

**Übungsaufgaben zur Vorlesung (photo)chemische Wasseraufbereitung**

1) Skizzieren Sie die Struktur folgender Moleküle unter Angabe aller Elektronen bzw. Elektronenpaaren! (je 1 Punkt)

- a)  $O_2$
- b)  $O_3$
- c)  $O_2^-$
- d)  $O_3^-$
- e)  $OH\cdot$
- f)  $H_2O$
- g)  $H_3O^+$
- h)  $H_2$
- i)  $H_2O_2$
- j)  $HOO\cdot$
- k)  $HOO^-$
- l)  $OH^-$

2) Was versteht man unter dem Ionenprodukt von Wasser? Skizzieren Sie qualitativ die Temperaturabhängigkeit des Ionenproduktes? (2 Punkte)

3) Formulieren Sie die folgenden Reaktionsgleichungen stöchiometrisch korrekt! (je 1 Punkt)

- a) Elektrolyse von  $H_2O$
- b) Knallgasreaktion
- c) Bildung von  $O_2$  bei der Zersetzung von Natriumperoxid
- d) Photolyse von  $O_3$

4) Ordnen Sie die Gase  $CO_2$ ,  $H_2$ ,  $H_2O$ ,  $N_2$  nach ihrer Dichte! Welche Konsequenzen hat das für die Stabilität planetarer Atmosphären? (2 Punkte)

5) Formulieren Sie die Reaktionsgleichungen für die vollständige Verbrennung folgender atmosphärischer Spurengase! (je 1 Punkt)

- a) Methan  $CH_4$
- b) Methanol  $CH_3OH$
- c) Methanal (Formaldehyd)  $CH_2O$
- d) Benzol  $C_6H_6$

6) Die Erdatmosphäre enthält insgesamt etwa  $10^{15}$  t  $O_2$ . Welche Masse an Kohlenstoff (fossile Brennstoffe) wurden demnach durch die Photosynthese im Laufe der Erdgeschichte gebildet? (3 Punkte)

7) Was versteht man unter den folgenden Sauerstoffverbindungen? (je 1 Punkt)

- a) Peroxide
- b) Hyperoxide (Superoxide)

c) Ozonide

8) Nennen Sie je drei Sauerstoff- und Wasserstoffisotope! (2 Punkte)

9) Zu welchem Zweck kann man den Unterschied in den physikalischen Eigenschaften der Wasserstoffisotope nutzen? (2 Punkte)

10) Wie könnte man nachweisen, dass der bei der Photosynthese gebildete Sauerstoff aus dem  $\text{H}_2\text{O}$  und nicht aus dem  $\text{CO}_2$  stammt? Reaktionsgleichung angeben! (2 Punkte)

11) Welche Masse an  $\text{H}_2$  wird bei folgenden Reaktionen erhalten? (je 1 Punkt)

a) 6,0 g Na mit überschüssigem Wasser

b) 6,0 g NaH mit überschüssigem Wasser

12) Skizzieren sie das Prinzip der  $^1\text{H}$ -NMR-Spektroskopie! (2 Punkte)

13) Wie wird Ozon in der Atmosphäre gebildet? (je 1 Punkt)

a) in der Troposphäre

b) in der Stratosphäre

14) Was versteht man unter dem Waschmittel der Atmosphäre? Reaktionsgleichung angeben! (2 Punkte)

15) Geben Sie die Photolyseprodukte (Wellenlänge in Klammern) der folgenden Verbindungen an! (je 1 Punkt)

a)  $\text{N}_2$  (< 120 nm)

b)  $\text{H}_2\text{O}$  (< 200 nm)

c)  $\text{CO}_2$  (< 200 nm)

d)  $\text{O}_2$  (< 200 nm)

e)  $\text{O}_3$  (< 310 nm)

f)  $\text{HNO}_3$  (< 320 nm)

g)  $\text{NO}_2$  (< 410 nm)

h)  $\text{Cl}_2$  (< 450 nm)

16) Wenn Salzsäure die einzige vorhandene saure Spezies ist, eine Volumenkonzentration von 4 ppt hat und mit den umliegenden Wassertröpfchen im Gleichgewicht ist, welche pH-Wert hätten die Tröpfchen dann? Die Henry-Konstante für HCl beträgt  $2,0 \cdot 10^{-3} \text{ mol} \cdot \text{hPa}^{-1}$ ! (4 Punkte)

17) Nennen Sie vier Kationen, die im Oberflächenwasser vorkommen! (2 Punkte)

18) Nennen Sie vier Anionen, die im Oberflächenwasser vorkommen! (2 Punkte)

