

Name:	Datum:
-------	--------

## Untersuchung von Autoabgasen

- I. Kohlenstoffdioxid ( $\text{CO}_2$ ) – Nachweis
- II. Kohlenstoffmonoxid ( $\text{CO}$ ) – Nachweis
- III. Stickoxide ( $\text{NO}_x$ )- Nachweis

## I. Kohlenstoffdioxid (CO<sub>2</sub>) – Nachweis

### Geräte

Soda-Club-Maschine mit Gummischlauch, 2 Reagenzgläser, Reagenzglasständer, Kunststoffpipette, Plastikspritze (100 mL), Erlenmeyerkolben (100 mL, Enghals), Schlauchstück mit einer abgeschnittenen Kunststoffpipette

### Materialien

Autoabgase, gesättigte Calciumhydroxid-Lösung (Kalkwasser)

---

### Durchführung

#### Vergleichsprobe:

1. Gib mit der Kunststoffpipette 2 mL Calciumhydroxid-Lösung in ein Reagenzglas.
2. Leite CO<sub>2</sub> aus der Soda-Club-Maschine in den Erlenmeyerkolben.
3. Stecke das Schlauchstück mit der abgeschnittenen Kunststoffpipette auf die Plastikspritze.
4. Entnimm mit der vorbereiteten Spritze 100 mL CO<sub>2</sub>-Gas aus dem Erlenmeyerkolben.
5. Drücke nun das Gas aus der Spritze in das Reagenzglas mit der Calciumhydroxid-Lösung. Die Spitze soll dabei in die Lösung eintauchen.

### Beobachtung:

---

### Auswertung:

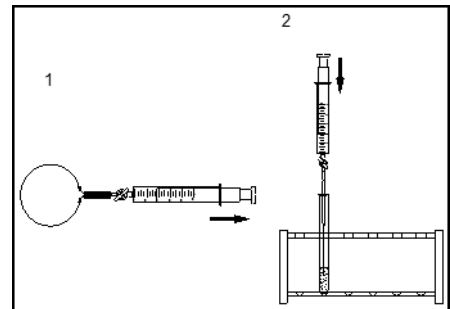
Welches ist das Nachweisreagenz? \_\_\_\_\_

Welcher Stoff wird nachgewiesen? \_\_\_\_\_

Wie sieht die positive Reaktion aus? \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

## A. Nachweis von Kohlenstoffdioxid in Autoabgasen

1. Gib mit der Kunststoffpipette 2 mL Calciumhydroxid-Lösung in ein sauberes Reagenzglas.
2. Verbinde die Spritze (ohne Aufsatz) mit dem Schlauch des Abgasbeutels.
3. Öffne nun die Schlauchklemme des Abgasbeutels und ziehe die Spritze gleichmäßig auf, bis sie vollständig mit Abgasen gefüllt ist.
4. Schließe die Schlauchklemme und ziehe die Spritze vom Schlauch ab.
5. Stecke das Schlauchstück mit der abgeschnittenen Kunststoffpipette auf die Plastikspritze.
6. Drücke nun die Abgase aus der Spritze in das Reagenzglas mit der Calciumhydroxid-Lösung. Die Spitze soll in die Lösung eintauchen.
7. Wiederhole den Vorgang, indem du die Spritze erneut mit Abgasen füllst und sie dann in das Reagenzglas leitest.



### Beobachtungen

---

### Auswertung: Was kannst du aus deinen Beobachtungen schließen?

---

---

### Entsorgung:

Gib den Inhalt aus den Reagenzgläsern in das Abfallglas „Abfall CO<sub>2</sub>- Nachweis“. Lege die Reagenzgläser in die bereitgestellte Plastikwanne.

## II. Kohlenstoffmonoxid (CO) – Nachweis

### Geräte

Stativ, Muffe, Klemme, Gaswaschflasche, Wasserstrahlpumpe, Gummischlauch, Messzylinder (25 mL)

### Materialien

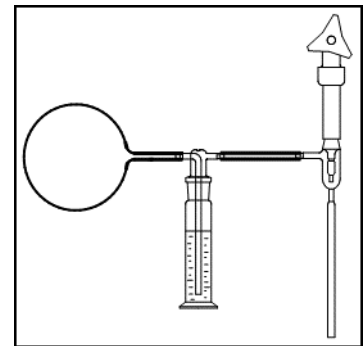
Autoabgase, destilliertes Wasser, Tollens-Reagenzlösung (Natronlauge, Ammoniak, Silbernitrat)

### Anmerkung:

Es wird keine Vergleichsprobe durchgeführt, da Kohlenstoffmonoxid sehr giftig ist.

