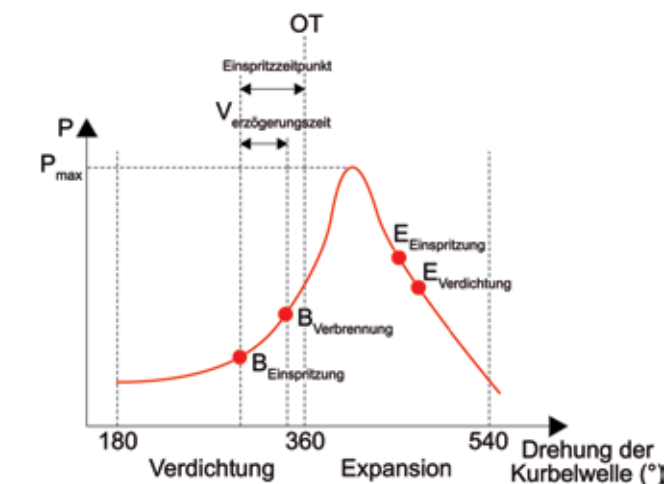
Ansaughphase (1-2): Im theoretischen Zyklus ermöglicht der Beginn des Abwärtshubs des Kolbens zusammen mit dem Öffnen des Einlassventils die Zufuhr von atmosphärischer Luft, die das wachsende Zylindervolumen bis zum UT (unteren Totpunkt) füllt, dem Zeitpunkt, an dem das Ventil wieder schließt. Im realen Zyklus wird die effiziente Befüllung des Zylinders durch die Motordrehzahl, seine Resonanzfrequenz und die Temperatur der atmosphärischen Luft beeinflusst.

Verdichtungsphase (2-3): Im theoretischen Zyklus reduziert der Aufwärtshub des Kolbens bei geschlossenen Ventilen das Zylindervolumen. Durch den Druckanstieg erwärmt sich das Gas (atmosphärische Luft), bis es am OT (oberen Totpunkt) eine Temperatur erreicht, die weit über der Temperatur liegt, die zum Zünden des Kraftstoffs erforderlich ist. Die Verdichtung der Luft erfordert Energiezufuhr. Im realen Zyklus wird der durch die Verdichtung erzeugte Druck und die Temperatur durch die Motordrehzahl und die Temperatur der Zylinderwände (Kühlsystem) beeinflusst.

Verdichtungs- und Expansionsphase (3-4-5): Im theoretischen Zyklus wird der Kraftstoff in den Zylinder (3-4) gespritzt, wobei er sich bei Kontakt mit der Druckluft erwärmt und anschließend zündet. Die Verbrennung liefert die notwendige Wärme (Q_1), um den zuvor erreichten Druck aufrechtzuerhalten, solange die Kraftstoffversorgung noch erfolgt. Der Hochdruck drückt den Kolben kraftvoll nach unten, wobei der aus Pleuelstange und Pleuellager bestehende Pleueltrieb ihn in ein Drehmoment umwandelt. Wenn die Injektion gestoppt wird, verringern sich der Druck und die Temperatur der Gase (5-6). Während dieser Zeit wird die bei der Verdichtung eingebrachte Energie sowie die in Form von Verbrennungswärme gewonnene Energie zurückgewonnen und in mechanische Energie umgewandelt.

Die Art und Weise der Kraftstoffzuführung und der Verbrennungsablauf sind die Faktoren, die die tatsächliche Ausführung des Dieselizeklus am meisten beeinflussen. Die Arbeitszeit unterteilt sich in drei klar differenzierte Zeiträume: Zündverzögerung, Verzögerungszeit (V_z) und Zündung.

Auslassphase (6-2-1): Die Öffnung des Auslassventils im theoretischen Zyklus ermöglicht die Entleerung des Zylinders durch Reduzierung des Volumens, das durch den Aufwärtshub des Kolbens entsteht. Das Ausstoßen der Abgase führt zu einem Wärmeverlust durch deren Austritt aus dem Zylinder. Nach der Ausstoßzeit wird der Zyklus kontinuierlich wiederholt, sodass in jedem vierten Hub eine positive mechanische Leistung erzielt wird.



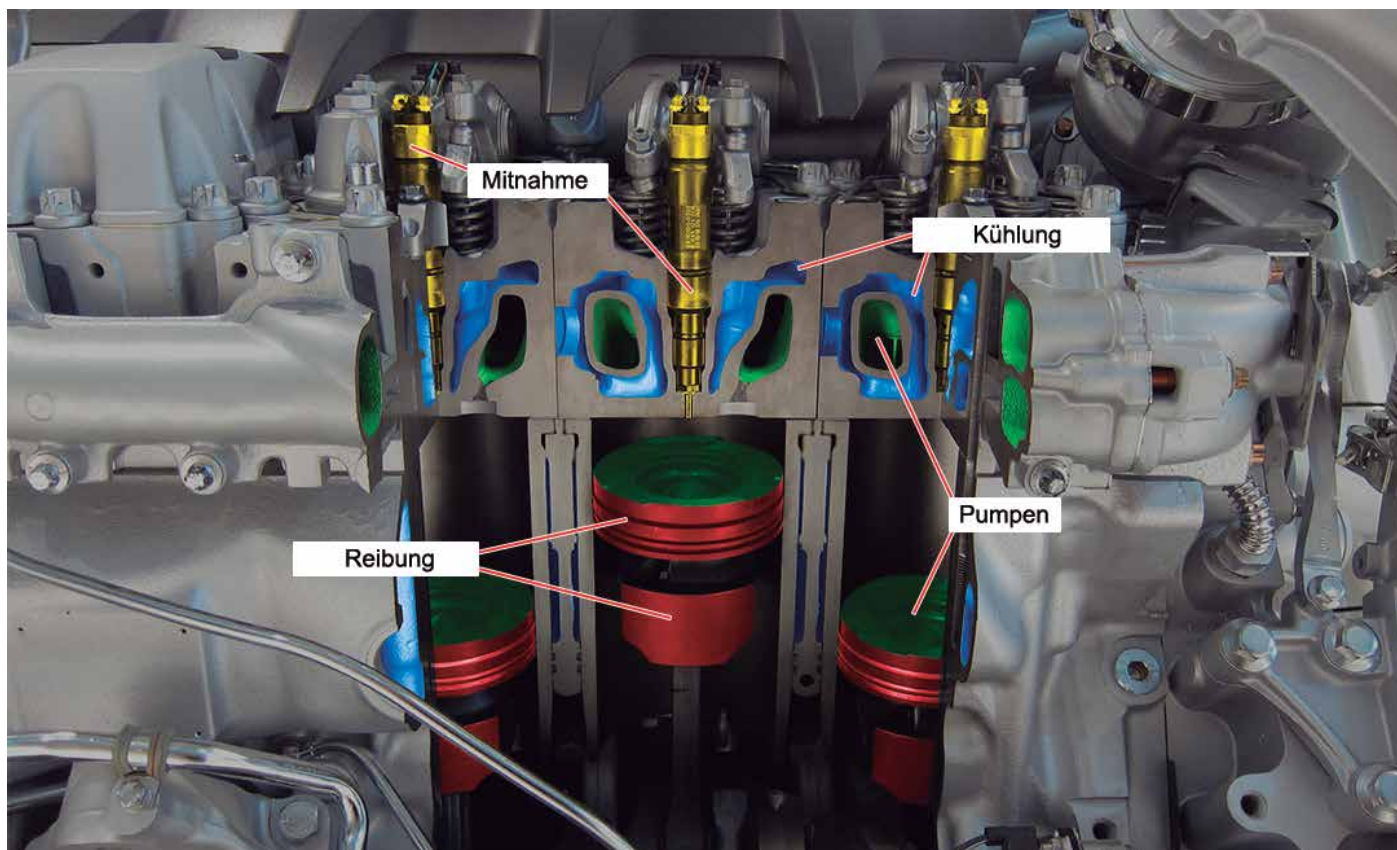
Im realen Zyklus wird ein Teil der Abgase am Ende des Arbeitshubs durch den am Ende der Verbrennungszeit vorhandenen Restdruck über das Auslassventil automatisch nach außen geleitet, was bedeutet, dass ein Teil der aus dem Kraftstoff gewonnenen Wärme über den Auspuff verloren geht. Das Öffnen des Auslassventils (Aö) vor dem unteren Totpunkt ist fast zwingend erforderlich, um eine effektive Entleerung des Zylinders zu erreichen, da das vorzeitige Schließen desselben (As) aus mechanischen Gründen unvermeidlich ist.

Energieverluste des Motors

Zusätzlich zu den Nachteilen beim realen Diesel-Arbeitszyklus sind auch die Nachteile zu berücksichtigen, die in der Praxis in Verbrennungsmotoren auftreten. Die physikalischen Verhältnisse der mechanischen Konstruktion, das thermische Verhalten der Materialien und der Betrieb mit variabler Drehzahl führen zu Verlusten, die sich auf die

Endleistung des Motors auswirken, sodass von der gesamten durch die Verbrennung freigesetzten Wärmeenergie nur ein Teil in mechanische Energie umgewandelt wird, die dann für den Antrieb des Fahrzeugs oder einer andere Art von Arbeit zur Verfügung steht.

Die größten Energieverluste bei Dieselmotoren entstehen durch:

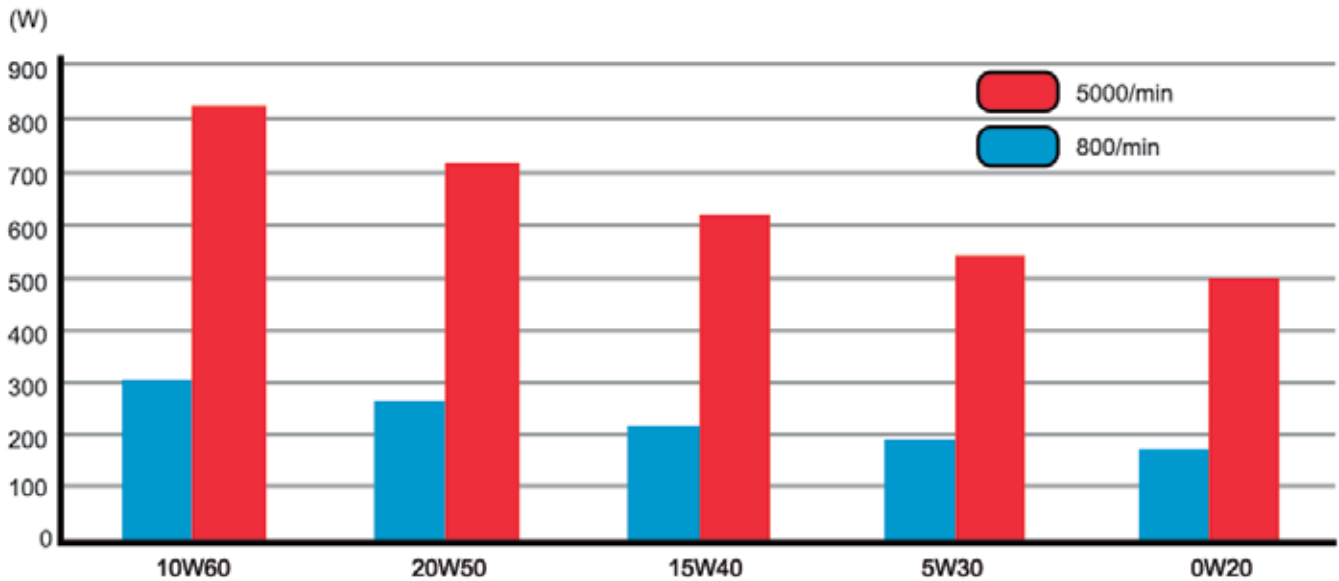


Kühlung: Die für die Motoren verwendeten Metalle verhalten sich bei der Temperatur, die zur Verbrennung des Diesels führt (es besteht die Gefahr der Ausdehnung und Schmelzung), „instabil“, was ein Kühlsystem erforderlich macht. Die durch das Kühlsystem abgeführte Wärme erzeugt keinen Temperatur- und Druckanstieg der Gase, und stellt somit einen Verlust dar, der hauptsächlich in der Verbrennungs- und Expansionsphase und in geringerem Maße in der Verdichtungsphase auftritt.

