

**Prüfung in Chemie  
für Studierende des Maschinenbaus, der Werkstoffwissenschaften  
und NWT Lehramt  
Studiengang Bachelor**

*Montag, 4. April 2016, 14:00-17:00*

Für die Bearbeitung der Aufgaben sind **keine Hilfsmittel zugelassen**; alle Berechnungen sind so ausgelegt, dass Sie einfach auszuwertende algebraische Ausdrücke erhalten, wenn Sie das frühzeitige Einsetzen von Zahlen vermeiden und Gleichungen herleiten, in denen auf der rechten Seite nur noch bekannte Größen vorkommen; Brüche lassen sich durch Kürzen so stark vereinfachen, dass elektronische Hilfsmittel nicht notwendig sind.

Ausländische Studenten dürfen ein Wörterbuch (Muttersprache zur deutschen Sprache) benutzen, das keine handschriftlichen Eintragungen enthalten darf.

Papier für die Lösungen wird zur Verfügung gestellt.

Jeder Versuch, Hilfsmittel zu benutzen, wird als Täuschung behandelt, führt zum unmittelbaren Ausschluss von der Klausur und zur Bewertung der Ausarbeitung mit 5.0!

Zahlenwerte, die ohne Rechnung bzw. ohne Begründung angegeben werden, bleiben ohne Wertung!

Es genügen klar verständliche Stichworte als Antwort; es müssen keine ausführlichen Texte geschrieben werden. Für bildliche Darstellungen genügen Skizzen, die das Prinzip verdeutlichen.

Die für jede Teilaufgabe maximal erreichbare Punktzahl ist in Klammern angegeben.

Bewertung (Punkte/Note):

0-49,5	50-54	55-59	60-64	65-70	71-75	76-80	81-85	86-90	91-95	96-100
5,0	4,0	3,7	3,3	3,0	2,7	2,3	2,0	1,7	1,3	1,0

Aufgabe 1:

- Was versteht man unter einem chemischen Element und was unter einer chemischen Verbindung? (1 P)
- Was ist der Unterschied zwischen den Nukliden  $^{17}_{35}\text{Cl}$  und  $^{17}_{37}\text{Cl}$ ? (1 P)
- Durch welche Methode wird die Atommasse gemessen? Nennen Sie die drei wesentlichen Vorgänge, die dabei ablaufen! (4 P)
- Welches Ergebnis erhält man, wenn man Atome durch die Zufuhr von Energie anregt und das emittierte Licht durch ein Prisma in seine Wellenlängen zerlegt?  
Welche für die Beschreibung des Aufbaus von Atomen wichtige Konsequenz ergibt sich aus dieser Beobachtung? (1 P)
- Was sagt das Pauli-Prinzip und was sagt die Hund'sche Regel aus? (1 P)
- Geben Sie die Elektronenkonfiguration von Stickstoff an! (1 P)
- Wie ändern sich die Atomradien innerhalb einer Gruppe und innerhalb einer Periode im Periodensystem der Elemente ab? Begründen Sie diese Trends stichwortartig (4 P)
- Was versteht man unter der Elektronegativität eines Elements und was unter der Polarität einer chemischen Bindung? (2 P)

- i) Was sagt die Edelgasregel aus? (1 P)
- j) Geben Sie den räumlichen Aufbau von  $\text{BeCl}_2$ ,  $\text{AlCl}_3$ ,  $\text{SiCl}_4$ ,  $\text{SF}_6$ , an! Auf welcher einfachen Regel beruhen Ihre Antworten? (3 P)
- k) Geben Sie die Zustandsgleichung für ideale Gase an! (1 P)

Aufgabe 2:

- a) Geben Sie die Gleichungen an, nach denen man (mithilfe von Tabellen) Reaktionsenthalpie, Reaktionsentropie und freie Reaktionsenthalpie berechnet!

Formulieren Sie mit Hilfe der freien Enthalpie eine Bedingung für das Vorliegen eines Gleichgewichts!

