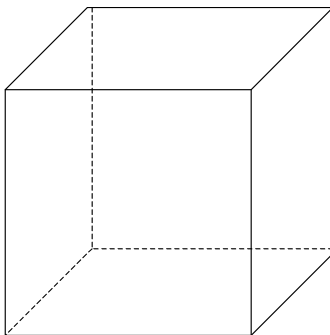


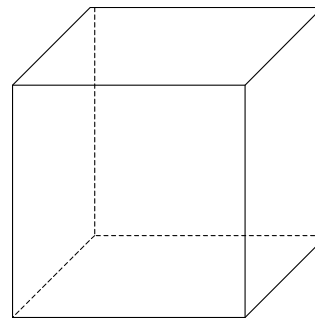
Aufgabe 1**Kristallstruktur****15 Punkte**

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

- a) Zeichnen Sie in **Anlage 1** in die vorgegebenen Würfel die Lage der Fe-Atome für das krz- und kfz-Gitter ein (4 Punkte).

Anlage 1:

kfz-Gitter



krz-Gitter

- b) Markieren Sie beispielhaft diejenigen Stellen im Gitter (krz und kfz), an denen substitutionelle und interstitielle Legierungselemente in das Gitter eingebaut werden können (4 Punkte).
- c) Geben Sie für das kfz und krz Gitter die Anzahl pro Elementarzelle und Art der vorhandenen Lücken an (4 Punkte).
- d) Berechnen Sie den Kugelradius einer Oktaederlücke im krz-Gitter (3 Punkte).

Aufgabe 2**Legierungen des Eisens I****4 Punkte**

Die meisten Stähle weisen bei hohen Temperaturen eine kubisch-flächenzentrierte Kristallstruktur auf. Der Existenzbereich dieser Phase wird durch die Legierungselemente beeinflusst.

Nennen Sie 4 Legierungselemente, die das γ -Gebiet einschnüren, sowie 4 Legierungselemente, die das γ -Gebiet erweitern (4 Punkte).

Aufgabe 3**Legierungen des Eisens II****3 Punkte**

Die Löslichkeit von Legierungselementen in Stahl ist temperaturabhängig.

Zeichnen Sie die Löslichkeit von Kohlenstoff im α -Eisen von Raumtemperatur bis 723°C in ein Diagramm. Ordnen Sie dieser Temperatur den entsprechenden Kohlenstoffgehalt zu (3 Punkte).

Aufgabe 4 **Phasenumwandlung (Allgemein)** **8 Punkte**

Ein unlegierter Stahl mit einem C-Gehalt von 1,2%C wird bis zur Durchwärmung auf die folgenden Temperaturen gleichgewichtsnah abgekühlt:

- 50 °C oberhalb A_{ccm} ,
- zwischen A_{c1} und A_{ccm} und
- kurz unterhalb A_{c1}

- a) Skizzieren Sie die bei den jeweiligen Temperaturen vorliegenden Gefüge und benennen Sie die Bestandteile (6,0 Punkte).
- b) Geben Sie den Kohlenstoffgehalt der Gefügebestandteile an, die Sie im Aufgabenteil a) gezeichnet haben! (2,0 Punkte)

