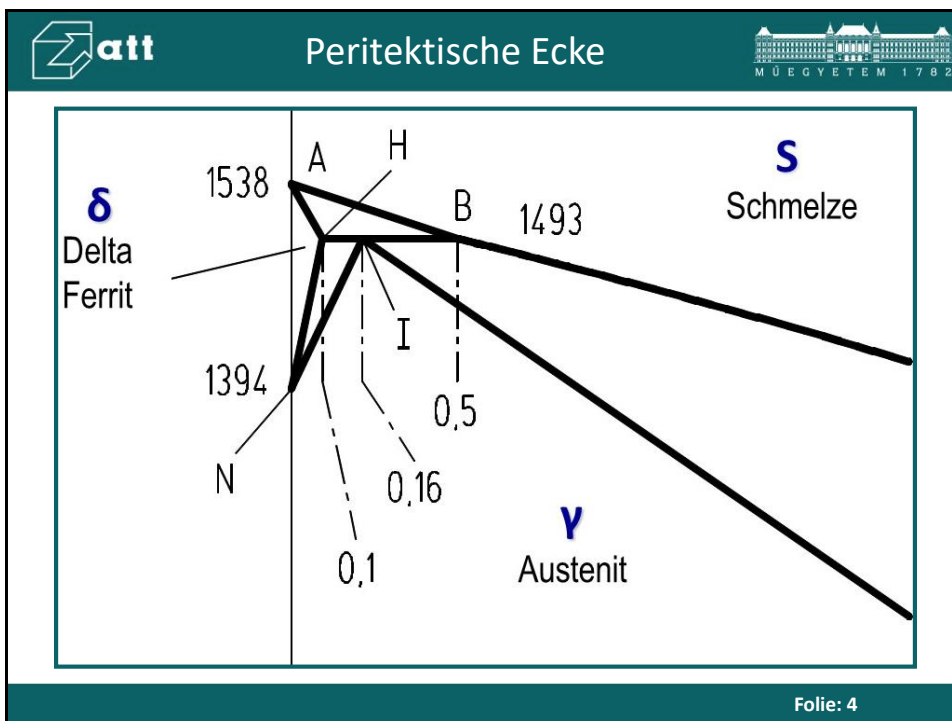
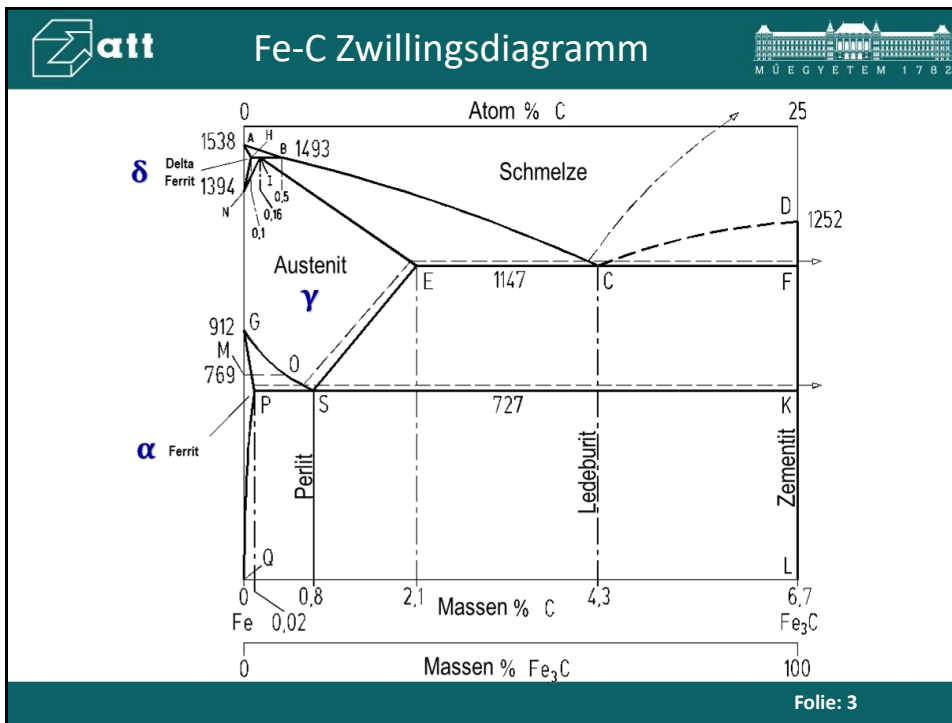


Fe-Fe₃C / Fe-Graphit Zustandsdiagramm Zwillingsdiagramm

- Aufbau des Fe-C Zustandsdiagrammes
 - Stabiles (Graphit) System
 - Metastabiles (Karbid) System
 - Phasen im System
 - Gefügebestandteile
- Umwandlungen während der Abkühlung
- Lösung von Musterbeispielen gemeinsam und selbständig



