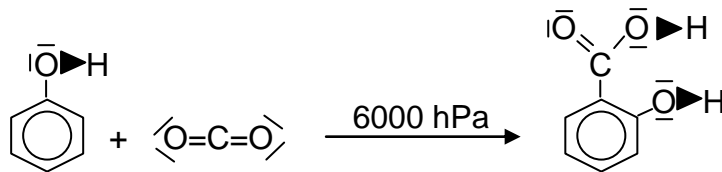


### Aufgabe 1

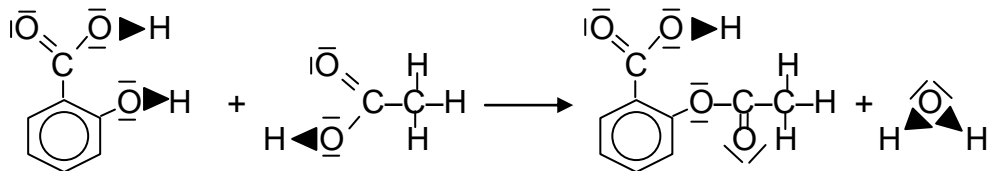
1.1



Da gasförmiges CO<sub>2</sub> während der Reaktion verbraucht wird, verläuft diese unter Volumenabnahme. Deshalb wird das Gleichgewicht bei hohem Druck auf die Produktseite verschoben.

3 VP

1.2



$$K_C = \frac{c(\text{Ester}) \cdot c(\text{Wasser})}{c(\text{Salicylsäure}) \cdot c(\text{Essigsäure})}$$

Die Konzentration des Wassers kann nicht in die Konstante einbezogen werden, da Wasser hier infolge der Kondensation ein Reaktionsprodukt ist.

$$\begin{aligned} c(\text{Ester}) &= x \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \\ c(\text{Wasser}) &= x \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \\ &\text{(Pro Molekül Ester entsteht 1 Molekül Wasser.)} \\ c(\text{Salicylsäure}) &= 1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \text{ vor der Reaktion} \\ &= (1-x) \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \text{ im Gleichgewicht} \\ c(\text{Essigsäure}) &= 1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \text{ vor der Reaktion} \\ &= (1-x) \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \text{ im Gleichgewicht} \end{aligned}$$

Daraus ergibt sich für das MWG:

$$K_C = \frac{x \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot x \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}}{(1-x) \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot (1-x) \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}} = \frac{x^2}{(1-x)^2} = \frac{x^2}{1-2x+x^2}$$

$$3 = \frac{x^2}{1-2x+x^2}$$

$$3(1-2x+x^2) = x^2$$

$$3-6x+3x^2-x^2=0$$

$$2x^2-6x+3=0$$

$$x^2-3x+3/2=0$$

$$\begin{aligned}
 x_1 &= \frac{3}{2} \pm \sqrt{\frac{9}{4} - \frac{3}{2}} \\
 &= \frac{3}{2} \pm \sqrt{\frac{3}{4}} \\
 &= 1,5 \pm 0,5 \cdot \sqrt{3} \\
 &= 1,5 \pm 0,5 \cdot 1,732 \\
 &= 1,5 \pm 0,866
 \end{aligned}$$

$$x_1 = 1,5 + 0,866 = 2,366$$

Dieses Ergebnis kommt nicht in Betracht, weil aus 1 Mol eingesetzter Essigsäure nicht 2,366 Mol Ester entstehen können.

$$x_2 = 1,5 - 0,866 = 0,634$$

Die Gleichgewichtskonzentration für den Ester beträgt bei  $K = 3$   $0,634 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ .

4 VP

- 1.3 Acetylsalicylsäure besitzt mit der Carboxylgruppe und der Estergruppe 2 hydrophile Gruppen, der aromatische Ring ist lipophil.

Wasser kann mit den beiden hydrophilen Gruppen wechselwirken, mit dem lipophilen aromatischen Ring nicht.

