



**Klausur**  
**Vertiefungsfach 2: Master**  
**Eisen- und Stahlmetallurgie**  
**Univ.-Prof. Dr.-Ing. Dr. h.c. D. Senk**  
**18.08.2015**

**Nachname, Vorname:**

**Matrikel-Nr.:**

**Unterschrift:**

<b>Aufgabe</b>	<b>Punkte (max.)</b>	<b>Punkte</b>	<b>Unterschrift</b>	<b>Korrektur Datum</b>	<b>Gesamtpunkte (endgültig)</b>
<b>1</b>	<b>16</b>				
<b>2</b>	<b>16</b>				
<b>3</b>	<b>16</b>				
<b>4</b>	<b>16</b>				
<b>5</b>	<b>16</b>				
<b>Summe:</b>		<b>Summe nach Einsicht:</b>			

Je richtige Teilantwort:

0,5 Punkte bis zur angegebenen maximal erreichbaren Punktzahl

# Klausur Vertiefungsfach 2

## Eisen- und Stahlmetallurgie

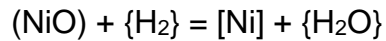
Univ.-Prof. Dr.-Ing. Dr. h.c. Dieter Senk

18.08.2015

1. Aufgabe : Thermodynamik

16 Punkte

a) Berechnen Sie die Gleichgewichtskonstante bei 735°C für die Reaktion:



Gegeben:

1.  $[\text{Ni}] + \frac{1}{2}\{\text{O}_2\} = (\text{NiO}) \quad \Delta G^\circ = -244555 + 98,53 \cdot T \text{ [J/mol]}$

2.  $\{\text{H}_2\} + \frac{1}{2}\{\text{O}_2\} = \{\text{H}_2\text{O}\} \quad \Delta G^\circ = -246438 + 54,81 \cdot T \text{ [J/mol]}$

3.  $R = 8,3143 \text{ J/mol} \cdot \text{K}$

**5,0 Punkte**

b) Leiten Sie das Sieverts'sche Quadratwurzelgesetz für die Wasserstoffreaktion her.

**2,0 Punkte**

c) Welche Bedeutung hat die Aktivität in der Metallurgie?

**1,0 Punkte**

- d) Berechnen Sie die Stickstoffaktivität in einer 100Cr6-Schmelze mit der folgenden Zusammensetzung.

**3,0 Punkte**

Element	C	Si	Mn	Cr	N
Konzentration [Gew.-%]	0,9	0,25	0,35	1,5	0,06

Nutzen Sie dazu die folgende Tabelle der Wirkungsparameter von in flüssigem Eisen gelösten Elementen:

Solute j	eH(j)	< % j	eC(j)	< % j	eN(j)	< % j	eS(j)	< % j	eO(j)	< % j
Al	0,013	2	0,064	2	0,002	0,5	0,035	1	-3,9	0,2
B	0,05	1	/	/	/	/	0,134	0,5	-2,6	0,05
C	0,06	1	0,22	1	0,25	0,5	0,114	0,5	-0,13	1
Co	0,002	14	0,062	10	0,011	12	0,003	10	0,007	5
Cr	-0,002	2	-0,024	25	-0,045	7	-0,011	5	-0,037	20
Cu	0,0005	12	0,018	10	0,009	10	-0,008	8	-0,016	15
H	0	/	(0,72)	/	/	/	(0,26)	/	/	/
Mn	-0,001	11	-0,007	10	-0,02	6	-0,026	3	0	/
N	/	/	(0,11)	/	0	/	(0,03)	/	(0,057)	/
Nb	-0,002	2	-0,06	2	-0,061	10	-0,013	5	-0,14	3
Ni	0	/	0,012	5	0,01	10	0	/	0,006	20
O	/	/	(-0,097)	/	0,05	/	(-0,18)	/	-0,2	/
P	0,011	0,5	/	/	0,051	/	0,029	1	0,07	0,5
S	0,008	0,1	0,057	2	0,013	/	-0,028	1	-0,091	/
Si	0,027	1	0,0113	2	0,047	3	0,063	0,5	-0,14	1
Ti	0,08	0,5	/	/	-0,53	0,2	-0,072	1	-1,15	0,3
V	/	/	-0,038	20	-0,093	2	0,016	5	-0,14	5
W	/	/	-0,033	20	-0,002	15	0,001	10	0,008	5
Zr	/	/	/	/	-0,63	0,1	-0,053	2	/	/

e) Die Sauerstoffsättigung in reiner Eisenschmelze beträgt:

$$\log[O] = -\frac{6320}{T} + 2,734$$

Bestimmen Sie:

- 1) die Menge Sauerstoff, die bei 1580 °C maximal gelöst werden kann,
- 2) die maximale Aktivität  $[a_O]$  bei 1540 °C und 1580 °C!

Hinweis: Die Fe-O-Lösung kann als ideal betrachtet werden.

**2,0 Punkte**

- f) Welche Prozesse laufen ab mit a) metallischem Eisen, b) Wüstit und c) Magnetit bei einer Temperatur von 1000°C in der folgenden Atmosphäre: 25%CO, 20%CO<sub>2</sub>, 55%N<sub>2</sub>? Kennzeichnen Sie auf dem Heugabel - Diagramm den Punkt, der der obengenannten Atmosphäre entspricht.

**3,0 Punkte**

## **2. Aufgabe: Konverter**

**16 Punkte**

- a) Der Schlackenweg beim LD-Prozess folgt dem Prozessverlauf des Frischens. Nennen Sie die Zusammensetzung von LD-Schlacke zu Beginn und zu Ende des Blasprozesses. (Betrachten Sie hierzu das 3-Stoff-System, welches üblicherweise für LD-Schlacken herangezogen wird und skizzieren Sie den Schlackenweg)!

**2,0 Punkte**

- b) Die Blasstahlverfahren lassen sich in drei Hauptprozessvarianten unterteilen. Nennen Sie diese Verfahren mit jeweils einem Beispiel!

**3,0 Punkte**

c) Warum wird Kalk im Konverter eingesetzt? Nennen Sie zwei Gründe!

**1,0 Punkte**

d) Welche metallurgische Aufgabe haben die im AOD-Konverterprozess eingesetzten Gase (drei Gase sollen betrachtet werden)?

**3,0 Punkte**

e) Wo und wie erfolgt die Entphosphorung beim Stahlkonverterprozess (Reaktionsort und chemische Reaktion)?

**1,0 Punkte**



- f) Warum kann die Entphosphorung beim Konverterprozess nicht anders erfolgen (hier bitte eine ausführliche Antwort!)?

**1,0 Punkte**

- g) Berechnen Sie die notwendige Masse an Kalk pro Tonne Roheisen, die zum Abbinden der Silizium- und Phosphoroxide notwendig ist. Gehen Sie von einem Entphosphorungsgrad von 80 % aus. Bitte geben Sie auch die Reaktionen an!

	Si	P	Ca	O <sub>2</sub>
Gew.-% im RE	1,0	0,12	X	X
M in g/mol	28	31	40	32

**5,0 Punkte**

### **3. Aufgabe: Sekundärmetallurgie**

---

**16 Punkte**

- a) Welche negativen Einflüsse können oxidische Einflüsse auf den Stahl haben?  
(vier Nennungen)

**2,0 Punkte**

- b) Unterscheiden Sie Oxideinschlüsse nach dem Zeitpunkt ihrer Entstehung!  
(vier Unterscheidungen)

**2,0 Punkte**

- c) Wieviel Al wird benötigt, wenn in einer 160 t-Schmelze eine Sauerstoffaktivität von 800 ppm vorliegt und ein Endsauerstoffgehalt von 30 ppm angestrebt wird? Die Ausbringung des Al soll mit 83 % angenommen werden. Weiterhin beträgt der Reinheitsgrad des Aluminium 99 %.

$$M_{\text{O}} = 16 \text{ g/mol}$$

$$M_{\text{Al}} = 27 \text{ g/mol}$$

**5,0 Punkte**

- d) Nennen Sie vier Verfahren zur Detektion von Einschlüssen im Stahl.

**2,0 Punkte**

e) Was können die Vorteile von komplexen Oxiden sein? Welche Problematik gibt es beim Al-Ca-O System?

**2,0 Punkte**

f) Nennen Sie drei Möglichkeiten und beschreiben Sie das jeweilige zugrunde liegende Prinzip zur Sauerstoffentfernung!

**3,0 Punkte**

#### **4. Aufgabe: Gießen und Erstarren**

**16 Punkte**

- a) Alte Thermoelemente führen bei einer Verwendung tief im Ofen oft zu einer leichten Änderung der Anzeige der Temperatur im Vergleich zum Randbereich, obwohl die Temperatur an beiden Orten eigentlich gleich ist. Erklären Sie dieses Phänomen physikalisch!

**1,5 Punkte**

- b) Welche Aufgaben hat das Gießpulver? (5 Nennungen)

**2,5 Punkte**

- c) Wie ist die Erstarrungsgeschwindigkeit definiert? Nennen sie die wesentlichen Einflussgrößen!

**2,5 Punkte**

- d) Definieren Sie den Begriff „Erstarrung“ und erklären Sie die Erstarrungsvorgänge Keimbildung und Volumenkontraktion und Entmischung!

**4,0 Punkte**

- e) Bei der Behandlung einer Stahlschmelze in einer Vakuumanlage beträgt der Wasserstoffgehalt des Stahles 12 ppm. Im Anschluss an die Vakuumbehandlung wird die Pfanne an die Stranggießanlage überstellt und dort vergossen. Dabei gehen 5 ppm Wasserstoff beim Erstarren des Stahles in die Gasphase über. Die Giessrate der Stranggussanlage beträgt 2,0 t/min bei einer Gießgeschwindigkeit von 1,0 m/min. Wieviel Wasserstoff wird bei obiger Annahme in l/min. frei?

**1,5 Punkte**

Hinweis: molare Masse von Wasserstoff:  $M_H = 1,0079 \text{ g/mol}$   
molares Volumen eines idealen Gases:  $V_M = 22,41383 \text{ l/mol}$   
Dichte des Stahls:  $\rho_S = 8000 \text{ kg/m}^3$   
Erstarrungskonstante  $k = 50 \text{ mm/min}^{0,5}$

Tip: Bedenken Sie, in welcher Form Wasserstoff in einer Schmelze und in der Gasphase vorliegt!

f) Was ist ein Kaltstrang? Beschreiben Sie den Angussvorgang!

**1,0 Punkte**

g) Nennen Sie die Parameter, die einen Einfluss auf das vergossene Gut während des Stranggießprozesses nehmen können. (6 Nennungen)

**3,0 Punkte**

## **5. Aufgabe: Schlacken und Umweltschutz**

**16 Punkte**

- a) Nennen Sie mindestens drei unterschiedliche Schrottsorten und geben Sie für jede eine kurze Definition oder Beschreibung an.

**3,0 Punkte**

- b) Nennen Sie drei weitere Reststoffe, die in der Eisen- und Stahlindustrie anfallen!

**1,5 Punkte**

- c) Beschreiben Sie die Ionentheorie der Schlacken!

**1,5 Punkte**



- d) Bestimmen Sie die einfache und eine weitere geeignete Basizität für die folgenden, chemischen Zusammensetzungen von Hochofenschlacken! Runden Sie die Ergebnisse auf 2 Nachkommastellen!

**3,0 Punkte**

	<b>SiO<sub>2</sub></b>	<b>CaO</b>	<b>Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub></b>	<b>FeO</b>	<b>TiO<sub>2</sub></b>	<b>C</b>	<b>S</b>
<b>A</b>	37,62	46,70	10,20	2,60	1,45	0,21	1,22
<b>B</b>	39,50	42,00	13,91	2,57	1,50	0,20	0,32

- e) Schlacken der Eisen- und Stahlindustrie können auf unterschiedliche Weisen verwertet werden. Nennen Sie zwei Verwertungswege.

**1,0 Punkte**

- f) Unter welchen Umständen muss Schlacke deponiert werden? (Nennungen)

**1,0 Punkte**

g) Die Senkung des spezifischen Energieverbrauchs ist auch eines der Ziele der Eisen- und Stahlindustrie. Nennen sie vier verschiedene Potentiale, um dieses Ziel zu erreichen.

**2,0 Punkte**

h) Nennen Sie drei unerwünschte Begleit- oder Schadelemente, die mit dem Schrott in den Stahl gelangen können und nennen Sie zu jedem Element die unerwünschten Auswirkungen!

**1,5 Punkte**

i) Nennen Sie drei Maßnahmen zur Luftreinhaltung in der Eisen- und Stahlindustrie!

**1,5 Punkte**