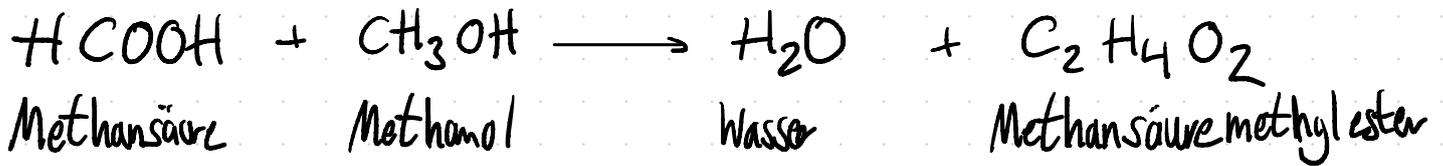


A1/107

Eine Mischung enthält Methansäure ( $c = 3.9 \text{ mol L}^{-1}$ ), Methanol ( $c = 5.8 \text{ mol L}^{-1}$ ), Wasser ( $c = 7.7 \text{ mol L}^{-1}$ ) und Methansäuremethylester ( $c = 7.7 \text{ mol L}^{-1}$ ).  $K_c = 3.9$ . Erläutern Sie, ob die Mischung sich im chemischen Gleichgewicht befindet.

Reaktionsgleichung:



$$\text{Reaktionsquotient: } Q = \frac{c(\text{H}_2\text{O}) \cdot c(\text{C}_2\text{H}_4\text{O}_2)}{c(\text{HCOOH}) \cdot c(\text{CH}_3\text{OH})}$$

$$= \frac{7,7 \cdot 7,7}{3,9 \cdot 5,8}$$

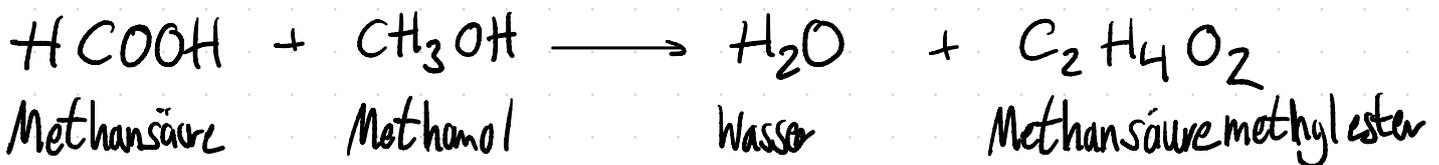
$$= 2,6 \quad (\neq K_c = 3,9)$$

Nicht im Gleichgewicht.

A1/107

Eine Mischung enthält Methansäure ( $c = 3.9 \text{ mol L}^{-1}$ ), Methanol ( $c = 5.8 \text{ mol L}^{-1}$ ), Wasser ( $c = 7.7 \text{ mol L}^{-1}$ ) und Methansäuremethylester ( $c = 7.7 \text{ mol L}^{-1}$ ).  $K_c = 3.9$ . Erläutern Sie, ob die Mischung sich im chemischen Gleichgewicht befindet.

Reaktionsgleichung:



$$\text{Reaktionsquotient: } Q = \frac{c(\text{H}_2\text{O}) \cdot c(\text{C}_2\text{H}_4\text{O}_2)}{c(\text{HCOOH}) \cdot c(\text{CH}_3\text{OH})}$$

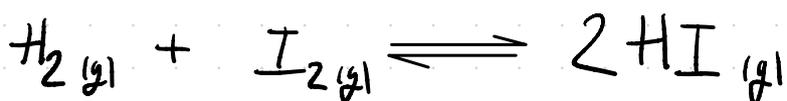
$$= \frac{7,7 \cdot 7,7}{3,9 \cdot 5,8}$$

$$= 2,6 \quad (\neq K_c = 3,9)$$

Nicht im Gleichgewicht.

A3/108

Bei 490 °C liegen im chemischen Gleichgewicht als Edukte vor:  $c(I_2) = 8,92 \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1}$  und  $c(H_2) = 4,88 \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1}$ . Als Produkt liegt vor:  $c(HI) = 44,49 \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1}$ . Ermitteln Sie die Gleichgewichtskonstante  $K_c$ .



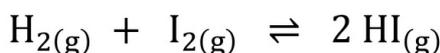
Gleichgewichtskonstante:  $K_c = \frac{c^2(HI)}{c(H_2) \cdot c(I_2)}$

$$= \frac{\left(44,49 \frac{\text{mmol}}{\text{L}}\right)^2}{8,92 \frac{\text{mmol}}{\text{L}} \cdot 4,88 \frac{\text{mmol}}{\text{L}}}$$

$$= 45,74 \frac{\text{mmol}}{\text{L}}$$

A4/108

Berechnen Sie für das folgende chemische Gleichgewicht aus den Ausgangskonzentrationen die Gleichgewichtskonzentrationen aller Reaktionsteilnehmer:



$c_0(H_2) = 5 \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1}$ ,  $c_0(I_2) = 10 \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1}$ ,  $c_0(HI) = 40 \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1}$ ,  $K_c = 45,5$  (bei 490 °C).

