# Aufgabe 1

1.1 CaO (s) + H2O (l) → Ca(OH)2 (s)

 r*H*0 = f*H*0 ( Ca(OH)2 ) – ( f*H*0 (CaO) (s) + f*H*0 (H2O) (l) )

 = – 986 kJ **.** mol-1 – ( – 635 kJ **.** mol-1 – 286 kJ **.** mol-1 )

 = – 986 kJ **.** mol-1 – ( – 921 kJ **.** mol-1 )

 = – 65 kJ **.** mol-1 3 VP

1.2 *Q* = – ( C + cw **.** mw ) **.** ϑ

 = – ( 449 J **.** K-1 + 4,18 J **.** g-1 **.** K-1 **.** 400 g ) **.** 75 K

 = – 449 **.** 75 J – 4,18 **.** 400 **.** 75 J

 = – 33,675 kJ – 125,4 kJ

 = – 159,075 kJ

 |Q| = 159,075 kJ

 r*H*0 = *Q* / n = – 65 kJ **.** mol-1 (vgl. Aufgabe 1.1)

 n (CaO) = n (H2O) = *Q* / rHm0

 = – 159,075 kJ / – 65 kJ **.** mol-1 = 2,447 mol

 m (CaO) = M (CaO) **.** n (CaO)

 = ( 40,1 + 16,0 ) g **.** mol-1 **.** 2,447 mol = 56,1 g **.** 2,447 = 137,277 g

 m (H2O) = M (H2O) **.** n (H2O)

 = ( 2 + 16 ) g **.** mol-1 **.** 2,447 mol = 18 g **.** 2,447 = 44,046 g 4 VP

1.3 • n (OH-) = 2 **.** n ( Ca(OH)2 )

 = 2 **.** m ( Ca(OH)2 ) / M ( Ca(OH)2 )

 = 2 **.** 1,7 g / 74,1 g **.** mol-1

 = 0,04588 mol

 = 4,588 **.** 10-2 mol

 c (OH-) = 4,588 **.** 10-2 mol **.** *L*-1

 pOH = – lg ( c (OH-) )

 = – lg ( 4,588 **.** 10-2 )

 = 1,3

 pH = 14 – pOH

 = 14 – 1,3

 = 12,7

 • Ca(OH)2 + CO2 → CaCO3 + H2O

 Calciumcarbonat + Wasser

 bzw. bei CO2-Überschuss:

 Ca(OH)2 + 2 CO2 → Ca(HCO3)2

##  Calciumhydrogencarbonat

 Die Konzentration von Ca(OH)2 ist relativ groß (1,7 g **.** *L*-1, pH 12,7)

 die Konzentration von CO2 in Luft ist relativ gering (0,03 Vol-%).

 Damit ist mit einer relativ langen Dauer

für die Umsetzung des Ca(OH)2 zu rechnen. 5 VP

2.1 Der Äquivalenzpunkt liegt bei pH 7, weil Salzsäure eine starke Säure und Natronlauge eine starke Base ist. Beide reagieren quantitativ, die Salzlösung ist am Äquivalenzpunkt neutral.

 Am Äquivalenzpunkt gilt:

 V ( NaOH(aq) ) = 30 m*L* In 1000 m*L*: 1 mol OH-

 n ( OH- ) = 0,03 mol = n (H3O+) In 1 m*L*: 0,001 mol OH-

 In 30 m*L*: 0,030 mol OH-

 c ( HCl (aq) ) = c ( H3O+ ) = n ( H3O+) / V0 ( HCl (aq) )

 = 0,03 mol / 0,02 *L*

= 1,5 mol **.** *L*-1

 Wenn weiterhin Natronlauge zugetropft wird, wird sich auf lange Sicht ein pH-Wert von 14 einstellen. Der Verdünnungseffekt durch die neutrale Salzlösung nimmt bei weiterer Zugabe von Natronlauge wieder ab. 4 VP

2.2 Bei jeder Neutralisation entsteht Wasser, das eine sehr energiearme Verbindung ist und stark exotherm gebildet wird. Deshalb nimmt während der Neutralisation die Temperatur bis zum Äquivalenzpunkt zu. Ist der Äquivalenzpunkt erreicht, wird kein weiteres Wasser mehr gebildet, die weitere Zugabe von Natronlauge führt zu einer Absenkung der Temperatur.

