

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:

---

<p style="text-align: center;"><b>Abschlußklausur zur Vorlesung (Nachklausur)</b> <b>Chemie der Metalle (AC-II)</b></p>
---

01.10.2021

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 Erläutern Sie die **Merkmale/Besonderheiten** der folgenden **Liganden** in Metallkomplexen. Geben Sie jeweils auch ein Beispiel für einen entsprechenden Liganden an.

(a) starker Ligand

(b) zweizähliger Ligand

(c)  $\pi$ -Akzeptor Ligand

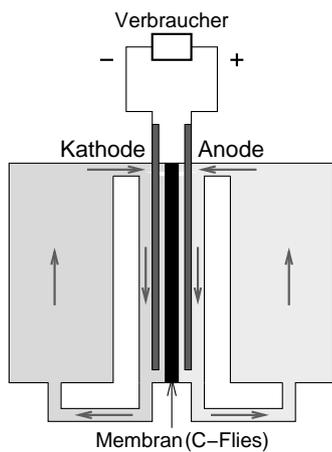
(d) ambidenter Ligand

(e) Makrozyklischer Ligand



③ Metalle in verschiedenen Oxidationsstufen sind entscheidend für die elektrochemische **Energiespeicherung** in Batterien und Akkumulatoren.

(a) Die Abbildung zeigt den Aufbau einer *Vanadium-Redox-Flow*-Batterie.



Formulieren Sie stöchiometrisch genau und mit den korrekten Vanadium-Spezies (saure Lösungen) die Reaktionen beim Entladen dieser Batterie an der

• Anode:

• Kathode:

(b) Beschreiben Sie in Stichworten (Reaktionsgleichung, Elektrolyt, Spannung) die Funktion eines *Lithium-Ionenakkus*. Skizzieren Sie schematisch die Festkörperstrukturen der beiden Elektrodenmaterialien.

(c) Formulieren Sie die Entladereaktion eines sog. *LFP-Akkus*. Hier besteht die Kathode aus  $\text{LiFePO}_4$ , das Anodenmaterial ist identisch mit dem eines Li-Ionenakkus [s. (b)].

(d) Ein *Leclanché-Element* (konventionelle Mn/Zn-Batterie) ist nicht wiederaufladbar. Formulieren Sie (stöchiometrisch genau) die Entladereaktion.

- ④ Formulieren Sie die folgenden **technisch/praktisch** wichtigen Reaktionen von/mit **Calcium**-Verbindungen.
- (a) Löschen von gebranntem Kalk.
  - (b) Reaktion von Kalk mit verdünnter Salzsäure.
  - (c) Auflösen von Kalk mit EDTA-Lösung (mit Valenzstrichformel des Produktes).
  - (d) Herstellung des Zementbestandteils 'Alit' ( $C_3S$ , Calciumorthosilicatoxid) im Zementofen.
  - (e) Bildung von ' $C_4A$ ' (Calciumdialuminat) aus Kalk und Kaolinit,  $Al_2[Si_2O_5(OH)_4]$  (ebenfalls Zementherstellung).
  - (f) Ausscheidung von 'Portlandit' (Calciumhydroxid) (neben CSH-Phasen) bei der Hydrolyse von 'Alit'.
  - (g) Herstellung des Düngemittels 'Kalkstickstoff' aus Kalk.
  - (h) Hydrolyse von Calciumcarbid.
  - (i) Herstellung von Flußsäure aus Fluorit.

⑤ **Grün** ist (nicht erst seit der Wahl/in Freiburg) sehr angesagt.

(a) Bei den folgenden Versuchen sind grüne Stoffe entstanden. Formulieren Sie (stöchiometrisch genau) die zugehörigen Reaktionsgleichungen

- Erhitzen von festem Ammoniumdichromat.
  
- Umsetzung einer Permanganat-Lösung mit Natrium-Perborat (Hinweis: als aktives Reagenz kann  $\text{H}_2\text{O}_2$  formuliert werden.)
  
- Herstellung von 'RINMANNs Grün'.

(b) Erläutern Sie die Prozesse, die für die grüne Flammenfarbe von Thallium (' $\theta\alpha\lambda\lambda\omicron\varsigma$ ': grüner Zweig) verantwortlich sind.