### Versuchsaufbau:

1. Fülle 15 mL von der Tollens-Reagenzlösung in die Gaswaschflasche. Das Glasrohr soll etwa 1 cm in die Lösung reichen.
2. Sichere den Stand der Gaswaschflasche, indem du sie mit Muffe und Klemme am Stativ befestigst.
3. Verbinde das kurze Glasrohr der Gaswaschflasche über den Gummischlauch mit der Wasserstrahlpumpe.
4. Befestige am langen Glasrohr den Schlauch des Abgasbeutels.



### Durchführung:

5. Öffne die Schlauchklemme.
6. Drehe den Wasserhahn an der Wasserstrahlpumpe auf.
7. Zur Beendigung des Versuches schließe die Schlauchklemme und ziehe den Schlauch zur Wasserstrahlpumpe von der Waschflasche ab.
8. Drehe erst dann den Wasserhahn wieder zu und entferne den Beutel von der Apparatur.

### Was beobachtest du in der Gaswaschflasche?

---

---

---

---

**Auswertung:**

Welches ist das Nachweisreagenz? \_\_\_\_\_

Welcher Stoff wird nachgewiesen? \_\_\_\_\_

Wie sieht die positive Reaktion aus? \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

Was kannst du aus deinen Beobachtungen schließen?

---

---

---

**Entsorgung:**

Gib den Inhalt aus der Gaswaschflasche in das Abfallglas „Abfall CO-Nachweis“ und spüle die Flasche mit destilliertem Wasser aus.

### III. Nachweis von Stickoxiden ( $\text{NO}_x$ )

#### Geräte

gekühlte Tüpfelplatte, Kunststoffpipette, Plastischüssel mit Eis

#### Materialien

destilliertes Wasser, Wasserprobe (mit eingeleiteten Autoabgasen), Natriumnitrit-Lösung (0,004 %), Saltzmann-Reagenz (1 % Sulfanilsäure und 0,3 % N-(1-Naphthyl)-Ethylen-diamin-Hydrochlorid in 30 %iger Essigsäure-Lösung, am Versuchstag frisch angesetzt)

#### Anmerkung:

Werden Stickoxide in Wasser eingeleitet, bildet sich Nitrit. Deshalb werden Stickoxide hier über den Nitrit-Nachweis in der Wasserprobe nachgewiesen.

#### Durchführung

#### Vergleichsprobe:

1. Stelle die Tüpfelplatte auf das Eis.
2. Gib in eine Mulde der Tüpfelplatte 2-3 Tropfen Natriumnitrit-Lösung.  
In eine zweite Mulde gib als Blindprobe destilliertes Wasser.
3. Gib in diese beiden Mulden je 2 Tropfen Saltzmann-Reagenz.
4. Beobachte was geschieht.

#### Beobachtung:

Saltzmann-Reagenz mit...

...destilliertem Wasser: \_\_\_\_\_

...Nitrit-Lösung: \_\_\_\_\_

#### Auswertung:

Welches ist das Nachweisreagenz? \_\_\_\_\_

Welcher Stoff wird nachgewiesen? \_\_\_\_\_

Wie sieht die positive Reaktion aus? \_\_\_\_\_

### A. Nachweis von Stickoxiden in Autoabgasen

5. Gib mit einer Pipette ungefähr 0,5 mL der Wasserprobe mit eingeleiteten Autoabgasen in eine weitere Mulde der Tüpfelplatte.
6. Gib in diese Mulde ebenfalls 2 Tropfen Saltzmann-Reagenz.

#### Beobachtung:

---

---

#### Auswertung:

Was kannst du aus deinen Beobachtungen schließen?

---

---

---

---

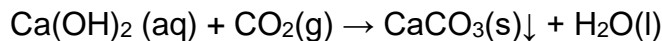
#### Entsorgung:

Gib die Flüssigkeit von der Tüpfelplatte in das Abfallglas „Abfall NO<sub>x</sub>- Nachweis“.

