

Masterprüfung

„Werkstofftechnik der Stähle“

20.02.2018

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		
Sum	100		

Zum Bestehen der Klausur werden 44 % der Punkte benötigt.

Aufgabe 1**Zugversuch (Kipak)****7 Punkte**

- a) Skizzieren Sie schematisch die technische Spannung-Dehnung-Kurve eines IF-Stahls (Stahl ohne interstitiell gelöste Atome) und bezeichnen Sie die charakteristischen Werte. Markieren Sie außerdem die Bereiche homogener und inhomogener Verformung. (4,5 Punkte)
- b) Bis zu welchem Grenzwert kann die Probe ohne bleibende Verformung belastet werden? Was charakterisiert diese Belastung (2,5 Punkte)?

Aufgabe 2 **Wahre Spannung-Dehnung (Kripak)** **4 Punkte**

- (a) Erklären Sie den qualitativen Unterschied zwischen einer konventionellen Spannung-Dehnung-Kurve und einer „wahren“-Spannung-„wahren“ Dehnung-Kurve. (2 Punkte)
- (b) Welcher Bereich der technischen Spannungs-Dehnungs Kurve ist nutzbar um die wahre Spannung und wahre Dehnung rechnerisch zu ermitteln. Begründen Sie die Wahl des Bereichs. (2 Punkte)

Aufgabe 3**Dehnratenabhängigkeit (Kriepak)****6 Punkte**

Das Fließverhalten eines Werkstoffes hängt signifikant sowohl von der Dehnrates als auch der Temperatur ab.

- a) Zeichnen Sie die Spannungs-Dehnungskurven für einen ferritisch-perlitischen Stahl in die drei vorgefertigten Diagramme (Abbildung 1). Berücksichtigen Sie Effekte der plastischen Verformung für die verschiedenen Temperaturbereiche. (3 Punkte)
- b) Zeichnen Sie zusätzlich den Einfluss einer Dehnraterhöhung in Abbildung 1 ein, indem Sie in jedes der drei Diagramme die Spannungs-Dehnungskurve für einen Versuch, der bei derselben Prüftemperatur mit einer höheren Dehnrates durchgeführt wurde, einzeichnen. (3 Punkte)

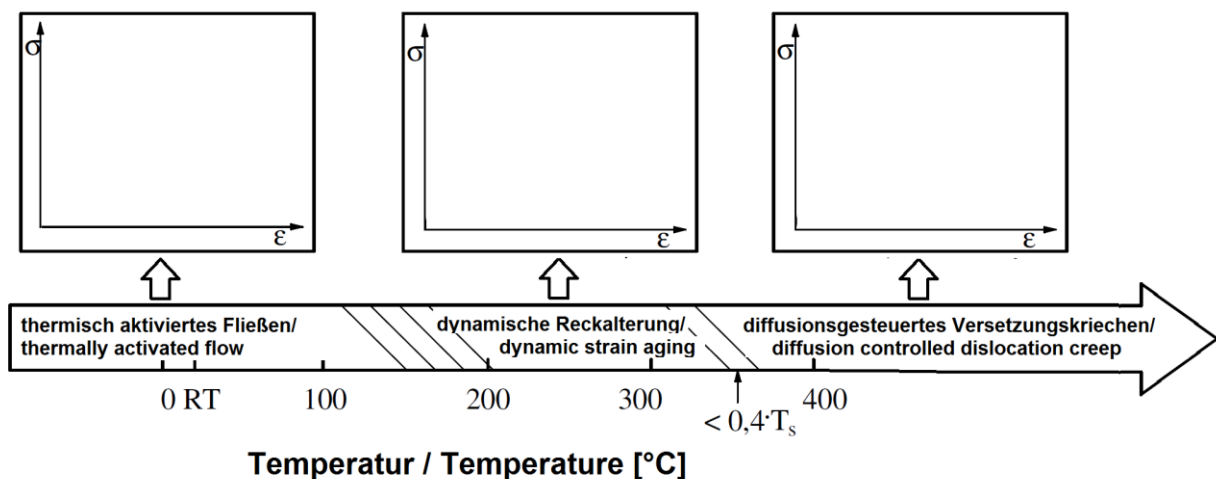


Abbildung 1:

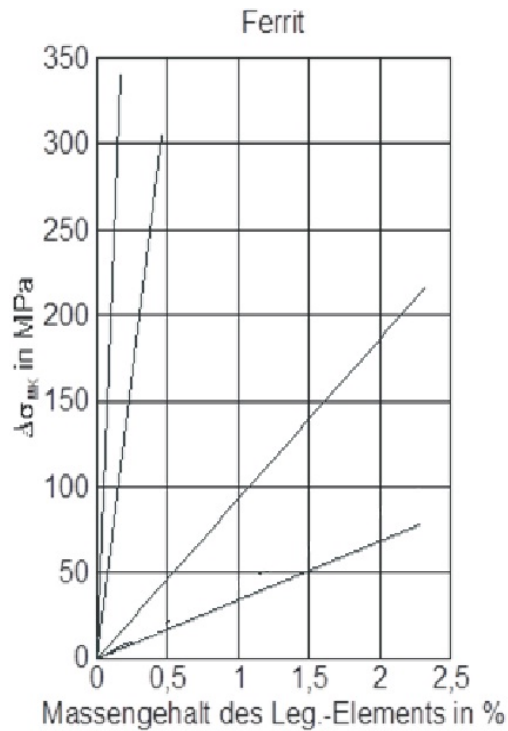
Aufgabe 4 Festigkeitssteigernde Mechanismen I (Sharma) 5,5 Punkte

Die Gebrauchseigenschaften eines Bauteils werden im Wesentlichen durch seine mechanischen Eigenschaften bestimmt.

- a) Welche Möglichkeiten zur Festigkeitssteigerung kennen Sie? (2 Punkte)
- b) Wie lautet der Zusammenhang, der zwischen der Streckgrenze von unlegiertem Stahl und der Ferritkorngröße besteht (Name und Formel)? Benennen Sie die Parameter! (2,5 Punkte)
- c) Nennen Sie mindestens zwei festigkeitsteigernde Mechanismen in Martensit? (1 Punkt)

Aufgabe 5 Festigkeitssteigernde Mechanismen II (Sharma) 4 Punkte

- 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).

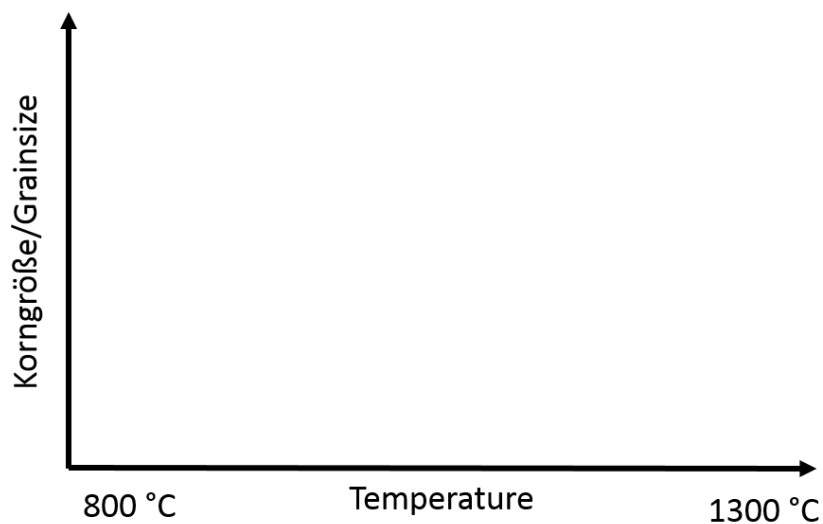
Anlage 1:

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

- d) Die Mikrolegierungselemente V, Nb können Carbonitride des Typs Me (C, N) bilden. Liegen diese bei der Erwärmung vor der Warmumformung auf ca. 1250 °C gelöst oder ausgeschieden vor? (1 Punkt)

