

Aufgabe	1	2	3	4	5	6	7	8
Punkte (je 10)								

Studiengang: _____ Ich bin damit einverstanden, dass mein Klausurergebnis unter
BSc Chemie RegioCh. Polyv. BSc Angabe der Matrikelnummer im Web bekanntgegeben wird:

Abschlußklausur zur Vorlesung Chemie der Metalle (AC-II)

09.08.2023

Name: _____ Vorname: _____ Matrikel-Nr. _____

Hinweis: Verwenden Sie für die Antworten den hinter den Fragen freigelassenen Raum. Falls dieser nicht ausreichen sollte, benutzen Sie die Blattrückseiten und machen Sie bei der Frage einen entsprechenden Verweis.

- ❶ Die folgenden **Personen sind Namensgeber** für **Begriffe/Verfahren** der Chemie von Metallen. Beschreiben Sie diese in Stichworten und nennen Sie ein/das konkretes Beispiel zur Veranschaulichung.

(a) Enrico Fermi (1901-1954): FERMI-Energie

(b) Hermann Arthur Jahn (1907-1979) + Edward Teller (1908-2003): JAHN-TELLER-Effekt

(c) Otto Laporte (1902-1971): LAPORTE-Verbot

(d) Friedrich Bayer (1825-1880): BAYER-Verfahren

② Bei der **Eisen- und Stahlherstellung** laufen eine Vielzahl chemischer Reaktionen ab. Formulieren Sie (stöchiometrisch genau) ...

(a) ... als wichtige Reaktionen im Hochofen:

- die Reduktion von Magnetit in der 'Reduktionszone' ($T < 700\text{ °C}$)
- das BOUDOUARD-Gleichgewicht.
- die Verschlackung von Quarz.
- die exotherme Reaktion, die den Prozess insgesamt möglich macht.

(b) ... die Entkohlung von Roheisen im Elektrostahlwerk ('Herdfrischen').

-

(c) Reines Eisen kann in seiner Hochtemperaturmodifikation deutlich mehr Kohlenstoff aufnehmen als in seiner Raumtemperaturstruktur. Skizzieren Sie die Elementarzellen der Strukturen der Normal- (α -Fe) und der Hochtemperatur-Form (γ -Fe). Welche Koordinationszahlen und -polyeder liegen jeweils vor?

- α -Fe

- γ -Fe

(d) Begründen Sie anhand der Abbildung in (c) die erhöhte Kohlenstoff-Aufnahme von γ -Fe (in der Stahlverarbeitung wichtiger „Austenit“).

③ Zur Demonstration **ungewöhnlicherer Oxidationsstufen der Übergangsmetalle** wurden Redox-Reaktionen mit Zn, Peroxid oder Hypochlorit durchgeführt. Formulieren Sie (stöchiometrisch genau) die jeweiligen Red/Ox-Teil-Gleichungen, die zur Bildung ...

(a) ... violetter Lösungen bei Reduktion mit Zn/H^+ , ausgehend von der Lösung von:

- Titan-Tetrachlorid:

- Natrium-Vanadat:

- Natrium-Molybdat:

(b) ... violetter Lösungen bei Reaktion mit OCl^-/OH^- , ausgehend von einer Lösung von:

- Eisen(III)-Sulfat

(c) ... brauner Niederschläge bei Umsetzung mit Peroxid(Perborat)/ OH^- , ausgehend von einer Lösung von:

- Kalium-Permanganat

- Cer(III)-Nitrat

geführt haben. Begründen Sie für die Produkte der letzten vier Reaktionen die Stabilität der erreichten Oxidationsstufe aus der vorliegenden Elektronenkonfiguration und ggf. Struktur:

Mo:

Fe:

Mn:

Ce:

5 Metall-Komplexe mit den **ambidenten Liganden** Cyanid (CN^-) und Thiocyanat (SCN^-) sind strukturell und elektronisch variabel.

(a) Skizzieren Sie die vollständigen Valenzstrichformeln der beiden Liganden und erläutern Sie den Begriff „ambidenter Ligand“.

