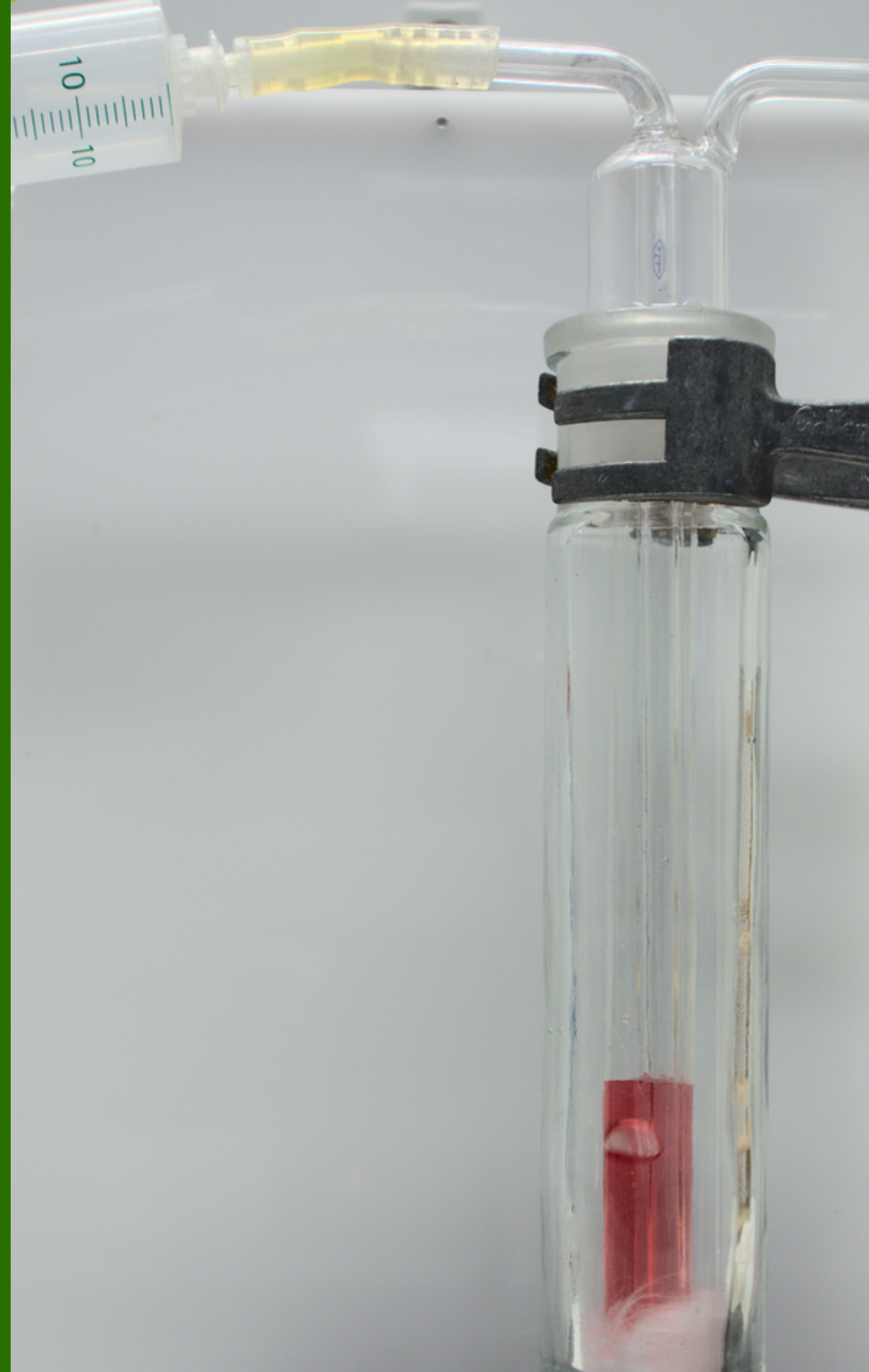


Chemie-Labothek

STICKOXIDE

BLOCK 2

Welche Auswirkungen haben Stickoxide auf die Umwelt?

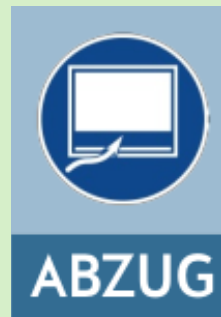


BLOCK 1

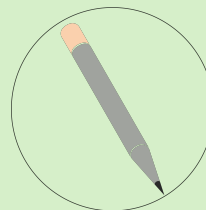
ANLEITUNG & HINWEISE

Im folgenden Abschnitt finden Sie die Anleitungen zu den Versuchen. Versuchsdurchführungen sind mit einem V gekennzeichnet (z. B. V 2.1). Anschließend sind einzelne Auswertungsfragen/-aufgaben angefügt (z. B. A 1.2).

Zwischendurch werden Sie diverse Symbole und Piktogramme erkennen.



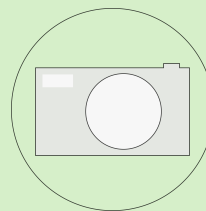
Dieses Symbol weist Sie darauf hin, die beschriebenen Arbeiten im Abzug durchzuführen.



Stellen, an denen Sie etwas ausfüllen oder ergänzen sollen, sind mit diesem Symbol markiert.



Mit einem Klick auf dieses Symbol werden Sie auf eine Quelle im Internet geleitet, die Ihnen zusätzliche Informationen bietet.



Dieses Symbol signalisiert, dass Sie an dieser Stelle mithilfe der Kamera Aufnahmen tätigen sollen.