Aufgabe 5 **Phasenumwandlung (Ferrit-Perlit)** **4 Punkte**

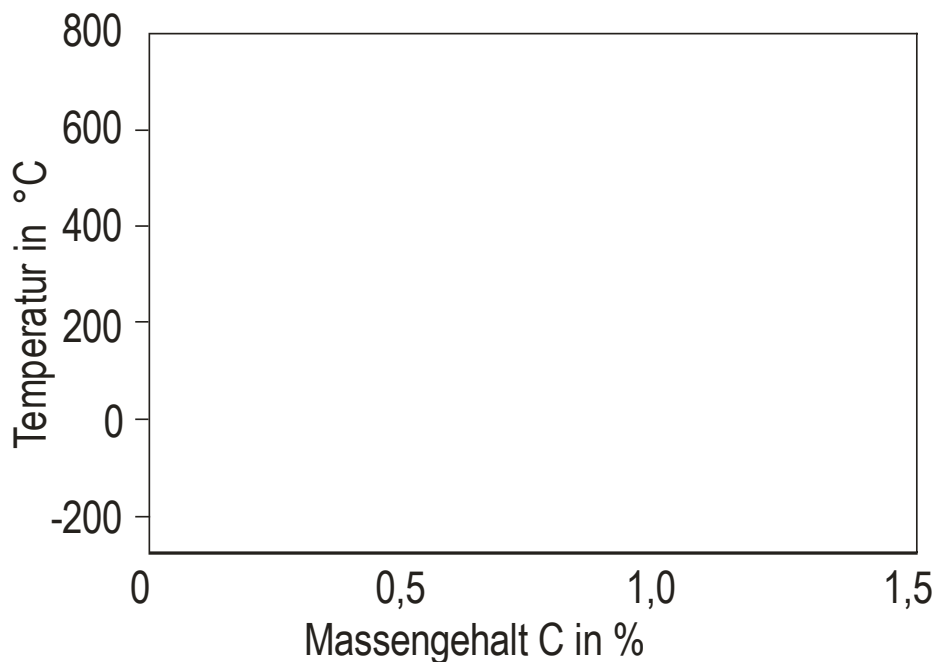
- a) Bei der Abkühlung stellt sich ein definierter Lamellenabstand im Perlit ein. Wie wird der Lamellenabstand durch die Unterkühlung beeinflusst? Geben Sie eine empirische Relation für diese Beeinflussung an (2 Punkte).
- b) Perlit bildet sich unter dem Auftreten von Rekaleszenz. Was versteht man darunter?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

Aufgabe 6 **Phasenumwandlung (Martensit)** **14,5 Punkte**

Bei einer sehr großen Unterkühlung des Austenits läuft die martensitische Umwandlung ab, die aus einer gitterverändernden und einer gittererhaltenden Deformation zusammengesetzt ist.

- a) Erklären Sie stichpunktartig das Modell für die gitterverändernde Deformation nach Bain. Illustrieren Sie Ihre Erläuterungen durch eine Skizze der kristallografischen Vorgänge mit der kfz Ausgangsstruktur und der tetragonal verzerrten Martensitstruktur. Bezeichnen Sie die Achsen und geben Sie die Richtung der Bain-Deformation an! (8 Punkte)

- b) Welche 2 gittererhaltenden Deformationen können im Fe-C-Martensit auftreten (2 Punkte)?
- c) Im Austenitgitter liegen Kohlenstoffatome vorwiegend gelöst in Oktaederlücken vor. Erklären Sie die Auswirkung steigender Kohlenstoffgehalte auf die Tetragonalität des Martensits! (1,5 Punkte)?
- d) Skizzieren Sie in Diagramm 1 die Martensit-Starttemperatur M_s und die Martensit-Finistemperatur M_f für steigende Kohlenstoffgehalte. Erklären Sie den Kurvenverlauf stichwortartig (3,0 Punkte).

**Diagramm 1**

Aufgabe 7**Phasenumwandlung (Bainite)****6 Punkte**

Bainitische Gefüge können in verschiedenen Ausprägungen auftreten.

- a) Welche drei physikalischen Phänomene während der Bainitumwandlung ab (2 Punkte)?

Je nach metallkundlichem Entstehungsmechanismus wird zwischen oberem und unterem Bainit unterschieden. Die Ausbildung des oberen und unteren Bainits ist abhängig von der Umwandlungstemperatur und dem Kohlenstoffgehalt des Stahls.

- b) Zeichnen Sie schematisch in das beigefügte Fe-Fe₃C-Diagramm (Abbildung 1) die Stabilitätsgrenze zwischen oberem und unterem Bainit ein! Ergänzen Sie außerdem relevante Hilfslinien und Temperaturen! (4,0 Punkte)

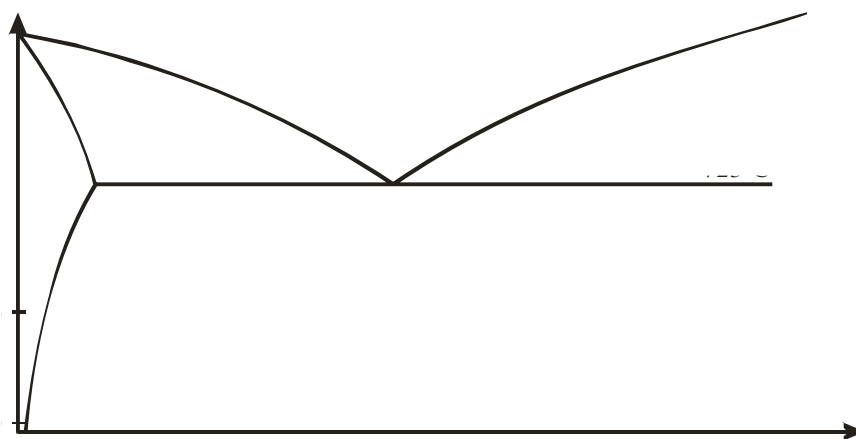


Abbildung 1: Fe-Fe₃C-Diagramm (Ausschnitt)

