

Dicke Luft über Deutschland – Ozonbelastung und Smoggefahr

Martin Kappas, Alexander Seidlich und Alexander Siegmund



Inversionswetterlage in Stuttgart

Vor 100 Jahren – irgendwo in einem industriellen Ballungsraum: Winter, feucht-kalte Luftmassen liegen über der Region, Windstille, Abgase sammeln sich. Eine Dunstglocke verringert die Sichtweite bis auf wenige Meter, kaum ein Sonnenstrahl dringt hindurch.

Smog! (aus dem Englischen: *smoke*=Rauch und *fog*=Nebel). Heute: Hochsommer, blauer Himmel, kaum Bewölkung, nur schwacher Wind. Und doch liegt anstelle frischer reiner Luft etwas in der Atmosphäre – **Ozon!**

(Jahres-)zeitlich zwar weit voneinander entfernt, ähneln sich beide Situationen doch stark. Ursprünglich beschrieb Smog eine Dunstglocke aus Schadstoffen über größeren Städten und Industriegebieten. Diese Dunstglocke entsteht, wenn die in die Luft emittierten Schadstoffe bei wenig Wind und stabiler Schichtung der **Atmosphäre** nicht abtransportiert werden können. Windgeschützte Tal- und Beckenlagen sind davon besonders betroffen **2**.

Heute assoziiert man mit Smog hauptsächlich die bodennahe Konzentration an Ozon (Sommersmog). 90% des Ozons befinden sich jedoch in der Ozonschicht oberhalb von 20 km in der

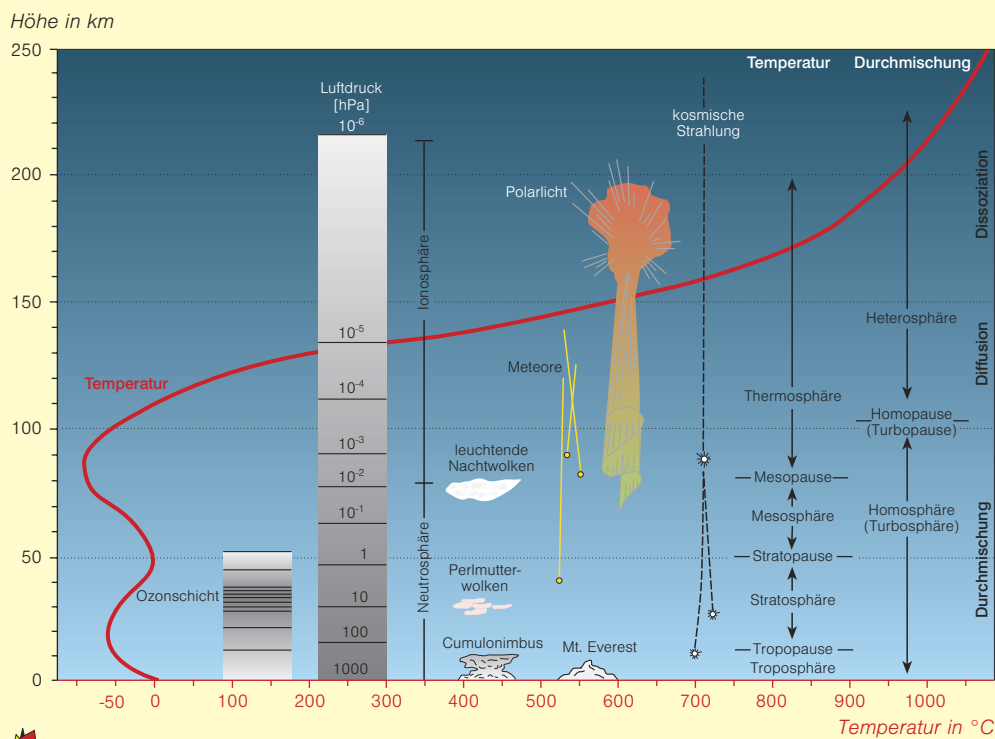
Ozon – O₃, unsichtbares und giftiges Gas, das in geringen Mengen als natürliches Gas in der Atmosphäre vorkommt. Ozon entsteht dadurch, dass kurzwelliges Licht den Sauerstoff zunächst zu elementarem Sauerstoff spaltet. Dieser reagiert dann mit molekularem Sauerstoff zu Ozon.

