

## Vier Wege zum sauberen Benzinmotor

Kompaktes Katalysatorsystem der BASF entfernt gasförmige Schadstoffe und zusätzlich Rußpartikel

10. Dezember 2014  
P387/14  
Holger Kapp  
Media Relations  
Telefon: +49 621 60-41040  
holger.kapp@basf.com



Der zunehmende Wohlstand in vielen Schwellenländern führt dazu, dass immer mehr Menschen mobil sein möchten. Gleichzeitig erhöht die globale Urbanisierung die Fahrzeugdichte. Derzeit fahren, nach Schätzungen von LMC Automotive, rund um den Globus etwa 1 Milliarde Autos, im Jahr 2018 soll sich die Zahl auf fast 1,2 Milliarden erhöhen – mit zunehmend negativen Auswirkungen auf die Luftqualität in den Metropolen der Welt. Antriebskonzepte wie die Elektromobilität – vollelektrisch oder als Hybridvariante – gewinnen zunehmend an Bedeutung. „Doch der Verbrennungsmotor bleibt auch mittelfristig die dominierende Antriebsform auf den Straßen“, sagt Dr. Klaus Harth, verantwortlich für die Forschung an Automobil-Katalysatoren bei der BASF. „Die Schadstoffbelastung bei Verbrennungsmotoren zu reduzieren, bleibt daher weiterhin ein wichtiges globales Thema.“ Auch die staatlichen Vorgaben bei den Abgaswerten werden weltweit immer restriktiver. Um diese Standards in Zukunft einhalten zu können, müssen Katalysatoren weiter optimiert werden.

- **Emissionen reduzieren**

Edelmetallhaltiger Katalysator auf Keramiksubstrat reinigt Autoabgase.

- **Rußteilchen entfernen**

Kompaktes Katalysatorsystem mit integriertem Partikelfilter.

- **Grenzwerte einhalten**

Vier-Wege-Katalysatorsystem hilft, Euro 6-Norm zu erfüllen.

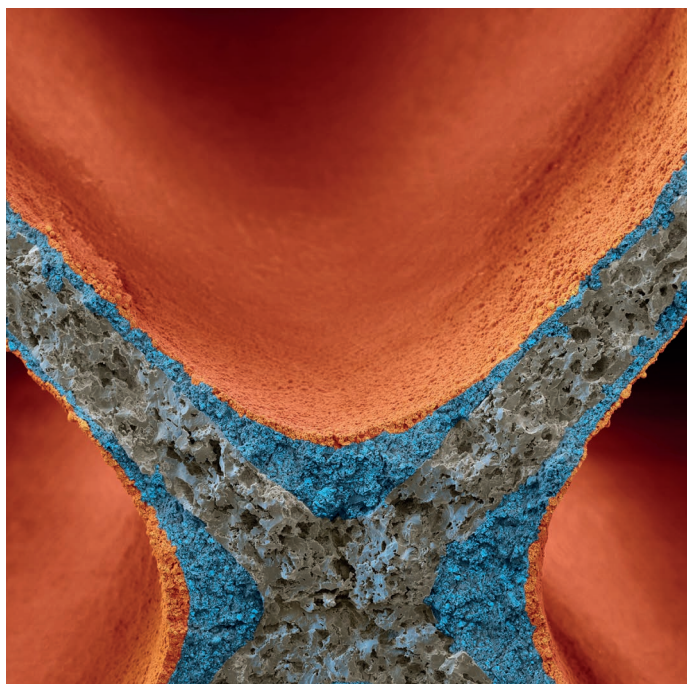
◀ Der Vier-Wege-Katalysator besteht aus einem Keramikträger, der mit Edelmetallen beschichtet ist.

Eine zukunftsweisende Technologie ist der neue Vier-Wege-Katalysator der BASF.

Verbrennungsmotoren produzieren umweltschädliche Abgase, weil der Treibstoff – ein Gemisch aus Kohlenwasserstoffen – nur unvollständig verbrennt. Damit Schadstoffe wie Stickoxide, Kohlenmonoxid, unverbrannte Kohlenwasserstoffe und Rußteilchen nicht in die Luft gelangen, sind Benzin- und Dieselfahrzeuge mit Katalysatoren und teilweise zusätzlich mit Partikelfiltersystemen ausgestattet. Sie reinigen den Abgasstrom, bevor er den Auspuff verlässt. Das hat die Schadstoffbelastung in den vergangenen vier Jahrzehnten drastisch verringert.

