

### 4.3 Katalytisch-pyrolytische Nachverbrennung

- Heidrun Grycz  
St. Gobain Advanced Ceramics GmbH  
Lauf a.d. Pegnitz

*Die Folien finden Sie ab Seite 343.*

#### Einführung

Als Konsequenz der zunehmenden Luftverunreinigung und des wachsenden Umweltbewusstseins wurden in den industrialisierten Ländern gesetzliche Maßnahmen zur Emissionsbegrenzung und –reduzierung eingeleitet. Höchste Priorität besitzen Maßnahmen, die die Vermeidung der Emission bereits an der Quelle zum Ziel haben. Ihre Bandbreite reicht von der Entfernung umweltschädlicher Einsatzprodukte und Prozessoptimierung bis zur völligen Umstellung des Produktionsverfahrens. Genügen diese Maßnahmen nicht, werden zusätzliche Verfahren zur Reinigung der Abluft, sogenannte Sekundärmaßnahmen, erforderlich.

Aufgrund ihres verhältnismäßig einfachen Aufbaus, ihrer Vielseitigkeit und energetisch günstigen Betriebsweise besitzen hier katalytische Verfahren einen besonderen Stellenwert. Typische Beispiele für den Einsatz von Katalysatoren sind Rauchgasreinigung, Reinigung von Abgasen aus Verbrennungsprozessen und vollständige Oxidation flüchtiger organischer Verbindungen.

#### Grundlagen der katalytischen Abluftreinigung

*Katalysatoren sind bekanntlich Stoffe, die die Geschwindigkeit einer chemischen Reaktion erhöhen, ohne dabei selbst verbraucht zu werden.*

Aus dieser Definition lässt sich das Grundprinzip aller katalytischen Verfahren zur Abluftreinigung ableiten: Die in der Luft enthaltenen gasförmigen Schadstoffe werden durch chemische Umsetzung an der

Oberfläche des festen Katalysators in möglichst umweltverträgliche und harmlose Verbindungen überführt.

Eine heterogen - katalytische Oberflächenreaktion besteht nun aus einer Reihe nacheinander ablaufender Teilschritte:

1. Transport der Reaktionspartner durch die Gasströmung an den Katalysator
2. Diffusion der Reaktionspartner durch die Grenzschicht an die äußere Oberfläche des Katalysators
3. Diffusion der Reaktionspartner innerhalb des Porensystems an die aktiven Zentren der inneren Katalysatoroberfläche
4. Adsorption der Reaktanden an den aktiven Zentren
5. Chemische Umsetzung der Reaktanden
6. Desorption der Reaktionsprodukte an den aktiven Zentren
7. Abtransport der Reaktionsprodukte durch Diffusion und Strömung

Vom Aufbau unterscheidet man prinzipiell zwischen Vollkontakten und Trägerkatalysatoren. Bei Vollkontakten besteht das gesamte Katalysatormaterial aus aktiver Phase (z.B. Oxiden der Metalle Titan, Vanadin, Chrom....). Sie haben eine geringere Aktivität als die Trägerkatalysatoren.

Bei den Trägerkatalysatoren ist die aktive Phase – bevorzugt in geringen Mengen - auf einem Basismaterial, dem sogenannten Träger, aufgebracht. Als aktive Phase dienen hier hauptsächlich Edelmetalle und /oder Übergangsmetalloxide. Als Träger finden die unterschiedlichsten Formen und Materialien Verwendung. Eingesetzt werden z.B. Schüttgut (Pellets, Ringe, Strangpreßlinge), Netze oder gewebeartige Strukturen sowie monolithische Wabenkörper aus keramischen Material.

Die Wahl eines geeigneten Katalysatorsystems wird durch den zu reinigenden Prozess und die jeweiligen Einsatzbedingungen bestimmt.

- Abluftzusammensetzung
- Geforderter Umsetzungsgrad
- Ablufttemperatur
- Abluftdruck
- Abluftmenge

Aus wirtschaftlichen und technischen Gesichtspunkten sind folgende Anforderungen an den Katalysator gestellt.

