

**Bachelorprüfung**

**„Werkstofftechnik der Metalle“**

**28.02.2017**

**Name, Vorname:**

**Matrikelnummer:**

**Erklärung:** Ich fühle mich gesund und in der Lage an der vorliegenden Prüfung teilzunehmen.

**Unterschrift:**

Aufgabe	Punkte:	Erreichte Punkte:	Punkte nach Einsicht (zusätzliche Punkte)
1	4		
2	4		
3	4		
4	3.5		
5	13		
6	5		
7	6		
8	3		
9	9		
10	5		
11	4		
12	12		
13	5		
14	5		
15	8.5		
16	5.5		
17	3.5		
Summe	100		

Zum Bestehen der Klausur werden 44 % der Punkte benötigt.

**Aufgabe 1****Stahlsystematik****4 Punkt(e)**

Die Bezeichnung der Stähle erfolgt über Kurznamen oder Werkstoffnummern. Geben Sie für die folgenden Stahlsorten die chemische Zusammensetzung an: (4 Punkte)

a) 22MnB5

b) 51 CrMoV 4

c) X100CrMoV 8-1-1

d) C40

**Aufgabe 2                      Elastische Eigenschaften von Stahl                      4 Punkt(e)**

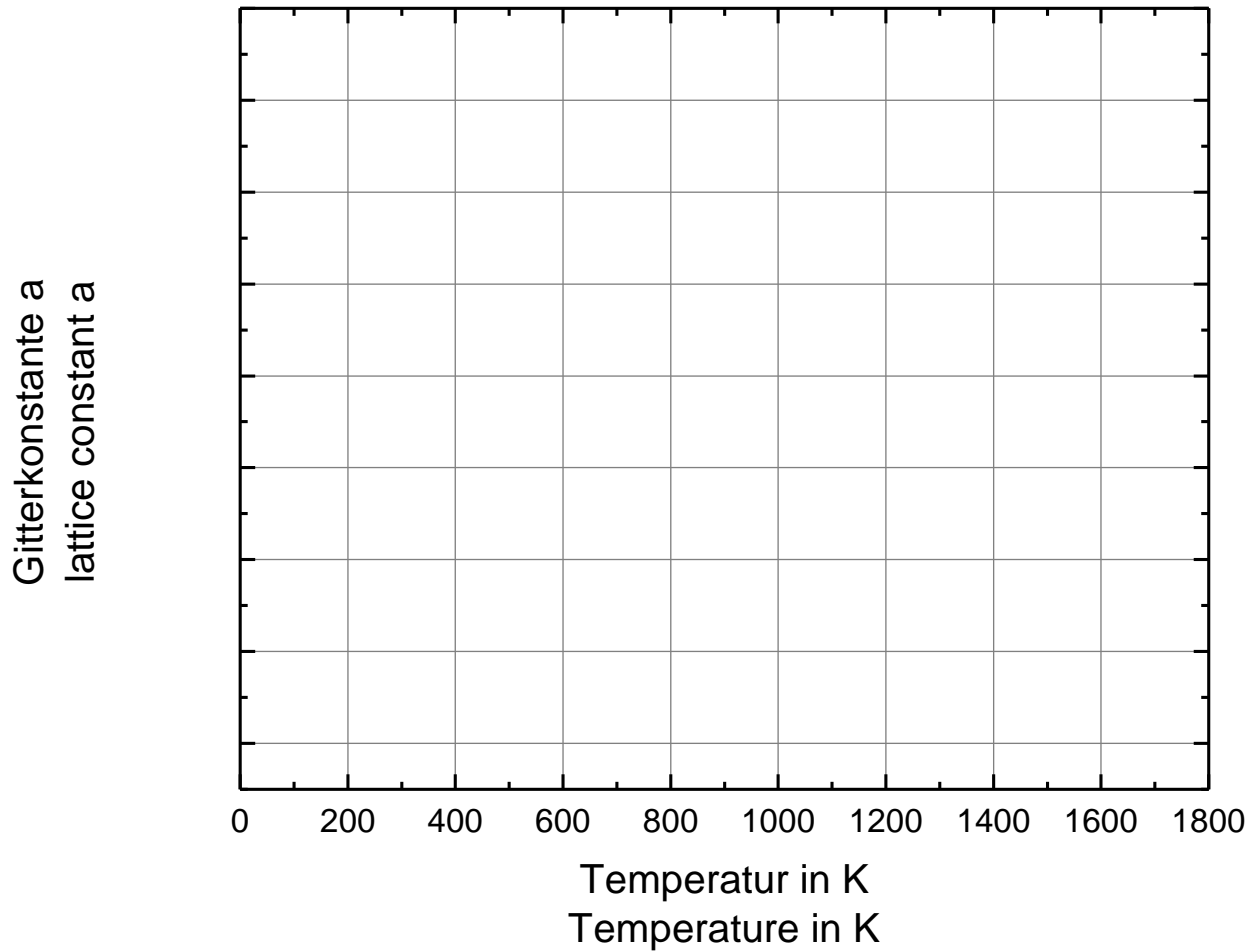
Bei einer mechanischen Beanspruchung eines Bauteils treten Verformungen auf, wobei der Elastizitätsmodul eine Kenngröße des elastischen Anteils ist.

- a)      Stellen Sie die Abhängigkeit des Elastizitätsmoduls von Stahl von der Temperatur dar (von Raumtemperatur bis ca. 600°C) und geben Sie einen ungefähren Werterahmen für die beiden Achsen an. (3 Punkte)

- b) Ein weiterer Einfluss auf den E-Modul sind Legierungselemente. Tragen Sie den Einfluss von Kohlenstoff auf den E-Modul mit steigendem Atomgehalt auf.  
(1 Punkt)

**Aufgabe 3****Thermische Eigenschaften von Eisen****4 Punkt(e)**

- a) Zeichnen Sie qualitativ die Änderung der Gitterkonstante „a“ von reinem Eisen als Funktion der Temperatur in dem Diagramm in Abbildung 1. (2 Punkte)



**Abbildung 1: Temperaturabhängigkeit der Gitterkonstante a von reinem Eisen**

- b) Welche Stahlsorte wird wegen ihres gleichbleibenden Wärmeausdehnungskoeffizienten  $\alpha$  im Temperaturbereich bis 100°C für hochpräzise Längenmesstechnik verwendet. Welches besondere Legierungselement wird mit bis zu 36 Massenprozent hinzulegiert? (2 Punkte)

**Aufgabe 4****Kristallstruktur des Eisens****3.5 Punkt(e)**

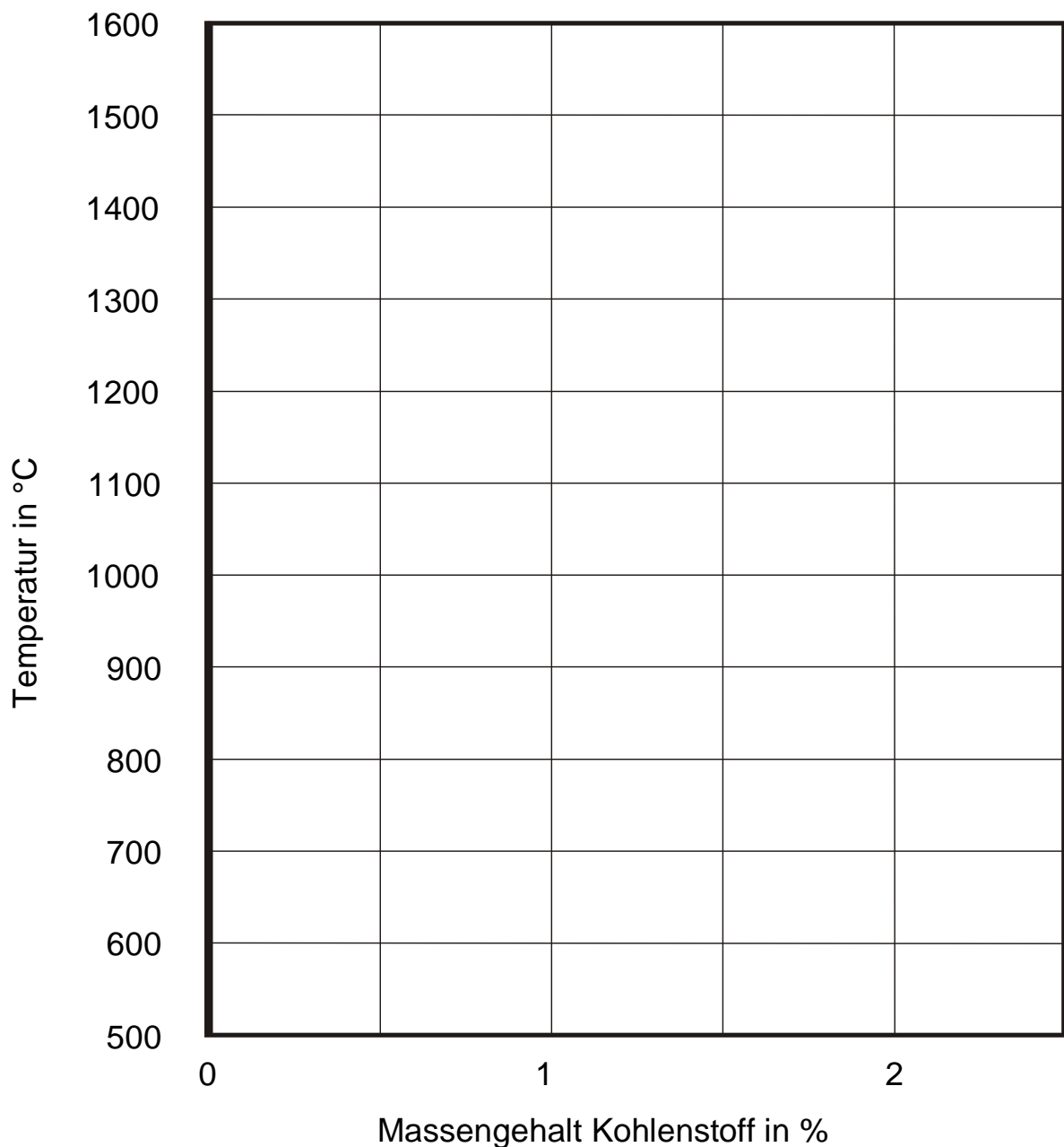
Metalle sind nicht perfekt, sondern weisen Defekte in der Kristallstruktur auf. Vervollständigen Sie die folgende Tabelle, indem Sie ein bzw. zwei Beispiele für Kristallbaufehler der jeweiligen Dimension nennen. (3.5 Punkte)

Tabelle 1: Übersicht der Kristalldefekte in Stahl

<b>Dimension</b>	<b>Typ des Kristallbaufehlers</b>	<b>Bezeichnung</b>
0-dimensional	Punktdefekt	(2 Beispiele)
1-dimensional	Liniendefekt	(1 Beispiel)
2-dimensional	Flächendefekt	(2 Beispiele)
3-dimensional	Raumdefekt	(2 Beispiele)

**Aufgabe 5****Legierungselemente des Eisens****13 Punkt(e)**

In der Werkstoffkunde nimmt das metastabile Fe-Fe<sub>3</sub>C Phasendiagramm einen wichtigen Platz ein. Zeichnen Sie das Fe-Fe<sub>3</sub>C Phasendiagramm in die beigegefügte **Abbildung 1** ein. Bezeichnen Sie die Phasenräume, geben Sie alle charakteristischen Temperaturen und C-Gehalte an. (8.5 Punkte)

**Abbildung 1**



- b) Geben Sie für die drei folgenden Umwandlungen die Umwandlungsreaktionen an und geben Sie zusätzlich den Kohlenstoffgehalt jedes einzelnen Reaktionspartners an (4.5 Punkte).

**Eutektische Reaktion**

Reaktion (Phasen) \_\_\_\_\_ → \_\_\_\_\_  
Kohlenstoffgehalte \_\_\_\_\_

**Peritektische Reaktion**

Reaktion (Phasen) \_\_\_\_\_ → \_\_\_\_\_  
Kohlenstoffgehalte \_\_\_\_\_

**Eutektoide Reaktion**

Reaktion (Phasen) \_\_\_\_\_ → \_\_\_\_\_  
Kohlenstoffgehalte \_\_\_\_\_

**Aufgabe 6****Nichtrostende Stähle****5 Punkt(e)**

Nichtrostende Stähle können je nach Legierungsgehalt mit krz oder kfz Struktur vorliegen.

a) Welche Struktur haben die folgenden Stähle (1 Punkt):

- X6Cr17
- X5CrNi18-10

b) Zeichnen Sie ein Spannungs-Dehnungsdiagramm für die Stähle X6Cr17 und X5CrNi18-10. Beachten Sie hierbei die Streckgrenze, die Verfestigung und die Bruchdehnung. (3 Punkte)

- c) Wird die Korrosionsschicht von Cr-legierten Stählen beim Schweißen beeinträchtigt? Bitte begründen Sie Ihre Antwort. (1 Punkt)

**Aufgabe 7****Austenitumwandlung****6 Punkt(e)**

Ein unlegierter Stahl mit einem C-Gehalt von 1,2 Gew.-% C wird auf die folgenden Temperaturen erwärmt:

1. oberhalb  $A_{ccm}$ ,
2. zwischen  $A_{C1}$  und  $A_{ccm}$  und
3. kurz unterhalb  $A_{C1}$

In allen Fällen wird der Stahl nur solange gehalten, bis eine Durchwärmung erfolgt ist.

a) Welche möglichen Gefüge liegen in den drei verschiedenen Temperaturbereichen vor? (3 Punkte)

b) Wie ändern sich die Gefüge aus a), wenn der Werkstoff nach der Durchwärmung in Salzwasser abgeschreckt wird? (3 Punkte)

---

**Aufgabe 8** **Ferrit-Perlit Umwandlung** **3 Punkt(e)**

Ihnen liegt eine Stahllegierung vor, deren Kohlenstoffgehalt 0,25 Massen-% beträgt. Berechnen Sie die Gefügeanteile an Ferrit und Perlit, die die Legierung bei Raumtemperatur nach gleichgewichtsnaher Abkühlung enthält. (3 Punkte)

Hinweis: Wenden Sie das Hebelgesetz an.

Annahme: Keine Löslichkeit von C im Ferrit bei Raumtemperatur.

**Aufgabe 9****Martensitische Umwandlung****9 Punkt(e)**

Die Phasenumwandlung von Austenit führt bei sehr großen Unterkühlungen zur Bildung von Martensit. Ein Charakteristikum des Martensits ist seine höhere Festigkeit gegenüber der Mutterphase.

a) Zählen Sie vier weitere charakteristische Merkmale der Martensitumwandlung auf!  
(4,0 Punkte)

- 
- 
- 
- 

b) Mit welchem Modell kann die Umwandlung von Austenit zu Martensit erklärt werden? Erläutern Sie kurz die einzelnen Teilschritte unter Berücksichtigung der Gitterparameter. (3.5 Punkte)

- c) Wie beeinflusst ein höherer Kohlenstoffgehalt im Austenit die Tetragonalität des Martensits? Begründen Sie Ihre Antwort kurz. (1.5 Punkte)

**Aufgabe 10****Bainitische Umwandlung****5 Punkt(e)**

Bainit ist ein Zwischengefüge zwischen Perlit und Martensit, welches verschiedene Erscheinungsformen hat.

- a) Nennen Sie zwei mögliche Zweitphasen von Bainit. (2 Punkte)
- b) Unterteilen Sie Bainit anhand der Umwandlungstemperatur ein und gehen Sie auf die jeweiligen Mikrostrukturen ein. (2 Punkte)
- c) Welche der folgenden Elemente diffundieren während der bainitischen Phasenumwandlung: Si, Mn, C (1 Punkt)

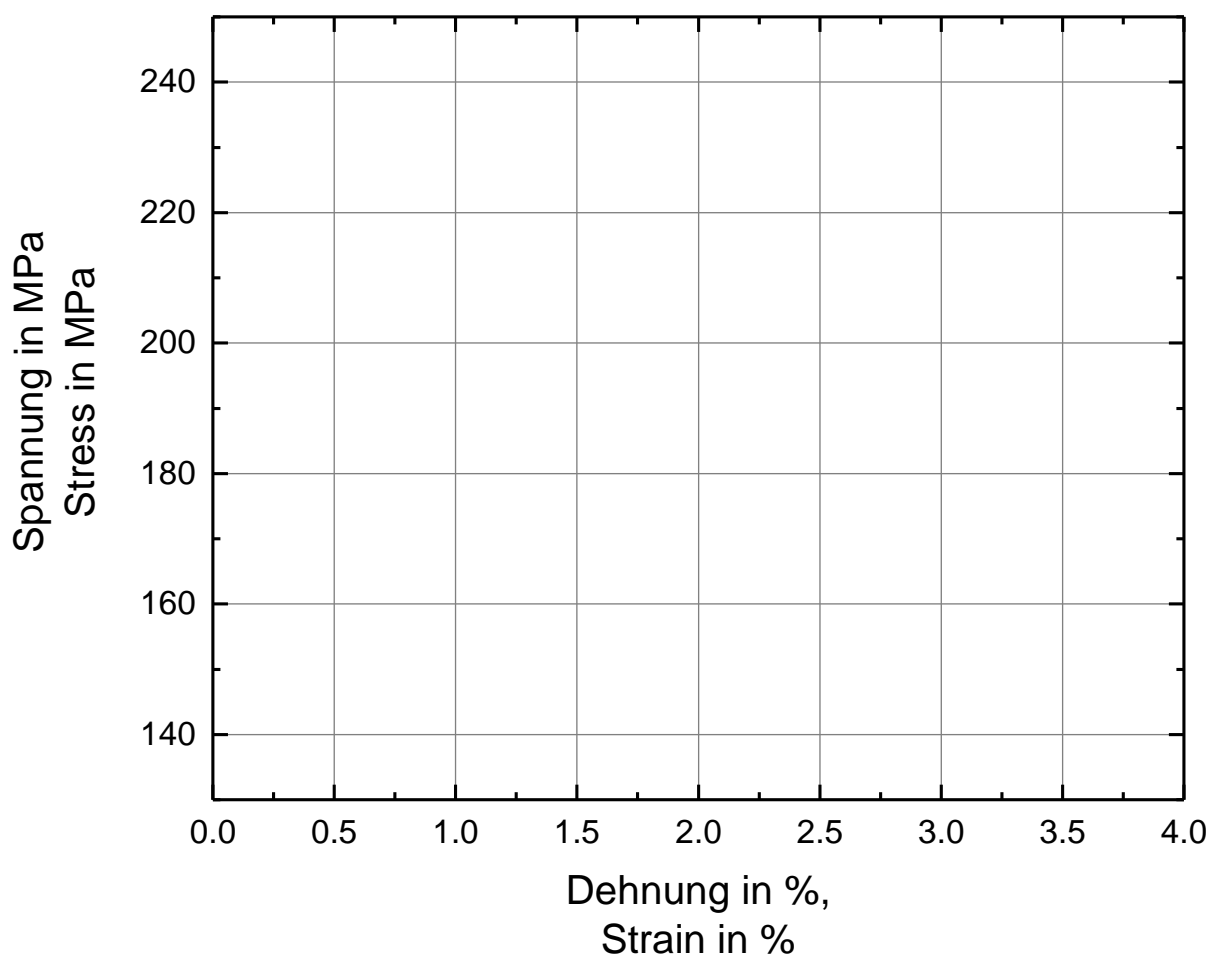


**Aufgabe 11****Alterung****4 Punkt(e)**

- a) Was versteht man unter dem Begriff Alterung? (1 Punkte)

Eine reine Eisen-Kohlenstoff-Legierung mit 0,01% C wurde bei 720°C im  $\alpha$ -Gebiet bis zur Homogenisierung geglüht und abschließend abgeschreckt.

- b) Skizzieren Sie in das Diagramm die Spannung-Dehnung-Kurven für diesen Stahl unmittelbar i) nach der Abschreckung und ii) nach 10-minütiger Auslagerung. Erläutern Sie kurz die metallkundlichen Hintergründe für den unterschiedlichen Kurvenverlauf. (3 Punkte)





**Aufgabe 12****ZTU****12 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.

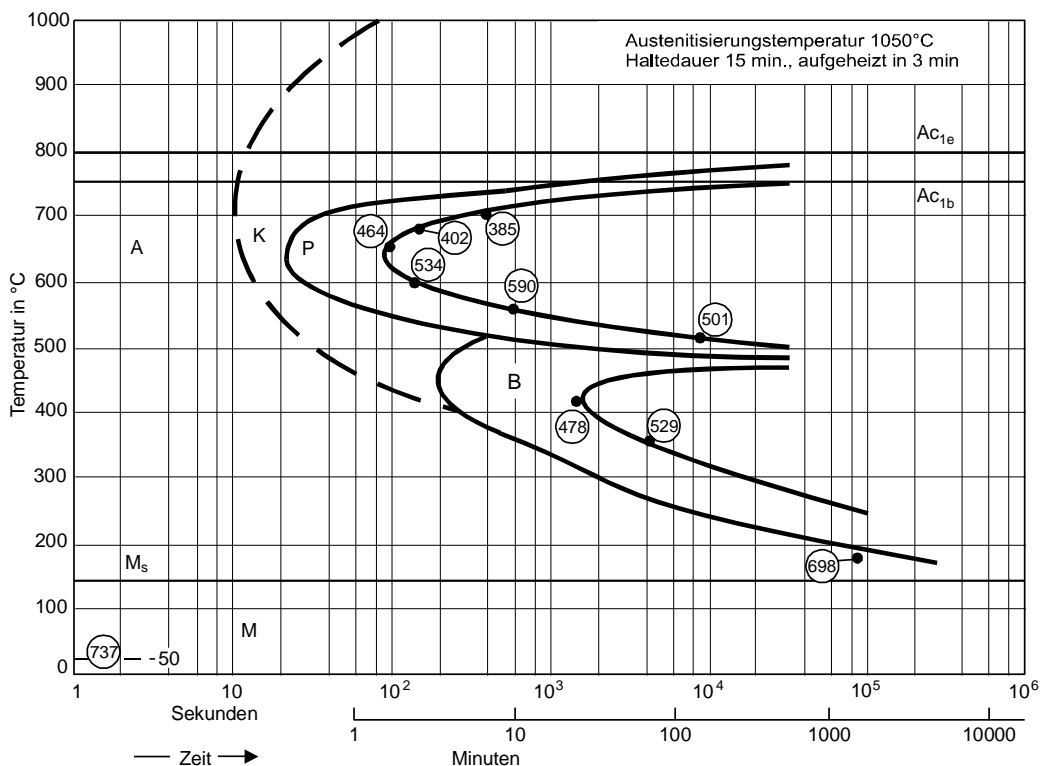
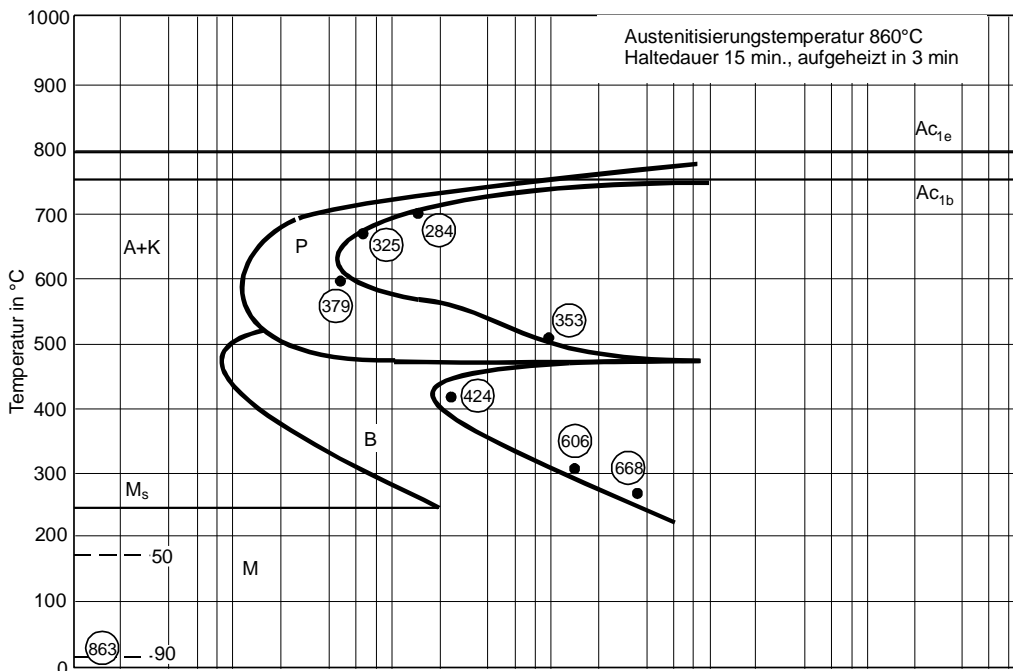
- a) Zeichnen Sie anhand der isothermischen ZTU-Schaubilder (**Anlage 2**) für den Stahl 100 Cr 6 die vollständige Wärmebehandlung (von Raumtemperatur bis Raumtemperatur) kleiner Proben mit genauen Temperatur- und Zeitangaben in die Temperatur-Zeit-Diagramme in **Anlage 1**. (8 Punkte)

**Anlage 1****a) 100% Perlit und Karbid mit maximaler Härte****b) 100%Bainit und Karbid mit geringster Härte**

Anlage 2

Zeit-Temperatur-Umwandlungs-Schaubild  
(isothermisch)

Chemische Zusammen- setzung in %	C	Si	Mn	P	S	Cr	Cu	Mo	Ni	V
	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

- b) Erklären Sie, warum der Bereich des metastabilen Austenits im oberen Diagramm mit „A+K“ gekennzeichnet ist. Erläutern Sie die Begriffe „inhomogener“ und „homogener“ Austenit. (4 Punkte)

**Aufgabe 13****Wärmebehandlung I****5 Punkt(e)**

Eine Normalglühung kann eingesetzt werden, um Eigenschaftsveränderungen auf Grund von Gefügemodifikationen rückgängig zu machen.

- a) Welches Gefüge wird beim Normalglühen angestrebt? Welche Temperaturen sind dazu für unter- und übereutektoide Stähle notwendig? (3,0 Punkte)
- b) Nennen Sie zwei Anwendungsgebiete einer Normalglühung! (2,0 Punkte)

**Aufgabe 14****Wärmebehandlung II****5 Punkt(e)**

Bei der Erstarrung eines Gussblockes ist es zur Ausbildung von Kristallseigerungen gekommen.

a) Beschreiben Sie kurz was unter einer Kristallseigerung verstanden wird!  
(1 Punkte)

b) Welches Wärmebehandlungsverfahren wird verwendet um diese Art von Seigerungen zu beseitigen? Geben Sie die Glüh Temperatur und die Glühdauer an, skizzieren Sie dafür den Glühzyklus! (3 Punkte)



c) Warum wird dieses Wärmebehandlungsverfahren in der Regel nur bei hochwertigen Bauteilen angewandt? (1,0 Punkte)

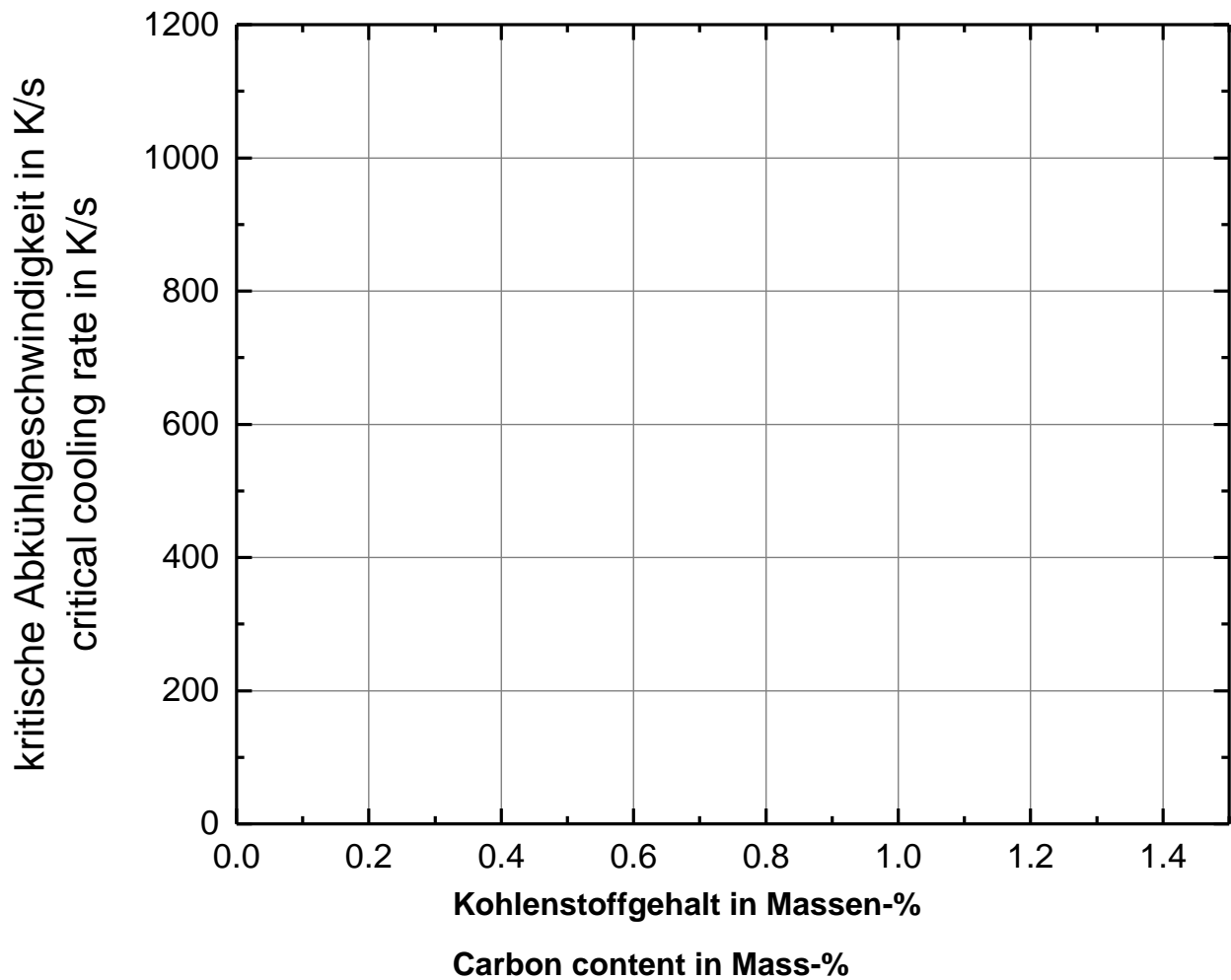
**Aufgabe 15****Vergüten****8.5 Punkt(e)**

Das Vergüten eines Bauteils besteht aus den Teilschritten Härten und Anlassen.

- a) Beschreiben Sie die Wärmebehandlung des Härtens! Welches Ziel wird beim Härten verfolgt? Welches Ziel hat das anschließende Anlassen? (2 Punkte)
- b) Definieren Sie die obere und die untere kritische Abkühlgeschwindigkeit! Was bedeutet eine hohe kritische Abkühlgeschwindigkeit für die Härbarkeit großer Bauteile? (3 Punkte)



- c) Skizzieren Sie in untenstehender **Abbildung 1** den Einfluss des Kohlenstoffgehalts auf die kritische Abkühlgeschwindigkeit! (1,5 Punkte)



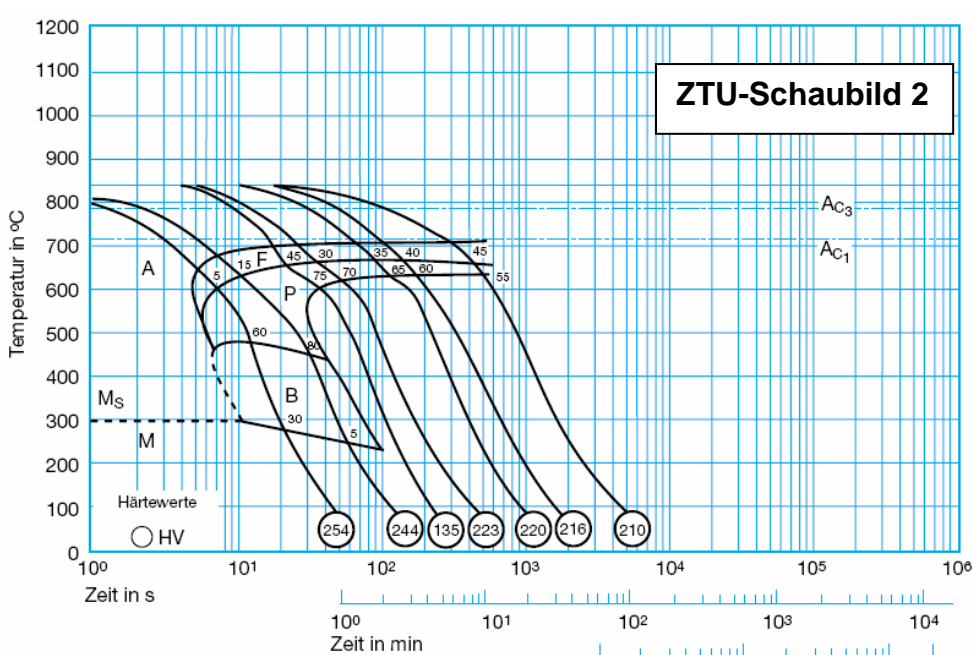
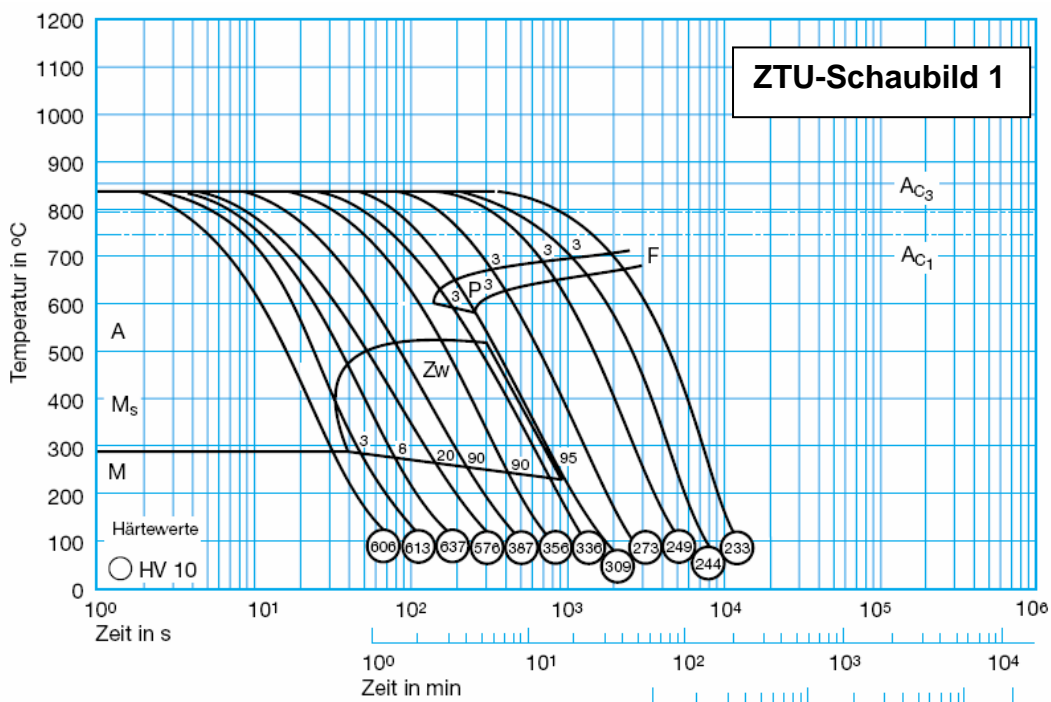
- d) Nennen Sie zwei weitere Faktoren, welche die kritische Abkühlgeschwindigkeit beeinflussen! (1,0 Punkte)

- e) Ordnen Sie die Werkstoffe C45 und 51CrV4 den beiden Zeit-Temperatur-Umwandlungs-Schaubildern in Abbildung 2 zu! Welcher Werkstoff besitzt die höhere kritische Abkühlgeschwindigkeit? (1 Punkt)

ZTU-Schaubild 1: Werkstoff

ZTU-Schaubild 2: Werkstoff

höhere kritische Abkühlgeschwindigkeit: Werkstoff



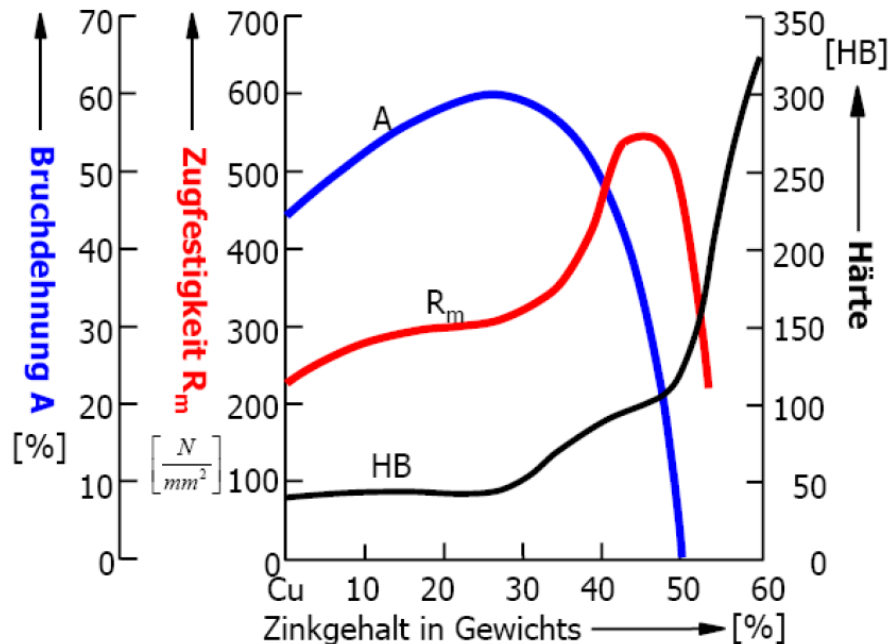
**Aufgabe 16****Aluminiumwerkstoffe****5.5 Punkt(e)**

Bei den Aluminiumlegierungen wird zwischen naturharten und aushärtbaren Werkstoffen unterschieden.

- a) Ordnen Sie die Legierungen einer der obengenannten Gruppen zu (1,5 Punkte):
- AlMg-Legierung AW-5754
  - AlMgSi-Legierung AW-6061
  - AlCuMg-Legierung AW-2024
- b) Welche Phasen tragen bei aushärtbaren Aluminiumlegierungen zur Festigkeitssteigerung bei (geben Sie 2 Beispiele)! (2,0 Punkte)
- c) Skizzieren Sie eine typische Wärmebehandlung für einen naturharten und einen aushärtbaren Werkstoff und geben Sie die Temperaturbereiche an! (2,0 Punkte)

**Aufgabe 17****Kupferwerkstoffe****3.5 Punkt(e)**

Die mechanischen Eigenschaften in Cu-Zn-Legierungen werden durch den Zn-Gehalt stark beeinflusst, siehe Bild 1.



**Bild 1:** Einfluss des Zinkgehaltes auf die mechanischen Eigenschaften von Kupferlegierungen

- a) Welche Kristallstruktur haben Cu-Zn-Legierungen mit <37%, welche >37% Zn? (1 Punkt)
- b) Welche Legierung würden sie wählen, wenn eine gute Zerspanbarkeit gefordert ist (1 Punkt)?

c) Welche Farben weisen die drei folgenden Werkstoffe auf (1,5 Punkt)?

Cu:

Cu + 15% Zn:

Cu + 15% Ni + 15% Zn: