

## 2. Klausur zum Chemischen Grundpraktikum im WS 2011/12 vom 30.03.2012

A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	PC	PC	PC			$\Sigma$	Note
10	10	10	10	10	10	10	10	10	10			<b>100</b>	

NAME/VORNAME: .....

### STICHPUNKTE ZU DEN LÖSUNGEN

Pseudonym für Ergebnisveröffentlichung .....

**Schreiben Sie bitte gut leserlich:** Name und Vorname in Druckbuchstaben.

**Unleserliche Teile werden nicht gewertet!**

Die Bewertung der einzelnen Aufgaben ist jeweils in Klammern nach der Aufgabennummerierung angegeben; insgesamt sind 100 Punkte erreichbar.

**Wichtig:** 1. **Überprüfen Sie zu Beginn das ausgegebene Klausurexemplar auf ordnungsgemäße Vollständigkeit der Blätter!**

2. Schreiben Sie bitte die Lösungen nur auf das Blatt der entsprechenden Aufgabe einschließlich der Rückseite.

3. **Mit Bleistift geschriebene Aufgaben werden nicht gewertet!**

4. Als Hilfsmittel ist nur ein nicht programmierbarer Taschenrechner zugelassen.

5. Falls Sie Zusatzblätter benötigen, fordern Sie diese bitte an und verwenden Sie nur gekennzeichnete Zusatzblätter!

**Viel Erfolg beim Lösen der Aufgaben!**

Die Klausur umfasst **10** Aufgaben auf insgesamt **13** Blättern (1 Schmierblatt und PSE als Anhang).

1. [10] In einem Praktikumsversuch haben Sie Ameisensäure unter Zusatz von konzentrierter Schwefelsäure zersetzt.

a [2] Welches Gas entsteht dabei und wie kann es durch eine chemische Reaktion nachgewiesen werden? (2 Gleichungen)



b [2] Als wasserentziehender Zusatzstoff kann hierbei auch konzentrierte Phosphorsäure verwendet werden. Diese ist insofern geeigneter, da bei der Verwendung von konzentrierter Schwefelsäure ein weiteres Gas in einer Nebenreaktion entstehen kann. Um welches kohlenstoffhaltige Gas handelt es sich hierbei und wie kann es durch eine chemische Reaktion nachgewiesen werden? (2 Gleichungen)



c [2] Wie können die beiden kohlenstoffhaltigen Gase bequem auf chemischem Wege voneinander getrennt werden? (1 Gleichung)

Durchleiten durch konz. Alkalilauge, z.B., wobei CO nicht reagiert:



d [2] Warum ist beim Zusatz von Phosphorsäure kaum mit der o.g. Nebenreaktion zu rechnen? Für die saure Lösung gilt:  $E^0 (\text{SO}_4^{2-}/\text{SO}_3^{2-}) = 0.17 \text{ V}$  und  $E^0 (\text{PO}_4^{3-}/\text{PO}_3^{3-}) = -0.28 \text{ V}$ .

Phosphorsäure ist keine oxidierende Säure (vgl. Potentialwerte), deshalb wird kein  $\text{CO}_2$  gebildet, sondern nur CO.

e [2] Welches Gasvolumen, vgl. Teilaufgabe (a), wird theoretisch bei der Zersetzung von 35 g Ameisensäure freigesetzt?

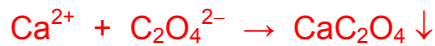
$$M(\text{HCOOH}) = 46.05 \text{ g mol}^{-1}$$

$$n = m/M \quad n = 0.761 \text{ mol}$$

$$V_m = 22.4 \text{ L mol}^{-1} \text{ daraus folgt hier: } V = 17.046 \text{ L.}$$

2. [10] Aufgrund des Löslichkeitsproduktes von Calciumoxalat ( $L = 2.57 \cdot 10^{-9}$ ) in wässriger Lösung vom pH = 7 kann Calcium in stark schwefelsaurer Lösung manometrisch bestimmt werden.

a [6] Geben Sie alle notwendigen Reaktionsgleichungen für diese Bestimmungsmethode an. (3 Gleichungen)



Nun Bestimmung der Oxalsäure in saurer Lösung mit Permanganat:



b [2] Berechnen Sie, wie viel mg Calcium eine Probe enthielt, wenn ein Gesamtverbrauch an einer Kaliumpermanganat-Maßlösung ( $c = 0.02 \text{ mol L}^{-1}$  von 17.5 mL) registriert wurde.