Berechnen Sie die Siedetemperatur von Diethylether ( $(\text{C}_2\text{H}_5)_2\text{O}$ )! (3 P)

Vernachlässigen Sie die Temperaturabhängigkeit von Enthalpie und Entropie und verwenden Sie für Ihre Rechnung folgende Angaben:

	$\Delta_f H^0 \left[ \frac{\text{kJ}}{\text{mol}} \right]$	$S^0 \left[ \frac{\text{J}}{\text{mol} \cdot \text{K}} \right]$
Flüssigkeit	-275,7	246,8
Gas	-244,93	346,8

- b) Moderne Kraftwerke werden häufig mit Erdgas betrieben. Geben Sie die Reaktionsgleichung für die vollständige Verbrennung des Methans an (Annahme: es ist ausreichend Sauerstoff vorhanden)!

Berechnen Sie unter Verwendung von unten stehenden Werten die Reaktionsenthalpie, die Reaktionsentropie und die *freie* Reaktionsenthalpie für die vollständige Verbrennung von Erdgas ( $\text{CH}_4$ ) bei einer Temperatur von 1500 °C! Hinweis: Die angegebenen Werte gelten für 1500 °C, sie brauchen keine Temperaturabhängigkeit zu berücksichtigen! (4 P)

Verbindung	$\Delta H^0 \text{ [kJ/mol]}$	$S^0 \text{ [J/mol} \cdot \text{K]}$
$\text{CH}_4$	30	300
$\text{O}_2$	49	260
$\text{CO}_2$	-312	300
$\text{H}_2\text{O}$	-179,5	259,5

- c) Welche Oxidationszahlen haben die fett gedruckten Elemente in den Verbindungen **NaCl**, **LiAlH<sub>4</sub>**, **Na<sub>2</sub>Cr<sub>2</sub>O<sub>7</sub>**, **H<sub>2</sub>PtCl<sub>6</sub>** (2 P)
- d) Geben Sie die Teilgleichungen für die Oxidations- und Reduktionsreaktion in einer mit Wasserstoff und Sauerstoff betriebenen PEM- Brennstoffzelle an!  
Welche Spannung liefert eine unter Normalbedingungen mit Wasserstoff und Sauerstoff betriebene PEM- Brennstoffzelle? Nehmen Sie an, dass der  $p_{\text{H}} = 0$  ist! (2 P)
- e) Bestimmen Sie die stöchiometrischen Koeffizienten für folgende Redoxreaktionen. (2 P)
- $[\ ] \text{Cu} + [\ ] \text{SO}_4^{2-} + [\ ] \text{H}^+ \rightarrow [\ ] \text{Cu}^{2+} + [\ ] \text{SO}_2 + [\ ] \text{H}_2\text{O}$
  - $[\ ] \text{Fe}_2\text{O}_3 + [\ ] \text{CO} \rightarrow [\ ] \text{Fe}_3\text{O}_4 + [\ ] \text{CO}_2$
- f) In ein Becherglas mit einer 1-molaren  $\text{FeSO}_4$  Lösung wird ein Blech aus Zink, in ein anderes Becherglas mit einer 1-molaren  $\text{FeSO}_4$  Lösung wird ein Blech aus Blei eingetaucht. Erwarten Sie das Ablaufen chemischer Reaktionen? Begründen Sie Ihre Antwort! (2 P)

- g) Bei der Verhüttung von Kupfererzen wird ein noch mehr oder weniger verunreinigtes Rohkupfer erhalten. Nach welcher Methode wird daraus Reinstkupfer hergestellt? Welcher Wertstoff wird als Nebenprodukt erhalten? (1 P)
- h) Geben Sie die Gleichungen der Redoxreaktionen an, die beim Entladen eines Bleiakкумуляtors ablaufen! Welche Spannung gibt der Akkumulator ab? Was geschieht beim Laden? (4 P)

### Aufgabe 3

- a) Geben Sie für beide Formen, in denen elementarer Sauerstoff in der Luft vorkommt, die Summen- und die Valenzformel an!  
Welche dieser Formen des elementaren Sauerstoffs ist die häufigere und warum ist sie paramagnetisch? (2 P)
- b) Ammoniak kann aus Erdgas ( $\text{CH}_4$ ), Wasser und Luft hergestellt werden. Geben Sie die wesentlichen Verfahrensschritte an und formulieren Sie die Gleichungen der auftretenden Reaktionen! (5 P)
- c) Die Bildung des Ammoniaks erfolgt in einer exothermen Gleichgewichtsreaktion. Nennen Sie zwei Maßnahmen, durch die bei der technischen Ammoniaksynthese der Anteil des Ammoniaks am Produktgemisch so weit wie möglich erhöht wird!  
Welches allgemein gültige Prinzip liegt diesen Maßnahmen zugrunde? Wozu wird der Katalysator benötigt? (4 P)
- d) Im Hochofen wird durch die Boudouard-Reaktion freier Kohlenstoff gebildet, der sich im Eisen löst.  
Formulieren Sie die Reaktionsgleichung der Boudouard-Reaktion!  
Welche nachteilige Auswirkung hat der gelöste Kohlenstoff auf die Eigenschaften von Roheisen?  
Nennen Sie ein Verfahren bei der Herstellung von Stahl, durch das der Gehalt an Kohlenstoff herabgesetzt wird! (3 P)
- e) Was versteht man unter Korrosion und was ist ein Lokalelement? (1 P)
- f) Geben Sie die Gleichungen der Reaktionen an, die beim Rosten von Eisen an feuchter Luft ablaufen! (4 P)
- g) Welche Eigenschaft müssen unedle Metalle wie Al, Mg oder Cr aufweisen, damit sie an Luft stabil und als Werkstoffe verwendbar sind? (1 P)

### Aufgabe 4:

- a) Welche Hybridisierung haben C-Atome in Einfach-, Doppel- und in Dreifachbindungen? Welche räumliche Anordnung der von einem zentralen C-Atom ausgehenden Bindungen ergibt sich daraus? (4 P)
- b) Nennen Sie anhand des Beispiels Benzol drei wesentliche Strukturmerkmale von Aromaten und erläutern Sie die Verteilung der Bindungselektronen anhand von Lewis-Formeln (mesomere Grenzstrukturen)! (4 P)
- c) Zeichnen Sie die Lewis-Formeln der Verbindungen 2-Methylbutan, Propen und Ethanol! Zeichnen Sie die charakteristischen Strukturelemente (funktionellen Gruppen) der Verbindungsklassen Alkene, Alkine und Aldehyde! (3 P)
- d) Erläutern Sie den Mechanismus einer Radikalkettenreaktion anhand der radikalischen Polymerisation oder anhand der Verbrennung von Wasserstoff! (3 P)

- e) Geben Sie die Konstitutionsformeln der charakteristischen Gruppen von Polyethylen, Polyacrylnitril, Polystyrol und Polyvinylchlorid an! Aus welchen Monomeren werden die genannten Polymere hergestellt? (3 P)
- f) Wie wirkt sich das Fehlen bzw. das Auftreten von Vernetzungen auf die Eigenschaften von Polymeren aus? Wie wirkt sich eine schwache (weitmaschige) Vernetzung im Vergleich zu einer starken (engmaschigen) Vernetzung aus? (3 P)

#### Aufgabe 5:

- a) Geben Sie die Hauptbestandteile von Benzin und Dieselkraftstoff an! (2 P)
- b) Was versteht man unter dem „Klopfen“ eines Ottomotors und wie nennt man eine analoge Erscheinung beim Dieselmotor? (2 P)
- c) Nennen Sie die wichtigsten Bestandteile des bei der motorischen Verbrennung entstehenden Gasgemischs! Nennen Sie wenigstens zwei Bestandteile des Produktgemischs, die als Schadstoffe angesehen werden müssen! Klassifizieren Sie die Komponenten des Gemischs als Hauptbestandteile (jeweils mehr als 1 %) und als Nebenbestandteile (< 1 % im Einzelfall)! Welcher weitere Schadstoff entsteht, wenn ein Motor (Diesel) mit Luftüberschuss betrieben wird? (8 P)
- d) Aufgrund der der Bildung zugrunde liegenden Reaktionen unterscheidet man zwischen 3 verschiedenen Quellen für NO. Nennen Sie die drei in der Vorlesung erklärten Wege zur Bildung von NO und geben Sie die Größenordnung der Konzentration [ppm] an, für die die jeweilige Reaktion verantwortlich gemacht wird! Im Fall der Verbrennung von Kohle tritt eine vierte Quelle für NO auf. Welche? (4 P)
- e) Durch welches Katalysatorkonzept werden die Stickoxide aus dem Abgas von Dieselfahrzeugen und von Großfeuerungsanlagen entfernt? Geben Sie für ein Gemisch aus je 50 % NO und NO<sub>2</sub> die Gleichung der zur Entfernung der Stickoxide führenden Reaktion an! Durch welches Reduktionsmittel werden die Stickoxide entfernt? In welcher Form wird das Reduktionsmittel im Fahrzeug mitgeführt? Durch welche Reaktion wird das Reduktionsmittel im Fahrzeug erzeugt? (4 P)

#### Zusatzfrage

- 1) Welche Kennzahlen beschreiben die Qualität von Benzin und von Dieselkraftstoff und wie sind diese Zahlen definiert? (2 P)
- 2) Wie viel Luft [l/h] (bezogen auf 0 °C und 101,3 hPa) müssen Sie einem Benzinmotor zuführen, der 15,2 l/h verbraucht? Verwenden Sie für die Rechnung einen aus 100 % Oktan (C<sub>8</sub>H<sub>18</sub>, Dichte  $\rho = 0,75 \text{ g/cm}^3$ ) bestehenden Kraftstoff! Gehen Sie von einer vollständigen Verbrennung des Treibstoffs aus! Setzen Sie  $x(\text{O}_2, \text{Luft}) = 0,2$  und setzen Sie das molare Volumen von Luft auf 20 l/mol fest! (3 P)

Hinweis: Durch die Beantwortung der Zusatzfrage können Sie an anderer Stelle fehlende Punkte ausgleichen, die maximale Zahl von 100 Punkten aus den Fragen 1 bis 5 bleibt unverändert, insbesondere hat die Zusatzfrage keinen Einfluss auf die Berechnung der für das Erreichen der Note 4.0 erforderlichen Punktzahl.



