

**Master-/ Diplomprüfung**  
**Vertiefungsfach I "Werkstofftechnik der Stähle"**  
**Vertiefungsfach I "Werkstoffwissenschaften Stahl"**  
**am 25.02.2012**

**Name:**

**Matrikelnummer:**

**Unterschrift:**

Aufgabe	Maximal erreichbare Punkte:	Erreichte Punkte:	Einsicht: (nur neue Teilpunkte angeben, <b>nicht</b> neue Gesamtpunktzahl pro Aufgabe)
1	7,0		
2	4,0		
3	3,0		
4	5,0		
5	5,0		
6	3,0		
7	5,5		
8	2,5		
9	3,5		
10	5,0		
11	3,0		
12	3,0		
13	6,0		
14	3,0		
15	2,5		
16	3,0		
17	4,0		
18	2,0		
Summe	70		

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

***Bitte ankreuzen:***

**Geplante Teilnahme an mündlicher Prüfung, da Voraussetzung, Klausur „Werkstoffdesign der Metalle“ bestanden, erfüllt**

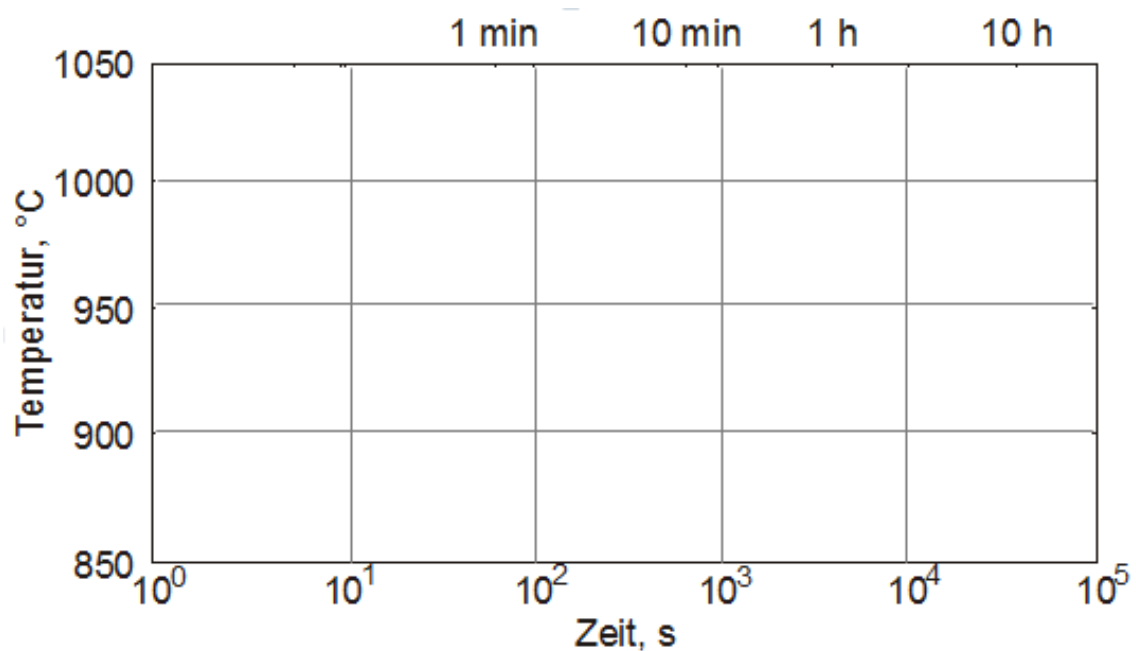
Ja

Nein

**Aufgabe 1      Technische Wärmebehandlungen TMB      7.0 Punkte**

Durch die Thermomechanische Behandlung können bereits während der Warmumformung gewünschte Materialeigenschaften eingestellt werden.

- a) Nennen und erläutern Sie **in Stichworten** die metallkundlichen Mechanismen zur Festigkeitssteigerung. Wie werden dadurch die Zähigkeitseigenschaften beeinflusst (5 Punkte)?
- b) Zeichnen Sie schematisch den Verlauf der statischen Rekristallisation als Funktion der Temperatur und der Zeit für einen unlegierten und einen Ti-mikrolegierten Stahl bei der thermomechanischen Behandlung im Temperaturbereich  $>A_3$  (2 Punkte).



