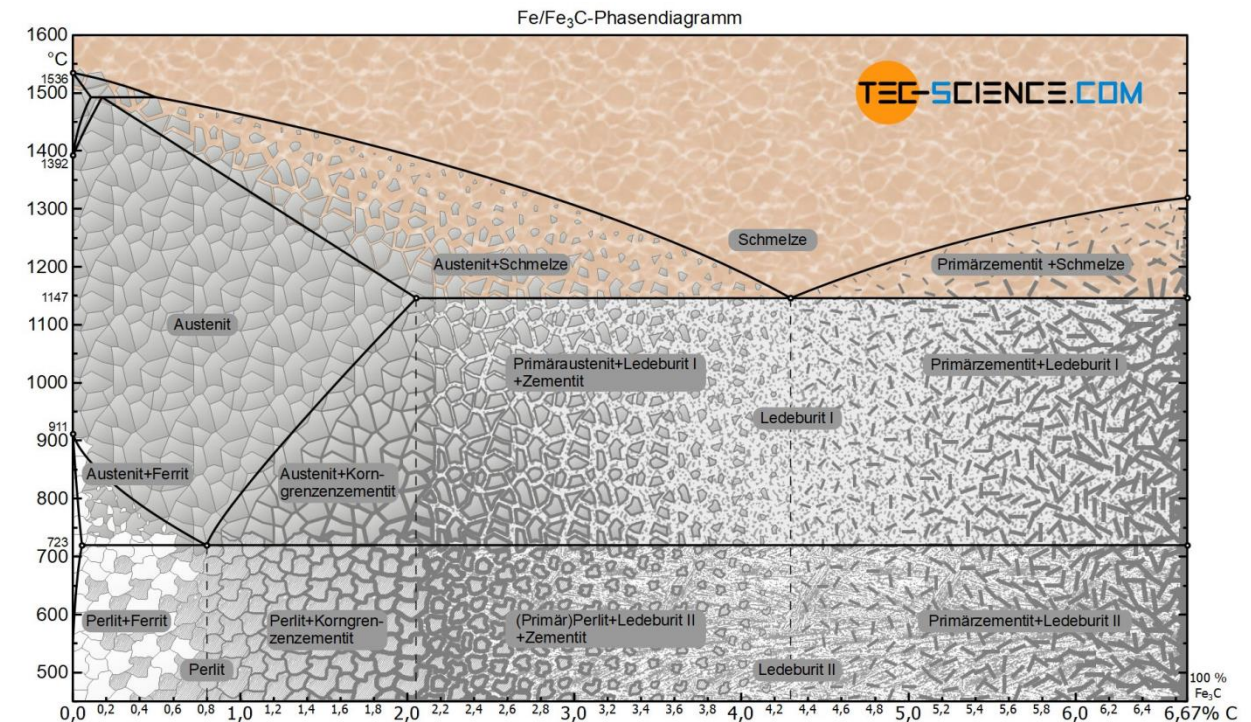


Werkstofftechnik

Stahlwerkstoffe – Das Fe-C Diagramm

Vorlesung



Stahlwerkstoffe – Das Fe-C Diagramm

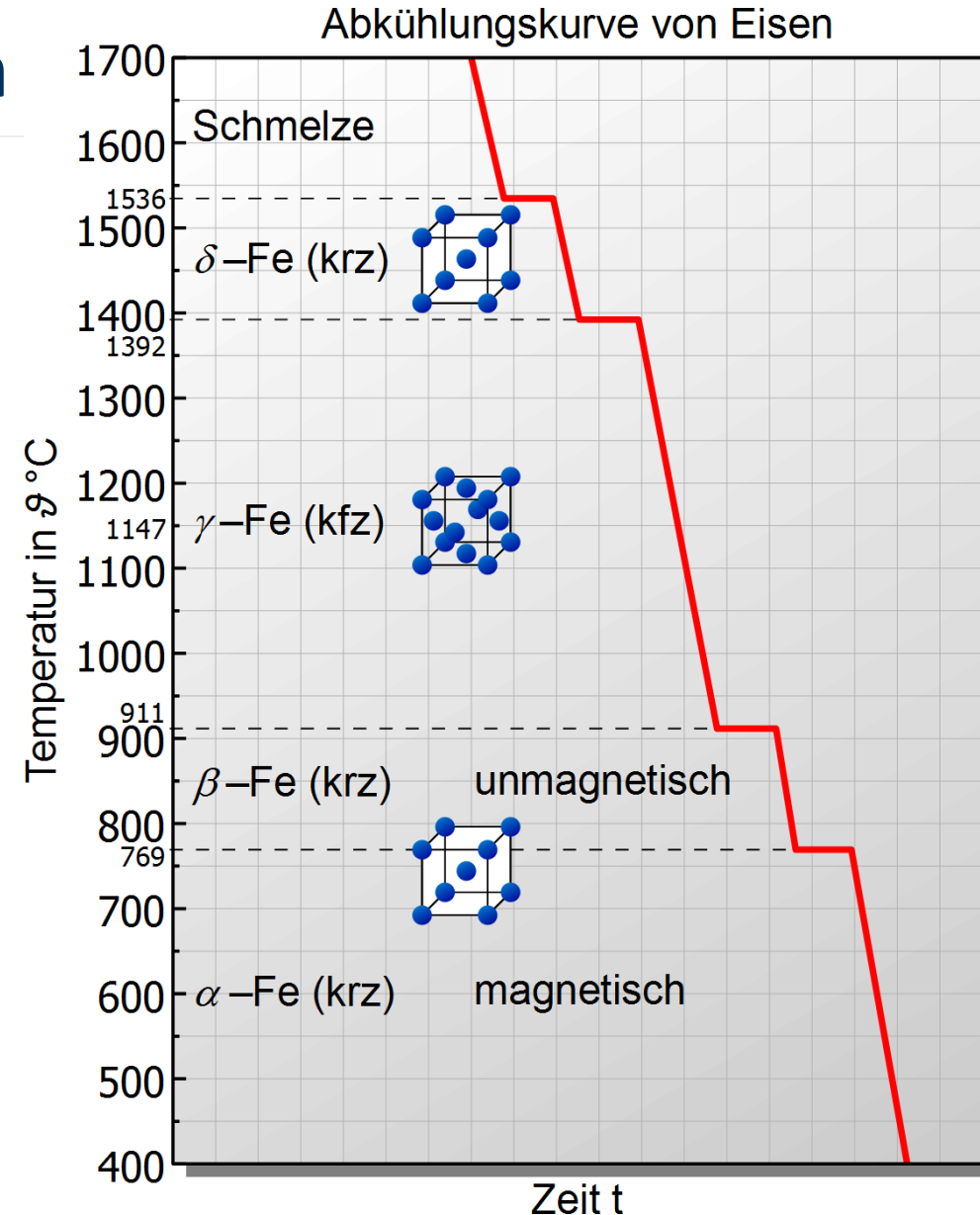
Allgemeines

- Eisen hat eine Dichte von $7,8 \text{ g/cm}^3$
- Eisen ist allotrop, d.h. das Kristallgitter ändert sich in Abhängigkeit der Temperatur:
- α -Ferrit ($\alpha\text{-Fe}$) mit einer kubisch raumzentrierten Gitterstruktur (krz), bis 911° C .
- Austenit ($\gamma\text{-Fe}$) mit einer kubisch flächenzentrierten Gitterstruktur (kfz), von 911 bis 1392° C .