Pumpen: Der Abschnitt der Ventilöffnung wird durch die Konstruktion der Zylinder und Nocken begrenzt, wodurch das Befüllen und Entleeren des Brennraums in bestimmten Momenten eingeschränkt werden kann. Entscheidend in dieser Hinsicht sind die Dichte der Ansaugluft und der bei der Verbrennung entstehenden Abgase. Wenn die Volumenänderung des Zylinders während der Einlass- und Auslasszeit größer ist als die von den Ventilen ermöglichte Abgasmenge, werden am Kolbenkopf entgegen seiner Bewegungsrichtung wirkende Kräfte erzeugt, die einen Widerstand hervorrufen, der wiederum mithilfe von mechanischer Energie überwunden werden muss.

Mitnahme: Die Druckbeaufschlagung des Kraftstoffs für die Einspritzung, die Schmierung der beweglichen Motorkomponenten und die Kühlung des Motors erfolgen im Allgemeinen durch Hydraulikpumpen. Zum Antrieb dieser mobilen Komponenten wird in der Regel ein Teil des Motordrehmoments genutzt, was wiederum Leistungsverluste im Motor erzeugt.

Reibung: Die Reibung und Reibungskräfte zwischen sich bewegenden Komponenten sind in den Fällen unvermeidlich, bei denen diese Komponenten ohne Schmierung auskommen müssen. Selbst bei geschmierten Komponenten erzeugt die Viskosität des Schmiermittels gegen die Bewegung dieser Komponenten wirkende Kräfte, die mit steigender Arbeitsgeschwindigkeit zunehmen.



Insbesondere in den Kolbenringen, aufgrund ihrer hohen Arbeitsgeschwindigkeit, sowie in den Pleuel- und Kurbelwellenlagern, aufgrund der großen Kontaktfläche, können die Reibungsverluste erheblich

sein. Der Antrieb über Zahnriemen oder Hilfsriemen ist ebenfalls mit einer gewissen Reibung verbunden.

Verbrennung der Kohlenwasserstoffe

Die zum Erhöhen oder Aufrechterhalten des Drucks in den Motorzylindern erforderliche Wärme wird bei Dieselmotoren durch die Oxidation der verschiedenen im Dieselöl vorhandenen Kohlenwasserstoffe durch ihre Reaktion mit dem Sauerstoff der atmosphärischen Luft (O_2) gewonnen.



Anschließend erzeugt die Kombination von Sauerstoff und Kohlenstoff Kohlendioxid CO_2 , während die Verbindung mit Wasserstoff bei vollständiger und perfekter chemischer Reaktion Wasser (H_2O) bildet.

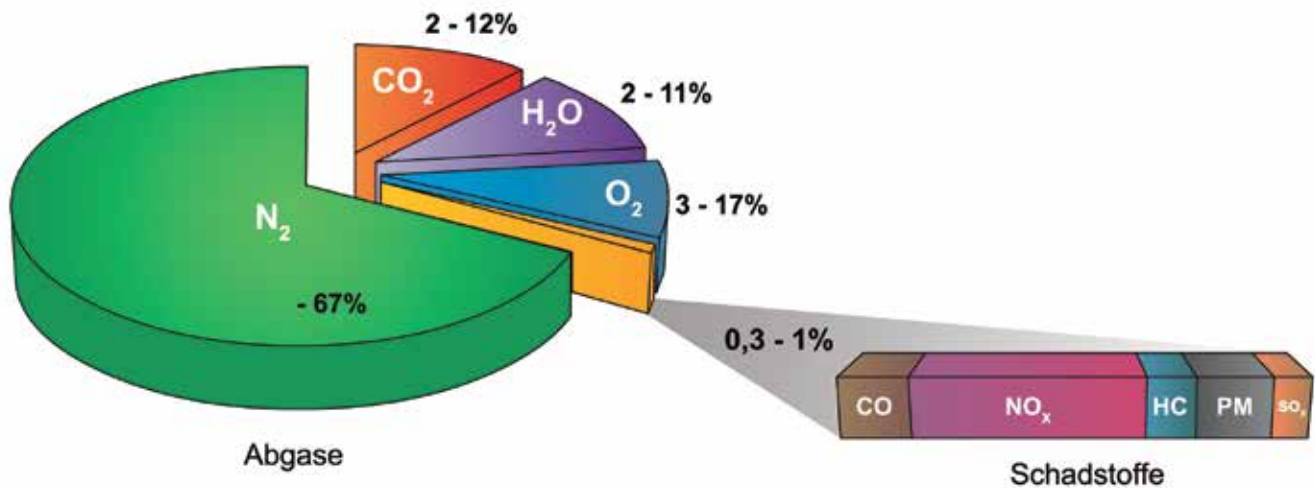
Dazu müssen **zwei Grundvoraussetzungen** erfüllt sein, die chemisch zwar recht einfach sind, bei schnellen Motoren aber nicht immer erreicht werden.

- 1. Proportionalität zwischen den reaktiven Elementen:** Der Dieselmotor benötigt 14,5 Gramm Luft pro Gramm Kraftstoff (**14,5:1**), um den Diesel vollständig zu oxidieren (stöchiometrisches Verhältnis). Entsprechend diesem Verhältnis kann die freigesetzte Wärmeenergie und die Masse der resultierenden Produkte am Ende der Reaktion berechnet werden.
- 2. Ausreichende Temperatur:** Damit die Oxidationsreaktion ausgelöst werden kann, ist eine anfängliche Energiezufuhr erforderlich, um die Temperatur der Kohlenwasserstoffe (C_xH_x) über ihre Entzündungstemperatur hinaus zu erhöhen. Der flüssige Dieseldieselkraftstoff muss in einen gasförmigen Zustand gebracht werden. An diesem Punkt werden die Anziehungskräfte zwischen seinen Molekülen aufgehoben und die Kohlenwasserstoffe können sich mit der Luft (Sauerstoff) vermischen. Durch die Unmöglichkeit einer perfekten und homogenen Verbrennung müssen Dieselmotoren mit einem Luftüberschuss arbeiten, dennoch kommt es unter bestimmten Betriebsbedingungen zu einer teilweisen (unvollständigen) Verbrennung, was neben der Leistungsreduzierung auch die Bildung von Kohlenmonoxid (CO), leichten Kohlenwasserstoffen (HC) und Feststoffpartikeln verursacht.

Diesel Dieselschmutzung

Der „reale“ Diesel-Arbeitszyklus unterscheidet sich erheblich vom „theoretischen“, unter anderem durch die Änderung des Kraftstoffzustandes oder durch Wärmeverluste. Beim Arbeitszyklus in der Praxis, insbesondere während der Verbrennung, kommen zusätzlich Probleme hinzu, die sich aus den durch das Kraftstoffversorgungssystem resultierenden Einschränkungen, der hohen Arbeitsgeschwindigkeit und einigen ursprünglich nicht vorgesehenen chemischen Reaktionen

ergeben. Selbst bei der Arbeit mit Luftüberschuss kann sich die Oxidation der Kohlenwasserstoffe in einigen Bereichen als ungenügend erweisen, was nicht nur die Wärmeleistung des Prozesses reduziert, sondern auch das Auftreten von Kohlenmonoxid (**CO**), Feststoffpartikeln (**PM**) und Kohlenwasserstoffen (**HC**) im gasförmigen Zustand in den Abgasen mit sich bringt.



Außerdem ermöglicht das Vorhandensein bestimmter, „theoretisch“ nicht an der Verbrennungsreaktion beteiligter Stoffe in der Brennkammer die parallele Entstehung parasitärer chemischer Reaktionen mit ihren entsprechenden Endprodukten (**NO_x** und **SO_x**). Daher enthalten die Abgase heutiger schneller Dieselmotoren einen kleinen Anteil an Schadstoffen, der in der Regel 1% der gesamten Abgasmenge nicht übersteigt. Der verbleibende Teil besteht aus Kohlendioxid (**CO₂**) und Wasserdampf (**H₂O**), die sich aus der korrekten und vollständigen Oxidation der Kohlenwasserstoffe ergeben, zuzüglich der überschüssigen, nicht an der Verbrennung beteiligten Luft (**N₂** und **O₂**).

Das relative Verhältnis zwischen den schadstofffreien Gasen hängt hauptsächlich vom Belastungszustand des Motors und dem Willen des Fahrers ab (Geschwindigkeits-/Lastregelung), was die eingespritzte Kraftstoffmenge und ihr Verhältnis zur Luftmasse, die die Zylinder füllt, bestimmt. Die Produktion von Schadstoffen ist vor allem auf die Bedingungen zurückzuführen, unter denen die Verbrennung stattfindet, die eindeutig durch die Temperatur-, Druck- und Turbulenzschwankungen innerhalb der Brennkammer bedingt wird und die sich aus dem Betrieb mit variabler Drehzahl und Motorlast sowie den Einschränkungen des Kraftstoffeinspritzsystems ergeben.