Auswirkung von Stickoxiden auf die belebte Natur

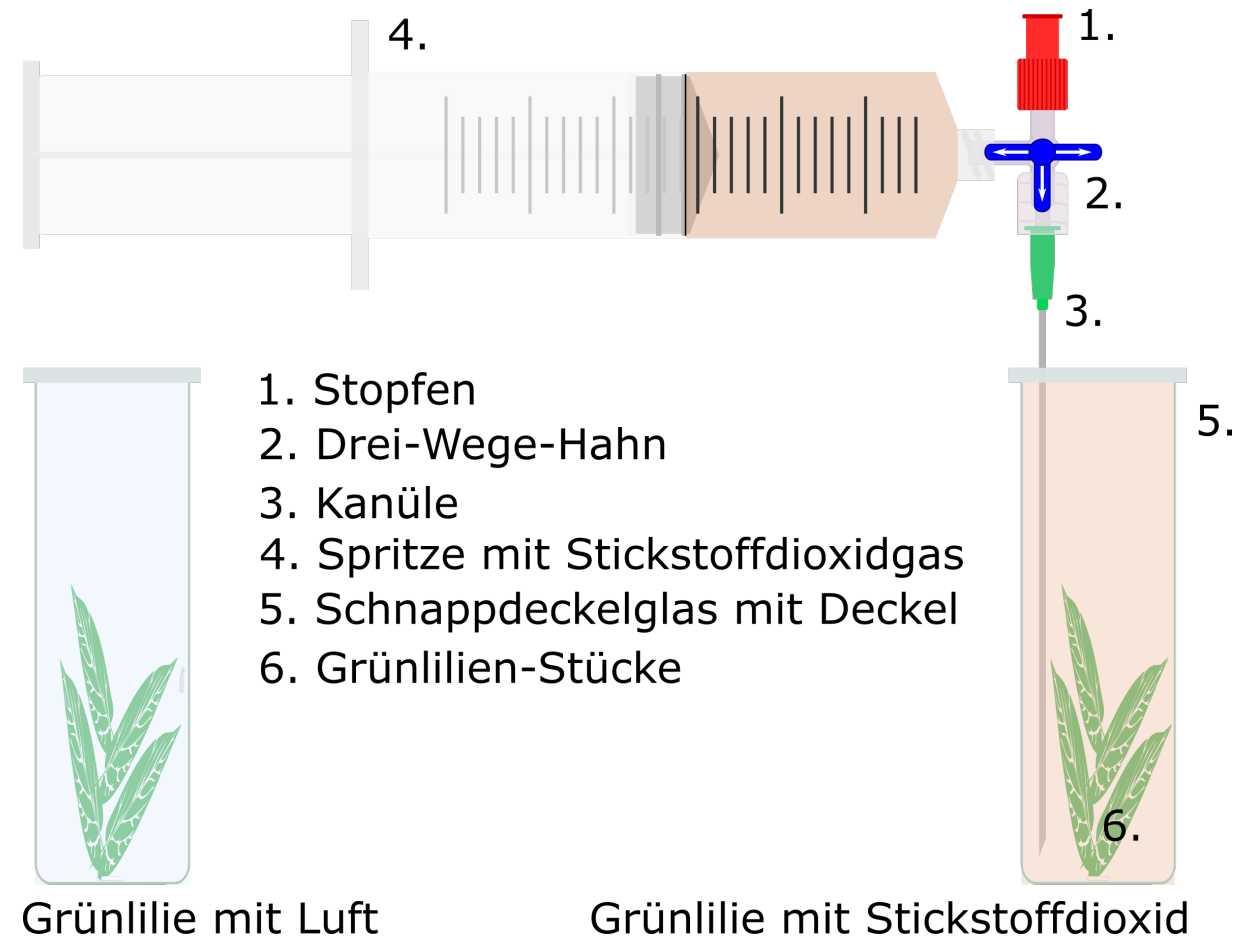
Arbeitsmaterialien

2 Schnappdeckelgläser mit Septum (ca. 30 mL),
Spritze (ca. 30 mL), 2-Wege-Hahn für Spritze, 3-
Wege-Hahn, Kanüle (lang), Verschlussstopfen,
Spritze (ca. 1 mL)

Chemikalien

Stickstoffdioxid , Grönlilie

Versuchsskizze



Quelle: Richard Kremer, 2022

V 1.1

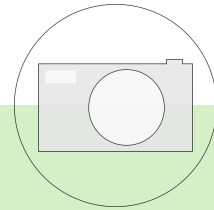


ABZUG

Schneiden Sie ein Blatt der Grönlilie in mehrere kleinere Stücke. Die Schnappdeckelgläser werden mit der gleichen Menge an Grönlilienstücken gefüllt und anschließend mit den vorbereiteten Schnappdeckeln verschlossen. Ziehen Sie ca. 30 mL Luft mit der Spritze aus dem verschlossenen Gefäß, um einen Unterdruck zu erzeugen. Mit der bereitgestellten Spritze wird ein Stickstoffoxid/Luft-Gemisch in das Schnappdeckelglas geleitet. Das zweite Schnappdeckelglas dient als Vergleich.

■ Beobachtung

- A 1.1 Nachdem der Versuch wie oben beschrieben aufgebaut und das Stickstoffdioxidgas/Luft-Gemisch hinzugeführt wurde, halten Sie hier das Aussehen der Grünlilie in beiden Gefäßen „zu Beginn“ fest.

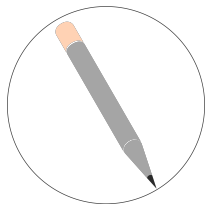


*Ergänzen Sie hier Fotos von Ihrem
Ergebnis („zu Beginn“)*

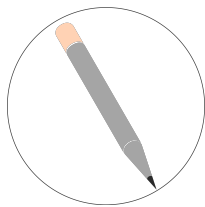
Auswertung

In dem Versuch werden Stickoxide (NO_x) in das Schnappdeckelgläschen eingeleitet. Der Versuch simuliert den Einfluss von Stickstoffoxiden auf die belebte Natur. Der Anteil an Stickoxiden in der Atmosphäre wird durch anthropogene Einflüsse beeinflusst.

- A 1.2. Sichten Sie die Materialien. Begründen Sie ob und welchen Einfluss die Einführung von Abgasnormen Euro 1 - 6 auf den anthropogenen Stickstoffoxidausstoß hat. Halten Sie dies mit wenigen Sätzen oder Stichpunkten fest.



- A 1.3. Notieren Sie sich aus den gesichteten Materialien die Begriffe, die Ihnen wichtig erscheinen.



SCR*-Verfahren: Abgasnachbehandlung mit AdBlue®

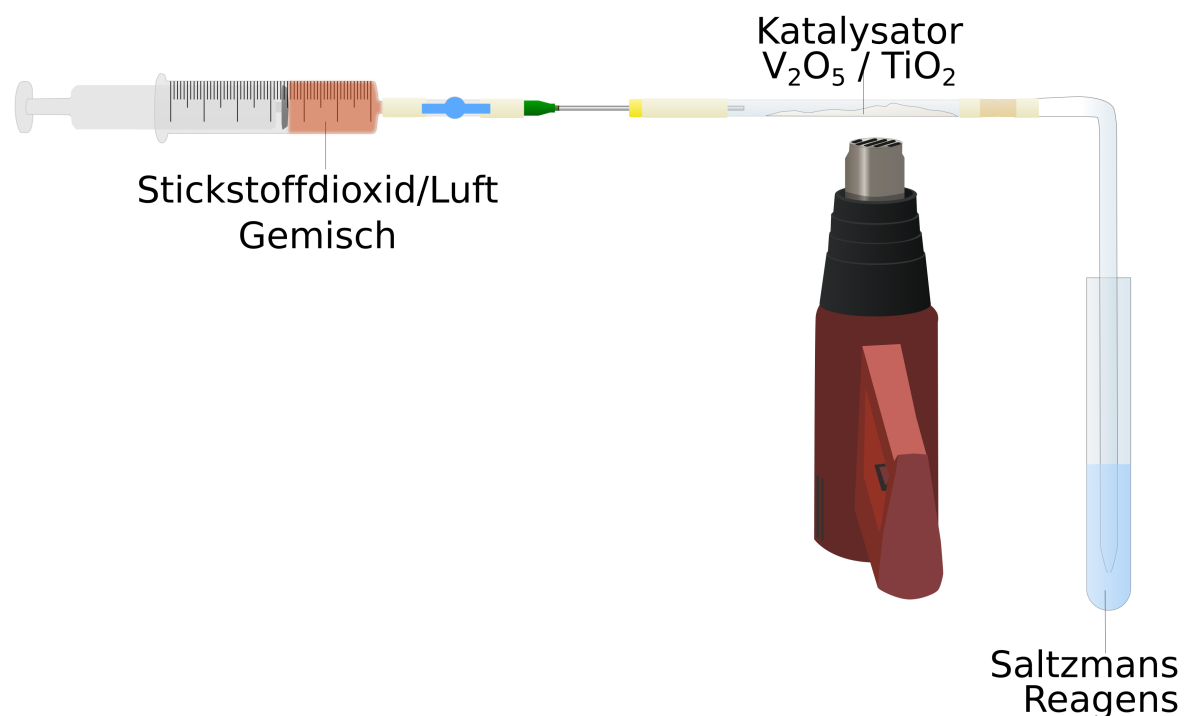
Arbeitsmaterialien

Glasrohr mit Katalysator, Septum, Erlenmeyerkolben mit Schliff, Spritze, lange Kanüle, 3-Wege-Hahn, Schlauchverbinder, Laborhebebühne, pH-Papier, Magnetheizrührer, Waage, Schlauchmaterial, Stativmaterial, Heißluftgebläse, 5 Reagenzgläser

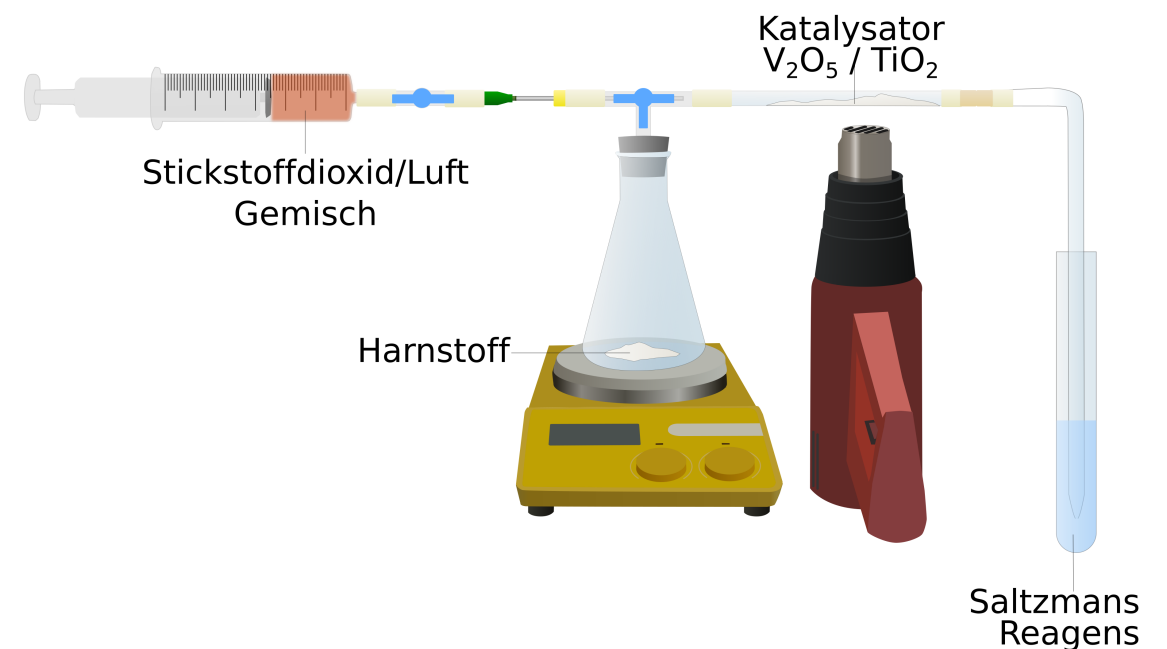
Chemikalien

1 g Harnstoff, Saltzman-Reagenz, Stickstoffdioxid

Versuchsaufbau, V 2.3



Versuchsaufbau, V 2.4



* **S**elective **c**atalytic **r**eduction - selektive katalytische Reduktion



Sicherheitshinweise:

Tragen Sie während der Versuche eine Schutzbrille sowie Sicherheitshandschuhe!

