

Bachelorprüfung

„Werkstofftechnik der Metalle“

03.08.2017

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	9		
2	5		
3	3		
4	4.5		
5	4		
6	5.5		
7	5		
8	7		
9	6		
10	7		
11	8		
12	6		
13	4		
14	7		
15	9		
16	4		
17	3		
18	3		
Summe	100		

Zum Bestehen der Klausur werden 44 % der Punkte benötigt.

Aufgabe 1**Kristallstruktur****9 Punkt(e)**

Für metallische Werkstoffe gibt es drei wichtige Gittertypen.

a) Vervollständigen Sie bitte **Tabelle 1**. (5 Punkte)

Tabelle 1: Charakteristika der verschiedenen Gittertypen von Metallen.

Gittertyp	Atome/ Elementar- zelle	Raumer- füllung [%]	Anzahl der Oktaeder- lücken/EZ	Anzahl der Tetraeder- lücken/EZ	Bsp. Eines Reinmetalls
krz					
kfz					

b) Zeichnen Sie die Elementarzellen der zwei kubischen Gittertypen (aus Teilaufgabe a)! (2 Punkte)

c) Zeichnen Sie eine kristallografisch dichtest gepackte Ebene und Richtung in beide Elementarzellen ein. (2 Punkte)

Aufgabe 2**Thermische Eigenschaften****5 Punkt(e)**

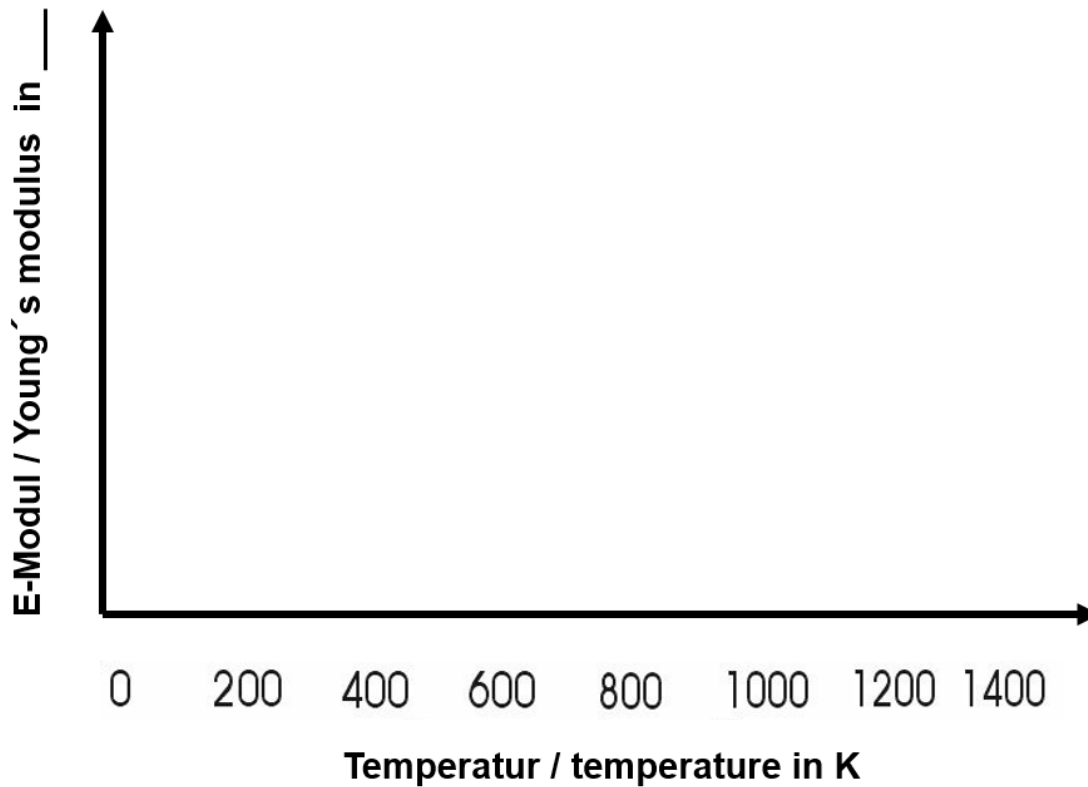
Gewöhnlich weisen Metalle eine Temperaturabhängigkeit der Gitterkonstanten und des Volumens auf. Die Invarlegierung bildet hier eine Ausnahme.