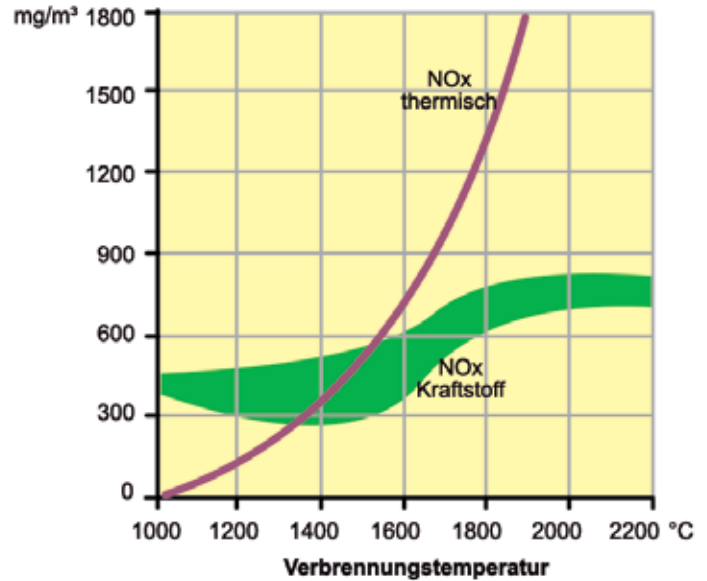
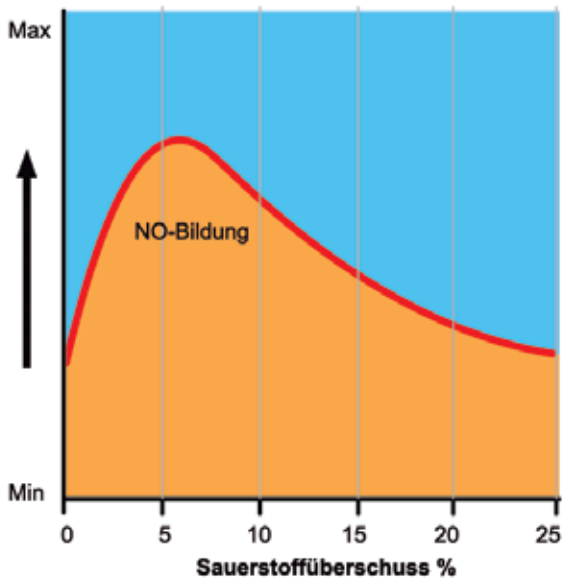
Kohlendioxid (CO₂)

Es handelt sich um ein Gas, dessen Moleküle aus zwei Sauerstoffatomen und einem Kohlenstoffatom bestehen. Es entsteht durch die vollständige Verbrennung von Kohlenstoff, und je höher seine Konzentration, desto besser ist die Verbrennung. Es ist für Lebewesen nicht schädlich, jedoch kann eine höhere Konzentration in der Atmosphäre durch den sogenannten Treibhauseffekt zu großen Klimaschwankungen führen. 41% der jährlich ausgestoßenen anthropogenen Treibhausgase (das Ergebnis menschlicher Aktivitäten) werden direkt dem Fahrzeugverkehr zugeschrieben, wobei der größte Teil davon mit einem Dieselmotor angetrieben wird.

Stickoxide (NO_x)

Die bei der Verbrennung entstehenden Stickoxide (NO und NO₂) machen etwa 50% der gesamten Schadstoffemissionen moderner Dieselmotoren aus und sind in jüngster Zeit zu deren größtem Nachteil geworden.

In ausreichender Konzentration reduziert es den Anteil von O₂ in der Luft und schädigt das feuchte Körpergewebe (insbesondere die Atemwege), was je nach Konzentration zum Ersticken führen kann. Stickstoffmonoxid ist ein Gas mit geringer Toxizität in der Konzentration, wie sie in der Atmosphäre herrscht, während Stickstoffdioxid ein Gas mit einem stark reizenden und erstickenden Geruch ist. Die Kombination von NO₂ mit Luftfeuchtigkeit bildet Salpetersäure und salpetrige Säure, die in Form von saurem Regen lebende Organismen beeinträchtigen, die mineralische Zusammensetzung von Böden verändern und Materialien und Anlagen erodieren.

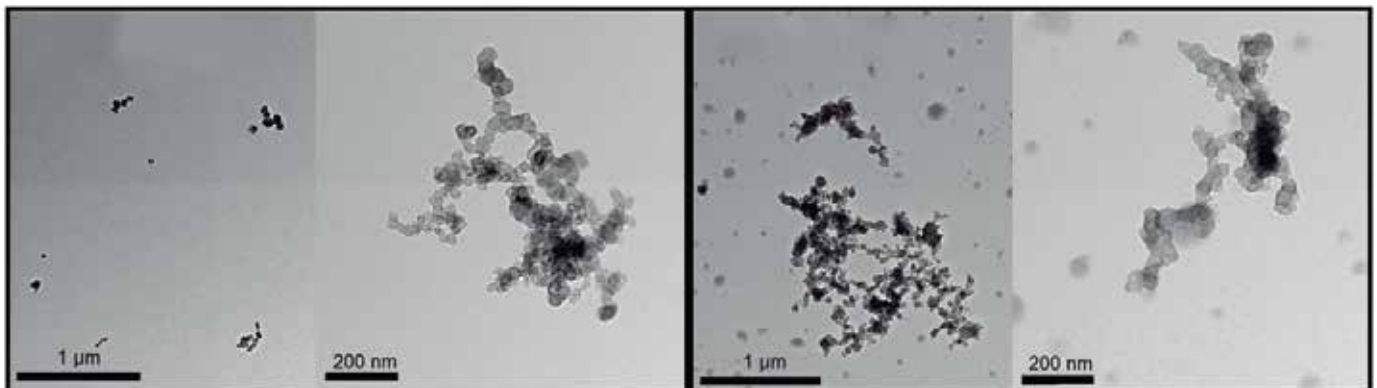


Kohlenwasserstoffe (HC)

Ihre Emissionen stammen aus unverbranntem Kraftstoff als Folge einer unvollständigen Verbrennung. Kohlenwasserstoffe treten je nach Kraftstoffart in verschiedenen Kombinationen auf und haben im Körper unterschiedliche Auswirkungen. Einige der in die Atmosphäre ausgestoßenen Kohlenwasserstoffe verursachen leichte gesundheitliche Auswirkungen wie Reizung der Sinnesorgane, während andere, wie Benzol, viel schädlicher und gefährlicher sein können, da sie krebserregend sind.

Kohlenmonoxid (CO)

Der Sauerstoffmangel bei der Verbrennung führt dazu, dass sie nicht vollständig abläuft und CO anstelle von CO₂ gebildet wird. Höhere Konzentrationen von Kohlenmonoxid in den Abgasen weisen auf ein fettes Anfangsgemisch oder auf Sauerstoffmangel hin. CO ist ein geruchloses, farbloses, brennbares und hochtoxisches Gas, das bei starker Einatmung zum Tod führen kann. In hohen Konzentrationen und langen Expositionszeiten kann es die irreversible Umwandlung von Hämoglobin im Blut verursachen, einem Molekül, das für den Sauerstofftransport von der Lunge zu den Körperzellen verantwortlich ist. CO-Konzentrationen von mehr als 0,3 Vol.-% sind tödlich.



Feststoffpartikel (PM)

Feststoffpartikel-Emissionen werden durch den dichten schwarzen Rauch, den sie erzeugen, leicht wahrgenommen. Sie entstehen bei unvollständiger, kraftstoffreicher Verbrennung (Diesel, CH), wenn der Motor bei Vollast und bei niedrigen und mittleren Drehzahlen läuft. Dies ist der Fall, wenn eine große Menge Kraftstoff eingespritzt wird und ein Teil davon in seiner unmittelbaren Umgebung nicht genügend Sauerstoff findet, um die Oxidation abzuschließen. Dadurch werden nach der Verbrennung lange, teilweise oxidierte Kohlenwasserstoffketten erzeugt, die dazu neigen, sich zu Ruß (Ölkohle) umzubilden.

Ruß besteht aus kleinen Partikeln (bis zu 100 Nanometer) aus unreinem, pulverisiertem Kohlenstoff, der in seiner Farbe dunkler als Asche ist. Da sie nur sehr klein sind, gelangen sie beim Einatmen in den Blutkreislauf und werden zusammen mit den Nährstoffen zu den Zellen transportiert, was zu Veränderungen derselben führt und später Krebs auslösen kann. Weitere mögliche gesundheitliche Auswirkungen bei schwebenden Partikeln in der Atmosphäre sind Allergien, Asthma und Atemwegserkrankungen.

Schwefeldioxid (SO₂)

Es hat seinen Ursprung in dem im Kraftstoff (Gasöl) vorhandenen Schwefelgehalt, da es ein natürlicher Bestandteil des Rohöls ist. Die Schwefelkonzentration kann je nach Qualität der Rohölsorte variieren. Je schwerer der Kraftstoff, desto höher der Schwefelgehalt und desto schlechter seine Qualität, da Schwefel nicht an der Verbrennung zur Energiegewinnung beteiligt ist.

Es ist ein farbloses, penetrant riechendes Gas, das bei der Verbrennung als Nebenprodukt von Schwefeldioxid entsteht. Es ist umweltschädlich, denn im Kontakt mit der Luft oxidiert es und wandelt sich in

Sulfat und Schwefelsäure in Form kleiner, schwebender Partikel um, die sich schließlich niederschlagen und den sauren Regen verursachen. SO₂ verursacht Irritationen und Funktionsstörungen der Atemwege (Lunge und Nasenhöhlen). Schwefel baut außerdem Öl schnell ab und reduziert den Wirkungsgrad des Partikelfilters, was zu den erhöhten Rußemissionen des Motors beiträgt. Zur Senkung von SO₂-Emissionen müssen die Kraftstoffhersteller verpflichtet werden, das Rohöl zu raffinieren, indem sie die Schwefelkonzentration so weit wie möglich reduzieren.

EUROPÄISCHE NORMEN

In der Europäischen Union gibt es Gesetze, die die Grenzwerte für die von Verbrennungsmotoren verursachten Emissionen durch eine Reihe von Normen und Richtlinien regeln, die für alle in den Mitgliedstaaten verkauften Neufahrzeuge verbindlich sind. Die Emissionen von Kohlenmonoxid (CO), Stickoxiden (NO_x), Kohlenwasserstoffen (HC) und Rußpartikeln (PM) sind für die meisten Fahrzeuge gesetzlich geregelt, wobei je nach ihren Eigenschaften unterschiedliche Normen Anwendung finden.

Ein Ergebnis der oben genannten Gesetze ist das CAFE-Programm (Clean Air For Europe), das darauf abzielt, die Luftqualität durch die Verpflichtung zur Reduzierung der vom Verkehrssektor verursachten Emissionen durch Normen und Richtlinien zu verbessern. Im Laufe der Jahre sind diese Normen und Richtlinien aufgrund der Umweltverschmutzung immer strenger geworden. Dabei handelt es sich um die bekannten Abgasnormen EURO 1, EURO 2, EURO 3, EURO 4, EURO 5 und EURO 6, wobei jede Norm striktere Regelungen als die vorherige hat.

Diesel						
Typ	Datum	CO	HC	HC + NO _x	NO _x	PM
Euro 1	Juli 1992	2,72	-	0,97	-	0,14
Euro 2	Januar 1996	1	-	0,7 (*) - 0,9 (**)	-	0,08 (*) – 0,10 (**)
Euro 3	Januar 2000	0,64	-	0,56	0,50	0,050
Euro 4	Januar 2005	0,50	-	0,30	0,23	0,025
Euro 5	September 2009	0,50	-	0,23	0,18	0,005
Euro 6	September 2014	0,50	-	0,17	0,08	0,0045

* Motor mit indirekter Einspritzung** Direkteinspritzmotor

Die Umsetzung der Weiterentwicklung der immer komplexeren und strengeren Abgasnormen und -prüfungen für die Genehmigung in **den gesetzlich vorgeschriebenen technischen Überprüfungen** in jedem Mitgliedsland erfolgt nicht direkt. Obwohl es einen gewissen Zusammenhang zwischen den maximal zulässigen CO-Werten gibt, werden nicht alle Schadstoffe, die unter die Norm fallen, regelmäßig überwacht, noch werden dieselben Systeme oder Mittel zu ihrer Bewertung/Messung verwendet.

