

Les 4

Atmosfeerfysica en -chemie

Inleiding tot de wetenschappen van de atmosfeer

Auteur: Erik de Schrijver

Inhoud

- Geschiedenis van het onderzoek
- Lagen van de atmosfeer
- Druk-, temperatuur- en dichtheidsgradiënten
- Chemische samenstelling ←
- Stralingseffecten
- Meteorieten en terugkerende ruimteschepen
- Electromagnetisme
- Planetaire atmosferen

Les 4: Chemische samenstelling

De opwarming v/h aardoppervlak door de zon zorgt voor verticale luchtstromen, die het opstijgen van lichte gassen en het zinken van zwaardere voortdurend en volledig compenseert.

Ondanks de beperkte verticale 'mixing' in de stratosfeer is de samenstelling ook hier nagenoeg constant en speelt het verschil in massadichtheid nauwelijks een rol.

Dat geldt tot een hoogte van +/-80km, dicht bij de bovengrens van de mesosfeer.

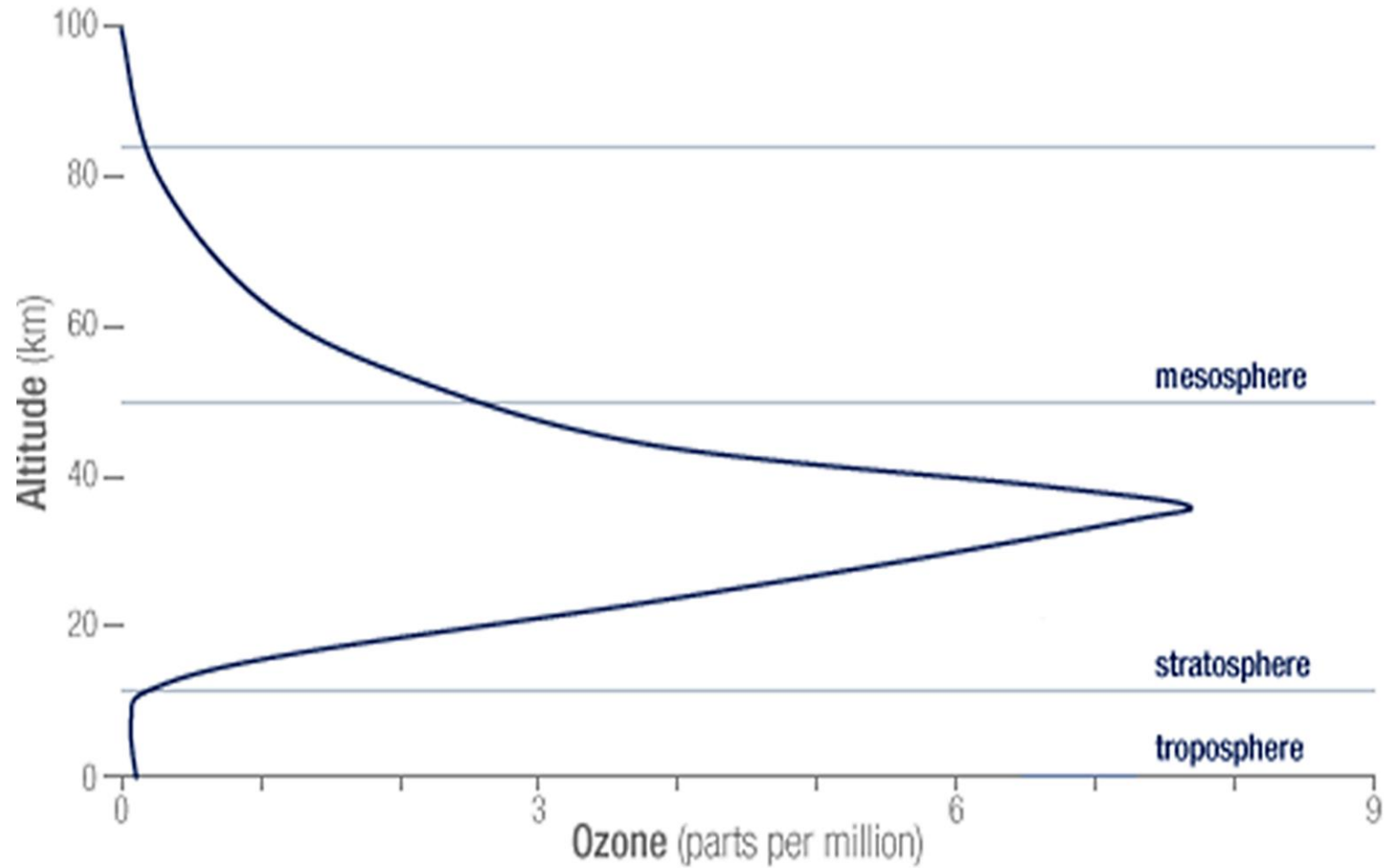


Dat eenvoudige beeld wordt gecompliceerd door de androgene productie van gassen aan het aardoppervlak, waarvan de concentratie varieert met de hoogte tgv. een hele reeks fysische processen zoals convectie en diffusie, maar ook tgv. chemische reacties.

Een van de belangrijkste reacties die plaatsvinden in de atmosfeer is de productie van ozon op stratosferische hoogten.

De 'production rate' wordt bepaald door de dichtheid en daalt dus met de hoogte, hetgeen een bovengrens stelt aan de ozonlaag.

Het afbraaktempo is echter eveneens afhankelijk van de dichtheid en bepaalt de ondergrens. De ozonlaag is (vooral aan de bovenzijde) echter niet zo scherp afgelijnd, en in haar geheel in hoge mate variabel: breedtegraad, seizoenen en luchtvervuiling spelen allemaal een rol.



(Bron: Nasa Ozone Watch)

Ozon komt ook voor aan het aardoppervlak.

Het wordt niet echt geproduceerd door de industrie (of auto's) maar ontstaat door de inwerking van zonlicht op andere vormen van vervuiling zoals stikstofoxiden (NO_x) en vluchtige organische verbindingen. Deze laatste komen oa. voor in brandstoffen en als oplosmiddel in bvb. verf.

De concentratie ozon is meestal erg laag omdat het onder normale omstandigheden snel wordt afgebroken en verdund door de wind. De combinatie van veel zonlicht en vervuiling met weinig wind kan echter leiden tot verhoogde concentraties, wat gezondheidsrisico's meebrengt door het reactieve karakter van ozon.

Naast N_2 en O_2 en kleine hoeveelheden O_3 komen in de atmosfeer ook kleine concentraties voor van andere stoffen, de zgn. 'minority constituents'.

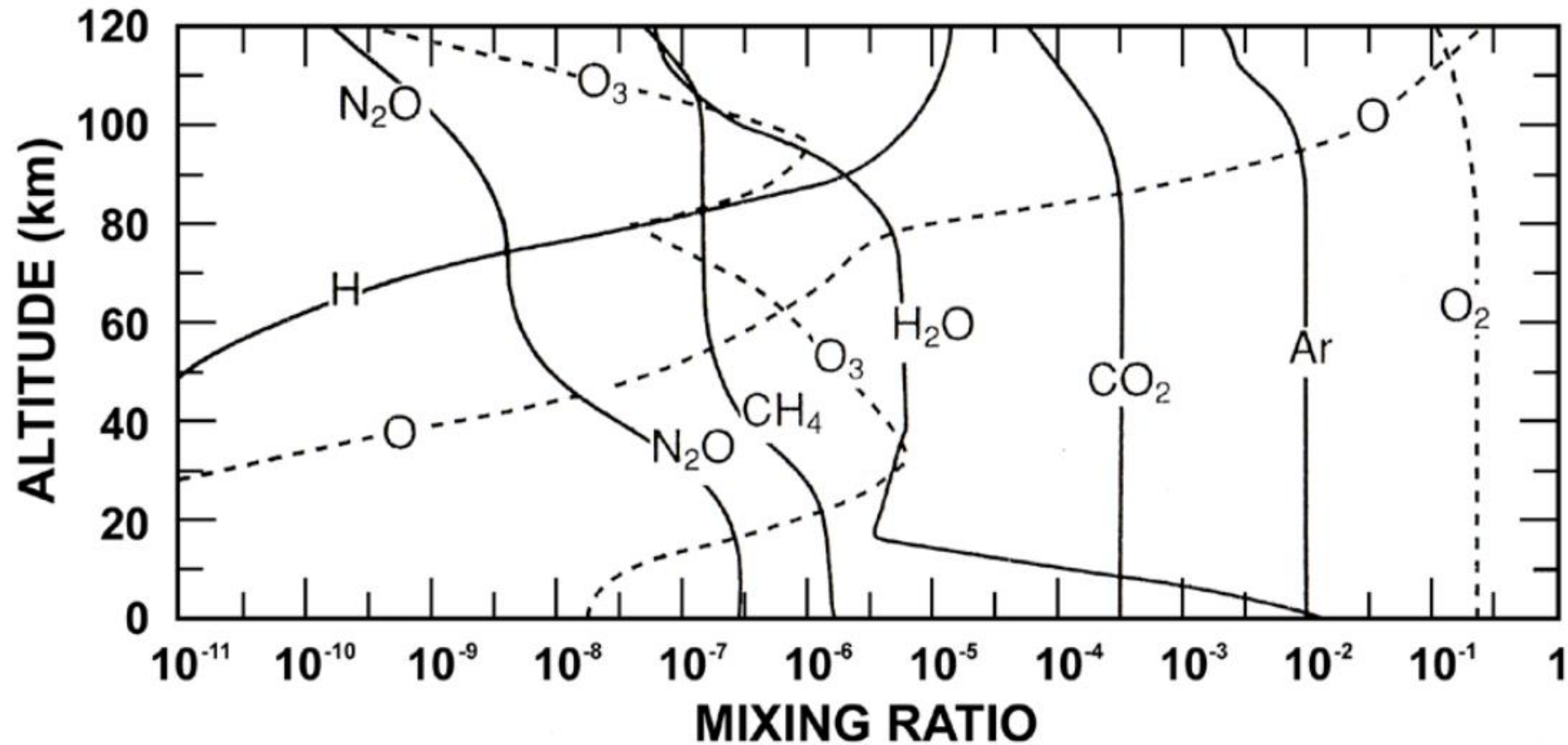
De concentraties van deze bestanddelen worden bepaald door fysische fenomenen en chemische reacties. Water bvb. komt boven de 5 à 10 km nauwelijks voor (zie volgende slide) om twee redenen:

Ten eerste is de maximale dampdruk van water zeer laag bij de temperaturen die voorkomen in de hogere troposfeer en in de tropopause, en verder wordt H_2O gedissocieerd door UV straling in de stratosfeer.

Andere 'minority constituents' hebben een concentratie die bepaald wordt door verschillende chemische reacties, soms wel tientallen voor eenzelfde component (bvb. NO_x).

Minority constituents (mole fractions in ppm)

| | | | | | |
|-----------------|--------|-------|-----------------|--------|------|
| Argon | Ar | 9340 | Krypton | Kr | 1,14 |
| Koolstofdioxide | CO_2 | 400 | Waterstof | H_2 | 0,55 |
| Neon | Ne | 18,18 | Stikstofoxide | N_2O | 0,5 |
| Helium | He | 5,24 | Xenon | Xe | 0,09 |
| Methaan | CH_4 | 1,7 | Stikstofdioxide | NO_2 | 0,02 |



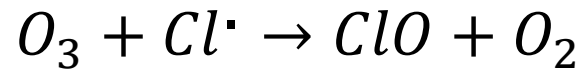
N_2 en een aantal edelgassen zijn niet weergegeven omdat hun concentratie gelijk blijft over de onderste 100km.

Het gat in de ozonlaag

Metingen van ozonconcentraties met wetenschappelijke ballonnen boven Antarctica leidden in 1985 tot de eerste rapporten over het zgn. 'gat in de ozonlaag'. Het gaat om een plaatselijke en tijdelijke daling van de ozonconcentratie in de lente, wanneer de 'Polaire Vortex' de stratosferisch lucht opgesloten houdt boven de zuidpool.

Niet lang daarna werd ontdekt dat de ozonconcentratie daalde tgv. reacties die werden gekatalyseerd door chloor-radicalen.

De reacties zijn (vereenvoudigd):

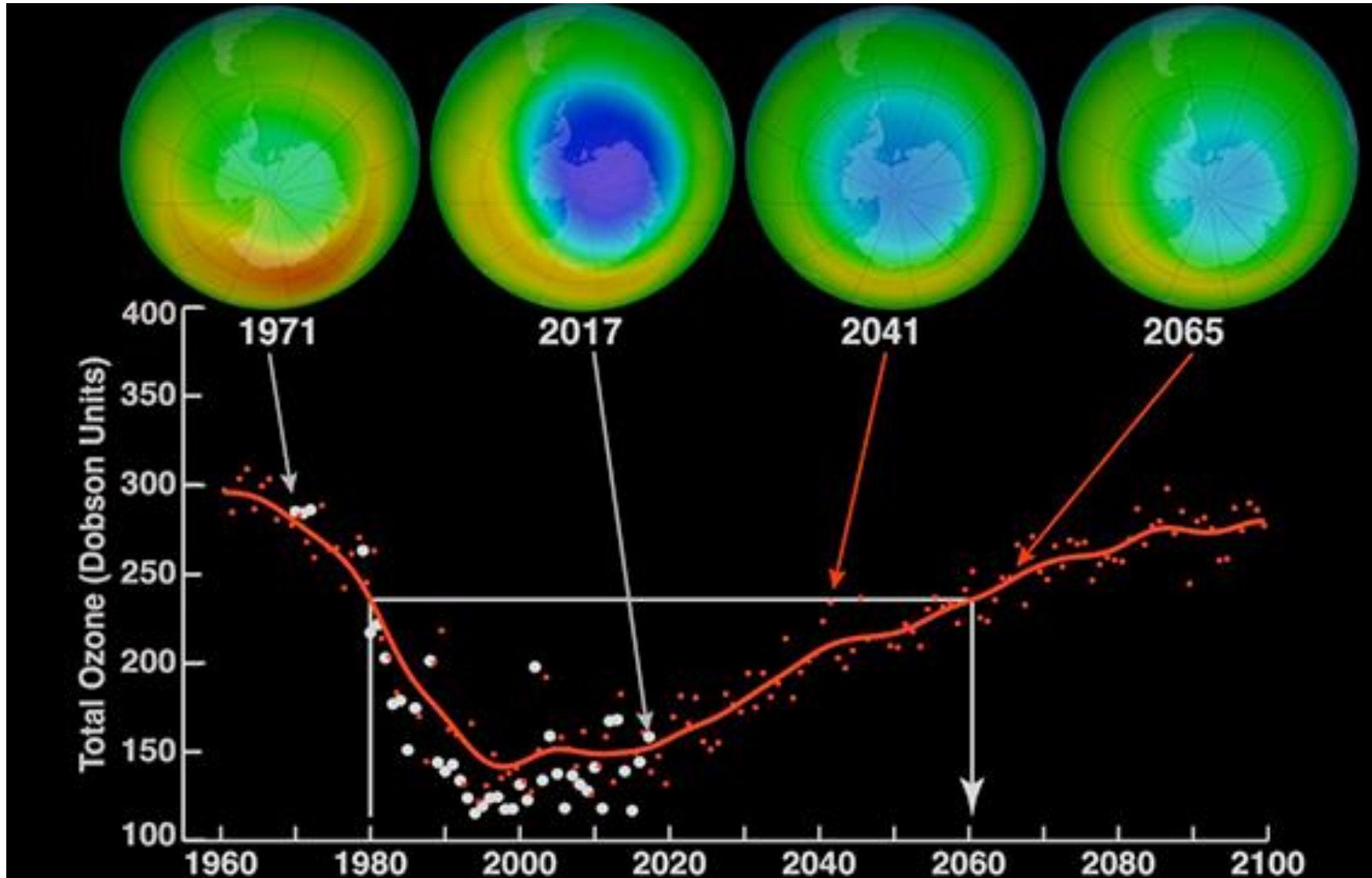


Waaruit blijkt dat het chloor-radicaal in de reactie niet verbruikt wordt (vandaar 'gekatalyseerd'), en dus vele ozonmoleculen kan afbreken alvorens het door natuurlijke processen naar de troposfeer wordt teruggebracht. Ook Broomradicalen vertonen dergelijke reacties, maar de $[Br\cdot]$ in de atmosfeer is veel kleiner dan $[Cl\cdot]$

De chloorradicalen in de stratosfeer zijn (waren) hoofdzakelijk afkomstig van het gebruik van 'freonen' (chlorofluorkoolwaterstoffen) in de industrie, vooral als koelmiddel.

Twee jaar na deze ontdekking (in 1987) werd het zgn. 'protocol van Montreal' geratificeerd, dat het gebruik van ozon-afbrekende chemicaliën verbod. Het verbod trad in werking in 1989. Het ozonpeil bleef aanvankelijk dalen, maar stabiliseerde zich rond het midden van de jaren '90.

Sindsdien meet men een geleidelijk herstel: het ozongat wordt elk jaar wat minder 'diep' (dwz. de ozonconcentratie daalt elk jaar een beetje minder dat jaar voordien).



Problemen bij het gebruiken van gassensoren

Schoolteams die voor het eerst de mogelijkheid krijgen om experimenten tot in de stratosfeer te brengen denken na luchtdruk en temperatuur aan chemische samenstelling om te gaan onderzoeken. Dat is logisch en – voor zover het gaat om 'minority constituents' waarvan de concentratie merkbaar varieert in de onderste 30km van de atmosfeer – begrijpelijk. Er schuilen echter verschillende addertjes onder het gras.



1. De gekozen sensor moet in staat zijn correct te meten bij zeer lage luchtdruk. Goedkope sensoren zijn niet gemaakt voor gebruik in 'near space' en de datasheets vermelden dan ook niets over het gedrag bij lage druk. Enig calibratiewerk is het minste waaraan men zich mag verwachten.

Problemen bij het gebruiken van gassensoren

2. De gekozen sensor moet in staat zijn de 'minority constituent' te detecteren over het gehele bereik van drukken en temperaturen die zullen optreden tijdens de vlucht. Indien de gevoeligheid van de sensor sterk afhankelijk zou blijken van zijn temperatuur is het aangewezen hem passend af te schermen van zonlicht.

3. Vele goedkope sensoren zijn bedoeld voor gebruik als lekdetector in de industrie. Deze sensoren zijn vaak gevoelig voor meerdere verbindingen, wat gezien hun doel geen ernstige beperking is omdat men weet welke stof(fen) zouden kunnen lekken. Als detector voor atmosferisch onderzoek zijn deze sensoren echter onbruikbaar omdat ze niet toelaten eenduidig te bepalen welke chemische verbinding het signaal veroorzaakt.

Aanbevolen lectuur

- *The chemistry and Physics of Stratospheric Ozone. Andrew Dessler. 2000. Academic Press. International Geophysics Series, Vol. 74. ISBN 0-12-212051-5.*
- *Les Observatoires Spatiaux. Jean-Claude Pecker. 1969. Presses Universitaires de France.*
- *Planets and their atmospheres, Origin and evolution. John S. Lewis & Ronald G. Prinn, Academic Press 1984, ISBN 0-12-446580-3, ISBN 0-12-446582-X(pbk)*

Aanbevolen videomateriaal

https://www.youtube.com/results?search_query=ozone+hole

<https://www.youtube.com/watch?v=5BM4wXCP3Vc>