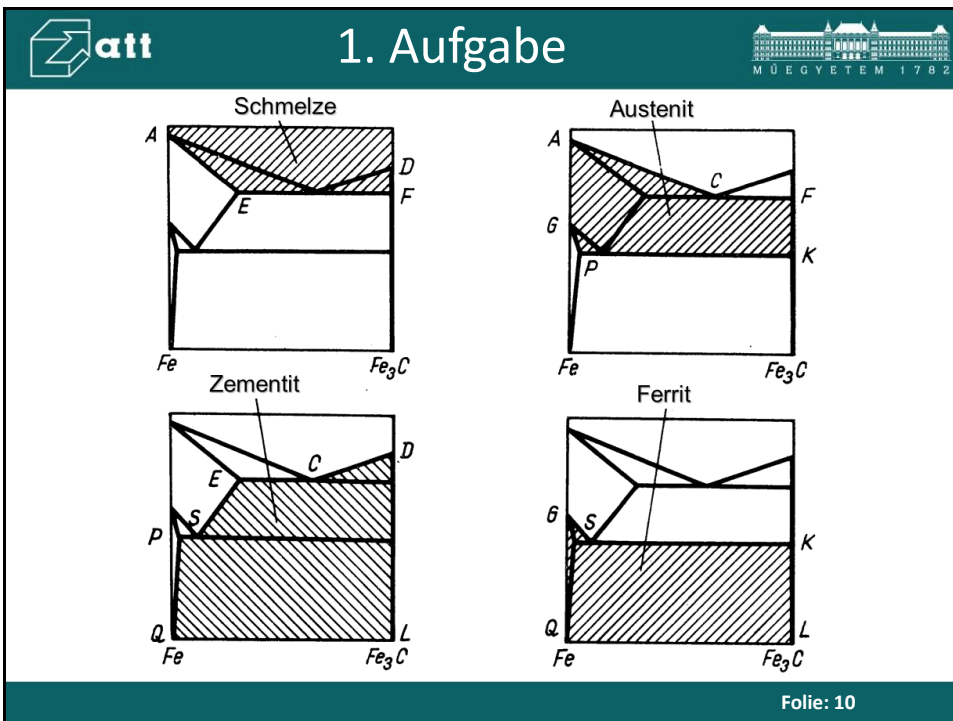
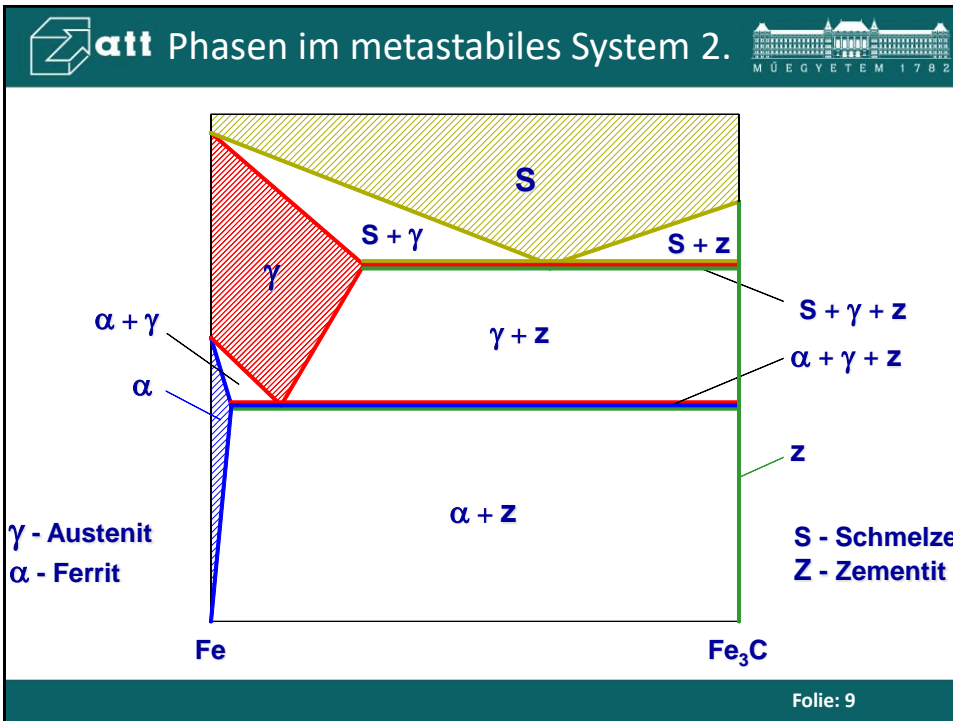
- Die Kohlenstoffgehalte werden im **Massenprozent** angegeben.
- Wir sehen von dem Aufzeichnen der **peritektische** Ecke **nicht** ab.
- Das **ganze** Diagramm muss vom Kopf aufgezeichnet werden können mit der charakteristischen Temperatur- und Konzentrationswerten.

- **Untereutektoidische** Legierung $0,0 < C < 0,8 \%$
Übereutektoidische Legierung $0,8 < C < 2,1 \%$
- **Untereutektische** Legierung $2,1 < C < 4,3 \%$
Übereutektische Legierung $4,3 < C < 6,7 \%$
- Legierungen mit weniger als 2,1 % Kohlenstoffgehalt werden als **Stähle** mit höherem kohlenstoffgehalt als **Gusseisen** bezeichnet.

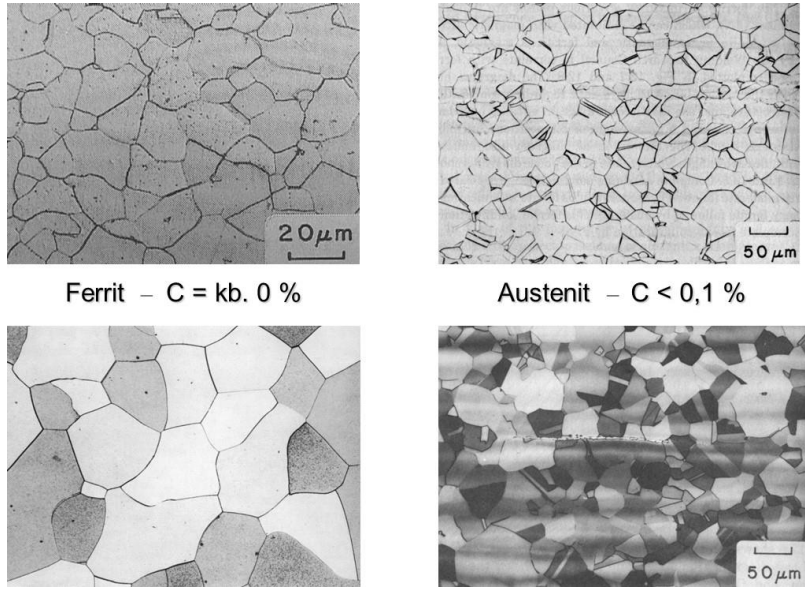
Zeichnen Sie das Fe–Fe₃C Zustandsdiagramm mit der charakteristischen Temperatur- und Konzentrationswerten auf.

(Antwort: siehe Folie Nr.3.)

- Flüssigkeit / Schmelze (flüssige Lösung)
 - Kohlenstoff löst sich unbegrenzt in der Schmelze.
- Delta Ferrit (Mischkristall) – δ
 - Gittertyp: krz, Löslichkeit begrenzt (auf 1493°C max. 0,1 %)
- Austenit (Mischkristall) – γ
 - Gittertyp: kfz, Löslichkeit begrenzt (auf 1147°C max. 2,1 %)
- Ferrit (Mischkristall) – α
 - Gittertyp: krz, Löslichkeit begrenzt (auf 727°C max. 0,02 %)
- Zementit (intermetallische Verbindung) – Fe₃C
 - Stöchiometrisches Verhältnis der Atome im Gitter ist 3 zu 1 (6,7 % C).