- 19) Ordnen Sie die oxidativen Spezies  $\text{OCl}^-$ ,  $\text{O}_3$ ,  $\text{OH}^\cdot$ ,  $\text{O}_2^\cdot$ ,  $\text{Cl}_2$  und  $\text{ClO}_2$  nach ansteigendem Redoxpotential! (2 Punkte)
- 20) Was versteht man Singulett- und Triplett-Sauerstoff? Wie lässt sich Singulett-Sauerstoff erzeugen? (2 Punkte)
- 21) Sauerstoff ist im Grundzustand ein paramagnetisches Diradikal und weist die Bindungsordnung 2,0 auf. Wie lässt sich dieser Befund mit Hilfe eine Molekülorbitaldiagramms beschreiben? (4 Punkte)
- 22) Wie entsteht Ozon in der Natur? (3 Punkte)
- 23) Mit welchen beiden technischen Verfahren lässt sich Ozon technisch erzeugen? Fertigen Sie auch eine Skizze an! (4 Punkte)
- 24) Wie bestimmt man die Ozonkonzentration mit einem Ozonanalysator? (3 Punkte)
- 25) Vergleichen Sie die Löslichkeit von Disauerstoff und Ozon in Wasser! Wie sollte der Eintrag von Ozon in Wasser gestaltet werden, um einen möglichst großen Eintrag zu erreichen? (2 Punkte)
- 26) Grenzen Sie die Begriffe homogene und heterogene Photokatalyse voneinander ab! (2 Punkte)
- 27) Durch welche Maßnahmen lässt sich die Aktivität eines katalytischen Pigments erhöhen? (2 Punkte)
- 28) Erläutern Sie das Prinzip der photokatalytischen Wasserreinigung in Gegenwart von  $\text{TiO}_2$  (Anatasmofifikation) an Hand einer einfachen Skizze und geeigneten Reaktionsgleichungen! (4 Punkte)
- 29) Bei welchem biologischen Prozess wird  $\text{H}_2\text{O}$  gespalten und die erhaltenen Ladungen ( $\text{H}^+$  und Elektronen) effizient getrennt? (2 Punkte)
- 30) Wie wird  $\text{H}_2\text{O}_2$  in einer Waschmaschine gebildet? (2 Punkte)
- 31) Das metastabile  $\text{H}_2\text{O}_2$  ist in wässriger Lösung über Wochen stabil. In Gegenwart vieler Verunreinigungen zersetzt es sich aber stürmisch unter starkem Aufschäumen. Erläutern Sie die Reaktion für folgende katalytisch wirksame Substanzen (je 1 Punkt)

- a)  $\text{Fe}^{2+}$
- b)  $\text{MnO}_2$

32) Auch die Natur macht von der katalytischen Wirkung von  $\text{Fe}^{2+/3+}$  zur Zersetzung von  $\text{H}_2\text{O}_2$  in den Zellen Gebrauch. Erläutern Sie in diesem Zusammenhang die aktivierende Wirkung von Häm auf  $\text{H}_2\text{O}_2$ ! (2 Punkte)

33) In den letzten Jahren wurde eine Vielzahl extrasolarer Planeten entdeckt. Mit welchem optischen Messverfahren lässt sich ggf. feststellen, ob dort Leben existiert? (2 Punkte)

34) Berechnen Sie die Energie von 100, 250, 500 und 1000 nm Photonen in folgenden Einheiten! (4 Punkte)

- a)  $\text{cm}^{-1}$
- b) eV
- c) J
- d)  $\text{kJmol}^{-1}$

35) Was versteht man unter der GAC-Kurve? Wie wird die GAC-Effizienz berechnet? (2 Punkte)

36) Aus welchen drei chemischen Grundkomponenten besteht DNS bzw. RNS? Welche davon ist für die Absorption im UV-C Bereich verantwortlich? (4 Punkte)

37) Erläutern Sie den Begriff Photo-Fenton-Reaktion! (2 Punkte)

38) Welches Problem kann auftreten, wenn man nitratbelastetes Wasser mit UV-C Strahlung behandelt? (2 Punkte)

39) Wie könnte man nitratbelastetes Trinkwasser vollständig denitrifizieren? (2 Punkte)

40) Skizzieren Sie die Reaktion zur Bildung von  $\text{H}_2\text{O}_2$  in ozonhaltigem Wasser unter UV- Bestrahlung! (2 Punkte)

41) Was versteht man unter folgenden Begriffen? (4 Punkte)

- a) Ozonolyse
- b) Bestrahlungsstärke
- c) Spektral Bestrahlungsstärke
- d) Dosis

42) Was versteht man unter dem Begriff Mikroplastik bzw. -schadstoffe? Nennen Sie jeweils zwei Quellen für diese Substanzen! (4 Punkte)