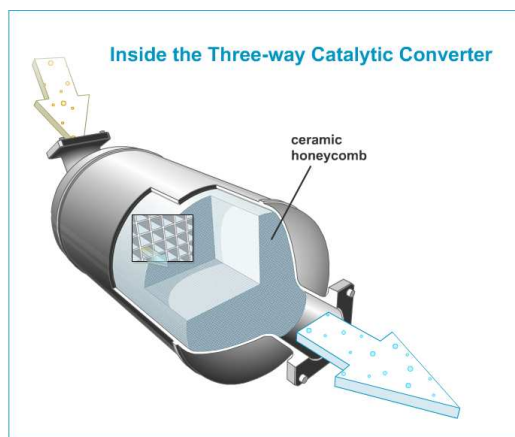


Abgasnachbehandlung

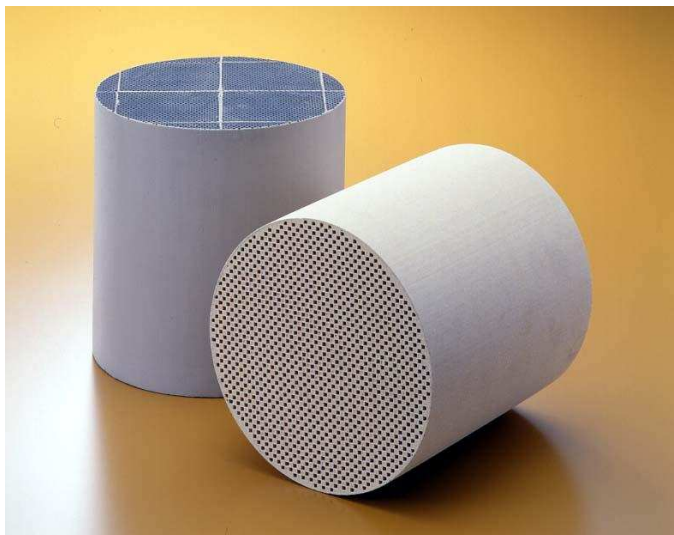
Der Abgaskatalysator beim **Ottomotor** - oder auch Dreiwege-Katalysator - hat bei der Abgasreinigung drei Aufgabenbereiche:

- aus Kohlenmonoxid (CO) wird durch Oxidation Kohlenstoffdioxid (CO₂)
- aus Kohlenwasserstoffen (Hydrocarbon, HC) wird durch Oxidation Wasser (H₂O) und Kohlenstoffdioxid (CO₂)
- aus Stickoxiden (NO_x) wird durch Reduktion Stickstoff (N₂)

Die folgende Animation stellt diese Vorgänge anschaulich dar:



Diesel-Abgase enthalten noch Rußpartikel (PM = particle matter), die teilweise mit den anderen Schadstoffen beladen sind. Deshalb wird ein **keramischer oder metallischer Partikelfilter** (DPF = Dieselpartikelfilter) in das Abgassystem eingebaut, der die Rußteilchen zurückhält und gleichzeitig als Oxidationskatalysator wirkt.



Diesel-Keramischer Partikelfilter

Dabei oxidiert er:

- CO und HC werden zu CO₂, bzw. CO₂ und H₂O oxidiert.
- NO wird zu NO₂ oxidiert.
- CO wird zu CO₂ oxidiert.

Animation City Filter

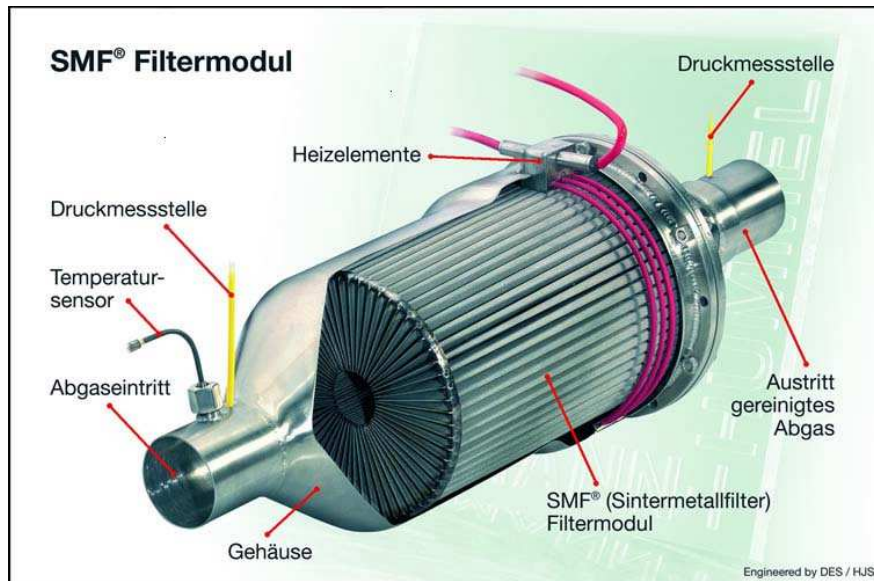
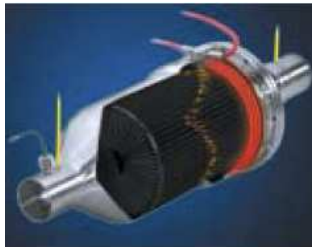


Abbildung eines Sintermetallfilters [SMF] als Nachrüstfilter

Der in der Abbildung und dem Film dargestellte Rußpartikelfilter ist ein Nachrüstfilter für Dieselfahrzeuge, die einen eingebauten Oxidationskatalysator besitzen. Die Abgase sind also bereits - wie in den Reaktionsgleichungen oben dargestellt - oxidiert aber noch rußbeladen. Die Kohlenstoffpartikel bleiben im Filter hängen, während die Gase ungehindert hindurchströmen. Da die zurückgehaltenen Rußteilchen die Filterporen mit der Zeit verstopfen, muss der Filter regelmäßig regeneriert werden. Das geschieht ohne Beeinträchtigung des Fahrverhaltens durch Erhitzen des Filters auf ca. 200 °C mit Hilfe der Heizelemente.