Der bekannte Drei-Wege-Katalysator wird seit 1976 in Nordamerika eingesetzt – und seit 1986 in Europa. Harth: „Heute schaffen es Katalysatoren, weit mehr als 95 Prozent der unerwünschten Stoffe aus dem Abgasstrom zu entfernen.“ Dafür sorgen die eingesetzten Katalysatoren mit ihrer ▶

inneren Struktur: Abgaskatalysatoren bestehen aus einem speziellen Keramikträger, dem Monolithen, der von vielen parallelen Kanälen durchzogen ist. Abhängig von der Anwendung weisen die Kanalwände unterschiedlich große Poren auf. Dieser Keramikträger wird mit einem Washcoat beschichtet, der Metalloxid-Partikel mit einer sehr großen inneren Oberfläche enthält. In den Washcoat sind feinverteilte Edelmetallpartikel (beispielsweise Palladium und Rhodium bei Drei-Wege-Katalysatoren) eingebracht. Diese Materialien sind katalytisch aktiv und sorgen dafür,



Detailaufnahme eines Drei-Wege-Katalysators: Die Palladium-haltige Schicht (blau) oxidiert selektiv Kohlenwasserstoffe und Kohlenmonoxid zu  $\text{CO}_2$  und Wasser, während gleichzeitig die Rhodium-haltige Schicht (rot) Stickoxide mithilfe von Kohlenmonoxid oder Wasserstoff zu Stickstoff,  $\text{CO}_2$  und Wasser umsetzt (Keramiksubstrat: grau). Der neue Vier-Wege-Katalysator der BASF entfernt zusätzlich Rußteilchen aus dem Abgasstrom (Vergrößerung 120:1, bei 15 cm Bildbreite).

dass Kohlenmonoxid ( $\text{CO}$ ), unverbrannte Kohlenwasserstoffe ( $\text{HC}$ ) und Stickoxide ( $\text{NO}_x$ ) in Wasser ( $\text{H}_2\text{O}$ ), Stickstoff ( $\text{N}_2$ ) und Kohlendioxid ( $\text{CO}_2$ ) umgewandelt werden. Die Edelmetalle ermöglichen als katalytisch aktive Substanzen die Reaktion und sind daran beteiligt, aber sie gehen daraus unverbraucht wieder hervor – eine grundlegende Eigenschaft von Katalysatoren.

### Drei plus eins macht vier

BASF-Forscher haben den Drei-Wege-Katalysator weiterentwickelt und seine Reinigungswirkung optimiert: Der neue Vier-Wege-Katalysator, kurz FWC™ (Four-way-conversion-catalyst) ist eine Technologie für Fahrzeuge mit Benzinmotor. Der Katalysator entfernt die gasförmigen Schadstoffe und auch Feststoffe wie Rußteilchen aus dem Abgasstrom. „Der kompakte Vier-Wege-Katalysator vereint jetzt alle wichtigen Eigenschaften auf einem einzigen Bauteil. Verglichen mit dem Drei-Wege-Katalysator und nachgeschaltetem, unbeschichtetem Partikelfilter benötigt er aber wesentlich weniger Platz“, sagt Harth. Ein weiterer Vorteil: „Wir haben es geschafft, dass der FWC nur einen geringen Gegendruck für das durchströmende Abgas aufbaut“, so der BASF-Experte. Für die Automobilhersteller ist dies ein wichtiger Aspekt. Ein hoher Gegendruck erhöht den Widerstand, den der Abgasstrom bis zum Auspuff überwinden muss. Ist der Gegendruck zu hoch, beeinträchtigt das die Leistungsfähigkeit des Motors und verschlechtert den Kraftstoffverbrauch. Um den Gegendruck so gering wie möglich zu halten, haben BASF-Experten innovative Produktions- und Beschichtungstechnologien entwickelt. Diese erlauben es beispielsweise, die porösen Innenwände des Monolithen gezielt mit dem katalytisch aktiven Material zu beschichten. Die resultierende Reinigungswirkung des Vier-Wege-Katalysators ist groß: „Unsere langjährige Erfahrung mit Katalysator- ▶

5,8

Milliarden € soll der Katalysatormarkt für Kraftfahrzeuge im Jahr 2015 global betragen (im Jahr 2012 waren es 4,2 Milliarden €).



84

Millionen Fahrzeuge (LKW ausgenommen) wurden im Jahr 2013 weltweit produziert – im Jahr 2020 sollen es etwa 113 Millionen sein.