	$H_2$	$I_2$	$HI$
$c_0 / \frac{\text{mmol}}{\text{L}}$	5	10	40
$c / \frac{\text{mmol}}{\text{L}}$	$5-x$	$10-x$	$40+2x$

Daher:

$$K_c = \frac{c^2(HI)}{c(H_2) \cdot c(I_2)} \Leftrightarrow 45,5 = \frac{(40+2x)^2}{(5-x) \cdot (10-x)}$$

$$\Leftrightarrow 45,5 \cdot (5-x) \cdot (10-x) = (40+2x)^2$$

$$\Leftrightarrow (227,5 - 45,5x)(10-x) = 1600 + 4x^2 + 160x$$

$$\Leftrightarrow 2275 - 450x - 227,5x + 45,5x^2 = 1600 + 4x^2 + 160x$$

$$\Leftrightarrow 675 - 837,5x + 41,5x^2 = 0$$

$$\Rightarrow x_1 = 19,34 \text{ oder } x_2 = 0,841$$

↳ unmöglich

Also:

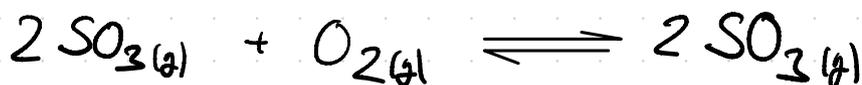
$$c(\text{HI}) = 40 + 2 \cdot 0,841 = 41,68$$

$$c(\text{H}_2) = 5 - 0,841 = 4,16$$

$$c(\text{I}_2) = 10 - 0,841 = 9,16$$

A5/108

Schwefeldioxid ( $\text{SO}_2$ ) und Sauerstoff ( $\text{O}_2$ ) reagieren in einer Gleichgewichtsreaktion zu Schwefeltrioxid ( $\text{SO}_3$ ). Die Stoffmengenkonzentrationen im Gleichgewicht betragen:  $c(\text{SO}_2) = 1,20 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$ ,  $c(\text{O}_2) = 1,10 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$ ,  $c(\text{SO}_3) = 3,15 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$ . Berechnen Sie  $K_c$ .



Gleichgewichtskonstante:

$$K_c = \frac{c^2(\text{SO}_3)}{c(\text{O}_2) \cdot c^2(\text{SO}_2)}$$
$$= \frac{(3,15 \frac{\text{mol}}{\text{L}})^2}{1,1 \frac{\text{mol}}{\text{L}} \cdot (1,20 \frac{\text{mol}}{\text{L}})^2}$$
$$= 6,26 \frac{\text{L}}{\text{mol}}$$

A6/108

Distickstofftetraoxid ( $\text{N}_2\text{O}_4$ ) zerfällt in einer Gleichgewichtsreaktion zu Stickstoffdioxid ( $\text{NO}_2$ ). Die Gleichgewichtskonstante beträgt bei  $25^\circ\text{C}$   $K_c = 0,174 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$ . Berechnen Sie die Gleichgewichtskonzentrationen, wenn  $c_0(\text{N}_2\text{O}_4) = 0,5 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$  und  $c_0(\text{NO}_2) = 0 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$ .



Es gilt:

$$K_c = \frac{c^2(\text{NO}_2)}{c(\text{N}_2\text{O}_4)} \quad \text{und} \quad K_c = 0,174 \frac{\text{mol}}{\text{L}}$$

und:	$N_2O_4$	$NO_2$
Anfang: $c_0 / \frac{\text{mol}}{\text{L}}$	0,5	0
Gleichgewicht: $c / \frac{\text{mol}}{\text{L}}$	0,5 - x	2x

Daher:  $\frac{c^2(NO_2)}{c(N_2O_4)} = 0,174 \frac{\text{mol}}{\text{L}}$

$$\Leftrightarrow \frac{(2x)^2}{0,5 - x} = 0,174$$

$$\Leftrightarrow 4x^2 = (0,5 - x) \cdot 0,174$$

$$\Leftrightarrow 4x^2 + 0,174x - 0,087 = 0$$

$$\Leftrightarrow x_1 = 0,127 \text{ oder } x_2 = 0,171$$

$\hookrightarrow$  unmöglich

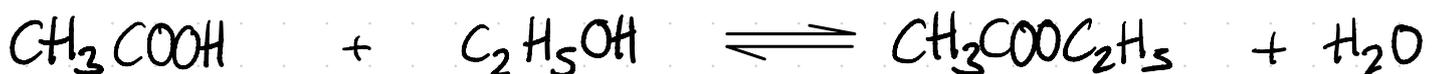
Also:

$$c(N_2O_4) = (0,5 - 0,127) \frac{\text{mol}}{\text{L}} = 0,373 \frac{\text{mol}}{\text{L}}$$

$$c(NO_2) = 2 \cdot 0,127 \frac{\text{mol}}{\text{L}} = 0,254 \frac{\text{mol}}{\text{L}}$$

### Aufgabe I.7

3 mol Essigsäure ( $CH_3COOH$ ) reagieren mit 3 mol Ethanol ( $C_2H_5OH$ ) in einer umkehrbaren Reaktion zu Essigsäureethylester ( $CH_3COOC_2H_5$ ) und Wasser. Berechnen Sie die Stoffmengen aller beteiligten Stoffe im Gleichgewicht. Die Gleichgewichtskonstante beträgt  $K_c = 4$ .



