

# Thema: Katalytische Oxidation

Name: Rebel, Marcel

Firma: Enterprise Bau Technik Umwelt GmbH

# 0. Inhalt

1. Einleitung
  2. Abgasreinigungsverfahren
  3. Katalysator
  4. Katalytische Nachverbrennung
  5. Kat-Ox-Anlage
  6. Einzelschritte der Katalyse
  7. Prognose
  8. Quellen
- 

# 1. Einleitung

- Aufgrund der eingeschränkten Adsorptionsfähigkeit der Aktivkohlefilter für einige Schadstoffe wie zum Beispiel Vinylchlorid (VC) werden alternative Abgasreinigungsverfahren in der Industrie verwendet.
- z.B. Thermische Oxidation,  
Katalytische Oxidation

## 2. Abgasreinigungsverfahren

- Nutzung von unterschiedliche Abgasreinigungsverfahren in der Industrie
- Unterscheidung nach oxidative, adsorptive, absorptive und biologische Verfahren

## 2. Abgasreinigungsverfahren

<b>Verfahren:</b>	<b>Variante:</b>	<b>Wirkungsgrad:</b>	<b>Volumenstrom: [m<sup>3</sup>/h]</b>	<b>Schadstoffe :</b>	<b>Konzentration: [mg/m<sup>3</sup>]</b>
<b>Thermische Oxidation</b>	<b>&gt;1.200 °C mit Stütz-feuerung</b>	<b>&gt;99 %</b>	<b>500 bis 3.000</b>	<b>CKW, Kampfstoffe, Pestizide</b>	<b>3.000 bis 10.000</b>
	<b>autotherm (mit Wärmerückgewinnung)</b>			<b>KW, AKW</b>	<b>&gt;1.000</b>
<b>Katalytische Oxidation</b>		<b>&gt;99 %</b>	<b>200 bis 500</b>	<b>KW, AKW, CKW, VC</b>	<b>&gt;1.000</b>
<b>UV-Oxidation</b>		<b>&gt;95 %</b>	<b>20 bis 200</b>	<b>VC, Tri, Per</b>	<b>&lt;200</b>

## 2. Abgasreinigungsverfahren

<b>Verfahren:</b>	<b>Variante:</b>	<b>Wirkungsgrad:</b>	<b>Volumenstrom: [m<sup>3</sup>/h]</b>	<b>Schadstoffe :</b>	<b>Konzentration: [mg/m<sup>3</sup>]</b>
<b>Adsorption</b>	<b>Aktivkohle</b>	<b>&gt;99 %</b>	<b>50 bis 500</b>	<b>AKW, KW, CKW (außer VC)</b>	<b>0 bis 10.000</b>
	<b>Molekularsieb</b>			<b>H<sub>2</sub>O, NO<sub>x</sub>, CO<sub>2</sub>, Hg, Dioxine</b>	
	<b>Kieselgel</b>			<b>Wasser</b>	
<b>Absorption</b>		<b>&gt;90 %</b>	<b>&gt;500</b>	<b>HCl, HF, NH<sub>3</sub></b>	<b>30 bis 10.000</b>
<b>Biologische Verfahren</b>	<b>Biofilter</b>	<b>40 % bis 90%</b>	<b>500 bis 5000</b>	<b>AKW, KW, CKW</b>	<b>500 bis 10.000</b>
	<b>Tropfkörper</b>		<b>&gt;200</b>	<b>Alkohole, Aldehyde, Ketone, Ester</b>	<b>3.000 bis 10.000</b>

