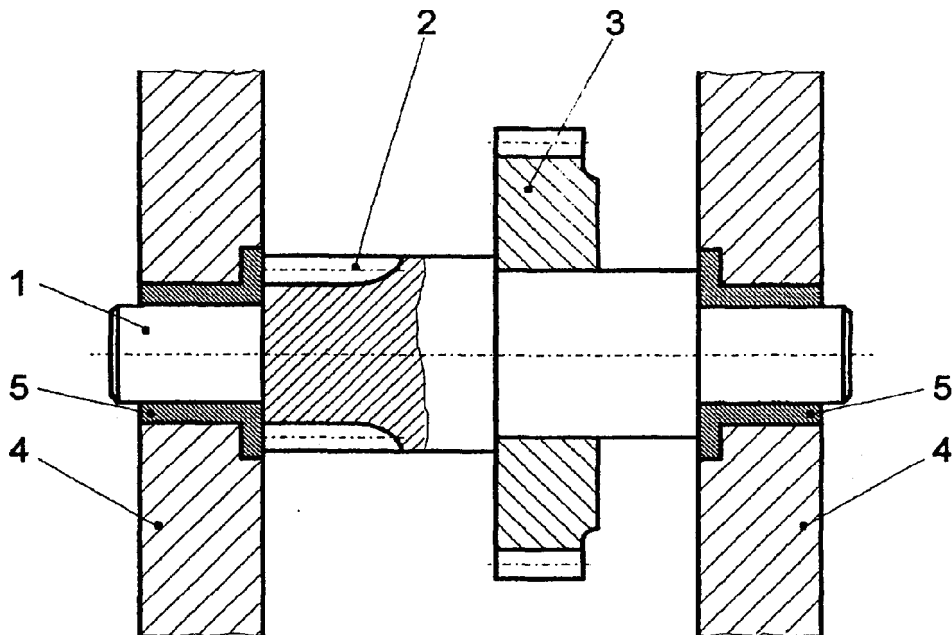




## tgt HP 2000/01-3: Getriebewelle

In einem Gehäuse (4) aus Grauguss ist die vereinfacht dargestellte Getriebewelle in zwei Buchsen (5) gelagert. Die Verzahnung (2) ist in die Getriebewelle (1) hineingefräst. Das Zahnrad (3) wurde auf die Getriebewelle aufgeschraubt.



### Teilaufgaben

Punkte

- 1 Aus dem wärmebehandelten Wellenwerkstoff C 35 wurde ein kurzer Proportionalstab mit dem Durchmesser  $d_0 = 8 \text{ mm}$  hergestellt. Der damit durchgeführte Zugversuch ergab die folgenden Werte:

Messung Nr.	1	2	3	4	5	6	Bruch
F in kN	6,6	19,8	26,1	31,8	32,8	31,8	29,2
$\Delta L$ in mm	0,025	0,075	0,4	2,2	4,0	5,2	6,4

- 1.1 Berechnen Sie die Spannungs- und Dehnungswerte und geben Sie die Werte in einer Tabelle an. Zeichnen Sie das Spannungs- Dehnungs-Diagramm. 4,0
- Blatt Querformat:  $\sigma : 1 \text{ mm} = 10 \text{ N/mm}^2$   
 $\varepsilon : 1 \text{ mm} = 0,1 \text{ \% Dehnung}$
- 1.2 Bestimmen Sie die folgenden Werkstoffkennwerte: 4,0
- Zugfestigkeit
  - Bruchdehnung
  - 0,2 % Dehngrenze
  - E- Modul
- 1.3 Welcher Härtewert nach Brinell ist bei dem vorliegenden Werkstoff zu erwarten ? 1,0

