

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

## Untersuchung von Zigarettenrauch

- 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, Porzellanschale, Pinzette, Streichhölzer, Becherglas mit Wasser

### Materialien

Zigarette, 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:

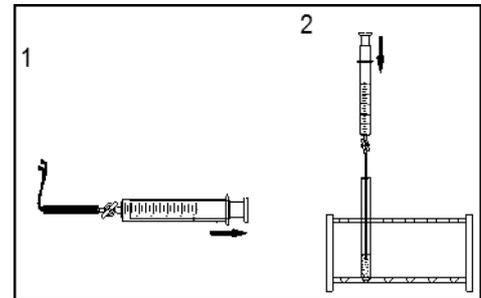
Welches ist das Nachweisreagenz? \_\_\_\_\_

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

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

## A. Nachweis von Kohlenstoffdioxid in Zigarettenrauch

1. Gib mit der Kunststoffpipette 2 mL Calciumhydroxid-Lösung in ein sauberes Reagenzglas.
2. Befestige das eine Ende des Schlauchstücks an der Plastikspritze.
3. Befestige am anderen Ende des Schlauchstücks die Zigarette, indem du den Zigarettenfilter ungefähr 1 cm weit in den Schlauch schiebst.
4. Zünde die Zigarette an und ziehe gleichzeitig den Kolben der Spritze *gleichmäßig* nach hinten, bis sie vollständig mit Rauch gefüllt ist.
5. Entferne die Zigarette mit der Pinzette, lege sie in die Porzellanschale.
6. Schiebe in das freigewordene Ende des Schlauches den abgeschnittenen Teil der Kunststoffpipette (etwa 1 cm weit).
7. Halte nun die Plastikspritze in das Reagenzglas, sodass die Öffnung in die Lösung eintaucht. Drücke den Rauch aus der Spritze in die Lösung.
8. Wiederhole den gesamten Vorgang einmal. Falls die Zigarette erloschen ist, entzünde sie erneut.
9. Lösche die Zigarette nach dem Versuch im Becherglas mit Wasser.



## Beobachtungen

---

## 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 Plastik-Wanne.

## II. Kohlenstoffmonoxid (CO) – Nachweis

### Geräte

Stativ, Muffe, Klemme, Gaswaschflasche, Wasserstrahlpumpe, Gummischlauch, Messzylinder (50 mL), Porzellanschale, Pinzette, Becherglas mit Wasser, ein Schlauchstück, Streichhölzer

### Materialien

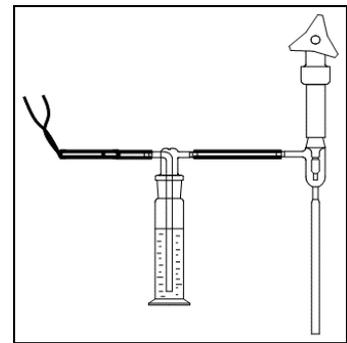
Zigarette, destilliertes Wasser, Tollens-Reagenzlösung (Natronlauge, Ammoniak, Silbernitrat)

### Anmerkung:

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

### Versuchsaufbau:

1. Fülle 40 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 den kurzen Hahn der Gaswaschflasche über den Gummischlauch mit der Wasserstrahlpumpe.
4. Befestige am anderen Hahn das Schlauchstück.
5. Befestige an dem freien Ende des Schlauchstücks die Zigarette, indem du den Zigarettenfilter ungefähr 1 cm weit in den Schlauch schiebst.
6. Stelle die Porzellanschale unter die Zigarette, sodass die Asche aufgefangen wird



### Durchführung:

7. Drehe den Wasserhahn an der Wasserstrahlpumpe auf.
8. Zünde die Zigarette am vorderen Ende an. Entsorge das Streichholz in dem Wasserglas.
9. Sobald der Effekt deutlich ist, ziehe den Schlauch zur Wasserstrahlpumpe von der Waschflasche ab.
10. Drehe erst dann den Wasserhahn wieder zu. Entferne die Zigarette mit einer Pinzette und lösche sie in dem Wasserglas

### 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 (NO<sub>x</sub>)

#### Geräte

gekühlte Tüpfelplatte, Kunststoffpipette, Plastischüssel mit Eis

#### Materialien

destilliertes Wasser, Wasserprobe (mit eingeleiteten Zigarettenrauch), 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 Nitritnachweis 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 dies 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 im Zigarettenrauch

5. Gib mit einer Pipette ungefähr 0,5 mL der Wasserprobe mit eingeleitetem Zigarettenrauch 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?

---

---

---

---

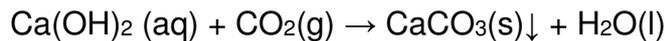
#### Entsorgung:

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

## Lehrerinformation

### Kohlenstoffdioxidnachweis im Zigarettenrauch

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.



### Kohlenstoffmonoxidnachweis im Zigarettenrauch

Der Zigarettenrauch enthält erhebliche Mengen  $\text{CO}$ , so dass ein deutlicher Silberspiegel sichtbar wird.  $\text{CO}$  ist ein starkes Atemgift, das sich an das Eisenion 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.

