

Masterprüfung

„Werkstofftechnik der Stähle“

01.03.2016

Name:

Matrikelnummer:

Unterschrift:

Aufgabe	Punkte:	Punkte erreicht:	Punkte nach Einsicht (zusätzliche Punkte)
1	11.5		
2	4		
3	4		
4	8		
5	3		
6	4.5		
7	7		
8	6		
9	10		
10	6		
11	3		
12	7		
13	8		
14	7		
15	4		
16	7		
Summe	100		

Zum Bestehen der Prüfung werden 44 % der Punkte benötigt.

Aufgabe 1**Zugversuch****11,5 Punkt(e)**

Der Zugversuch ist das Standardverfahren zur Ermittlung der mechanischen Eigenschaften.

- a) Spannung-Dehnung-Kurven werden aus experimentell ermittelten Kraft-Zeit-Kurven berechnet werden. Geben Sie die für diese Umrechnung zusätzlich erforderlichen Ausgangsinformationen sowie die formelmäßigen Zusammenhänge zur Berechnung der unteren Streckgrenze, der Dehnung, des Elastizitätsmoduls und der Brucheinschnürung an. (4,5 Punkte)

- b) Skizzieren Sie in ein Diagramm den Verlauf der Spannung über der Dehnung für einen unlegierten Baustahl mit einer unteren Streckgrenze von $R_{eL} = 460 \text{ MPa}$.
- im normalgeglühten Zustand, langer Proportionalstab
 - im normalgeglühten Zustand, kurzer Proportionalstab
- und begründen Sie die Kurvenverläufe stichpunktartig. (3 Punkte)

- c) Wie werden Fließgrenze und Verfestigung ($d\sigma/d\varepsilon$) durch die Temperatur beeinflusst? Erklären Sie dieses anhand des Fließkurvenverlaufs für unterschiedliche Temperaturen für einen kubisch-flächenzentrierten Werkstoff und einen kubisch-raumzentrierten Werkstoff. (4 Punkte)

Aufgabe 2 **wahre Spannung – wahre Dehnung** **4 Punkt(e)**

- a) Erklären Sie den qualitativen Unterschied zwischen einer konventionellen Spannung–Dehnung-Kurve und einer „wahre Spannung“-„wahre Dehnung“-Kurve. (2 Punkte)
- b) Skizzieren Sie eine konventionelle Spannung – Dehnung - Kurve und markieren Sie den Bereich, für den wahre Spannung und wahre Dehnung aus der konventionellen Kurve rechnerisch ermittelt werden können. Begründen Sie die Wahl des Bereichs. (2 Punkte)

Aufgabe 3**Portevin-Le Chatelier****4 Punkt(e)**

- a) Skizzieren Sie eine konventionelle Spannung-Dehnung-Kurve eines kubisch-raumzentrierten Stahls bei Raumtemperatur, 120°C und 500°C in ein Diagramm!
(3 Punkte)
- b) Erläutern Sie kurz den bei 100°C auftretenden „Portevin-Le-Chatelier“-Effekt!
(1 Punkt)

Aufgabe 4**TMB****8 Punkt(e)**

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 in Abbildung 1 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)

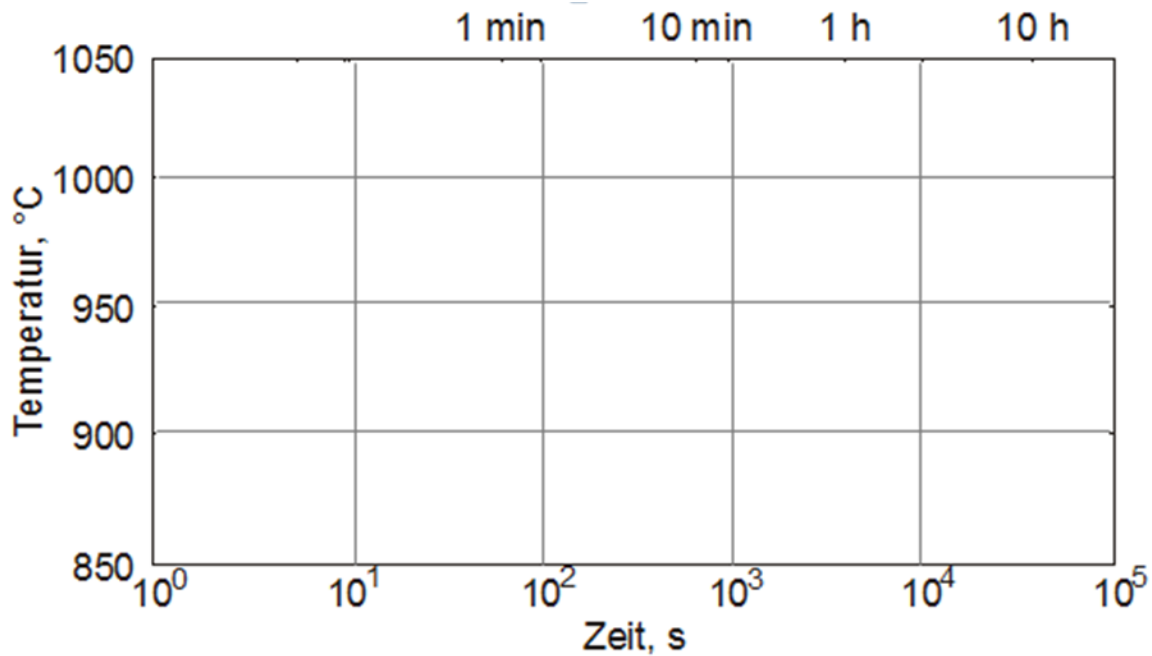


Abbildung 1

- c) Welche zwei weiteren Elemente außer Ti werden als Mikrolegierungselemente zur technischen thermo-mechanischen Behandlung verwendet? (1 Punkt)

Aufgabe 5**Einstellen von Gefügen****3 Punkt(e)**

Wie lautet der Zusammenhang, der zwischen der Streckgrenze von unlegiertem Stahl und der Ferritkorngröße besteht (Name und Formel)? Benennen Sie die Parameter. (3 Punkte)

Aufgabe 6 **Festigkeitssteigernde Mechanismen** **4.5 Punkt(e)**

Das "Patentieren" wird zur Herstellung von ultra-hochfesten Stahlseilen verwendet. Hierfür wird der Stahl bei Temperaturen knapp über der A_3 -Temperatur austenitisiert und anschließend in einem geschmolzenen Bleibad bei 570 °C abgeschreckt. Anschließend werden die Drahtseile auf den gewünschten Durchmesser gezogen. Eine gängige Zusammensetzung für einen solchen Stahl ist 0.8 C, 0.2 Si, 0.5 Mn, 0.01 P und 0.01 S.

a) Welche Mikrostruktur hat der patentierte Draht? (1 Punkt)

b) Ordnen Sie der chemischen Zusammensetzung, dem Drahtziehen und der Mikrostruktur die zugehörigen festigkeitssteigernden Mechanismen zu. Nutzen Sie hierfür Tabelle 1. (3 Punkte)

Tabelle 1

Faktor	festigkeitssteigernder Mechanismus
a. chemische Zusammensetzung (0.8 C, 0.2 Si, 0.5 Mn, 0.01 P und 0.01 S)	
b. Drahtziehen	
c. Mikrostruktur	

c) Wieviel GPa an Festigkeit können an patentierten Stahldrähten erreicht werden? (0.5 Punkte)

Aufgabe 7**Bruchmechanismen****7 Punkt(e)**

- a) Nennen Sie die Stadien des Gleitbruchs. (3 Punkte)
- b) Beschreiben Sie kurz das makroskopische Bruchaussehen von Gleitbruch- und Spaltbruchflächen. (2 Punkte)
- c) Nennen Sie den Unterschied zwischen transkristallinem und interkristallinem Rissverlauf. (2 Punkte)

Aufgabe 8**Bruchmechanik****6 Punkt(e)**

In der „Ironbridge“ Brücke, gebaut im Jahr 1779, wurden in gegossenen Strukturelementen Risse entdeckt. Die Größe und die Anordnung der Risse weisen einen Inspektionsbedarf auf. Aufgrund des Alters der Brücke liegen keine Unterlagen zu dem verwendeten Material vor.

