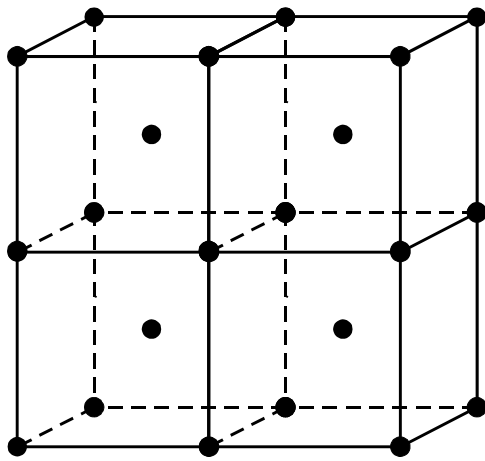




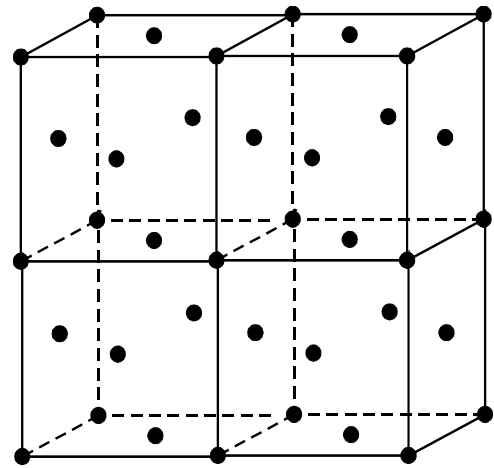
**Aufgabe 1****Kristallstruktur****5,0 Punkte**

Eine Besonderheit von Eisen ist, dass es im festen Zustand in verschiedenen Kristallmodifikationen auftreten kann: kubisch-raumzentriert (krz) und kubisch-flächenzentriert (kfz).

- a) In Anlage 1 sind ein krz-Gitter und ein kfz-Gitter mit den Atompositionen des Eisens gegeben. Markieren Sie in jedem Gitter beispielhaft eine Oktaeder- und eine Tetraederlücke, indem Sie die entsprechenden Oktaeder und Tetraeder und die Lage des interstitiellen Atoms in der Lücke zeichnen (2 Punkte).

**Anlage 1:**

krz-Gitter



kfz-Gitter

- b) Welche Unterschiede bestehen zwischen den Gittertypen bezüglich Anzahl und Größe der Lücken? Welche Folgen ergeben sich daraus für die Diffusion und die Löslichkeit von C in Fe (3 Punkte)?

**Aufgabe 2****Elastische Eigenschaften****4,0 Punkte**

Bei einer mechanischen Beanspruchung eines Bauteils treten Verformungen auf, wobei der Elastizitätsmodul eine Kenngröße des elastischen Anteils ist.

a) Stellen Sie die Abhängigkeit des Elastizitätsmoduls von Stahl von der Temperatur dar und geben Sie einen ungefähren Werterahmen für die beiden Achsen an (2 Punkte).

b) Ein weiterer Einfluss auf den E-Modul sind Legierungselemente. Tragen Sie den Einfluss auf den E-Modul von Kohlenstoff, Chrom, Nickel und Iridium mit steigendem Atomgehalt auf (2 Punkte).

**Aufgabe 3****Legierungen des Eisens****7 Punkte**

In dem metastabile Fe-Fe<sub>3</sub>C Phasendiagramm sind drei entscheidende Phasenumwandlungsreaktionen enthalten.

a) Geben Sie jede der drei Umwandlungsreaktionen und die C-Gehalte aller beteiligten Reaktionspartner an. (6 Punkte)

1: peritektische Reaktion:

Gleichung: \_\_\_\_\_ → \_\_\_\_\_

C-Gehalt: \_\_\_\_\_

2: eutektische Reaktion:

Gleichung: \_\_\_\_\_ → \_\_\_\_\_

C-Gehalt: \_\_\_\_\_

3: eutektoide Reaktion:

Gleichung: \_\_\_\_\_ → \_\_\_\_\_

C-Gehalt: \_\_\_\_\_

b) Bei welchen Temperaturen finden die peritektische und die eutektoide Reaktion statt? (1 Punkt)

peritektische Reaktion: T=\_\_\_\_\_

eutektoide Reaktion: T=\_\_\_\_\_



---

**Aufgabe 4** **Umwandlung allgemein** **4,5 Punkte**

- a) Auf welche Weise kann die Umordnung der Atome im Kristallgitter bei einer Phasenumwandlung im festen Zustand erfolgen. (1,0 Punkte)
- b) Nennen und beschreiben Sie die entsprechenden physikalischen Parameter von denen die Phasenumwandlungen abhängig sind. (1,5 Punkte)
- c) Beschreiben Sie die bei einer bainitischen Umwandlung auftretenden Phänomene und ordnen Sie diese den bei a) genannten Umwandlungsprozessen zu? (2,0 Punkte)

**Aufgabe 5****Bainitische Umwandlung****6,0 Punkte**

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! (5 Punkte)
- b) Welche Zweitphasen können bei der bainitischen Umwandlung in der kubisch-raumzentrierten Matrix vorliegen? Nennen Sie mindestens zwei von diesen (1,0 Punkte)

**Aufgabe 6****Martensitische Umwandlung****5,0 Punkte**

Austenit wandelt bei sehr großen Unterkühlungen in Martensit um. Eine charakteristische Eigenschaft des Martensits ist seine höhere Festigkeit gegenüber der Mutterphase.

a) Nennen Sie vier Mechanismen, die zur Festigkeit des Martensits beitragen!  
(2,0 Punkte)

- 
- 
- 
- 

Die Umwandlung wird mit einem zweistufigen Modell erklärt: nach einer gitterverändernden Deformation schließt sich eine gitterinvariante Deformation an.

b) Erklären Sie stichpunktartig das Bain-Modell für die gitterverändernde Deformation! Illustrieren Sie Ihre Erläuterungen durch eine beschriftete, dreiteilige Skizze der kristallografischen Vorgänge! (3,0 Punkte)



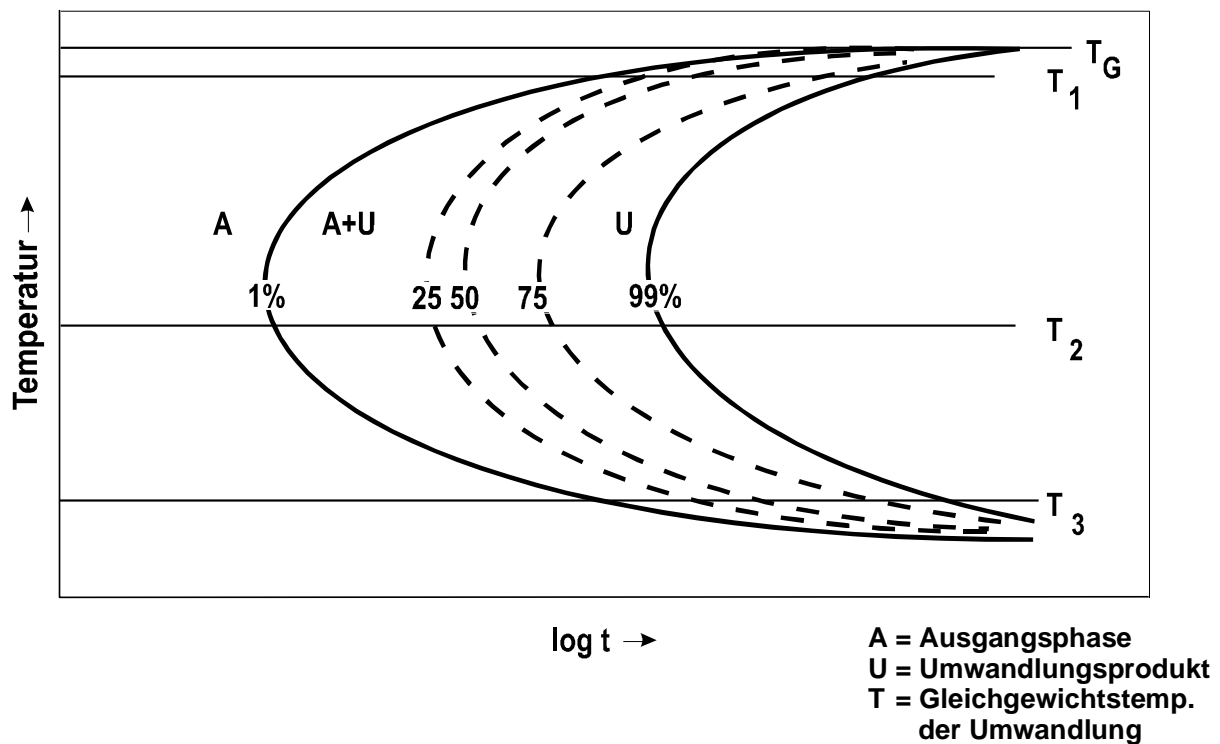
**Aufgabe 7** **Ferritisch-perlitische Umwandlung** **3,0 Punkte**

Ihnen liegt eine Stahllegierung vor, deren Kohlenstoffgehalt 0,25 Massen-% beträgt. Berechnen Sie die Gefügeanteile an Ferrit und Perlit, die die Legierung bei Raumtemperatur nach gleichgewichtsnaher Abkühlung enthält (3 Punkte).

Hinweis: Wenden Sie das Hebelgesetz an!

**Aufgabe 8****ZTU-Diagramm****4,0 Punkte**

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

**Anlage 1:**

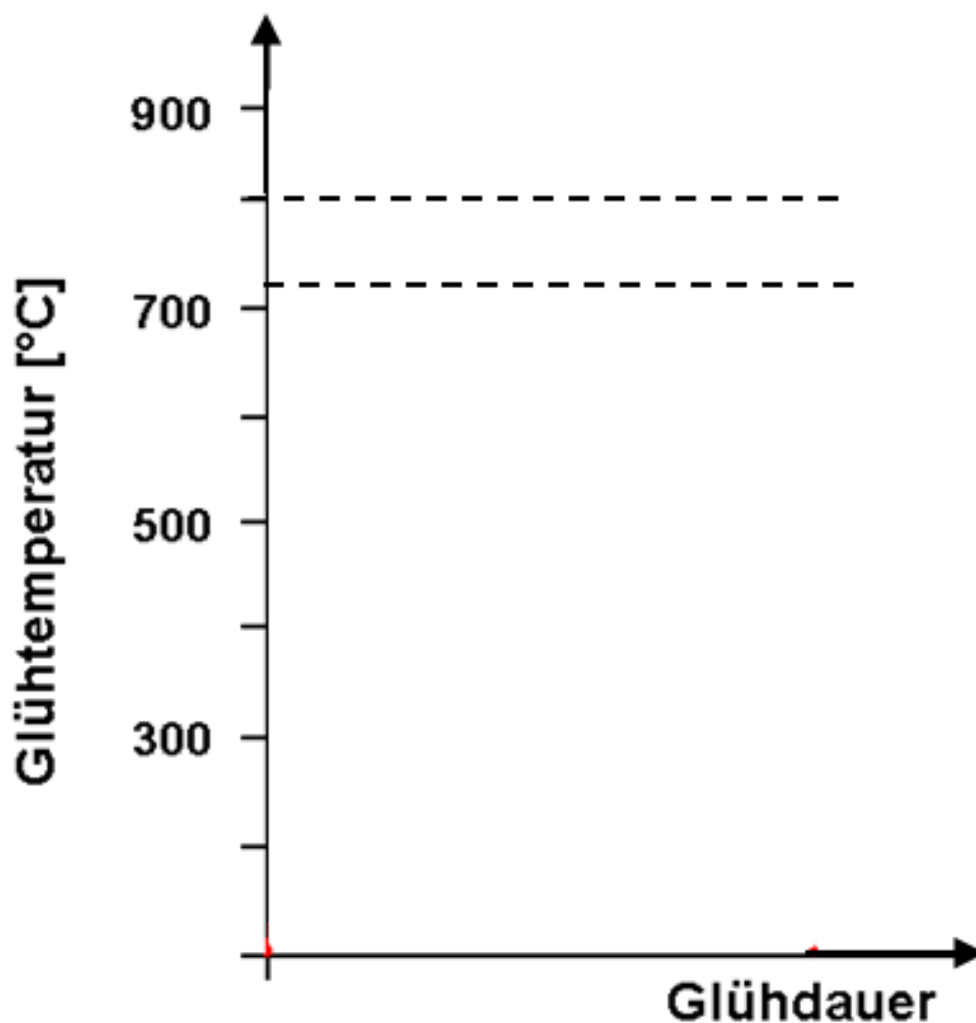
- Erklären Sie die zeitliche Verschiebung von Umwandlungsbeginn und Ende bei den eingezeichneten Temperaturen  $T_1$ ,  $T_2$  und  $T_3$  (3 Punkte).
- Erwarten Sie bei  $T_1$  oder bei  $T_2$  ein grobkörnigeres Gefüge nach der Umwandlung? Begründen Sie kurz? (1 Punkt)



**Aufgabe 9****Wärmebehandlung****5,0 Punkte**

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

- a) Welche drei Ziele werden beim Normalglühen verfolgt? (1,5 Punkte)
- b) 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)



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

**Aufgabe 10****Vergüten****2,0 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? (0,5 Punkte)



**Aufgabe 11****Nichteisen Werkstoffe****1,5 Punkte**

Welche Legierungssysteme werden mit den Begriffen

- Neusilber
- Bronze
- Messing

beschrieben? (1,5 Punkte)



**Aufgabe 12****Nichteisen Werkstoffe****1,5 Punkte**

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

- a) Was ist das Eloxieren (0,5 Punkte)?
- b) Wie lassen sich Oberflächen hierdurch verändern (1 Punkt)

**Aufgabe 13****Nichteisen Werkstoffe****1,5 Punkte**

Nennen Sie für Eisen, Aluminium und Kupfer die ungefähre Schmelztemperatur und die ungefähre Dichte (1,5 Punkte)!