

**Masterprüfung**

**„Werkstofftechnik der Stähle“**

**05.09.2016**

**Name, Vorname:**

**Matrikelnummer:**

**Erklärung:** Ich fühle mich gesund und in der Lage an der vorliegenden Prüfung teilzunehmen.

**Unterschrift:**

Aufgabe	Punkte:	Erreichte Punkte:	Punkte nach Einsicht (zusätzliche Punkte)
1	3		
2	3		
3	10		
4	7.5		
5	4		
6	3		
7	8		
8	8		
9	7.5		
10	8		
11	5		
12	6.5		
13	9.5		
14	3		
15	3		
16	3		
17	8		
Summe	100		

Zum Bestehen der Klausur werden 44 % der Punkte benötigt.

**Aufgabe 1****Zugversuch****3 Punkt(e)**

Ein hochfester Stahl weist eine Zugfestigkeit von 1000 MPa auf. Die Zwick/Roell Zugmaschine kann bis zu einer Maximalkraft von 12 kN belastet werden. Überschreitet die Kraft dieses Niveau während des Versuchs, kann die Anlage beschädigt werden.

Eine Flachzugprobe mit einer Dicke  $d$  von 2 mm und einer Breite  $b$  von 10 mm wird geprüft.

- a) Welche maximale Kraft wird mit der vorgegebenen Probenform erreicht? Kann die Probe geprüft werden? (2 Punkte)

- b) Ein hochfester Stahl mit einer Zugfestigkeit von 1200 MPa soll getestet werden. Auf welche maximale Breite muss die Messlänge reduziert werden, damit die Proben gefahrlos geprüft werden kann? (1 Punkt)

**Aufgabe 2****Zugversuch II****3 Punkt(e)**

Ihnen ist ein Punkt aus einem technischen Spannung-Dehnungs-Diagramm eines Baustahls bekannt ( $\sigma=600$  MPa,  $\varepsilon =0,15$ ). Wie viel Prozent der Gesamtdehnung entfallen auf den elastischen Anteil der Dehnung ( $E=200$  GPa)? Fertigen Sie eine geeignete Zeichnung an! (3 Punkte)

**Aufgabe 2                      Wahre Spannung – wahre Dehnung I                      10 Punkt(e)**

Im wahre Spannung-wahre Dehnung-Diagramm kann dem Lastmaximum kein markanter Punkt zugeordnet werden, der den Beginn der Einschnürung charakterisiert. Mit Hilfe des Considère-Kriteriums lässt sich die Gleichmaßdehnung ermitteln.

- a) Leiten Sie eine Gleichung für das Considère-Kriterium her, mit der sich die Gleichmaßdehnung bestimmen lässt. (6 Punkte)

b) Stellen Sie grafisch das Considère-Kriterium dar. (4 Punkte)

**Aufgabe 4****Heißzugversuch****7.5 Punkt(e)**

- a) In Abbildung 1 und Abbildung 2 sind die mechanischen Kennwerte verschiedener Heißzugversuche als Funktion der Prüftemperatur für zwei verschiedene Werkstoffe aufgetragen. Beschriften Sie für jeden der beiden Werkstoffe beide Y-Achsen. Welchen der beiden Werkstoffe hat eine bessere Strangvergießbarkeit? Begründen Sie Ihre Antwort? (3 Punkte)
- b) Erläutern Sie warum es in dem Temperaturbereich von 800-900°C zu einem Minimum der Kurve kommt. (1 Punkt)
- c) Benennen Sie die 2 charakteristischen Temperaturen die für Werkstoff B bei 1300°C und 1400°C liegen. Was ist die Konsequenz wenn die Temperaturspanne  $\Delta T$  zwischen diesen Temperaturen groß ist? (2 Punkte)

