

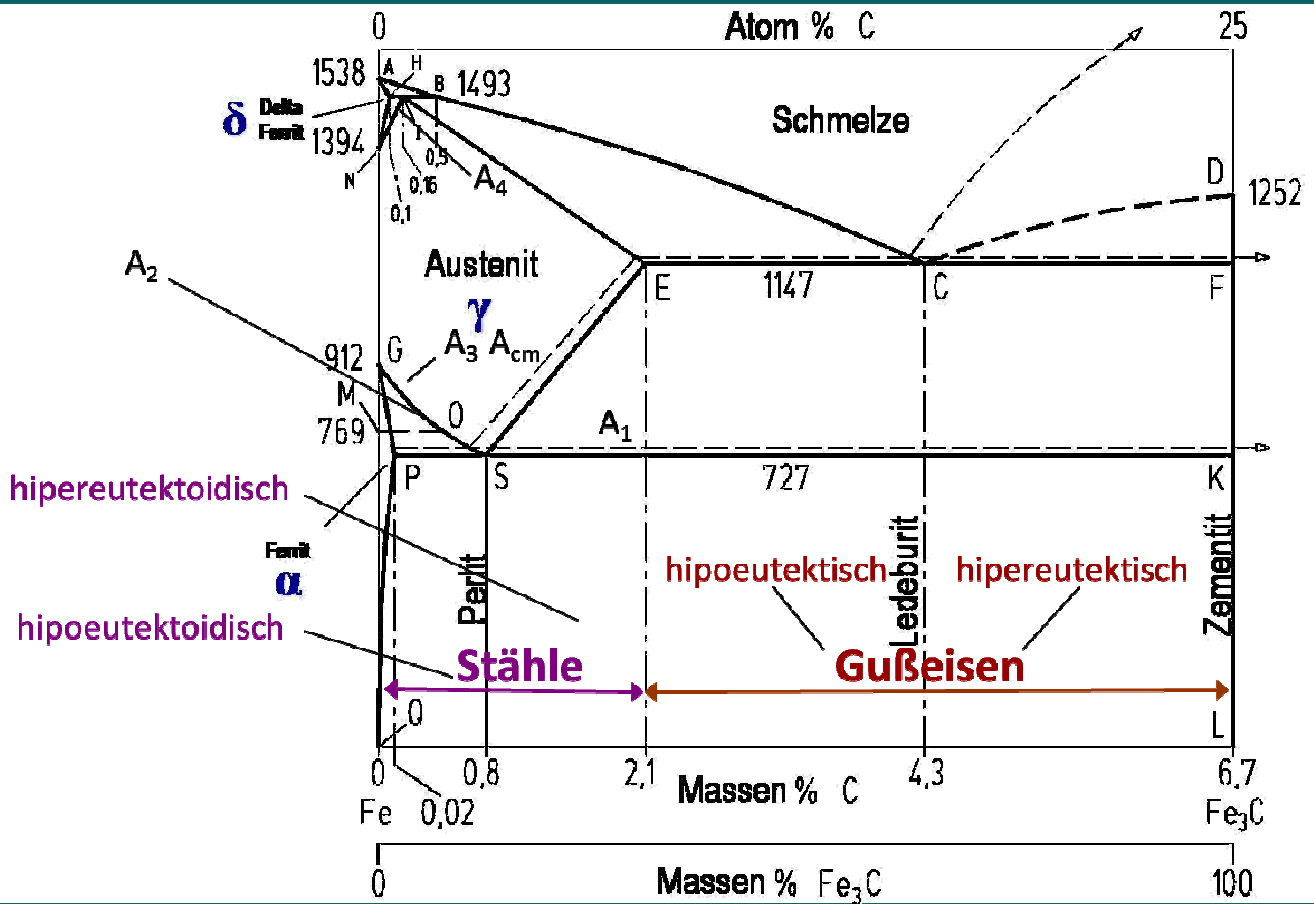
Nichtgleichgewichts Umwandlungen von Stählen



Während der Vorlesung werden
wir folgendes kennenlernen :



- Den Begriff Gleichgewichts und Nichtgleichgewichts Umwandlungen;
- Die Arten von γ - α Nichtgleichgewichts Umwandlungen (perlitisches, bainitisches, martensitisches) und deren Eigenschaften;
- Die Grundlegende Wärmebehandlungsarten von Stählen;
- Den Zusammenhang zwischen der Mikrostruktur und mechanische Eigenschaften der Stählen



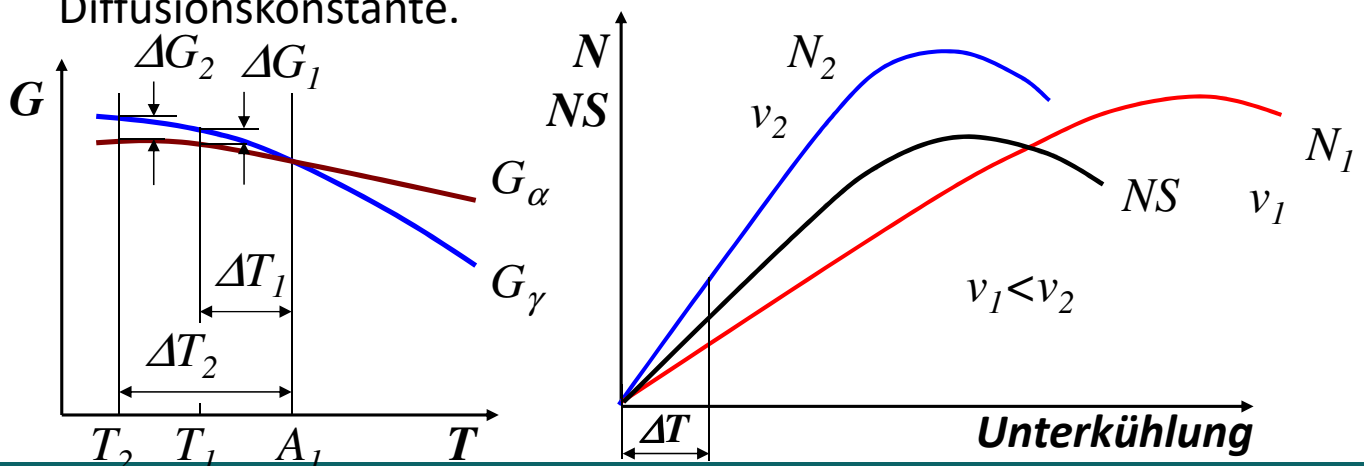
Folie: 3

Allotrope Umwandlungen von Eisen(Stahl)

Allotrope Formen von Eisen: α -Fe, γ -Fe und δ -Fe.

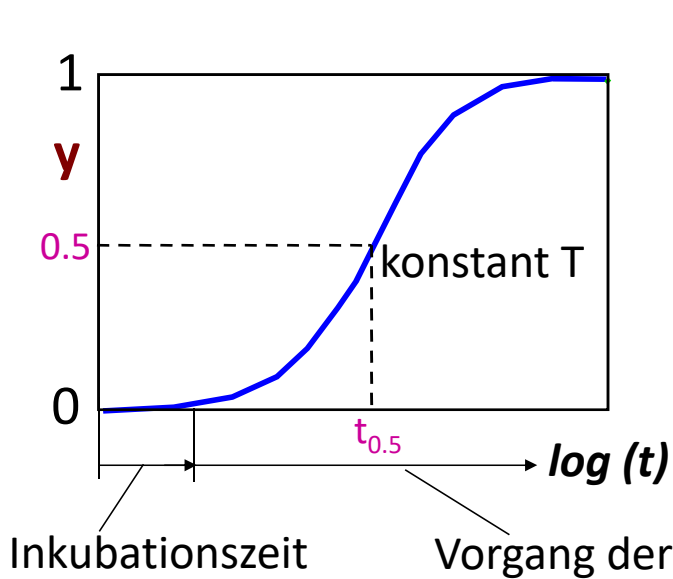
Bei der Wärmebehandlung von Eisenlegierungen ist die $\alpha \rightarrow \gamma$ und $\gamma \rightarrow \alpha$ Umwandlung grundlegend. Bei ersterer geschieht Volumenverminderung bei letzterer Volumenvergrößerung.