(b) Geben Sie Summenformel, Farbe und magnetische Eigenschaft der Produktkomplexe der drei u.g. Reaktionen an. Benennen Sie die Komplexe mit korrektem Namen und skizzieren sie deren Strukturen (ambidenten Charakter des Liganden beachten).

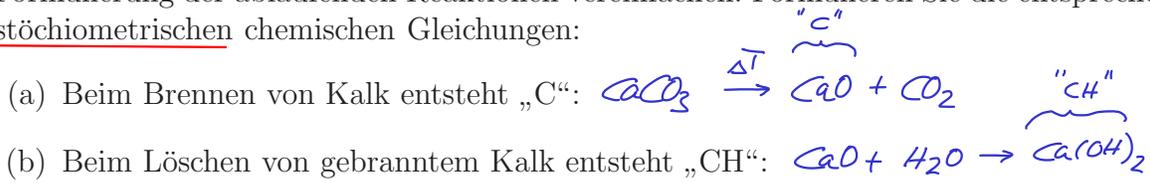
- Zugabe von Kaliumthiocyanat zu einer FeCl_3 -Lösung.

- Auflösen von gelbem Blutlaugensalz ($\text{K}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]$).

- Zugabe von rotem Blutlaugensalz zu einer FeSO_4 -Lösung (nur Trivialname).

(c) Welche Koordinationszahl, Struktur und magnetische Eigenschaft erwarten Sie für den Gold(I)- bzw. Gold(III)-Komplex mit Thiocyanat als Ligand? (mit Begründung)

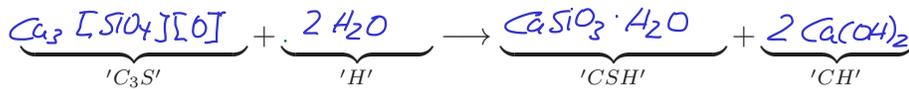
6 In der **Baustoffchemie** werden die Abkürzungen „C“, „S“, „A“ und „H“ verwendet, die die Formulierung der ablaufenden Reaktionen vereinfachen. Formulieren Sie die entsprechenden stöchiometrischen chemischen Gleichungen:



(c) Bei der Herstellung von Zementklinker entstehen „C₃S“, „C₂S“ und „C₄A“ im Verhältnis 3:1:1:



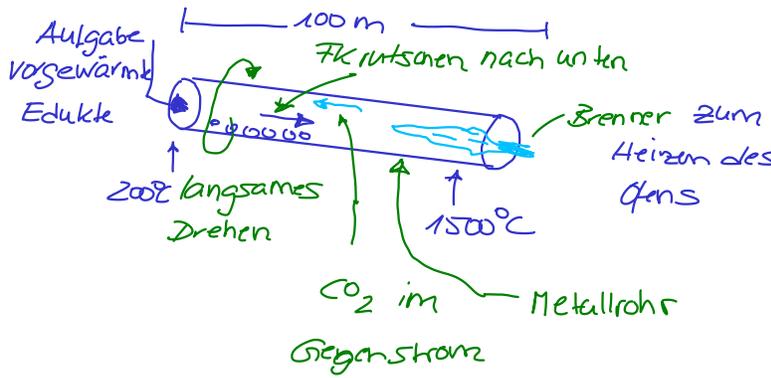
(d) Beim Abbinden von Beton bildet sich neben amorphen „CSH“-Phasen Portlandit „CH“.



(e) Welche Bedeutung hat dieser Portlandit für die Eigenschaften des Betons?

- bewirkt, dass Beton insgesamt alkalisch ist → verhindert Rosten der Fe-Armierung
- ggf. CO₂-Aufnahme, verbunden mit Abnahme der Porosität

(f) Skizzieren Sie den Ofen, der für die Klinkerherstellung (c) verwendet wird. Erläutern Sie in Stichworten die Funktionsweise und die Reaktionsbedingungen.



- Brenner heizt Ofen von unten T_{max} dort ~1500°C
- Feststoffe rutschen langsam durch, da Ofen leicht geneigt
- Brenngase (CO₂) dazu im Gegenstrom, heizen Brenngut auf

(g) Welche Umweltproblematik ergibt sich aus der gigantischen Menge an Beton, die weltweit produziert wird?

es entsteht SEHR VIEL CO₂ (Treibhausgas!); ~8% der weltweiten Emissionen!

