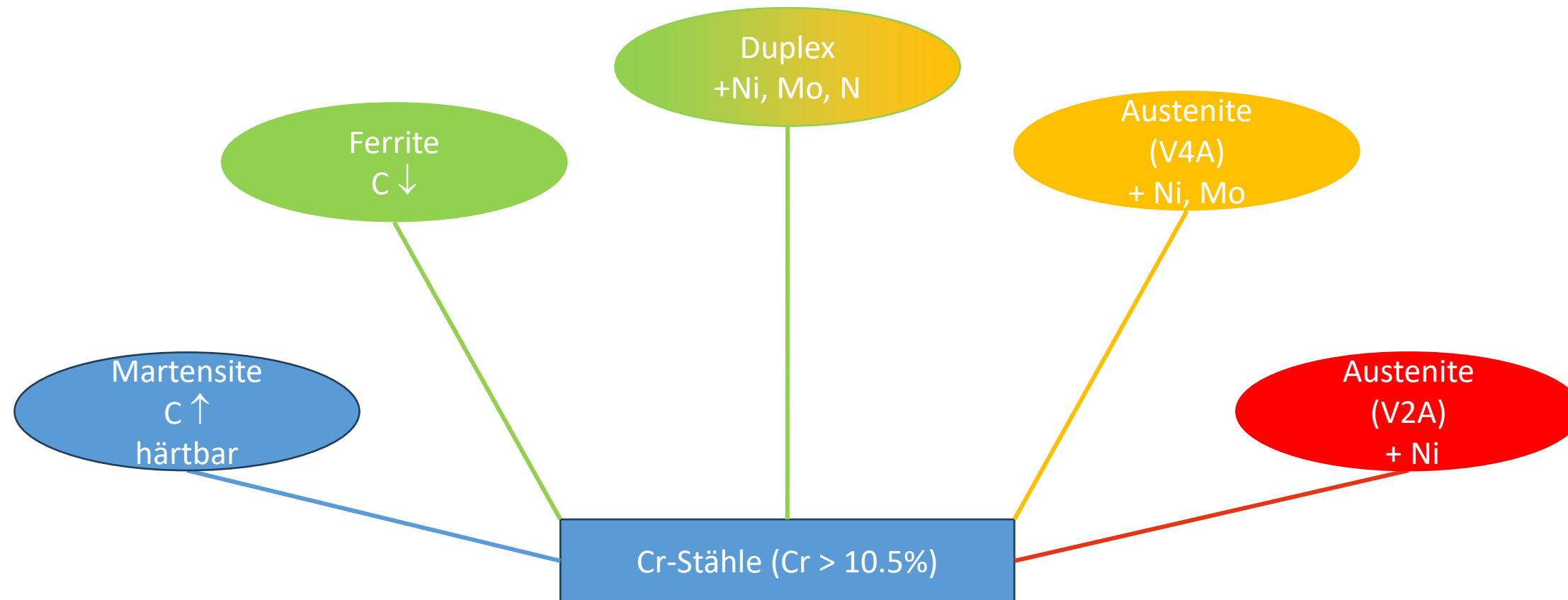


Welt der Wärmebehandlung. Härterei. Beratung. Contracting.

Wärmebehandlung nichtrostender Stähle
Patrick Margraf



Nichtrostende Edelstähle.



Ferritische Stähle.

Grundgüte X6Cr13 (1.4000)

Geringe C-Löslichkeit, hohe Diffusionsfähigkeit, Kornwachstum

-> Cr-Karbidbildung, Korrosionsbeständigkeit ↓ IK ↑

Stabilisieren

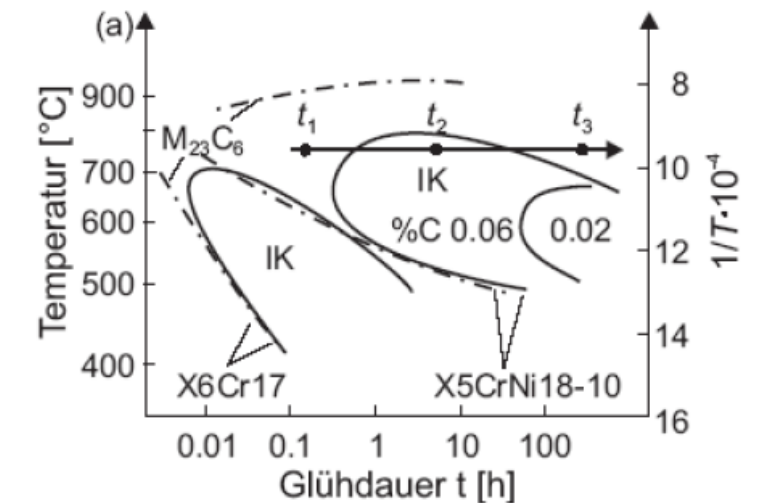
- Ti > 7xC-% (X6CrNiTi12 / 1.4516)
- Nb > 12xC-% (X2CrNiTiNb18 / 1.4509)

Stabilglühen: 750°C - 800°C / Luft

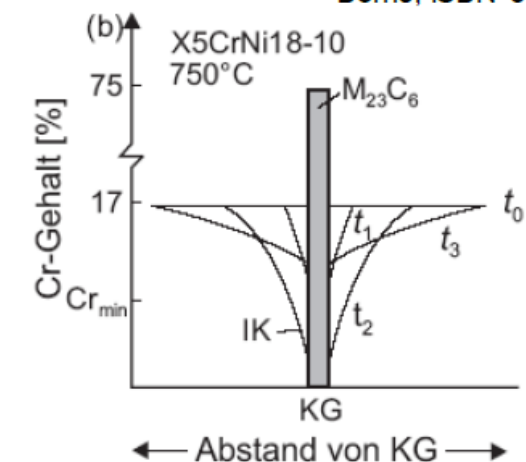
Extra Low Carbon

- X2Cr12 / 1.4030

Höhere Beständigkeit: Erhöhung Cr, Mo, Al

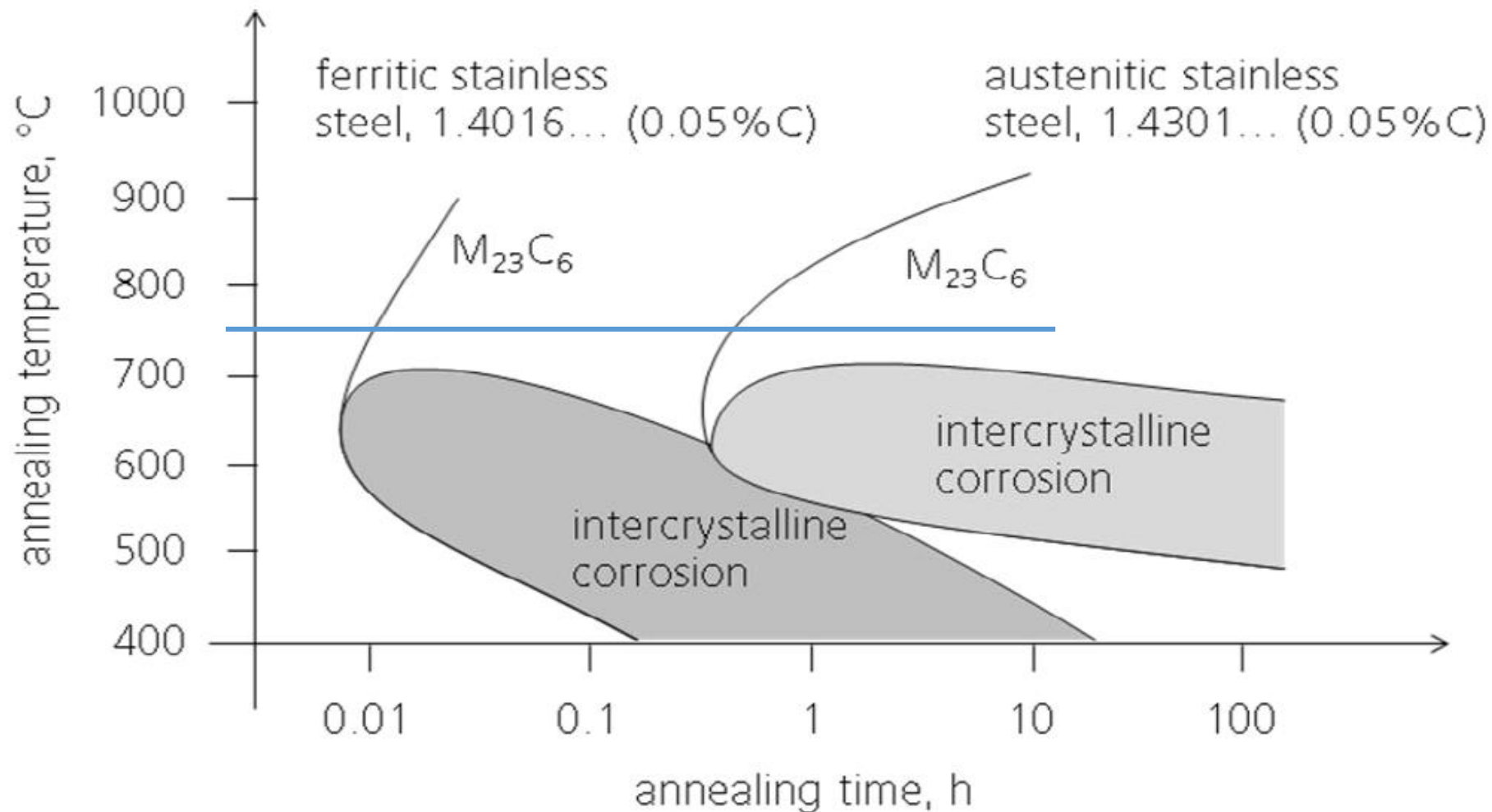


Berns, ISBN 3-540-29792-8



Berns, ISBN 3-540-29792-8

Ferritische Stähle.



Stabilisierungsglühen

verbessert

- Korrosionsbeständigkeit
- Zähigkeit

Häufig mit
Spannungsarmglühen
gleichzusetzen.

Martensitisch nichtrostende Stähle.

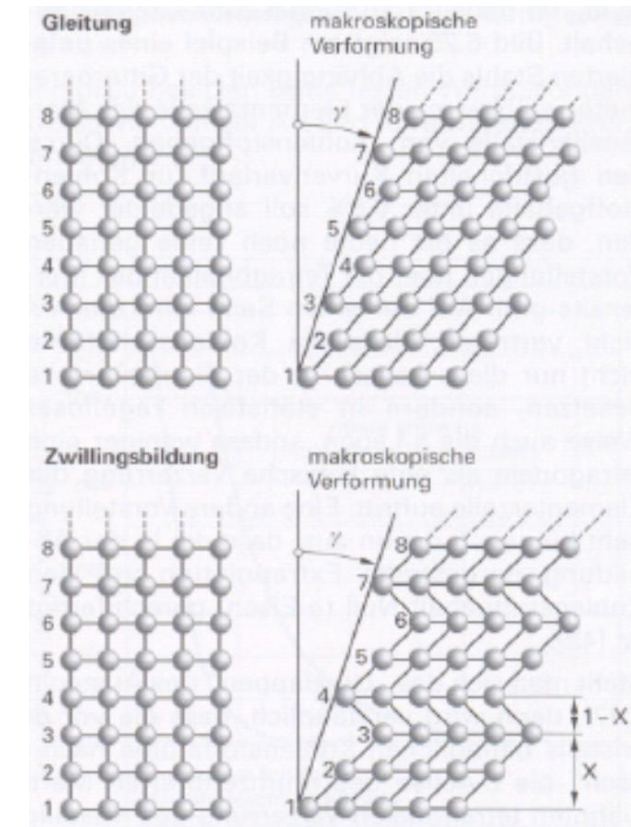
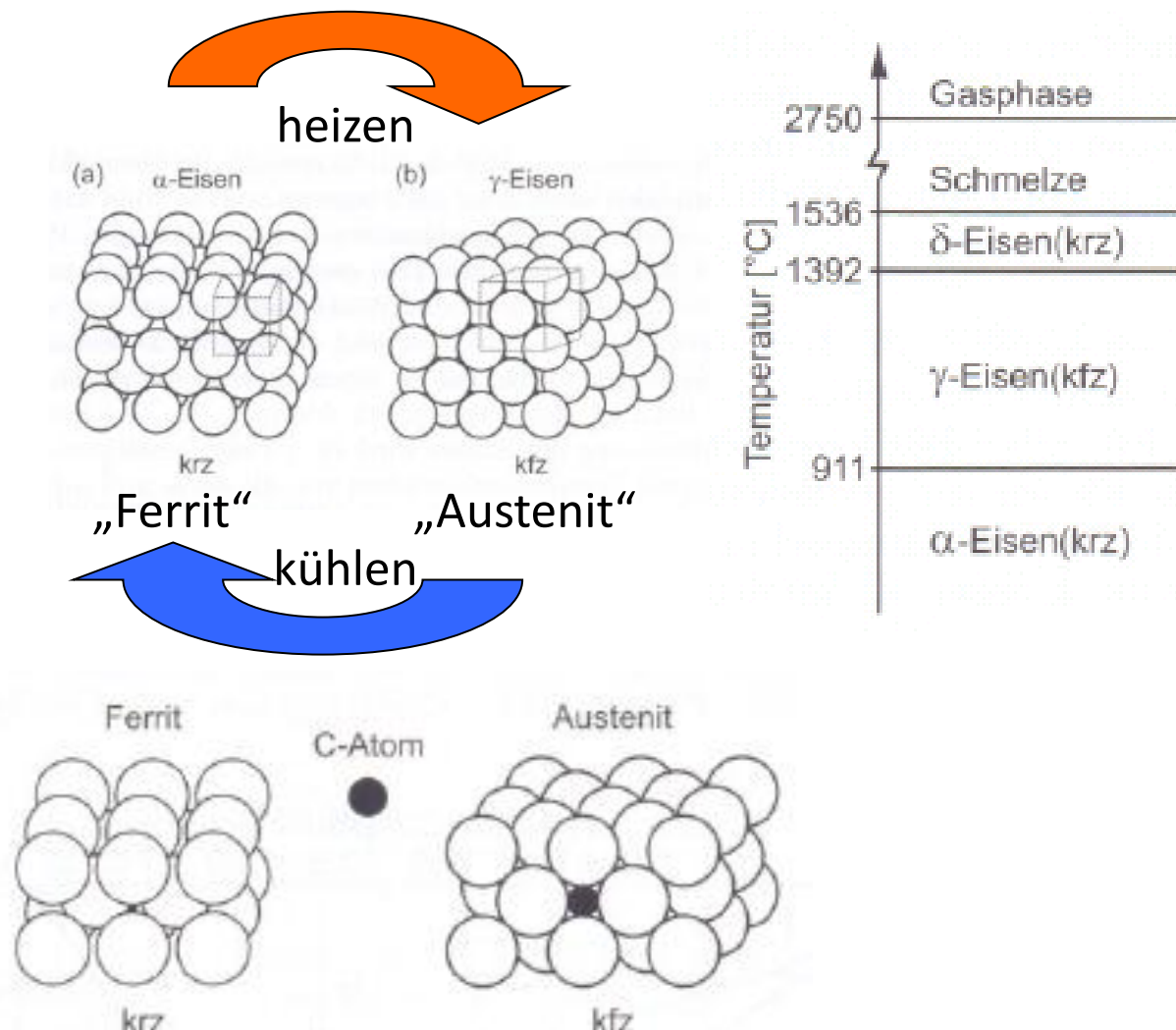
Einteilung

