

**Masterprüfung**

**„Werkstoffdesign der Metalle“**

**Prüfungsteil „Steel Design“ & „Werkstoffkunde der  
Hochtemperaturstoffe“**

**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	3		
2	1,5		
3	4		
4	2		
5	2		
6	1,5		
7	1		
8	8		
9	7		
10	3		
11	6		
12	4		
13	2,5		
14	2,5		
15	4		
16	4		
17	3		
18	3		
19	3		
$\Sigma$ SMB	35		
Summe	100		

Zum Bestehen der Klausur werden 44 % der Punkte benötigt.

**Aufgabe 1****Hochtemperaturwerkstoffe I****3 Punkt(e)**

- a) Nennen Sie die zur Erhöhung der Standfestigkeit von metallischen Hochtemperaturwerkstoffen nutzbaren Mechanismen. (2 Punkte)
- b) Erklären Sie, warum die Kaltverfestigung kein festigkeitssteigernder Mechanismus für metallische Hochtemperaturwerkstoffe ist. Ab welcher Temperatur setzen die werkstoffkundlichen Phänomene bei Metallen ein, die zu einer Festigkeitsminderung führen? (1 Punkt)

**Aufgabe 2**

**Hochtemperaturwerkstoffe II**

**1,5 Punkt(e)**

Nennen Sie die drei typischen Arten von Verbundwerkstoffen. (1,5 Punkte)

**Aufgabe 3****Hochtemperaturwerkstoffe III****4 Punkt(e)**

Nennen Sie i) die Bezeichnung, die maximale Einsatztemperatur, iii) die Mikrostruktur und iv) die Applikationsmethode des heute üblicherweise verwendeten TBC's. Ergänzen Sie zusätzlich die jeweilige derzeitige Entwicklungsrichtung! (4 Punkte)

	heute	Entwicklungsrichtung
Bezeichnung		
Einsatztemperatur		
Mikrostruktur		
Applikationsmethode		

**Aufgabe 4****Hochtemperaturwerkstoffe IV****2 Punkt(e)**

Erklären Sie bitte kurz den Seigerungskoeffizienten  $k$  und beschreiben Sie, in welchem Größenbereich er liegen kann (2 Punkte).

**Aufgabe 5****Hochtemperaturwerkstoffe V****2 Punkt(e)**

Welche Versprödungseffekte erwarten Sie in FeCr-Legierungen? Geben Sie zwei Phasen an, die zu einer Versprödung führen? (2 Punkte)

**Aufgabe 6**

**Hochtemperaturwerkstoffe VI**

**1,5 Punkt(e)**

Was versteht man unter kohärenten, semi-kohärenten und inkohärenten Phasengrenzen? (1,5 Punkte)

**Aufgabe 7**

**Hochtemperaturwerkstoffe VII**

**1 Punkt(e)**

Erläutern Sie kurz den Unterschied zwischen Primär- und Sekundärkarbidhärtung.  
(1 Punkt)



**Aufgabe 8****AHSS I****8 Punkt(e)**

a) Kennzeichnen Sie den ungefähren Bereich der Streckgrenze und der Zugfestigkeit für die folgenden Stahlgüten in der **Abbildung 1**. Der martensitische Stahl (MS1180) und der IF-Stahl (DC06) dient als Orientierung. Berücksichtigen Sie hierfür, welche Stähle ein geringes oder ein hohes Streckgrenzenverhältnis haben. (2 Punkte)

