

Masterprüfung

„Werkstofftechnik der Stähle“

28.02.2017

Name, Vorname:

Matrikelnummer:

Erklärung: Ich fühle mich gesund und in der Lage an der vorliegenden Prüfung teilzunehmen.

Unterschrift:

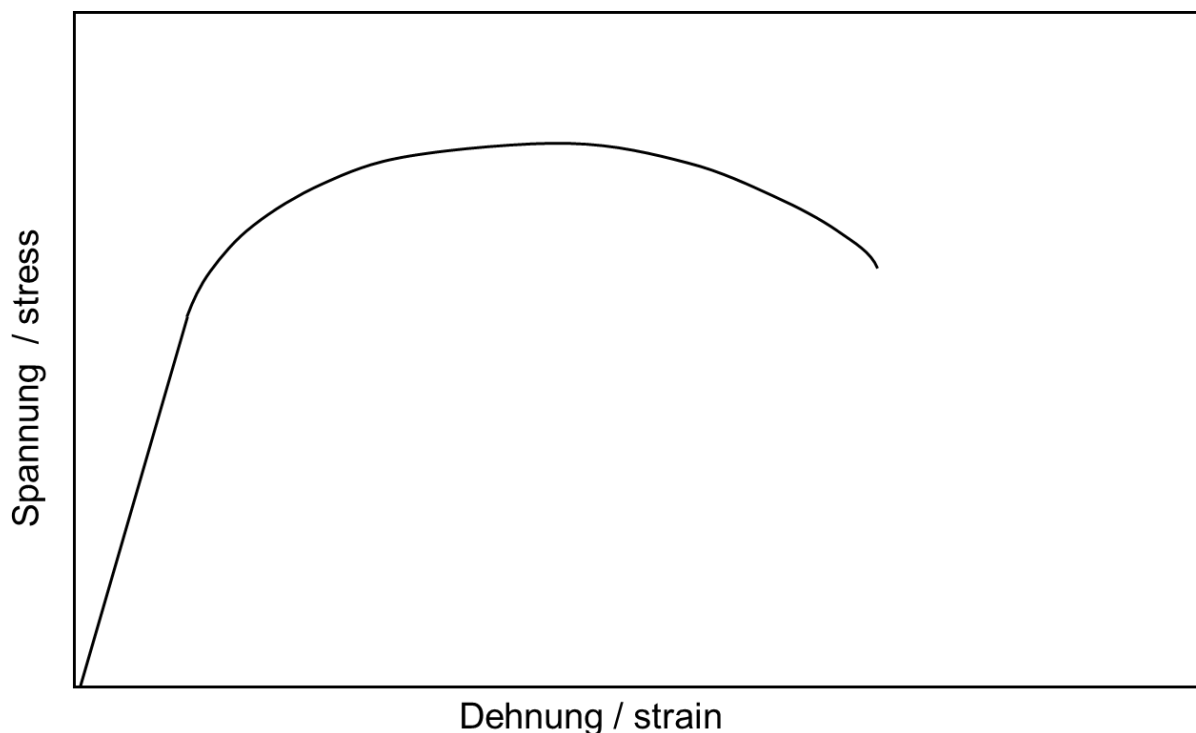
Aufgabe	Punkte:	Erreichte Punkte:	Punkte nach Einsicht (zusätzliche Punkte)
1	6		
2	4		
3	7		
4	4		
5	5.5		
6	10		
7	5		
8	6		
9	7		
10	5		
11	6		
12	9.5		
13	10		
14	4		
15	3		
16	8		
Summe	100		

Zum Bestehen der Klausur werden 44 % der Punkte benötigt.

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

In **Anlage 1** ist die technische Spannung-Dehnung-Kurve für einen Werkstoff mit einem kontinuierlichen Übergang von elastischem zu plastischem Umformverhalten dargestellt.

- a) Welche zwei charakteristischen Spannungen und zwei charakteristischen Dehnungen können Sie aus diesem Diagramm ermitteln? Zeichnen Sie an den jeweiligen Achsen ein, wo diese ermittelt werden. (4 Punkte)
- b) Skizzieren Sie zusätzlich einen Werkstoff B mit einem höheren Verfestigungsparameter n (z.B. eine Dualphasenstahl) der den gleichen E-Modul und die gleiche Streckgrenze aufweist, wie der Werkstoff aus Aufgabenteil a). (2 Punkte)

Anlage 1/ Appendix 1

Aufgabe 2 Wahre Spannung – wahre Dehnung 4 Punkt(e)

- 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 3 Wahr Spannung – wahre Dehnung II 7 Punkt(e)

- a) Skizzieren Sie eine „wahre Spannung“- „wahre Dehnung“- Kurve für einen ferritischen Stahl bei Raumtemperatur und bei -120°C (beide Kurven in das gleiche Diagramm). (2 Punkte)
- b) Skizzieren Sie in ein zweites Diagramm die „wahre-Spannung“-„wahre-Dehnung“- Kurve für einen austenitischen Stahl bei Raumtemperatur und bei -120°C . (2 Punkte)

- c) Erklären Sie stichwortartig den metallphysikalischen Hintergrund für die Kurvenverläufe. (3 Punkte)

Aufgabe 4**Portevin-Le-Chatelier****4 Punkt(e)**

- a) Skizzieren Sie eine, unter quasi-statischen Testbedingungen ermittelte, konventionelle Spannung-Dehnung-Kurve eines kubisch-raumzentrierten Stahls mit 0.1 gew.-% Kohlenstoff bei i) Raumtemperatur, ii) 120°C und iii) 500°C in ein Diagramm! (3 Punkte)
- b) Erläutern Sie kurz den bei 120°C auftretenden „Portevin-Le-Chatelier“-Effekt!
(1 Punkt)

Aufgabe 5**Heißzugversuch****5.5 Punkt(e)**

- a) In Abbildung 1 und Abbildung 2 sind die mechanischen Kennwerte verschiedener Heißzugversuche als Funktion der Prüftemperatur für zwei verschiedene Werkstoffe aufgetragen. Beschriften Sie für jeden der beiden Werkstoffe beide Y-Achsen. Welchen der beiden Werkstoffe hat eine bessere Strangvergießbarkeit? Begründen Sie Ihre Antwort? (3 Punkte)

