

Bachelorprüfung

„Werkstofftechnik der Metalle“

20.02.2018

Name:

Matrikelnummer:

Unterschrift:

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

Zum Bestehen der Klausur werden 44 % der Punkte benötigt.

Aufgabe 1**Kristallstruktur****7,5 Punkt(e)**

- a) Was ist unter dem Begriff Polymorphie des Eisens zu verstehen und welche Bedeutung hat sie (2 Punkte)?
- b) Wie ist die Polymorphie des Eisens nachweisbar? Skizzieren Sie einen geeigneten Messschrieb mit den charakteristischen Werten für Eisen in Abbildung 1 und geben Sie die Phasenfelder an! (3,5 Punkte).

- c) Was verstehen Sie unter dem Begriff Realstruktur? Geben Sie ein Beispiel (2 Punkte)!

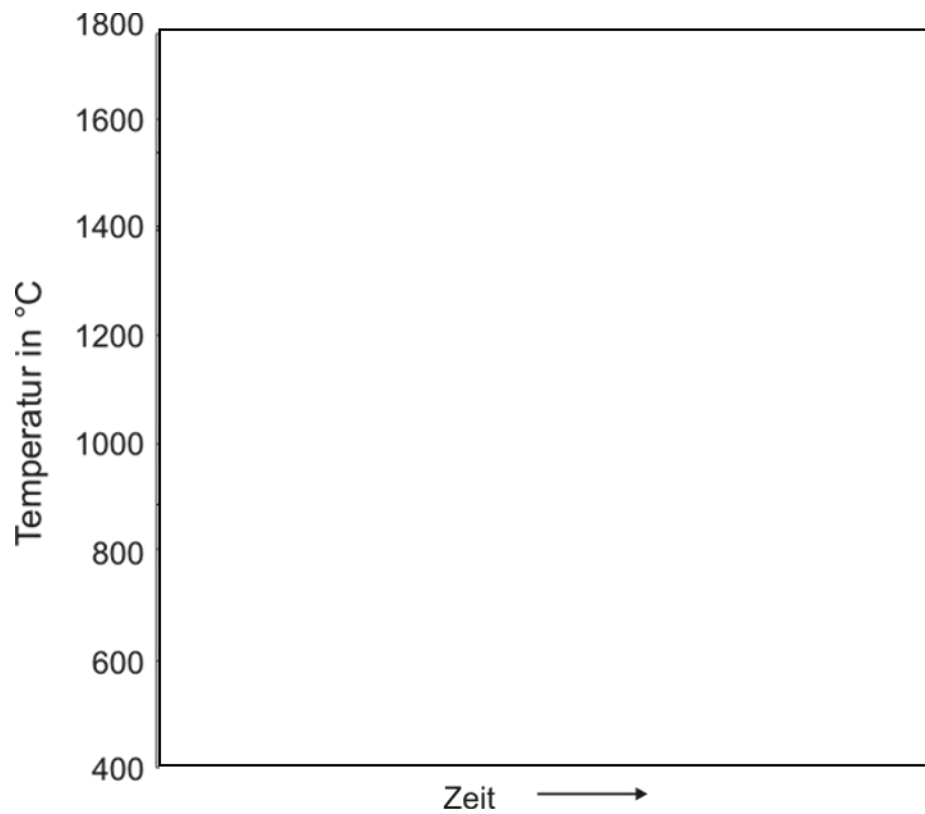


Abbildung 1:

Aufgabe 2**Magnetische Eigenschaften****6 Punkt(e)**

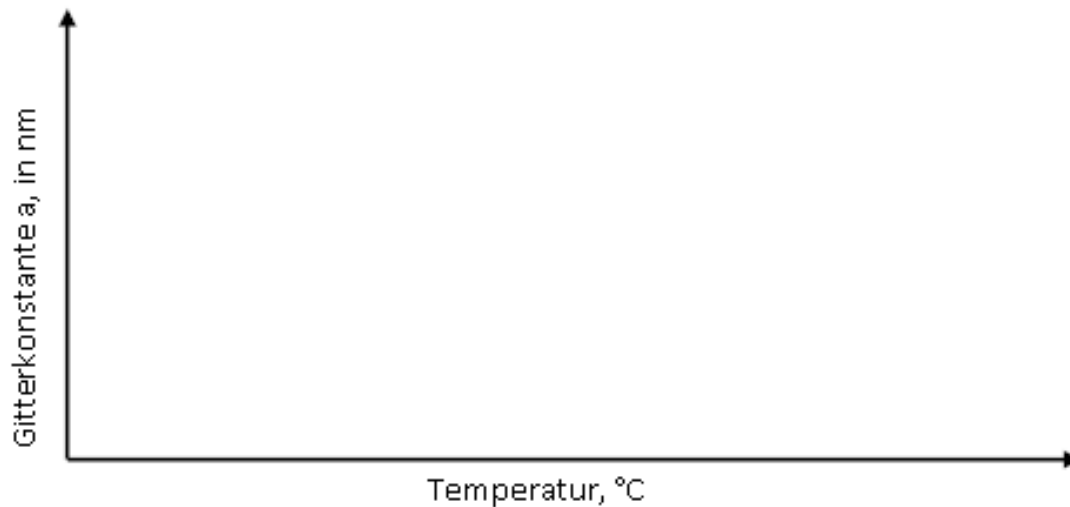
a) Skizzieren Sie die Hysteresekurve eines weichmagnetischen Werkstoffs und beschriften Sie die Achsen. (2 Punkte)

b) Kennzeichnen Sie die folgenden Kennwerte in Ihrer Skizze (1.5 Punkte):
Sättigungsinduktion
Remanenz
Koerzitivfeldstärke