- Hartmartensitische Stähle (Kohlenstoff-Martensite)
- Weichmartensitische oder nickelmartensitisch Stähle
- Ausscheidungshärtende Stähle

Festigkeit +
Korrosionsbeständigkeit

Verschleiss- +
Korrosionsbeständigkeit

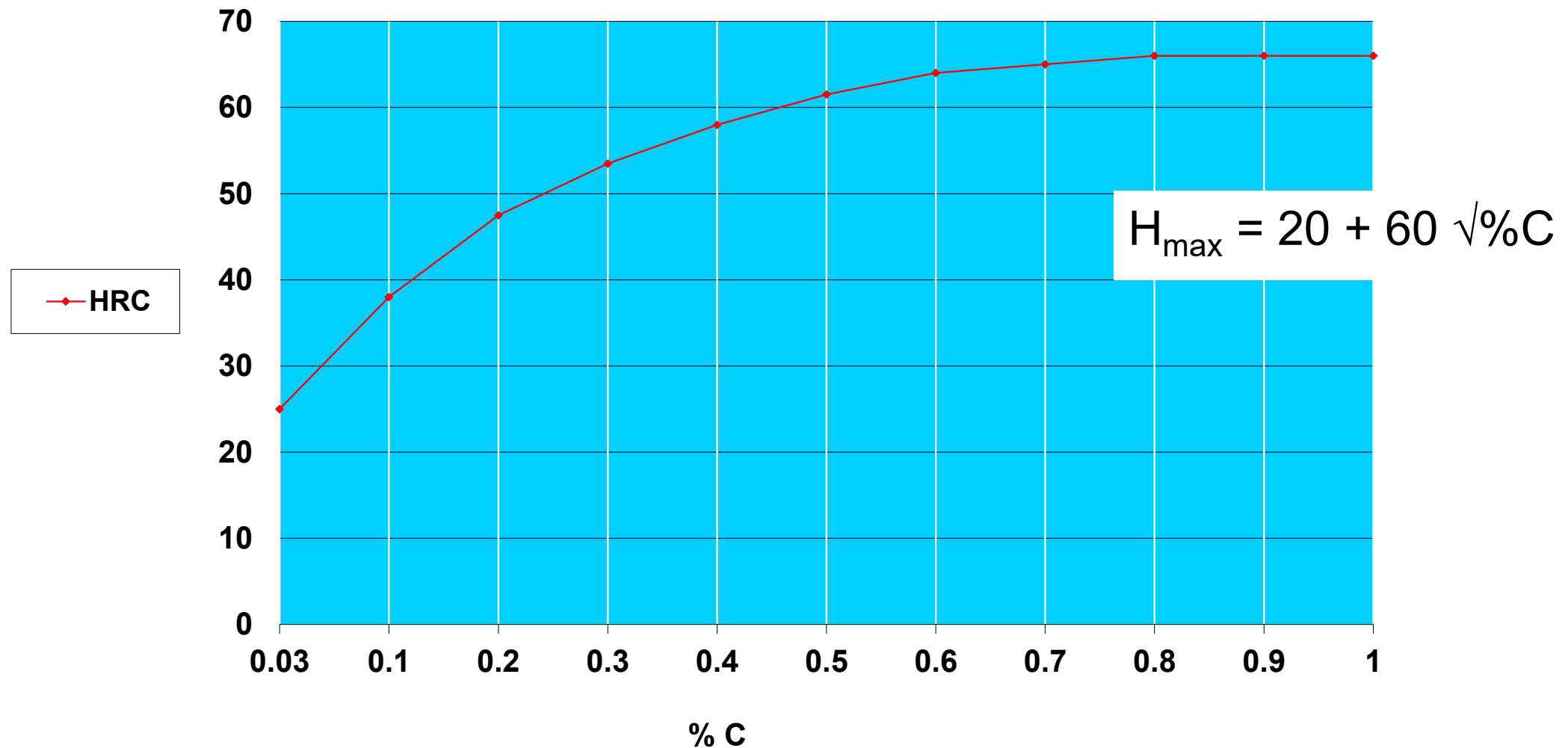
Exkurs: Härten – Mechanismen.



Kühlvorgang = Abschrecken
 $\Rightarrow$ Martensit

Keine Diffusion, sondern
 «Umwandlung»

Aufhärbarkeit = f (% C).



Martensitisch nichtrostende Stähle.

Grundgüte: X20Cr13 /1.4021

(ähnlich Werkzeugstähle)

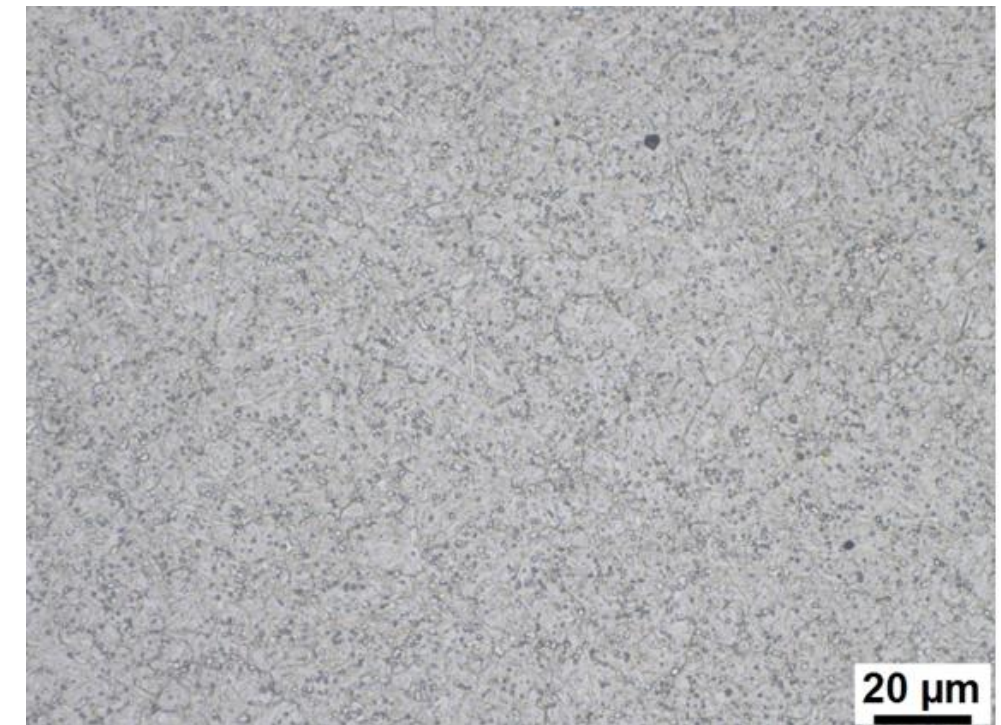
Wärmebehandlung

-> **Härten** + Anlassen (normalerweise < 200°C)

-> hohe Einhärtung wegen Cr

Hoher C-Gehalt (z.B. X90CrMoV18 / 1.4112)