- a) Was ist eine Invarlegierung? (1 Punkt)?
- (i) Geben Sie den ungefähren Gehalt des Hauptlegierungselements an.
 - (ii) Was ist die wichtigste Eigenschaft der Legierung?
- b) Skizzieren Sie die Temperaturabhängigkeit des Wärmeausdehnungskoeffizienten für einen unlegierten Stahl und eine Invarlegierung in ein Diagramm. Erläutern Sie kurz die Kurven (2 Punkte).

- c) Erläutern Sie warum substitutionell gelöste Atome langsamer diffundieren als interstitiell gelöste Atome. Gehen Sie hierbei auf die Platzwechselmechanismen im Gitter ein. (2 Punkte)

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

Skizzieren Sie die Temperaturabhängigkeit des Elastizitätsmoduls für Eisen in **Abbildung 1**. (i) Beschriften Sie die Y-Achse und fügen Sie die entsprechende Einheit des E-Moduls hinzu. (ii) Geben Sie den ungefähren Wert des E-Moduls bei Raumtemperatur an. (iii) Beachten Sie die Änderungen beim Kurvenverlauf bei der Curie-Temperatur und der A_3 -Temperatur. (3 Punkte)

**Abbildung 1**

Aufgabe 4**Magnetische Eigenschaften****4.5 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 mindestens einen Vorteil. (0.5 Punkte)

Aufgabe 5**Legierungselemente I****4 Punkt(e)**

In Stählen können Fremdatome substitutionell oder interstitiell gelöst werden.

- a) Nennen Sie jeweils 2 für Stahl wichtige Elemente als Beispiel für eine substitutionelle und eine interstitielle Lösung. (2 Punkte)
- b) Geben Sie die sogenannten Hume-Rothery-Regeln an, die die Voraussetzung für eine substitutionelle Lösung beschreiben. (2 Punkte)

Aufgabe 6**Legierungselemente II****5.5 Punkt(e)**

In **Abbildung 1** ist das metastabile Eisenkohlenstoffdiagramm angegeben. Bezeichnen Sie alle 11 Phasenräume. (5.5 Punkte)

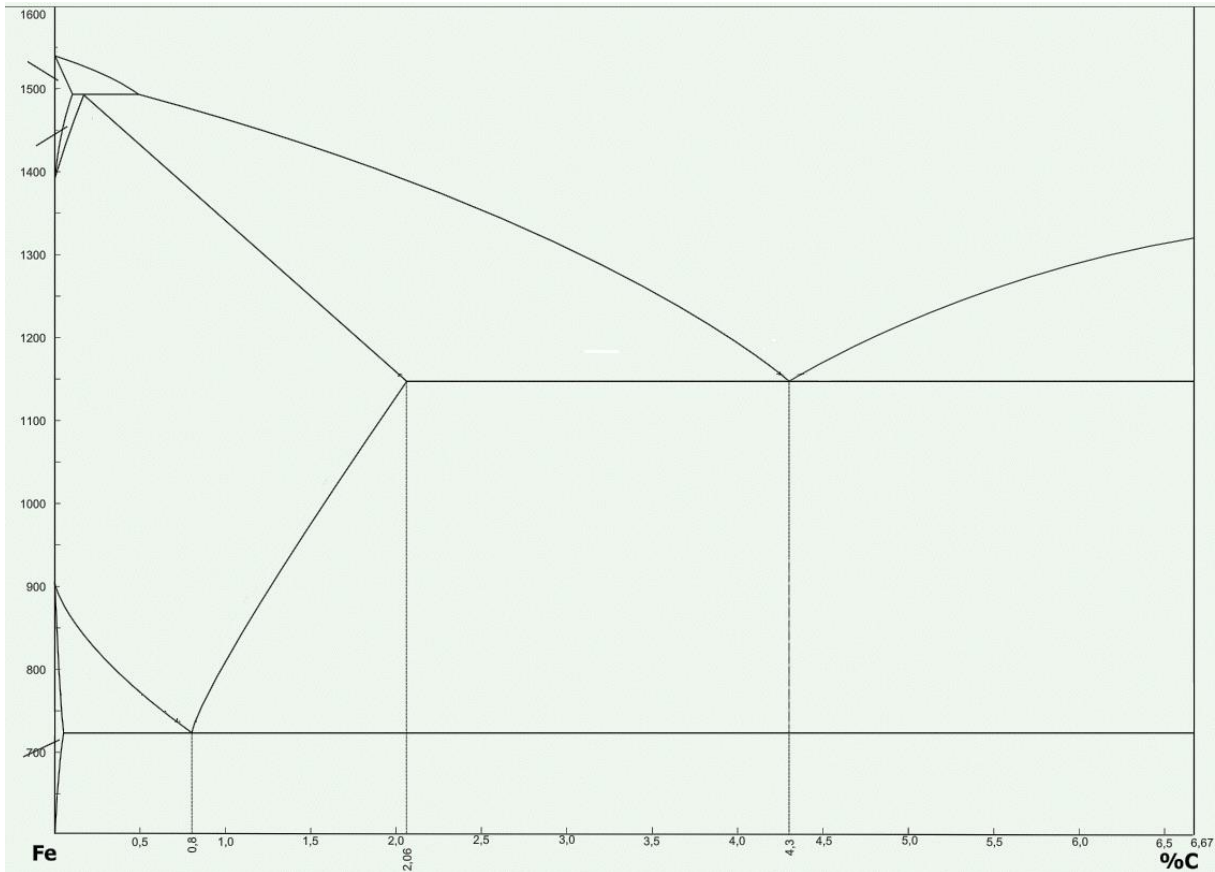


Abbildung 1

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

Bei der Wärmebehandlung und bei Warmumformvorgängen von Stählen spielt die Umwandlung des unterkühlten Austenits in seine verschiedenen Produktgefüge eine große Rolle. Es wird zwischen diffusionsabhängigen und diffusionslosen Umwandlungen unterschieden.

- a) Was ist das jeweils wesentliche Merkmal dieser Umwandlungsart? (1 Punkt)
- b) Ordnen Sie den beiden Umwandlungsarten den Ihnen bekannten Umwandlungsstufen zu. Gehen Sie dabei von unlegierten Stählen aus. Wozu gehört die sogenannte Bainitstufe? (2 Punkte)
- c) Neben den thermisch induzierten Phasenumwandlungen sind auch die mechanisch induzierten Phasenumwandlungen von hoher Bedeutung für die Entwicklung neuer Stahlgüten. Wofür stehen die Abkürzungen TRIP und TWIP? (2 Punkte)

Aufgabe 8**Ferrit/Perlitumwandlung****7 Punkt(e)**

Phasenumwandlungen werden für die gezielte Einstellung von Gefügen genutzt.

- a) Beschreiben Sie stichwortartig die Vorgänge bei der gleichgewichtsnahen Umwandlung des Austenits für einen Stahl mit 0,5 Gew.-% Kohlenstoff. Nennen Sie das entstehende Gefüge, sowie die zugrundeliegenden metallkundlichen Mechanismen bei der Umwandlung. (2,5 Punkte)

- b) Skizzieren Sie das entstehende Gefüge in das ehemalige Austenitkorn in **Abbildung 1**. Nennen Sie die Gefügebestandteile und die ungefähren Kohlenstoffgehalte. (2 Punkte)