(c) Chromoxid und 'Chromgrün' (eine Mischung aus Bismutvanadat und Berliner Blau) sind wichtige grüne Pigmente. Beschreiben Sie, wie die Elektronenkonfigurationen der beteiligten *3d*-Metall-Ionen und die (Festkörper)-Strukturen zum grünen Farbeindruck führen.

Chromoxid:

'Chromgrün':

⑥ Metalle und ihre Salze kristallisieren häufig in hochsymmetrischen Strukturen. **Hexagonale Strukturen** sind dabei (nach den kubischen) die häufigsten.

(a) Skizzieren Sie die hexagonale Struktur von elementarem Beryllium. Welche Koordinationszahl und welches Koordinationspolyeder liegt vor? Nennen Sie zwei weitere isotype Metalle.

(b) Auch die unten genannten (Be-)Salze kristallisieren hexagonal. Beschreiben Sie die Strukturen (Koordinationszahlen und -polyeder der Metall-Kationen sowie deren Verknüpfung, Strukturtyp, ggf. Skizze).

i. Berylliumoxid

ii. Beryll

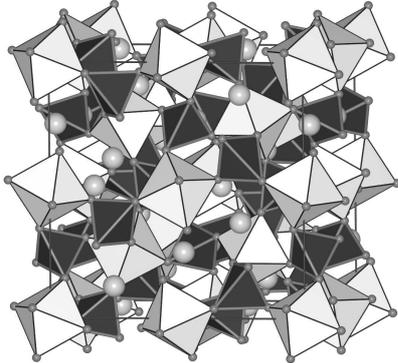
iii. Berylliumfluorid

iv. Cadmiumiodid

7 Die beiden häufigsten Seltenerd-Elemente sind **Cer** und **Neodym**.

- (a) Nennen Sie (mit Formel und Namen) ein Mineral, das die beiden Elemente enthält.
- (b) Die Trennung der beiden Elemente gelingt auf Basis ihrer charakteristischen Redoxeigenschaften. Beschreiben Sie das Trennprinzip.
- (c) Skizzieren Sie die Struktur des Nd-Komplexes  $[\text{Nd}(\text{NO}_3)_3(\text{tbp})_3]$  ( $\text{tbp}$  = Tributylphosphat). Welche praktische Bedeutung hat dieser Komplex?
- (d) YAG:Ce und YAG:Nd haben sehr unterschiedliche Anwendungsbereiche.

- i. Geben Sie die Summelformel von 'YAG' an und erläutern Sie die Zusammensetzung und das Strukturprinzips anhand der Abbildung der Struktur links.



- ii. Beschreiben Sie in Stichworten und mit einer Prinzipskizze die die Anwendung von YAG:Ce in einer weissen LED.
- iii. Welche Anwendung haben Einkristalle von YAG:Nd und worauf beruht diese Verwendung (im Unterschied zu der von YAG:Ce)?

⑧ **Au, Hg und Tl** sind (neben Pb und Bi, die wir nicht besprochen haben) die **schwersten nicht radioaktiven Elemente**. Alle drei bilden einwertige Kationen, sowie Kationen mit einer weiteren wichtigen Oxidationsstufe.

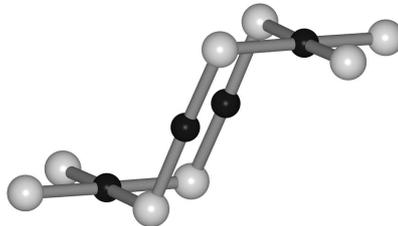
(a) Formulieren Sie (stöchiometrisch genau) die folgenden Redoxreaktionen und begründen Sie die Stabilitäten der Metall-Ionen in der Oxidationsstufe +I.

Au: 'Cyanidlaugerei' (Aufreinigung von Gold)

Hg: Übergießen von Quecksilber(I)-Chlorid (Kalomel) mit einer Ammoniak-Lösung.

Tl: qualitativer Nachweis von  $\text{Mn}^{2+}$ -Ionen durch Reaktion mit festem  $\text{Tl}_2\text{O}_3$ .

(b) Die Struktur von  $\text{AuCl}_2$  ist unten gezeigt. Bezeichnen Sie die Atome (inkl. Oxidationsstufen) und begründen Sie die Koordinationszahlen und -geometrien von Au. Welche magnetischen Eigenschaften erwarten Sie für  $\text{AuCl}_2$ ?



(c) Wie sind  $\text{TlCl}_2$  und  $\text{TlO}_2$  aufgebaut?