

Versuche zur Luftbelastung durch den Autoverkehr

Fritz Stühr

Im folgenden Artikel sollen Versuche beschrieben werden zur Untersuchung von Benzin auf Benzol, zur Messung von Staub und zur qualitativen Untersuchung von Autoabgasen auf Stickoxide, Kohlenmonoxid, Kohlendioxid und unverbrannte Kohlenwasserstoffe. Die Experimente 1 und 3 führte ich im Fach Chemie in einer 10. Klasse zum Thema Verkehr durch, eingebettet in die Unterrichtseinheit Kohlenwasserstoffe. Die Versuchsanleitungen entnahm ich der unten aufgeführten Literatur. Hierbei gelangen mir nicht alle dort beschriebenen Versuche. Das Heft 1/38 (1989) der Zeitschrift „Praxis der Naturwissenschaften“ ist dem Thema Katalysatoren gewidmet und enthält im Artikel „Katalysatoren für den Umweltschutz“ eine verständliche Darstellung der unterschiedlichen Autokatalysatortypen. Das Heft 3/40 mit dem Thema „Treibstoffe“ beinhaltet weitere Anregungen für Versuche zum Thema „Kraftstoffe“.

1. Nachweis von Benzol in Benzin (siehe [1])

Materialien:

Reagenzgläser, Spatel; Aluminium(III)-chlorid, Kraftstoffe, Chloroform, aromatische Verbindungen, Alkane

Durchführung

Zu 5 ml der zu untersuchenden Kraftstoffe (Benzin oder Diesel) werden 4 ml Chloroform gegeben. Danach wird eine Spatelspitze wasserfreies Aluminiumchlorid so hinzugefügt, daß einige Kristalle an der Wand des Reagenzglases hängen bleiben. Bei benzolhaltigen Kraftstoffen wie Benzin färben sich die Kristalle mit unterschiedlichen Orangetönen, beim Diesel ist dies nicht der Fall. Eine Blindprobe mit z. B. Benzol (Abzug) oder Xylol führt ebenfalls zu einer Verfärbung, was bei Alkanen nicht der Fall ist. Bei der Nachweisreaktion handelt es sich wahrscheinlich um die Friedel-Crafts-Alkylierung. Benzin kann bis zu 5% Benzol enthalten.

Entsorgung: Die Lösungen im Behälter mit halogenhaltigen organischen Stoffen sammeln.

2. Staubmessung

Materialien:

Aluminiumpapier, Pappe- oder Holzstück 10 cm mal 10 cm, transparentes Klebeband, Schere, Trockenschrank, Waage; Vaseline

Durchführung

Auf ein Stück Aluminiumfolie wird ein Quadrat mit der Größe 10 cm mal 10 cm gezeichnet, welches mit dem Klebeband umklebt wird. Das so präparierte Quadrat einschließlich Klebeband wird ausgeschnitten. Nur die innere Fläche, also das Aluminium, bestreicht man mit einer Vaselineschicht, die den Staub aufnehmen soll. Die so präparierte Aluminiumfolie wird im Trockenschrank bei ca. 30 °C 24 Stunden getrocknet und danach gewogen. Es ist peinlich darauf zu achten, daß dort, wo man die Folie anfaßt, keine Vaseline ist, damit durch das Anfassen keine Vaseline weggenommen wird.

Meßpunkt	Beschreibung des Meßpunktes	Masse (g)
Wilhelmsruher Damm/ Ecke Treuenbrietzer Straße	stark befahrene Kreuzung mit Parkplätzen	1,21
Eichhorster Weg	Grünanlage, Parkplatz in der Nähe	0,40
Finsterwalder Straße, am Rande des Märkischen Viertels	Grünanlage	0,16

Messungen zur Staubbelastung im Märkischen Viertel, Juni 1994
(nach Detlev Peter, Bettina - von - Arnim - Gesamtschule)

Die Aluminiumfolie legt man auf die Holz- oder Pappstücke und knickt die Seiten um. Diese Staubmesser sollten für mindestens eine Woche ausgelegt werden.

Legt man sie in unterschiedlichen Entfernungen und Höhen von stark und weniger stark befahrenen Straßen aus, so kann man auf diese Art die Staubbelastung durch den Straßenverkehr bestimmen. Vor einer erneuten Wägung zur Bestimmung der Staubmasse wird unter gleichen Bedingungen getrocknet.

3. Qualitative Analyse von Autoabgasen

Materialien:

Für die Reagenzien: Reagenzgläser mit seitlichem Ansatz, Winkelrohre, durchbohrte Stopfen oder Gaswaschflaschen;

Zur Aufnahme des Autoabgases: großer Luftballon¹ $\varnothing > 100$ cm; Glasglocke oder dickes Glasrohr, an einem Ende mit durchbohrtem Stopfen mit Glasrohr, an dem ein Schlauchstück mit einer Schlauchklemme befestigt ist, verschlossen; Stativmaterial; Schlauchstücke.

Zur Verbrennung von Benzin: Porzellanschale Trichter Absorptionsrohr mit Glaswatte gefüllt zur Aufnahme des Rußes, Wasserstrahlpumpe, um die Verbrennungsgase durch die Apparatur zu saugen.

¹zu beziehen über:

Ball Fantasy, Ballon Großhandel,
Hindenburgdamm 41, 12203 Berlin,
Tel.: 834 70 12

Reagenzien und Reaktionen

a) Unverbrannte Kohlenwasserstoffe

Unverbrannte Kohlenwasserstoffe werden mit Baeyers Reagens als ungesättigte Kohlenwasserstoffe nachgewiesen.

Durch weitere Reaktionen geht das Mangan in die Oxidationsstufen IV und II über.

Der Nachweis ist nicht sehr spezifisch, so können auch Sulfiten Kaliumpermanganat reduzieren.

Lösung I: 6 g Kaliumpermanganat in 100 ml dest. Wasser

Lösung II: 10 g Natriumcarbonat in 100 ml Wasser

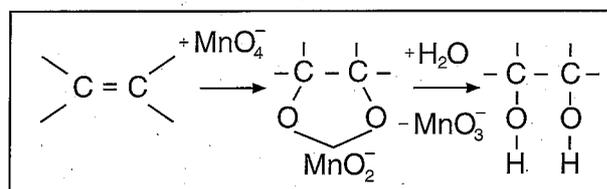
Reagens: Die Lösungen I und II werden im Verhältnis

1 : 10 gemischt und nur frisch verwendet.

Beim Durchleiten der Abgase färbt sich die Lösung nach gut 5 Min. leicht braun.

Im Vergleich mit einer bereitgehaltenen Ausgangslösung ist eine eindeutige Farbänderung, insbesondere an der Glaswand beim leichten Schütteln, zu erkennen.

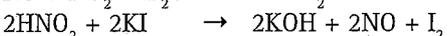
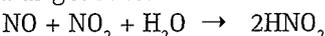
Entsorgung: Die Lösungen können in den Abguß gegeben werden.



b) Stickoxide

Hier gibt es zwei Möglichkeiten:

b1) Stickstoffmonoxid und Stickstoffdioxid reagieren mit Wasser zu salpetriger Säure. Nitrite sind in saurer Lösung Oxidationsmittel, die Jodidionen zu Jod oxidieren. Das gebildete Jod bildet mit der Stärke blaue Jodstärke. Diese dient als Nachweis.



Stoffe: Kaliumjodidlösung ($c = 0,1 \text{ mol}\cdot\text{l}^{-1}$ / $M(\text{KI}) = 166 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$)

Schwefelsäure ($c = 2 \text{ mol}\cdot\text{l}^{-1}$), Stärkelösung

Reagens: In einem Reagenzglas werden etwa 5 ml Kaliumjodidlösung mit 5 Tropfen verdünnter Schwefelsäure und 5 Tropfen Stärkelösung versetzt. Die durchgeleiteten Abgase färben die Lösung recht bald blau.

Entsorgung: Die Lösungen können in den Abguß gegeben werden.

b2) Stickstoffdioxid wird mit der Saltzmannschen Lösung nachgewiesen (VDI-Richtlinien Nr. 2453). Die Probeluft wird durch eine Reaktionslösung geleitet, die sich mit Stickstoffdioxid zu einem rotem Azofarbstoff umsetzt.