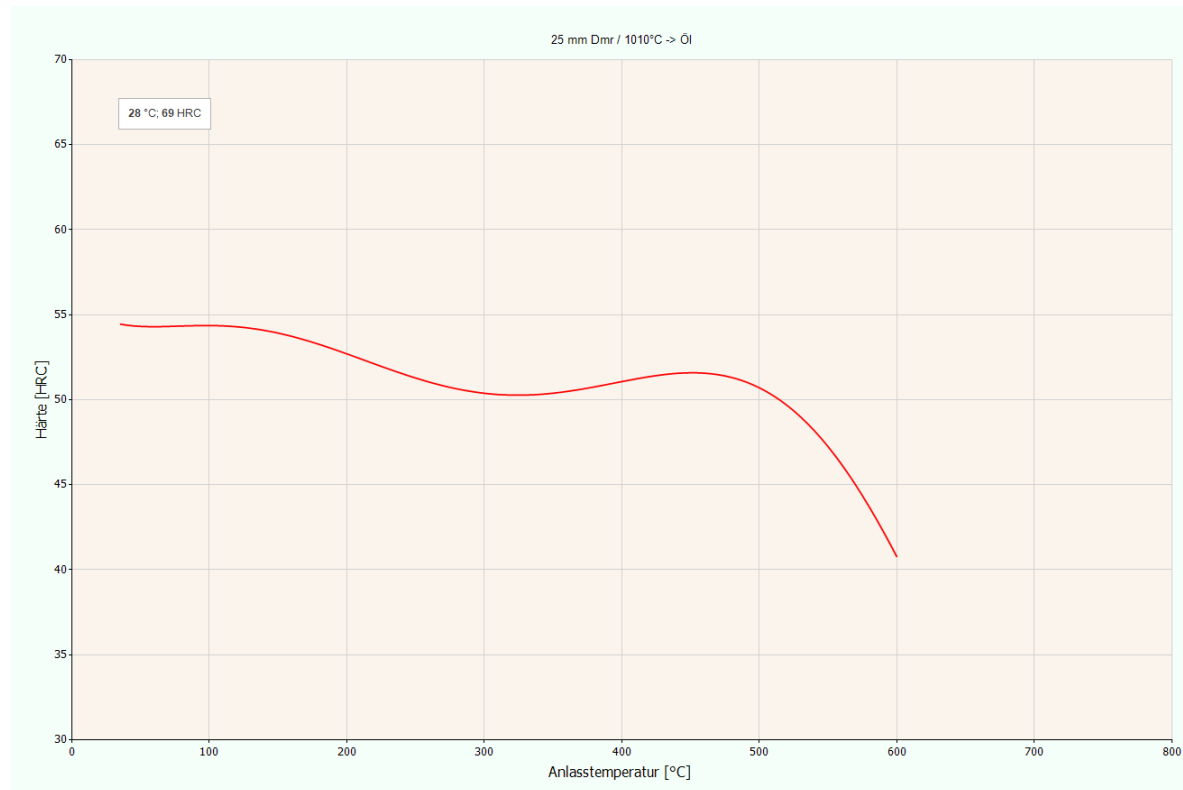
-> Primärkarbide



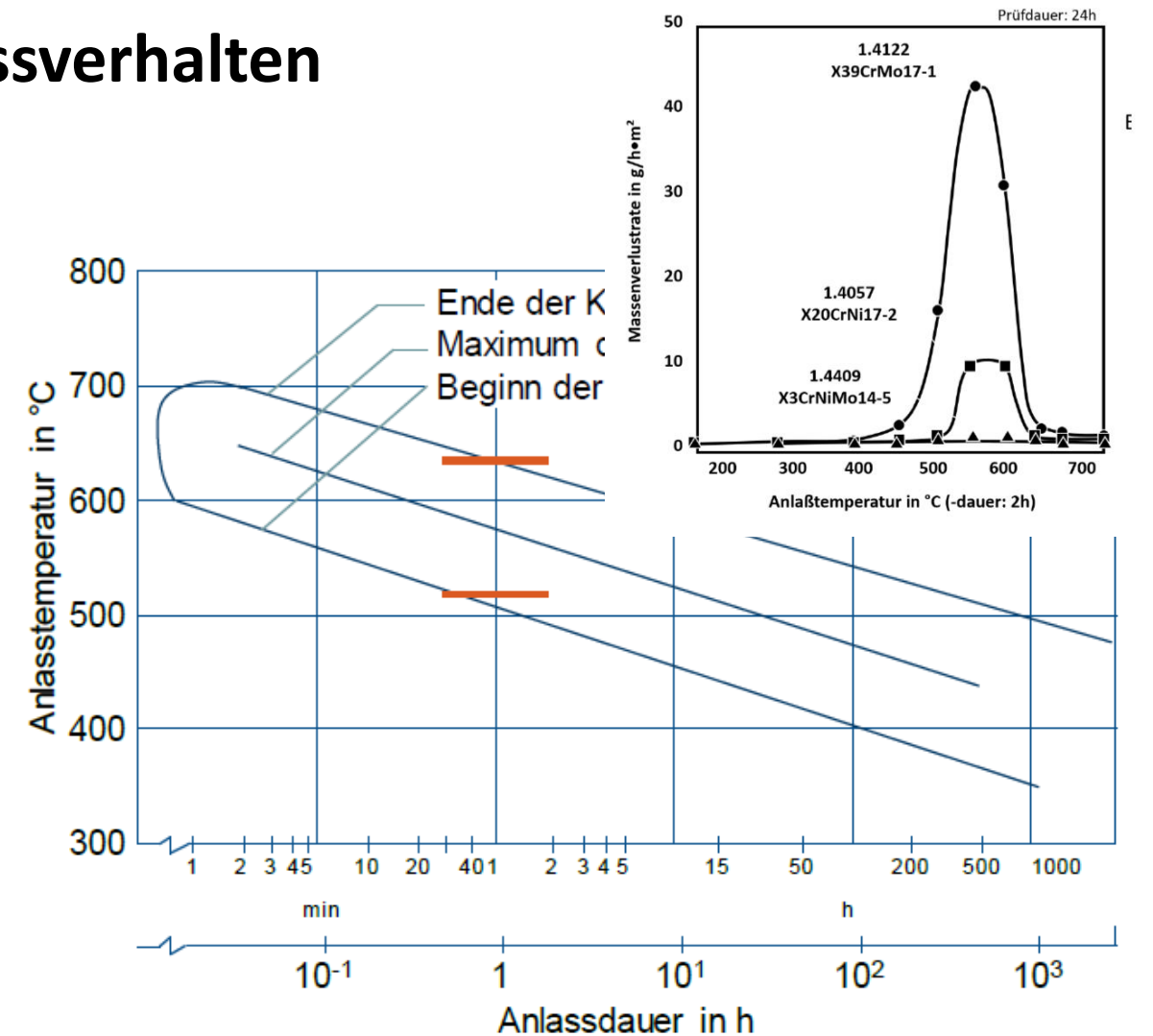
X65Cr13 / 1.4037 gehärtet

Martensitisch nichtrostende Stähle.

Kohlenstoffmartensitische Stähle - Anlassverhalten



Anlasskurve 1.4034 - Sekundärhärte-Peak

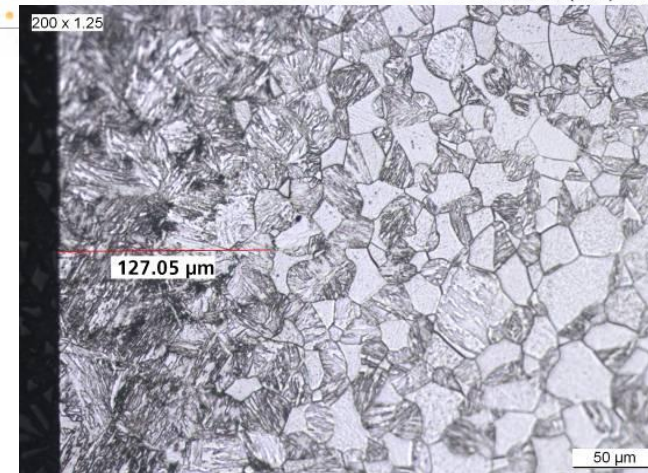
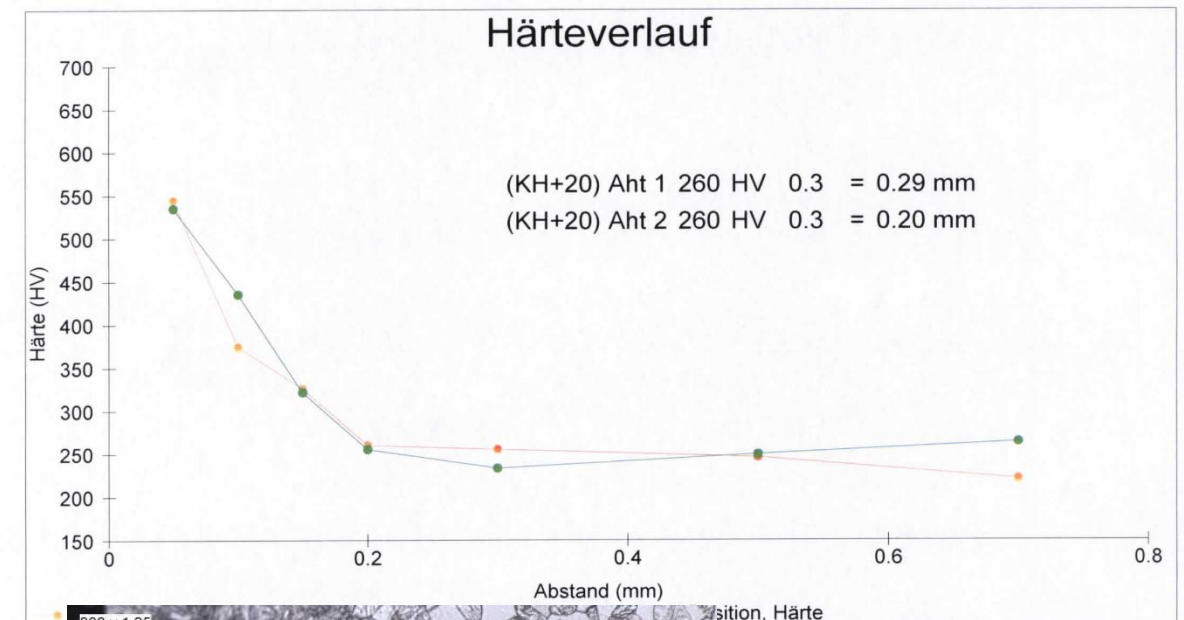
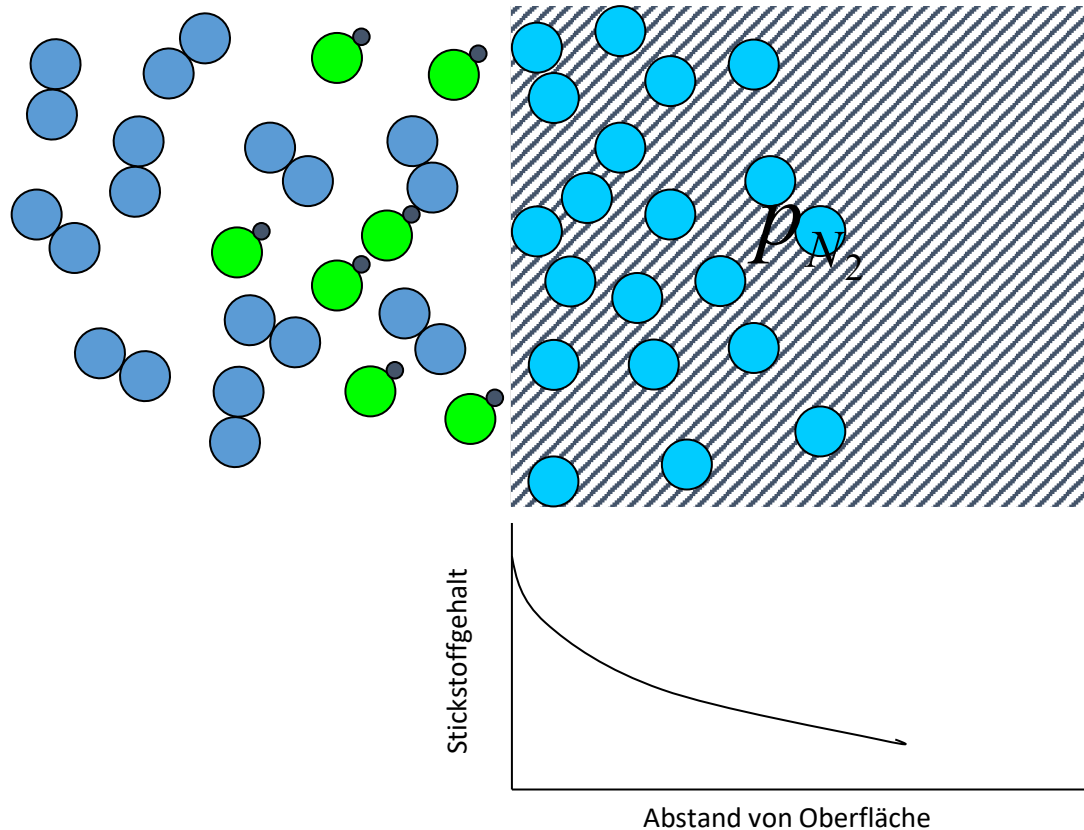


Interkristalline Korrosion: Vorsicht vor hohen Anlasstemperaturen

Martensitisch nichtrostende Stähle.

Sonderbehandlung für Ferrite und Martensite: **HARD-INOX-P** (analog Einsatzhärten)

$$[N] \sim \sqrt{p_{N_2}}$$



Martensitisch nichtrostende Stähle.

HARD-INOX-P (analog Einsatzhärten) – was es bewirkt:

- Verbesserung Korrosionsbeständigkeit
- Verbesserung Oberflächenhärte (Verschleissbeständigkeit)
- Erhöhung Druckeigenspannungen (verbessertes Ermüdungsverhalten)
- Versprödung

