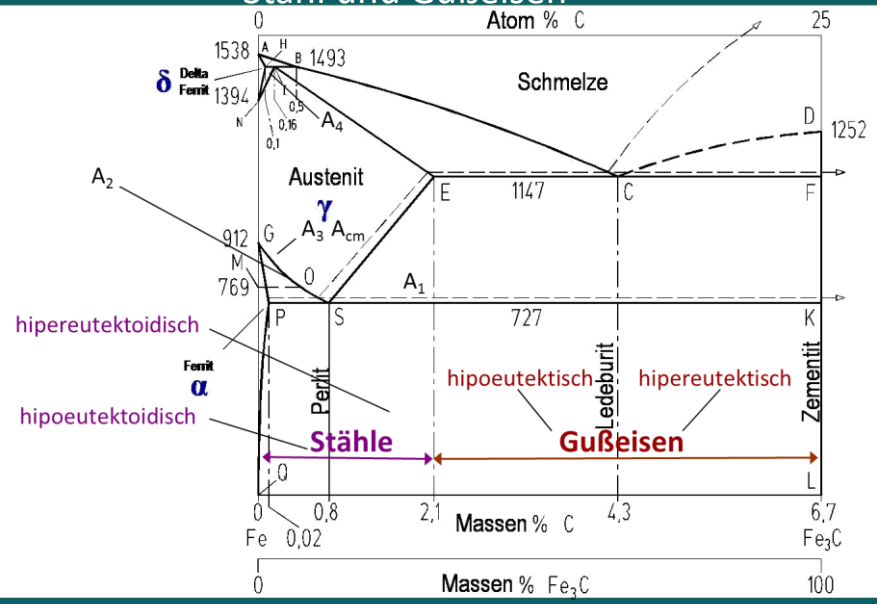
Anyagtudomány és Technológia Tanszék

Nichtgleichgewichts Umwandlungen von Stählen

Während der Vorlesung werden wir folgendes kennenlenen :

- 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 Mikrostrukur und mechanische Eigenschaften der Stählen

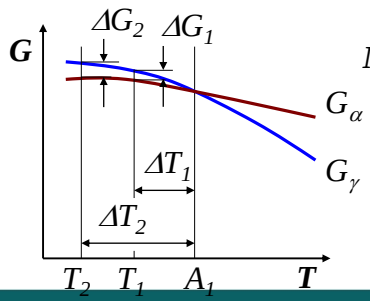
Definition der Stahl und Gußeisen

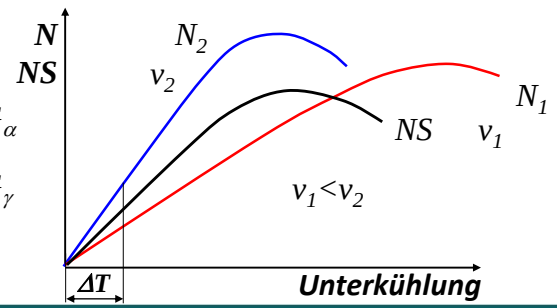


Folie: 3

Allotrope Umwandlungen von Eisen(Stahl)

Allotrope Formen von Eisen: α-Fe, γ-Fe und δ-Fe.
Bei der Wärmebehandlung von Eisenlegierungen ist die α->γ und γ->α Umwandlung grundlegend. Bei erste geschieht Volumenverminderung bei letztere Volumenvergrößerung.
γ→α Phasenumwandlung: Die drei wichtige Parameter der Prozess sind die Freie Enthalpieänderung, die Kristallisationsfähigkeit im festen Zustand und die Diffusionskonstante.

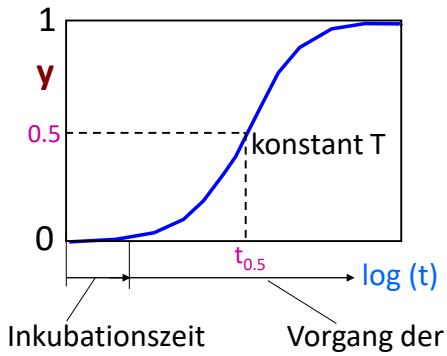




Folie: 4

Vorgang der Phasenumwandlung in der Zeit

Die Avrami Gleichung beschreibt die Phasenumwandlung:

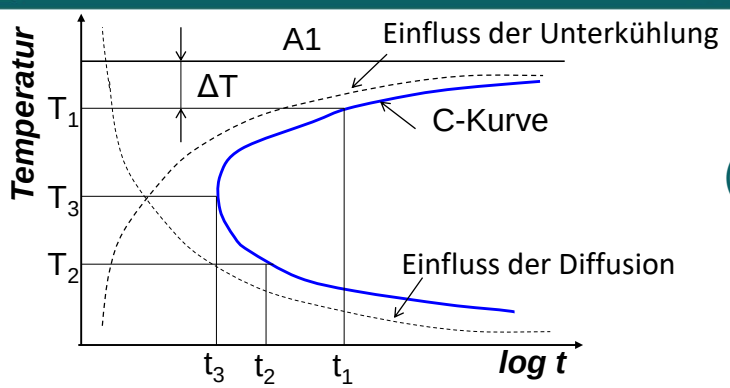


$$y = 1 - \exp\left(-kt^n\right)$$

$$r = \frac{1}{t_{0.5}} - \text{Geschwindi gkeit der Umwand lung}$$

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

Zeitbedarf der γ-α Umwandlung

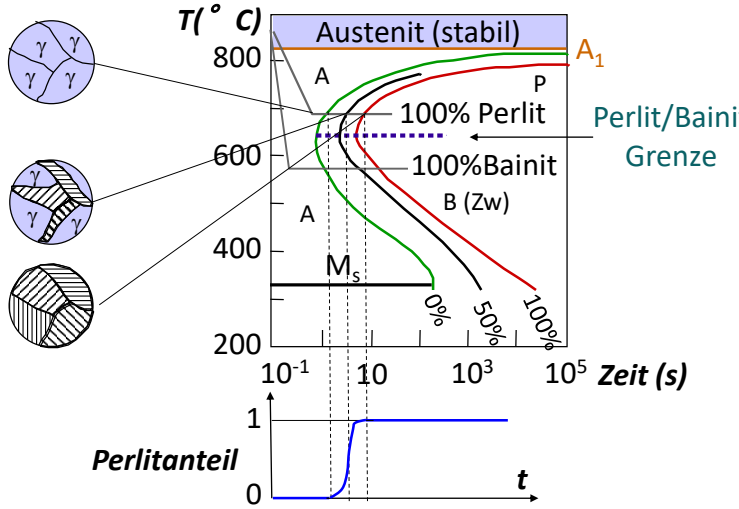


(C Kurve)

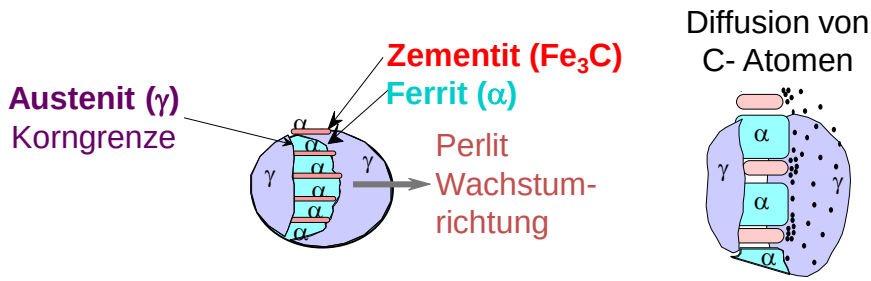
Die Unterkühlung beeinflusst die Kristallisationsfähigkeit und die Freie Enthalpieänderung gleichermassen; es zögert die Anfangszeitpunkt der Umwandlung.

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

Isotermische Umwandlungsschaubild von eutektoidischer Stahl (ZTU) (TTT)

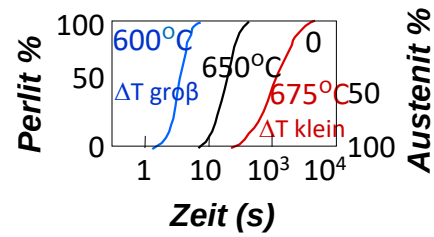


Perlitische Umwandlung



Diffuionsvorgang geht mit Keimbildung vor sich

Die Reaktionsgeschwindigkeit wächst mit der Unterkühlung (ΔT)