1 mL 0.02 molare  $\text{KMnO}_4$ -Lösung entspricht 0.05 mmol  $\text{Ca}^{2+} = 2.004 \text{ mg Ca}^{2+}$

$$m(\text{Ca}^{2+}) = 17.5 \times 2.004 \text{ mg} = 35.07 \text{ mg}$$

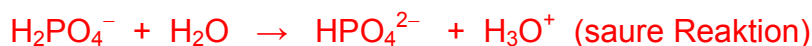
c [2] Berechnen Sie die molare Löslichkeit von Calciumoxalat in Wasser bei 25 °C.



$$[\text{Ca}^{2+}] = [L]^{1/2} = 5.07 \cdot 10^{-5} \text{ mol L}^{-1}$$

3. [10] Im Praktikum haben Sie die Titration der Phosphorsäure mit ihren unterschiedlichen Protolysestufen kennengelernt.

a [6] Wie reagieren die Natriumsalze folgender Anionen infolge von Protolysevorgängen in Wasser? Dihydrogenphosphat ( $pK_s = 7.21$ ), Hydrogenphosphat ( $pK_s = 12.30$ ) und Orthophosphat ( $pK_B = 1.70$ ). Ordnen Sie in den zu formulierenden Gleichungen den auftretenden Teilchen die Begriffe Brønsted-Säure bzw. –Base sowie die Begriffe Anion-Säure bzw. –Base zu.



(Brønsted-Säure; ANION-Säure)



(Brønsted-Base; ANION-Base)



(Brønsted-Base; ANION-Base).

b [4] In welchem molaren Verhältnis ist Natriumdihydrogenphosphat, vgl. Teilaufgabe (a), mit seinem korrespondierenden Salz zu mischen, um eine wässrige Lösung vom  $\text{pH} = 7.65$  zu erhalten?

Puffergleichung anwenden:

$$\text{pH} = pK_s(\text{H}_2\text{PO}_4^{2-}) + \lg \left\{ \frac{[\text{Salz}]}{[\text{Säure}]} \right\}$$

$$7.65 = 7.21 + \lg x$$

$$0.44 = \lg x \quad x = 2.75$$

Somit sind 2.75 mol  $\text{HPO}_4^{2-}$  („Salz“) mit 1 mol  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$  („Säure“) zu mischen.

## 4. [10] Redoxchemie

a [4] Formulieren Sie die Reaktionsgleichung für die Reaktion von elementarem Chlor mit Wasserstoffperoxid in basischer Lösung, indem Sie die Gesamtgleichung aus Teilgleichungen herleiten. Für die basische Lösung gilt:  $E^\circ(\text{H}_2\text{O}_2/\text{H}_2\text{O}) = +0.87 \text{ V}$ ;  $E^\circ(\text{ClO}_3^-/\text{Cl}_2) = +0.47 \text{ V}$ .

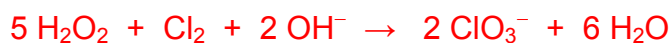
$\text{H}_2\text{O}_2$  ist Oxidationsmittel, wird reduziert (vgl. Potentialwerte):



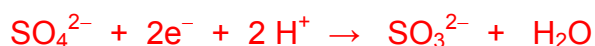
$\text{Cl}_2$  ist Reduktionsmittel, wird oxidiert (vgl. Potentialwerte):



Gesamtprozess:



b [6] Berechnen Sie das elektrochemische Potential von Sulfat/Sulfit ( $E^\circ = 0.17 \text{ V}$ ) bei  $\text{pH} = 4$  und bei  $\text{pH} = 2$ . Die Konzentrationen an Sulfat und Sulfit sollen gleich sein. Unter Veränderung welcher Bedingungen kann bei einem konstanten pH-Wert dieses Potential erniedrigt werden?



$$E = E^\circ + 0.059 / 2 \lg \{ [\text{SO}_4^{2-}] [\text{H}^+]^2 / [\text{SO}_3^{2-}] \}$$

Da  $[\text{SO}_4^{2-}] = [\text{SO}_3^{2-}]$  gilt nun:

$$E = E^\circ - 0.059 \text{ pH}$$

$$\text{Für pH} = 2: E = 0.17 \text{ V} - 0.118 = +0.052 \text{ V.}$$

$$\text{Für pH} = 4: E = 0.17 \text{ V} - 0.236 = -0.066 \text{ V.}$$

Bei konstanten pH-Wert kann das Potential durch Erhöhung der Konzentration der Sulfit-Ionen das Potential erniedrigt werden.