 Bei nur geringen Konzentrationen an Säure und Base wird nur wenig Wasser gebildet, bei einem entsprechend schwachen Anstieg der Temperaturkurve lässt sich das Kurvenmaximum und damit der Äquivalenzpunkt nur näherungsweise bestimmen. 4 VP

 20 VP 4 VP

# Aufgabe 2

1.1 COOH

O

 H OH

 H 1

 OH OH

 HO H

 H H 2 VP

-D-Mannuronsäure

 • COOH H H

 H OH HO H

 H 1 + 4 OH OH 1

 OH OH COOH

 HO H H OH

 H H H

-D-Mannuronsäure L-Guluronsäure

 COOH *Acetal* H H

 3 2

 H O H

 H 1 4 OH OH 1

 OH OH 6 COOH

 HO H H OH

 5

 H H H *Halbacetal*

 Disaccharid

 Reaktionstyp: Kondensationsreaktion

1.2

O

O

###

O

O

 • Das gebildete Disaccharid wirkt reduzierend, weil die L-Guluronsäure im Disaccharid halbacetalisch vorliegt (C5-O-C1-OH).

 • Die reduzierende Wirkung kann mit der Fehling-Probe oder der Tollens-Probe (= Silberspiegelprobe) nachgewiesen werden.

 Fehling-Probe:

 Cu2+ wird zu ziegelroten Cu+ reduziert, es entsteht Cu2O. Die Fällung von Cu(OH)2 durch die alkalische Lösung wird durch Komplexierung des Cu2+ im Kupfertartratokomplex verhindert. Im tiefblauen Komplex wird das Cu2+ in Lösung gehalten und kann seine oxidierende Wirkung ungestört ausüben.

 Tollens-Probe:

 Ag+ wird zu grauschwarzem Ag (bzw. zu einem Silberspiegel) redu-ziert, es entsteht Ag. Die Fällung von AgOH (und Alterung zu Ag2O) durch die alkalische Lösung wird durch Komplexierung des Ag+ im Silberdiamminkomplex verhindert. Im farblosen Komplex wird das Ag+ in Lösung gehalten und kann seine oxidierende Wirkung ungestört ausüben.

 • H H

 3 2

 R O H R O H H H

 OH OH

 4 6 COOH 1 HOOC CH C C C C

 H OH 6 5 4 3 2 1

 H OH OH OH

O

 5

 H

 O

 R O

 6 COOH H H H

 + I

 H C C C C C

 5 4 3 2 1

 O

 OH H OH OH

 Cu2+ / Ag+

 Cu+ / Ag

 R O

 6 COOH H H OH

 + III

 H C C C C C

 5 4 3 2 1

 O

 OH H OH OH 7 VP

2.1 COO- Na+ H H

O

 H

H

O

 H 1 4 OH OH

 O OH OH H H COO- Na+ O

O

 H H H

 Die Ausbildung der Carboxylat-Ionen erhöht die Polarität des Poly-saccharids sehr stark, so dass Hydrathüllen verstärkt ausgebildet wer-den können. 3 VP

2.2 Die Calcium-Ionen sind zweifach positiv geladen, die Natrium-Ionen nur einfach positiv. Über Coulombsche Wechselwirkungen der Ca2+-Ionen mit den Carboxylat-Ionen benachbarter Monomere werden die Polymerketten stabilisiert, die Beweglichkeit nimmt deutlich ab, der Geliereffekt tritt ein. 2 VP

3 • Es handelt sich um die Stoffklasse der Proteine.