(h) Weil es beim Beton zu komplex ist → worauf basiert die Verfestigung von ...

- ... gelöschtem Kalk? $\text{Ca(OH)}_2 + \text{CO}_2 \rightarrow \text{CaCO}_3 \downarrow + \text{H}_2\text{O} \uparrow$, also Aushärten mit CO₂
- ... Gips? Bildung verfilzter Nadeln des Dihydrats $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$

7 Aluminium ist das technisch wichtigste Leichtmetall.

- (a) Es ist zwar sehr häufig, kommt aber vor allem in Silicaten vor. Nennen Sie ein sehr häufiges Silicat (Name und Summenformel), das Al enthält.

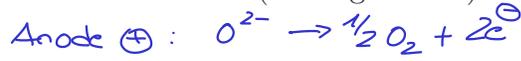
Feldspat / Kalkspat o.ä. $K[AlSi_3O_8]$, $Ca[Al_2Si_2O_8]$

- (b) Beschreiben Sie (mit Reaktionsgleichungen, Skizze des Apparats, Bedingungen: U , I , T) die Herstellung von Aluminium aus dem reinen Oxid (s. Aufgabe 1 d).

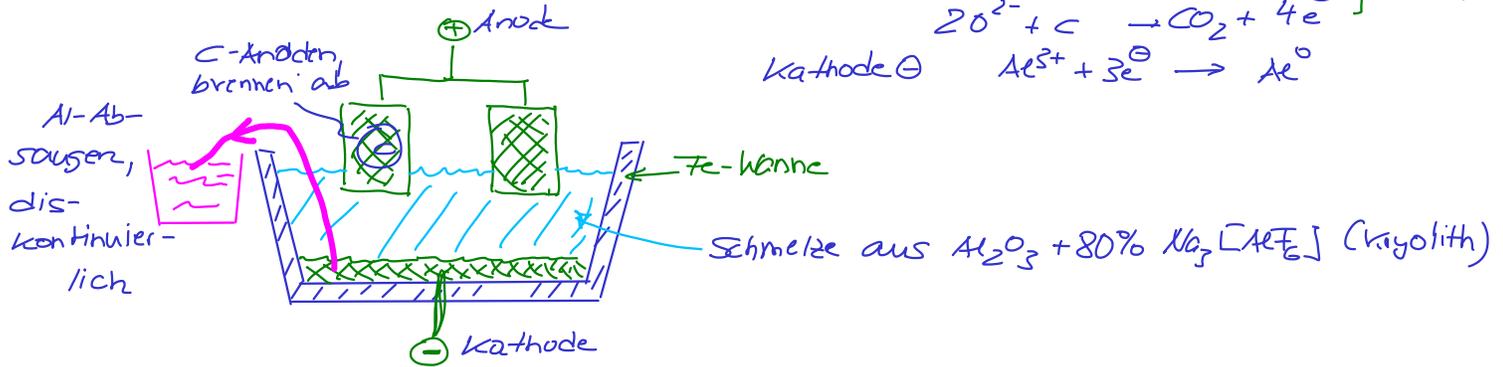
$T = 1000^\circ C$

$U = 7 V$

$I = 100\,000 A$



einer davon o.k.



- (c) Begründen Sie über das chemische Verhalten von Al, warum einfachere Verfahren, wie sie für andere Metalle Anwendung finden, hier nicht möglich sind. (Berücksichtigen Sie dabei nur drei Methoden ihrer Wahl).

- i. wässrige Elektrolyse \Rightarrow Normalpotential zu negativ
Reduktion mit C \Rightarrow Bildung von Al_4C_3
- ii. " " Al \Rightarrow $\begin{matrix} \text{Z} \\ \text{Z} \\ \text{Z} \\ \text{Z} \end{matrix}$
- iii. " " Ca \Rightarrow Bildung von Legierungen, hier $CaAl_2$
- iii. " " $H_2 \Rightarrow$ " " Hydriden, " Al_2H_6
- Röstreaktions-Verf. \Rightarrow Al kommt nicht als Sulfid vor +
 ist auch zu unedel hierfür