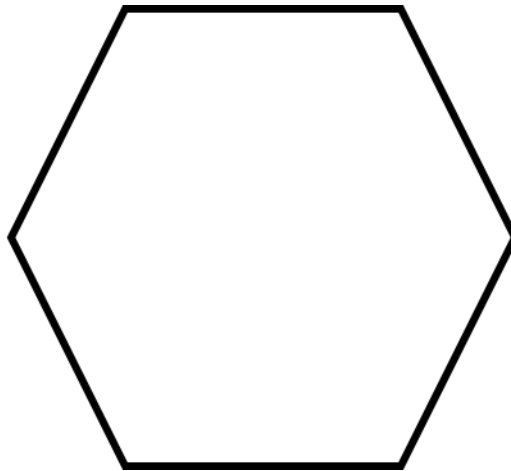


Abbildung 1

- c) Erläutern Sie die Entstehung von sogenanntem entartetem Perlit, in nichtlamellarer Anordnung, bei niedrig legierten Stählen. Wie wird die dazu erforderliche Wärmebehandlung bezeichnet? (2,5 Punkte)

Aufgabe 9**Martensitumwandlung****6 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) Erklären Sie die Martensitumwandlung anhand des Bainmodells stichpunktartig! Illustrieren Sie Ihre Erläuterungen durch eine beschriftete, dreiteilige Skizze der kristallografischen Vorgänge, beginnend von zwei KFZ Elementarzellen. Kennzeichnen Sie alle Kontraktionen, Ausdehnungen und Rotationen der Elementarzelle. (3 Punkte)
- c) Eine Stahlprobe mit 0.8 Gew.-% Kohlenstoff wurde abgeschreckt um ein martensitisches Gefüge einzustellen. Ist es möglich, diese Mikrostruktur durch eine Wärmebehandlung bei 700°C in ein komplett perlitisches Gefüge umzuwandeln? Erläutern Sie Ihre Antwort. (1 Punkt)

Aufgabe 10**Bainitumwandlung****7 Punkt(e)**

Eine übliche Unterscheidung von bainitischen Stählen erfolgt nach i) unterem und ii) oberem Bainit.

- a) Erklären Sie die Entstehung von oberem und unterem Bainit für Stähle mit höherem Kohlenstoffgehalt! Nennen Sie dazu relevante Temperaturbereiche und illustrieren Sie Ihre Erklärung durch eine Skizze! (5 Punkte)

- 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****8 Punkt(e)**

a) Definieren Sie den Begriff Alterung. (1 Punkt)

b) Nennen Sie zwei Voraussetzungen für Alterungsvorgänge in Stahl. (1 Punkt)

- c) Die in **Abbildung 1** dargestellten Wärmebehandlungszyklen weisen unterschiedliche Überalterungsbehandlungen auf. Stellen Sie die für die Überalterung relevanten metallkundlichen Vorgänge dar und nennen Sie im Hinblick hierauf die Unterschiede zwischen den beiden Zyklen. Vergleichen Sie hierzu 1) Unterkühlung, 2) Übersättigung, 3) Keimdichte, 4) Ausscheidungszustand und 5) Karbidverteilung im Gefüge. (5 Punkte)
- d) Welcher verfahrenstechnische Aspekt spricht gegen Zyklus [II]? (1 Punkt)

