



<b>Arbeitsblatt 1</b> <b>Lösung</b>	Stadtklima	Klasse / Kurs	Datum
	Luftschadstoffe	Name	

## Luftschadstoffe in Kraftfahrzeugabgasen

**Kraftfahrzeugabgase sind gesundheitsschädlich. Deshalb sollen sie möglichst nicht eingeatmet werden. Benutzen Sie deshalb einen Abzug oder arbeiten Sie im Freien.**

Für die Versuche benötigen Sie folgende Chemikalien bzw. Reagenzien:

**Achtung: Von einigen im Experiment verwendeten Chemikalien gehen Gefahren aus.**

**Experimentieren Sie mit Bedacht und schützen Sie sich!**

	Ammoniaklösung konz. (25%) [C, N; R: 34-50; S: 26-36/37/39-45-61]
	Silbernitratlösung (ca. 2%)
	Kalkwasser (CaOH <sub>(aq)</sub> )
	N(1-Naphthyl)-ethylendiamindihydrochlorid [Xi, R: 36/38; S: 22]
	Sulfanilsäure [Xi, R: 36/38-43; S: 2-24-37]
	Essigsäure [C; R: 10-35; S: 1/2-23-26-45]
	Dest. Wasser

Ansetzen der Salzmännlösung (Nachweisreagenz für Stickoxide, die mit Wasser salpetrige Säure bilden):  
Es werden 5g Sulfanilsäure, 0,050g N(1-Naphthyl)-ethylendiamindihydrochlorid und 50ml Essigsäure in 800ml Wasser gelöst und auf 1l aufgefüllt. Die Lösung ist luftdicht verschlossen im Dunklen über Monate haltbar.

Folgende Materialien werden in etwa (evtl. je Gruppe) benötigt.  
Der reale Materialbedarf hängt von der Planung der SchülerInnen ab.

3	Reagenzgläser mit seitlichem Ansatz, Gaseinleitrohr (gebogenes Glasrohr) und passender Stopfen oder Gaswaschflaschen
2	Küvetten oder kleine, baugleiche und saubere Reagenzgläser
2	Kolbenprober (mit Halter)
	Stativmaterial
	Schlauchverbindungsstücke
	Probeentnahmebeutel (siehe Arbeitsblatt unten, oder entsprechend umgerüstete alte Weinschläuche aus Tetrapack-Verpackungen.)
	Schlauch passend für Glashahn und Einleitrohr



<b>Arbeitsblatt</b> <b>Nr. __1_a</b>	Stadtklima	Klasse / Kurs	Datum
	Luftschadstoffe	Name	

### Luftschadstoffe in Kraftfahrzeugabgasen

#### 1. Vorbereitung und Abgas-Probenentnahme im Gefrierbeutel

Zum Auffangen und Transportieren der Abgasproben werden Probeentnahmebeutel benötigt. Dazu gibt es verschiedenen Möglichkeiten. Hier werden jetzt handelsübliche Gefrierbeutel (ohne Schnellverschluss) eingesetzt. Diese müssen erst mit einem Anschluss versehen werden.

Die benötigten Materialien je Beutel:

1	Gefrierbeutel (oder dickwandige, luft- und gasdichte Plastiktüte) von 3-10l Volumen
1	Rohr (Glas, Kunststoff oder Metall) Länge 15-30 cm, Durchmesser 25- 50 mm
	Breites Kunststoffklebeband (Paketband)
1	durchbohrter Gummistopfen außen für Rohr, innen für Glashahn
1	Glashahn (oder Glasrohr mit Schlauch und Quetschhahn)



Bild 1



Bild 2



Bild 3



Bild 4

Es empfiehlt sich, das Rohr in der Mitte der Öffnung relativ tief in den Beutel einzutauchen. Die seitlichen Überstände des Beutels werden mit Klebeband umklebt und dann möglichst glatt mit Klebeband am Rohr dicht angeklebt. Der Abschluss wird fest umwickelt. (Siehe Bilder 1 bis 4.)

#### Die Probenentnahme:

Achten Sie bitte darauf, möglichst keine (wenig) Abgase einzusatmen.

Je nach Auspuffende reicht es, den Stopfen zu entfernen, das Rohrende mit einem Lappen zu umwickeln, das vorhandene Gas aus dem Beutel zu entfernen und das Rohrende dicht an den Auspuff zu halten. Um den Beutel zu spülen, sollte der Beutel 2-mal mit dem Abgas gefüllt werden. Ist er zum zweiten Male gefüllt, wird der Beutel noch direkt am Auspuff sofort mit dem Stopfen verschlossen. (Der Hahn sollte dabei geschlossen sein.)

Ist diese Entnahmemethode nicht möglich, so wird ein Glasrohr mit einem für den Auspuff passenden Korkstopfen versehen und eine Schlauchverbindung zum Glashahn des Beutels hergestellt. Da hierbei ein erheblich höherer Gasdruck benötigt wird, müssen bei Auspuffanlagen mit mehreren Enden alle mit der Entnahmestelle verbundenen Öffnungen mit Korkstopfen verschlossen werden. Durch manuelle Variation der Eintauchtiefe des Stopfens (Pfeil) wird der Gasdruck so geregelt, dass der Motor nicht abstirbt.



Bild 5



Bild 6

A1 Fertigen Sie für jede geplante Abgasprobe einen Probeentnahmebeutel.

A2 Entnehmen Sie Abgasproben, nummerieren Sie Ihre Proben und ordnen Sie sie den Kriterien der Tabelle 1 zu: (Die Proben sollten am gleichen Tag untersucht werden.)

**Tabelle 1**

		ohne Abgaskatalysator		mit Abgaskatalysator	
		kalter Motor	betriebswarmer Motor	kalter Motor	betriebswarmer Motor
Benzinmotor	4 Takt	Probe 1 Yamaha XZ550	Probe 2 Yamaha XZ550		Probe 3 Audi 100
	2 Takt				
Dieselmotor	4 Takt	Probe 4 VW Golf II 1,6l	Probe 5 VW Golf II 1,6l		
	(2 Takt)				



<b>Arbeitsblatt</b> <b>Nr. __1__b</b>	Stadtklima	Klasse / Kurs	Datum
	Luftschadstoffe	Name	

### Luftschadstoffe in Kraftfahrzeugabgasen

#### 2. qualitative Abgasuntersuchung auf CO, CO<sub>2</sub> und NO<sub>x</sub>

A3 Ergänzen Sie die Hinweise zu den Nachweisen durch Angabe der fehlenden Reaktionsgleichungen.

Hinweise zu den Nachweisen:

1. Nachweis von Kohlenstoffmonoxid mit ammoniakalischer Silbernitratlösung:

Eigenschaften von Kohlenstoffmonoxid: Wasserlöslichkeit 0,23g/l (20°C), SdT.: -191°C,

Reduktionsmittel, sehr giftig in Konzentrationen w>5%, MAK: 30ppm

Nachweisreaktionsgleichung:



2. Nachweis von Kohlenstoffdioxid mit Kalkwasser

Eigenschaften von Kohlenstoffdioxid: Wasserlöslichkeit 1,78g/L (20°C), Subl.: -79°C, MAK: 5000ppm

Nachweisreaktionsgleichung:

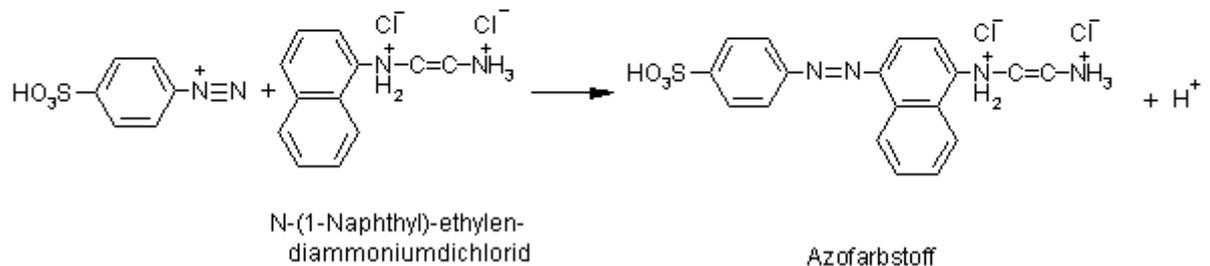
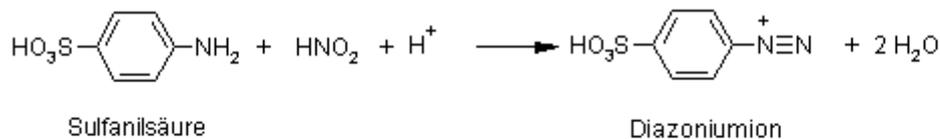


