

**Master-/ Diplomprüfung**  
**Vertiefungsfach I "Werkstofftechnik der Stähle"**  
**Vertiefungsfach I "Werkstoffwissenschaften Stahl"**  
**am 02.09.2013**

**Name:**

**Matrikelnummer:**

**Unterschrift:**

Aufgabe	Maximal erreichbare Punkte:	Erreichte Punkte:	Einsicht: (nur neue Teilpunkte angeben, <b>nicht</b> neue Gesamtpunktzahl pro Aufgabe)
1	4,0		
2	5,5		
3	3,5		
4	6,0		
5	5,0		
6	3,5		
7	5,0		
8	6,0		
9	6,5		
10	5,0		
11	4,0		
12	4,0		
13	3,0		
14	4,0		
15	5,0		
Summe	70		

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

***Bitte ankreuzen:***

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

Ja

Nein

**Aufgabe 1                      Technische Wärmebehandlungen TMB                      4.0 Punkte**

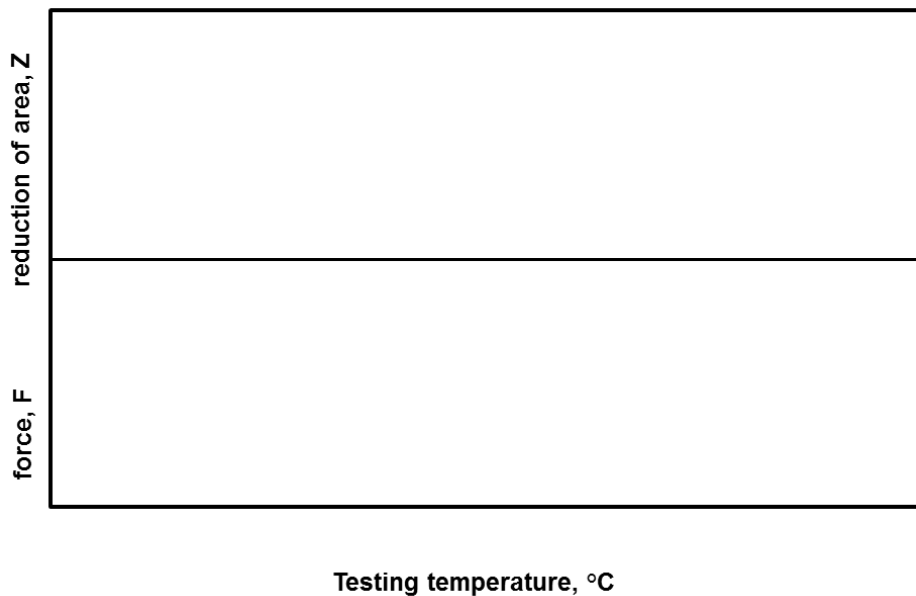
Warmband aus hochfesten Stählen wird häufig thermomechanisch gewalzt. Diskutieren Sie in Stichworten den Einfluss der Prozessparameter

- a) Brammentemperatur (1 Punkt),
- b) Endwalztemperatur (1 Punkt),
- c) Endumformgrad (1 Punkt) und
- d) Abkühlgeschwindigkeit (1 Punkt)

bei der thermomechanischen Behandlung auf die Festigkeits- und Zähigkeitseigenschaften.

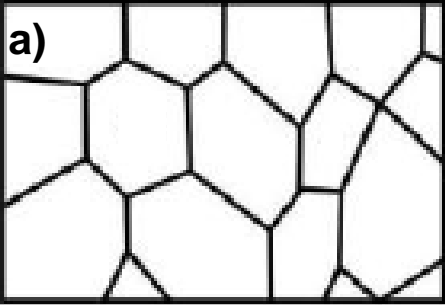
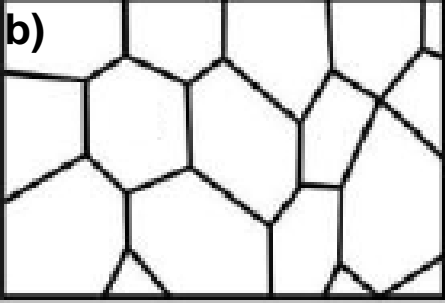
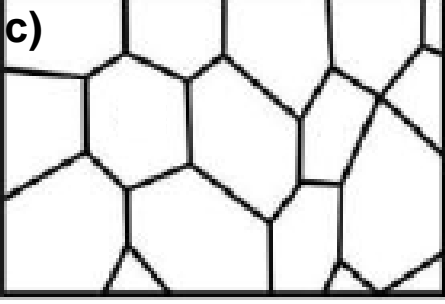
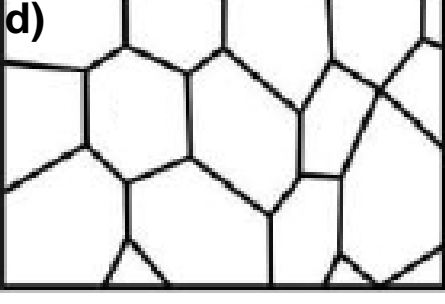
**Aufgabe 2** **Hochtemperatureigenschaften** **5.5 Punkte**