Beispiel 1.4021



Gehärtet
OFH 500-550 HV

Tauchtest DIN EN 8442

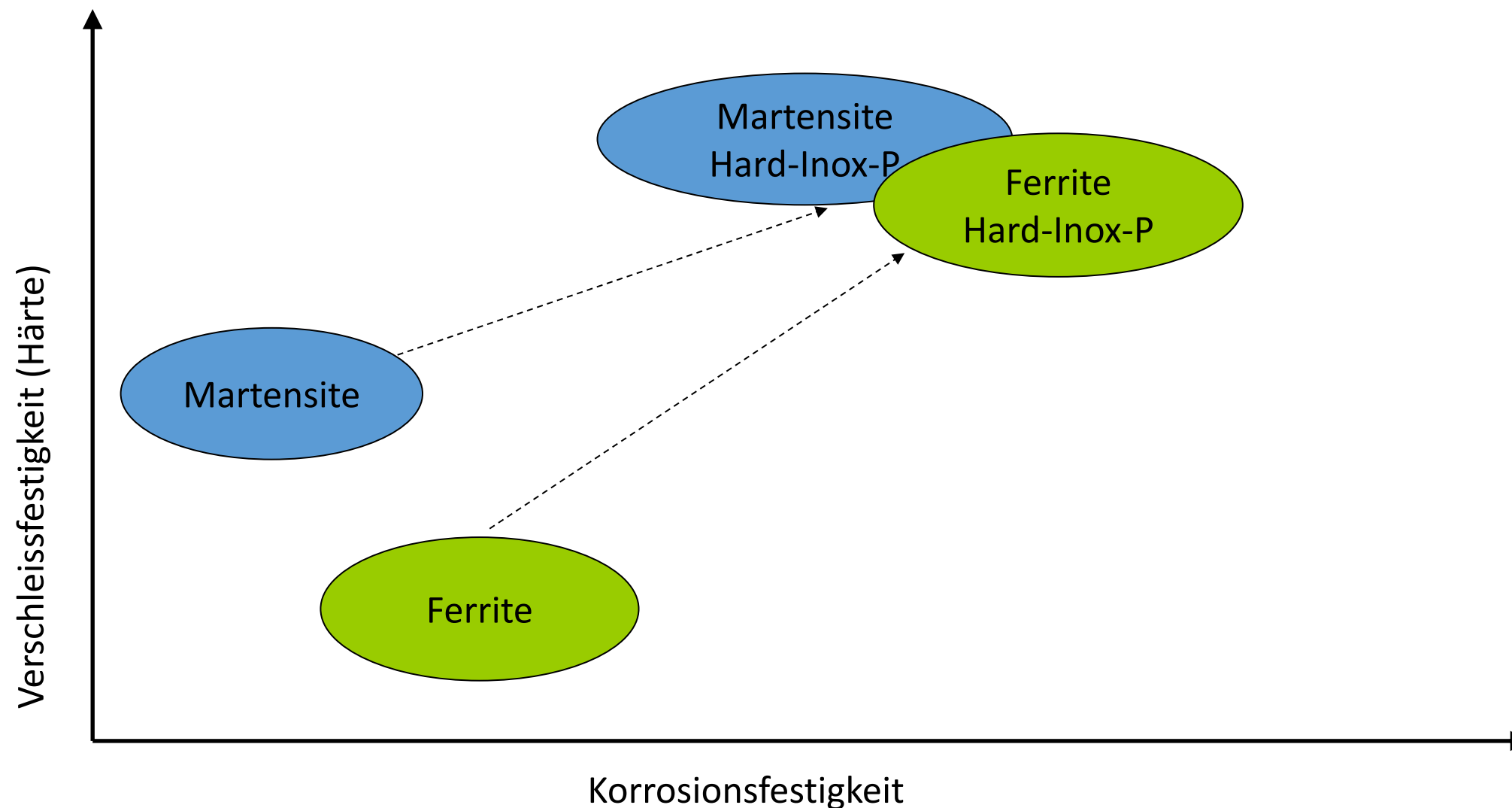
- 1M NaCl-Lösung
- 60°C/6h
- Wechseltauchverfahren



Hard-Inox-P
OFH 650-750 HV
NCHD 0.3 mm

Martensitisch nichtrostende Stähle.

HARD-INOX-P (analog Einsatzhärten)



Martensitisch nichtrostende Stähle.

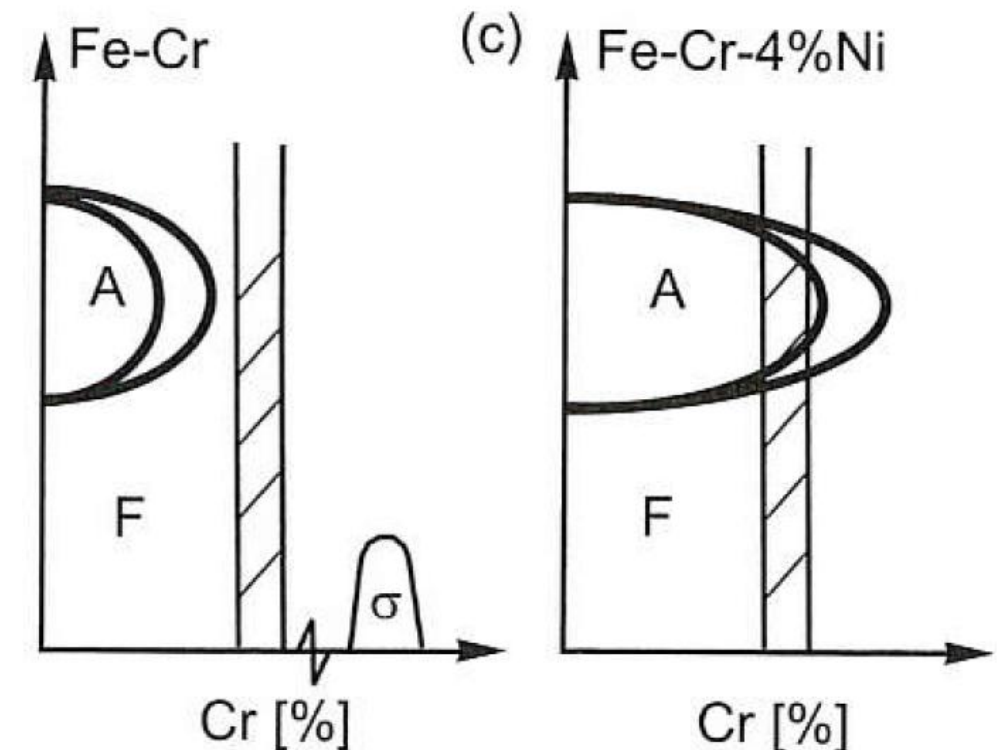
Weichmartensitische Stähle

→ Legierungselemente

- Kohlenstoff < 0.06 Massen-%
- Chrom ca. 13 Massen-%
- Nickel 3 - 6 Massen-%

Bekannteste Vertreter:

- X3CrNiMo13-4 / 1.4313
- X4CrNiMo16-4-1 / 1.4418

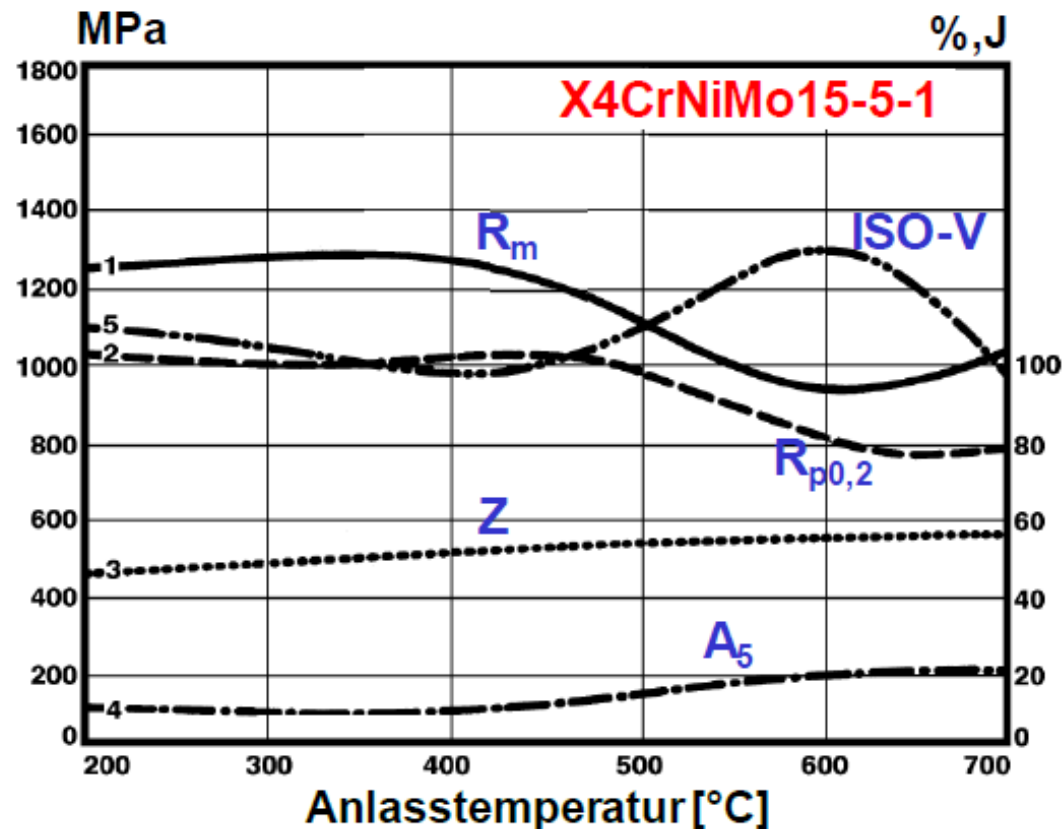


Martensitisch nichtrostende Stähle.

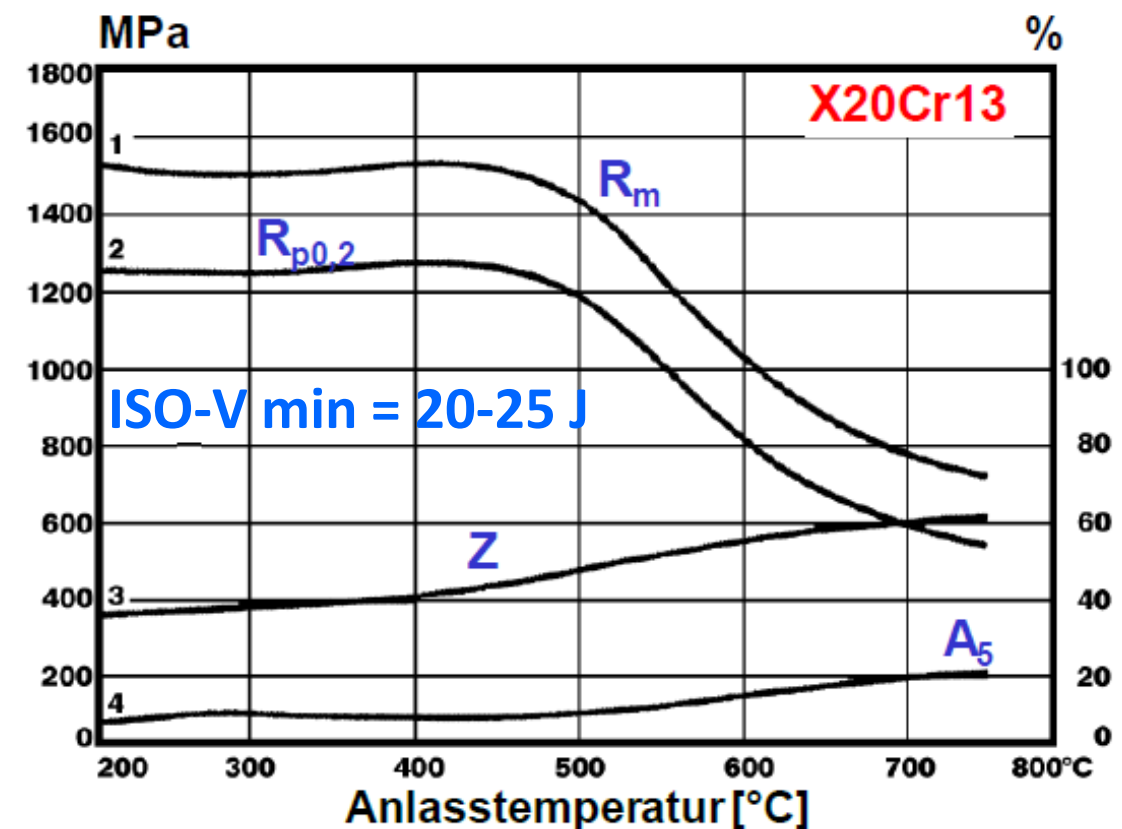
Weichmartensitische Stähle

Wärmebehandlung: Vergüten

- Niedrigere Festigkeit als C-Martensite
- Höhere Zähigkeit als C-Martensiten



Datenblatt: N404

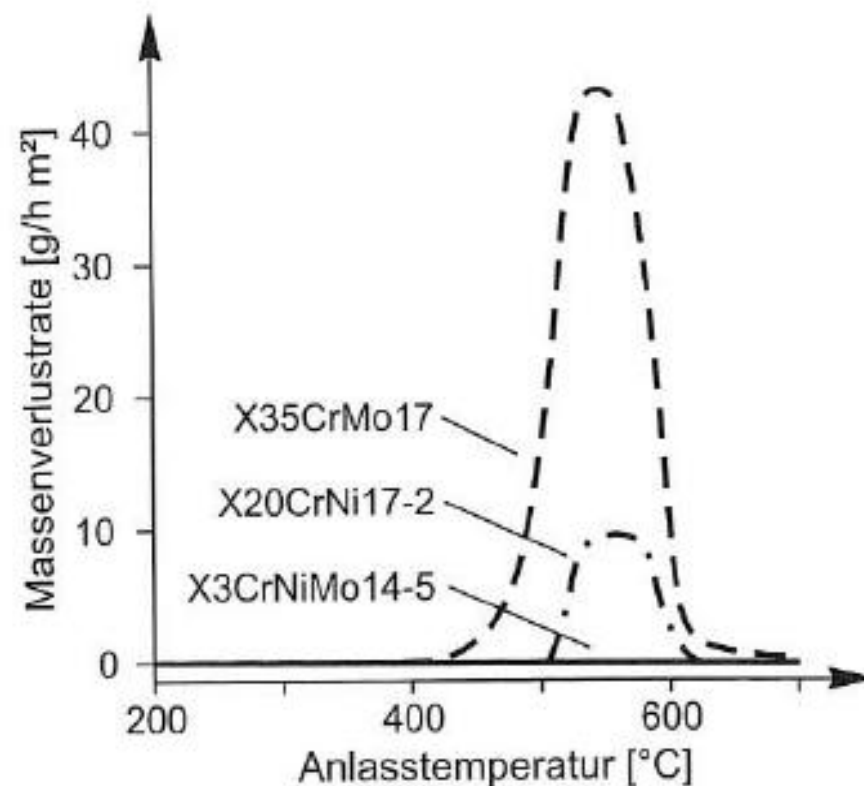


Datenblatt: N320

Martensitisch nichtrostende Stähle.