- a) Welche bruchmechanischen Kriterien ergeben den Nachweis einer ausreichenden Zähigkeit? Nennen Sie mindestens zwei. (2 Punkte)
- b) Welche Proben sind in diesem Fall günstiger für eine bruchmechanische Kennwertermittlung (zur Auswahl stehen SENB- oder CT-Proben)? Begründen Sie Ihre Antwort! Bedenken Sie, dass die Tragfähigkeit der Brücke minimal beeinträchtigt werden sollte. (2 Punkte)
- c) Welche Art des Verformungs- und Versagensverhalten würden Sie für das Material der Brücke erwarten? Skizzieren Sie schematisch das Kraft-Rissaufweitung Diagramm. (2 Punkte)

Aufgabe 9**Kerbschlagbiegeversuch****10 Punkt(e)**

- a) Beschreiben Sie den „normalen“ Kerbschlagbiegeversuch (ohne Instrumentierung). Gehen Sie dabei auf Probenform, Messwerte und sonstige Versuchsrandbedingungen ein. (2 Punkte)
- b) Beschreiben Sie, wie beim Kerbschlagbiegeversuch ohne Instrumentierung die Schlagarbeit ermittelt werden kann. Wie wird im Gegensatz hierzu die Schlagarbeit im instrumentierten Kerbschlagbiegeversuch ermittelt? (4 Punkte)

- c) Zeichnen Sie eine Ergebniskurve aus einem instrumentierten Kerbschlagbiegeversuch für eine sehr spröde und eine sehr zähe Stahlgüte. Beschriften Sie die Achsen. (4 Punkte).

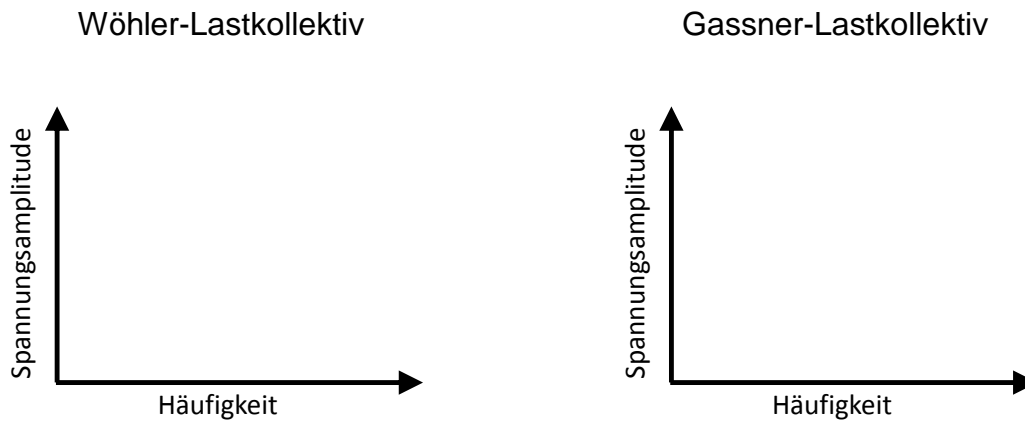
Aufgabe 10**Dauerfestigkeit****6 Punkt(e)**

- a) 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)

Abbildung 1

- b) Viele Bauteile werden betriebsfest ausgelegt, was eine zyklische Prüfung benötigt, bei der verschiedene Prüflasten mit unterschiedlichen Häufigkeiten in Betracht gezogen werden. Zu diesem Zweck wird der Gassnersversuch durchgeführt, bei dem ein betriebsnaher Prüfzyklus nachgestellt wird. Die unterschiedlichen Spannungsamplituden mit den jeweiligen Häufigkeiten werden in einem Lastkollektiv dargestellt. Skizzieren Sie in Abbildung 2 ein beispielhaftes Lastkollektiv für einen Gassnersversuch sowie für einen Wöhlersversuch. (2 Punkte)

Abbildung 2



- c) Skizzieren Sie in das unter a) erstellte Wöhlerdiagramm den Kurvenverlauf eines Gasserversuches, unter der Voraussetzung, dass der gleiche Werkstoff geprüft wurde. (1 Punkt)

Aufgabe 11**Dauerfestigkeit****3 Punkt(e)**

- a) Welches Werkstoffverhalten wird durch den Bauschinger-Effekt beschrieben? Was ist ursächlich für den Bauschinger-Effekt? (2 Punkte)
- b) Welche Gegenmaßnahme kann ergriffen werden, um den Bauschinger-Effekt zu minimieren? (1 Punkt)

Aufgabe 12**Hochtemperatureigenschaften****7 Punkt(e)**

Bei der Entwicklung von warmfesten Stählen müssen einige grundlegende werkstofftechnische Faktoren berücksichtigt werden.

- a) Erläutern Sie die Rolle der Kristallstruktur auf das Kriechverhalten von warmfesten Stählen. Welche Kristallstruktur hat eine höhere Kriechbeständigkeit? Begründen Sie Ihre Antwort. (2 Punkte)
- b) Warum haben martensitische und bainitische Stähle eine höhere Kriechbeständigkeit im Vergleich zu ferritischen Stählen? (1 Punkt)

- c) Warum werden Einkristalle anstelle von polykristallinen Werkstoffen bei Hochtemperaturanwendungen verwendet? (1 Punkt)
- d) Welche Besonderheit gilt für die Mischkristallverfestigung bei warmfesten Stählen? (1 Punkt)
- e) Welche Art von Ausscheidungen, Carbonitride oder intermetallische Phasen, sind bevorzugt bei Hochtemperaturanwendungen zu verwenden? Begründen Sie Ihre Antwort. (2 Punkte)

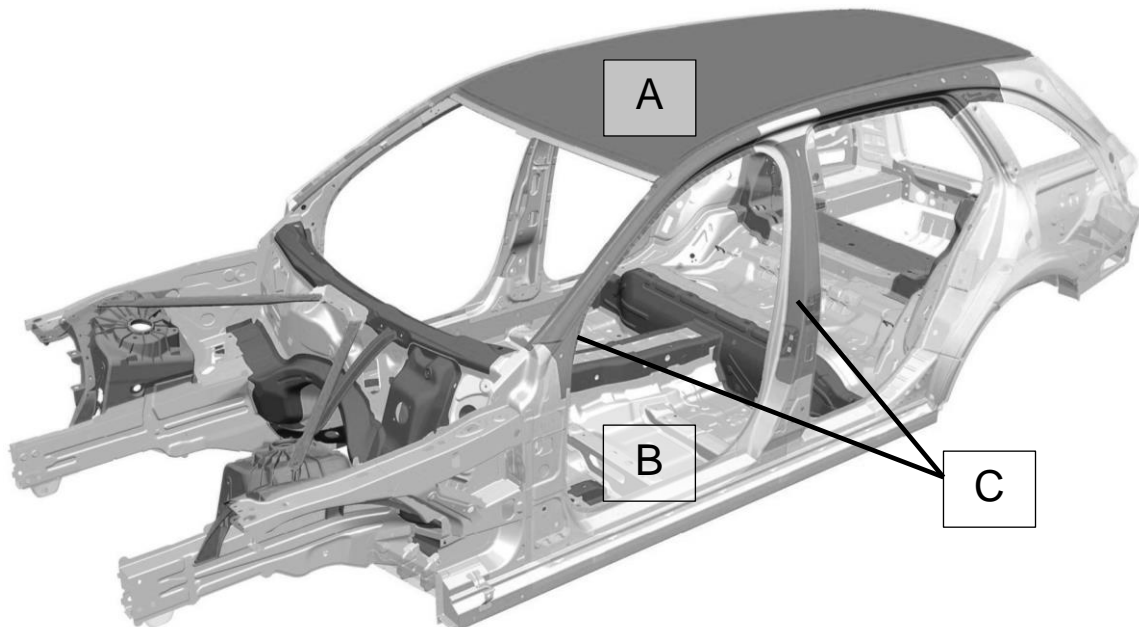
Aufgabe 13**Blechumformung****8 Punkt(e)**

a) Ordnen Sie die Karosserie-Komponenten A (Dach), B (Unterboden/Blechteile) und C (A-/B-Säule) den Werkstoffen i)-iii) zu und begründen Sie Ihre Wahl. (3 Punkte)

i) Konventioneller Stahl (Mild Steel, $R_m \approx 200 \text{ MPa}$)

ii) Hochfester Stahl (UHSS, $R_m > 800 \text{ MPa}$)

