

Masterprüfung
„Werkstofftechnik der Stähle“
31.08.2015

Name:

Matrikelnummer:

Unterschrift:

Aufgabe	Maximalanzahl an Punkten:	Punkte erreicht:	Punkte nach Einsicht (nur zusätzliche Punkte)
1	6		
2	4		
3	7		
4	4,5		
5	10		
6	6,5		
7	10		
8	11		
9	3		
10	6		
11	8		
12	7		
13	6		
14	2		
15	5		
16	4		
Summe	100		

Zum Bestehen der Klausur werden 44% der Punkte benötigt.

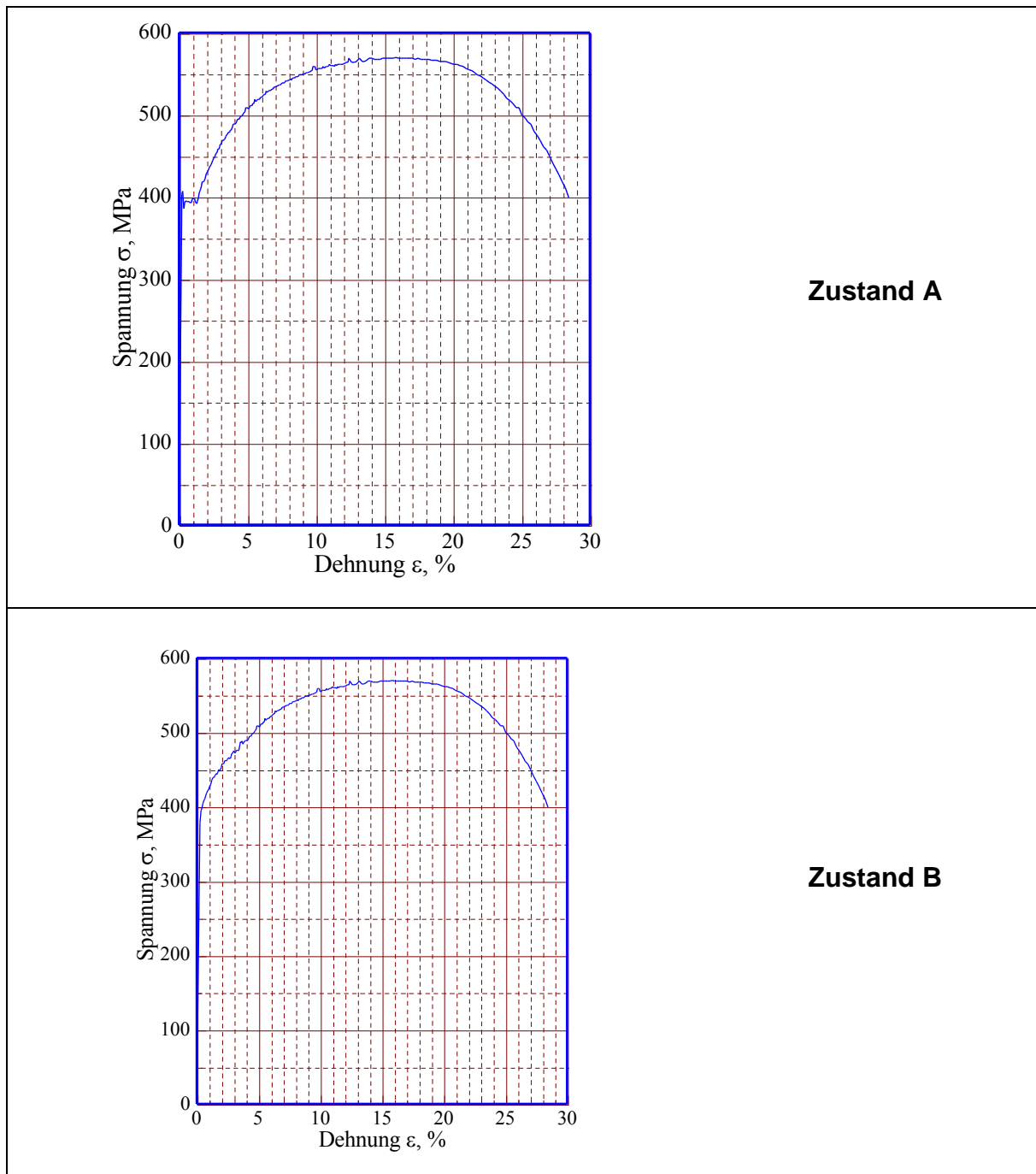
Aufgabe 1**Zugversuch I****6 Punkt(e)**

Definieren Sie stichwortartig folgende in Zugversuchen an Flachproben ermittelten Kenngrößen (6 Punkte):