## 2.1 Schadstofflegende

<b><i>Abkürzung:</i></b>	<b><i>Bedeutung:</i></b>	<b><i>Verwendung:</i></b>	<b><i>Beispiel:</i></b>
<b>CKW</b>	<b>Chlorkohlenwasserstoff</b>	<b>Lösungsmittel, Pestizide</b>	<b>DDT, Per</b>
<b>AKW</b>	<b>aromatische Kohlenwasserstoffe</b>	<b>Bestandteil von Benzin</b>	<b>Benzol</b>
<b>VC</b>	<b>Vinylchlorid</b>	<b>Herstellung von Polyvinylchlorid (PVC)</b>	
<b>Tri</b>	<b>Trichlorethen</b>	<b>Metall- und Glasindustrie</b>	
<b>Per</b>	<b>Tetrachlorethen</b>	<b>Textilreinigungsmittel</b>	
<b>NOx</b>	<b>Stickstoffoxide</b>	<b>Oxidationsmittel, Narkosemittel</b>	<b>Lachgas</b>
<b>CO2</b>	<b>Kohlenstoffdioxid</b>	<b>Trockeneisherstellung</b>	
<b>Hg</b>	<b>Quecksilber</b>	<b>Elektrolyse</b>	
<b>HCl</b>	<b>Chlorwasserstoff</b>	<b>Salzsäureherstellung</b>	<b>Magensäure</b>
<b>HF</b>	<b>Fluorwasserstoff</b>	<b>Katalysator bei der Benzinherstellung</b>	
<b>NH3</b>	<b>Ammoniak</b>	<b>Textilveredlung</b>	

# 3. Katalysator

## a.) Katalysatoren

- beschleunigen die chemische Reaktionen von Stoffen
- senken die Aktivierungsenergie bzw. Zündtemperatur
- steigern der Reaktionsgeschwindigkeit



# 3. Katalysator

## b.) Arten der Katalyse

### ➤ Heterogene Katalyse

- Unterschiedliche Phase zwischen Katalysator und Edukte (*katalytische Oxidation*)

### ➤ Homogene Katalyse

- Gleiche Phase zwischen Katalysator und Edukte

### ➤ Biokatalyse

- Enzyme

# 3. Katalysator

## c.) Aufbau für Gasreinigungsprozesse

- bestehen aus Edelmetalle oder Metallverbindungen z.B. Oxide
- In Kombination mit einem inaktiven Träger z.B.: Aluminiumoxid, Kieselsäure, Keramik
- Ausführung als Formkörper  
z.B.: Kugeln, Ringe, Stäbe, oder Wabenrohre

# 3. Katalysator

## c.) Aufbau für Gasreinigungsprozesse

Wabenform:



Kugelform:



# 3. Katalysator

## d.) Eigenschaften / Anforderungen

- hohe Aktivität
- hohe Selektivität
- hohe Lebensdauer bzw. Standfestigkeit
- Beständigkeit (mechanische, chemische, thermische)
- Wirtschaftlichkeit

# 3. Katalysator

## e.) Katalysatordeaktivierung

- beschränken die Lebensdauer
- Entstehung von irreversiblen (Alterung, Verkokung, Vergiftung) oder reversiblen (Staubablagerungen) Schädigungen
- Verlust der Aktivität

# 3. Katalysator

## e.) Katalysatordeaktivierung

### ➤ Ursachen:

- *Chemische Einflüsse*
  - Vergiftung durch Inhaltstoffe ( $\text{PH}_3$ ,  $\text{AsH}_3$ ,  $\text{H}_2\text{S}$ ) im Rohgas
- *Thermische Einflüsse*
  - Entstehung von Gefügeveränderungen durch erhöhte Temperatur
- *Mechanische Einflüsse*
  - Abrieb von Katalysatormaterial durch Staub

# 3. Katalysator

## e.) Katalysatordeaktivierung

### ➤ Schutzmaßnahmen:

- *Schutz gegen chemische Desaktivierung*
  - Temperaturerhöhung
  - Nutzung von stabile Trägern
- *Schutz gegen thermische Desaktivierung*
  - Nutzung von temperaturbeständige Katalysatoren
  - geeignete Steuerung - und Regelungstechnik für Vorwärmung des Abgasstromes
- *Schutz gegen mechanische Desaktivierung*
  - Vorfilterung des Staubes

# 3. Katalysator

## f.) Anwendungsbereiche

- Bulkchemikaliensynthese (Schwefelsäure, Polyethylen)
- Herstellung von pharmazeutischen Wirkstoffen oder von Lebensmitteln (Bier, Wein, Joghurt)
- Energiegewinnung (Brennstoffzellen)
- Abgasreinigung



## 4. Katalytische Nachverbrennung

- Nutzung des Verfahrens für die Reinigung industrieller Abgase
- Für brennbare, organische Schadstoffe ausgelegt
- Einsatz des Verfahrens bei einem niedrigen Schadstoffgehalte
- Schadstoffe werden bei ca. 250 °C bis 400 °C durch geeignete Katalysatoren vollständig oxidiert