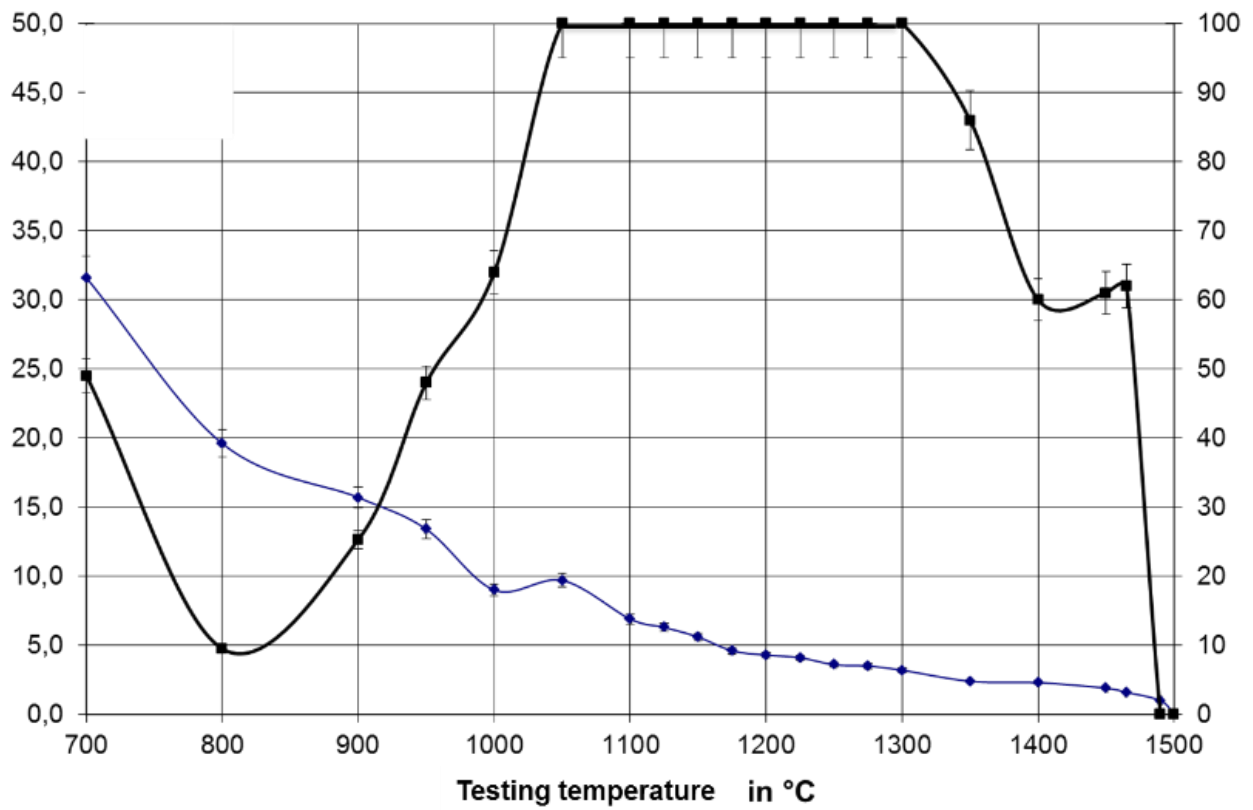


Abbildung 1: Werkstoff A

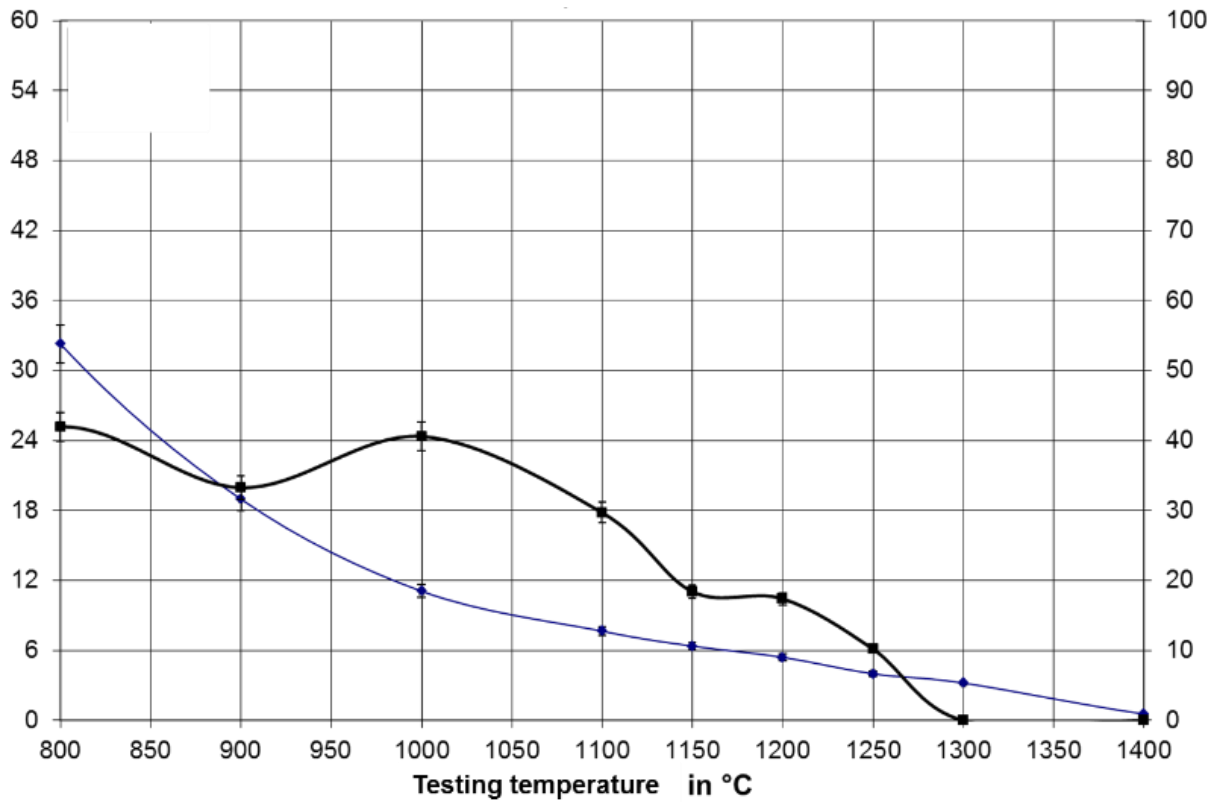


Abbildung 2 Werkstoff B

- d) Abbildung 3 zeigt Heißzugproben von Werkstoff A die bei 950°C, 1200°C und 1500°C geprüft wurden. Ordnen Sie die Proben den entsprechenden Prüftemperaturen zu. (1,5 Punkte)

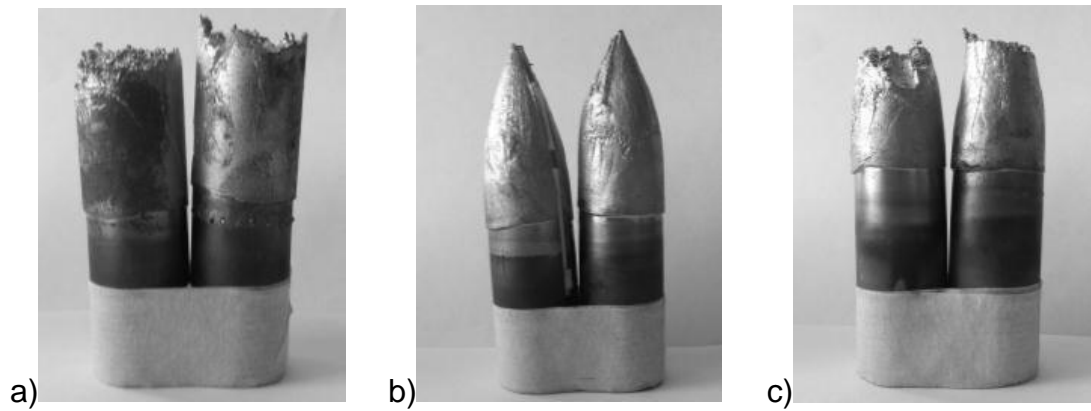
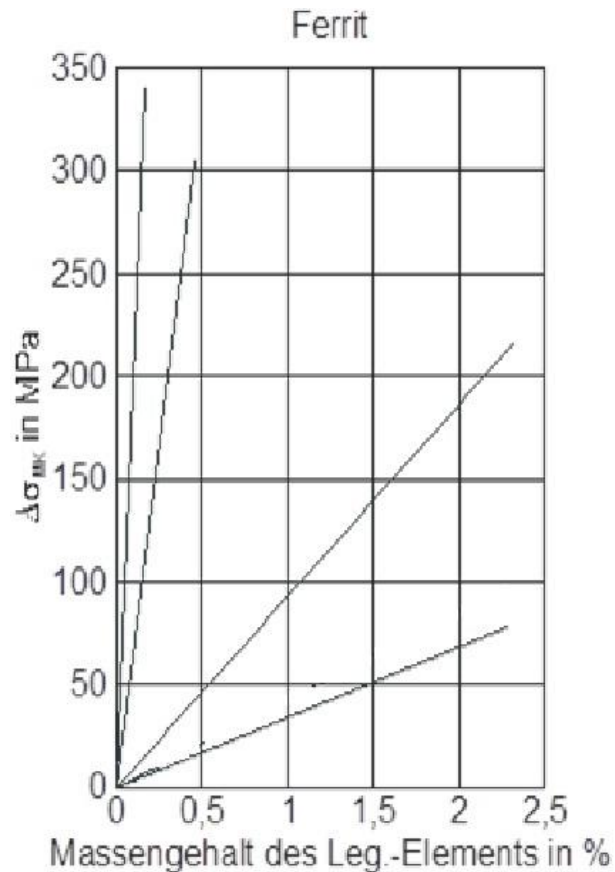


