

Die Luftverschmutzung

Schadstoff	chem. Abkürzung	Jahresmittel-Grenzwert CH	Entstehung : Verbrennen von ...	chem. Wirkung	biologische Wirkung
Kohlendioxid	CO ₂	0,5 %	Holz, Kohle, Gas, Benzin, Heizöl	CO ₂ + H ₂ O → H ₂ CO ₃	(1) , (2)
Schwefeldioxid	SO ₂	30 µg/m ³	Heizöl, Benzin	2 SO ₂ + O ₂ + 2 H ₂ O → 2 H ₂ SO ₄	(1) , (2)
Stickstoffmonoxid	NO	30 µg/m ³	Heizöl, Benzin	2 NO + O ₂ → 2 NO ₂	(1) , (2) , (3)
Stickstoffdioxid	NO ₂			4NO ₂ + O ₂ + 2 H ₂ O → 4 HNO ₃	
Ozon (in Bodennähe)	O ₃	120 µg/m ³ (h) 180 µg/m ³ (Mt)	Heizöl, Benzin	NO ₂ $\xrightarrow{\text{UV-Licht}}$ NO + O O + O ₂ → O ₃ 2 O ₃ → 3 O ₂ + Energie	(3)
Fluor-Chlor-Kohlenwasserstoffe	FCKW		Plastik, Lösungsmittel (Verdünner, Pinselreiniger), Benzin, Kühlmittel, Aufschäummittel	} Ozonkiller	(4)
Russ	C		Benzin, Oel, Plastik, Raucherwaren, Gummi	-	(5)
<u>Schwermetalle</u>					
• Blei	Pb		bleihaltiges Benzin Farben, Autobatterien	-	} (6)
• Quecksilber	Hg		Leuchtstoffröhren Knopfzellen	-	
• Cadmium	Cd		Farben, Batterien	-	

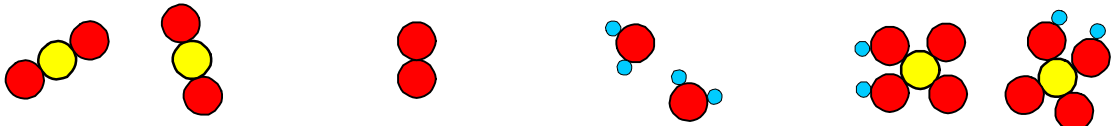
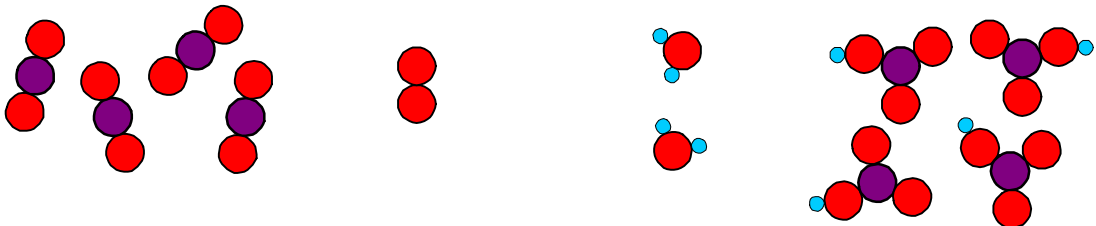
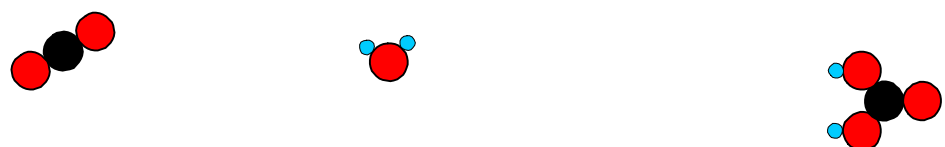