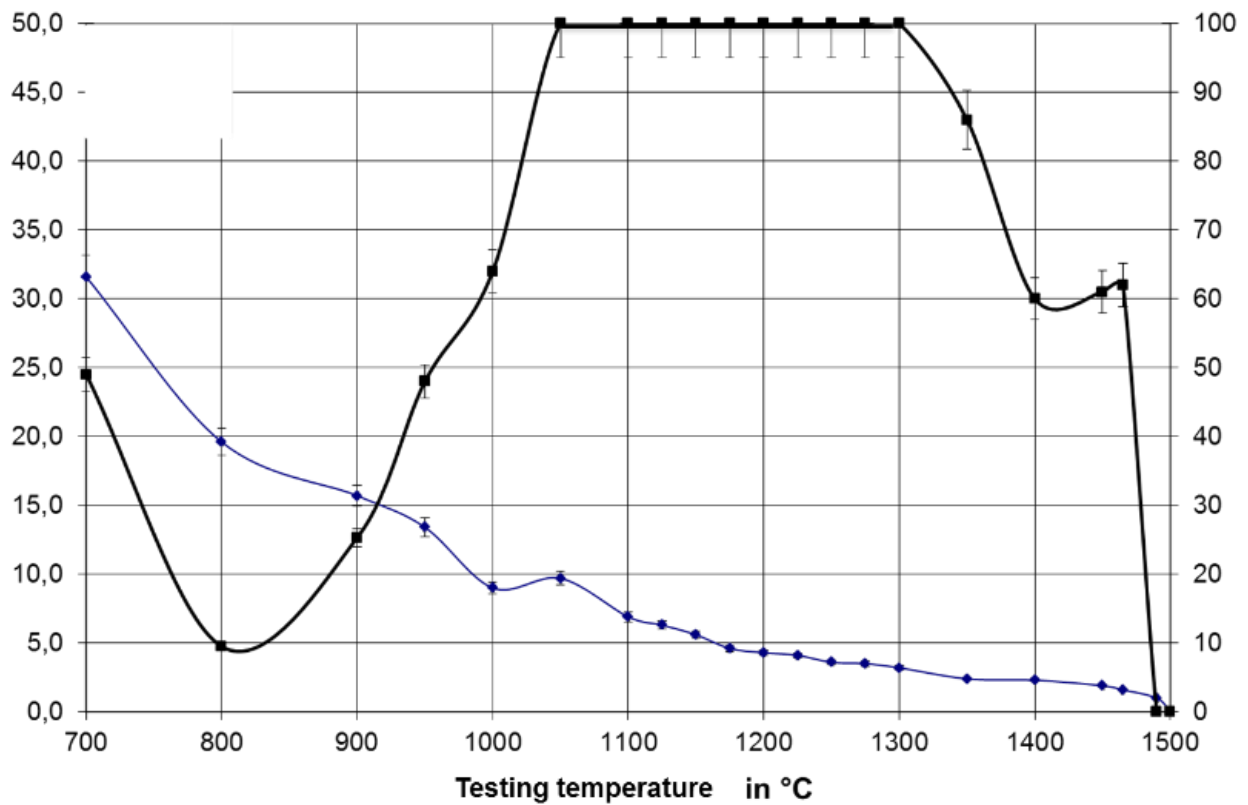


Abbildung 1: Werkstoff A / Material A

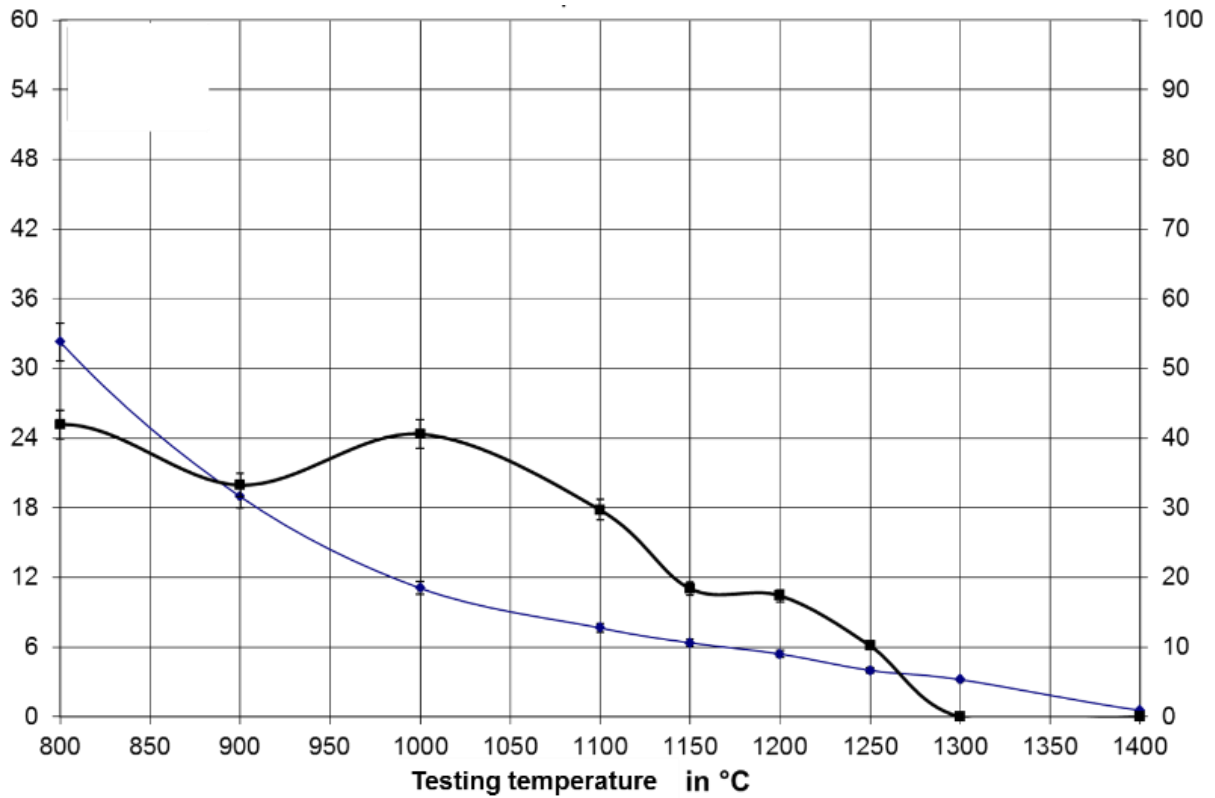


Abbildung 2 Werkstoff B / Material B

- b) Abbildung 3 zeigt Heißzugproben von Werkstoff A die bei 950°C, 1200°C und 1500°C geprüft wurden. Ordnen Sie die Proben den entsprechenden Prüftemperaturen zu. (1,5 Punkte)