Seien Sie vorsichtig im Umgang mit der heißen Versuchsanordnung sowie im Umgang mit den spitzen Nadeln!



Aufbau



ABZUG

Das Saltzman-Reagenz wurde durch Mischen von 0,5 g Sulfanilsäure, 0,005 g N-(1-Naphthyl)-ethyldiaminhydrochlorid, 5 mL Eisessig und 100 mL Wasser vorbereitet. Sichern Sie die Apparatur mit Stativmaterial.

Für den Versuch wird wenig Stickoxid-Gas durch Zutropfen von 2-3 Tropfen konz. Salpetersäure zu Kupferpulver hergestellt.

In den Erlenmeyerkolben wird etwa 1 g Harnstoff gegeben.

Geben sie in 5 Reagenzgläser jeweils ca. 4 mL der vorbereiteten Saltzman-Reagenz-Lösung. Beschriften Sie die Reagenzgläser mit den Zahlen 1-5. Ein Reagenzglas verschließen Sie als Referenz (Probe 1) und stellen es zu Seite.

Versuchsdurchführung - SCR-Verfahren: Abgasnachbehandlung mit AdBlue®

V 2.1 Leiten Sie in Reagenzglas Nummer 2 etwa 50 mL Umgebungsluft ein, die Sie in eine Spritze vor dem Abzug einziehen.

V 2.2



ABZUG

Unter dem Abzug werden durch die betreuende Person 50 mL eines Stickstoffdioxid/Luft-Gemisches aus 10 mL Stickstoffdioxid und 40 mL Luft in Reagenzglas 3 eingeleitet.

Achtung !!! Ab jetzt muss der Wechsel der Reagenzgläser und das Arbeiten im Abzug durch die betreuende Person stattfinden !!! Das Drücken der Spritze kann durch Sie erfolgen.

V 2.3



ABZUG

Unter dem Abzug wird die Apparatur aus dem ersten Bild der Versuchsskizze und Reagenzglas 4 aufgebaut. Der Katalysator wird mithilfe des Heißluftföhns auf ca. 500 °C (Stufe II) vorgeheizt.

Mit der Spritze werden 50 mL eines Stickstoffdioxid/Luft-Gemisches aus 10 mL Stickstoffdioxid und 40 mL Luft über den heißen Katalysator in das Saltzman-Reagenz eingeleitet.

V 2.4



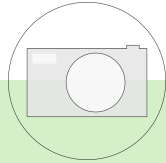
ABZUG

Von der betreuenden Person wird beim Entfernen des Reagenzglases das Einleitungsrohr kräftig mit VE-Wasser gespült und von außen abgetrocknet. Durch die Apparatur selbst wird mehrmals Umgebungsluft von vor dem Abzug geleitet um diese zu spülen. Die Apparatur wird umgebaut, so dass sie dem zweiten Bild aus dem Versuchsaufbau entspricht.

Der mit Harnstoff befüllte Erlenmeyerkolben wird auf die Heizplatte gestellt und kräftig erhitzt. Verbinden Sie den Erlenmeyerkolben mit der Katalysatoreinheit (siehe Skizze). Halten Sie ein angefeuchtetes pH-Papier an die Öffnung des Einleitungs-Rohres. Wenn Sie eine Verfärbung wahrnehmen, können Sie das Reagenzglas 5 einspannen und den Katalysator auf 500 °C vorheizen. Stecken Sie die Kanüle durch das Septum und den Dreiwegehahn. Leiten Sie dann ca. 50 mL eines Stickstoffdioxid/Luft-Gemisches aus 10 mL Stickstoffdioxid und 40 mL durch die Apparatur.

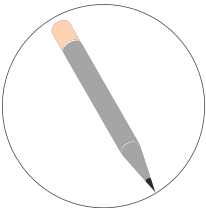
■ Beobachtung

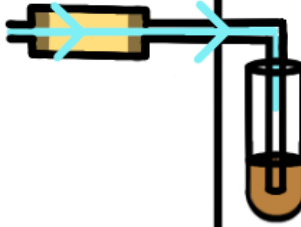
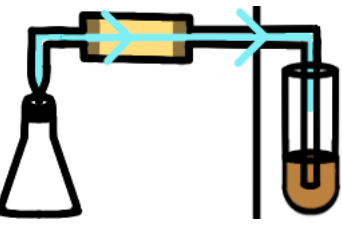
A 2.1 Fotografieren Sie die verschiedenen Proben mit dem Saltzman-Reagenz.



Ergänzen Sie hier Fotos
von Ihrem Ergebnis

A 2.2 Übertragen Sie ihre Beobachtungen in die Tabelle und ergänzen Sie die Versuchsp Parameter.



Probennummer	1	2	3	4	5
Versuchsaufbau					
Gasgemisch	/	Luft	Luft + NO _x	Luft + NO _x	Luft + NO _x
Katalysator?	Nein	Nein	Nein	Ja	Ja
Harnstoff	Nein	Nein	Nein	Nein	Ja
Farbe des Saltzman-Reagenz					

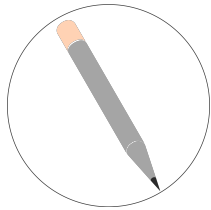
SCR ist eine Abkürzung und steht für *selektiv katalytische Reduktion*. Das Verfahren wird zur Verminderung von Stickoxiden-Emissionen bei Dieselfahrzeugen eingesetzt.

Die Abgasnachbehandlung erfolgt in vier Schritten.