Ethanol kann über seine polare Hydroxylgruppe mit den beiden hydrophilen Gruppen der Acetylsalicylsäure wechselwirken, aber über seine (wenn auch kurze) Methylgruppe auch mit dem lipophilen aromatischen Ring. Deshalb ist Acetylsalicylsäure in Ethanol besser löslich als in Wasser.

Hinzu kommt noch, dass die Wassermoleküle viel besser untereinander in Wechselwirkung treten als mit Acetylsalicylsäure.

2 VP

- 2  $c(\text{NaOH}) = 0,1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$   
 $M(\text{NaOH}) = (23 + 16 + 1) \text{ g} = 40 \text{ g}$   
 $0,1 \text{ mol NaOH} \triangleq 4 \text{ g NaOH}$

In 1 ml 1m NaOH: 0,001 mol NaOH  
 In 1 ml 0,1m NaOH: 0,0001 mol NaOH  
 In 27,7 ml 0,1m NaOH: 0,00277 mol NaOH  
 Entsprechend liegen 0,00277 mol ASS vor  
 (falls sachgerecht gelagert).

ASS =  $\text{C}_9\text{H}_8\text{O}_4$   
 $M(\text{C}_9\text{H}_8\text{O}_4) = (9 \cdot 12 + 8 \cdot 1 + 4 \cdot 16) \text{ g} = (108 + 8 + 64) \text{ g} = 180 \text{ g}$   
 $1 \text{ mol ASS} \triangleq 180 \text{ g ASS}$

Tablette 1 (unter der Annahme sachgerechter Lagerung):

$$0,00277 \text{ Mol ASS} \triangleq (0,00277 \cdot 180) \text{ g ASS} = 0,499 \text{ g ASS}$$

$$\approx 500 \text{ mg ASS}$$

Tablette 2:

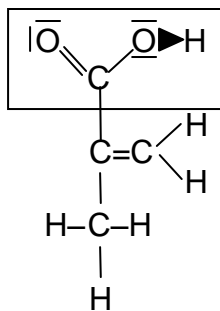
Es wurden zwar 32,5 mL 0,1 m NaOH verbraucht, ein Wert von  $(0,00325 \cdot 180) \text{ g ASS} = 0,630 \text{ g ASS} > 0,500 \text{ g ASS}$  kommt jedoch nicht in Betracht, weil die Tablette nicht mehr als 0,500 g ASS enthält.

Bei feuchter Lagerung wird ASS hydrolysiert, Reaktionsprodukte sind Salicylsäure und Essigsäure. Pro hydrolysiertem ASS entstehen also 2 Moleküle Säure, was den erhöhten Verbrauch an Natronlauge erklärt.

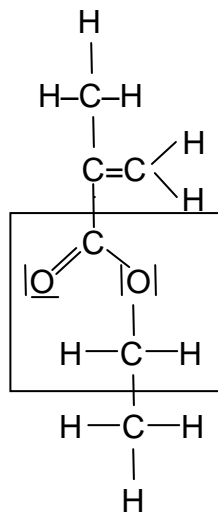
Tablette 1 wurde also sachgerecht gelagert, Tablette 2 nicht.

6 VP

3



Copolymer A  
besitzt eine  
Carboxylgruppe



Copolymer B  
besitzt eine  
Estergruppe

Copolymer A ist wegen seiner polaren Carboxylgruppe (mit Partialladungen) wasserlöslich. Bei sinkendem Anteil an Copolymer A nimmt deshalb die Wasserlöslichkeit ab.

