

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 (Nachklausur) zur Vorlesung Chemie der Metalle (AC-II)

30.09.2025

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 Beschreiben Sie die folgenden **Begriffspaare** und nennen Sie jeweils konkrete **Beispiele**.

(a) Halbmetall $\leftrightarrow$ Halbleiter

(b) Kuboktaeder $\leftrightarrow$ Antikuboktaeder

(c) Ferromagnet $\leftrightarrow$ Antiferromagnet

(d) Disproportionierung $\leftrightarrow$ Synproportionierung

② **Komplexbildungsreaktionen** wurden mit einer „Kaskaden-Reaktion“ gezeigt, bei der eine Lösung nacheinander (!) in eine Reihe Kelchgläser umgegossen wird, in denen feste Salze vorgelegt sind.

(a) Beschreiben Sie für die Fe-Kaskade die jeweils ablaufenden Reaktionen (Beobachtungen, Reaktionsgleichungen) sowie Aufbau und Farbe der jeweils entstehenden Eisen-Spezies (Start mit reinem Wasser).

i. Eisen(III)-Chlorid

ii. Ammoniumthiocyanat

iii. Natriumfluorid

iv. gelbes Blutlaugensalz

(b) Benennen Sie die Produkt-Komplexe der Reaktionen ii. und iii. nach der Komplex-Nomenklatur korrekt.

ii.

iii.

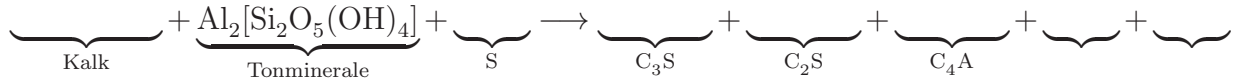
(c) Beschreiben Sie (ggf. mit Skizze) die Festkörperstrukturen der ersten und der letzten Fe-Spezies der Reaktionskaskade. Vergleichen und begründen Sie deren Farbintensitäten.

- ③ In der **Baustoffchemie** werden die Abkürzungen „C“, „S“, „A“ und „H“ verwendet, die das Aufstellen der ablaufenden Reaktionen stark vereinfachen. Formulieren Sie die entsprechenden chemischen Gleichungen stöchiometrisch genau:

(a) Beim Brennen von Kalk entsteht „C“:

(b) Beim Löschen von gebranntem Kalk entsteht „CH“:

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



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

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

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



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

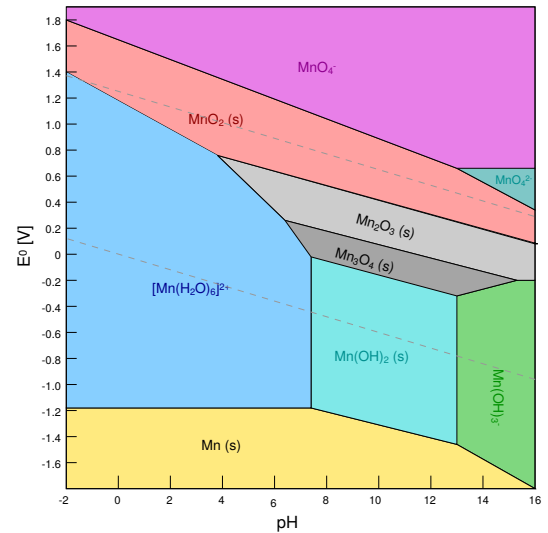
(h) Weil das Abbindungen dieser „CSH“-Phasen im Beton zu komplex sind $\mapsto$ worauf basiert die Verfestigung von ...

- ... gelöschtem Kalk?
- ... Gips?

- ④ Die vielfältige und pH-abhängige Redoxchemie von **Mangan** in wässrigen Systemen kann dem POURBAIX-Diagramm entnommen werden.