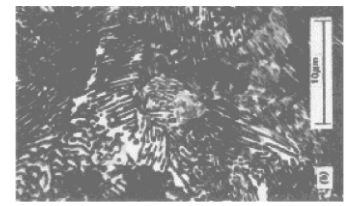


Die Struktur von Perlit

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

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

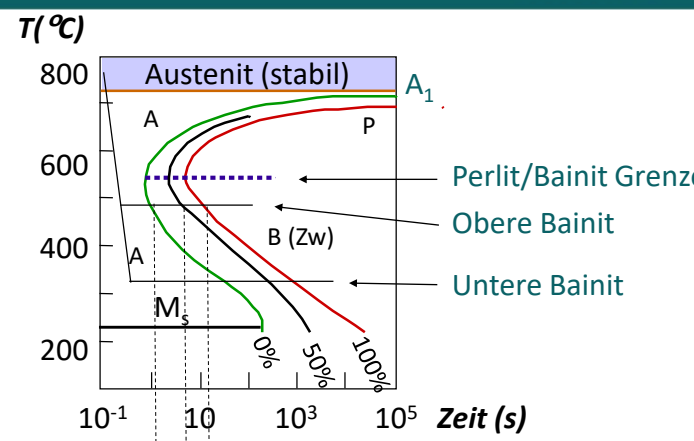
10 µm

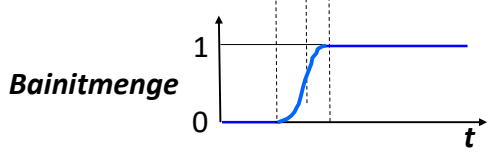


Kleinere ΔT, ➔
Gröbere Lamellen

Größere ΔT, ➔
Feinere Lamellen

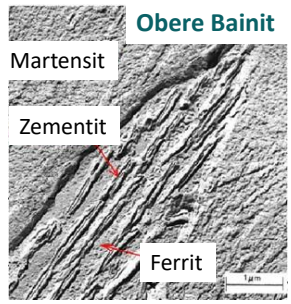
Bainitische Umwandlung

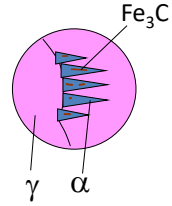


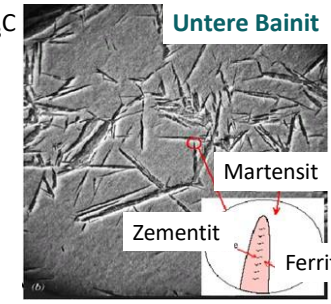


(Bainit=Zwischenstufen-gefüge) (Zw)

Die Struktur von Bainit





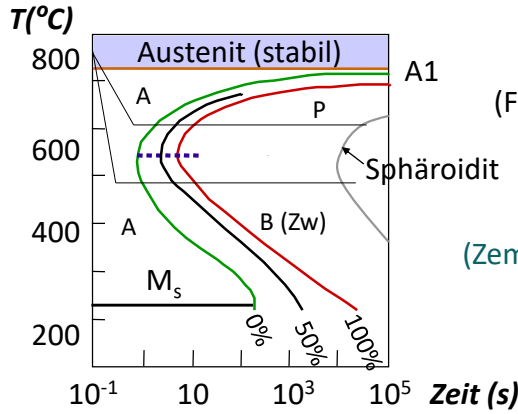


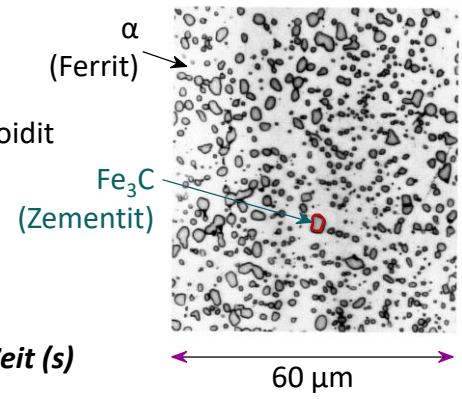
350-550 ˚C
Gemisch von Ferritnadel und lange Zementitpartikel

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.

