

Bachelorprüfung

„Werkstofftechnik der Metalle“

05.09.2016

Name:

Matrikelnummer:

Unterschrift:

Aufgabe	Punkte:	Erreichte Punkte:	Punkte nach Einsicht (zusätzliche Punkte)
1	6		
2	5.5		
3	6		
4	5		
5	9.5		
6	6		
7	8		
8	10		
9	9		
10	8		
11	5		
12	7		
13	6		
14	4		
15	5		
Summe	100		

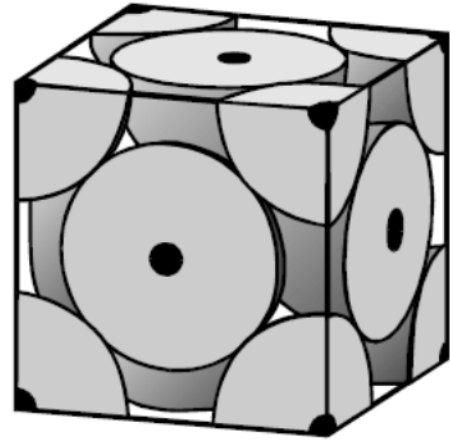
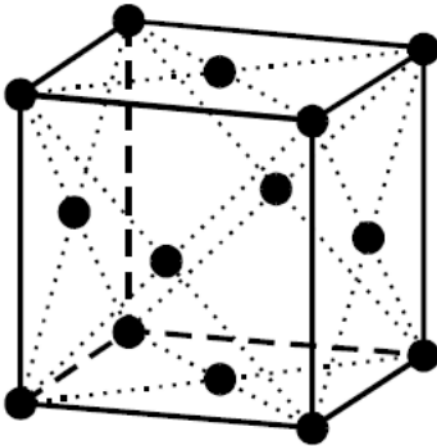
Zum Bestehen der Klausur werden 44 % der Punkte benötigt.

Aufgabe 1**Legierungselemente des Eisens****6 Punkt(e)**

Legierungselemente haben einen erheblichen Einfluss auf die Phasengleichgewichte in Stählen.

- a) Ordnen Sie den Einfluss der chemischen Elemente C, Si Mn und Cr bezüglich des Austenitgebietes zu. (2 Punkte)
- Erweiterung des γ -Feldes:

 - Einschnürung des γ -Feldes:
- b) Welche der chemischen Elemente C, Si Mn und Cr sind substitutionell gelöst? (1.5 Punkte)
- c) Welche Carbide und Nitride der chemischen Elemente Al, Ti und Cr werden in Stählen gebildet? (2.5 Punkte)

Aufgabe 2**Kristallstruktur I****5,5 Punkt(e)**

- a) Berechnen Sie die Raumerfüllung des kfz Gitters. Geben Sie alle notwendigen Gleichungen zur Berechnung der Raumerfüllung an, sodass die Rechnung nachvollziehbar ist (3,5 Punkte).

- b) Wie unterscheidet sich die Raumerfüllung der kfz Elementarzelle, zu der von einer hexagonal dicht gepacktesten Elementarzelle und einer krz dicht gepacktesten Elementarzelle? (2 Punkte)

Aufgabe 3**Kristallstruktur II****6 Punkt(e)**

Reale Metalle sind nicht perfekt, sondern weisen Defekte in der Kristallstruktur auf.

- a) Benennen Sie 4 typische Kristallbaufehler und ordnen Sie diese gemäß ihrer geometrischen Dimension zu (4 Punkte).
- b) Nennen Sie 2 Beispiele für Gitterfehler, die Sie mit einem Lichtoptischen Mikroskop beobachten können (2 Punkte)

Aufgabe 4**Thermische Eigenschaften****5 Punkt(e)**

Gewöhnlich weisen reine Metalle eine Temperaturabhängigkeit der Gitterkonstanten und des Volumens auf, sofern keine Polymorphie vorliegt.