(a) Begründen Sie die breiten Stabilitätsfelder der folgenden Spezies mit der jeweils vorliegenden Elektronenkonfiguration und Bindungssituation:

- MnO_4^-
- MnO_2
- $[\text{Mn}(\text{H}_2\text{O})_6]^{2+}$



(b) Formulieren Sie für die beiden folgenden Reaktionen die stöchiometrisch exakten Gleichungen und verifizieren Sie deren Ablauf anhand des POURBAIX-Diagramms (Produkte + Edukte eintragen).

i. Umsetzung einer stark basischen Permanganat-Lösung mit Natrium-Perborat (Hinweis: als aktives Reagenz kann H_2O_2 formuliert werden)

ii. Manganometrische Titration von Mangan(II) im Sauren.

(c) Machen Sie Vorschläge für die Kristallstrukturen (nur Angabe des Strukturtyps und der Mn-Koordinationszahl) für die übrigen Feststoffe im POURBAIX-Diagramm:

i. Mn_2O_3

ii. Mn_3O_4

iii. $\text{Mn}(\text{OH})_2$

- ⑤ Nach dem Konzept der **Ordnungsvarianten** (sog. 'kristallographische Überstrukturen') lassen sich die Festkörperstrukturen komplexerer Verbindungen aus einfachen Basisstrukturen entwickeln.

- (a) Skizzieren Sie die Kristallstrukturen von Cs und CsCl und erläutern Sie anhand dieses Beispiels das o.g. Konzept.

Cs

CsCl

- (b) Erläutern Sie die grundlegenden Bindungskonzepte, mit denen sich die Stabilitäten von Metallen wie Cs und Salzen wie CsCl generell erklären lassen.

Metall:

Salz:

- (c) In beiden Fällen sind die Konzepte aus (b) nicht alleine strukturbestimmend. Welche Abweichungen/Besonderheiten zeigen sich für die beiden Feststoffe:

Cs:

CsCl:

- (d) Zeigen Sie analog wie für das Paar in (a) auch für die Legierungen CuAu und CuAu₃ den Bezug zum Cu-Typ. Skizzieren Sie hierzu auch diese beiden Strukturen.

- (e) Erläutern Sie (nur in Worten) den Aufbau der Strukturen von Korund (α -Al₂O₃) und der Ordnungsvariante Illmenit (FeTiO₃).

⑥ **Kupfer** kann je nach Bindungstyp und -partner Koordinationszahlen $[\text{CN}(\text{Cu})]$ von 2 bis 12 annehmen.

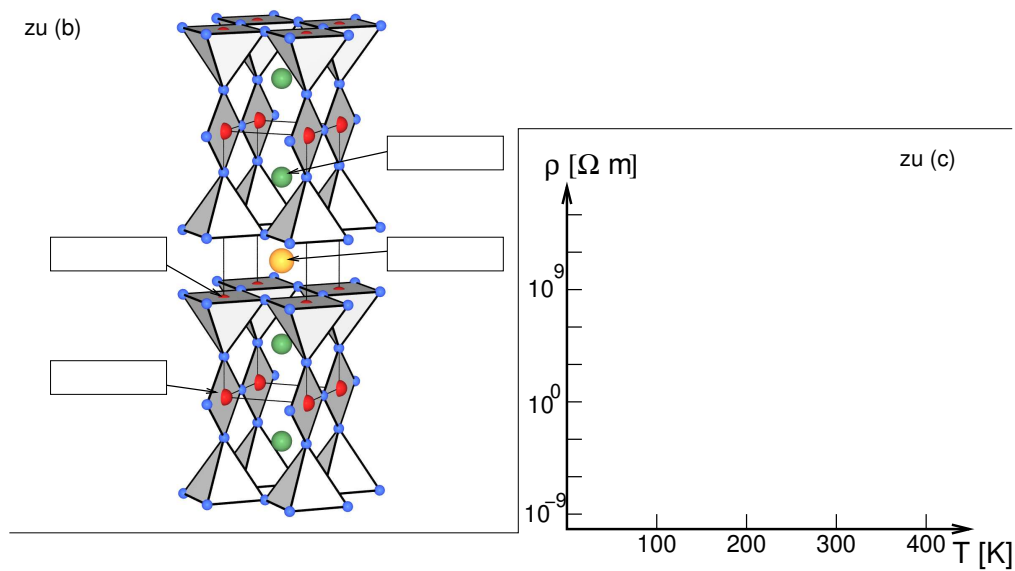
(a) Skizzieren Sie für alle vorkommenden Cu-Spezies die relevanten Ausschnitte aus der Komplex/Festkörper-Struktur. Benennen Sie das zugehörige Koordinationspolyeder von Cu.