1. Zuerst wird mithilfe eines Oxidationskatalysators Stickstoffmonoxid (NO) zu Stickstoffdioxid (NO_2) und unverbrannten Kohlenwasserstoffen (C_xH_y) zu Kohlenstoffdioxid (CO_2) und Wasser (H_2O) oxidiert.
2. Anschließend erfolgt die Hydrolyse von Harnstoff ($\text{CH}_4\text{N}_2\text{O}$) zu Kohlenstoffdioxid (CO_2) und Ammoniak (NH_3).
3. Die Stickoxide (vorw. NO_2 und NO) werden dann mithilfe des Ammoniaks an dem SCR Katalysator zu Stickstoff (N_2) und Wasser reduziert.
4. Zum Schluss wird mittels eines weiteren Oxidationskatalysators überschüssiges Ammoniak mit Sauerstoff zu Stickstoff und Wasser oxidiert.

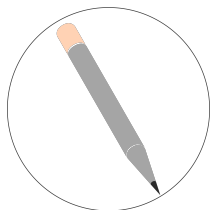
A 2.3

Erklären Sie die Funktion des Saltzman-Reagenzes mit den Beobachtungen von den Proben 1 - 3.

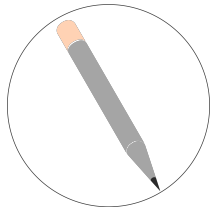


A 2.4

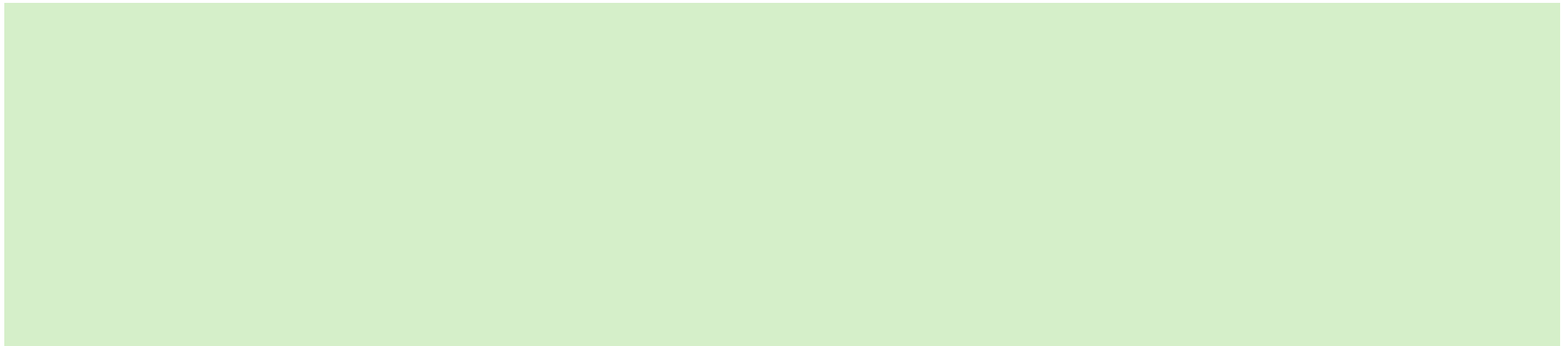
Begründen Sie die Verwendung des pH-Papiers in V 2.4.



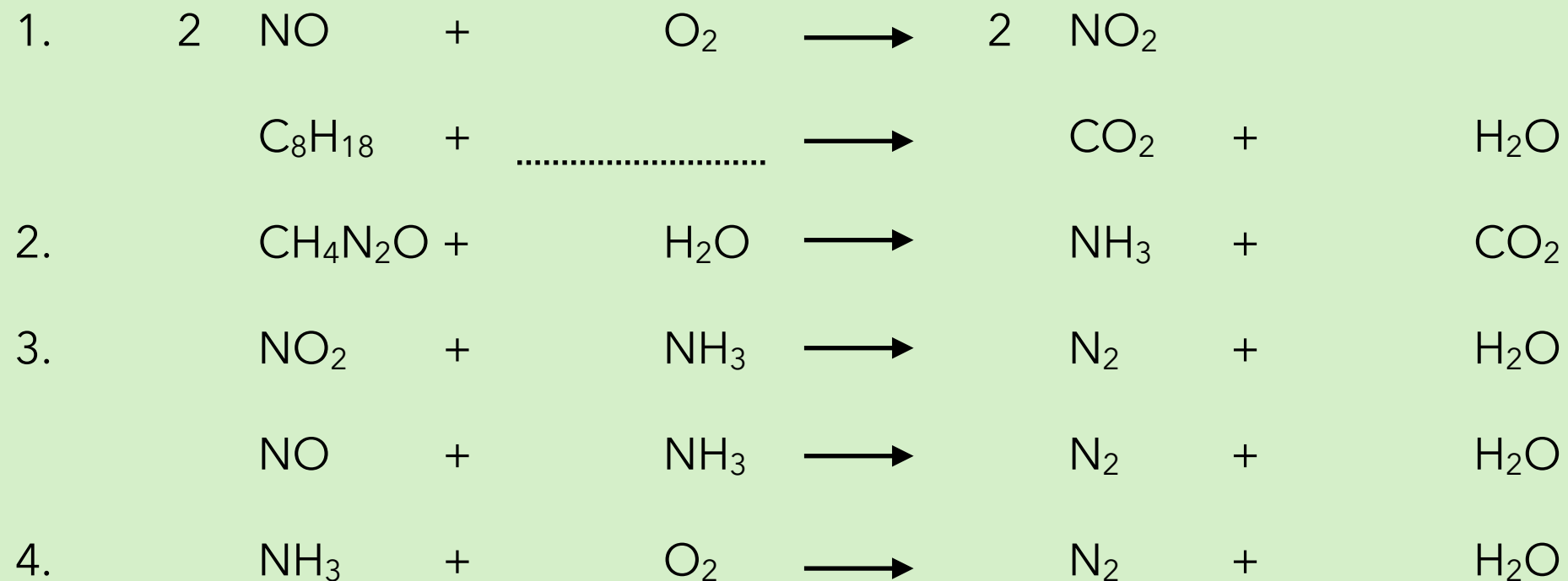
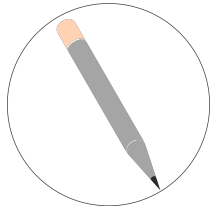
A 2.5



I. Skizzieren Sie schematisch das im Infotext beschriebene SCR-Verfahren.



II. Formulieren Sie die entsprechenden Reaktionsgleichungen der einzelnen Schritte im SCR-Verfahren. Hier steht Octan beispielhaft für den Kraftstoff.