- c) Welcher Kennwert dient zur Unterscheidung zwischen weich- und hartmagnetischen Werkstoffen? (0.5 Punkte)
- d) Silizium ist das typische Legierungselement für Elektroband. Welche Vorteile resultieren daraus im Hinblick auf seine magnetischen Eigenschaften. Nennen Sie zwei Vorteile. (2 Punkte)

Aufgabe 3**Thermische Eigenschaften****3 Punkt(e)**

Wie verhält sich die Gitterkonstante von reinem Eisen im Temperaturbereich von 400°C bis 1500°C? Zeichnen Sie schematisch den Verlauf der Gitterkonstanten in **Anlage 1** ein und beschriften Sie die charakteristischen Bereiche und Temperaturen. Beachten Sie die Größe der Gitterkonstanten in der jeweiligen Kristallstruktur! (3 Punkte)

Anlage 1:

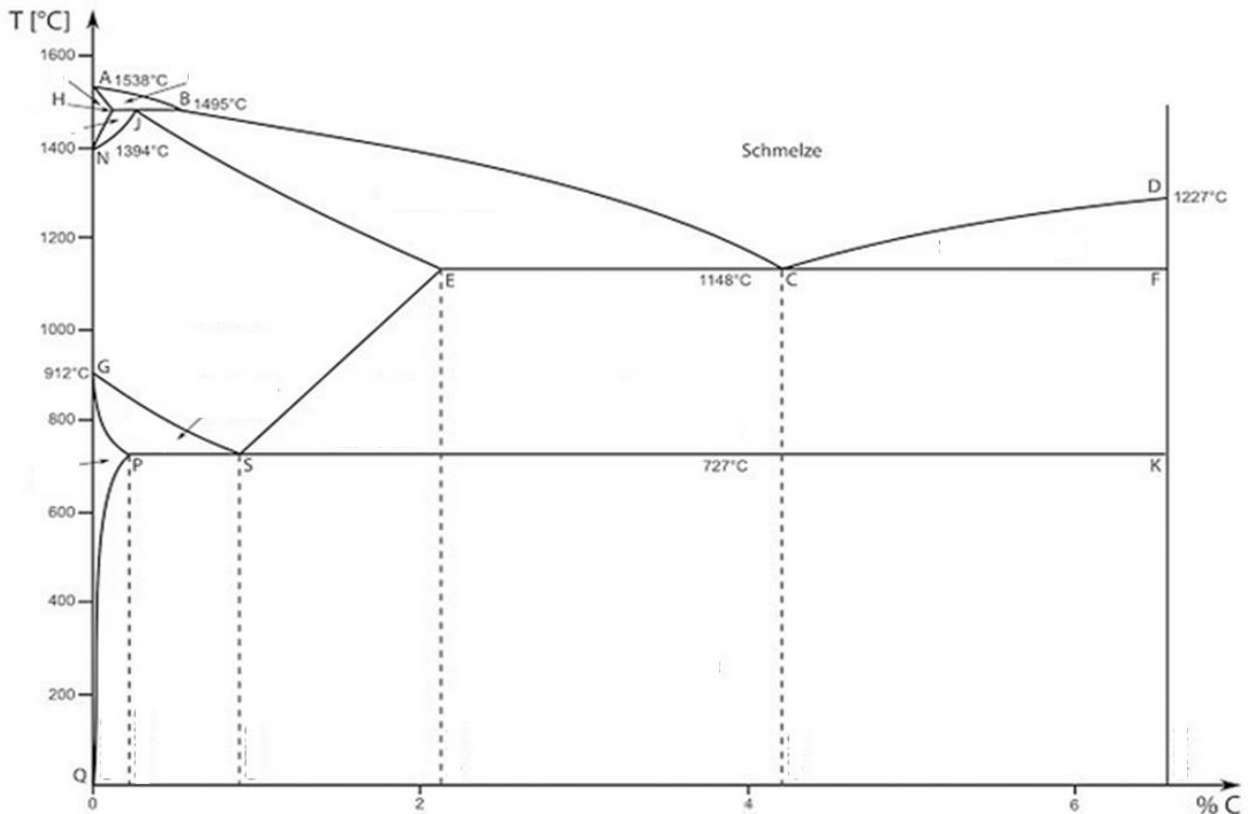
Aufgabe 4**Elastische Eigenschaften****5 Punkt(e)**

Zwischen einer an ein Bauteil angelegten Spannung und seiner elastischen Formänderung besteht ein linearer Zusammenhang.