Um die korrekte Einhaltung der Umweltschutzbestimmungen zu gewährleisten, wurde die Norm **EOBD (European On Board Diagnostics)** ins Leben gerufen, ein im Fahrzeug integriertes Diagno-

sesystem, um die Fahrzeugsensoren zu kontrollieren, Messwerte aufzuzeichnen, Störungen in den Komponenten des Motormanagements zu speichern und Parameter im Zusammenhang mit dem Abgaskontrollsystem anzuzeigen.

Die gesetzlich vorgeschriebene Reduzierung der Schadstoffemissionen ist nur auf zwei Arten möglich:

- Indem die Entstehung vermieden wird.
- Oder indem die chemische Umwandlung in umweltfreundliche Stoffe oder Verbindungen verbindlich vorgeschrieben wird.

REDUZIERUNG VON SCHADSTOFFEN IM VERBRENNUNGSPROZESS

Entwicklung der Dieselmotoren

Die wachsende Nachfrage nach Dieselfahrzeugen auf dem europäischen Markt zum Nachteil der Benzinfahrzeuge, sowie die immer strengeren Zulassungsnormen haben in den letzten drei Jahrzehnten zu einer großen technischen Entwicklung dieser Motoren geführt. Es besteht die Notwendigkeit, die Energieeffizienz der Motoren zu verbessern, was gleichzeitig den Kraftstoffverbrauch und unmittelbar auch die produzierten CO₂-Emissionen senkt. Um dies zu erreichen, wird hauptsächlich an zwei Aspekten gearbeitet: zum einen die Verbrennungsregelung und zum anderen die Reduzierung der direkten und indirekten Energieverluste.

Die wichtigsten eingeführten Lösungen sind:

- **Motoraufladung:** Mittels Abgasturbolader mit variabler Turboladengeometrie und Auslassventil oder zweistufigen Systemen. Derzeit gibt es Tri-Turbomotoren, deren Marktpräsenz jedoch minimal ist.
- **Regulierung des Einspritzbeginns und der dosierten Kraftstoffmenge:** Mit dem Einsatz elektronisch gesteuerter Einspritzsteuerungen und Einspritzdüsen mit immer schnellerem Ansprechverhalten und genauerer Dosierung; Motorbetrieb mit progressiv höheren Einspritzdrücken und Einspritzdüsen mit mehr kleineren Einspritzlöchern, sowie das Einspritzen direkt ins Zentrum der Brennkammer und eine diskontinuierliche Kraftstoffzufuhr.
- **Kontrolle der Turbulenzen in der Brennkammer:** Mit Mehrfach-Ansaugkanälen und variablen Gasdurchflussabschnitten.
- **Elektrisch gesteuerte modulierbare Kühlung.** Optimierte Systemleistung in Abhängigkeit von Motorlast, Umgebungstemperatur und Abgasen, um eine übermäßige Kühlung der Brennkammer zu vermeiden. Aktive Kühlung des Kolbenkopfes durch elektronisch gesteuerten Ölstrahl.
- **Verringerung der Reibung bei den Komponenten des Kurbeltriebs und der Ventilsteuerung:** Kolbenringe und Zylinder aus spezifischen Materialien, Ventilsteuerung mittels Steuerkette oder Zahnriemen im Ölbad, gleitgelagerte Nockenwellen und Kolben mit reibungsarmer Beschichtung.
- **Niedrigviskose Schmierstoffe und elektronisch geregelter Öldruck:** Variabler Öldruck/Öldurchfluss je nach den Betriebsbedingungen des Motors.
- **Intelligente Ladekontrolle der Lichtmaschine:** Die Generatorleistung wird je nach dem Ladezustand der Batterie und dem vom Fahrer geforderten Drehmoment elektronisch geregelt.
- **Verringerung des Stromverbrauchs der Motorsteuerung:** Es werden Sensoren und Aktoren eingesetzt, die für ihren Betrieb weniger Spannung und Strom benötigen. Die digitale Übertragung von Signalen verbessert die Präzision und Zuverlässigkeit der übermittelten Informationen und reduziert gleichzeitig den Stromverbrauch.
- **Aktive Motorerwärmung:** Verkürzung der für das Erreichen der optimalen Betriebstemperatur erforderlichen Zeit. Das Abschalten des Kühlkreislaufes und die Aktivierung der Glühkerzen nach dem Kaltstart ermöglichen eine schnelle Erwärmung der Brennkammer und verringern den Kraftstoffverbrauch.



Niedrige Drehzahl



Aktor zur Turbulenzkontrolle



Hohe Drehzahl

Reduzierung von NO_x

Sauerstoff und Stickstoff in der Brennkammer sind bei einem mit Abgasturbolader ausgestatteten Dieselmotor vergleichsweise höher als bei einem Saugmotor mit gleichem Hubraum und damit auch die NO_x-Emissionen. Die CO- und HC-Emissionen sind hingegen geringer. Die von den Herstellern gewählte Lösung, um die Bildung von NO_x unter diesen Umständen ohne Verlust der Wärmeleistung so weit wie möglich zu reduzieren, besteht darin, einen Teil der Abgase unter Verwendung einer Technik namens **AGR** (Abgasrückführung) zurück in das Ansaugsystem des Motors zu leiten.

Damit werden folgende Vorteile erreicht:

- Reduzierung der Abkühlung durch erneute Motorlast.
- Reduzierung der Sauerstoffmenge in Bezug auf den Stickstoff, während gleichzeitig das Gemisch angereichert wird.
- Begünstigung der Zerstreuung, Eindringung und Vergasung des Kraftstoffs.
- Verzögerung des Verbrennungsprozesses.
- Reduzierung von HC- und CO-Emissionen bei sehr geringer Last (Leerlauf).

Gleichzeitig ergeben sich folgende Nachteile:

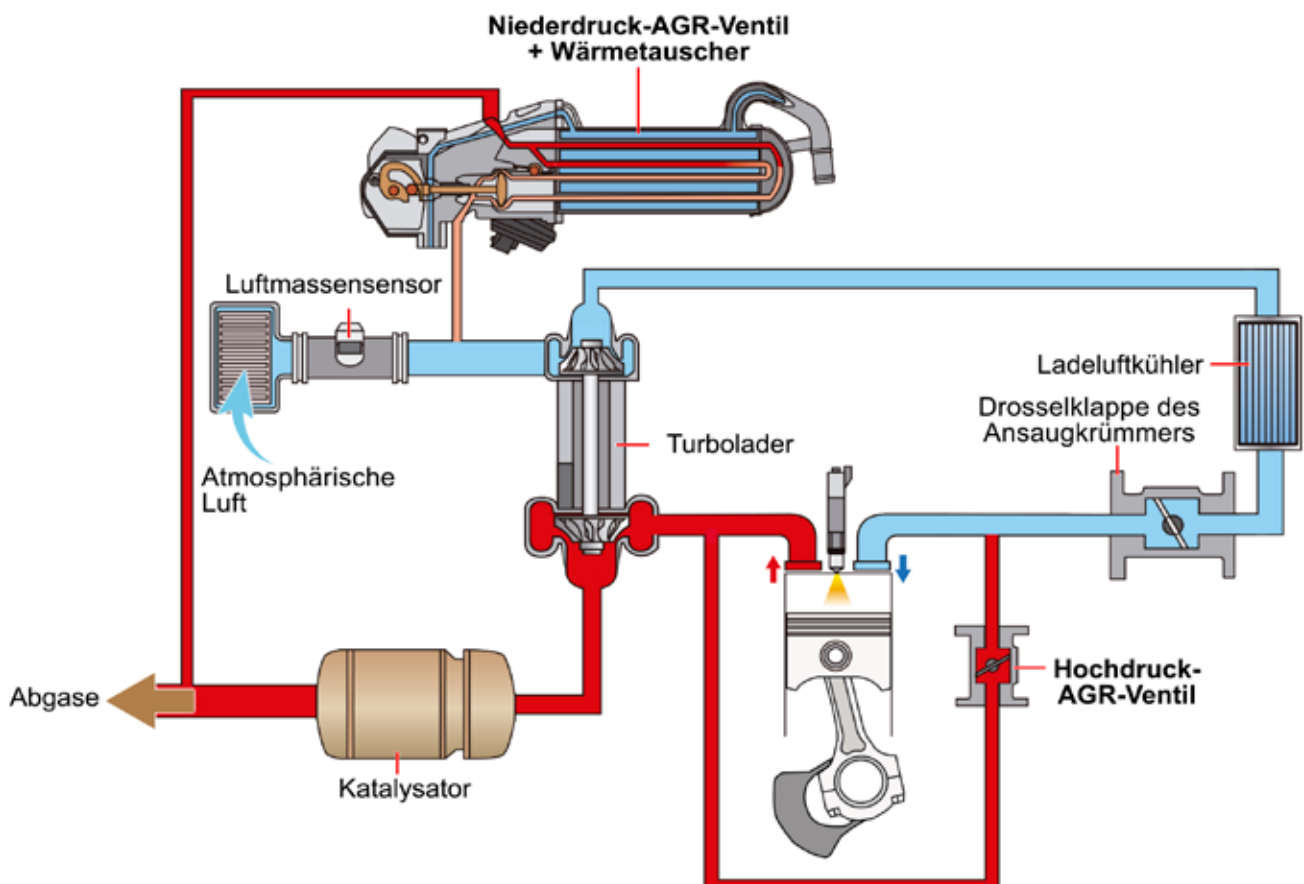
- Das Ansaugsystem wird mit Ölkohle verschmutzt, was das Befüllen der Zylinder erschwert.
- Erhöhte Partikelproduktion durch Sauerstoffmangel und niedrige Temperaturen.

Entwicklung des AGR-Systems

Das System konzentriert sich auf die **Verbesserung der Genauigkeit** und die **Erhöhung des Arbeitsbereiches**. Die ersten Systeme **funktionierten nur im Leerlauf** während sie heute kontinuierlich arbeiten, außer bei Betrieb mit einer wirklich hohen Motorlast. Die Menge der rückgeführten Abgase wird auch während der Aufwärmphase des Motors genutzt, um **die Betriebstemperatur so schnell wie möglich zu erreichen**. Der Strom der rückgeführten Abgase in einem AGR-System **reduziert den Abgasstrom durch die Turbolader-Abgasturbine** und beeinträchtigt damit ihre Luftleistung bei geringer Drehzahl und ihre Reaktionsgeschwindigkeit.

In Zweikreis-AGR-Systemen werden die Abgase mit niedrigem Druck zur Saugseite des Turboladers geleitet, um die erforderliche Menge unter Last mit minimalem Einfluss auf die Leistung des Turboladers zu gewährleisten. Die kinetische Energie, die sie dem Rotor beim Durchlaufen der Abgasturbine zuführen, ist die gleiche, die sie auf der Saug- und Druckseite aufnehmen. Durch die Rückführung der Abgase nach der Abgasnachbehandlung (Niederdrucksystem) **wird das Auftreten von Feststoffpartikeln (PM) im Abgasstrom verhindert und der Sauerstoffgehalt weiter reduziert**. Ein Teil des nicht an der Verbrennung beteiligten O₂ wird mit anderen Elementen im Katalysator kombiniert (Umwandlung von CO in CO₂ und HC in CO₂ + H₂O), sodass **seine Konzentration noch geringer ausfällt**.