 • Monomere Monomere

 der Proteine der Alginsäure

 Aminosäuren, Monosaccharide,

 verknüpft über verknüpft über

 Peptidbindungen; glykosidische Bindungen;

 in den Seitenketten in den Seitenketten

 treten Aminogruppen treten Hydroxyl-

 und Carboxylgruppen auf gruppen auf

 • Die polaren basischen und sauren Seitenketten der Aminosäure-bausteine der Proteine erlauben die Ausbildung vieler Hydrathüllen und vieler zwischenmolekularer Kräfte. Dies erleichtert die Gelierung. 6 VP

 20 VP

**Aufgabe 3**

1.1 Strukturformelausschnitt von nomex® (Monomerenabfolge ABA oder BAB):

 O H

 C N

 C H H

 O N N

C

O

O

O

 H C

H

N

C

 H C

H

N

O

 ABA BAB

 Reaktionstyp der nomex® -Synthese: Polykondensation 3 VP

* 1. Strukturformeln der Monomeren von PET:

 O O H H

 H O C C O H H O C C O H

 H H

 Stoffklasse: Dicarbonsäuren Stoffklasse: Diole

 Stoffklasse des Polymers: Polyester 4 VP

1.3 • PET (Smp. ca. 235°C) nomex® (Zersetzung bei ca. 400°C)

 Zwischen den Zwischen den NH-

 polaren Gruppen und den CO-Gruppen

 bilden sich schwächere bilden sich stärkere

 Dipol-Dipol-Wechselwirkungen Wasserstoffbrücken

 aus; aus, die in der Summe stärker sind,

 als die Elektronenpaarbindungen

 der Linearketten;

 PET lässt sich also verflüssigen nomex® schmilzt also nicht,

 und ist somit ein Thermoplast. sondern zersetzt sich.

 • Wenigstens eines der Monomeren muss trifunktionell sein, z.B:

 H

O

 O

 O C H H H

 H O C oder H O C C C O H

 C H O H

 O

O

 H H

 1,3,5-Benzoltricarbonsäure 1,2,3-Propantriol

Die Stabilität steigt und die thermoplastische Eigenschaft nimmt bei Verwendung trifunktioneller Monomere wie Trimesinsäure oder Glyce-rin ab, weil Quervernetzungen möglich werden. 5 VP

1.4 nomex® PET

 Wiederverwertung durch Wiederverwertung durch

 rohstoffliche Verwertung: werkstoffliche Verwertung:

 - nomex® wird durch - Der Werkstoff PET

 saure Hydrolyse wird zerkleinert,

 in seine Monomeren zerlegt, - geschmolzen

* diese dienen als Rohstoffe - und in eine neue Form

 für neue Synthesen. gebracht. 3 VP

2 • Kaliumhydrogenphthalat kann über die Carboxylatgruppe Oxonium-

 Ionen ebenso abpuffern,

 O H3O+ O

 R C O R C O H + H2O

 wie über die Carboxylgruppe Hydroxid-Ionen.

 OH-

 R C O H RC O + H2O

 O O

 • M (C8H5O4K) = ( 8 **.** 12,0 + 5 **.** 1,0 + 4 **.** 16,0 + 39,1 ) g **.** mol-1

 = 204,1 g **.** mol-1

 204,1 g C8H5O4K ≙ 1 mol **.** *L*-1

1. g C8H5O4K ≙ 1 mol **.** *L*-1 / 204,1
2. g C8H5O4K ≙ 50 mol **.** *L*-1 / 204,1

 c ( C8H5O4K) = 0,245 mol **.** *L*-1 5 VP

 20 VP

**Aufgabe 4**

1 • Lithiumchlorid- Elektrolyt-

 Schmelze Schmelze Anode (+)

 ● ● ●

 Elektrolysetrog

 Graphitblock

 Lithium Kathode (**-**)

 aus Graphit

 LiCl wird geschmolzen:

 2 LiCl → 2 Li+ + 2 Cl-

 Die Anode (Pluspol) oxidiert 2 Cl- zu Cl2:

 2 Cl- → Cl2 + 2 e-

 Die Kathode (Minuspol) reduziert Li+ zu Li:

 2 Li+ + 2 e- → 2 Li

 Gesamtreaktion:

 2 Li+ + 2 Cl- → 2 Li + Cl2

 • Das Redoxpaar Li / Li+ hat mit E0 = – 3,04 V ein extrem niedriges Standardelektrodenpotenzial: Lithium ist ein sehr unedles Metall. Des-halb liefert das galvanische Element mit einer Lithiumhalbzelle als Donator mit einer geeigneten Akzeptorhalbzelle eine hohe Spannung.