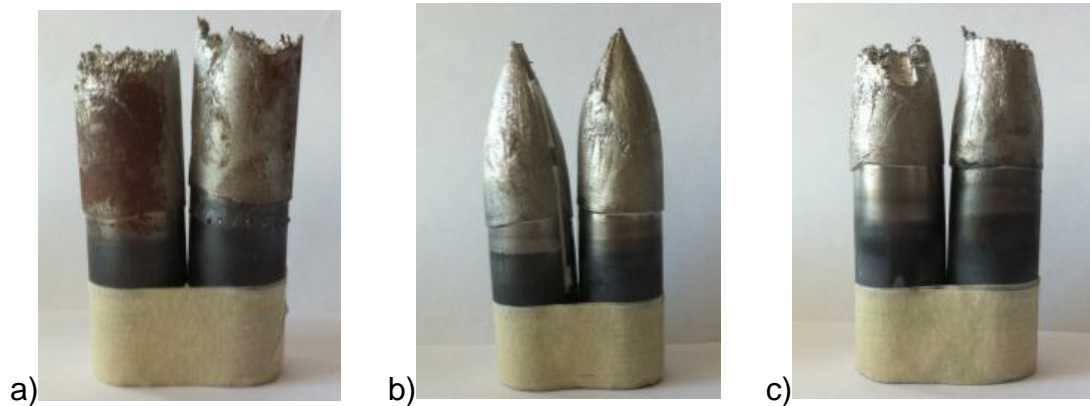


Abbildung 3: Heißzugproben bei verschiedenen Temperaturen

- b) Erläutern Sie warum es in dem Temperaturbereich von 800-900°C zu einem Minimum der Kurve kommt. (1 Punkt)

Aufgabe 6**Considère-Kriterium****10 Punkt(e)**

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 Gleichmaßformänderung ermitteln.