- 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 ( $\Delta T_o$ ). (1,5 Punkte)
- c) Skizzieren die Beziehung zwischen Duktilität und Festigkeit während der Erstarrung beim Stranggießen. (2 Punkte)



**Aufgabe 3****Gefügeeinstellung****3.5 Punkte**

Abbildung 1 zeigt vier Bilder eines einphasigen Gefüges. Bitte nennen Sie für Beispiel a einen Stahl mit diesem Gefüge und zeichnen Sie in die Bilder b, c, und d schematisch die mehrphasigen Gefüge eines Dualphasen-, Duplexphasen- und TRIP – Stahls. Bitte geben Sie nebenstehend die üblichen Bezeichnungen der Phasen an (Griechische Buchstaben und Phasenname)!

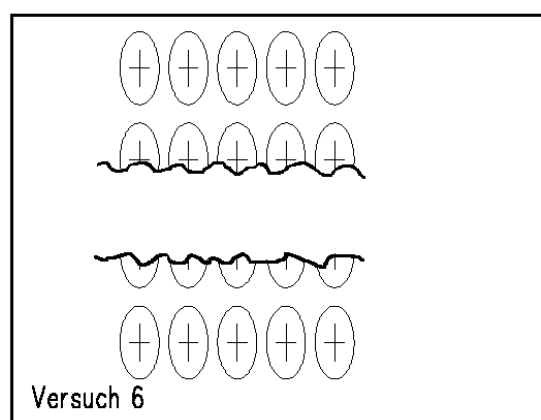
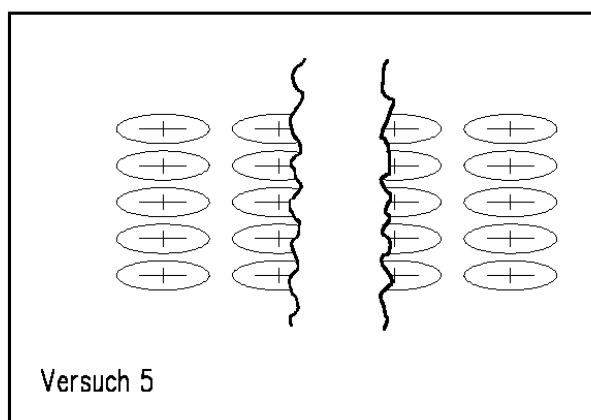
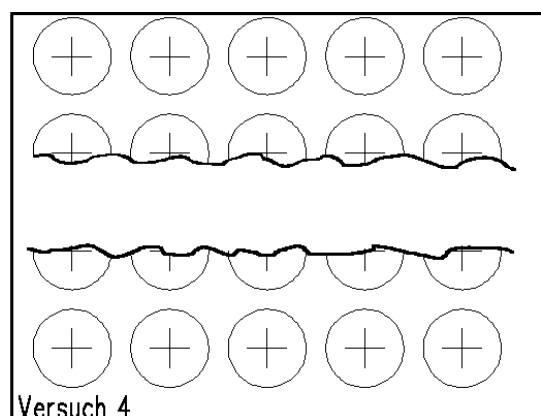
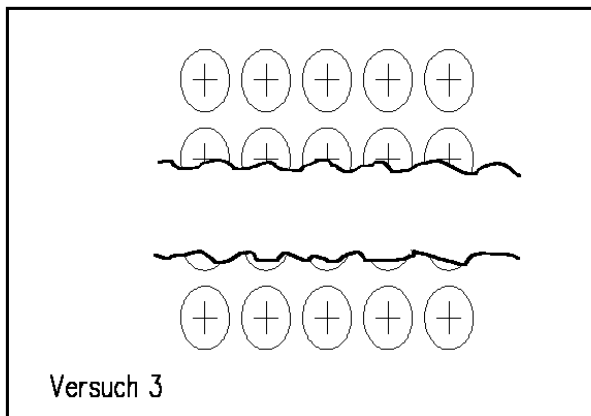
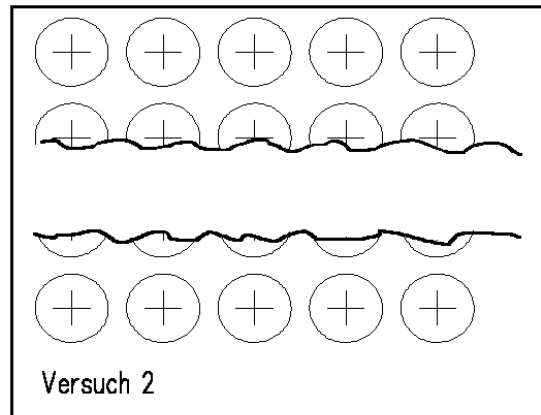
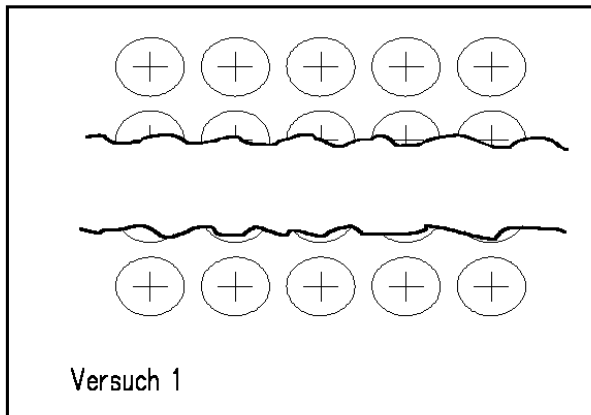
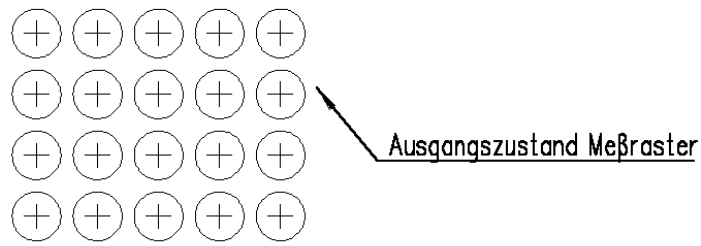
<b>a)</b> 	0,5P
<b>b)</b> 	0,5P
<b>c)</b> 	1P
<b>d)</b> 	1,5P



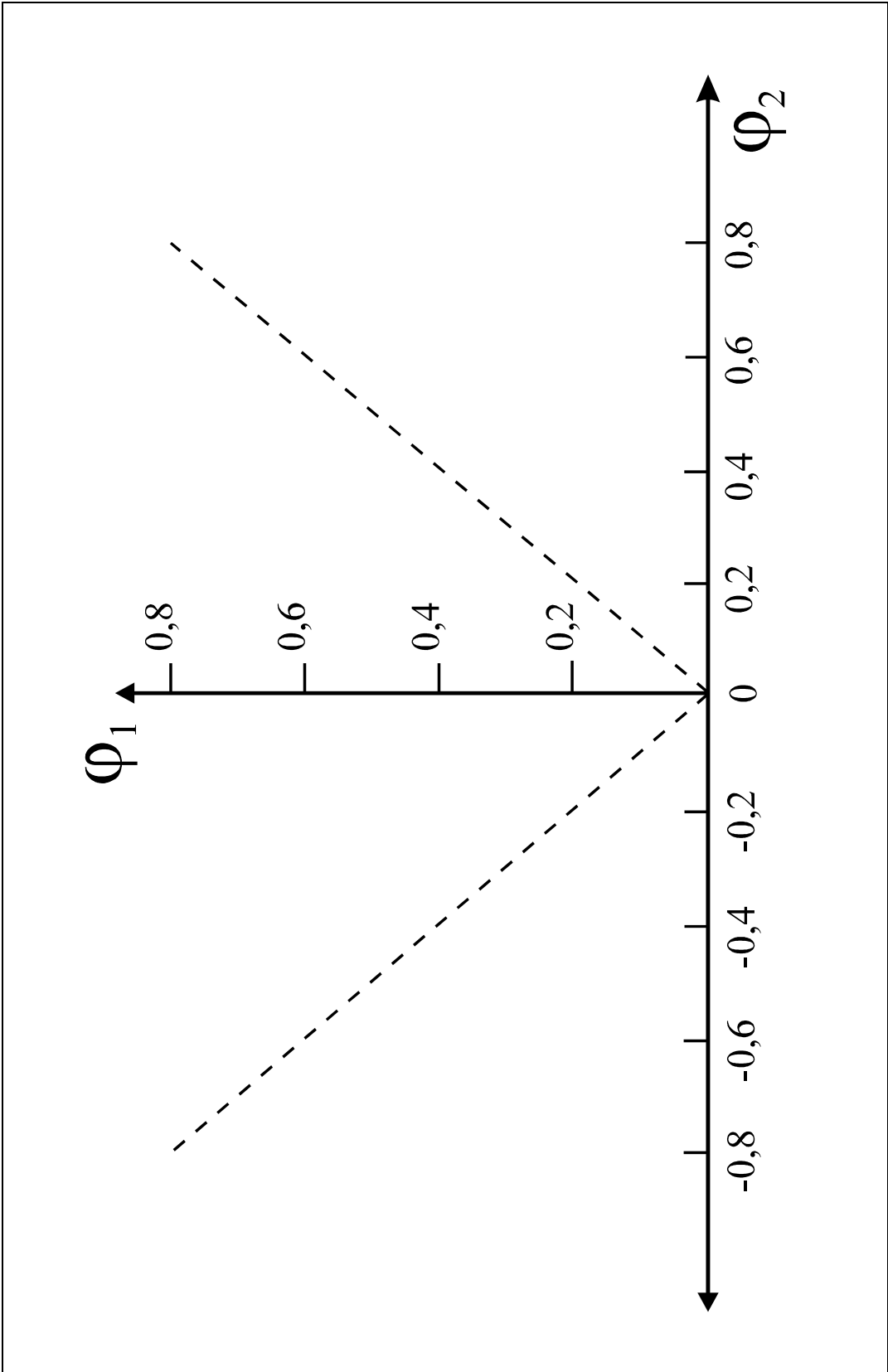
**Aufgabe 4****Blechprüfung****6.0 Punkte**

Die Kaltumformbarkeit von Feinblech kann mit Grenzformänderungsdiagrammen beschrieben werden. Für die Versuchsauswertung werden auf die Blechproben häufig Messraster aufgebracht. In **Anlage 1** ist für 6 Tiefungsversuche an einem Werkstoff das Messraster im Bereich des Risses dargestellt. Zur Referenz ist zusätzlich das Ausgangsmessraster gegeben. Werten Sie je Versuch eine Ellipse aus und kennzeichnen Sie die Ellipse, die Sie für Ihre Auswertung genutzt haben. Berechnen Sie die Umformgrade  $\varphi_1$  und  $\varphi_2$  und zeichnen Sie das Grenzformänderungsschaubild in **Anlage 2** ein. Kennzeichnen Sie in **Anlage 2** die Verformungswege für „plane strain“ und für ideale Streckziehbeanspruchung (6 Punkte).

**Anlage 1:**



**Anlage 2:**





**Aufgabe 5****Werkstoffprüfung****5.0 Punkte**

Der Standardversuch zur Charakterisierung der mechanischen Eigenschaften von Metallen ist der Zugversuch.

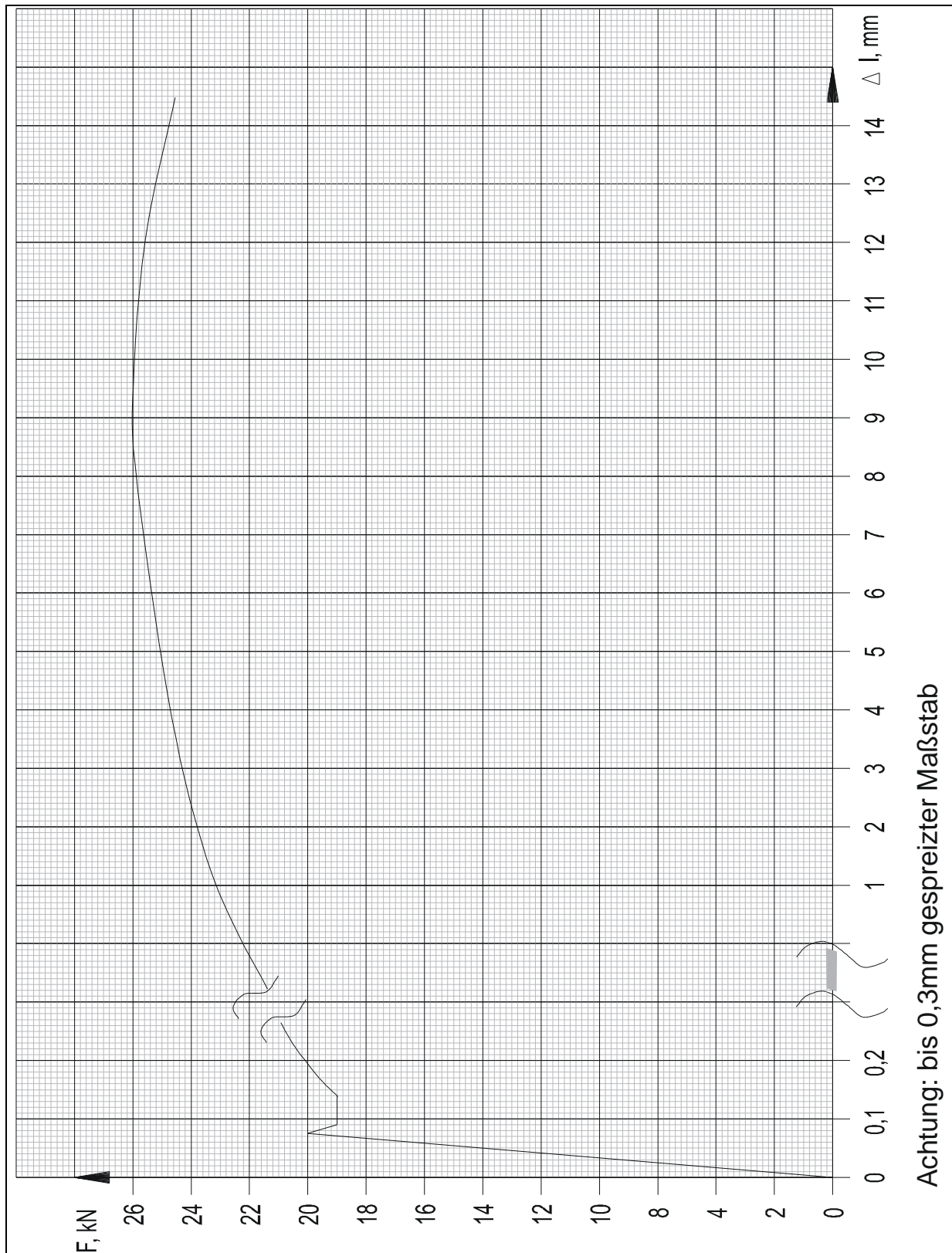
a) Bestimmen Sie mit Hilfe der angegebenen Daten und des Diagramms (**Anlage 1**) die folgenden Kenngrößen; geben Sie jeweils auch die Einheiten an.

- untere Streckgrenze,
- obere Streckgrenze,
- Zugfestigkeit,
- Bruchdehnung,
- Gleichmaßdehnung und
- E-Modul

Der Versuch wurde an einer Rundzugprobe mit dem Durchmesser  $D_0 = 8 \text{ mm}$  und der Messlänge  $l_0 = 40 \text{ mm}$  durchgeführt (*3,5 Punkte*).

b) Erläutern Sie den Unterschied zwischen den Ergebnissen von Zugversuchen mit langem und kurzem Proportionalstab. Welche der oben genannten Eigenschaften wird/werden von der Probenform beeinflusst (*1,5 Punkte*)?

**Anlage 1:**

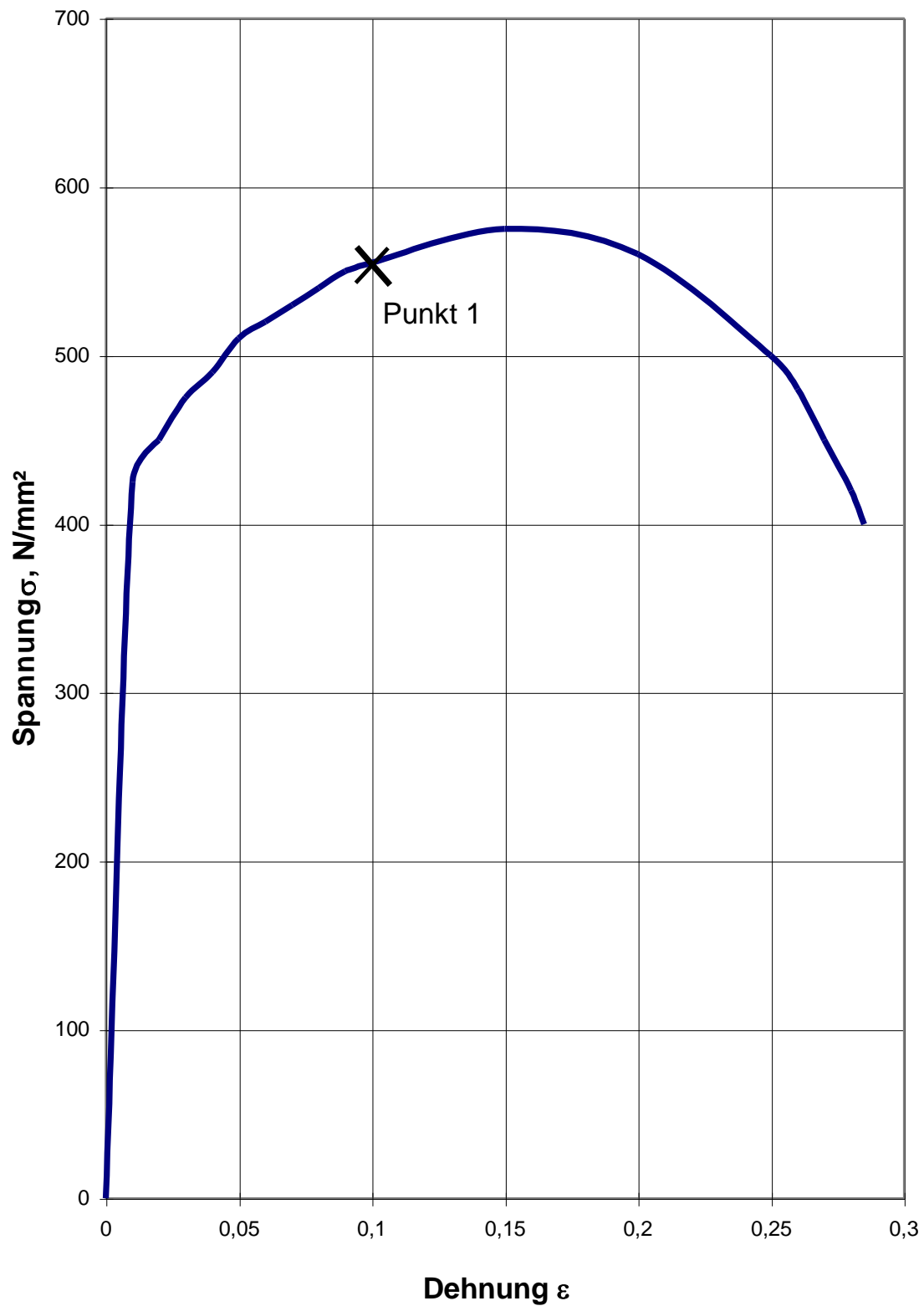




**Aufgabe 6****Werkstoffprüfung****3.5 Punkte**

In **Anlage 1** ist die konventionelle Spannung-Dehnung-Kurve eines Stahls dargestellt.

- a) Berechnen Sie für den Punkt 1 die wahre Spannung und die wahre Dehnung und zeichnen Sie den neuen Punkt 1' in das Diagramm ein (2,5 Punkte).
- b) Skizzieren Sie schematisch die wahre Spannung-wahre Dehnung-Kurve, soweit diese anhand der konventionellen Spannung-Dehnung-Kurve ermittelt werden kann. Begründen Sie den von Ihnen gewählten Bereich (1 Punkt).

**Anlage 1:**



**Aufgabe 7****Verfestigung****5.0 Punkte**

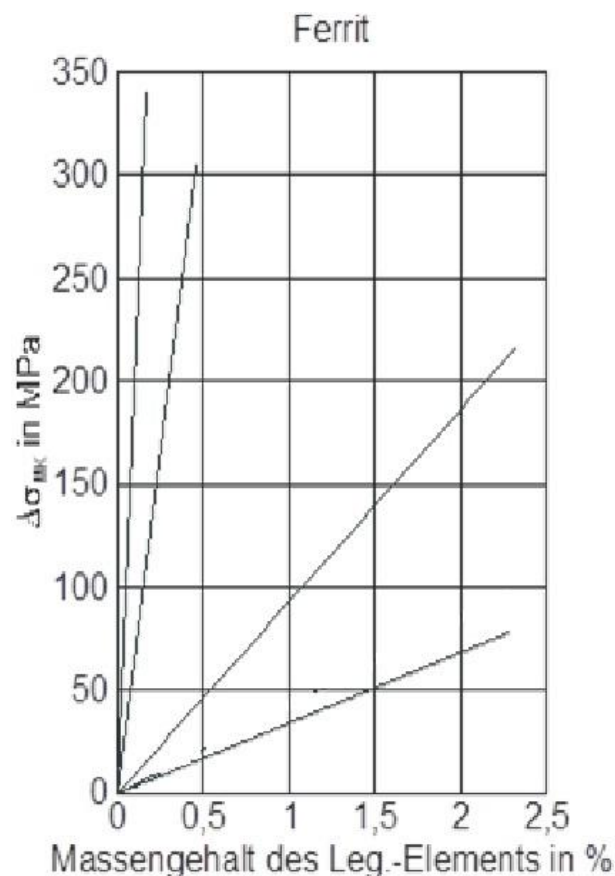
Im wahre Spannung-wahre Dehnung-Diagramm kann dem Lastmaximum kein markanter Punkt zugeordnet werden, der den Beginn der Einschnürung charakterisiert. Mit Hilfe des Considère-Kriteriums lässt sich die Gleichmaßdehnung ermitteln.

- a) Leiten Sie eine Gleichung für das Considère-Kriterium her, mit der sich die Gleichmaßdehnung bestimmen lässt. (3 Punkte)
  
- b) Stellen Sie grafisch das Considère-Kriterium dar. (2 Punkte)

**Aufgabe 8****Werkstoffprüfung****6.0 Punkte**

- a) Welche Möglichkeiten der Steigerung der Festigkeit von Stählen kennen Sie (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, N, 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)

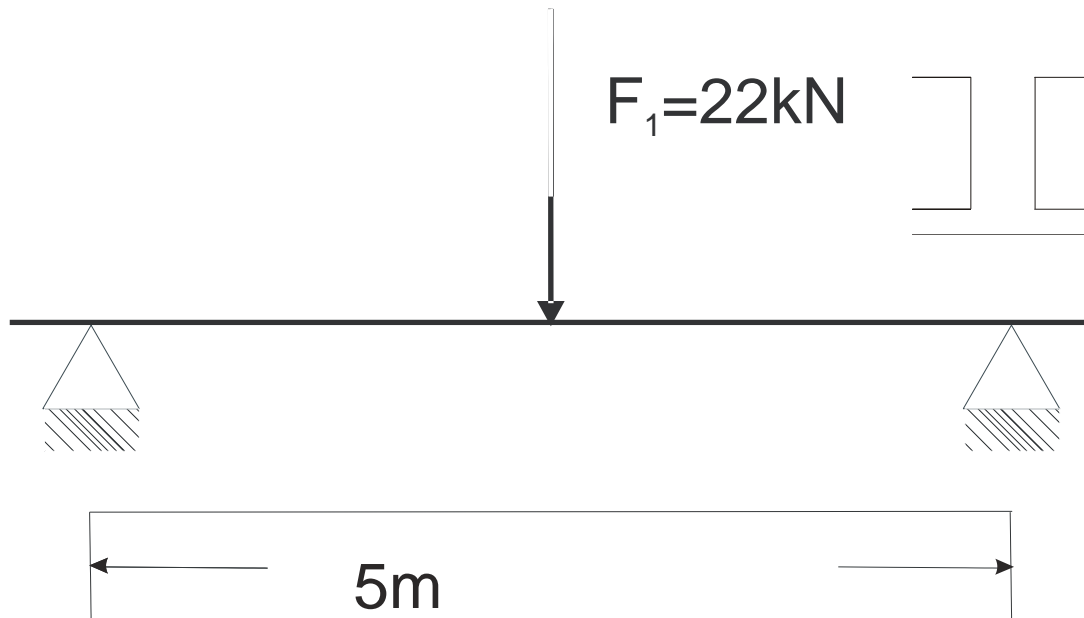
Anlage:





**Aufgabe 9****Bruchmechanik (neu)****6.5 Punkte**

Ein IPE 140 Träger ist in zwei Punkten im Abstand von 5 Metern gelagert (siehe Bild). Zu der Zeit  $t=0$  wird der Träger in der Mitte mit einer Kraft von 22kN beansprucht. Die Kraft erhöht sich stündlich um 1kN.



Gegeben:

$$K_{I,c} = 28 \text{MPa} \sqrt{\text{m}} = 885 \frac{\text{N}}{\text{mm}^{\frac{3}{2}}}; f\left(\frac{a}{W}\right) = 1,2; W_y = 81,9 \text{cm}^3; F_1 = 22 \text{kN}; M = \frac{F \cdot l}{4}$$

$$\sigma = M/W$$

- Stellen Sie die Gleichung für  $K_{I,\text{Bauteil}}$  auf und berechnen Sie diesen für  $F_2$  bei  $t=3\text{h}$  und einer Risslänge von 0.6mm. (2.5 Punkt)
- Geben Sie die Formel für den Sprödbbruchnachweis und vergleichen Sie ihr Ergebnis aus Teilaufgabe a mit dem gegebenen  $K_{I,C}$  – Wert.
- Was versteht man in Bezug auf bruchmechanische Nachweiskonzepte unter dem Master-Curve-Konzept. Skizzieren Sie eine typische Master Curve und beschriften Sie sowohl die Graphen als auch die Achsen.



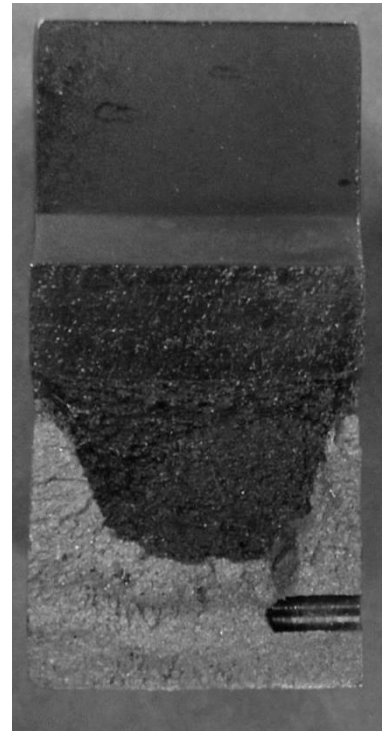


**Aufgabe 10****Bruchmechanismen****5.0 Punkte**

Nach der Durchführung bruchmechanischer Versuche wird die Bruchfläche der geprüften Proben mittels Rasterelektronenmikroskop untersucht. Abbildung 1 zeigt eine Bruchfläche die sowohl den Bereich duktiler Schädigung als auch Bereich von Spaltbruch zeigt.

Bitte erläutern Sie den Ablauf duktiler Schädigung bis zum Versagen des Materials und erläutern Sie ebenfalls die unterschiedlichen Bruchmechanismen des Spaltbruchs. (4P)

Erläutern Sie inwiefern sich die Temperatur bei krz Metallen auf die ablaufende Schädigung auswirkt. (1P)



**Abbildung 1: Bruchfläche  
SENB - Probe**

**Aufgabe 11****Dauerfestigkeit****4 Punkte**

Das Dauerschwingverhalten von metallischen Werkstoffen kann mit dem Wöhler-Diagramm beschrieben werden.

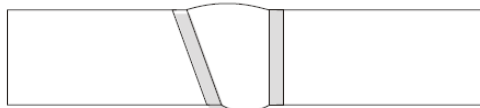
- a) Zeichnen Sie schematisch ein Wöhler-Diagramm mit den charakteristischen Kurven  $P_{\ddot{U}10\%}$ ,  $P_{\ddot{U}50\%}$  und  $P_{\ddot{U}90\%}$ . Beschriften Sie die Achsen und benennen Sie die charakteristischen Bereiche (3,0 Punkte).
- b) Welchen Einfluss hat eine Temperaturerhöhung auf die  $P_{\ddot{U}50\%}$ -Linie (1 Punkte)?

**Aufgabe 12                      Kerbschlagbiegeversuch (KSBV)                      4 Punkte**

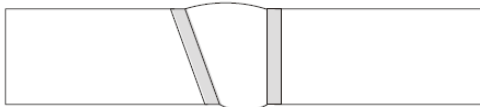
Der Kerbschlagbiegeversuch ist ein Prüfverfahren zur Ermittlung der Zähigkeit eines Werkstoffes. In der **Anlage 1** ist eine Schweißnaht aus Stahl mit den Bereichen Grundwerkstoff (GW), grobkörniger Wärmeeinflusszone (WEZ) und Schweißgut (SG) schematisch dargestellt. Skizzieren Sie die Lage der Kerbschlagbiegeproben zur Ermittlung der Zähigkeit a) des Grundwerkstoffes, b) der Schweißnaht und c) der Wärmeeinflusszone. Skizzieren Sie qualitativ für jeden der drei Fälle den Verlauf der Kerbschlagarbeit-Temperatur-Kurven in das nebenstehende  $A_v$ -T-Diagramm und begründen Sie den Verlauf der Kurven für das Schweißgut und die WEZ im Vergleich zum Grundwerkstoff (4 Punkte).

**Anlage 1**

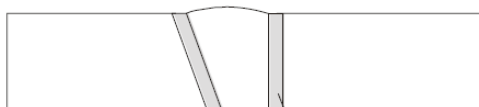
Prüfung des Grundwerkstoffes



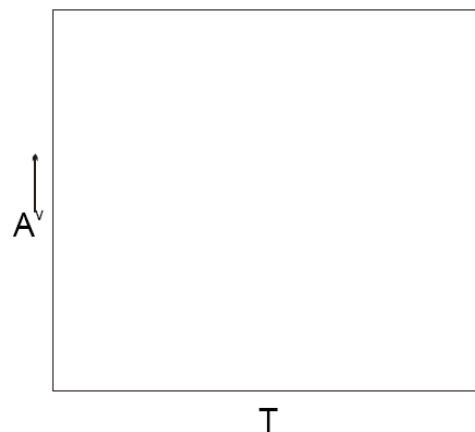
Prüfung der Wärmeeinflusszone (WM)



Prüfung des Schweißgutes



WM





**Aufgabe 13****Metallographie****3Punkte**

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

Erläutern Sie anhand eindeutig unterscheidbarer Skizzen die Charakteristika von Mangansulfid und Aluminiumoxid in einem Stahl nach dem Kaltwalzen. Begründen Sie warum diese Einschlussarten Ihre jeweilige Form nach dem Walzen einnehmen und erläutern Sie kurz die Wirkung bei der Herstellung von Produkten aus diesem Material! (3 Punkte)



---

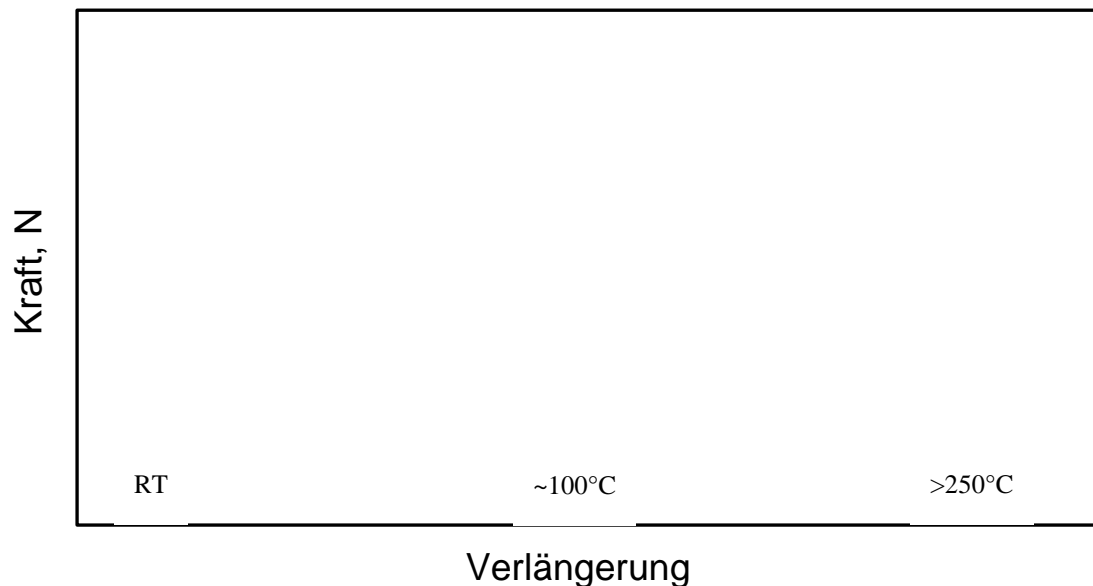
**Aufgabe 14** **Elektronenmikroskopie** **4 Punkte**

Nennen Sie je 2 Vor- und 2 Nachteile des WDS/WDX- und des EDS/EDX-Verfahrens! (4P)

**Aufgabe 15****Versetzungsbewegung****5 Punkte**

Bei der Aufnahme von Kraft-Verlängerungskurven von krz Stählen mit diskontinuierlicher Streckgrenze bei konstanter Dehnrate und veränderten Temperaturen ist eine Veränderung des Materialverhaltens festzustellen.

- a) Erläutern Sie die Entwicklung der diskontinuierlichen Streckgrenze mit ansteigender Temperatur ( $T=RT$ ,  $\sim 100^\circ\text{C}$  und  $T>250^\circ\text{C}$ ) mit Hilfe einer Skizze (Kraft/Verlängerung). (1.5P)



- b) Geben sie drei Mechanismen wieder die neben der dynamischen Reckalterung eine mögliche Erklärung für plötzliche Spannungsänderungen bei plastischer Verformung darstellen. (1.5P)
- c) Die dynamische Reckalterung ist ebenfalls unter einer anderen Bezeichnung bekannt. Geben Sie diese Bezeichnung wieder und erläutern Sie den metallphysikalischen Mechanismus. Unter welchen Umständen tritt dieser Effekt auf? (2P.)