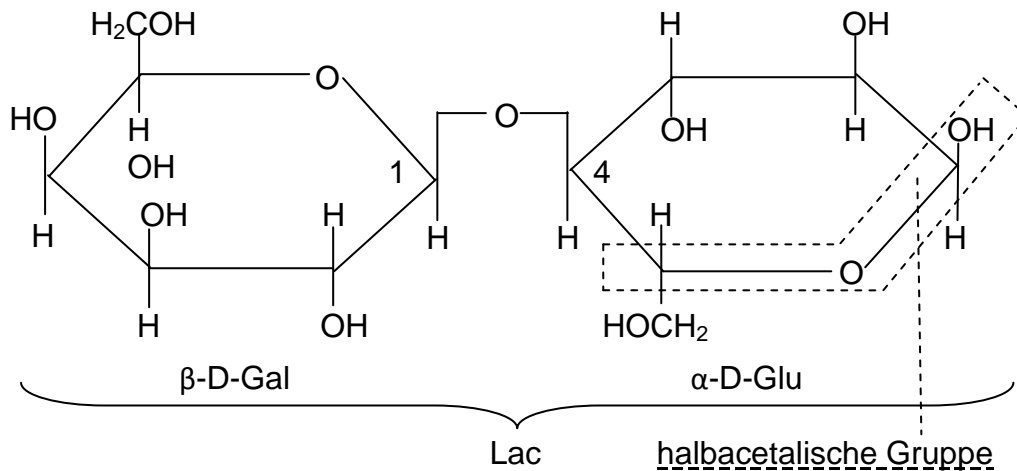
Erhöht man den pH-Wert bis in den alkalischen Bereich, so werden die Carboxylgruppen deprotoniert. Es stellt sich ein neues Gleichgewicht ein, bei welchem so viele Carboxylatgruppen vorliegen, dass wegen der nunmehr echten Ladungen die Wasserlöslichkeit steigt.

5 VP

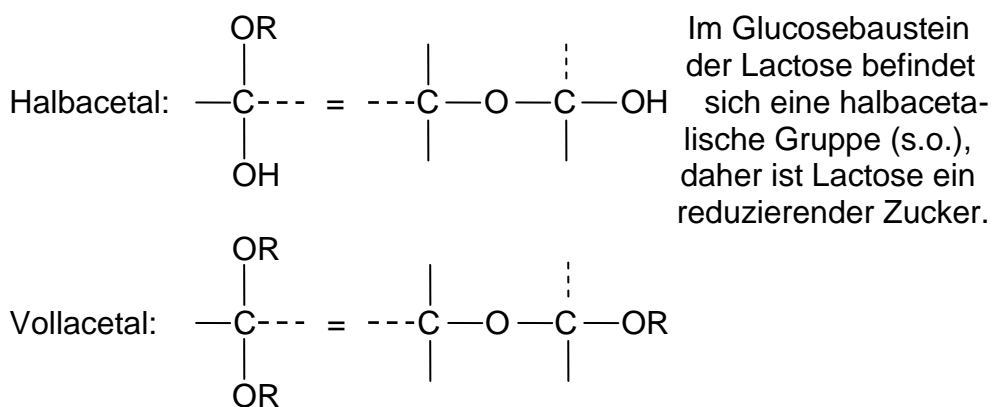
20 VP

**Aufgabe 2**

1.1



Bei reduzierenden Zuckern (Aldosen) liegt ein Gleichgewicht zwischen offenkettiger Form und Ringform vor. In der offenkettigen Form wirkt die Aldehydgruppe reduzierend. Eine Ringöffnung ist immer nur dann möglich, wenn in der Ringform eine halbacetalische Gruppe vorliegt. Bei Vollacetalen ist eine Ringöffnung nicht mehr möglich.



Reduzierende Zucker können mit der FEHLING-Reaktion oder der Silber Spiegel-Probe (TOLLENS-Probe) nachgewiesen werden.