- Bei der Reaktion (Bitte Gleichung angeben!) einer Kupfer(II)-Sulfatlösung mit Kaliumiodid entsteht eine Cu-Verbindung mit Zinkblendestruktur.

- Bei der 'Fehling-Probe' tritt Kupfer mit der Koordinationszahl 4 und 2 auf.

- Mit Gold bildet Cu eine Legierung CuAu_3 mit $\text{CN}(\text{Cu})=12$ [s. Aufg. 5(d)].

(b) $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_7$ enthält 4- und 5-fach koordiniertes Kupfer. Markieren Sie alle Metall-Ionen (inkl. Oxidationsstufe) in der Abbildung der Struktur. Begründen Sie das Vorliegen der Koordinationszahl 4 mit der d -Elektronenkonfiguration.



(c) Zeichnen Sie im Diagramm oben rechts den Verlauf der Temperaturabhängigkeit des elektrischen Widerstands von $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_7$, CuAu_3 und Cu_2O (Cuprit) ein.

⑦ Die sehr elektropositiven Metalle **Natrium** und **Aluminium** lassen sich technisch nur mittels **Schmelzfluss-Elektrolyse** gewinnen.

- (a) Nennen Sie die natürlich vorkommenden Rohstoffe, die zur Gewinnung dieser Elemente eingesetzt werden (Formel und Mineral-Name).

Na:

Al:

- (b) Skizzieren Sie die Elektrolysezelle für die Gewinnung EINES der beiden Elemente Ihrer Wahl und nennen Sie die wichtigsten physikalischen Betriebsparameter sowie Materialien und Schmelzzusammensetzung.

Na oder Al:

- (c) Formulieren Sie die Reaktionen der beiden Metalle mit Wasser

Na:

Al:

- (d) ... und ihre Reaktion mit konzentrierter Natronlauge.

Na:

Al:

- (e) Neben der Verwendung als Reduktionsmittel werden technisch auch einige wenige Verbindungen auf dem Weg über die elementaren Metalle hergestellt. Nennen Sie je 2 Beispiele für entsprechende Verbindungen:

Na:

Al:

⑧ **Nb und Nd** sind zwei kritische „High-Tech“ Metalle, bei denen die Abtrennung von vergesellschafteten Elementen schwierig ist.

(a) Geben Sie einen Rohstoff für die Gewinnung von **Nd** an.

(b) Welche Trennprobleme ergeben sich aus diesem Rohstoff, und mit welchen Basisprozessen wurden diese früher bzw. werden sie heute technisch gelöst?

(c) $\text{Nd}_2\text{Fe}_{14}\text{B}$ ist die wichtigste Nd-Verbindung. Wie wird diese Verbindung hergestellt? Begründen Sie den praktische Nutzen dieser Legierung mit den vorliegenden Eigenschaften.

(d) Was versteht man unter Nd:YAG? Nennen und begründen Sie auch hierfür den praktischen Nutzen aus den Eigenschaften.

(e) **Nb** wird aus dem Mineral „Coltan“, chemisch FeNb_2O_6 (Columbit) mit FeTa_2O_6 (Tantalit) hergestellt. Warum kommen Nb und Ta vergesellschaftet vor und sind ebenfalls sehr schwer voneinander zu trennen?

[Hinweis: Übertragen/Bedenken Sie alle Aspekte/Probleme der Nd-Abtrennung.]

(f) KEINE Frage: Die Hauptanwendung von Nb ist die für den Supraleiter Nb_3Sn , das abgetrennte Ta_2O_5 ist DAS Material für Kondensatoren.