	$CH_3COOH$	$C_2H_5OH$	$CH_3COOC_2H_5$	$H_2O$
$c_0 / \frac{\text{mol}}{\text{L}}$	3	3	0	0
$c / \frac{\text{mol}}{\text{L}}$	3 - x	3 - x	x	x

Gleichgewichtskonstante:

$$K_c = \frac{c(\text{CH}_3\text{COOC}_2\text{H}_5) \cdot c(\text{H}_2\text{O})}{c(\text{CH}_3\text{COOH}) \cdot c(\text{C}_2\text{H}_5\text{OH})}$$

$$\Rightarrow K_c = \frac{\frac{n(\text{CH}_3\text{COOC}_2\text{H}_5) \cdot n(\text{H}_2\text{O})}{\checkmark \quad \checkmark}}{\frac{n(\text{CH}_3\text{COOH}) \cdot n(\text{C}_2\text{H}_5\text{OH})}{\checkmark \quad \checkmark}}$$

$$\Leftrightarrow K_c = \frac{x \cdot x}{(3-x) \cdot (3-x)}$$

$$\Leftrightarrow 4 = \frac{x^2}{(3-x)^2}$$

$$\Leftrightarrow 4 \cdot (3-x)^2 = x^2$$

$$\Leftrightarrow 4(x^2 - 6x + 9) - x^2 = 0$$

$$\Leftrightarrow 3x^2 - 24x + 36 = 0$$

$$\Leftrightarrow x_1 = 6 \quad \text{oder} \quad x_2 = 2$$

↳ unmöglich

Also:

$$n(\text{CH}_3\text{COOH}) = (3-2) \text{ mol} = 1 \text{ mol}$$

$$n(\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}) = (3-2) \text{ mol} = 1 \text{ mol}$$

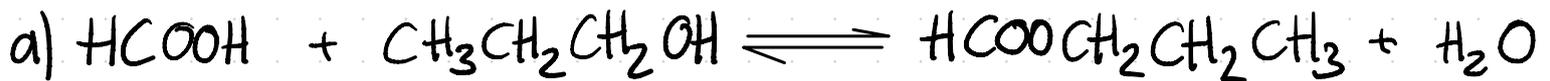
$$n(\text{CH}_3\text{COOC}_2\text{H}_5) = x = 2 \text{ mol}$$

$$n(\text{H}_2\text{O}) = x = 2 \text{ mol}$$

## Aufgabe I.8

Ameisensäure ( $\text{HCOOH}$ ) reagiert mit 1-Propanol ( $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{OH}$ ) zu Ameisensäurepropylester ( $\text{HCOOCH}_2\text{CH}_2\text{CH}_3$ ) und Wasser. Diese Reaktion ist umkehrbar.

- Formulieren Sie die Reaktionsgleichung.
- Man gibt 2,5 mol Säure und 2,5 mol Alkohol in einen Reaktionsbehälter von 3 Litern und erhitzt diesen bis zur Reaktionstemperatur. Am Anfang sind kein Ester und kein Wasser vorhanden. Im Gleichgewicht sind noch 0,83 mol Alkohol vorhanden. Berechnen Sie die Stoffmengen aller beteiligten Stoffe im Gleichgewicht. Formulieren Sie anschließend das Massenwirkungsgesetz und ermitteln Sie daraus den Wert der Gleichgewichtskonstante.



b)

	$\text{HCOOH}$	$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{OH}$	$\text{HCOOCH}_2\text{CH}_2\text{CH}_3$	$\text{H}_2\text{O}$
$n_0/\text{mol}$	2,5	2,5	0	0
$n/\text{mol}$	$2,5-x$	$2,5-x$	$x$	$x$

$$\begin{aligned}n(\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{OH}) &= 2,5 - x = 0,83 \\ \Leftrightarrow x &= 2,5 - 0,83 \\ &= 1,67\end{aligned}$$

Also:

$$\begin{aligned}n(\text{HCOOH}) &= (2,5 - 1,67) \text{ mol} & n(\text{HCOOCH}_2\text{CH}_2\text{CH}_3) &= n(\text{H}_2\text{O}) \\ &= \underline{0,83 \text{ mol}} & &= \underline{1,67 \text{ mol}}\end{aligned}$$

Gleichgewichtskonstante:

$$\begin{aligned}K_c &= \frac{n(\text{HCOOCH}_2\text{CH}_2\text{CH}_3) \cdot n(\text{H}_2\text{O})}{n(\text{HCOOH}) \cdot n(\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{OH})} \\ &= \frac{1,67 \text{ mol} \cdot 1,67 \text{ mol}}{0,83 \text{ mol} \cdot 0,83 \text{ mol}}\end{aligned}$$

$$= 4,05$$

### Aufgabe I.9

Phosgen ( $\text{COCl}_2$ ), ein giftiges Gas, wird in der Synthese von vielen organischen Verbindungen eingesetzt. Dieser Stoff zersetzt sich folgendermaßen:



Die Ausgangskonzentration von Phosgen beträgt  $c(\text{COCl}_2) = 0,5 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$ . Diese Stoffportion wird in einem Behälter von 1 L auf  $527 \text{ }^\circ\text{C}$  erhitzt. Im Gleichgewicht beträgt die Konzentration des Kohlenstoffmonoxids  $c(\text{CO}) = 0,046 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$ . Berechnen Sie die Gleichgewichtskonstante dieser Reaktion.