# 4. Katalytische Nachverbrennung

## a.) Vorteile

- kleine Abmessungen der Anlagen
- einfacher Aufbau der Anlagen
- wartungsarm und einfach zu betreiben
- sehr hoher Wirkungsgrad
- geringere Temperaturen als andere thermische Verfahren
  - weniger Materialprobleme
  - geringere Energiekosten

# 4. Katalytische Nachverbrennung

## b.) Nachteile

- die Zusammensetzung der Abluft muss bekannt sein
- weniger universell als Thermische Oxidation
- einige chemische Verbindungen sind katalytisch schwierig abbaubar
- jeder Katalysator kann vergiftet werden

# 5. Kat-Ox-Anlage

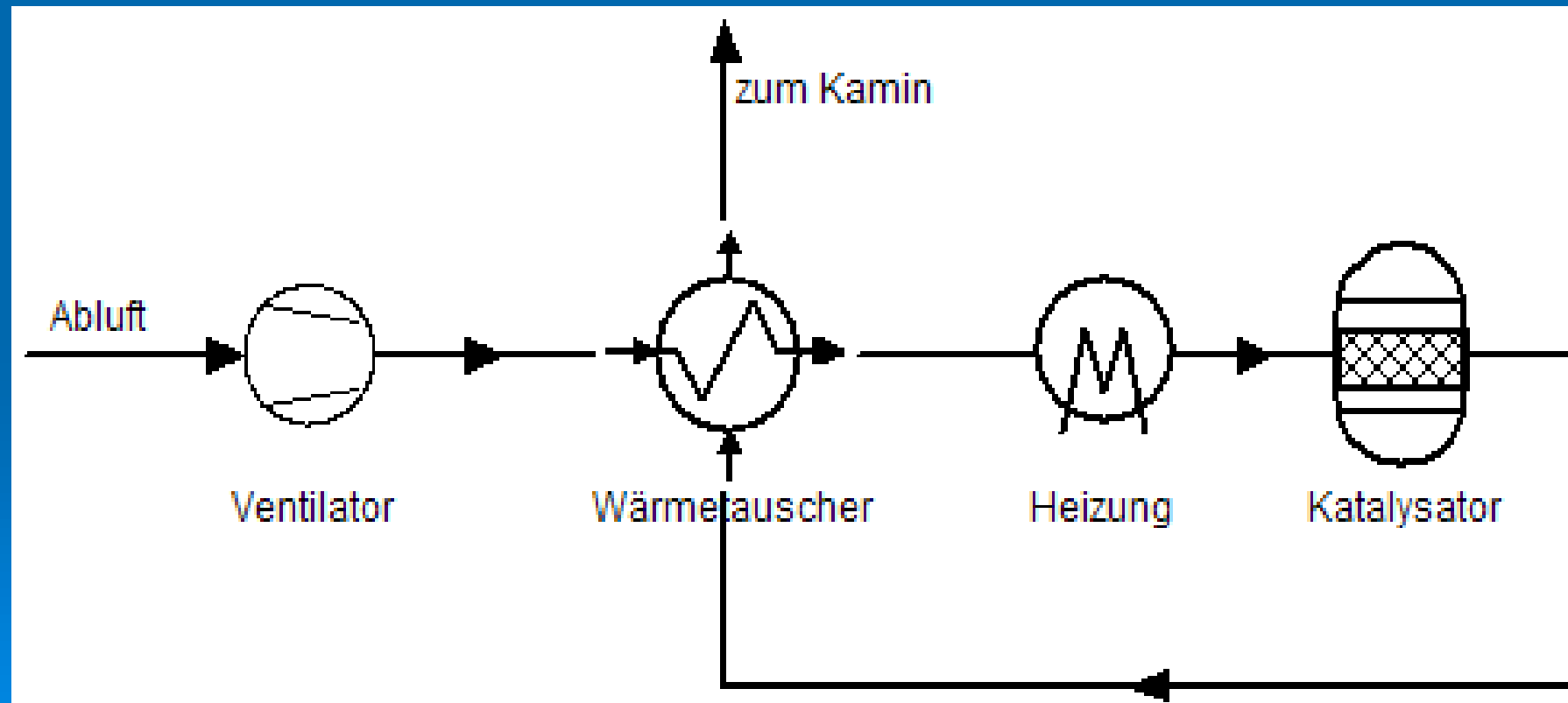
## a.) Aufbau

- Katalytischer Reaktor
- Brenner bzw. Heizstäbe oder Heizung für die Prozessgasaufheizung
- Ventilatoren für die Förderung des Prozessgasstromes
- Wärmetauscher zur Energieeinsparung
- Staubfilter
- Gaswäsche

