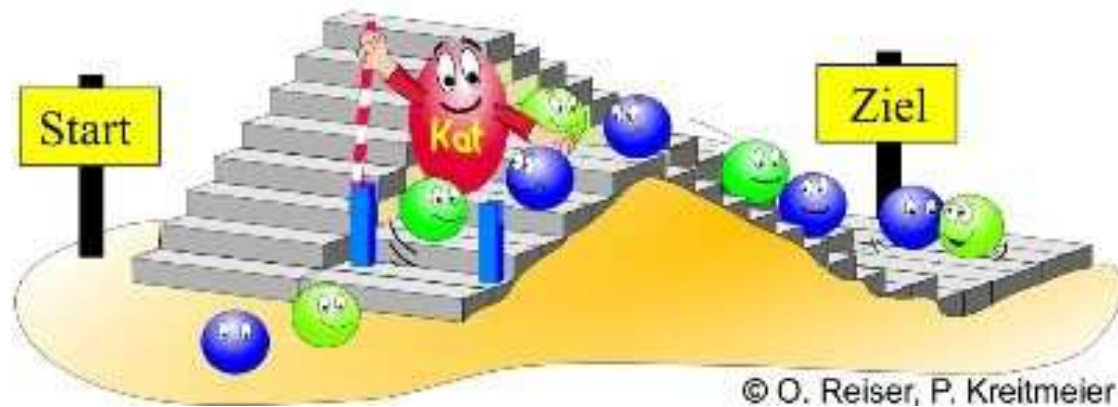
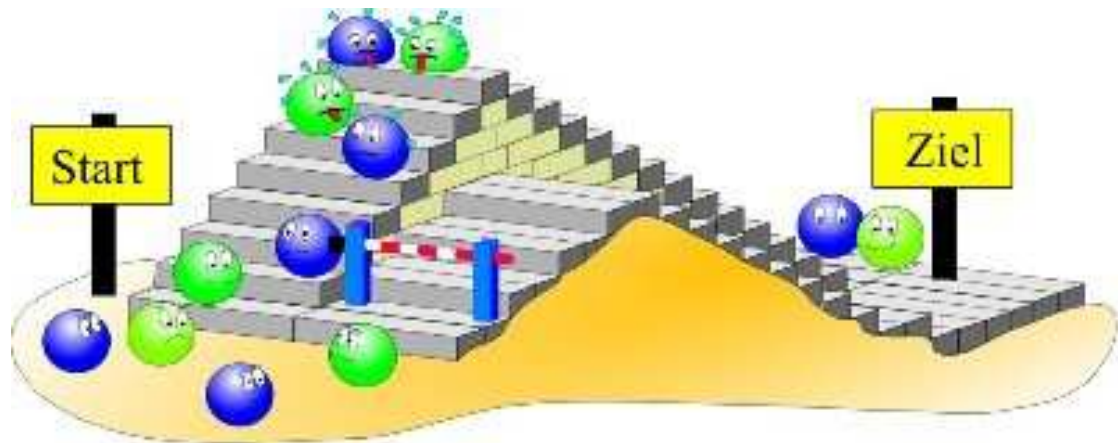


Schulversuchspraktikum

Sebastian Gerke

Sommersemester 2012

Klassenstufen 11 & 12



---

# Katalyse

---

**Auf einen Blick:**

In diesem Protokoll sind drei Lehrerversuche und drei Schülerversuche zum Thema „Katalyse“ in der Klassenstufe 11 und 12 dargestellt. Eine Reihe weiterer Versuche zu diesem Thema wurden im Laufe des SVP –Praktikums zu Themen wie „Aktivierungsenergie“ oder „Heterogene und Homogene Stoffgemische“ durchgeführt und sind in den entsprechenden Protokollen zu finden. Das angefügte Arbeitsblatt ermöglicht den SuS, eine Vertiefung des Wissens im Bereich des Autoabgaskatalysators zu erhalten.