- δ -Ferrit ($\delta\text{-Fe}$) mit einer kubisch raumzentrierten Gitterstruktur (krz), 1392 bis 1536° C .

ABER

Stahl ist eine Legierung aus Eisen und Kohlenstoff, wobei gilt:

- Eine Fe-C Legierungen mit einem C-Anteil $< 2,06 \text{ Gew.}\%$ ist Stahl.
- Eine Fe-C Legierungen mit einem C-Anteil $\geq 2,06 \text{ Gew.}\%$ ist Grauguss.



Stahlwerkstoffe – Das Fe-C Diagramm

— Metastabiles Systems Fe – Fe₃C

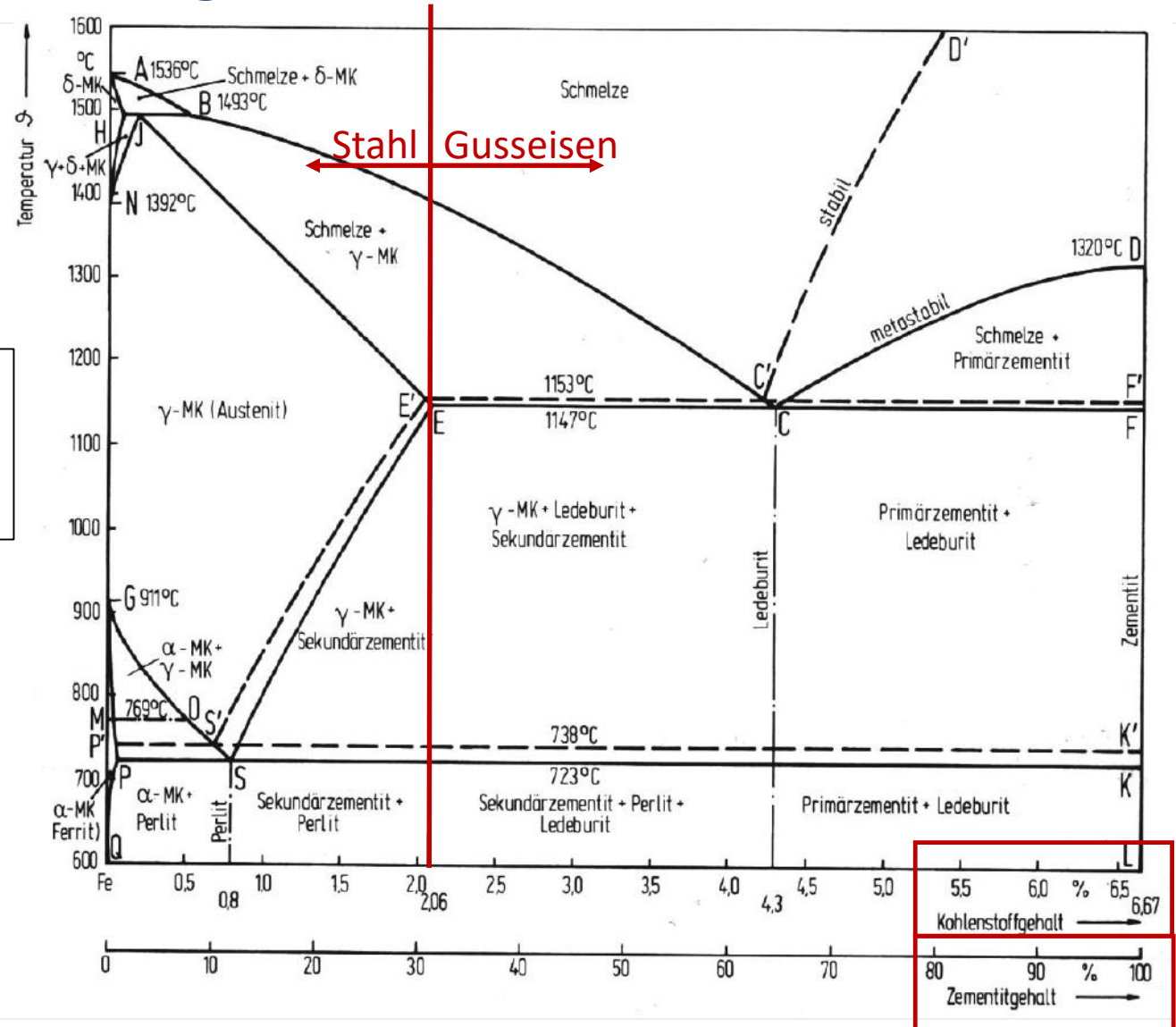
- - - - - Stabiles Systems Fe - C

Für Stahl ist das System Fe – Fe₃C relevant.