att Mikroskopaufnahmen
(Gefügebilder) 1. M Ű E G Y E T E M 1 7 8 2



Ferrit – C = kb. 0 %

Austenit – C < 0,1 %

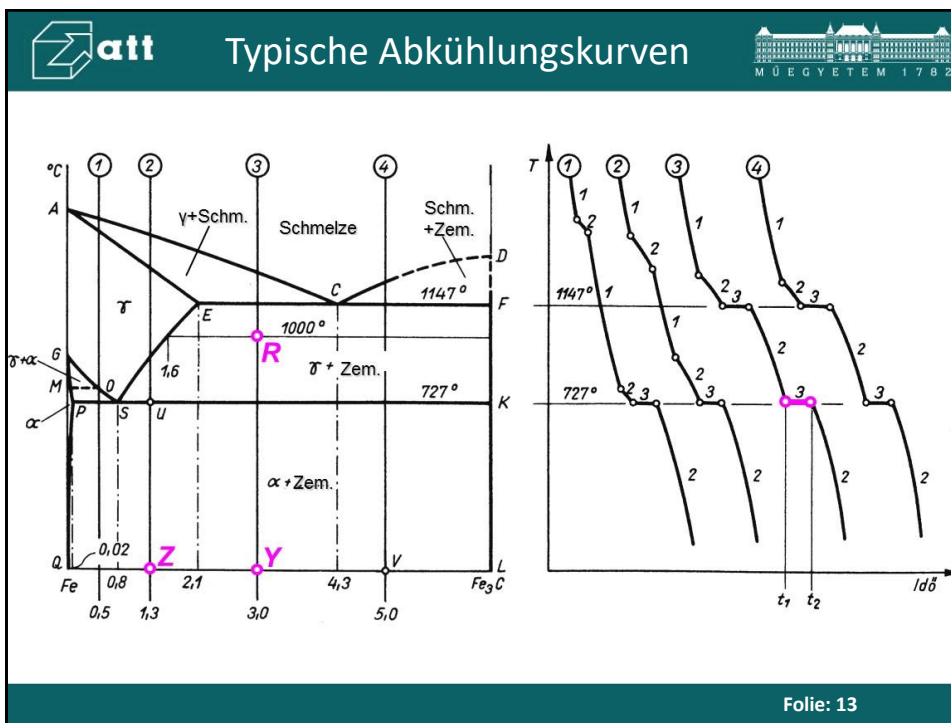
Folie: 11

att 2. Aufgabe M Ű E G Y E T E M 1 7 8 2

Skizzieren Sie das Fe–Fe₃C Zustandsdiagramm mit der Umwandlungslinien. Schreiben Sie die Phasen in dem einzelnen Bereichen!

(Antwort: siehe Folie Nr.9.)



Folie: 12



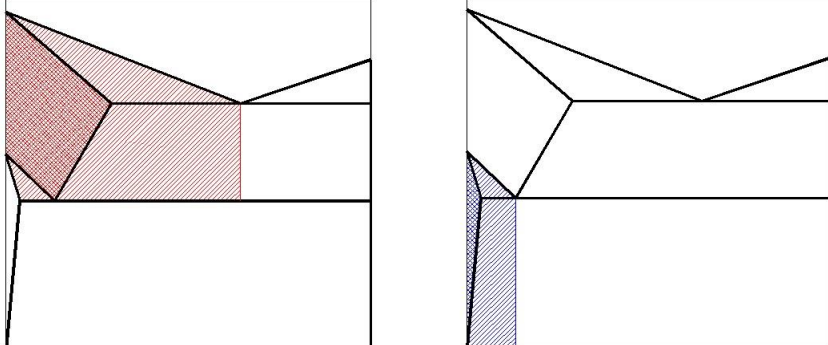
att Gefügebestandteile im metastabilen System MÜEGYETEM 1782

- Homogene Gefügebestandteile
 - Delta Ferrit - δ (Mischkristall)
 - Austenit - γ (Mischkristall)
 - Ferrit - α (Mischkristall)
 - primär (I.) Zementit – Fe_3C (wird aus Flüssigkeit ausgeschieden)
 - sekundär (II.) Zementit – Fe_3C (wird aus Austenit ausgeschieden)
 - tertiär (III.) Zementit – Fe_3C (wird aus Ferrit ausgeschieden)
- Heterogene Gefügebestandteile
 - Ledeburit (Eutektikum) – bildet sich aus gesättigte Flüssigkeit
 - Perlit (Eutektoid) – bildet sich aus gesättigte Austenit



Folie: 14

 Bereiche der homogene Gefügebestandteile 1.  M Ű E G Y E T E M 1 7 8 2

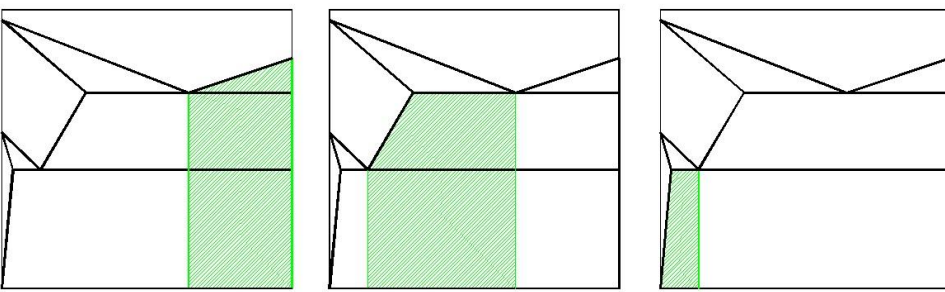
Austenit **Ferrit**



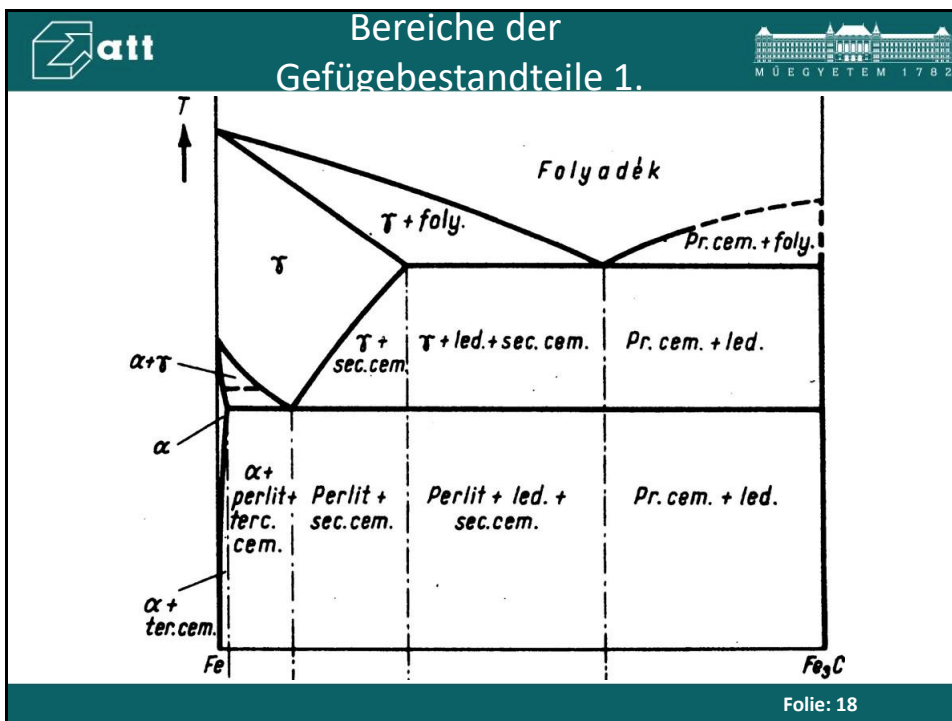
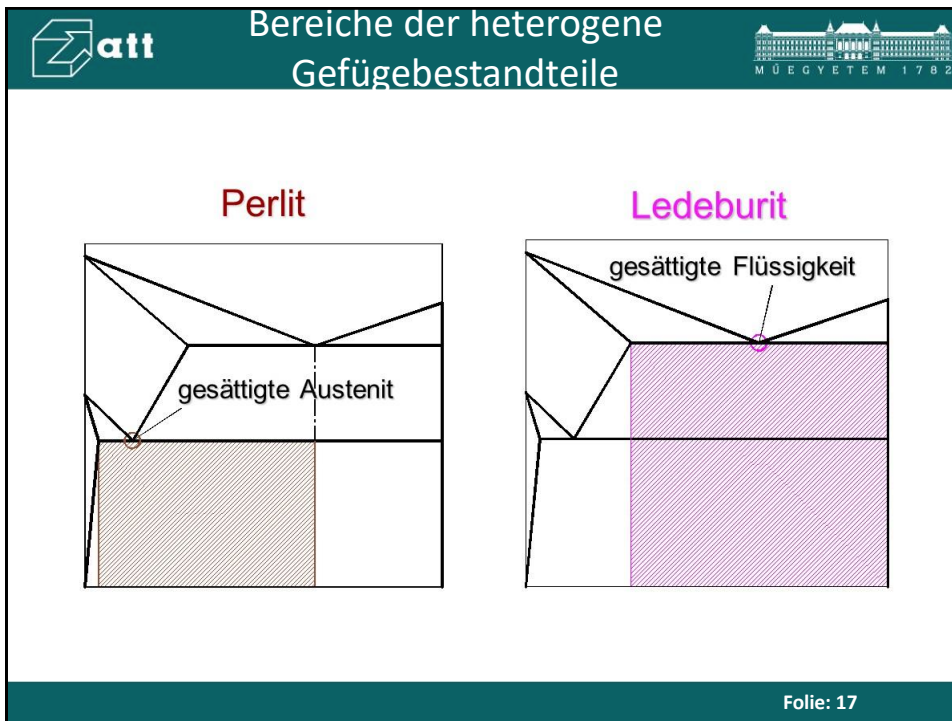
Folie: 15