 • Batterie (Primärelement) Akkumulator (Sekundärelement)

 Z.B.: Leclanché-Element: Z.B. Bleiakkumulator (Auto-„Batterie“):

 Batterie wird entladen, Akkumulator wird entladen

 der Vorgang ist irreversibel. und kann durch Anlegen einer Span-

 nung regeneriert werden. Das Laden

 ist eine Umkehrung der Reaktionen

 der Entladung. 8 VP

2 • Monomere:

 F F F F

 C C C C F

 F F F C

 F F

 1,1-Difluorethen Hexafluorpropen

 • Bei dem Reaktionstyp handelt es sich um eine radikalische Polymerisation. Reaktionsmechanismus:

 ***Bildung von Radikalen***

Wärme,

 Licht

 R R R • + • R

 Starter, Radikale

 z.B. Dibenzoylperoxid

 ***Kettenstartreaktionen*** *(z.B.)*

F H

F CF3

 F F

 R • + C C F R C C •

 F C

 F F

 F H F H

 C C + • R • C C R

 F H F H

 ***Verschiedene Kettenfortpflanzungsreaktionen*** *(z.B.)*

 F F F H F F F H

 R C C • + C C R C C C C •

 F CF3 F H F CF3 F H

 F F F H F H F F F H F H

 R C C C C • + C C R C C C C C C •

 F CF3 F H F H F CF3 F H F H

 F F F H F H F F

 R C C C C R + • C C C C R

 F CF3 F H F H F CF3

  F F F H F H F F

 R C C C C C C C C R + • R

 F CF3 F H F H F CF3

 ***Verschiedene Kettenabbruchreaktionen*** *(z.B.)*

R • + • R → R R

 H F F H H F F H

 R C C • + • C C R → R C C C C R

 H F F H H F F H

 F F F F F F CF3 F

 R C C • + • C C R → R C C C C R

 F CF3 CF3 F F CF3 F F

 H F F F H F F F

 R C C • + • C C R → R C C C C R

 H F F F H F F F 6 VP

3 • Die Uhr wird durch ein galvanisches Element abgetrieben, das aus einer Kupferhalbzelle und einer Zinkhalbzelle besteht.

 *Zinkhalbzelle:*

Zink wirkt als Elektronendonator (Donatorhalbzelle), es wird von Zn zu Zn2+ aufoxidiert.

 2 Zn → 2 Zn2+ + 4 e-

 *Kupferhalbzelle:*

 Luftsauerstoff diffundiert in die Lösung ein und wirkt als Elektronen-akzeptor (Akzeptorhalbzelle), er wird zu OH- reduziert.

 O2 + 2 H2O + 4 e- → 4 OH-

 Die Bildung von Hydroxid-Ionen erklärt die Rotfärbung des Indikators Phenolphthalein.

 • Das Uhrwerk zieht die Energie nicht aus dem Salzwasser, sondern aus der Spannungsdifferenz zwischen den beiden Halbzellen. Das Salz dient hier nur als Elektrolyt zur Verbesserung der Leitfähigkeit.

 Das Wasser ist an der Kathodenreaktion beteiligt.

 Angeblich reicht die Energie der Tankfüllung ungefähr zwei Wochen, weil dann das Wasser nachgefüllt werden muss. Die Batterie erschöpft sich aber nicht durch Wassermangel, sondern durch abnehmende Sauerstoffkonzentration in der Lösung. Deshalb darf der Tank auch nur zu maximal zwei Dritteln mit Wasser gefüllt werden. 6 VP

 20 VP