Weichmartensitische Stähle

→ Beständigkeit auch bei hohen Anlasstemperaturen



Aus: Eisenwerkstoffe – Stahl und Gusseisen; H. Berns, W. Theisen

Gute Kombination von
Zähigkeits- und
Korrosionseigenschaften

Martensitisch nichtrostende Stähle.

Ausscheidungshärtende martensitische Stähle (Maraging-Stähle)

Ausgangslegierung/-gefüge: Ni-Martensite

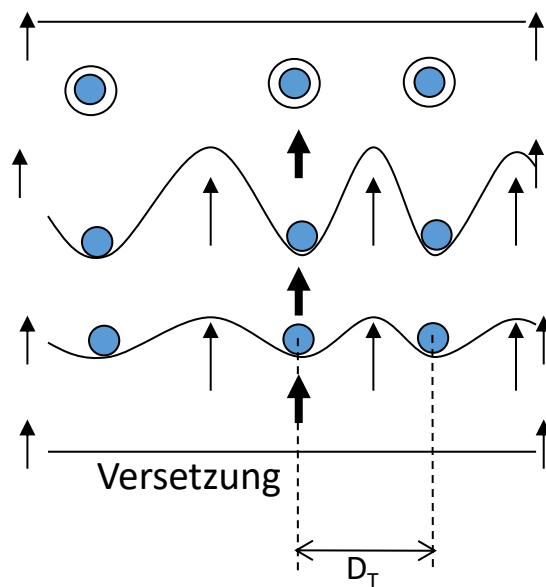
- Ausscheidungen auf Basis von Cu, Al, Mo, Ti
- Cu-Ausscheidungen
- Intermetallische Phasen (Ni_3Ti , Ni_3Al , etc.)

Bekannteste Vertreter:

- X5CrNiCuNb16-4 / 1.4542 (17-4PH)
- X5CrNiCu15-5-4 / 1.4545 (15-5PH)

Exkurs: Ausscheidungshärten.

Orowan-Prozess

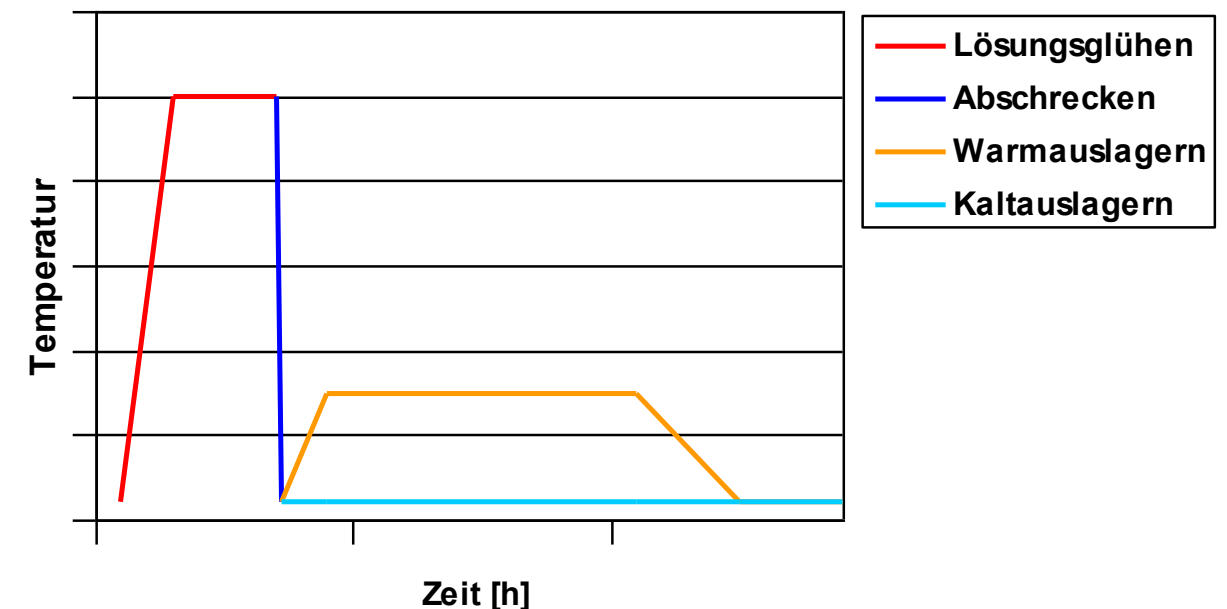


$$\Delta\tau_O \sim 1/D_T$$

Behandlung bei PH/Maraging-Stählen, Al- + Cu-Legierungen

Härtung durch gezielte Bildung von Ausscheidungen (precipitations) in homogener Matrix

T/t-Verlauf

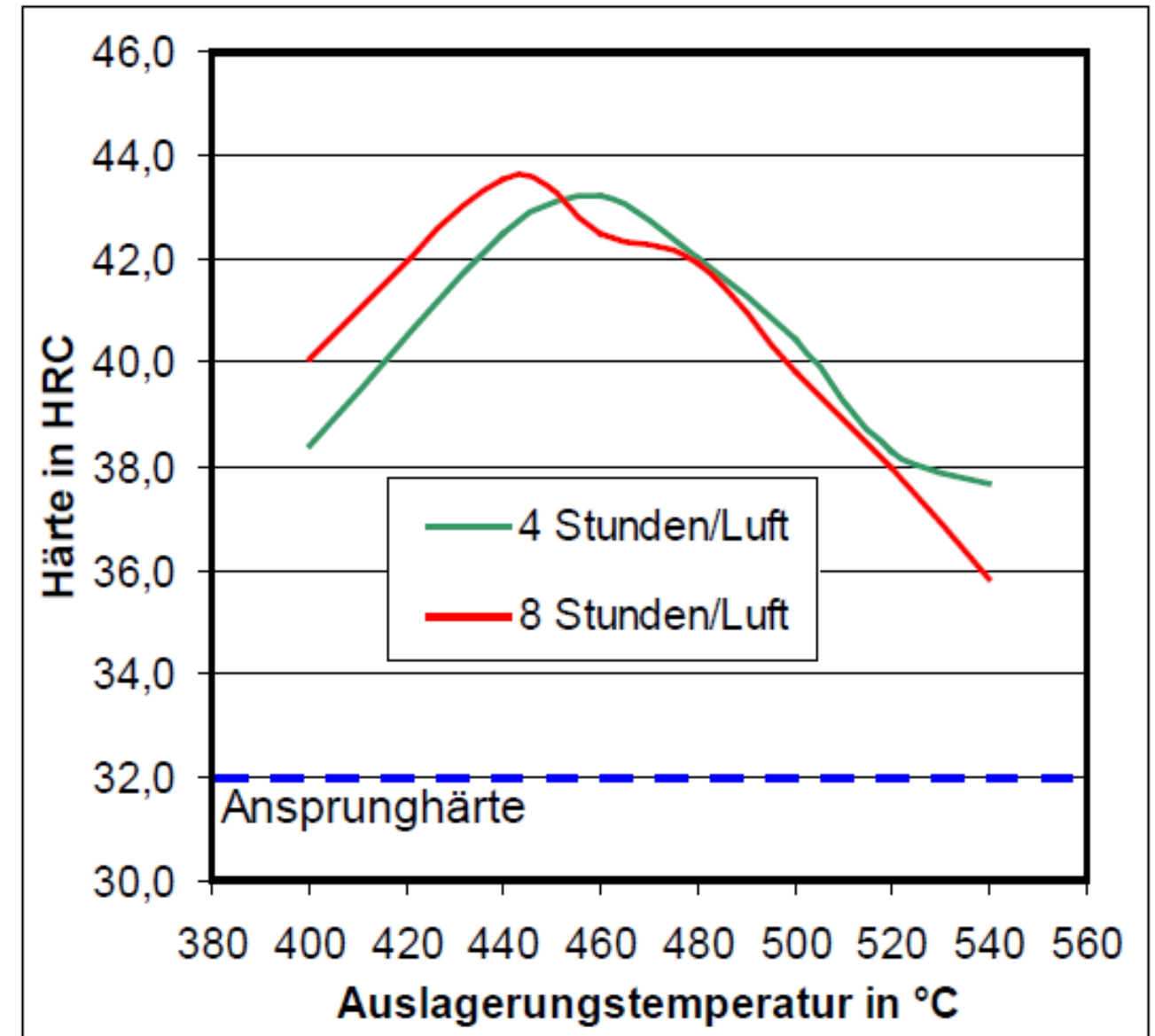


Martensitisch nichtrostende Stähle.

Ausscheidungshärtende martensitische Stähle

Wärmebehandlung: Ausscheidungshärten (Lösungsglühen + Auslagern)

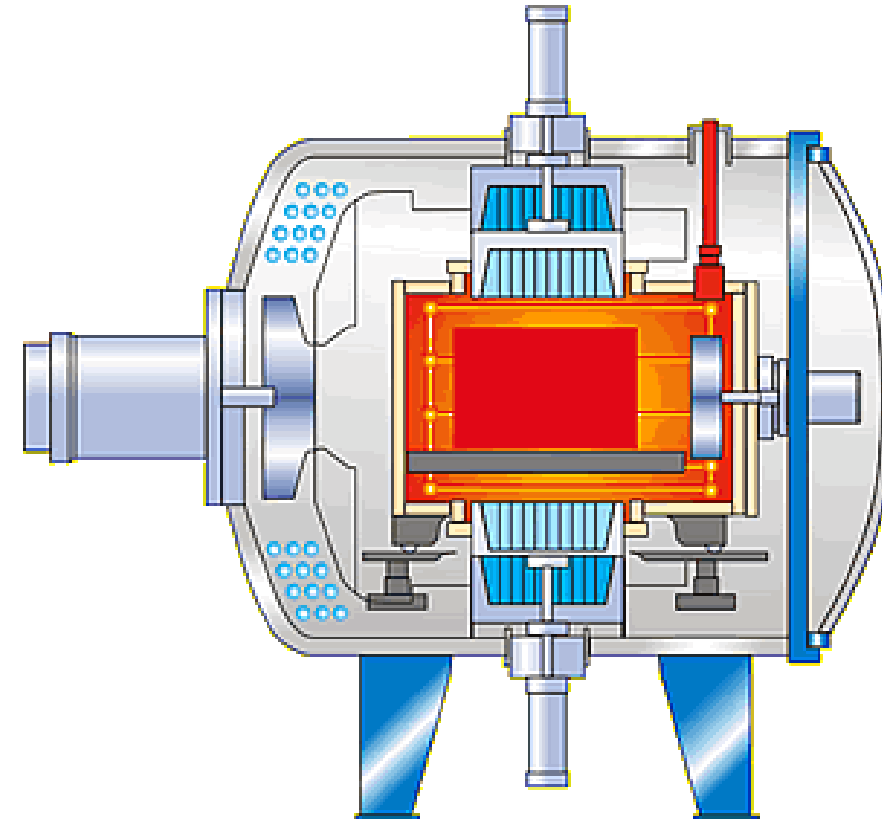
- Hochfeste nichtrostende Stähle mit geringem Verzug bei WB
- Gute Korrosionsbeständigkeit
- Nicht anfällig für SRK
- Sehr gute Zähigkeit
- Gute Zerspanbarkeit



Ausscheidungshärten im Vakuum.