	$\text{COCl}_2$	$\text{CO}$	$\text{Cl}_2$
$c_0 / \frac{\text{mol}}{\text{L}}$	0,5	0	0
$c / \frac{\text{mol}}{\text{L}}$	$0,5 - x$ $= 0,454$	$x = 0,046$	$x$ $= 0,046$

Gleichgewichtskonstante:

$$\begin{aligned} K_c &= \frac{c(\text{CO}) \cdot c(\text{Cl}_2)}{c(\text{COCl}_2)} \\ &= \frac{0,046 \cdot 0,046}{0,456} \quad \frac{\text{mol}}{\text{L}} \\ &= 4,64 \cdot 10^{-3} \quad \frac{\text{mol}}{\text{L}} \end{aligned}$$

### Aufgabe I.10

In einem Behälter, dessen Volumen 2 Liter ist, wird 1 mol  $\text{PCl}_5$  auf  $250 \text{ }^\circ\text{C}$  erhitzt. Bei Erreichen des Gleichgewichts sind 20 % des  $\text{PCl}_5$  zersetzt. Berechnen Sie  $K_c$ .



	$\text{PCl}_5$	$\text{PCl}_3$	$\text{Cl}_2$
$n_0 / \text{mol}$	1	0	0
$n / \text{mol}$	$1 - x$	$x$	$x$

Es gilt:  $n(\text{PCl}_5) = 1 - x \Leftrightarrow 0,8 = 1 - x$   
 $\Leftrightarrow x = 0,2$

Daher:

$$n(\text{PCl}_3) = 0,2 \text{ mol}$$

$$n(\text{Cl}_2) = 0,2 \text{ mol}$$

$$c(\text{PCl}_3) = \frac{n(\text{PCl}_3)}{V}$$

$$c(\text{Cl}_2) = \frac{n(\text{Cl}_2)}{V}$$

$$= \frac{0,2 \text{ mol}}{2 \text{ L}}$$

$$= \frac{0,2 \text{ mol}}{2 \text{ L}}$$

$$= 0,1 \frac{\text{mol}}{\text{L}}$$

$$= 0,1 \frac{\text{mol}}{\text{L}}$$

$$c(\text{PCl}_5) = \frac{n(\text{PCl}_5)}{V}$$

$$= \frac{0,8 \text{ mol}}{2 \text{ L}}$$

$$= 0,4 \frac{\text{mol}}{\text{L}}$$

### Aufgabe I.11

Für die Reaktion  $\text{H}_2(\text{g}) + \text{CO}_2(\text{g}) \rightleftharpoons \text{H}_2\text{O}(\text{g}) + \text{CO}(\text{g})$  ist  $K_c = 0,771$  bei  $750 \text{ }^\circ\text{C}$ .

Man gibt 1 mol Wasserstoff und 1 mol Kohlenstoffdioxid in einen Behälter von 5 Litern. Dann erhitzt man das Gemisch auf  $750 \text{ }^\circ\text{C}$ . Berechnen Sie die Konzentrationen aller vorliegenden Stoffe bei Erreichen des Gleichgewichts.

	$\text{H}_2$	$\text{CO}_2$	$\text{H}_2\text{O}$	$\text{CO}$
$n_0/\text{mol}$	1	1	0	0
$n/\text{mol}$	$1-x$	$1-x$	$x$	$x$

$$V = 5 \text{ L}$$

Gleichgewichtskonstante:

$$K_c = \frac{c(\text{H}_2\text{O}) \cdot c(\text{CO})}{c(\text{H}_2) \cdot c(\text{CO}_2)} = 0,771$$

$$\Leftrightarrow \frac{x \cdot x}{(1-x)(1-x)} = 0,771$$

$$\Leftrightarrow x^2 = (1^2 - 2x + x^2) \cdot 0,771$$

$$\Leftrightarrow 0,771 - 1,542x - 0,229x^2 = 0$$

$$\Leftrightarrow x_1 = 0,468 \quad \text{oder} \quad x_2 = -7,201$$

$\hookrightarrow$  unmöglich

Also:

$$c(\text{H}_2) = \frac{n(\text{H}_2)}{V}$$

$$= \frac{(1 - 0,468) \text{ mol}}{5 \text{ L}}$$

$$= 0,11 \frac{\text{mol}}{\text{L}}$$

$$c(\text{CO}_2) = \frac{n(\text{CO}_2)}{V}$$

$$= \frac{(1 - 0,468) \text{ mol}}{5 \text{ L}}$$

$$= 0,11 \frac{\text{mol}}{\text{L}}$$

$$c(\text{H}_2\text{O}) = \frac{n(\text{H}_2\text{O})}{V}$$

$$= \frac{0,468 \text{ mol}}{5 \text{ L}}$$

$$= 0,094 \frac{\text{mol}}{\text{L}}$$

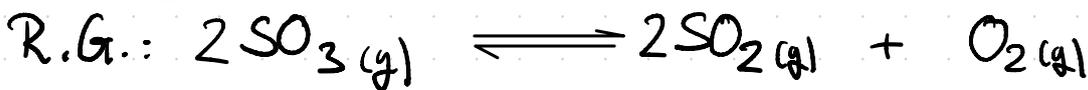
$$c(\text{CO}) = \frac{n(\text{CO})}{V}$$

$$= \frac{0,468 \text{ mol}}{5 \text{ L}}$$

$$= 0,094 \frac{\text{mol}}{\text{L}}$$

### Aufgabe I.12

Schwefeltrioxid zersetzt sich bei Hitzeeinwirkung zu Schwefeldioxid und zu Sauerstoff. Die Anfangskonzentrationen der beteiligten Stoffe betragen:  $c(\text{SO}_3) = 0,176 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ ,  $c(\text{SO}_2) = 0,625 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$  und  $c(\text{O}_2) = 0,436 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ . Im Gleichgewicht beträgt die Konzentration von Sauerstoff  $c(\text{O}_2) = 0,387 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ . Das Volumen des Behälters beträgt 1 Liter. Berechnen Sie die Gleichgewichtskonzentrationen der anderen beteiligten Stoffe sowie die Gleichgewichtskonstante  $K_c$ .