$\gamma \rightarrow \alpha$ Phasenumwandlung: Die drei wichtige Parameter der Prozess sind die Freie Enthalpieänderung, die Kristallisationsfähigkeit im festen Zustand und die Diffusionskonstante.



Folie: 4

Die Avrami Gleichung beschreibt die Phasenumwandlung:

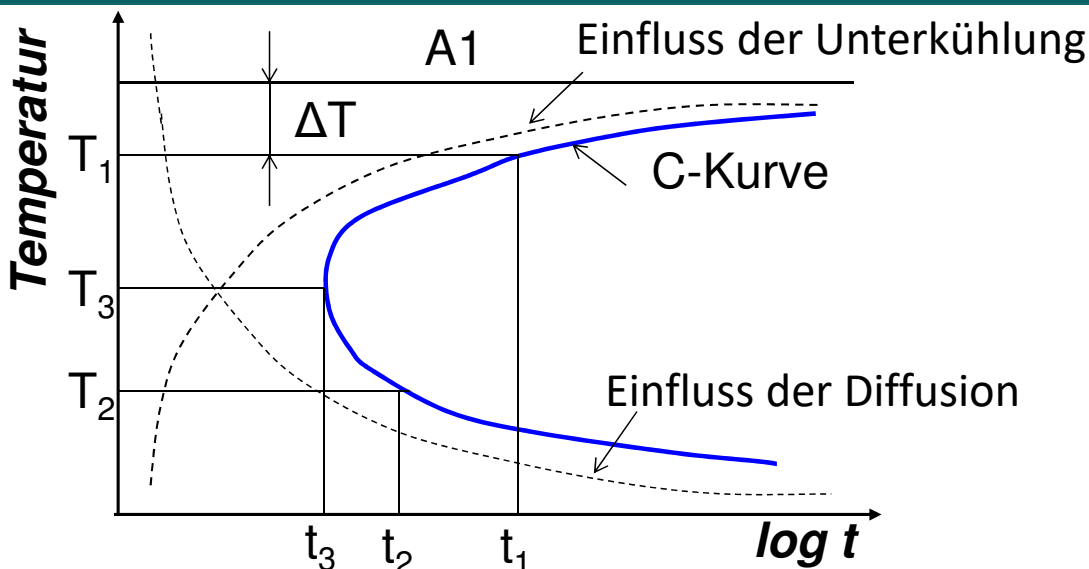


$$y = 1 - \exp(-kt^n)$$

$$r = \frac{1}{t_{0.5}} - \text{Geschwindigkeit der Umwandlung}$$

$$r = A \exp\left(-\frac{Q}{RT}\right)$$

Folie: 5

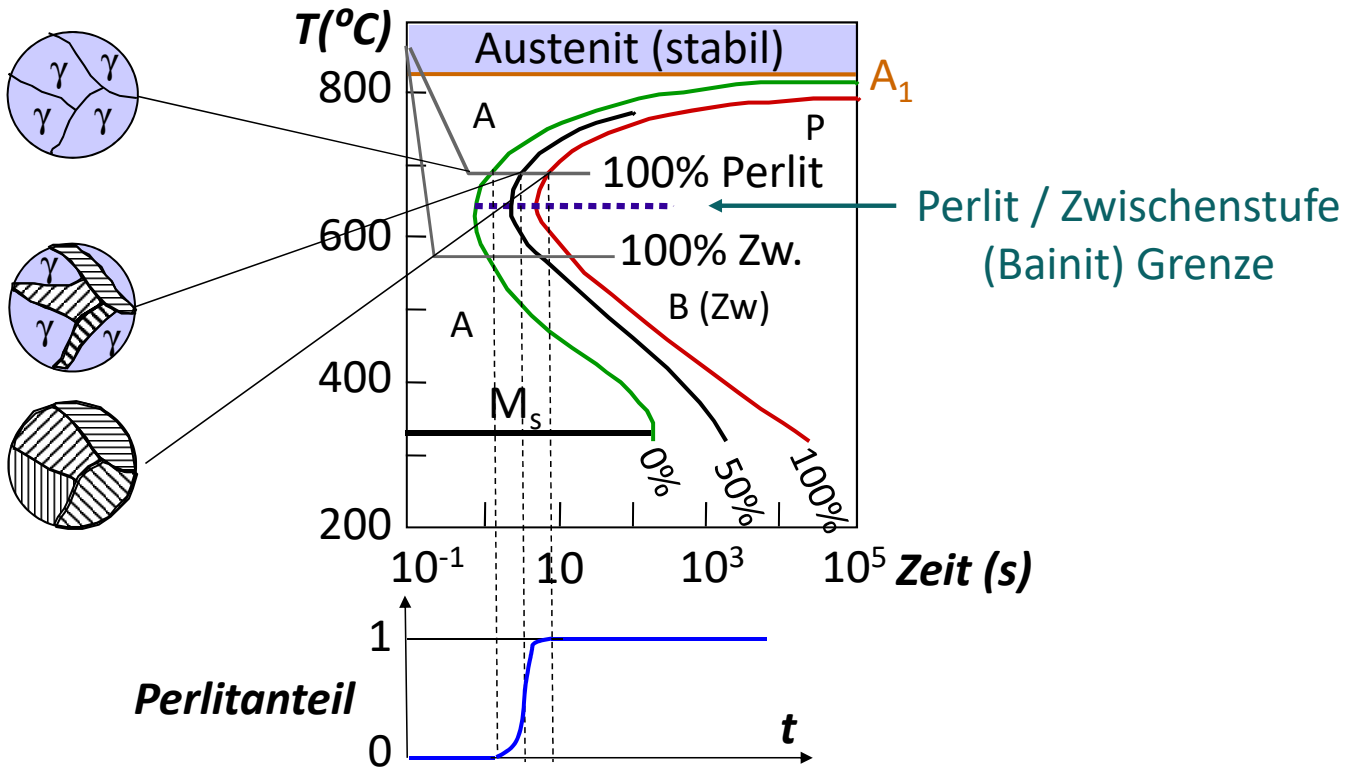


(C Kurve)

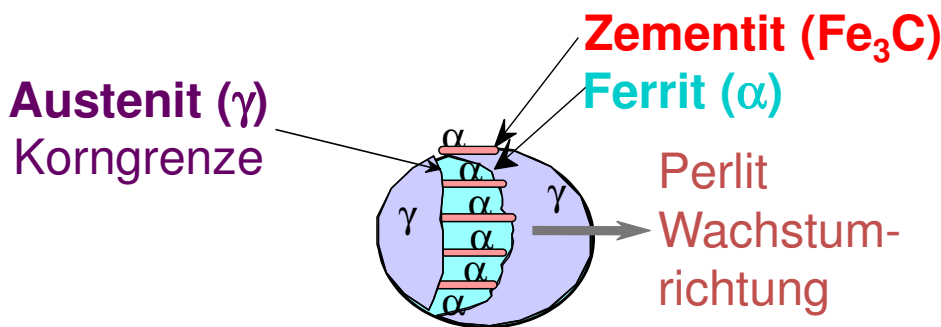
Die Unterkühlung beeinflusst die Kristallisationsfähigkeit und die Freie Enthalpieänderung gleichermassen; es zögert die Anfangszeitpunkt der Umwandlung.

Auf die Diffusionskonstante wirkt die Temperatur umgekehrt; je niedriger ist die Temperatur, desto länger dauert die Umwandlung.

