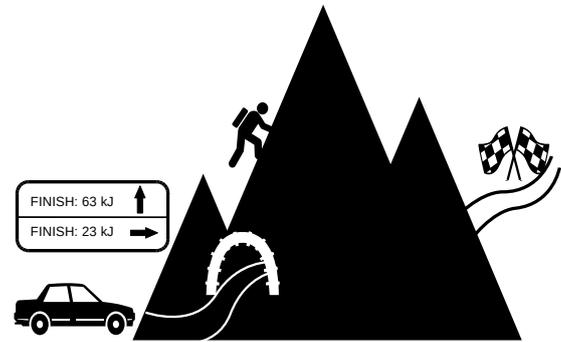


1. Interpretieren Sie die Abbildung rechts, die den Titel „Katalyse“ trägt, in Fachsprache in Form eines zusammenhängenden Texts (z.B. Für was steht der Berg? Was bedeuten die Zahlenangaben?)

2. Beschreiben Sie den Einfluss eines Katalysators auf eine exotherme Reaktion anhand eines beschrifteten Energie-Reaktionsweg-Diagramms. (Aufgabe ähnlich einer Prüfungsaufgabe für CL, gestreckte Abschlussprüfung Teil 1, Sommer 2005)



3. 1,5 g Calcium (0,015 mol) werden zu 0,5 L 1-M-HCl-Lösung gegeben. In den ersten 20 Sekunden entstehen 80 mL Gas (0,0035 mol).

- Notieren Sie die Reaktionsgleichung.
- Geben Sie die mittlere Reaktionsgeschwindigkeiten $\bar{v}(\text{H}_2)$ in [mol/s], $\bar{v}(\text{Ca}^{2+})$ und $\bar{v}(\text{H}^+)$ jeweils in [mol/(L·s)]. Das Volumen der Lösung wird konstant mit 0,5 L angenommen.
- Berechnen Sie die koeffizientenbereinigte Geschwindigkeit in $\text{mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$.

4. [NUR Wenn im Unterricht Geschwindigkeitsgesetze behandelt wurden] Für die Reaktion $2 \text{NO} + 2 \text{H}_2 \rightarrow 2 \text{H}_2\text{O}$ wurde die Reaktionsgeschwindigkeit in Abhängigkeit von den Ausgangsstoffkonzentrationen gemessen. Man fand, dass mit der Verdoppelung der NO-Konzentration die Reaktionsgeschwindigkeit vervierfacht, mit der Verdoppelung der Wasserstoffkonzentration die Reaktionsgeschwindigkeit aber nur verdoppelt wurde. Wie lautet das Geschwindigkeitsgesetz für diese Reaktion?

5. Eine Reaktion hat bei 10°C eine bestimmte Reaktionsgeschwindigkeit. Wie viel mal so groß ist die Geschwindigkeit bei 100 °C, wenn eine Temperaturerhöhung von 10°C eine Verdoppelung bewirkt?

6. Bei 20 °C besitzt eine Reaktion die Geschwindigkeit v_1 . Bei welcher Temperatur ist die Reaktionsgeschwindigkeit 7 mal so groß, wenn eine Erhöhung um 10 °C eine Verdoppelung der Rkt.geschwindigkeit bewirkt (RGT-Regel)?

7. Der Ablauf einer Reaktion dauert bei 40°C 18 Minuten. Bei welcher Temperatur lässt sich die Reaktion auf eine Reaktionszeit von 5 Minuten beschleunigen, wenn man davon ausgeht, dass eine Temperaturerhöhung von 10 °C, die Reaktionsgeschwindigkeit verdreifacht (RGT-Regel)?

8. Auf einem Tiefkühlprodukt findet sich folgender Hinweis (siehe Abb.). Überprüfen Sie, ob die RGT-Regel erfüllt ist.

Gefrierfach	Minimaltemperatur	Lagerungsdauer
* 1-Sterne-Fach	bis -6°C	bis zu 3 Tage
** 2-Sterne-Fach	bis -12°C	bis zu 1 Monat
*** 3-Sterne-Fach	bis -18°C	bis zu 3 Monate

9. Ameisensäure (HCO_2H) wird durch Brom zu Kohlenstoffdioxid aufoxidiert.

- Formulieren Sie die Reaktionsgleichung.

