

Bachelorprüfung

„Werkstofftechnik der Metalle“

22.07.2015

Name:

Matrikelnummer:

Unterschrift:

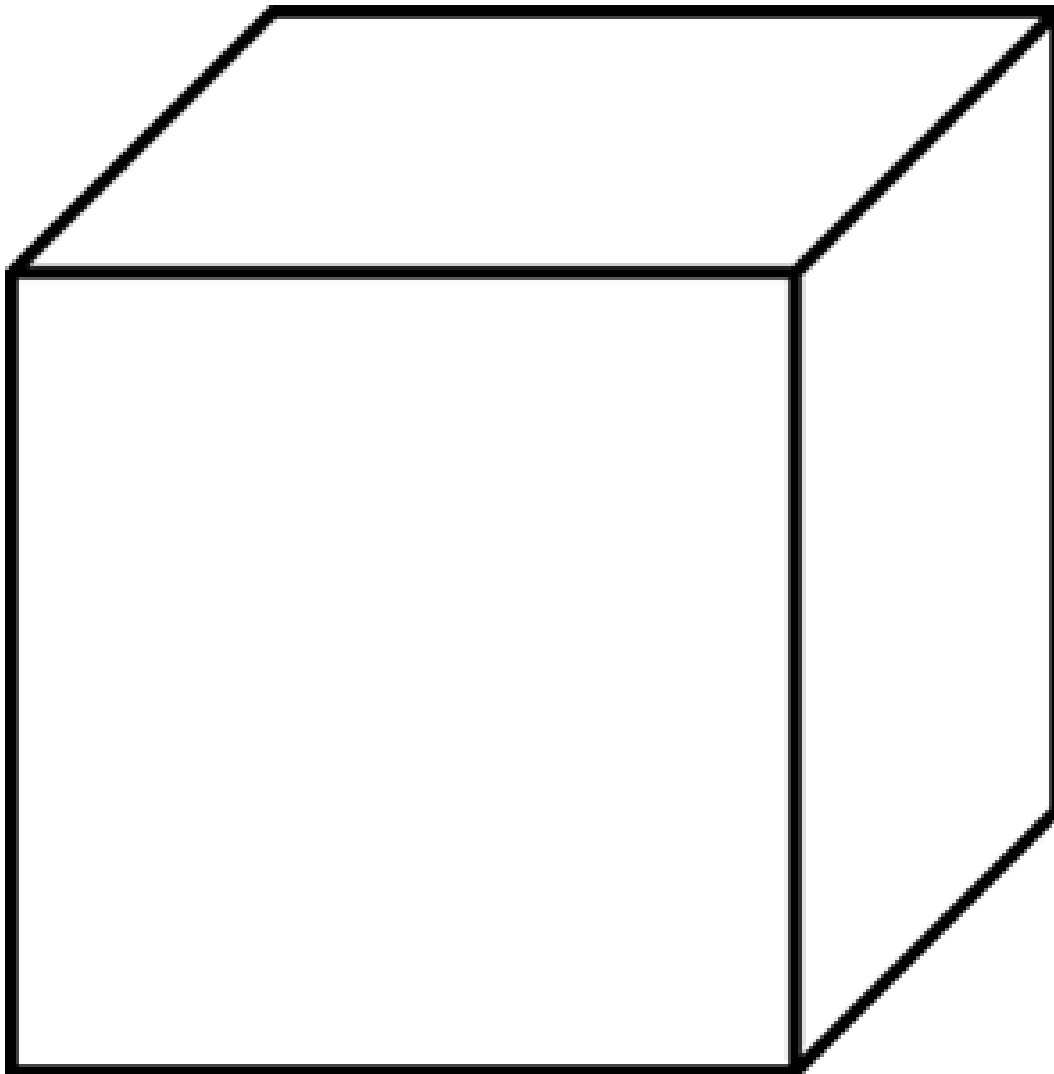
Aufgabe	Maximalanzahl an Punkten:	Punkte erreicht:	Punkte nach Einsicht (nur zusätzliche Punkte)
1	6		
2	5		
3	9.5		
4	6		
5	13		
6	8		
7	8		
8	9		
9	12		
10	5		
11	8		
12	6.5		
13	4		
Summe	100		

Zum Bestehen der Klausur werden 44% der Punkte benötigt.

Aufgabe 1**Kristallaufbau****6 Punkt(e)**

Reines Eisen hat bei Raumtemperatur eine krz Gitterstruktur.