- Hohe Aktivität bei niedriger Arbeitstemperatur
- Hohe Selektivität d.h. Unterdrückung der Bildung unerwünschter und schädlicher Nebenprodukte
- Hohe thermische und mechanische Stabilität
- Niedriger Druckverlust
- Hohe Standzeit

Die Katalysatorlebensdauer wird im wesentlichen durch folgende Desaktivierungsprozesse reduziert:

1. Vergiftung

d.h. die katalytischen Komponenten wechselwirken irreversibel mit im Abgas vorhandenen Verbindungen (Halogen-, Schwefel-, Phosphor- und Arsenverbindungen), woraus ein Verlust an aktiven Zentren oder Änderung der Zusammensetzung resultiert.

2. Alterung

d.h. Strukturveränderung des Katalysators aufgrund hoher Temperaturen (Sintereffekte) mechanische Einflüsse, die zu Abrieb oder Zerstörung des Katalysators führen.

### 3. Maskierung

d.h. Abscheidung fester Komponenten (Ölaschen) auf der Katalysatoroberfläche, wodurch der Porenzugang blockiert wird.

### **Praktisches Anwendungsbeispiel: Pyrolysevorgang in einer Backröhre**

Der Katalysator besteht aus zwei platinbeschichteten Keramikwaben, einem Heizkörper (200W), einem Temperaturregler und einem isolierten Außengehäuse.

#### *Wirkungsweise*

Beim Einschalten des Backofens wird auch Katalysatorheizung eingeschaltet. Sie heizt den Katalysator schnell auf die optimale Betriebstemperatur von 500°C.

Der während des Brat- und Backvorganges entstehende Wrasen wird in den Katalysator angesaugt und über die 500°C heiße Keramikwabe geführt. Fett und Geruchsstoffe werden durch das Platin in Verbindung mit Sauerstoff und der hohen Temperatur in Kohlendioxid, Wasserdampf und Wärme umgewandelt. Die entstehende Eigenwärme dient gleichzeitig der Beheizung des Katalysators.

### **Wiederaufarbeitung**

Katalysatoren werden durch die Reaktionen nicht verändert, was theoretisch eine unendliche Haltbarkeit bedeutet. Jedoch können Vergiftungen der Edelmetalloberfläche zu einer irreversiblen Desaktivierung führen (s. Grundlagen).

Der hohe Wertanteil des Edelmetalls verbietet, es den Katalysator als Wegwerfprodukt zu behandeln. Der gesondert ausgewiesene Edelmetallanteil macht meist den Löwenanteil des Katalysatorpreises aus. Deshalb bieten die Hersteller eine Wiederaufarbeitung an.

### **Schlussbemerkung**

Die katalytische Abgasreinigung mit Hilfe von Edelmetallkatalysatoren hat sich heute als eine wirkungsvolle Maßnahme zur Schadstoff- und Geruchsreduzierung etabliert.

In Hinblick auf eine sich verschärfende Gesetzgebung beschäftigen sich neuerer Entwicklungen mit einer weiteren Steigerung der Effektivität, wie z. B. Erhöhung der Vergiftungsresistenz oder Gesamtaktivität. Zukünftige Einsatzbereiche liegen auch in der Umsetzung der Treibhausgase.

### Literatur:

Veröffentlichungen der Firmen Miele, Heraeus und Infracas

Die verwendeten Vortragsfolien (Nr. 1 bis 12) finden sich auf den folgenden Seiten.

# Chemie- und Prozesstechnik

## Katalytisch-pyrolytische Nachverbrennung

Dipl.Ing. Heidi Grycz  
St. Gobain Advanced Ceramics Lauf GmbH  
Lauf a.d. Pegnitz