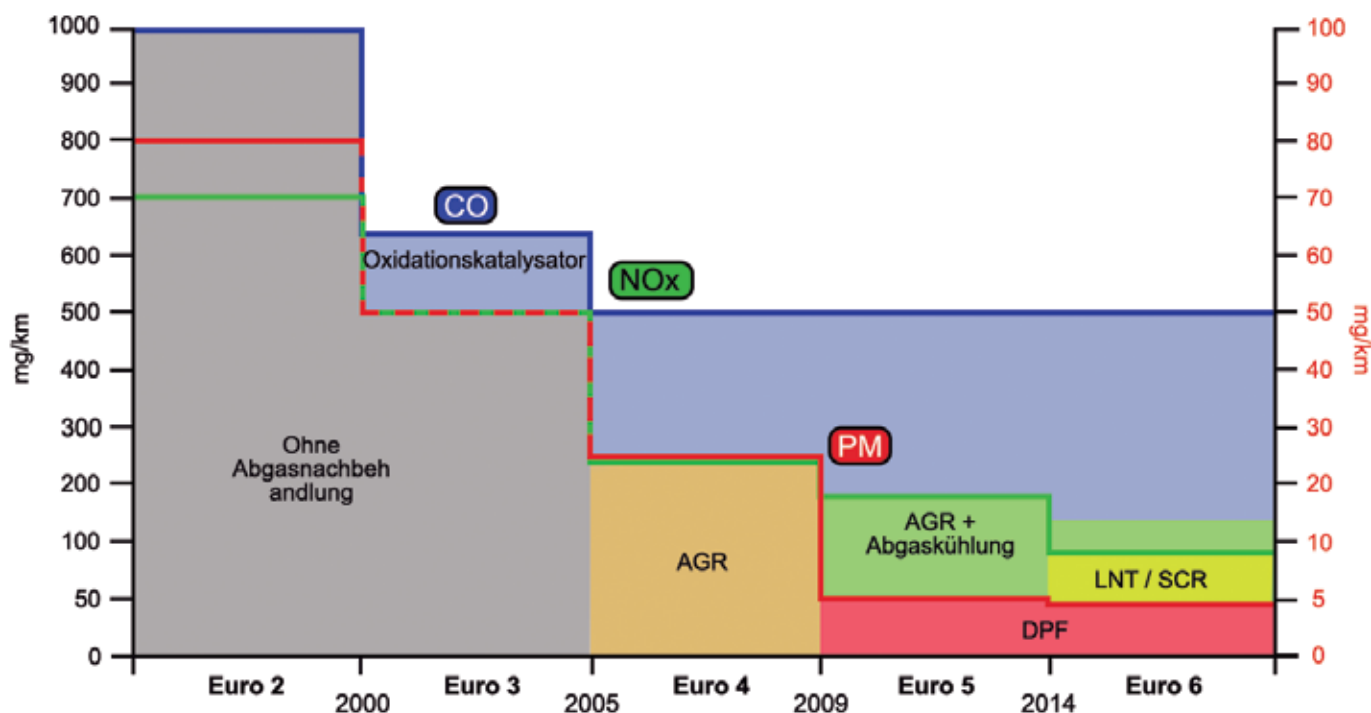
Zur weiteren Reduzierung der Stickoxide werden die Abgase bei heißem Motor abgekühlt, indem sie durch einen wassergekühlten AGR-Kühler geleitet werden.



ABGASNACHBEHANDLUNG

Die von den Herstellern zur Verbesserung der Verbrennung angestrebten technischen Lösungen reichen nicht aus, um die bei den Zulassungsprüfungen geforderten Grenzwerte einzuhalten. Um die Zulassung zu erhalten, bemüht man sich seit Jahren, die aus der Verbrennung stammenden Schadstoffe durch chemische Reduktions- oder Umwandlungssysteme in gesundheits- und umweltverträgliche Stoffe umzuwandeln.

Die unterschiedliche Beschaffenheit, sowohl physikalisch als auch chemisch, der von den Dieselmotoren erzeugten Schadstoffe erfordert für ihre Umwandlung passive und aktive, für jeden Schadstoff spezifische Elemente und Systeme.



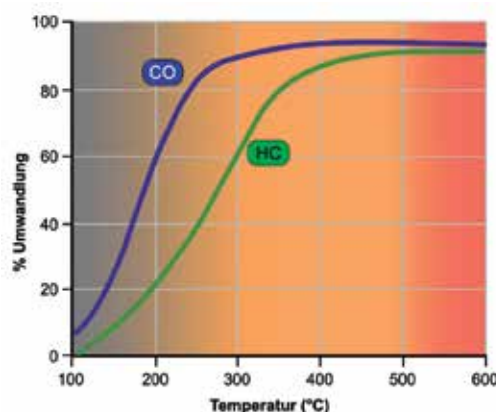
Die Entwicklung, Anwendung oder Evolution der gegenwärtig vorhandenen Abgaskontrollsysteme entspricht in vielen Fällen der Anwendung der neuen Vorschriften, entweder durch die Einbeziehung von bisher nicht in Betracht gezogenen Stoffen in die Tests, oder durch die von den bereits standardisierten Normen geforderten hohen Schad-

stoffreduzierung.

Die eingesetzten Systeme zur Abgasumwandlung- und -reinigung sind in chronologischer Reihenfolge der Einführung wie folgt:

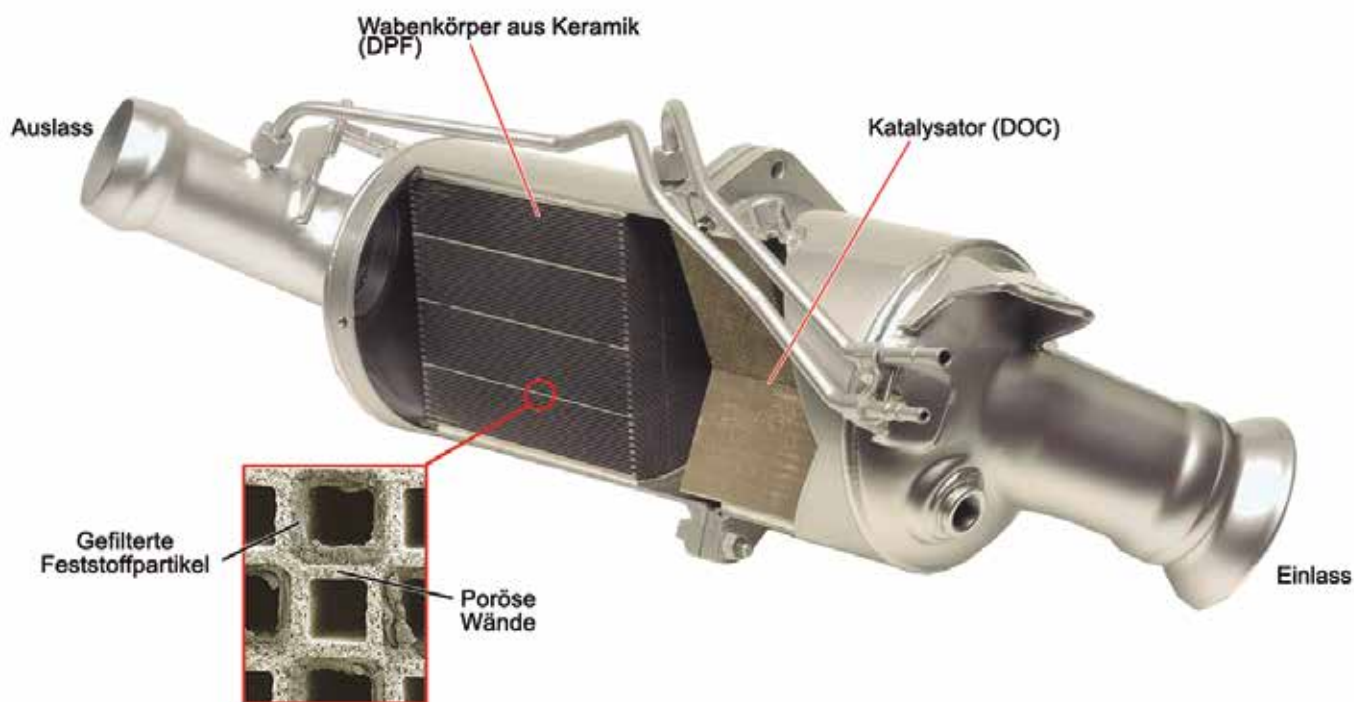
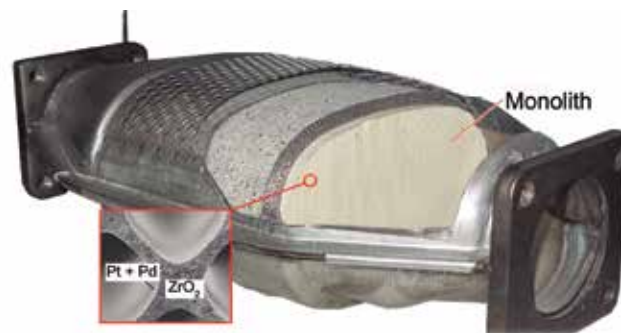
Dieseloxidationskatalysator (DOC)

Die bei der Verbrennung entstehenden Schadstoffe, in der Regel CO und HC, werden innerhalb des in Dieselmotoren eingebauten Oxidationskatalysators einer chemischen Umwandlung unterzogen. Dieser Katalysator oxidiert das Kohlenmonoxid und die unverbrannten Kohlenwasserstoffe und wandelt sie in Kohlendioxid (CO_2) und Wasser (H_2O) um. Am Katalysatoreinlass befindet sich neben den CO- und HC-Gasen auch NO_x , das zunächst über ein Abgasrückführungssystem mengenmäßig reduziert werden kann.



Der Oxidationskatalysator besteht aus einem Edelstahlgehäuse und einem Wabenkörper aus Keramik (Monolith) im Innern. Der Wabenkörper besteht aus einer Zellenstruktur, deren Oberfläche mit einer Aluminiumoxidschicht überzogen ist, auf die Platin und Palladium aufgedampft sind. Die Abgase strömen durch diese Zellen und erwärmen den Katalysator, wodurch die Umwandlung der Schadstoffe in inerte Verbindungen eingeleitet wird. Diese Edelmetalle oxidieren dann die Abgase und reduzieren so das Kohlenmonoxid und die unverbrannten Kohlenwasserstoffe.

Oxidationskatalysatoren werden so nah wie möglich am Motor montiert, damit sie schnell die für eine effiziente Funktionserfüllung erforderliche Temperatur erreichen. Die chemische Oxidationsreaktion von Kohlenmonoxid und Kohlenwasserstoffen wird bei Temperaturen über 200 °C wirksam.



