

## ZUSATZAUFGABEN ZU III B: KOHLEKRAFTWERKE

### Aufgabe 1:

Das Rauchgas eines Kohlekraftwerkes enthält  $520 \text{ mg NO}_x/\text{m}^3$ . In einer dahinter geschalteten DeNO<sub>x</sub>-Anlage werden 85% der Stickoxide reduziert.

Vereinfacht gehen wir davon aus, dass es sich bei NO<sub>x</sub> nur um NO<sub>2</sub> handelt.

Für diese Entstickung gilt nachfolgende Reduktionsreaktion:



Das Ammoniakgas (NH<sub>3</sub>) entsteht durch den Zerfall von Ammoniakwasser (NH<sub>4</sub>OH).

Welche Masse an Ammoniakwasser muss zur Entstickung pro Rauchgasvolumen eingespritzt werden?

### Lösung 1:

$$M(\text{NO}_2) = 14 + 2 \cdot 16 = 46 \text{ g/mol}$$

Zu reduzierende Masse an NO<sub>2</sub> pro Volumen:

$$m(\text{NO}_2)/V_{\text{RG}} = 0,85 \cdot 520 \text{ mg/m}^3 = 442 \text{ mg/m}^3 = 442 \cdot 10^{-3} \text{ g/m}^3$$

Zu reduzierende Stoffmenge an NO<sub>2</sub> pro Volumen: (aus  $n = m/M$ )

$$n(\text{NO}_2)/V_{\text{RG}} = 442 \cdot 10^{-3} \text{ g/m}^3 / (46 \text{ g/mol}) = 9,61 \cdot 10^{-3} \text{ mol/m}^3$$

Reduktionsgleichung:



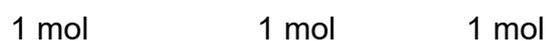
Die Stoffmenge an Ammoniakgas (NH<sub>3</sub>) muss im Verhältnis 8 zu 6 zu der Stoffmenge an Stickoxid NO<sub>2</sub> sein. (8 mol NH<sub>3</sub> reagieren mit 6 mol NO<sub>2</sub>)

Benötigte Stoffmenge an NH<sub>3</sub> pro Volumen:

$$n(\text{NH}_3)/V_{\text{RG}} = (8/6) \cdot 9,61 \cdot 10^{-3} \text{ mol/m}^3$$

$$n(\text{NH}_3)/V_{\text{RG}} = 12,81 \cdot 10^{-3} \text{ mol/m}^3 \quad (1)$$

Entstehung von Ammoniakgas:



Aus einer Mol Ammoniakwasser entsteht ein Mol Ammoniakgas.

Benötigte Stoffmenge an Ammoniakwasser pro Volumen:

Aus (1):

$$n(\text{NH}_4\text{OH})/V_{\text{RG}} = n(\text{NH}_3)/V_{\text{RG}} = 12,81 \cdot 10^{-3} \text{ mol/m}^3$$

$$M(\text{NH}_4\text{OH}) = 14 + 4 \cdot 1 + 16 + 1 = 35 \text{ g/mol}$$

Benötigte Masse an Ammoniakwasser pro Volumen: (aus  $n = m/M$  bzw.  $m = n \cdot M$ )

$$\begin{aligned} m(\text{NH}_4\text{OH})/V_{\text{RG}} &= n(\text{NH}_4\text{OH})/V_{\text{RG}} \cdot M(\text{NH}_4\text{OH}) \\ &= 19,81 \cdot 10^{-3} \text{ mol/m}^3 \cdot 35 \text{ g/mol} \\ &= 448,35 \cdot 10^{-3} \text{ g/m}^3 \end{aligned}$$

$$\underline{m(\text{NH}_4\text{OH})/V_{\text{RG}} = 0,45 \text{ g/m}^3}$$

### **Aufgabe 2:**

Das Rauchgas eines Kohlekraftwerkes enthält  $520 \text{ mg NO}_x/\text{m}^3$ . In einer dahinter geschalteten DeNO<sub>x</sub>-Anlage werden 85% der Stickoxide reduziert.

Vereinfacht gehen wir davon aus, dass es sich bei NO<sub>x</sub> nur um NO handelt.

Für diese Entstickung gilt nachfolgende Reduktionsreaktion:



Das Ammoniakgas (NH<sub>3</sub>) entsteht durch den Zerfall von Ammoniakwasser (NH<sub>4</sub>OH).

a) Welche Masse an Ammoniakwasser muss zur Entstickung pro Rauchgasvolumen eingespritzt werden?

b) Welches Luftvolumen muss für die Reaktion zugeführt werden?

