

Engineered
to Perform.™

Stand der Emissionsminderungstechnik bei Lambda-1-Motoren mit 3-Wege-Katalysator

Christian Schöppner // Vertrieb // chschoeppner@air-sonic.com



Agenda

1. Vorstellung MIRATECH/ AIR-SONIC
2. Katalysatoren für Lambda 1 Motoren
3. Chemische Reaktion
4. Emissionswerte
5. Gewährleistung dauerhaft niedriger Emissionen
6. Möglichkeiten kostengünstige Überwachung



Firmen Übersicht

Adresse: D-36391 Sinntal; Raiffeisenstraße 18/20

Zertifizierung: DIN EN ISO 9001:2015

Headquarter: MIRATECH Corp. Tulsa, OK, USA



Produkte

- Katalysatoren
- Gehäuse
- SCR-Systeme
- Abgasschalldämpfer
- Abgaswärmetauscher
- Komplette Abgasstrecken

Service

- Forschung und Entwicklung
- Engineering/ Konstruktion
- Statische Berechnung
- Strömungssimulation
- Katalysator Service-Center
- Katalysator Recycling
- Lager
- Service/ Inbetriebnahmen/ Technischer Support
- Schallmessung



Über 27 Jahre Erfahrung im Bereich Abgasnachbehandlung

- Über 100.000 produzierte Katalysatoren für alle gängigen Motor- und Kraftstofftypen
- Über 10.000 MW mit Oxidations- und 3-Wege-Katalysatoren erfolgreich ausgestattet
- SCR-Systeme für > 2.000 MW elektrische Leistung
- DPF-Systeme für > 1.300 MW elektrische Leistung



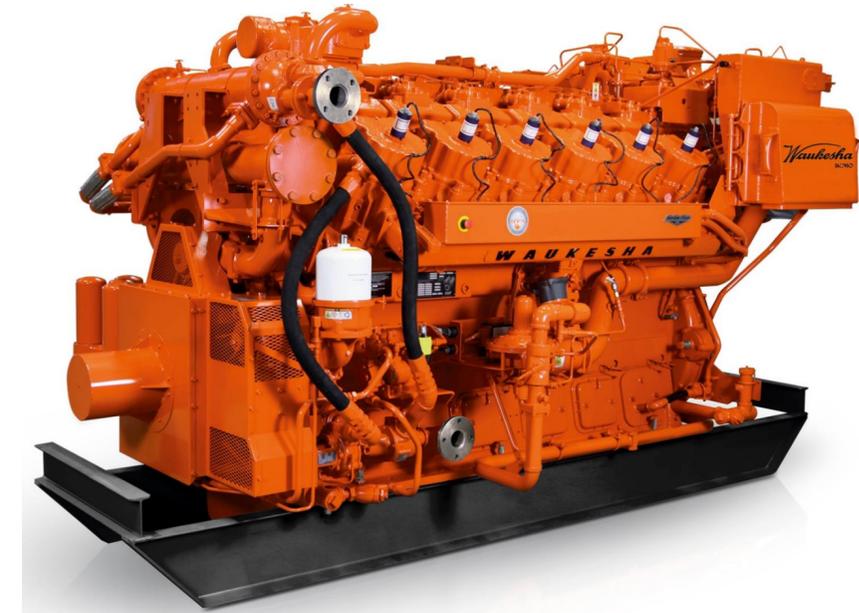
02

Katalysatoren für Lambda 1 Motoren



Katalysatoren für Lambda 1 Motoren

- Stöchiometrische Motoren mit "fetter Verbrennung"
 - Luft und Kraftstoff sind eng aufeinander abgestimmt
 - Fast kein Sauerstoff mehr im Abgas
 - Die Abgase sind im Allgemeinen heißer (530 bis 760 °C)
 - Generell höhere Roh-Emissionen
 - Viele Lambda 1 Gas-Motoren - insbesondere im unteren Leistungsbereich
- Haupt-Schadstoffe (aus unvollständiger Verbrennung u. hohen Temp.)
 - Stickoxide ("NOx")
 - Kohlenstoffmonoxid ("CO")
 - Kohlenwasserstoffe ("HC")
 - Formaldehyd ("HCOH")
- Die Katalysatoren für Lambda 1 Maschinen werden als **"3-Wege-Katalysator"** bezeichnet
 - "3-Wege" = NOx + Kohlenstoffmonoxid + Kohlenwasserstoffe
 - Komplexe chemische Reaktion



**Ein 3-Wege-Katalysator
reduziert Stickoxide (NOx)**

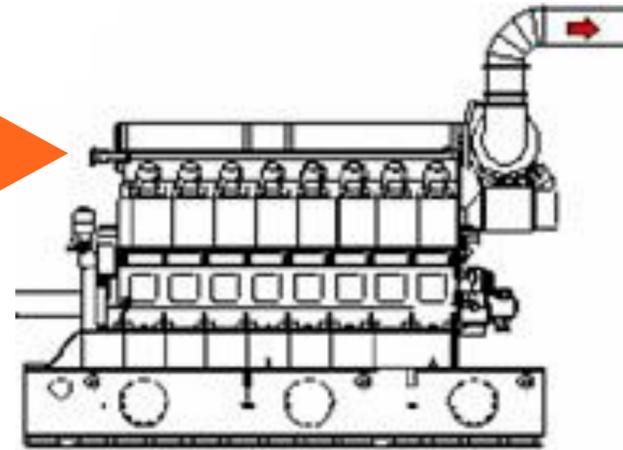
**Ein separates SCR-System
ist nicht erforderlich**

Schadstoffe im Abgasen und woher sie kommen



Erdgas Kraftstoff:

- Methan
- Ethan
- Propan
- Butan
- Pentan
- Hexan



Schadstoff:	Quelle:
Methan	unverbrannter Kraftstoff
Ethan	unverbrannter Kraftstoff
Propan	unverbrannter Kraftstoff
Formaldehyd	gebildet durch unvollständige Verbrennung
Ethylen & Propylen	gebildet durch unvollständige Verbrennung
Kohlenstoffmonoxid (CO)	gebildet durch unvollständige Verbrennung
Stickoxide(NOx)	Reaktion von Stickstoff und Sauerstoff unter hohen Temperaturen

Abgasschadstoffe sind im Allgemeinen geruch- und farblos.

3-Wege-Katalysator



3-Wege-Katalysator nur für Lambda 1 Motoren
Oxidationskatalysator nur für Magermix-Motoren

Ausführung 3-Wege-Katalysatoren

- 3-Wege-Katalysator muss gasdicht in Abgasrohrleitung verbaut werden und verzeiht, zu strengeren Grenzwerten, keinen Abgasschlupf

