

**Bachelorprüfung**

**"Werkstofftechnik der Metalle"**

**am 02.09.2013**

**Name:**

**Matrikelnummer:**

Aufgabe	Maximale Punkte	Erreichte Punktzahl	Einsicht: (nur neue Teilpunkte angeben, <b>nicht</b> neue Gesamtpunktzahl pro Aufgabe)
1	4,0		
2	10,0		
3	5,0		
4	3,0		
5	5,0		
6	5,0		
7	8,0		
8	6,5		
9	1,5		
10	2,0		
	$\Sigma 50$		

Zum Bestehen der Klausur müssen mindestens 44% der Punkte erreicht werden.

---

**Aufgabe 1** **Physikalische Eigenschaften** **4 Punkte**

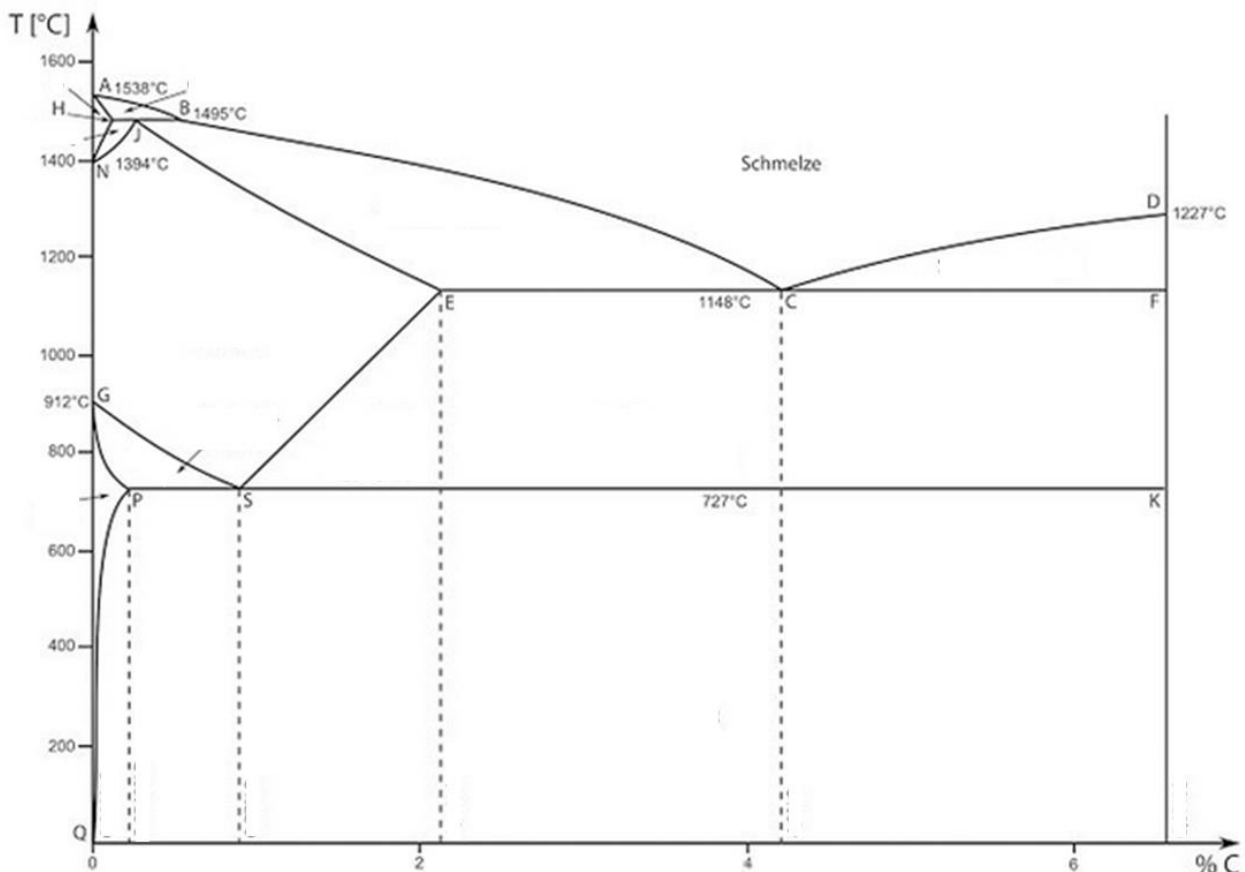
Gegeben ist ein hexagonales Gitter.