- a) Definieren Sie den Zusammenhang zwischen Spannung und Formänderung für den Elastizitäts- und Schubmodul und geben Sie den charakteristischen mittleren Wert für beide Module für Eisen an. Geben Sie bitte ebenfalls an, bei welcher Art von Belastung welcher Modul verwendet wird (3 Punkt).
- b) Nennen Sie den Einfluss (i) der Temperatur, (ii) der Kristallstruktur, (iii) der Legierungselemente Aluminium und Cobalt und (iv) der Vorverformung auf den E-Modul? Steigern oder Senken diese den E-Modul (2 Punkte)?

Aufgabe 5**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/Appendix 1: Metastabiles System Fe-Fe₃C/metastable 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 6**Legierungselemente II****5 Punkt(e)**

Legierungselemente haben einen erheblichen Einfluss auf die Phasengleichgewichte in Stählen.

Nennen Sie die möglichen Einflüsse der chemischen Elemente Ca, Ni, Cr, Al und Ti bezüglich der Phasengleichgewichte in Stählen in Tabelle 1. Ein chemisches Element kann mehrere Einflüsse haben! (5 Punkte):

Tabelle1 (Einfluss mit X Kennzeichen):

	Unlösliches Element	Erweiterung des γ-Phasenraums	Einschnürung des γ-Phasenraums	Carbidbildner	Nitridbildner
Ca					
Ni					
Cr					
Al					
Ti					

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

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

- (i) oberhalb A_{ccm} ,
- (ii) zwischen A_{c1} und A_{ccm} und
- (iii) 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)?

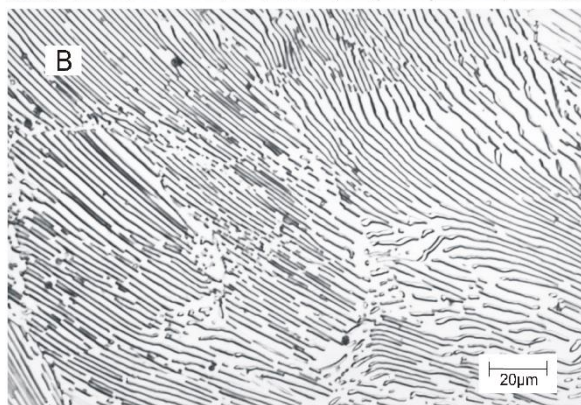
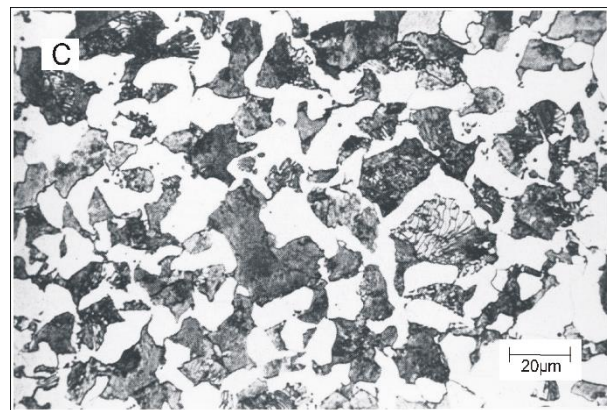
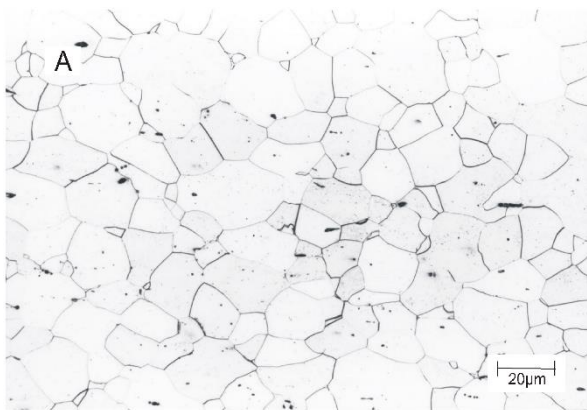
b) Wie ändern sich die Gefüge aus a), wenn der Werkstoff von der Temperatur (i, ii und iii) nach der Durchwärmung in Salzwasser abgeschreckt wird (3 Punkte)?

Aufgabe 8**Ferrit/Perlitumwandlung****4 Punkt(e)**

Je nach Legierungszusammensetzung und Wärmebehandlung weisen Stähle unterschiedliche Gefüge auf.

Ordnen Sie die in **Anlage 1** dargestellten Gefügebilder der jeweiligen Stahlsorte (i-iv) zu und benennen Sie die einzelnen Gefügebestandteile! (4 Punkte)

- (i) kohlenstoffarmer Stahl
- (ii) eutektoider Stahl
- (iii) überereutektoider Stahl
- (iv) unterereutektoider Stahl

Anlage 1:

Aufgabe 9**Martensitumwandlung****10,5 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 (2 Punkte)!
- b) Martensitische Gefüge können in verschiedenen Ausprägungen auftreten. Nennen Sie mindestens zwei typische Martensit-Morphologien (1 Punkt)!