Konengehäuse

Einschubgehäuse

hier spielt die Abdichtung eine wichtige Rolle

im AWT-Vorkopf

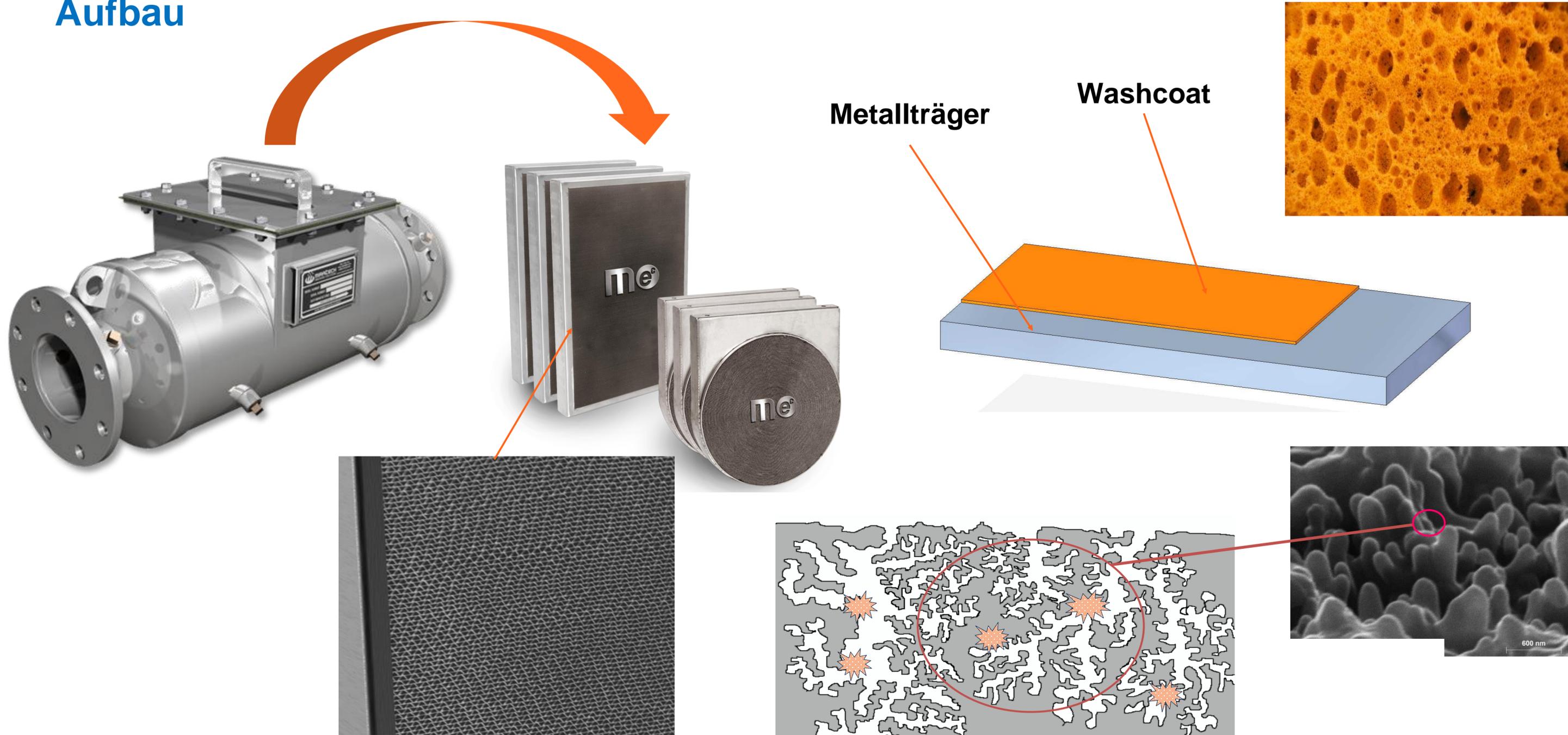
Zwischenflanschgehäuse

eingeschweißt

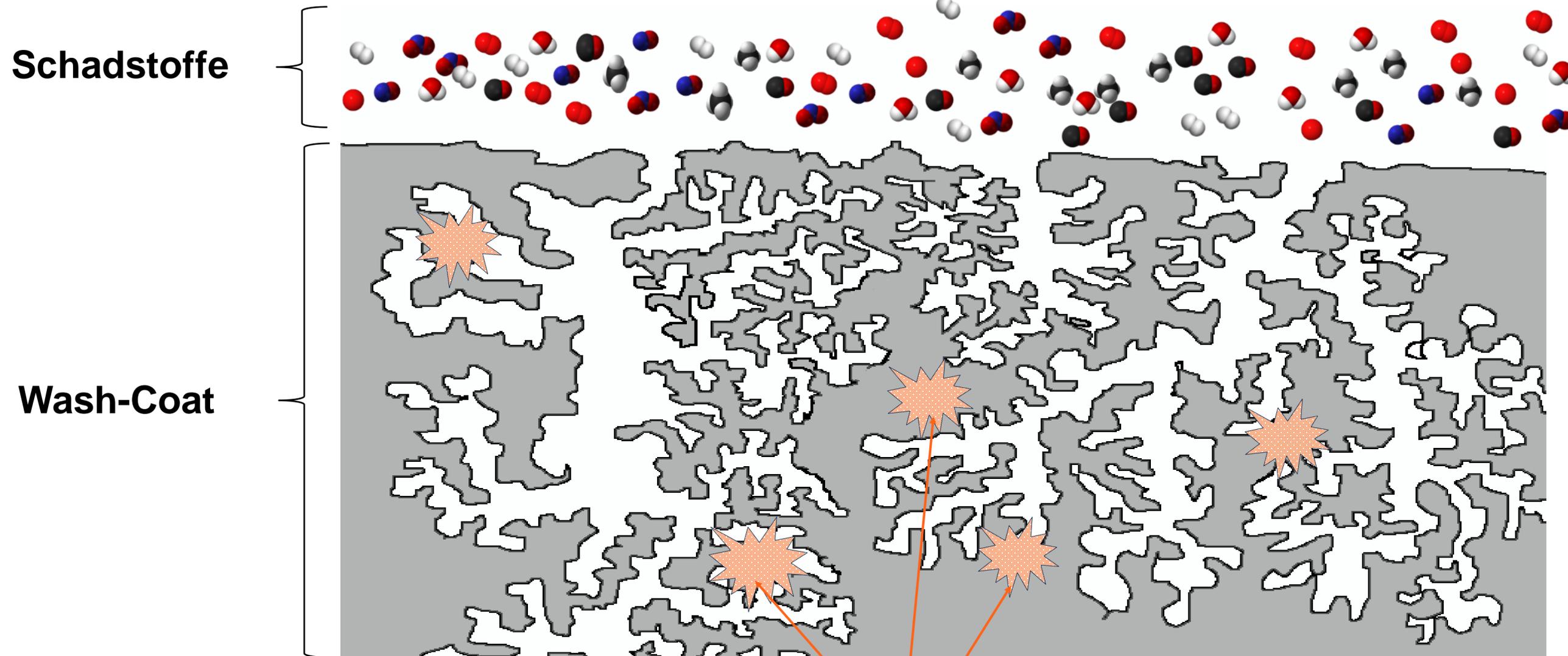


3-Wege-Katalysator

Aufbau

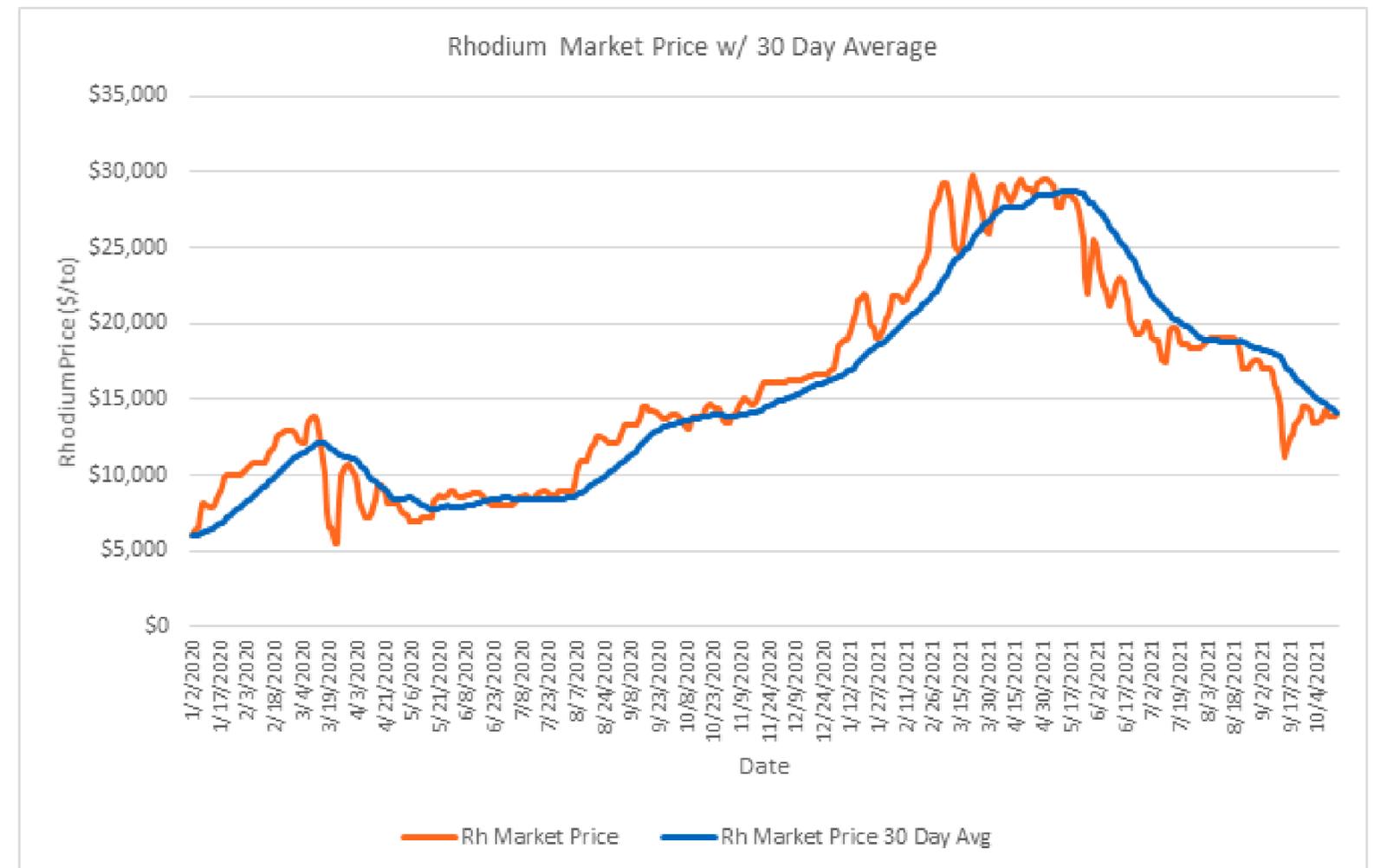
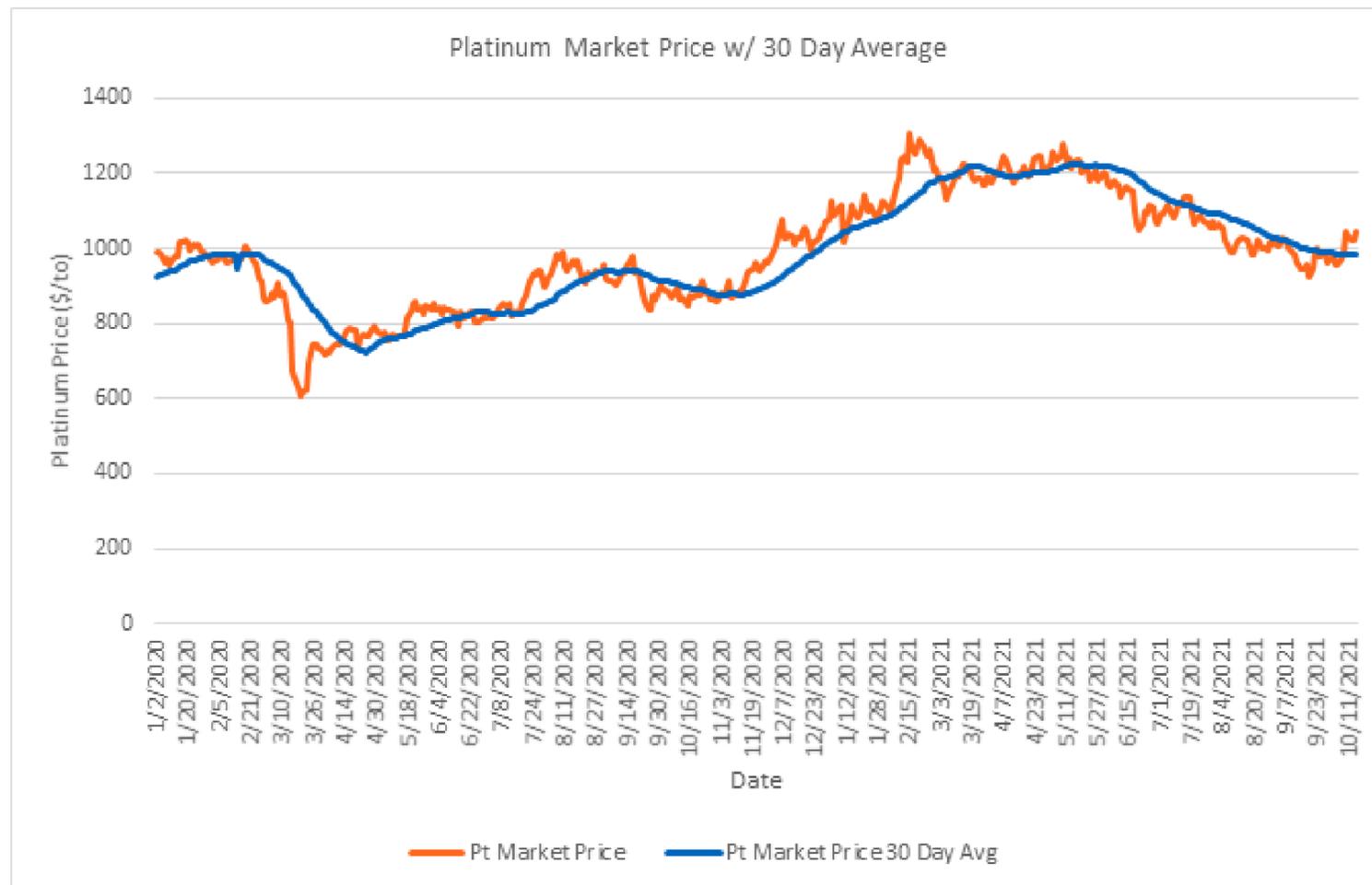