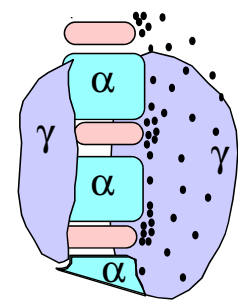
Folie: 6



Folie: 7

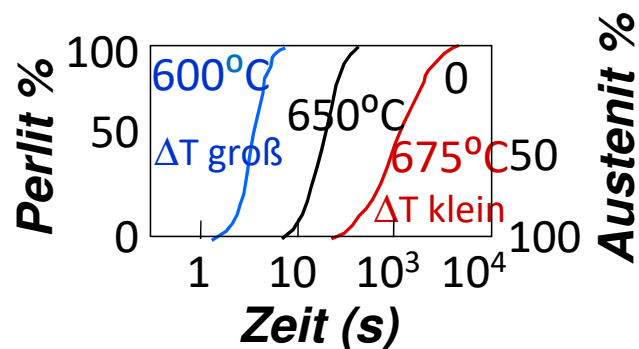


Diffusion von C-Atomen



Diffusionsvorgang geht mit Keimbildung vor sich

Die Reaktionsgeschwindigkeit wächst mit der Unterkühlung (ΔT)



Folie: 8

T_{transf} unmittelbar unter A_1
 Temperatur: größere T ,
 schnellere Diffusion.

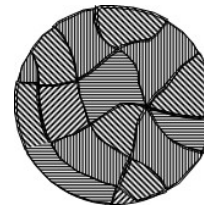
T_{transf} weit unter A_1
 Temperatur: kleinere T ,
 langsamere Diffusion.



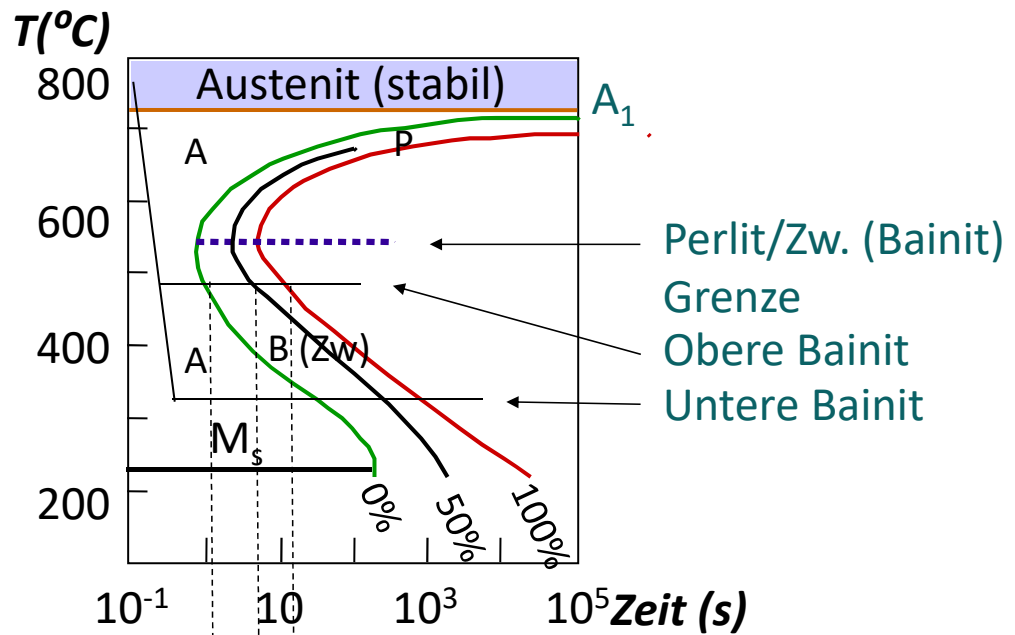
10 µm



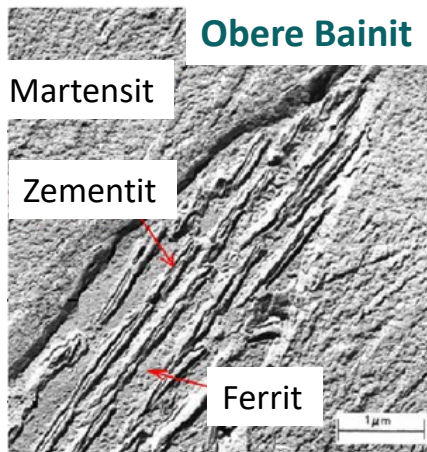
Kleinere ΔT , →
 Größere Lamellen



Größere ΔT , →
 Feinere Lamellen

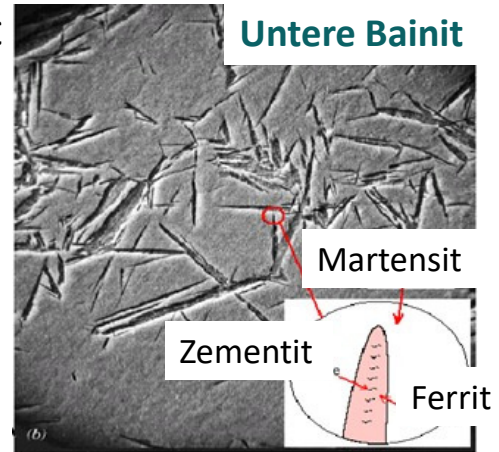
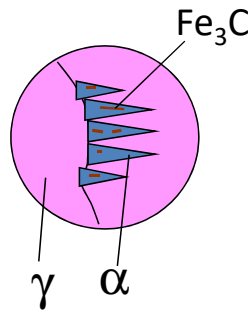


(Bainit=Zwischenstufen-
 gefüge) (Zw)



350-550 °C

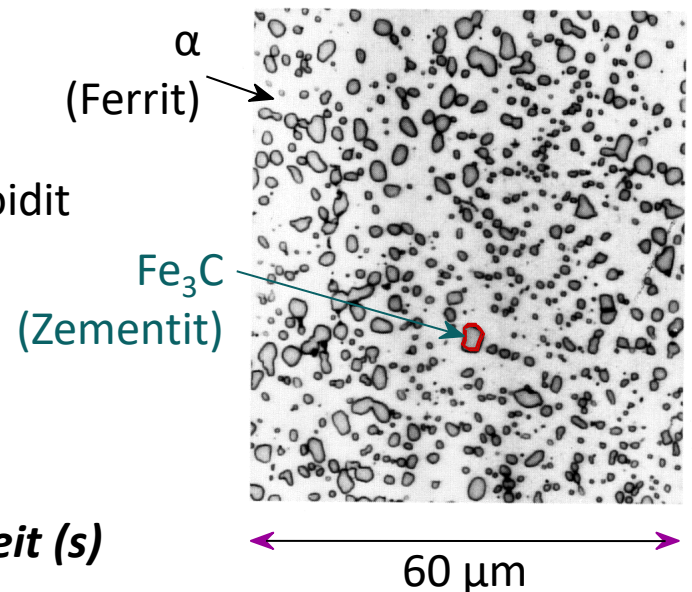
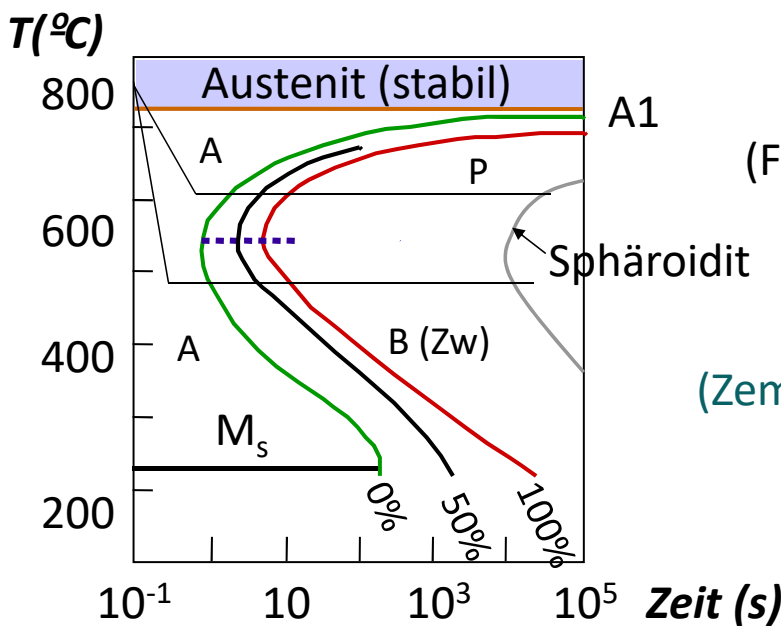
Gemisch von Ferritnadel und lange Zementitpartikel



