

Aufgabe 104	Was meint der Begriff Treibhausgas?
Aufgabe 105	Warum bildet sich aus Sauerstoff in der Stratosphäre Ozon und in der Troposphäre nicht?
Aufgabe 106	Geben Sie für jeden Schadstoff an, zu welchem(n) Umweltproblem(en) er beiträgt: A) Kohlenstoffdioxid B) Schwefeldioxid C) VOC D) FCKW
Aufgabe 107	Welche Anzeichen des Klimawandels können Sie in Ihrem Alltag entdecken?
Aufgabe 108	Welche Wirkungen können folgende Veränderungen auf das Erdklima haben? A) Zunahme der Reisanbaufläche B) Zunahme der Verdunstung durch die steigende Temperatur C) Zunahme der Fläche der Sandwüsten
Aufgabe 109	Welche Massnahmen müssen wir treffen, um die CO ₂ -Emissionen zu reduzieren?

12.2 Vom Menschen verursachte Luftverunreinigungen

Im Gegensatz zu den eher langfristigen Auswirkungen des Klimawandels beeinträchtigen die vom Menschen (anthropogen) verursachten Luftverunreinigungen, die wir hier besprechen, sehr schnell und eindeutig die menschliche Gesundheit. Beispiele sind Atemwegserkrankungen durch Smog oder Sonnenbrand durch das Ozonloch.

12.2.1 Wintersmog (Smog)

Smog^[1] ist das Kurzwort für ein Rauch-Nebel-Gemisch, das die Gesundheit der Menschen gefährdet. Er entsteht durch **Luftverschmutzung**. Diese hat drei Hauptverursacher: Industrie, Haushalt (Heizungen mit Heizöl) und Verkehr (Kraftfahrzeug- und Luftverkehr).

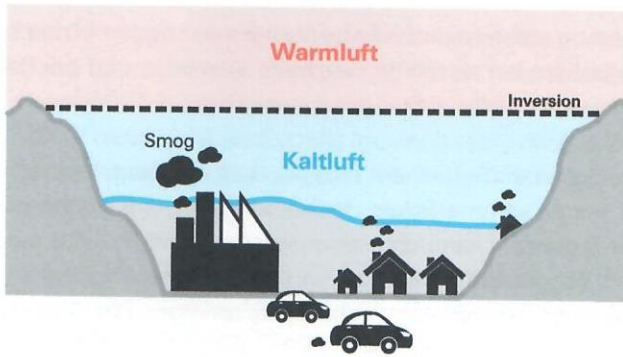
Inversion und Wintersmog

Wintersmog entsteht bei sogenannten **Inversionslagen**: Normalerweise nimmt die Lufttemperatur mit der Höhe ab. Die erwärmte Luft aus Bodennähe kann ungehindert aufsteigen und sorgt so für eine ständige Durchmischung der Troposphäre. Bei **Inversionslagen** aber liegt am Boden Kaltluft, darüber lagern wärmere Luftschichten – die Luft ist nicht normal, sondern umgekehrt (= invers) geschichtet.

Diese stabile Luftschichtung (schwere Kaltluft unten, leichte Warmluft oben) führt dazu, dass praktisch **kein Luftaustausch** zwischen der kalten Luftschicht am Boden und der wärmeren darüber stattfindet. Deshalb wird die Inversionsschicht oft auch **Sperrschicht** genannt. Dies kann zur **Anreicherung der Luftschadstoffe** (vor allem Russ, Staub und Schwefeldioxid) in bodennahen Schichten führen. Die austretenden Schadstoffe bleiben in Bodennähe gefangen und die Schadstoffkonzentration erhöht sich. Inversionslagen treten vor allem im Winter auf und können wenige Stunden bis zu mehreren Tagen dauern.

[1] Engl. *smoke* «Rauch» und engl. *fog* «Nebel».

[Abb. 12-10] Wintersmog bei Inversionslagen



Der Luftaustausch ist praktisch unmöglich (Sperrschicht!). Die Schadstoffe reichern sich an. Insbesondere an Wintertagen entsteht so der Wintersmog.

Wintersmog war früher in Europa regional ein grosses Problem. Unvergessen bleiben die extremen Smogsituationen in London in den 1950er- und 1960er-Jahre. Daher wird Wintersmog auch als London-Typ oder «**Londoner Smog**» bezeichnet. Durch gezielte Massnahmen konnte die Londoner Luftqualität aber rasch und massiv verbessert werden.

Smogalarm in China

Heute bereitet Wintersmog vor allem in verschiedenen **Grossstädten Chinas** schwerwiegende Probleme. Im Winter 2015 wurde in zehn verschiedenen chinesischen Städten wegen der starken Luftverschmutzung die höchste Alarmstufe ausgerufen. Die starke Luftbelastung entsteht vor allem durch die Kohleverbrennung zur Energiegewinnung, den stetig wachsenden Verkehr und durch Tausende von Industrieanlagen, die nicht so strengen Umweltauflagen unterliegen wie in Europa oder den USA.

Pro Jahr sterben einer Studie zufolge bis zu **1.6 Millionen Chinesinnen und Chinesen** an den Folgen der Luftverschmutzung!^[1] Das genaue Ausmass ist noch wenig bekannt, es müsste jedenfalls schnell gehandelt werden. Die heutige Umwelttechnik würde es ermöglichen, die Emissionen rasch zu senken.

[Abb. 12-11] Wintersmog in Beijing, der Hauptstadt Chinas, Dezember 2015



Bild: © Shaowen1994 / Dreamstime.com

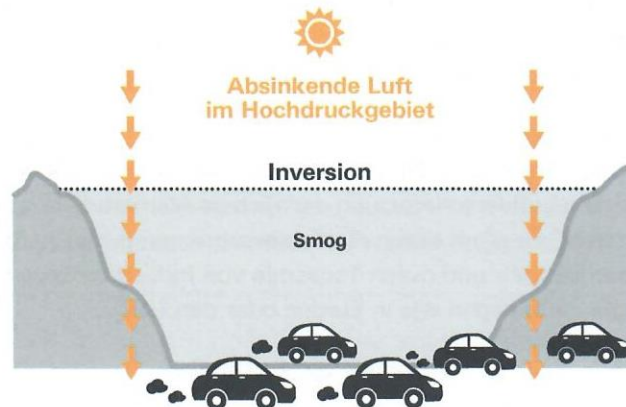
[1] http://www.deutschlandfunk.de/luftverschmutzung-in-china-taeglich-sterben-4-000-menschen.1818.de.html?dram:article_id=328294 (8.3.2016)

12.2.2 Sommersmog: Troposphären-Ozon

Wie entsteht Sommersmog?

Der **Sommersmog** entsteht durch hohe Ozonkonzentration in den bodennahen Luftschichten der Troposphäre bei **schönem, warmem Wetter** in und bei Gebieten mit **hohem Verkehrsaufkommen**. Er bildet sich durch **fotochemische Reaktionen**, die durch das Sonnenlicht ausgelöst werden, aus den vom Menschen emittierten **VOC, Stickoxiden und Kohlenmonoxid**. Die Schadstoffe reichern sich an, weil wie beim Wintersmog der **Luftaustausch gehemmt** ist. In den sommerlichen Hochdrucklagen – im Hochdruckgebiet herrscht absinkende Luftbewegung! – kann die verschmutzte Stadtluft nicht aufsteigen, sondern bleibt in Bodennähe liegen. Sommersmog wird auch **«Los-Angeles-Smog»** (vgl. Abb. 12-12) genannt, weil er im autoverkehrsreichen und sonnigen Los Angeles häufig auftritt.

[Abb. 12-12] Der «Los-Angeles-Smog» oder Foto- bzw. Sommersmog



Austauscharme Lagen, insbesondere im Sommer, sind dafür verantwortlich. Starker Sonnenschein sowie hohe Konzentrationen von Stickoxiden begünstigen die Entstehung von fotochemischem Smog.

Das durch menschliche Tätigkeiten bedingte Ozon ist regional und zeitlich unregelmässig verteilt. Die höchsten Konzentrationen treten zur **sommerlichen Mittagszeit in der Nähe von Ballungsräumen** auf. Weil aber die hauptsächlich aus dem Verkehr stammenden Emissionen während der Smogbildung durch den Wind verfrachtet werden, sind auch ländliche Gebiete betroffen.

Fotochemische Reaktion

Bei der fotochemischen Reaktion spaltet die **starke Sonnenstrahlung** dem Distickstoffmonoxid (Lachgas, N_2O), aber auch dem Stickstoffdioxid (NO_2) ein Sauerstoffatom ab. Dieses einzelne Sauerstoffatom klammert sich an ein «gewöhnliches» Sauerstoffmolekül O_2 , das so zu einem Ozonmolekül O_3 wird.

Wirkungen

Ozon ist ein Reizgas, das schon in niedrigen Konzentrationen eine **ätzende Wirkung** auf die Atemwege ausübt. Kinder und ältere Personen sind besonders gefährdet. Bei hohen Ozonwerten sollten sportliche Anstrengungen im Freien generell unterlassen werden. Auch der Atemprozess von Pflanzen und Tieren wird negativ beeinflusst.

Darüber hinaus hat Ozon noch folgende Bedeutung für das Klima und das Leben:

- **Ozon absorbiert in der Stratosphäre die harte Ultraviolettstrahlung** (UV-Strahlung → Sonnenbrand) zum grossen Teil und schützt so das Leben (vgl. Kap. 12.2.3, S. 169).
- **Ozon wirkt in der Troposphäre als Treibhausgas** (2000-mal so wirksam wie CO_2 , vgl. Kap. 12.1.3, S. 157).

Beachten Sie: Sommersmog ist ein irreführender Begriff, denn hier hat Smog nichts mit dem *Smoke* (Rauch) und *Fog* (Nebel) des Wintersmogs zu tun! Beim Sommersmog entsteht die schädigende Substanz (Ozon) erst sekundär, d. h. erst durch Umwandlung der Vorläufersubstanzen Stickoxide und VOC.