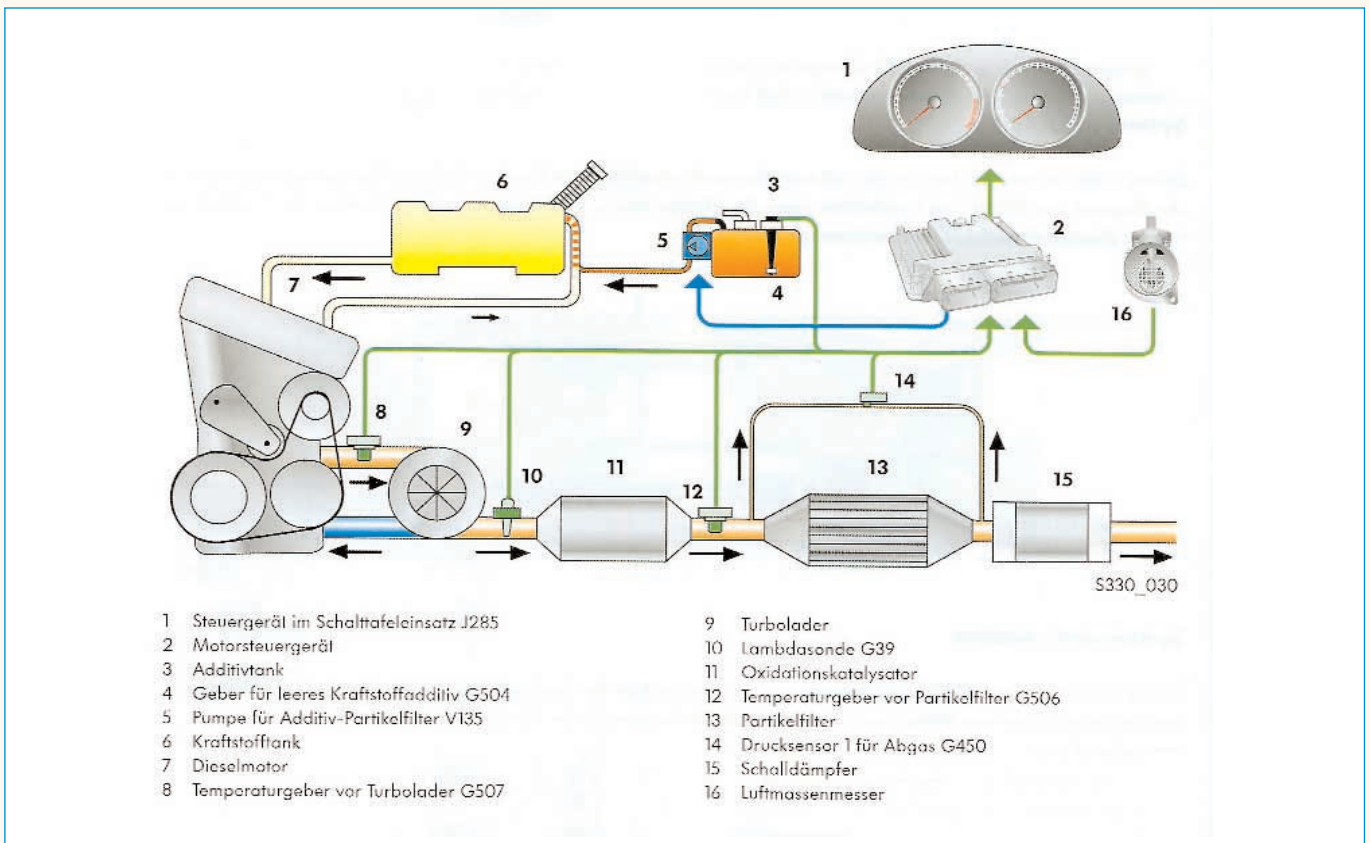


Zusatzinformationen zu Wärmelehre/Energieumsetzung

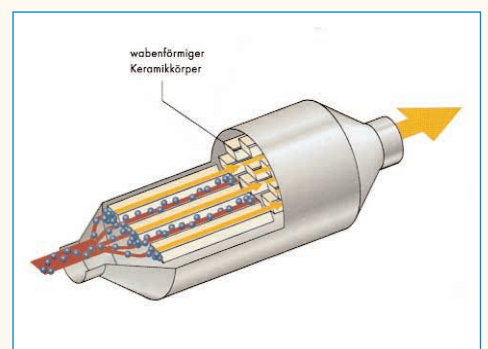
Partikelfilter



Das unter „Energie 1 – Elemente modernen Motorenbaus“ vorgestellte System der Peugeot-Partikelfilterung (mit der Notwendigkeit einer Additivzugabe zum Kraftstoff, siehe Bild oben) hat inzwischen seine mehrjährige Bewährungsprobe gut bestanden. Gleichzeitig ist die öffentliche Diskussion über schädliche Partikel in Dieselaabgasen jetzt besonders aufgeflammt, nachdem die vorgegebenen EU-Grenzwerte in Großstädten ständig überschritten wurden. Zwar hatte die übrige Industrie die Erwartung geäußert, durch Einsatz moderner und aufwändiger Motorkonstruktionen die Partikelabgabe auch ohne Filter ausreichend reduzieren zu können. Es zeigte sich aber, dass diese Hoffnung zumindest verfrüht war. Obwohl durch solche Maßnahmen eine bemerkenswerte Reduzierung des Kraftstoffverbrauchs und eine Optimierung der Verbrennungsabläufe im Motor gelangen, wurde eine Reduzierung der Abgaspartikel auf gesundheitsunschädliche Werte ohne Filter nicht erreicht. Interessanterweise konnte zwar die Gesamtmasse aller ausgestoßenen Partikel reduziert werden, aber die Größe eines einzelnen Teilchens war bei den neuen Motoren kleiner als die der Teilchen im altbekannten schwarzen Dieselruß. Solche Feinstpartikel gelten jedoch als nicht minder gesundheitsschädlich.



Es wurden Alternativsysteme neu bzw. weiterentwickelt, die z. T. ohne Zugabe eines Additivs zum Kraftstoff auskommen. Allerdings stellen diese Systeme einen erhöhten Anspruch an den Dieselaabgas, der nahezu schwefelfrei (und damit um ca. 3 Cent pro Liter teurer) sein muss, um eine langfristige Betriebssicherheit zu garantieren.



So haben die Verkehrsbetriebe Zürich, die schon 1990 einen Großversuch mit 132 Dieselnissen mit Partikelfiltern starteten, zuletzt Mercedes-Modelle mit einem „CRT-Partikelfiltersystem“ (CRT = Continuously Regenerating Trap) erfolgreich getestet. Dieses System verbindet die Vorteile des Partikelfilters zugleich mit der Wirkung eines Oxydationskatalysators.

Im Folgenden werden zwei weitere Systeme vorgestellt:

1. Partikelfilterung im VW-Passat