Hochfeste Schrauben aus nichtrostendem Stahl



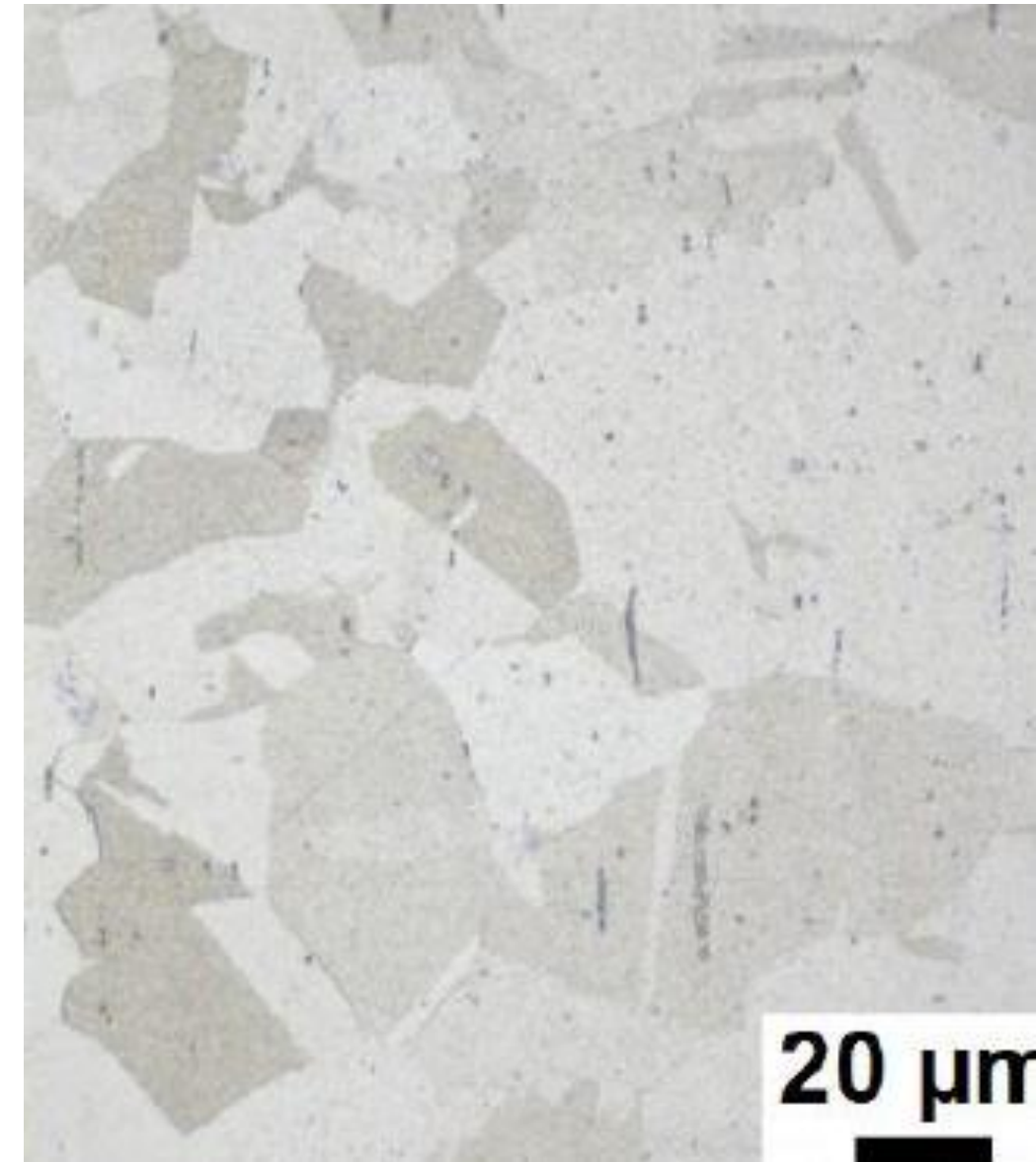
Austenitisch nichtrostende Stähle.

Gefüge Austenit

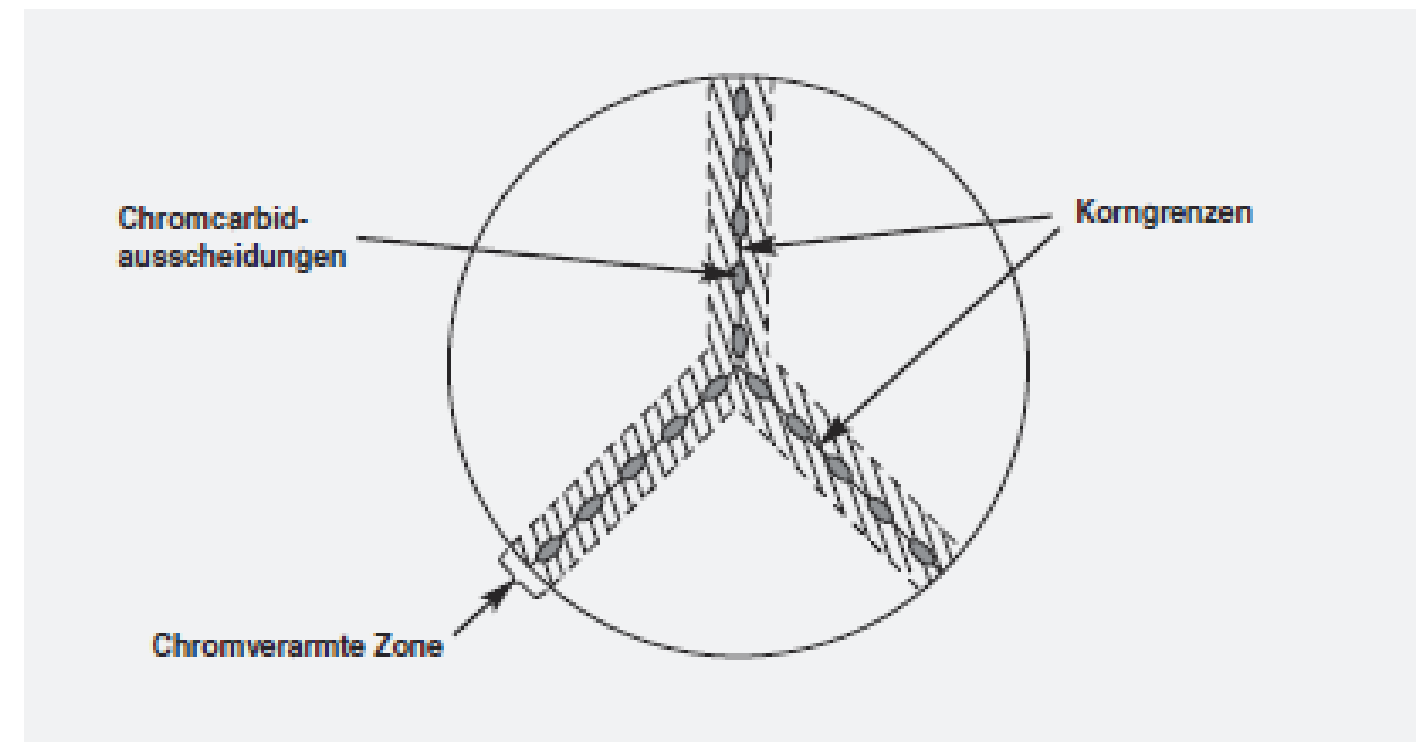
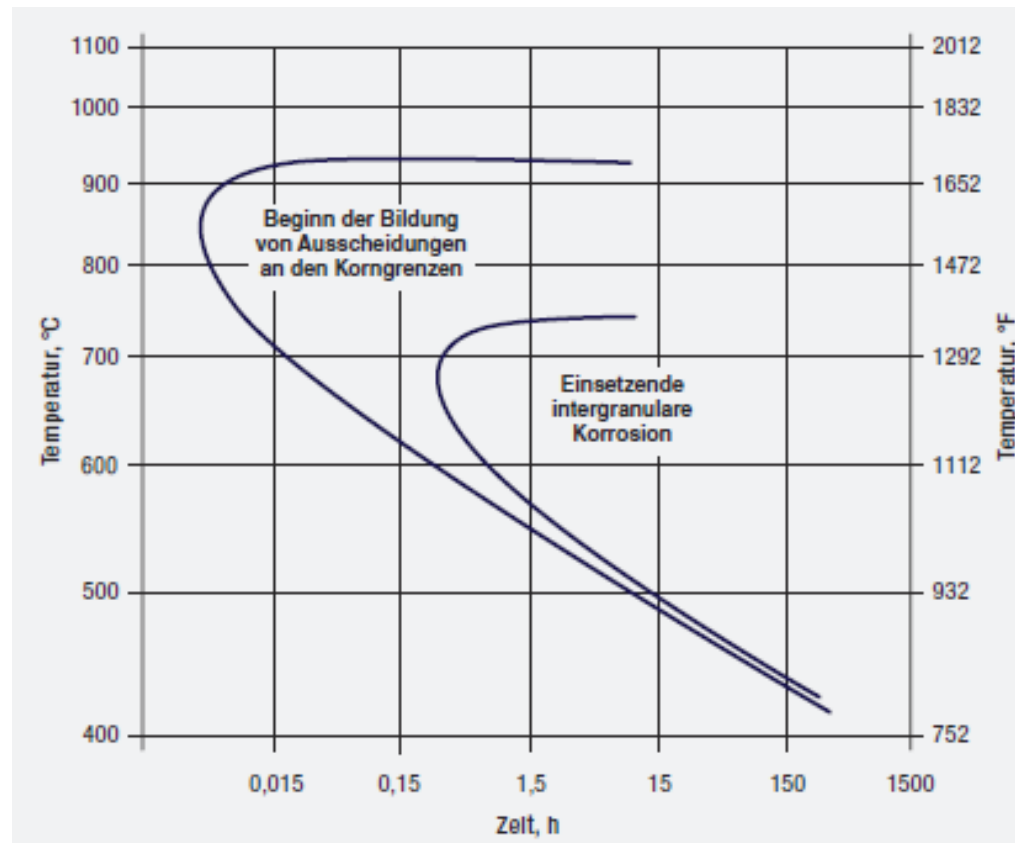
(nach Erschmelzung mit hohem Anteil δ -Ferrit)

Legierungselemente

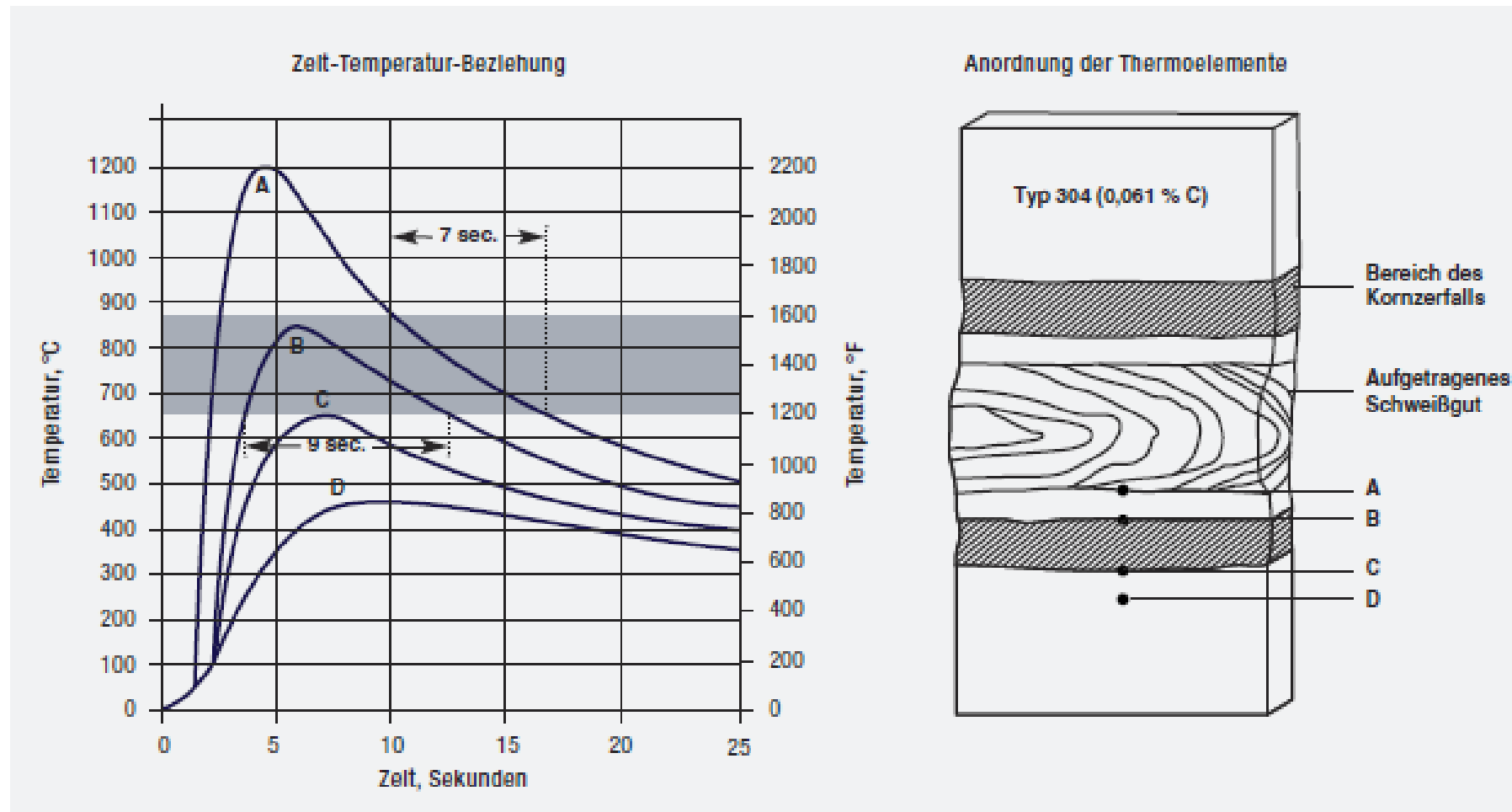
- Kohlenstoff 0.02 – 0.1 Massen-%
- Chrom 16 – 35 Massen-%
- Nickel 7 – 26 Massen-%
- Mo, N, Nb, Ti, Mn, Cu



Sensibilisierung Austenite.