**Inhalt**

|          |  |          |
|----------|--|----------|
| <b>1</b> | <b><u>BESCHREIBUNG DES THEMAS UND ZUGEHÖRIGE LERNZIELE</u></b> | <b>2</b> |
| <b>2</b> | <b><u>LEHRERVERSUCHE</u></b>                                   | <b>2</b> |
| 2.1      | V 1 – OXIDATION VON ALDEHYDEN AM KUPFERDRAHT                   | 2        |
| 2.2      | V 2 – CRACKEN VON PARAFFIN                                     | 4        |
| 2.3      | V 3 – DARSTELLUNG VON SALPETERSÄURE                            | 5        |
| <b>3</b> | <b><u>SCHÜLERVERSUCHE</u></b>                                  | <b>7</b> |
| 3.1      | V 4 – KUPFERCHLORID-KATALYSIERTE KORROSION VON ALUMINIUM       | 7        |
| 3.2      | V 5 – ZINK IN VERD. SCHWEFELSÄURE                              | 8        |
| 3.3      | V 5 – ESTER DARSTELLUNG MIT KATIONENAUSCHER                    | 8        |
| <b>4</b> | <b><u>REFLEXION DES ARBEITSBLATTES</u></b>                     | <b>6</b> |
| 4.1      | ERWARTUNGSHORIZONT (KERNCURRICULUM)                            | 6        |
| 4.2      | ERWARTUNGSHORIZONT (INHALTLICH)                                | 6        |
| <b>5</b> | <b><u>LITERATURVERZEICHNIS</u></b>                             | <b>7</b> |

## 1 Beschreibung des Themas und zugehörige Lernziele

Das Thema „Katalyse“ ist ein sehr wichtiges Thema im Bereich „Kinetik und chemisches Gleichgewicht“. Durch die Katalyse von Reaktionen unter Zuhilfenahme von Katalysatoren ist es möglich, lang andauernde Reaktionen zu beschleunigen, indem die Aktivierungsenergie erniedrigt wird. Dies wird in der chemischen Industrie bei etwa 80 % aller chemischen Prozesse ausgenutzt. Des Weiteren besitzen alle höheren Lebewesen Biokatalysatoren, die sogenannten Enzyme, deren katalytische Wirkung von enormer Wichtigkeit ist, damit chemische Reaktionen beschleunigt werden können. Im Bereich Kinetik kann bei exothermen Reaktionen gezeigt werden, wie sich die Reaktionsgeschwindigkeit ändern kann, wenn durch Katalysatoren die Aktivierungsenergie herab gesetzt wird. Direkt damit verknüpft ist das chemische Gleichgewicht von Reaktionen. Es lässt sich durch die Änderung von Druck, Temperatur oder Konzentrationsänderungen zwar verschieben, jedoch hat die Katalyse einer Reaktion keinen Einfluss auf das Gleichgewicht. Durch Katalyse wird das Gleichgewicht lediglich schneller eingestellt. Im Alltag finden sich eine Menge Beispiele, bei der die Katalyse und der Einsatz von Katalysatoren von enormer Bedeutung ist. Neben den eingangs genannten Beispielen wie Biokatalysatoren oder den Einsatz von Katalysatoren in der chemischen Industrie tragen Katalysatoren auch in der Ökologie eine große Rolle. So wird beispielsweise durch Autoabgaskatalysatoren der Ausstoß umweltschädlicher Stickoxide und unverbrannter langkettiger Kohlewasserstoffe verhindert, in dem diese katalytisch zu umweltfreundlicheren Produkten umgewandelt werden.

In den vorgestellten Experimenten wird auf den Einsatz von Katalysatoren eingegangen. Da die Katalyse in Verbindung mit Katalysatoren und Aktivierungsenergie schon in vielen vorgestellten Experimenten zum Ausdruck kam sind einige klassische Experimente (Zersetzung von  $\text{H}_2\text{O}_2$ , etc.) hier nicht aufgeführt und anderen Werken zu entnehmen. Das beigefügte Arbeitsblatt ermöglicht eine Vertiefung des Wissens im Bereich des Autoabgaskatalysators zu erwerben.

## 2 Lehrerversuche

### 2.1 V 1 – Oxidation von Aldehyden am Kupferdraht

Dieser Versuch stellt eine Möglichkeit dar, ein Aldehyd in der Anwesenheit eines Katalysators zur Carbonsäure zu oxydieren. Diese Reaktion ist ohne Katalysator nicht möglich, da beim normalen Verbrennen nur Wasser und Kohlenstoffdioxid entstehen würde.