	$\text{SO}_3$	$\text{SO}_2$	$\text{O}_2$
$c_0 / \frac{\text{mol}}{\text{L}}$	0,176	0,625	0,436
$c / \frac{\text{mol}}{\text{L}}$	$0,176 - 2x$	$0,625 + 2x$	$0,436 + x$

$$c(\text{O}_2) = 0,436 + x \Leftrightarrow 0,387 = 0,436 + x$$

$$\Leftrightarrow x = -0,049$$

Also:

$$c(\text{SO}_3) = (0,176 + 2 \cdot 0,049) \frac{\text{mol}}{\text{L}} \quad \Bigg| \quad c(\text{SO}_2) = (0,625 - 2 \cdot 0,049) \frac{\text{mol}}{\text{L}}$$

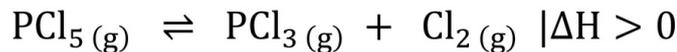
$$= 0,274 \frac{\text{mol}}{\text{L}}$$

$$= 0,527 \frac{\text{mol}}{\text{L}}$$

$$c(\text{O}_2) = \underline{0,387 \frac{\text{mol}}{\text{L}}}$$

### Aufgabe I.13

Beachten Sie die folgende Gleichgewichtsreaktion:



Berechnen Sie anhand der Ausgangskonzentrationen und der Gleichgewichtskonstante

$K_c$  die Konzentrationen aller Teilnehmer im Gleichgewicht.  $c_0(\text{PCl}_5) = 6 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ ,

$c_0(\text{PCl}_3) = 5 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ ,  $c_0(\text{Cl}_2) = 9 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$  und  $K_c = 5 \cdot 10^{-2} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ .

	$\text{PCl}_5$	$\text{PCl}_3$	$\text{Cl}_2$
$c_0 / \frac{\text{mol}}{\text{L}}$	6	5	9
$c / \frac{\text{mol}}{\text{L}}$	$6 - x$	$x + 5$	$x + 9$

Gleichgewichtskonstante:  $K_c = \frac{(x+5)(x+9)}{6-x} = 5 \cdot 10^{-2} \frac{\text{mol}}{\text{L}}$

$$\Leftrightarrow (x+5)(x+9) = (6-x) \cdot 5 \cdot 10^{-2}$$

$$\Leftrightarrow x^2 + 9x + 5x + 45 = 0,3 - 0,05x$$

$$\Leftrightarrow x^2 + 14,05x + 45 = 0$$

$$\Leftrightarrow x_1 = -4,939 \quad \text{oder} \quad x_2 = -9,111$$

$\hookrightarrow$  unmöglich

Also:

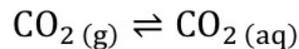
$$c(\text{PCl}_5) = 6 - (-4,939) = 10,94 \frac{\text{mol}}{\text{L}}$$

$$c(\text{PCl}_3) = -4,939 + 5 = 0,061 \frac{\text{mol}}{\text{L}}$$

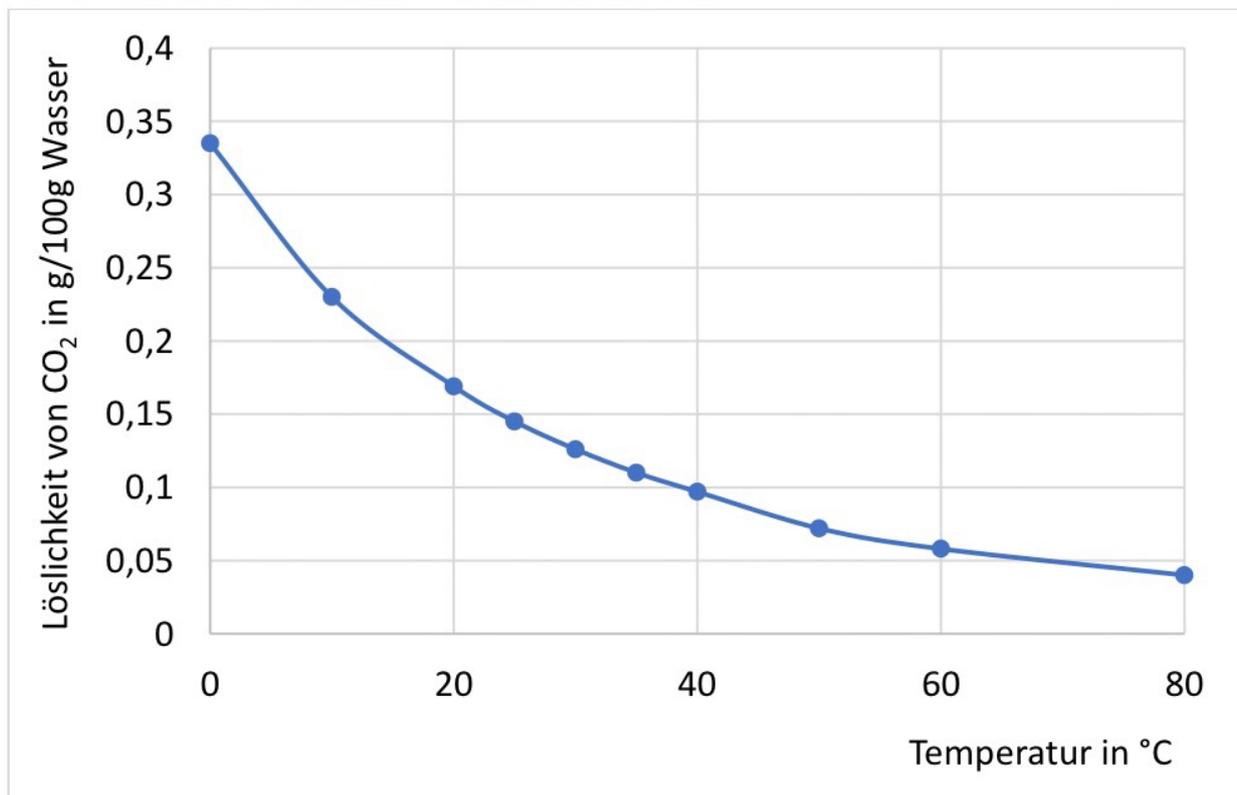
$$c(\text{Cl}_2) = -4,939 + 9 = 4,061 \frac{\text{mol}}{\text{L}}$$