- a) Markieren Sie alle möglichen Positionen des Eisenatoms (●) und alle möglichen Oktaederlücken (○) in der in Abbildung 1 angegebenen Elementarzelle von α -Eisen bei Raumtemperatur. (3 Punkte)



b) Berechnen Sie die theoretische Dichte von α -Eisen anhand der folgenden Werte:

Atomgewicht von Eisen: 55.847 g/mol

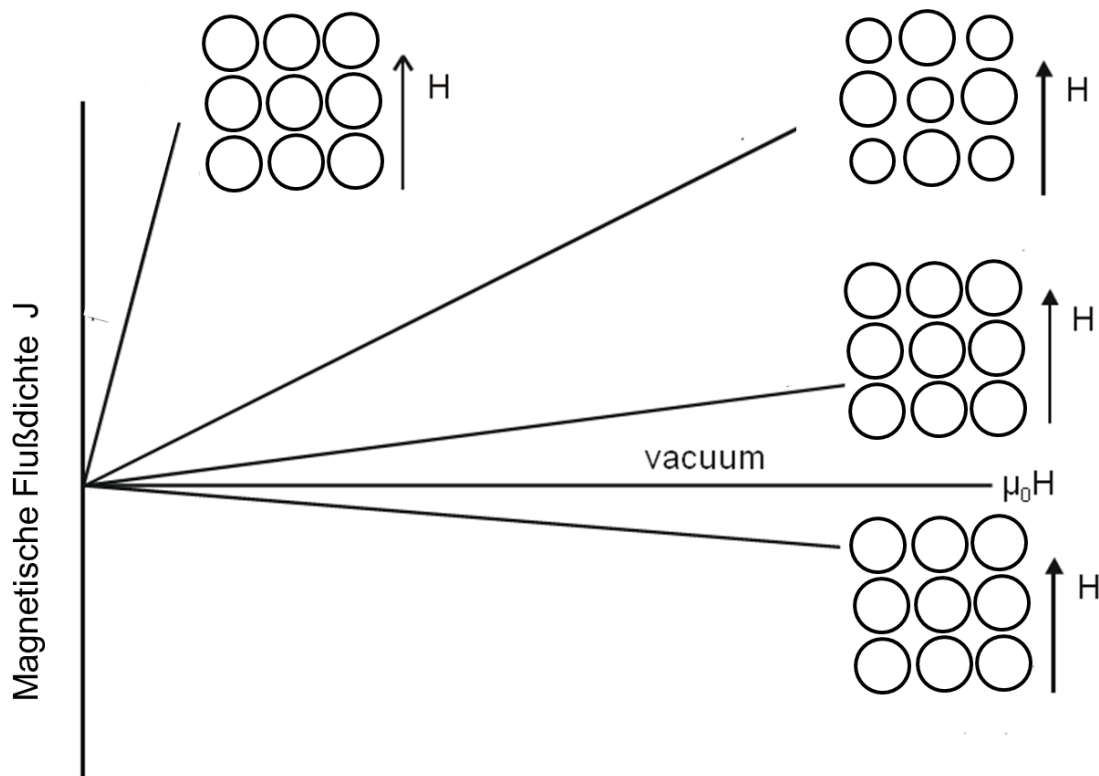
Avogadrozahl: $6.022 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}$

Gitterparameter von α -Fe: 2.86 Å.

Vergleichen Sie dies mit der realen Dichte von 7.874 g cm^{-3} . Was ist der Grund für den Unterschied der Dichte? (3 Punkte)

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

- a) Beschreiben Sie die unterschiedlichen Formen des Magnetismus von Metallen. Beschriften Sie hierfür die Linien entsprechend den Formen des Magnetismus und zeichnen Sie zusätzlich die magnetischen Momente in **Anlage 1** ein. (4 Punkte)

Anlage 1

- b) Erklären Sie kurz worum es sich bei der Curie-Temperatur (T_c) handelt. (1 Punkt)

Aufgabe 3**Legierungselemente****9.5 Punkt(e)**

- a) Zeichnen Sie das metastabile Phasendiagramm des Fe-C Systems. Markieren Sie die Phasen (L: Schmelze, α , δ : Ferrit, γ : Austenit, θ : Zementit) in den entsprechenden Phasengebieten. Die Zeichnung soll einen Kohlenstoffgehalt von 0 – 6 Gew.-% und eine Temperaturspanne von 500 – 1600 °C enthalten. (5.5 Punkte)

