

Bachelorprüfung

„Werkstofftechnik der Metalle“

11.09.2017

Name:

Matrikelnummer:

Unterschrift:

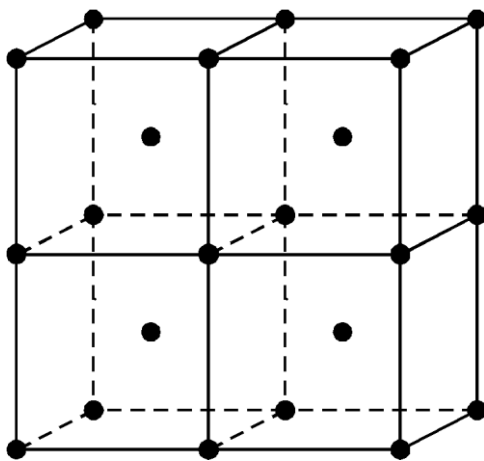
Aufgabe	Punkte:	Erreichte Punkte:	Punkte nach Einsicht (zusätzliche Punkte)
1	10		
2	4		
3	5		
4	8		
5	7		
6	7		
7	8.5		
8	7		
9	5		
10	7		
11	6		
12	3		
13	7		
14	6		
15	4		
16	5,5		
Summe	100		

Zum Bestehen der Klausur werden 44 % der Punkte benötigt.

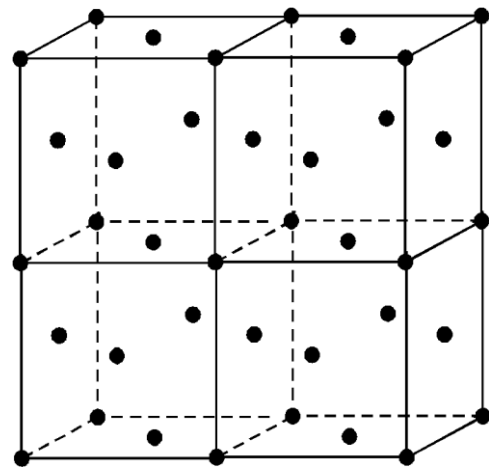
Aufgabe 1**Kristallstruktur****10 Punkt(e)**

Eine Besonderheit von Eisen ist, dass es im festen Zustand in verschiedenen Kristallmodifikationen auftreten kann: kubisch-raumzentriert (krz) und kubisch-flächenzentriert (kfz).

- a) In **Anlage 1** sind ein krz-Gitter und ein kfz-Gitter mit den Atompositionen des Eisens gegeben. Markieren Sie in jedem Gitter beispielhaft eine Oktaeder- und eine Tetraederlücke, indem Sie die entsprechenden Oktaeder und Tetraeder und die Lage des interstitiellen Atoms in der Lücke zeichnen. (4 Punkte)

Anlage 1:

krz-Gitter

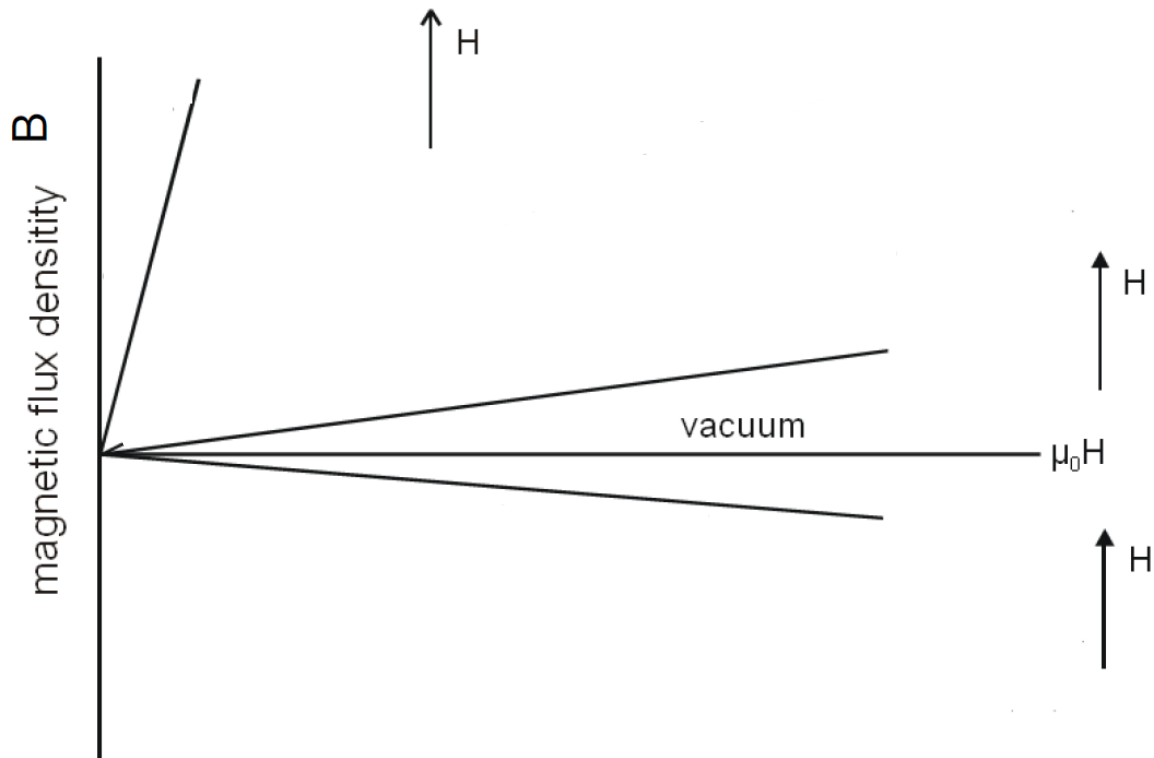


kfz-Gitter

- b) Welche Unterschiede bestehen zwischen den Gittertypen bezüglich Anzahl und Größe der Lücken? Welche Folgen ergeben sich daraus für die Diffusion und die Löslichkeit von C in Fe? (6 Punkte)

Aufgabe 2**Magnetische Eigenschaften****4 Punkt(e)**

- a) Vervollständigen Sie die Zeichnung in **Abbildung 1**, indem Sie die zugehörigen Arten des Magnetismus (Ferro-, Para-, Dia-magnetismus) von Metallen ergänzen und die magnetischen Momente einzeichnen. (3 Punkte)

**Abbildung 1**

- b) Erläutern Sie kurz welches Phänomen beim Erreichen der Curietemperatur erfolgt. (1 Punkt)

Aufgabe 3**Elastische Eigenschaften****5 Punkt(e)**

Gegeben ist eine Spannung-Dehnung-Kurve eines Stahls (**Abbildung 1**).

a) Berechnen Sie den Elastizitätsmodul anhand **Abbildung 1**.

Annahme: es handelt sich um einen isotropen Werkstoff. (1 Punkt)

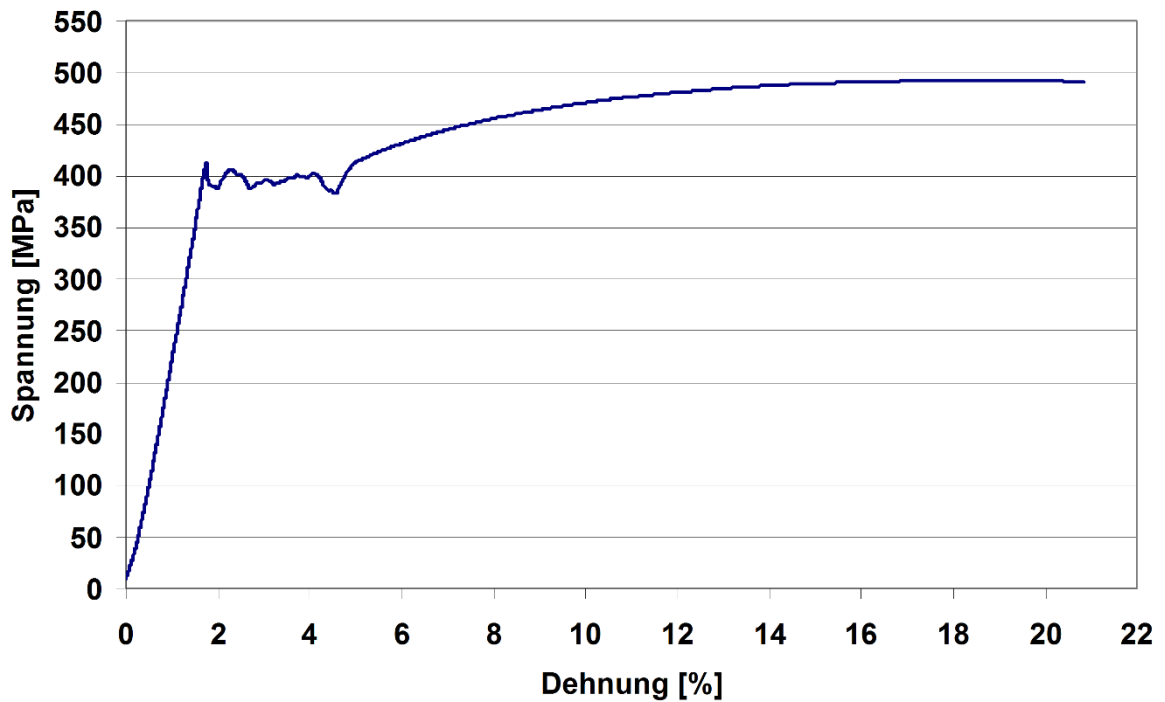


Abbildung 1

- b) Geben Sie den ungefähren E-Modul für einen krz und einen kfz Stahl bei Raumtemperatur an! (1 Punkt)
- c) Skizzieren Sie die Temperaturabhängigkeit des Elastizitätsmoduls für Eisen in **Abbildung 2** dar. (i) Beschriften Sie die Y-Achse und fügen Sie die entsprechende Einheit des E-Moduls hinzu. (ii) Beachten Sie die Änderungen beim Kurvenverlauf bei der Curie-Temperatur und der A3-Temperatur. (3 Punkte)

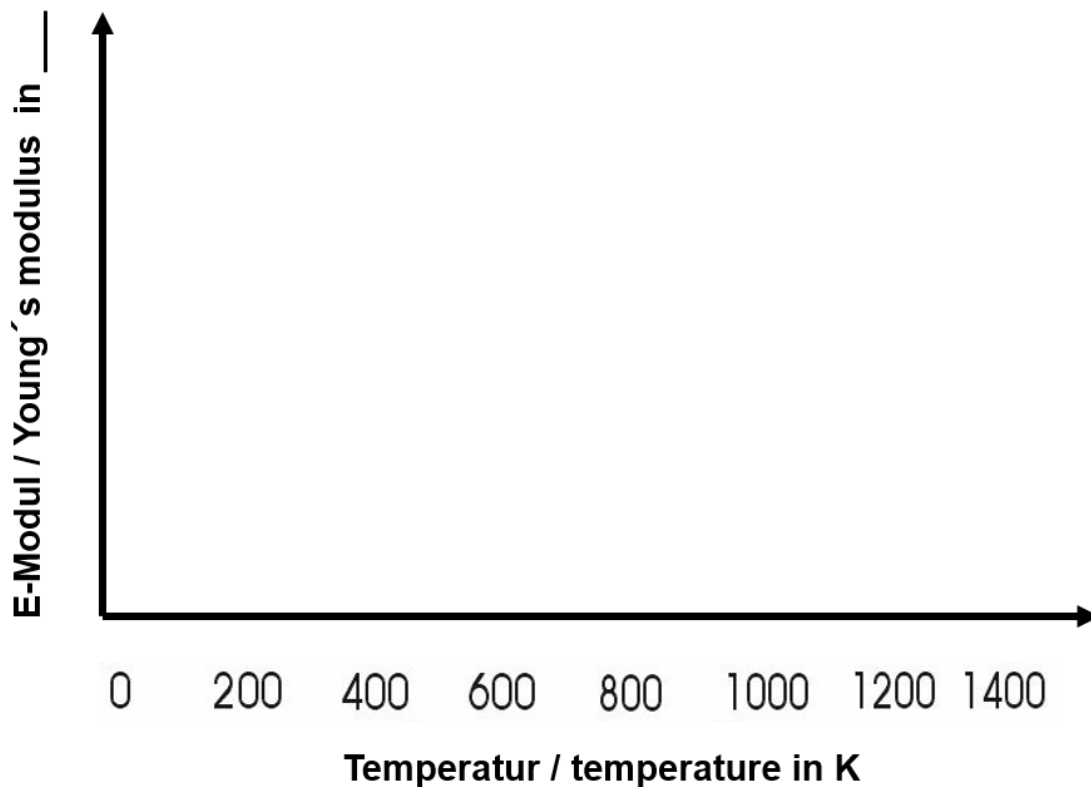
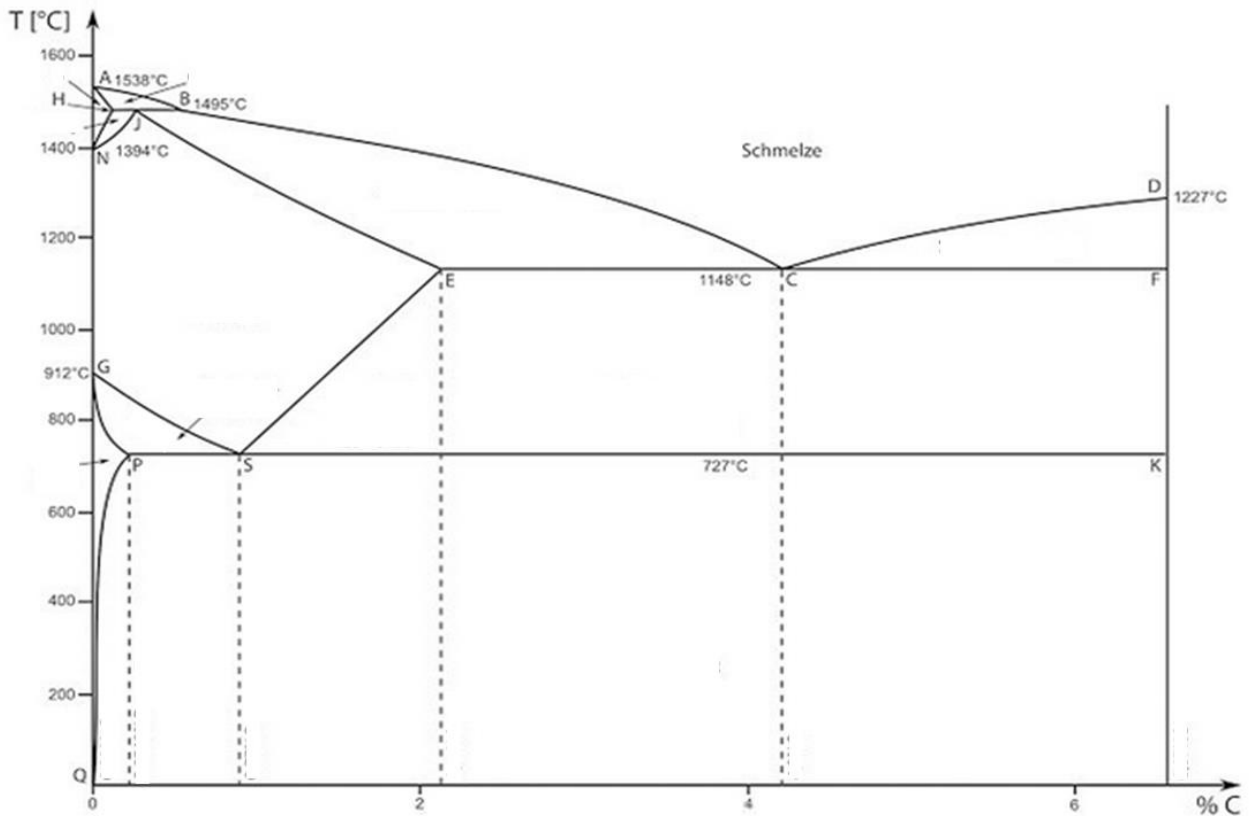


Abbildung 2

Aufgabe 4**Legierungselemente I****8 Punkt(e)**

- a) Bezeichnen Sie alle 10 Phasenräume des Zustandsschaubildes für das metastabile System Fe-Fe₃C im Temperaturbereich von 400 bis 1600°C und im Kohlenstoffbereich von 0 bis 6,67 Massen-% C (**Anlage 1**). (5 Punkte).

**Anlage 1: Metastabiles System Fe-Fe₃C**

- b) Welche drei Zementitarten werden unterschieden? Geben Sie an, aus welcher Phase die Zementitarten entstehen und markieren Sie den jeweiligen Bildungsbereich (3 Punkte).

Aufgabe 5**Austenitumwandlung I****7 Punkt(e)**

Die Phasenumwandlungen des unterkühlten Austenits werden bei Stählen zur Gefügeeinstellung technisch genutzt.

- a) Nennen Sie die drei Umwandlungsstufen des unterkühlten Austenits. (3 Punkte)
- b) Bei welcher Phasenumwandlung diffundiert das Element Kohlenstoff, die Elemente Eisen und Silizium jedoch nicht? (1 Punkt)
- c) Nennen Sie für einen Stahl mit 0,002, 0,4 und 0,8 Massen-% Kohlenstoff die bei gleichgewichtsnaher Abkühlung entstehenden Gefüge bei Raumtemperatur. (3 Punkte)

Aufgabe 6

Ferrit/Perlitumwandlung

7 Punkt(e)

- a) Was versteht man unter Perlit (Phasen, Morphologie)? (1,5 Punkte)
- b) Nennen Sie stichpunktartig die Vorgänge bei der Perlitumwandlung. (1,5 Punkte)

- c) Skizzieren Sie die C-Konzentrationsverläufe beim Wachstum beider Phasen des Perlits in **Abbildung 1** (2 Punkte).

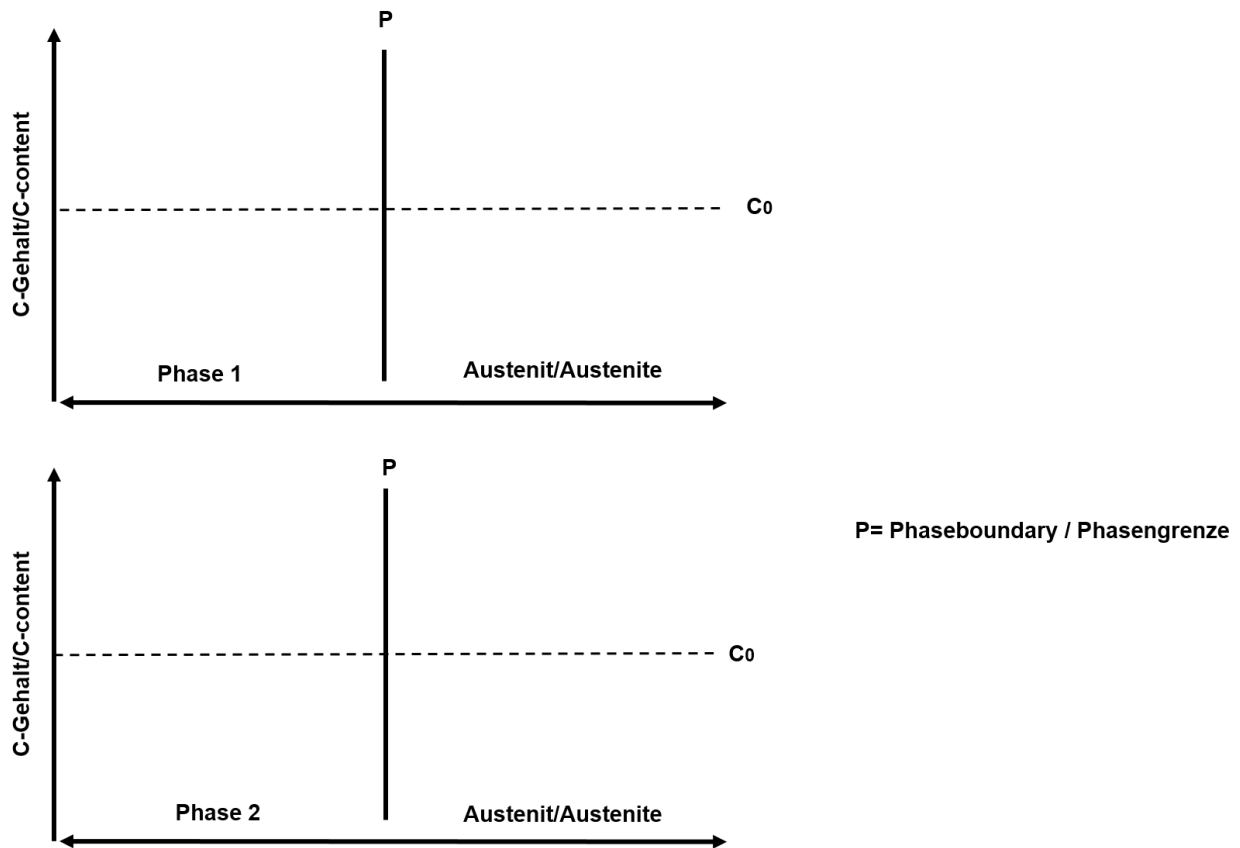


Abbildung 1

- d) Mit welchem Kennwert des Gefüges wird Perlit charakterisiert? Wie ändert sich dieser Kennwert bei einer Erhöhung der Unterkühlung? (2 Punkte)

Aufgabe 7**Martensitumwandlung****8,5 Punkt(e)**

Die Phasenumwandlung von Austenit zu Martensit erfolgt bei starker Unterkühlung. Eine wichtige Eigenschaft von Martensit ist die höhere Festigkeit im Vergleich zu Austenit.

a) Nennen Sie vier charakteristische Eigenschaften der martensitischen Umwandlung. (2 Punkte)

b) Nennen Sie vier Faktoren, die zur hohen Festigkeit der Martensitphase beitragen. (2 Punkte)

- c) Skizzieren Sie den Einfluss des Kohlenstoffgehaltes auf die Volumenänderung bei der Martensitbildung in **Abbildung 1**. (1 Punkt)

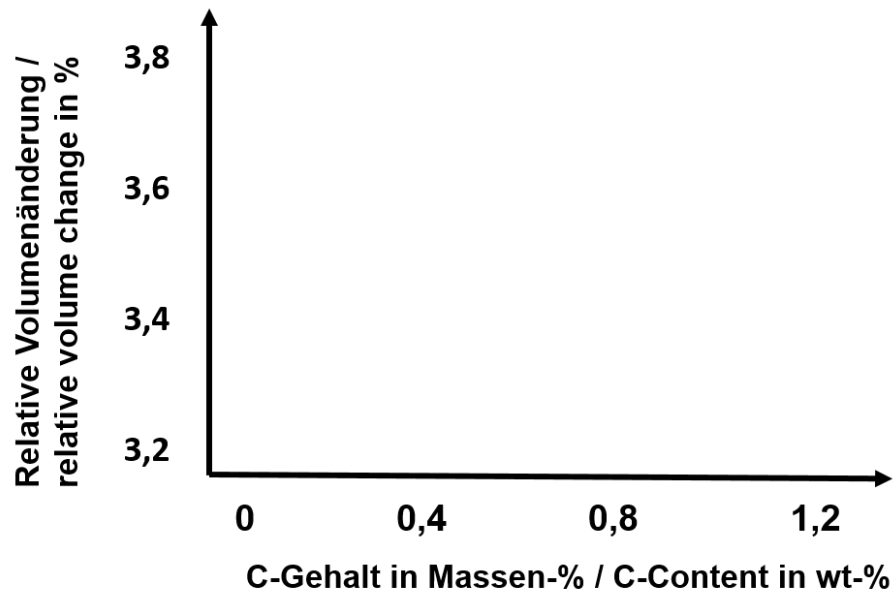


Abbildung 1

- d) Skizzieren Sie den Verlauf der M_s - und der M_f -Temperatur als Funktion des Kohlenstoffgehaltes in **Abbildung 2**. Bei welchem Kohlenstoffgehalt entspricht die M_f -Temperatur in etwa der Raumtemperatur? (2,5 Punkte)

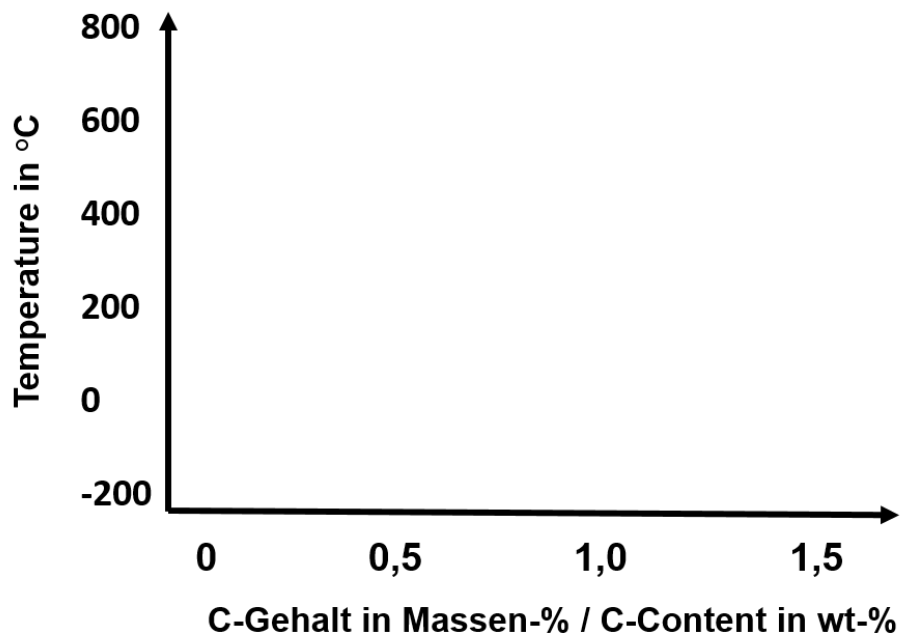


Abbildung 2

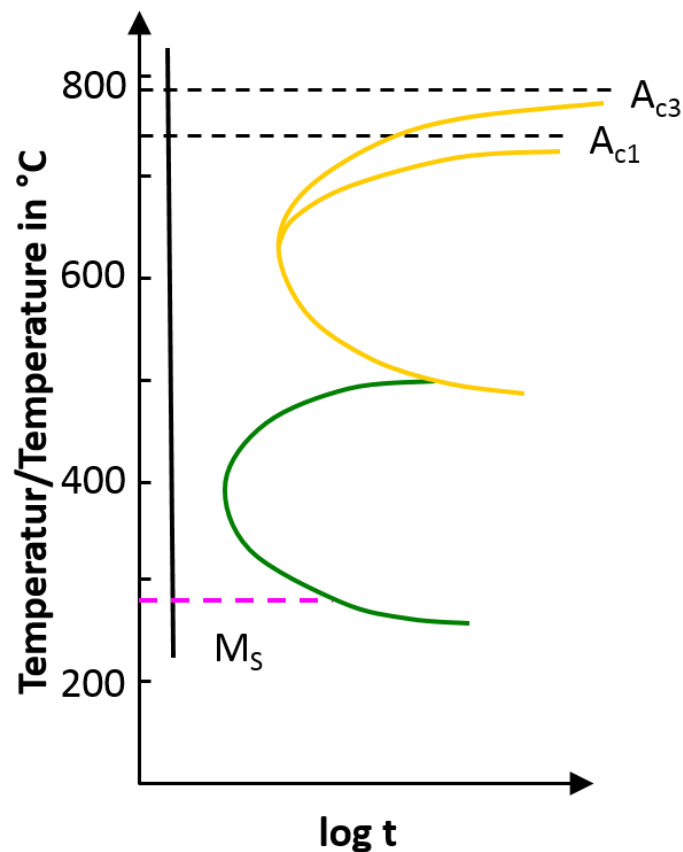
- e) Ein Stahl mit 1,0 Mass.-% Kohlenstoff wird von 1100 °C auf Raumtemperatur abgeschreckt (eine Bainitumwandlung findet nicht statt). Aus welchen Gefügebestandteilen besteht der Stahl nach dem Abschrecken? (1 Punkt)

Aufgabe 8**Bainitumwandlung****7 Punkt(e)**

Bainitische Gefüge zeichnen sich durch eine günstige Kombination von Festigkeit und Zähigkeit aus. Die bainitische Umwandlung aus dem Austenit weist Merkmale sowohl der diffusiven als auch der diffusionslosen Umwandlung auf.

a) Vervollständigen Sie das isotherme ZTU-Diagramm in **Abbildung 1**, dem Sie die Phasenräume beschriften. (2 Punkte)

b) Zeichnen Sie die ungefähren Umwandlungstemperaturen für oben und unteren Bainit in **Abbildung 1** ein. Skizzieren Sie anschließend beide Gefüge. (3 Punkte)

**Abbildung 1 / Figure 1**

- c) Welche Zweitphasen können bei der bainitischen Umwandlung in der kubisch-raumzentrierten Matrix vorliegen? Nennen Sie mindestens zwei von diesen. (2 Punkte)

Aufgabe 10**ZTU I****7 Punkt(e)**

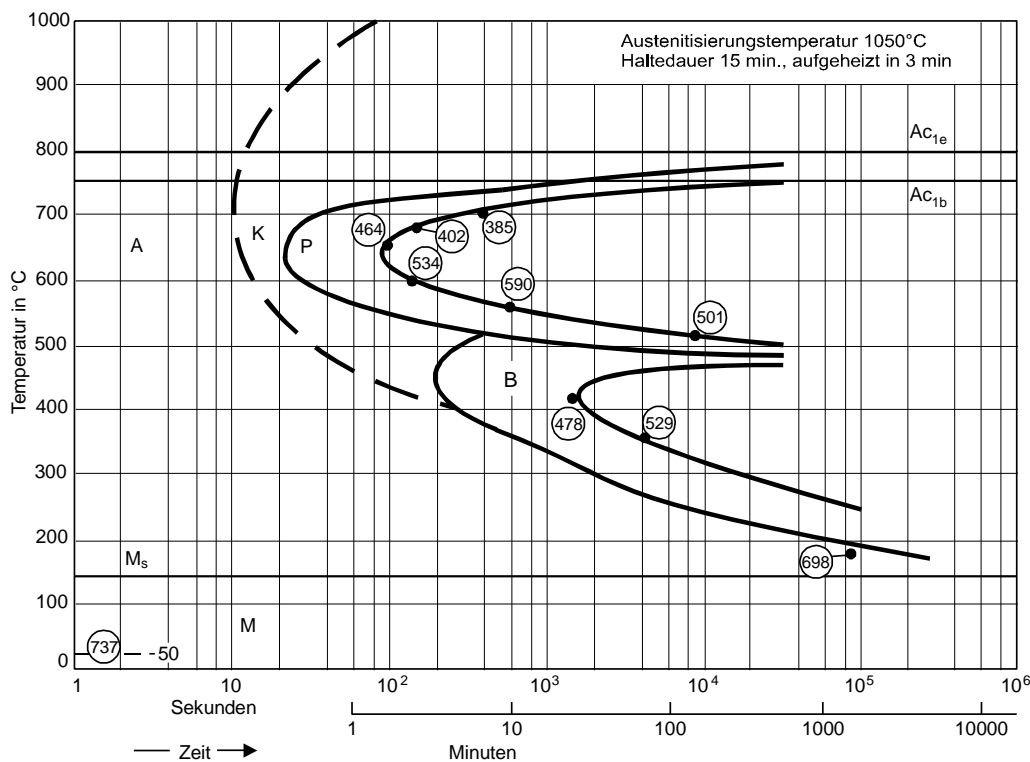
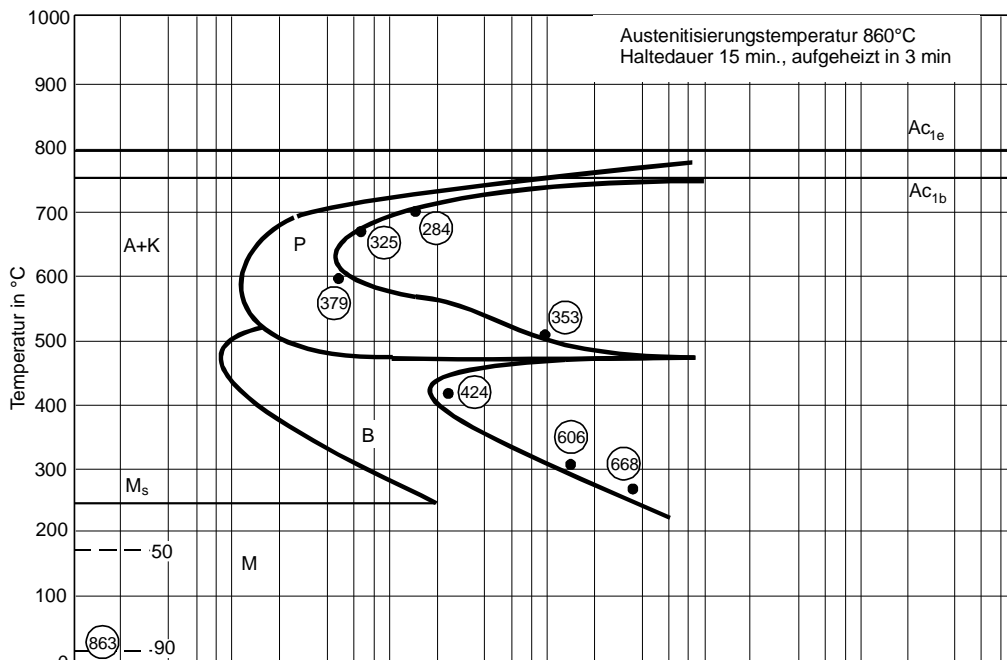
Für den Wälzlagerstahl 100Cr6 sollen durch eine Wärmebehandlung die folgenden Gefüge eingestellt werden:

- 100% Perlit und Karbid mit maximaler Härte und
- 100%Bainit und Karbid mit geringster Härte.

Zeichnen Sie anhand der isothermischen ZTU-Schaubilder (**Anlage 1**) für den Stahl 100 Cr 6 die vollständige Wärmebehandlung kleiner Proben mit genauen Temperatur- und Zeitangaben in ein Temperatur-Zeit-Diagramm. Geben Sie zusätzlich die Härte nach jedem Glühzyklus an. (7 Punkte)

Zeit-Temperatur-Umwandlungs-Schaubild
(isothermisch)

Chemische Zusammen-	C	Si	Mn	P	S	Cr	Cu	Mo	Ni	V
setzung in %	1,04	0,26	0,33	0,023	0,006	1,53	0,20	<0,01	0,31	<0,01

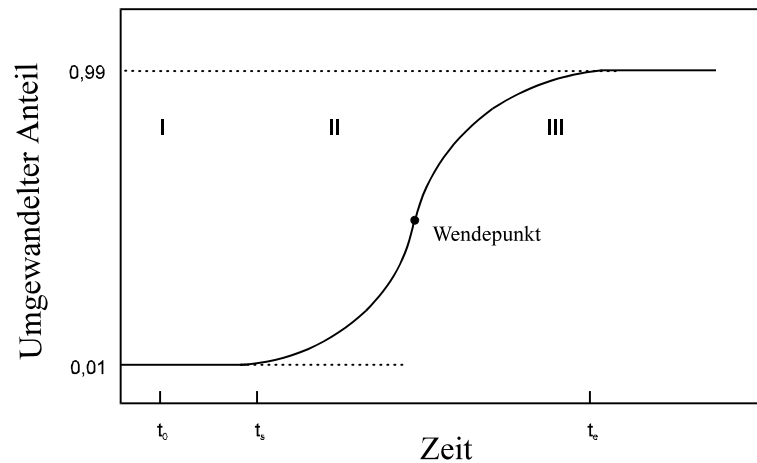


- A Bereich des Austenits
- A+K Bereich des Austenits und Karbids
- K Bereich der Karbidbildung
- Härtewerte in HV
- P Bereich der Perlitbildung
- B Bereich der Bainitbildung
- 50,90... Gefügeanteile in Prozent

Bestimmungsverfahren: Dilatometrisch und metallographisch an Proben von 4 mm Dmr. und 30 mm Länge
Metallographisch an Plättchen von 3 mm Dicke

Aufgabe 11**ZTU II****6 Punkt(e)**

In **Anlage 1** ist die normierte umgewandelte Menge für eine diffusionsgesteuerte Phasenumwandlung, z.B. die Ferritbildung, gegen den Logarithmus der Zeit aufgetragen; es ergibt sich ein sigmoidaler Verlauf gemäß **Anlage 1**.

**Anlage 1**

- a) Erläutern Sie kurz die Vorgänge in den drei eingezeichneten Bereichen (3 Punkte).
- b) Geben Sie eine Formel an, um diesen Kurvenverlauf bei der isothermen Ferritbildung zu beschreiben und benennen Sie die verwendeten Formelzeichen. (3 Punkte)

Aufgabe 12

Technische Wärmebehandlung I

3 Punkt(e)

Abbildung 1 zeigt einen Ausschnitt des Eisen-Kohlenstoff-Diagramms, in den verschiedene Bereiche der Wärmebehandlungen gekennzeichnet sind. Ergänzen Sie die Bezeichnungen der Wärmebehandlungen in den dafür vorgesehenen Feldern im Diagramm! (3 Punkte)

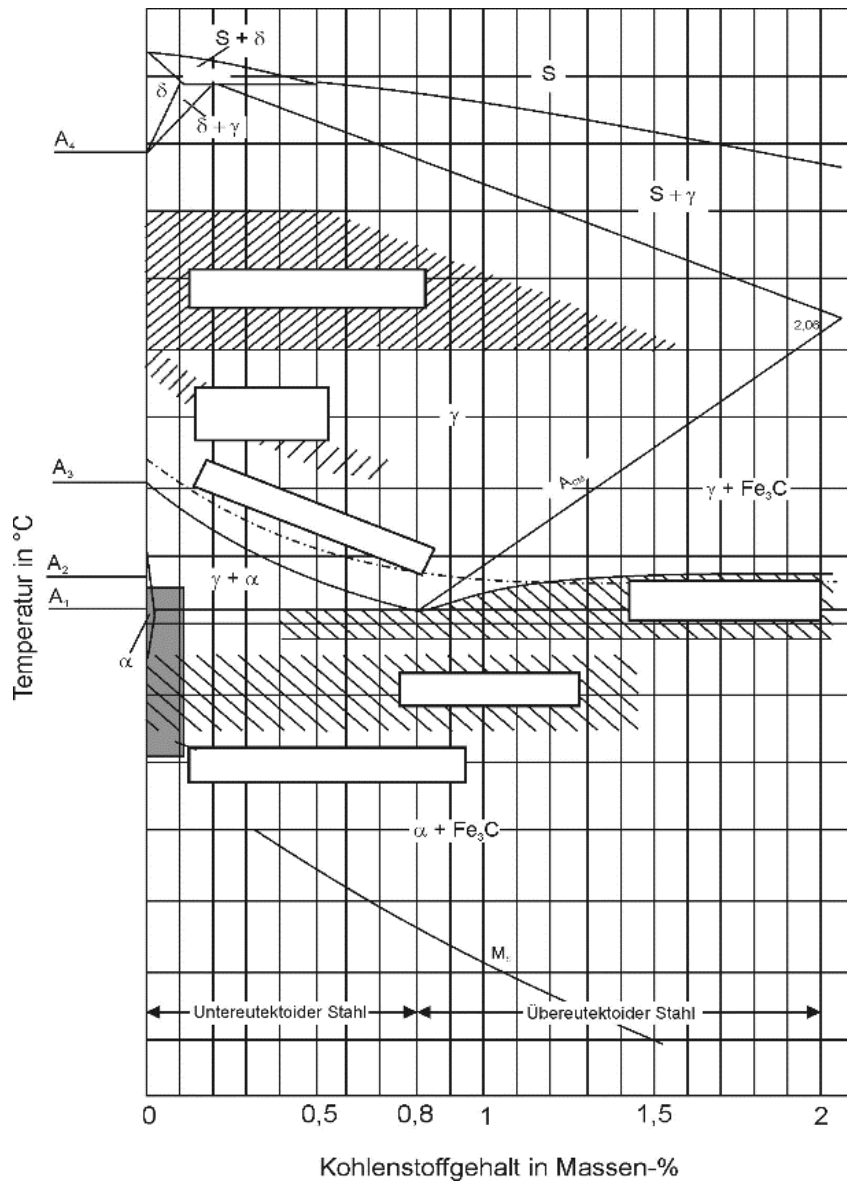


Abbildung 1: Ausschnitt aus dem Eisen-Kohlenstoff-Diagramm

Aufgabe 13 Technische Wärmebehandlung II 7 Punkt(e)

Bei der Aufkohlung von Stählen wird ein definierter Kohlenstoffgehalt in der Bauteiloberfläche eingestellt. Dazu wird ein Bauteil mit sehr geringen Kohlenstoffgehalt einer kohlenstoffreichen Gasatmosphäre für $t = 10 \text{ min}$ bei $T = 920^\circ\text{C}$ ausgesetzt.

- a) Warum werden Stähle aufgekocht? Nennen Sie ein praktisches Beispiel! (1 Punkt)
- b) Berechnen Sie die Eindringtiefe des Kohlenstoffs anhand des mittleren Diffusionsweges. (2 Punkte)

Parameter:

$$D_0 = 0,2 \text{ cm}^2/\text{s}$$

$$Q = 130 \text{ kJ/mol}$$

$$R = 8,314 \text{ J}/(\text{Mol}\cdot\text{K})$$

Die Eindringtiefe soll nun verdoppelt werden.

- c) Wie lange muss gegläht werden, wenn die Glüh­temperatur unverändert bleiben soll? (2 Punkte)

- d) Skizzieren Sie den Temperaturverlauf beim Aufkohlen und beim Nitrieren in **Abbildung 1**. (2 Punkte)

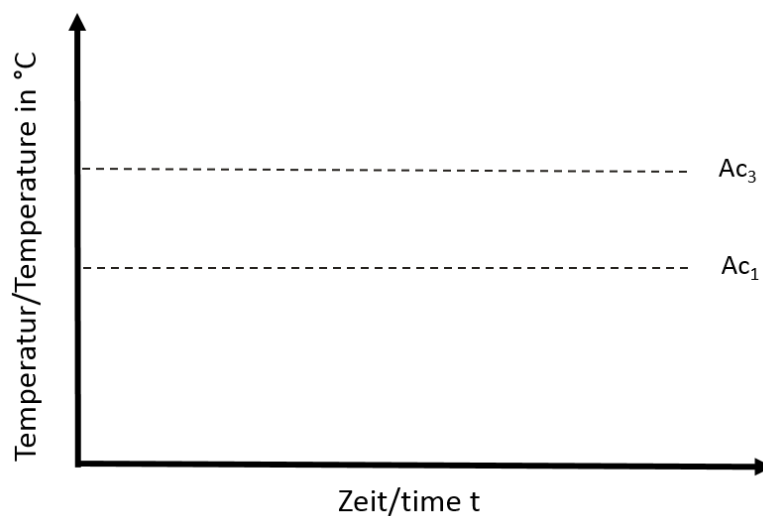


Abbildung 1

Aufgabe 14**Vergüten II****6 Punkt(e)**

Das Vergüten beschreibt nach DIN EN 10052 ein kombiniertes Wärmebehandlungsverfahren.

- a) Nennen Sie die einzelnen Prozessschritte beim Vergüten und skizzieren Sie den Prozesszyklus in **Anlage 1**! Kennzeichnen Sie die dafür zu berücksichtigenden Temperaturen. Ergänzen Sie Ihre Zeichnung um A_c -, B_s - oder M_s -Temperaturlinien um die Phasenumwandlungen während des Vergütens eindeutig zu kennzeichnen. (4 Punkte)

Anlage 1:

- b) Welche Eigenschaften des Stahls sollen durch das Vergüten verbessert werden? Nennen Sie 2 Beispiele! (2,0 Punkte)

Aufgabe 15**Aluminiumwerkstoffe****4 Punkt(e)**

a) Es wird zwischen naturharten und aushärtenden Aluminiumlegierungen unterschieden. Welcher festigkeitssteigernde Mechanismus herrscht jeweils vor?
(2 Punkte)

b) Ordnen Sie die Legierungen den naturharten und den aushärtenden Aluminiumlegierungen zu (2 Punkte):

- AlCu
- AlMn
- AlMgSi
- AlMg

Aufgabe 16**Kupferwerkstoffe****5,5 Punkt(e)**

- a) Ergänzen Sie die fehlenden Zellen für die Werkstoffe Kupfer und Aluminium in **Tabelle 1**. (4 Punkte)

Tabelle 1:

Eigenschaft	Eisen	Aluminium	Kupfer
Kristallstruktur	krz / kfz		
Dichte in g/cm ³	7,8		
Schmelzpunkt in °C	1538		

- b) Welcher Kupferlegierung wird in Gleitlagerschalen eingesetzt? Was ist der Grund dafür? (1,5 Punkte)