# 5. Kat-Ox-Anlage

## a.) Aufbau

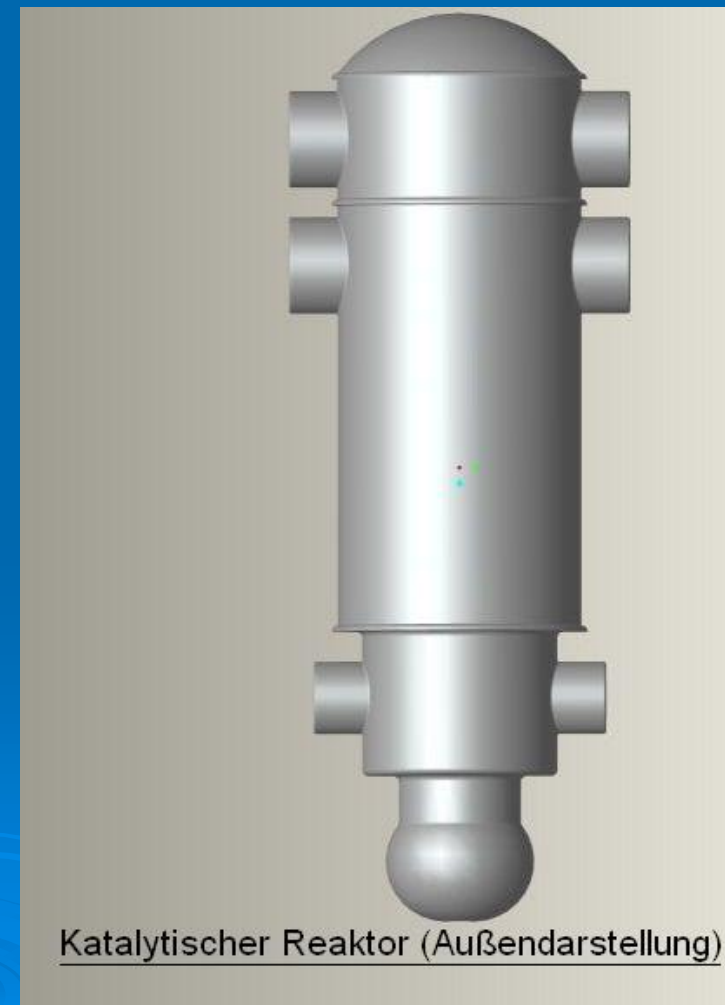
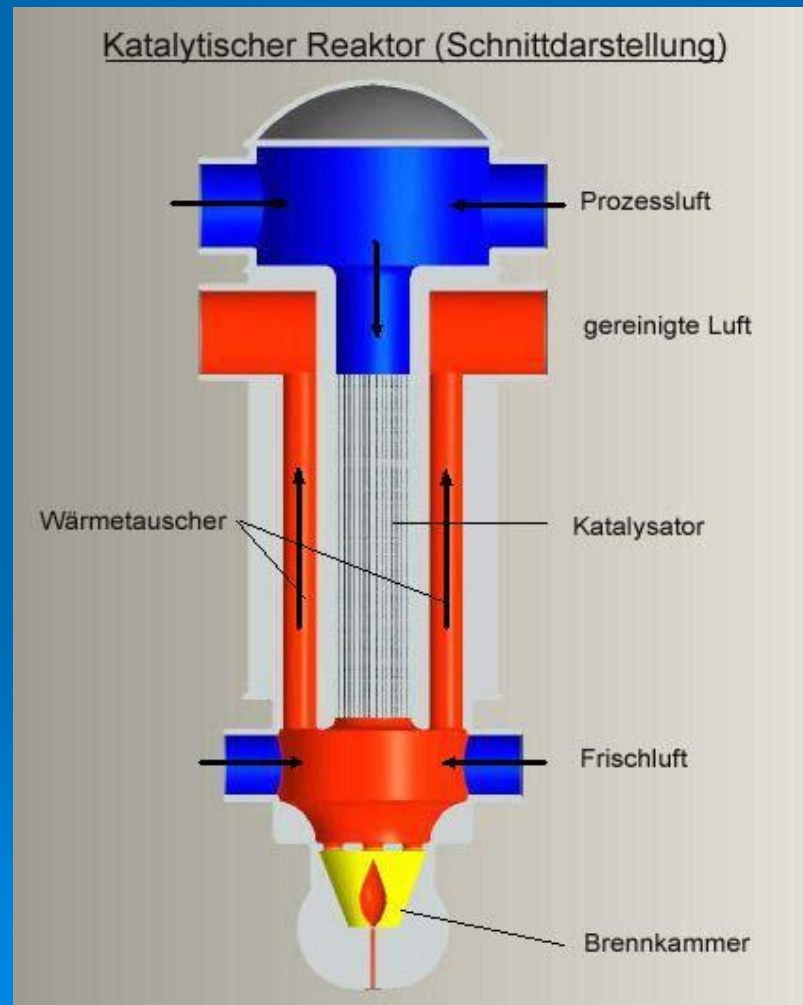
Allgemeines Flussdiagramm:



