

Masterprüfung
„Werkstofftechnik der Stähle“
am 01.09.2014

Name:

Matrikelnummer:

Unterschrift:

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

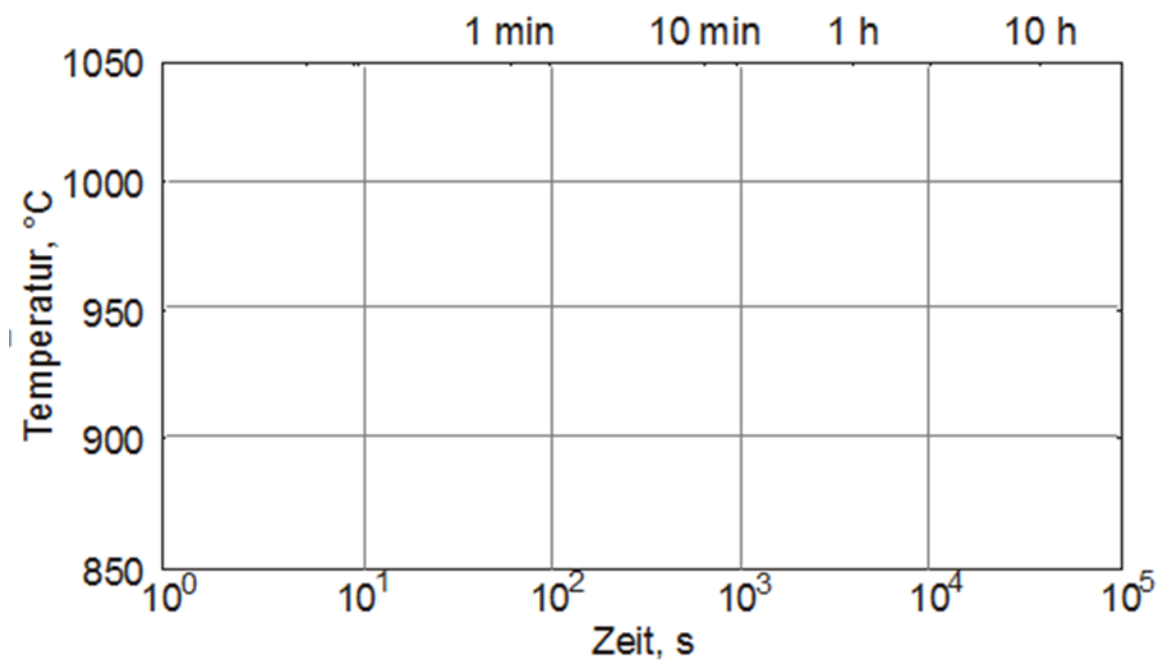
Zum Bestehen der Klausur müssen mindestens 44% der Punkte erreicht werden.

Aufgabe 1**TMB****7,0 Punkte**

Durch die Thermomechanische Behandlung können bereits während der Warmumformung gewünschte Materialeigenschaften eingestellt werden.

- a) Nennen und erläutern Sie in Stichworten die metallkundlichen Mechanismen zur Festigkeitssteigerung. Wie werden dadurch die Zähigkeitseigenschaften beeinflusst (5 Punkte)?

- b) Zeichnen Sie schematisch den Verlauf der statischen Rekristallisation als Funktion der Temperatur und der Zeit für einen unlegierten und einen Nb-mikrolegierten Stahl bei der thermomechanischen Behandlung im Temperaturbereich $>A_3$ (2 Punkte).



Aufgabe 2**TMB****2 Punkte**

Bei der Thermomechanischen Behandlung von Stählen ist die Austenitisierung ein wichtiger Prozessschritt, um das Endgefüge zu beeinflussen.

Nennen Sie jeweils zwei Nachteile bei der Verwendung einer zu hohen bzw. zu niedrigen Austenitisiertemperatur (2 Punkte).

Aufgabe 3**HTE****3 Punkte**

- a) Skizzieren Sie typische Kriechkurven in ein Zeit-Dehnungsdiagramm für einen Versuch mit einer hohen Belastung σ_1 und einen Versuch mit einer geringen Belastung σ_2 (die Temperatur ist bei beiden Versuchen gleich) (1 Punkt).
- b) Beschreiben Sie anhand verschiedener Kriechkurven, wie ein Zeitstanddiagramm abgeleitet wird. Zeichnen Sie zusätzlich die Zeitbruchgrenzlinien in ein Zeitstanddiagramm für drei verschiedene Temperaturen $T_1 < T_2 < T_3$ (2 Punkte).