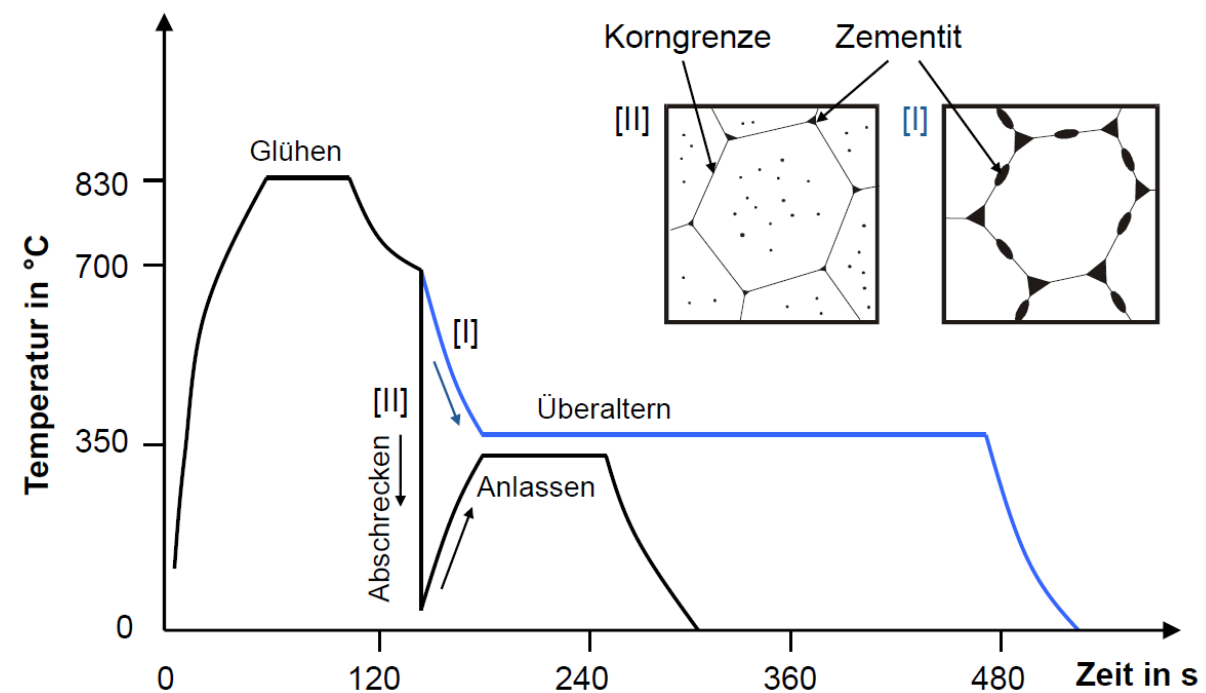


Abbildung 1 :

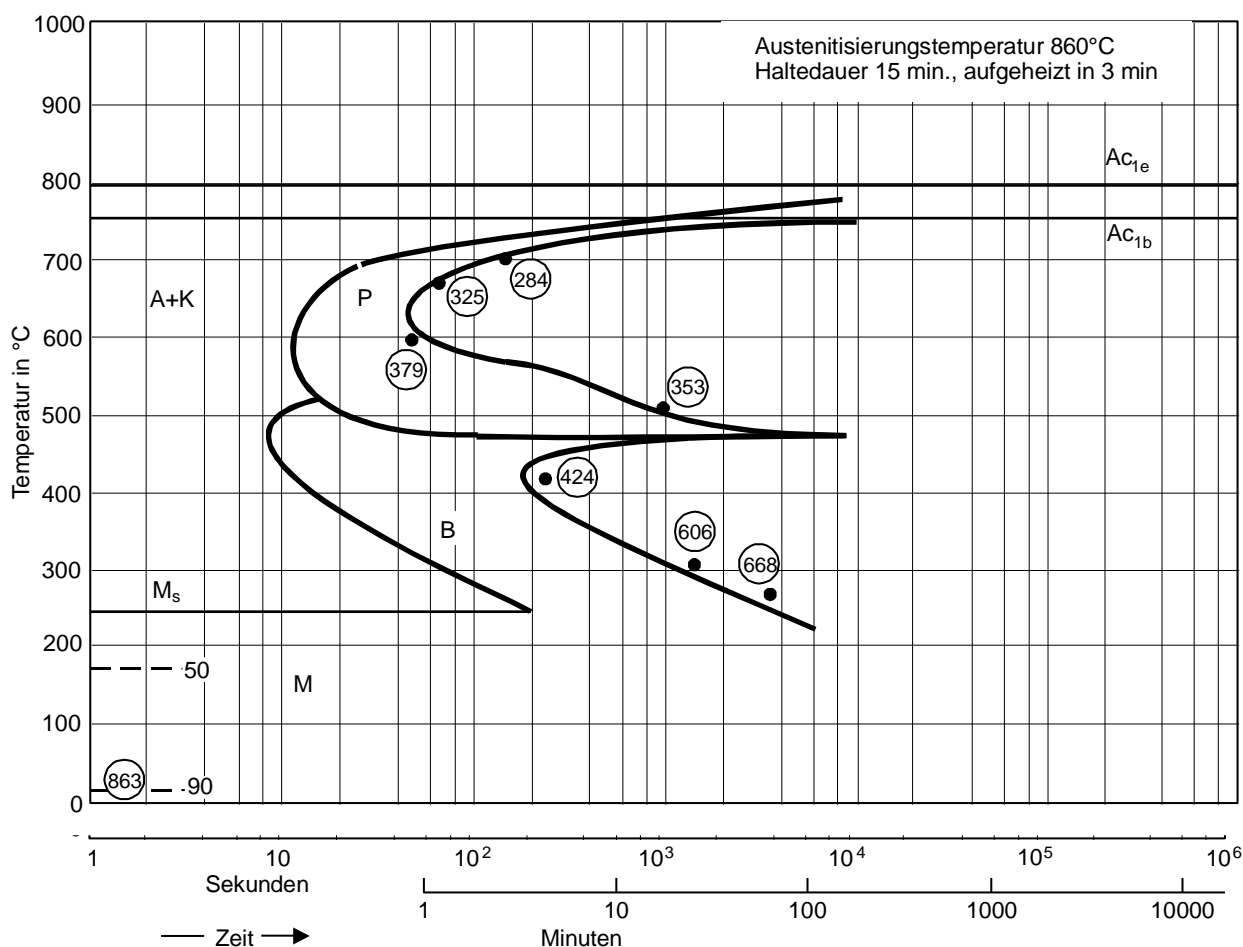
Aufgabe 12

ZTU I

6 Punkt(e)

- a) Um welchen Typ des ZTU-Diagramm handelt es sich in **Abbildung 1**? (1 Punkt)
- b) Skizzieren Sie den vollständigen Zeit-Temperatur Zyklus zur Einstellung eines perlitischen Stahls mit einer Härte von 284 HV in **Abbildung 2**. Geben Sie die charakteristischen Temperaturen und Zeitpunkte an. (5 Punkte)

