

Masterprüfung

„Werkstofftechnik der Stähle“

11.09.2017

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	7		
2	4		
3	9		
4	3,5		
5	6		
6	6,5		
7	8		
8	6		
9	10		
10	10		
11	4		
12	11		
13	4		
14	4		
15	4		
16	3		
Summe	100		

Zum Bestehen der Klausur werden 44 % der Punkte benötigt.

Aufgabe 1**Zugversuch****7 Punkte**

- (a) Zeichnen Sie die Spannung-Dehnung-Kurve für einen ferritischen Stahl bei (i) Raumtemperatur und bei (ii) -120°C in ein Spannung-Dehnung-Diagramm (beide Kurven in das gleiche Diagramm). (2 Punkte)
- (b) Zeichnen Sie in ein zweites Spannung-Dehnung-Diagramm die Kurve für einen austenitischen Stahl bei (i) Raumtemperatur und bei (ii) -120°C (beide Kurven in das gleiche Diagramm). (2 Punkte)

- (c) Erklären Sie stichwortartig den metallphysikalischen Hintergrund für die Kurvenverläufe (3 Punkte).

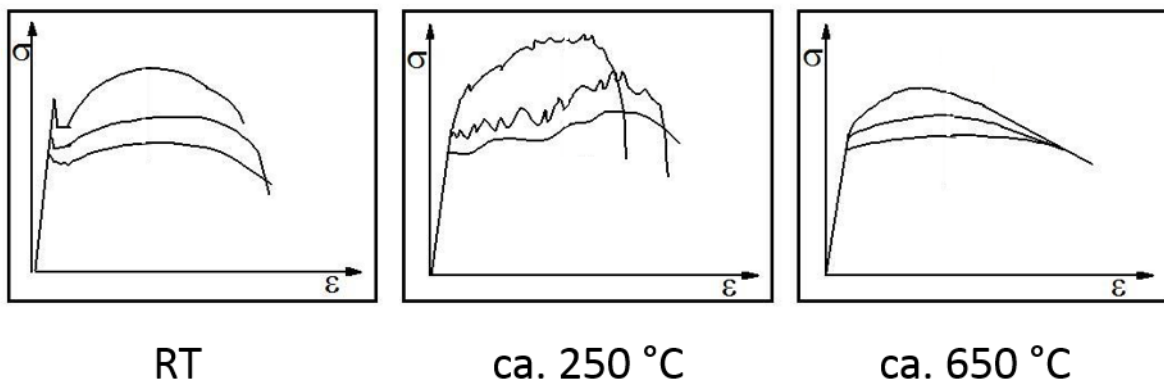
Aufgabe 2 **Wahre Spannung- wahre Dehnung** **4 Punkt(e)**

- (a) Erklären Sie den qualitativen Unterschied zwischen einer konventionellen Spannung-Dehnung-Kurve und einer „wahren“-Spannung-„wahren“ 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**Dehnratenabhängigkeit****9 Punkte**

Bei der Betrachtung der Einflussgrößen auf das Festigkeits- und Fließverhalten von metallischen Werkstoffen ist der Einfluss der Temperatur von entscheidender Bedeutung. In der untenstehenden **Abbildung 1** sind die Spannung-Dehnung-Kurven für drei charakteristische Temperaturbereiche und unterschiedlichen Dehnraten dargestellt.