- b) Zementit wird unterschieden nach: (i) Primär-, (ii) Sekundär- und (iii) Tertiärzementit. Nach welchem Kriterium erfolgt die Klassifikation? Markieren Sie für die einzelnen Zementitklassen die relevante Phasengrenze und die entsprechende Kohlenstoffspanne in dem Diagramm, welches Sie für Aufgabe a) gezeichnet haben. (3 Punkte)
- c) Markieren Sie zusätzlich den Bereich, in dem sich voreutektoider Ferrit bildet. (1 Punkt)

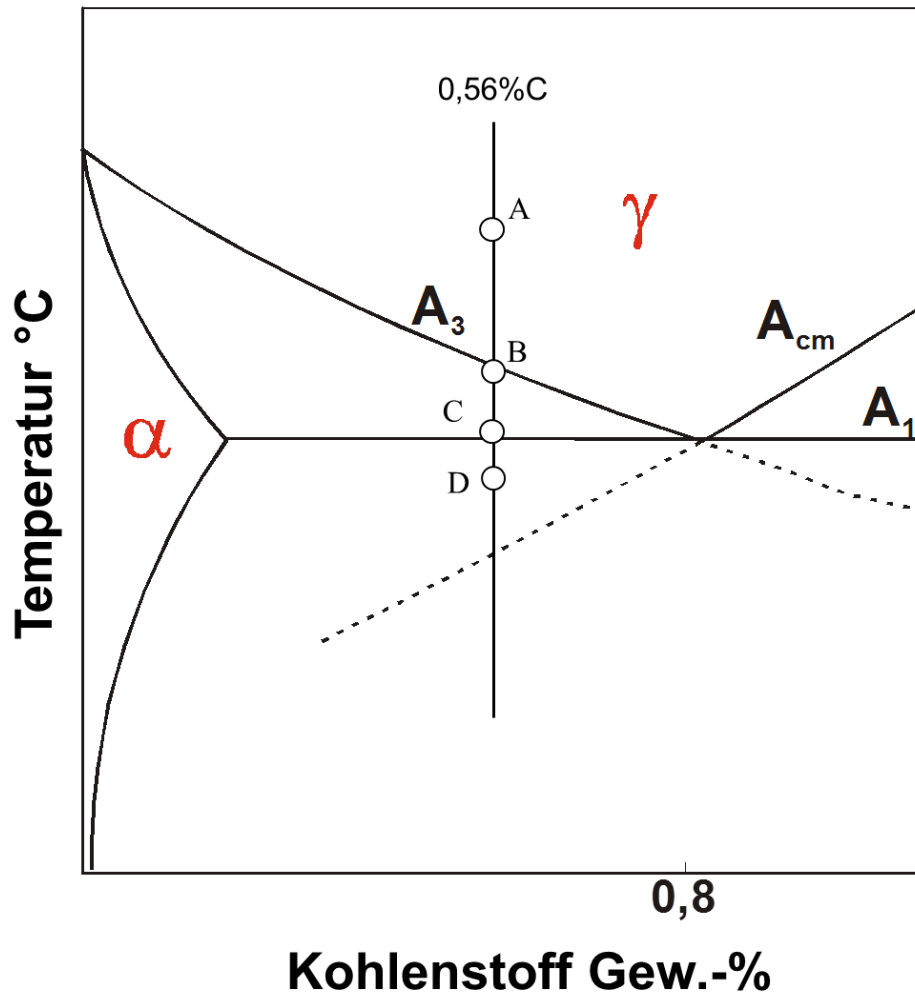
Aufgabe 4**Phasenumwandlungen****6 Punkt(e)**

Die Phasenumwandlung im festen Zustand kann durch eine Änderung der kristallinen Struktur erfolgen.

- a) Wie wird diese Phasenumwandlung genannt? (1 Punkte)
- b) Welche allotropen Modifikationen gibt es bei Eisen? Geben Sie die Temperaturbereiche an! (3 Punkte)
- c) Nennen Sie mindestens 2 weitere Metalle, die eine Phasenumwandlung mit Änderung der Kristallstruktur aufweisen. (2 Punkt)

Aufgabe 5**Ferrit-Perlit-Umwandlungen****13 Punkt(e)**

Gegeben ist ein Stahl mit 0,56 Gew.-%Kohlenstoff (siehe **Anlage 1**).