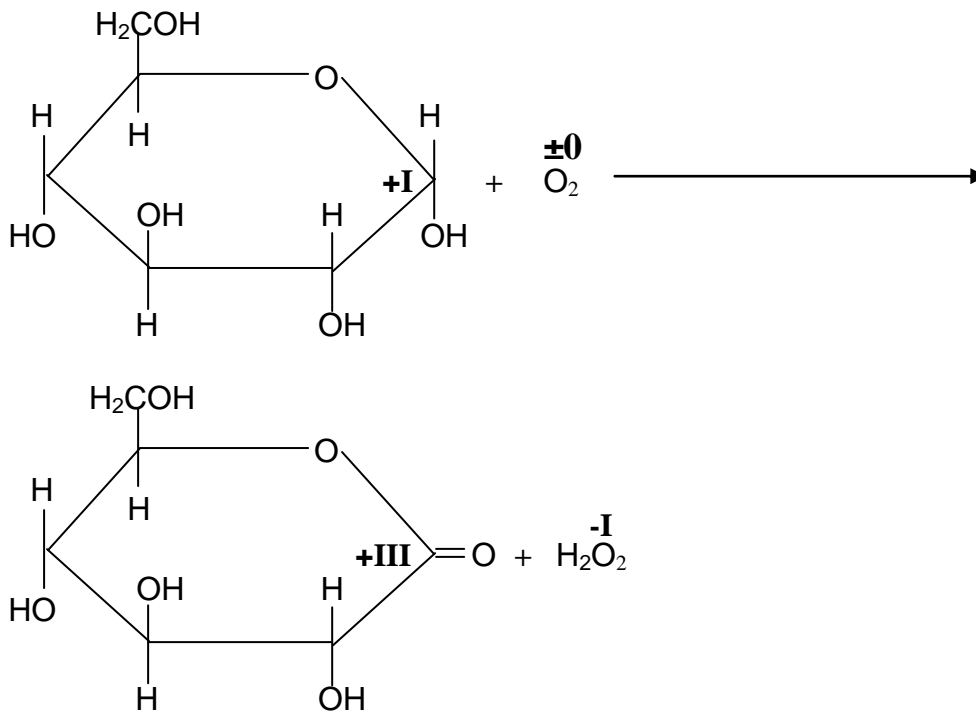
Zur zu untersuchenden Lösung, in der Glucose vermutet wird, gibt man erst FEHLING-I-Lösung (Lösung von  $\text{CuSO}_4$ ), dann FEHLING-II-Lösung (alkalische Lösung von Na-K-Tartrat). Bei Zugabe der FEHLING-II-Lösung fällt zunächst hellblaues, käsiges  $\text{Cu}(\text{OH})_2$  aus, welches sich in einem Überschuss an Tartrat unter Bildung eines tiefblauen Kupfer-Tartrato-Komplexes wieder auflöst. Durch die Komplexbildung (Versteckreaktion) werden die  $\text{Cu}^{2+}$ -Ionen in Lösung gehalten. So kann bei vorsichtigem Erwärmen im Reagenzglas  $\text{Cu}^{2+}$  die Aldose Glucose aufoxidieren,  $\text{Cu}^{2+}$  wird zu ziegelrotem  $\text{Cu}^+$  reduziert, wobei ein Farbspiel über blau, grün, gelb und braun bis ziegelrot zu beobachten ist.

Bei der TOLLENS-Probe wird  $\text{Ag}^+$  zu  $\text{Ag}$  reduziert statt  $\text{Cu}^{2+}$  zu  $\text{Cu}^+$ , statt mit Na-K-Tartrat wird mit Ammoniak komplexiert,  $\text{Ag}^+$  wird in einem Silberdiamminkomplex,  $[\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]^+$ , in Lösung gehalten. Um einen schönen Silberspiegel zu bekommen, erhitzt man am besten vorsichtig in einem Wasserbad.

[Die SCHIFFSche Probe ist für den Nachweis keine Alternative. SCHIFFS Reagenz ist Fuchsin-schweflige Säure, und in saurer Lösung liegt der Glucosebaustein fast ausschließlich als Halbacetal vor (Gleichgewicht fast völlig auf der Seite der Ringform), was eine aussagekräftige Rotfärbung, wie beispielsweise bei Aldehyden, verhindert.]

5 VP

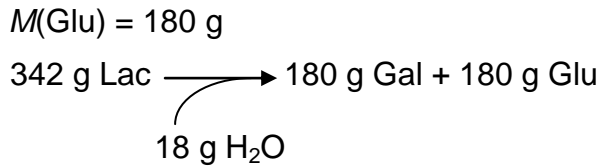
1.2



**+I    +III                    ±0        -I**  
 $\text{C}_1 \rightarrow \text{C}_1$  (Oxidation);  $\text{O}_2 \rightarrow \text{H}_2\text{O}_2$  (Reduktion)

5 VP

- 2 Das Disaccharid Lactose wird bei der Verdauung im Dünndarm durch Lactase in die beiden Monosaccharide  $\beta$ -D-Galactose und  $\alpha$ -D-Glucose gespalten. Arbeitet das Enzym einwandfrei, dann steigt die Glucosekonzentration im Blut an und kann mit dem Blutzucker-test nachgewiesen werden. Kann kein Anstieg der Glucosekonzentration festgestellt werden, so wurde die Lactose nicht gespalten, weil das Enzym Lactase nicht zur Verfügung steht, es liegt somit eine Lactoseintoleranz vor.



342 g Lac liefern 180 g Glu.  
 1 g Lac liefert  $180/342$  g Glu.  
 50 g Lac liefern  $(180/342) \cdot 50$  g Glu = 26,316 g Glu.

Aus der vollständigen Spaltung von 50 g Lac gelangen in das Blut  
 26.316 mg Glu in 5.000 mL Blut,  
 5.263 mg Glu in 1.000 mL Blut,  
 526 mg Glu in 100 mL Blut.

Berechnung des Gesamtgehalts an Glu in 100 mL Blut:  
 526 mg Glu aus der vollständigen Lactosespaltung  
 + 110 mg Glu Anfangsgehalt  

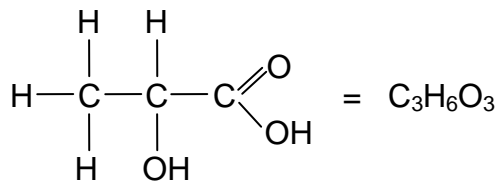

---

 = 636 mg Glu Maximalgehalt

Bei vollständiger Umsetzung von 50 g Lactose kann man im Blut  
 eines Menschen (Annahme: 5 L Blut als Durchschnittswert) 636 mg  
Glucose / 100 mL nachweisen.

6 VP

3 Milchsäure = 2-Hydroxypropansäure



$$M(\text{C}_3\text{H}_6\text{O}_3) = (3 \cdot 12 + 6 \cdot 1 + 3 \cdot 16) \text{ g} = (36 + 6 + 48) \text{ g} = 90 \text{ g}$$

90 g Milchsäure  $\triangleq$  1 mol Milchsäure

1 g Milchsäure  $\triangleq$   $1/90$  mol Milchsäure

450 g Milchsäure  $\triangleq$   $450/90$  mol Milchsäure = 5 mol Milchsäure

450 mg Milchsäure  $\triangleq$  0,005 mol Milchsäure =  $5 \cdot 10^{-3}$  mol Milchsäure

$$pK_S(\text{CH}_3\text{CH}(\text{OH})\text{COOH}) = 3,86$$

Für den pH-Wert einer schwachen Säure gilt:

$$\text{pH} = \frac{1}{2} (pK_S - \lg c_0(\text{HA}))$$

Im vorliegenden Fall:

$$\begin{aligned}
 \text{pH} &= 0,5 \cdot (3,86 - \lg 0,005) \\
 &= 0,5 \cdot 3,86 - 0,5 \cdot (-2,301) \\
 &= 1,93 + 1,15 \\
 &= 3,08
 \end{aligned}$$

Der pH-Wert einer reinen wässrigen Milchsäurelösung beträgt 3,08.

Sauermilch gleichen Milchsäuregehalts hat mit  $\text{pH} = 4,5$  einen deutlich höheren pH-Wert als die reine, wässrige Lösung der Milchsäure. Dies ist auf basisch wirkende Teilchen zurückzuführen, die in Milch neben der Milchsäure zusätzlich enthalten sind.