Dieselpartikelfilter (DPF)

Seine Aufgabe ist es, Rußpartikel zu filtern und zu speichern, die während des Verbrennungsprozesses des Motors entstehen. Er sorgt auch für die Verbrennung der Rußpartikel während der Regenerationsphase. Der Dieselpartikelfilter besteht aus einem keramischen Siliziumkarbidkörper, der in einem Metallgehäuse untergebracht ist. In seinem Innern zirkulieren die Abgase abwechselnd durch kleine, parallel angeordnete Kanäle, die wechselseitig geschlossen sind. Deren Wände sind für Abgase porös, nicht jedoch für die Rußpartikel, die darin zurückgehalten werden. Die Wände des Keramikkörpers sind mit einer Kombination aus Platin und Keramikoxid beschichtet. Bei Kontakt der

Abgase mit der Platinschicht wird Stickstoffdioxid (NO_2) erzeugt, das bei über 350 °C eine Oxidation der Rußpartikel und somit eine passive Regeneration im Filter bewirkt.

Das in der Beschichtung enthaltene Cerdioxid beschleunigt die thermische Regeneration mit Sauerstoff (O_2) bei Temperaturen über 580 °C. Dies geschieht, wenn die Regeneration durch das Motorsteuergerät aktiviert wird. Um die Regeneration zu aktivieren, wird die Messung durch den Differenzdrucksensor berücksichtigt. Er misst den Ein- und Ausgangsdruck am Partikelfilter und informiert das Motorsteuergerät, wo der Sättigungsgrad des Motors bestimmt wird.

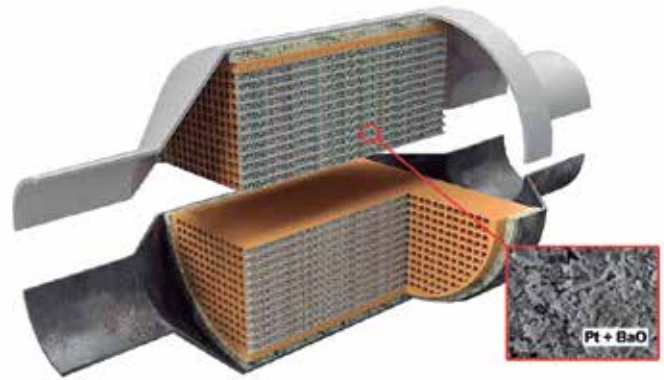
NO_x -/LNT-Reduktionssysteme

Es handelt sich hierbei um einen Speicher-/ Katalysatorsystem, das NO_x zurückhält. Es besteht aus einem Monolith mit einer offenen quadratischen Netzstruktur mit einer Platin- und Bariumoxidbeschichtung, der hinter dem Dieseloxidationskatalysator und in der Regel vor dem DPF platziert ist.

In den mageren Mischphasen ($\lambda > 1$) zieht das Platin die bei der Verbrennung entstehenden Stickoxide an und erleichtert die NO-Oxidation, indem es diese mit dem aus der Verbrennung überschüssigen O_2 kombiniert und in NO_2 umwandelt. Durch die räumliche Nähe fängt das Bariumoxid (BaO) die Stickoxide ein und bildet Nitrite $\text{Ba}(\text{NO}_2)_2$, weshalb diese Phase als **Absorption** bezeichnet wird.

Die Motorsteuereinheit wertet den Anteil von NO_x nach dem Speicher über einen NO_x -Sensor aus. Der hohe Anteil an NO_x zeigt die Sättigung des Filters an, sodass er durch Umwandlung der zurückgehaltenen Stickoxide in N_2 und H_2O wieder regeneriert werden muss. Zu diesem Zweck **reichert** das Motorsteuergerät kurzzeitig das Kraftstoff-Luft-Gemisch an, bis es die momentane Umwandlungsfähigkeit des Dieseloxydationskatalysators überschreitet. Das Vorhandensein von **HC** und **CO** im Speicher, zusammen mit der geringen Präsenz von O_2 verursacht den Abbau der Nitrite und die Freisetzung von N_2 , wenn sein Sauerstoff sich mit dem **CO** verbindet, um **CO₂** zu bilden, oder sein Sauerstoff sich mit dem Kohlenstoff und Wasserstoff von **HC** verbindet, um **CO₂** und **H₂O** zu bilden. Das Barium kehrt somit in seinen Ursprungszustand zurück (**BaO**) und gewinnt wieder seine Fähigkeit zur Absorption und Anreicherung von NO_x zurück.

Während der Reduktionsphase steigt die Produktion von Feststoffpartikeln, CO und Kohlenwasserstoffen während der Verbrennung kurzzeitig an, **was auch einen höheren Kraftstoffverbrauch mit sich bringt**. Seine maximale Leistung erzielt der LNT-Katalysator zwischen **150 und 450 °C** und verringert sich insbesondere in den Regenerationsphasen des DPF-Filters aufgrund der über lange Zeiträume erforderlichen hohen Abgastemperatur.



NO_x -/SCR-Systeme

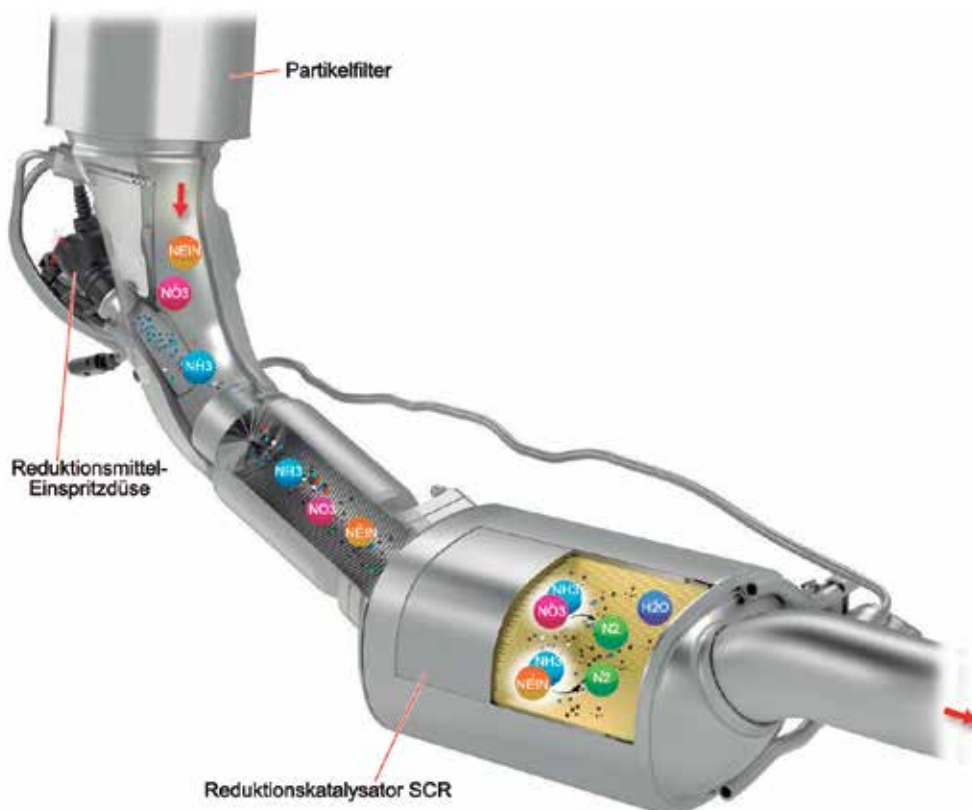
Das vorstehend beschriebene System erhöht die Entstehung von Feststoffpartikeln (PM) und deren Ansammlung im DPF-Filter, was zu häufigeren Regenerationen und einem erhöhten Kraftstoffverbrauch führt. Die andere Alternative, die derzeit von den meisten Herstellern von Leichtfahrzeugen eingesetzt wird, basiert auf der **SCR**-Technologie (Selective Catalytic Reduction).

Hauptmerkmal dieses Systems ist die zusätzliche Verwendung des Reduktionsmittels AdBlue für dessen Betrieb. Die notwendigen chemischen Elemente (AdBlue) werden über eine Einspritzdüse in den Abgasstrom eingespritzt, um die kontinuierliche Umwandlung von NO_x in N_2 und H_2O zu erreichen. Das Reduktionsmittel AdBlue wird durch

Thermolyse in Ammoniak (NH_3) umgewandelt, also eine durch Wärme und Hydrolyse bedingte chemische Reaktion (durch das Wasser bedingte chemische Reaktion).

- **Thermolyse:** $(\text{NH}_2)_2\text{CO} \rightarrow \text{NH}_3 + \text{NHCO}$
- **Hydrolyse:** $\text{HNCN} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{NH}_3 + \text{CO}_2$

Damit wird je nach Abgastemperatur eine Reduktion von 90 bis 95% der vom Motor erzeugten Stickoxide erreicht. SCR-Systeme bestehen hauptsächlich aus einem spezifischen Katalysator, einem Hydraulikkreislauf und den Sensoren bzw. Aktoren, die erforderlich sind, um die Menge des in das Abgas eingespritzten Additivs in Abhängigkeit von der NO_x -Konzentration zu regeln.



Eure!Car[®]

CERTIFIED MASTERCLASSES

techn

auto



bilsteingroup[®]



SWAG



BOSCH



brembo

Continental



KYB

Our Precision, Your Advantage

MAHLE

**MANN
FILTER**

PHILIPS

SCHAEFFLER

SKF[®]



Brand of NTN corporation

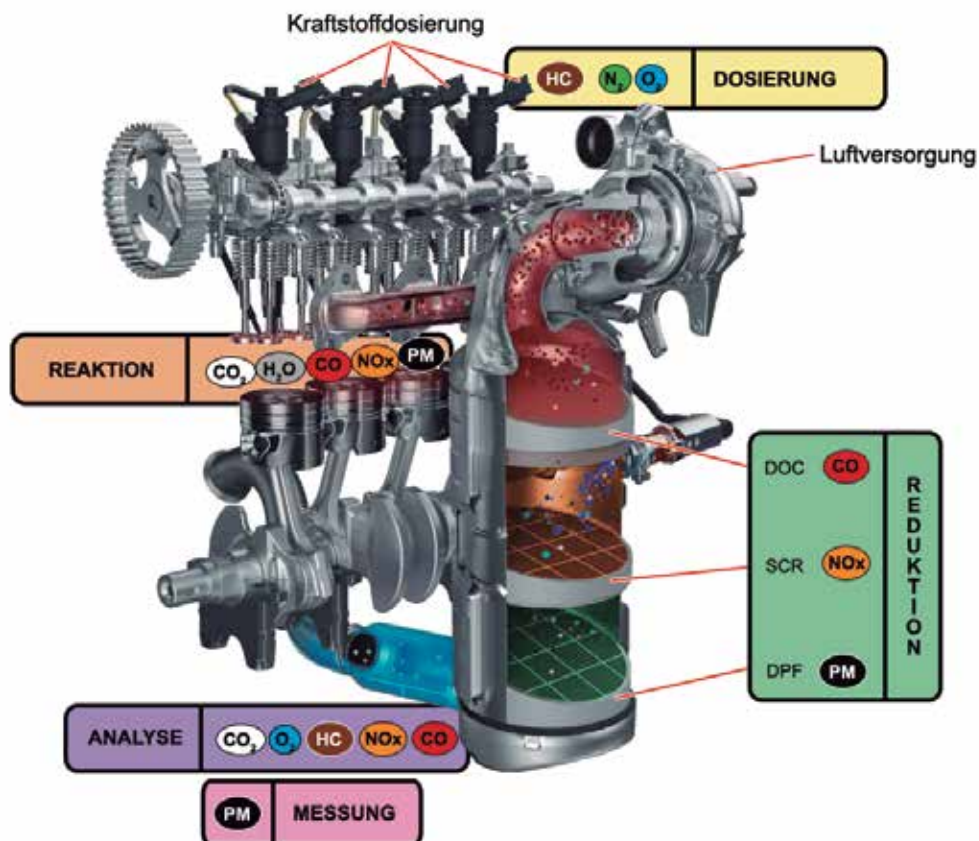
Technical education for professional automotive repairers

www.eurecar.org



ANALYSE DER DIESELABGASE

Abgasemissionskontrolle in Dieselmotoren



Der Hauptzweck der Abgasanalyse in heutigen Dieselmotoren ist die Kontrolle der Wirksamkeit der verschiedenen Abgaskontrollsysteme, deren Fehlfunktion die normale Leistungsfähigkeit des Motors beeinträchtigen kann oder auch nicht und sowohl Ursache als auch direkte Folge verschiedener Störungen sein kann.

Die für jedes Fahrzeug akzeptablen Schadstoffhöchstwerte hängen logischerweise von den eingebauten Abgaskontrollsystemen und der erforderlichen Zulassungsnorm ab, wobei zu berücksichtigen ist, dass die Fähigkeit der Schadstoffreduzierung einiger Systeme nicht vollständig ist und dass ihre Effizienz in vielen Fällen von der Betriebstemperatur und anderen äußeren Faktoren abhängt.

Die Funktion aktiver Abgaskontrollsysteme hängt auch von der korrekten Regelung durch ein Steuergerät ab, die mithilfe von Diagnosegeräten überprüft werden muss. Im Gegensatz zu Benzinmotoren, bei

denen die endgültige Zusammensetzung der Abgase während der gesamten Betriebsdauer unabhängig von der Motorlast praktisch gleich ist, muss diese Überprüfung bei Dieselmotoren unter verschiedenen Betriebsbedingungen und unter Berücksichtigung der NO_x-Emissionen durchgeführt werden.

Die Bildung von Feststoffpartikeln, von denen die meisten unsichtbar sind, muss ebenfalls vor der eigentlichen Abgasmessung berücksichtigt werden. Neben der obligatorischen Kontrolle der Rauchgastrübung oder der Überprüfung der Wirksamkeit des Abgaskontrollsystems ist die Bildung von Feststoffpartikeln ein klarer Indikator für Dosier- oder Verbrennungsprobleme. Die Bildung von Feststoffpartikeln verändert das chemische Ergebnis der Verbrennung, verringert die Produktion von CO₂ und erhöht die Menge an überschüssigem O₂, was bei ausreichender Temperatur die Bildung von NO_x erleichtert.

Opazimeter

Die mögliche Entstehung sowohl von Gasen als auch von Feststoffpartikeln während der Verbrennungsreaktion – charakteristisches Merkmal der Dieselmotoren – erfordert den Einsatz von zwei unabhängigen Messgeräten für deren Bewertung.

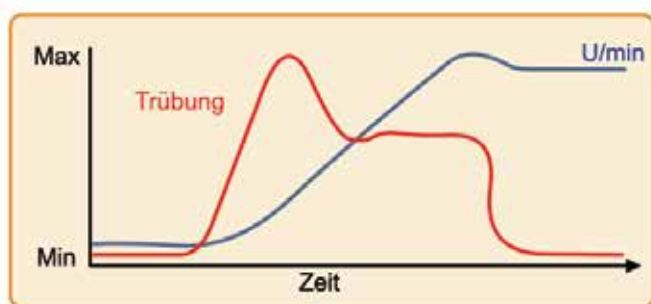
Die Menge der Feststoffpartikel wird seit Jahren mit **Opazimetern** geprüft, während der Motor von der Leerlaufdrehzahl bis zur oberen Drehzahlgrenze beschleunigt wird. Auf diese Weise erhöht sich die Luftmasse, die bei jedem Arbeitszyklus in die Zylinder eintritt, bis zu

einer bestimmten Drehzahl (maximaler Füllungsgrad und maximales Drehmoment) und nimmt danach progressiv wieder ab. Unter diesen Bedingungen wird die in jedem Zyklus eingespritzte Kraftstoffmenge beim Beschleunigen auf die maximale Menge geregelt und muss anschließend reduziert werden, um die Motordrehzahl zu begrenzen.

Die Wahrscheinlichkeit der Bildung von Feststoffpartikeln bei falscher Luftzufuhr oder Kraftstoffdosierung oder bei Verbrennungsfehlern ist unter diesen Umständen sehr hoch, da die Überprüfung bei variabler

Drehzahl, extremer Anreicherung und schneller Reduzierung der Abgasmenge durchgeführt wird.

Derzeit werden die meisten Opazimeter auf dem Markt in Kombination mit einem PC oder Laptop verwendet, der die Berechnung und Anzeige der Messergebnisse übernimmt.



Analyse von 5 Gasen

Die bei den Zulassungsprüfungen verwendeten Systeme zur Messung von Schadstoffen sind absolut und kumulativ, da die Vorschriften die zulässigen Höchstmengen pro km (auf einem Prüfstand oder im realen Verkehr) unter verschiedenen Betriebsbedingungen und Arbeitszyklen vorsehen. Die absolute Messung (der Menge) von Stoffen im Falle von Gasen erfordert Speichervolumen und kostspielige Trenn- bzw. Detektionssysteme, weshalb sie für die Werkstätten praktisch unerschwinglich sind.

Dagegen sind die für die Werkstatt verfügbaren und bezahlbaren Diesel-Abgasanalysegeräte proportionale Messgeräte, welche die relative Zusammensetzung eines Abgasstroms bestimmen, der in konstanter, gleichmäßiger und ausreichender Menge strömt.

Abgasanalysegeräte, die für Dieselfahrzeuge geeignet sind, müssen die folgenden Elemente auswerten:

- **CO₂**: Produkt der vollständigen Verbrennung des dosierten Kraftstoffs, der Umwandlung von CO im Katalysator in CO₂ und der Bildung von CO₂ durch den Abbau von AdBlue in NO_x-/SRC-Systemen.
- **O₂**: Überschuss aus der Verbrennung, der nicht an den Umwandlungsprozessen der Schadstoffe beteiligt ist.
- **CO**: Produkt der unvollständigen Verbrennung von Kohlenwasserstoffen, das im Katalysator in CO₂ umgewandelt werden muss.
- **HC**: Vergaster Kraftstoff, der im Dieseloxydationskatalysator oxidiert werden muss.
- **NO_x**: Aus der Kombination von O₂ und N₂ bei der Verbrennung oder im Dieseloxydationskatalysator resultierende Stickoxide. Ihre Produktion wird durch die AGR begrenzt oder sie werden durch ein LNT- oder SCR-System in N₂ und CO₂ umgewandelt.

Mit den 4 Ausgangswerten kann das dosierte Verbrennungsluftverhältnis (λ) aus dem Anteil der Verbrennungsgase und den unverbrannten Kohlenwasserstoffen mathematisch berechnet werden. Ebenso muss die Bildung von H₂O als Verbrennungsprodukt berücksichtigt werden. Die unterschiedliche chemische Zusammensetzung von Benzin und Diesel erfordert unterschiedliche Berechnungen zur Bestimmung des Lambda-Werts (λ) für jeden dieser Motoren.

Die meisten Abgasanalysatoren (5 Gase) sind mit beiden Kraftstoffen kompatibel (nach vorheriger Konfiguration durch den Anwender). Ältere Abgasanalysatoren (4 Gase) haben diese Option jedoch in der Regel nicht. Die von diesen Geräten angezeigten Werte werden in Volumenprozent in Bezug auf den momentanen Gesamtwert der Probe (Wert 100) oder als konkrete Anzahl von Partikeln bezüglich einer vordefinierten Menge der analysierten Probe (ppm-Partikel pro Million) angezeigt, wodurch die mathematische Proportionalität der verschiedenen Stoffe in Bezug auf einen gemeinsamen Parameter und zwischen den einzelnen Stoffen (Gesamtvolumen bzw. eine Million Partikel) festgelegt wird.

In der Regel geben sie die Stoffe in ppm an, deren Anteil am Gesamtvolumen so gering ist, dass zu viele Dezimalstellen (NO_x und HC) erforderlich wären, um signifikant zu sein. 100 ppm entsprechen 0,01%. Der Bezug auf den Gesamtwert der gasförmigen Probe als gemeinsamer Nenner ermöglicht die vergleichende Analyse zwischen den Abgasen, um festzustellen, ob ihre Schwankung und ihr Anteil in verschiedenen Betriebszuständen der Dosierung und den Bedingungen, unter denen die Verbrennung stattfindet, entspricht oder nicht.

Wie auch Opazimeter werden heutige Abgasanalysatoren oft in Kombination mit einem PC oder Laptop verwendet, der die Kontrollfunktionen des Messgeräts, die Berechnung sowie die Anzeige übernimmt.



Neben der Kostenreduzierung des Messgerätes ermöglicht diese Kombination zudem die Ausarbeitung und Durchführung spezifischer Tests für die Prüfung von Abgasreinigungssystemen. Die grafische Darstellung der Zusammensetzung der Abgase und ihr Verlauf erleichtern die Datenverdichtung und die Analyse der Ergebnisse.

Bei diesen Abgasanalysatoren ist es wichtig, die notwendigen Wartungsarbeiten wie Filterwechsel und Kalibrierungen durchzuführen. Auf diese Weise behält das Gerät seine werkseitige Präzision bei.

TECHNISCHE HINWEISE

In diesem Abschnitt werden die häufigsten Störungen im Zusammenhang mit der Abgasnachbehandlung aufgeführt. Abhängig von den Herstellern und ihren verschiedenen Modellen kann die Anzahl der Ausfälle im Laufe der Jahre unterschiedlich ausfallen.

Diese Störungen sind eine Auswahl aus der Online-Plattform: www.einavts.com. Diese Plattform verfügt über mehrere Abschnitte, in denen die Marke, das Modell, die Klasse, das betroffene System und Subsystem aufgeführt sind, und diese Angaben können unabhängig voneinander nach dem gewünschten Suchkriterium ausgewählt werden.