- b) Zu Beginn beträgt $c_0(\text{Br}_2) = 15 \text{ mmol/L}$. Nach 20 Sekunden beträgt $c(\text{Br}_2) = 6 \text{ mmol/L}$, nach 40 Sekunden beträgt $c(\text{Br}_2) = 1,5 \text{ mmol/L}$. Berechnen Sie die mittleren Reaktionsgeschwindigkeiten $v(\text{Br}_2)$, $v(\text{CO}_2)$ und $v(\text{H}^+)$ zwischen der 20. und 40. Sekunde.
- c) Begründen Sie, wie sich die Reaktionsgeschwindigkeiten für die einzelnen Stoffe im Verlauf der gesamten Reaktion ändern.

10. Zu 50 mL einer Salzsäurelösung mit $c(\text{HCl}) = 2,0 \text{ mol/L}$ wird ein großer Überschuss an Zinkpulver gegeben. Nach einer Reaktionszeit von 50 Sekunden und einer Reaktionstemperatur von $25 \text{ }^\circ\text{C}$ beträgt die Salzsäurekonzentration noch $1,68 \text{ mol/L}$.

- a) Stellen Sie die Reaktionsgleichung auf.
- b) Berechnen Sie die durchschnittliche Reaktionsgeschwindigkeit in den ersten 50 Sekunden bezüglich...
- I.... der Salzsäure
 - II der Zinkionen
 - III des sich entwickelnden Gases (hier in mL/s). Hinweis: Bei $25 \text{ }^\circ\text{C}$ und Normdruck nimmt 1 mol eines Gas 24,5 Liter ein ($V_m = 24,5 \text{ L/mol}$).

Lösungen (ohne Gewähr)

1.

Während ohne Katalysator eine hohe Aktivierungsenergie erforderlich ist (dargestellt durch den Berg), verläuft die katalytische Reaktion aufgrund der niedrigeren Aktivierungsenergie deutlich schneller (dargestellt durch schnelles Auto und Tunnel).

2.

Energie-Reaktionsweg-Diagramm: siehe Unterrichtsunterlagen

Der Katalysator setzt die benötigte Aktivierungsenergie der Reaktion herab. Bei Anwesenheit eines Katalysators erreicht ein größerer Teil der Reaktanteilchen die zur Reaktion notwendige Energie (Aktivierungsenergie). Die Energie der Ausgangsstoffteilchen ist nicht für alle Moleküle gleich, sondern gehorcht der BOLTZMANN-Verteilung. Diese Energieverteilung stellt sich immer neu ein, so dass ständig Ausgangsstoffteilchen die notwendige Energie besitzen. Da durch die Herabsetzung der Energiebarriere ein größerer Ausgangsstoffanteil die notwendige Energie besitzt, ist die Reaktionsgeschwindigkeit höher als im unkatalysierten Fall (*Dies geht aus dem Energiediagramm oben nicht hervor, da es nur den Energieverlauf eines Teilchens zeigt. Aus dem Diagramm oben können keine Reaktionsgeschwindigkeiten abgelesen werden.*)

3.

4.

5.

6.

7.

Alternative 1

$$t_2 = \frac{t_1}{3^n} \Rightarrow 5 \text{ min} = \frac{18 \text{ min}}{3^n} \Rightarrow 3^n = \frac{18 \text{ min}}{5 \text{ min}} \Rightarrow 3^n = 3,6 \Rightarrow n = \log_3 3,6 \approx 1,16596$$

$$n = \frac{\vartheta_2 - \vartheta_1}{10^\circ \text{C}} \Rightarrow 1,16596 = \frac{\vartheta_2 - 40^\circ \text{C}}{10^\circ \text{C}} \Rightarrow 11,6596^\circ \text{C} = \vartheta_2 - 40^\circ \text{C} \Rightarrow \underline{\vartheta_2 \approx 52^\circ \text{C}}$$

Alternative 2

Wenn die Reaktion in 5 Minuten ablaufen soll, dann muss sich die Reaktionsgeschwindigkeit um den Faktor

$$\frac{18 \text{ min}}{5 \text{ min}} = 3,6 \text{ beschleunigen. } v_2 \text{ ist also } 3,6 \text{ mal größer als } v_1. \quad \frac{v_2}{v_1} = 3,6$$

Wenn sich die Reaktionsgeschwindigkeit bei 10°C Erhöhung verdreifacht, gilt folgende RGT-Regel: $v_2 = v_1 \cdot 3^n$

$$v_2 = 3^n \cdot v_1 \Rightarrow \frac{v_2}{v_1} = 3^n \Rightarrow 3,6 = 3^n \Rightarrow n = \log_3 3,6 \left(\Rightarrow \frac{\lg 3,6}{\lg 3} \right) \approx 1,16596 \quad (\text{weiter: siehe Alternative 1})$$

Wir nehmen mal an, dass es sich um chemische Zersetzungsreaktionen handelt, die die Pizza ungenießbar machen. Annahme: Erhöht man die Lagertemperatur um 10°C, so nimmt die Zersetzungsgeschwindigkeit auf das Doppelte bis Dreifache zu (**RGT-Regel**). Ist die

Wir müssen prüfen, ob die RGT-Regel erfüllt ist. Nach dieser gilt, dass sich bei Temperaturerhöhung um 10 °C die Reaktionsgeschwindigkeit **verdoppelt** bis **verdreifacht**, ODER, WAS gleichbedeutend ist, sich die Zersetzungszeit **halbiert** bis **drittelt**.

Formel für die neue Reaktionszeit (Zersetzungszeit) t_2 (bei wärmerer Temperatur): $t_2 = \frac{t_1}{2^n}$ bis $t_2 = \frac{t_1}{3^n}$

wobei n = Anzahl der Zehngradschritte: z.B. $\Delta\vartheta = 25\text{ °C} \Rightarrow n = 2,5$. also: $n = \frac{\vartheta_2 - \vartheta_1}{10\text{ °C}}$

Wir prüfen dies für eine Auswahl von jeweils 2 Werte aus der Tabelle.

A Wertepaar: 1-Sterne-Fach vs 2-Sterne-Fach

Bei -12 °C beträgt die Reaktionsgeschwindigkeit $t_1 = \text{ca. } 30\text{ d}$. Erhöht man um 6 °C (von -12°C auf -6 °C, d.h. 0,6 Zehngradschritte $\Rightarrow n = 0,6$) so beträgt $t_2 \dots$

...bei Annahme einer **Verdoppelung**: $t_2 = \frac{t_1}{2^n} = \frac{30\text{ d}}{2^{0,6}} \approx 20\text{ d}$

...bei Annahme einer **Verdreifachung**: $t_2 = \frac{t_1}{3^n} = \frac{30\text{ d}}{3^{0,6}} \approx 15,5\text{ d}$

Bei uns verkürzt sich die Lagerungsdauer (Reaktionszeit) auf 3 d \Rightarrow Die RGT-Regel ist für dieses Wertepaar also nicht erfüllt.

B Wertepaar: 1-Sterne-Fach vs 3-Sterne-Fach

Bei -18 °C beträgt die Reaktionsgeschwindigkeit $t_1 = \text{ca. } 90\text{ d}$ (3 Monate). Erhöht man um 12 °C (von -18°C auf -6 °C, d.h. 1,2 Zehngradschritte $\Rightarrow n = 1,2$) so beträgt $t_2 \dots$

...bei Annahme einer Verdoppelung: $t_2 = \frac{t_1}{2^n} = \frac{90\text{ d}}{2^{1,2}} \approx 39\text{ d}$

...bei Annahme einer Verdreifachung: $t_2 = \frac{t_1}{3^n} = \frac{90\text{ d}}{3^{1,2}} \approx 24\text{ d}$

Bei uns verkürzt sich die Lagerungsdauer (Reaktionszeit) auf 3 d \Rightarrow Die RGT-Regel ist für dieses Wertepaar also auch nicht erfüllt.

C Wertepaar: 2-Sterne-Fach vs 3-Sterne-Fach

Bei -18 °C beträgt die Reaktionsgeschwindigkeit $t_1 = \text{ca. } 90\text{ d}$ (3 Monate). Erhöht man um 6 °C (von -18°C auf -12 °C, d.h. 0,6 Zehngradschritte $\Rightarrow n = 0,6$) so beträgt $t_2 \dots$

...bei Annahme einer Verdoppelung: $t_2 = \frac{t_1}{2^n} = \frac{90\text{ d}}{2^{0,6}} \approx 60\text{ d}$

...bei Annahme einer Verdreifachung: $t_2 = \frac{t_1}{3^n} = \frac{90\text{ d}}{3^{0,6}} \approx 46,5\text{ d}$

Bei uns verkürzt sich die Lagerungsdauer (Reaktionszeit) auf 30 d \Rightarrow Die RGT-Regel ist für dieses Wertepaar also auch nicht erfüllt.

Schlussfolgerung: Welches Wertepaar auch immer man herausgreift, die Überprüfung zeigt, dass die RGT-Regel nicht gilt. Ursachen: Die Zersetzungsreaktionen sind in der Regel mikrobiologischer Art. Hier gilt die RGT-Regel nur eingeschränkt, weil der Bakterienstoffwechsel unterhalb einer Temperatur nahezu einfriert und der mikrobielle Abbau praktisch gestoppt wird. Überhalb dieser Temperatur wird er jedoch aktiv und führt relativ schnell durch Keimvermehrung zum Verderb des Lebensmittels.

9.

10.



b) Wenn die Salzsäurekonzentration um $\Delta c(\text{HCl}) = 0,32 \text{ mol/L}$ abnimmt, dann nimmt wegen der Koeffizientenverhältnisse die Zinkionenkonzentration um $\Delta c(\text{Zn}^{2+}) = 0,16 \text{ mol/L}$ zu.

$\bar{v}(\text{HCl}) = \frac{\Delta c(\text{HCl})}{\Delta t} = \frac{0,32 \frac{\text{mol}}{\text{L}}}{50 \text{ s}} = 0,0064 \frac{\text{mol}}{\text{L} \cdot \text{s}}$ $\bar{v}(\text{Zn}^{2+}) = \frac{\Delta c(\text{Zn}^{2+})}{\Delta t} = \frac{0,16 \frac{\text{mol}}{\text{L}}}{50 \text{ s}} = 0,0032 \frac{\text{mol}}{\text{L} \cdot \text{s}}$. Da das Reaktionsvolumen 0,05 L beträgt, werden $\Delta n(\text{Zn}^{2+}) = \Delta n(\text{H}_2) = 0,16 \frac{\text{mol}}{\text{L}} \cdot 0,05 \text{ L} = 0,008 \text{ mol}$ gebildet. 0,008 mol H_2 nehmen $\Delta V(\text{H}_2) = 0,008 \text{ mol} \cdot 24,5 \text{ mol/L} = 0,196 \text{ L} = 196 \text{ mL}$ ein. Damit beträgt die Rkt.geschw.: $\bar{v}(\text{H}_2) = \frac{\Delta V(\text{H}_2)}{\Delta t} = \frac{196 \text{ mL}}{50 \text{ s}} = 3,92 \frac{\text{mL}}{\text{s}}$

c) Die Reaktionsgeschwindigkeit nimmt ständig ab, da mit geringerer werdenden Eduktkonzentrationen, die Anzahl der Kollisionen pro Zeiteinheit abnimmt. Solche Kollisionen sind für einen Stoffumsatz erforderlich (aber nicht hinreichend).

d) Wenn die Temperatur von 25 °C auf 50 °C erhöht wird, so nimmt die Reaktionsgeschwindigkeit exponentiell ab. Nach der RGT-Regel beträgt die Abnahme um jede 10°C Temperatursenkung Faktor $F = 2-4$. Mit $n = \frac{50^\circ\text{C} - 25^\circ\text{C}}{10^\circ\text{C}} = 2,5$

folgt: Mindestzeit $t_2 = \frac{50 \text{ s}}{4^n} \approx 1,6 \text{ s}$ Höchstzeit: $t_2 = \frac{50 \text{ s}}{2^n} \approx 8,9 \text{ s}$