3-Wege-Katalysator



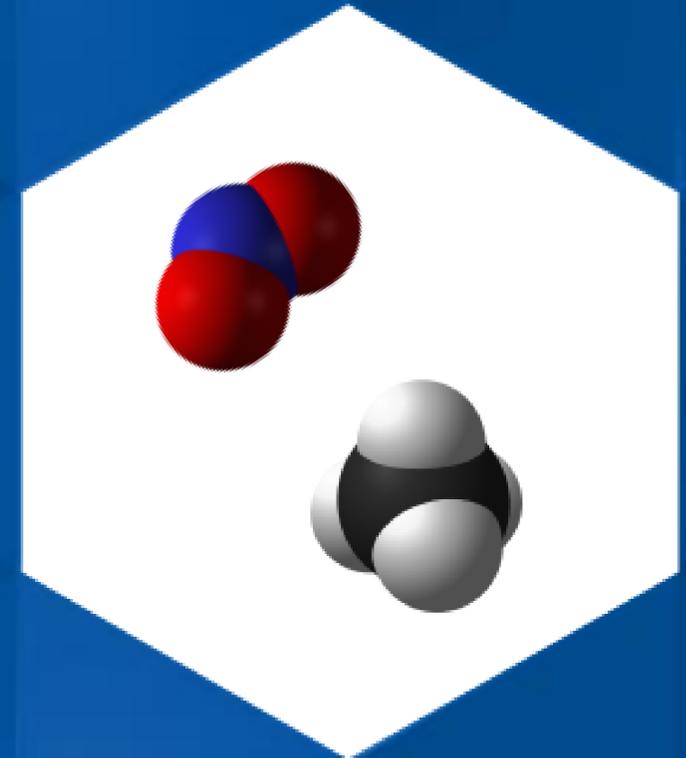
3-Wege-Katalysator

Enthält Platin und Rhodium



03

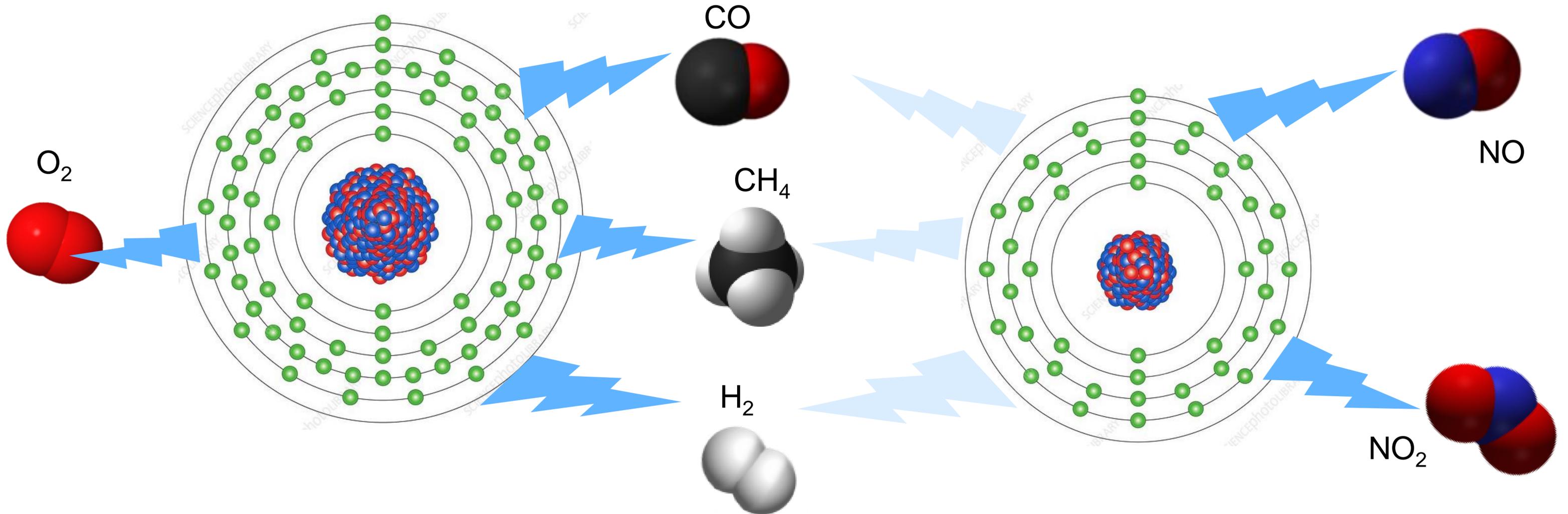
Chemische Reaktion



Chemische Reaktion im 3-Wege-Katalysator

Platinum – Pt
(hohe Beladung)

Rhodium – Rh
(niedrige Beladung)