#### Gefahrenstoffe

**Ethanal**

H: 224, 351, 319,  
335

P: 210, 223, 281,  
305 + 351 + 338,



- Materialien:** pH-Papier, Becherglas, Tiegelzange, Brenner,
- Chemikalien:** Ethanal, Kupferdraht, Wasser
- Durchführung:** In ein kleines Becherglas werden einige Milliliter Ethanal eingefüllt und ein mit Wasser befeuchtetes pH-Papier über den Rand gehängt. Danach wird ein Stück Kupferdraht in der Brennerflamme leicht erhitzt und in die Dampfphase des Ethanals gehalten. Die Höhe des Kupferdrahtes sollte dabei verändert werden.
- Beobachtung:** Beim Kontakt mit dem Ethanal glüht der Kupferdraht aus. Nach einiger Zeit ist eine Rotfärbung des pH-Papiers zu beobachten.
- Deutung:** An der Oberfläche des Kupfers ist nach dem Erhitzen Kupferoxid zu finden. Beim Kontakt mit dem Ethanal tritt eine Redoxreaktion ein, bei der Ethanal zu Essigsäure oxidiert wird. Die Säure färbt das pH-Papier rot.
- Entsorgung:** Die Aldehyd Lösung wird in den Abfallbehälter für Organische Flüssigkeiten gegeben.
- Literatur:** (<http://www.chemieunterricht.de/dc2/katalyse/vkat-015.htm>, 2012)

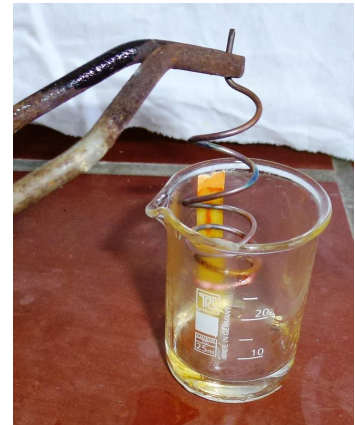


Abbildung 1: Aufbau V1

Dieser Versuch ist auch als Schülerversuch geeignet; es müssen jedoch sollte dann nicht Ethanal verwendet werden, da ein Tätigkeitsverbot vorliegt.

Alternativ ist der Versuch auch mit Alkoholen möglich, die zum Aldehyd oxidiert werden. Durch einen Aldehydnachweis (Schiffsches Reagenz, Silberspiegel nach Tollens, Fehling Probe) kann das Reaktionsprodukt nachgewiesen werden

## 2.2 V 2 – Cracken von Paraffin

Mit diesem Versuch ist es möglich, unter Zuhilfenahme eines Perlkatalysators langkettige Kohlenwasserstoffe in kurzkettige aufzuspalten bzw. zu „cracken“.

**Materialien:** Reagenzglas mit durchbohrtem Stopfen, Brenner, 2 Stative, U-Rohr, großes Becherglas, mit Kupferdraht gestopfte Glasspitze, Hexe

**Chemikalien:** Paraffinöl, Eiswasser, Eisenwolle, Perlkatalysator

**Durchführung:** Ein Reagenzglas wird etwa 3 cm hoch mit Perlkatalysator gefüllt. Anschließend wird Paraffinöl zugegeben, sodass der Perlkatalysator bedeckt ist. Zusätzlich wird einige Zentimeter über der Ölschicht ein Stopfen

aus Eisenwolle eingefügt. Das RG wird mit einem U-Rohr verbunden, welches in einer Kühlfalle aus Eiswasser steht. An dem anderen Schenkel des U-Rohres wird eine mit Kupferdraht gefüllte ausgezogene Pipettenspitze angebracht.

Beim Erhitzen mit dem Brenner wird zunächst die Eisenwolle ein wenig erwärmt und anschließend die Oberfläche des Paraffinöls. Sobald Dampf in das U-Rohr eindringt, kann versucht werden, austretende Gase an der Pipettenspitze anzuzünden.

**Beobachtung:** Eine gelbliche Flamme ist an der Pipettenspitze zu sehen. Im U-Rohr sammelt sich eine gelbliche geruchsintensive Flüssigkeit.