Schweissen – wärmebeeinflusste Zone.



Glühprozesse.

Lösungsglügen von austenitischen Stählen (z.B. nach Schweissen)



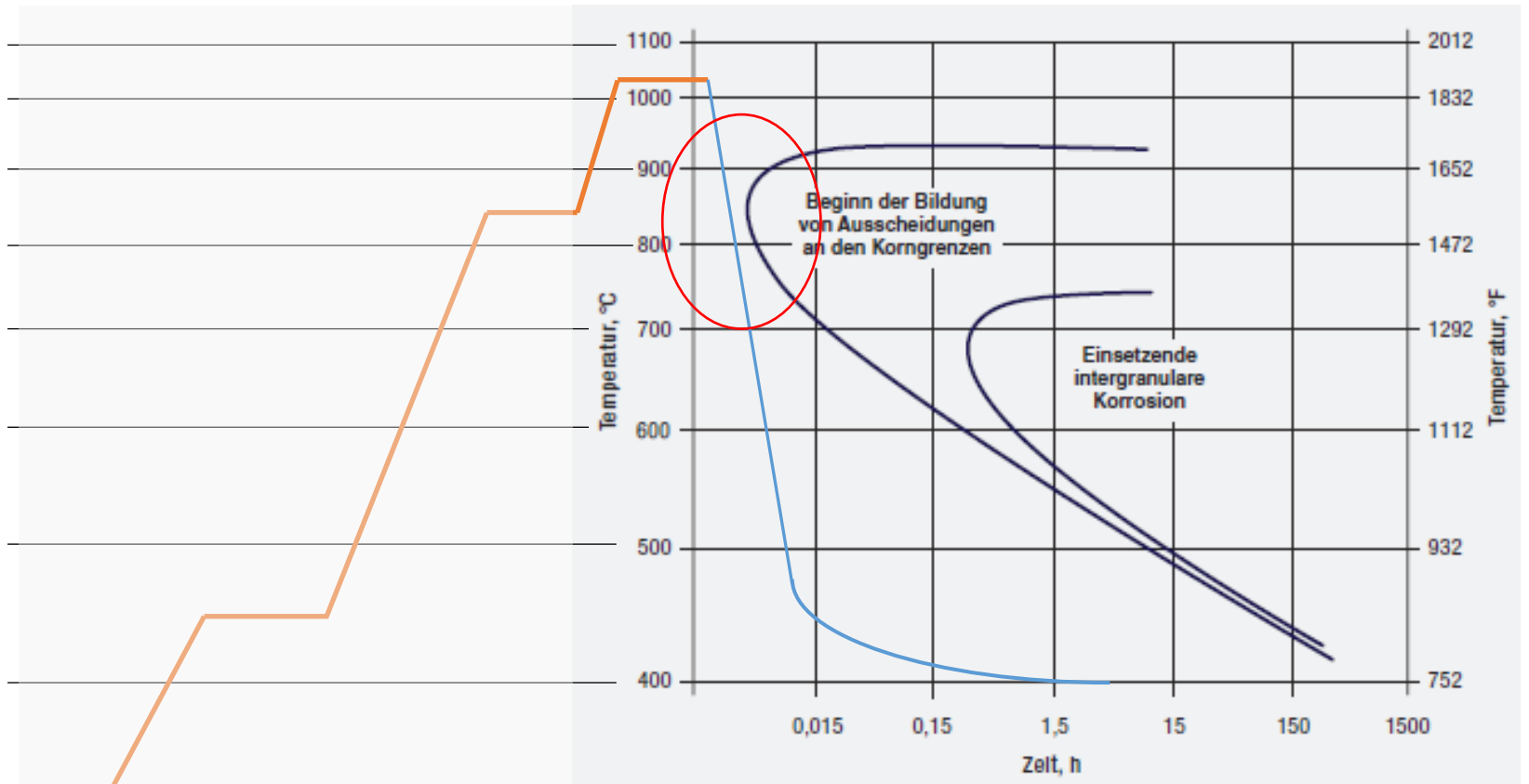
Material: 1.4435 (X 2 Cr Ni Mo 18 12)



Wärmebehandlungen Austenite.

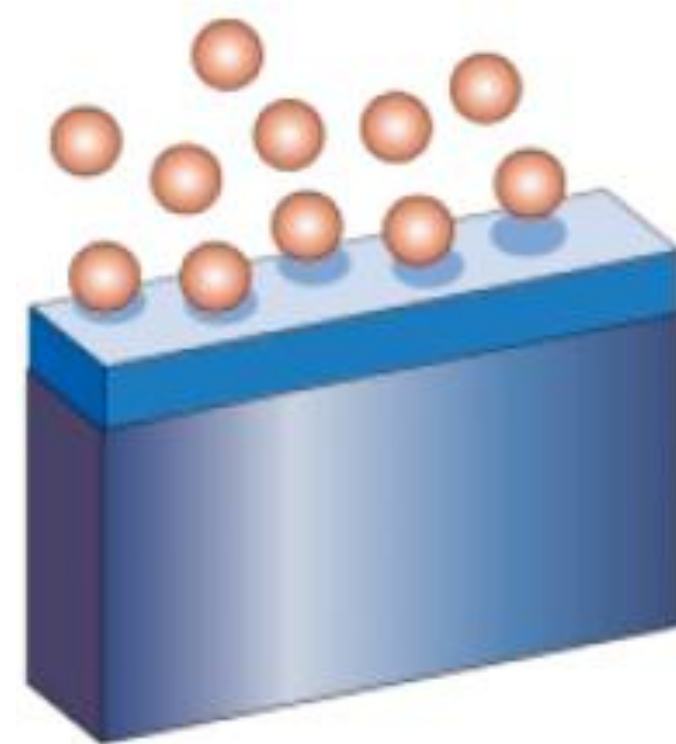
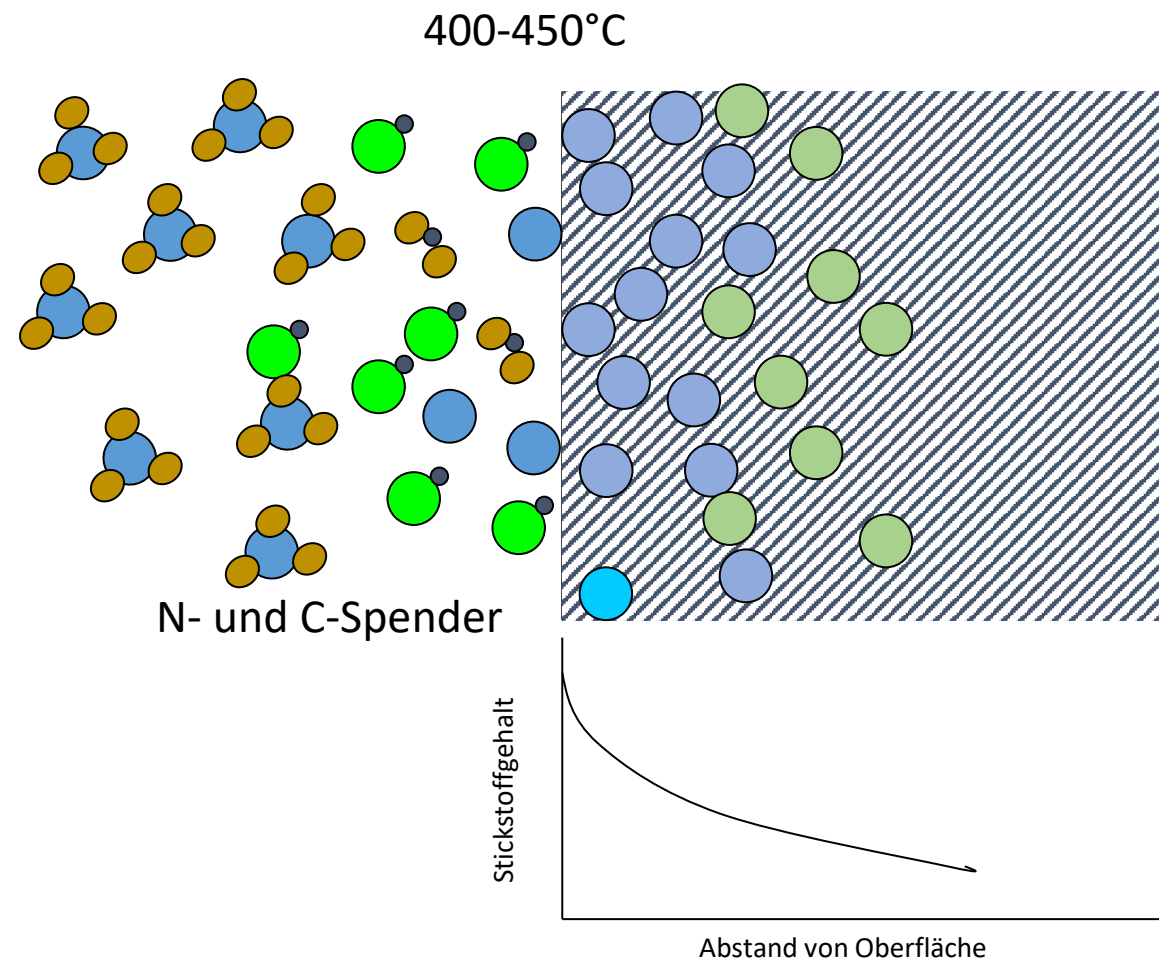
Lösungsglühen:

- Homogenes Aufheizen
- Abschrecken, bes. im Bereich $< 950^{\circ}\text{C}$

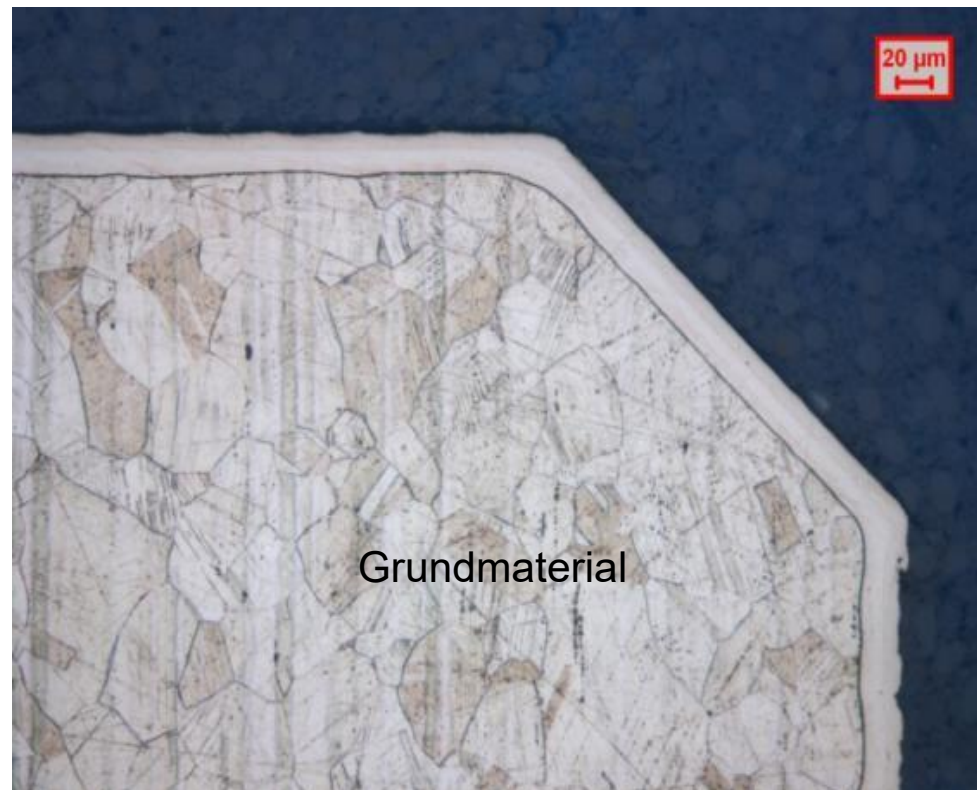


Sonderprozess Austenite – Niedertemperatur-Behandlung.