Für Gusseisen ist das System Fe – C wichtig.

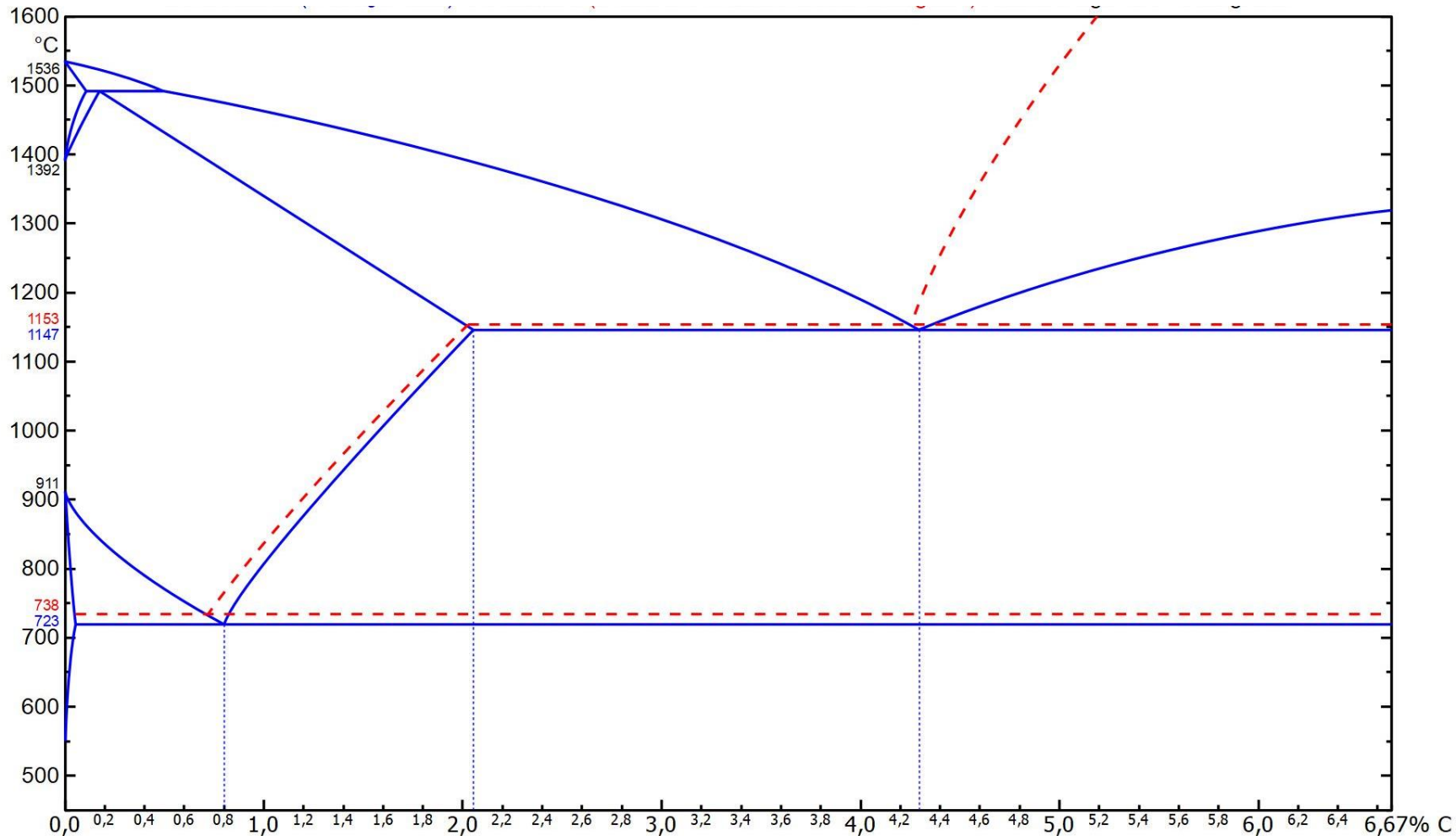
Für Stahl gilt $C < 2,06 \%$.

Für Gusseisen gilt $C \geq 2,06 \%$.