200-350 °C

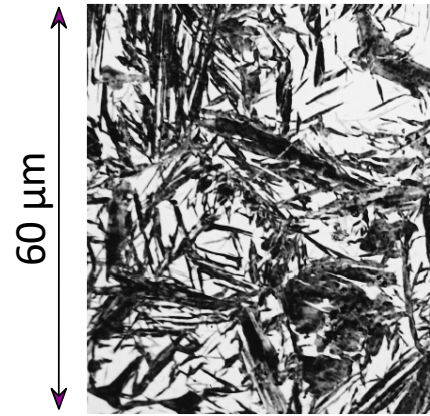
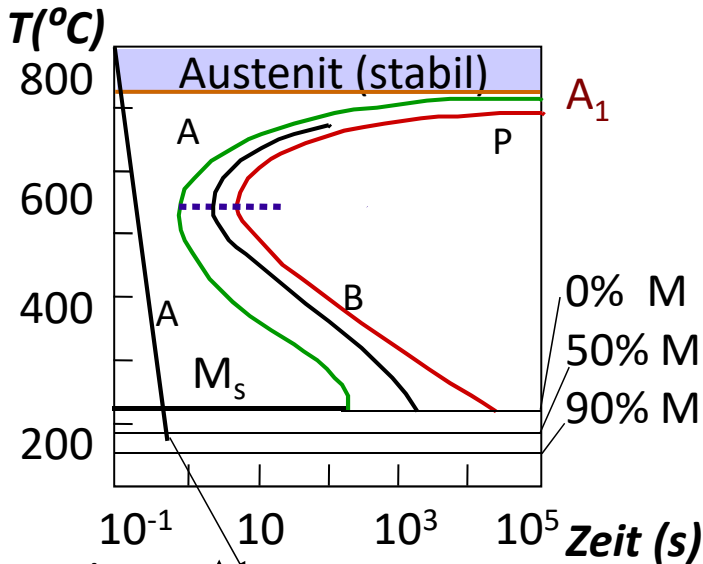
Gemisch von dünne Ferritplättchen und verlängerte Zementitpartikel

Die Geschwindigkeit der Umwandlung wird grundlegend von der Diffusion (und weniger von der Keimbildung bestimmt). Wegen der relativ kleinen Temperatur entsteht eine sehr feine Struktur.



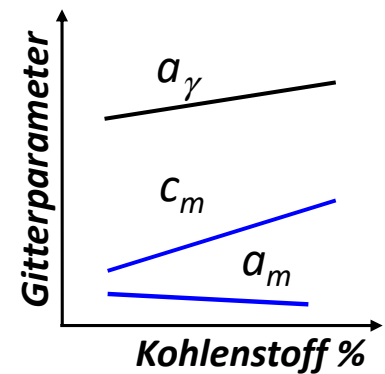
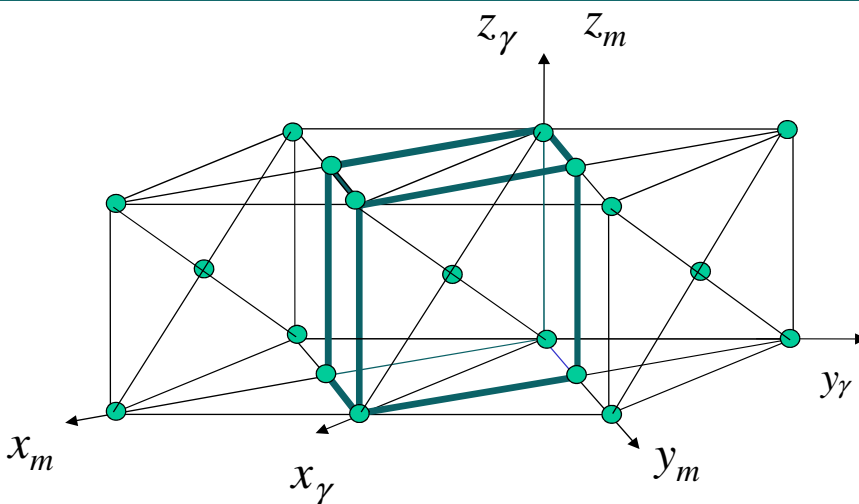
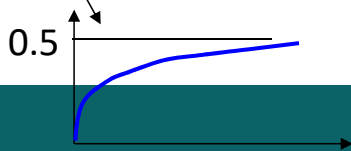
Nah lange Zeit die Struktur von Perlit / Bainit (Zw.) wandelt sich um (Diffusion) so dass kleine Fe₃C Kugel im Ferritmatrix entstehen.

From Anfangs homogene Phase (γ) entsteht während der Umwandlung inhomogene Phase (m), ohne Keimbildung. Kommt bei großen Abkühlungsgeschwindigkeit zustande. Diffusionslose Umwandlung läuft im Bruchteil der Sekunde ab.