# 5. Kat-Ox-Anlage

## b) Aufbau

Katalytischer Reaktor mit Wärmetauscher und Brenner:



# 5. Kat-Ox-Anlage

## c.) Funktionsweise

- Vorwärmung der Kat-Ox-Anlage auf Betriebstemperatur
  - Frischluft wird in Brennkammer erwärmt
  - Dadurch wird der Wärmetauscher aktiviert
- Umstellung auf Schadstoffbetrieb
  - Prozessluft wird der Kat-Ox-Anlage zugeführt und vom Wärmetauscher vorgewärmt (ca. 350 °C)
  - Erwärmte Prozessluft wird durch den Katalysator geleitet
- Umsetzung der Schadstoffe im Katalysator
  - Chemische Reaktion der Schadstoffe an der aktiven Oberfläche des Katalysators

# 5. Kat-Ox-Anlage

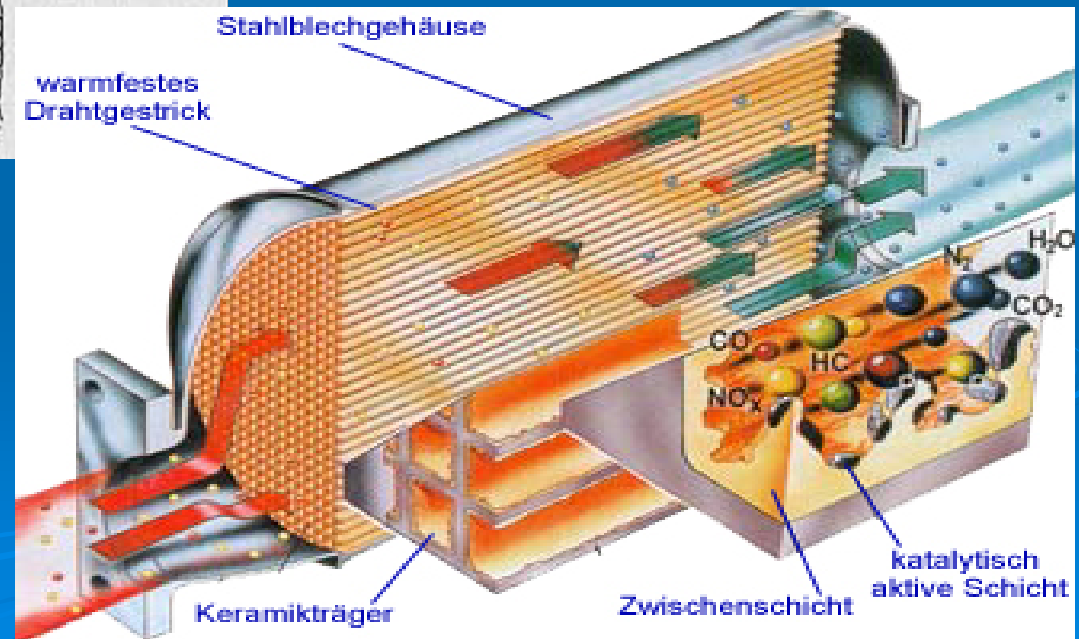
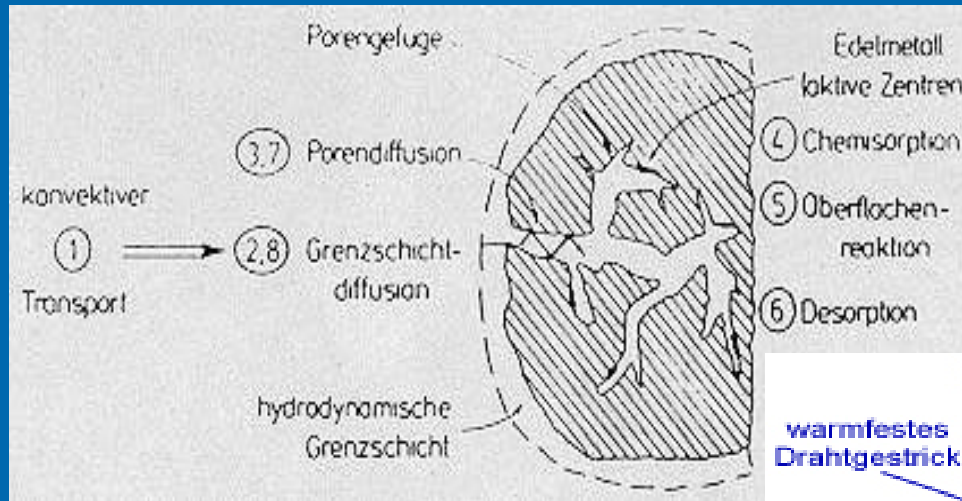
## d.) Prozessablauf im Katalysator

- Transport der Ausgangsstoffe (Edukte) im Gasraum
- Grenzschichtdiffusion der Ausgangsstoffe
- Porendiffusion der Ausgangsstoffe
- Bindung der Ausgangsstoffe am Edelmetall
- Reaktion an der aktiven Oberfläche
- Desorption der Produkte
- Poren- und Grenzschichtdiffusion der Produkte
- Transport der Produkte im Gasraum