Stahlguss und Gusseisen

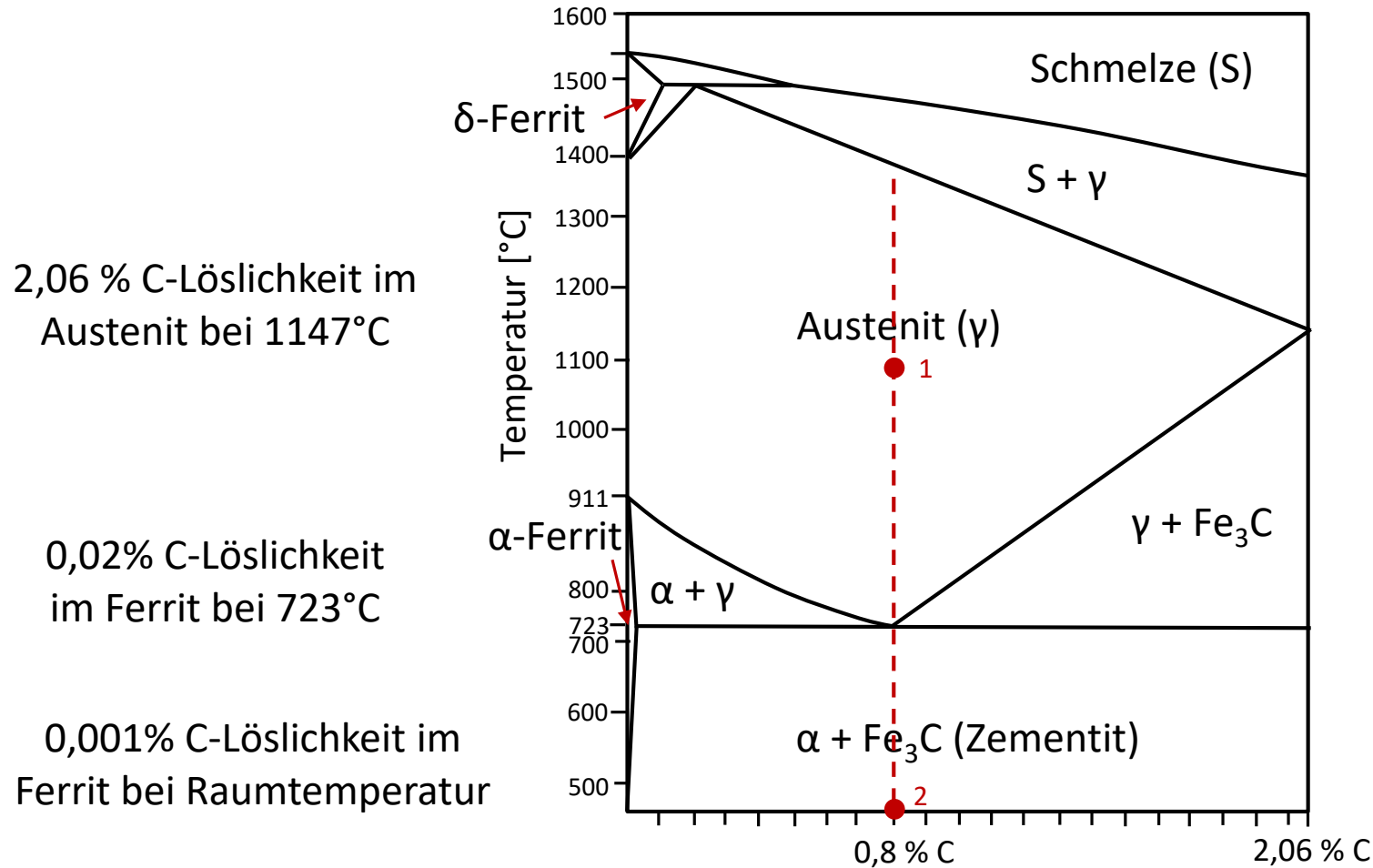
Gusseisen – Das metastabile Fe-Fe₃C - Zustandsdiagramm



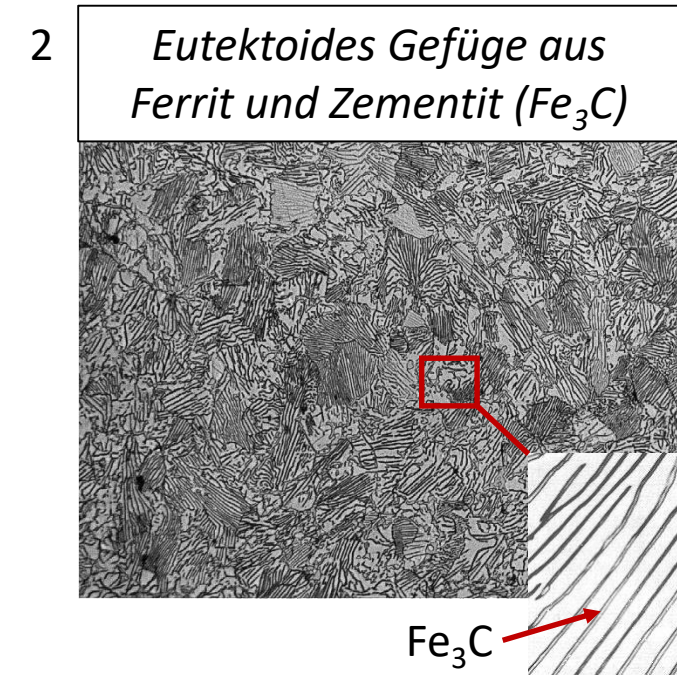
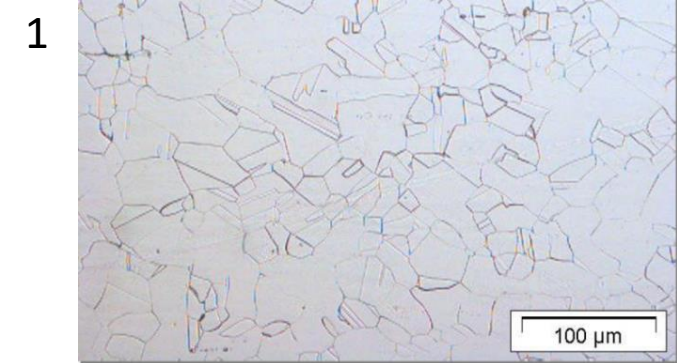
Quelle: Tec Science