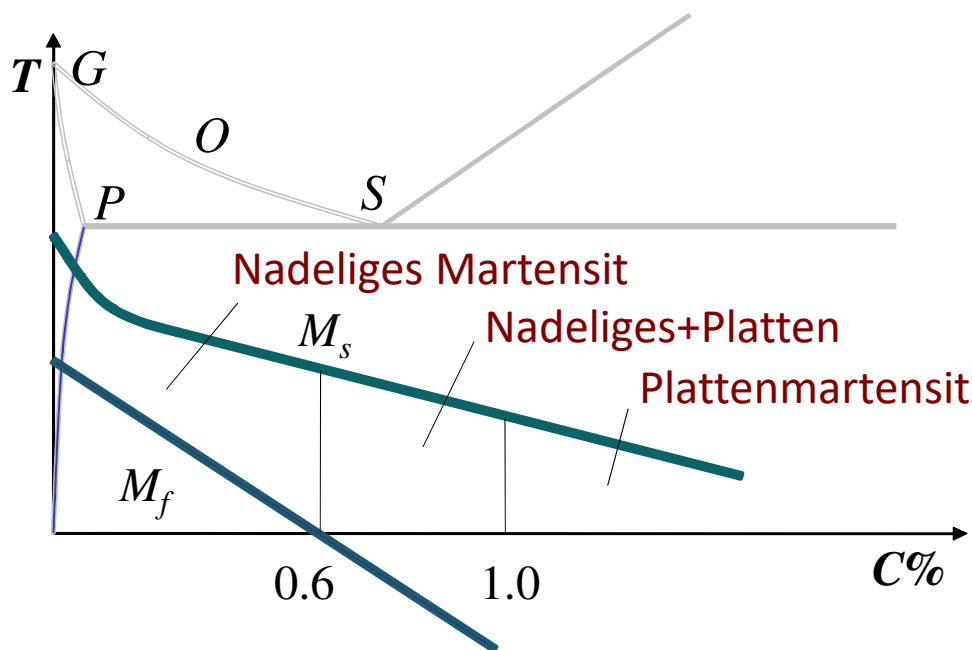
— Martensitnadel
— Austenit

Martensit-Menge

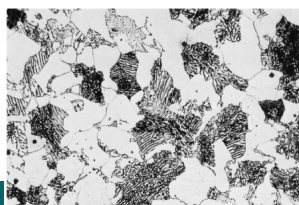
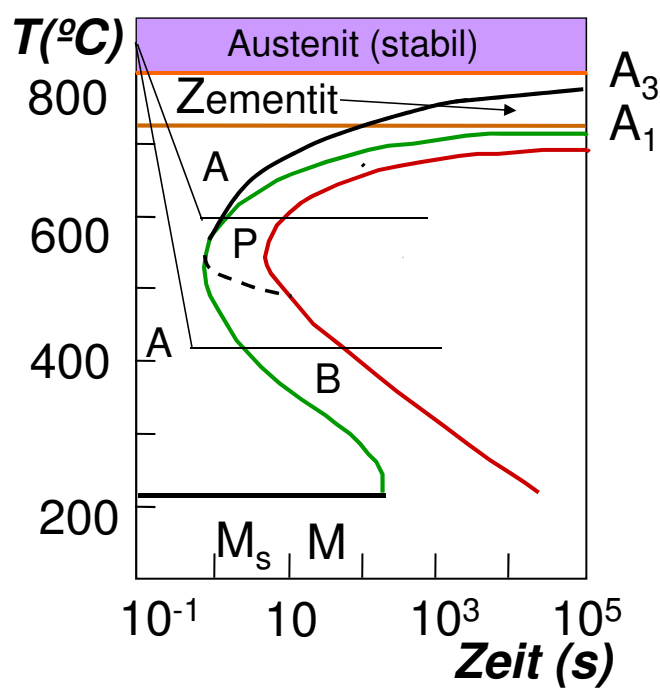
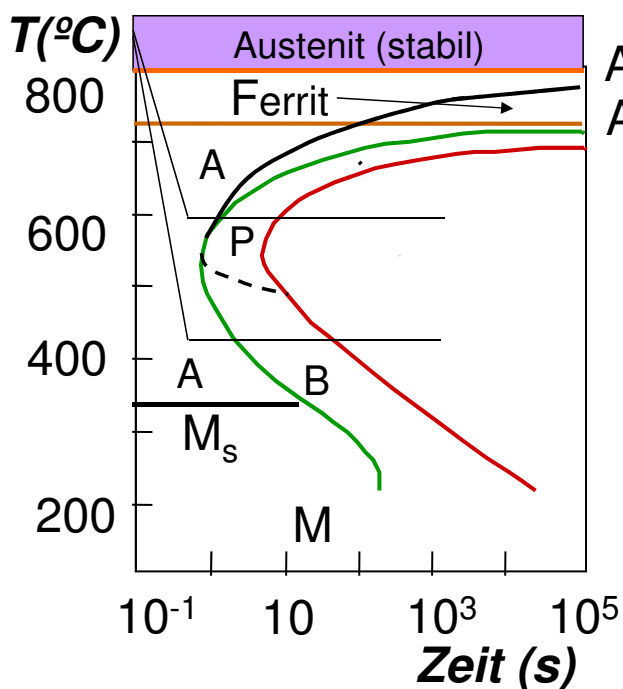


Der kfz Gitter von Austenit beinhaltet das tetragonale Gitter für Martensit (blaue Zelle) und es besteht eine bestimmte kristallographische Beziehung zwischen der beiden Gitter:

$$[100]_m \uparrow\uparrow [1\bar{1}0]_\gamma, [010]_m \uparrow\uparrow [110]_\gamma, [001]_m \uparrow\uparrow [001]_\gamma$$



Folie: 15

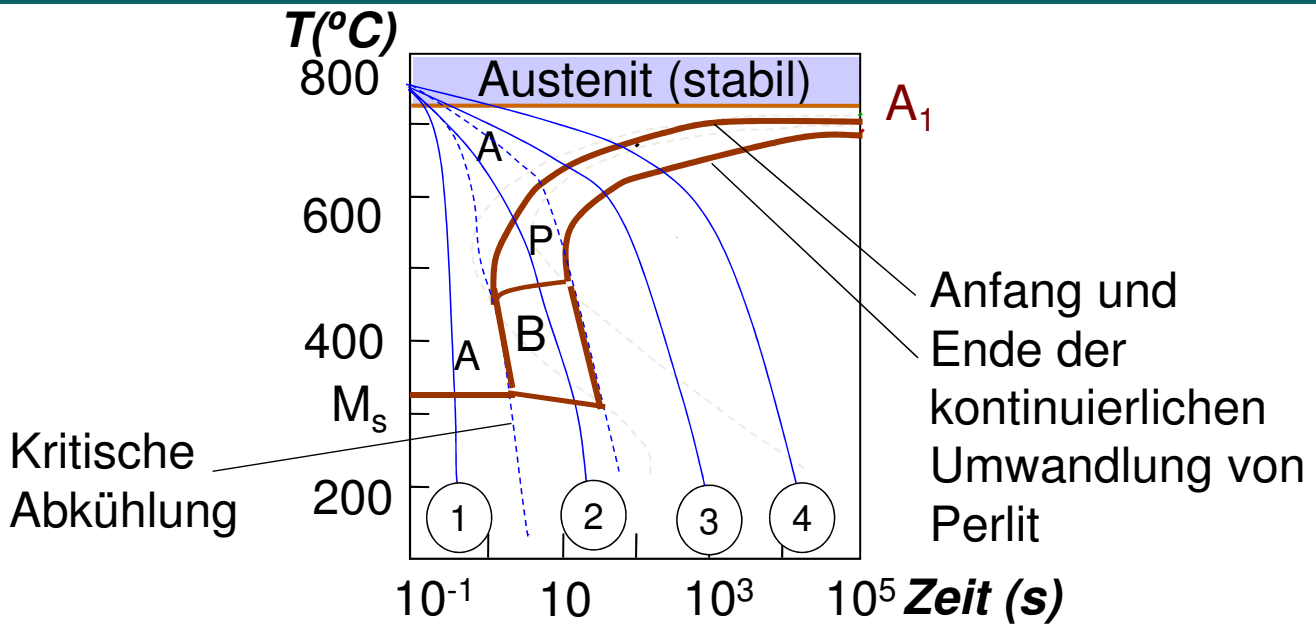


Proeutektoidisches Ferrit



Proeutektoidisches Zementit

Folie: 16



1. Härten (Wasser): Martensit
2. Härten (Öl): Perlit+Bainit+Martensit
3. Normalisieren: feines Perlit
4. Weichglühen: grobes lamellares Perlit

Folie: 17

- Härten
- Anlassen
- Vergüten (Härten+ Anlassen)
- Normalisieren
- Weichglühen

Folie: 18

➤ Härten

Austenitisierung + auf Temperatur Halten + schnelle Abkühlung.

Erzeugung von martensitisches Gefüge.

➤ Anlassen

auf Temperatur Halten von martensitisches Gefüge unter A_1 Temperatur, dann Abkühlung. Erzeugung von feinem perlitisches Gefüge.