HARD-INOX-S

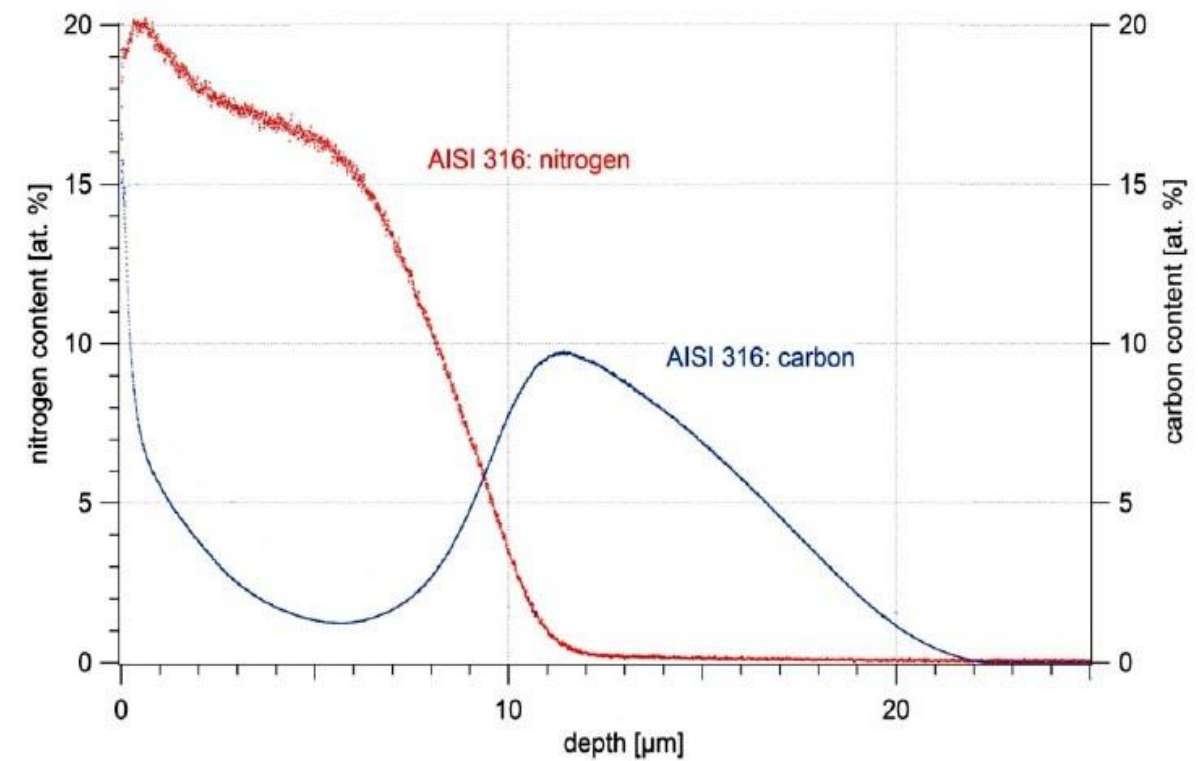


Niedertemperatur-Nitrocarburieren – HARD-INOX-S.



Konzentrationsprofil (GDOES-Messung)

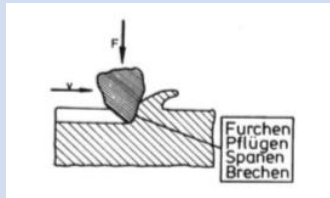
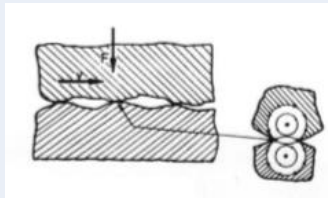
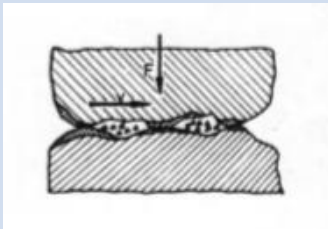
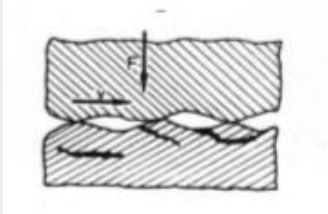
Beispiel; nicht an der Schicht links im Bild gemessen!



Mikroskopische Eigenschaften - Härteverlauf.



Verschleisseigenschaften.

Mechanismus / Bezeichnung		Verschleissform	Lösung durch HARD- INOX-S
Abrasion		Kratzer, Riefen, Mulden, Wellen	Ja, kleine Kräfte und Belastungen
Adhäsion		Materialübertrag; Kaltpressschwei- ssung, Fresser	Ja
Tribochemische Reaktion		Schichten, Partikel	Bedingt
Oberflächener- müdung		Zungen, Risse Grübchen (Pitting)	i.A. nein

Korrosion – Tauchverfahren DIN EN 8442.

Beispiel: 1.4435 (X2CrNiMo18-4-3):



Lösungsgeglüht
150-190 HV



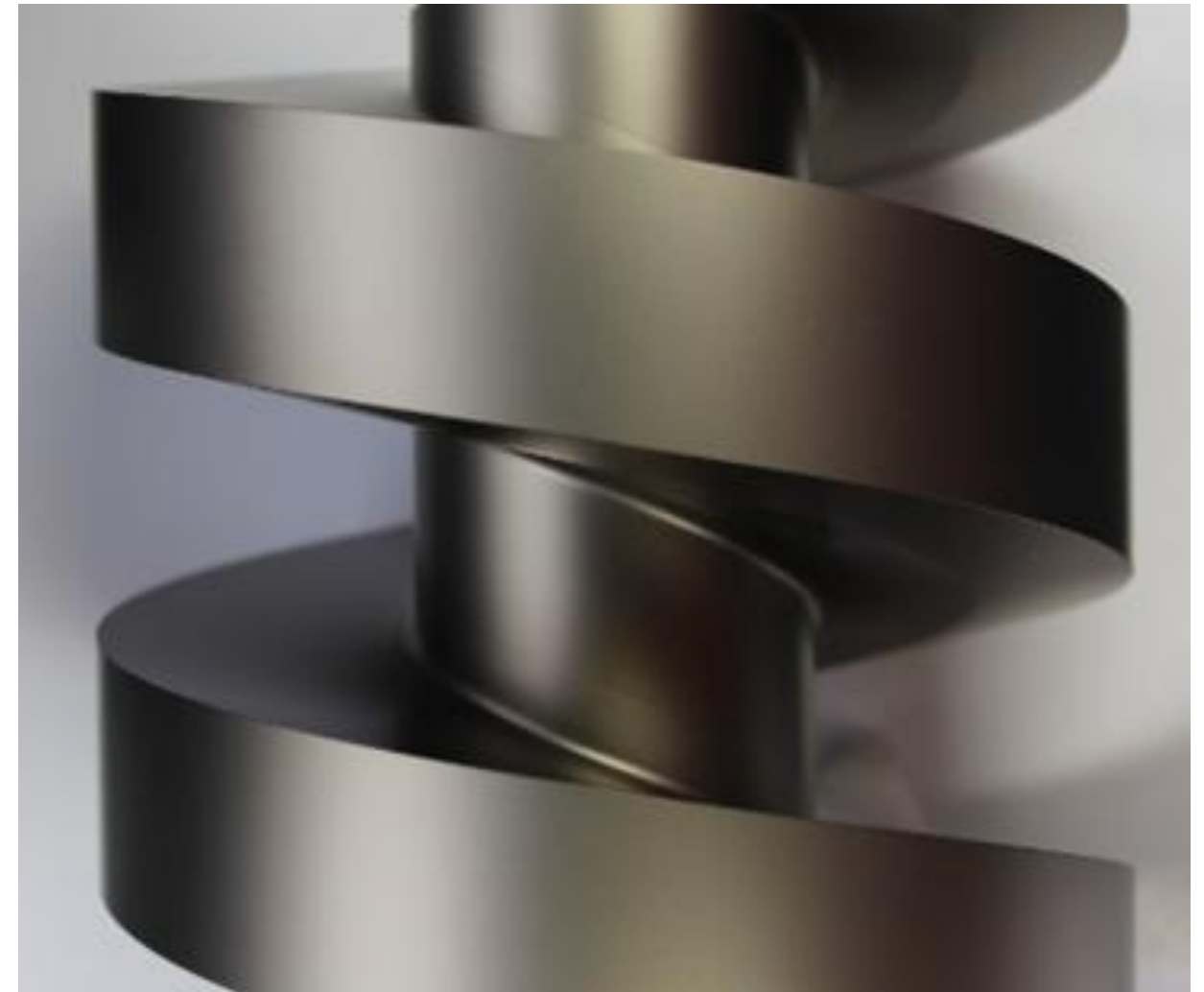
HARD-INOX-S
OFH 900-1200 HV 0.1
DZ=20mm

Tauchtest DIN EN 8442

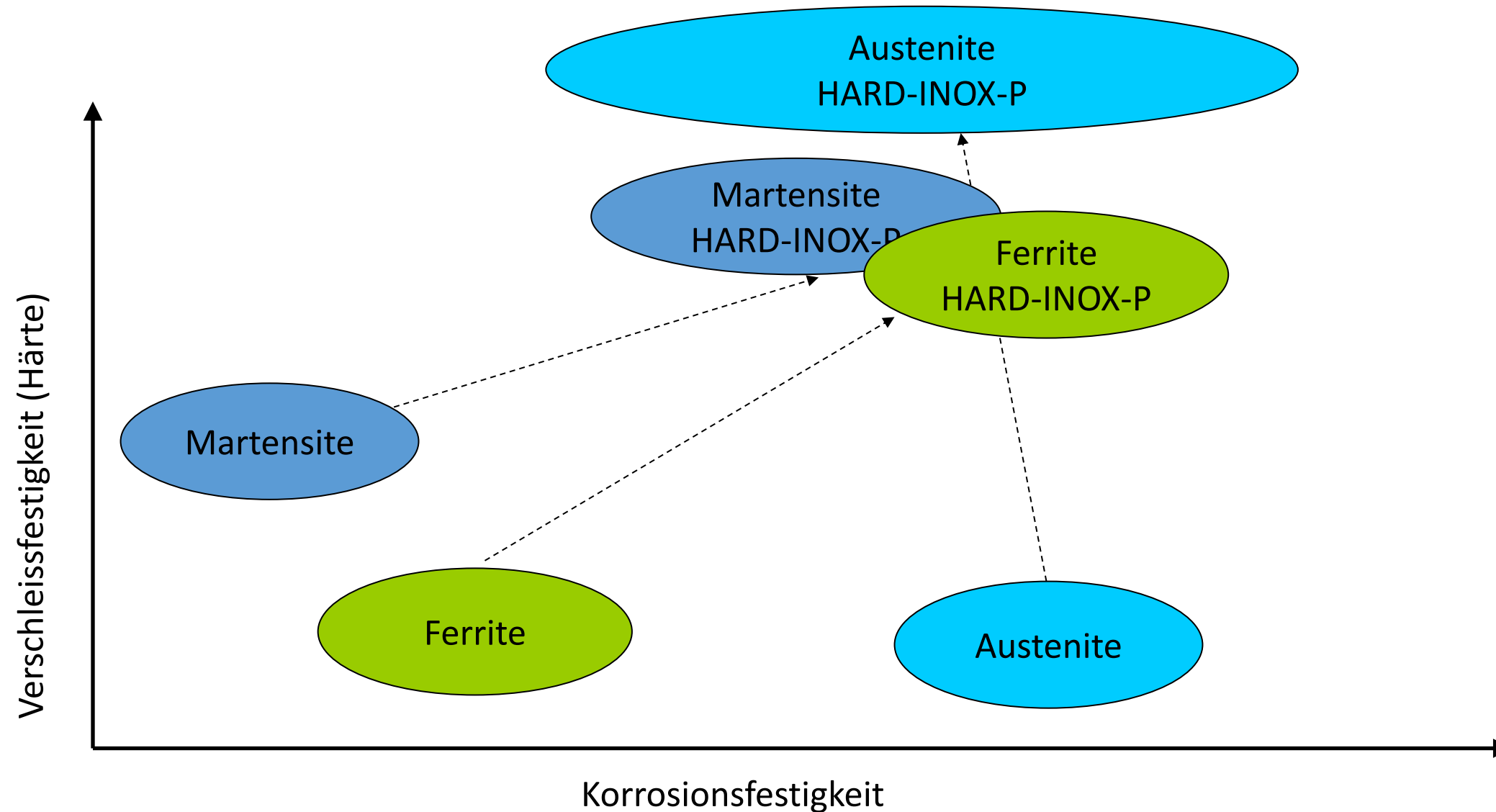
- 1M NaCl-Lösung
- 60°C/6h
- Wechseltauchprozess

Anwendungsfelder HARD-INOX-S.

- Verbindungstechnik
- Brennstoffzuführung in Verbrennungsmotoren
- Lebensmittelindustrie (Düsen, Ventile, etc.)
- Linear- und Fördertechnik (Spindeln, Verzahnungsteile, etc.)



Zusammenfassung der Sonderbehandlungen.



Unser Wissen für Ihre massgeschneiderten Lösungen.

Besten Dank für Ihre Aufmerksamkeit!