*Glühende Heizelemente
sorgen für die Entzündung
der Rußschicht.*

Bei dieser Temperatur reagiert der Kohlenstoff mit dem durchströmenden Stickstoffdioxid zu Kohlenstoffdioxid und Stickstoffmonoxid in einer klassischen Redoxreaktion. Letzteres reagiert an der Luft erneut zu Stickstoffdioxid.

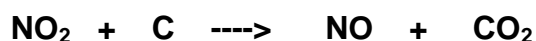


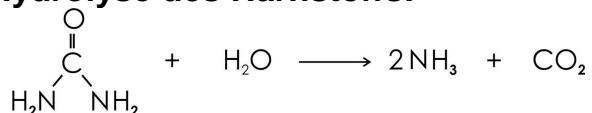


Abb.: **SCR-Katalysator (selective catalytic reduction)** = Selektive katalytische Reduktion von Stickoxiden

Ein Dieselfahrzeug mit Oxidationskatalysator und Partikelfilter emittiert weiterhin Stickoxide. Um diese zu reduzieren (im doppelten Sinne) und damit die EU-5-Norm zu erfüllen, haben verschiedene Firmen SCR-Katalysatoren entwickelt. Diese arbeiten mit Harnstofflösung, weshalb man auf der Abbildung die Flüssigkeitseinspritzung erkennt und den nachgeschalteten SCR-Block.

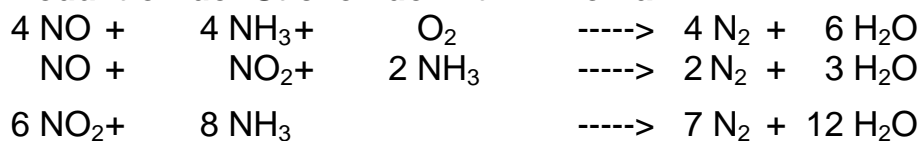
Die 32,5%ige Harnstofflösung (AdBlue®) wird in das Abgasystem gesprüht. Der Harnstoff wird zu Ammoniak und Wasser hydrolysiert, das Ammoniak reagiert im SCR mit den Stickoxiden zu Wasser und Stickstoff.

Hydrolyse des Harnstoffs:



Die Selektivität besteht darin, dass Ammoniak bevorzugt mit dem Sauerstoff aus den Stickoxiden reagiert, obwohl die Abgase reichlich elementaren Sauerstoff enthalten. Der Bedarf an Harnstofflösung beträgt etwa 2-8 % des Dieselmotorkraftstoffes, erfordert also einen eigenen Tank und muss an Tankstellen angeboten werden.

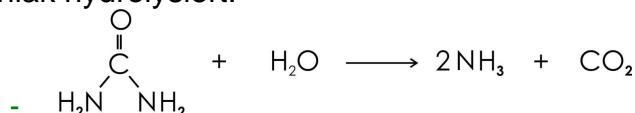
Reduktion der Stickoxide mit Ammoniak:



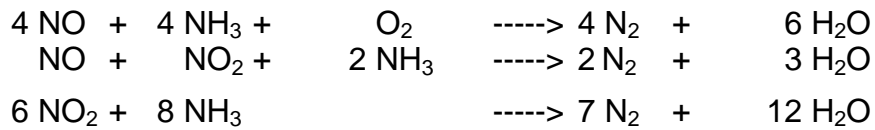
Lösung der Kopiervorlage

Zu Aufgabe 1:

- Oxidationskatalysator:** Oxidation von CO zu CO₂, von HC zu CO₂ und Wasser, von NO zu NO₂.
- Der **Rußpartikelfilter** hält die Rußteilchen aus dem Abgas zurück. Er muss regelmäßig regeneriert werden, indem diese Partikel, die nach und nach die Poren verstopfen würden, verbrannt werden. Dies erfolgt mit Hilfe des durchströmenden Stickstoffdioxids, indem der Filter während des Fahrbetriebs durch ein Heizelement auf 200 °C erhitzt wird: $\text{NO}_2 + \text{C} \longrightarrow \text{NO} + \text{CO}_2$
- Eingespritzte Harnstofflösung** wird im Stickstoffreduktionskatalysator zu Ammoniak hydrolysiert:



Stickstoffdioxid wird über mehrere Schritte mit dem Ammoniak zu Stickstoff und Wasser reduziert:



Zu Aufgabe 2:

Jeder Lungenflügel ist aus etwa 200 Millionen Lungenbläschen aufgebaut, die die Oberfläche für den Gasaustausch mit dem Blut von etwa einem Viertel Quadratmeter auf etwa zweimal 100 m^2 vergrößern. Jedes Lungenbläschen hat einen Durchmesser von 0,25-5 mm und eine Wanddicke von $1/4000 \text{ mm}$. Man kann sich also gut vorstellen, dass der Feinstaub, der in diese filigranen Strukturen eindringt, dort Reizungen und Entzündungen hervorruft.