- e) Zeichnen Sie (qualitativ) die Korngrößenentwicklung in Abhängigkeit von der Temperatur für einen (i) mikrolegierten und einen (ii) nicht mikrolegierten Stahl in Abbildung 1! (1 Punkt)

Abbildung1:



Aufgabe 7 **Bruchmechanismen (Novokshanov)** **5 Punkte**

Kubisch-raumzentrierte Stähle weisen in Abhängigkeit von der Temperatur ein charakteristisches Versagensverhalten bei mechanischer Beanspruchung auf.

- a) Skizzieren Sie ein Spannung-Temperatur-Diagramm, mit dem der Übergang von duktilem zu sprödem Versagen bei kubisch-raumzentrierten Stählen erläutert werden kann. (3 Punkte)
- b) Beschreiben Sie das mikroskopische Erscheinungsbild der Bruchflächen bei hohen sowie niedrigen Temperaturen. (2 Punkte)

Task 8**Bruchmechanik (Novokshanov)****6 Point(s)**

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.

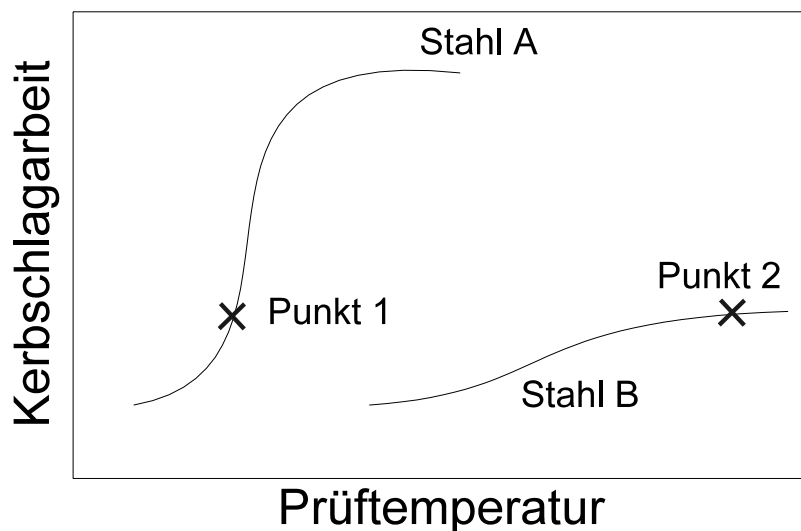
- a) Welche bruchmechanischen Kriterien ergeben den Nachweis einer ausreichenden Zähigkeit? Nennen Sie mindestens zwei. (2 Punkte)
- b) Welche Proben sind in diesem Fall günstiger für eine bruchmechanische Kennwertermittlung (zur Auswahl stehen SENB- oder CT-Proben)? Begründen Sie Ihre Antwort! Bedenken 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)

Task 9 **Kerbschlagbiegeversuch (Novokshanov)** **8 Point(s)**

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).



Anlage1 :

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 10 **Dauerfestigkeit (Pöperlova)** **10 Punkte(e)**

Der grundlegende technische Ermüdungsfestigkeitsversuch ist der Einstufen Schwingversuch nach Wöhler.

- a) Skizzieren Sie einen sinusförmigen Spannung-Zeitverlauf mit genau zwei Schwingspielen und kennzeichnen Sie anhand des Verlaufs die unterschiedlichen Kennwerte (σ_m , σ_a , σ_u und σ_o) (3 Punkte)
- b) Zeichnen Sie wie in a) die sinusförmigen Spannung-Zeit-Verläufe für die Zustände $R = 0$ und $R = -1$ und geben Sie die Gleichung des Spannungsverhältnisses an. (2 Punkte)

- c) Die schwingende Beanspruchung eines Werkstoffes führt zu einer plastischen Verformung in sogenannten persistenten Gleitbändern. Skizzieren und kennzeichnen Sie diese persistenten Gleitbänder als Extrusionen und Intrusionen in der Abbildung 1. (2 Punkte)

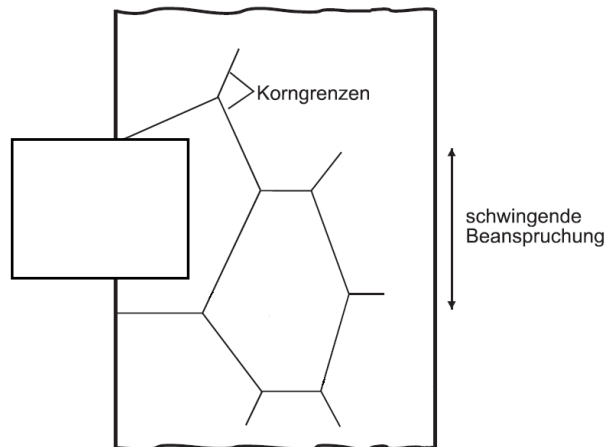
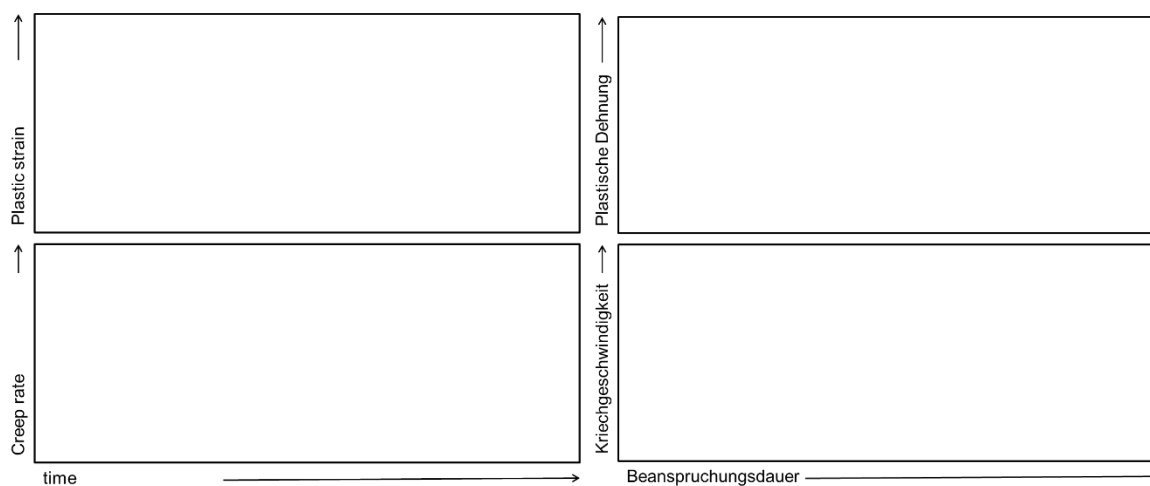


Abbildung 1:

- d) 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 Hochtemperatureigenschaften I (Sharma) 6 Punkte(e)