Biologische Auswirkungen

	Ursache	Auswirkungen und Folgen
(1)	Saurer Regen	wäscht Nährstoffe aus den Pflanzen. <ul style="list-style-type: none"> • Übersäuerung des Bodens und der Gewässer • Baumsterben
(2)	Treibhauseffekt	CO ₂ bildet um die Erde einen Mantel, so dass die von der Erde abgestrahlte Wärme nicht mehr ungehindert in den Weltraum abstrahlen kann. <ul style="list-style-type: none"> • allgemeine Temperaturerhöhung • Klimaveränderung • Abschmelzen der Polkappen
(4)	Ozonloch in der Stratosphäre	In etwa 10 – 50 km Höhe bilden die Ozonmoleküle O ₃ einen Schutzschild, der 99 % der ultravioletten Sonnenstrahlung auffängt. Fluorchlorkohlenwasserstoffe FCKW sind normalerweise stabile Verbindungen, die sich kaum verändern und also auch nicht abgebaut werden. So ist es ihnen möglich, in diese Höhen zu gelangen. Unter dem Einfluss des energiereichen ultravioletten Sonnenlichtes aber werden sie zu aggressiven Stoffen, die das Ozon O ₃ in gewöhnlichen Sauerstoff O ₂ verwandeln und so einen Ozonmangel, also das Ozonloch erzeugen. Heute ist das Ozonloch grösser als das Gebiet der USA. <ul style="list-style-type: none"> • Hautkrebs • Blindheit
(3)	zuviel Ozon am Boden	Stickoxide und Kohlenwasserstoffe bilden unter Einwirkung des Sonnenlichtes Ozon O ₃ , das für Menschen, Tiere und Pflanzen schädlich ist. Hohe Konzentrationen bilden sich an sonnigen Tagen besonders über den Städten. Nach Beginn des Morgenverkehrs steigen die Werte an und erreichen am Nachmittag ihr Maximum. Bei Sonnenuntergang hört die Produktion auf. Das tagsüber gebildete, sehr aggressive Gas wird vom Wind in die ländlichen Gebiete verfrachtet, wo es sich nur langsam abbaut. Dies erklärt die oft höheren Ozon-Konzentrationen in Berggegenden als in den Städten und Industriegebieten. <ul style="list-style-type: none"> • Atembeschwerden • Augenbrennen • Hustenreiz • Kopfschmerzen
(5)	Rauch	Unvollständige Verbrennungsvorgänge erzeugen feinste Russpartikel. <ul style="list-style-type: none"> • Bronchienverengungen • chronische Bronchitis • Lungenerweiterung • Lungenkrebs • Kreislaufstörungen • Herzinfarkt • Blutgefäss-Verschlüsse an den Beinen
(6)	Schwermetalle	gelangen in den Nahrungskreislauf und reichern sich so im Körper an. <ul style="list-style-type: none"> • Schädigung des Blutsystems • Hirnschäden

Der saure Regen

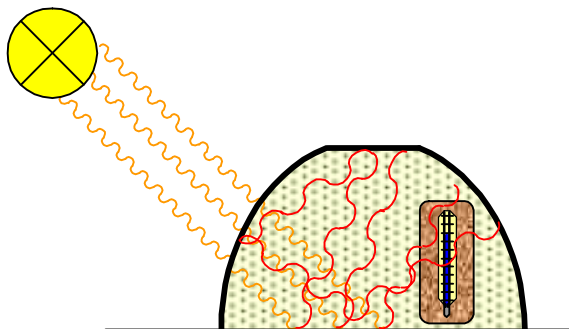
Zahlreiche Luftschadstoffe entwickeln sich mit dem Regenwasser zu Säuren, die das Wachstum der Pflanzen und Tierwelt beeinträchtigen (Baum-, Fisch- und Planktonsterben) und an Gebäuden und technischen Einrichtungen Schaden anrichten (Steinfrass, Korrosion).

So entstehen beim Verbrennen von ...

Quelle	chem. Reaktion	Produkt
<u>Heizöl</u>	Schwefel + Sauerstoff → Schwefeldioxid	Schwefeldioxid
	Schwefeldioxid + Sauerstoff + Wasser → Schwefelsäure	Schwefelsäure
	$S + O_2 \rightarrow SO_2$ $2 SO_2 + O_2 + 2 H_2O \rightarrow 2 H_2SO_4$	SO_2 $2 H_2SO_4$
		
<u>Benzin</u>	Stickstoff + Sauerstoff → Stickstoffmonoxid	Stickstoffmonoxid
	Stickstoffmonoxid + Sauerstoff → Stickstoffdioxid	Stickstoffdioxid
	Stickstoffdioxid + Sauerstoff + Wasser → Salpetersäure	Salpetersäure
	$N_2 + O_2 \rightarrow 2 NO$ $2 NO + O_2 \rightarrow 2 NO_2$ $4 NO_2 + O_2 + 2 H_2O \rightarrow 4 HNO_3$	$2 NO$ $2 NO_2$ $4 HNO_3$
		
<u>Kohle</u>	Kohlenstoff + Sauerstoff → Kohlendioxid	Kohlendioxid
<u>Heizöl</u>	Kohlendioxid + Wasser → Kohlensäure	Kohlensäure
<u>Benzin</u>		
	$C + O_2 \rightarrow CO_2$ $CO_2 + H_2O \rightarrow H_2CO_3$	CO_2 H_2CO_3
		
<u>Kunststoffe</u> (chlorhaltig)		→ Salzsäure HCl
		

Der Treibhauseffekt

Versuch

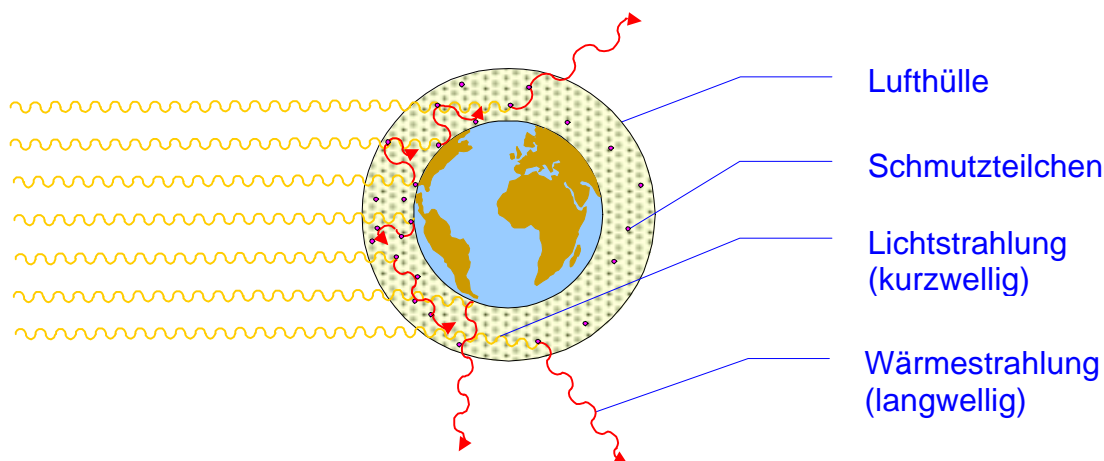
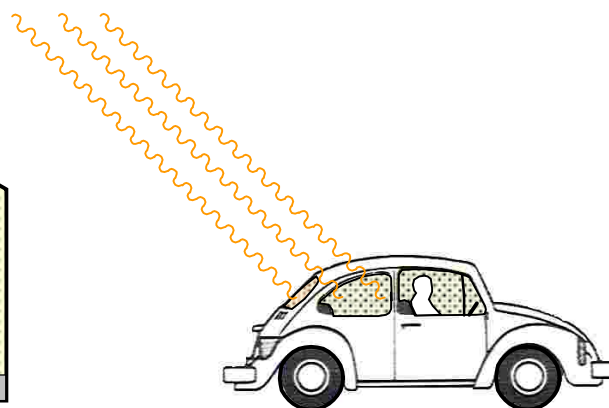
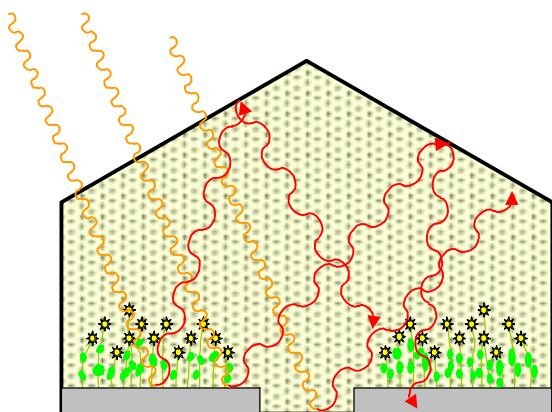


Auf ein schwarzes Blatt Papier stellen wir ein Thermometer, legen darüber eine gläserne Salatschüssel und bestrahlen sie mit einer starken Lampe.

Beobachtung :

Die Lufttemperatur im Innern der Schüssel steigt markant an.

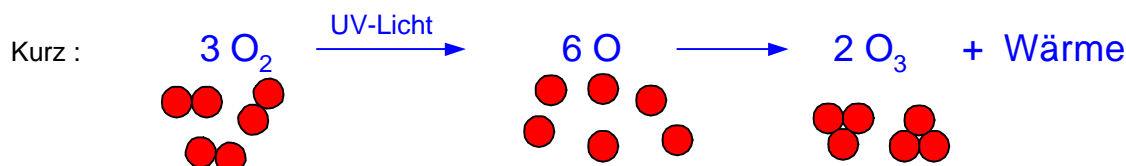
Den gleichen Effekt können wir in einem Wintergarten, einem Gewächshaus oder in einem Auto feststellen, welches mit geschlossenen Scheiben in der Sonne steht :



Erklärung: Das (kurzwellige, temperaturlose) Sonnenlicht dringt durch die Lufthülle auf die Erde. Beim Auftreffen auf die Erde wandelt es sich in (langwellige) Wärme um. Diese wird zum grössten Teil wieder in den Weltraum hinaus abgestrahlt. Ist die Lufthülle jedoch stark verschmutzt (CO_2 , SO_2 , CH_4 , Russ, Staub, etc.) so wird die Wärmeabstrahlung behindert (Wärmefalle). Das führt zu einer allmählichen aber stetigen Erwärmung. Dieses Phänomen nennt man **Treibhauseffekt**. Gletscherschmelze, Regenfluten, Hochwasser, Überschwemmungen, Austrocknungen, Dürregebiete usw. sind die Folgen.

Zu wenig Ozon oben

Unter natürlichen Bedingungen entsteht Ozon hauptsächlich im Bereich der Stratosphäre. Dort, in 12 bis 50 Kilometer über der Erdoberfläche, spaltet das UV-Licht der Sonne die Sauerstoff-Moleküle in atomaren Sauerstoff auf und verliert dabei seine lebensfeindliche Wirkung. Die einzelnen Sauerstoffatome sind sehr reaktionsfreudig und verbinden sich sofort mit anderen Sauerstoff-Molekülen zu Ozon. Ozon ist aber keine stabile Verbindung, es zerfällt laufend. Die Natur hat es so eingerichtet, dass sich Aufbau und Zerfall die Waage halten (natürlicher Kreislauf). Die Ozonschicht der Stratosphäre schützt uns also vor der UV-Strahlung, indem sie diese für ihren Aufbau abbaut.



Wie entsteht das Ozonloch in der Stratosphäre ?

	1	Ein aufgestiegenes FCKW-Molekül (z.B. Chloroform CHCl ₃)
	2	wird von UV-Lichtstrahl getroffen, welcher ein Chloratom abspaltet.
	3	Das abgespaltene Chloratom ist ein regelrechter Räuber, es greift ein Ozonmolekül an
	4	und entreisst ihm ein Sauerstoffatom. So entsteht Chlormonoxid und Sauerstoff O ₂ .
	5	Das Chlormonoxid ist jedoch noch nicht satt : es schnappt sich ein freies Sauerstoffatom
	6	stößt dann aber seine 2 Sauerstoff-Teilchen ab und
	3	räubert - wieder solo - weiter. Es greift ein nächstes Ozonmolekül an und spaltet es auf ... hunderttausendmal, bis es kein O ₃ mehr findet. Folge : Ozonmangel = Ozonloch

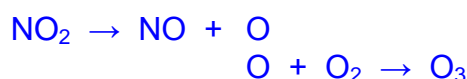
Zu viel Ozon unten

In den Abgasen der Autos sind Stickoxide NO_x [NO Stickstoffmonoxid, NO₂ Stickstoffdioxid] enthalten, welche unter dem Einfluss der Sonnenstrahlung ein O-Atom verlieren.

Dieses reagiert rasch mit einem O₂-Molekül, wobei Ozon O₃ entsteht. Flüchtige organische Verbindungen aus Fabriken, Gewerbebetrieben und Haushalten (Benzin, Lösungsmittel) beschleunigen die Ozonbildung. Das Ozon wird durch den Wind auch in ländliche Gebiete, wo weniger Verkehr herrscht, verweht.

Wenn nach einem sonnenreichen Sommertag die intensive Sonnenstrahlung nachlässt bzw. fehlt, sinkt die Ozonbelastung, weil die angesammelten Stickoxide ohne UV-Strahlung das Ozon wieder zerstören. Da es in ländlichen Gebieten weniger Verkehr und damit auch weniger Stickoxide hat als in städtischen, läuft der Ozonabbau dort auch langsamer. So kommt es, dass die Ozonkonzentration abseits der Städte oft höher ist als dort, wo die meisten Abgase produziert werden. Wenn nun zusätzlich noch nachts weniger Ozon abgebaut wird als tagsüber entsteht, so steigen die Ozonwerte bei Schönwetterperioden von Tag zu Tag.

mit UV-Licht (tagsüber) : Ozonaufbau



ohne UV-Licht (nachts) : Ozonabbau