#### Aufgabe I.14 (Cornelsen Fokus Chemie S II – Aufgabe 2 S. 111)

Das Auflösen von Kohlenstoffdioxid im Wasser verläuft nach folgender Gleichgewichtsreaktion:



Erläutern Sie, warum es für die Produktion von Sprudel günstig ist, kaltes Wasser und Kohlenstoffdioxid bei erhöhtem Druck einzusetzen.



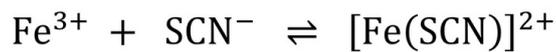
Kaltes Wasser löst, durch die niedrige Temperatur mehr CO<sub>2</sub>.

Bei hohem Druck verschiebt sich das Gleichgewicht in Richtung des im Wasser aufgelösten CO<sub>2</sub>.

---

### Aufgabe I.15 (Cornelsen Fokus Chemie S II – Aufgabe 3 S. 111)

Betrachten Sie das folgende Gleichgewicht:



Je höher die Konzentration der  $[\text{Fe}(\text{SCN})]^{2+}$ -Ionen, umso intensiver rot wird die Lösung. Erhöht man die Temperatur, so sinkt die Intensität der Farbe. Ziehen Sie eine Schlussfolgerung aus dieser Beobachtung.

Die Synthese der  $[\text{Fe}(\text{SCN})]^{2+}$  muss nach dieser Beobachtung eine exotherme Reaktion sein. Erhöht man nun die Temperatur so verschiebt sich das Gleichgewicht in die endotherme Richtung (hier links). Also sinkt die Intensität der Farbe.

### Aufgabe I.16 (Cornelsen Fokus Chemie S II – Aufgabe 6 S. 121)

Erläutern Sie, wie sich Temperatur- bzw. Druckänderung auf die folgenden Gleichgewichtsreaktionen des Stickstoffs auswirken:



a)

Druck  $\uparrow$ : kein Einfluss, beide Richtungen haben 2 Gasteilchen.

Druck  $\downarrow$ : kein Einfluss, beide Richtungen haben 2 Gasteilchen.

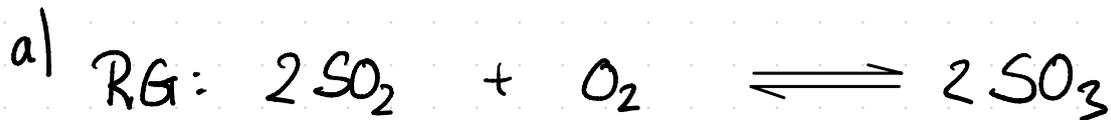
Temperatur  $\uparrow$ : Begünstigt die endotherme Reaktionsrichtung; Zunahme von NO

Temperatur  $\downarrow$ : Begünstigt die exotherme Reaktionsrichtung; Abnahme von NO

---

### Aufgabe I.17 (Cornelsen Fokus Chemie S II – Aufgabe 4 S. 121)

- a) Formulieren Sie die Bildung von Schwefeltrioxid ( $\text{SO}_3$ ) aus Schwefeldioxid ( $\text{SO}_2$ ) und Sauerstoff ( $\text{O}_2$ ) als Gleichgewichtsreaktion und stellen Sie das zugehörige Massenwirkungsgesetz (MWG) auf.
- b) Im Gleichgewicht betragen  $c(\text{SO}_3) = 0,9 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$ ,  $c(\text{SO}_2) = 0,1 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$  und  $c(\text{O}_2) = 0,05 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$ . Berechnen Sie  $K_c$  für die Bildung sowie für die Zersetzung von Schwefeltrioxid.
- c) Begründen Sie, warum es die Ausbeute (fr.: rendement) an Schwefeltrioxid begünstigt, wenn  $c(\text{O}_2)$  erhöht wird.



Massenwirkungsgesetz:

$$K_c = \frac{c^2(\text{SO}_3)}{c^2(\text{SO}_2) \cdot c(\text{O}_2)}$$

b) Bildung:

$$K_{c, \text{Bildung}} = \frac{\left(0,9 \frac{\text{mol}}{\text{L}}\right)^2}{\left(0,1 \frac{\text{mol}}{\text{L}}\right)^2 \left(0,05 \frac{\text{mol}}{\text{L}}\right)}$$
$$= 1,620 \frac{\text{L}}{\text{mol}}$$

Zersetzung:

$$K_{c, \text{Zersetzung}} = \frac{1}{K_{c, \text{Bildung}}}$$
$$= \frac{1 \text{ mol}}{1,620 \text{ L}}$$
$$= 6,173 \cdot 10^{-4} \frac{\text{mol}}{\text{L}}$$

c) Die Erhöhung von  $c(\text{O}_2)$  verschiebt, das Gleichgewicht nach rechts. Es entsteht mehr  $\text{SO}_3$ , die Ausbeute wird also erhöht.