- a) Berechnen Sie die Gitterkonstanten  $a$  und  $c$  in Abhängigkeit vom Kugelradius  $R$  und anschließend das ideale  $c/a$  Verhältnis. Geben Sie die Raumerfüllung des hexagonalen Gitters an. Vergleichen Sie die Raumerfüllung der Elementarzelle des hexagonalen Gitters mit der Raumerfüllung der kubischen Elementarzellen und erläutern Sie kurz warum diese mit einer der beiden kubischen Konfigurationen übereinstimmt. (2.5 P)
- b) Ordnen Sie die folgenden Legierungselemente den Gruppen substitutioneller und interstitieller Lösung zu (1.5 Punkte).

C Cr Cu Mn N Nb O P Si Ti V

**Aufgabe 2****Legierungen des Eisens****10 Punkte**

- a) Bezeichnen Sie alle Phasenräume des Zustandsschaubildes für das metastabile System Fe-Fe<sub>3</sub>C im Temperaturbereich von 400 bis 1600°C und im Kohlenstoffbereich von 0 bis 6,67 Massen-% C (**Anlage1**). (5 Punkte).



Anlage1: Metastabiles System Fe-Fe<sub>3</sub>C

- b) Welche drei Zementitarten werden unterschieden? Geben Sie an, aus welcher Phase die Zementitarten entstehen und markieren Sie den jeweiligen Bildungsbereich (1.5 Punkte).
- c) Bei welcher Temperatur erfolgt die magnetische Umwandlung vom Ferro- zum Paramagnetismus (0,5 Punkte)?
- d) Berechnen Sie die Phasenzusammensetzung bei einer Temperatur von 800°C wenn der C-Gehalt des Stahls bei 0.3% liegt. (3P.)





**Aufgabe 3****Phasenumwandlung****5 Punkte**

Das Einstellen eines martensitischen Gefüges ist das Ziel des Härtens. Die martensitische Umwandlung wird wesentlich vom Kohlenstoffgehalt des Stahls und den Bedingungen der Austenitisierung bestimmt.

- Ergänzen Sie in Abbildung 1 die Martensit-Start-Temperatur  $M_s$  und die Martensit-Finish-Temperatur  $M_f$ ! (1,0 Punkte)

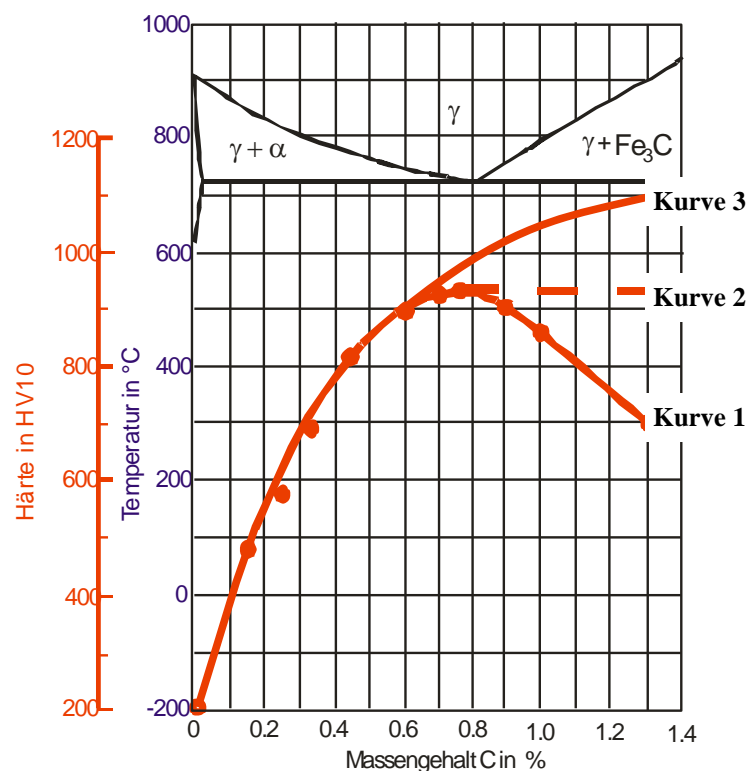


Abbildung 1

Neben der  $M_s$ -Temperatur wird auch der Restaustenitgehalt nach dem Abschrecken auf Raumtemperatur stark vom Kohlenstoffgehalt des Stahls beeinflusst.

