



# Klausur

## Vertiefungsfach 1: Master

### Eisen- und Stahlmetallurgie

Univ. Prof. Dr.-Ing. D. Senk

08.03.2012

Nachname, Vorname:

Matrikel-Nr.:

Unterschrift:

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

Je richtige Teilantwort:

0,5 Punkte bis zur angegebenen maximal erreichbaren Punktzahl

# Klausur Vertiefungsfach 1 Eisen- und Stahlmetallurgie

Univ. Prof. Dr.-Ing. Dieter Senk

08.03.2012

1. Aufgabe : Pelletieren und Sintern

16 Punkte

- a) Unter welchen Bedingungen treten die unterschiedlichen Bindungsarten zwischen den einzelnen Körnern beim Brennen von Pellets aus Magnetitkonzentrat auf (Temperatur und Atmosphäre)? Nennen Sie Bedingungen für drei Bindungsmechanismen.

**3,0 Punkte**

- b) Wie heißen die beiden gebräuchlichsten Prozesse, die dabei eingesetzt werden?

**0,5 Punkte**

- c) Nennen Sie 2 Einsatzstoffe die bei beiden Prozessen gleich sind!

**1,0 Punkte**

d) Wann wird die Durchgasung der Sinterschicht schlechter? (mind. 2 Antworten)

**1,0 Punkte**

e) Nennen Sie Einsatzstoffe die nur bei einem Prozess eingesetzt werden. Tragen Sie die Stoffe in eine Tabelle ein!

**2,5 Punkte**

- f) Bestimmen Sie:
1. die Abgaszusammensetzung bei einem Sinterprozess, pro Tonne Sinter
  2. die Menge an  $\text{SiO}_2$ , die der Rohmischung zugegeben werden muss und
  3. wie viel Kilogramm  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  in der Sinterrohmmischung enthalten ist.

**8,0 Punkte**

**Annahmen:**

- Die Eisenträger gehen unverändert aus dem Prozess hervor.
- Der Luftbedarf beträgt  $800 \text{ Nm}^3/\text{t}$ -Sinterrohmmischung.
- Der Koksgruss verbrennt vollständig zu  $\text{CO}_2$  und besteht nur aus reinem Kohlenstoff.
- Die Gase verhalten sich nach dem idealen Gasgesetz.
- $\text{Fe}_2\text{O}_3$  ist der einzige Eisenträger in der Sinterrohmmischung.

**Sinterrohmmischung:**

- 5 Mass.-% C
- 10 Mass.-% Wasser
- Basizität = 2
- Kalkstein: 5 Mass.-%
- $V_M = 22,4 \text{ l/mol}$

**Bekannt:**

1000	kg Sinterrohmmischung
50	kg C
100	kg Wasser
50	kg $\text{CaCO}_3$

## **2. Aufgabe: Metallurgischer Koks**

**16 Punkte**

---

a) Geben Sie eine Definition des Verkokungsprozesses

**1,0 Punkte**

b) Welche Aufgaben erfüllt Koks im Hochofen?

**2,5 Punkte**

c) Nennen Sie ein mögliches Gas zur Unterfeuerung der Koksofenbatterien.

**0,5 Punkte**

d) Welchen Vorteil hat das Koksofenstampfsystem gegenüber dem Koksofendrucksystem?

**3,0 Punkte**

e) Nennen Sie drei verschiedene fossile Brennstoffe!

**1,5 Punkte**

f) Beschreiben Sie die verschiedenen Inkohlungsstufen.

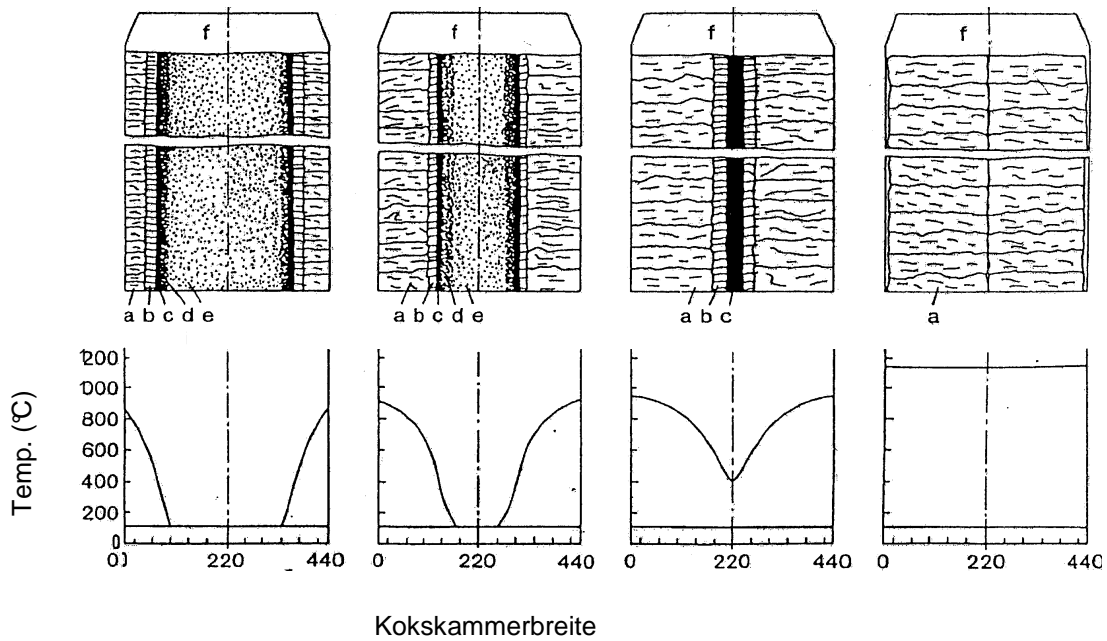
**1,5 Punkte**

g) Nennen Sie vier chemische Elemente in Kohlen, die für die Stahlherstellung eine bedeutende Rolle spielen.

**2,0 Punkte**

h) Erklären Sie anhand des Kokskammer-Schaubildes die Hauptvorgänge in den Zonen a-e. Beachten Sie dabei die korrekte Reihenfolge!

**2,5 Punkte**



- i) Der Aschegehalt ist ein Maß für den Mineralstoffgehalt eines Brennstoffs. Die Asche ist der Glührückstand der mineralischen Begleitstoffe. Der Quotient aus Mineralstoffgehalt und Aschegehalt wird als Mineralstofffaktor bezeichnet:

**1,5 Punkte**

$$\frac{M}{A} = f_M \quad \text{mit:} \quad \begin{array}{ll} M: & \text{Mineralstoffgehalt in Gew.-%} \\ A: & \text{Aschegehalt in Gew.-%} \\ f_M: & \text{Mineralstofffaktor} \end{array}$$

Berechnen Sie den Mineralstofffaktor für eine Kohle mit einem Mineralstoffgehalt von 79 kg Mineralstoffen pro Tonne Kohle und 77,4 kg Asche pro Tonne Kohle!

### **3. Aufgabe: Hochofen und Schmelzreduktion**

**16 Punkte**

- a) Nennen Sie die Gründe, warum Ersatzreduktionsmittel in den Hochofen eingeblasen werden.

Nennen Sie drei Reaktionsgleichungen, nach denen die Ersatzreduktionsmittel mit dem Heißwind im Hochofen umgesetzt werden.

**3,0 Punkte**

- b) Nennen Sie notwendige Einsatzstoffe (min. 4 Nennungen) und alle Produkte des Hochofenprozesses.

**3,5 Punkte**

- c) Welche Nachteile von hoch aschehaltigem Koks gibt es fürs Hochofenverfahren?

**1,5 Punkte**



d) Im Hochofen erfolgen Oxidationsprozesse ausschließlich vor den Windformen in der Raceway, wo Koks und Ersatzreduktionsmittel mit dem Sauerstoff des Heißwindes verbrennen.

- i. Skizzieren Sie die Raceway und unterteilen Sie diese in zwei Zonen anhand der chemischen Reaktionen von C, O<sub>2</sub> und N<sub>2</sub>! Wie lautet die Summenreaktion für die Umsetzung von Kohlenstoff in der Raceway?

**1,5 Punkte**

- ii. Berechnen Sie die Anteile von CO und N<sub>2</sub> in Volumenprozent im Reduktionsgas, das die Raceway verlässt! Setzen Sie voraus, dass nur Wind ohne Sauerstoffanreicherung eingesetzt wird.

**3,0 Punkte**

- iii. Berechnen Sie die Anteile von CO und N<sub>2</sub> in Volumenprozent im Reduktionsgas, das die Raceway verlässt! Setzen Sie voraus, dass der Wind mit Sauerstoff angereichert wurde, so dass das Verhältnis O<sub>2</sub>/N<sub>2</sub> 50/50 beträgt.

**2,5 Punkte**

- iv. Welche Auswirkung auf die Produktivität des Hochofens hat eine Sauerstoffanreicherung. Begründen Sie in Stichpunkten!

**1,0 Punkte**



#### **4. Aufgabe: Direkt- und Schmelzreduktion**

**16 Punkte**

---

a) Welche der aufgeführten Gase wirken reduzierend und welche oxidierend?

**2,0 Punkte**

H<sub>2</sub>

CO<sub>2</sub>

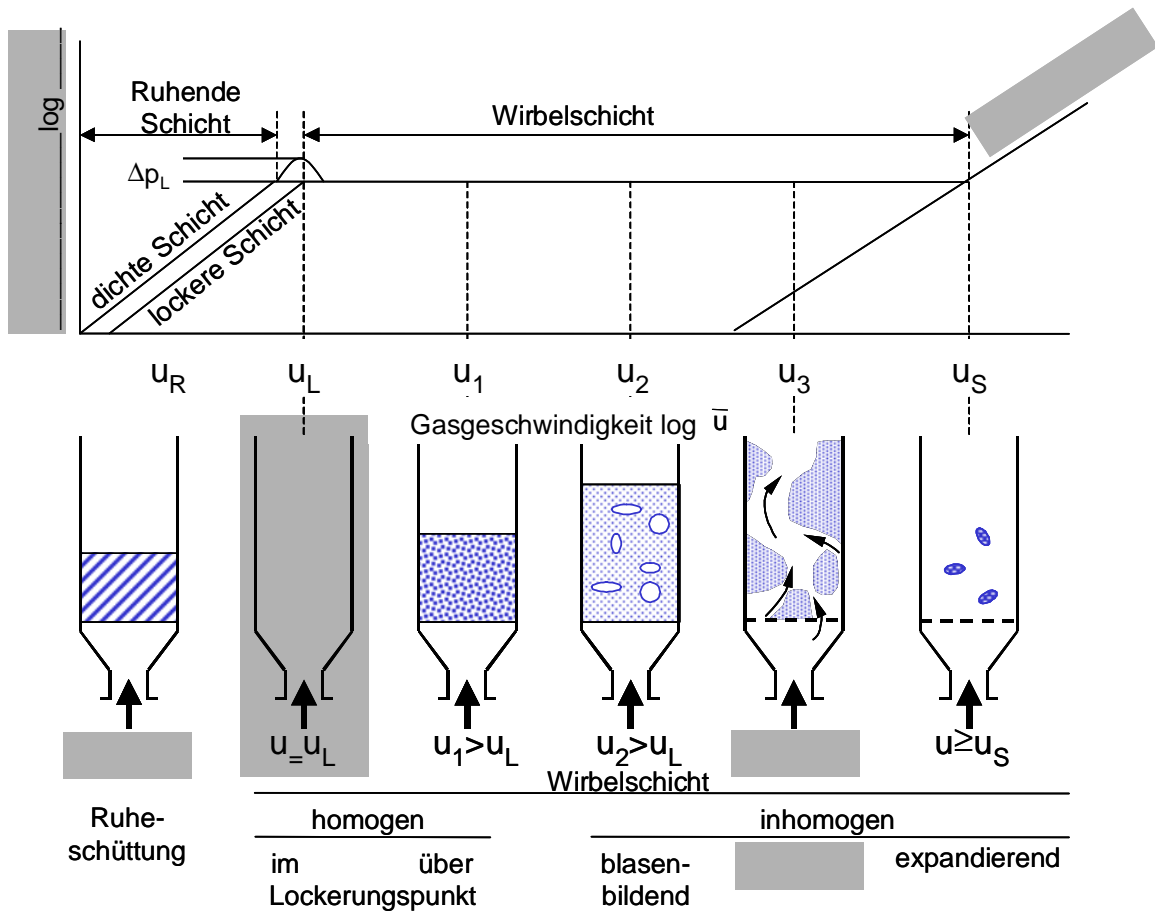
CO

H<sub>2</sub>O

b) Die Direktreduktionsverfahren lassen sich nach Art des Reduktionsmittels in Gasreduktions- und Feststoffreduktionsverfahren unterteilen. Nennen Sie 2 Verfahren von jeder Gruppe.

**2,0 Punkte**

- c) Vervollständigen Sie die untenstehende Abbildung an den grau unterlegten Flächen durch geeignete Ergänzungen. **3,0 Punkte**



- d) Berechnen Sie den Druckverlust im Schachtofen zur Metallisierung der Pellets für folgende Bedingungen:

Höhe der Pelletsschicht:	H = 12 m
Durchmesser des Schachtes (durchschnittlich):	D = 3,5 m
Durchschnittliche Gastemperatur:	t = 700 °C
Zusammensetzung des Reduktionsgases:	%: H <sub>2</sub> = 100
Ausnutzung des Wasserstoffs:	η <sub>H<sub>2</sub></sub> = 50 %
Durchschnittliche Korngröße des Pellets:	d = 15 mm
Kornformfaktor.	φ = 0,95
Reduktionsgasverbrauch:	$\dot{V} = 500 \text{ Nm}^3/\text{min}$
Mittlerer Gasdruck im Schacht:	P = 150 kPa

**9,0 Punkte**

Gegeben:

$$\Delta p = \psi \left[ \frac{H}{d} (1 - \xi) / \xi^3 \right] (w^2 \cdot \rho / g),$$

mit  $\Delta p$ : Druckverlust des Gases, kg/m<sup>2</sup>

$\psi$ : Widerstandszahl;

H: Höhe der Schüttsäule, m;

d: äquivalenter Korndurchmesser, m;

ξ: Lückengrad der Schüttung, m<sup>3</sup>/m<sup>3</sup>;

w: mittlere Gasgeschwindigkeit in der Schüttung, m/s;

ρ: Dichte des Gases, kg/m<sup>3</sup>.

g: Schwerebeschleunigung, m/s<sup>2</sup>.

Für einen nicht kugelförmigen Körper  $d = d^1 \phi$

mit  $d^1$ : mittlere Korngröße m;

φ: Kornformfaktor (φ = 1,0 für Kugel, φ = 0,6 – 1,0 für Körper anderer Form).

Widerstandszahl

$$\psi = 3,1/\text{Re}^{0,1} + 160/\text{Re} \text{ nach Brauer}$$

mit Re: Reynoldszahl;

$$\text{Re} = \frac{w \cdot d \cdot \rho}{(1 - \xi) \cdot \eta} = \frac{w \cdot d}{(1 - \xi) \cdot \nu}$$

mit η: dynamische Viskosität des Gases, Ns/m<sup>2</sup>

ν: kinematische Viskosität, m<sup>2</sup>/s.

Tabelle 1

## Lückengrad der Sinter- und Pelletsschichten

Korngröße, mm	Lückengrad, %		
	nach Chargie- ren	nach Anord- nung	in Bewegung
5–12	55 / 43	44 / 36	62 / 48
12–14	56 / 44	47 / 37	60 / 49
14–20	57 / 45	49 / 39	61 / 50
20–30	62 / 47	55 / 42	67 / 55

Kinematische Viskosität von Gasen,  $\nu \cdot 10^{-5}$  (m<sup>2</sup>/s) beim Atmosphärendruck und bei verschiedenen Temperaturen

t °C	H <sub>2</sub>	N <sub>2</sub>	O <sub>2</sub>	Luft	CO	CO <sub>2</sub>	H <sub>2</sub> O <sub>Dampf</sub>	CH <sub>4</sub>
500	53,31	7,71	7,980	7,82	7,64	4,742	9,75	8,97
600	65,12	9,36	9,732	9,50	9,28	5,825	12,51	11,03
700	77,78	11,17	11,60	11,32	11,03	6,991	15,59	13,18
800	91,70	13,8	13,57	13,25	12,89	8,231	19,00	15,49
900	106,7	15,09	15,65	15,32	14,88	9,565	22,77	18,26
1000	122,3	17,16	17,88	17,51	16,90	10,99	26,82	-
1100	138,5	19,44	20,18	19,73	19,00	12,49	31,40	-







## **5. Aufgabe: Elektrostahlerzeugung**

**16 Punkte**

a) Welche eisenhaltigen Rohstoffe können in den Elektrolichtbogenöfen eingesetzt werden? (mind. 2 Nennungen)

**1,0 Punkte**

b) Welche Arten von Energien werden im Elektrolichtbogenofen eingesetzt?

**1,0 Punkte**

c) Nennen Sie mindestens vier wichtige Entwicklungsschritte zur Leistungssteigerung in der Elektrolichtbogenofengeschichte und die daraus resultierenden Vorteile.

**2,0 Punkte**

d) Zeichnen und benennen Sie die Prinzipskizzen der heute gängigen Elektrolichtbogenöfen und nennen Sie mindestens 2 Vor- und Nachteile der Verfahren.

**3,0 Punkte**

e) Skizzieren Sie einen Mittelfrequenz-Induktionsofen.

**1,0 Punkte**

f) Warum ist die Endschlacke im Elektrolichtbogenofen meist basisch?  
(mind. 2 Nennungen)

**1,0 Punkte**

g) Schlacken im Elektrolichtbogenofen werden durch Zuschläge, Oxidationsprodukte oder die Gangart gebildet. Nennen Sie vier Komponenten, die normalerweise in Elektrolichtbogenofenschlacken vorhanden sind, und woher diese Komponenten stammen.

**4,0 Punkte**

- h) Es gibt zwei Bauarten des Elektrolichtbogenofens, nämlich Drehstrom- und Gleichstrom-Elektrolichtbogenöfen. Für den Gleichstrom-Elektrolichtbogenofen wird eine Bodenelektrode benötigt. Nennen und zeichnen Sie zwei Typen der Bodenelektrode!

**2,0 Punkte**

- i) Nennen Sie mindestens 2 Möglichkeiten, die Lebensdauer der Feuerfestausmauerung in Elektrolichtbogenöfen zu erhöhen.

**1,0 Punkte**