- a) R_{eH} ,
- b) R_{eL} ,
- c) R_m
- d) $R_{p0,01}$.
- e) r-Wert
- f) n-wert

Aufgabe 2**Zugversuch II****4 Punkt(e)**

- a) In der **Anlage 1** sind zwei Spannung-Dehnung-Kurven eines Feinblech-Stahl unterschiedlicher Behandlungszustände dargestellt. Geben Sie die physikalische Ursache für diese unterschiedlichen σ - ϵ -Verläufe desselben Stahls an. Mit welcher Behandlung wurde der Zustand B erreicht. Beachten Sie dabei die Festigkeitswerte bei beiden Kurvenverläufen. (2 Punkte)

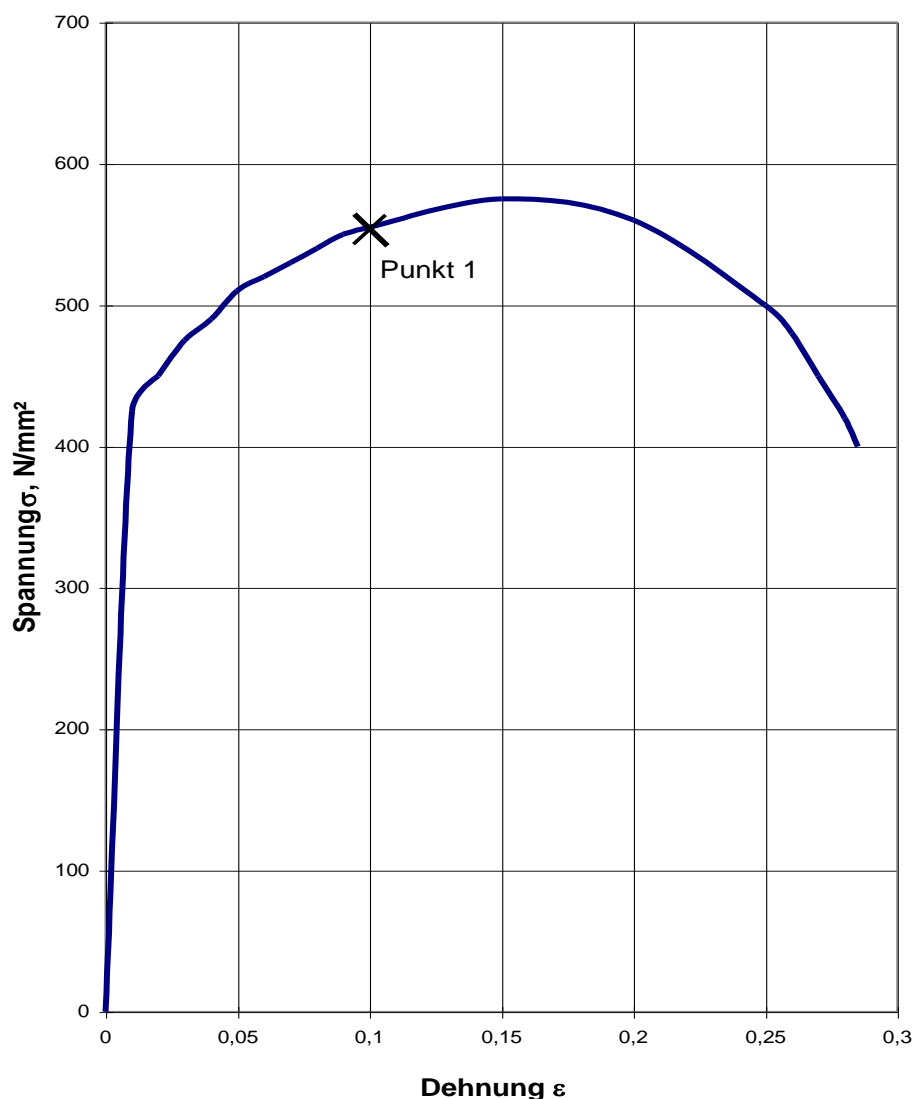
Anlage 1:

- b) Zeichnen Sie in beide Diagramme die wichtigsten Kennwerte ein, die dem Kurvenverlauf entnommen werden können. (2 Punkte)

Aufgabe 3 **Wahre spannung – wahre Dehnung** **7 Punkt(e)**

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

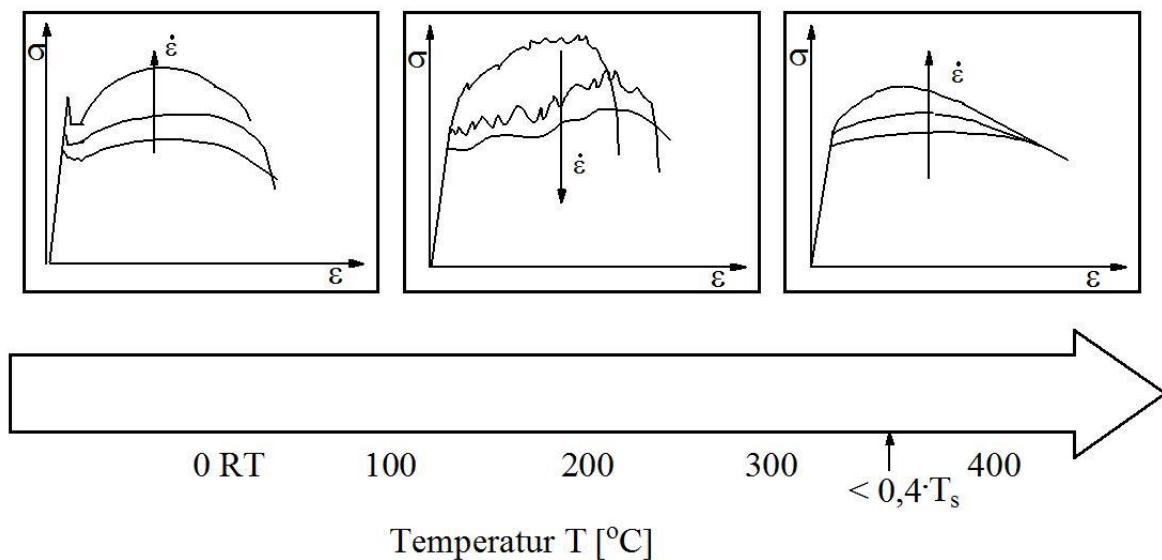
- Berechnen Sie für den Punkt 1 die wahre Spannung und die wahre Dehnung und zeichnen Sie den neuen Punkt 1' in das Diagramm ein. (5 Punkte)
- Skizzieren Sie schematisch die wahre Spannung-wahre Dehnung-Kurve, soweit diese anhand der konventionellen Spannung-Dehnung-Kurve ermittelt werden kann. Begründen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

Anlage 1:

Aufgabe 4**Dehnratenabhängigkeit****4,5 Punkt(e)**

Bei der Betrachtung der Einflussgrößen auf das Festigkeits- und Fließverhalten von metallischen Werkstoffen ist der Einfluss der Temperatur von entscheidender Bedeutung für den vorherrschenden Verformungsmechanismus. Im untenstehenden Bild in **Anlage 1** sind die Spannung-Dehnung-Kurven für drei charakteristische Temperaturbereiche und unterschiedliche Dehnraten dargestellt.

Skizzieren Sie die drei Bereiche in den Temperaturpfeil und erläutern Sie anschaulich die jeweils vorliegende Dehnratenabhängigkeit. (4,5 Punkte)

**Anlage 1**

Aufgabe 5**Festigkeitssteigerung****10 Punkt(e)**

- a) Nennen Sie die 3 substitutionellen Legierungselemente, die bei α -Eisen eine Mischkristallverfestigung bewirken. Reihen Sie diese Elemente entsprechend ihrer relativen Wirksamkeit ein. (3 Punkte)
- b) Neben der Mischkristallverfestigung ist die Kornfeinung eine weitere Möglichkeit die Streckgrenze von Stählen zu erhöhen. 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. (3 Punkte)
- c) Karbide und Nitride können sowohl zur Ausscheidungshärtung als auch zur Kornfeinung genutzt werden. Nennen Sie typische Größenordnungen der Ausscheidungen die besonders effektiv für die Ausscheidungshärtung und die Kornfeinung sind. (2 Punkte)

- d) Wie wirkt die Zähigkeit (gemessen an der Übergangstemperatur) durch eine Ausscheidungshärtung, eine Mischkristallverfestigung, eine verformungsinduzierte Verfestigung oder eine Kornfeinung beeinflusst? (2 Punkte)

Aufgabe 6**TMB****6,5 Punkt(e)**

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

Aufgabe 7**Blechprüfung****10 Punkt(e)**

Beim Bake-Hardening-Effekt wird das Phänomen der Alterung von Stahl gezielt angewendet.

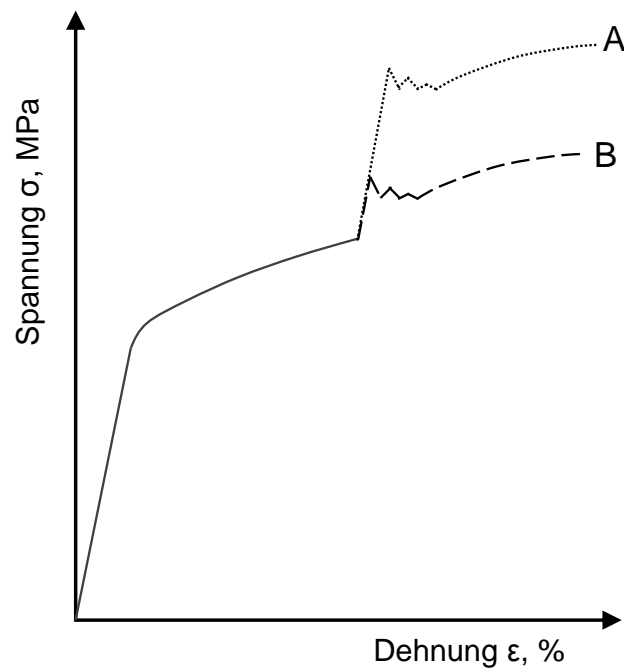
- a) Erläutern Sie den Bake-Hardening-Effekt! Beginnen Sie dabei mit der Beschreibung des Ausgangsgefüges des Bleches und erklären Sie den beobachteten Kurvenverlauf. (6 Punkte)
- b) Definieren Sie gängige Prozessparameter wie Temperatur und Zeit für die Bake-Hardening-Behandlung und nennen Sie einen typischen industriellen Prozessschritt und ein Bauteil bei dem diese Behandlung angewendet wird! (2 Punkte)

c) An einem vorgedehnten Karosseriestahl werden in einer Versuchsreihe verschiedene Prozessparameter eingestellt:

- 10 min. bei 185 °C
- 1000 min. bei 250 °C

Anlage 1 zeigt den Effekt der Wärmehandlungen anhand von schematischen Spannung-Dehnung-Kurven. Ordnen Sie die Parameter den Kurven zu und geben Sie eine kurze Erklärung für den Kurvenverlauf! (2 Punkte)

Anlage 1



Aufgabe 8**Blechprüfung II****11 Punkt(e)**

Aus Zugversuchen an zwei Feinblechqualitäten erhalten Sie die folgenden Dehnungswerte für $\varphi_1 = 0,20$:

Werkstoff 1

	$\angle 0^\circ$ zur WR	$\angle 45^\circ$ zur WR	$\angle 90^\circ$ zur WR
φ_b	-0,131	-0,121	-0,136

Werkstoff 2

	$\angle 0^\circ$ zur WR	$\angle 45^\circ$ zur WR	$\angle 90^\circ$ zur WR
φ_b	-0,118	-0,119	-0,117

Berechnen Sie die senkrechte, die ebene und die mittlere Anisotropie für beide Werkstoffe und treffen Sie eine Aussage

- über die Tiefzieheignung der Werkstoffe und
- über die Tendenz zur Zipfelbildung.

Begründen Sie Ihre Antwort. (11 Punkte)

Aufgabe 9**Bruchmechanik****3 Punkt(e)**

- a) Welches idealisierte Werkstoffverhalten wird bei der Bestimmung der Bruchzähigkeit K_{IC} angenommen. Geben Sie die Einheit von K_{IC} an. (2 Punkte)
- b) Skizzieren Sie eine Probenform mit der ein K_{IC} Wert bestimmt werden kann. Gehen Sie auf Details im Kerbgrund ein. (1 Punkt)

Aufgabe 10**Bruchmechanismen****6 Punkt(e)**

- a) Nennen Sie die Stadien des Gleitbruchs. (3 Punkte)
- b) Beschreiben Sie kurz das makroskopische Bruchaussehen von Gleitbruch- und Spaltbruchflächen. (2 Punkt).
- c) Nennen Sie den Unterschied zwischen transkristallinem und interkristallinem Rissverlauf. (1 Punkt).

Aufgabe 11**Kerbschlagbiegeversuch****8 Punkt(e)**

Eine ISO-V-Spitzkerbprobe 10x10x55 aus hochfestem Baustahl S690Q wird einem instrumentierten Kerbschlagbiegeversuch unterzogen. Die Aufprallgeschwindigkeit des Hammers beträgt 7,72 m/s (Aufprallenergie 1471 J, Hammermasse 49,368 kg). Während des Versuchs wird der Kraft-Zeit-Verlauf an der Finne des Hammers aufgenommen. **Diagramm 1** stellt den so ermittelten Datensatz dar.

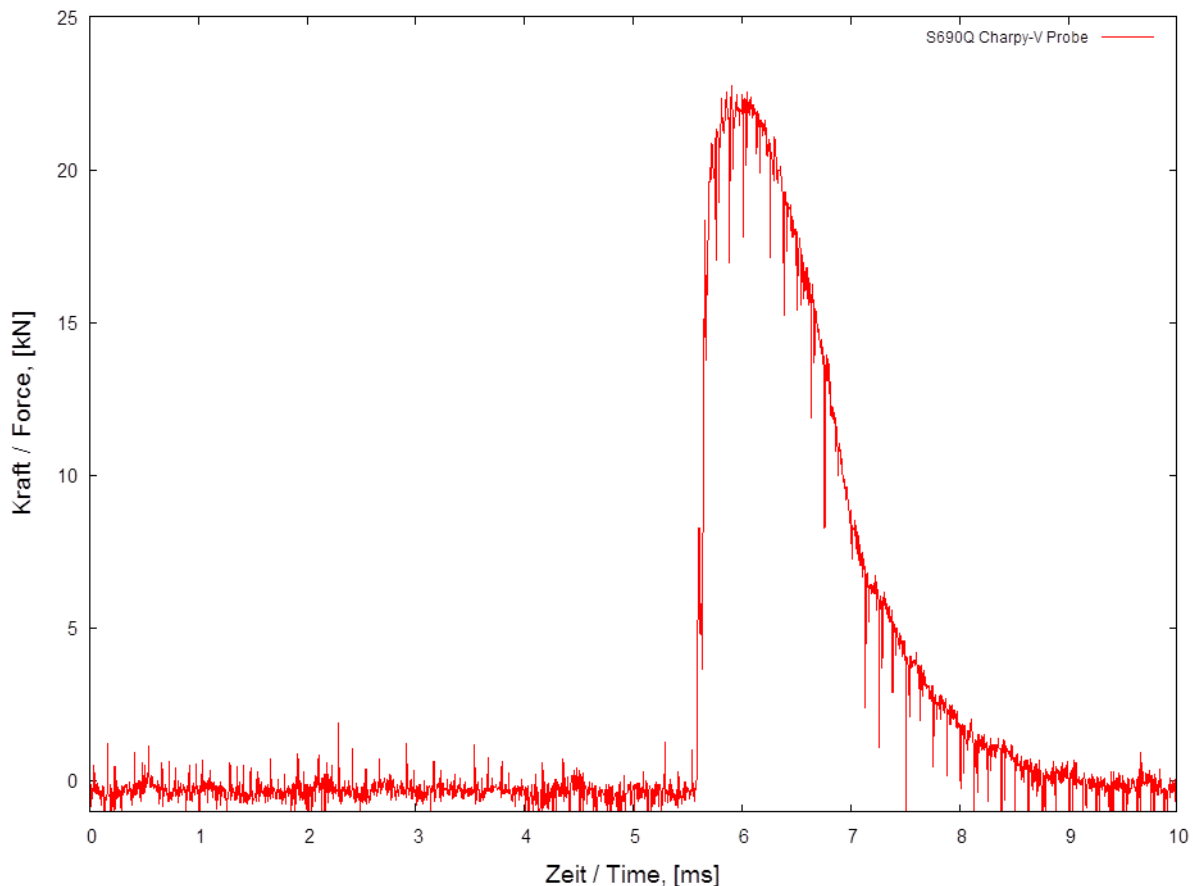


Diagramm 1 – Ergebnis des instrumentierten Kerbschlagbiegeversuchs, Stahl S690Q, Charpy-V Probe.

- a) Nennen Sie die benötigten Gleichungen, um auf Basis des Kraft-Zeit-Verlaufs die verrichtete Kerbschlagarbeit zu berechnen! (2 Punkte)

- b) Geben Sie qualitativ die Änderung der Hammergeschwindigkeit während der Zerschlagung der Probe an! Ist die Änderung der Hammergeschwindigkeit relevant wenn ein Baustahl bei Raumtemperatur eine Kerbschlagbiegearbeit von ca. 300J erreicht? (2 Punkte)

- c) Vereinfachen Sie auf Basis der unter b) gegebenen Antwort die in a) genannten Gleichungen! (2 Punkte)
- d) Schätzen Sie auf Basis der unter c) gegebenen Antwort die verrichtete Kerbschlagarbeit! Erläutern Sie bitte alle Annahmen, die für die Berechnung benötigt werden. (2 Punkte)

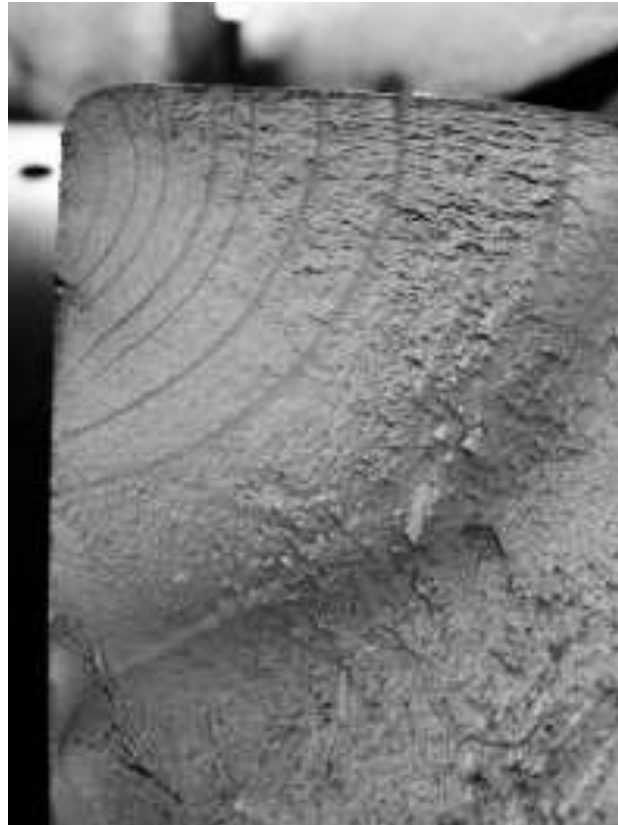
Aufgabe 12**Dauerfestigkeit I****7 Punkt(e)**

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

- a) Skizzieren Sie eine Wöhlerkurve. Beschriften Sie auch die Achsen und zeichnen Sie in das Diagramm die signifikanten Bereiche ein (*5 Punkte*).

- b) In Anlage 1 ist die Bruchfläche eines Bauteils zu sehen, welches unter schwingender Belastung versagt ist. Kennzeichnen Sie den Bereich des Rissausgangs! (1 Punkt)
- c) Benennen Sie die charakteristischen halbkreisförmigen Streifen! (1 Punkt)

Anlage 1



Aufgabe 13**Hochtemperatur-Eigenschaften****6 Punkt(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)

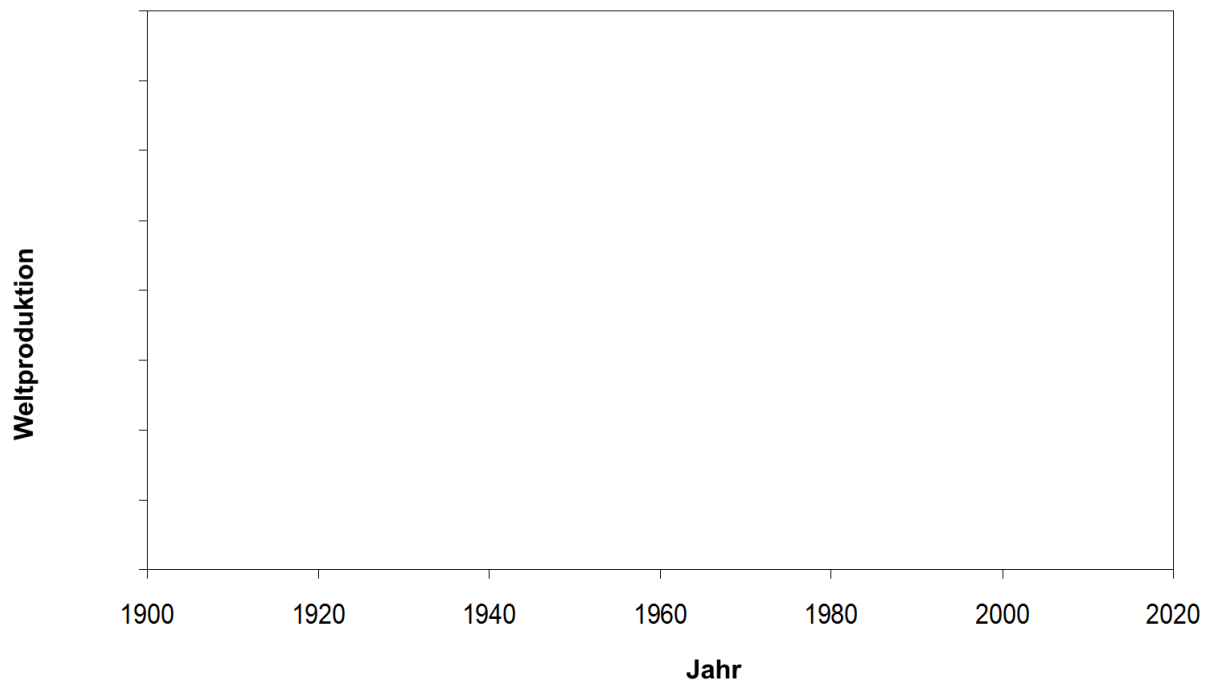
Anlage 1

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

-
-
-
-

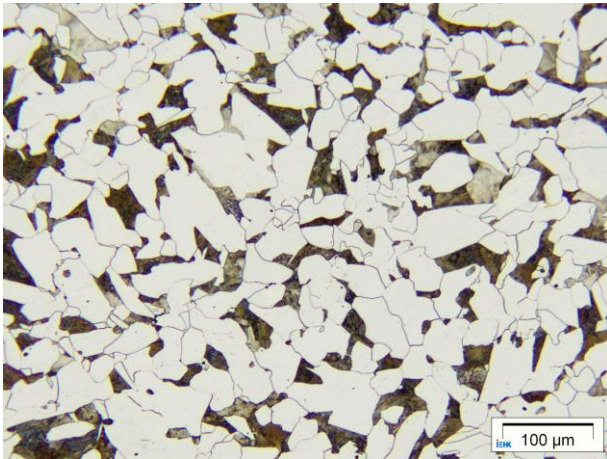
Aufgabe 14**Wirtschaftliche Bedeutung Stahl****2 Punkt(e)**

Skizzieren Sie die Weltrohstahlerzeugung zwischen 1900 und 2010 in **Anlage 1** ein und geben Sie eine kurze Erläuterung für den Kurvenverlauf. Geben Sie eine Größenordnung der Weltstahlproduktion an. (2 Punkte)

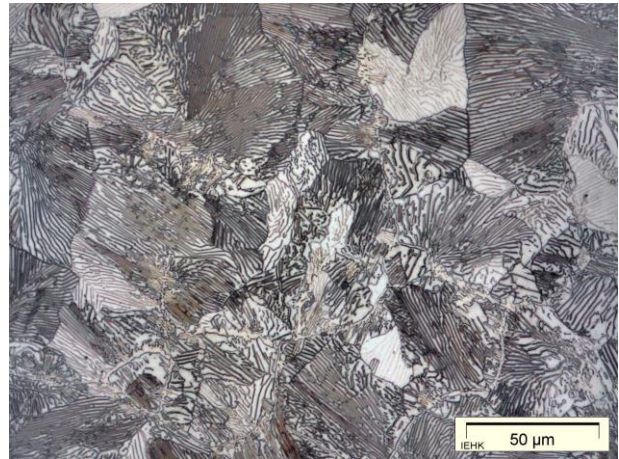
**Anlage 1**

Aufgabe 15**Lichtoptische Mikroskopie****5 Punkt(e)**

- a) In **Anlage 1** sehen Sie das Gefüge zweier unterschiedlicher Stähle, die gleichgewichtsnah abgekühlt sind. Benennen und markieren Sie die jeweiligen Phasen! (3 Punkte)
- b) Geben Sie den ungefähren Kohlenstoffgehalt der jeweiligen Stähle an! (2 Punkte)

Anlage 1

1)



2)

Aufgabe 16**Elektronen-Mikroskopie****4 Punkt(e)**

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