▷ **Stratosphäre** und schützen vor schädlichen ultravioletten Strahlen der Sonne (UV-B und UV-C). Die restlichen 10% befinden sich in den unteren Luftschichten, der **Troposphäre** **1**.

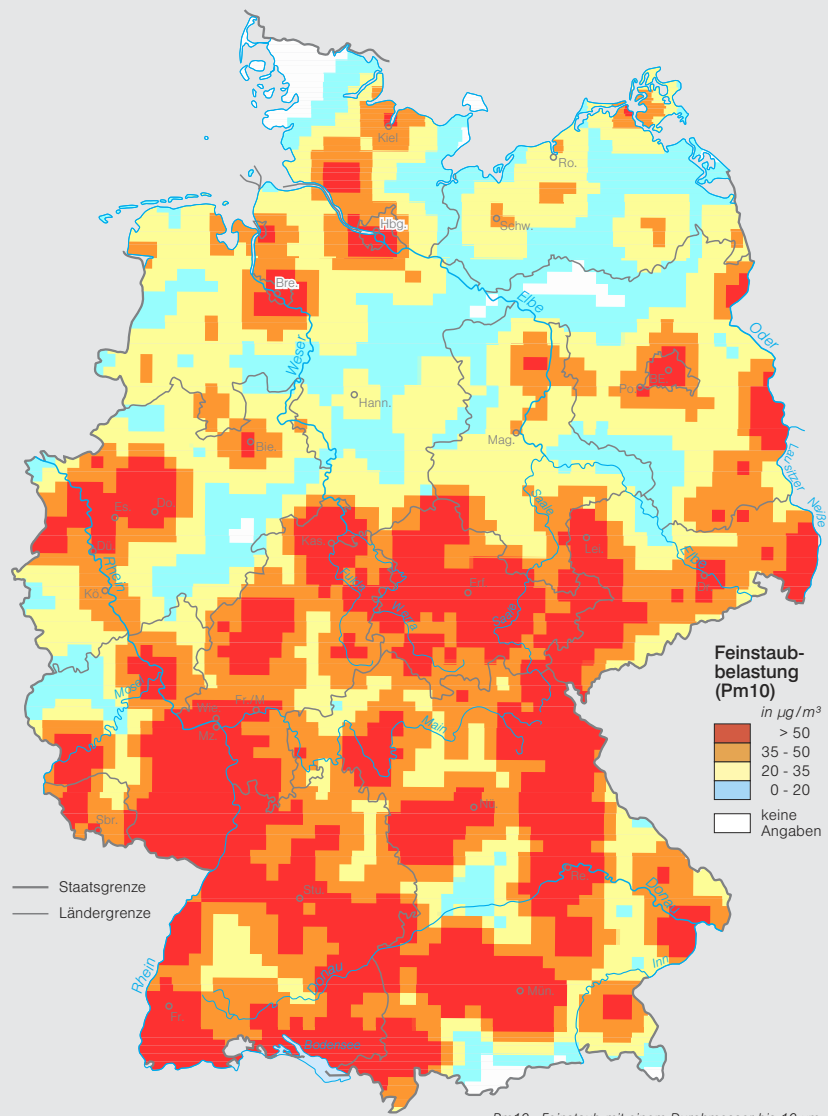
Die Ozonschicht

Im oberen Teil der irdischen Lufthülle, der Stratosphäre, befindet sich in 20-40 km Höhe eine Schicht, die den Großteil des atmosphärischen Ozons enthält. Ozon ist ein Spurengas, das in der Atmosphäre nur in sehr geringen Mengenanteilen vorkommt. Unter den