- Skizzieren Sie in Abbildung 2 den Restaustenitgehalt nach dem Härten als Funktion des Kohlenstoffgehalts! (1,0 Punkte)

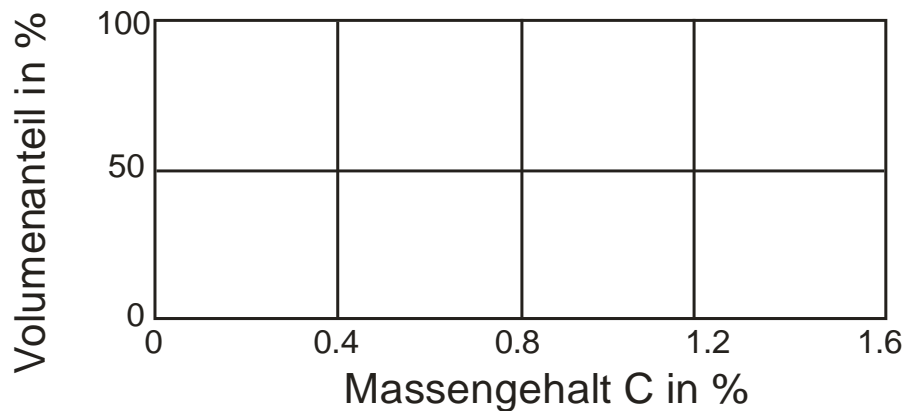


Abbildung 2

Für eine wissenschaftliche Veröffentlichung haben Sie drei Versuchsreihen zum Härten durchgeführt. Für gleiche Kohlenstoffgehalte wurden unterschiedliche Austenitisierungstemperaturen oder Abschreckbedingungen gewählt:

Versuchsreihe 1:

Austenitisieren im reinen Austenit-Gebiet + Abschrecken in Wasser

Versuchsreihe 2:

Austenitisieren im reinen Austenitgebiet + Abschrecken in flüssigem Stickstoff

Versuchsreihe 3:

Austenitisieren im Zweiphasengebiet Austenit /  $\text{Fe}_3\text{C}$  + Abschrecken in Wasser

Die Ergebnisse der anschließenden Härtemessungen sind als Kurve 1, Kurve 2 und Kurve 3 in Abbildung 1 dargestellt.

- Ordnen Sie die Versuchsbedingungen den Kurvenverläufen zu! (1,5 Punkte)

Versuchsreihe 1 => Kurve \_\_\_

Versuchsreihe 2 => Kurve \_\_\_

Versuchsreihe 3 => Kurve \_\_\_

Erklären Sie die Kurvenverläufe stichpunktartig! (1.5 Punkte)





---

<b>Aufgabe 4</b>	<b>Alterung</b>	<b>3 Punkte</b>
------------------	-----------------	-----------------

---

Die Alterung von Stahl ist maßgeblich in die Bereiche Keimbildung, Keimwachstum und Vergrößerung einzuteilen. Geben Sie die Gleichung wieder, welche das Keimwachstum mit Hilfe einer Funktion beschreibt und benennen Sie die Funktionsparameter. (1P.) Erläutern Sie anhand einer Skizze ( $W(t)/t$ ) wie sich die ausgeschiedene Menge an Keimen  $W(t)$  bei Veränderung des Exponenten verändert und erläutern Sie mit wenigen Worten welche Einflüsse diesen Exponenten beeinflussen. (2P.)



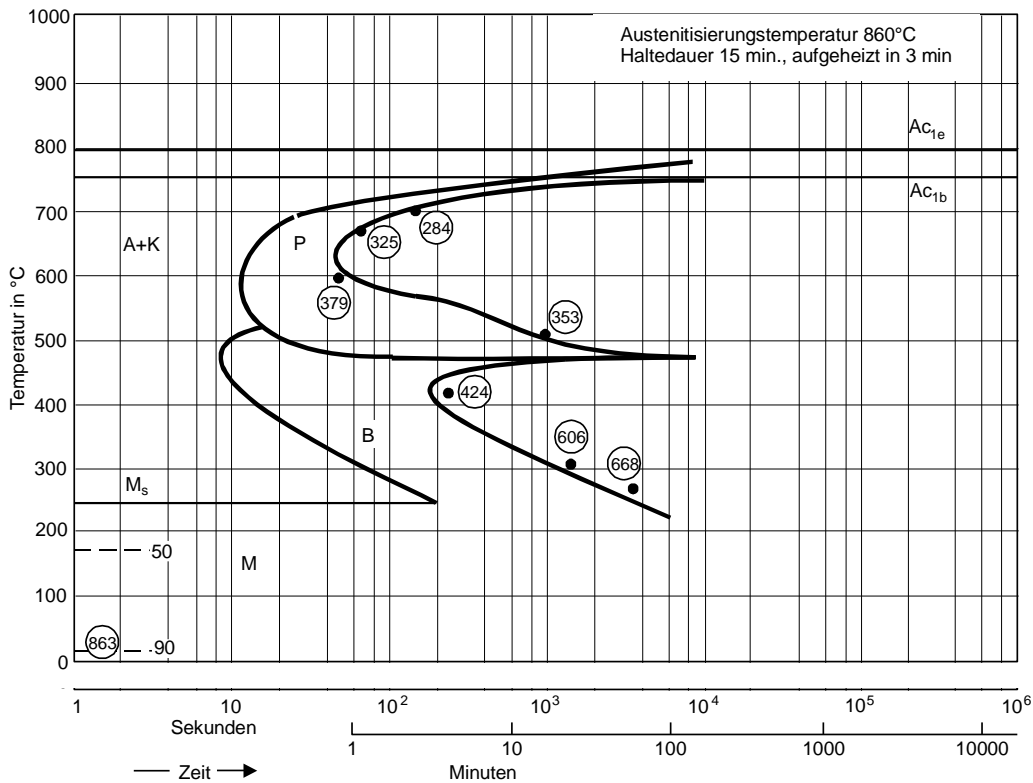
**Aufgabe 5** **Gefügeeinstellung** **5 Punkte**

In Anlage 1 ist ein Diagramm dargestellt.

- a) Wie wird dieser Typ von Diagramm genannt? (0,5P)
- b) Erklären Sie, wie solche Diagramme aufgenommen werden? (2P)
- c) Skizzieren Sie den vollständigen Zyklus zur Einstellung eines perlitischen Stahls mit einer Härte von 379HV10. (2,5P)

