



Lösung zu Arbeitsblatt Nr. _2_a	Stadtklima	Klasse / Kurs	Datum
	Luftschadstoffe	Name	

Ozon in den Städten und stadtnahen Gebieten.

Informationen zu einem Versuch zur Erzeugung und quantitativen Bestimmung von Ozon:

(Wenn Sie den Versuch selber durchführen wollen:
Achtung: Von einigen Chemikalien und vom UV-Licht gehen Gefahren aus. Informieren Sie sich bezüglich der Chemikalien. Experimentieren Sie mit Bedacht und schützen Sie sich!)

In einem Versuch wird eine Sauerstoff-Atmosphäre, die mit 40 mL Kaliumiodid-Lösung ($w=10\%$), 10 mL Schwefelsäure ($c=0,025$ mol/L) und einigen Tropfen Stärke-Lösung unterschichtet ist, 20 min lang in einem wassergekühlten Tauchlampenreaktor (siehe Bild 1) bestrahlt. 20mL der inzwischen tiefblauen Lösung werden zuerst mit Natriumthiosulfat-Lösung ($c=0,001$ mol/L) bis farblos titriert und anschließend (nach Zugabe von Bromthymolblau) mit Natronlauge ($c=0,005$ mol/L) bis zum Blauumschlag. In weiteren Ansätzen werden dem Sauerstoff verschiedene Gase (Dichlordifluormethan, Methan, Stickstoffdioxid) hinzugegeben. Insgesamt werden bei den Versuchen folgende Messergebnisse erhalten:

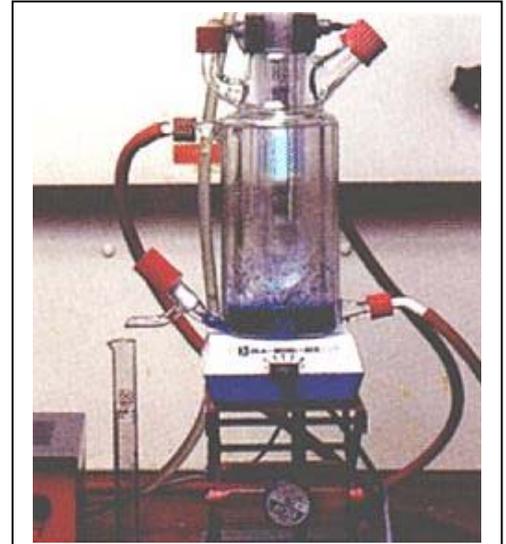


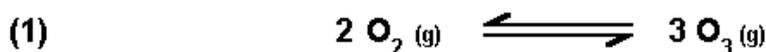
Bild 1: Apparatur zur Erzeugung und quantitativen Bestimmung von Ozon

Atmosphäre	O ₂	O ₂ + CCl ₂ F ₂	O ₂ + NO ₂	O ₂ + NO ₂ + CH ₄	O ₂ + CH ₄	O ₂ + NO ₂ Dunkelversuch (ohne Bestrahlung)
Iodbestimmung: V _{LS} (Na ₂ S ₂ O ₃) =	46,0 mL	104,0 mL	94,4 mL	78,4 mL	72,0 mL	112,0 mL
Restsäurebestimmung V _{LS} (NaOH) =	31,4 mL	37,1 mL	30,6 mL	27,2 mL	32,3 mL	39,5 mL

A1 Berechnen Sie auf einem separaten Blatt aus den Versuchsergebnissen die jeweiligen Ozon-Mengen in mol und tragen Sie diese in die Tabelle unten ein. (evtl. vergleichen Sie mit der Musterrechnung für O₂-Atmosphäre.)

Atmosphäre	O ₂	O ₂ + CCl ₂ F ₂	O ₂ + NO ₂	O ₂ + NO ₂ + CH ₄	O ₂ + CH ₄	O ₂ + NO ₂ Dunkelversuch (ohne Bestrahlung)
Iodbestimmung: n(O ₃) in 10 ⁻⁵ mol	5,75	13,00	11,80	9,80	9,00	14,00
Restsäurebestimmung n(O ₃) in 10 ⁻⁵ mol	5,40	1,81	5,87	8,00	4,81	0,31

Zwei Reaktionen im Reaktor (An der Phasengrenze läuft die Reaktion (2) ab):



A2 Ozon ist relativ schlecht wasserlöslich. Begründen Sie kurz unter Bezug zu den Reaktionsgleichungen (1) und (2) warum im Versuch stark gerührt werden muss.

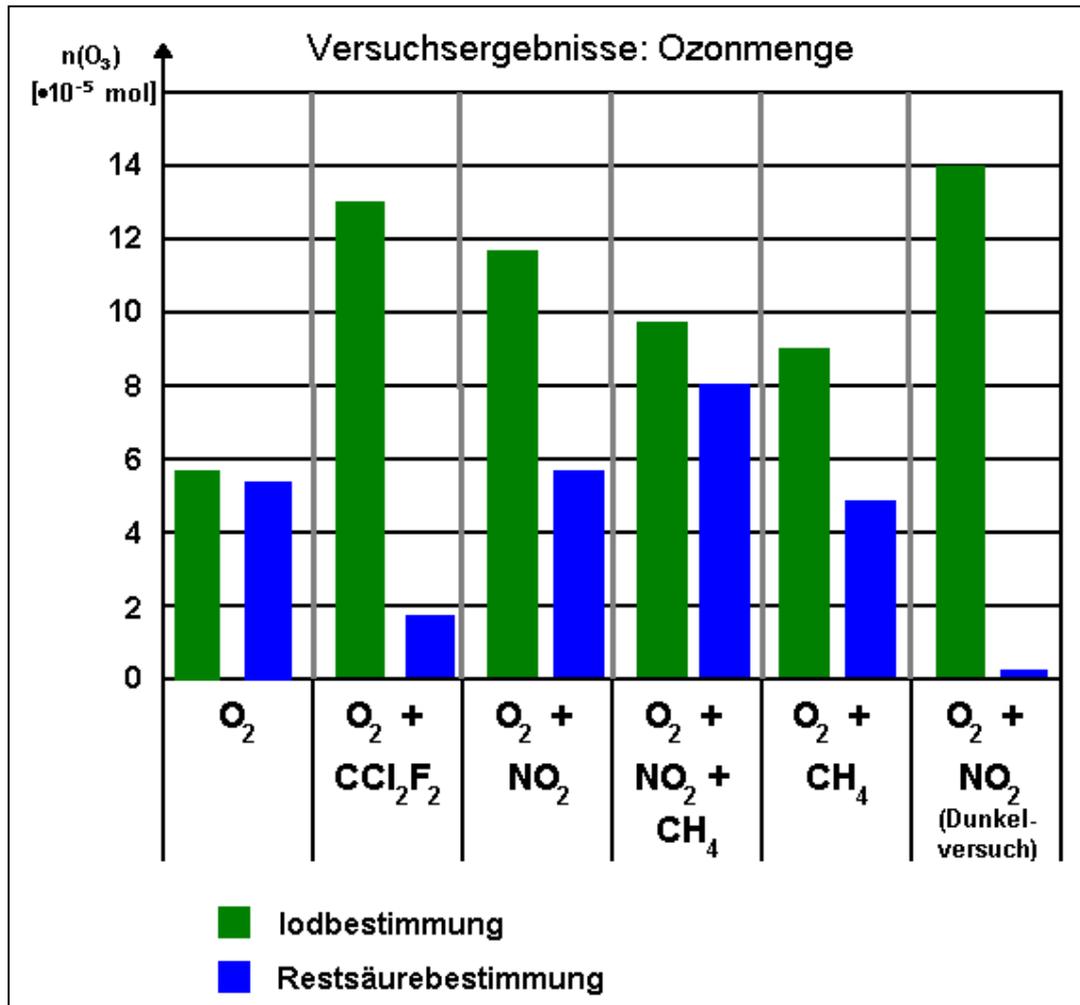
Die Gleichung 1 zeigt, dass Ozon und Sauerstoff im Gleichgewicht vorkommen. Dieses Gleichgewicht lässt sich durch die Reaktion 2 nach rechts zum Ozon verschieben. Doch dazu muss das schlecht lösliche Ozon mit den gelösten Iodid-Ionen in Kontakt kommen. Um die Flüssigkeits-Gas-Grenzfläche zu vergrößern und eine Abreicherung der Iodid-Ionen an der Grenzfläche zu vermeiden, muss stark gerührt werden.



Lösung zu Nr._2_b	Stadtklima	Klasse / Kurs	Datum
	Luftschadstoffe	Name	

Ozon in den Städten und stadtnahen Gebieten.

A3 Tragen Sie die in Aufgabe 1 berechneten Werte in folgendes Diagramm ein.



A4 Was fällt Ihnen beim Vergleich der verschiedenen Ergebnisse auf?

Es fällt auf, dass ...

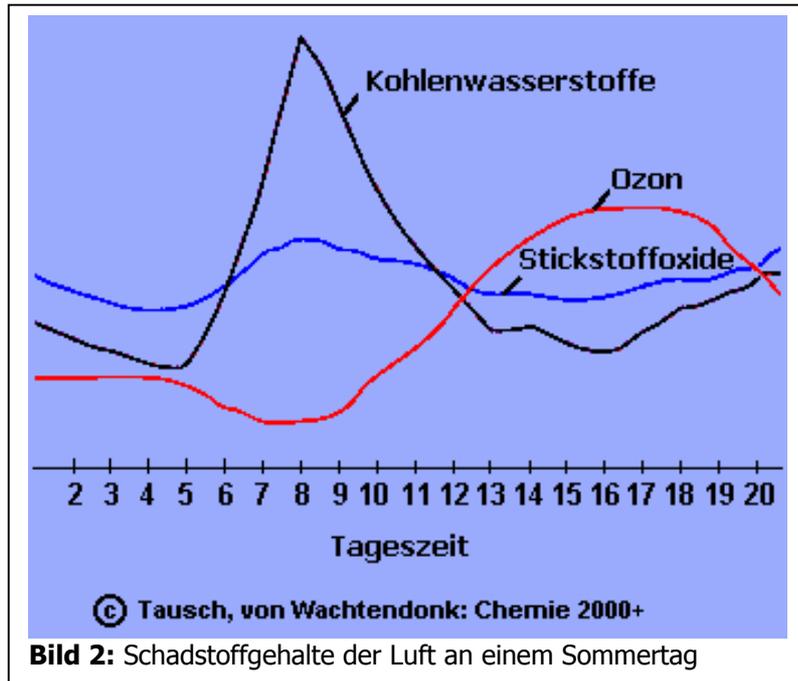
- je nach Versuchsansatz aber auch stark abhängig von der Bestimmungsmethode sehr verschiedene Ozonmengen berechnet werden.
- O₂, O₂ + NO₂, O₂ + CH₄ - Atmosphären ähnlich viel Ozon ergeben.
- CCl₂F₂ (bzw. dessen Spaltprodukte) die Ozonentwicklung verringert.
- O₂ + NO₂ + CH₄ - Atmosphäre die Ozonbildung begünstigt.
- ohne Licht praktisch kein Ozon entsteht.

[Die Iodbestimmung ist auch empfindlich gegenüber verschiedenen anderen Oxidationsmitteln, wie z.B. NO₂, Chlorrydicalen u.a., wohingegen die Restsäurebestimmung praktisch nur den Ozongehalt wiedergibt.]



Lösung zu Nr. 2_c	Stadtklima	Klasse / Kurs	Datum
	Luftschadstoffe	Name	

Ozon in den Städten und stadtnahen Gebieten.



- A5 Im Bild 2 sehen Sie den relativen Gehalt einiger Schadstoffe in der Luft im Verlauf eines Sommertages. Erklären Sie, wie die Peaks in den Morgenstunden zu Stande kommen und woran man erkennt, dass die Kohlenwasserstoffe und die Stickoxide die Vorläufer des Ozons in den Städten und stadtnahen Gebieten sind.

Man kann morgens von ca. 7:00 bis 8:00 Uhr sowohl einen Peak des Kohlenwasserstoffgehaltes als auch des Stickoxidgehaltes der Luft erkennen. Zu dieser Zeit herrscht Rushhour mit sehr viel Autoverkehr. Die Automotoren sind die Quelle dieser Schadstoffe. Wenn die Sonnenstrahlung stärker wird, werden diese Stoffe abgebaut. Dabei entsteht offensichtlich Ozon, dessen Gehalt in der Atmosphäre zunimmt, während gleichzeitig der Gehalt der anderen beiden Schadstoffe abnimmt.

- A6 Der Iodnachweis für Ozon reagiert auch auf Zigarettenrauch positiv. Kann das Ozon sein? (vgl. auch Dunkelversuch bei Aufgabe 1)

Da auch NO₂ einen positiven Iodnachweis ergibt (Siehe Dunkelversuch), lässt sich aus diesem Nachweis nicht ableiten, dass im Zigarettenrauch Ozon vorkommt. Der Nachweis ist nicht spezifisch. (Viele Oxidationsmittel reduzieren Iodid-Ionen.)



Infoblatt zu Arbeitsblatt Nr. <u>2</u>	Stadtklima	Klasse / Kurs	Datum
	Luftschadstoffe	Name	

Ozon in den Städten und stadtnahen Gebieten.

Musterrechnung für die Titrationsen:

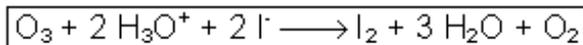
Iod-Titration

$$V_{LS}(\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3) = \underline{\underline{46,0 \text{ ml}}}$$

$$\begin{aligned}\Rightarrow n(\text{S}_2\text{O}_3^{2-}) &= c(\text{S}_2\text{O}_3^{2-}) \cdot V(\text{S}_2\text{O}_3^{2-}) \\ &= 0,001 \text{ mmol/ml} \cdot 46,0 \text{ ml} \\ &= \underline{\underline{0,046 \text{ mmol}}}\end{aligned}$$



$$\Rightarrow n(\text{I}_2) = \frac{1}{2} \cdot n(\text{S}_2\text{O}_3^{2-}) = \underline{\underline{0,023 \text{ mmol}}}$$



$$\begin{aligned}\Rightarrow n_{20 \text{ ml}}(\text{O}_3) &= n(\text{I}_2) = 0,023 \text{ mmol} \\ &= \underline{\underline{2,3 \cdot 10^{-5} \text{ mol}}}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\Rightarrow n_{50 \text{ ml}}(\text{O}_3) &= 2,5 \cdot n_{20 \text{ ml}}(\text{O}_3) \\ &= \underline{\underline{5,75 \cdot 10^{-5} \text{ mol}}}\end{aligned}$$

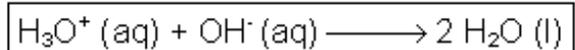
$$n(\text{O}_3) = \underline{\underline{5,75 \cdot 10^{-5} \text{ mol}}}$$

8

Restsäure-Titration

$$V_{LS}(\text{NaOH}) = \underline{\underline{31,4 \text{ ml}}}$$

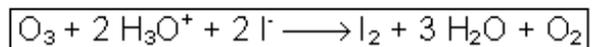
$$\begin{aligned}\Rightarrow n(\text{OH}^-) &= c(\text{NaOH}) \cdot V(\text{NaOH}) \\ &= 0,005 \text{ mmol/ml} \cdot 31,4 \text{ ml} \\ &= \underline{\underline{0,157 \text{ mmol}}}\end{aligned}$$



$$\Rightarrow n(\text{H}_3\text{O}^+) = n(\text{OH}^-) = \underline{\underline{0,157 \text{ mmol}}}$$

$$\begin{aligned}n(\text{H}_3\text{O}^+) &= 2 \cdot n(\text{H}_2\text{SO}_4) \\ &= 2 \cdot \left(\frac{10 \text{ ml} \cdot 0,025 \text{ mmol/ml} \cdot 20 \text{ ml}}{50 \text{ ml}} \right) \\ &= \underline{\underline{0,2 \text{ mmol}}}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\Rightarrow n(\text{H}_3\text{O}^+_V) &= n(\text{H}_3\text{O}^+_A) - n(\text{H}_3\text{O}^+_T) \\ &= 0,2 \text{ mmol} - 0,157 \text{ mmol} \\ &= \underline{\underline{0,043 \text{ mmol}}}\end{aligned}$$



$$\begin{aligned}\Rightarrow n_{20 \text{ ml}}(\text{O}_3) &= \frac{1}{2} n(\text{H}_3\text{O}^+_V) = 0,0215 \text{ mmol} \\ &= \underline{\underline{2,15 \cdot 10^{-5} \text{ mol}}}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\Rightarrow n_{50 \text{ ml}}(\text{O}_3) &= 2,5 \cdot n_{20 \text{ ml}}(\text{O}_3) \\ &= \underline{\underline{5,38 \cdot 10^{-5} \text{ mol}}}\end{aligned}$$

$$n(\text{O}_3) = \underline{\underline{5,38 \cdot 10^{-5} \text{ mol}}}$$

A: Ausgangsmenge;

T: bei der Titration verbrauchte Menge;

V: verbrauchte Menge