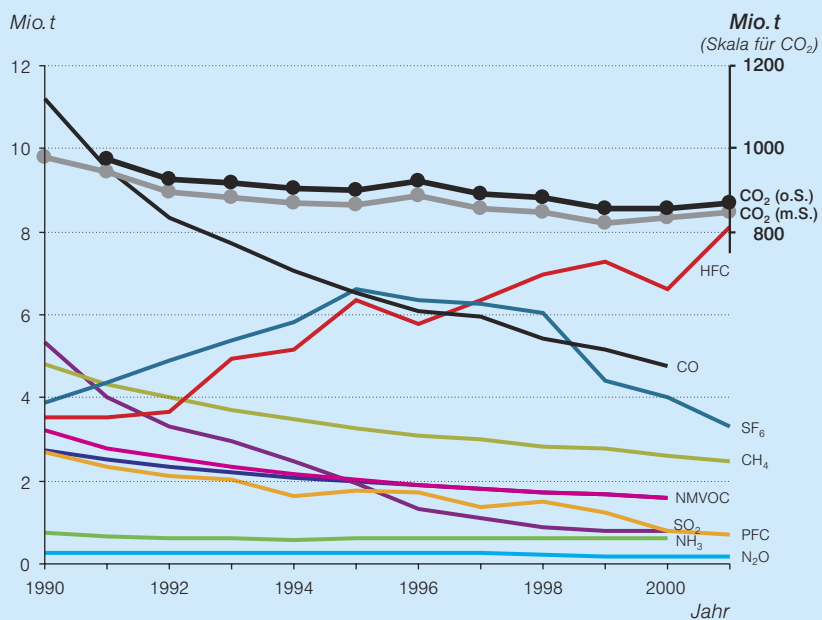
1 Vertikaler Aufbau der Erdatmosphäre



2 Höchste Tagesmittel der Feinstaubbelastung (Pm10) in der Woche vom 17.2. - 23.2.2003



3 Deutschland Ausgewählte Luftemissionen 1990-2001



Treibhausgase	Ozonvorläufersubstanzen	Versauernde und eutrophierende Schadstoffe
CO ₂ Kohlendioxid (mit Senken)	NMVOOC flüchtige organische Verbindungen ohne Methan	NO _x Stickstoffoxide
CO ₂ Kohlendioxid (ohne Senken)	NO _x Stickstoffoxide	NH ₃ Ammoniak
CH ₄ Methan	NH ₃ Ammoniak	CO Kohlenmonoxid
N ₂ O Distickstoffoxid, Lachgas	CO Kohlenmonoxid	
HFC wasserstoffhaltige Fluorkohlenwasserstoffe (CO ₂ -Äquiv.)		
PFC perfluorierte Fluorkohlenwasserstoffe (CO ₂ -Äquiv.)		
SF ₆ Schwefelhexafluorid (CO ₂ -Äquiv.)		

Druckverhältnissen am Boden würde der Ozongehalt der Atmosphäre auf eine ca. 3 mm dicke Schicht zusammengepresst werden. Die Ozonkonzentration reagiert äußerst empfindlich auf jede Veränderung in der atmosphärischen Zusammensetzung. Schon geringe Mengen an anderen Spurengasen – etwa Stickoxide oder Fluorchlorkohlenwasserstoffe (FCKW) und andere Chlorverbindungen (CKW) – reichen aus, um das Gleichgewicht von Ozonbildung und -abbau v.a. in der Stratosphäre zu stören. Als Reaktion darauf verringert sich das Ozon in den oberen Luftschichten („Ozonloch“).

In der Stratosphäre zu wenig, am Boden zu viel

Durch Fortschritte der Umwelttechnik konnte in den letzten Jahrzehnten zwar der übermäßige Ausstoß an Staub und Schwebstoffen der Industrieanlagen besser gefiltert und die Smogbildung dadurch eingedämmt werden **3**, aber dennoch bleibt eine hohe Menge an Schadstoffemissionen, die sich in bodennahen Luftschichten konzentrieren. Dadurch wird die Ozonbildung bei starker Sonneneinstrahlung und hohen Temperaturen v.a. im Sommer gefördert **4**. Stickoxide und flüchtige organische Verbindungen wie Kohlenwasserstoffe sind Grundlage für die chemischen Pro-

zesse, die zur Ozonbildung führen. Sie entstehen hauptsächlich durch hohes Verkehrsaufkommen. Im Sommer fördert das intensive Sonnenlicht die Umwandlung der v.a. aus Autoabgasen stammenden Schadstoffe durch Aufspaltung von Sauerstoffmolekülen in zwei einzelne Sauerstoffatome, die sich mit einem weiteren Sauerstoffmolekül zum dreiatomigen Ozon verbinden. Auf diese Weise entsteht „Sommersmog“ **(▶ Beitrag Rabl, Bd. 9, S. 138)**.

Auch die in Industrie und Haushalten ständig steigende Verwendung von Lösemitteln bewirkt durch Verdampfung einen relativ hohen Beitrag von flüchtigen organischen Kohlenwasserstoffen. Unterstützt wird die Bildung von Ozon auch durch Feuerungsanlagen der Industrie und Kraftwerke. Dabei ist die Ozonkonzentration in Ballungsgebieten im Mittel meist niedriger als in „Reinluftregionen“. Dort ist die Konzentration von OH-Radikalen und anderen zum Ozonabbau beitragenden Substanzen aufgrund ihrer kurzen Lebensdauer geringer als über Regionen mit hoher Industrie- und Verkehrsdichte.

Auswirkungen von Ozon

Bei erhöhter Ozonkonzentration in der Atemluft kann es zu unterschiedlichen körperlichen Reaktionen kommen. Mögliche Folgen sind Reizungen im Be-

reich der Augen, die zu Beeinträchtigungen des Sehvermögens führen, sowie zentralnervöse Störungen wie Kopfschmerzen und Schwindelgefühle. Auftreten könne auch Probleme im Bereich der Atemwege wie trockener Husten oder Engegefühl in der Brust. Ozon bewirkt, dass die Lunge nicht mehr so viel Luft fassen kann wie normalerweise. Die Folge ist, dass der Atem schneller geht und die Atmung flacher wird. Zu den Gruppen, die von erhöhten Ozonwerten besonders betroffen sind, gehören v.a. Ausdauersportler.

Durch den Rückgang der stratosphärischen Ozonkonzentration und des damit verbundenen Abbaus einer aktiven UV-Schutzschicht in der Atmosphäre geht mit der starken ungefilterten Sonneneinstrahlung ein erhöhtes Hautkrebsrisiko einher. Hinzu kommen mögliche Schäden am Erbgut von Menschen, Tieren und Pflanzen.

Der Treibhauseffekt

Eine weitere Auswirkung der Schadstoffausstöße zeigt sich im so genannten Treibhauseffekt. Ohne den natürlichen Treibhauseffekt wäre es auf der Erde im Mittel -18 °C kalt anstatt der tatsächlichen +15 °C. Die Spurengase Kohlendioxid, Lachgas, Methan, FCKW, Ozon und Wasserdampf verhindern, dass das von der Erde absorbierte Sonnenlicht in Form von Wärmeausstrahlung vollständig in den Weltraum entweicht. Seit 2000 Jahren – und deutlich verstärkt in den letzten 100 Jahren – setzt jedoch besonders die massenweise Verfeuerung von Kohle, Erdöl und Erdgas zusätzlich große Mengen an Spurengasen frei, so dass der natürliche Treibhauseffekt verstärkt wird. Die Atmosphäre erwärmt sich, Klimaveränderungen mit Auswirkungen sowohl auf Flora und Fauna als auch auf den Menschen sind die Folge. ♦

4 Maximale Stundenmittelwerte der Ozonkonzentration am 20. September 2003