(Generell würde auch eine Erniedrigung der Temperatur zur Potentialabsenkung führen.)

**5. [10] Chemisches Rechnen**

a [3] In welchem Verhältnis ist eine Salzsäurelösung mit reinem Wasser zu mischen, um den pH-Wert von 0 auf 3 zu erhöhen?

Lösung z.B. über Mischungskreuz:

$$\text{pH} = 0 \text{ bedeutet } c[\text{H}^+] = 1 \text{ mol L}^{-1}$$

$$\text{pH} = 3 \text{ bedeutet } c[\text{H}^+] = 10^{-3} \text{ mol L}^{-1}$$

Auflösung des Mischungskreuzes ergibt Mischungsverhältnis:

1 Teil 1 m Salzsäure mit 999 Teilen reinem Wasser mischen.

b [3] Welcher pH-Wert wird erreicht, wenn 15 g Ameisensäure zu einem Liter Wasser gelöst werden? [ $pK_s(\text{HCOOH}) = 3.75$ ]

$$M(\text{HCOOH}) = 46.05 \text{ g mol}^{-1}$$

$$n = m/M \quad n = 0.326 \text{ mol} \quad c_0 = 0.326 \text{ mol L}^{-1}$$

$$\text{pH} = \frac{1}{2} (pK_s - \lg c_0) = 2.12.$$

c [4] Phosphorsäure wird im Überschuss zu 125 mL einer Bariumchloridlösung gegeben, dabei fallen quantitativ 3.26 g Bariumphosphat aus. Welche Stoffmengenkonzentration hatte die ursprüngliche Bariumchloridlösung?



$$M(\text{BaCl}_2) = 208.24 \quad M[\text{Ba}_3(\text{PO}_4)_2] = 601.96$$

Aus der Reaktionsgleichung ergibt sich, dass 3.38 g  $\text{BaCl}_2$  erforderlich sind, um quantitativ 3.26 g  $\text{Ba}_3(\text{PO}_4)_2$  zu fällen;

$$n = m/M \quad n = 0.016 \text{ mol}$$

0.016 mol auf 125 mL bedeutet nun  $c = 0.128 \text{ mol L}^{-1}$ .

6. [10] **Chemisches Rechnen**

a [4] Zwei Liter gasförmiges HCN werden in 1 L Wasser gelöst ( $T = 273.15 \text{ K}$ ). Welchen pH-Wert besitzt die resultierende Lösung? [ $pK_s(\text{HCN}) = 9.24$ ]

$$V_m = 22.4 \text{ L mol}^{-1} \quad 2 \text{ L gasförmiges HCN entsprechen } 0.089 \text{ mol.}$$

$$\text{ergibt } c_0 = 0.089 \text{ mol L}^{-1}$$

$$\text{pH} = \frac{1}{2} (pK_s - \lg c_0) = 5.15.$$

b [6] Die Elementaranalyse einer Verbindung ergab folgende Zusammensetzung: Hg, 84.98; Cl, 15.02 %. Berechnen Sie die empirische Formel der Verbindung. Welche chemische Formel ist hier sinnvoll und in welchem Zusammenhang haben Sie im Praktikum diese Verbindung kennengelernt? (Titrationsmethode? Geben Sie kurz die notwendigen Erläuterungen dazu und verwenden Sie mindestens zwei Gleichungen.)

Rechnung auf 100.00 g des reinen Stoffs beziehen:

	$m \text{ [g]}$	$M \text{ [g mol}^{-1}\text{]}$	$n \text{ [mol]}$
Hg	84.98	200.59	0.424
Cl	15.02	35.45	0.424

Empirische Formel „HgCl,“ chemisch sinnvoll ist allerdings  $\text{Hg}_2\text{Cl}_2$

Bezug zur Fe-Bestimmung nach Reinhardt-Zimmermann (Permanganometrie):

$\text{Fe}^{3+}$  wird zunächst durch  $\text{SnCl}_2$  zu  $\text{Fe}^{\text{II}}$  reduziert:



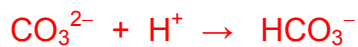
Der Überschuss an  $\text{Sn}^{2+}$  muss jedoch entfernt werden:



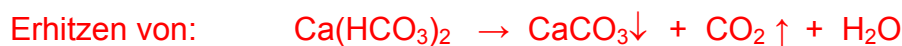
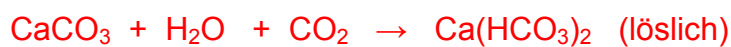
Quecksilber(I)-chlorid fällt dabei als schwerlösliche Verbindung aus.

7. [10] **Vermischtes zum Liebig-Laboratorium**

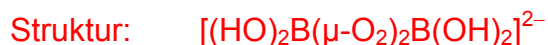
a [2] Zeigen Sie anhand von Gleichungen, welche Bestandteile eines Trinkwassers eine Reaktion bei Säurezusatz eingehen.



b [2] Geben Sie eine Reaktionsgleichung für das Lösen von Kalkstein bei Verwitterungsprozessen in der Natur an. Wie bildet sich *Kesselstein*? (Reaktionsgleichung)



c [2] Was verbirgt sich genauer hinter der allgemeinen Formel „ $\text{NaBO}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ “? Skizzieren Sie dazu eine Strukturformel, die die molekularen Verhältnisse wirklich beschreibt.



d [4] Erläutern Sie, warum Sie bei der manganometrischen Nitrit-Bestimmung ihre Analysenlösung in die Bürette gefüllt und die Maßlösung vorgelegt haben. Beziehen Sie mindestens 2 Reaktionsgleichungen (nicht für die Bestimmungsmethode selbst!) in die Erklärung mit ein.

Würde Nitritlösung vorgelegt und wie bei der Manganometrie angesäuert, würde sich Salpetrige Säure bilden, die jedoch sofort unter Disproportionierung zerfällt:



Weitere Folgereaktionen wären:  $\text{NO} + \text{O}_2 \dots$  Bildung von Nitrosen Gasen.

## Farben

8 a) [1] Sortieren Sie die folgenden Farben nach ihrer Frequenz: Gelb, Grün, Blau und Rot. Beginnen Sie mit der größten Frequenz.

b) [1] Eine Indikatorlösung erscheint in der Durchsicht rot. Welche Farbe wird absorbiert?

c) [6] Skizzieren Sie den Aufbau zur Messung der Absorption einer Lösungsmittelprobe. Beschreiben Sie kurz die wesentlichen experimentellen Schritte zur Bestimmung der optischen Dichte. Wie wird diese berechnet?

d) [2] Eine Probe transmittiert 0.3 % der eingestrahlten Intensität. Wie groß ist demnach die optische Dichte der Probe?

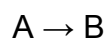
## Reaktionskinetik

9 a) [2] Wie hängt die Reaktionsgeschwindigkeit von den Bildungs- bzw. Verbrauchsgeschwindigkeiten der Produkte bzw. Edukte ab? Welche physikalische Einheit hat die Reaktionsgeschwindigkeit?

b) [1] Wie ist die Halbwertszeit einer Reaktion definiert?

c) [1] Für welche Reaktionsordnung ist die Halbwertszeit unabhängig von der Konzentration der Reaktanden?

d) [6] Bei der Untersuchung der Reaktion



erhält man folgende Messwerte:

$t$ [s]	0	1	2	3
$c_A$ [mol/l]	10	0,476	0,244	0,164

Bestimmen Sie daraus die Reaktionsordnung und die Geschwindigkeitskonstante  $k$  der Reaktion (Einheit angeben).

# Reaktionskinetik

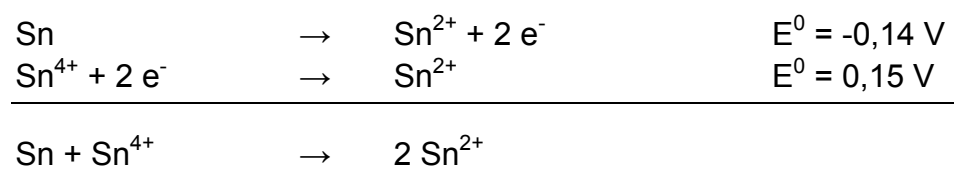
Lösung - Fortsetzung:

## Elektrochemie

10 a) [4] Wie unterscheidet sich eine Elektrolysezelle von einer galvanischen Zelle?

b) [2] Welche chemische Reaktion findet an der Kathode und welche an der Anode statt?

c) [4] Berechnen Sie für folgende Reaktion die Gleichgewichtskonstante  $K$  bei Raumtemperatur:



Verwenden Sie die Zahlenwerte  $R = 8,3145 \text{ J}/(\text{mol K})$  und  $F = 96485 \text{ C}/\text{mol}$ .

# Elektrochemie

Lösung - Fortsetzung:

Vorname:

Nachname:

14/14

---

**Schmierblatt: sämtliche Notizen auf diesem Blatt werden nicht gewertet!**