- a) Was sind Invarlegierungen und was zeichnet sie aus (1 Punkt)?
- b) Skizzieren Sie die Temperaturabhängigkeit des Wärmeausdehnungskoeffizienten für einen unlegierten Stahl und eine Invarlegierung in ein Diagramm. Erläutern Sie kurz die Kurven (2 Punkte).
- c) Erläutern Sie warum substitutionell gelöste Atome langsamer diffundieren als interstitiell gelöste Atome. Gehen Sie hierbei auf die Platzwechselmechanismen im Gitter ein (2 Punkte)

- d) Ein metallografisches Modell erklärt die martensitische Umwandlung in zwei Teilschritten. Nennen Sie die beiden Teilschritte (1 Punkt)!
- e) Der erste Teilschritt ist nach einem amerikanischen Wissenschaftler benannt, der das zu Grunde liegende Modell formuliert hat. Erklären Sie dieses Modells stichpunktartig! Geben Sie – wenn möglich – Zahlenwerte an! Illustrieren Sie Ihre Erläuterungen durch eine beschriftete, dreiteilige Skizze der kristallografischen Vorgänge. Benennen Sie die Achsen und geben Sie die Richtung der Bain-Deformation an (4 Punkte)!

Aufgabe 6

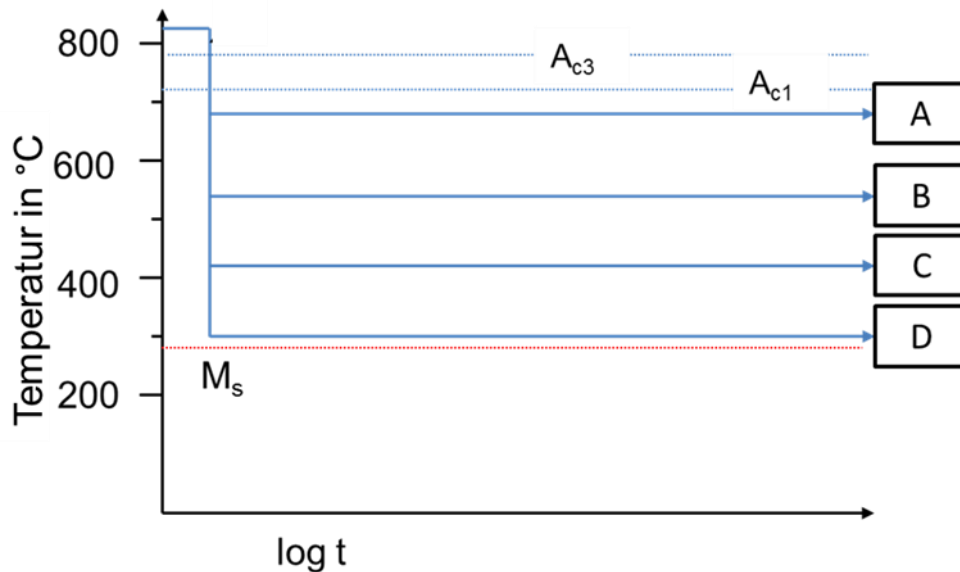
Phasenumwandlungen Bainit

6 Punkt(e)

Ein Stahl wird austenitisiert, auf verschiedene Temperaturen unterhalb A_{c1} abgeschreckt und anschließend isotherm auf diesen Temperaturen gehalten.

- a) Skizzieren Sie in der **Abbildung 1** die Bereiche, in denen die Perlit- und Bainitbildung stattfinden (2 Punkte).

Abbildung 1



- b) In der vorgegebenen Tabelle (**Tabelle 1**) sind die Karbidverteilungen für die verschiedenen Wärmebehandlungen A, B, C und D aus Abbildung 1 aufgelistet. Fügen Sie in die **Tabelle 1** die entsprechende Wärmebehandlung (A, B, C, D) den angegebenen Mikrostrukturen zu. Geben Sie zusätzlich die ungefähre Länge der Karbide ein (4 Punkte).

Tabelle 1

Mikrostruktur				
Wärmebehandlung				
Länge der Karbide				

(α – weiß, Karbide – schwarz)

Aufgabe 7**Alterung****8 Punkt(e)**

Eine reine Eisen-Kohlenstoff-Legierung mit 0,01% C wird bei 720°C im α -Gebiet bis zur Homogenisierung geglüht und abschließend abgeschreckt.