Abbildung 2: Aufbau V 2

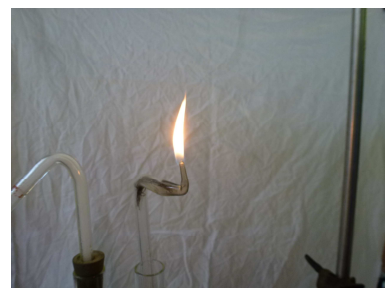


Abbildung 3: Beobachtungen V 2

Deutung: Paraffinöl besteht aus langkettigen Alkanen. Mit Hilfe des Perlkatalysators werden diese gespalten. Bei einem Produkt handelt es sich um einen gasförmigen mit gelber Flamme brennenden Kohlenwasserstoff, also Butan, Ethan oder Propan. Bei der gelben Flüssigkeit handelt es sich um ein Alken, da unter Sauerstoffentzug bei der Spaltung von Alkanen Doppelbindungen entstehen. Die folgende Reaktionsgleichung gibt ein ungefähres Schema wie die Reaktion abläuft. Theoretisch können aber mehrere Reaktionsprodukte entstehen:

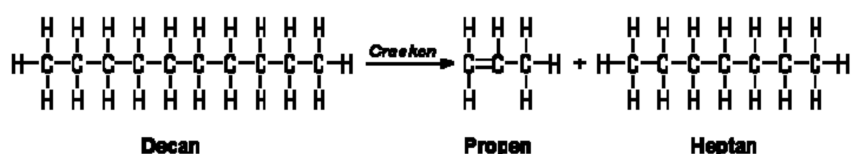


Abbildung 4: Ungefähres Reaktionschema V2

Entsorgung: Die organischen Lösungen werden in den Abfallbehälter für Organische Flüssigkeiten gegeben. Der Perlkatalysator kann unter Sauerstoffzugabe bei starker Hitze regeneriert und wiederverwendet werden.

Literatur: (Schmidkunz, 2011, S. 125)

Um zu zeigen, dass ein Alken beim Cracken entstanden ist kann das Produkt mit Bromwasser umgesetzt werden. Eine Entfärbung ist zu beobachten.

### 2.3 V 3 – Darstellung von Salpetersäure

Dieser Versuch stellt eine Möglichkeit dar, die katalytische Wirkung von Platin bei der Salpetersäuredarstellung aus Ammoniak zu beobachten.

#### Gefahrenstoffe

|                             |                 |   |
|-----------------------------|-----------------|---|
| <b>konz. Ammoniaklösung</b> | H: 314,335, 400 | P: 280, 273, 301 +<br>330 + 331 + 351<br>+338, 309, 310 |
|-----------------------------|-----------------|---|



Materialien: 2 Waschflaschen, Brenner, Hexe, Glasrohr, Wasserstrahlpumpe, Schläuche, Glaswolle

Chemikalien: Lackmus, Ammoniaklösung, Platinspäne

**Durchführung:** Ein Glasrohr wird mit Platinspänen gefüllt und von beiden Seiten mit Glaswolle verschlossen. In eine Waschflasche wird Ammoniaklösung (10 % ig) gefüllt in die andere Wasser mit Lackmus als Indikator. Die beiden Flaschen



Abbildung 5: Aufbau V3

werden über das Glasrohr miteinander verbunden. Die Waschflasche mit dem Indikator wird an eine Wasserstrahlpumpe angeschlossen. Nachdem das Platin zu glühen beginnt, kann die Wasserstrahlpumpe so eingestellt werden, dass die Luftblasen in der ersten Flasche etwa im Sekundentakt sprudeln.

**Beobachtung:** Die Indikatorfarbe wechselt von blau nach rot zu orange.

**Deutung:** Die Stickoxide, welche bei der Reaktion von Ammoniakdampf an dem Platin entstehen, werden im Wasser gelöst, so dass Salpetersäure gebildet wird. Dadurch ist der Farbwechsel des Indikators zu erklären.

**Entsorgung:** Die Säuren und Laugen werden in den Säure-Base-Abfall gegeben.

**Literatur:** (Barke, Dehnert, & Jäckel, 1992, S. 55)

Der Versuch sollte unter dem Abzug durchgeführt werden, da Stickoxide entstehen.

### 3 Schülerversuche

#### 3.1 V 4 – Kupferchlorid-katalysierte Korrosion von Aluminium

Dieser Versuch zeigt, wie eine Redoxreaktion zwischen Kupfer Ionen und Aluminium durch Zugabe von Chlorid-Ionen katalysiert werden kann.

#### Gefahrenstoffe

|                      |                          |   |
|----------------------|--------------------------|---|
| <b>Kupferchlorid</b> | H: 302, 315, 319,<br>410 | P: 260, 273, 302 +<br>352, 305 + 351 +<br>338 |
| <b>Kupfersulfat</b>  | H: 302, 315, 319,<br>410 | P: 273, 302 +<br>352, 305 + 351 +<br>338      |



Materialien: 3 Teelichthüllen

Chemikalien:  $\text{CuCl}_2$  (0,1 M),  $\text{CuSO}_4$  (0,1 M), Wasser

Durchführung: Drei Teelichthüllen werden mit einigen Millilitern Wasser, Kupferchlorid-Lösung und Kupfersulfat Lösung gefüllt.

Beobachtung: Nur Minuten nach der Zugabe fällt in dem mit Kupferchlorid-Lösung gefüllten Teelicht eine rotbraune Substanz aus. In dem Teelicht mit Kupfersulfat Lösung fällt eine rotbraune Substanz erst nach einigen Tagen aus.



Abbildung 6: Beobachtung V 4

Deutung: Gemäß der elektrochemischen Spannungsreihe tritt eine Redoxreaktion auf wenn Kupfer Ionen auf Aluminium treffen. Durch die Passivierungsschicht von Aluminium wird die Reaktion stark verlangsamt. Mit Chlorid Ionen als Katalysator läuft die Reaktion innerhalb von Minuten ab und elementares Kupfer fällt aus.

Entsorgung: Die Kupfersalzlösungen werden in den Schwermetallabfall gegeben.

Literatur: (Novotny, 2012, S. 4)




Ergänzend könnten noch weitere Kupfersalz-Lösungen verwendet werden um die Katalysatorwirkung der Chlorid-Ionen zu verdeutlichen.

Eine weitere Möglichkeit wäre die Zugabe von Natriumchlorid zu der Kupfersulfat-Lösung.

### 3.2 V 5 – Zink in verd. Schwefelsäure

Dieser Versuch stellt eine Möglichkeit dar, die katalytische Wirkung von Kupferionen bei der Zersetzung von Zink in Schwefelsäure zu zeigen.

#### Gefahrenstoffe

|                     |                   |                    |   |
|---------------------|-------------------|--------------------|---|
| <b>Kupfersulfat</b> | H: 302, 319, 315, | P: 273, 302 + 352, |  |
| <b>Pentahydrat</b>  | 410               | 305 + 351 + 338    |   |

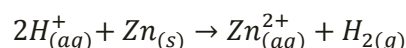
Materialien: 2 Reagenzgläser

Chemikalien: Zinkgranalien, Schwefelsäure (0,5 M), Kupfersulfatlösung (0,01 M)

Durchführung: In zwei Rg wird jeweils eine Zinkgranalie gegeben und mit einigen Millilitern stark verdünnter Schwefelsäure (0,5 M) versetzt. Entstehende Luftbläschen werden durch vorsichtiges Klopfen entfernt. In eins der Reagenzgläser wird nun Kupfersulfat-Lösung gegeben (0,01 M).

Beobachtung: In dem RG mit der Kupfersulfat-Lösung setzt eine starke Gasentwicklung am Zink setzt ein.

Deutung: Durch Zugabe von Kupfer-Ionen als Katalysator reagiert Zink in der Schwefelsäure zu Wasserstoff:



Entsorgung: Die Säuren und Laugen werden in den Säure-Base-Abfall gegeben.


Literatur: (Barke, Dehnert, & Jäckel, 1992)

Ein ähnlicher Versuch kann auch mit einem Zinkblech und einem Kupferblech durchgeführt

### 3.3 V 5 – Ester-Darstellung mit Kationentauscher

In diesem Versuch geht es darum, Ester mit Kationentauscher als eine Alternative zu konz. Schwefelsäuren als Katalysator darzustellen.

#### Gefahrenstoffe

|                     |        |  |   |
|---------------------|--------|--|---|
| <b>Propionsäure</b> | H: 314 | P: 280, 301 +330<br>+ 331, 305 + 351<br>+338 |  |
| <b>Ethanol</b>      | H: 225 | P: 210                                       |   |

Materialien: großes Reagenzglas, Reagenzglasklammer, Magnetrührer

Chemikalien: Kationentauscher, Ethanol, Propionsäure

Durchführung: In ein Reagenzglas werden 3 mL Propionsäure und 3 mL Ethanol mit einer Spatelspitze mäßig feuchtem Kationentauscher gegeben. In das RG wird ein Stopfen eingefügt, wobei der Stopfen nur vorsichtig aufliegen soll. Anschließend wird das RG für etwa sieben Minuten in ein Wärmebad gestellt.

Beobachtung: Ein rumartiger Geruch entsteht.

Deutung: Durch Zugabe von Kationentauscher als Katalysator wird die Veresterung von Propionsäure und Ethanol zu Propionsäureethylester in Gang gesetzt.

Entsorgung: Die organischen Lösungsmittel werden in den Sammelbehälter für organischen Lösungen gegeben. Der Katalysator kann nach der Aufreinigung wieder verwendet werden.

Literatur: ([http://www.chemieunterricht.de/dc2/iat/dc2iv\\_23.htm](http://www.chemieunterricht.de/dc2/iat/dc2iv_23.htm), 2012)

**Beachte:** Das RG darf nicht fest mit dem Stopfen verschlossen werden, da beim Erwärmen ein Überdruck entsteht.

Der Versuch kann auch mit anderen Alkohol-Säure-Gemischen durchgeführt werden.

## **Der Abgaskatalysator**

Der Einsatz von Katalysatoren hat vor allem wirtschaftliche Gründe, da eine Energieeinsparung und höhere Ausbeute die Produktionskosten erheblich senken. Ein anderer Aspekt betrifft den Umweltschutz. Beim Verbrennen von Fossilen Energieträgern entstehen für die Umwelt schädliche Verbrennungsprodukte wie Kohlenstoffmonoxid, Stickoxide und unverbrannte Kohlenwasserstoffe. Um die Menge dieser umweltschädlichen Produkte zu reduzieren und in harmlose Produkte wie Wasser, Stickstoff und Kohlenstoffdioxid umzuwandeln, wurde im Laufe der letzten Jahrzehnte beispielsweise der Einbau eines Katalysators in PKWs zur Pflicht.

### **Aufgaben:**

1. Skizziert den Aufbau eines Autoabgaskatalysators. Beschriftet dabei die wichtigsten Bestandteile eines Katalysators.
  2. Ermittelt alle Reaktionsgleichungen, die ablaufen, um die genannten Edukte in ungiftige Produkte umzuwandeln.
  3. Die Teilreaktionen, die innerhalb des Katalysators ablaufen, sind alle exotherm. Erläutert kurz, warum ein Katalysator nötig ist, damit sie ablaufen können. Erklärt, aus welchem Grund bei der Verbrennung im Verbrennungsmotor keine vollständige Reaktion ablaufen kann und die genannten giftigen Produkte entstehen.
  4. Nehmt Stellung zu der Aussage: „Ein Katalysator verschiebt das chemische Gleichgewicht.“
- .

## 4 Reflexion des Arbeitsblattes

Dieses Arbeitsblatt kann als eine vertiefende Ergänzung zum Thema „Der Autoabgaskatalysator“ verwendet werden. Dabei wird auf wichtige Bestandteile des Katalysators und ablaufende Reaktionen eingegangen. Als Vorwissen sind die Wirkung von Katalysatoren, das chemische Gleichgewicht sowie der Aufbau des Autokatalysators wichtig.

### 4.1 Erwartungshorizont (Kerncurriculum)

Im Folgenden soll kurz erklärt werden, welche verschiedenen Kompetenzen mit dem Arbeitsblatt abgedeckt werden:

- **Fachwissen:**

In Aufgabe 1, 2 und 4 wird von den SuS verlangt die Aktivierungsenergie zu definieren und die Wirkungsweise von Katalysatoren in Bezug auf die Aktivierungsenergie zu beschreiben.