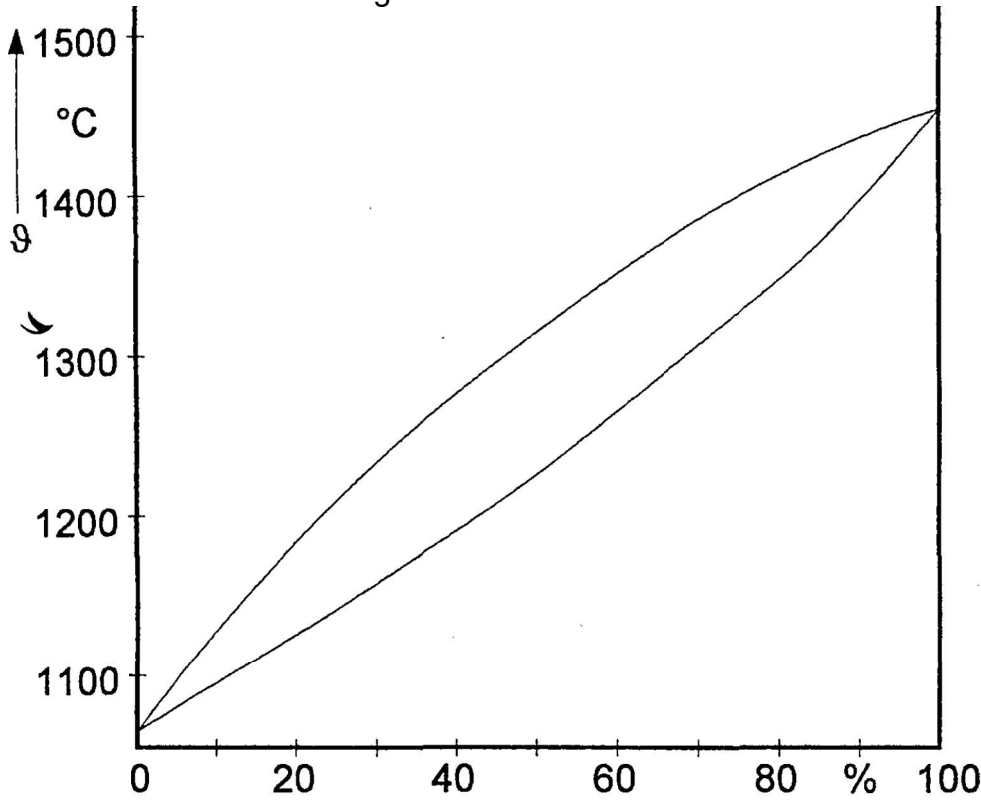


- 2 Die Lagerbuchsen bestehen aus einer Zweistofflegierung, deren Zustandsdiagramm auf dem Arbeitsblatt dargestellt ist.
- 2.1 Beschriften Sie die Linien und Felder im Zustandsdiagramm. 1,5
- 2.2 Um welchen Legierungstyp handelt es sich, und unter welchen Bedingungen entsteht er? 1,0
- 2.3 Zeichnen Sie die Abkühlungskurve einer Legierung mit 60 % A und 40 % B auf das Arbeitsblatt. 3,5  
Erläutern Sie den Abkühlungsvorgang.
- 3 Der Werkstoff der Welle (C 35) hat im unbehandelten Zustand eine Zugfestigkeit von  $R_m = 520 \text{ N/mm}^2$ . Wird er als Getriebewelle verwendet, benötigt er eine Zugfestigkeit von  $R_m = 650 \text{ N/mm}^2$ .
- 3.1 Beschreiben Sie ein geeignetes Wärmebehandlungsverfahren (Verfahrensschritte, Temperatur, Gefügeveränderungen). Verwenden Sie hierzu das Anlassschaubild auf dem Arbeitsblatt. 6,0
- 3.2 Durch welches Verfahren kann die Verschleißfestigkeit der Verzahnung erhöht werden? 1,5
- 
- Alle Teilaufgaben sind unabhängig voneinander lösbar.  $\Sigma = 22,5$

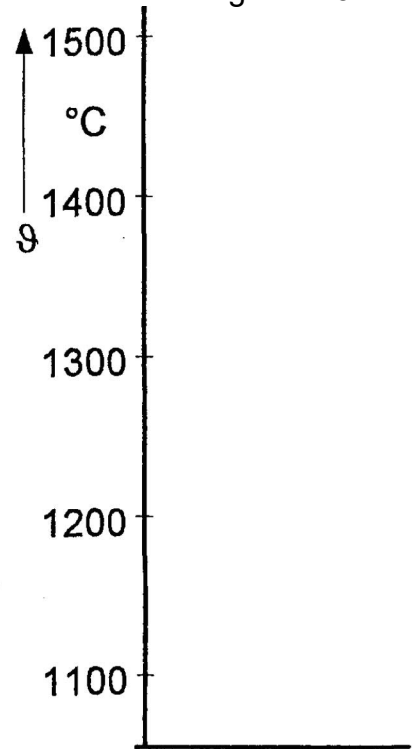


## Arbeitsblatt

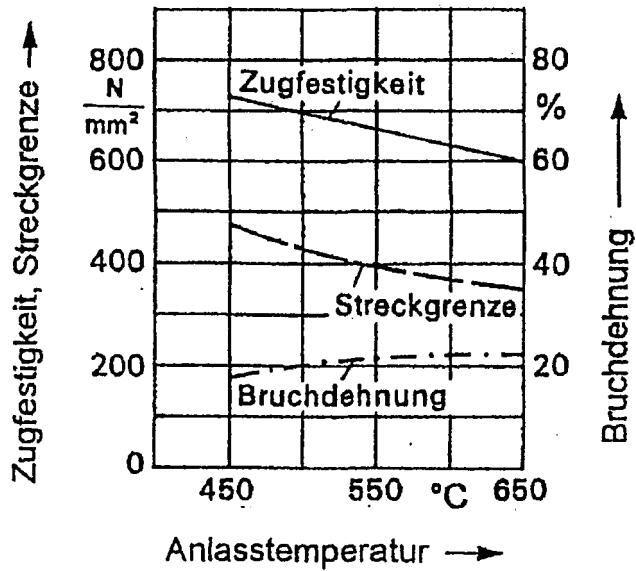
Zustandsschaubild zu Aufgabe 2



Abkühlkurve zu Aufgabe 2.3



Anlassschaubild für C35 zu Aufgabe 3





## Lösungsvorschläge

Teilaufgaben:

Punkte

1

1.1 Berechnung für das erste Wertepaar

4,0

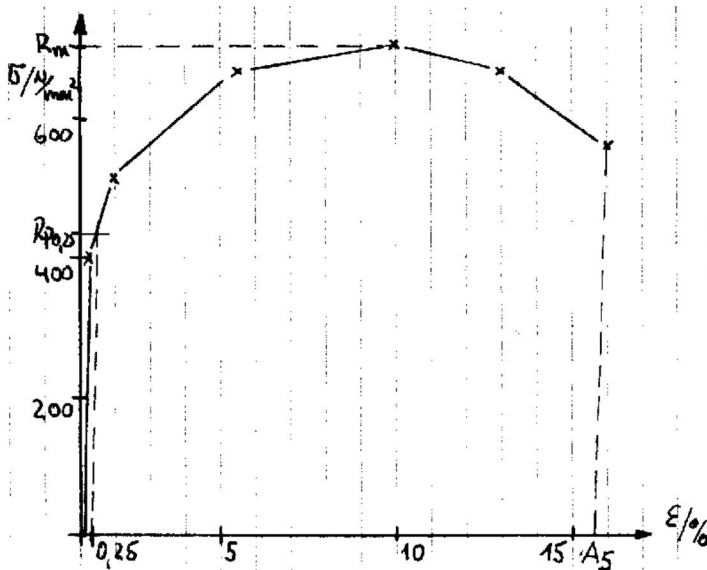
$$A_0 = \frac{\pi \cdot d^2}{4} = \frac{\pi \cdot 8^2 \text{ mm}^2}{4} = 50,3 \text{ mm}^2$$

$$L_0 = d_0 \cdot 5 = 8 \text{ mm} \cdot 5 = 40 \text{ mm} \text{ (Faktor 5 für kurzen Proportionalstab)}$$

$$\sigma_1 = \frac{F}{A_0} = \frac{6,6 \text{ kN}}{50,5 \text{ mm}^2} = 0,0625$$

$$\epsilon_1 = \frac{\Delta L}{L_0} = \frac{0,025 \text{ mm}}{40 \text{ mm}} = 0,00063$$

Messung Nr.	1	2	3	4	5	6	Bruch
$\sigma$ in N/mm <sup>2</sup>	131	394	519	632	652	632	580
$\epsilon$ in %	0,0625	0,1875	1	5,5	10	13	16



1.2  $R_m = 652 \text{ N/mm}^2$  (abgelesen; Tabellenwert)

4,0

$A_5 = 15,8 \%$  (abgelesen)

$R_{p0,2} = 460 \text{ N/mm}^2$  (abgelesen)

$$E = \frac{\sigma_2}{\epsilon_2} = \frac{394 \text{ N/mm}^2}{0,001875} = 210 \frac{\text{kN}}{\text{mm}^2} \text{ Werte aus der 2. Messung}$$

1.3 Ermittlung aus der Zugfestigkeit  $R_m = 650 \text{ N/mm}^2$  mit Hilfe der Umwertungstabelle (siehe Tabellenbuch) ca. 193 HB oder mit der Zahlenwertgleichung

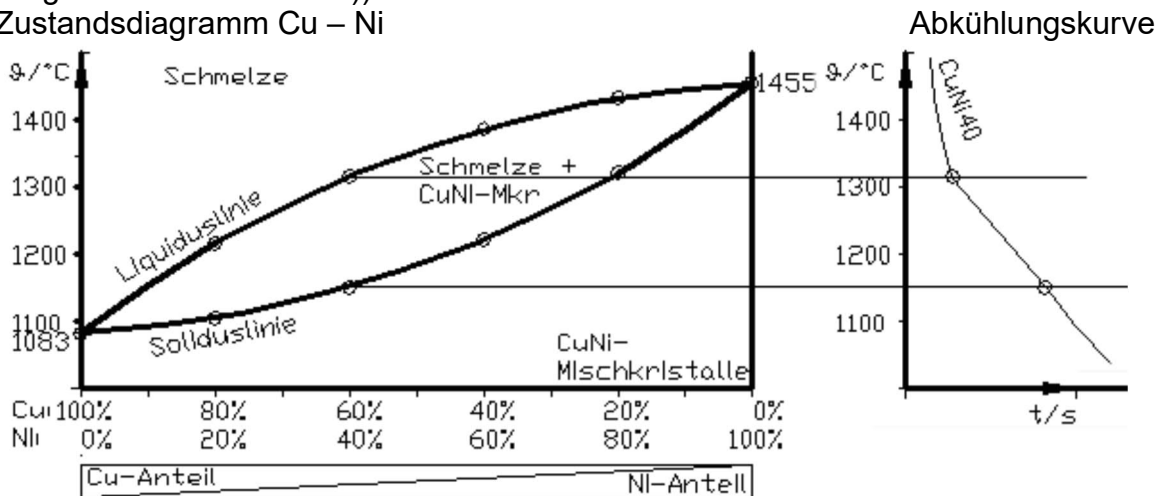
1,0

$$HB = \frac{R_m}{3,5} = \frac{652}{3,5} = 186$$



2

- 2.1 Nehmen Sie Cu für A und Ni für B, dann kann ich mir Arbeit sparen, ein neues Diagramm zu zeichnen :-)) Zustandsdiagramm Cu – Ni 1,5



- 2.2 Es handelt sich um den Legierungstyp Mischkristall. Er entsteht, wenn die beteiligten Elemente A und B im festem Zustand vollkommen löslich sind, und dies der Fall, wenn sie in Atomgröße und Gittertyp ähnlich sind und deshalb die Atome austauschen können. 1,0
- 2.3 Die Legierung A60B40 ist oberhalb der Liquiduslinie flüssig. Mit Unterschreiten der Liquiduslinie (knapp über 1350°C) beginnen AB-Mischkristalle aus der Schmelze heraus zu kristallisieren. Durch die frei werdende Kristallisationsenergie wird die Abkühlung verlangsamt (Knickpunkt). Zwischen den beiden Knickpunkten besteht die Legierung aus Schmelze (mit weniger als 40% B) und Mischkristallen (mit mehr als 40% B). Mit Erreichen der Soliduslinie (unter 1200°C) ist die Kristallisation abgeschlossen, das Gefüge besteht vollständig aus AB-Mischkristallen. 3,5

3

- 3.1 Die Zugfestigkeit kann durch Vergüten erhöht werden: 6,0
- Erwärmen auf Härtetemperatur (über der GSK-Linie, ca. 850 - 880 °C, Temperaturwerte aus dem TabB.): Umwandlung des Gefüges in Austenit und gleichmäßige Verteilung von Kohlenstoff C.
  - Abschrecken in Wasser oder Öl: Da C keine Zeit hat, sich zu konzentrieren, verbleibt er im krz-Gitter, das sich bildet. Dies ergibt verspanntes Martensit.
  - Anlassen auf ca. 550°C: C kann sich etwas konzentrieren, so dass kleine Zementitausscheidungen entstehen. Dadurch werden Zugfestigkeit und Zähigkeit verbessert.
- 3.2 Die Verschleißfestigkeit wird durch Randschichthärten erhöht. Da die Verzahnung in die Getriebewelle eingefräst ist, besteht sie aus C 35, und dafür ist Flamm- oder Induktionshärten geeignet. 1,5

Alle Teilaufgaben sind unabhängig voneinander lösbar.

Σ = 22,5