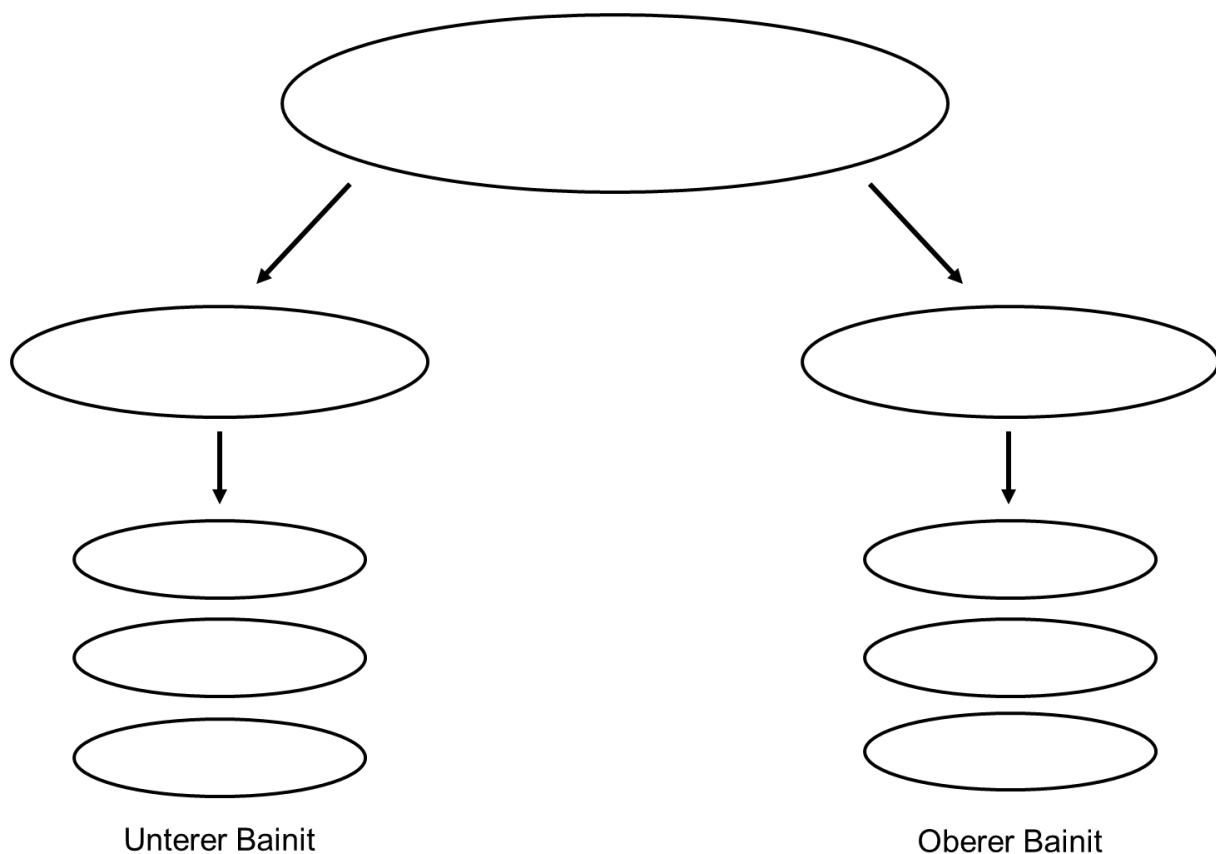
- c) Zählen Sie vier Effekte auf, die zur Festigkeit des Martensits beitragen (2 Punkte)!

- d) Die martensitische Umwandlung erfolgt in zwei Teilschritten. Nennen Sie die beiden Teilschritte (1 Punkt)!
- e) Erklären Sie das Bain-Modell stichpunktartig! Geben Sie - wenn möglich - Zahlenwerte an! Illustrieren Sie Ihre Erläuterungen durch eine beschriftete, dreiteilige Skizze der kristallografischen Vorgänge (2,5 Punkte)!
- f) Welche Gitterstruktur hat Fe-C-Martensit? Wie beeinflusst der C-Gehalt das C/a-Verhältnis? (2 Punkte)

Aufgabe 10**Bainitumwandlung****8 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. Je nach Mechanismus der Umwandlung werden kohlenstoffarmer, oberer und unterer Bainit unterschieden.

- a) Erklären Sie die Entstehung von oberem und unterem Bainit für Stähle mit höherem Kohlenstoffgehalt. Illustrieren Sie Ihre Erklärung indem Sie die Skizze in Anlage 1 ergänzen. Die ovalen Felder in Abbildung 1 stellen Ferritlanzettetten dar! Nennen Sie dazu relevante Temperaturbereiche! (6 Punkte)

**Anlage 1:**

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

Aufgabe 11**Alterung****6 Punkt(e)**

Bake-Hardening-Stähle werden zur Herstellung von höherfesten Feinblechen für den Karosseriebau genutzt.

- a) Beschreiben Sie in vier Schritten die Vorgänge, welche beim Bake-Hardening ablaufen (2 Punkte).
- b) Skizzieren Sie in ein Diagramm qualitativ den Spannung-Dehnung-Verlauf eines Bake-Hardening-Stahls vor und nach der Bake-Hardening Behandlung (2 Punkte).

- c) Lässt sich der Bake-Hardening-Effekt auch nutzen, wenn die 20 minütige Wärmebehandlung bei 80°C oder bei 400°C erfolgt? Begründen Sie Ihre Antwort anhand der im Werkstoff bei diesen Temperaturen ablaufenden Prozesse (2 Punkte).