- (a) In jedem der drei Temperaturbereiche in **Abbildung 1** sind drei Spannungs-Dehnungskurven aufgeführt. Ordnen Sie für die Spannungs-Dehnungskurven die jeweiligen Dehnraten ($\dot{\epsilon}_1 > \dot{\epsilon}_2 > \dot{\epsilon}_3$) zu. (3 Punkte)

**Abbildung 1**

- (b) Was ist für den sprunghaften Kurvenverlauf in bei ca. 250 °C verantwortlich? (2 Punkte)

- (c) Erläutern Sie kurz die metallphysikalischen Vorgänge während der Verformung bei RT und bei ca. 650 °C. (4 Punkte)

Aufgabe 4 Festigkeitssteigernde Mechanismen I 3,5 Punkte

- a) Wie lautet der Zusammenhang zwischen der Streckgrenze von unlegiertem Stahl und der Ferritkorngröße (Name und Formel)? (1 Punkt)
- b) Wie heißen die Variablen bzw. Konstanten dieser Formel und was beschreiben sie? (2.5 Punkte)

Aufgabe 5**Festigkeitssteigernde Mechanismen II****6 Punkte**

a) Welche Möglichkeiten der Steigerung der Festigkeit von Stählen kennen Sie?
(2 Punkte)

b) In **Abbildung 1** ist ein Diagramm mit dem Einfluss verschiedener Legierungselemente auf die Streckgrenze für einen ferritischen Stahl gegeben. Ordnen Sie den Geraden die zugehörigen Elemente (P, Si, C, Mn) zu. (2 Punkte)

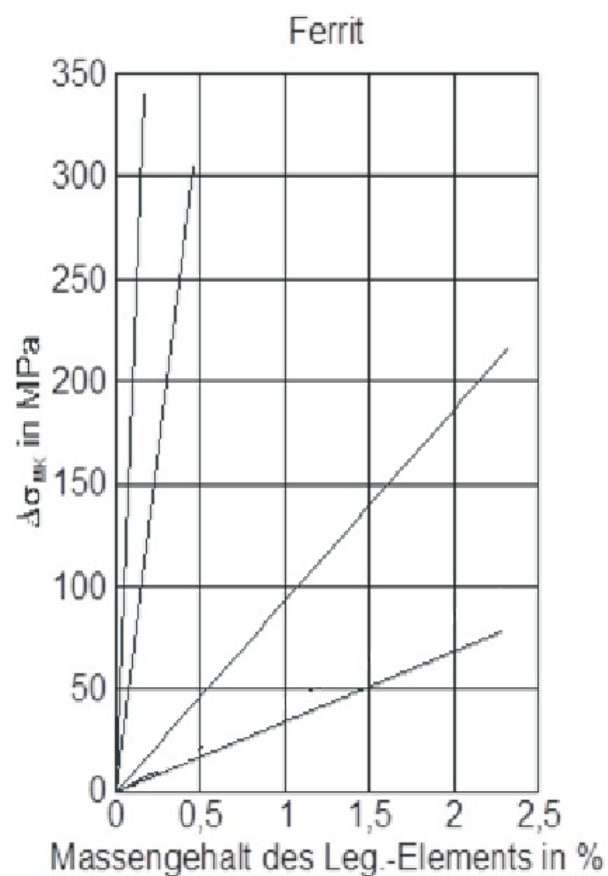


Abbildung 1

- c) Welche Elemente würden Sie zur Festigkeitssteigerung in einem ferritischen Stahl bevorzugt verwenden, welche eher vermeiden? Begründen Sie Ihre Entscheidung kurz. (2 Punkte)

Aufgabe 6**TMB****6,5 Punkte**

- a) Wie beeinflussen Mikrolegierungselemente die Gefügeausbildung während des Warmwalzens von Stahl? Erläutern Sie anhand der ablaufenden metallphysikalischen Mechanismen. (3 Punkte)
- b) Die Streckgrenze eines TMB-Stahls wird maximal, wenn man ihn bei einer Haspeltemperatur von ca. 600 °C aufwickelt. Warum tritt dieses Maximum auf? (2 Punkte)
- c) Nennen Sie die wichtigsten Mikrolegierungselemente in TMB-Stählen! (1,5 Punkt)

Aufgabe 7**Bruchmechanismen****8 Punkte**

- a) Definieren Sie die Begriffe Spröd-, Spalt-, Zäh- und Gleitbruch. (4 Punkte)
- 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 Punkt)

Aufgabe 8**Bruchmechanik****6 Punkte**

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 Punkte**

- 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****10 Punkte**

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

- a) Skizzieren Sie ein Wöhlerdiagramm und stellen Sie den Einfluss der Mittelspannungen ($\sigma_m < 0$, $\sigma_m = 0$, $\sigma_m > 0$) im selben Diagramm dar. Kennzeichnen Sie außerdem die Wechselfestigkeit σ_w . (5 Punkte)

- b) Die erste schwingende Beanspruchung eines Werkstoffes führt zu einer plastischen Verformung in sogenannten persistenten Gleitbändern (siehe **Abbildung 1**). Skizzieren und kennzeichnen Sie Extrusionen und Intrusionen in der **Abbildung 1**. (2 Punkte)

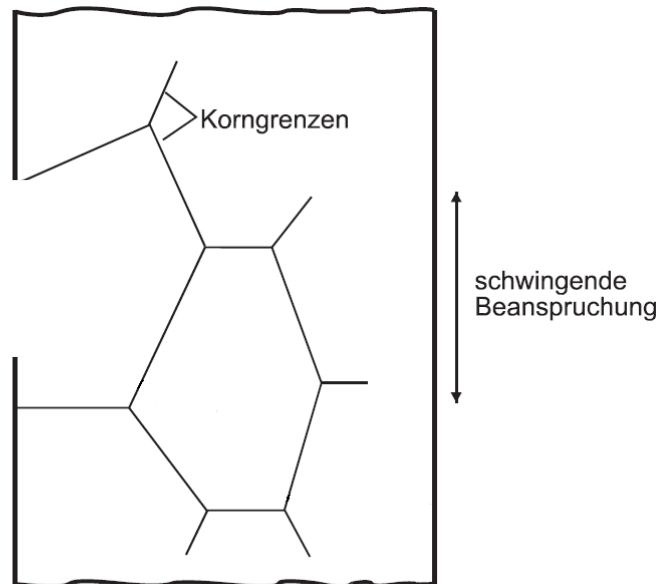


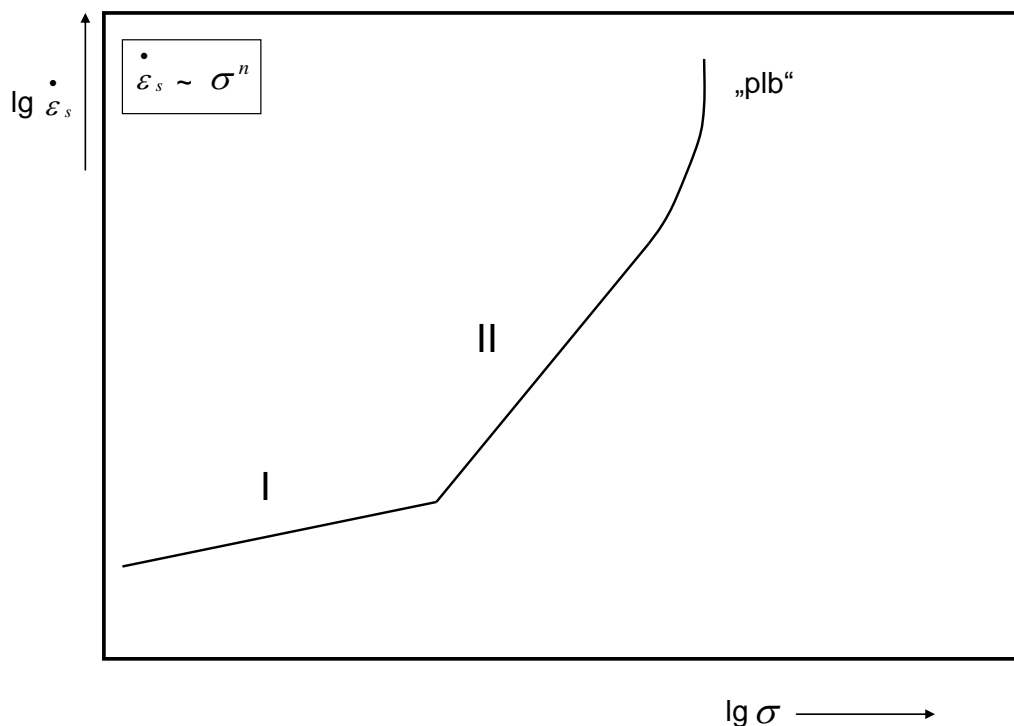
Abbildung 1

- c) Skizzieren Sie in derselben **Abbildung 1** das Stadium I (Makrorissbildung) und II (Makrorissausbreitung) der Rissausbreitung. Berücksichtigen Sie die Hauptnormalspannung. Erläutern Sie den Rissverlauf von Stadium I. (3 Punkte)

Aufgabe 11**Kriechverhalten****4 Punkt(e)**

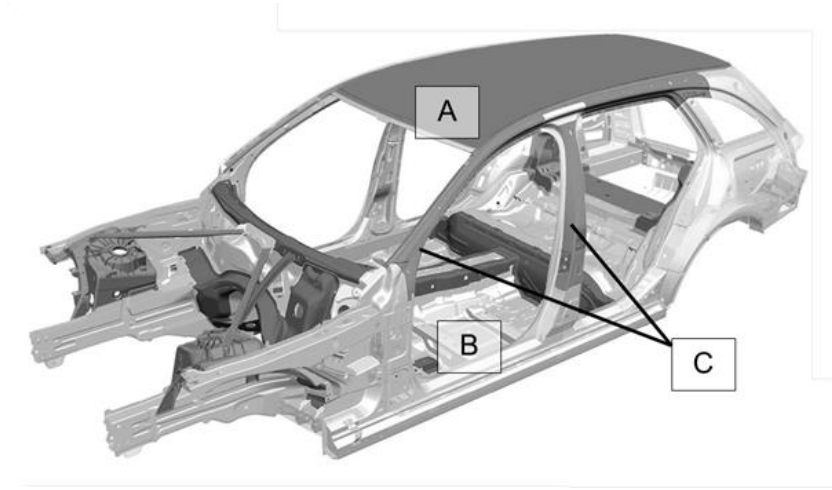