Aufgabe 8**Alterung****8 Punkte**

Die unkontrollierte Alterung von Stahlwerkstoffen ist unerwünscht. Für einige Anwendungen kann die Alterung jedoch positiv ausgenutzt werden.

a) Definieren Sie den Begriff „Alterung“ aus werkstofftechnischer Sicht! Was sind die zwei Haupteinflussgrößen auf die Alterung (2,0 Punkte)?

-
-

b) Welche drei allgemeinen Voraussetzungen müssen gegeben sein, dass Alterung auftreten kann (3,0 Punkte).

-
-
-

c) Wie schlägt sich ein Alterungsvorgang in der Spannung-Dehnung-Kurve eines Tiefziehstahls nieder (1,0 Punkt)?

-

d) Alterungsempfindliche Tiefziehbleche werde vor der Auslieferung dressiert, um die Folgen der Alterung zu umgehen. Was ist mit „Dressieren“ gemeint und wie wirkt diese Abhilfemaßnahme (2,0 Punkte)?

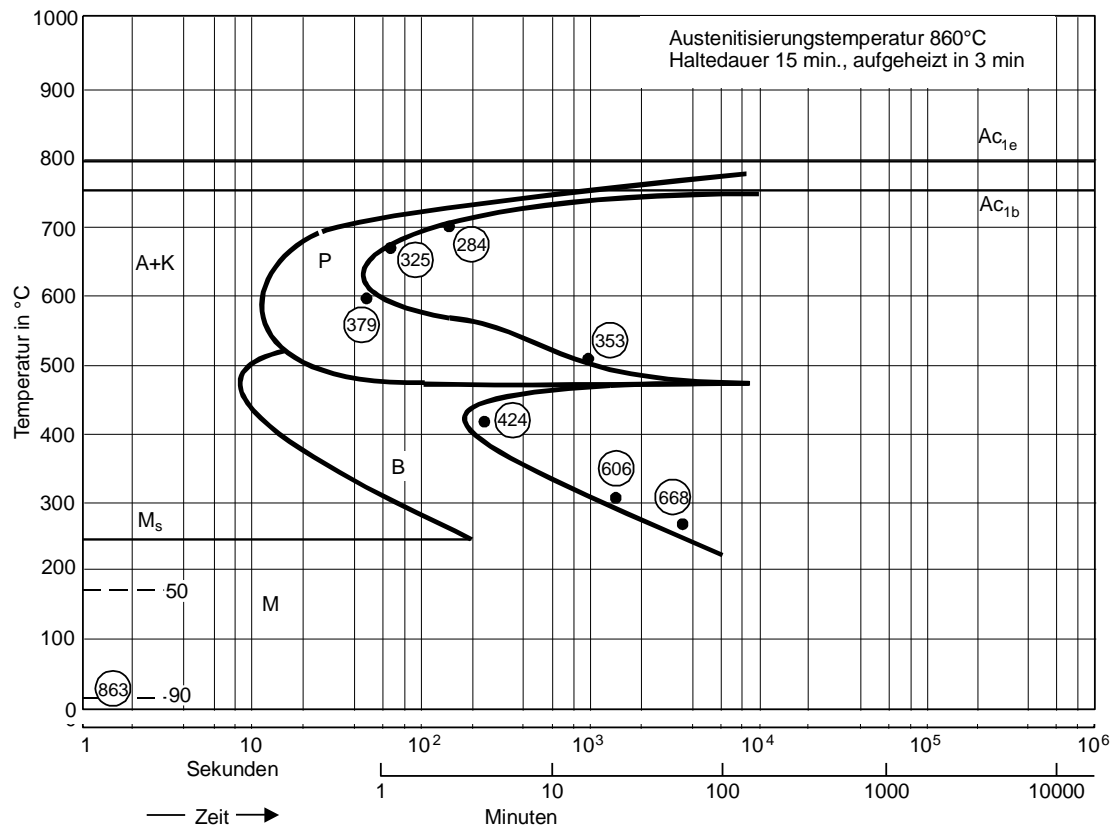
Aufgabe 9 **ZTU- und ZTA-Diagramme** **10 Punkte**

In Anlage 1 ist ein ZTU-Diagramm dargestellt.

- a) Wie wird dieser Typ von ZTU-Diagramm genannt (*1 Punkt*)?
- b) Wie werden solche Diagramme aufgenommen? Welche drei Untersuchungsmethoden müssen für die Darstellung des Schaubildes durchgeführt werden (*1,5 Punkte*)?
- c) Geben Sie Temperatur sowie die kürzeste Dauer der Umwandlung für einen vollständig perlitischen und einen vollständig bainitischen Stahl an (*4 Punkte*).
- d) Geben Sie das Gefüge des Stahls nach Abschrecken in Wasser auf Raumtemperatur an (*2 Punkte*).

Anlage 1

Chemische Zusammen-	C	Si	Mn	P	S	Cr	Cu	Mo	Ni	V
setzung in %	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

Aufgabe 10**Technische Wärmebehandlung****11 Punkte**

Abbildung 1 zeigt einen Ausschnitt des Eisen-Kohlenstoff-Diagramms, in den verschiedene Bereiche der Wärmebehandlungen gekennzeichnet sind.

- Ergänzen Sie im unten dargestellten Diagramm die Werte der Temperaturskala (Y-Achse) um die Temperaturen 500 °C, 1000 °C und 1500 °C (1 Punkt).
- Ergänzen Sie die Werte für die Umwandlungstemperaturen A_1 , A_2 , A_3 sowie A_4 (4 Punkte).
- Ergänzen Sie die Bezeichnungen der Wärmebehandlungen in den dafür vorgesehenen Feldern im Diagramm (6 Punkte).

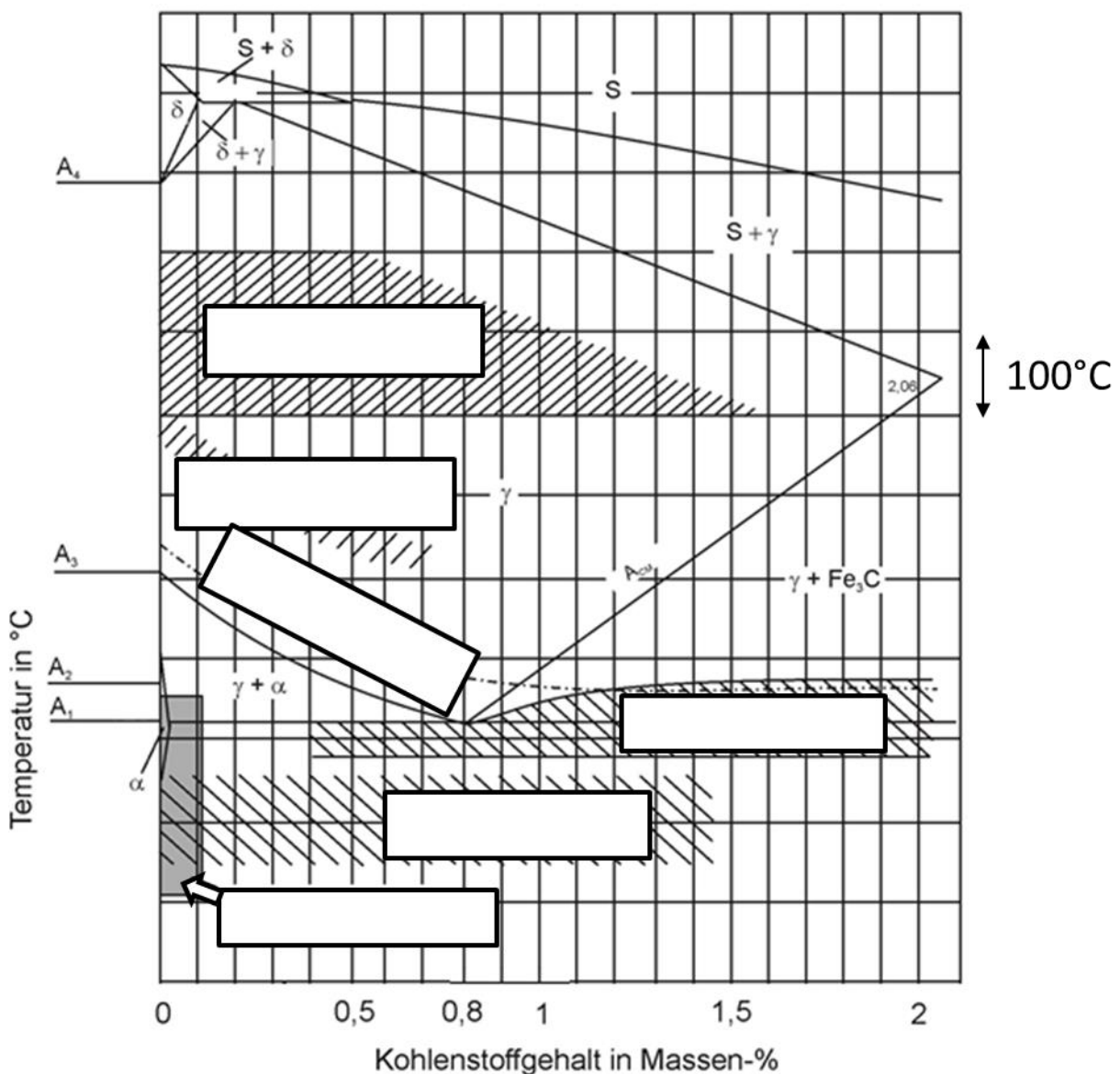


Abbildung 1: Ausschnitt aus dem Eisen-Kohlenstoff-Diagramm

Aufgabe 11**Vergüten****11 Punkte**

Das Vergüten beschreibt nach DIN EN 10052 ein kombiniertes Wärmebehandlungsverfahren aus den Schritten Härten und Anlassen.

- a) Was ist das Ziel des Vergütens (2 Punkte)?
- b) Skizzieren Sie den Prozesszyklus des Vergütens in das vorgegebene Diagramm 1. Nennen und markieren Sie außerdem die auftretenden Phasenumwandlungen während des Vergütens. Zeichnen Sie zusätzlich die A_3 und A_1 Temperatur ein (4 Punkte).

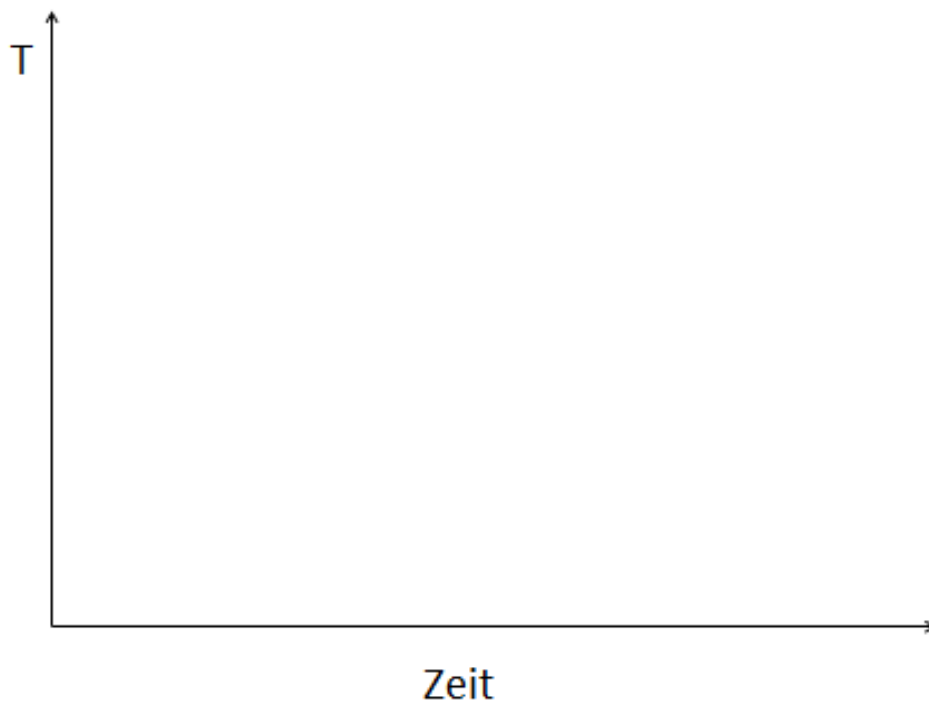


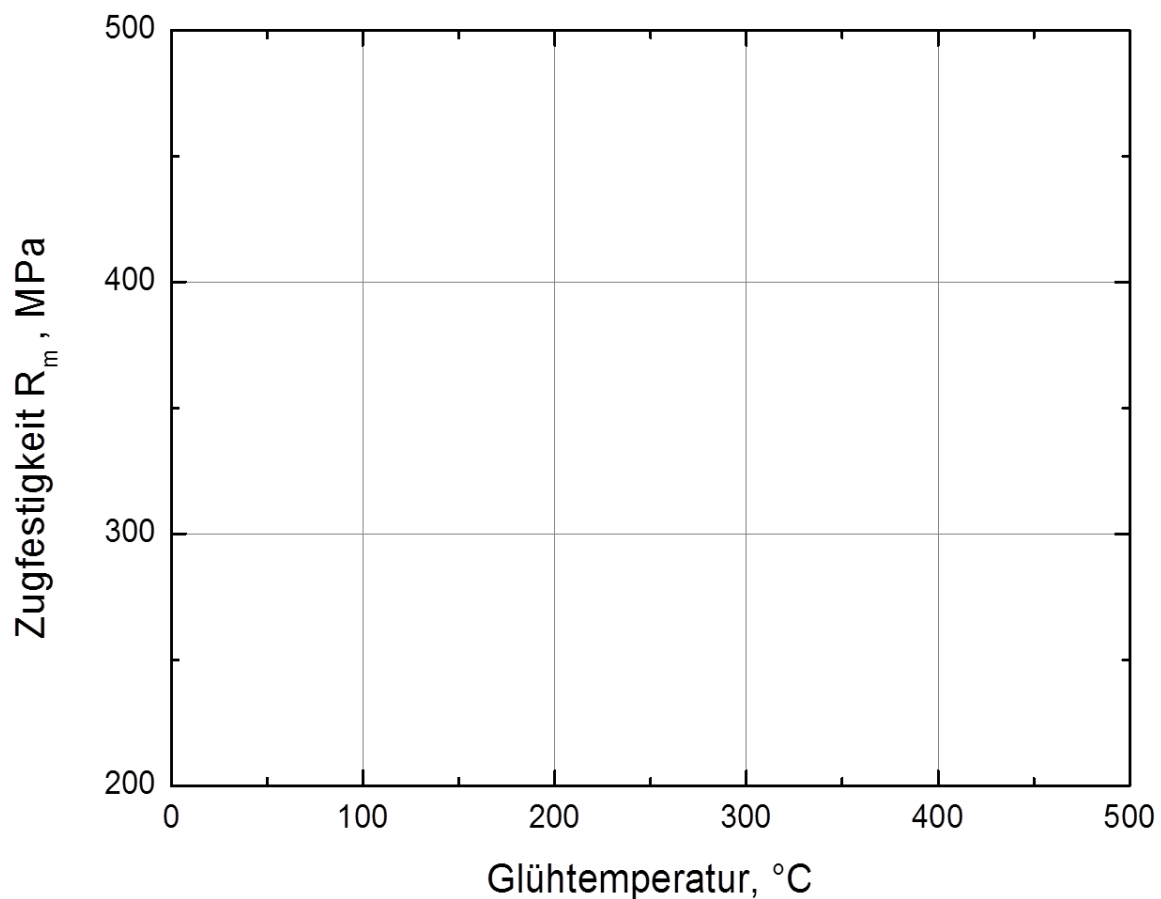
Diagramm 1: schematischer Temperaturverlauf beim Vergüten

- c) Nennen Sie 2 mögliche Anlassphänomene die beim Anlassen von Martensit auftreten können (2 Punkte).

Aufgabe 12**Nicht-Eisenwerkstoffe (Kupfer)****6 Punkte**

a) Nennen Sie die Dichte (bei 20°C) sowie den Schmelzpunkt von Kupfer (2 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 (4 Punkte).



Aufgabe 13 **Nicht-Eisenwerkstoffe (Aluminium)** **4 Punkte**

a) Erklären Sie den Begriff naturharte und aushärtende Aluminiumlegierungen. Welcher festigkeitssteigernde Mechanismus herrscht jeweils vor (2 Punkte)?

b) Ordnen Sie die Legierungen den naturharten und den aushärtenden Aluminiumlegierungen zu (2 Punkte):

- AlCu
- AlMn
- AlMgSi
- AlMg