### Aufgabe I.18

Entscheiden Sie bei folgenden Reaktionen, in welche Richtung das System bei Druckerhöhung bzw. Druckverminderung ausweicht:

- a)  $2\text{NO}_{(g)} + \text{O}_{2(g)} \rightleftharpoons 2\text{NO}_{2(g)}$
- b)  $\text{C}_{(s)} + \text{CO}_{2(g)} \rightleftharpoons 2\text{CO}_{(g)}$
- c)  $\text{CO}_{(g)} + \text{NO}_{2(g)} \rightleftharpoons \text{CO}_{2(g)} + \text{NO}_{(g)}$
- d)  $\text{CaCO}_{3(s)} \rightleftharpoons \text{CaO}_{(s)} + \text{CO}_{2(g)}$

- a) Druck  $\uparrow$ : Zunahme von  $\text{NO}_2$   
 Druck  $\downarrow$ : Zunahme von  $\text{NO}$  und  $\text{O}_2$
- b) Druck  $\uparrow$ : Zunahme von  $\text{C}$  und  $\text{CO}_2$   
 Druck  $\downarrow$ : Zunahme von  $\text{CO}$
- c) Druck  $\uparrow$ : kein Einfluss  
 Druck  $\downarrow$ : kein Einfluss
- d) Druck  $\uparrow$ : Zunahme von  $\text{CaCO}_3$   
 Druck  $\downarrow$ : Zunahme von  $\text{CaO}$  und  $\text{CO}_2$

### Aufgabe I.19

Die Reaktion  $\text{CH}_4(\text{g}) + 2 \text{H}_2\text{S}(\text{g}) \rightleftharpoons \text{CS}_2(\text{g}) + 4 \text{H}_2(\text{g})$  verläuft exotherm.

a) Begründen Sie, wie das Gleichgewicht verlagert wird, wenn:

- Die Temperatur gesenkt wird.
- $\text{CS}_2(\text{g})$  dem Reaktionsgemisch entzogen wird.
- Der Druck erhöht wird.

b) Formuliere das Massenwirkungsgesetz über die Gleichgewichtskonstante  $K_c$ .

c) Wie verändert sich  $K_c$ , wenn der Druck verringert wird?

a)

- Begünstigt exotherme Reaktionsrichtung; Zunahme von  $\text{CS}_2$  und  $\text{H}_2$ .
- Das Gleichgewicht verlagert sich auf die Seite, des entzogenen Produktes; Zunahme von  $\text{CS}_2$  und  $\text{H}_2$ .
- Das Gleichgewicht verlagert sich in die Richtung mit der kleineren Anzahl an Gasteilchen; Zunahme von  $\text{CH}_4$  und  $\text{H}_2\text{S}$ .

b)

Massenwirkungsgesetz:

$$K_c = \frac{c(\text{CS}_2) \cdot c^4(\text{H}_2)}{c(\text{CH}_4) \cdot c^2(\text{H}_2\text{S})}$$

c)  $K_c$  bleibt konstant.

### Aufgabe I.20

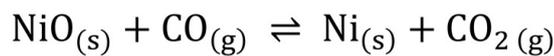
Die Reaktion  $C_{(s)} + CO_{2(g)} \rightleftharpoons 2 CO_{(g)}$  verläuft endotherm. Wie wird das Gleichgewicht beeinflusst, wenn:

- $CO_{2(g)}$  zugesetzt wird?
- Die Temperatur erhöht wird?
- Der Druck erhöht wird?

- Zunahme von  $CO$ .
- Zunahme von  $CO$
- Zunahme von  $C$  und  $CO_2$

### Aufgabe I.21 (Thieme Chemie - Aufgabe 17.5 S. 289)

Für die Reaktion



ist  $K_c = 4,54 \cdot 10^3$  bei  $663 \text{ }^\circ\text{C}$  und  $K_c = 1,58 \cdot 10^3$  bei  $852 \text{ }^\circ\text{C}$ . Ist diese Reaktion endotherm oder exotherm?

Die Reaktion ist exotherm.

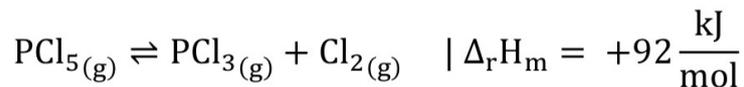
Da bei der Erhöhung der Temperatur die Gleichgewichtskonstante verringert wird, verschiebt sich das Gleichgewicht in Richtung der Edukte. Es folgt, dass links die endotherme Richtung ist und rechts die exotherme Richtung.