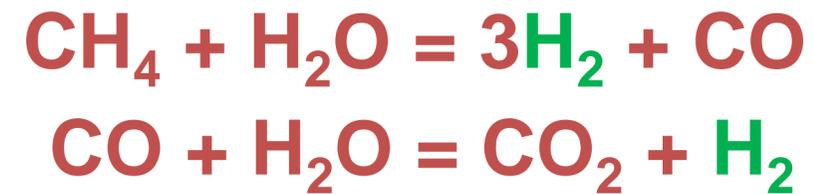
O₂ reagiert mit Pt

CO und CH₄ reagiert
mit Pt und Rh

NO & NO₂ reagiert
mit Rh

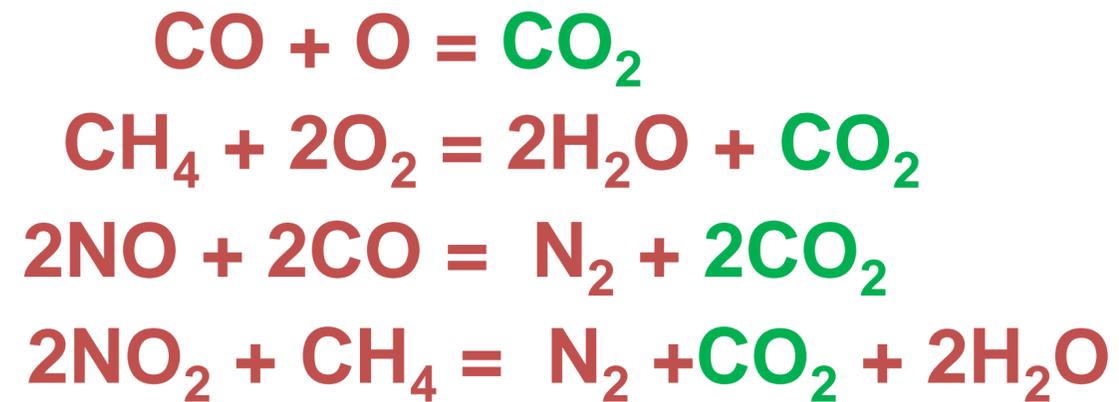
Drei Familien chemischer Reaktionen

- Oxidation von Kohlenwasserstoff unter Freisetzung von Wasserstoff



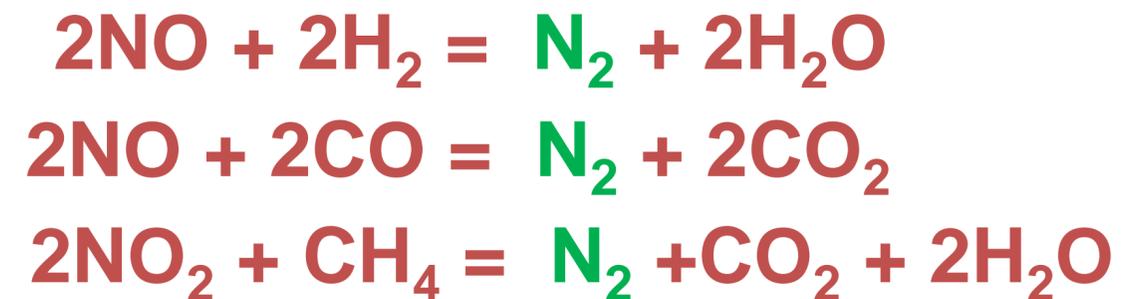
Rhodium
Platin
Palladium
Cerium

- Oxidation von CO



Platin
Palladium

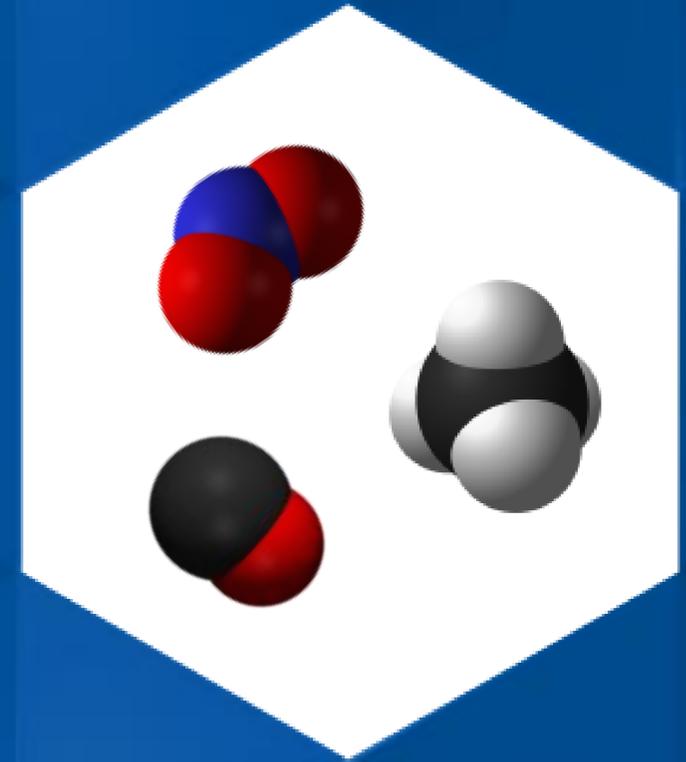
- Reduktion von Stickoxiden



Rhodium

04

Emissionswerte



- Grundsätzlich sind hohe Schadstoffumsätze über längeren Zeitraum möglich
 - jede Auslegung muss separat betrachtet werden
 - Zusammenspiel aus Temperatur, Edelmetallgehalt und Rohemissionen
- Meist höhere Methan-Umsätze möglich (Vorteil!)
 - hohe Temperaturen
 - gegebene Zusammensetzung
 - kein Abgasschlupf
 - meist Großzügige Auslegung
- Gewährleistung von AIR-SONIC Katalysatoren über 3 Jahre/ 24.000 h
- Erfahrungsgemäß ist die Nutzung von 3-Wege-Katalysatoren sogar über 3 Jahre hinaus möglich
- Grenzwerte Deutschland

mg/ Nm³ @ 5 % O₂	Grenzwert Lambda 1 Motor
CO	250
NO _x	100
HCOH	5
Gesamt C*	300

05

**Gewährleistung dauerhaft
niedriger Emissionen**



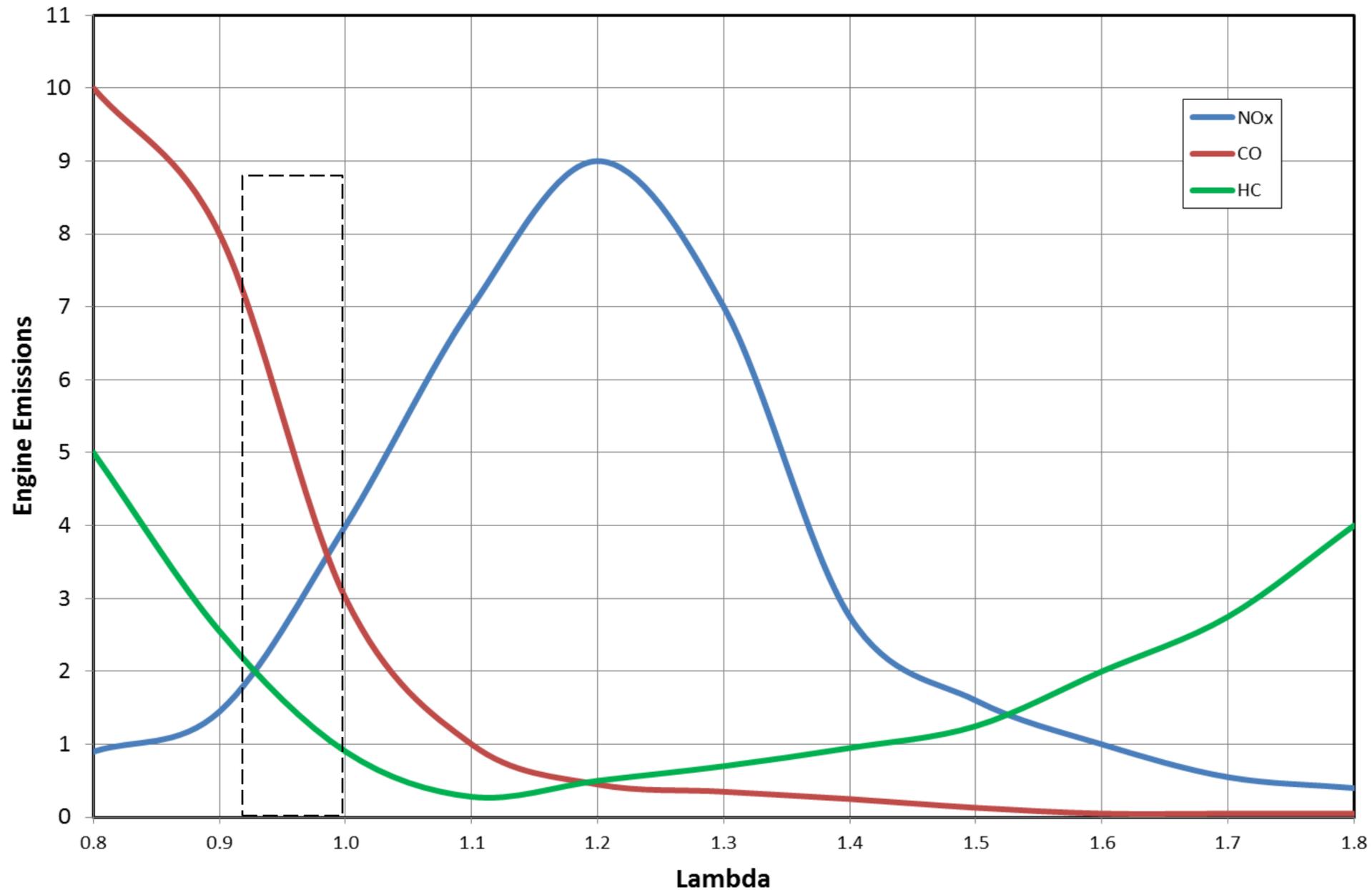
Die Funktion des 3-Wege-Katalysators ist Abhängig von