A 2.6

Markieren Sie in den Unteraufgaben I. und II. von A 2.5 den in V 2.4 modellierten Teil des SCR-Verfahrens.

A 2.8 Der Versuch ist ein Modell für die Abgasnachbehandlung mit AdBlue® bei Dieselmotoren. AdBlue® ist ein Hilfsstoff bestehend aus Harnstoff, Wasser und weiteren Zusätzen. Je nach Motorkonfiguration und Fahrverhalten werden 3% - 5% des Kraftstoffverbrauchs zusätzlich als AdBlue® benötigt.



Recherchieren Sie die Herstellung von Harnstoff und nennen Sie die Grundstoffe, aus denen Harnstoff gewonnen wird. Nutzen Sie hierfür die angegebenen Quellen.

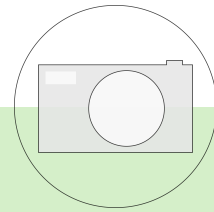
<https://de.wikipedia.org/wiki/Harnstoff>

https://www.enargus.de/pub/bscw.cgi/d4726-2/*/*Harnstoffsynthese.html?op=Wiki.getwiki

<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.1002/cite.201400064> (Nur über Uni-Netzwerk erreichbar, Englisch)

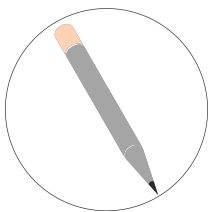
Diskutieren Sie, ob die Verwendung von Harnstoff in Dieselmotoren im Hinblick auf die Reduzierung von Treibhausgasen sinnvoll ist.

- A 1.4 Machen Sie erneut ein Foto von der Grönlilie. Halten Sie hier das Aussehen der Grönlilie „nachher“ fest.



Ergänzen Sie hier Fotos von Ihrem Ergebnis („nachher“)

- A 1.5 Vergleichen Sie die Grönlilie vor und nach der Behandlung mit Stickstoffdioxid stichpunktartig. Nutzen Sie hierfür auch Ihr Foto auf Seite 5.



DER TAGESSPIEGEL



Ungesunde Umwelt

23.08.2022, 16:20 Uhr

Wie verdreckte Luft in Berlin mit mehr Herzinfarkten einhergeht

War die Luft stärker verschmutzt, erlitten mehr Berliner einen Herzinfarkt, zeigt eine neue Untersuchung. Stickoxide und Feinstaub stehen unter Verdacht. VON SINAN REÇBER

 Deutsche Umwelthilfe

Pressemitteilung

Deutsche Umwelthilfe kritisiert nach neuen alarmierenden Abgasmessungen: Bundesverkehrsministerium duldet weiterhin rechtswidrige Stickoxid-Grenzwertüberschreitungen

Dienstag, 31.05.2022



Video von Quarks:
„Stickoxide: Mediziner warnen vor Gesundheitsschäden“

„Bei der Luftqualität muss man weltweit zusammenarbeiten“

06.12.2021 Kilian Kirchgeßner

Annette Peters von Helmholtz Munich war als Expertin an den Richtlinien beteiligt, mit denen die Weltgesundheitsorganisation (WHO) die Luftschadstoffe begrenzen will. Ein Interview über globale Zusammenhänge, Gesundheit – und den Ostwind.

Mehr Todesfälle und Asthma durch Stadtluft 1,8 Millionen zusätzliche Tote durch Feinstaub und Stickoxide in Städten weltweit

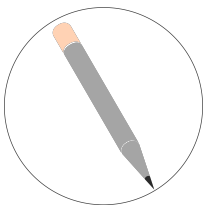
Quelle: The Lancet, George Washington University

6. Januar 2022
- Nadja Podbregar

A 1.6 Schauen Sie sich das Video von Quarks auf der vorherigen Seite an und notieren Sie wichtige Begriffe und Zusammenhänge.

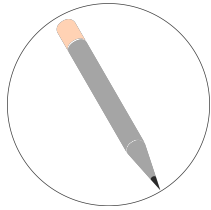
Diskutieren Sie untereinander folgende Aufgaben:

- I. Nennen Sie begründet Maßnahmen zur Verbesserung der Luftqualität.
- II. Begründen Sie die Verantwortlichkeit für Kontrolle und Einhaltung der Grenzwerte sowie deren Festlegung.



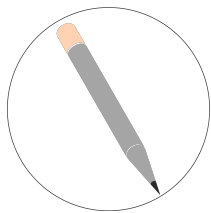
A 3.1

Formulieren Sie zu Ihrem Themenblock ausgehend von Ihren Experimenten adressierte Probleme und mögliche Lösungsansätze in Stichpunkten.



A 3.2

Notieren Sie Stichpunkte zu den Themen Ökologie, Ökonomie & Politik, die Ihnen zu den Inhalten dieses Blocks einfallen.