---

## Aufgabe I.22

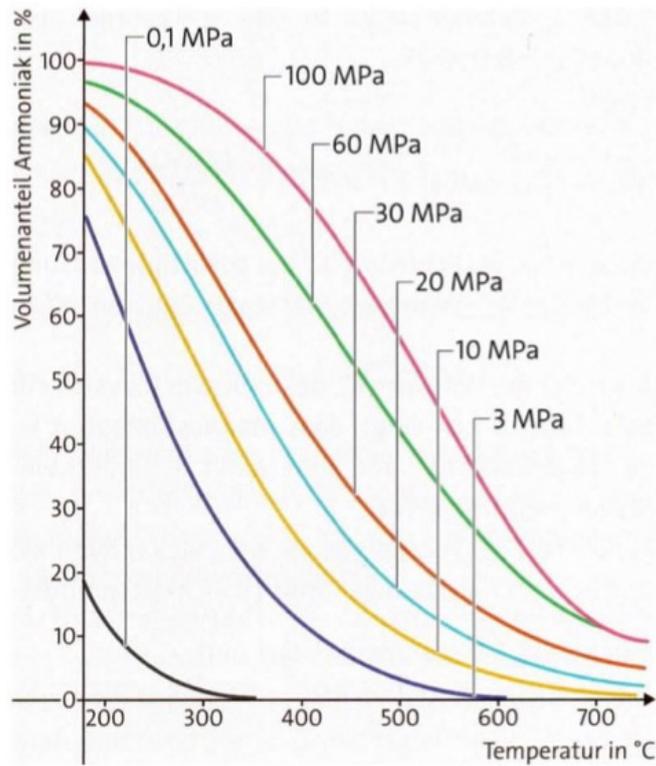
Kreuzen Sie die richtige Antwort an.

- a) Das Gleichgewicht  $I_{2(aq)} + 2 S_2O_3^{2-}(aq) \rightleftharpoons 2 I_{(aq)}^- + S_4O_6^{2-}(aq)$  wird durch die Zugabe von Iod beeinflusst. Wenn das System das Gleichgewicht wieder erreicht hat:
- ist die Gleichgewichtskonstante kleiner geworden.
  - ist die Konzentration an Iodid gestiegen.
  - sind alle Konzentrationen wieder gleich den Konzentrationen vor der Iodzugabe.
  - ist Konzentration an  $S_2O_3^{2-}$  gestiegen.
- b) Welchen Einfluss hat eine Erhöhung des Gesamtdrucks auf das Gleichgewicht:  $COCl_{2(g)} \rightleftharpoons CO_{(g)} + Cl_{2(g)}$  ?
- Die Gleichgewichtskonstante nimmt zu.
  - Die Konzentration an Chlor nimmt ab.
  - Die Konzentration an Kohlenstoffmonoxid nimmt zu.
  - Der Druck hat keinen Einfluss auf das Gleichgewicht.
- c) Welche Aussage trifft für das chemische Gleichgewicht zu?
- Die Hin- und Rückreaktion sind gestoppt.
  - Alle Edukte sind verbraucht.
  - Alle Edukte sind noch im System enthalten.
  - Die Konzentrationen der Edukte sind gleich den Konzentrationen der Produkte.
- d) Eine Silbernitratlösung und eine Eisen(II)-nitratlösung werden vermischt. Dabei stellt sich folgendes Gleichgewicht ein:  $Ag_{(aq)}^+ + Fe_{(aq)}^{2+} \rightleftharpoons Fe_{(aq)}^{3+} + Ag_{(s)}$ . Welche Änderung führt zu einer größeren Ausbeute an metallischem Silber?
- Die Zugabe von Eisen(III)-nitrat.
  - Die Zugabe von Eisen(II)-nitrat.
  - Das Ausfällen von  $Ag_{(aq)}^+$  durch Zugabe von Chlorid.
  - Die Zugabe eines geeigneten Katalysators.
- e) Durch welche Maßnahme wird die Ausbeute an Chlor für folgendes Gleichgewicht erhöht?



- Erhöhung des Drucks.
  - Verringerung der Konzentration an  $PCl_{5(g)}$ .
  - Temperaturerhöhung.
  - Volumenverringerng.
- f) Welche Aussage trifft für die exotherme Reaktion  $N_{2(g)} + 3 H_{2(g)} \rightleftharpoons 2 NH_{3(g)}$  nicht zu?
- Die Zugabe von Stickstoff erhöht die Konzentration an Ammoniak.
  - Die Zugabe von Ammoniak erhöht die Konzentration an Wasserstoff.
  - Eine Druckerhöhung verringert die Konzentration an Wasserstoff.
  - Eine Temperaturerhöhung erhöht die Konzentration an Ammoniak.

Aufgabe I.23 (Cornelsen Fokus Chemie S II – Aufgabe 1 S. 117)



- Interpretieren Sie das Diagramm bezüglich des Einflusses von Druck und Temperatur auf die Ammoniakausbeute.
- Finden Sie einen Grund dafür, warum die Ammoniaksynthese bei 500 °C durchgeführt wird, obwohl der Volumenanteil an Ammoniak im Gleichgewicht bei geringerer Temperatur größer ist.
- Bewerten Sie folgende Aussage: „Eine Steigerung der Gleichgewichtskonzentration von Ammoniak im Haber-Bosch-Verfahren ist durch einen anderen Katalysator möglich.“

a) Je höher der Druck und niedriger die Temperatur umso höher ist die Ausbeute an Ammoniak.

b) Eine niedrige Temperatur verlangsamt die Reaktionsgeschwindigkeit. Die Synthese würde somit zu lange dauern. Daher wird diese Reaktion obwohl sie exotherm ist bei hoher Temperatur durchgeführt.

c) Falsch. Ein Katalysator begünstigt sowohl Hin wie auch die Rückreaktion. Der Katalysator bewirkt also nur, dass das Gleichgewicht in geringerer Zeit erreicht wird.