Reduzierte Form	$\rightleftharpoons$ Oxidierte Form	$+ z e^-$	Standardpotential $E^\circ$ in V
Li	$\rightleftharpoons \text{Li}^+$	$+ e^-$	-3,04
K	$\rightleftharpoons \text{K}^+$	$+ e^-$	-2,92
Ba	$\rightleftharpoons \text{Ba}^{2+}$	$+2e^-$	-2,90
Ca	$\rightleftharpoons \text{Ca}^{2+}$	$+2e^-$	-2,87
Na	$\rightleftharpoons \text{Na}^+$	$+ e^-$	-2,71
Mg	$\rightleftharpoons \text{Mg}^{2+}$	$+2e^-$	-2,36
Al	$\rightleftharpoons \text{Al}^{3+}$	$+3e^-$	-1,68
Mn	$\rightleftharpoons \text{Mn}^{2+}$	$+2e^-$	-1,19
Zn	$\rightleftharpoons \text{Zn}^{2+}$	$+2e^-$	-0,76
Cr	$\rightleftharpoons \text{Cr}^{3+}$	$+3e^-$	-0,74
$\text{S}^{2-}$	$\rightleftharpoons \text{S}$	$+2e^-$	-0,48
Fe	$\rightleftharpoons \text{Fe}^{2+}$	$+2e^-$	-0,41
Cd	$\rightleftharpoons \text{Cd}^{2+}$	$+2e^-$	-0,40
Co	$\rightleftharpoons \text{Co}^{2+}$	$+2e^-$	-0,28
Sn	$\rightleftharpoons \text{Sn}^{2+}$	$+2e^-$	-0,14
Pb	$\rightleftharpoons \text{Pb}^{2+}$	$+2e^-$	-0,13
Fe	$\rightleftharpoons \text{Fe}^{3+}$	$+3e^-$	-0,036
$\text{H}_2 + 2 \text{H}_2\text{O}$	$\rightleftharpoons 2 \text{H}_3\text{O}^+$	$+2e^-$	0
$\text{Sn}^{2+}$	$\rightleftharpoons \text{Sn}^{4+}$	$+2e^-$	+0,15
$\text{Cu}^+$	$\rightleftharpoons \text{Cu}^{2+}$	$+ e^-$	+0,15
$\text{SO}_2 + 6 \text{H}_2\text{O}$	$\rightleftharpoons \text{SO}_4^{2-} + 4 \text{H}_3\text{O}^+$	$+2e^-$	+0,17
$\text{Cu}$	$\rightleftharpoons \text{Cu}^{2+}$	$+2e^-$	+0,34
$\text{Cu}$	$\rightleftharpoons \text{Cu}^+$	$+ e^-$	+0,52
$2 \text{I}^-$	$\rightleftharpoons \text{I}_2$	$+2e^-$	+0,54
$\text{H}_2\text{O}_2 + 2 \text{H}_2\text{O}$	$\rightleftharpoons \text{O}_2 + 2 \text{H}_3\text{O}^+$	$+2e^-$	+0,68
$\text{Fe}^{2+}$	$\rightleftharpoons \text{Fe}^{3+}$	$+ e^-$	+0,77
Ag	$\rightleftharpoons \text{Ag}^+$	$+ e^-$	+0,80
Hg	$\rightleftharpoons \text{Hg}^{2+}$	$+2e^-$	+0,85
$\text{NO} + 6 \text{H}_2\text{O}$	$\rightleftharpoons \text{NO}_3^- + 4 \text{H}_3\text{O}^+$	$+3e^-$	+0,96
$2 \text{Br}^-$	$\rightleftharpoons \text{Br}_2$	$+2e^-$	+1,07
$6 \text{H}_2\text{O}$	$\rightleftharpoons \text{O}_2 + 4 \text{H}_3\text{O}^+$	$+4e^-$	+1,23
$2 \text{Cr}^{3+} + 21 \text{H}_2\text{O}$	$\rightleftharpoons \text{Cr}_2\text{O}_7^{2-} + 14 \text{H}_3\text{O}^+$	$+6e^-$	+1,33
$2 \text{Cl}^-$	$\rightleftharpoons \text{Cl}_2$	$+2e^-$	+1,36
$\text{Pb}^{2+} + 6 \text{H}_2\text{O}$	$\rightleftharpoons \text{PbO}_2 + 4 \text{H}_3\text{O}^+$	$+2e^-$	+1,46
Au	$\rightleftharpoons \text{Au}^{3+}$	$+3e^-$	+1,50
$\text{Mn}^{2+} + 12 \text{H}_2\text{O}$	$\rightleftharpoons \text{MnO}_4^- + 8 \text{H}_3\text{O}^+$	$+5e^-$	+1,51
$3 \text{H}_2\text{O} + \text{O}_2$	$\rightleftharpoons \text{O}_3 + 2 \text{H}_3\text{O}^+$	$+2e^-$	+2,07
$2 \text{F}^-$	$\rightleftharpoons \text{F}_2$	$+2e^-$	+2,87