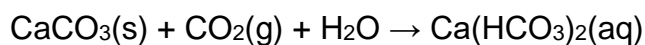
## Lehrerinformation

### Kohlenstoffdioxid-Nachweis in Autoabgasen

Als Nachweismittel für Kohlenstoffdioxid dient Calciumhydroxid-Lösung, die auch als Kalkwasser bezeichnet wird. Das Calciumhydroxid ( $\text{Ca(OH)}_2$ ) im Kalkwasser reagiert mit dem Kohlenstoffdioxid zu schwer löslichem Calciumcarbonat ( $\text{CaCO}_3$ ) und Wasser ( $\text{H}_2\text{O}$ ). Calciumcarbonat ist weiß und ruft somit die milchige Trübung hervor.



Wird nach der Trübung weiterhin  $\text{CO}_2$  eingeleitet, so löst sich der Kalkniederschlag wieder auf, da sich leichter lösliches Calciumhydrogencarbonat bildet.



### Kohlenstoffmonoxid-Nachweis in Autoabgasen

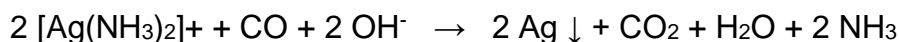
$\text{CO}$  ist ein starkes Atemgift, das sich an das Eisen-Ion des Hämoglobins irreversibel anlagert und damit die Sauerstoffaufnahme blockiert.

Allgemein zeigen Carbonyl-Komplexe bedingt durch ihre Elektronenkonfiguration eine sehr hohe Stabilität.

Als Nachweismittel für Kohlenstoffmonoxid dient das Tollens-Reagenz.

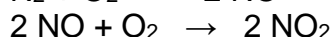
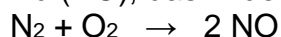
Durch das Einleiten von Autoabgasen wird die Lösung braun bis schwarz. Am Rand der Gaswaschflasche entsteht ein leichter Silberspiegel. Dieser ist beim Einleiten des Zigarettenrauchs deutlicher zu sehen, als beim Einleiten der Autoabgase.

Das Tollens-Reagenz (ammoniakalische Silbernitratlösung) reagiert mit dem Kohlenstoffmonoxid zu kolloidalem Silber ( $\text{Ag}$ ), wobei der Kohlenstoff oxidiert und das Silber-Ion zu elementarem Silber reduziert wird.



### Stickoxide in Autoabgasen

Die Stickstoffoxide entstehen als Nebenprodukte bei Verbrennungsprozessen. Bei hohen Temperaturen reagiert der Luftstickstoff mit dem Luftsauerstoff zu Stickstoffmonoxid ( $\text{NO}$ ), das in der Atmosphäre zu Stickstoffdioxid ( $\text{NO}_2$ ) oxidiert wird.



Durch Reaktion von Stickoxiden und der Luftfeuchtigkeit entsteht Salpetersäure, die mit den Niederschlägen als ein Bestandteil des sauren Regens auf die Erde gelangt.

Dies verursacht eine Übersäuerung des Bodens, wodurch Metallionen aus dem Boden gelöst werden und zur Vergiftung von Fischen sowie anderen aquatischen Organismen



und zum Waldsterben beitragen. Auch Gebäude werden durch den sauren Regen beschädigt.

Stickstoffmonoxid behindert den Sauerstoffaustausch im Hämoglobin, in dem es eine Bindung mit dem Eisen-Ion eingeht. Außerdem reagieren Stickstoffoxide beim Einatmen mit Feuchtigkeit zu Säuren, die die Atemwege angreifen.

Auch für die Bildung von bodennahem Ozon ist Stickstoffmonoxid verantwortlich. Mit dem Luftsauerstoff reagiert es weiter zu Stickstoffdioxid, das mit Sauerstoff zu Monoxid und Ozon reagiert. Ozon wiederum greift die Atemwege an und wirkt phytotoxisch.

Anmerkung: Stickstoffoxid besitzt jedoch nicht nur negative Eigenschaften. Forscher fanden heraus, dass NO auch im Körper gebildet wird. Für die Aufschlüsselung dieser Vorgänge im menschlichen Körper wurden im Jahr 1998 die Amerikaner Furchgott, Murad und Ignarro mit dem Nobelpreis für Physiologie und Medizin ausgezeichnet.

Stickstoffoxid hat vielfältige Aufgaben im Körper. So funktioniert es im Gehirn als Botenstoff. Es beeinflusst das Lernen, das Gedächtnis, Schlaf- und Wachzustände, die Steuerung des Hungergefühls sowie das Geruchsempfinden.