Aufgabe 4**Bruchmechanismen****7 Punkte**

- a) Nennen Sie das werkstoffmechanische Kriterium für Gleitbruch und beschreiben Sie die Abläufe beim Gleitbruch (2,5 Punkte).
- b) Nennen Sie das werkstoffmechanische Kriterium für Spaltbruch und beschreiben Sie den Ablauf des Spaltbruchs (1 Punkt).
- c) Warum ist sprödes Werkstoffverhalten bei technischen Konstruktionen unerwünscht? (1 Punkt)

d) Wie unterscheidet sich (makroskopisch) eine Gleitbruchfläche von einer Spaltbruchfläche? (1 Punkt)

e) Listen Sie die Stadien bei einem Riss auf, bei Temperaturen im Übergangsbereich einer Kerbschlagarbeit-Temperatur-Kurve auf (1,5 Punkte).

Aufgabe 5**Dauerfestigkeit****3 Punkte**

- a) Skizzieren Sie eine Wöhlerlinie für einen krz-Stahl und eine Wöhlerlinie für Aluminium und beschreiben Sie den Unterschied (1,5 Punkte).
- b) Geben Sie die Gleichung für das Paris-Gesetz an und erläutern Sie, was diese Gleichung beschreibt (1,5 Punkte).

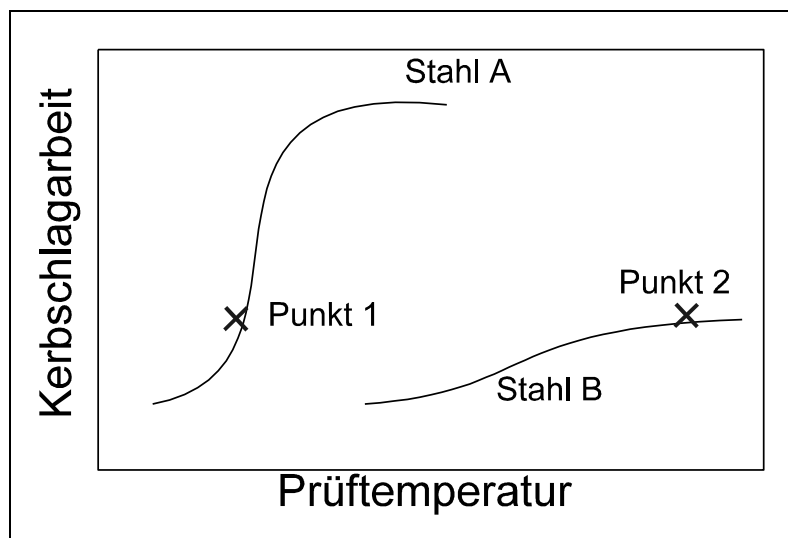
Aufgabe 6**Bruchmechanik****4 Punkte**

- 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 7**Kerbschlagversuch****8 Punkte**

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).

Anlage 1:

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 8**Blechprüfung****3,5 Punkte**

Die Kaltumformbarkeit von Feinblech kann mit Grenzformänderungsdiagrammen beschrieben werden.

- a) Zeichnen Sie schematisch ein Grenzformänderungsschaubild. Markieren Sie die Belastungszustände „plane strain“ und „Tiefziehen“ und geben Sie die entsprechenden Verhältnisse von ϕ_1 zu ϕ_2 an (2,5 Punkte).
- b) Welchen Einfluss hat i) eine bessere Schmierung und ii) ein kleinerer r-Wert auf die Grenzformänderungskurve (1 Punkt)?

Aufgabe 9**Blechprüfung****5,5 Punkte**

Aus Zugversuchen an zwei Feinblechstählen in verschiedenen Prüfrichtungen erhalten Sie die folgenden Dehnungswerte bei einer Probenverlängerung $\varphi_l = 0,20$:

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

Treffen Sie eine Aussage

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

Begründen Sie Ihre Antwort. (5,5 Punkte)

Aufgabe 10**Zugversuch****5 Punkte**

Die mechanischen Eigenschaften von Stählen werden zumeist im Zugversuch ermittelt.

- a) Skizzieren Sie in ein Diagramm eine konventionelle Spannung-Dehnung-Kurve mit ausgeprägter Streckgrenze und die dazugehörige wahre Spannung- wahre Dehnung-Kurve (2 Punkte).

- b) Mit welchen Vorgängen lässt sich die Ausbildung einer ausgeprägten Streckgrenze erklären? Was ist und wie kommt es zum Portevin-Le Chatelier-Effekt (2 Punkte)?

c) Welchen Nachteil hat eine ausgeprägte Streckgrenze bei der Verarbeitung von Feinblech zu Karosseriebauteilen (0,5 Punkte)?

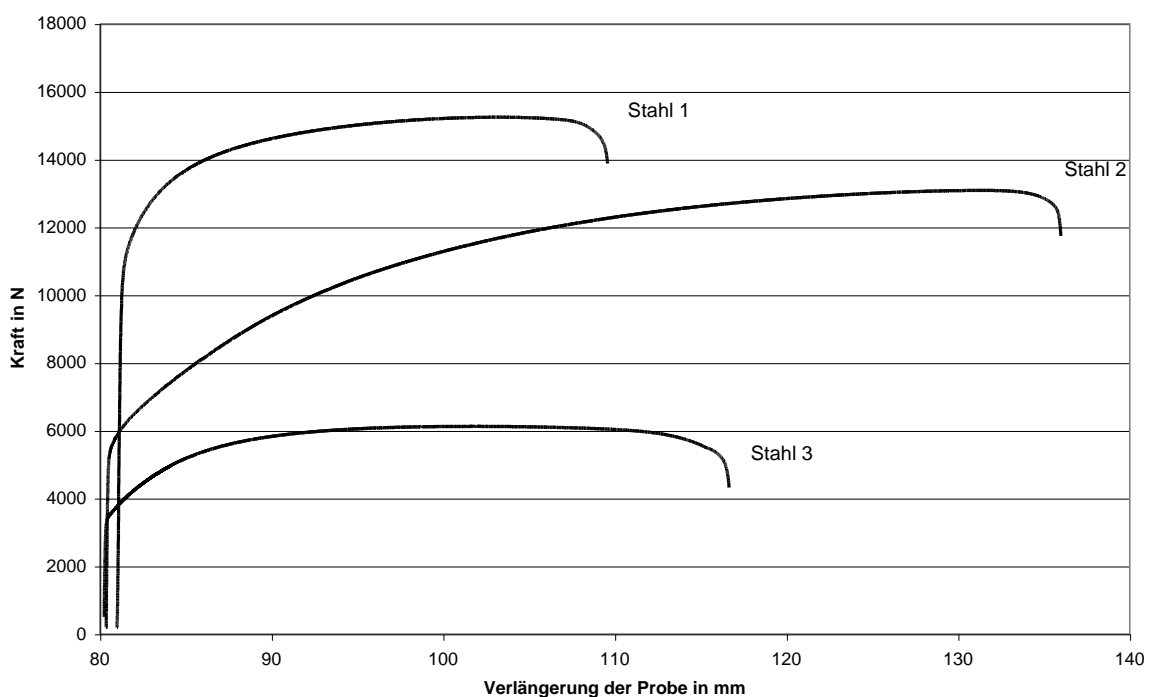
d) Bei welcher Art von Stählen macht man sich die Rückkehr der ausgeprägten Streckgrenze durch eine gezielte Wärmebehandlung zu Nutzen (0,5 Punkte)?

Aufgabe 11**Zugversuch****6,0 Punkte**

Der Zugversuch hat unter den mechanischen Prüfverfahren die größte Bedeutung erlangt. Die mit diesem Versuch ermittelten Kennwerte finden Anwendung bei der Werkstoffentwicklung, Bemessung statisch beanspruchter Bauteile und Qualitätskontrolle.

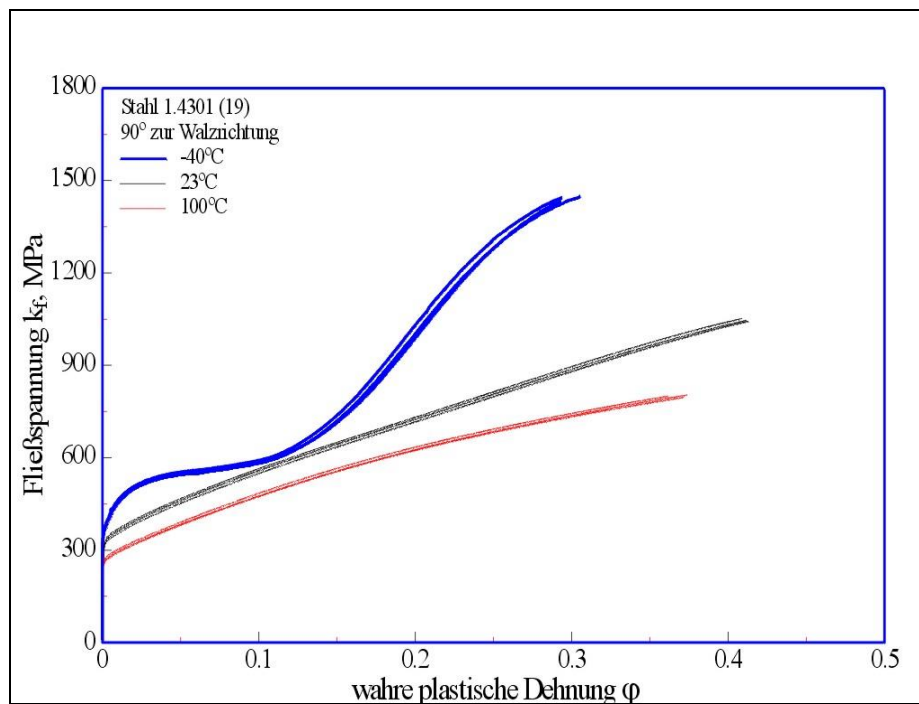
- In Anlage 1 liegen die Datensätze eines DC04, eines TRIP-Stahls, sowie eines austenitisch nicht rostenden Stahls (1.4301) vor. Ordnen Sie die Kurven den einzelnen Werkstoffen zu. (1,5 Punkt)
- Nennen Sie für jeden der drei Stähle einen Vor- und Nachteil für den Einsatz im Außenhautbereich der Automobilkarosserie (z.B. Türblech). (3 Punkte)
- Austenitische, nicht rostende Stähle weisen ein sehr stark ausgeprägtes temperaturabhängiges Verhalten auf. Vor allem bei niedrigen Temperaturen zeigen die im quasistatischen Zugversuch ermittelten Fließkurven einen anderen Kurvenverlauf (Anlage 2). Erklären Sie den auftretenden Mechanismus. (1,5 Punkte)

Anlage 1



Anlage 1: Kraft-Verlängerung-Kurven von 3 Stählen

Anlage 2



Anlage 2: Fließkurven eines 1.4301 bei unterschiedlichen Temperaturen

Aufgabe 12**Elektronenmikroskopie****1,5 Punkte**

In welchem Bereich liegt die Auflösungsgrenze für

- Lichtmikroskopie
- Transmissionselektronenmikroskopie
- Rasterelektronenmikroskopie

(1,5 Punkte)

Aufgabe 13**Elektronenmikroskopie****3 Punkte**

Welche Reaktionen können beim Auftreffen von Elektronen auf die Probenoberfläche stattfinden? Nennen und beschreiben Sie hierzu 3 der auftretenden Strahlungen!
(3 Punkte)

Aufgabe 14**Metallographie****3,0 Punkte**

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

In Abbildung 1 ist schematisch das Ergebnis einer Relief- oder Tiefenätzung eines perlitischen Stahl zu sehen. Erläutern Sie, wie diese Ätzung zur Kontrastierung der Oberfläche führt! (3 Punkte)

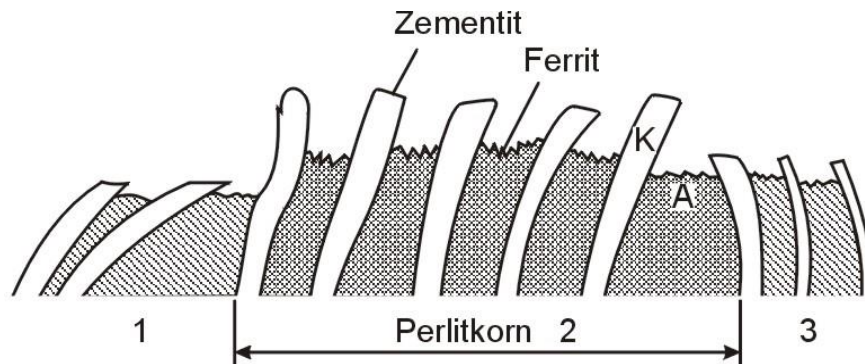


Abbildung 1: Relief- oder Tiefenätzung eines perlitischen Stahl

Aufgabe 15**verschiedenes****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) Phosphor ist ein stark mischkristallverfestigendes Element im α -Eisen und wird in einigen Stählen mit etwa 0,07% hinzulegiert. Welche ungefähre Streckgrenzenerhöhung erwarten Sie hierdurch? Was spricht gegen eine Anhebung des Phosphorgehaltes (1 Punkt)?

Aufgabe 16**verschiedenes****3,0 Punkte**

Das Dressieren ist ein Prozessschritt, der sich nach einer Glühbehandlung bei der Verarbeitung von Blechen anschließt.

- a) Erläutern Sie das Ziel des Dressierens (1 Punkt).
- b) Zeichnen Sie schematisch die Streckgrenze als Funktion des Dressiergrades für einen Al-beruhigten Stahl. Erläutern Sie den Verlauf der Kurve und markieren Sie zusätzlich den optimalen Dressiergrad (2 Punkte).