Abbildung 3: Heißzugproben bei verschiedenen Temperaturen



**Aufgabe 5****Festigkeitssteigerung I****4 Punkt(e)**

- a) Gegeben ist in Anlage 1 ein Diagramm mit dem Einfluss verschiedener Legierungselemente auf die Streckgrenze für einen ferritischen Stahl. Ordnen Sie den Geraden die zugehörigen Elemente (P, Si, C, Mn) zu (2 Punkte).

**Anlage 1:**

- b) Welche Elemente würden Sie zur Festigkeitssteigerung bevorzugt verwenden, welche eher vermeiden? Begründen Sie kurz Ihre Entscheidung! (2 Punkte)

**Aufgabe 6****Festigkeitssteigerung II****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 7****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 4 festigkeitssteigernden Mechanismen die durch die thermomechanische Behandlung beeinflusst werden. Wie beeinflussen diese Mechanismen die Zähigkeitseigenschaften jeweils? (5 Punkte)

- b) Mit welchen Legierungselementen wird in thermomechanisch behandelten Stählen ein Bereich des „nicht-rekristallisierenden Austenits“ eingestellt? Wie wirken diese jeweils? (3 Punkte).

**Aufgabe 8****Bruchmechanismen****8 Punkt(e)**

- a) Definieren Sie die Begriffe Spröd-, Spalt-, Zäh- und Gleitbruch (4 Punkt).
- b) Erläutern Sie anhand der Vorgänge beim Spalt- und Gleitbruch die im REM ersichtlichen Bruchflächenunterschiede (3 Punkte).
- c) Nennen Sie die beiden grundsätzlichen Typen des Bruchverlaufes beim Spaltbruch (1 Punkte).

**Aufgabe 9****Dauerfestigkeit****7.5 Punkt(e)**

Der grundlegende technische Ermüdungsfestigkeitsversuch ist der Einstufen-Schwingversuch nach Wöhler.

- a) Zeichnen Sie die charakteristischen Kurvenverläufe für eine Überlebenswahrscheinlichkeit von 10%, 50% und 90% ( $P_{\ddot{U}10\%}$ ,  $P_{\ddot{U}50\%}$  und  $P_{\ddot{U}90\%}$ ) in ein Wöhlerdiagramm ein. Beschriften Sie die Achsen und kennzeichnen Sie die 3 charakteristischen Bereiche. (3 Punkte)

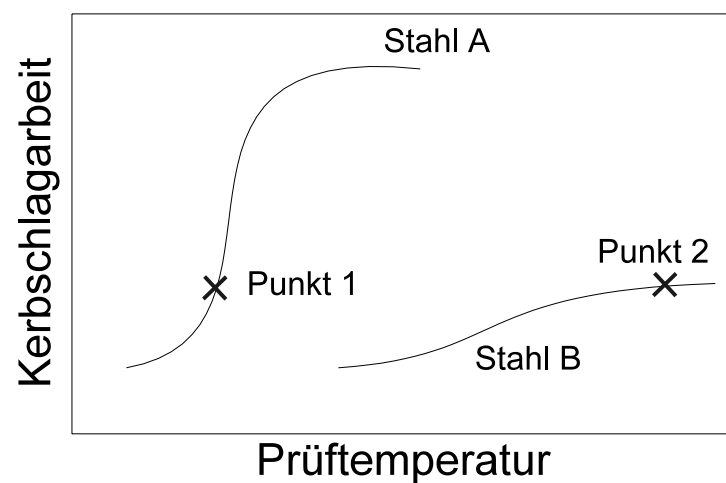
- b) Wie beeinflusst eine höhere Prüftemperatur die  $P_{\ddot{U}50\%}$  Überlebenswahrscheinlichkeit? (1 Punkt)

- c) Zeichnen Sie die zyklischen Belastungsverläufe für eine Schwingfestigkeitsuntersuchung mit sinusförmiger Belastung über die Zeit für die Zustände  $R = 0$  und  $R = -1$ . Geben Sie die Formel für die Berechnung des R-Wertes an. (3,5 Punkte)

**Aufgabe 10****Kerbschlagbiegeversuch****8 Punkt(e)**

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)

**Anlage 1**

b) Beschreiben Sie den Unterschied zwischen dem normalen und dem instrumentierten Kerbschlagbiegeversuch. (2 Punkte)

c) Diskutieren Sie Vor- und Nachteile der beiden Versuchsarten. (2 Punkte)





**Aufgabe 12****Blechprüfung****6.5 Punkt(e)**

Zwei Werkstoffe sollen auf Ihre Tiefzieheigenschaften hin untersucht werden.

- a) Ihre Aufgabe ist es,  $\Delta r$ -Werte und  $r_m$ -Werte der Werkstoffe zu ermitteln. Hierzu haben Sie je Werkstoff 3 Flachzugproben ( $0^\circ$ ,  $45^\circ$  und  $90^\circ$  zur Walzrichtung) homogen verformt. Bei den Versuchen wurden die folgenden Formänderungen gemessen (3,5 Punkte):

Werkstoff 1:

	$\varphi_b$	$\varphi_S$
$0^\circ$	-0,288	-0,177
$45^\circ$	-0,371	-0,207
$90^\circ$	-0,205	-0,092

Werkstoff 2:

	$\varphi_b$	$\varphi_S$
$0^\circ$	-0,134	-0,119
$45^\circ$	-0,198	-0,255
$90^\circ$	-0,092	-0,065

- b) Welche Werkstoffeigenschaften beschreiben die in Aufgabenteil a) ermittelten Kennwerte? Welcher Werkstoff ist unter Berücksichtigung der Ergebnisse aus a) zum Tiefziehen besser geeignet (3 Punkte)?

**Aufgabe 13****Blechprüfung****9.5 Punkt(e)**

Mr. White hat ein neues Produkt entwickelt und würde gerne für dieses seine eigenen Getränkedosen herstellen. Unter seinem Wohnwagen hat er zwei Stapel Bleche gefunden. Einen hochfesten Stahl und einen weichen Tiefziehstahl. Da Mr. White Chemiker und kein Werkstoffingenieur ist, benötigt er nun Ihre Hilfe, um sich einen Überblick über die beiden Werkstoffe zu verschaffen.

- a) Zeichnen Sie ein Formänderungsdiagramm und zeichnen Sie jeweils eine Kurve für einen weichen Tiefziehstahl und eine für einen hochfesten Stahl ein! (2,5 Punkte)
- b) Zeichnen Sie darüber hinaus für Mr. White die vier charakteristischen Beanspruchungsfälle in das Formänderungsdiagramm ein. (2 Punkte)
- c) Markieren Sie darüber hinaus den Beanspruchungsbereich, der für die Herstellung der Dosen entscheidend ist, damit Mr. White weiß, welche Werte für ihn relevant sind! (1 Punkte)

Mr. White hat von seinem Nachbarn Mr. Pink gehört, dass es viele Einflussfaktoren auf die Lage der Kurve im Formänderungsdiagramm gibt.

- d) Welche 4 Einflussgrößen haben einen positiven Effekt auf den Umformgrad?  
(2 Punkte)

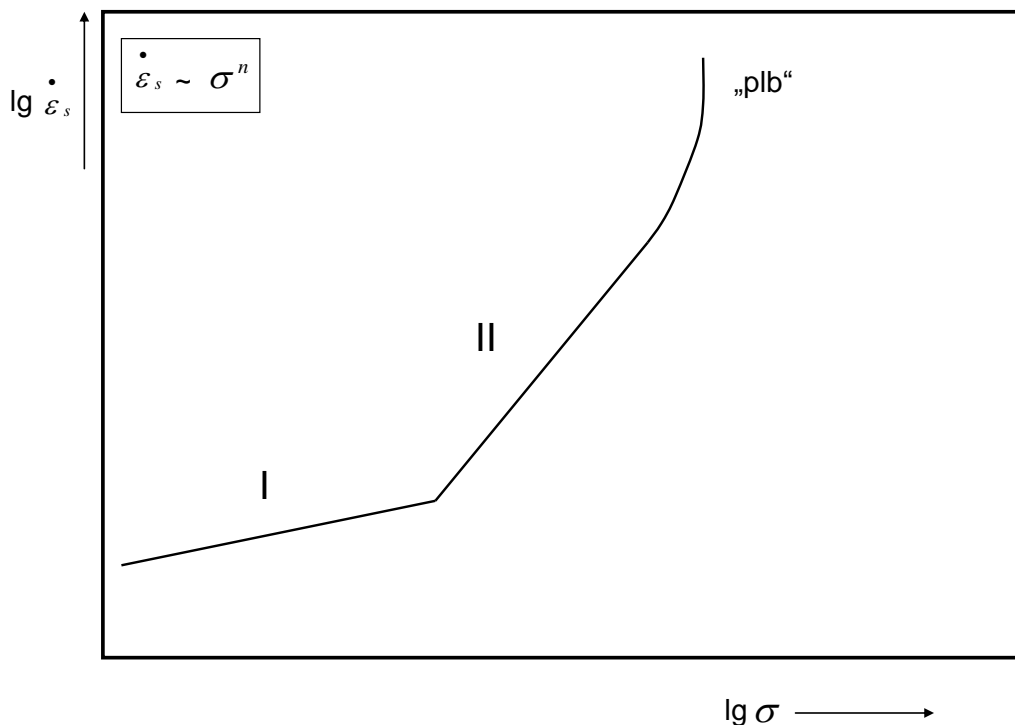
Mr. White hat nun einige Versuche mit dem weichen Tiefziehstahl durchgeführt und hat sich für eine komplexe Tiefziehgeometrie für seine Cola entschieden. Um die Dosen stabiler zu gestalten möchte Mr. White nun statt des weichen Tiefziehstahls den hochfesten Stahl für die Tiefziehgeometrie verwenden.

- e) Aufgrund der Umstellung ist mit Fehlern zu rechnen. Nennen Sie vier mögliche Versagensmechanismen. (2 Punkte)

**Aufgabe 14****Kriechverhalten****3 Punkt(e)**

Bei höheren Prüftemperaturen werden die mechanischen Eigenschaften stark von der Dehngeschwindigkeit  $\dot{\varepsilon}$  beeinflusst. Im Diagramm in Anlage 1 wird die Dehngeschwindigkeit als Funktion der Spannung für den Bereich des stationären Kriechens aufgezeigt (Newtonsches Kriechgesetz).

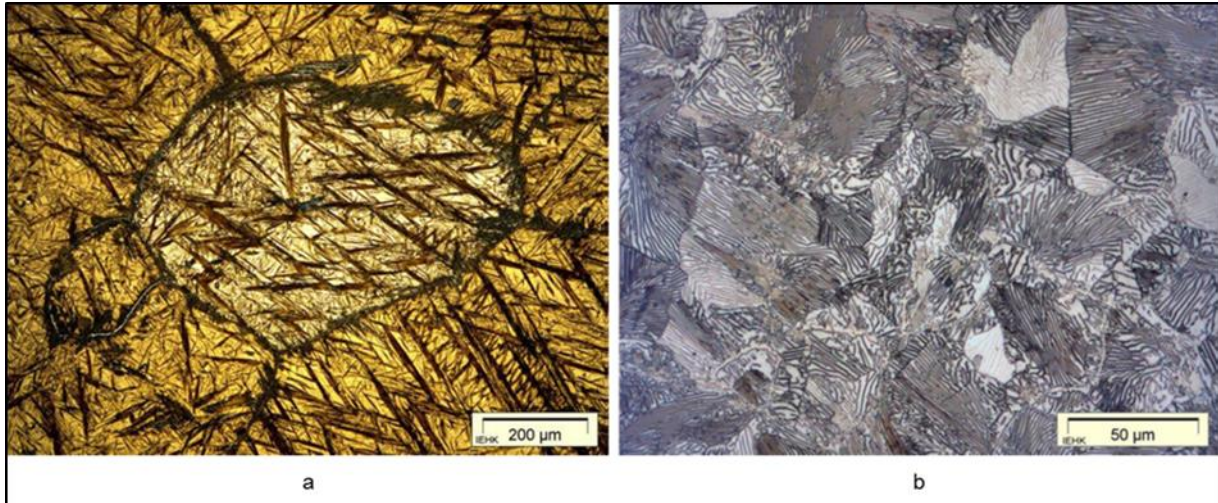
Anlage 1



- a) Welche Kriechmechanismen sind in Bereich I und II des Diagramms vorherrschend? (2 Punkte)
- b) Tragen Sie die Verschiebung der Kurve ein, wenn ein grobkörniges Material im Einsatz ist! (1 Punkt)

**Aufgabe 15****Metallographie****3 Punkt(e)**

- a) Anlage 2 zeigt zwei metallografische Schliffe. Bitte benennen Sie die vorliegenden Gefüge. (2 Punkte)



- b) Können Sie aus dem Gefügebild b den C-Gehalt des Stahls abschätzen? Bitte erläutern Sie Ihre Antwort (1 Punkte).

**Aufgabe 16**

**Elektronenmikroskopie I**

**3 Punkt(e)**

In welchem Bereich liegt die Auflösungsgrenze für

- a) Lichtmikroskopie
- b) Transmissionselektronenmikroskopie
- c) Rasterelektronenmikroskopie

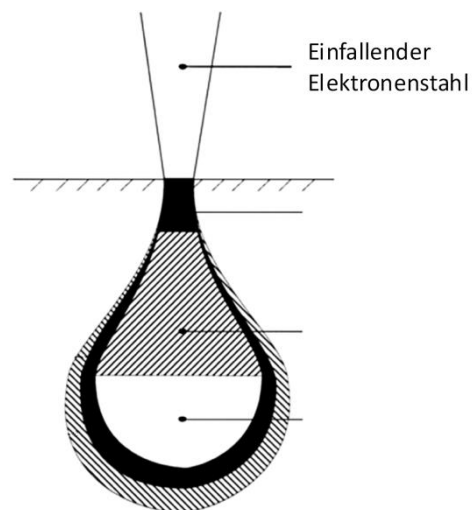
(3 Punkte)



**Aufgabe 17****Elektronenmikroskopie II****8 Punkt(e)**

In **Anhang 1** ist schematisch das Anregungsvolumen dargestellt, welches durch das Auftreffen von Elektronenstrahlen entsteht.

- a) Beschriften Sie in Anhang 1 die jeweiligen Bereiche mit den folgenden Strahlungen (1 Punkt):
- i) Rückgestreute Elektronen
  - ii) Sekundärelektronen,
  - iii) charakteristische Röntgenstrahlung

**Anhang 1**

- b) Erläutern Sie die Entstehung der jeweiligen Strahlen. (3 Punkte)

- c) Durch Detektion der Strahlen aus Teilaufgabe a) können unterschiedliche Analysen am Werkstoff durchgeführt werden. Ordnen Sie die genannten Strahlen den jeweiligen Fragestellungen zu (4 Punkte):
- i) Analyse der chemischen Zusammensetzung
  - ii) Bruchflächenanalyse
  - iii) Untersuchung der kristallographischen Orientierung einzelner Körner
  - iv) Gefügeuntersuchung einer tiefengeätzten Probe