# Katalytisch-pyrolytische Nachverbrennung

## Ein Überblick



**think** **ceramics**  
TECHNISCHE KERAMIK

## Definitionen

---

### Katalysator

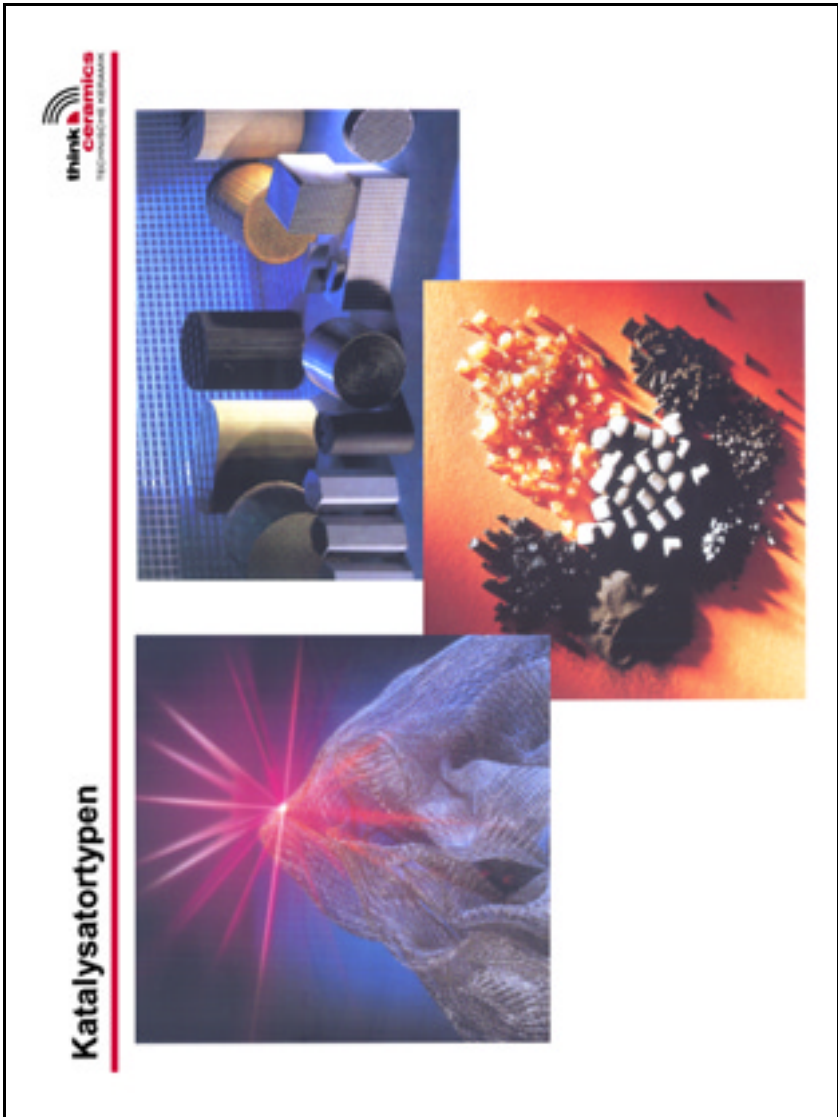
Katalysatoren sind Stoffe, die die Geschwindigkeit einer chem. Reaktion erhöhen, ohne dabei selbst verbraucht zu werden.

### Katalysatorarten

Bei den **Vollkontakten** besteht das gesamte Katalysatormaterial aus der aktiven Phase (z.B. Oxide Titan, Vanadin, Chrom, Kupfer...)

Bei den **Trägerkatalysatoren** ist die aktive Phase bevorzugt in geringen Konzentrationen auf dem Basismaterial=Trägermaterial aufgebracht.





Folie 4

## Definitionen

### Pyrolyse

Prozeß, der auch als Entgasung bezeichnet wird. Es handelt sich dabei um die thermische Zersetzung kohlenstoffhaltiger Abfälle unter Ausschluß von Sauerstoff bei Temperaturen um 500°C (Niedertemp.) bzw. 700°C bis 900°C (Hochtemp.)

## Auswahlkriterien

- Abluftzusammensetzung
- Geforderter Umsetzungsgrad
- Ablufttemperatur
- Abluftdruck
- Abluftmenge



Dreiwegkatalysator für einen Gas-Otto-Motor  
(100 kw)  
3-way-catalyst for a gas-fuel-engine (100 kw)

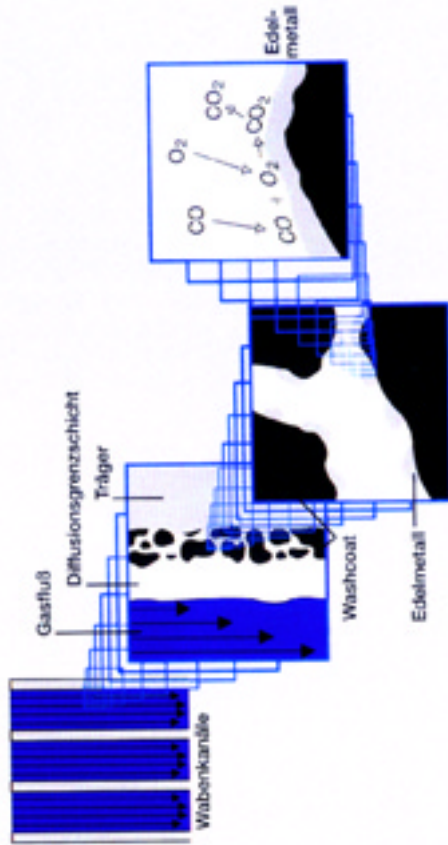
## **Anforderung**

- Hohe Aktivität bei niedriger Arbeitstemperatur
- Hohe Selektivität= Unterdrückung unerwünschter und schädlicher Nebenprodukte
- Hohe thermische und mechanische Stabilität
- Niedriger Druckverlust
- Hohe Standzeit

## Ablauf einer katalytischen Reaktion



Aufbau eines Katalysators und Ablauf einer katalytischen Reaktion  
Construction of catalyst and catalytic reaction



## Aufbau

- Zwei platinbeschichtete Keramikwaben
- ein Heizkörper (200W)
- ein Temperaturregler
- Isoliertes Außengehäuse



## Funktionsweise



### Bsp. Küchenherd

- Durch das Einschalten des Herdes wird auch die Katalysatorheizung eingeschaltet → T opt. = 500°C
- Während des Bratens/Backens entstehende Wrasen werden angesaugt und über die 500°C heiße Wabe geführt.
- Fett und Geruchsstoffe werden durch das Platin in Verbindung mit O<sub>2</sub> und der hohen Temperatur in CO<sub>2</sub> + H<sub>2</sub> und Wärme umgewandelt.
- Die entstandene Wärme wird zur Beheizung des Katalysators verwendet.

## **Negative Beeinflußung**

### **Vergiftung**

Wechselwirkung der katalyt. Komponenten mit den im Abgas vorhandenen Verbindungen (z.B. Halogene, Schwefel, Phosphor...)

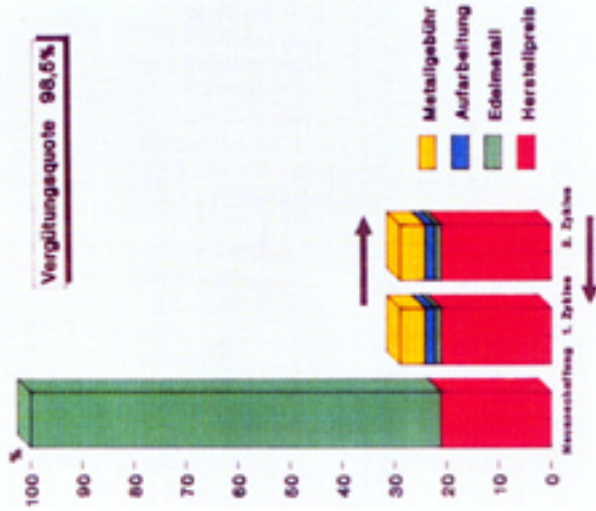
### **Alterung**

Strukturveränderung des Katalysators aufgrund zu hoher Temperatur (Sintereffekte)

Mechan. Einflüsse Abrieb, Zerstörung



## Wiederaufarbeitung von Katalysatoren



Der hohe Wertanteil des Edelmetalls im Katalysator verbietet es, diesen als Wegwerfprodukt zu behandeln.