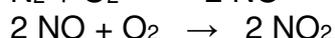
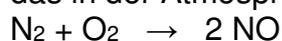
Durch das Einleiten von Zigarettenrauch wird die Lösung braun bis schwarz. Am Rand der Gaswaschflasche entsteht ein Silberspiegel. Dieser ist beim Einleiten des Zigarettenrauchs deutlicher zu sehen, als beim Einleiten der Autoabgase.

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



### Stickoxide im Zigarettenrauch

Neben der Anwesenheit von stickstoffhaltigen Verbindungen im Tabak entstehen Stickstoffoxide auch 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.



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

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.

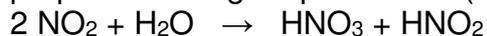
In der Medizin wird NO vielfältig eingesetzt. Herzpatienten können beispielsweise mit einem Nitrospray behandelt werden. Aus dem Mittel wird Stickstoffoxid freigesetzt, wodurch sich die Herzkranzgefäße erweitern, so dass das Atmen erleichtert wird.

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.

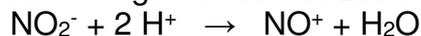
Als Nachweismittel für Stickstoffoxide (Nitrose, giftige Gase) dient das Saltzmann-Reagenz.

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 Nitriten ( $\text{NO}_2^-$ ) können mit Saltzmann-Reagenz in einer Farbreaktion nachgewiesen werden.

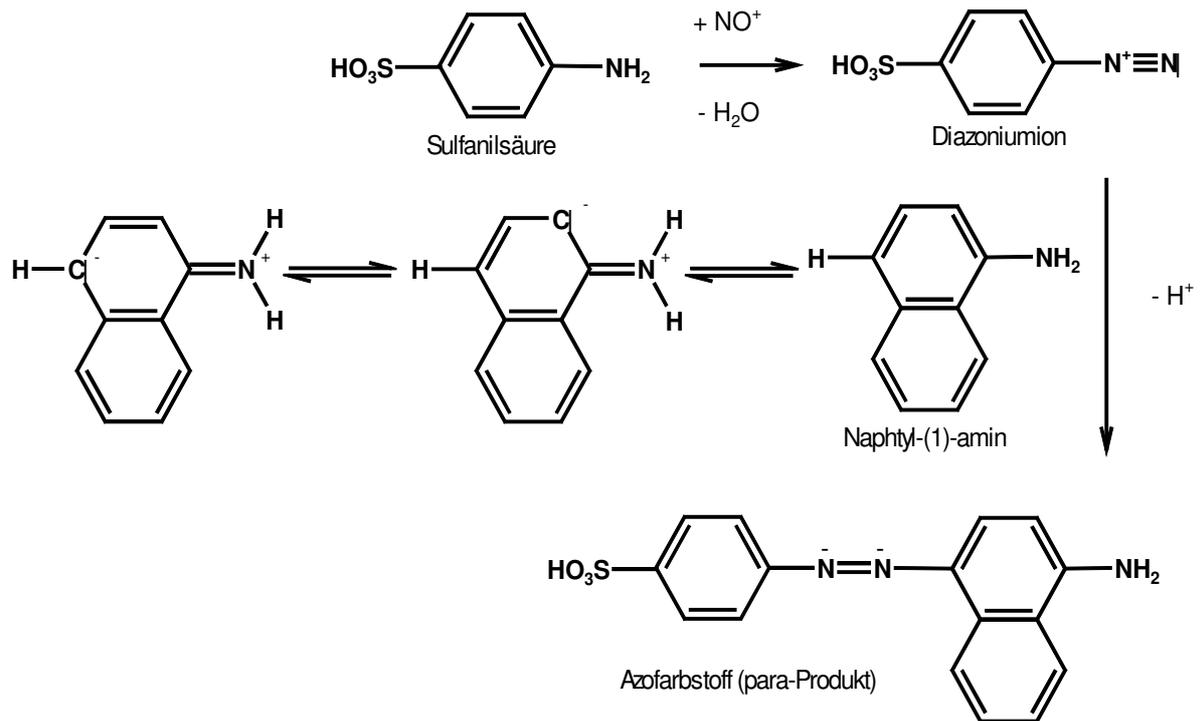
Nitrit reagiert in saurer Lösung zum Nitrosylkation.



Durch das Nitrosylkation 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 gekoppelt 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 „Kalklöschen“)

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

Entsorgung:

Die Calciumhydroxidabfälle 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 Zigarettenrauch:

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

Zur Herstellung der Wasserprobe mit Zigarettenrauch wird ein zusätzlicher Filter in den Schlauch, der die Zigarette mit der Gaswaschflasche verbindet, eingebaut: Hinter der Zigarette wird ein weiterer Zigarettenfilter in den Schlauch geschoben. Dann folgt Watte, die mit Aktivkohle durchmischt wurde, und am Ende des Schlauches wird wieder ein Zigarettenfilter in den Schlauch eingesetzt, bevor dieser mit der Gaswaschflasche verbunden wird.

Der zusätzliche Filter wird benötigt, da bei einer für den Nachweis notwendigen Konzentration von  $\text{NO}_x$  eine Gelbfärbung durch Teer und Nikotin auftritt. Diese kann durch den Einsatz des Filters minimiert werden. Ist eine Gelbfärbung vorhanden, würde die Rosafärbung bei positivem Nachweis überdeckt werden.

Es wird der Rauch von zwei Zigaretten in 300 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.