4,5

Milligramm Rußpartikel pro Kilometer dürfen Autos mit Dieselmotor bzw. Benzinmotor mit Direkteinspritzung ausstoßen (Euro 6c-Norm).

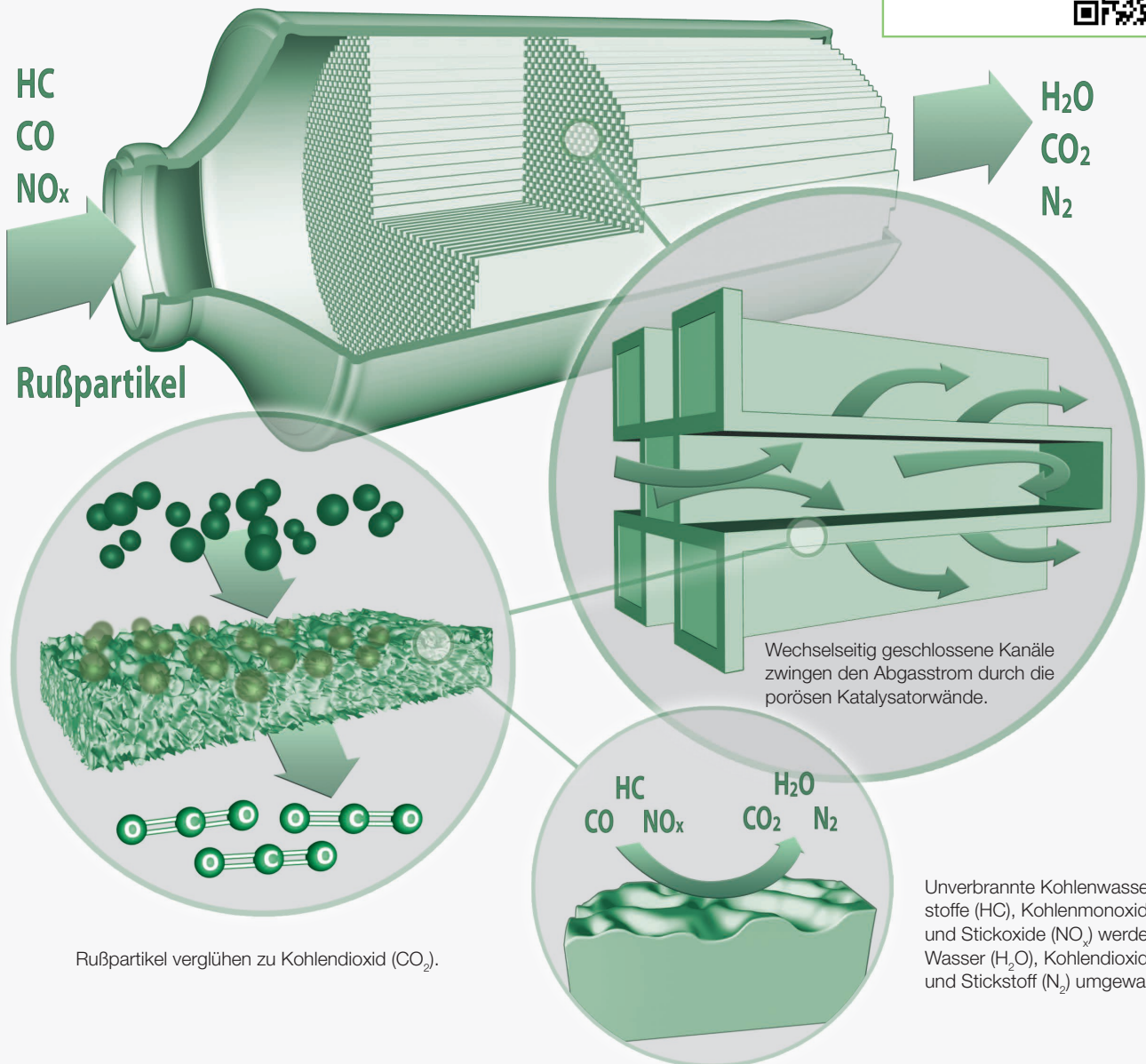


technologien ermöglicht es uns, maßgeschneiderte katalytische Strukturen zu schaffen“, erklärt Harth. Dadurch bildet sich eine enorm große Oberfläche mit einer hohen Katalysatoraktivität. Und deshalb müssen deutlich weniger Edelmetalle im Vier-Wege-Katalysator verarbeitet werden. Die poröse Monolithwand stellt aber auch einen Filter für die Rußpartikel dar: Die Teilchen bleiben dort hängen und werden bei hohen Temperaturen und mithilfe der katalytischen Beschichtung zu Kohlendioxid verbrannt. Damit leistet der Vier-Wege-Katalysator der BASF mehr als ein System mit unbeschichtetem Filter: Weil die Rußpartikel größtenteils zu  $\text{CO}_2$  verbrannt werden, können sich die Poren des Katalysators nicht zusetzen – das