Weiterhin produzieren Abwehrzellen des Körpers NO um Bakterien zu zerstören.

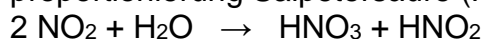
In der Medizin wird NO vielfältig eingesetzt. Herzpatienten können beispielsweise mit einem Nitrospray behandelt werden. Aus dem Mittel wird Stickstoffoxid freigesetzt, wodurch sich die Herzkranzgefäße erweitern, so dass das Atmen erleichtert wird.

Bei Atemproblemen von Neugeborenen wird ebenfalls NO als Medikament verabreicht. Dabei besitzt das Monoxid eine schnellere Wirkung als jedes andere bekannte Mittel.

Stickstoffoxid spielt auch bei der Lebensmittelkonservierung eine Rolle. Seit über hundert Jahren benutzt man Natriumnitrit um das Bakterienwachstum auf Fleisch zu hemmen. Das Nitrit wandelt sich dabei in NO um.

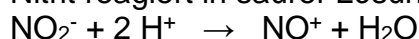
Als Nachweismittel für Stickstoffoxide (Nitrose, giftige Gase) dient das Saltzmann-Reagenz.

Beim Einleiten der Abgase mit Stickoxiden in destilliertes Wasser entsteht durch Disproportionierung Salpetersäure ( $\text{HNO}_3$ ) und Salpetrige Säure ( $\text{HNO}_2$ ).



Die sich bildenden Nitrit-Ionen ( $\text{NO}_2^-$ ) können mit Saltzmann-Reagenz in einer Farbreaktion nachgewiesen werden.

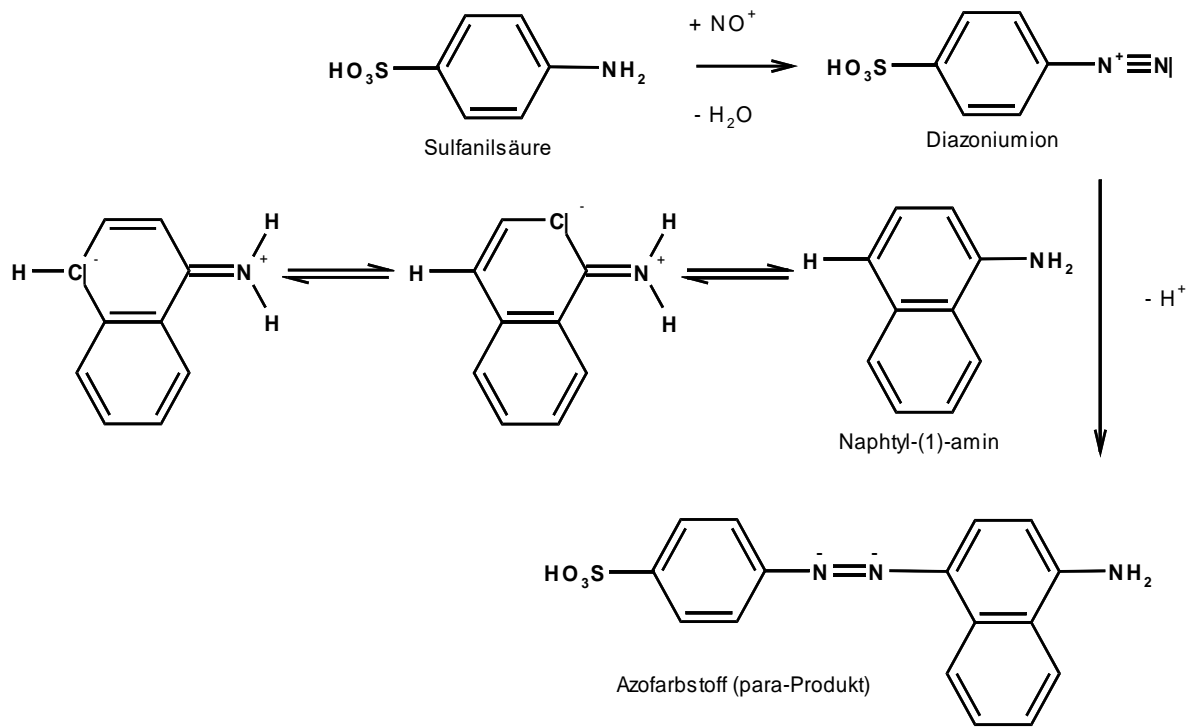
Nitrit reagiert in saurer Lösung zum Nitrosyl-Kation.