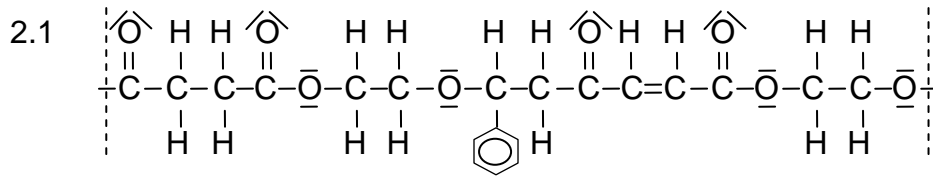
4 VP

---

20 VP





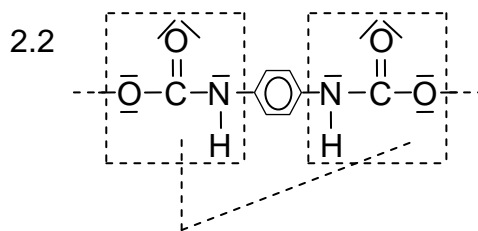


Bei dem Reaktionstyp handelt es sich um eine radikalische Polymerisation. Wichtige Schritte sind:

- Bildung von Startermolekülen durch UV-Licht (homolytische Bindungsspaltungen),
- Fortsetzung in Radikalkettenreaktionen,
- Vernetzung der gebildeten Polymere untereinander.

Durch die Vernetzung der gebildeten Polymere untereinander steigt die mechanische Stabilität, hingegen nehmen Elastizität und Löslichkeit ab. Dies ist bei Zweikomponentenlacken der Fall. Einkomponentenlacke zeigen eine geringere mechanische Stabilität, dafür aber eine hohe Elastizität bei verbesserter Löslichkeit.

7 VP



Urethangruppe (-NH-CO-O-)

Die Isocyanatgruppen (-N=C=O) der einen Komponente reagieren mit den Hydroxylgruppen (-OH) der anderen Komponenten in einer Polyaddition zum ausgehärteten Produkt.

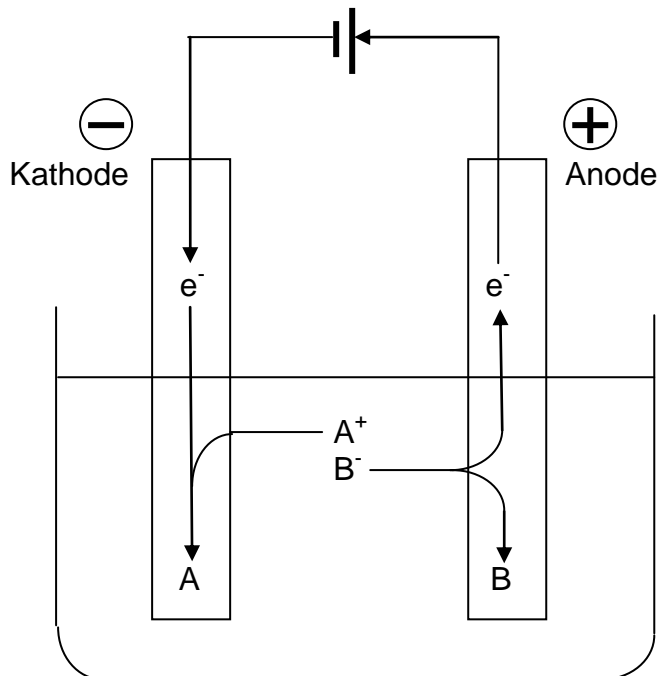
2 VP

---

20 VP

### Aufgabe 4

#### 1.1 Apparatur zur Elektrolyse eines Salzes $A^+B^-$



unedlere Elektrode  
(Reduktion,  $+ e^-$ )

edlere Elektrode  
(Oxidation,  $- e^-$ )

In einer wässrigen KOH-Lösung liegen  $K^+_{aq}$ -Ionen,  $OH^-_{aq}$ -Ionen und  $H_2O$ -Moleküle vor. Für die Konzentration dieser Teilchen gilt:

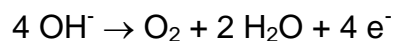
$$c(H_2O) > c(K^+_{aq}) = c(OH^-_{aq})$$

3 VP

#### 1.2 Vorbemerkung: In der Tabelle „Elektrodenpotenziale bei 25°C in wässrigen Lösungen“ ist das Potenzial $E^0(4OH^-/O_2+2H_2O)$ mit +0,40 V angegeben. +0,40 V ist aber das Potenzial für $E^0(O_2+2H_2O/4OH^-)$ .