Bei höheren Prüftemperaturen werden die mechanischen Eigenschaften stark von der Dehngeschwindigkeit $\dot{\varepsilon}$ beeinflusst. Im Diagramm wird die Dehngeschwindigkeit als Funktion der Spannung für den Bereich des stationären Kriechens aufgezeigt (Newtonsches Kriechgesetz).

- Welche Kriechmechanismen sind in Bereich I und II in Abbildung 1 vorherrschend? (2 Punkte)
- Tragen Sie die Verschiebung der Kurve ein, wenn ein grobkörniges Material im Einsatz ist! (1 Punkt)
- Tragen Sie die Verschiebung der Kurve ein, wenn ein Material mit niedrigem E-Modul im Einsatz ist! (1 Punkt)

**Abbildung 1**

Aufgabe 12**Blechprüfung I****11 Punkte**

- a) Ordnen Sie die Karosserie-Komponenten A (Dach), B (Unterboden/Blechteile) und C (A-/B-Säule) in **Abbildung 1** den Werkstoffen i)-ii) zu und begründen Sie Ihre Wahl. Mehrfachnennungen sind möglich! (3 Punkte)
- i) Konventioneller Stahl (Mild Steel, $R_m \sim 200 \text{ MPa}$)
- ii) Hochfester Stahl (UHSS, $R_m > 800 \text{ MPa}$)

**Abbildung 1**

- b) Zeichnen Sie schematisch ein Grenzformänderungsschaubild für die Stähle i und ii (3 Punkte)

- c) Werkstoffe für crashrelevante Automobilbauteile werden im dynamischen Zugversuch bei Dehnraten von $\dot{\epsilon} > 1/s$ charakterisiert. Tragen Sie in **Abbildung 2** schematisch die Änderung der Streckgrenze und Zugfestigkeit mit steigender Dehnrates ein für einen ZStE180BH Stahl, der in der Automobilindustrie verwendet wird! (3 Punkte)

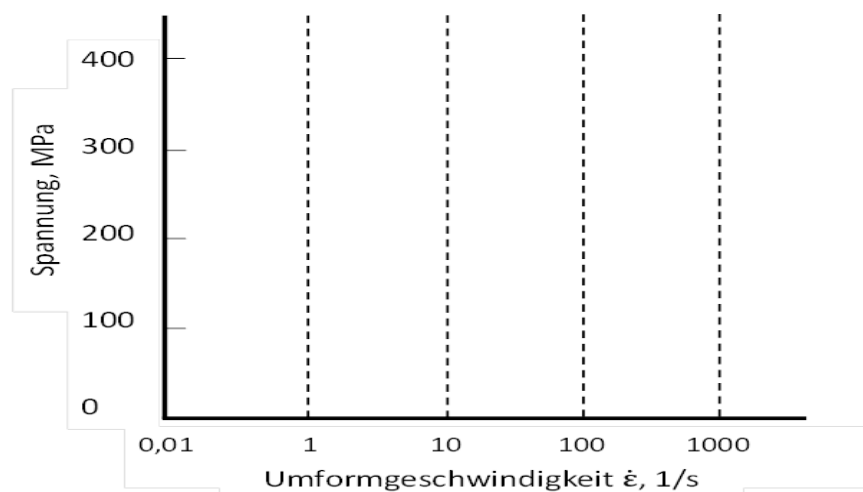


Abbildung 2

- d) 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? (2 Punkte)

Aufgabe 13**Metallographie I****4 Punkte**

Mithilfe der Metallographie können wichtige Erkenntnisse über die Mikrostruktur von Werkstoffen gewonnen werden.

- (a) In der Gefüge-Aufnahme (**Abbildung 1**) sehen Sie einen Dualphasen-Stahl (DP-Stahl) nach 5%iger $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_5$ Ätzung. Welche Phasen liegen vor? Beschriften Sie die Phasen in der Gefüeaufnahme. (2 Punkte)

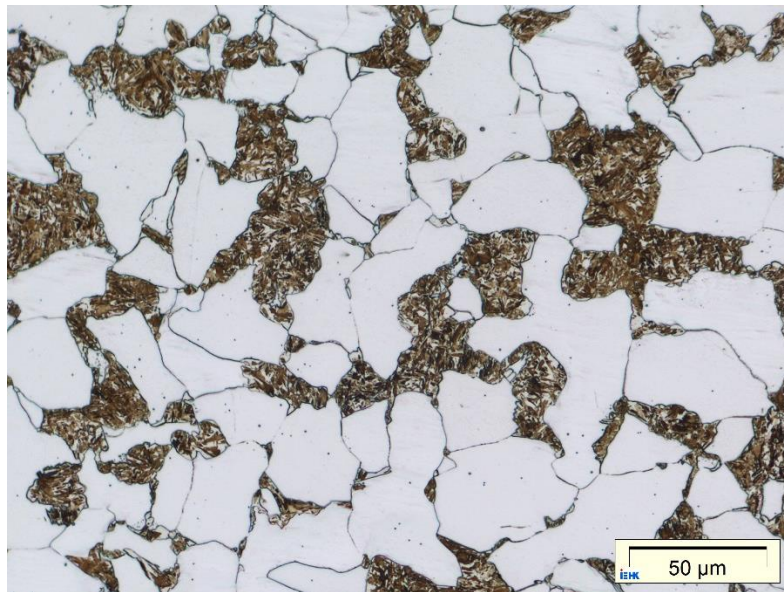


Abbildung1: Gefüeaufnahme DP-Stahl

(b) Welche der beiden Phasen enthält einen höheren Kohlenstoffgehalt (im DP-Stahl)? (1 Punkt)

(c) Was für ein Unterschied ist zwischen einem Dualphasen- und einem Duplex-Gefüge. (1 Punkt)

Aufgabe 14**Metallographie II****4 Punkte**

Die Abbildungen a und b in **Abbildung 1** zeigen verschiedene Arten von nichtmetallischen Einschlüssen in einem Stahl nach dem Kaltwalzen, es handelt sich hierbei um Mangansulfide und Aluminiumoxide.

- a) Ordnen Sie die beiden genannten Einschlusstypen den entsprechenden Abbildungen zu und begründen Sie ihre Entscheidung (kurz)! (4 Punkte)

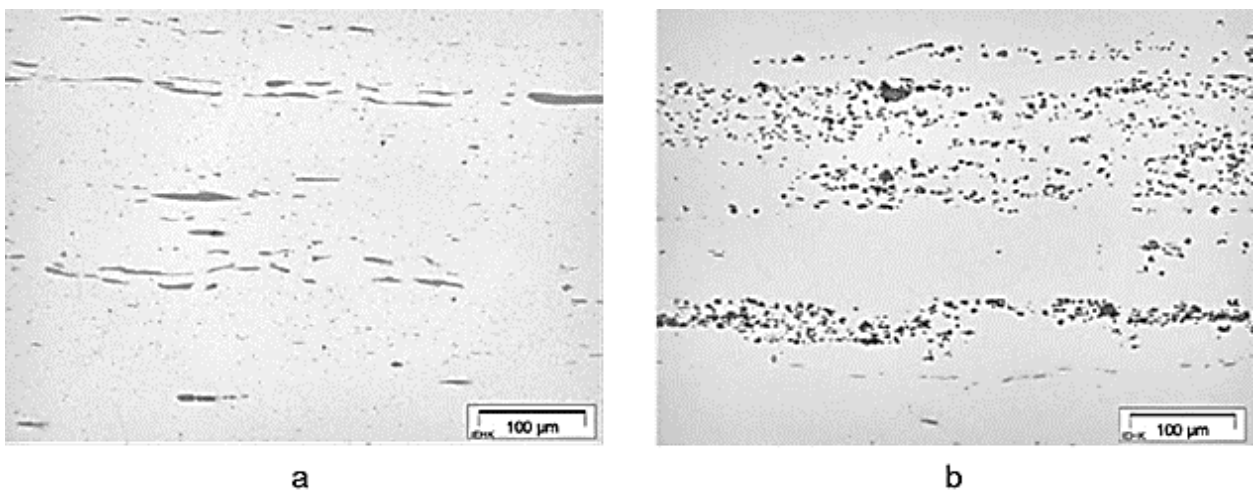


Abbildung 1

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

- a) In welchem Bereich liegt die Auflösungsgrenze für (i) Rasterelektronenmikroskopie (REM) und (ii) Transmissionselektronenmikroskopie (TEM)? (2 Punkte)
- b) Erläutern Sie kurz die Unterschiede in der Probenpräparation, die sich aus der Funktionsweise der Geräte für REM- und TEM-Untersuchungen ergeben. (1 Punkt)
- c) Sie wollen in Ihrem Probenmaterial Niob-Karbonitride (Größe ca. 4 nm) nachweisen. Welches Mikroskop wählen Sie? Welche Methode kommt zum Einsatz? (1 Punkt)

Aufgabe 16**Bauschinger Effekt****3 Punkt(e)**

- a) Was ist der Bauschinger-Effekt? (1 Punkt)
- b) Durch welche Wärmebehandlung kann man den Bauschinger-Effekt aufheben?
(1 Punkt)