Bauteil bleibt dadurch funktionstüchtig. In Testreihen wurde die Langzeitstabilität bereits nachgewiesen: Auch nach mehr als 160.000 Fahrkilometern säubert der Vier-Wege-Katalysator den Abgasstrom innerhalb der strengen Emissionsvorgaben einwandfrei. Im April 2013 wurde das neue System vorgestellt und befindet sich mittlerweile in der Entwicklungs- und Testphase bei vielen Automobilherstellern – immer mit Blick auf die Serienproduktion. „Der Vier-Wege-Katalysator hilft Automobilherstellern, die strengen Emissionsregulierungen wie die Euro 6-Norm einzuhalten“, sagt Harth. „In wenigen Jahren wird unser System zur gängigen Technologie in der Abgasreinigung zählen.“

## Funktionen des Vier-Wege-Katalysators

Eine Videoanimation zum Thema finden Sie online:



## „Diesel-NO<sub>x</sub> - und Feinstaub-Emissionen sind die größten Herausforderungen“

Dirk Bosteels, Executive Director der Association for Emissions Control by Catalyst. Die AECC ist ein internationaler Zusammenschluss europäischer Unternehmen, die an Technologien zur Abgasreinigung von Fahrzeugen arbeiten.



Dirk Bosteels von der AECC (Association for Emissions Control by Catalyst) über die neue Euro 6-Norm für Fahrzeuge und was sie für Autofahrer und die Automobilindustrie bedeutet.

Die Europäische Kommission hat eine neue Richtlinie für saubere Luft verabschiedet. Und die neue Euro 6-Norm ist jetzt in Kraft, 2017 folgt ein nächster Schritt. Was sind die Folgen für Autofahrer und -käufer? Bei der Euro 6-Norm geht es in erster Linie um die NO<sub>x</sub>-Emissionen, also die Stickoxid-Emissionen von Dieselfahrzeugen und eine bessere Kontrolle der Partikelemissionen von Benzinmotoren mit Direkteinspritzung. Die Nutzer von Euro 6-Autos werden damit zu einer besseren Luftqualität beitragen. Der Käufer eines Neuwagens wird dies nicht direkt bemerken, aber beim Fahren weniger Emissionen erzeugen. Die Europäische Kommission schlägt zudem eine EU-weit abgestimmte, freiwillige Regelung für „Super Ultra-Low Emission Vehicles“ – sogenannte SULEVs – vor. Die Mitgliedstaaten sollen damit ein Instrument in die Hand bekommen, um die Luftverschmutzung in besonders belasteten Bereichen anzugehen. Grundsätzlich könnte für Autofahrer eine Folge des „Clean-Air-Packages“ die Ausweitung der Umweltzonen sein.

### Was ist anders – verglichen mit der Euro 5-Norm?

Der Hauptunterschied ist, dass bei Dieselfahrzeugen die Grenzwerte für NO<sub>x</sub>-Emissionen von 180 auf 80 Milligramm pro Kilometer gesenkt wurden. Das Limit liegt damit aber immer noch 20 Milligramm pro Kilometer höher als bei Benzinautos. Ein zweiter Unterschied ist: Benzinmotoren, die mit Direkteinspritzung arbeiten, dürfen dann nur noch eine begrenzte Partikelanzahl emittieren. Ab September 2017 wird dies der gleiche Grenzwert sein, der bereits für Dieselfahrzeuge gilt. Aber bis dahin können die Hersteller von Benzinfahrzeugen Grenzwerte beantragen, die zehnmal höher liegen.