**Anlage 1**

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

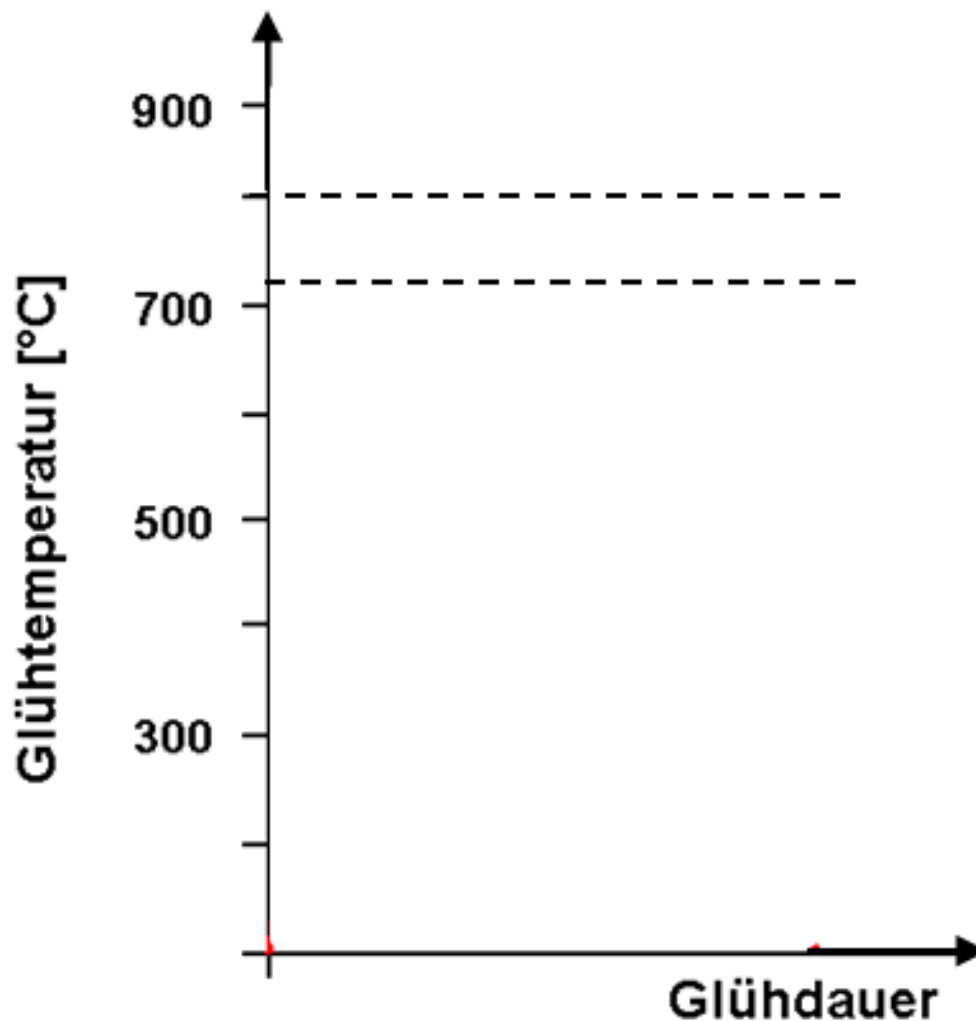
Aufheizzeit	
1. Haltezeit	
Austenitierungstemperatur	
Haltetemperatur	
2. Haltezeit	



**Aufgabe 6****Wärmebehandlung****5 Punkte**

Das Normalglühen ist eines der häufigsten Wärmebehandlungsverfahren für Stahl und Gusseisen.

- Welche Ziele werden beim Normalglühen verfolgt? (je 0,5 → 1,5 Punkte)
- Skizzieren Sie den Glühzyklus für diese Wärmebehandlung. Geben Sie dafür die Glühdauer und die Glühtemperaturen für unter- und übereutektoide Stähle an. Was muss bei der Glühdauer beachtet werden, begründen Sie! (2,5 Punkte)



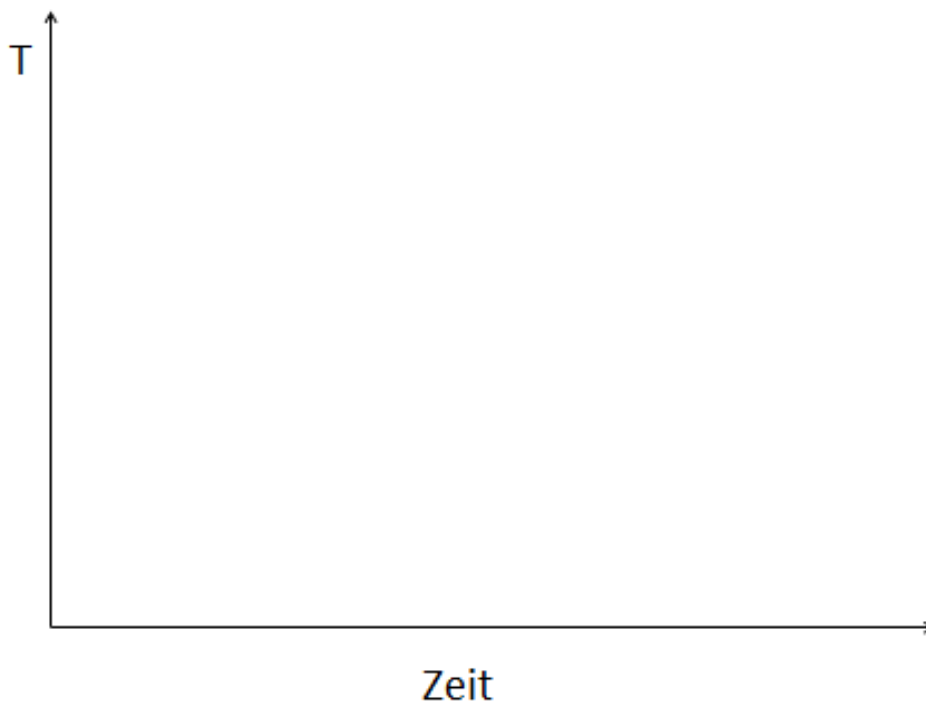
- Nennen Sie 2 Beispiele für die Anwendung des Normalglühens. (1,0 Punkte)



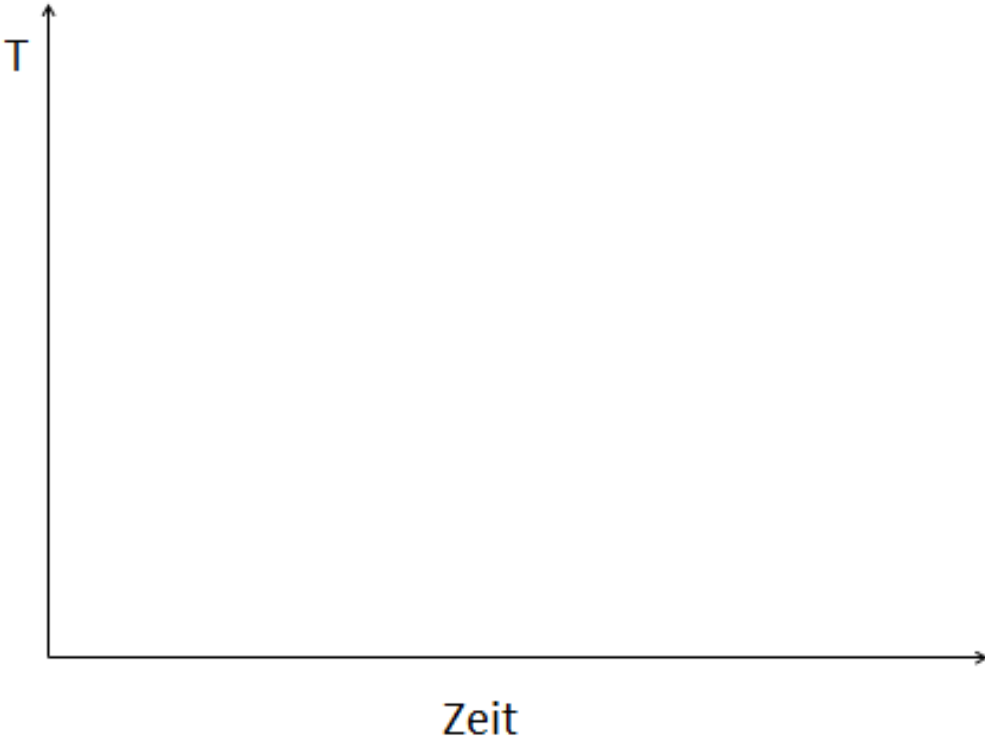
**Aufgabe 7****Vergüten 14****8 Punkte**

Das Vergüten beschreibt nach DIN EN 10052 ein kombiniertes Wärmebehandlungsverfahren.

- a) Nennen Sie die einzelnen Prozessschritte beim Vergüten und skizzieren Sie den Prozesszyklus im Diagramm 1! (1,5 Punkte)



- b) Welche Eigenschaften des Stahls sollen durch das Vergüten verbessert werden? Nennen Sie 2 Beispiele! (1,0 Punkte)
- c) Welche Gefüge liegen nach den einzelnen Prozessschritten vor? (1,0 Punkte)
- d) Warum liegen die C-Gehalte der Vergütungsstähle im Allg. zwischen 0,25 und 0,8 Massen% C? (1,0 Punkte)
- e) Die thermochemische Behandlung des Einsatzhärtens gibt die Möglichkeit die Eigenschaften eines Stahls positiv zu beeinflussen. Bitte erklären Sie die grundsätzlichen Prozessschritte des Einsatzhärtens. Nennen sie ebenfalls eine Verfahrensvariante unter zu Hilfenahme einer Prozessskizze und erläutern Sie den Effekt des Einsatzhärtens auf die Dauerfestigkeit. (3.5 P.)







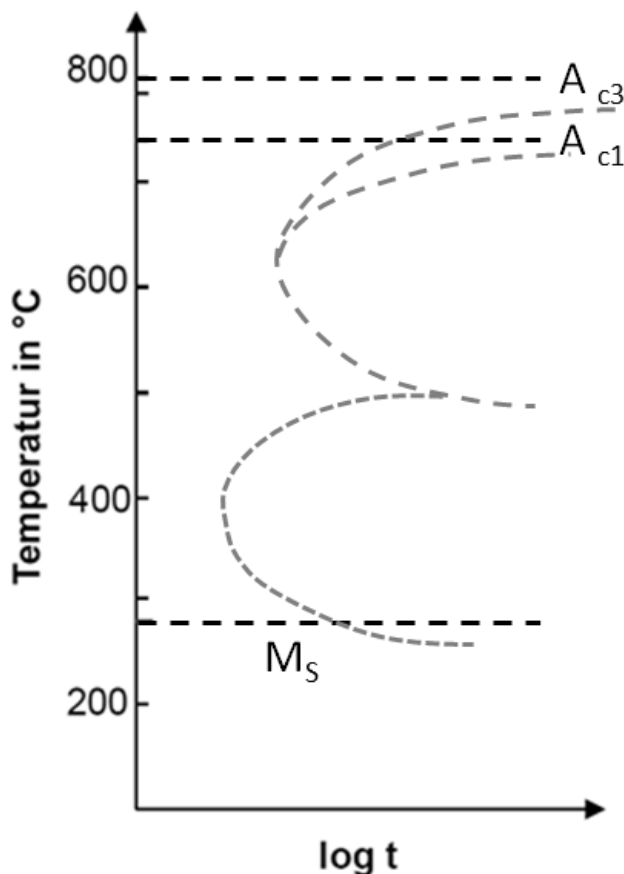
**Aufgabe 8****Phasenumwandlung BU****6.5 Punkte**

Die Isotherme Umwandlung des unterkühlten Austenits bietet unterschiedliche Möglichkeiten der Gefügeeinstellung.

a) Bitte ergänzen Sie in dem dargestellten Diagramm die möglichen Phasen. Ergänzen Sie anschließend darin die Bereiche in denen das Gefüge als

- Oberer Perlit
- Unterer Perlit
- Oberer Bainit und
- Unterer Bainit

vorliegt. Erläutern Sie darauffolgend wie die typischen Karbidlängen dieser Phasen einzuschätzen sind und erklären Sie kurz warum sich die Karbidlängen in den einzelnen Phasen unterscheiden. (3.5P.)



b) Erläutern Sie mit Hilfe einer schematischen Skizze die Gefügestruktur des oberen und unteren Bainit. (1 P)

- 
- c) Gegeben ist ein CMn-Stahl der aufgrund der Wärmeführung im Grenzbereich des Martensit/Bainit Gebiets umwandelt. Erläutern Sie kurz die Einwirkung von Bor auf das Umwandlungsverhalten dieses Stahls und geben Sie kurz die damit verbundene tendenzielle Entwicklung der Festigkeitskennwerte und Kerbschlagbiegeenergien wieder. (2P.)



**Aufgabe 9****NE-Werkstoffe****1.5 Punkte**

---

Welche Legierungssysteme werden mit den Begriffen

- Neusilber
- Bronze
- Messing

beschrieben? (1,5 Punkte)

**Aufgabe 10****NE-Werkstoffe****2 Punkte**

- a) Nennen Sie den Grund warum Reintitan trotz seiner niedrigen Elektronegativität korrosions-beständig ist. (0.5P)
- b) Vergleichen Sie bitte ebenfalls die Größenordnungen der Zugfestigkeit, des E-Moduls und die Dichte eines S235 und Reintitan. (1.5P.)

	<b>Ti</b>	<b>S235</b>	Faktor
R <sub>m</sub> MPa			
E-Modul GPa			
Dichte g/cm <sup>3</sup>			