- DP600
- DP780
- TRIP780
- CP800

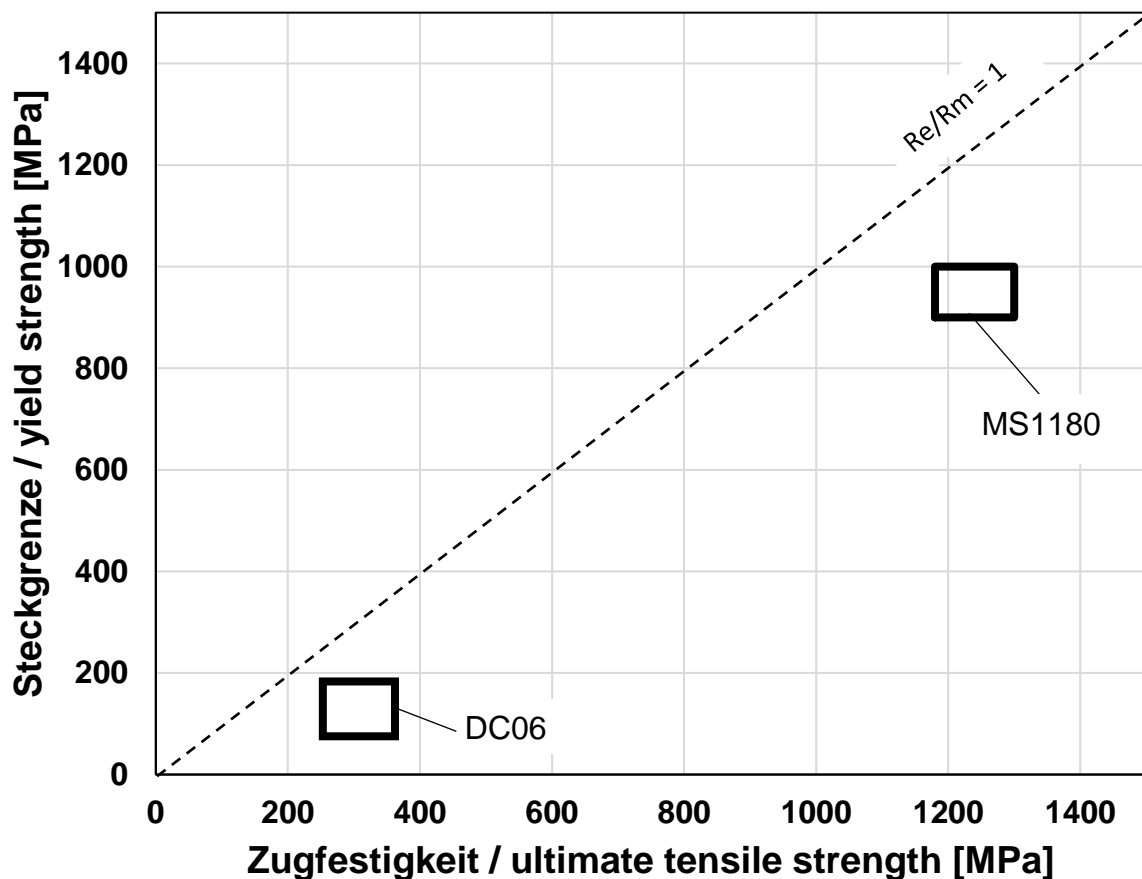


Abbildung 1: Streckgrenze bzw. Zugfestigkeit verschiedener Stahlklassen

- b) Vervollständigen Sie die folgende **Tabelle 1**, indem Sie die ungefähren mikrostrukturellen Bestandteile der verschiedenen Stahlgüten ergänzen. (3 Punkte)

**Tabelle 1: Mikrostrukturbestandteile der einzelnen Stahlklassen (Angaben in Vol.-%)**

Stahlklasse	Ferrit	Perlit	Bainit	Martensit	(Rest)-austenit
DP600		<u>0</u>	<u>0</u>		<u>0</u>
TRIP780		<u>0</u>			
IF-Tiefziehstahl		<u>0</u>	<u>0</u>	<u>0</u>	

- c) Vervollständigen Sie **Tabelle 2**, indem Sie die Stahlgüten aus DC06, DP600 und TRIP780 der chemischen Zusammensetzung zuordnen. Begründen Sie Ihre Antwort kurz. (3 Punkte)

**Tabelle 2: Chemische Zusammensetzung der einzelnen Stahlklassen (Angaben in Mass.-%)**

Stahlgüte	C	Mn	Si	Cr,Mo	Ti,Nb,V
MS1180	0,170	2,00	2,00	1,00	0,005
	0,005	0,10	0,05	0,05	0,050
	0,200	1,50	1,50	0,05	0,005
	0,100	1,50	0,20	0,50	0,005

**Aufgabe 9****AHSS III****7 Punkt(e)**

Die besonderen Eigenschaften eines TRIP-Stahles beruhen auf dem Vorhandensein von Restaustenit.

- a) Erläutern Sie, wie es möglich ist, dass in einem Stahl mit 0,2 Massen-% Kohlenstoff überhaupt Restaustenit vorliegt. (2 Punkte)
- b) Ist dieser Restaustenit stabil (thermodynamisch / mechanisch)? (2 Punkte)
- c) Nennen Sie 3 Analysemethoden mit denen der Anteil an Restaustenit in TRIP-Stählen bestimmt werden kann. Erläutern Sie kurz wie Sie für jede Methode den Austenit von Ferrit unterscheiden können. (3 Punkte)

**Aufgabe 10****Tiefziehstähle****3 Punkt(e)**

In kaltgewalzten haubengeglühten Stählen wird das sogenannte Pancake-gefüge gezielt eingestellt.

- a) Was ist ein Pancake-Gefüge? (1 Punkte)
- b) Welche Fertigungsparameter führen im Stahlwerk, im Warmbandwerk, im Kaltwalzwerk und bei der Haubenglühung dazu, dass sich das Pancake-gefüge einstellt? (2 Punkte)

**Aufgabe 11****Hochfeste Baustähle****6 Punkt(e)**

a) Was sind die Eigenschaften von hochfesten Baustählen? (1,5 Punkte)

b) Ergänzen Sie folgende Tabelle für hochfeste Baustähle: (4,5 Punkte)

Streckgrenzenbereich [MPa]	Gefüge	Legierungsgehalte (hoch/mittel/gering)	Abkühlungsgeschwindigkeit
355 - 500			
500 - 700			
700 - 1100			

**Aufgabe 12****Herstellung von Rohren****4 Punkt(e)**

- a) Wie bezeichnet man global den ersten grundlegenden Verarbeitungsschritt bei der Herstellung nahtloser Rohre? (1 Punkt)
- b) Geben Sie mindestens 2 typische Verfahren bzw. die zugehörigen Anlagen an, die bei dem anschließenden Verarbeiten (Streckziehen) verwendet werden? (2 Punkte)
- c) Welches ist das am häufigsten für geschweißte Leitungsrohre verwendete Schweißverfahren, bei dem kein Schweißzusatzwerkstoff verwendet wird? (1 Punkt)

**Aufgabe 13****Ölfeldrohre****2,5 Punkt(e)**

- a) Nennen Sie drei typische Faktoren die die Spannungsrisskorrosion unter schwefelhaltiger Atmosphäre (sulfur stress cracking, SSC) beeinflussen! (1,5 Punkte)
- b) Welchen Einfluss hat die Streckgrenze von OCTG-Stählen auf die SSC-Beständigkeit? (1 Punkt)

**Aufgabe 14****Leitungsrohre****2,5 Punkt(e)**

- a) Erläutern Sie kurz den Grund für den geringen Wasserstoff und Schwefelgehalte in Leitungsrohrstählen! (0,5 Punkte)
- b) Die mechanischen Eigenschaften von Leitungsrohrstählen sind durch verschiedene Verfestigungsmechanismen, die durch die chemische Zusammensetzung und Herstellungsweise resultieren, beeinflusst. Vervollständigen sie Tabelle 1, indem Sie den Mechanismen: Kornfeinung, Ausscheidungshärtung, Versetzungshärtung und Perlit-Reduktion einen Anstieg, keinen Einfluss oder einen Abfall auf die Übergangstemperatur hinzufügen. (2 Punkte)

**Tabelle 1:****( + = Anstieg, 0 = kein Einfluss, - = Abfall)**

<b>Festigkeitssteigernde Mechanismen in Leitungsrohrstählen</b>	<b>Spröd-Duktile-Übergangstemperatur</b>
Kornfeinung	
Ausscheidungshärtung	
Versetzungshärtung	
Perlit-Reduktion	



**Aufgabe 15****Präzisionsrohre****4 Punkt(e)**

- a) Was ist das Ziel einer "Autofrettage"-Behandlung? Wie beeinflusst diese Behandlung die Mikrostruktur des Stahls? (2 Punkte)
- b) Für welche Bauteile ist die Autofrettage-Behandlung notwendig? Begründen Sie Ihre Antwort kurz. (2 Punkte)

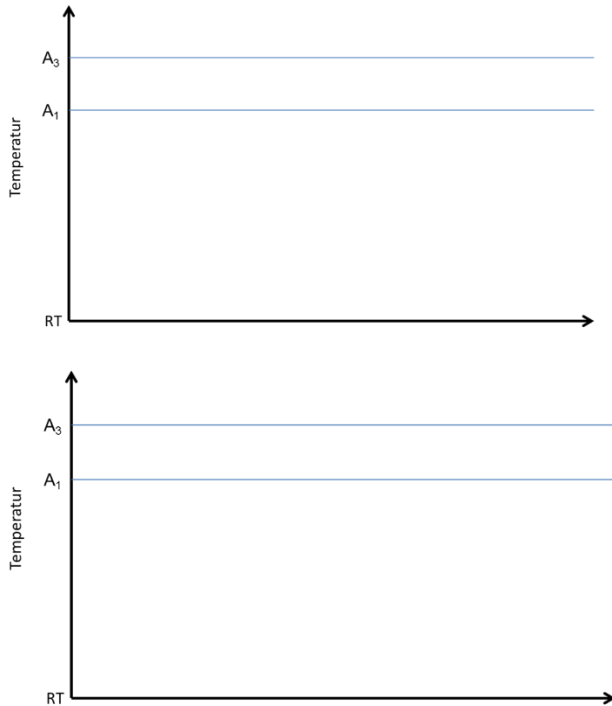
**Aufgabe 16****Kesselrohre****4 Punkt(e)**

a) Wie werden Kesselrohre hergestellt (nahtlos und/oder geschweißt)? Wo sind die Einsatzorte und welche Medien werden transportiert? (1,5 Punkte)

b) Welche Gefüge werden für Kesselrohrstähle eingestellt? Was ist das Gefüge mit den besten Kriecheigenschaften? Nenne den Grund dafür! (2,5 Punkte)

**Aufgabe 17****Edelbaustähle****3 Punkt(e)**

- a) Zeichnen Sie, ausgehend vom Schmieden, die Temperaturführung für einen AFP-Stahl (Ausscheidungshärtend-ferritisch-perlitisch) und einen Vergütungsstahl in die in Bild 1 angegebenen Diagramme ein. (2 Punkte)

**Bild 1**

- b) Welcher von beiden Stählen hat die höhere Zähigkeit? (1 Punkt)

**Aufgabe 18****Schienenstähle****3 Punkt(e)**

- a) Welche zwei Gefügearten werden bei Schienenstählen eingesetzt? (1 Punkte)
- b) Einige Schienenstähle werden Kopfgehärtet. (i) wie wird die Mikrostruktur beeinflusst? (ii) wie verändern sich die mechanischen Eigenschaften? (2 Punkte)

**Aufgabe 19****Werkzeugstähle****3 Punkt(e)**

Werkzeugstähle zeichnen werden je nach Anlassbeständigkeit in 3 verschiedene Gruppen unterteilt.

a) Benennen Sie diese drei Gruppen (1,5 Punkte),

b) Ordnen Sie die in Aufgabenteil a) benannten Gruppen den 4 in Bild 1 angegebenen Kurven zu. (2 Punkte)

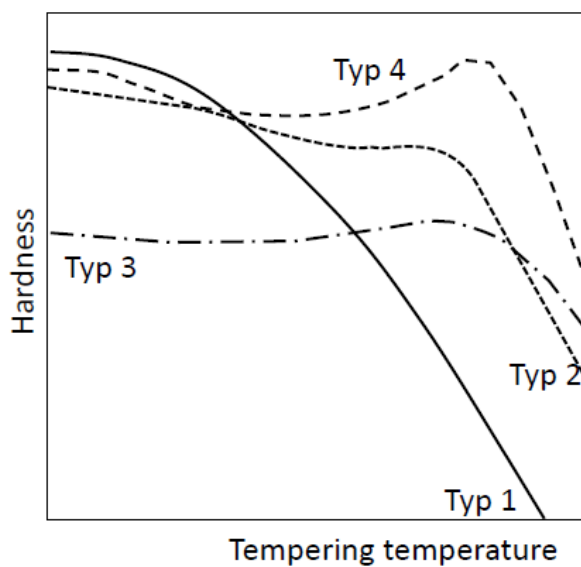


Bild1: