

**Bachelorprüfung**

**„Werkstofftechnik der Metalle“**

**01.03.2016**

**Name:**

**Matrikelnummer:**

**Unterschrift:**

Aufgabe	Maximalanzahl an Punkten:	Punkte erreicht:	Punkte nach Einsicht (nur zusätzliche Punkte)
1	9		
2	14		
3	6		
4	3		
5	4		
6	9		
7	8		
8	8		
9	8		
10	6		
11	4		
12	6		
13	9		
14	6		
Summe	100		

Zum Bestehen der Klausur werden 44% der Punkte benötigt.

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

- a) Für metallische Werkstoffe gibt es drei wichtige Gittertypen. Vervollständigen Sie die Tabelle 1. (6 Punkte)

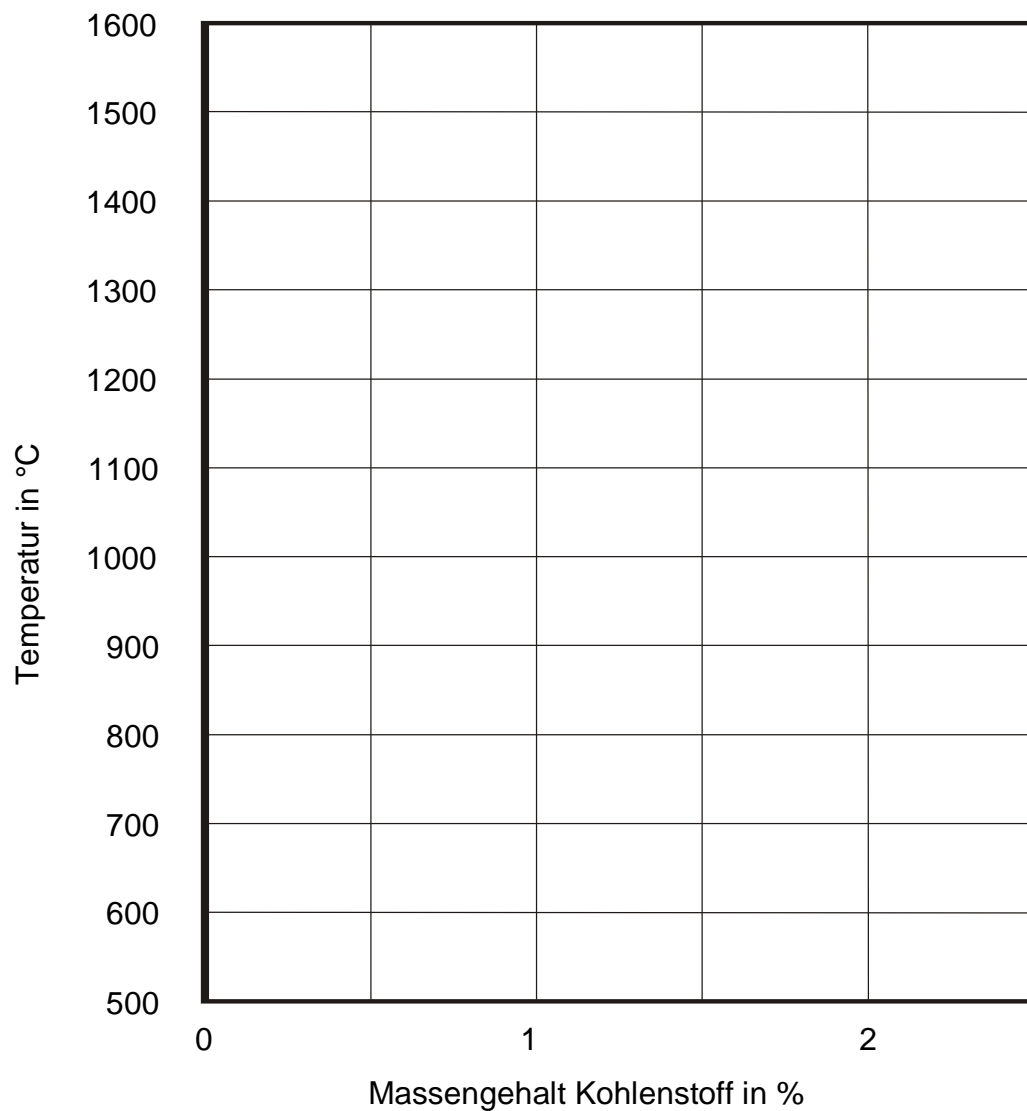
Gittertyp	Atome pro Elementarzelle	Raumerfüllung [%]	Anzahl der Oktaederlücken/EZ	Anzahl der Tetraederlücken/EZ
kfz				
krz				
hex/ hdp				

Tabelle 1

- b) Zeichnen Sie die Elementarzellen (EZ) der drei Gittertypen. (3 Punkte)

**Aufgabe 2****Legierungen des Eisens****14 Punkt(e)**

- a) In der Werkstoffkunde nimmt das metastabile Fe-Fe<sub>3</sub>C-Phasendiagramm einen wichtigen Platz ein. Zeichnen Sie das Diagramm in die beigefügte **Anlage 1** ein. Bezeichnen Sie die Phasenräume und geben Sie die charakteristischen Temperaturen an. (8 Punkte)



- b) Geben Sie für die i) eutektische, ii) eutektoide und iii) peritektische Umwandlung die beteiligten Phasen an und geben Sie zusätzlich deren Kohlenstoffgehalte an. (6 Punkte)

**Aufgabe 3****Legierungen des Eisens****6 Punkt(e)**

Ein unlegierter Stahl mit einem C-Gehalt von 1,2% Gew.-% 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)

i)

ii)

iii)

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

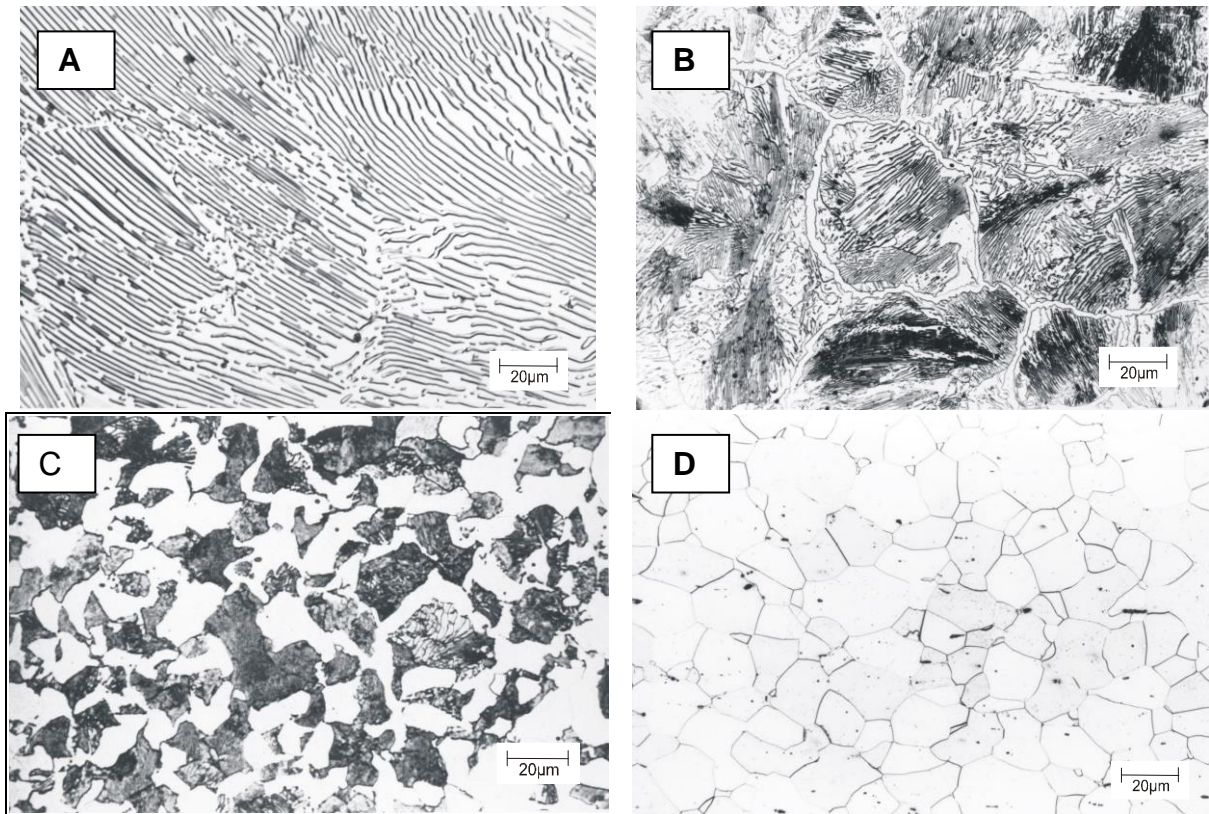
**Aufgabe 4****Perlitische Umwandlung****3 Punkt(e)**

- a) Bei der Abkühlung stellt sich ein definierter Lamellenabstand im Perlit ein. Wie wird der Lamellenabstand durch die Unterkühlung beeinflusst? Geben Sie zudem eine empirische Relation für diese Beeinflussung an. (2 Punkte)
- b) Perlit bildet sich unter dem Auftreten von Rekaleszenz. Was versteht man darunter? (1 Punkt)

**Aufgabe 5****Perlitische Umwandlung****4 Punkt(e)**

Je nach Legierungszusammensetzung und Wärmebehandlung weisen Stähle unterschiedliche Gefüge auf. Ordnen Sie die in **Anlage 1** dargestellten Gefügebilder der jeweiligen Stahlsorte zu und benennen Sie die einzelnen Gefügebestandteile.

- kohlenstoffarmer Stahl (1 Punkt)
- eutektoider Stahl (1 Punkt)
- übereutektoider Stahl (1 Punkt)
- untereutektoider Stahl (1 Punkt)

**Anlage 1:**

**Aufgabe 6****Martensitische Umwandlung****9 Punkt(e)**

Austenit wandelt bei sehr großen Unterkühlungen in Martensit um. Eine charakteristische Eigenschaft des Martensits ist seine höhere Festigkeit gegenüber der Mutterphase. Die Umwandlung wird mit einem zweistufigen Modell erklärt: nach einer gitterverändernden Deformation schließt sich eine gitterinvariante Deformation an.

- a) Erklären Sie stichpunktartig das Bain-Modell für die gitterverändernde Deformation! Illustrieren Sie Ihre Erläuterungen durch eine beschriftete, dreiteilige Skizze der kristallografischen Vorgänge! (5,0 Punkte)

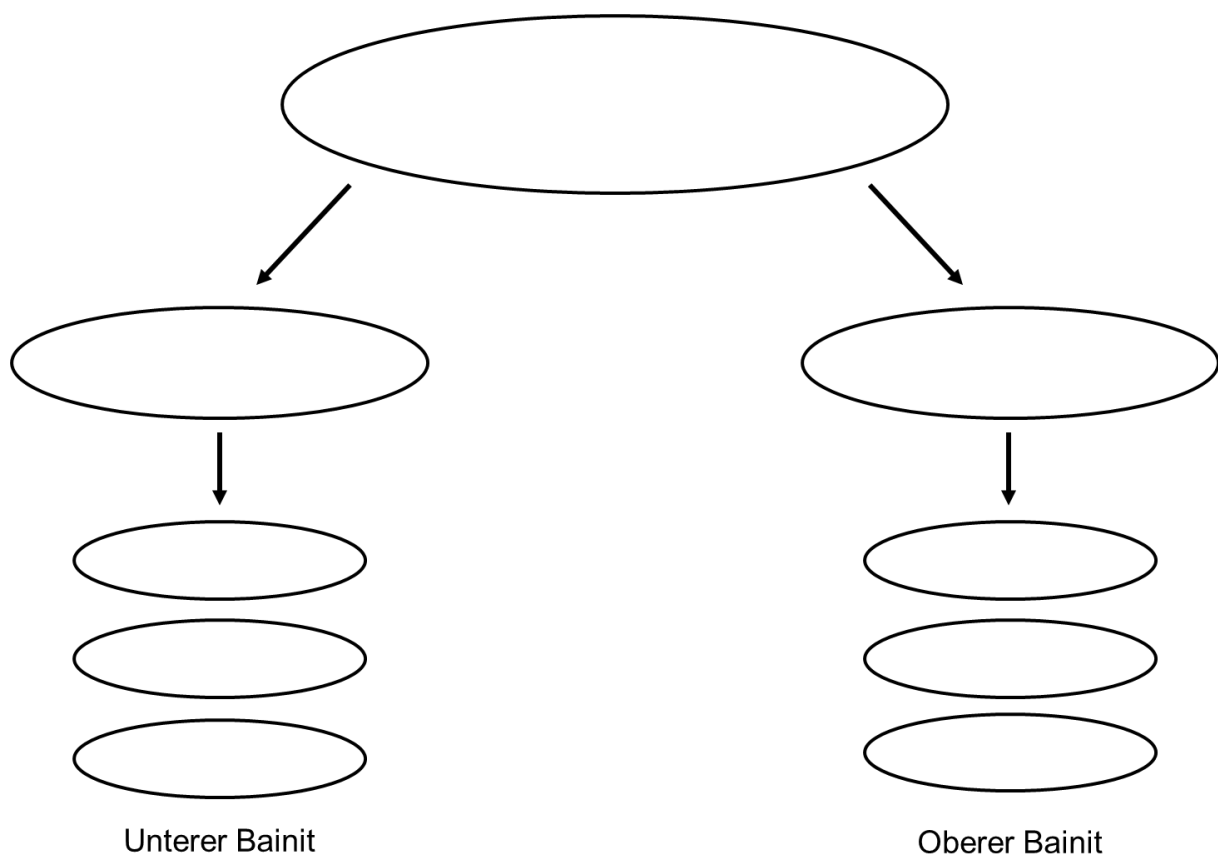
- b) Zählen Sie vier Effekte auf, die zur Festigkeit des Martensits beitragen! (4,0 Punkte)



**Aufgabe 7****Bainitische Umwandlung****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. Nennen Sie dazu relevante Temperaturbereiche! (6 Punkte)

**Anlage 1**

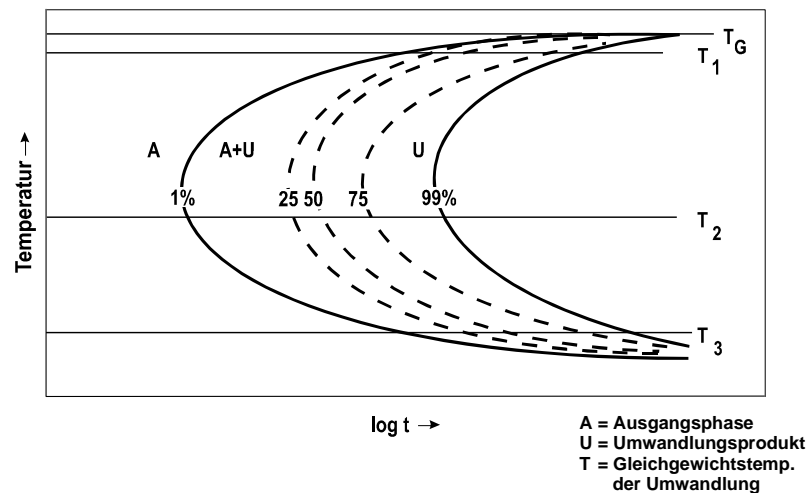
- b) Welche Zweitphasen können bei der bainitischen Umwandlung in der kubisch-raumzentrierten Matrix vorliegen? Nennen Sie mindestens zwei von diesen. (2 Punkte)



- d) Aus welchen zwei Gründen ist das Phänomen aus c) nicht wünschenswert? Nennen Sie zwei Gründe! (1 Punkt)
- e) Alterungsempfindliche Tiefziehbleche werden vor der Auslieferung dressiert, um die Folgen der Alterung zu umgehen. Was ist mit „Dressieren“ gemeint und wie wirkt diese Abhilfemaßnahme? (1,5 Punkte)
- f) Welche weiteren Abhilfemaßnahmen gegen die Alterung kennen Sie? Nennen Sie mindestens zwei! (1 Punkt)
- g) Im Automobilbau wird die künstliche Alterung während des Einbrennlackierens von Karosserieblechen ausgenutzt. Benennen Sie den Effekt! Welche mechanische Eigenschaft ist besonders betroffen, in welcher Größenordnung liegt die Verbesserung? (1 Punkt)

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

Gegeben ist in **Anlage 1** eine schematische Darstellung des typischen C-förmigen Verlaufs einer diffusionskontrollierten Umwandlung in einem isothermischen ZTU-Schaubild.

**Anlage 1:**

- a) Erklären Sie die zeitliche Verschiebung von Umwandlungsbeginn und Ende bei den eingezeichneten Temperaturen  $T_1$ ,  $T_2$  und  $T_3$ . (6 Punkte)

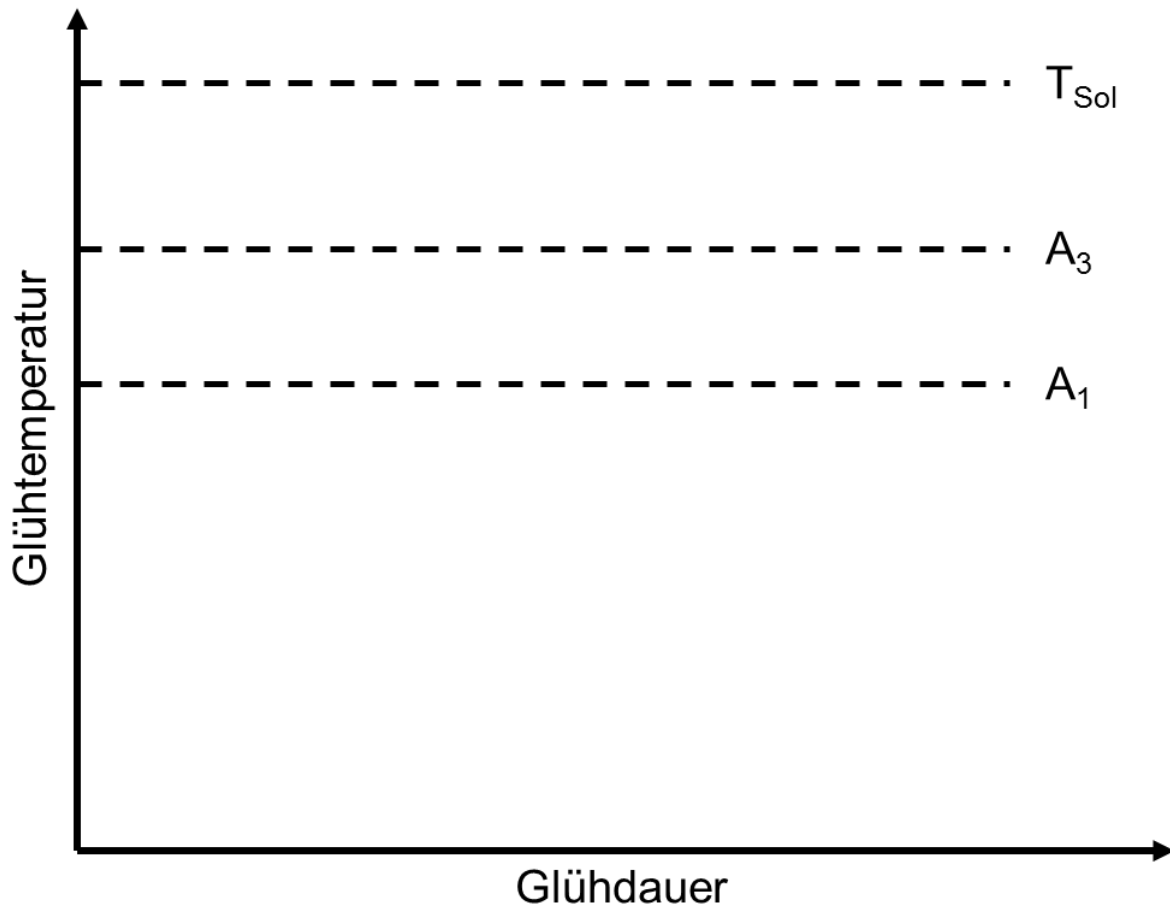
- b) Erwarten Sie bei  $T_1$  oder bei  $T_2$  ein grobkörnigeres Gefüge nach der Umwandlung? Begründen Sie Ihre Antwort kurz. (2 Punkte)

**Aufgabe 10** **Technische Wärmebehandlung I** **6 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 Punkt)
- b) Welches Wärmebehandlungsverfahren wird verwendet um diese Art von Seigerungen zu beseitigen? (1 Punkt)

- c) Geben Sie die Glüh­temperatur und die Glüh­dauer an für die Wärmebehandlung aus Teilaufgabe b) und skizzieren Sie dafür den Glüh­zyklus! (3 Punkte)



- d) Warum wird dieses Wärmebehandlungsverfahren in der Regel nur bei hochwertigen Bauteilen angewandt? (1 Punkt)

**Aufgabe 11                      Technische Wärmebehandlung II                      4 Punkt(e)**

Zahlreiche Bauteile mit komplexer Geometrie, z. B. im Automobilbau, werden durch Tiefziehen von Feinblech hergestellt. Hierfür ist nach dem Kaltwalzen eine bestimmte Wärmebehandlung des Stahlbandes zur Einstellung eines kaltumformbaren Gefüges notwendig.

- a) Welche Wärmebehandlung ist gemeint und welches Ziel wird damit verfolgt? (2 Punkte)
- b) Welche beiden Verfahrensvarianten werden industriell für diese Wärmebehandlung eingesetzt? (2 Punkte)



**Aufgabe 12****Vergüten****6 Punkt(e)**

Die Härtebarkeit beschreibt die Fähigkeit eines Stahles, nach Austenitisieren durch Abschrecken in Martensit und/oder Bainit umzuwandeln. Sie wird durch den Härteverlauf in Abhängigkeit vom Abstand zur mit Wasser abgeschreckten Oberfläche eines Werkstückes gekennzeichnet (Stirnabschreckversuch nach Jominy).

- a) Nennen Sie zwei substitutionelle Legierungselemente, die die Härtebarkeit erhöhen (2 Punkte)
- b) Gegeben sind die Stirnabschreckkurven für die Stähle C45 und 51CrV4 in Abbildung 1. Welcher Werkstoff muss ausgewählt werden, wenn ein zylindrisches Bauteil mit einem Durchmesser von 15 mm auf mindestens 60 HRC gehärtet werden soll? Ordnen Sie den beiden Stählen die jeweilige Stirnabschreckkurve zu (2 Punkte)

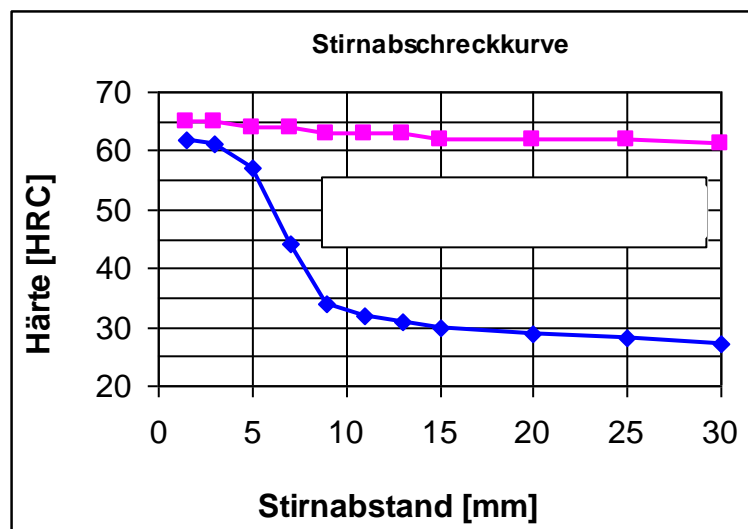


Abbildung 1: Stirnabschreckkurven für C45 und 51CrV4

- c) Welchen Einfluss erwarten Sie beim Härten auf die Duktilität des Werkstoffs? Wie kann eine optimale Kombination von Festigkeit und Duktilität eingestellt werden? (2 Punkte)

**Aufgabe 13****Aluminiumlegierungen****9 Punkt(e)**

Bei den Aluminiumlegierungen wird zwischen naturharten und aushärtbaren Werkstoffen unterschieden.

a) Ordnen Sie die Legierungen einer der obengenannten Gruppen zu:

- AlMg-Legierung AW-5754
- AlMgSi-Legierung AW-6061
- AlCuMg-Legierung AW-2024

(3 Punkte)

b) Welche Phasen tragen bei aushärtbaren Legierungen 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 typische Temperaturbereiche an! (4,0 Punkte)

**Aufgabe 14****Kupferlegierungen****6 Punkt(e)**

a) Welche Legierungssysteme werden mit den Begriffen

- Neusilber
- Bronze
- Messing

beschrieben? (3 Punkte)

b) 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).