- (d) Formulieren Sie die Reaktionen von elementarem Aluminium mit

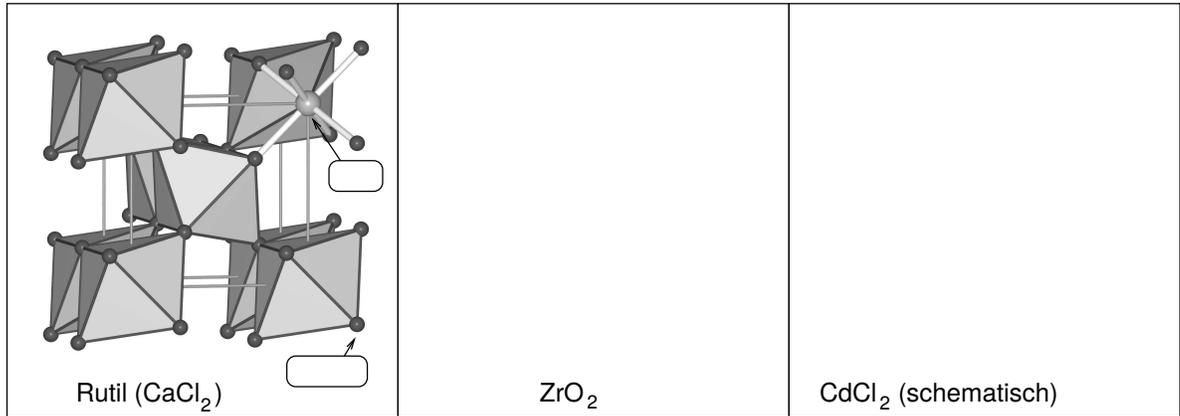
- 2N Natronlauge: $Al + OH^- + 3H_2O \rightarrow [Al(OH)_4]^- + \frac{3}{2} H_2$
- verdünnter Salpetersäure: keine Rkt, da oxidierende Säure
- verdünnter Salzsäure: $Al + 3H^+ \rightarrow Al^{3+} + \frac{3}{2} H_2$
- Hausmannit (Mn_3O_4 , nach Zündung): $3Mn_3O_4 + 8 Al \rightarrow 9 Mn + 4 Al_2O_3$

- (e) Nennen Sie zwei weitere Luft-stabile Leichtmetalle. Welche besonderen Anwendungsgebiete haben diese und worauf basieren sie?

- Mg (h.c.p.) härter (weniger duktil), da h.c.p.-Struktur deutlich leichter als Al, aber teurer; luftstabil \Rightarrow Flugzeugbau etc
- Be (h.c.p.) \Rightarrow gute Transparenz für Röntgenstrahlung (Fenster in Röntgenröhren)
sehr geringe Dichte
Luftstabil, hart

8 Die **Dioxide** von **Titan** und **Zirkonium** kristallisieren in den wichtigsten Strukturtypen von AB_2 -Ionenkristallen. Der $CdCl_2$ -Typ ist dagegen deutlich weniger häufig.

- (a) Ergänzen Sie die Abbildungen der drei Strukturtypen. Welche Koordinationszahlen haben Anionen und Kationen jeweils?



- (b) Welche der Ionen bilden in den drei Strukturen welche einfachen Kugelpackungen?

- im Rutil/ $CaCl_2$:
- in ZrO_2 :
- in $CdCl_2$:

- (c) Welche Faktoren bestimmen die Unterschiede der Strukturen von TiO_2 und ZrO_2 ?

- (d) Erläutern Sie den Unterschied zwischen dem Rutil ($\approx CaCl_2$)- und dem $CdCl_2$ -Typ. Warum tritt der $CdCl_2$ -Typ bevorzugt bei Hydroxiden (z.B. Portlandit) auf?

- (e) Beschreiben Sie in Stichworten die Relation zwischen der Struktur von $CdCl_2$ und den Strukturen von:

- $NaCl$.
- dem Elektrodenmaterial $LiCoO_2$.
- $CrCl_3$.

- (f) Nennen Sie je eine praktische Anwendungen der Dioxide von Ti und Zr. Auf welchen Eigenschaften veruhen diese Anwendungen?

- TiO_2
- ZrO_2