- Betriebs und Fahrweise des Motors
- Gasqualität mit möglichen Katalysatorgiften
- Pflege des Katalysators

Gewährleistung dauerhaft niedriger Emissionen

Betrieb Motor

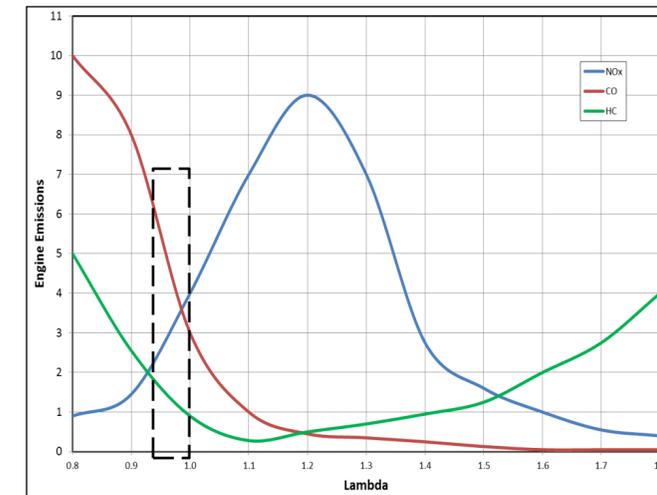
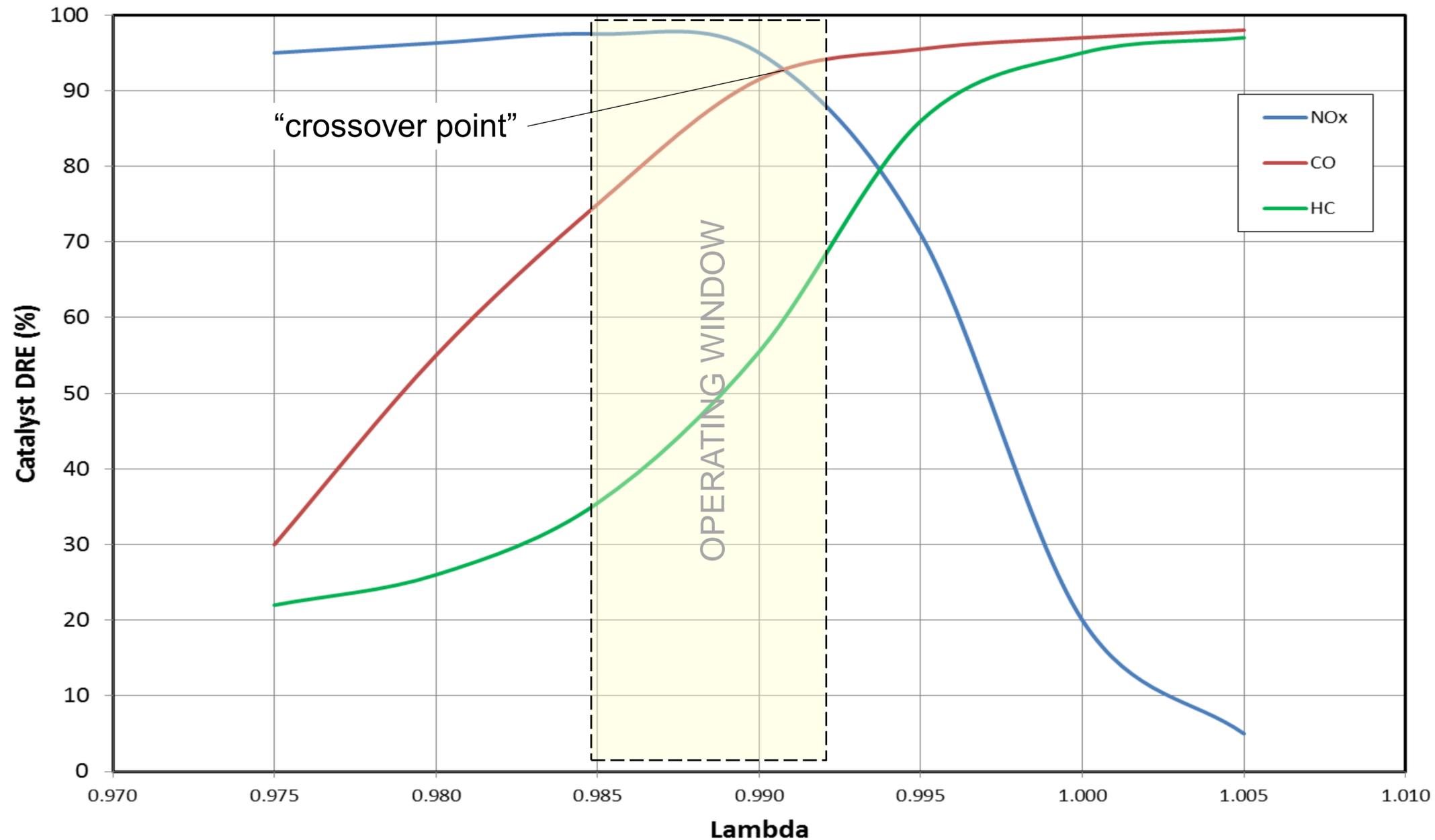
Stöchiometrische Motoremissionen in Abhängigkeit vom Luft-Kraftstoff-Verhältnis (Lambda)



Gewährleistung dauerhaft niedriger Emissionen

Betrieb Motor

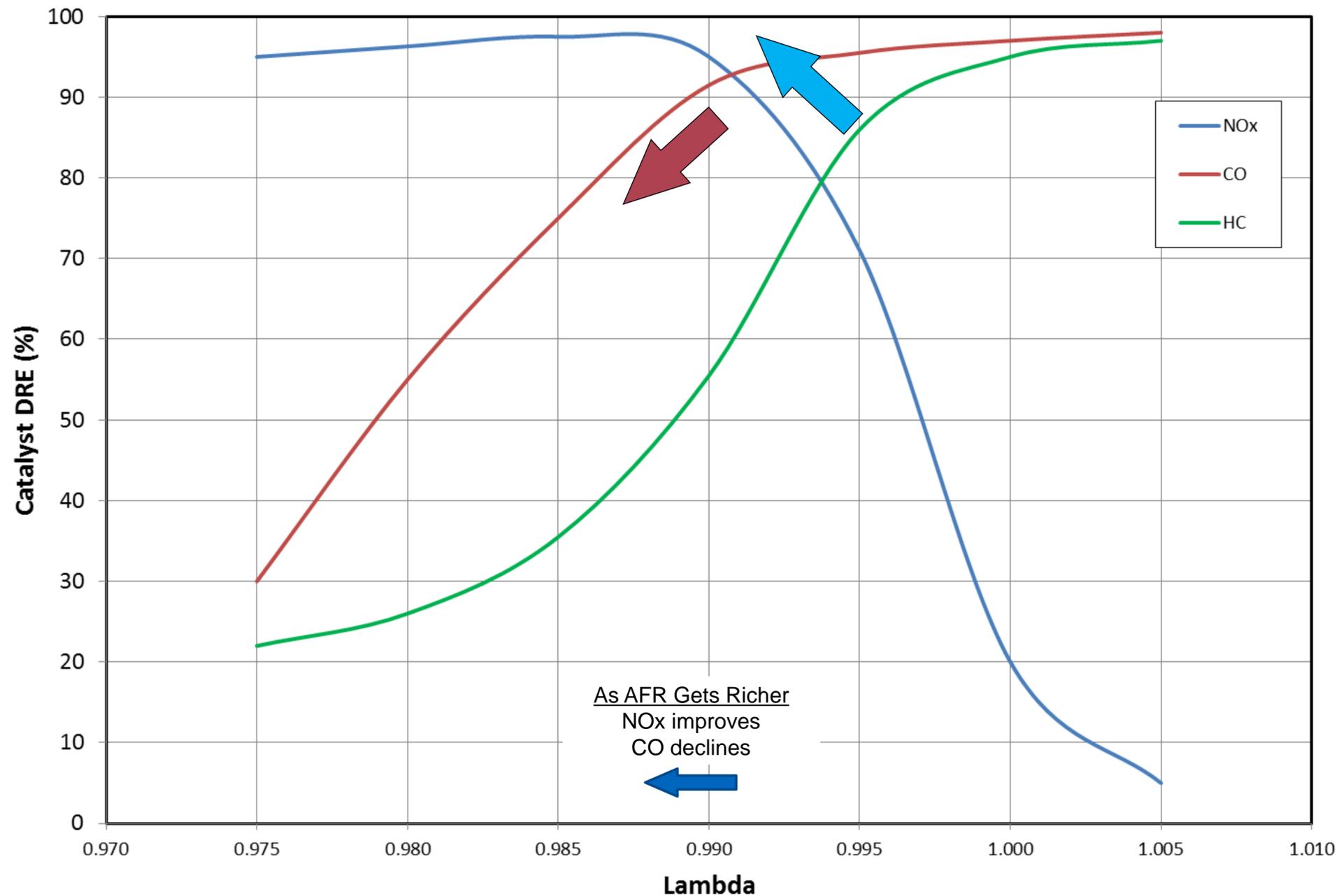
Leistung des Drei-Wege-Katalysators im Vergleich zum Luft-Kraftstoff-Verhältnis (Lambda)



Gewährleistung dauerhaft niedriger Emissionen

Betrieb Motor

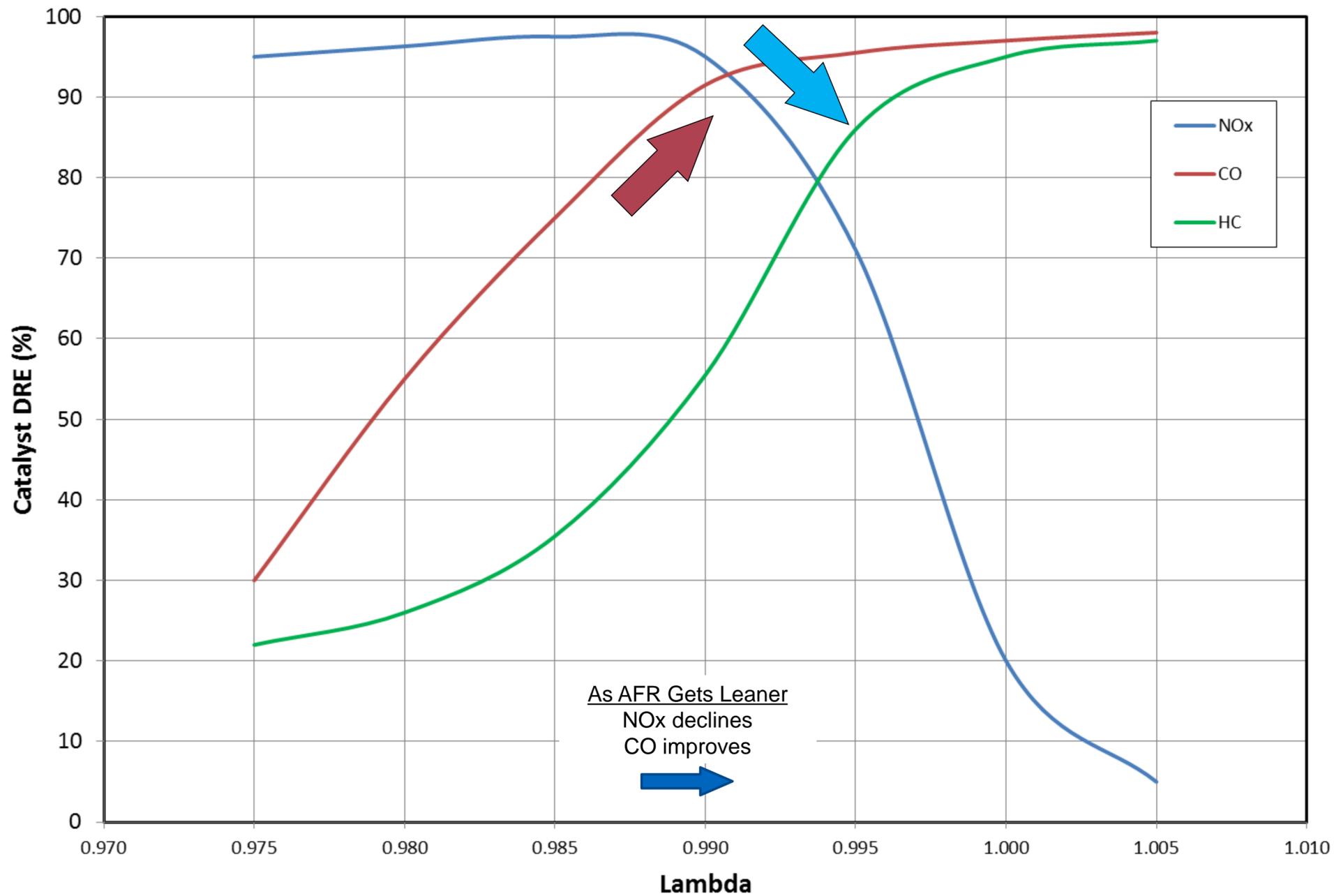
Leistung des Drei-Wege-Katalysators im Vergleich zum Luft-Kraftstoff-Verhältnis (Lambda)



Gewährleistung dauerhaft niedriger Emissionen

Betrieb Motor

Leistung des Drei-Wege-Katalysators im Vergleich zum Luft-Kraftstoff-Verhältnis (Lambda)



Gasqualität/ Katalysatorgifte

Ursache für Katalytische Verunreinigung

- Schmieröle:
 - Schwefel (S), Phosphor (P), Zink (Zn), Calcium (Ca), Magnesium (Mg)
- Kühlmittel:
 - Silizium (Si), Kalium (K), Phosphor (P), Natrium (Na), Molybdän (Mo), Eisen (Fe)
- Kraftstoff:
 - Schwefel (S), Arsen (As), möglicherweise Silizium (Si)
- Verbrennungsluft:
 - Silizium (Si), Schwefel (S), Calcium (Ca)

Gewährleistung dauerhaft niedriger Emissionen

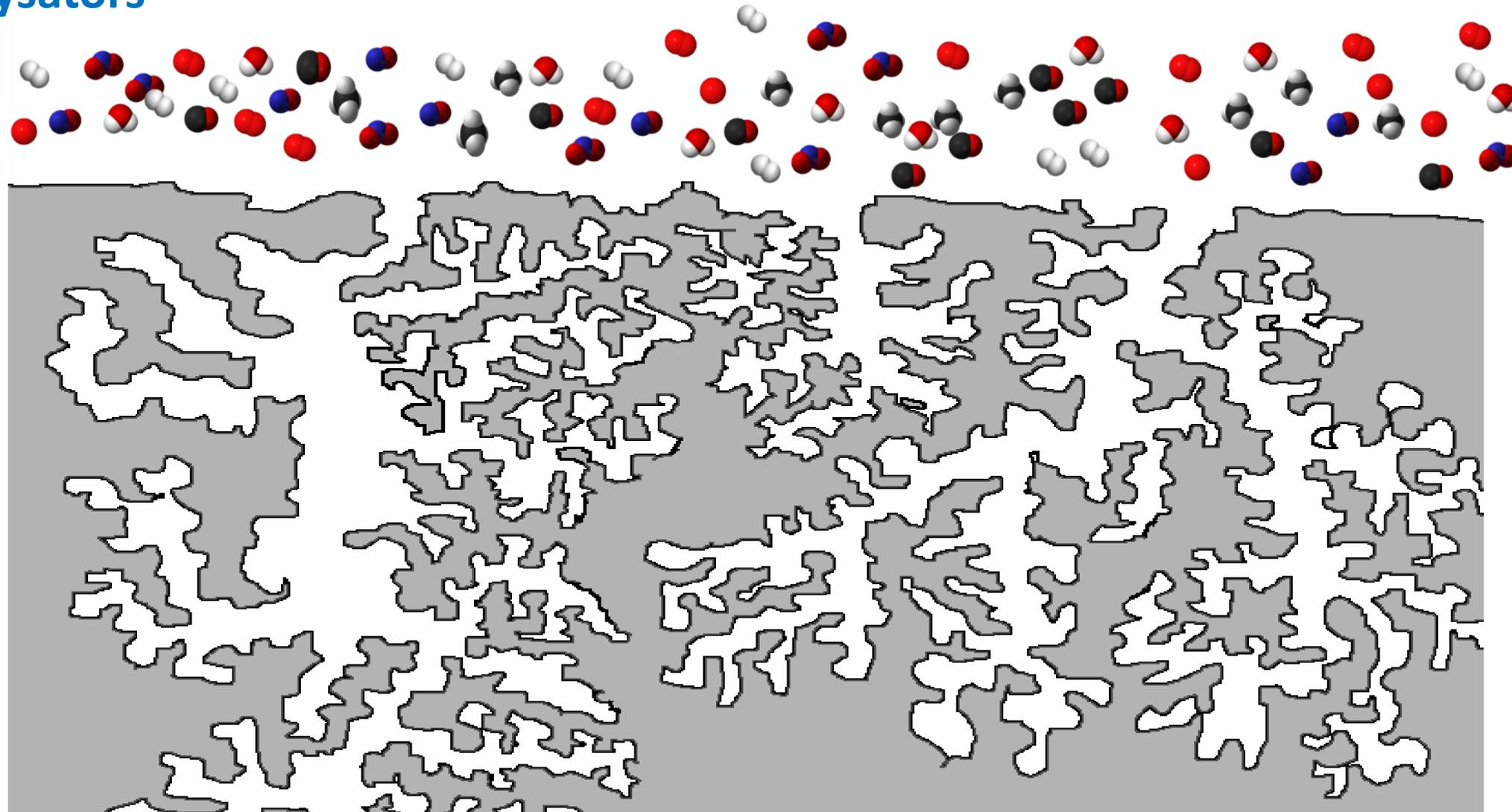
Gasqualität/ Katalysatorgifte

- Frostschutzmittel als häufige Ursache von Katalysatorverunreinigungen
- Mögliche Siliziumquellen (**Si**), Kalium (**K**), Phosphor (**P**), Natrium (**Na**), Molybdän (**Mo**), und Eisen (**Fe**)



Gewährleistung dauerhaft niedriger Emissionen

Pflege des Katalysators

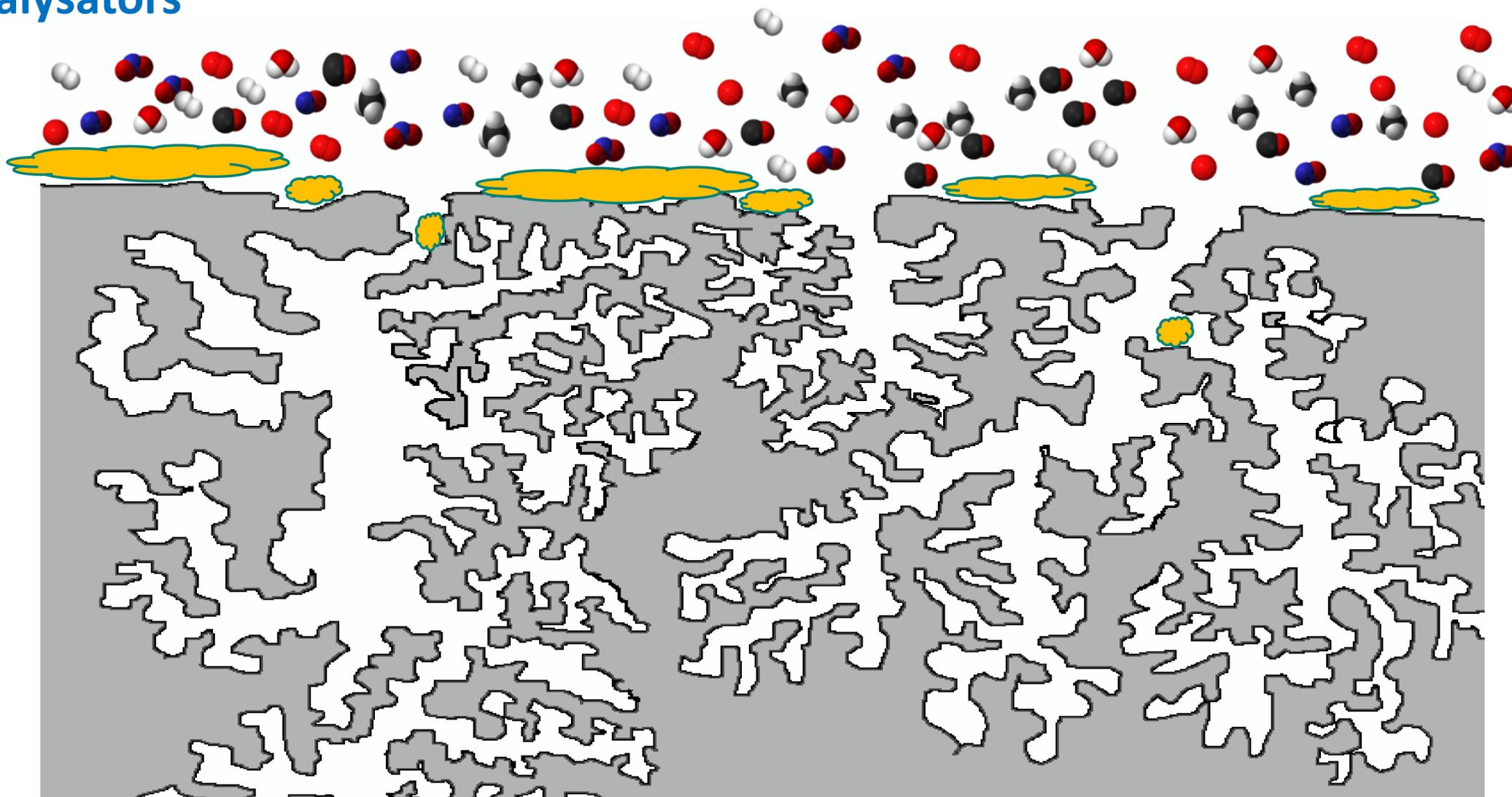


Sauberer Katalysator

Das Abgas kann an aktive Edelmetalle tief in den Poren des Washcoats gelangen

Gewährleistung dauerhaft niedriger Emissionen

Pflege des Katalysators



Verschmutzter Katalysator

Asche und Verunreinigungen belagern die Oberfläche und verstopfen die Poren

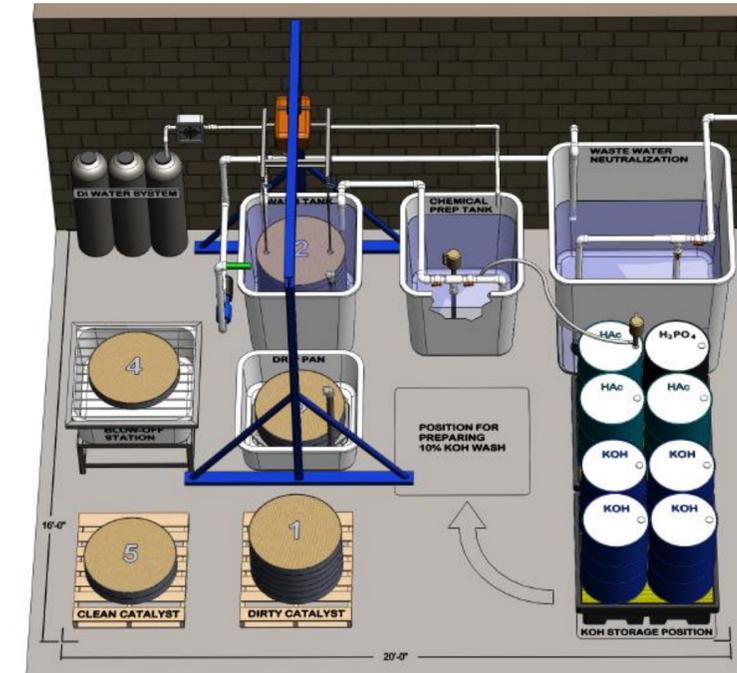
Gewährleistung dauerhaft niedriger Emissionen

Pflege des Katalysators: Katalysator Wäsche

- Wann ist eine Katalysator Wäsche sinnvoll?
 - Wenn die Deaktivierung des Katalysators auf die Maskierung durch Asche zurückzuführen ist
 - Wenn die Deaktivierung des Katalysators auf die Maskierung durch Schwefel zurückzuführen ist
 - Zum Teil Regeneration bei Phosphorvergiftung eines 3-Wege-Katalysators
- Was ist eine chemische Reinigung?
 - Einsatz spezifischer Chemikalien, die Verunreinigungen auflösen
 - Spülen der Lösung durch die Zellen des Substrates
 - Lösen von Verunreinigungen - von der Oberfläche und aus den Poren der Beschichtung
- Warum nicht einfach mit heißem Wasser abwaschen?
 - Das Wasser versauert und laugt das Edelmetall aus
 - Die Oberfläche kann grob gereinigt werden, die Poren bleiben jedoch verschlossen



Katalysator Service-Center in Sinntal



Gewährleistung dauerhaft niedriger Emissionen

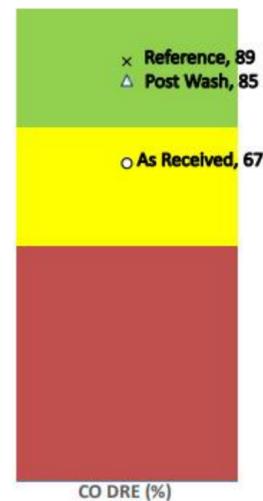
Pflege des Katalysators: Performance-Test

- Vergleich Katalysator Performance
 - Bevor und nach der chemischen Reinigung
 - Messung CO und NOx Umsatz möglich
 - Vergleich zu einem Neuwertigen Referenz-Katalysator
- Auswertung Test-Ergebnisse
 - Über einen Test Report mit Direkt-Vergleich
 - Ermöglicht den sicheren Betrieb unterhalb der geforderten Grenzwerte

Die Testergebnisse im **grünen** Bereich zeigen, dass der Katalysator die von einem neuen Katalysatormodul erwartete Leistung erreicht oder annähernd erreicht.