Anlage 1:

- a) Berechnen Sie das Verhältnis Ferrit zu Austenit am eingezeichneten Punkt C.
(5 Punkte)

- b) Skizzieren und beschriften Sie die Gefüge an den Punkten A, B, C und D. Gehen Sie dabei von einer gleichgewichtsnahen Abkühlung auf die jeweilige Temperatur aus. (8 Punkte)

Aufgabe 6**Martensitische-Umwandlungen****8 Punkt(e)**

Ein Charakteristikum des Martensits ist seine höhere Festigkeit gegenüber der austenitischen Mutterphase.

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

-
-
-
-

b) Zählen Sie vier Effekte auf, die zur Festigkeit des Martensits beitragen!
(4,0 Punkte)

-
-
-
-

Aufgabe 7**Bainitische-Umwandlungen****8 Punkt(e)**

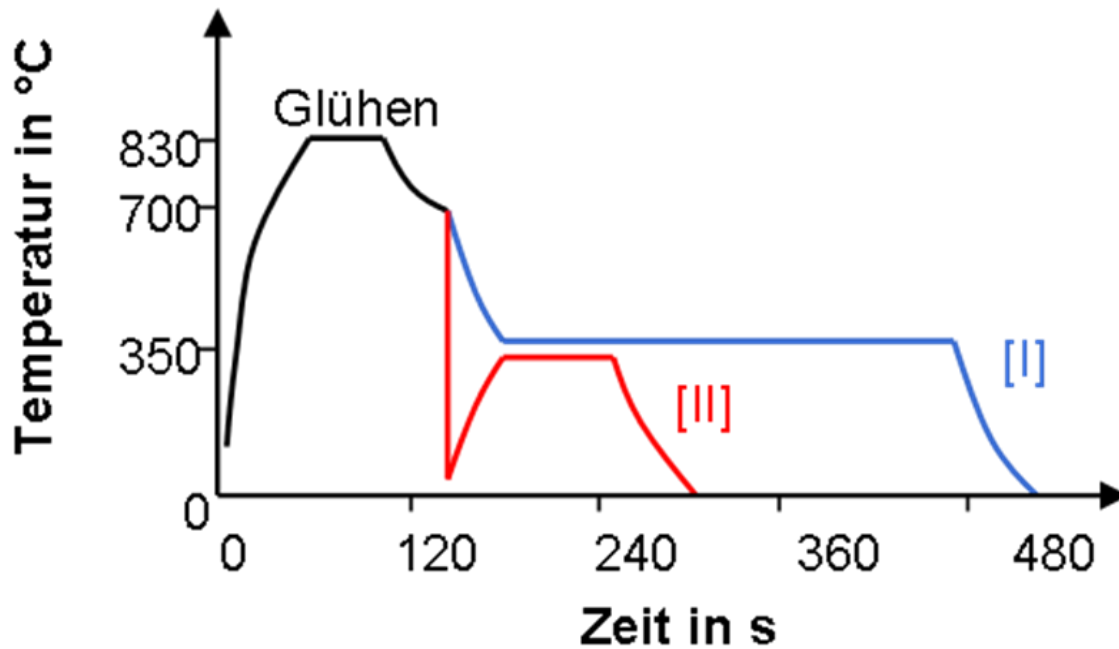
Bainitische Gefüge zeichnen sich durch eine günstige Kombination von Festigkeit und Zähigkeit aus. Die bainitische Umwandlung aus dem Austenit weist Merkmale sowohl der diffusiven als auch der diffusionslosen Umwandlung auf. Je nach Mechanismus der Umwandlung werden kohlenstoffarmer, oberer und unterer Bainit unterschieden.

- a) Erklären Sie die Entstehung von oberem und unterem Bainit für Stähle mit höherem Kohlenstoffgehalt! Nennen Sie dazu relevante Temperaturbereiche und illustrieren Sie Ihre Erklärung durch eine Skizze! (6 Punkte)

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

Aufgabe 8**Alterung****9 Punkt(e)**

In der Praxis werden zwei mögliche Wärmebehandlungsverfahren angewendet, um die Alterung eines Stahls zu vermeiden (siehe **Abbildung 1**).

**Abbildung 1**

a) Ergänzen Sie folgende Tabelle entsprechend ↓ niedrig und ↑ hoch. (4 Punkte)

	Glühzyklus I	Glühzyklus II
Unterkühlung		
Übersättigung		
Keimdichte		
Abstand der Ausscheidungen		

- b) Beschreiben und skizzieren Sie zusätzlich die Karbidverteilung im Gefüge nach den entsprechenden Wärmebehandlungen. (4 Punkte)

- c) Aus werkstofftechnischen Aspekten ist der Glühzyklus [I] zu bevorzugen. Welcher verfahrenstechnischen Aspekt spricht gegen Zyklus [II]? (1 Punkt)

Aufgabe 9**ZTU-Diagramme****12 Punkt(e)**

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

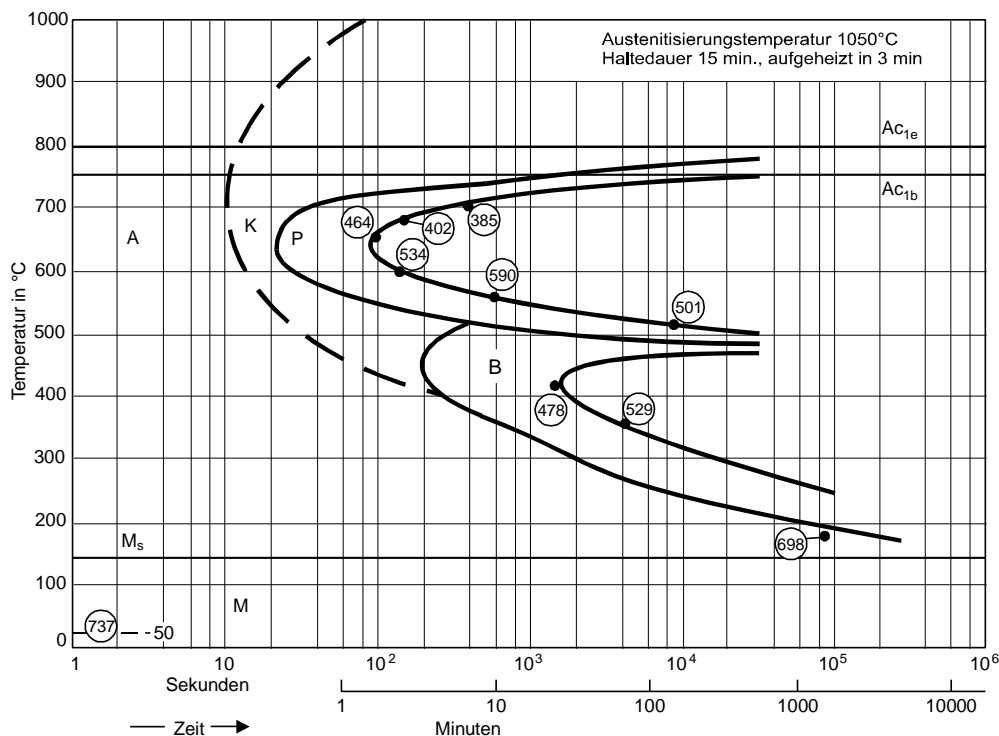
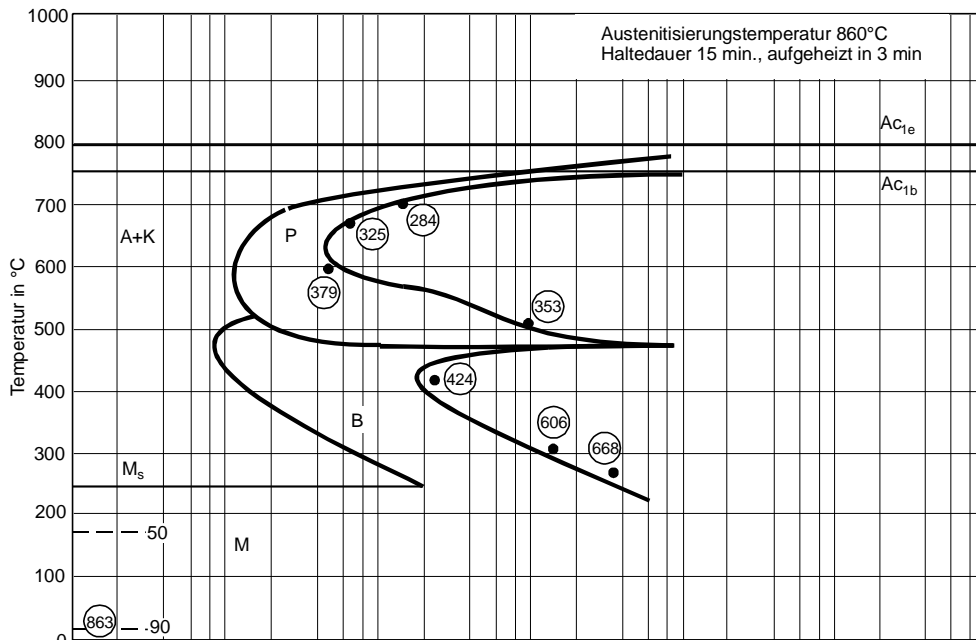
- 100% Perlit und Karbid mit maximaler Härte und
 - 100%Bainit und Karbid mit geringster Härte.
- a) Zeichnen Sie anhand der isothermischen ZTU-Schaubilder (**Anlage 1**) für den Stahl 100 Cr 6 die vollständige Wärmebehandlung (von Raumtemperatur bis Raumtemperatur) kleiner Proben mit genauen Temperatur- und Zeitangaben in ein Temperatur-Zeit-Diagramm. (8 Punkte)

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

Anlage 1

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

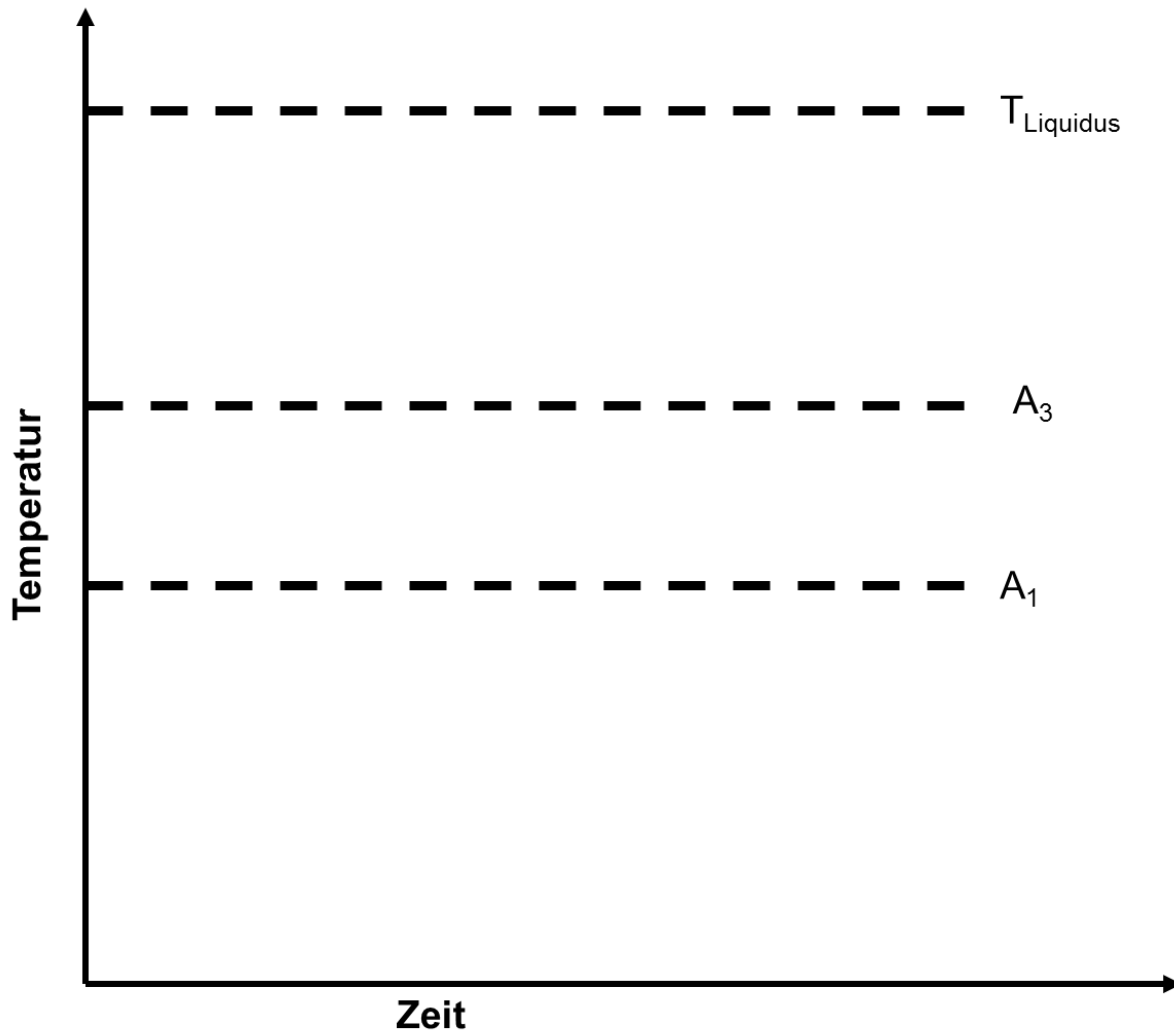


- A Bereich des Austenits
- A+K Bereich des Austenits und Karbids
- K Bereich der Karbidbildung
- Härtewerte in HV
- P Bereich der Perlitbildung
- B Bereich der Bainitbildung
- 50,90... Gefügeanteile in Prozent

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

Aufgabe 10**Technische Wärmebehandlungen****5 Punkt(e)**

- a) Welches Wärmebehandlungsverfahren wird verwendet um Seigerungen zu beseitigen, die sich nach dem Gießen gebildet haben? Skizzieren Sie dafür den Glühzyklus und geben Sie die Glühtemperatur und die Glühdauer an. (4 Punkte)

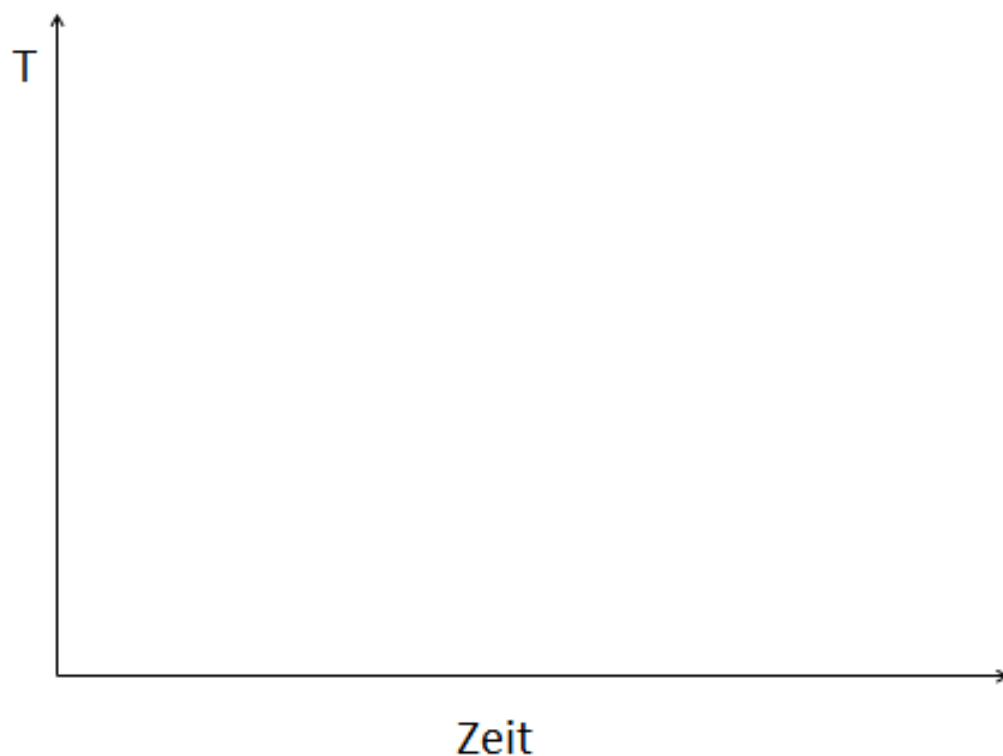


- b) Warum wird dieses Wärmebehandlungsverfahren in der Regel nur bei hochwertigen Bauteilen angewandt? (1,0 Punkte)

Aufgabe 11 Technische Wärmebehandlungen 8 Punkt(e)