- a) Skizzieren Sie die Spannung-Dehnung-Kurven im Bereich bis ca. 5% Dehnung für diesen Stahl
- unmittelbar nach der Abschreckung und
 - nach 10-minütiger Auslagerung bei ca. 170°C!

Erklären Sie kurz den unterschiedlichen Kurvenverlauf (6 Punkte)!

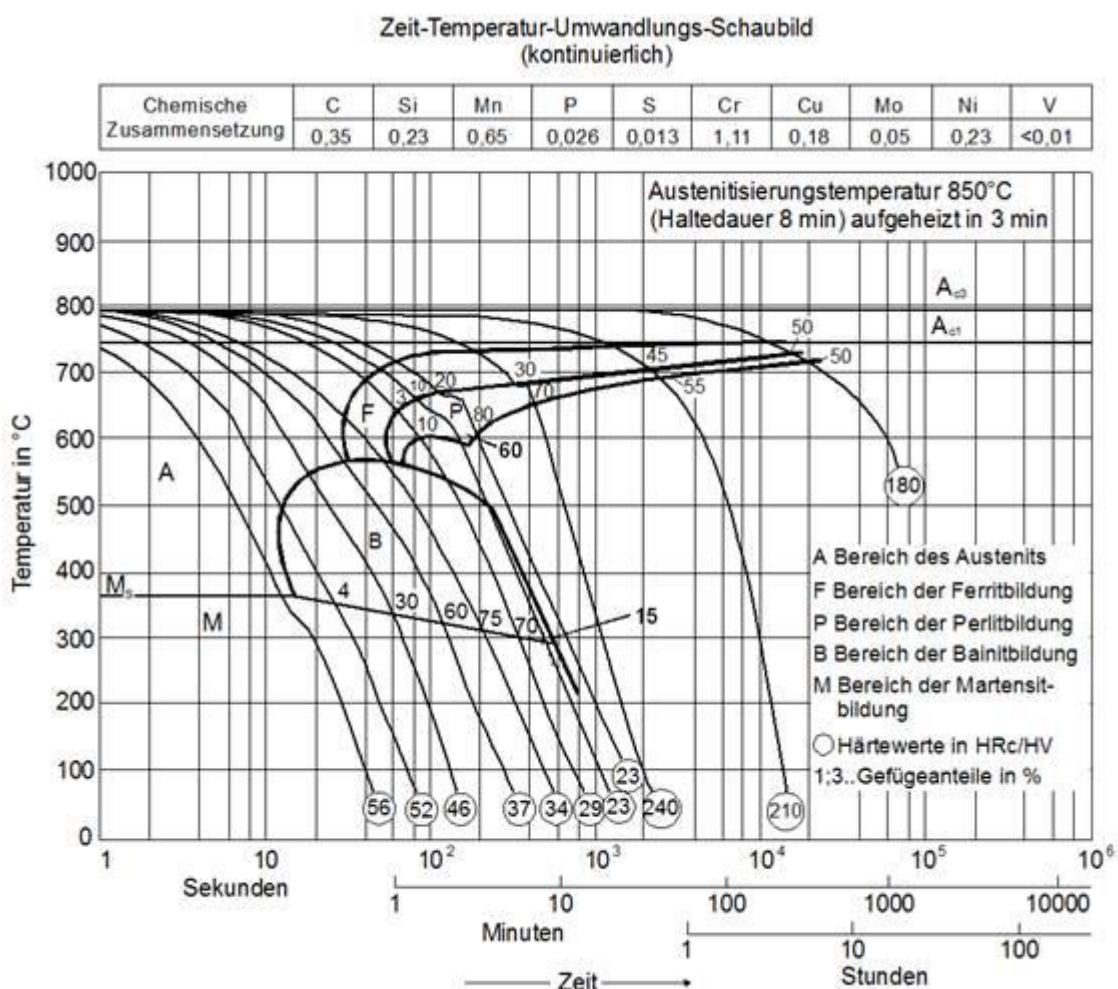
Die Alterung von Stählen kann technisch genutzt werden. Sogenannte Bake-Hardening-Stähle werden als hochfeste Feinbleche im Karosseriebau eingesetzt.

- b) Was sind die Vorteile von Bake-Hardening im Hinblick auf die Herstellung von Karosseriebauteilen (z.B. Kotflügel oder Tür) (2 Punkte)?

Aufgabe 8**ZTU-Diagramme****10 Punkt(e)**

Gegeben ist das kontinuierliche ZTU-Schaubild des Stahles 34Cr4 (**Abbildung 3**).

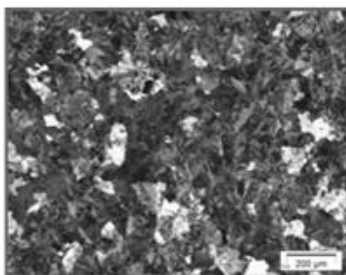
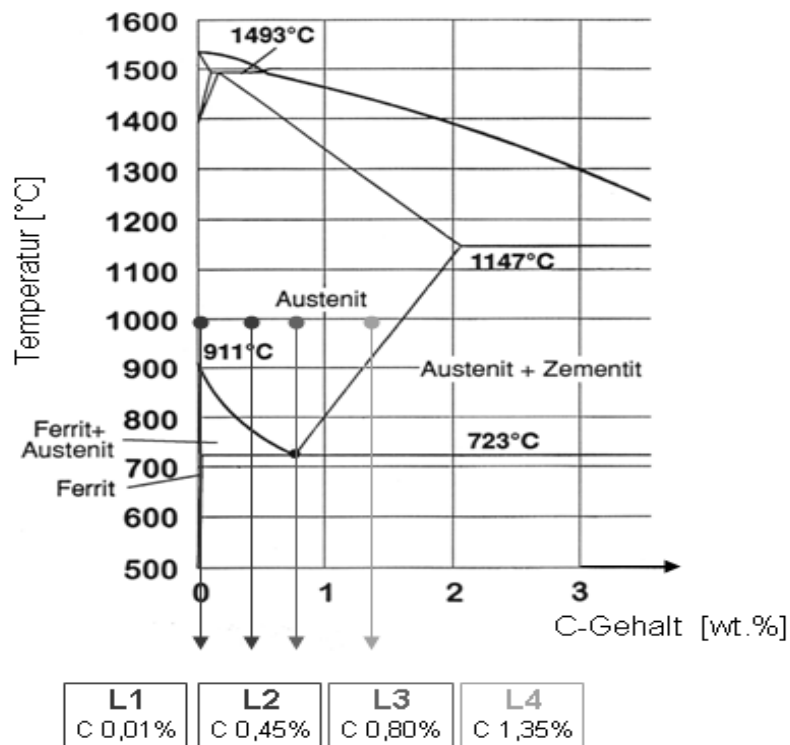
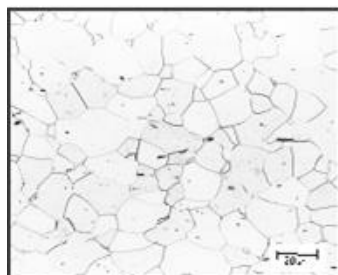
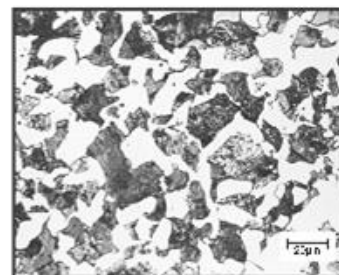
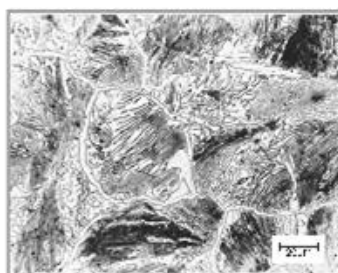
- Skizzieren Sie die vollständige Wärmebehandlung im Temperatur-Zeit-Diagramm für ein bainitisch-martensitisches Gefüge mit minimaler sowie maximaler Härte. Geben Sie die Gefügemengen und die erreichten Härten an (8 Punkte).
- Erläutern Sie den Unterschied zwischen kontinuierlichen und isothermen ZTU-Schaubildern (2 Punkte).

Abbildung 3

Bestimmungsverfahren: Dilatometrisch und metallographisch an Proben von 4,5mm Dmr. und 15mm Länge.

Aufgabe 9**Phasenumwandlungen Ferrit-Perlit****9 Punkt(e)**

Unlegierte Stähle mit variierendem Kohlenstoffgehalt L1-L4 (siehe **Abbildung 4**) wurden vollständig austenitisiert und gleichgewichtsnah abgekühlt.

Abbildung 4**A****B****C****D**

- a) Ordnen Sie die dargestellten Gefüge (A-D) bei Raumtemperatur den entsprechenden Legierungen L1-L4 zu (2 Punkte)!
- b) Benennen Sie die jeweiligen Gefügebestandteile der Legierungen (4 Punkte)!
- c) Beschreiben Sie die Gefügeumwandlung von Stahl L2 ausgehend von 1000°C bis Raumtemperatur. Geben Sie dabei auch die drei Gleichungen für die auftretenden Phasenumwandlungen an (3 Punkte)!

Aufgabe 10**Technische Wärmebehandlung I****8 Punkt(e)**

Ein Bauteil (\varnothing 20 mm) aus dem Stahl C 45 soll gehärtet werden. Durch einen Defekt am Wärmebehandlungsofen kann die Ofentür nach dem Austenitisieren nicht geöffnet werden, das Bauteil kühlt im Verlauf von mehreren Stunden im Ofen ab.

- a) Durch die langsame Abkühlung wird das Gefüge im Bauteil beeinflusst. Nennen Sie mindestens zwei weitere Parameter einer Wärmebehandlung, welche das Gefüge beeinflussen (2 Punkte)!
- b) Welches Gefüge erwarten Sie in diesem Fall? Welches Zielgefüge wird im Regelfall beim Härten eingestellt (2 Punkte)?
- c) Mit welcher gängigen Wärmebehandlung kann das entstandene Härtegefüge beseitigt werden? Nennen Sie mindestens 3 weitere Anwendungsbeispiele für diese Wärmebehandlung (4 Punkte)!

Aufgabe 11 Technische Wärmebehandlung II 5 Punkt(e)

Stahlwerkstoffe werden nach dem Kaltwalzen oft einer Wärmebehandlung unterzogen.

- a) Was ist das Ziel dieser Wärmebehandlung (1 Punkt)?
- b) Industriell werden zwei Verfahrensvarianten dieser Wärmebehandlung eingesetzt. Nennen Sie die Varianten und beschreiben Sie detailliert die Zeit-Temperatur-Zyklen der beiden Varianten (4 Punkte)!

Aufgabe 12**Vergüten****7 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 im **Diagramm 1** (1,5 Punkte)!

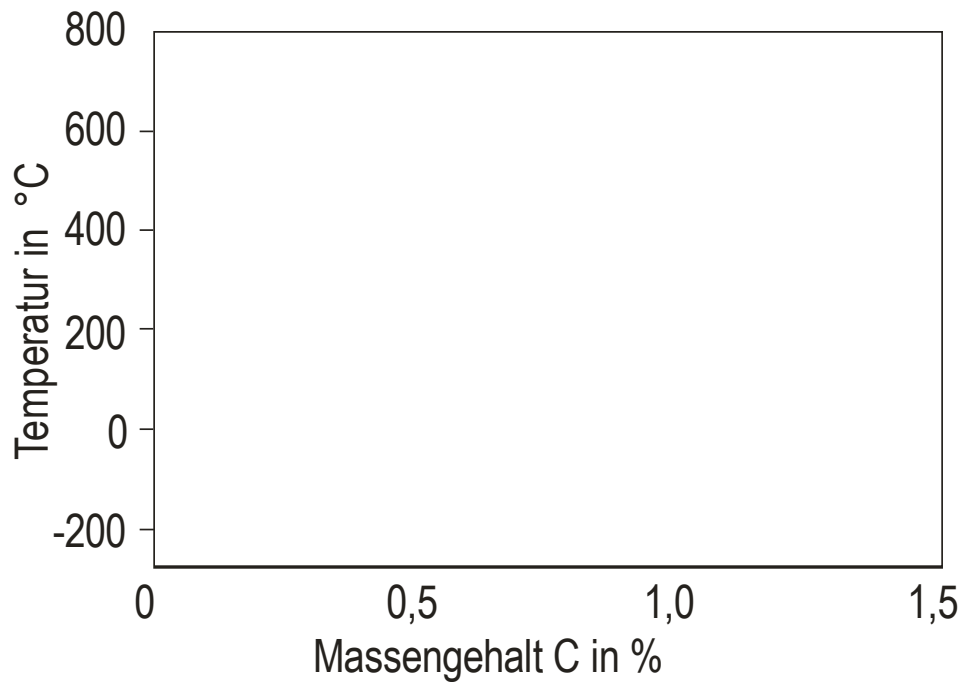
Diagramm 1



- b) Welche Gefüge liegen nach den einzelnen Prozessschritten vor (1 Punkt)?
- c) Warum liegen die C-Gehalte der Vergütungsstähle im Allgemeinen zwischen 0,25 und 0,8 Massen% C (1 Punkt)?

- d) Definieren Sie die M_s und M_f - Temperatur (**Diagramm 2**) und beschreiben Sie deren Abhängigkeit vom C-Gehalt. Tragen Sie dazu auch den Verlauf der M_s und M_f Temperatur über den C-Gehalt in Diagramm 2 ein (2,5 Punkte).

Diagramm 2



- e) Welche Auswirkungen ergeben sich für die Gefügeausbildung und die Gesamthärte bei Stähle mit C-Gehalten $> 0,8$ Massen% (1 Punkte)?

Aufgabe 13**Nichteisenwerkstoffe****6 Punkt(e)**

Es soll ein Kranseil erneuert werden. Das Kabel braucht einen Durchmesser von 15 mm. Sie haben einen Stahl und eine Aluminiumlegierung zur Auswahl.

	Streckgrenze [N/mm ²]	Zugfestigkeit [N/mm ²]	Dichte [kg/cm ³]	Bruchdehnung [%]
Stahl	315	362	7,87*10 ³	13
Aluminiumlegierung	250	280	2,70*10 ³	9

a) Welche maximale Kraft ohne plastische Verformung ertragen die beiden Werkstoffe (2 Punkte)?

b) Schätzen Sie die maximale elastische Dehnung für beide Werkstoffe ab (2 Punkte)

- c) Wie groß muss der Durchmesser des Kabels der Aluminiumlegierung sein, wenn die maximale Kraft vom Stahl ertragen werden soll (2 Punkte)?

Aufgabe 14**Nichteisenwerkstoffe II****4 Punkt(e)**

Bild 1 zeigt das Ausscheidungsdiagramm für eine Al + 4% Cu Legierung.

- Zeichnen Sie die optimale Wärmebehandlung zum Erreichen einer maximalen Festigkeit für diesen Stahl in Bild 1 ein, ausgehend von einer Lösungsglühtemperatur. (2.5 Punkte)
- Aus welchen Phasen besteht das Gefüge nach der Wärmebehandlung? (0.5 Punkte)

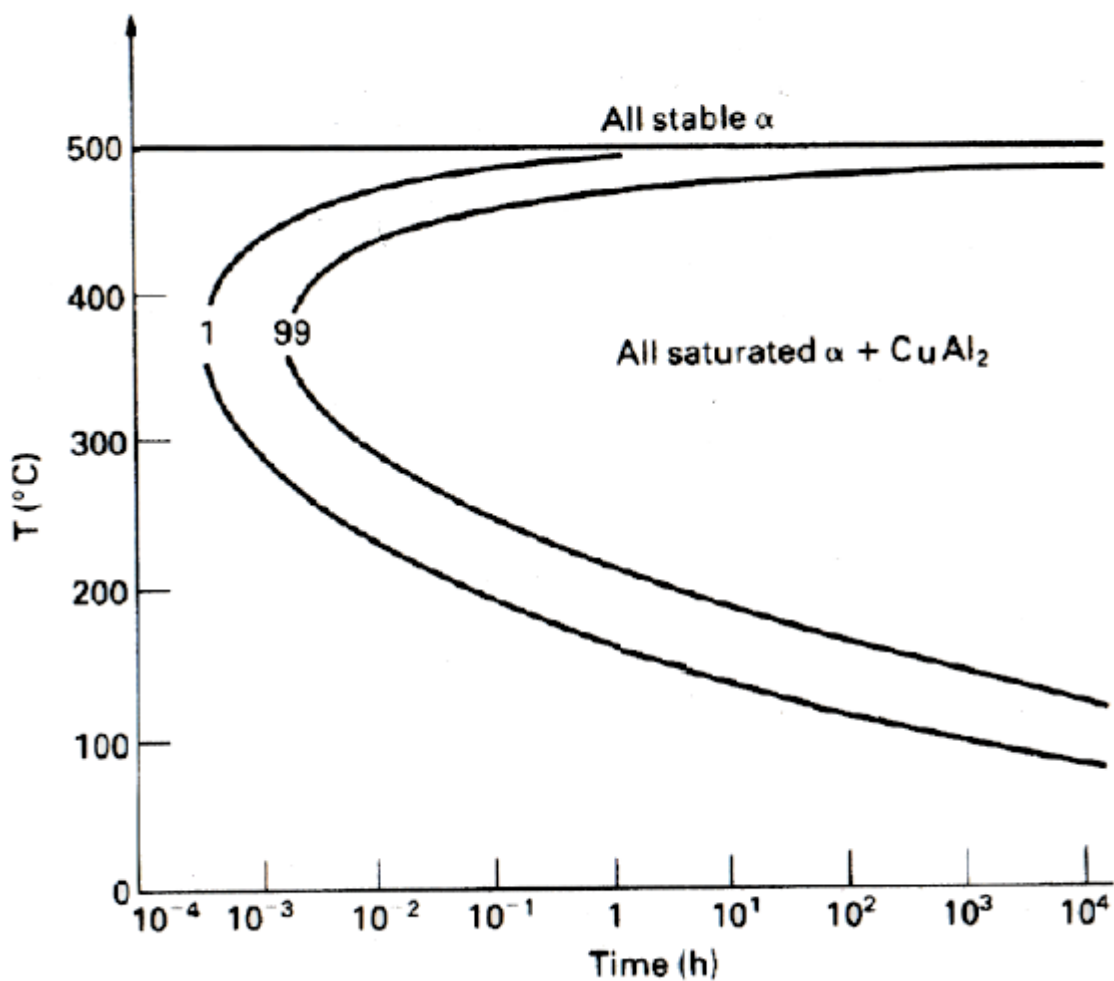


Bild 1: Ausscheidungsdiagramm für CuAl_2 in einer Al + 4 % Cu Legierung

- Nennen Sie zwei weitere aushärtbare Al-Legierungen (1 Punkt).

Aufgabe 15**Stahlsystematik I****5 Punkt(e)**

Die Kurznamen von unlegierten Stählen mit einem Mangengehalt von $> 1\%$ können aufgrund der chemischen Zusammensetzung des Stahls gebildet werden.

- a) Geben Sie für die Legierungselemente Mangan, Molybdän, Stickstoff und Chrom die üblichen Faktoren an (2 Punkte).

Geben Sie die Kurznamen der folgenden Stahlsorten an.

- b) Legierter Edelstahl mit 0,06 % Kohlenstoff, 12 % Nickel, 17 % Chrom und 2 % Molybdän (1 Punkte)
- c) Unlegierter Stahl mit 1,5 % Chrom und 1,05 % Kohlenstoff (1 Punkt)
- d) Legierter Stahl mit 0,42 % Kohlenstoff, 1 % Chrom und geringen Zusätzen an Molybdän (1 Punkt)