- **Bewertung:**

Die SuS sollen ihre Erkenntnisse über zwischenmolekulare Wechselwirkungen nutzen, um Phänomene in ihrer Lebenswelt zu erklären. Dieses Ziel wird in Aufgabe 2 und 3 umgesetzt

### 4.2 Erwartungshorizont (Inhaltlich)

1. Die SuS sollen den groben Aufbau eines Katalysators und Bestandteile wie Lambda Sonde, Katalysator, Gaseintrittsöffnung, Gasaustrittsöffnung einzeichnen.

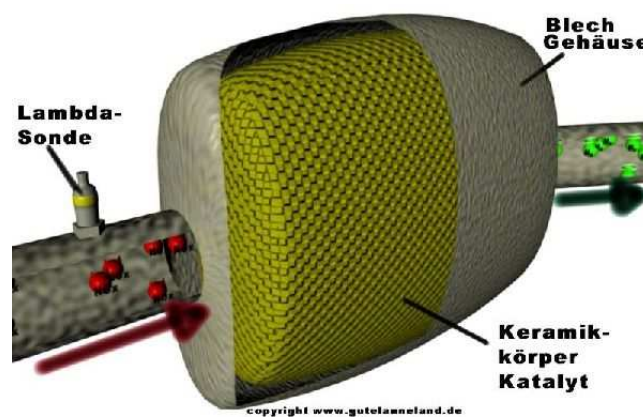
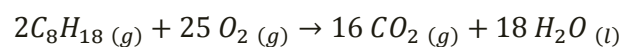
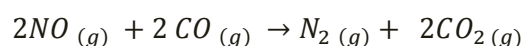
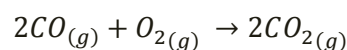


Abbildung 7: Aufbau Autoabgaskatalysator

2. Folgende Reaktionsgleichungen laufen ab:



3. Die Aktivierungsenergie der Reaktionen ist so groß, dass sie nicht von alleine ablaufen können. Der Katalysator erniedrigt die Aktivierungsenergie. Im Motor findet eine unvollständige Verbrennung statt, wenn das Luft-Brennstoff-Verhältnis nicht stimmt.

4. Durch den Katalysator wird das Gleichgewicht einer chemischen Reaktion nicht verschoben sondern nur schneller eingestellt, da der Katalysator die Reaktionsgeschwindigkeit erhöht.

## 5 Literaturverzeichnis

Barke, H. D., Dehnert, K., & Jäckel, M. (1992). *Chemie heute - Sekundarbereich I Ausgabe A*. Hannover: Schroedel.

[http://www.chemieunterricht.de/dc2/iat/dc2iv\\_23.htm](http://www.chemieunterricht.de/dc2/iat/dc2iv_23.htm). (15. Oktober 2012). Darstellung von Estern mit Ionenaustauschern.

<http://www.chemieunterricht.de/dc2/katalyse/vkat-015.htm>. (14. Oktober 2012). Oxidation von Aldehyden am Kupferdraht.

Novotny, T. (Oktober 2012). Von

[http://www.google.de/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&ved=0CCUQFjAA&url=http%3A%2F%2Fwww.uni-tuebingen.de%2Fstraehle%2Fkristallstrukturanalyse%2Felektr\\_protokolle%2Ftorsten1.pdf&ei=nNp6UOvrC4fHswbA-4GQAw&usg=AFQjCNffVyk2QWGH3jlyC55sVWlAcOWYLQ](http://www.google.de/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&ved=0CCUQFjAA&url=http%3A%2F%2Fwww.uni-tuebingen.de%2Fstraehle%2Fkristallstrukturanalyse%2Felektr_protokolle%2Ftorsten1.pdf&ei=nNp6UOvrC4fHswbA-4GQAw&usg=AFQjCNffVyk2QWGH3jlyC55sVWlAcOWYLQ)  
abgerufen

Schmidkunz, H. (2011). *Chemische Freihandversuche Band 1*. Hallbergmoos: Aulis-Verlag.