3. Nachweis von Stickstoffoxiden mit Saltmann Lösung

Eigenschaften von Stickstoff-di-oxid: reagiert mit Wasser zu HNO<sub>2</sub> und HNO<sub>3</sub>, SdT.:21°C, Dampfdruck:

1013hPa bei 20°C, sehr giftig in Konzentrationen w>1%, MAK: 5ppm

Nachweisreaktionsgleichungen:



Autoabgase enthalten gesundheitsgefährdende Stoffe:

**Die Experimente sollen im Abzug oder im Freien durchgeführt werden.**

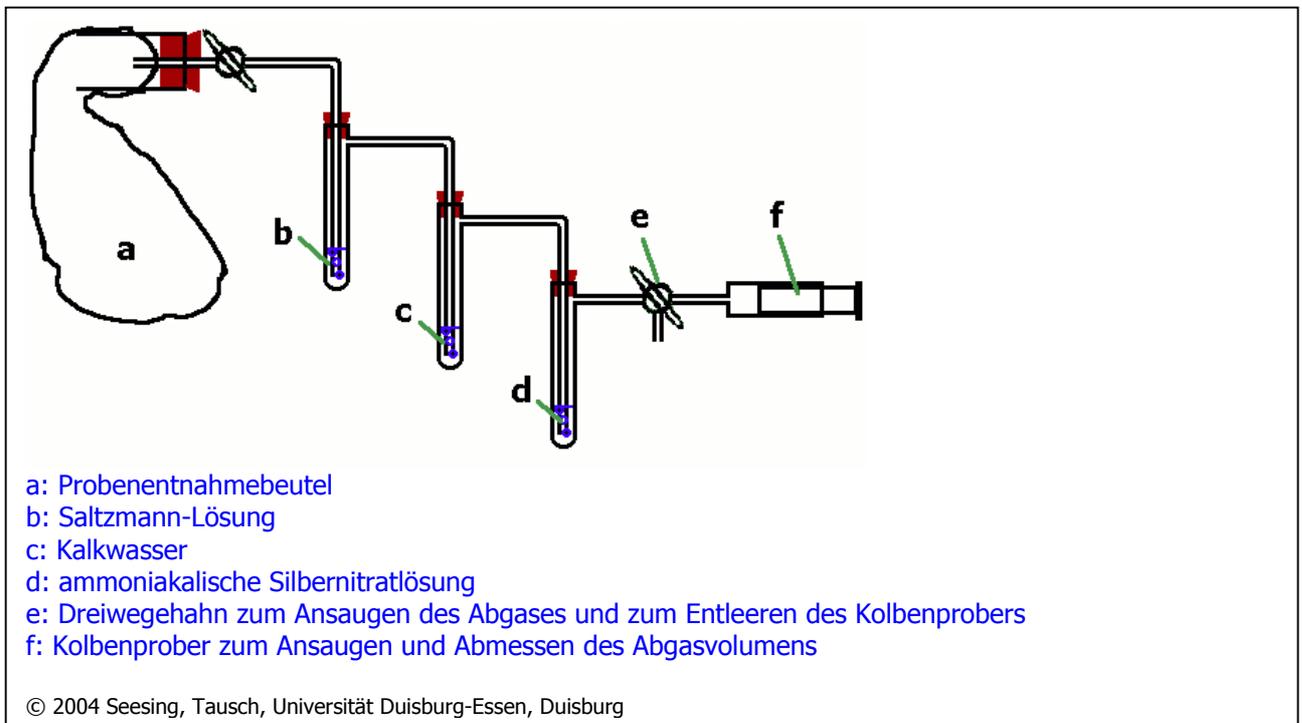
A4 Planen Sie einen Versuchsaufbau mit Versuchsdurchführung, mit dem Sie folgenden Kriterien genügen:

1. Die Abgasproben von Kraftfahrzeugen sollen je Probe simultan auf Kohlenstoffmonoxid, Kohlenstoffdioxid und Stickstoffoxide untersucht werden.
2. Die Nachweise sind so hintereinander anzuordnen, dass sie sich nicht gegenseitig behindern oder verfälschen. (Achten Sie dazu besonders auf die Löslichkeiten bzw. Reaktionsfreudigkeit mit Wasser der Schadstoffe und auf die Reaktionsprodukte.)
3. Eine grob quantitative Unterscheidung der Schadstoffkonzentrationen im Vergleich verschiedener Abgasproben zueinander soll durch Kontrolle des getesteten Abgasvolumens ermöglicht werden.

**Reihenfolge der Nachweise:**

1. **Nitritnachweis mit ca. 2-3ml Saltmannlösung: Stickstoffdioxid reagiert schnell mit Wasser und wäscht insofern leicht aus den Abgasen aus.**
2. **Kohlenstoffdioxidnachweis mit ca. 2-3ml Kalkwasser: Auch Kohlenstoffdioxid ist relativ gut wasserlöslich, doch ist der Anteil im Abgas groß genug, es an zweiter Stelle nachzuweisen.**
3. **Kohlenstoffmonoxidnachweis mit ammoniakalischer (ca. 0,5ml konz. Ammoniaklösung) Silbernitratlösung (ca. 2ml, 2%iger Lösung): Kohlenstoffmonoxid löst sich recht schlecht in Wasser. Ein Reaktionsprodukt des Nachweises ist Kohlenstoffdioxid, sodass dessen Nachweis vorher erfolgen muss.**

**Das relativ kleine Nachweislösungsvolumen verbessert die Nachweisempfindlichkeit.**



**Man sauge etwa 200-600ml Abgas langsam durch die Apparatur. (Der Nitritnachweis benötigt etwas Zeit.)**

**Als Richtwert für alle Messungen nehme man das Volumen, das benötigt wird, um alle drei Nachweise bei einem Abgas von einem kalten Benzin 4-Takt-Motor ohne Katalysator deutlich positiv ausfallen zu lassen. (Für die Beispiel-Angaben unten wurden 400ml verwendet.)**

**[sollen mehrere Messungen nacheinander in derselben Apparatur vorgenommen werden, so ist besonders die Messeinheit "b" gründlich zu spülen und zu trocknen.]**

**Dass sich die Nachweise so nicht gegenseitig stören, kann man durch Durchleiten der reinen Schadstoffgase durch die Apparatur testen.**

**Dazu gibt es auch drei Kurzfilme (im Internet):**

- 1. Nitritnachweis mit Saltzmannlösung: : [Clip 1 \(198kB\)](#).  
Die Stickoxide werden hier aus konzentrierter Salpetersäure und Kupfer entwickelt.**
- 2. Kohlenstoffdioxidnachweis mit Kalkwasser: [Clip 2 \(212kB\)](#).  
Das Kohlenstoffdioxid der Ausatemgase des Menschen wird hier verwendet. (also kein reines CO<sub>2</sub>, doch damit erhält man das gleiche Ergebnis)**
- 3. Kohlenstoffmonoxidnachweis mit ammoniakalischer Silbernitratlösung: : [Clip 3 \(452kB\)](#)  
Das Kohlenstoffmonoxid wird durch Zutropfen konzentrierter Ameisensäure zu heißer (70-80°C) konzentrierter Schwefelsäure hergestellt. [Das zusätzliche erste Reagenzglas dient zum Reinigen des Kohlenstoffmonoxid-Gases und ist mit Wasser gefüllt.]**

**A5**      Untersuchen Sie nun die Abgasproben und erfassen Sie Ihre Ergebnisse tabellarisch.

Probe Nr.	CO	CO <sub>2</sub>	NO <sub>x</sub> als NO
<b>1</b>	<b>viel</b>	<b>viel</b>	<b>etwas weniger</b>
<b>2</b>	<b>etwas weniger</b>	<b>viel</b>	<b>viel</b>
<b>3</b>	<b>kaum nachweisbar</b>	<b>viel</b>	<b>wenig</b>
<b>4</b>	<b>viel</b>	<b>viel</b>	<b>sehr viel</b>
<b>5</b>	<b>weniger</b>	<b>viel</b>	<b>sehr viel</b>