### **Lösung 2:**

$$M(\text{NO}) = 14 + 16 = 30 \text{ g/mol}$$

Zu reduzierende Masse an NO pro Volumen:

$$m(\text{NO})/V_{\text{RG}} = 0,85 \cdot 520 \text{ mg/m}^3 = 442 \text{ mg/m}^3 = 442 \cdot 10^{-3} \text{ g/m}^3$$

Zu reduzierende Stoffmenge an NO pro Volumen: (aus  $n = m/M$ )

$$n(\text{NH}_3)/V_{\text{RG}} = 442 \cdot 10^{-3} \text{ g/m}^3 / (30 \text{ g/mol}) = 14,73 \cdot 10^{-3} \text{ mol/m}^3$$

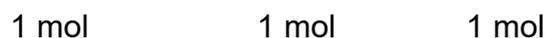
Reduktionsgleichung:



Die Stoffmenge an Ammoniakgas (NH<sub>3</sub>) muss genau so gross sein wie die Stoffmenge an Stickoxid NO. Benötigte Stoffmenge an NH<sub>3</sub> pro Volumen:

$$n(\text{NH}_3)/V_{\text{RG}} = 14,73 \cdot 10^{-3} \text{ mol/m}^3 \quad (1)$$

Entstehung von Ammoniakgas:



Aus einem Mol Ammoniakwasser entsteht ein Mol Ammoniakgas.

Benötigte Stoffmenge an Ammoniakwasser pro Volumen:

Aus (1):

$$n(\text{NH}_4\text{OH})/V_{\text{RG}} = n(\text{NH}_3)/V_{\text{RG}} = 14,73 \cdot 10^{-3} \text{ mol/m}^3$$

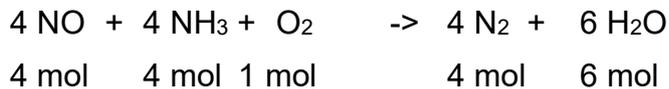
$$M(\text{NH}_4\text{OH}) = 14 + 4 \cdot 1 + 16 + 1 = 35 \text{ g/mol}$$

Benötigte Masse an Ammoniakwasser pro Volumen: (aus  $n = m/M$  bzw.  $m = n \cdot M$ )

$$\begin{aligned} m(\text{NH}_4\text{OH})/V_{\text{RG}} &= n(\text{NH}_4\text{OH})/V_{\text{RG}} \cdot M(\text{NH}_4\text{OH}) \\ &= 14,73 \cdot 10^{-3} \text{ mol/m}^3 \cdot 35 \text{ g/mol} \\ &= 515,70 \cdot 10^{-3} \text{ g/m}^3 \end{aligned}$$

$$\underline{m(\text{NH}_4\text{OH})/V_{\text{RG}} = 0,52 \text{ g/m}^3}$$

b) Reduktionsreaktion:



Je 4 mol Stickoxid NO wird 1 Mol Sauerstoff O<sub>2</sub> benötigt.

Benötigte Stoffmenge an Sauerstoff:

$$\begin{aligned} n(\text{O}_2)/V_{\text{RG}} &= \frac{1}{4} \cdot n(\text{NO})/V_{\text{RG}} \\ &= \frac{1}{4} \cdot 14,73 \cdot 10^{-3} \text{ mol/m}^3 \end{aligned}$$

$$n(\text{O}_2)/V_{\text{RG}} = 3,68 \cdot 10^{-3} \text{ mol/m}^3$$

Sauerstoffgehalt der Luft: 21%

Benötigte Luftmenge:

$$\begin{aligned} n(\text{Luft})/V_{\text{RG}} &= n(\text{O}_2)/V_{\text{RG}} / 0,21 \\ &= 3,68 \cdot 10^{-3} \text{ mol/m}^3 / 0,21 \end{aligned}$$

$$n(\text{Luft})/V_{\text{RG}} = 17,54 \cdot 10^{-3} \text{ mol/m}^3 \quad (2)$$

Molares Volumen:  $V = 22,4 \text{ L/mol}$

Aus (2)

$$\begin{aligned} V(\text{Luft})/V_{\text{RG}} &= n(\text{Luft})/V_{\text{RG}} \cdot 22,4 \text{ L/mol} \\ &= 17,54 \cdot 10^{-3} \text{ mol/m}^3 \cdot 22,4 \text{ L/mol} \\ &= 392,89 \cdot 10^{-3} \text{ L/m}^3 \end{aligned}$$

$$\underline{V(\text{Luft})/V_{\text{RG}} = 0,39 \text{ L/m}^3}$$