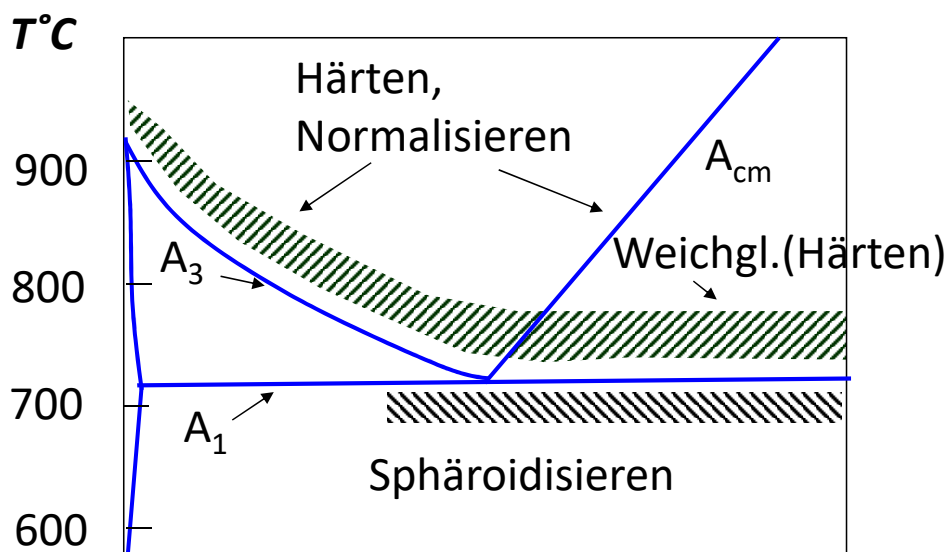
➤ Weichglühen

Austenitisierung + auf Temperatur Halten + sehr langsame Abkühlung (mit Ofen). Erzeugung von weiches sehr zähes Material.

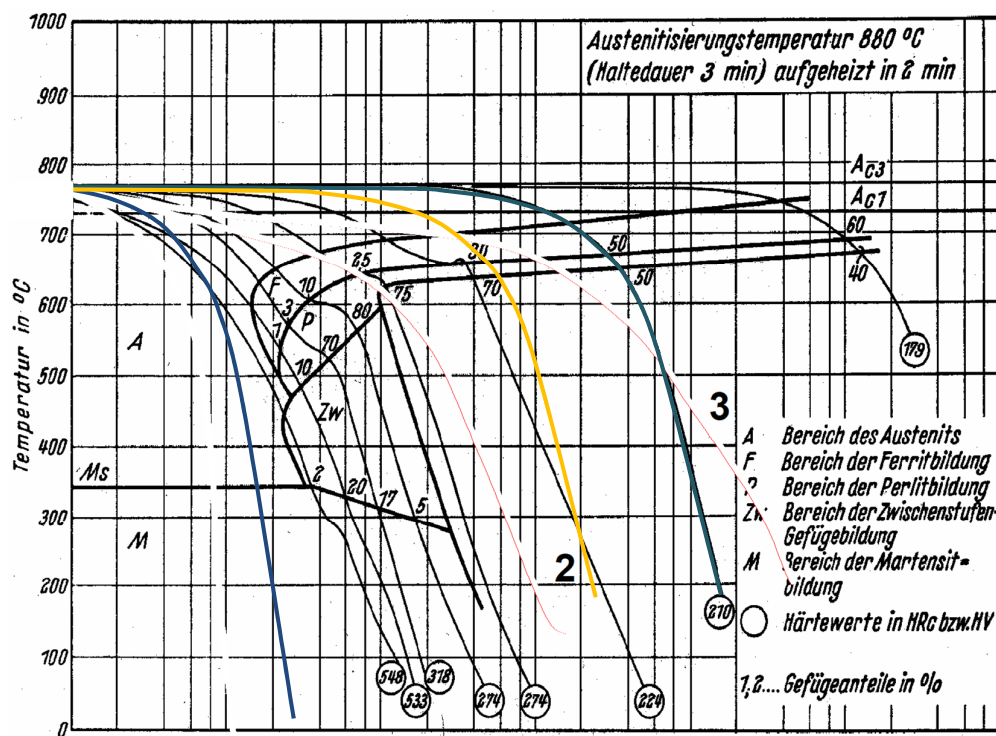
➤ Normalisieren

Austenitisierung + auf Temperatur Halten + Abkühlung auf Luft. Erzeugung von feine gleichmäßiges Gefüge.

Folie: 19



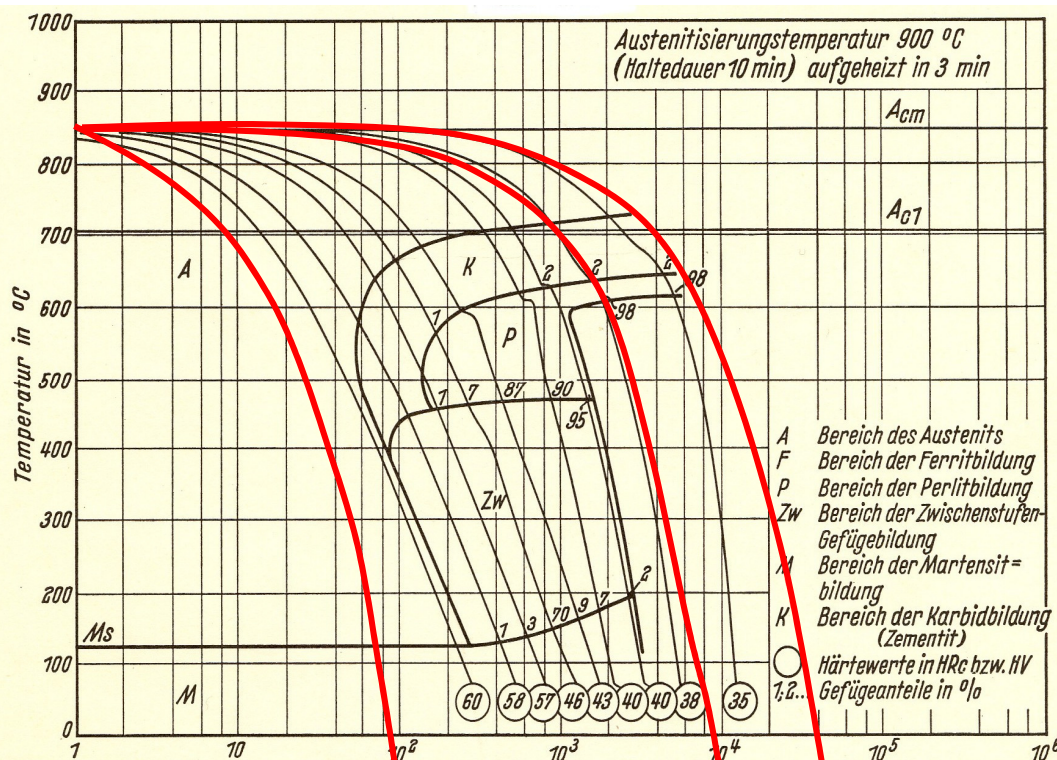
Folie: 20



C = 0,45 %

- 1-Härten
- 2-Normalisieren
- 3-Weichgl.

1



C = 1 %

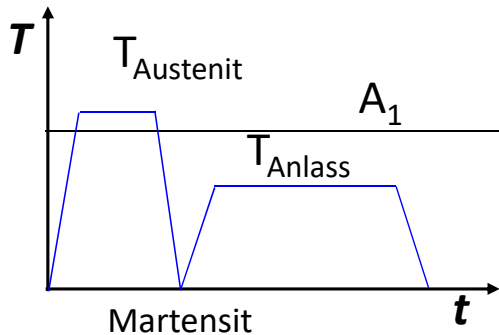
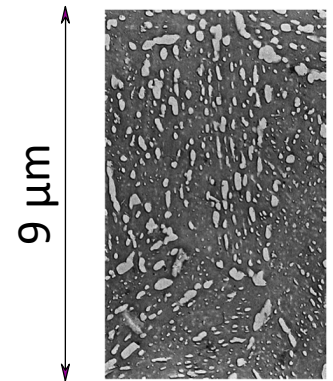
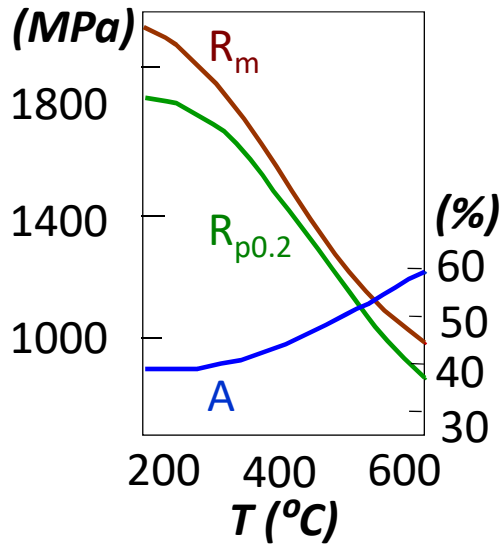
- 1-Härten
- 2-Normalisieren
- 3-Weichgl.

1

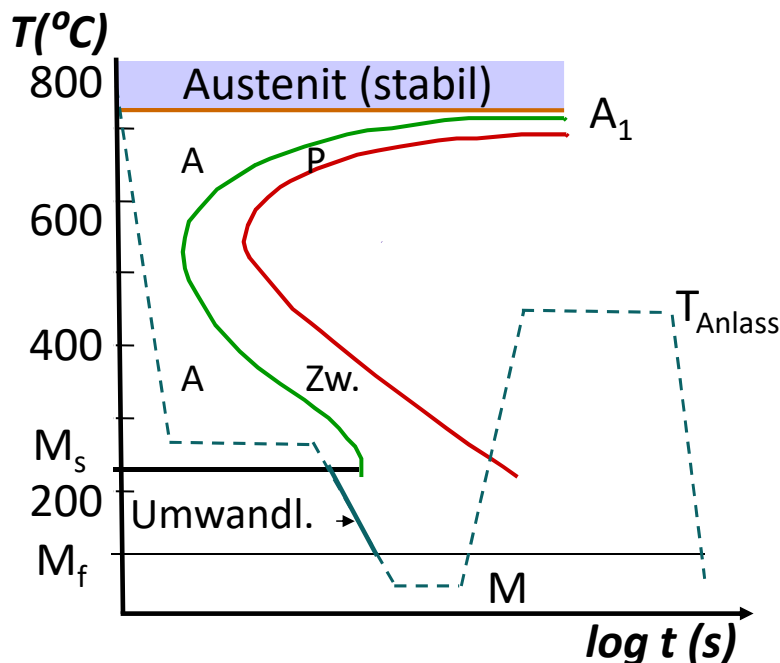
2

3

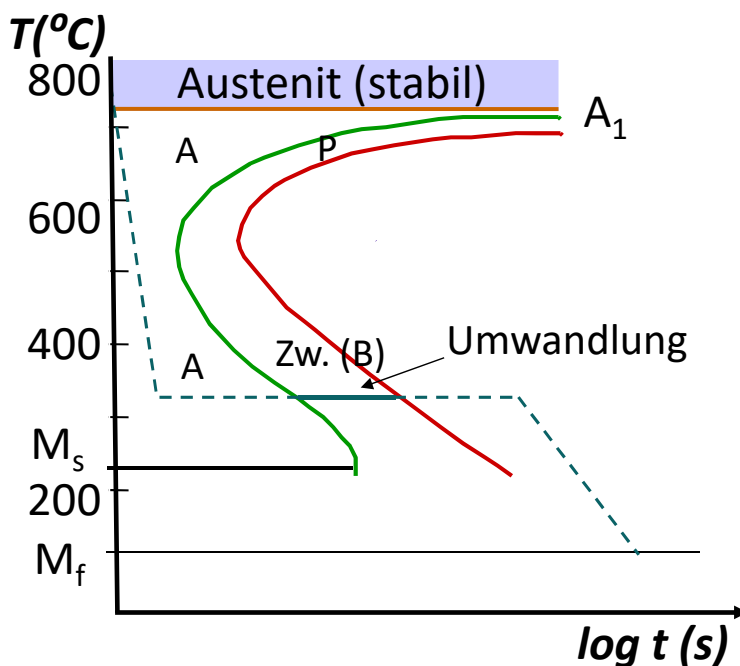
Verringerung der Sprödigkeit und innere Spannungen von Martensit A
martenzit



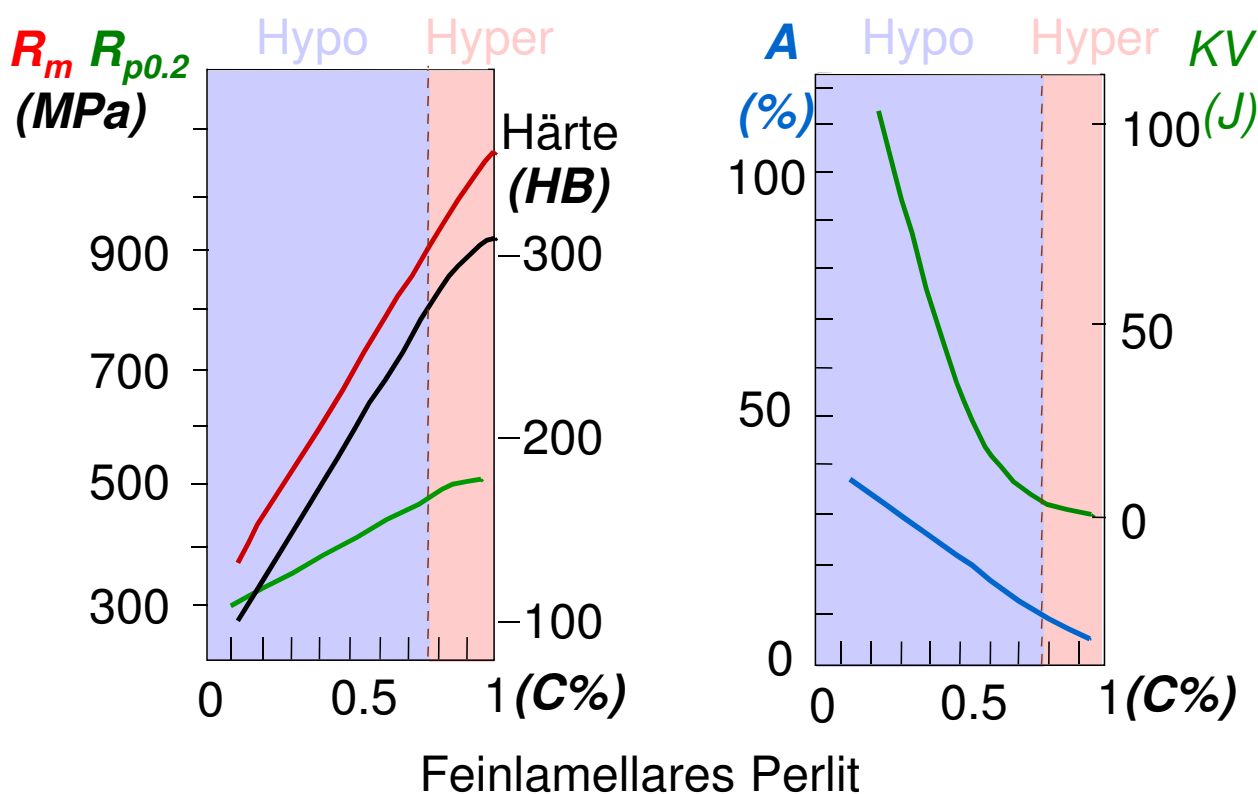
Sehr kleine Fe_3C Partikel in Ferritmatrix eingebettet

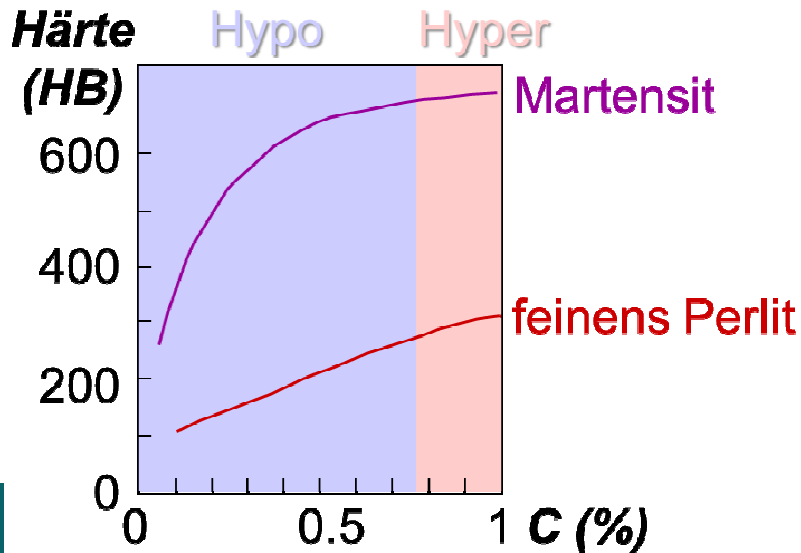
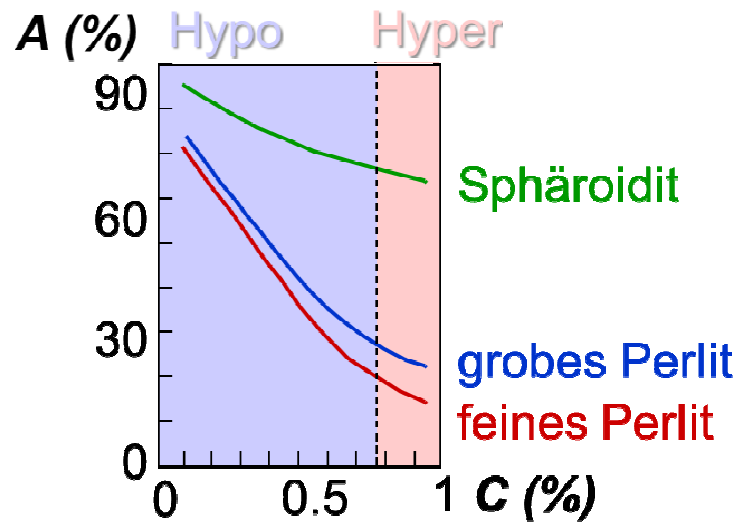
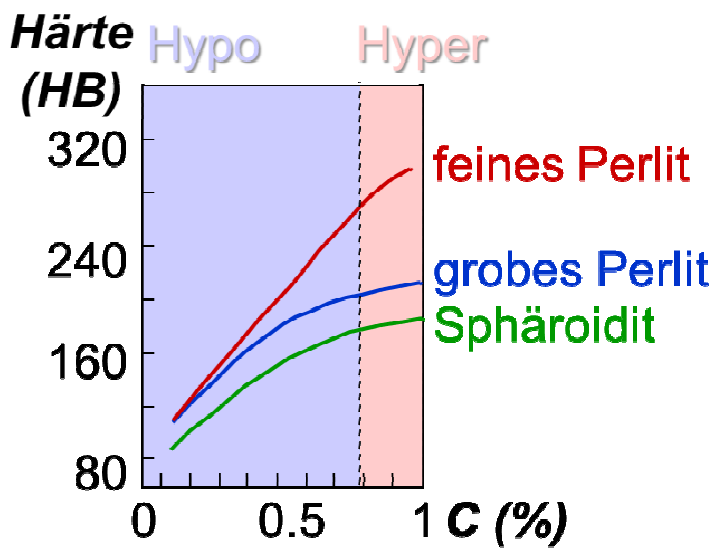


Modifiziertes Härtungsprozess, womit man die innere Spannungen im Vergleich mit normales Härten niedriger halten kann und damit auch der Rissgefahr sinkt.



Herstellung von Bainit, womit Festigkeit mit relativ hohe Zähigkeit gepaart wird und damit auch der Rissgefahr sinkt.

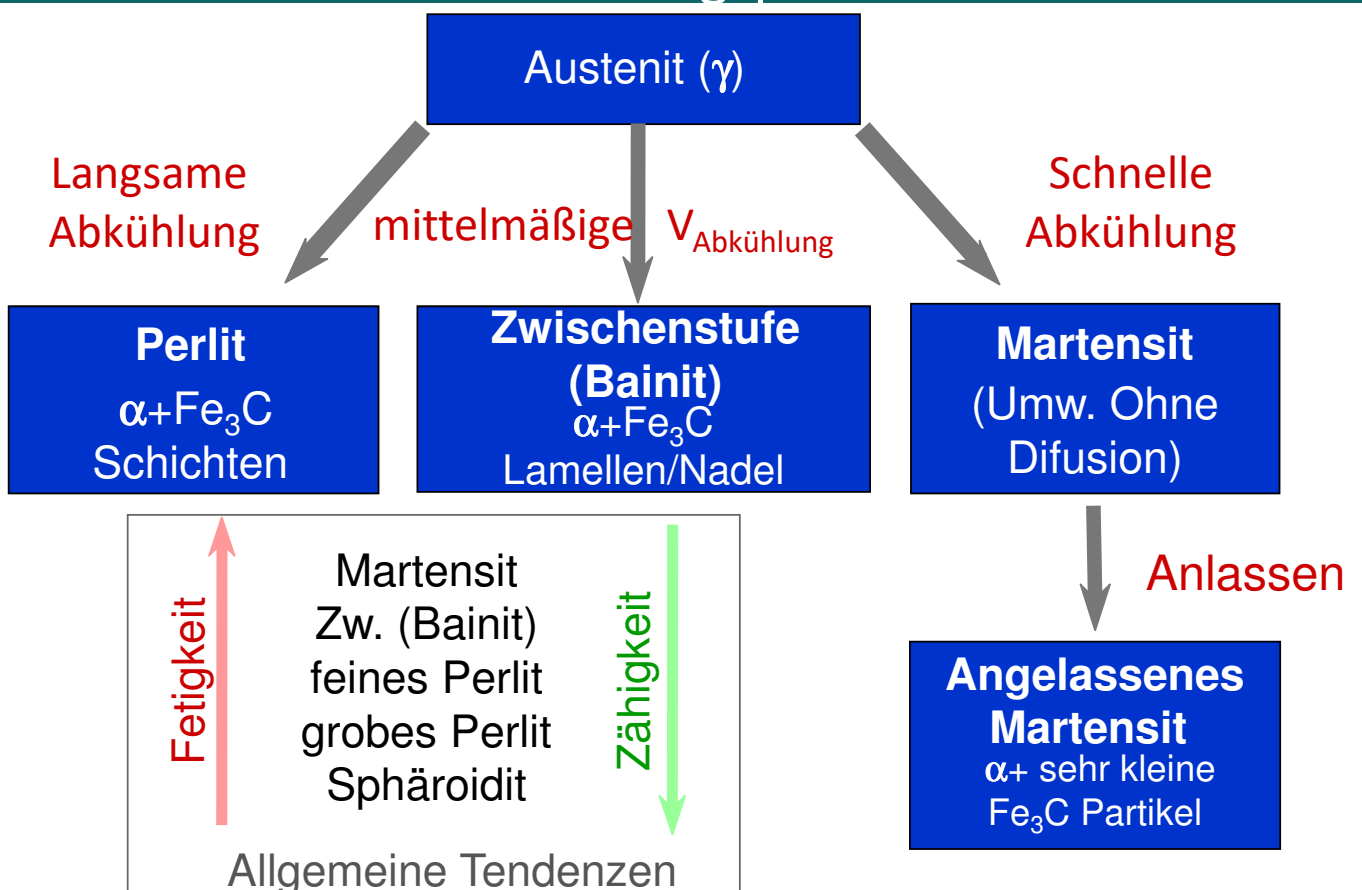




Folie: 27



Zusammenfassung der Wärmebehandlungsprozesse



Folie: 28

Danke für die Aufmerksamkeit!