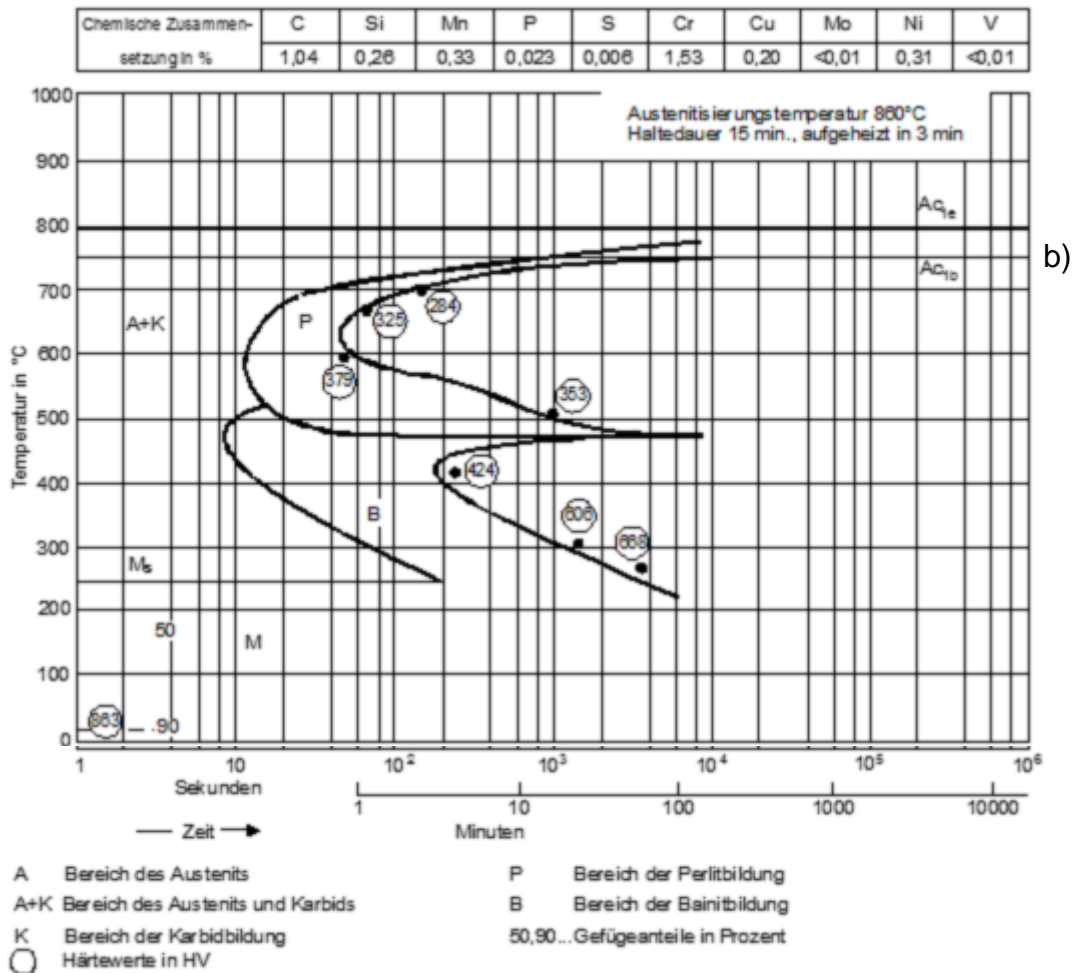
Aufgabe 12

ZTU II

6 Punkt(e)

a) Um welchen Typ des ZTU-Diagramm handelt es sich in Abbildung 1? (1 Punkt)

Abbildung 1:



- b) Skizzieren Sie den vollständigen Zeit-Temperatur Zyklus zur Einstellung eines perlitischen Stahls mit einer Härte von 284 HV_{10} in Abbildung 2. Geben Sie die charakteristischen Temperaturen und Zeitpunkte an. (5 Punkte)



Abbildung 2:

Aufgabe 13 **Technische Wärmebehandlung I** **7 Punkt(e)**

Bei Stählen mit Kohlenstoffgehalten $>0,5$ Massen-% wird das Weichglühen (auch GKZ-Glühen genannt) angewendet, um die Verarbeitungseigenschaften einzustellen.

- a) Welche Verarbeitungseigenschaften werden durch eine Weichglühung verbessert? (2 Punkte)
- b) Beschreiben Sie das Ausgangsgefüge vor und nach der Wärmebehandlung! (2 Punkte)

- d) Skizzieren Sie in Abbildung 1 den Zeit-Temperatur-Verlauf einer Weichglühung für einen (i) untereutektoiden Stahl mit einem C-Gehalt von 0,5 % und einen (ii) übereutektoiden Stahl mit Korngrenzenzementit! Geben Sie die ungefähre Temperatur der Weichglühung an! (3 Punkte)

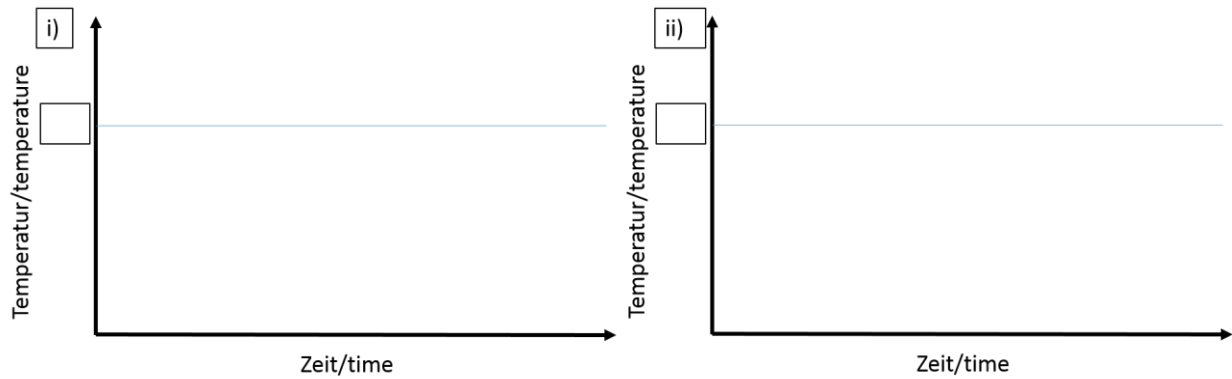


Abbildung 1:

Aufgabe 14**Vergüten I****9,5 Punkt(e)**

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

- a) Nennen Sie die Teilschritte des Härtens! Welches Ziel wird beim Härten verfolgt? Welches Ziel hat das anschließende Anlassen? (1,5 Punkte)

- b) Definieren Sie die obere und die untere kritische Abkühlgeschwindigkeit! Was bedeutet eine hohe kritische Abkühlgeschwindigkeit für die Härbarkeit des Werkstoffs? (1,5 Punkte)

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

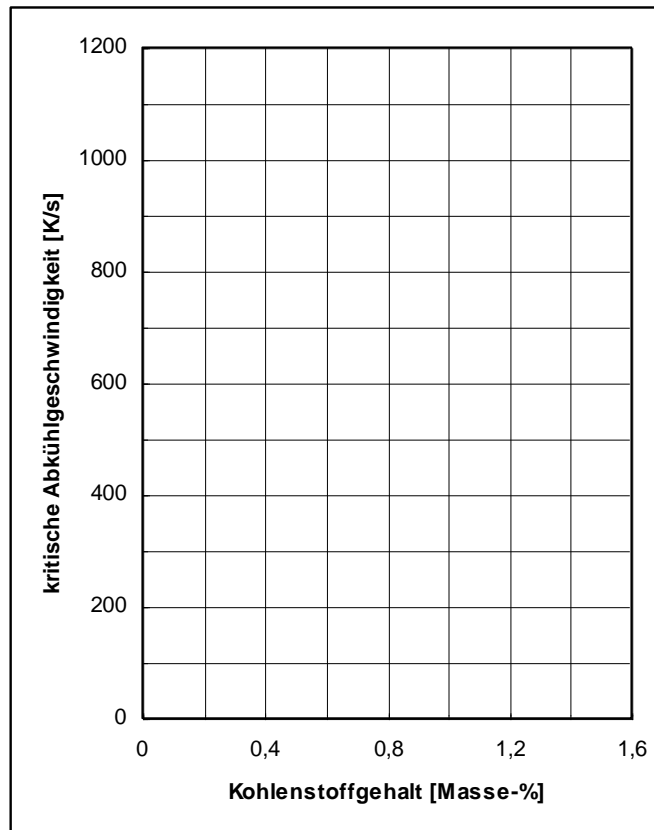


Abbildung 1: Diagramm krit. Abkühlgeschwindigkeit über Kohlenstoffgehalt

- d) Wie beeinflussen Härtetemperatur und Haltezeit die kritische Abkühlgeschwindigkeit? Erläutern Sie den Zusammenhang! (2 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? (3 Punkte)