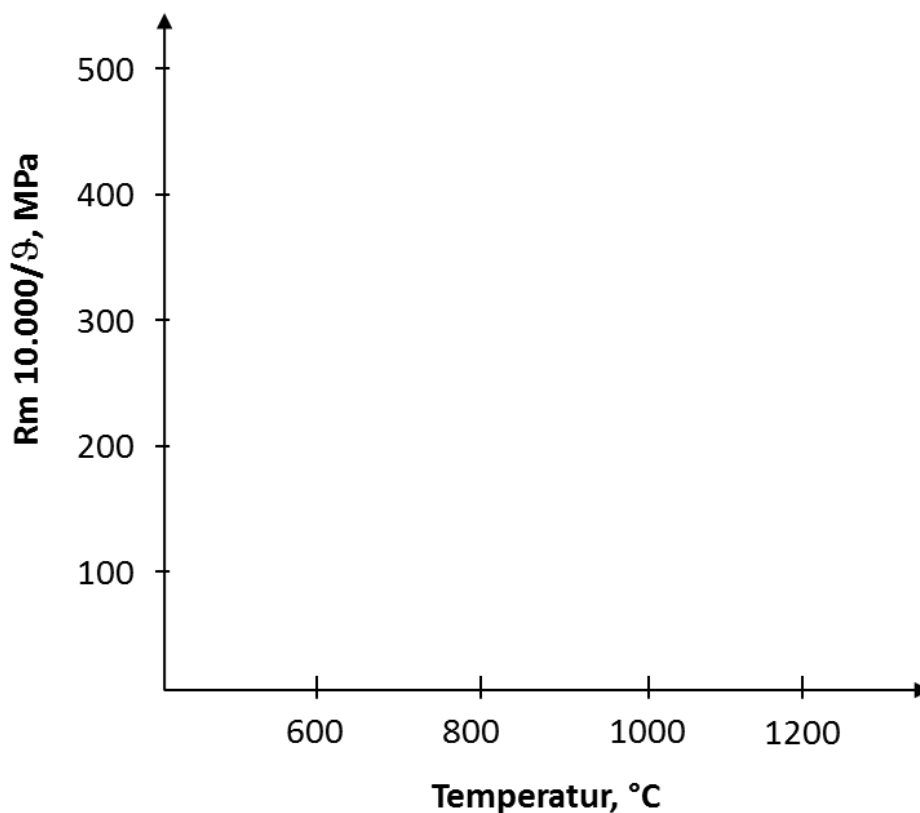


**Aufgabe 2****Hochtemperatureigenschaften****4.0 Punkte**

a) Warmfeste Stähle zeichnen sich durch ein stabiles Festigkeitsniveau bei erhöhten Temperaturen aus. Die folgende Tabelle listet wichtige Einflussgrößen zur Festigkeitssteigerung auf. Bitte erläutern Sie wie diese die Warmfestigkeit des Werkstoffs positiv beeinflussen können. Erläutern Sie welche Legierungselemente für Punkt 2 und 3 genutzt werden. (2.0P.)

1. Kristallstruktur
2. Mischkristallverfestigung
3. Ausscheidungshärtung
4. Gefüge

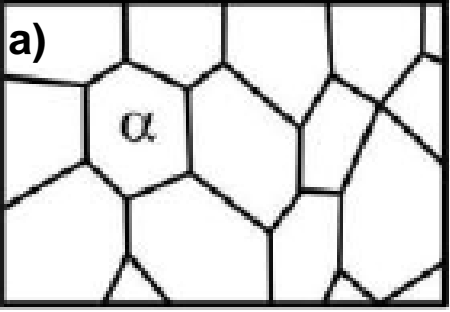
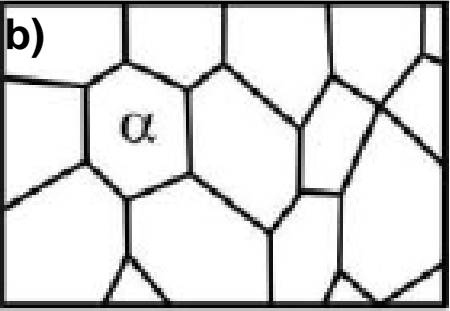
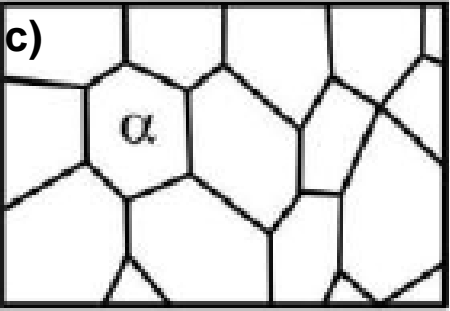
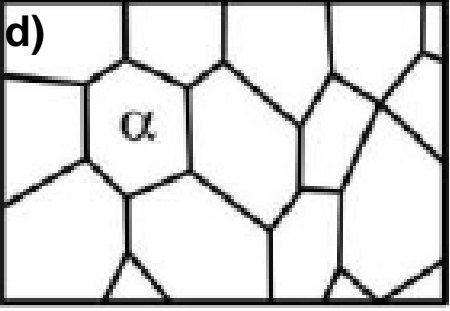
b) Die Einteilung warm- bzw. hochwarmfester Werkstoffe erfolgt mit Hilfe von Zeitstand-Diagrammen. Bitte vergleichen Sie in dem gegebenen Koordinatensystem die 100 000 Zeitstandfestigkeiten eines bainitsch/martensitischen Stahls, eines austenitischen Stahls und einer Ni-Basislegierung. Bitte geben Sie ergänzend die Grenztemperatur für ferritische hochtemperaturfeste Stähle an. (2.0P.)





**Aufgabe 3****Gefügeeinstellung****3 Punkte**

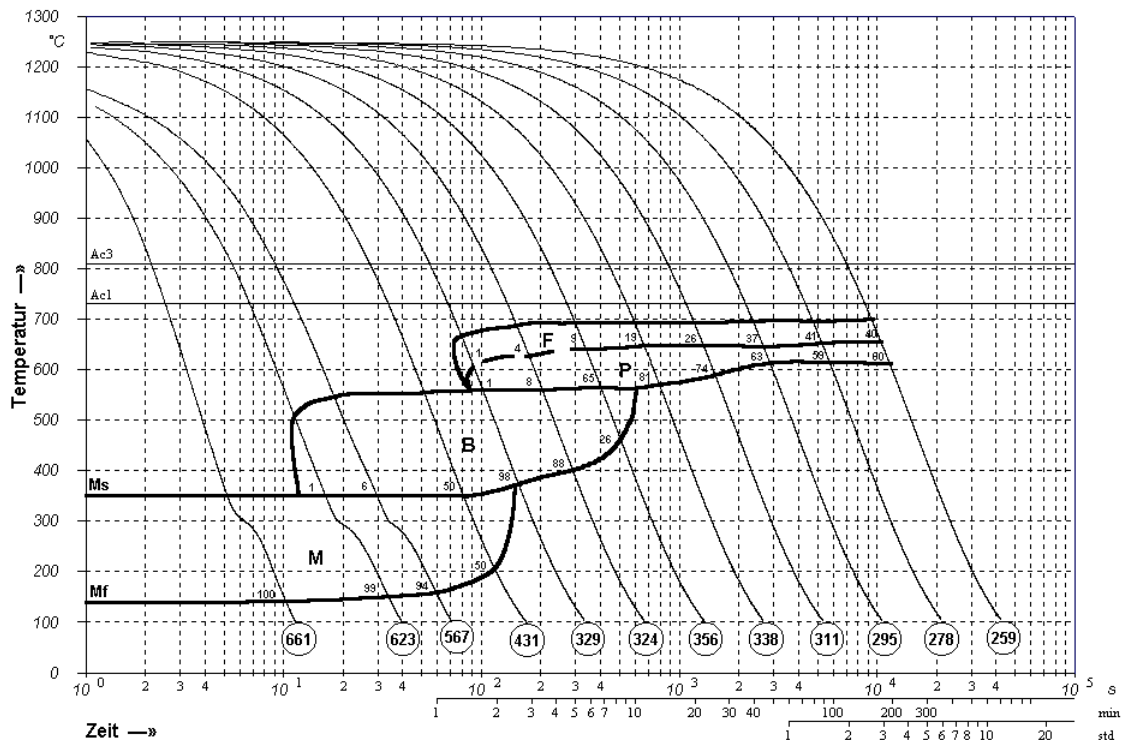
Abbildung 1 zeigt vier Bilder eines einphasigen Gefüges. Bitte nennen Sie für Beispiel a einen Stahl mit diesem Gefüge und zeichnen Sie in die Bilder b, c, und d schematisch die mehrphasigen Gefüge eines Dualphasen-, Duplexphasen- und TRIP – Stahls. Bitte geben Sie nebenstehend die üblichen Bezeichnungen der Phasen an (Griechische Buchstaben und Phasenname)!

<p>a)</p> 	0,5P
<p>b)</p> 	0,5P für Bezeichnung und Bild
<p>c)</p> 	1P - 0,5 für Zeichnung - 0,5 für Bezeichnung
<p>d)</p> 	1P - 0,5 für Zeichnung - 0,5 für Bezeichnung



**Aufgabe 4****Werkstoffprüfung (Dilatometer)****5.0 Punkte**

Gegeben ist das ZTU-Schaubild eines 38MnVS6 (Bild 1).



**Bild 1:** ZTU-Schaubild 38MnVS6 ( $T_a=1250^\circ\text{C}$ ;  $t_a=300\text{s}$ )

- Skizzieren Sie die Dilatationskurve ( $T$  über Längenänderung) mit Angabe der relevanten Temperaturen für die Abkühlkurve mit der Härte von 311HV und markieren Sie die Umwandlungspunkte. Welches Kriterium wird für die Phasengrenze zwischen Ferrit und Perlit angenommen? (2 Punkte)
- Skizzieren Sie je eine Dilatationskurve mit der in Aufgabe a) zugrunde liegenden Abkühlgeschwindigkeit, wenn eine zusätzliche Umformung bei  $1000^\circ\text{C}$  erfolgt bzw. die Austenitisierzeit 3600s beträgt! (2 Punkte)
- Skizzieren Sie das Gefüge für die oben genannte Abkühlkurve. Beachten Sie hierbei die Gefügeanordnung! (1 Punkt)





**Aufgabe 5****Zugversuch****5.0 Punkte**

- a) Skizzieren Sie schematisch die Spannung-Dehnung-Kurve eines IF-Stahls und bezeichnen Sie die charakteristischen Werte. Markieren Sie außerdem die Bereiche homogener und inhomogener Verformung (3 Punkte).
- b) Die Messlänge der verwendeten Probe wird von 80mm (EN Standard) auf 50mm (JIS Standard) reduziert. Wie beeinflusst diese Veränderung die Gleichmaßdehnung und die Bruchdehnung (2 Punkte)?

**Aufgabe 6      Werkstoffprüfung (Wahre Spannung 9)      3,0 Punkte**

Ihnen ist ein Punkt aus dem Spannung- Dehnung-Diagramm eines Baustahls bekannt ( $\sigma = 600 \text{ MPa}$ ,  $\varepsilon = 0,15$ ). Wie viel Prozent der Gesamtdehnung entfallen auf den elastischen Anteil ( $E = 200 \text{ GPa}$ )?

Fertigen Sie eine geeignete Zeichnung an! (3 Punkte)

**Aufgabe 7****Blechprüfung****5.5 Punkte**

a) Erklären Sie stichwortartig die Vorgehensweise zu Erstellung einer Grenzformänderungskurve.

*(2,0 Punkte)*

b) Zeichnen Sie schematisch ein Grenzformänderungsschaubild. *(1,5 Punkte)*

c) Wie wirken sich die folgenden Faktoren auf die Lage der Grenzformänderungskurve aus?

- abnehmende Blechdicke
- abnehmende n-Wert,
- steigender r-Wert
- verbesserte Schmierung

*(2,0 Punkte)*



**Aufgabe 8****Werkstoffprüfung****2,5 Punkte**

- a) Welches Werkstoffverhalten wird durch den Bauschinger-Effekt beschrieben (1.5 Punkt)?
- b) Welche Gegenmaßnahme kann ergriffen werden, um den Bauschinger-Effekt zu minimieren (1 Punkt)?

**Aufgabe 9****Bruchmechanismen****3,5 Punkte**

Kubisch-raumzentrierte Stähle weisen in Abhängigkeit von der Temperatur ein charakteristisches Versagensverhalten bei mechanischer Beanspruchung auf. Erklären Sie anhand eines Spannung-Temperatur Diagrammes den Übergang von duktilem zu sprödem Versagen bei kubisch-raumzentrierten Stählen (3,5 Punkte).

**Aufgabe 10****Bruchmechanik****5,0 Punkte**

Zur Sicherheitsanalyse rissbehafteter Bauteile wird das K-Konzept eingesetzt.

- a) Beschreiben Sie den Unterschied zwischen dem Spannungsintensitätsfaktor  $K_I$  und der Bruchzähigkeit  $K_{IC}$ . (2 Punkte)
  
- b) Erläutern Sie das K-Konzept unter zu Hilfenahme der benötigten Formeln. (2 Punkte)
  
- c) Nennen Sie zwei gängige Untersuchungsmethoden zur Charakterisierung von Zähigkeitseigenschaften. (1 Punkt)





**Aufgabe 11****Dauerfestigkeit****3 Punkte**

Der grundlegende technische Ermüdungsfestigkeitsversuch ist der Einstufen-Schwingversuch nach Wöhler. Skizzieren Sie eine Wöhlerkurve. Beschriften Sie auch die Achsen und zeichnen Sie in das Diagramm die signifikanten Bereiche ein (3 Punkte).

**Aufgabe 12** **Werkstoffprüfung** **3 Punkte**

Welchen Einfluss hat eine Kerbe auf

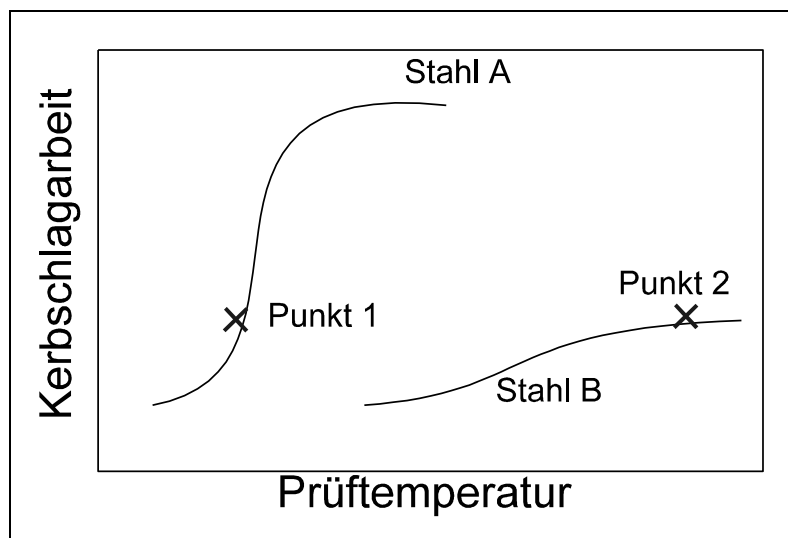
- die Streckgrenze und
- die Dauerfestigkeit

im Vergleich zum ungekerbten Versuch? (Begründen Sie kurz Ihre Antwort)  
(3 Punkte)

**Aufgabe 13                      Kerbschlagbiegeversuch (KSBV)                      6 Punkte**

Ein einfach durchzuführender Versuch zur Ermittlung der Zähigkeit eines Werkstoffes ist der Kerbschlagbiegeversuch.

- a) In **Anlage 1** sind die Kerbschlagarbeit-Temperatur-Kurven von zwei unterschiedlichen Stählen dargestellt. Zeichnen Sie für den Punkt 1 und 2 die Kraft-Durchbiegungs-Kurven, wie sie mit dem instrumentierten Kerbschlagbiegeversuch ermittelt werden, qualitativ in ein Diagramm. Begründen Sie den Kurvenverlauf der von Ihnen gezeichneten Kraft-Durchbiegungs-Kurven. (4 Punkte).
- b) Beschreiben Sie den Unterschied zwischen dem normalen und dem instrumentierten Kerbschlagbiegeversuch. (1 Punkte)
- c) Diskutieren Sie Vor- und Nachteile der beiden Versuchsarten. (1 Punkte)

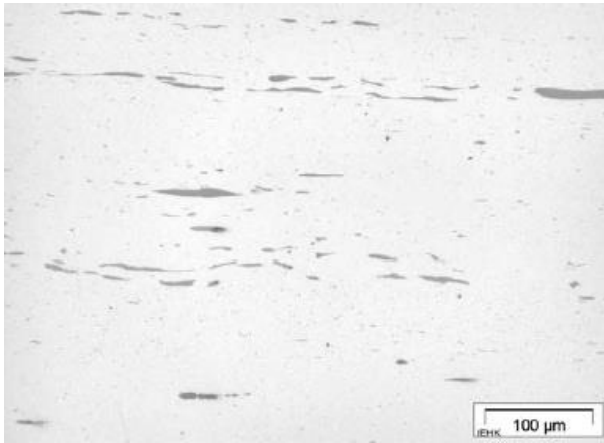
**Anlage 1:**



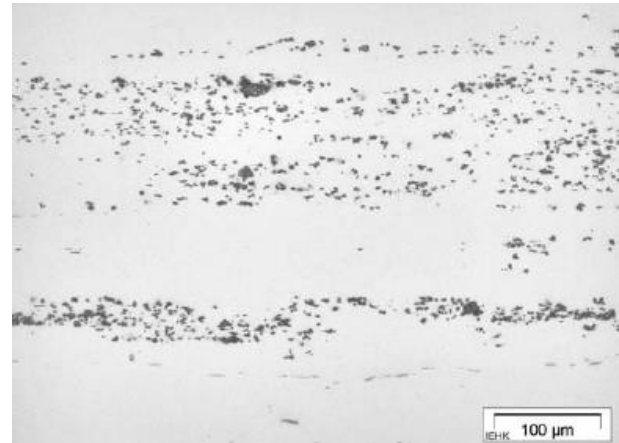
**Aufgabe 14****Metallographie****3.0 Punkte**

Mit Hilfe der Metallographie können wichtige Erkenntnisse über nichtmetallische Einschlüsse in Stählen gewonnen werden.

Die Abbildungen a und b in **Anlage 1** zeigen verschiedene Arten von nichtmetallischen Einschlüssen in einem Stahl nach dem Kaltwalzen, es handelt sich hierbei um Mangansulfide und Aluminiumoxide. Ordnen Sie die beiden genannten Einschlusstypen den entsprechenden Abbildungen zu und begründen Sie ihre Entscheidung (kurz)! (3 Punkte)

**Anlage 1:**

a



b

---

**Aufgabe 15** **Elektronenmikroskopie** **2.5 Punkte**

Wofür stehen die unten aufgeführten Abkürzungen für die Verfahren aus dem Bereich der Elektronenmikroskopie!

Mit welchem dieser Verfahren können Sie eine quantitative Aussage zur chemischen Zusammensetzung erhalten? (2,5 Punkte)

REM:

TEM:

ESMA:

EBSD:

---

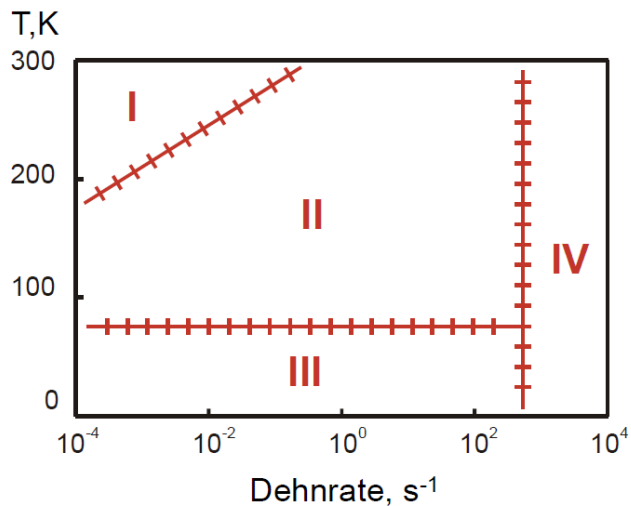
**Aufgabe 16** **Elektronenmikroskopie** **3.0 Punkte**

Welche Reaktionen können beim Auftreffen von Elektronen auf die Probenoberfläche stattfinden? Nennen und beschreiben Sie hierzu 3 der auftretenden Strahlungen!  
(3 Punkte)



**Aufgabe 17****Fließverhalten****4.0 Punkte**

Sowohl die vorherrschende Temperatur als auch die Dehnrates zeigen Einfluss auf das Fließverhalten des Werkstoffs. Das angegebene Diagramm zeigt vier Bereiche in denen unterschiedliche Verfestigungsmechanismen zum Tragen kommen. Bitte bezeichnen Sie die vier Bereiche und erklären Sie kurz die charakteristischen metallphysikalischen Phänomene.



---

**Aufgabe 18** **Mischkristallverfestigung** **2,0 Punkte**

Welche festigkeitssteigernden Mechanismen tragen zur hohen Festigkeit des Martensits bei? Geben Sie bitte die vier beteiligten Mechanismen an! (Je 0.5P.)