Durch das Nitrosyl-Kation werden Sulfanilsäure und Naphtyl-(1)-amin zu einem rotvioletten Azofarbstoff gekuppelt.

Zunächst findet eine Diazotierungsreaktion statt, bei der aus einem primären Amin ein Diazoniumion entsteht. Dann folgt eine elektrophile Substitution, bei der das Diazoniumion an einen Aromaten gekuppelt wird. Diese Reaktion nennt man Azokupplung. Es entsteht ein Azofarbstoff, dessen Farbtiefe dem Stickstoffoxidgehalt proportional ist.

Für ältere Schüler ist es wichtig, dass wegen des +M-Effektes der  $\text{NH}_2$ -Gruppe am Naphtylamin sowohl das para- wie auch das ortho-Produkt entstehen.



## Reagenzien – Herstellung und Entsorgung

### Herstellung und Entsorgung der Calciumhydroxid-Lösung:

#### Herstellung:

Calciumhydroxid verrührt man mit etwa der 300fachen Wassermenge und erwärmt die Lösung (lange rühren). Nachdem sich die Trübung abgesetzt hat, wird die überstehende Flüssigkeit abfiltriert.

#### Hinweis:

Statt Calciumhydroxid kann auch Calciumoxid verwendet werden (Reaktion exotherm, bekannt als „Kalklöschchen“).

Kalkwasser sollte immer gut verschlossen aufbewahrt werden, da es sonst vom Kohlenstoffdioxid in der Luft getrübt wird.

#### Entsorgung:

Die Calciumhydroxid-Abfälle werden gesammelt, neutralisiert und dann in den Ausguss gegeben.

### Herstellung und Entsorgung des Tollens-Reagenz (Xi)

#### Herstellung:

In einem 100-mL-Messzylinder werden zu 2 mL einer 10 %igen Silbernitrat-Lösung ( $\text{AgNO}_3$ ) 10 mL 4 %ige Ammoniak-Lösung ( $\text{NH}_3$ ) gegeben. Die kurzzeitig entstehende Trübung, durch Bildung von Diamminsilber-(I)-nitrat ( $[\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]\text{NO}_3$ ) löst sich sofort wieder auf.

Danach werden 20 mL Natronlauge ( $\text{NaOH}$ , 2 mol/L) hinzugegeben und mit Wasser auf 100 mL aufgefüllt.

#### Hinweis:

Das Tollens-Reagenz muss immer neu hergestellt werden, um die Bildung von explosionsgefährlichem Knallsilber ( $\text{AgNO}$ ) und Silbernitrid ( $\text{Ag}_3\text{N}$ ) zu verhindern.

#### Entsorgung:

Die Abfälle werden gesammelt, mit Salpetersäure ( $\text{HNO}_3$ ) neutralisiert und als Schwermetallabfall entsorgt.

### Herstellung und Entsorgung der Lösungen für den $\text{NO}_x$ -Nachweis

1 % Sulfanilsäure und 0,3 % N-(1-Naphthyl)-Ethylen-diamin-Hydrochlorid in 30 %iger Essigsäure-Lösung, am Versuchstag frisch angesetzt

#### Entsorgung:

Die Abfälle werden mit den organischen Abfällen entsorgt.

### **Herstellung der Wasserprobe mit Autoabgasen:**

Die Herstellung der Wasserprobe erfolgt nach dem Versuchsaufbau des Kohlenstoffmonoxid-Nachweises. Statt des Tollens-Reagenzes wird destilliertes Wasser in die Gaswaschflasche gegeben.

Zur Herstellung der Wasserprobe mit Autoabgasen werden ungefähr 100 bis 120 Liter Autoabgase in 150 mL destilliertes Wasser eingeleitet.

Die Wasserproben werden in Schnappdeckelgläser gefüllt und gut verschlossen. Dabei ist darauf zu achten, dass der Gasraum über der Probe möglichst klein ist, damit nicht zu viel Gas in den Gasraum entweicht.

Aus demselben Grund sollten die Wasserproben erst kurz vor Versuchsbeginn hergestellt werden.

Es sollte vor den Versuchen getestet werden, ob die Konzentrationen der Gase für einen positiven Nachweis ausreichen, um gegebenenfalls mehr Gas einzuleiten.