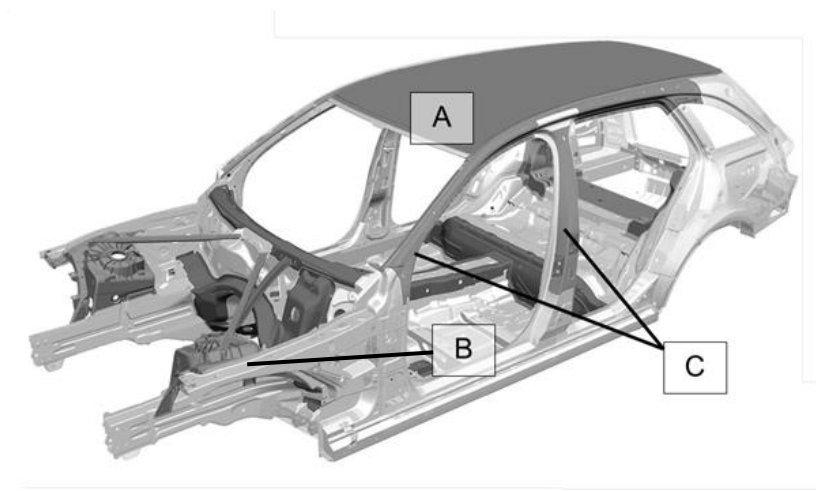
- a) Zeichnen Sie den typischen Verlauf der plastischen Dehnung über der Beanspruchungsdauer eines Kriechversuches in das obere Diagramm in Anlage 1 ein. Markieren Sie zusätzlich die Bereiche des i) stationären Kriechens, ii) beschleunigten Kriechens und iii) Übergangskriechen. (2,5 Punkte)
- b) Zeichnen Sie in das untere Diagramm in Anlage 1 die zugehörige Kriechgeschwindigkeit ein. (1,5 Punkte)

Anlage 1

- c) Nennen Sie 4 metallkundliche Phänomene die während des Kriechens im Werkstoff stattfinden. (2 Punkte)

Aufgabe 12**Blechprüfung I (Wesselmecking)****11 Punkte**

- a) Ordnen Sie die Karosserie-Komponenten A (Dach), B (Vorderwagen) und C (A-/B-Säule) in **Abbildung 1** den Werkstoffen i)-iii) zu und begründen Sie Ihre Wahl. Mehrfachnennungen sind möglich! (3 Punkte)
- i) Konventioneller Stahl (Mild Steel, $R_m \sim 300 \text{ MPa}$)
- ii) Hochfester Stahl (UHSS, $R_m > 1000 \text{ MPa}$)
- iii) Hochfester Stahl (HSS, $R_m > 500 \text{ MPa}$)

**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)

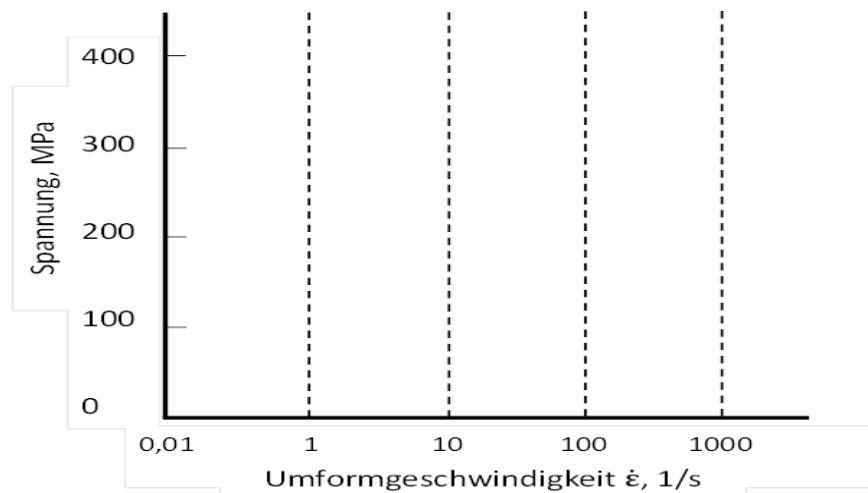


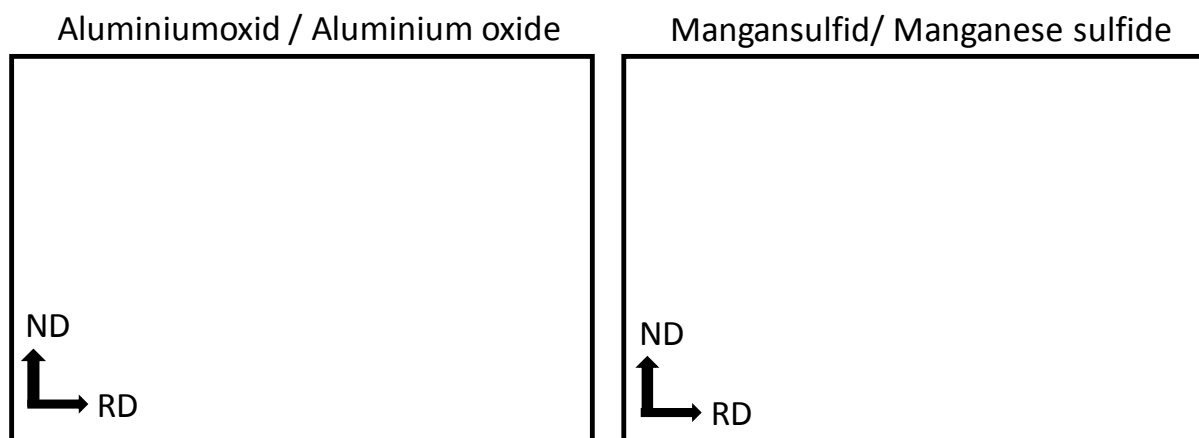
Abbildung 2

- 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 (Pöperlova)****3 Punkte**

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

Erläutern Sie anhand eindeutig unterscheidbarer Skizzen in Abbildung 1 die Charakteristika von Mangansulfid und Aluminiumoxid in einem Stahl nach dem Kaltwalzen. Begründen Sie warum diese Einschlussarten Ihre jeweilige Form nach dem Walzen einnehmen! (3 Punkte)



ND: normal direction / Blech Normalenrichtung
RD: rolling direction / Walzrichtung

Abbildung 1:

Aufgabe 14**Metallographie II (Pöperlova)****5 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)

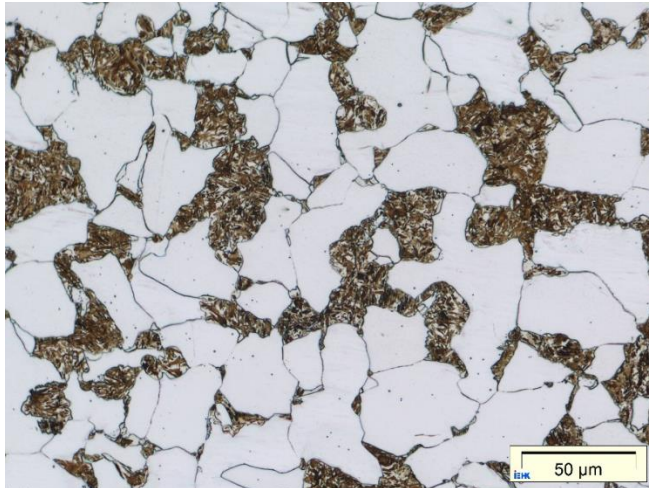


Abbildung1: Gefüeaufnahme DP-Stahl

- (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 15 Elektronenmikroskopie (Pöperlova) 6 Punkte

- 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? (2 Punkte)
- REM:
- TEM:
- ESMA:
- EBSD:
- c) Mit welchem dieser Verfahren können Sie eine quantitative Aussage zur chemischen Zusammensetzung erhalten? Beschreiben Sie kurz das Funktionsprinzip dieses Verfahrens. (2 Punkte)

Aufgabe 16 **Bauschinger Effekt (Pöperlova)**

3 Punkt(e)

a) Was ist der Bauschinger-Effekt? (2 Punkte)

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

Aufgabe 17**Heißzugversuch (Kripak)****5,5 Punkte**

- a) Nennen Sie die zwei Typen der Heißrissbildung beim Stranggießen und die Gründe hierfür! (2 Punkte)
- b) Definieren Sie die Nullzähigkeitstemperatur (T_{NZ}), die Nullfestigkeitstemperatur (T_{NF}) und das Temperaturintervall der Heißrissneigung (ΔT_O). (1,5 Punkte)

- c) Skizzieren die Beziehung zwischen Duktilität und Festigkeit während der Erstarrung beim Stranggießen in Abbildung 1. (2 Punkte)

Abbildung 1

