

**Master-/ Diplomprüfung**

**Vertiefungsfach I "Werkstofftechnik der Stähle"**

**Vertiefungsfach I "Werkstoffwissenschaften Stahl"**

**am 03.04.2014**

**Name:**

**Matrikelnummer:**

**Unterschrift:**

Aufgabe	Maximal erreichbare Punkte:	Erreichte Punkte:	Einsicht: (nur neue Teilpunkte angeben, <b>nicht</b> neue Gesamtpunktzahl pro Aufgabe)
1	3,5		
2	3		
3	3		
4	2		
5	6		
6	3		
7	4,5		
8	4		
9	4		
10	3,5		
11	3		
12	8		
13	2		
14	2		
15	5		
16	4		
17	2,5		
18	5		
19	2		
<b>Summe</b>	<b>70</b>		

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

**Bitte ankreuzen:**

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

**Ja**

**Nein**

**Aufgabe 1                      Technische Wärmebehandlungen TMB                      3,5 Punkte**

- a) Durch welche metallkundlichen Mechanismen beeinflussen Mikrolegierungselemente die metallographische Gefügeausbildung beim Warmwalzen von Stahl? (1,5 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? (1,0 Punkte)
- c) Nennen Sie die wichtigsten Mikrolegierungselemente in Stählen! (1,0 Punkte)

**Aufgabe 2 Technische Wärmebehandlungen TMB 3 Punkte**

Der Einfluss der Mikrolegierungselemente auf die Gefügeentwicklung des Stahls ist abhängig von ihrer Auflösungs- und Ausscheidungstemperatur. Die Ausscheidungstemperatur hat einen erheblichen Einfluss auf die Ausscheidungsgröße und somit auf die Wirkungsweise der Ausscheidungen.

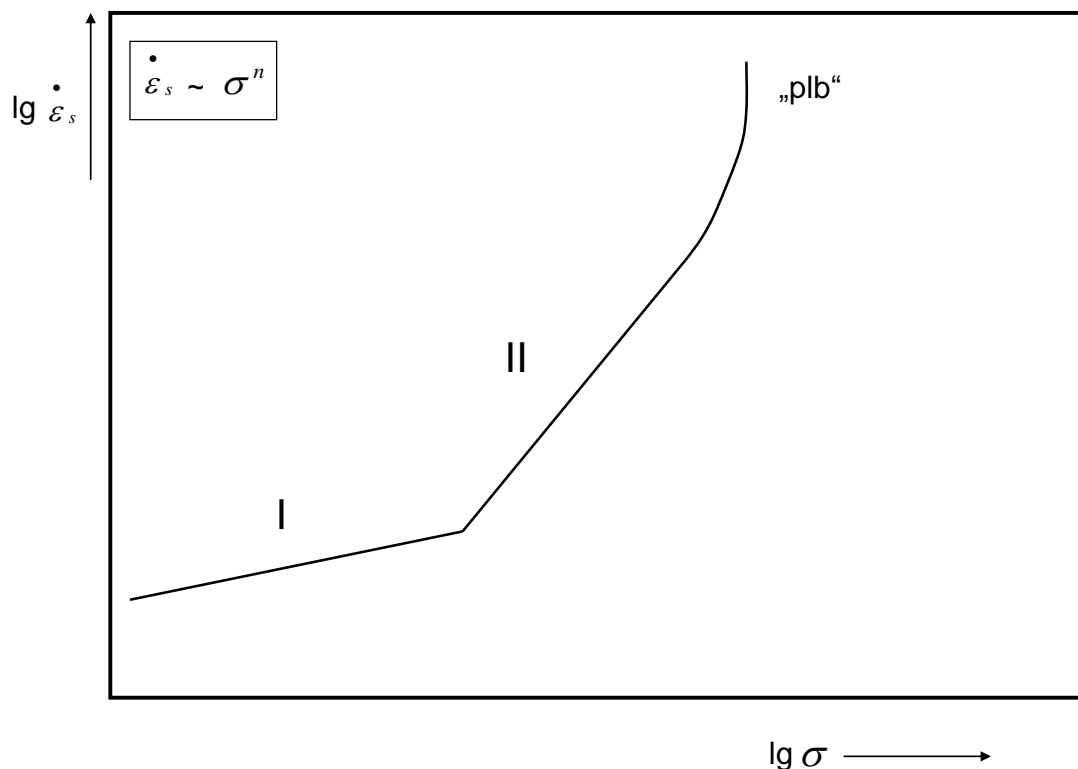
- a) Treffen Sie eine qualitative Aussage über die Größe der Ausscheidungen bei 1200 °C, 1000 °C und 800 °C (1,5 Punkte).
- b) Welche Wirkungen können diesen bei 1200 °C, 1000 °C und 800 °C gebildeten Ausscheidungen zugeschrieben werden (1,5 Punkte)?

**Aufgabe 3****Hochtemperatureigenschaften****3 Punkte**

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 des Diagramms vorherrschend? (1,0 Punkte)
- Tragen Sie die Verschiebung der Kurve ein, wenn ein grobkörniges Material im Einsatz ist! (1,0 Punkte)
- Tragen Sie die Verschiebung der Kurve ein, wenn ein Material mit niedrigem E-Modul im Einsatz ist! (1,0 Punkte)

Diagramm:





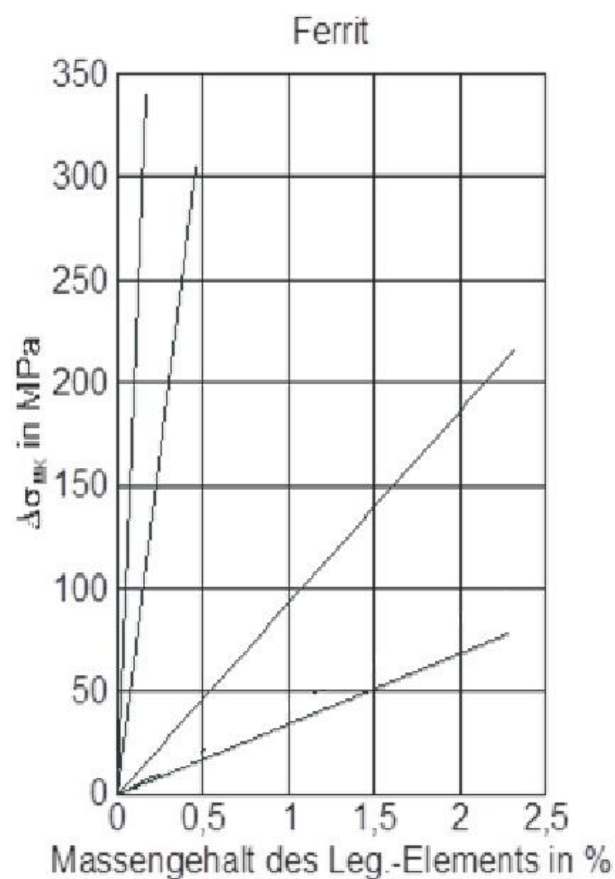
**Aufgabe 4****Einstellen von Gefügen****2 Punkte**

Die Verbesserung der mechanischen Eigenschaften ist oft mit der Reduzierung der Korngröße verbunden. Geben Sie eine Formel und die Erklärung für die genutzten Bezeichnungen zur Berechnung der Streck- bzw. Dehngrenze in Bezug auf die im Mikrogefüge messbare Korngröße. (2 Punkte)

**Aufgabe 5****Einstellen von Gefügen****6,0 Punkte**

- a) Welche Möglichkeiten der Steigerung der Festigkeit von Stählen kennen Sie (0-dim, 1-dim, 2-dim, 3-dim) (2 Punkte)?
- b) 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).
- c) Welche Elemente würden Sie zur Festigkeitssteigerung bevorzugt verwenden, welche eher vermeiden? Begründen Sie kurz Ihre Entscheidung! (2 Punkte)

Anlage 1:







**Aufgabe 6****Warmumformung****3,0 Punkte**

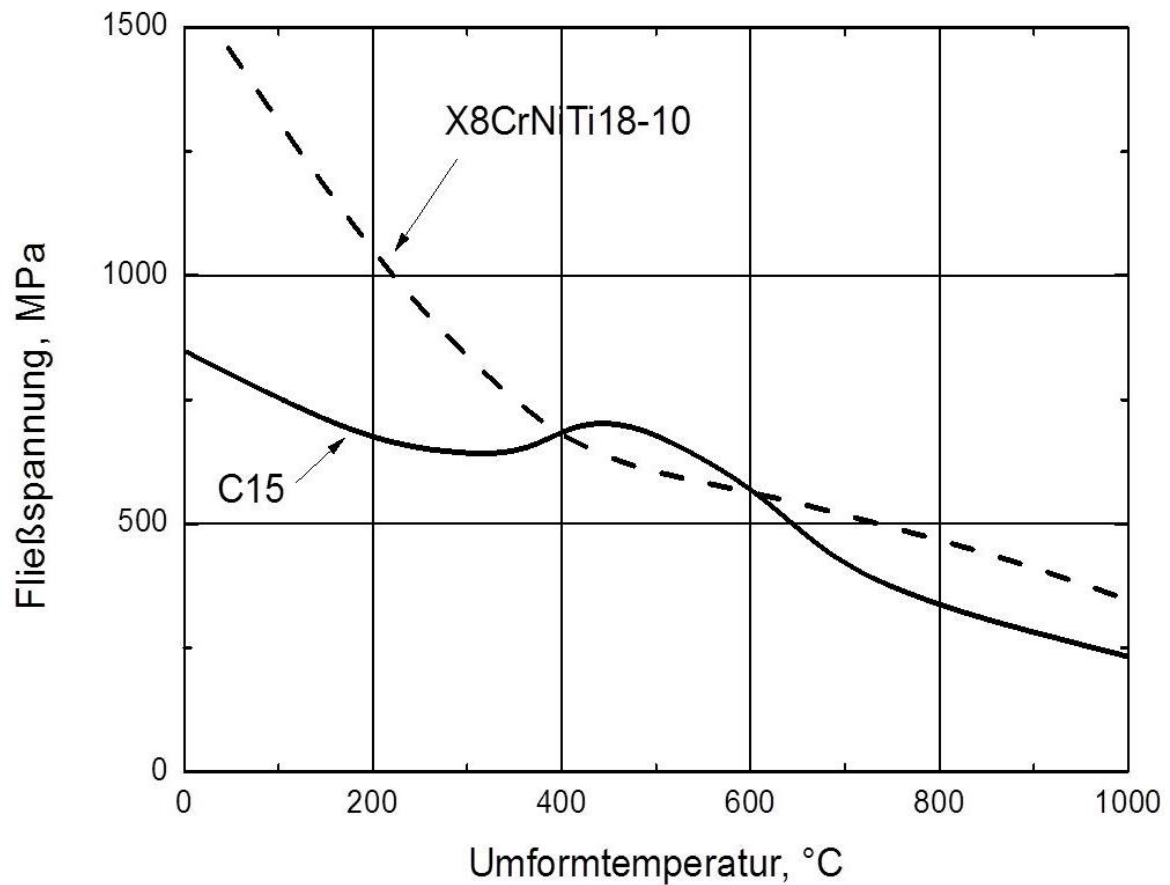
Bei der Massivumformung von Werkstoffen spielt die Umformtemperatur eine erhebliche Rolle. Man unterscheidet zwischen der Warm-, Halbwarm- und Kaltumformung.

- a) Über welcher charakteristischen Temperatur (werkstoffabhängig) findet eine Warmumformung statt? (0,5 Punkte)
- b) Massivumformverfahren können theoretisch in verschiedenen Temperaturbereichen eingesetzt werden. Vergleichen Sie Warm-, Halbwarm- und Kaltumformung bezüglich 1.) der Charakteristika während der Umformung und 2.) der durch die Umformung entstehenden Einflußfaktoren/Eigenschaften des resultierenden Werkstücks. Nutzen Sie dazu die gegebene Tabelle. (1,5 Punkte)

	1.) Charakteristika während des Umformens	2.) Einflußfaktoren auf das resultierende Werkstück
Warmumformung		
Halbwarmumformung		
Kaltumformung		

- c) In Anlage 1 ist die Fließspannung eines X8CrNiTi18-10 und eines C15 angegeben. Erläutern Sie den Kurvenverlauf des C15! (1 Punkt)

## Anlage 1





---

**Aufgabe 7** **Kerbschlagbiegeversuch** **4,5 Punkte**

Der Kerbschlagbiegeversuch ist ein einfaches Prüfverfahren zur Ermittlung der Zähigkeit eines Werkstoffes.

- a) Skizzieren Sie ein Kerbschlagarbeit-Temperatur-Diagramm. Kennzeichnen und benennen Sie signifikante Bereiche und wichtige Kennwerte. (3 Punkte)
- b) Erläutern Sie die Bruchart in den zuvor eingezeichneten Bereichen. (1,5 Punkte)

---

**Aufgabe 8** **Kerbschlagbiegeversuch** **4,0 Punkte**

- a) Beschreiben Sie, wie beim Kerbschlagbiegeversuch ohne Instrumentierung die Schlagarbeit ermittelt werden kann. Wie wird im Gegensatz hierzu die Schlagarbeit im instrumentierten Kerbschlagbiegeversuch ermittelt? (2 Punkte)
- b) Vergleichen Sie Vor- und Nachteile der beiden Versuchsarten. (2 Punkte)

**Aufgabe 9****Bruchmechanik****4,0 Punkte**

- a) Erläutern Sie den Unterschied zwischen linear-elastischer Bruchmechanik (LEBM) und elastisch-plastischer Bruchmechanik (EPBM). Geben Sie dabei die jeweiligen Kenngrößen mit ihren Einheiten an. (3 Punkte)
- b) Nennen Sie die gängige Untersuchungsmethode zur Bestimmung der Kenngrößen. Diese Kenngrößen werden in einer Sicherheitsanalyse verwendet. Schreiben Sie eine der möglichen Grundgleichungen auf. (1 Punkt)

**Aufgabe 10****Bruchmechanismen****3,5 Punkte**

- a) Nennen Sie die Stadien des Gleitbruchs (*1,5 Punkte*).
- b) Beschreiben Sie kurz das makroskopische Bruchaussehen von Gleitbruch- und Spaltbruchflächen (*1 Punkt*).
- c) Nennen Sie den Unterschied zwischen transkristallinem und interkristallinem Rissverlauf (*1 Punkt*).

**Aufgabe 11****Dauerfestigkeit****3,0 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****Zugversuch****8,0 Punkte**

Der Zugversuch ist das Standardverfahren zur Ermittlung der mechanischen Eigenschaften.

- a) Spannung-Dehnung-Kurven werden aus experimentell ermittelten Kraft-Zeit-Kurven berechnet. 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. (2,5 Punkte)

b) Skizzieren Sie in ein Diagramm den Verlauf der Spannung über der Dehnung für einen unlegierten Baustahl mit einer unteren Streckgrenze von  $R_{el} = 460$  MPa.

- im normalgeglühten Zustand, langer Proportionalstab
- im normalgeglühten Zustand, kurzer Proportionalstab

und begründen Sie die Kurvenverläufe stichpunktartig. (2,5 Punkte)

- c) Wie werden Fließgrenze und Verfestigung durch die Temperatur beeinflusst? Erklären Sie dieses anhand des Fließkurvenverlaufs für unterschiedliche Temperaturen für einen kubisch-flächenzentrierten Werkstoff und einen kubisch-raumzentrierten Werkstoff. (3 Punkte)

**Aufgabe 13****Zugversuch****2,0 Punkte**

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.

Ein Blech mit einer Dicke  $d$  von 2 mm wird geprüft. Die Standard Probenform hat eine Breite  $b$  von 10 mm.

- a) Welche maximale Kraft wird mit der Standardprobenform erreicht? Kann die Probe geprüft werden? (1 Punkt)
- b) Auf welche maximale Breite muss die Messlänge reduziert werden, damit die Proben gefahrlos geprüft werden kann? (1 Punkt)

**Aufgabe 14****Zugversuch****2,0 Punkte**

Definieren Sie stichwortartig den Unterschied zwischen den in Zugversuchen ermittelten Kenngrößen (2 Punkte):

- $R_{eH}$ ,
- $R_{eL}$ ,
- $R_m$  und
- $R_{p0,01}$ .

**Aufgabe 15****Blechprüfung****5,0 Punkte**

- a) Zwei Werkstoffe sollen auf Ihre Tiefzieheigenschaften hin untersucht werden. 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 (1,5 Punkte)?



**Aufgabe 16****wahre Spannung****4,0 Punkte**

Der Zugversuch ist das Standard-Prüfverfahren zur Ermittlung der mechanischen Eigenschaften von Metallen.

- 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).





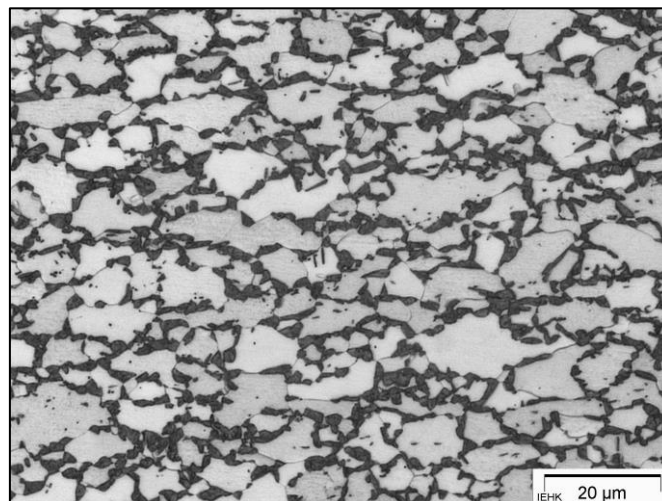
**Aufgabe 17****Elektronenmikroskopie****2,5 Punkte**

- a) Erläutern Sie kurz die Unterschiede in der Probenpräparation, die sich aus der Funktionsweise der Geräte für REM- und TEM-Untersuchungen ergeben. (1,5 Punkte)
- b) Mit welchem Verfahren kann die Elektronenmikroskopie ergänzt werden und wofür wird dieses verwendet? (1 Punkt)

**Aufgabe 18****Metallografie****5 Punkte**

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

- a) In dem Gefügebild (**Anlage 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 richtig im Gefügebild (2 Punkte).
- b) Wie ist der Kohlenstoff zwischen den beiden Phasen im DP Stahl verteilt (1 Punkt)?
- c) Skizzieren Sie schematisch den Unterschied zwischen einem Dualphasen-Gefüge und einem Duplex-Gefüge (2 Punkte).

**Anlage 1:**



**Aufgabe 19****Verschiedenes****2 Punkte**

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