- a) Leiten Sie eine Gleichung für das Considère-Kriterium her, mit der sich die Gleichmaßformänderung bestimmen lässt. (6 Punkte)

- b) Stellen Sie das Considère-Kriterium grafisch dar. (4 Punkte)

Aufgabe 7**Festigkeitssteigerung****5 Punkt(e)**

Die Gebrauchseigenschaften eines Bauteils werden im Wesentlichen durch seine mechanischen Eigenschaften bestimmt.

a) Welche vier 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! (3 Punkte)

Aufgabe 8**TMB****6 Punkt(e)**

- a) Nennen Sie die 3 wichtigsten Mikrolegierungselemente sowie ihren maximalen Gehalt in thermomechanisch gewalzten Baustählen! (2 Punkte)
- b) Welche der genannten Legierungselemente werden in welchen Verfahrensschritten ausgeschieden? (3 Punkte)
- c) Die Größe der Ausscheidungen beeinflussen maßgeblich Kornfeinung und Ausscheidungshärtung. In welcher Größenskala bewegen sich die für die beiden Mechanismen notwendigen Ausscheidungen. Geben Sie sowohl Einheit als auch eine ungefähre zahlenmäßige Größenangabe an. (1,0 Punkt)

Aufgabe 9**Bruchmechanismen****7 Punkt(e)**

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

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

- 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. Geben Sie eine der möglichen Grundgleichungen für eine Sicherheitsanalyse an. (2 Punkte)

Aufgabe 11**Kerbschlagbiegeversuch****6 Punkt(e)**

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) Geben Sie eine kurze Erläuterung zu den eingezeichneten Bereichen. (3 Punkte)

Aufgabe 12**Dauerfestigkeit****9.5 Punkt(e)**

- a) Skizzieren Sie eine Wöhlerlinie für i) reines Kupfer und ii) einen S355 Baustahl für eine Mittelspannung $\sigma_M = 0$ MPa. Beschriften Sie die Achsen und kennzeichnen Sie in das gezeichnete Diagramm die folgenden Größen: R_m , Wechselfestigkeit, Kurzzeit-, Zeit- und Dauerfestigkeitsbereich, sofern diese vorhanden sind. (5.5 Punkte)

- b) Beschreiben Sie den Schädigungsvorgang infolge einer zyklischen Belastung stichwortartig. (4 Punkte)

Aufgabe 13**Blechumformung****10 Punkt(e)**

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

Werkstoff 1 / Material 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 mittlere und die planare anisotropie für beide Materialien und geben Sie die Gleichungen an.

Treffen Sie eine Aussage

- i) über die Tiefzieheignung der Werkstoffe und
- ii) über die Tendenz zur Zipfelbildung.

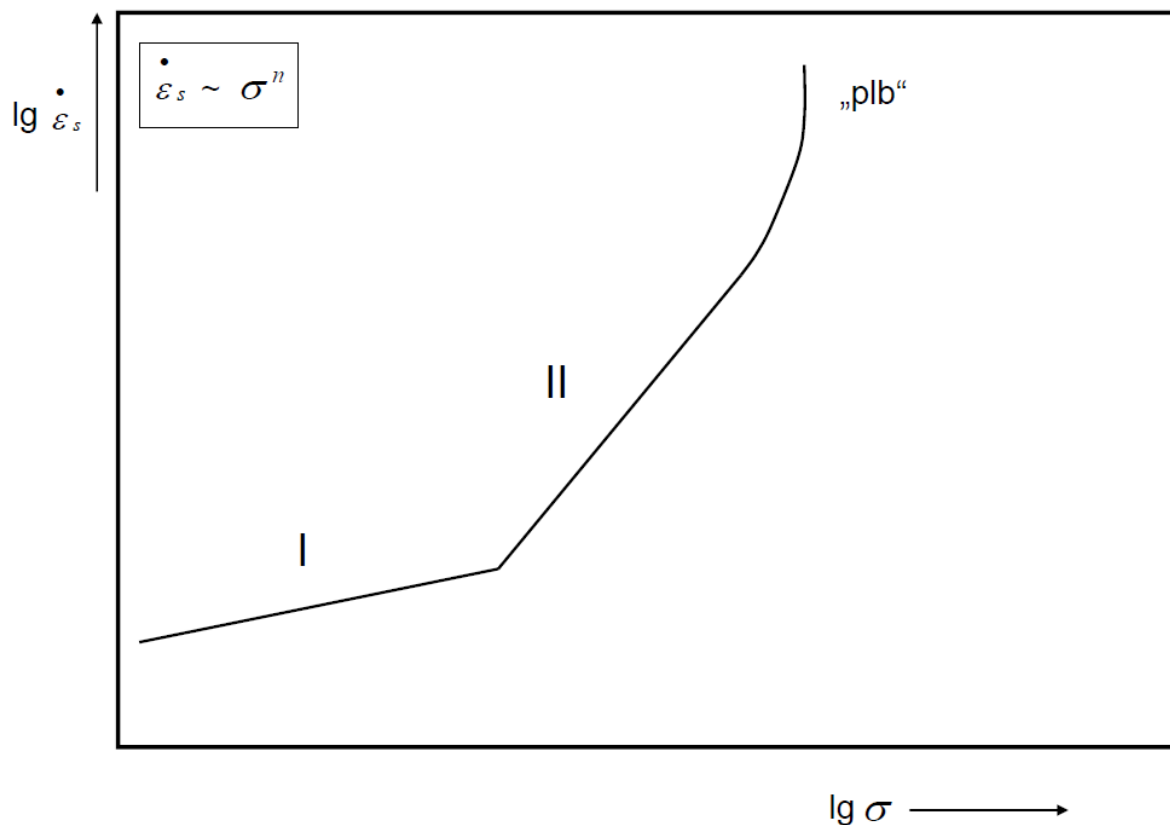
Begründen Sie Ihre Antwort und geben Sie alle benötigten Gleichungen an. (10 Punkte)

Aufgabe 14**Hochtemperatureigenschaften****4 Punkt(e)**

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).

- a) Welche Kriechmechanismen sind in Bereich I und II des Diagramms vorherrschend? (2,0 Punkte)

Diagramm:



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

Aufgabe 15**Metallographie****3 Punkt(e)**

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 Stahls zu sehen. Erläutern Sie in diesem Fall das Prinzip der Reliefätzung und wie die Reliefbildung zur Kontrastierung der Oberfläche führt! (3 Punkte)

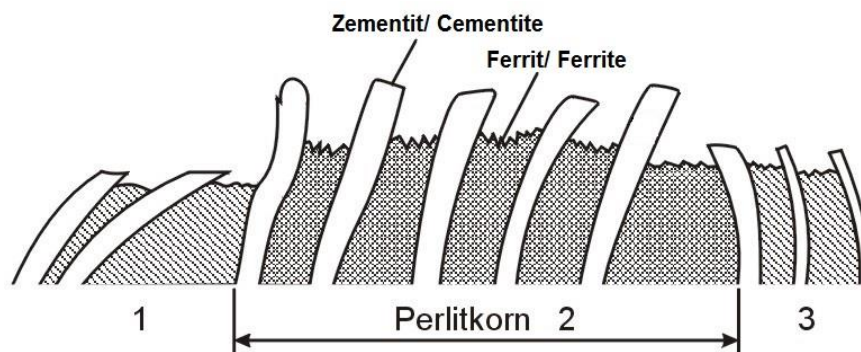


Abbildung 1: Relief- oder Tiefenätzung eines perlitischen Stahl

Aufgabe 16**Elektronenmikroskopie****8 Punkt(e)**

a) In welchem Bereich liegt die Auflösungsgrenze für Lichtmikroskopie und Transmissionselektronenmikroskopie? (2 Punkte)

b) Wofür stehen die unten aufgeführten Abkürzungen für die Verfahren aus dem Bereich der Elektronenmikroskopie? (4 Punkte)

REM:

TEM:

ESMA:

EBSD:

c) Mit welchem dieser Verfahren können Sie eine quantitative Aussage zur chemischen Zusammensetzung erhalten? Beschreiben Sie kurz das Funktionsprinzip dieses Verfahrens. (2 Punkte)