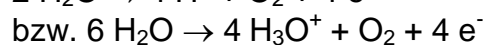
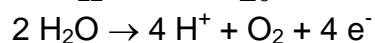
Anode (Oxidation):

Reaktion 1:



$$E^0_1 = -0,40 \text{ V}$$

Reaktion 2:

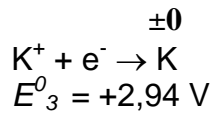


$$E^0_2 = +1,23 \text{ V}$$

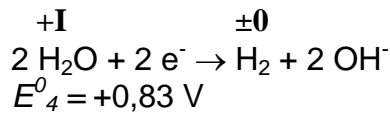
$E^0_1 < E^0_2 \Rightarrow$  Reaktion 1 läuft ab.

Kathode (Reduktion):

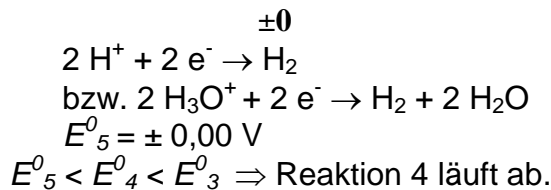
Reaktion 3:



Reaktion 4:



Reaktion 5:



Die eigentlich zu erwartende Abscheidung von  $\text{H}_2$  erfolgt nicht wegen der hohen \u00dcberspannung von Wasserstoff an Graphit.

Die Zersetzungsspannung  $U_Z$  ist die zur Durchf\u00fchrung der Elektrolyse mindestens ben\u00f6tigte Differenz der Elektrodenpotenziale von Anode und Kathode.

$$U_Z = \Delta E = E(\text{Kathode}) - E(\text{Anode}) = +0,83 \text{ V} - (-0,40 \text{ V}) = +1,23 \text{ V}$$

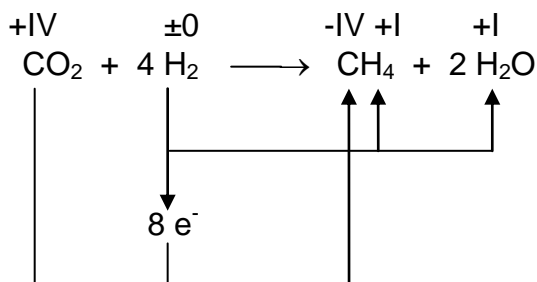
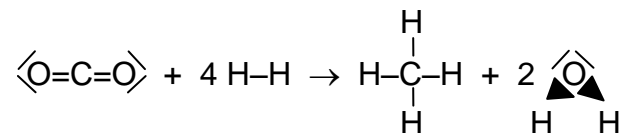
Die Zersetzungsspannung zur Durchf\u00fchrung der Elektrolyse von  $\text{H}_2\text{O}$  zur Erzeugung von  $\text{H}_2$  betr\u00e4gt +1,23 V.

Am Pluspol entstehen Sauerstoff und Wasser, am Minuspol Wasserstoff und Hydroxid-Ionen.



6 VP

2



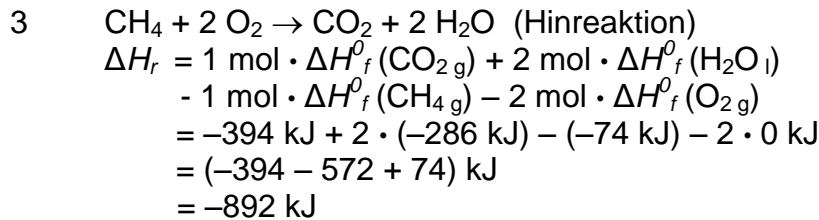
Der Kohlenstoff in  $\text{CO}_2$  wird reduziert,

- weil C Elektronen aufnimmt,
- weil die Oxidationszahl von +IV auf -IV sinkt,
- weil Sauerstoff abgegeben wird,
- weil Wasserstoff gebunden wird.