ZTU-Schaubild 1: Werkstoff

ZTU-Schaubild 2: Werkstoff

höhere kritische Abkühlgeschwindigkeit: Werkstoff

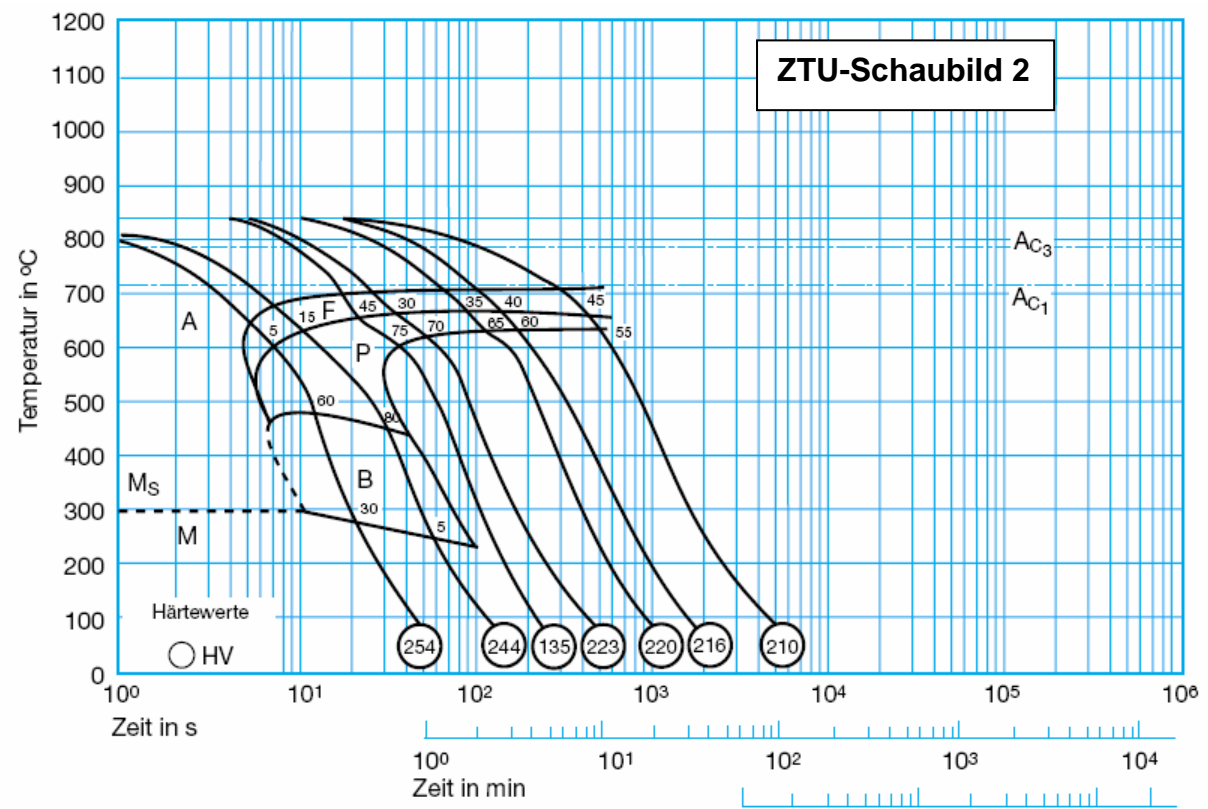
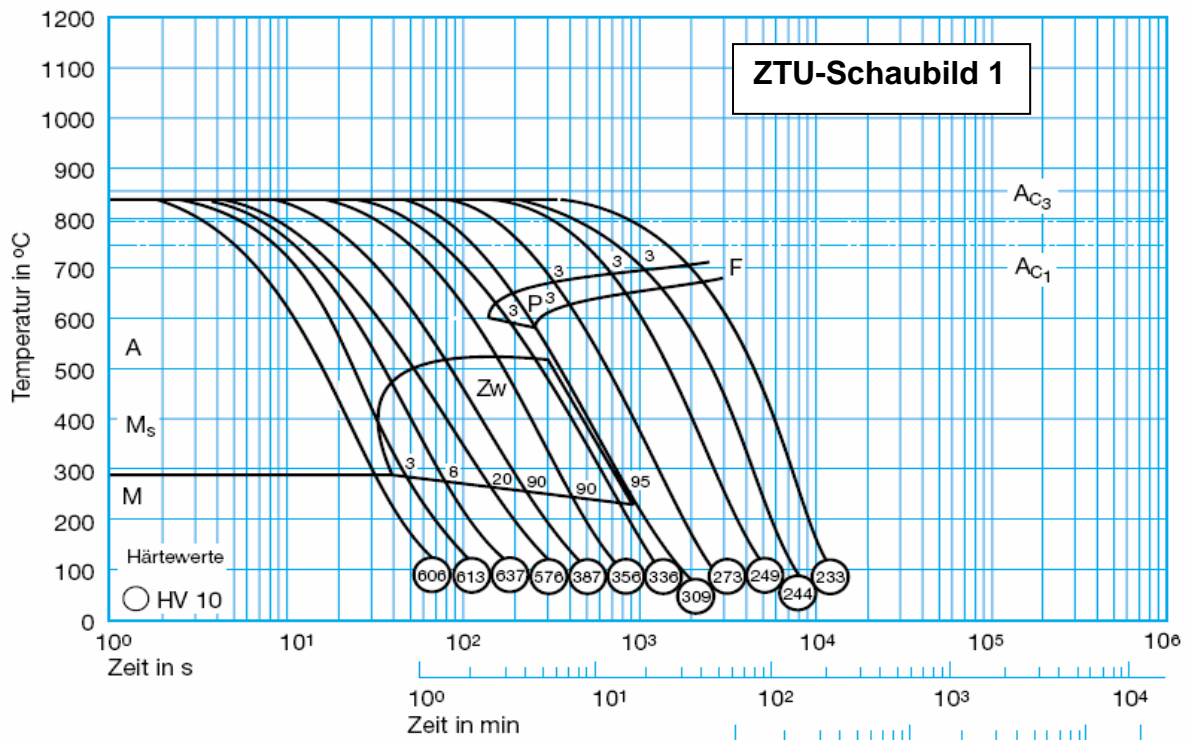


Abbildung 2: ZTU-Schaubilder

Aufgabe 15**Aluminiumwerkstoffe****5 Punkt(e)**

Es soll ein Kranseil erneuert werden. Das Kranseil hat einen Durchmesser von 15 mm. Sie haben einen Stahl und eine Aluminiumlegierung bei gleichen Kosten zur Auswahl.

	Streckgrenze [N/mm ²]	Zugfestigkeit [N/mm ²]	Dichte [kg/cm ³]	Bruchdehnung [%]
Stahl	315	362	7,87*10 ³	13
Aluminium	250	280	2,70*10 ³	9

a) Welche maximale Kraft ohne plastische Verformung ertragen die beiden Werkstoffe?
(1,5 Punkte)

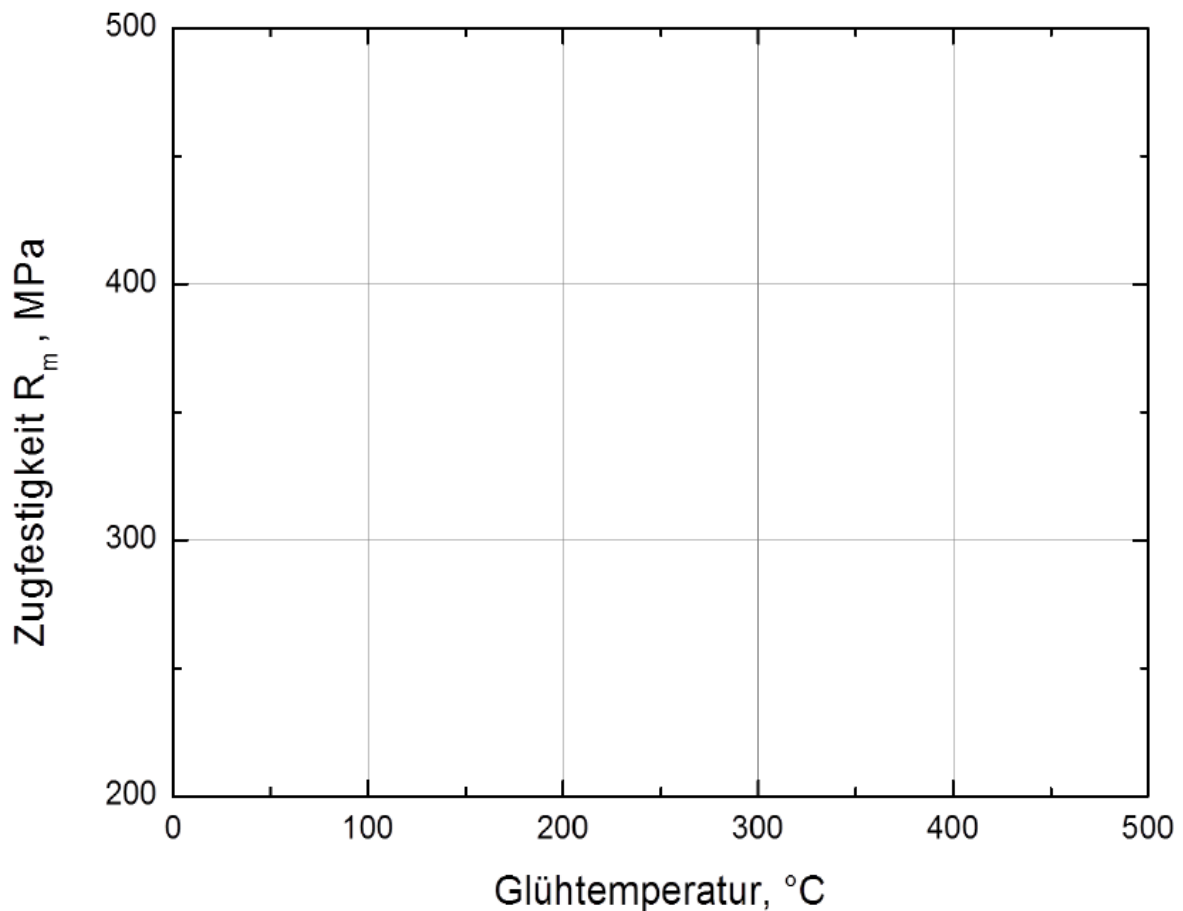
b) Wie groß muss der Durchmesser des Kabels der Aluminiumlegierung sein, wenn die maximale Kraft vom Stahl ertragen werden soll? (1,5 Punkte)

c) Die Festigkeit von Aluminiumlegierungen kann über Ausscheidungshärtung gesteigert werden. Dabei treten Guinier-Preston-Zonen I und II sowie die θ -Phase auf. Was wird hierunter verstanden? (1,5 Punkte)

d) Nennen Sie eine aushärtbare Al-Legierung? (1 Punkt)

Aufgabe 16**Kupferwerkstoffe****3 Punkt(e)**

Die durch eine Kaltverformung entstehende Verfestigung von Kupfer kann durch ein Rekristallisationsglühen beseitigt werden. Zeichnen Sie schematisch die Zugfestigkeit von 10-%, 50-% und 95-% kaltverformten Kupfer als Funktion der Glüh­temperatur (Glühdauer = 1 h) in Anlage 1 ein. Berücksichtigen Sie hierbei die ungefähre Zugfestigkeit von weichgeglühtem Kupfer. (3 Punkte)

**Anlage1:**