Das System ähnelt dem von Peugeot: Dem Dieselmotorkraftstoff wird ein Additiv beigegeben. Dieses Additiv befindet sich in einem separaten Behälter in der Nähe des Haupttanks. Die Zumischung erfolgt nach jedem Tankvorgang über eine elektrische Pumpe. Die Fahrzeugelektronik nutzt das Signal vom Geber für den Tankinhalt zu einer Dosierungsberechnung aus; die errechnete Additivmenge wird dann hinzugegeben.

Im Additiv enthaltenes Eisen lagert sich zusammen mit den Rußpartikeln im Filter ab. Wenn dann der Filter durch Verbrennung dieser Ablagerungen regeneriert wird, ist deren Zündtemperatur mithilfe dieser Eisenteilchen so weit abgesenkt, dass eine komplette Verbrennung erfolgt.

(Zum Vergleich: Beim Peugeot wird bei gleichem Grundprinzip hierfür die organische Zumischung „Cerin“ benutzt.) Diese Zumischung ist deshalb erforderlich, weil der Partikelfilter im Abgasstrang hinter dem Oxydationskatalysator eingebaut ist und die Temperatur an dieser Stelle dann schon relativ niedrig ist. Bereits direkt hinter dem Motor ist die Abgastemperatur bei einem Dieselmotor mit 250 °C im Leerlauf und 500–600 °C bei Volllast deutlich niedriger als bei einem Ottomotor, bei dem die entsprechenden Werte 800 °C und 700–1000 °C betragen. In einem weiter hinten liegenden Partikelfilter ist die Temperatur daher ohne weitere Maßnahmen für eine Rußverbrennung viel zu gering.

Die erforderliche Temperaturerhöhung der Abgase wird mit Hilfe des elektronischen Motormanagements erzielt. Der Regenerationsvorgang geschieht wie folgt:

- a) Die Abgasrückführung wird abgeschaltet, wodurch sich die Verbrennungstemperatur erhöht.
- b) Der Dieselmotorkraftstoffvorgang wird anders als üblich gesteuert:
Die Haupteinspritzung geschieht mit verringerter Kraftstoffmenge, etwas später wird ca. 35 ° nach dem oberen Totpunkt des Kolbens eine Nacheinspritzung vorgenommen. Auch hierdurch erhöht sich die Abgastemperatur.
- c) Die Zufuhr der Ansaugluft wird durch eine elektrische Drosselklappe verringert.
- d) Gleichzeitig wird der Ladedruck des Turboladers entsprechend angepasst, damit der Fahrer den ganzen Vorgang nicht durch ein verringertes Drehmoment während des Regenerierens als störende Veränderung empfindet.

Auf diese Weise entsteht im Partikelfilter die zur Rußverbrennung nötige Zündtemperatur von 600–650 °C. Der Vorgang wird von der Fahrzeugelektronik ohne Zutun des Fahrers ausgelöst. Mehrere Auslösebedingungen werden von ihr geprüft. Verwertbare Auslösesignale sind die **Abgastemperatur**, die **Fahrstrecke** und die Tatsache einer **dreimaligen Überschreitung** des Gegendrucks des Filters (in Abständen automatisch gemessen im Leerlauf und mit ausgeschalteter Abgasrückführung).

Ein parallel zum Filter eingebauter Sensor misst piezoelektrisch den Druckunterschied im Abgasstrom vor und hinter dem Partikelfilter. Zusammen mit dem augenblicklichen Signal des Luftmassenmessers der Ansaugluft erkennt die Elektronik dann, ob der Filter zu verstopfen beginnt. Bei Bedarf leitet die Elektronik dann die Regeneration ein. Dies geschieht, unmerklich für den Fahrer, je nach Betriebsbedingungen etwa alle 500–700 km und dauert ca. 5–7 Minuten.

Ein Rest anorganischer Asche aus Ölverbrennungsrückständen und Partikeln aus dem eisenhaltigen zugesetzten Additiv kann nicht verbrannt werden und lagert sich im Filter ab. Die Bordelektronik hält diesen nach statistischer Erfahrung anfallenden „Aschemassewert“ fest, einen Extra-Sensor hierfür gibt es nicht.

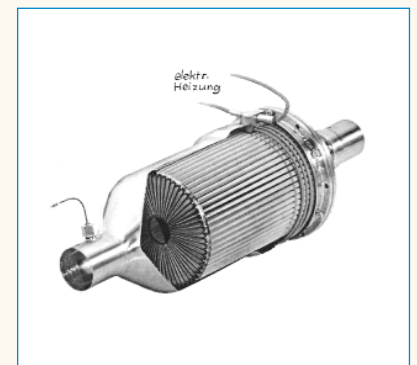
Nach etwa 120 000 km ist der Filter so weit mit Asche gefüllt, dass er ausgetauscht werden muss. Eine mechanische Reinigung und Aufbereitung – wie etwa beim Peugeot-System – ist aus Kosten-Nutzen-Gründen nicht vorgesehen. Bei beiden Systemen muss anlässlich dieser Generalüberholung der Anlage die Additivflüssigkeit erneuert werden. Bis dahin reicht die Erstfüllung laut Herstellerangaben aus.

2. Partikelfilter des Spezial-Zulieferbetriebs HJS

Das vorgenannte VW-Filtersystem benutzt ein Partikelfilterelement aus **Keramik** (Siliziumkarbid). Demgegenüber besteht der Filter der Firma HJS aus **Sintermetall**. Dieses Filtersystem erhielt den Deutschen Umweltpreis 2003 und hat – laut Herstellerangaben – u. a. folgende Vorteile:

- Filterwirkung max. 99 % , i. A. stets über 95 %
- optimale An- und Durchströmung
- niedriger Abgasgedruck
- hohe Speichermöglichkeit für Ascheablagerungen
- modularer, selbsttragender Aufbau (daher einfache Lagerung)
- einfache Anpassung an unterschiedliche Bauraum-Vorgaben
- leicht zu reinigen
- kostengünstiges „Canning“ (Einbau in Gehäuse), auch Ersatz gegen ein eventuell vorhandenes Keramikfilter in einem CRT-System möglich
- einfaches Recycling (Trägermaterial Metall statt Keramik)

Die meisten der genannten Vorteile begründen sich leicht in der Form dieser Filter: Sie haben einen Aufbau aus „Filtertaschen“ aus Sintermetall anstelle des wabenförmigen Aufbaus der Keramikfilter. Der Regenerationsprozess geschieht auch hier durch Erhöhung der Filtertemperatur über die Zündtemperatur der eingelagerten Rückstände. Sintermetallfilter eignen sich sowohl für derzeitige Additivsysteme als auch für Systeme ohne Additivzugabe. Sie lassen sich zur Regeneration zusätzlich elektrisch beheizen (im nebenstehenden Bild ist eine solche elektrische Heizung dargestellt). Dadurch lässt sich theoretisch jede Zündtemperatur der Ablagerungen erreichen. Zusätzlich lässt sich wie beim Additivsystem durch vorübergehende Veränderung der Motorsteuerung während des Abbrandprozesses die Temperatur erhöhen.



Die Bauform (Varianten zeigen die drei nebenstehenden Bilder) dieser Filter ermöglicht ferner ein hohes Rückhaltevermögen an unverbrennbaren Ascheresten, was die Wartungsintervalle streckt. Ärgerlich an allen bisherigen Filtersystemen ist, dass die eigentlichen Filter nach Angaben der Fahrzeughersteller beim Einsatz von sog. „Bio-Diesel“ sehr schnell verstopfen. Die Freigabe vieler Serien-Dieselfahrzeuge für Bio-Diesel gilt zur Zeit nicht, wenn das Fahrzeug mit einem der vorgestellten Partikelfiltersysteme ausgerüstet ist.