### Was sind die größten Herausforderungen für die Automobilindustrie?

Der Vorschlag der EU, Testverfahren und Grenzwerte für tatsächliche Emissionen im Fahrbetrieb<sup>1</sup> einzuführen, ist sicherlich die größte Herausforderung für die Automobilindustrie. Mit der Einführung der Euro 6-Norm werden auch neue Prüfzyklen und Messverfahren für Emissionen eingeführt, die das aktuelle Fahrverhalten repräsentativer darstellen und realistischere Werte abbilden. Für Benzinfahrzeuge liegt bis 2017 die größte Herausforderung darin, die Grenzwerte für die Anzahl der ausgestoßenen Partikel zu erfüllen. Eine Technologie, die verfügbar ist, sind Benzin-Partikelfilter<sup>2</sup>.

### Wie werden sich die Standards für Emissionen in den nächsten zehn bis 15 Jahren entwickeln?

Es scheint so, dass die neuen, weltweit aufeinander abgestimmten Verfahren<sup>3</sup> und die Verfahren zur Messung tatsächlicher Emissionen im Fahrbetrieb die Emissionsvorgaben in den nächsten zehn Jahren stark beeinflussen. Die Einführung der weltweit aufeinander abgestimmten Verfahren soll sicherstellen, dass die gemessenen CO<sub>2</sub>-Emissionen und der Kraftstoffverbrauch den realen Fahrbetrieb besser widerspiegeln und dazu beitragen, dass die Fahrzeuge die Grenzwerte für Emissionen besser erfüllen. Die weltweit aufeinander abgestimmten Verfahren werden stufenweise weiterentwickelt. Während der zweiten Stufe, bei der derzeit geplant ist, dass sie bis 2018 läuft, sollen beispielsweise Testverfahren integriert werden wie Tieftemperatur-Emissionen, Messungen zur Langlebigkeit, tatsächliche Emissionen und deren Übereinstimmung im Betrieb, die irgendwann die aktuellen Tests ersetzen. In der dritten Stufe sollen dann weltweit aufeinander abgestimmte Emissionsgrenzwerte eingeführt werden. Die Herausforderung in dieser Phase besteht möglicherweise darin, dass die EU-Grenzwerte nicht von dem Anspruch einer breiter angelegten Harmonisierung beeinträchtigt werden.

<sup>1</sup> Real Driving Emissions

<sup>2</sup> Anmerkung der Redaktion: Der Vier-Wege-Katalysator der BASF basiert auf dieser Technologie

<sup>3</sup> Worldwide harmonized Light vehicles Test Procedures

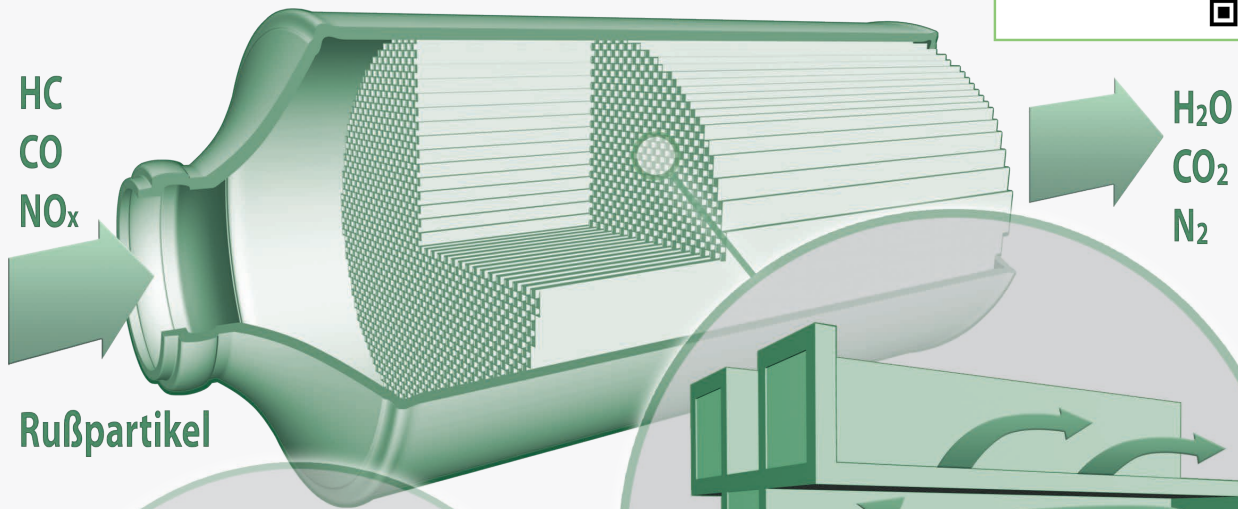
BASF SE  
67056 Ludwigshafen  
Telefon: +49 621 60-0  
www.basf.com  
presse.kontakt@basf.com

Diese Ausgabe sowie weitere Publikationen der BASF-Reihe „Wissenschaft populär“ finden Sie unter:  
[www.basf.de/wissenschaft\\_populaer](http://www.basf.de/wissenschaft_populaer)

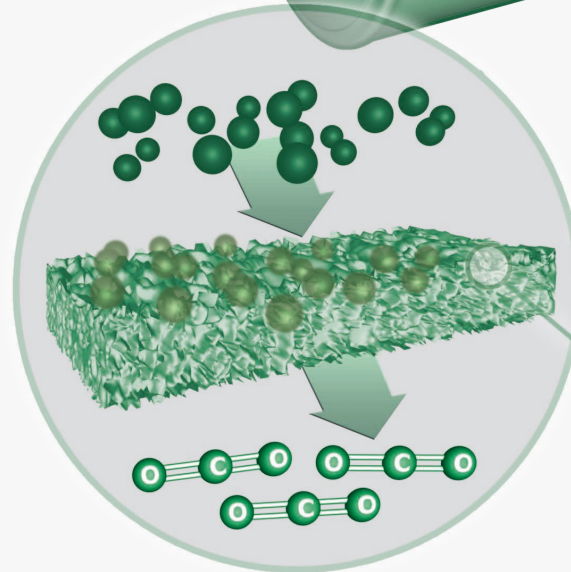
 **BASF**  
The Chemical Company

# Funktionen des Vier-Wege-Katalysators

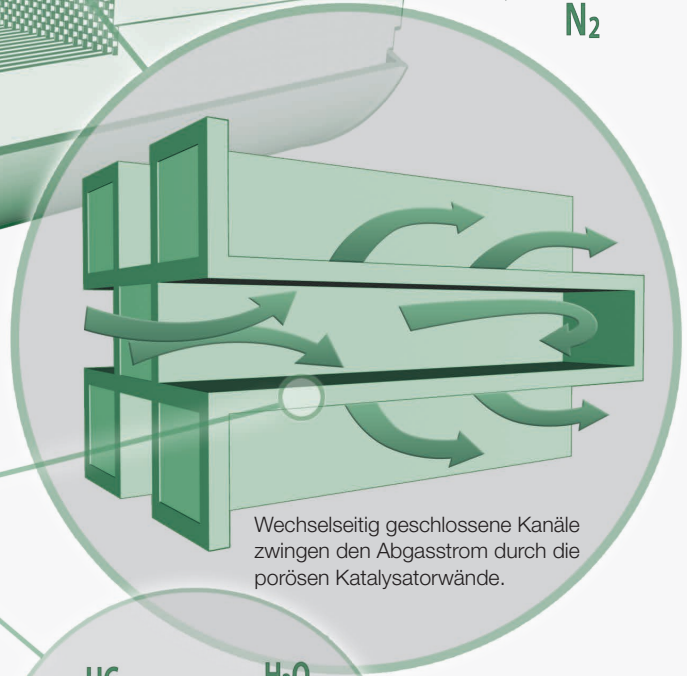
Eine Videoanimation zum Thema finden Sie online:



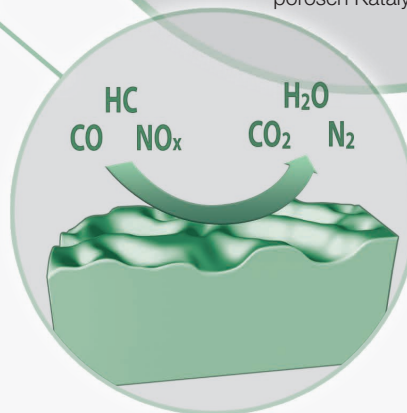
Rußpartikel



Rußpartikel verglühen zu Kohlendioxid ( $\text{CO}_2$ ).



Wechselseitig geschlossene Kanäle zwingen den Abgasstrom durch die porösen Katalysatorwände.



Unverbrannte Kohlenwasserstoffe (HC), Kohlenmonoxid (CO) und Stickoxide ( $\text{NO}_x$ ) werden in Wasser ( $\text{H}_2\text{O}$ ), Kohlendioxid ( $\text{CO}_2$ ) und Stickstoff ( $\text{N}_2$ ) umgewandelt.