AUDI

Q5 (8R) 2.0 TDI (CAHA), Q5 (8R) 2.0 TDI (CAHB)

Symptome	<p>P20EE00 – SCR-Katalysator für Stickoxid (NO_x), Bank 1 – Wirkungsgrad zu niedrig. P229F00 - Bank 1, Sensor 2 Stickoxid (NO_x) - Unplausibles Signal. In dem Motorsteuergerät registrierter Fehlercode. Das Fahrzeug weist einen oder mehrere der oben genannten Fehlercodes auf. Die Kontrollleuchte für den Motor (MIL) leuchtet auf. Kontrollleuchte des Vorwärmersystems leuchtet auf. In der Werkstatt wird folgendes Anzeichen festgestellt: „Fehlfunktion des AdBlue-Systems“ ANMERKUNG: Dieser Newsletter betrifft nur die Fahrzeuge, die sich innerhalb einer bestimmten Herstellungsperiode befinden.</p>
Ursache	Fehlfunktion des Stickoxid-(NO _x)-Messensors.
Lösung	<p>Reparaturanleitung:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Die im Motorsteuergerät (UCE) registrierten Fehlercodes mit dem Diagnosegerät auslesen. • Überprüfen, ob die in den Symptomen dieses Newsletters erwähnten Fehlercodes registriert werden. • Den Stickoxid-Messsensor austauschen. • Die im Motorsteuergerät (UCE) registrierten Fehlercodes mit dem Diagnosegerät löschen. • Eine Probefahrt mit dem Fahrzeug machen. • Das Motorsteuergerät (UCE) ein zweites Mal mit dem Diagnosegerät nach Fehlercodes auslesen und bestätigen, dass die in den Symptomen dieses Newsletters erwähnten Fehlercodes NICHT mehr registriert werden. <p>ACHTUNG: Während der Probefahrt führt das AdBlue-System einen Selbsttest durch, und danach erlöschen die Warnleuchten im Armaturenbrett.</p>

LAND ROVER

RANGE ROVER II (LP) 2.5 TD (25 6T (BMW)), RANGE ROVER II (LP) 4.0 (42 D), DISCOVERY II (LJ, LT) 2.5 Td5 (10 P), DISCOVERY II (LJ, LT) 4.0 V8 (56 D), DEFENDER (LD) 2.5 Td5 4WD (10 P), DEFENDER Station Wagon (LD) 2.5 Td5 4WD (10 P), DEFENDER Pick-up (LD_) 2.5 Td5 4WD (10 P)	
Symptome	Leistungsabfall. Fehlfunktion des Motors. Die Motorleistung ist schlecht. Übermäßiger Abgasrauch. Schwarzer Rauch aus dem Auspuff. Fehlzündungen.
Ursache	Verschleiß der inneren Dichtung des Abgasrückführungsventils (AGR).
Lösung	Reparaturanleitung: <ul style="list-style-type: none"> • Zustand und Funktion des Abgasrückführungsventils (AGR) überprüfen. • Das Abgasrückführungsventil austauschen und Dichtungen ändern.

CITROËN

C3 (FC_), C4 (LC_)	
Symptome	P20E9 – Druck des Reduktionsmittels ist zu hoch. ANMERKUNG: Dieser Newsletter betrifft nur Fahrzeuge, die mit einem EURO 6 Abgasrückführungssystem ausgestattet sind. Beim Auslesen von Fehlercodes können andere als die genannten Codes aufgezeichnet werden.
Ursache	Störung des AdBlue-Abgasrückführungssystems nach einem Eingriff in den Kreislauf.
Lösung	Reparaturanleitung: <ul style="list-style-type: none"> • Die im Motorsteuergerät registrierten Fehlercodes mit dem Diagnosegerät auslesen. • Überprüfen, ob der in den Symptomen dieses Newsletters erwähnte Fehlercode registriert wird. • Überprüfen, ob das im Feld Symptom dieses Newsletters erwähnte Symptom auftritt. • Den AdBlue-Kreislauf durchspülen. • Die im Motorsteuergerät registrierten Fehlercodes mit dem Diagnosegerät löschen. • Das Motorsteuergerät (UCE) ein zweites Mal mit dem Diagnosegerät nach Fehlercodes auslesen und bestätigen, dass die in den Symptomen dieses Newsletters erwähnten Fehlercodes NICHT mehr registriert werden. <p>Für weitere Informationen wenden Sie sich bitte an den technischen Berater Ihres Vertrauens. ANMERKUNG: Wenn in der Diagnose andere Fehler als der im Feld Symptom dieses Newsletters genannte Fehlercode auftreten, müssen diese individuell behandelt werden. WICHTIG: Zur Behebung dieser Störung muss keine Einheit oder Komponente ausgetauscht werden.</p>

OPEL

ASTRA H 1.9 CDTi (Z 19 DT), SIGNUM 1.9 CDTi (Z 19 DT), ASTRA Mk V (H) Fastback 1.9 CDTi (Z 19 DT), VECTRA Mk II (C) Kombi 1.9 CDTi (Z 19 DT), ASTRA Mk V (H) Kombi 1.9 CDTi (Z 19 DT), ZAFIRA Mk II (B) 1.9 CDTi (Z 19 DT), ASTRAVAN Mk V (H) 1.9 CDTi (Z 19 DT)	
Symptome	P1901 – Fehlfunktion der Leitung des Partikelfilter-Drucksensors. Leistungsabfall. Fahrzeug mit eingeschränktem Fahrmodus oder im Notprogramm. Die Kontrollleuchte für den Motor (MIL) leuchtet auf.
Ursache	Der Dieselpartikelfilter (DPF) ist durch mehrere unterbrochene DPF-Regenerationszyklen verstopft. Die Fahrweise entspricht nicht der Fahrzeugtechnologie (kontinuierliche Fahrzyklen kurzer Strecken oder ständiges Fahren durch die Stadt).
Lösung	Reparaturanleitung: <ul style="list-style-type: none"> • Eine statische Regeneration des Partikelfilters mit einem Diagnosegerät durchführen. • Die im Motorsteuergerät (UCE) registrierten Fehlercodes mit dem Diagnosegerät auslesen. • Die im Motorsteuergerät (UCE) registrierten Fehlercodes mit dem Diagnosegerät löschen. • Das Motorsteuergerät (UCE) mit aktueller Software neu programmieren. • Das Motorsteuergerät ein zweites Mal mit dem Diagnosegerät nach Fehlercodes auslesen. <p>ANMERKUNG: Der Fahrzeugnutzer ist darüber zu informieren, etwa 20 Minuten lang eine Strecke mit hoher Motordrehzahl kontinuierlich zu fahren. Der Warnhinweis für diese Fahrweise wird im Armaturenbrett durch das Blinken einer Spirale angezeigt.</p>



Automobiltechnik im Blickpunkt

Der Eure!TechFlash-Newsletter ergänzt das Lehrgangsprogramm Eure!Car von ADI und verfolgt ein klares Ziel:

Aktuelle Einblicke in technische Innovationen in der Automobilindustrie vermitteln.

Ziel von Eure!TechFlash ist es, neue Technologien mit technischer Hilfe seitens des AD Technical Centre in Spanien und der Unterstützung der führenden Teilehersteller zu entmystifizieren und sie transparent zu machen, um Kfz-Werkstätten zu motivieren, mit der Technik Schritt zu halten und kontinuierlich in technische Aus- und Weiterbildung zu investieren.

Eure!TechFlash wird 3 bis 4 Mal im Jahr erscheinen.

Eure!Car[®]
CERTIFIED MASTERCLASSES

Die technische Kompetenz eines Mechanikers ist unabdingbar und in Zukunft wahrscheinlich von entscheidender Bedeutung für den Fortbestand von Kfz-Werkstätten.

Eure!Car ist eine Initiative des Unternehmens Autodistribution International mit Hauptsitz in Kortenberg, Belgien

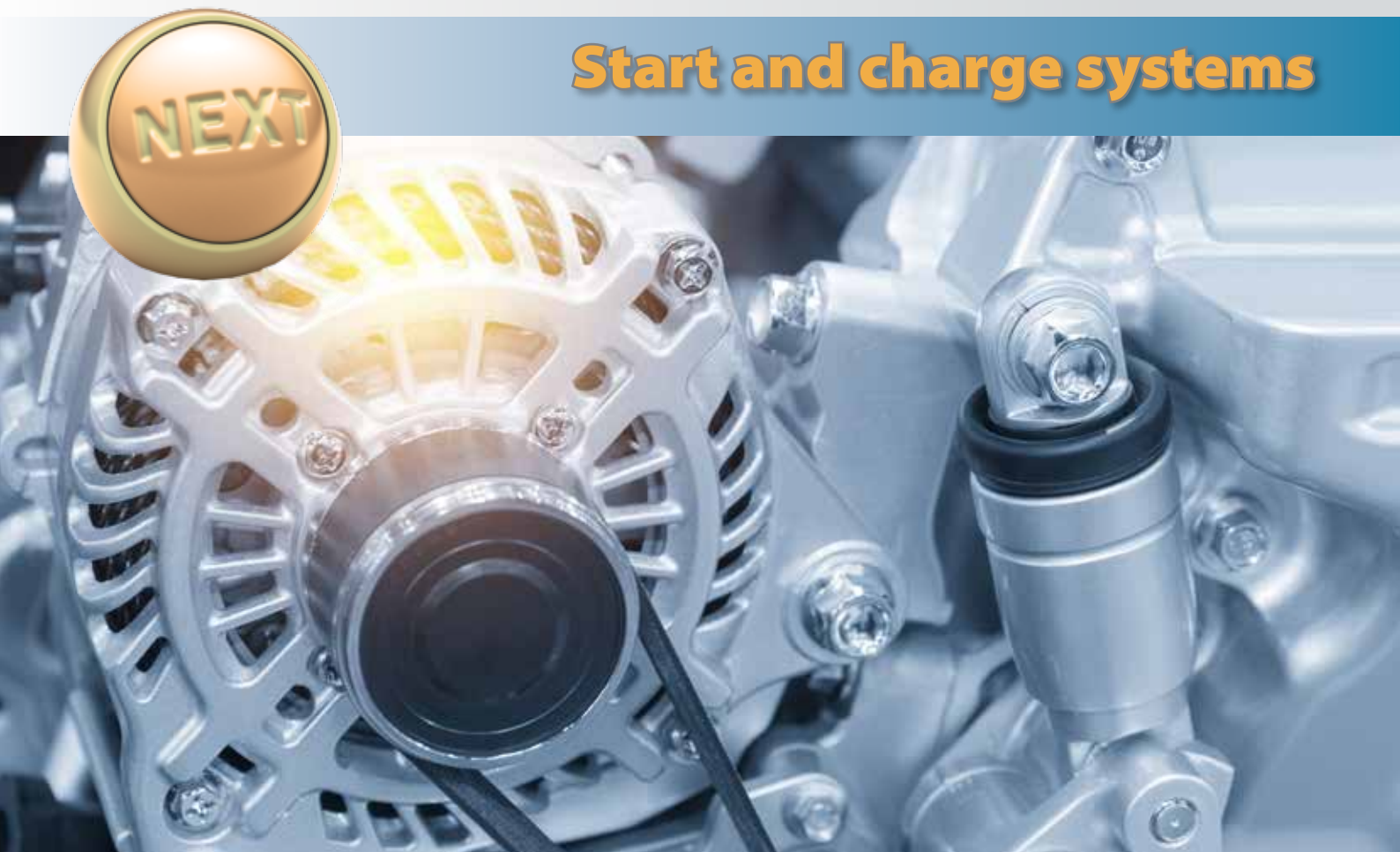
(www.ad-europe.com). Das Eure!Car-Programm umfasst ein umfangreiches Angebot erstklassiger technischer Lehrgänge für Kfz-Werkstätten, die von den nationalen AD-Unternehmen und ihren jeweiligen Teilehändlern in 39 Ländern gehalten werden.

Auf www.eurecar.org finden Sie weiterführende Informationen und können Sie sich unsere Lehrgänge anschauen.

Industrieunternehmen die Eure!Car unterstützen



Start and charge systems



Einschränkende Bemerkung: Die Angaben in diesem Führer erheben keinerlei Anspruch auf Vollständigkeit und sind rein informativ. Der Autor übernimmt keine Haftung für diese Informationen.