Entstehen von Sphäroidit

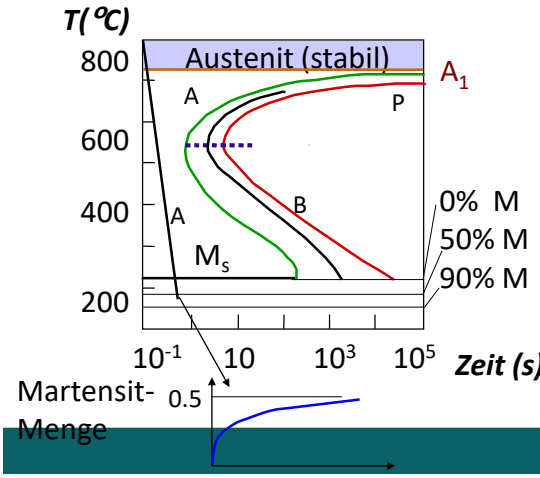


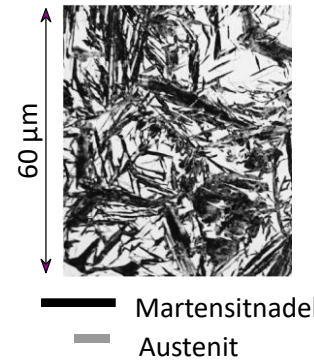


Nah lange Zeit die Struktur von Perlit/Bainit wandelt sich um (Diffusion) so dass kleine Fe_3C Kugel im Ferritmatrix entstehen.

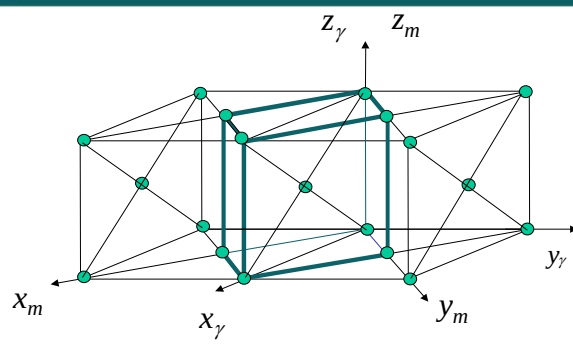
Martensitische Umwandlung

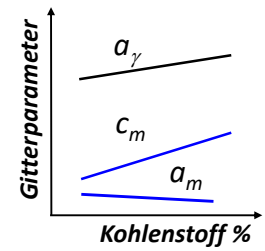
From Anfangs homogene Phase (γ) entsteht während der Umwandlung inhomogene Pase (m), ohne Keimbildung. Kommt bei großen Abkühlungsgeschwindigkeit zustande. Diffusionslose Umwandlung läuft im Bruchteil der Sekunde ab.





Bain Modell

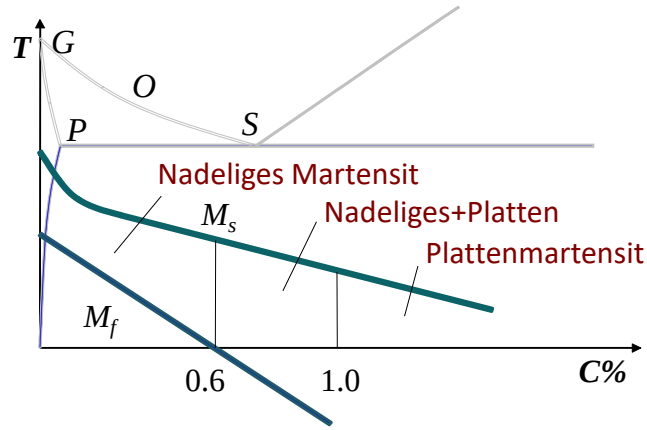




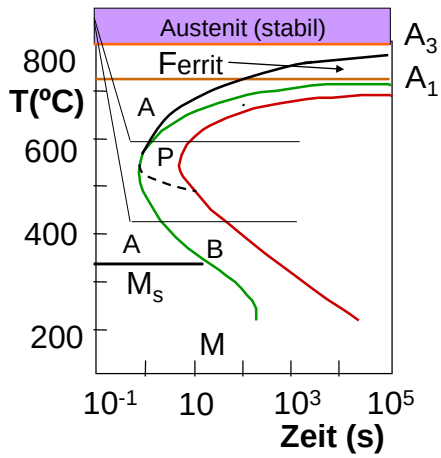
Der kfz Gitter von Austenit beinhaltet das tetragonale Gitter für Martensit (blaue Zelle) und es besteht eine bestimmte kristalographische Beziehung zwischen der beiden Gitter:

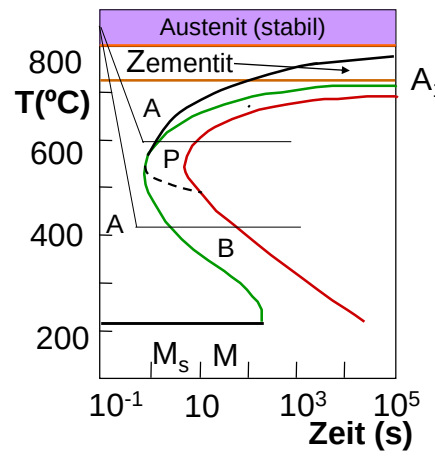
$$[100]_m \uparrow\uparrow [1\bar{1}0]_\gamma,\ [010]_m \uparrow\uparrow [110]_\gamma,\ [001]_m \uparrow\uparrow [001]_\gamma$$

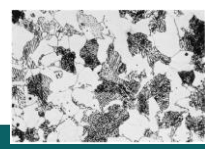
Kohlenstoffgehaltabhängigkeit der M_s und M_f Temperatur



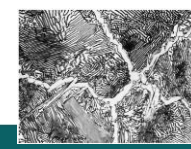
Isothermische Umwandlung von hipo- und hipereutektischer Stahl





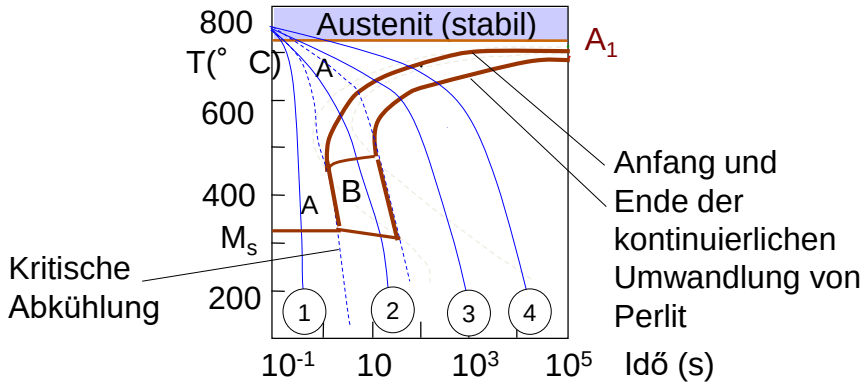


Proeutektoidisches Ferrit



Proeutektoidisches Zementit

Kontinuierliche Umwandlung von eutektoidischer Stahl



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

Grundlegende Wärme-behandungsarten der Stähle

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

Grundlegende Wärme-behandungsarten der Stähle

- **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.