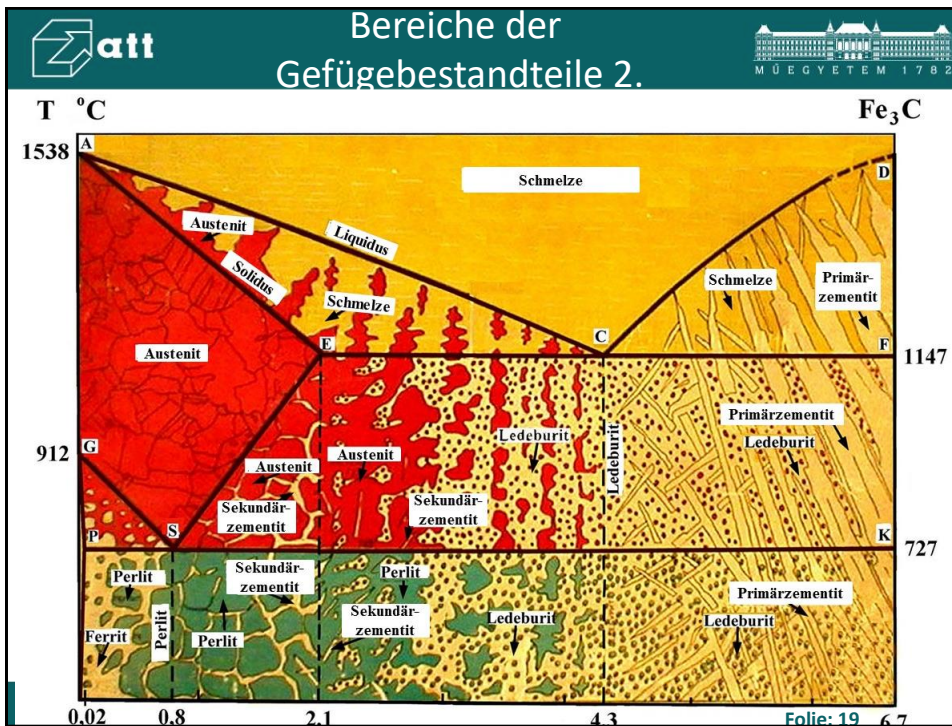
 Bereiche der homogene Gefügebestandteile 1.  M Ű E G Y E T E M 1 7 8 2

primär Zementit **sekundär Zementit** **tertiär Zementit**



Folie: 16



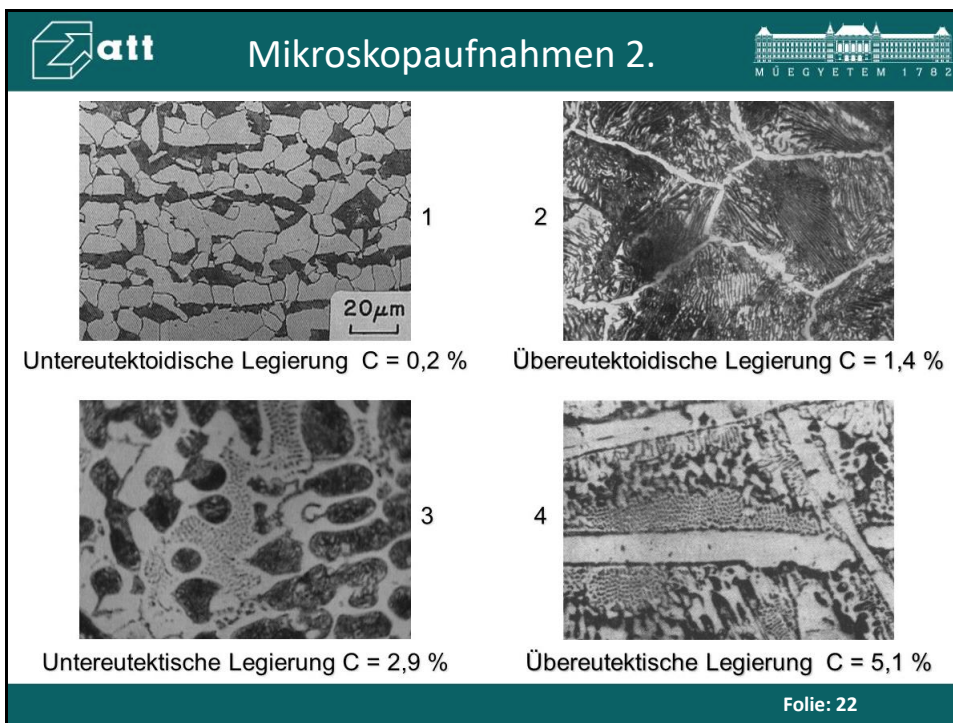
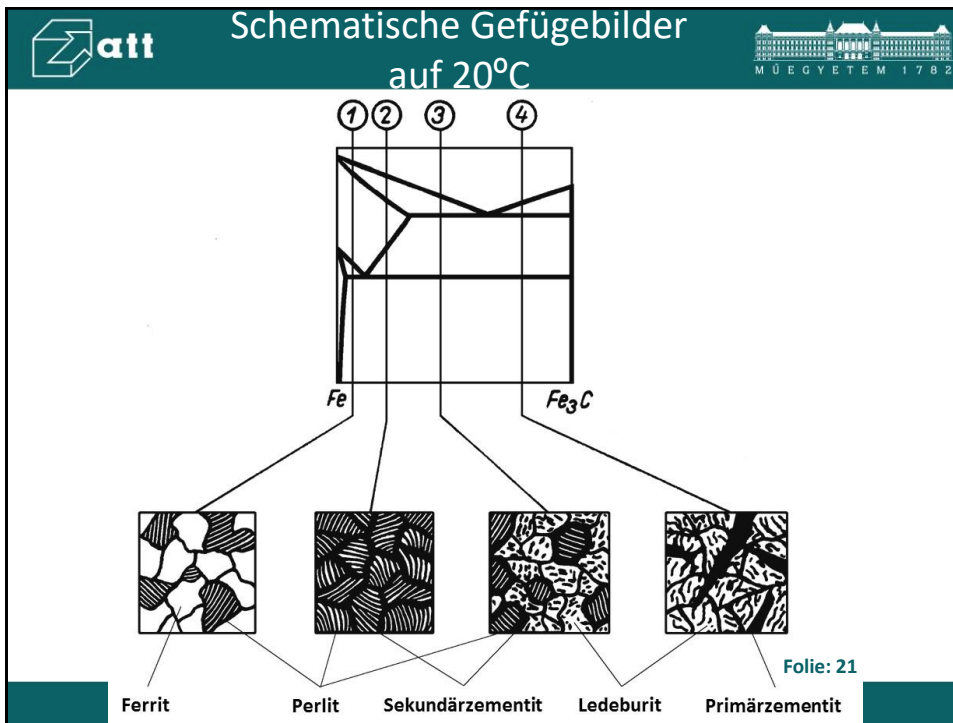


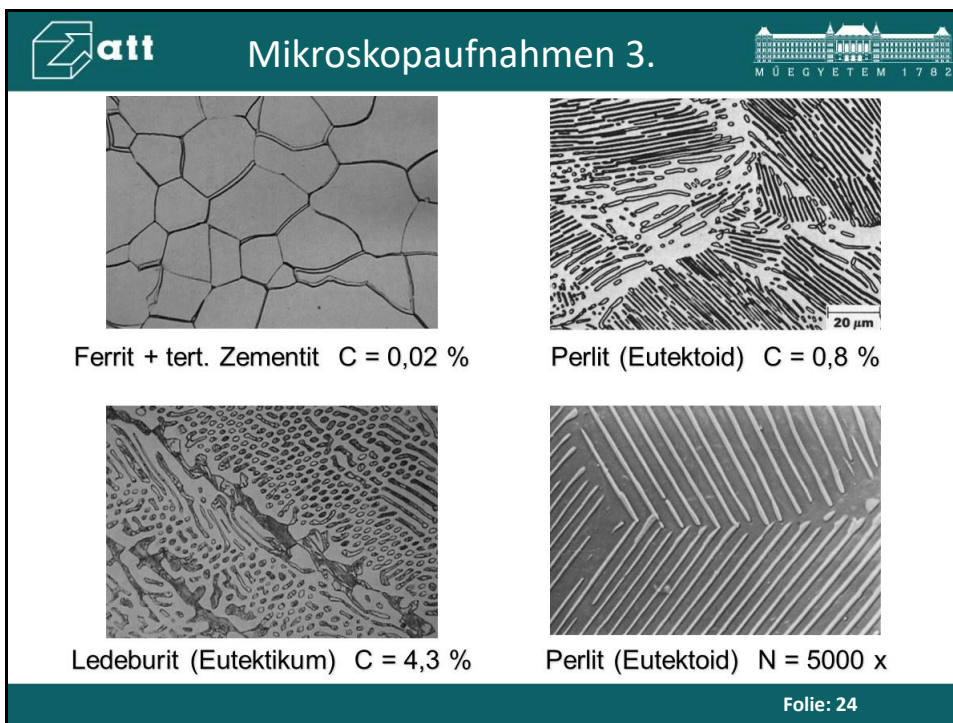
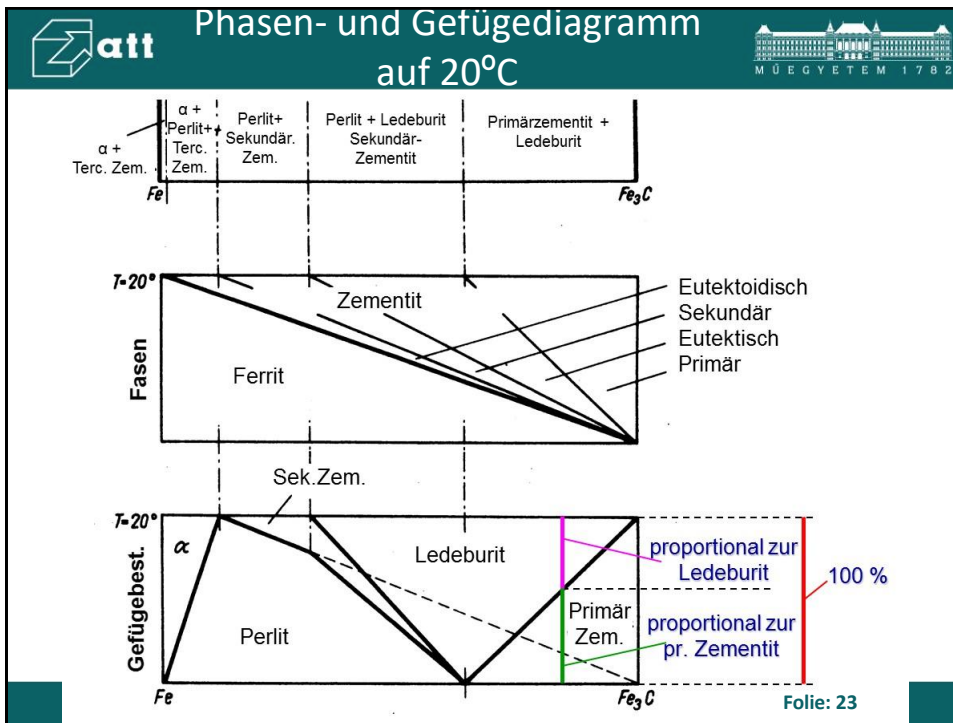
att 3. Aufgabe M Ü E G Y E T E M 1 7 8 2