# 5. Kat-Ox-Anlage

## d.) Prozessablauf im Katalysator



## 6. Prognose

- Neuste Entwicklungen bei Katalysatoren (z.B. Nanotechnologie) ermöglichen den Betrieb bei immer tieferen Temperaturen und/oder steigern die Unempfindlichkeit gegenüber Staub und Giften
- Die katalytische Abgasreinigung wird in den kommenden Jahren gegenüber der thermischen Nachverbrennung wieder vermehrt an Bedeutung gewinnen

# 7. Quellen

## Fachbücher und Fachzeitschriften:

- 1.) Schwister, K.: Taschenbuch der Verfahrenstechnik, Fachbuchverlag Leipzig 2005
- 2.) Baldauf, C.: Vorlesungsskript – Chemische Reaktionstechnik, FHTW Berlin 2005
- 3.) Weber-Ingenieure Pforzheim GmbH: Handbuch Altlasten und Grundwasserschadensfälle – Katalytische Oxidation in der Gasphase, Landesanstalt für Umweltschutz, Karlsruhe 1996
- 4.) VDI Richtlinien 3476: Abgasreinigung – Verfahren der katalytischen Abgasreinigung, Juli 2004

## Internet:

- [www.motorradthunder.de/lexikon/images/katalysator.jpg](http://www.motorradthunder.de/lexikon/images/katalysator.jpg)
- [www.uni-bayreuth.de/departments/didaktikchemie/umat/katalyse1/en3.gif](http://www.uni-bayreuth.de/departments/didaktikchemie/umat/katalyse1/en3.gif)
- [www.euv-wien.at/rechts-knv-1-besch.htm](http://www.euv-wien.at/rechts-knv-1-besch.htm)