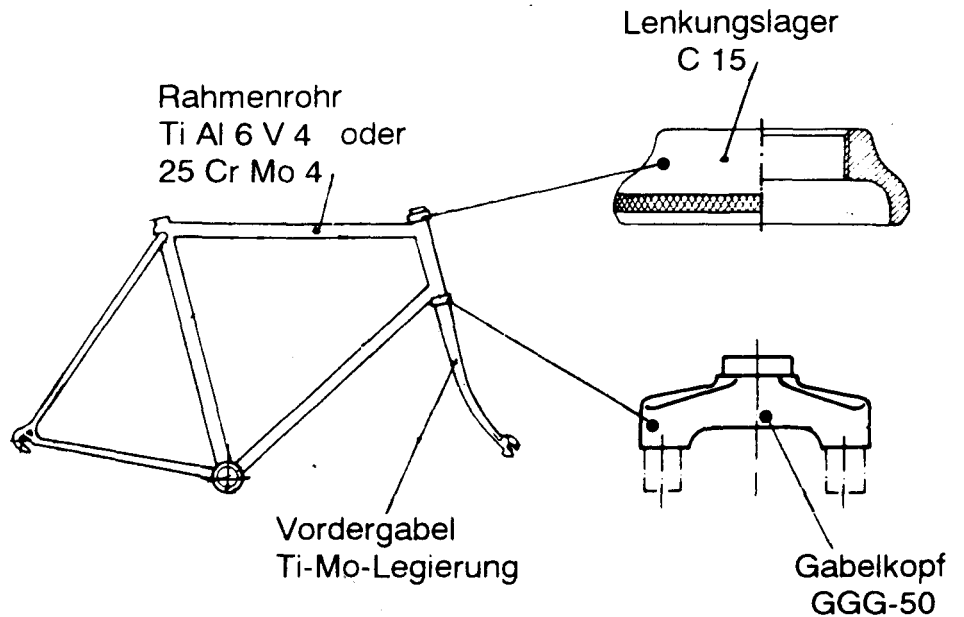


**Fahrradrahmen**

Fahrradrohrrahmen werden unter anderem aus Titan- oder Stahllegierungen hergestellt.

Hinweis  
Die neue Bezeichnung für GGG-50 lautet EN-GJS-500-7.



Teilaufgaben:

Punkte

- 1 Die Werkstoffeigenschaften des Rahmenrohres sollen im Zugversuch ermittelt werden.
  - 1.1 Der Zugversuch mit einem kurzen Proportionalstab ergab für den Werkstoff TiAl6V4 das Spannungs - Dehnungs - Schaubild auf dem Arbeitsblatt 1. Ermitteln Sie daraus: 2,5
    - die Dehngrenze  $R_{p0,2}$
    - die Zugfestigkeit  $R_m$
    - die Bruchdehnung  $A_5$
    - den Elastizitätsmodul  $E$
  - 1.2 Das Rahmenrohr aus 25CrMo4 hat einen Außendurchmesser von 28,6 mm und eine Wandstärke von 0,8 mm. Daraus wird eine Flachprobe hergestellt mit folgenden Abmessungen: 3,5

$a = 0,8 \text{ mm}$ ,  $b = 35 \text{ mm}$ ,  $L_0 = 30 \text{ mm}$ .

Der Zugversuch ergab bis kurz vor dem Bruch folgende Messwerte:

F in kN	9,1	14,7	18,2	19,6	20,3	21,2	22,6	23,2	23,5	23,2
$\Delta L$ in mm	0,045	0,075	0,090	0,100	0,120	0,300	0,900	1,650	2,250	2,850