Stahlwerkstoffe – Das Fe-C Diagramm

Das Eisen – Kohlenstoff - Diagramm



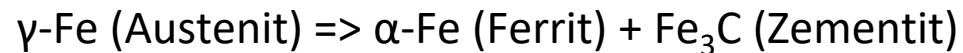
Austenitisches γ -Gefüge



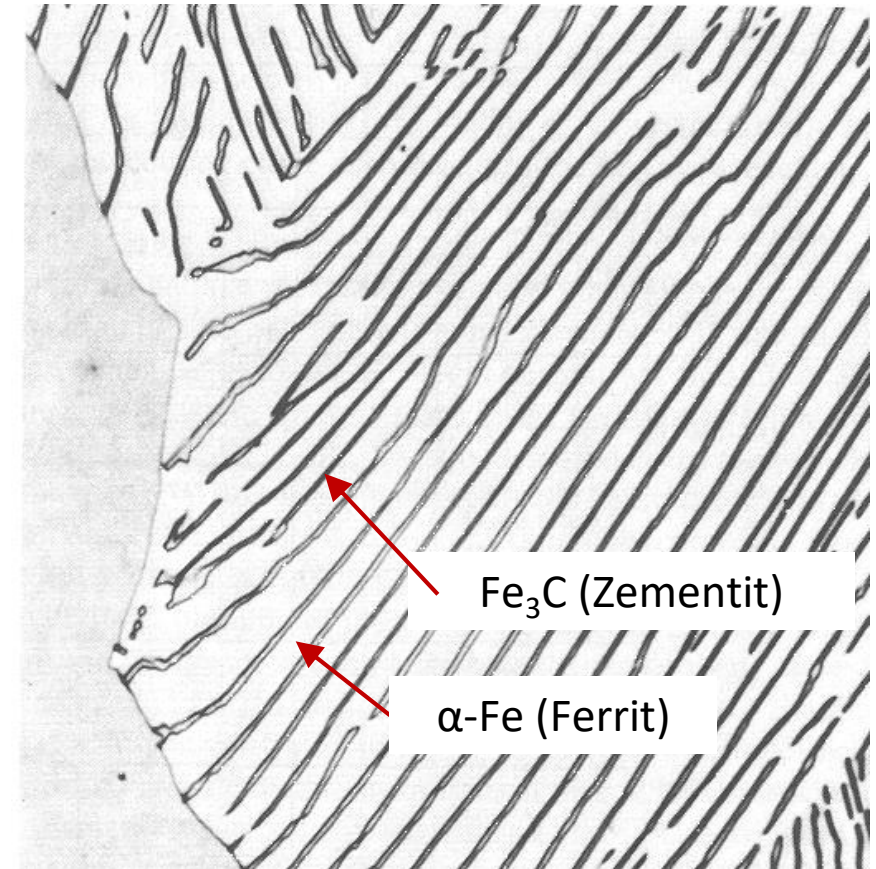
Stahlwerkstoffe – Das Fe-C Diagramm

Das Eisen – Kohlenstoff - Diagramm

Perlit ist das Reaktionsprodukt des eutektoiden Austenitzerfalls, welcher bei einem C-Anteil von 0,8 % auftritt:



- Perlit ist der Härteträger der allgemeinen Baustähle!
- Perlit enthält im Gleichgewicht immer 0,8% C und entsteht während der Abkühlung bei 723° C durch Diffusion.
- Perlit besteht aus 2 Phasen (α und Fe_3C), die eutektoid miteinander verwachsen sind.
- Perlit ist keine Phase sondern ein Phasengemisch bzw. eine Morphologie!



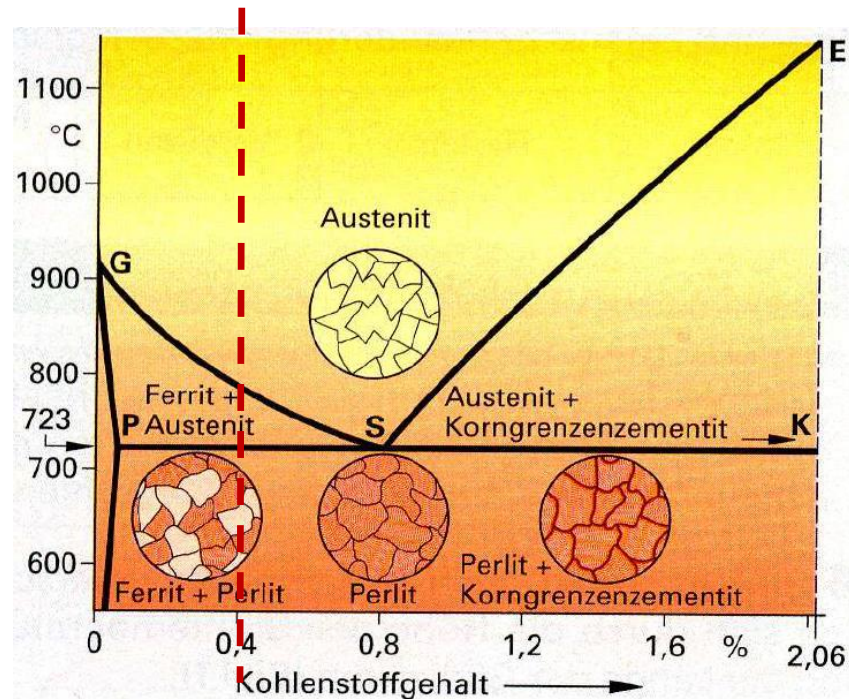
Gefüge des Perlits

Stahlwerkstoffe – Das Fe-C Diagramm

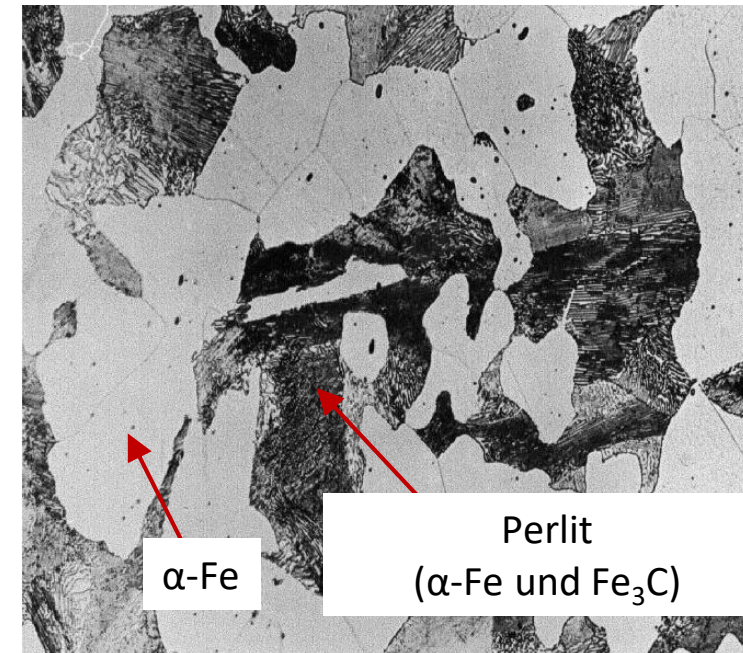
Das Eisen – Kohlenstoff - Diagramm

Fall Nr. 1: Fe-C – Legierung mit einem C-Anteil $< 0,8$ Gew.-% (untereutektoider Stahl)

- Ein Teil des Austenits wandelt zunächst in Ferrit um.
- Unter ca. 723°C kommt es zur eutektoiden Umwandlung des verbliebenen Austenits in Ferrit ($\alpha\text{-Fe}$) und Zementit (Fe_3C), d.h. Perlit.



Ferritisch-Perlitisches Gefüge

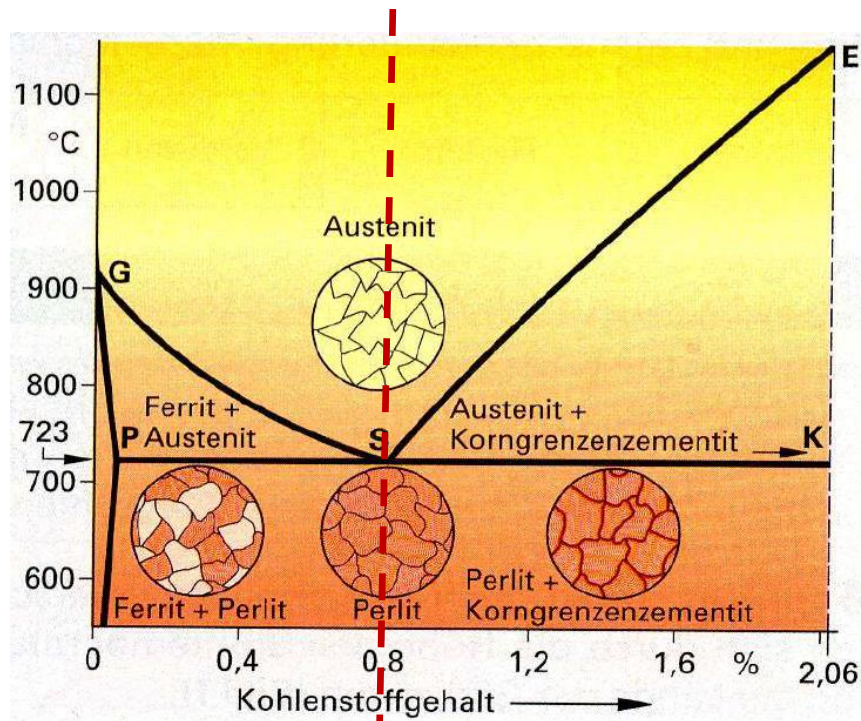


Stahlwerkstoffe – Das Fe-C Diagramm

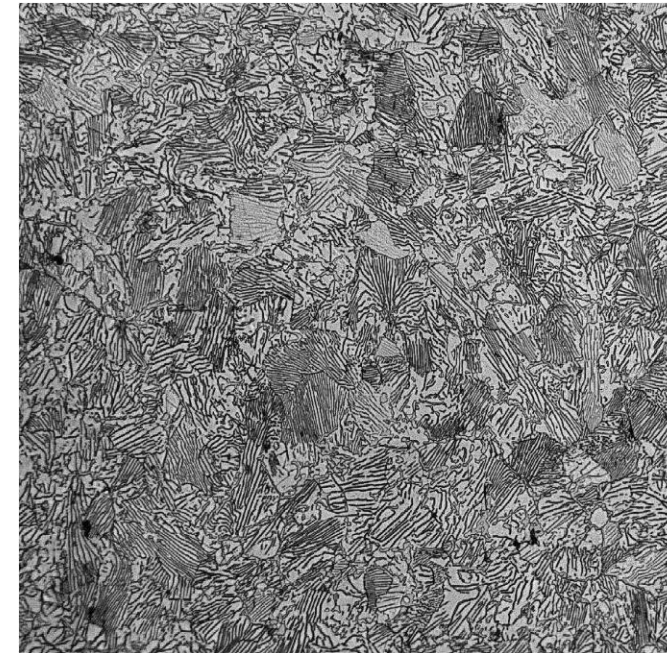
Das Eisen – Kohlenstoff - Diagramm

Fall Nr. 2: Fe-C – Legierung mit einem C-Anteil von 0,8 Gew.-% (eutektoider Stahl)

- Austenit wandelt sich eutektoid in Ferrit (α -Fe) und Zementit (Fe_3C) um, genannt Perlit.
- Das Gefüge eines eutektoiden Stahls (0,8 Gew.-% C) besteht zu 100% aus Perlit.



Perlitisches Gefüge

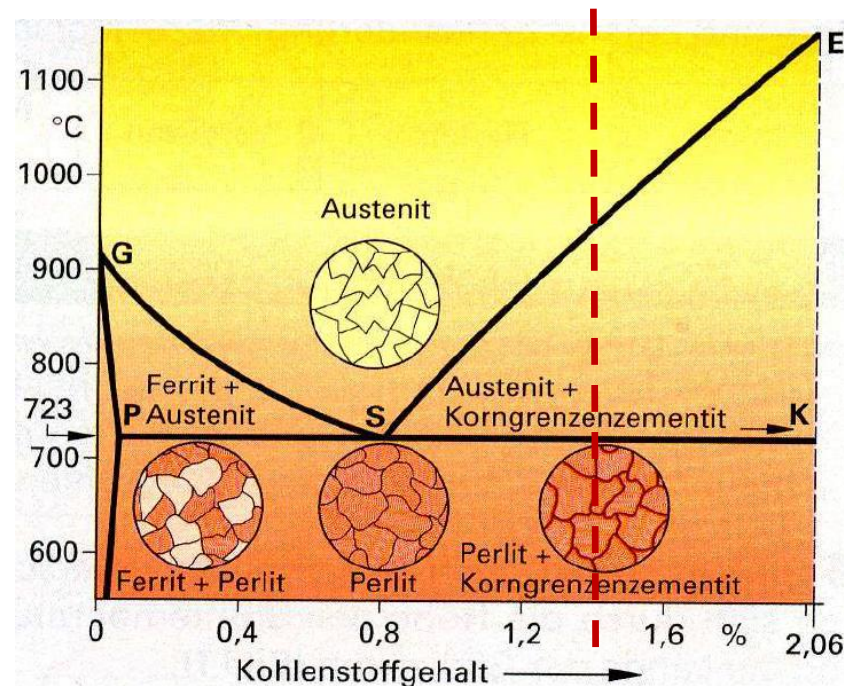


Stahlwerkstoffe – Das Fe-C Diagramm

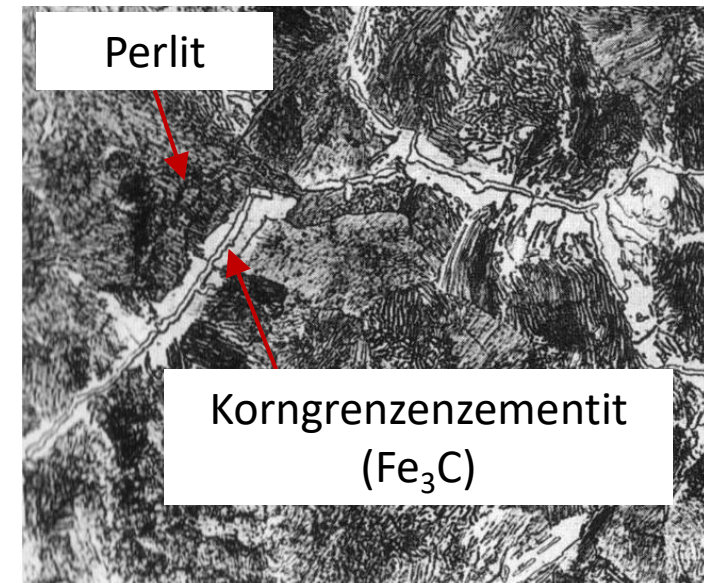
Das Eisen – Kohlenstoff - Diagramm

Fall Nr. 3: Fe-C – Legierung mit einem C-Anteil $> 0,8$ Gew.-% (übereutektoider Stahl)

- Ein Teil des Austenits wandelt sich zunächst in Zementit um, welcher vorrangig an den Korngrenzen auftritt (Korngrenzenzementit).
- Unter ca. 723°C kommt es zur eutektoiden Umwandlung des verbliebenen Austenits in Ferrit ($\alpha\text{-Fe}$) und Zementit (Fe_3C), d.h. Perlit.