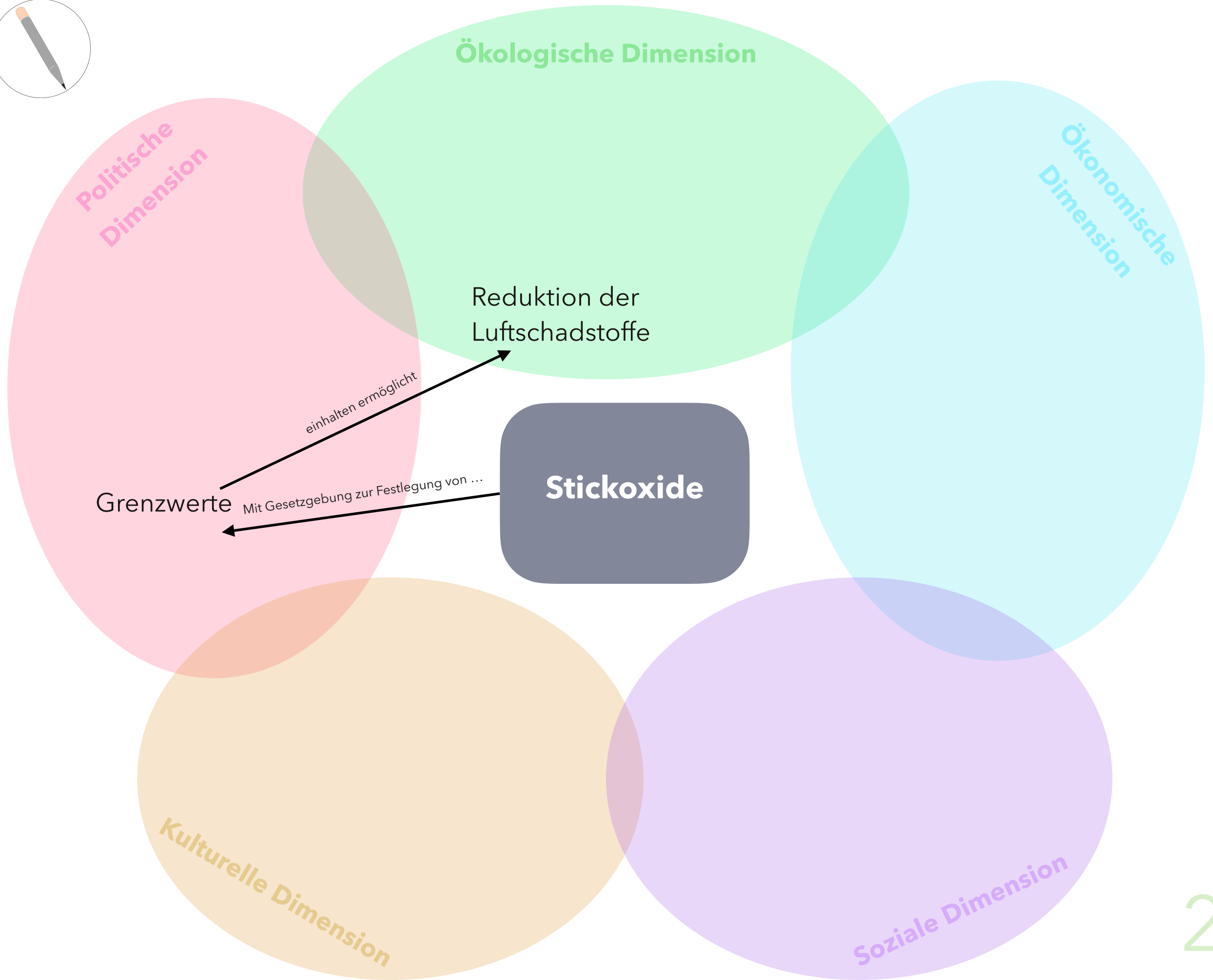
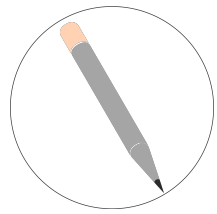
		<i>Stickoxid Grenzwerte</i>
Ökologie	Ökonomie	Politik

SOCME - System Oriented Concept Map Extension

Aufgabe Erstellen Sie in Ihrer Gruppe ausgehend von Ihren Vorarbeiten eine SOCME. Nutzen Sie dazu die Vorlage auf der nächsten Seite und bringen Sie Ihre Erkenntnisse aus den Aufgaben 3.2 und 3.3 ein.

Was ist eine SOCME?

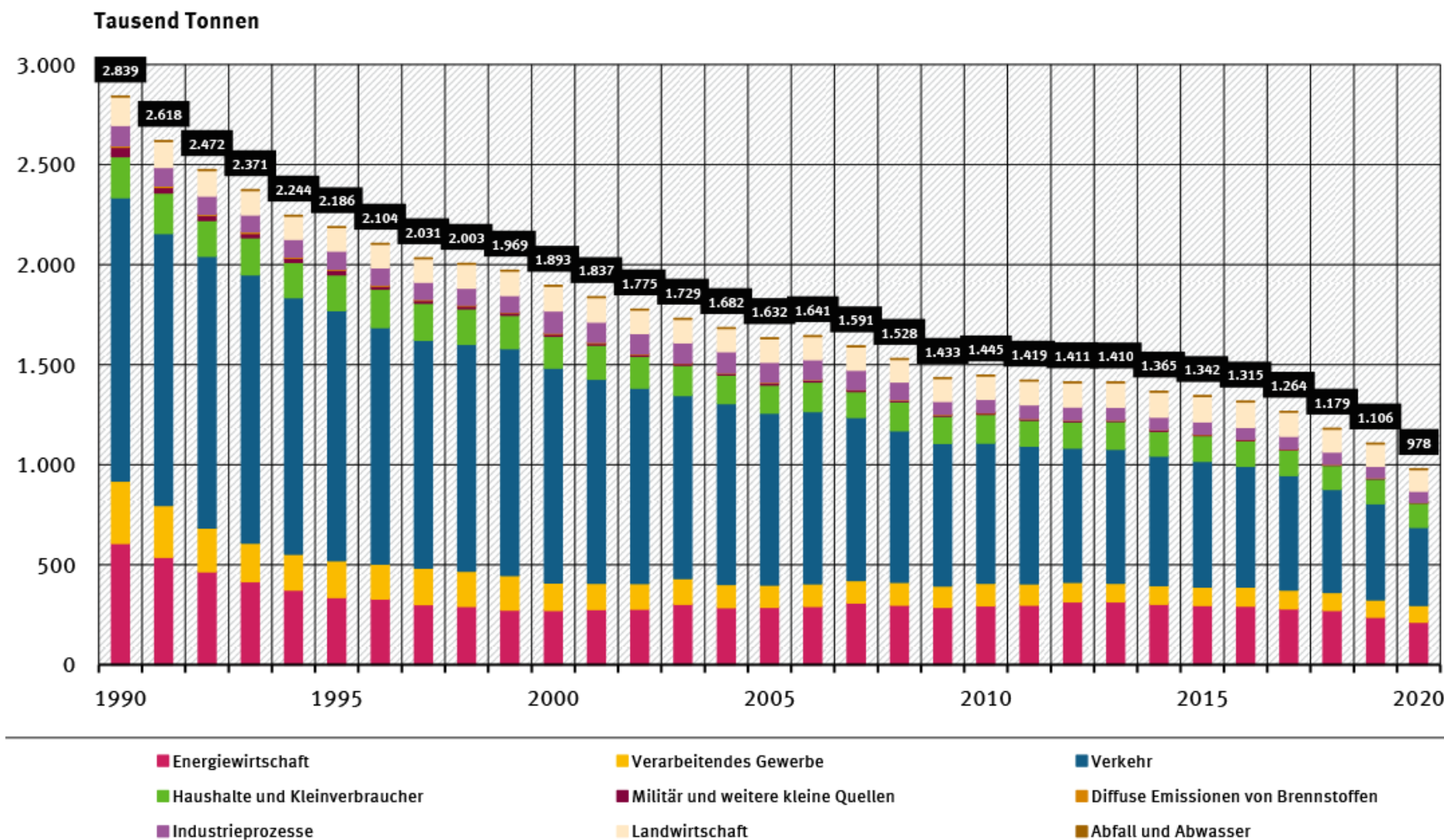
SOCME ist ein Akronym für **S**ystem **O**riented **C**oncept **M**ap **E**xtension und dient dazu komplexe Sachverhalte mit Querbeziehungen grafisch darzustellen. Concept Maps sind selbst Erweiterungen von Mind Maps, die zusätzlich gerichtete und beschriftete Pfeile haben. Entlang dieser Pfeile lassen sich Sätze bilden, die den Zusammenhang erläutern. Bei SOCMEs sind die Unterbegriffe zusätzlich noch sortiert und durch farbliche Unterlegung gruppiert. So können – wie hier – verschiedene Perspektiven auf ein Thema übersichtlich dargestellt werden.



Das Umweltbundesamt hält die Entwicklung des Stickstoffoxidausstoßes, unterteilt in die verschiedenen Quellkategorien jährlich in einem Diagramm fest (Abb. 1). Die Stickstoffoxid-Emissionen (NO_x) werden dabei in Stickstoffdioxid (NO_2) umgerechnet und angegeben. Dafür gibt es zwei Gründe:

- I. Dieselfahrzeuge stoßen vermehrt NO_2 aus
- II. in der Atmosphäre erfolgt eine natürliche Umwandlung von NO zu NO_2 .

Stickstoffoxid (NO_x , gerechnet als NO_2) -Emissionen nach Quellkategorien



Verkehr: ohne land- und forstwirtschaftlichen Verkehr
 Haushalte und Kleinverbraucher: mit Militär und weiteren kleinen Quellen (u.a. land- und forstwirtschaftlichem Verkehr)

Quelle: Umweltbundesamt, Nationale Trendtabellen für die deutsche Berichterstattung atmosphärischer Emissionen seit 1990, Emissionsentwicklung 1990 bis 2020 (Stand 02/2022)

Abbildung 1:
 „Stickstoffoxid (NO_x gerechnet als NO_2) -
 Emissionen nach
 Quellkategorien“ vom
 Umweltbundesamt

Abgasnormen (z. B. Euro-Normen) legen die Grenzwerte für den Ausstoß von Luftschadstoffen für Kraftfahrzeuge fest. In der EU gelten Grenzwerte für Kohlenstoffmonoxid (CO), Stickstoffoxide (NO_x), Kohlenwasserstoffe (HC), die Partikelmasse (PM) und die Partikelanzahl (PN). Die Grenzwerte unterscheiden sich dabei sowohl nach der Art des Motors (Benzin- oder Dieselmotor) als auch nach Kraftfahrzeugtyp (PKW, LKW, Motorräder oder Mopeds). Die Grenzwerte unterliegen einer zunehmenden Verschärfung, die nächste Euro-Norm (Euro 7) soll 2025 eingeführt werden.

Die Schadstoffwerte werden bei der Typprüfung im Fahrzyklus gemessen. Der Fahrzeughersteller muss die Einhaltung der Grenzwerte für eine festgelegte Zeitspanne und Kilometerleistung garantieren.

	Euro 1	Euro 2	Euro 3	Euro 4	Euro 5	Euro 6
Typprüfung	01.01.1992	01.01.1996	01.01.2000	01.01.2005	01.09.2009	01.09.2014
Serienprüfung	31.12.1992	01.01.1997	01.01.2001	01.01.2006	01.01.2011	01.01.2015
Schadstoffe in g/km BENZIN						
CO	2,72	2,2	2,3	1	1	1
HC + NO_x	0,97	0,5	-	-	-	-
NO_x	-	-	0,15	0,08	0,06	0,06
Partikelmasse	-	-	-	-	0,0045	0,0045
Partikelanzahl	-	-	-	-	6,0 x 10 ¹¹	6,0 x 10 ¹¹
Schadstoffe in g/km DIESEL						
CO	2,72	1	0,64	0,5	0,5	0,5
HC + NO_x	0,97	0,7	0,56	0,3	0,23	0,17
NO_x	-	-	0,5	0,25	0,18	0,08
Partikelmasse	0,14	0,08	0,05	0,025	0,0045	0,0045
Partikelanzahl	-	-	-	-	6,0 x 10 ¹¹	6,0 x 10 ¹¹

Quelle: Umweltbundesamt, www.umweltbundesamt.de/themen/verkehr-laerm/emmissionsstandards/pkw-leichte-nutzfahrzeuge (Stand August 2016), modifiziert durch Richard Kremer