Testergebnisse im **gelben** Bereich zeigen an, dass die Leistung des Katalysators nachgelassen hat. Eine chemische Reinigung kann von Vorteil sein, um die Leistung des Katalysators in diesem Bereich wiederherzustellen.

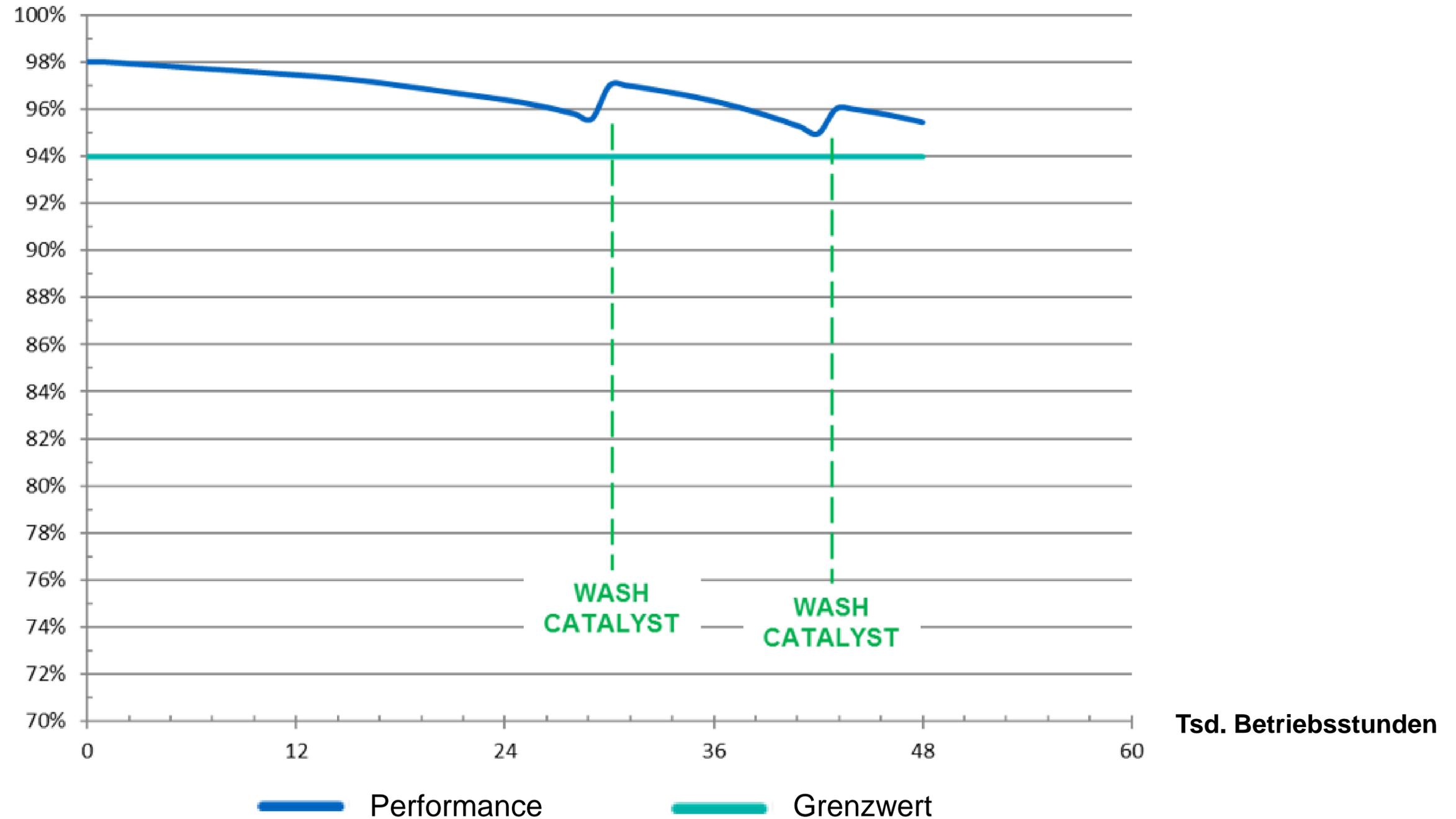
Testergebnisse im **roten** Bereich zeigen an, dass die Leistung des Katalysators im Vergleich zum Neuzustand deutlich nachgelassen hat. Eine chemische Reinigung kann die Leistung möglicherweise nicht wieder auf das erforderliche Niveau bringen.



Katalysator-Service-Center in Sinntal

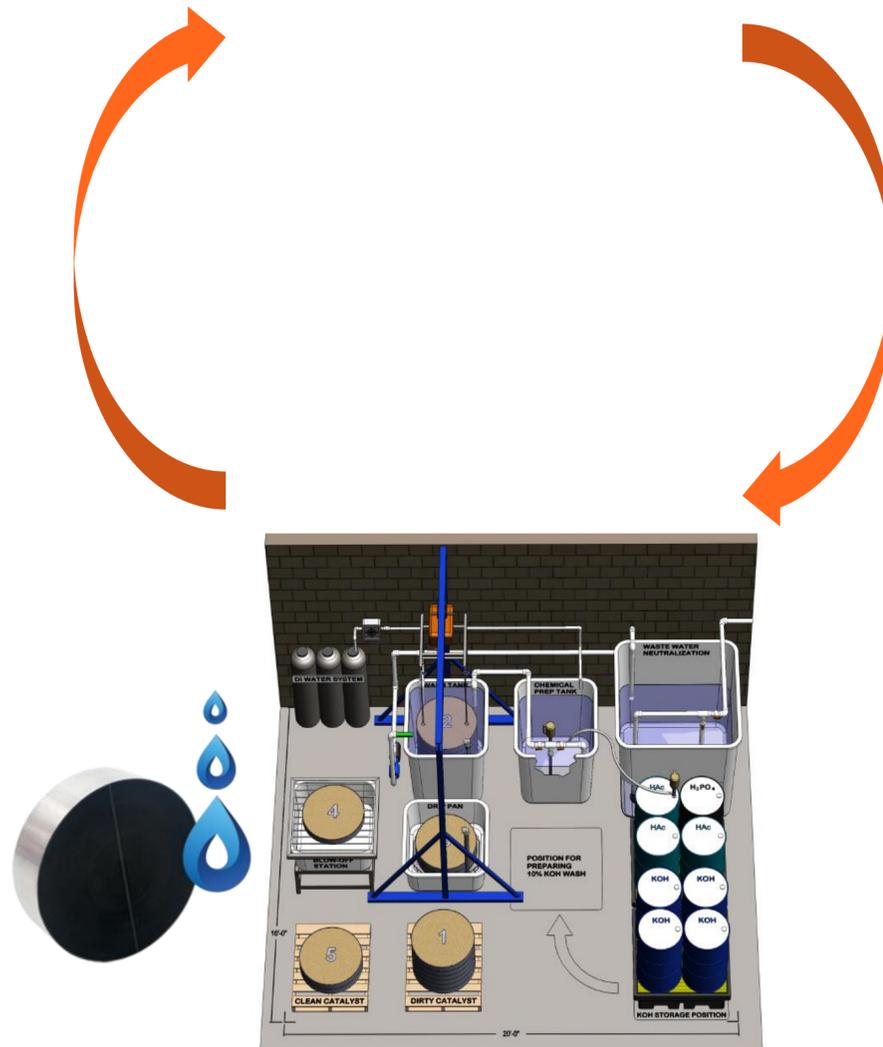
Gewährleistung dauerhaft niedriger Emissionen

NOx Umsatz



Gewährleistung dauerhaft niedriger Emissionen

Lebenszyklus des 3-Wege-Katalysators



06

Möglichkeiten zur Überwachung



Möglichkeiten kostengünstiger Überwachung

Sauger meist < 1 MW FWL und daher keine NOx Überwachung erforderlich

- Überwachung Temperatur vor- und nach KAT
 - Delta 30 K
 - Delta Temperaturfester sinkt drastisch, sobald das Lambda-Fenster verlassen wird
 - Delta Temperatur sinkt, sobald der Katalysator inaktiv ist
- NOx Überwachung
 - Sind für Einsatz bei Lambda 1 Motoren geeignet
 - Die Messungen gelten für $1,0 \leq \lambda \leq \infty$



Vielen Dank!