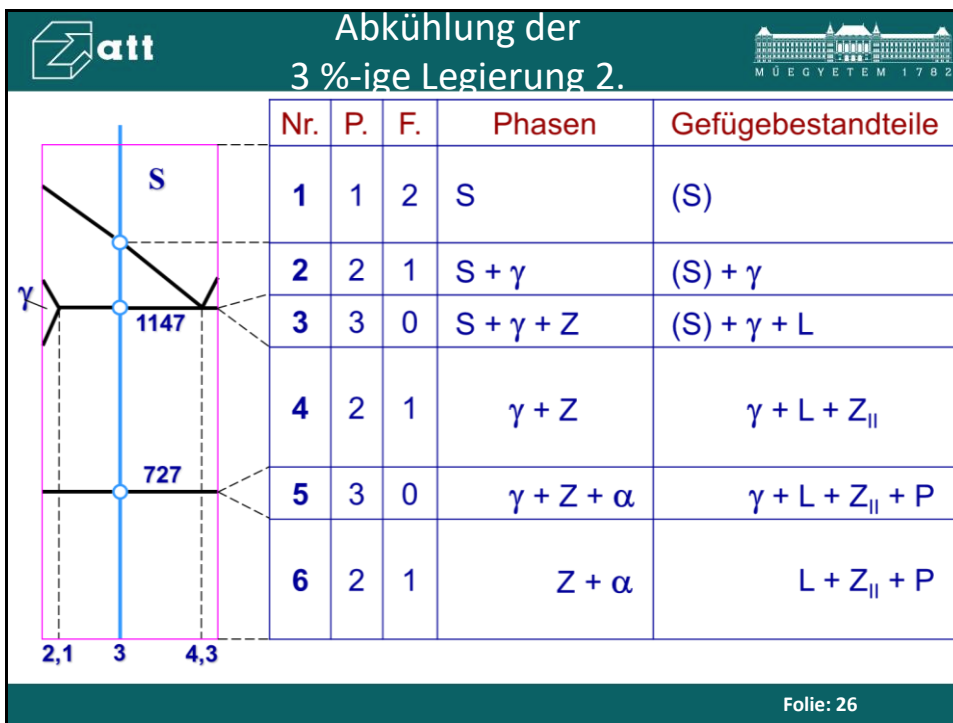
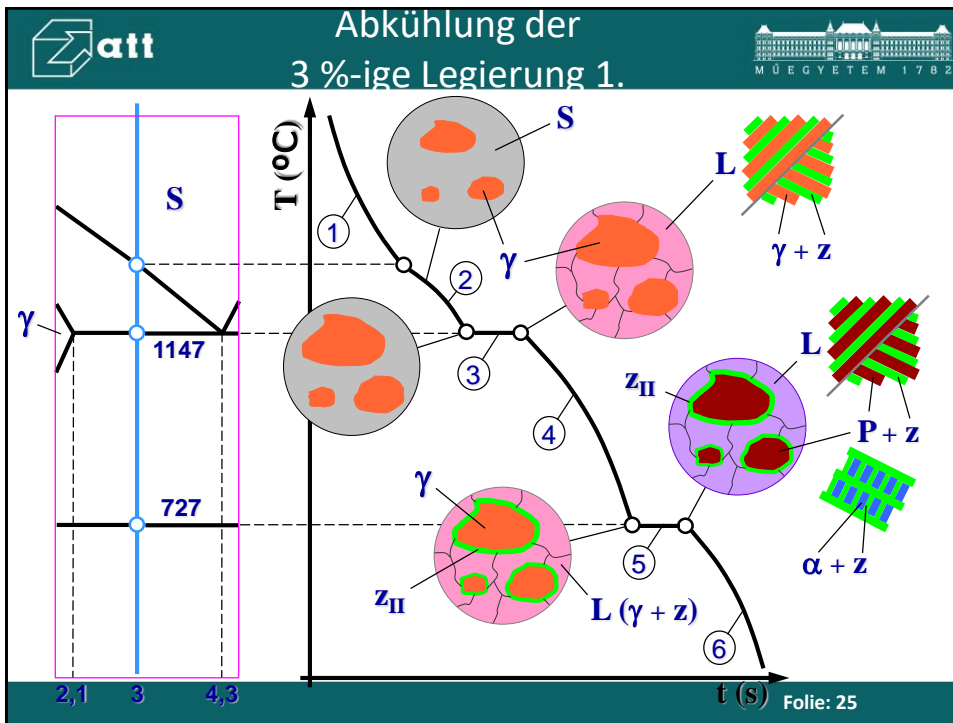
Skizzieren Sie das Fe–Fe₃C Zustandsdiagramm mit der Umwandlungslinien. Schreiben Sie die Gefügebestandteile in dem einzelnen Bereichen!

(Antwort: siehe Folie Nr.18.)

Folie: 20









4. Aufgabe (gemeinsam)



Bestimmen wir die prozentuelle Mengenanteil der Phasen bei Raumtemperatur für die Legierung mit 3 % Kohlenstoffgehalt.

(siehe Folie Nr.13. Y- Punkt).

Folie: 27



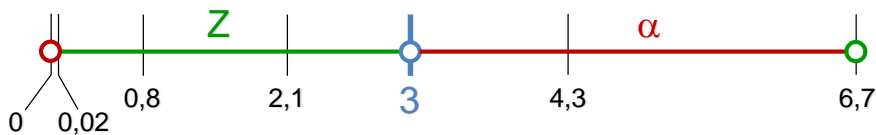
4. Aufgabe (gemeinsam)



Phasen im Gleichgewicht auf 20 °C (8. Folie):

Ferrit (α) C = ~ 0 %

Zementit (z) C = 6,7 %



$$\alpha = (6,7 - 3) / (6,7 - 0) = 0,552 \rightarrow 55,2 \%$$

$$Z = (3 - 0) / (6,7 - 0) = 0,448 \rightarrow 44,8 \%$$

Folie: 28

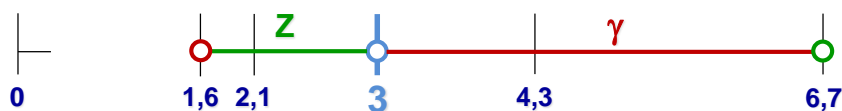
Bestimmen Sie die prozentuelle Mengenanteil der Phasen bei 1000°C für die Legierung mit 3 % Kohlenstoffgehalt! (siehe Folie Nr.13. R- Punkt).

Austenit hat auf dieser Temperatur 1,6 % Kohlenstoffgehalt.

Folie: 29

Phasen im Gleichgewicht auf 1000 °C (8. Folie):

Austenit (γ) C = 1,6 %
Zementit (Z) C = 6,7 %



$$\gamma = (6,7 - 3) / (6,7 - 1,6) = 0,725 \rightarrow 72,5 \%$$

$$Z = (3 - 1,6) / (6,7 - 1,6) = 0,275 \rightarrow 27,5 \%$$

Folie: 30

Bestimmen Sie die prozentuelle Mengenanteil der Phasen auf $727^{\circ}\text{C} + \Delta T$ (wo $\Delta T \rightarrow 0$) für die Legierung mit 3 % Kohlenstoffgehalt!

Folie: 31

Phasen im Gleichgewicht auf $727 + \Delta T$ °C (8. Folie):

Austenit (γ) C = 0,8 %

Zementit (Z) C = 6,7 %



$$\gamma = (6,7 - 3) / (6,7 - 0,8) = 0,627 \rightarrow 62,7 \%$$

$$Z = (3 - 0,8) / (6,7 - 0,8) = 0,373 \rightarrow 37,3 \%$$

Folie: 32



7. Aufgabe (gemeinsam)



Bestimmen wir die prozentuelle Mengenanteil der Gefügebestandteile bei Raumtemperatur für die Legierung mit 1,3 % Kohlenstoffgehalt!

(siehe Folie Nr.13. Z- Punkt).

Folie: 33



7. Aufgabe (gemeinsam)



Gefügebestandteile auf 20 °C (17. und 20. Folie):

Perlit (P) C = 0,8 %

sek. Zem. (Z_{II}) C = 6,7 %



$$P = (6,7 - 1,3) / (6,7 - 0,8) = 0,915 \rightarrow 91,5 \%$$

$$Z_{II} = (1,3 - 0,8) / (6,7 - 0,8) = 0,085 \rightarrow 8,5 \%$$

Folie: 34

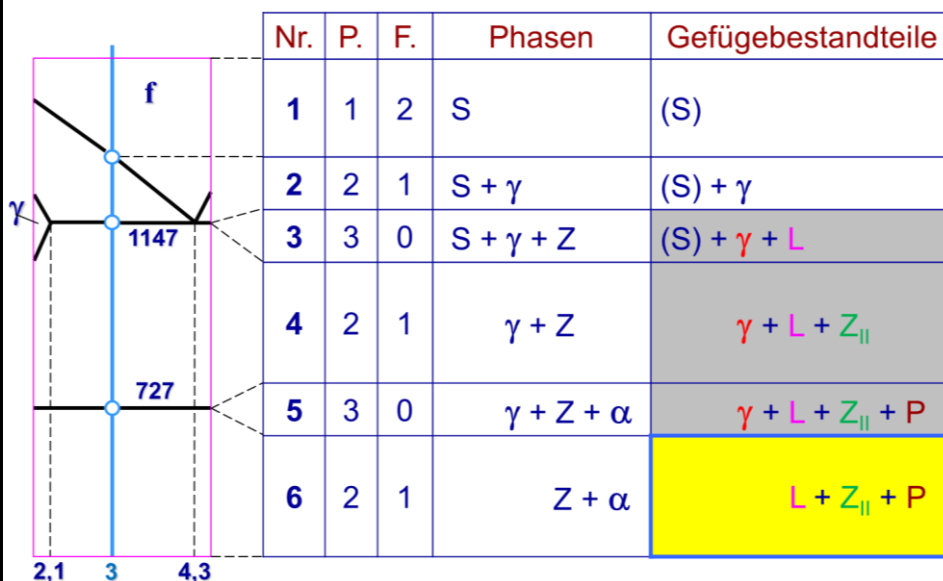


8. Aufgabe (gemeinsam)




Bestimmen Sie die prozentuelle Mengenanteil der Gefügebestandteile bei Raumtemperatur für die Legierung mit 3 % Kohlenstoffgehalt!

Folie: 35

Abkühlung der
3 %-ige Legierung 2.

Folie: 36

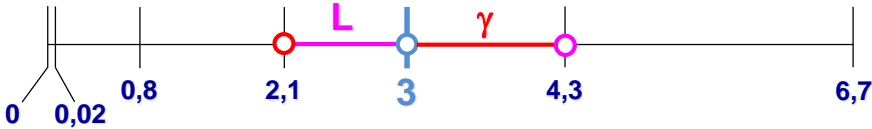
att 8. Aufgabe 

Gefügebestandteile auf 20 °C-on (siehe Folie Nr. 17. 20. und Tabelle):

Perlit (P)	C = 0,8 %	(von Austenit)
sek. Zem. (Z _{II})	C = 6,7 %	(von Austenit)
Ledeburit (L)	C = 4,3 %	

1. Schritt: Berechnung der Gefügebestandteile auf **1147 - ΔT °C**


Austenit (γ)	C = 2,1 %	→ Teilergebnis
Ledeburit (L)	C = 4,3 %	→ Ergebnis



$$\gamma = (4,3 - 3) / (4,3 - 2,1) = 0,591 \rightarrow 59,1 \%$$


$$L = (3 - 2,1) / (4,3 - 2,1) = 0,409 \rightarrow 40,9 \%$$

Folie: 37

att 8. Aufgabe 

2. Schritt: Ermittlung der Anteil von sekundär Zementit, der sich auf **727 + DT °C** aus der **59,1% Austenit mit 2,1% Kohlenstoffhalt** scheidet sich aus:

Austenit (γ)	C = 0,8 %
sek. Zem. (Z _{II})	C = 6,7 %





$$\gamma = (6,7 - 2,1) / (6,7 - 0,8) * 0,591 = 0,461 \rightarrow 46,1 \%$$

$$Z_{II} = (2,1 - 0,8) / (6,7 - 0,8) * 0,591 = 0,130 \rightarrow 13,0 \%$$



$P = \gamma$	→	$P + Z_{II} + L = 46,1 + 13,0 + 40,9 = 100 \%$
--------------	---	--

Folie: 38

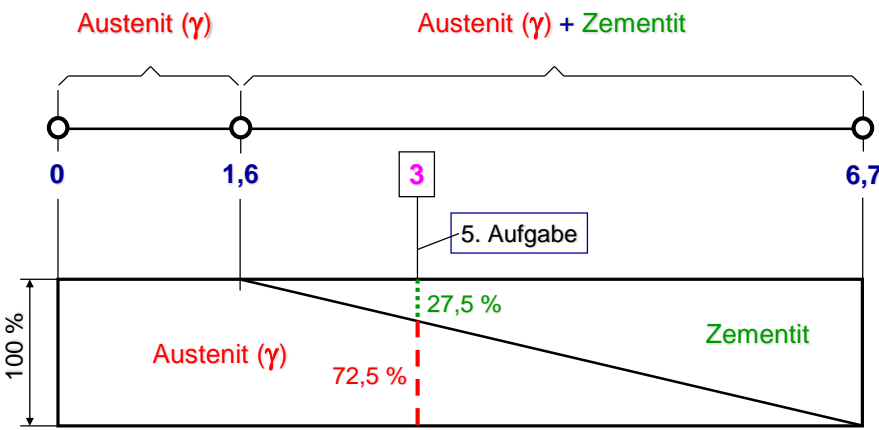
 **9. Aufgabe** 

Zeichnen Sie für 1000°C das Phasenanteil-Diagramm auf!

Folie: 39

 **9. Aufgabe** 

Die Phasen auf 1000 °C:



Austenit (γ) Austenit (γ) + Zementit

0 1,6 3 6,7



100 %

Austenit (γ) Zementit

72,5 % 27,5 %

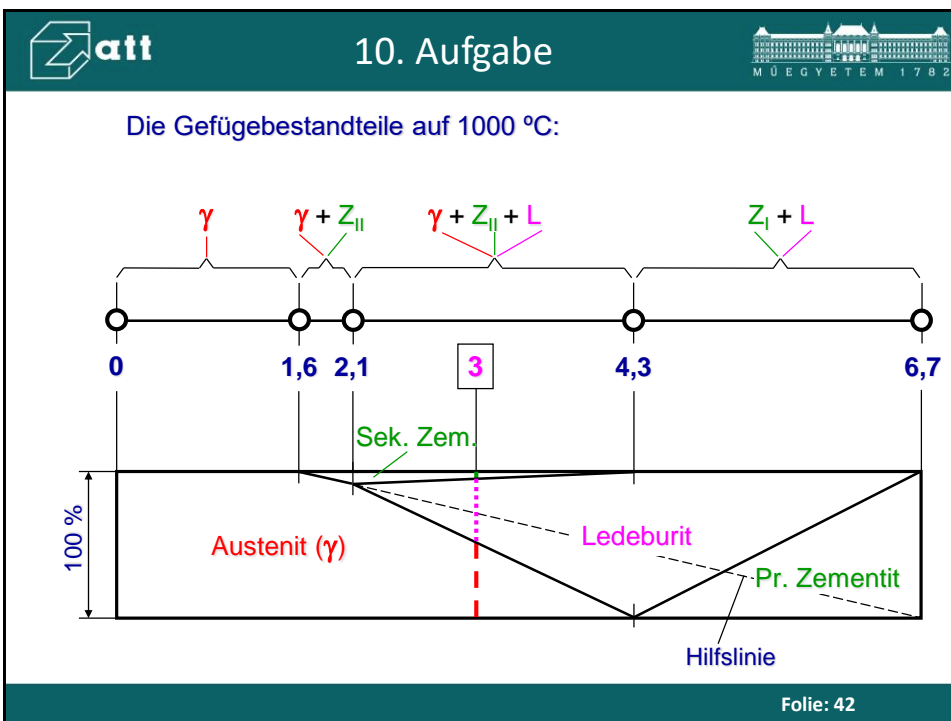
5. Aufgabe

Folie: 40


10. Aufgabe


Zeichnen Sie für 1000°C das
 Gefügebestandteil-diagramm auf!

Folie: 41

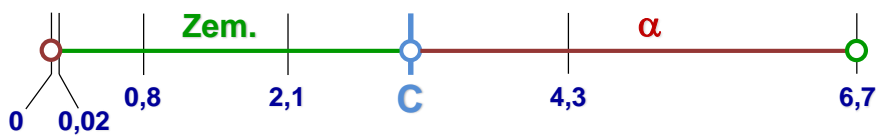


Wie groß ist das Kohlenstoffgehalt der Legierung, wenn der Anteil der Phasen auf Raumtemperatur 55,2 % Ferrit + 44,8 % Zementit ist?

Folie: 43

Die Konzentration der Phasen die auf 20°C im Gleichgewicht sind:

55,2 % Ferrit (α)	C = ~ 0 %
44,8 % Zementit	C = 6,7 %



Laut Mischungsregel der Kohlenstoffgehalt ist:

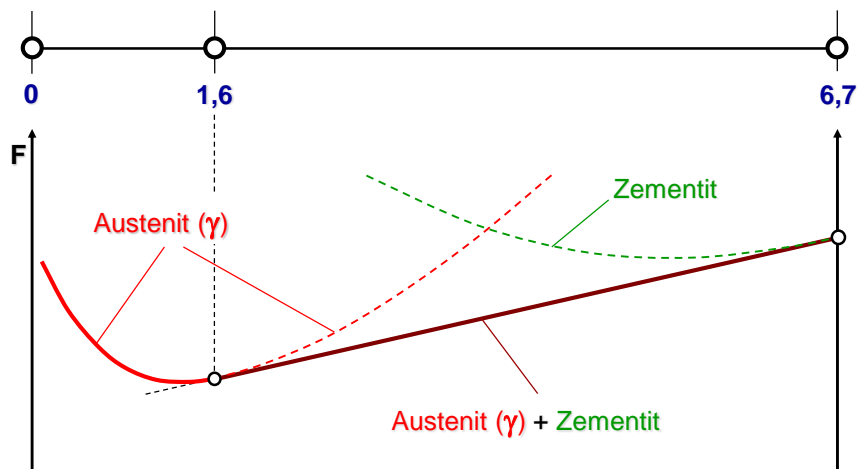
$$C = 0,552 \cdot 0 + 0,448 \cdot 6,7 = 3,00 \%$$

Folie: 44


Zeichnen Sie die Freie-
Enthalpiekurven für die Fe-C System
für 1000°C Temperatur auf!


Folie: 45

Phasen auf 1000 °C: 0 - 1,6 % C Austenit (γ)
1,6 – 6,7 % C . . Austenit (γ) + Zementit

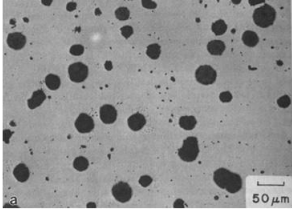


Folie: 46

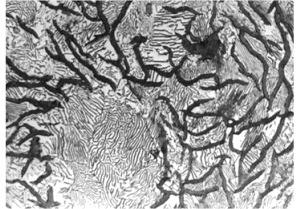
att Mikroskopaufnahmen 4. 



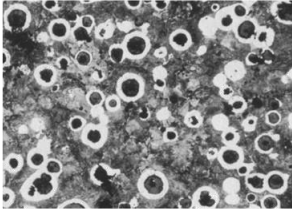
Graues Gusseisen mit Lamellengraphit, ungeätzt



Graues Gusseisen mit Kugelgraphit, ungeätzt



Graues Gusseisen mit Lamellengraphit, geätzt G + P



Graues Gusseisen mit Kugelgraphit, geätzt, G + F + P

Folie: 47

att Mikroskopaufnahmen 5. 



Graues Gusseisen mit Kugelgraphit mit höheren Vergrößerung, geätzt, G + F + P



Bruchfläche von Graues Gusseisen mit Kugelgraphit, Elektronenmikroskopaufnahme

Folie: 48

Danke für die Aufmerksamkeit!