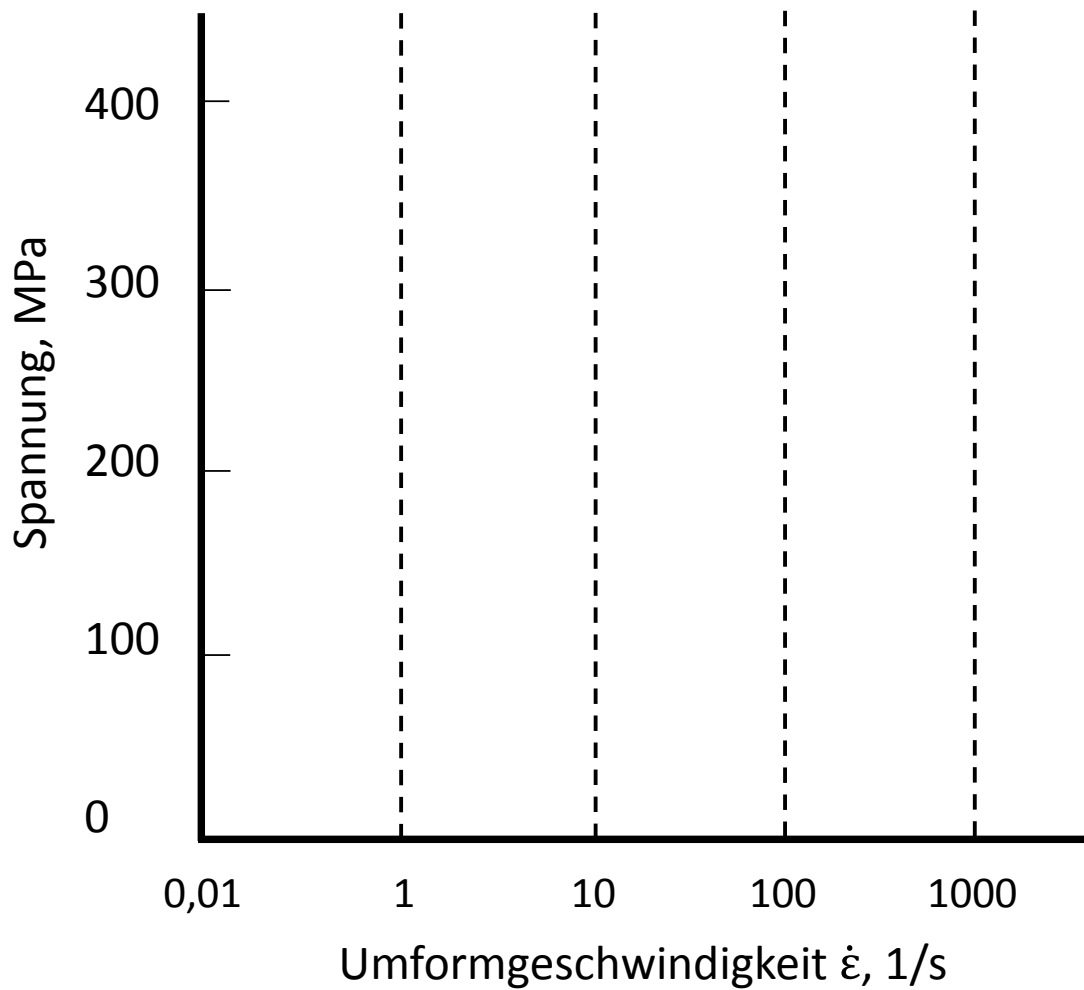
iii) Aluminium

Anlage 1:

- b) Werkstoffe für crashrelevante Automobilbauteile werden im dynamischen Zugversuch bei Dehnraten von $\dot{\epsilon} > 1$ 1/s charakterisiert.

Tragen Sie in **Anlage 2** schematisch die Änderung der Streckgrenze und Zugfestigkeit für einen konventionellen Automobilstahl (ZStE180BH) mit steigender Dehnrates ein!
(2,5 Punkte)

Anlage 2:



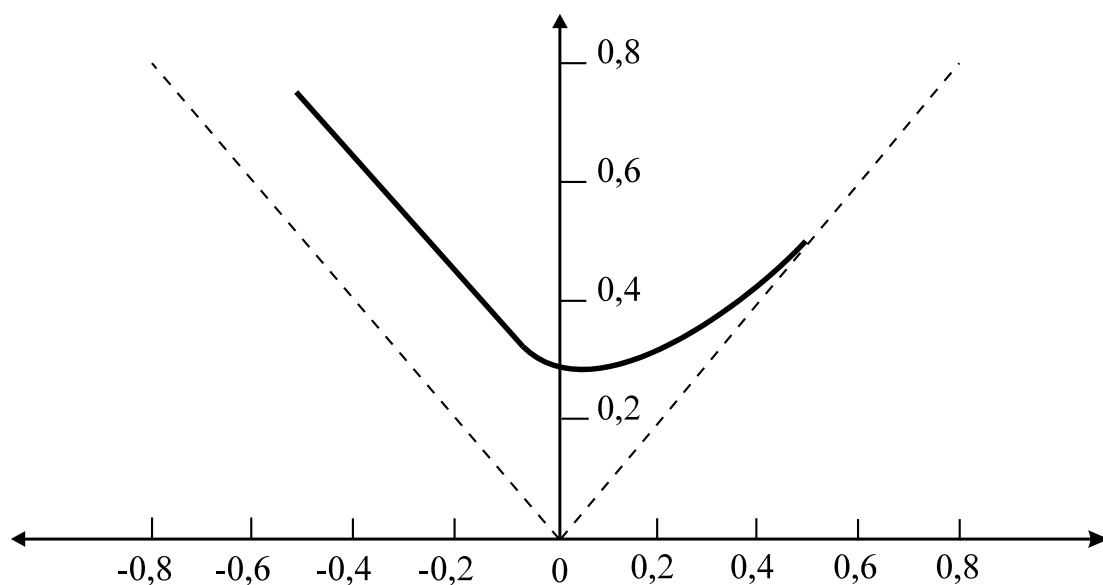
- c) Bei der Verformung von Metallen wird etwa 90% der Verformungsenergie in Wärme umgewandelt, welche während des Versuches an die Umgebung abgegeben wird. Welchen Einfluss kann Dissipation auf das Werkstoffverhalten während des Hochgeschwindigkeits-Zugversuches haben und wie wird er genannt? (1.5 Punkte)

- d) Was beschreibt die Dehnratenempfindlichkeit? Was bewirkt eine negative Dehnratenabhängigkeit? (1 Punkt)

Aufgabe 14**Sheet testing****7 Punkte**

Die Kaltverformbarkeit von Stahl lässt sich mittels Formänderungsdiagrammen für verschiedene Spannungszustände darstellen.

- a) Beschriften Sie die Achsen in Abbildung 1 und markieren Sie 4 charakteristischen Spannungszustände. (5 Punkte)

Figure 1:

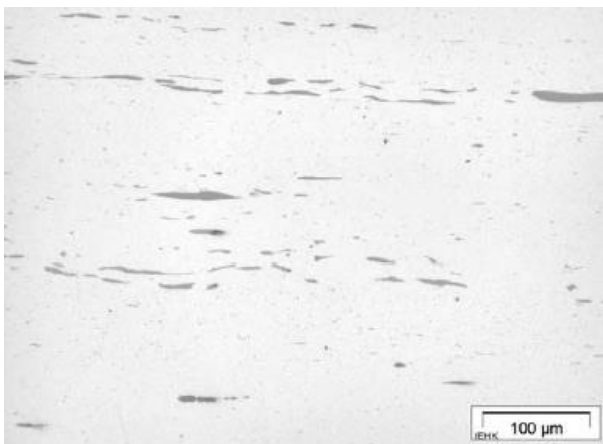
- b) Wie beeinflusst i) eine dickere Blechdicke oder ii) eine bessere Schmierung die Position der Grenzformänderungskurve? (2 Punkte)

i)

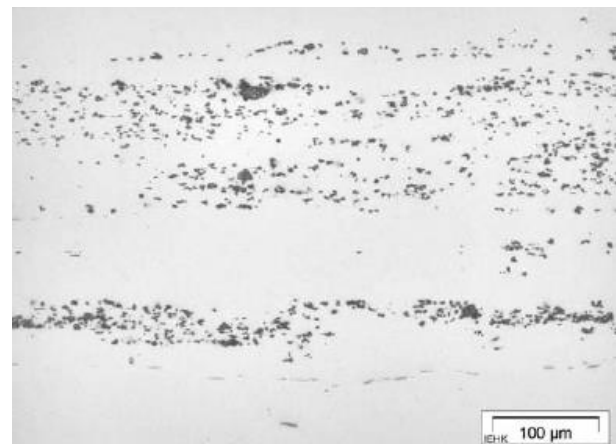
ii)

Aufgabe 15**Metallographie****4 Punkt(e)**

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)! (4 Punkte)

Anlage 1:

a



b

Aufgabe 16**Elektronenmikroskopie****7 Punkt(e)**

a) In welchem Bereich liegt die Auflösungsgrenze für Lichtmikroskopie und Transmissionselektronenmikroskopie? (2 Punkte)

b) Wofür stehen die unten aufgeführten Abkürzungen für die Verfahren aus dem Bereich der Elektronenmikroskopie? (4 Punkte)

REM:

TEM:

ESMA:

EBSD:

c) Mit welchem dieser Verfahren können Sie eine quantitative Aussage zur chemischen Zusammensetzung erhalten? (1 Punkt)