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

Abbildung 1

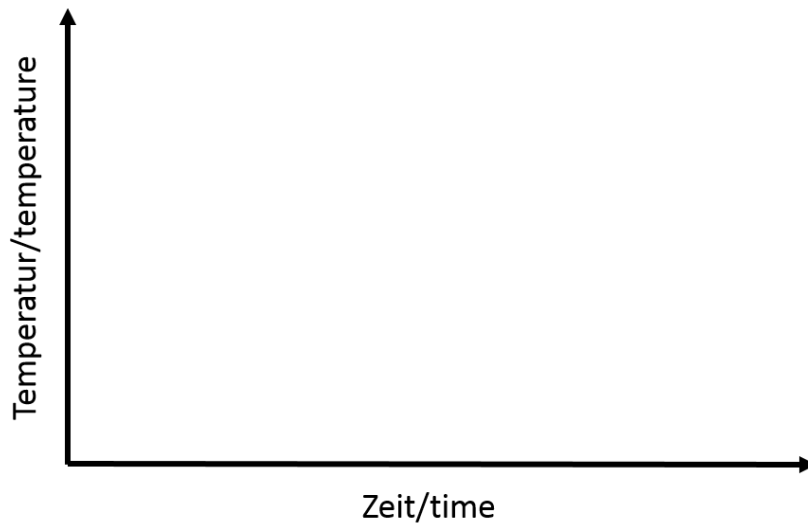
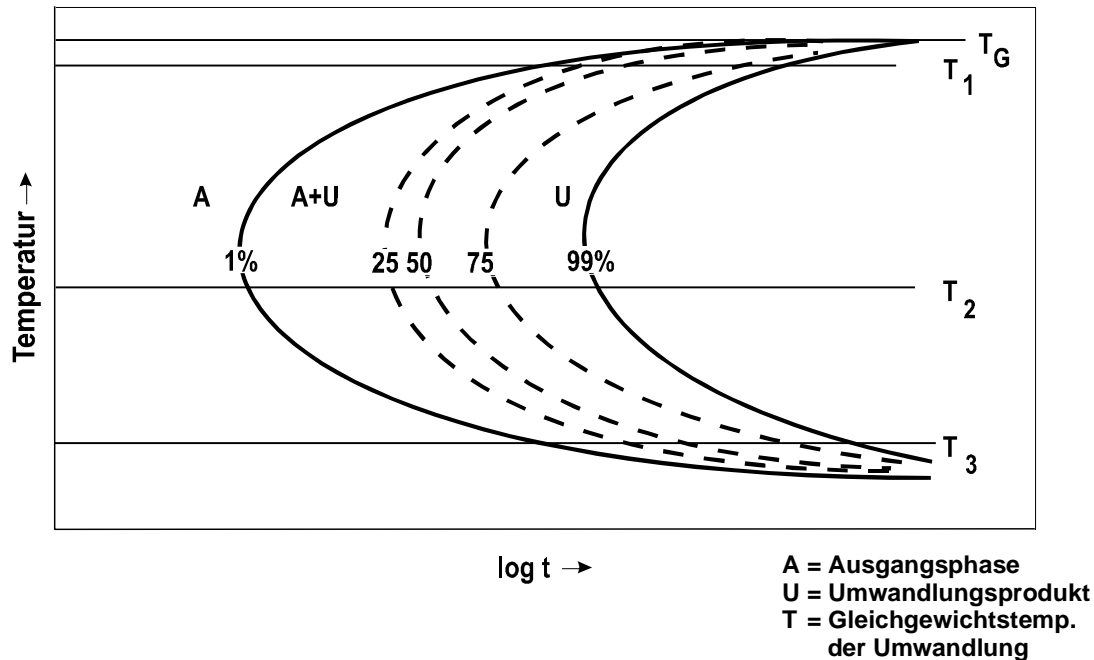


Abbildung 2

Aufgabe 13**ZTU II****4 Punkt(e)**

In **Abbildung 1** ist eine schematische Darstellung des typischen C-förmigen Verlaufs einer diffusionskontrollierten Umwandlung gegeben.

**Abbildung 1**

- a) Erklären Sie die zeitliche Verschiebung von Umwandlungsbeginn und Ende bei den eingezeichneten Temperaturen T_1 , T_2 und T_3 . (3 Punkte)
- b) Erwarten Sie bei T_1 oder bei T_2 ein grobkörnigeres Gefüge nach der Umwandlung? Begründen Sie Ihre Antwort kurz. (1 Punkt)

Aufgabe 14 **Technische Wärmebehandlung I** **7 Punkt(e)**

Industriell hergestelltes Kaltband muss vor der Weiterverarbeitung, z. B. vor dem Tiefziehen, rekristallisierend gegläht werden.

- a) Was ist das Ziel einer Rekristallisationsglühung? Welche Auswirkung ergibt sich für die mechanischen Eigenschaften in Bezug auf den Ausgangszustand (vor dem Kaltwalzen)? (2 Punkte)
- b) Wie unterscheidet sich die Rekristallisation von Wärmebehandlungen bei höheren Temperaturen ($T > A_{C1}$)? (1 Punkt)

- c) Nennen und begründen Sie die Voraussetzungen für die Rekristallisation des Gefüges! (2 Punkte).
- d) Industriell werden zwei unterschiedliche Verfahren zum Rekristallisieren von Kaltband eingesetzt. Nennen Sie die beiden Verfahren sowie den wirtschaftlichen Hauptvorteil des jeweiligen Verfahrens! (2 Punkte)

Aufgabe 15**Vergüten I****9 Punkt(e)**

Vergüten beschreibt die kombinierte Wärmebehandlung von Metallen, bestehend aus Härten und anschließendem Anlassen.

- a) Welche zwei möglichen Gefügebestandteile sind neben Martensit nach dem Härten von übereutektoiden Stählen zu erwarten? (2 Punkte)
- b) Nennen Sie drei Beiträge, die die kritische Abkühlgeschwindigkeit und somit das Prozessfenster beim Härten beeinflussen. (3 Punkte)
- c) Durch eine definierte Anlassbehandlung können Festigkeit und Zähigkeit eines martensitischen Werkstoffes gezielt eingestellt werden. Nennen Sie die Phänomene die während des Anlassens auftreten können. (4 Punkte)

Aufgabe 16**Vergüten II****4 Punkt(e)**

Skizzieren Sie qualitativ die Härteverläufe mit zunehmendem Abstand von der Stirnfläche für die folgenden drei Stähle: 38Cr2, 51CrV4, C22 in die untenstehende **Abbildung 1**.

Mit welchem Versuch werden die Härteverläufe ermittelt? (4 Punkte)

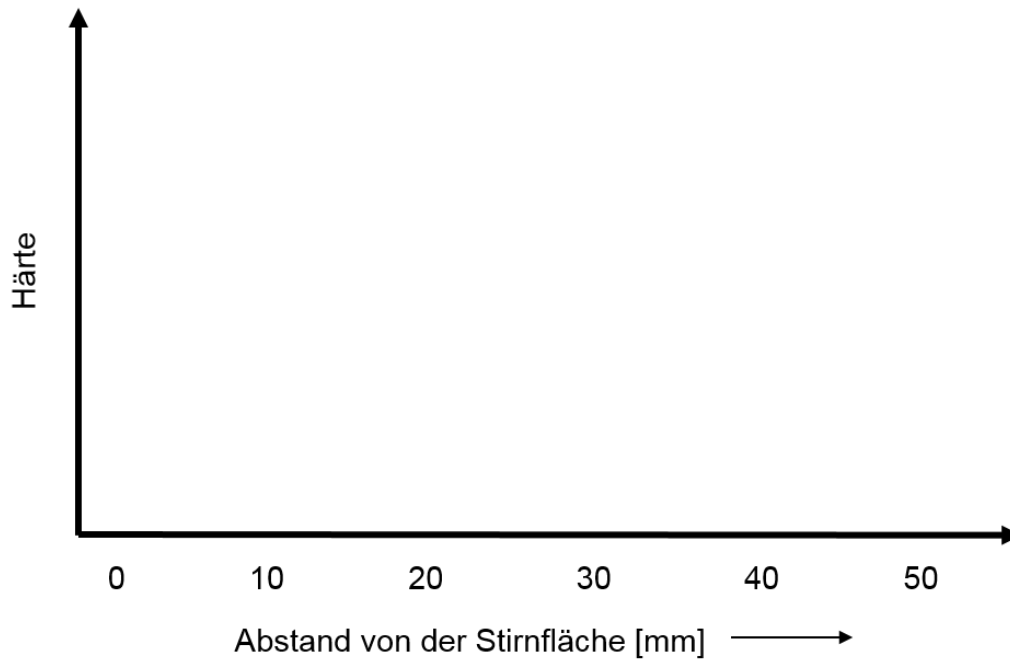


Abbildung 1

Aufgabe 17**Aluminiumwerkstoffe****3 Punkt(e)**

Ein häufig eingesetztes Verfahren für die Oberflächenveredlung von Aluminium ist das Eloxieren.

a) Was ist das Eloxieren? (1 Punkt)

b) Wie lassen sich Oberflächen hierdurch verändern? (2 Punkte)

Aufgabe 18**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)