Die Farbintensität der Reaktionslösung ist ein Maß für die in dem Probeluftvolumen enthaltene NO_2 -Masse.

Stoffe: Sulfanilsäure; N-[Naphthyl-(1)]-ethylendiammoniumdichlorid, Essigsäure 100%, Dichte $1,05 \text{ kg/l}$, dest. oder demineralisiertes Wasser

Reagens:

Man gibt in einen 1-l-Meßkolben etwa 600 ml Wasser, 50 ml Essigsäure sowie 5 g Sulfanilsäure und rührt bis zum vollständigen Lösen im geschlossenen Gefäß. Anschließend gibt man 0,05 g N-[Naphthyl-(1)]-ethylendiammoniumdichlorid unter Rühren hinzu und füllt, nach Abkühlen auf Raumtemperatur, mit Wasser bis zur Marke auf.

Die fertige Lösung wird in einer braunen Flasche aufbewahrt und ist, vor direktem Licht geschützt, mindestens 1 Woche haltbar. Bei Verwendung muß sie klar und farblos sein.

Will man mit der Saltzmannschen Lösung die Stickoxide nachweisen, so müssen die Autoabgase vorher durch eine saure Kaliumpermanganatlösung geleitet werden, die stärker oxidierend wirkt als die sodaalkalische Kaliumpermanganatlösung und in der Stickstoffmonoxid zu Stickstoffdioxid oxidiert wird.

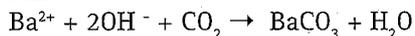
Mir erschien dieses Reagens auf Stickoxide empfindlicher als der Nachweis mit der Jodstärkelösung.

In den VDI-Richtlinien wird ein Verfahren beschrieben, wie man mit Hilfe eines Photometers eine Eichkurve erstellen kann. Gemessen wird im Wellenlängenbereich um 550 nm. So lassen sich evtl. in einem Profilkurs quantitative Stickoxidbestimmungen vornehmen.

Entsorgung: Sammeln im Behälter für halogenfreie organische Stoffe

c) Kohlendioxid

Kohlendioxid wird mit einer Bariumhydroxidlösung oder mit Kalkwasser nachgewiesen.



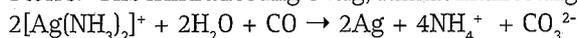
Es bildet sich beim Durchleiten der Auspuffgase schnell ein Niederschlag.

Entsorgung: Die Lösungen können in den Abguß gegeben werden.

d) Kohlenmonoxid

Kohlenmonoxid wird mit einer ammoniakalischen Silbernitratlösung nachgewiesen.

Stoffe: Silbernitratlösung 5%ig, Ammoniaklösung



Reagens: Zur Silbernitratlösung wird so viel Ammoniaklösung gegeben, bis sich der gerade gebildete Niederschlag wieder auflöst.

Es empfiehlt sich, bei der Abgasuntersuchung eine Vergleichslösung bereitzuhalten. Der Beweis ist eindeutig, jedoch von einem Silberspiegel weit entfernt. Die Lösung wird allmählich dunkler.

Entsorgung: Rückgewinnung durch Elektrolyse, siehe [6]

Vorschlag für einen Aufbau:

Um die Autoabgase mit dem Ballon aufzufangen, wickelt man am besten ein Papierhandtuch um den Auspuffstutzen und zieht den Ballon darüber.

Nach ungefähr einer halben Minute hat man genügend Autoabgase aufgefangen.

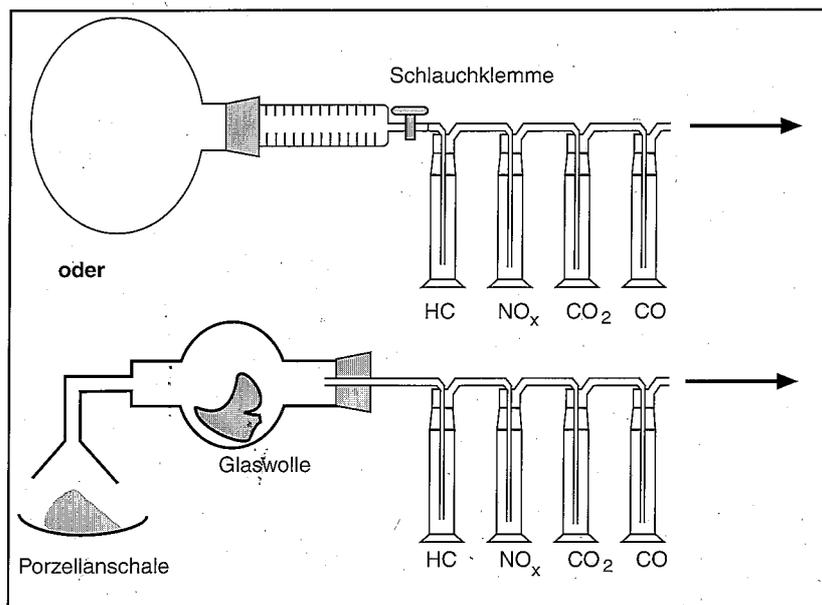
Nimmt man den Ballon mit den Autoabgasen, so ist die Wasserstrahlpumpe entbehrlich. Der Druck im Ballon reicht aus, die Gase durch die Apparatur zu drücken.

Will man zeigen, welche Gase bei der Verbrennung von Benzin entstehen, so kann man Benzin in der Porzellanschale verbrennen.

Ein Problem ist hierbei die Rußbildung. Sollen die Stickoxide mit der Saltzmannschen Lösung nachgewiesen werden, so empfiehlt es sich, den Versuch zweimal durchzuführen. Bei der ersten Durchführung werden die Abgase auf unverbrannte Kohlenwasserstoffe, Kohlendioxid und Kohlenmonoxid untersucht, bei der zweiten auf Stickoxide.

Zwischen dem Ballon mit den Autoabgasen und den Reagenslösungen läßt sich auch ein Reaktionsrohr einfügen, in das man einen Katalysator (Platinquarzwohle oder

Perlkatalysator) einfügt, der durch einen Brenner erhitzt wird. Bestimmt man die Zeit, die benötigt wird, bis eindeutige Änderungen an den Reagenzien zu beobachten sind, so läßt sich die Wirkung der Katalysatoren abschätzen.



Versuchsaufbau

Ich habe die Versuche mit Autoabgasen eines Golfs mit geregelttem Katalysator, die mit kalt laufendem Motor aufgefangen wurden, durchgeführt. Bei mäßigem Luftstrom ergaben sich eindeutige Ergebnisse nach ca. 5 Minuten.

Eindrucksvoll ist auch folgender Versuch:

An den Auspuff eines Autos wird ein Luftballon angeschlossen, und man läßt den Motor eine halbe Minuten laufen. Anschließend wiederholt man den Versuch mit der Änderung, daß nun der Motor in der halben Minute mehrfach ausgemacht und wieder gezündet wird. Im zweiten Fall bilden sich deutlich weniger Abgase.

Literatur

- [1] Eilers, B.,
Schad- und Fremdstoffe in Haushalt und Umwelt – Experimente für den Unterricht, Schroedel 1988
- [2] Brinkmann, H.,
Einfache Versuche zur Veranschaulichung bekannter katalytischer Reaktionen im Unterricht, PdN-Ch 1/38 Jg. 1989, Seite 34 ff
- [3] Brinkmann, H.,
Einfache Schulversuche zum Thema „Treibstoffe“, PdN-Ch 3/40 Jg. 1991, Seite 24 ff
- [4] Klose, S.,
Halbquantitative Analyse von Autoabgasen mit Schulchemikalien, Chem. Schul. (1992) 5, Seite 192 ff
- [5] Verein Deutscher Ingenieure,
Messen der Stickstoffdioxid-Konzentration, manuelles photometrisches Basis-Verfahren (Saltzman) VDI 2453,
zu beziehen durch Verein Deutscher Ingenieure, Düsseldorf 1990
- [6] Asselborn, W. und Demuth, R., Chemieunterricht ohne Entsorgungsprobleme, Schroedel 1992

Quelle: Fahle, W.-E. (1996): Verkehr. Materialien zum fächerübergreifenden Projektunterricht in der Sekundarstufe I. Eine Handreichung des Modellversuchs SchUB.