Erstellen Sie für die  $\sigma$ - und  $\epsilon$ -Werte eine Tabelle, und zeichnen Sie daraus in das Arbeitsblatt 1, ergänzend zu der vorhandenen Kennlinie, das Spannungs-Dehnungs-Schaubild.
  - 1.3 Ermitteln Sie aus dem  $\sigma - \epsilon$  - Schaubild für den Stahl 25CrMo4 folgende Kennwerte: 2,0
    - die Dehngrenze  $R_{p0,2}$
    - die Zugfestigkeit  $R_m$

den Elastizitätsmodul E

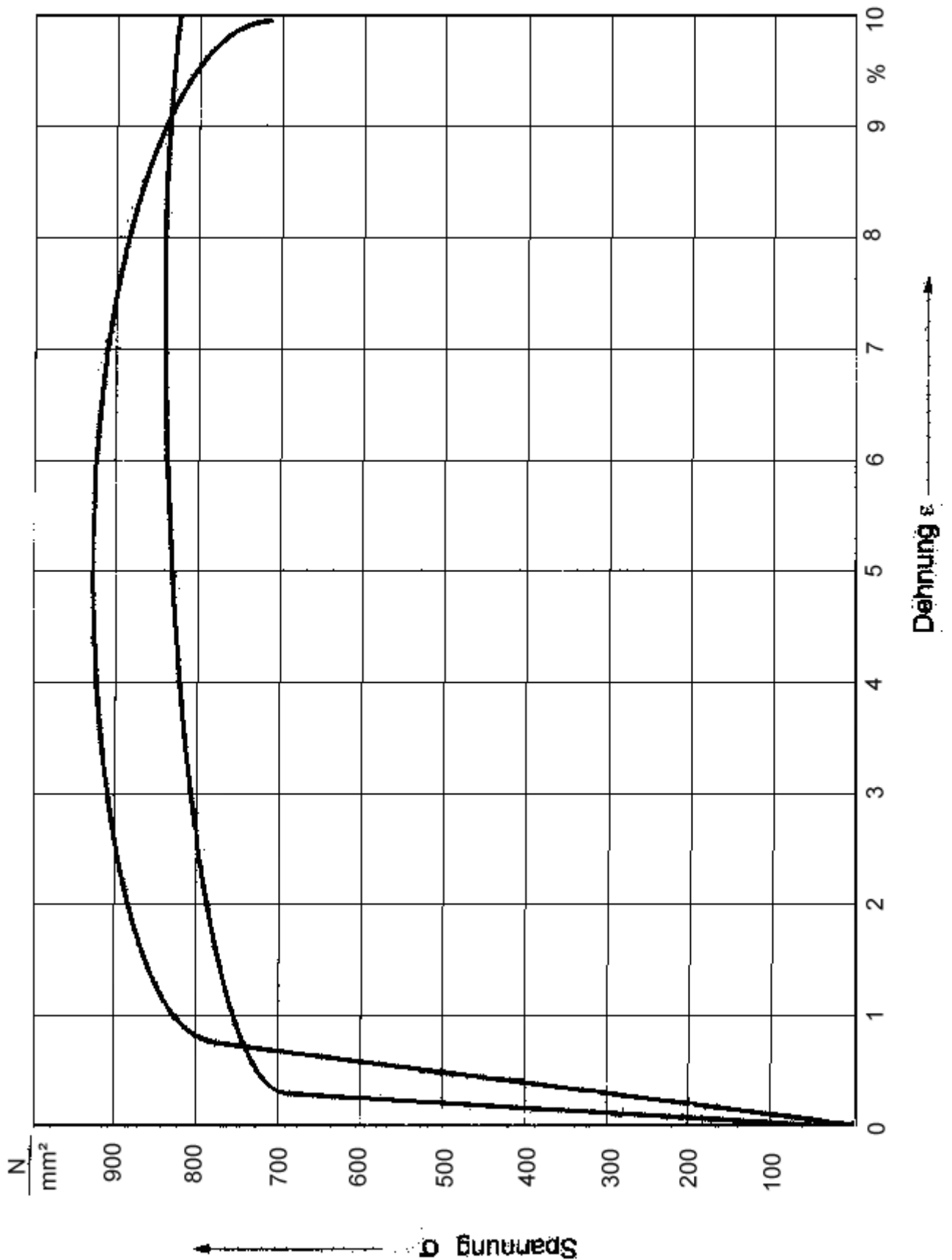
- |     |                                                                                                                                                                                                   |     |
|-----|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 1.4 | Vergleichen Sie die Rahmenwerkstoffe Ti Al 6 V 4 und 25 Cr Mo 4 miteinander bezüglich der Dehnung im elastischen Bereich bei gleicher Spannung.                                                   | 2,0 |
| 2   | Das Lenkungslager aus C 15 ist auf Verschleiß beansprucht. Beschreiben Sie das erforderliche Wärmebehandlungsverfahren hinsichtlich<br>- Verfahrenstechnik,<br>- Vorgänge im Gefüge.              | 3,5 |
| 3   | Das wärmebehandelte Lenkungslager aus C 15 und der Gabelkopf aus EN-GJS-500-7 (alt: GGG-50) sollen härtegeprüft werden. Wählen Sie ein jeweils geeignetes Verfahren, und begründen Sie Ihre Wahl. | 4,0 |
| 4   | Die Vordergabel wird aus einer Titan-Molybdän-Legierung hergestellt.                                                                                                                              |     |
| 4.1 | Konstruieren Sie auf dem Arbeitsblatt 2 aus den Abkühlungslinien das Zustandsschaubild.                                                                                                           | 3,0 |
| 4.2 | Beschriften Sie die Linien und Felder im Zustandsschaubild (Arbeitsblatt 2).                                                                                                                      | 2,0 |

---

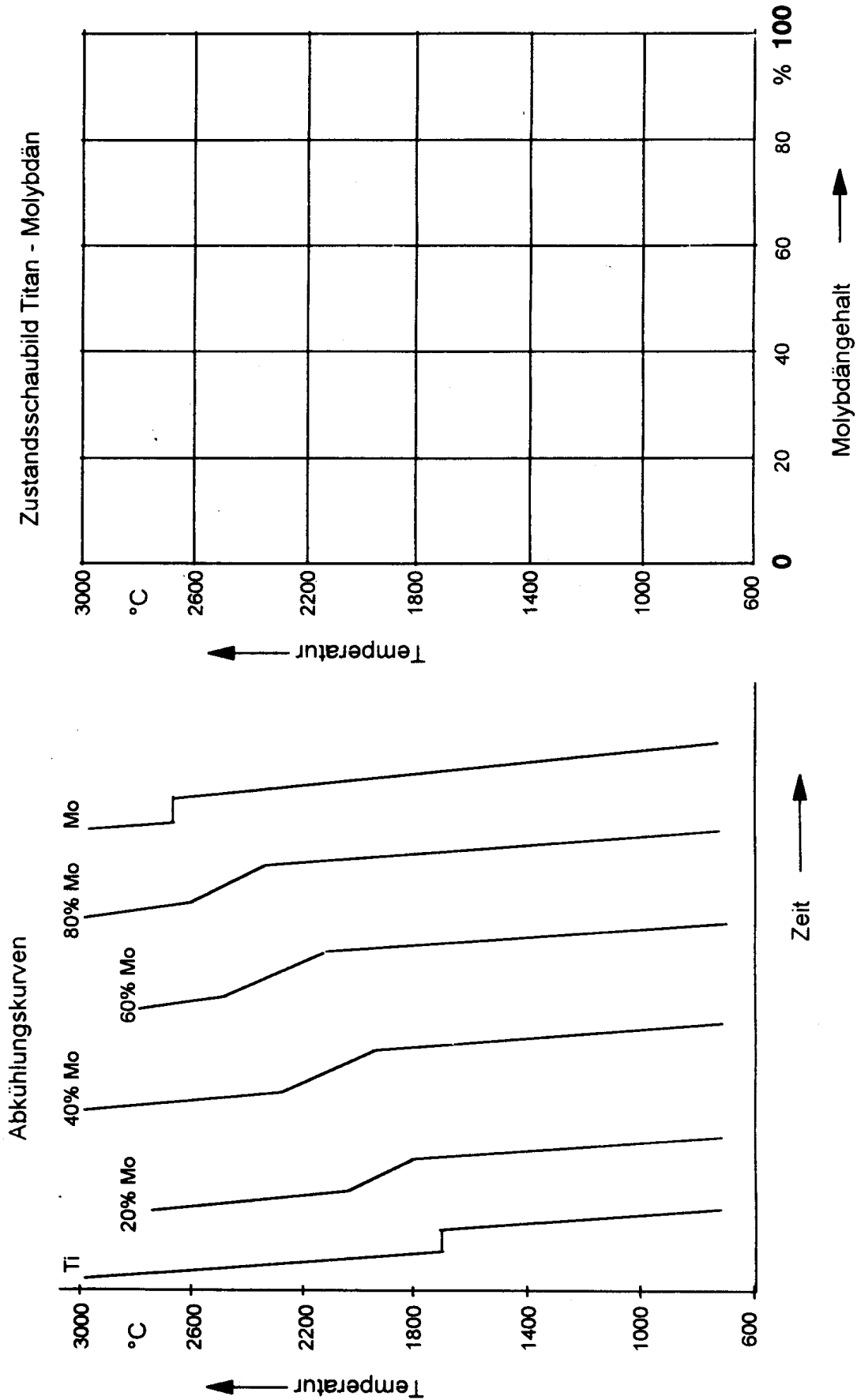
Die Aufgaben sind unabhängig voneinander lösbar.

$\Sigma = 22,5$

Arbeitsblatt 1



Arbeitsblatt 2



## Lösungsvorschlag

Teilaufgaben:

Punkte

1

- 1.1 Aus dem Schaubild in Arbeitsblatt 1 wurden folgende Werte ermittelt : 2,5  
 Dehngrenze  $R_{p0,2} = 830 \text{ N/mm}^2$   
 Zugfestigkeit  $R_m = 930 \text{ N/mm}^2$   
 Bruchdehnung  $A_5 = 9,3 \%$

$$\text{Elastizitätsmodul } E = \frac{\sigma}{\epsilon} = \frac{500 \text{ N}}{0,005 \text{ mm}^2} = 100000 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

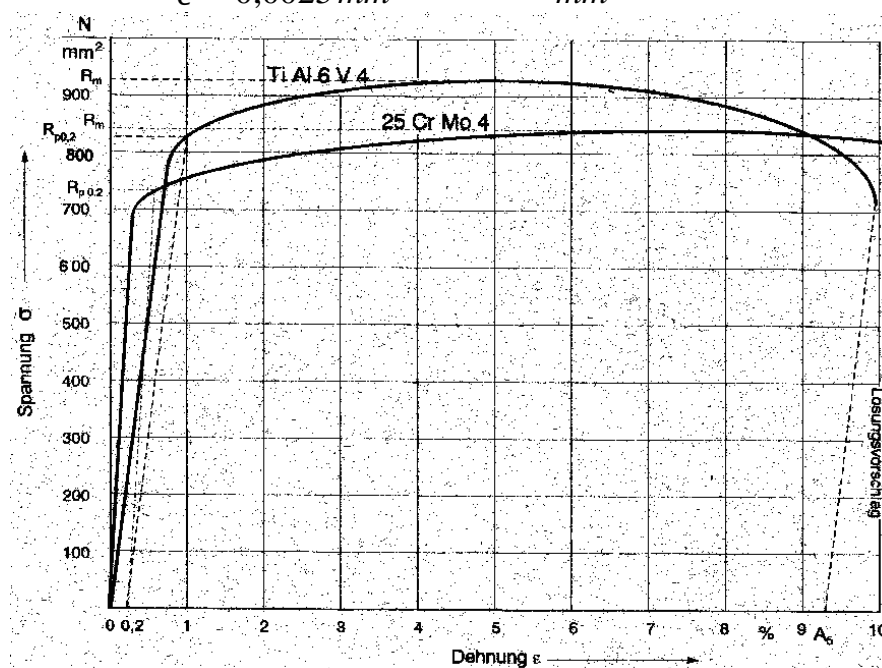
- 1.2  $\sigma$  in  $\text{N/mm}^2$     325    525    650    700    725    757    807    829    839    829    3,5  
 $\epsilon$  in %                0,15    0,25    0,3    0,33    0,4    1    3    5,5    7,5    9,5

- 1.3 Aus dem Schaubild für 25CrMo4 2,0

$$R_{p0,2} = 730 \text{ N/mm}^2$$

$$R_m = 840 \text{ N/mm}^2$$

$$E = \frac{\sigma}{\epsilon} = \frac{525 \text{ N}}{0,0025 \text{ mm}^2} = 210000 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$



- 1.4 Der E-Modul von 25CrMo4 ist etwa doppelt so groß wie der von TiAl6V4; d.h. der Rahmenwerkstoff TiAl6V4 dehnt sich bei gleicher Spannung ungefähr doppelt so stark wie der aus 25 CrMo4 2,0

- 2 Einsatzhärten / Verfahrenstechnik: 3,5

- Aufkohlen in kohlenstoffhaltiger Umgebung (Grafitpulver, ...)
- Glüh Temperatur: 880 °C bis 980 °C
- Aufkohlungszeit: mehrere Stunden

- Härten aus dem Einsatz: Das Werkstück wird sofort nach dem Aufkohlen in Wasser abgeschreckt.

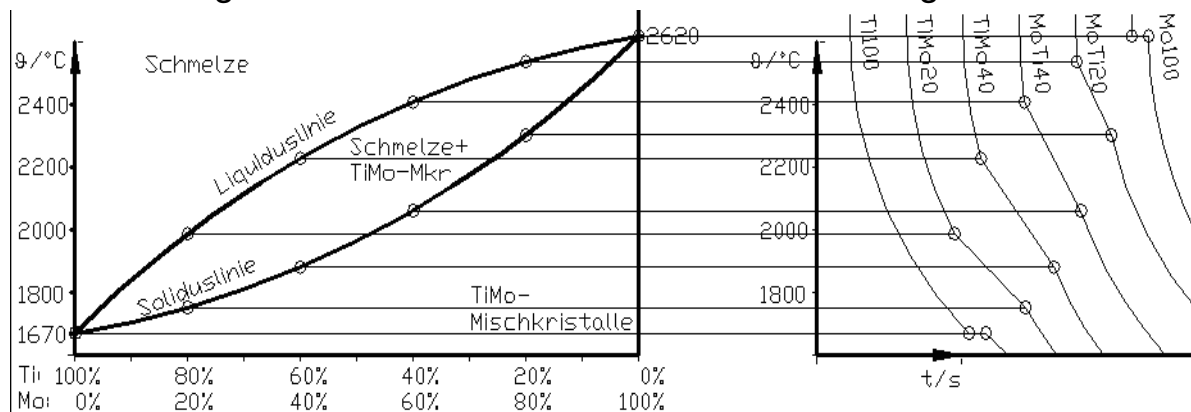
Vorgänge im Gefüge:

Das Lenkungslager hat vor dem Aufkohlen ein ferritisch-perlitisches Gefüge. Beim Glühen in einem C-abgebenden Medium diffundieren C-Atome in die Randzone ein. Die Glüh­temperatur muss oberhalb der Linie G-S im Fe-Fe<sub>3</sub>C-Schaubild gewählt werden, damit sich Ferrit in Austenit umwandeln kann. Beim Abschrecken von dieser Temperatur bildet sich in der aufgekohlten Randzone harter Martensit.

- 3 Die Dicke der Härteschicht am Lenkungs­lager ist nicht gegeben und kann von einem Schüler auch nicht abgeschätzt werden. Da Fahrrad­teile in der Regel nicht sehr dickwandig sind und unter der harten Randschicht auch noch zähes Grundmaterial übrig bleiben soll, ist anzunehmen, dass die Härteschicht dünn ist. HRC kommt als Prüfverfahren also nicht in Frage, da es wegen der hohen Prüfkraft die harte Schicht ins Grundmaterial drücken und dass Messergebnis verfälschen würde. HB ist für gehärtete Stähle nicht geeignet, weil der Prüfkörper aus Stahl oder HM zu weich ist und sich verformen würde. Bleibt HV, das einen sehr harten Prüfkörper verwendet und auch mit geringen Kräften funktioniert. 4,0

Der Gabelkopf aus EN-GJS-500-7 (alt: GGG-50) weist ein inhomogenes Gefüge aus Graphit in ferritisch-perlitischem Grundgefüge auf. Dafür eignet sich am besten das Brinell-Verfahren mit großem Kugeldurchmesser, der einen Mittelwert aus dem weichen Graphit und dem harten Metallgefüge bildet.

- 4 (beide Teilaufgaben, Grafik entspricht nicht genau der Aufgabe) 2,0 3,0  
Zustandsdiagramm Ti – Mo Abkühlungskurven



Die Aufgaben sind unabhängig voneinander lösbar.

Σ = 22,5