

Volumen von Troposphäre und Stratosphäre

a)

$$1) V_g = m$$

$$2.1) F = mg$$

$$2.2) F \stackrel{1)}{=} V_g g$$

$$3) A = 4 \pi r^2$$

$$4.1) \frac{F}{A} = p$$

$$4.2) \text{ mit 2.2) und 3)}$$

$$\frac{V_g g}{4 \pi r^2} = p \quad | \cdot \frac{4 \pi r^2}{g}$$

$$4.3) V = \frac{p 4 \pi r^2}{g}$$

$$= \frac{98400 \text{ Pa} \cdot 4 \pi \cdot (6,371 \cdot 10^6 \text{ m})^2}{1,293 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \cdot 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}}$$

$$= \underline{\underline{3,957 \cdot 10^{18} \text{ m}^3}} \quad \text{Volumen der ganzen Atmosphäre bei Normbedingungen}$$

Aufteilung der Atmosphäre in Troposphäre und Stratosphäre

	Massenanteil [%]	Volumen bei NB [m ³]
Troposphäre	82,3	$3,257 \cdot 10^{18}$
Stratosphäre	17,7	$7,004 \cdot 10^{17}$

Ich Frage mich wie P. Warneck auf die Massenanteile kommt. Siehe dazu die Berechnung nach der U.S. Standard Atmosphäre in der Zusatzaufgabe c)

⑥

Totales Volumen bei NB aus Aufgabe ⑤:

$$V = 3,957 \cdot 10^{18} \text{ m}^3$$

CO_2 - Anteil in der Atmosphäre im Jahr 2000:

$$c_{\text{CO}_2} \approx 370 \text{ ppm}$$

Dichte der Luft bei NB:

$$\rho = 1,293 \text{ kg/m}^3$$

Masse der Luft

$$m = V \rho = 3,957 \cdot 10^{18} \text{ m}^3 \cdot 1,293 \text{ kg/m}^3 = \underline{5,116 \cdot 10^{18} \text{ kg}}$$

Masse des CO_2 :

$$m \cdot c_{\text{CO}_2} = 5,116 \cdot 10^{18} \text{ kg} \cdot 370 \cdot 10^{-6} = 1,893 \cdot 10^{15} \text{ kg}$$

Davon Kohlenstoff (C):

$$\frac{m \cdot c_{\text{CO}_2} \cdot 12 \frac{\text{g}}{\text{mol}}}{(12 + 2 \cdot 16) \frac{\text{g}}{\text{mol}}} = 5,163 \cdot 10^{14} \text{ kg} = \underline{\underline{5,16 \cdot 10^{17} \text{ g}}}$$

Nach Bolin u.a. ist das atmosphärische CO_2 - Depot:

$$760 \cdot 10^3 \text{ Tg} = 760 \text{ Pg} = 7,60 \cdot 10^{17} \text{ g}$$

Entweder dekadische Vorsätze oder 10er - Exponenten, aber nicht beides ??!

Die Berechnung ist etwas tiefer, jedoch innerhalb der gleichen Größenordnung. Evtl. gibt es noch andere C-Depots neben CO_2 in der Größenordnung von $\sim 2 \cdot 10^{17} \text{ g}$ in der Atmosphäre. Ich kann mir jedoch nicht vorstellen welche (der Anteil von z.B. org.-C ist sicher viel geringer, der Anteil von CH_4 liegt auch nur im Bereich von 1,7 ppm).

©₂ Zusatzaufgabe

Auf Grund der gegebenen Daten werden die Werte für die Aufgabe (a) hergeleitet.

Bei der U.S. Standard Atmosphäre ist der Druck $p_0 = 101325 \text{ Pa}$, wodurch die ganze Masse der Atmosphäre berechnet werden kann:

$$m = \frac{p_0 \cdot 4 \pi r^2}{g}$$

$$= \frac{101325 \text{ Pa} \cdot 4 \cdot \pi (6,371 \cdot 10^6 \text{ m})^2}{9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}}$$

$$= 5,268 \cdot 10^{18} \text{ kg}$$

Für Aufgabe (b) folgt nun:

$$m_{\text{CO}_2} = 5,268 \cdot 10^{18} \text{ kg} \cdot 360 \cdot 10^{-6} = 1,897 \cdot 10^{15} \text{ kg}$$

$$m_c = \frac{1,897 \cdot 10^{15} \text{ kg} \cdot 12 \frac{\text{g}}{\text{mol}}}{(12 + 2 \cdot 16) \frac{\text{g}}{\text{mol}}} = 5,17 \cdot 10^{14} \text{ kg} = \underline{\underline{5,17 \cdot 10^{17} \text{ g}}}$$

Dieser Wert ist beinahe gleich wie der bereits berechnete ($5,16 \cdot 10^{17} \text{ g}$).

In Aufgabe (a) wird das Volumen gesucht:
§ berechnen:

$$pV = nRT \rightarrow n = \frac{pV}{RT}$$

$$\rho = n m_m = \frac{m_m pV}{RT} = \frac{28,96 \cdot 10^{-3} \frac{\text{kg}}{\text{mol}} \cdot 101325 \text{ Pa} \cdot 1 \text{ m}^3}{8,314 \frac{\text{J}}{\text{mol K}} \cdot 273,15 \text{ K}}$$

$$= 1,292 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

$$V = \frac{m}{\rho} = \frac{5,27 \cdot 10^{18} \text{ kg}}{1,292 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}} = 4,077 \cdot 10^{18} \text{ m}^3 \quad \text{Volumen der ganzen Atmosphäre bei NB.}$$

9. Volumen der Stratosphäre bei NB:

Mit der Annahme dass die Atmosphäre nur aus Tropo- und Stratosphäre besteht (alles oberhalb wird zur Stratosphäre gezählt), kann das Volumen der Stratosphäre berechnet werden, wenn der Druck auf Tropopausenhöhen bekannt ist.

$$p(\text{Tropopause}) = p_0 \left(\frac{T_0 - a \cdot z}{T_0} \right)^{\frac{m \cdot g}{a \cdot R}} \quad \leftarrow \text{eigentlich } g(z)$$
$$= 101325 \text{ Pa} \left[\frac{(273,15 + 15) \text{ K} - 0,0065 \text{ K/m} \cdot 11'000 \text{ m}}{(273,15 + 15) \text{ K}} \right]^{\frac{28,96 \cdot 10^{-3} \frac{\text{kg}}{\text{mol}} \cdot 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}}{0,0065 \text{ K/m} \cdot 8,314 \frac{\text{J}}{\text{mol K}}}}$$
$$= 22624 \text{ Pa}$$

$$V_{\text{Stratosphäre}} = \frac{p(\text{Tropopause}) \cdot 4 \pi (r+z)^2}{\rho \cdot g}$$
$$= \frac{22624 \text{ Pa} \cdot 4 \cdot \pi \cdot (6,371 \cdot 10^6 \text{ m} + 11'000 \text{ m})^2}{1,292 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \cdot 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}}$$
$$= \underline{\underline{9,135 \cdot 10^{17} \text{ m}^3}} \quad \text{Volumen der Stratosphäre}$$

10. Volumen der Troposphäre:

$$\underbrace{4,077 \cdot 10^{18} \text{ m}^3}_{\text{ganze Atmosphäre}} - \underbrace{9,135 \cdot 10^{17} \text{ m}^3}_{\text{Stratosphäre}} = \underline{\underline{3,164 \cdot 10^{18} \text{ m}^3}}$$

Massenanteile sind die selben wie die Volumenanteile da alles bei NB:

$$\text{Anteil Stratosphäre} = \frac{9,135 \cdot 10^{17} \text{ m}^3}{4,077 \cdot 10^{18} \text{ m}^3} = 0,224 = 22,4\%$$

Massenanteil Troposphäre: 77,6%

Massenanteil Stratosphäre: 22,4%