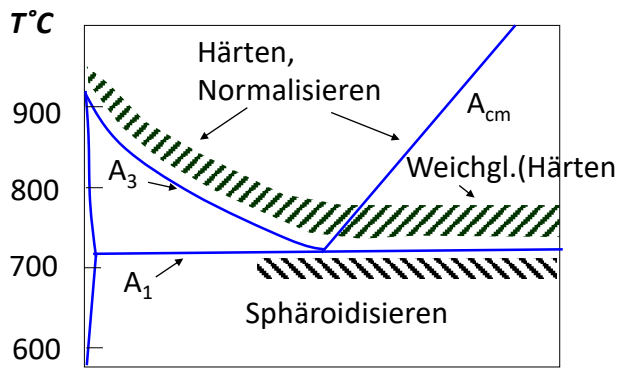
- **Weichglühen**

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

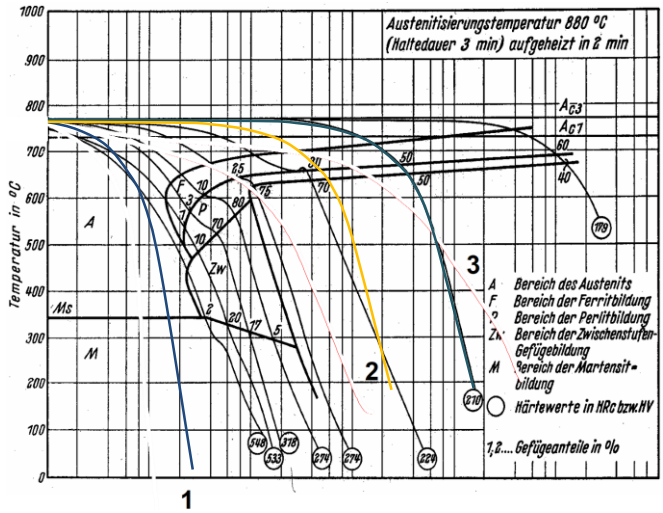
- **Normalisieren**

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

Anfangstemperatur der Wärmebehandungen



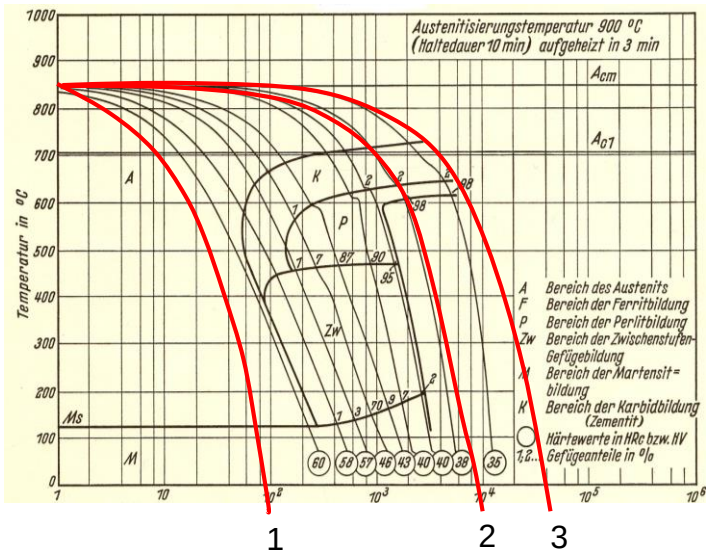
Kontinuierliche Umwandlung von hipoeutektoidischer Stahl



C = 0,45 %

1-Härten
2-Normalisieren
3-Weichgl.

Kontinuierliche Umwandlung von hipereutektoidischer Stahl

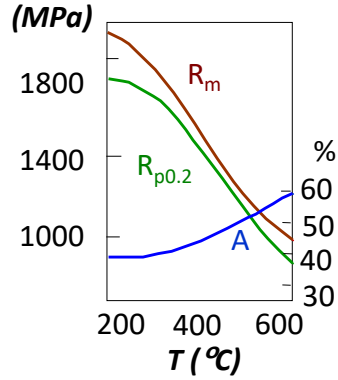


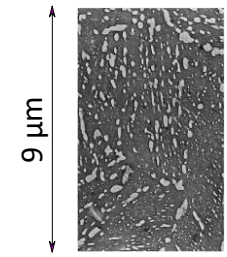
C = 1 %

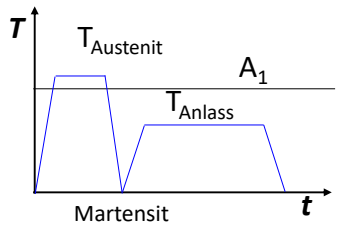
1-Härten
2-Normalisieren
3-Weichgl.

Anlassen

Verringerung der Sprödigkeit und innere Spannungen von Martensit A martenzit

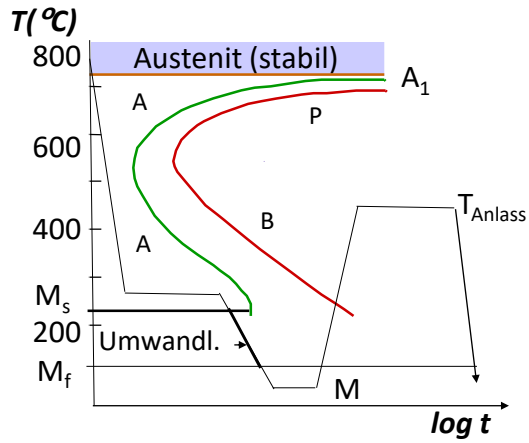






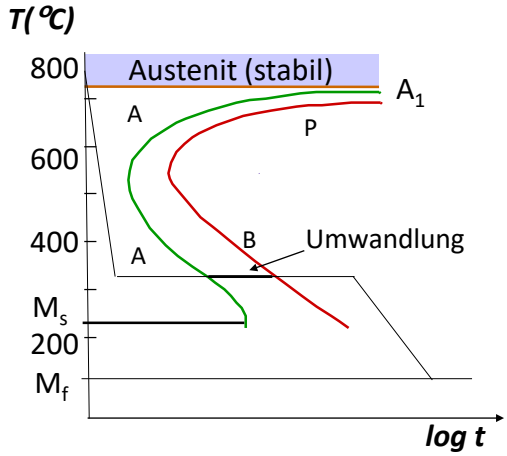
Sehr kleine Fe_3C Partikel in Ferritmatrix eingebettet

Martempern von eutektoidischer Stahl



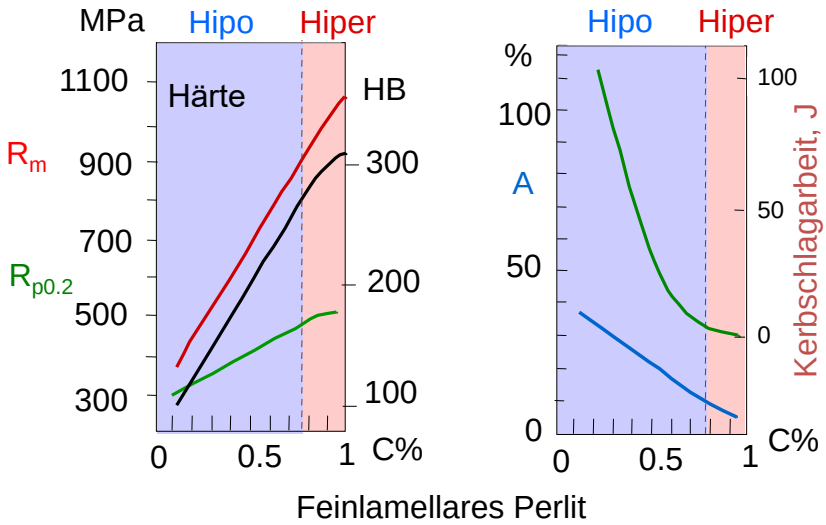
Modifiziertes Härtungsprozess, womit man die innere Spannungen im Vergleich mit normales Härten niedriger halten kann und damit auch der Rissgefahr sinkt.

Austempern von eutektoidischer Stahl

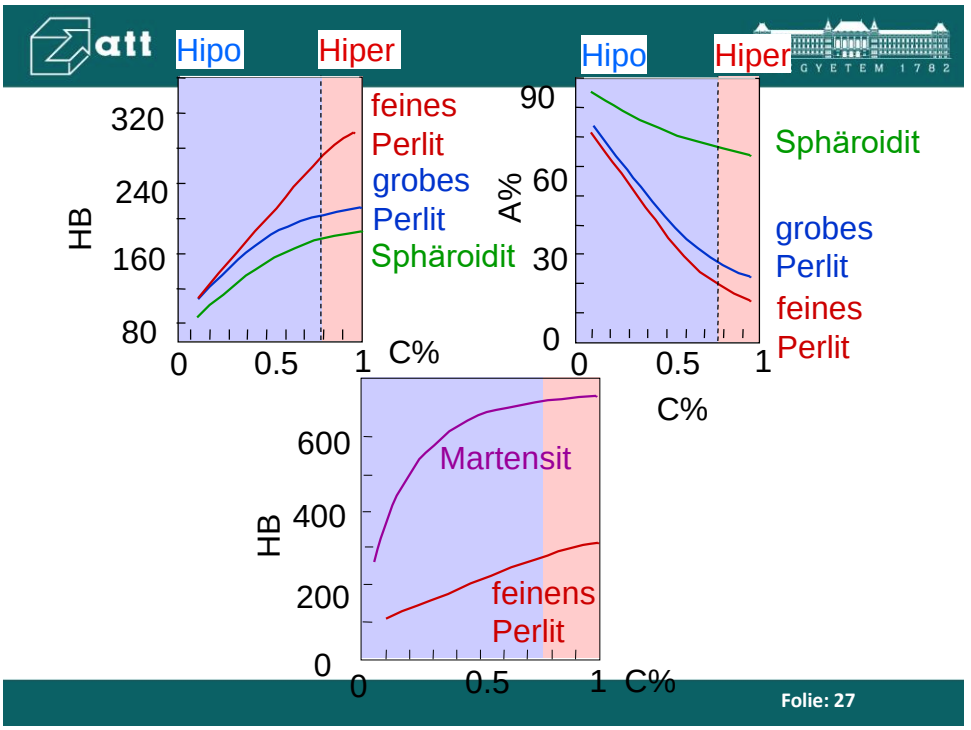


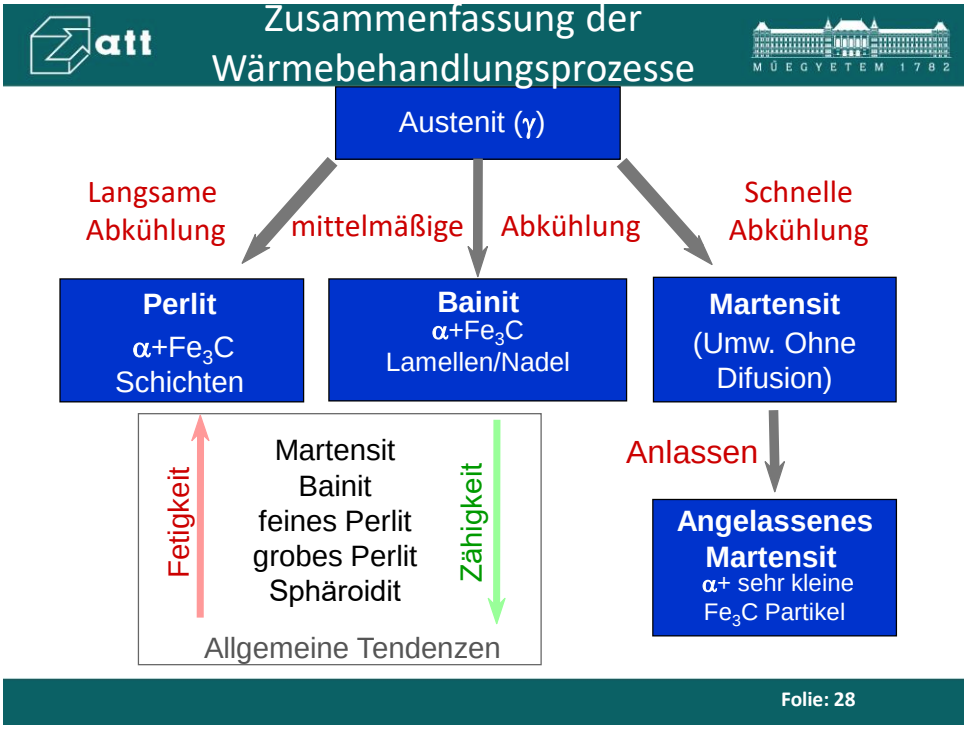
Herstellung von Bainit, womit Festigkeit mit relativ hohe Zähigkeit gepaart wird und damit auch der Rissgefahr sinkt.

Mechanische Eigenschaften im Zusammenhang mit der C-Gehalt



Feinlamellares Perlit


Hipo
Hiper
HB
320
240
160
80
0
0.5
1
C%
feines
Perlit
grobes
Perlit
Sphäroidit
A%
90
60
30
0
Sphäroidit
grobes
Perlit
feines
Perlit
Martensit
feinens
Perlit
600
400
200
Folie: 27


Zusammenfassung der Wärmebehandlungsprozesse
Austenit (γ)
Langsame Abkühlung
mittelmäßige
Abkühlung
Schnelle Abkühlung
Perlit
α+Fe3C
Schichten
Bainit
α+Fe3C
Lamellen/Nadel
Martensit
(Umw. Ohne Difusion)
Anlassen
Angelassenes Martensit
α+ sehr kleine Fe3C Partikel
Fetigkeit
Martensit
Bainit
feines Perlit
grobes Perlit
Sphäroidit
Zähigkeit
Allgemeine Tendenzen
Folie: 28

Danke für die Aufmerksamkeit!