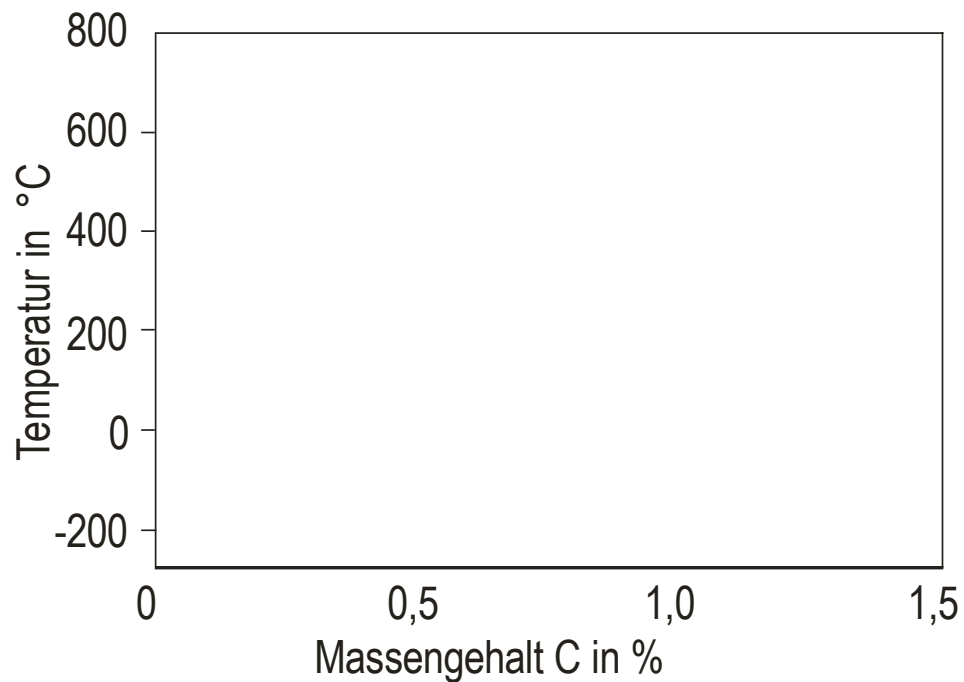
Das Vergüten beschreibt nach DIN EN 10052 ein kombiniertes Wärmebehandlungsverfahren.

- a) Nennen Sie die einzelnen Prozessschritte beim Vergüten und skizzieren Sie den Prozesszyklus in das Diagramm in Anhang 1. Markieren Sie die Bereiche, in denen Phasenumwandlungen stattfinden. (4 Punkte)

Anhang 1

- b) Skizzieren Sie den Verlauf der Martensit-Start-Temperatur (M_s) und den Verlauf der Martensit-Finish-Temperatur (M_f) in Abhängigkeit vom Kohlenstoffgehalt in das Diagramm in **Anhang 2** an. (2 Punkte)

Anhang 2



- c) Welche Auswirkungen ergeben sich für die Gefügeausbildung und die Gesamthärte für Stähle mit C-Gehalten $> 0,8$ Massen%? (2 Punkte)

Aufgabe 12**Nichteisenmetalle I****6,5 Punkt(e)**

Durch gestiegene Anforderungen an den Schadstoffausstoß von Kraftfahrzeugen ist der Karosserieleichtbau in den letzten Jahren immer wichtiger geworden. Bei der Auslegung einer neuen Oberklasselimousine hat der Hersteller daher auf die sogenannte Multi-Material-Bauweise zurückgegriffen.

a) Erklären Sie kurz was unter dem Begriff Multi-Material-Bauweise zu verstehen ist und nennen Sie jeweils zwei Vor- bzw. Nachteile. (3 Punkte)

b) Neben den weiterhin verwendeten Stählen sollen auch Aluminium- und Magnesiumbauteile zum Einsatz kommen. Füllen Sie die unten stehende Tabelle mit den ungefähren Werten für die Dichte, den Schmelzpunkt und den E-Modul aus. (3,5 Punkte)

	Dichte g/cm ³	Schmelzpunkt °C	E-Modul GPa
Fe	7,85	1539	
Al			
Mg			

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

Neben dem Einsatz im Kraftfahrzeug wird auch im Flugzeugbau häufig auf Nichteisenmetalle zurückgegriffen. Hier kommen meist Titan oder Titanlegierungen zum Einsatz.

- a) Nennen Sie einen Vor- sowie einen Nachteil für den Einsatz von Titan. (2 Punkte)
- b) Nennen Sie zwei Ihnen bekannte Minerale, die zur Herstellung von reinem Titan genutzt werden und geben Sie die chemische Zusammensetzung an. (2 Punkte)