Der Wasserstoff ( $\text{H}_2$ ) wird oxidiert,

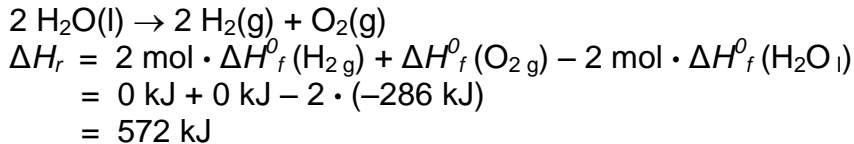
- weil H Elektronen abgibt,
- weil die Oxidationszahl von  $\pm 0$  auf +I steigt,
- weil von H teilweise Sauerstoff gebunden wird ( $\text{H}_2\text{O}$ -Bildung).

4 VP

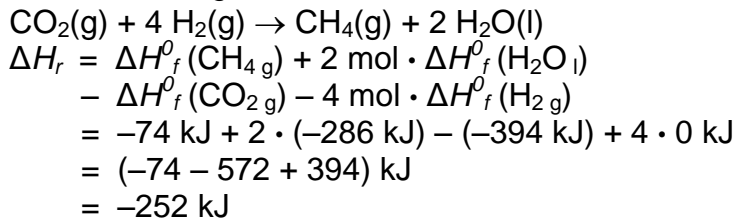


Die Reaktionsenthalpie für die Verbrennung von Methan beträgt (bei flüssigem Vorliegen von Wasser)  $-892 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ .

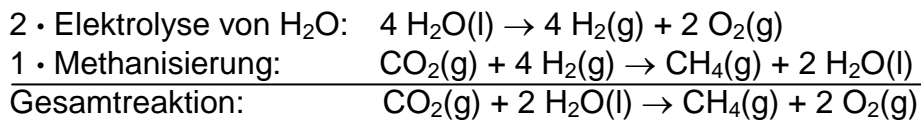
Elektrolyse von Wasser:



Methanisierung:



Zusammenführung der Teilreaktionen:



Für die Gesamtreaktion wurde  $\Delta H_r = -892 \text{ kJ}$  berechnet.

Für 2 · Elektrolyse von  $\text{H}_2\text{O}$ :  $\Delta H_r = 2 \cdot 572 \text{ kJ} = 1.144 \text{ kJ}$

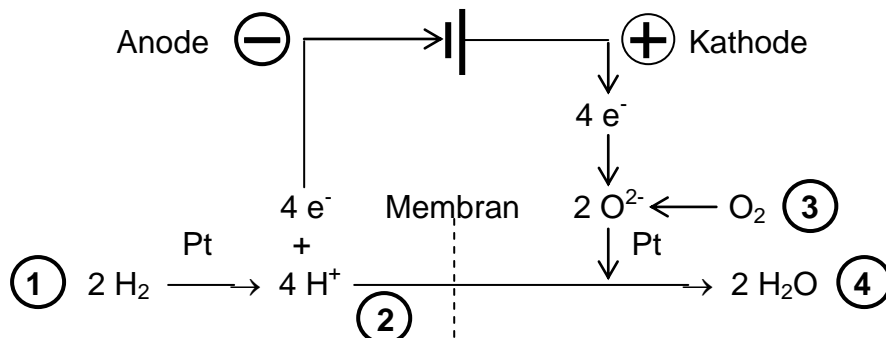
Für 1 · Methanisierung:  $\Delta H_r = -252 \text{ kJ}$

Für die Gesamtreaktion aus den Teilreaktionen:  $\Delta H_r = 892 \text{ kJ}$  (Rückreaktion)

Die Summe der Energieumsätze der Teilreaktionen hat den gleichen Betrag wie der Energieumsatz der Gesamtreaktion. Auch die  $\Delta H_r$ -Werte für Hin- und Rückreaktion haben den gleichen absoluten Betrag. Der Energieerhaltungssatz von HESS wird hierdurch bestätigt.

4 VP

4



3 VP

20 VP