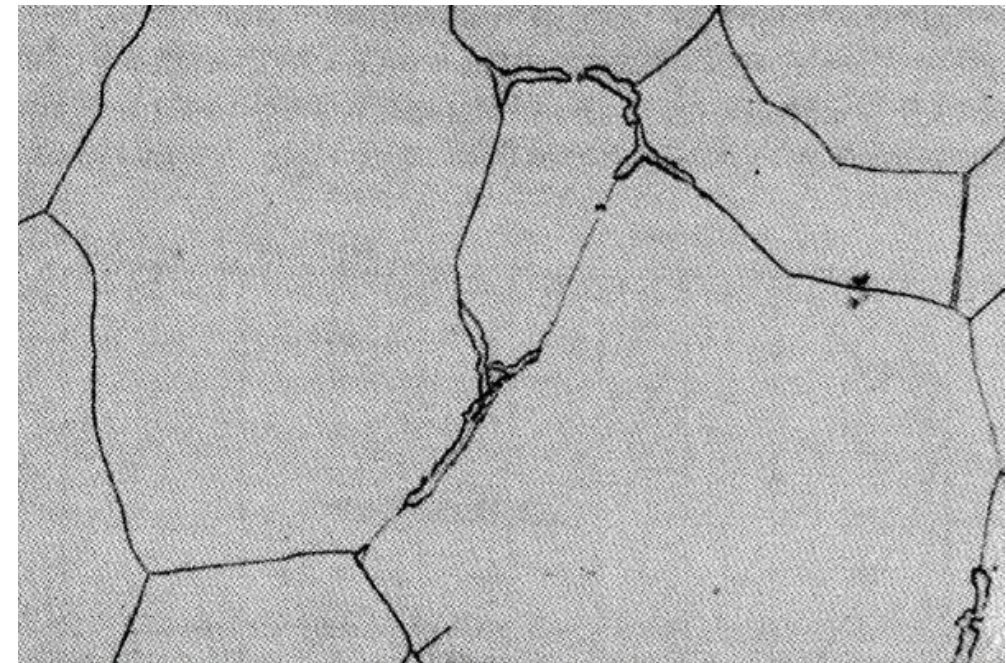
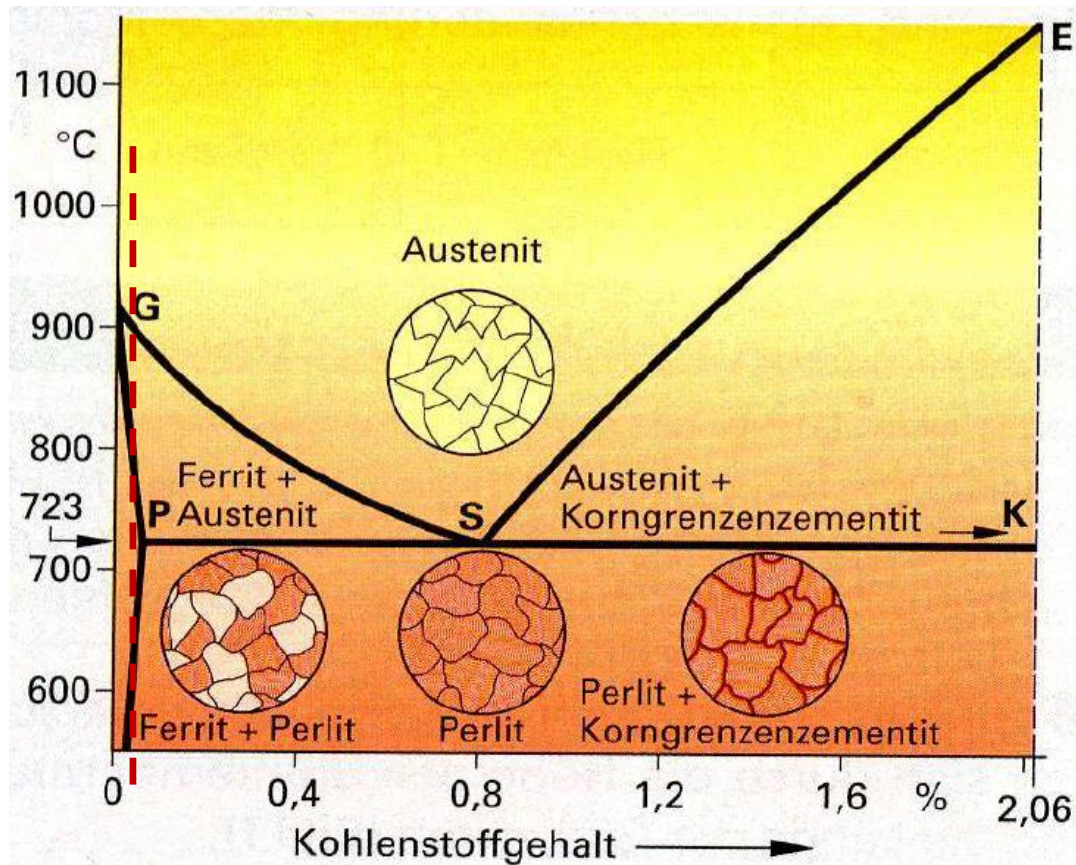
Perlit-Zementit Gefüge



Stahlwerkstoffe – Das Fe-C Diagramm

Das Eisen – Kohlenstoff - Diagramm

Fall Nr. 5: Fe-C – Legierung mit einem C-Anteil $< 0,02$ Gew.-%



Kohlenstoffarme Eisen-Kohlenstoff-Legierung, 500:1
Ferrit mit Ausscheidungen von Tertiärzementit auf den Korngrenzen,
Ätzung alk. Salpetersäure

Quelle: Arnold Horsch

Stahlwerkstoffe – Das Fe-C Diagramm

Zusammenfassung

- Eisen ist ein allotroper Werkstoff
- Die Löslichkeit des Kohlenstoffs im Austenit (γ -Fe) ist am höchsten
 - δ -Ferrit; maximaler Gehalt an C liegt bei 0,10% ($T = 1493^\circ \text{C}$)
 - γ -Austenit; maximaler Gehalt an C liegt bei 2,06% ($T = 1147^\circ \text{C}$)
 - α -Ferrit; maximaler Gehalt an C liegt bei 0,02% ($T = 723^\circ \text{C}$)
- Das Fe-C Zustandsdiagramm beschreibt das Gefüge von Stahl ($C < 2,06\%$) und Gusseisen ($C \geq 2,06\%$) im Gleichgewichtszustand, d.h. bei unendlich langsamen Abkühlgeschwindigkeiten
- Bei unlegierten Stählen bestimmt der C-Anteil das Gefüge und somit die Eigenschaften
 - Untereutektoide Stähle ($C < 0,8 \%$)
 - Eutektoide Stähle ($C = 0,8 \%$)
 - Übereutektoide Stähle ($C > 0,8 \%$)
 - Untereutektisches Gusseisen ($2,06 \% < C < 4,3\%$)
 - Eutektisches Gusseisen ($C = 4,3 \%$)
 - Übereutektisches Gusseisen ($4,3 \% < C < 6,67 \%$)