

Thema: Wärmebehandlung

Sehr grosse Bedeutung: Gebrauchseigenschaften lassen sich gezielt einstellen (z.B. nach Bearbeitung im weichen Zustand)

Werkstück wird in festem Zustand einer oder mehreren Zeit-Temperatur-Folgen unterworfen

Wärmebehandlung im Gleichgewicht (Glühverfahren)

- Keine Ausnutzung zeitabhängiger Effekte
- Umwandlungen bei geringer Unterkühlung
- Langsame Abkühlgeschwindigkeit

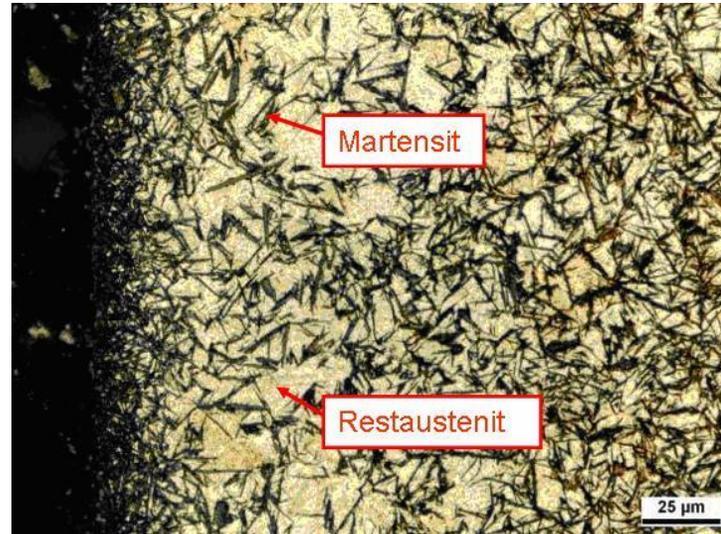
Wärmebehandlung im Ungleichgewicht (Härteverfahren)

- Ausnutzung zeitabhängiger Effekte
- Hohe Abkühlgeschwindigkeiten

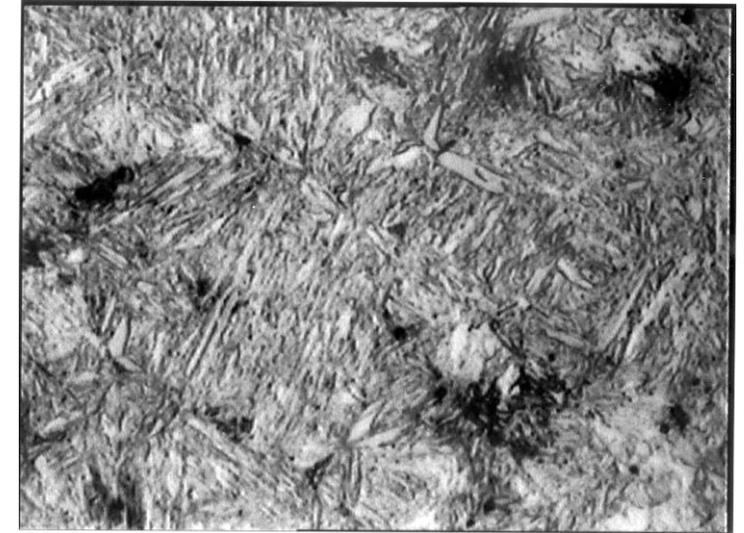
Heute: Härtung (Bildung von Martensit)

Pro Memoria: Glühen und Härten

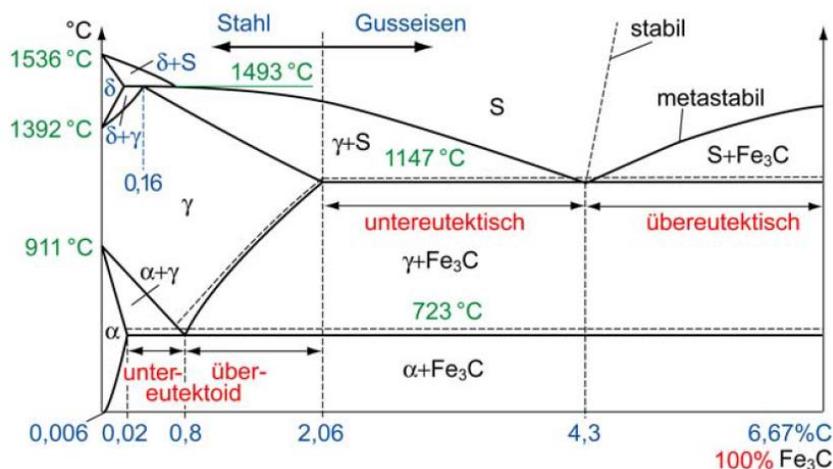
- Verändern von Eigenschaften aufgrund von Erhitzen und Abkühlen von Stahl
- Unterschied: Abkühlgeschwindigkeit
- Härten:
 - Schnelles Abkühlen
 - Spontane Erstarrung des Gitters ohne Diffusion
 - Extreme Kornfeinerung
 - Bildung von hartem Martensit



Martensit mit Restausternit
im Lichtmikroskop
Stahl: 20MnCr5
(Bild: Dawid Nadolski, Universität Dresden)



Schliffbild von Martensit
0,35% C Stahl,
Wasserabgeschreckt von 870 Celsius
(Bild: Nanyang University, Singapore)

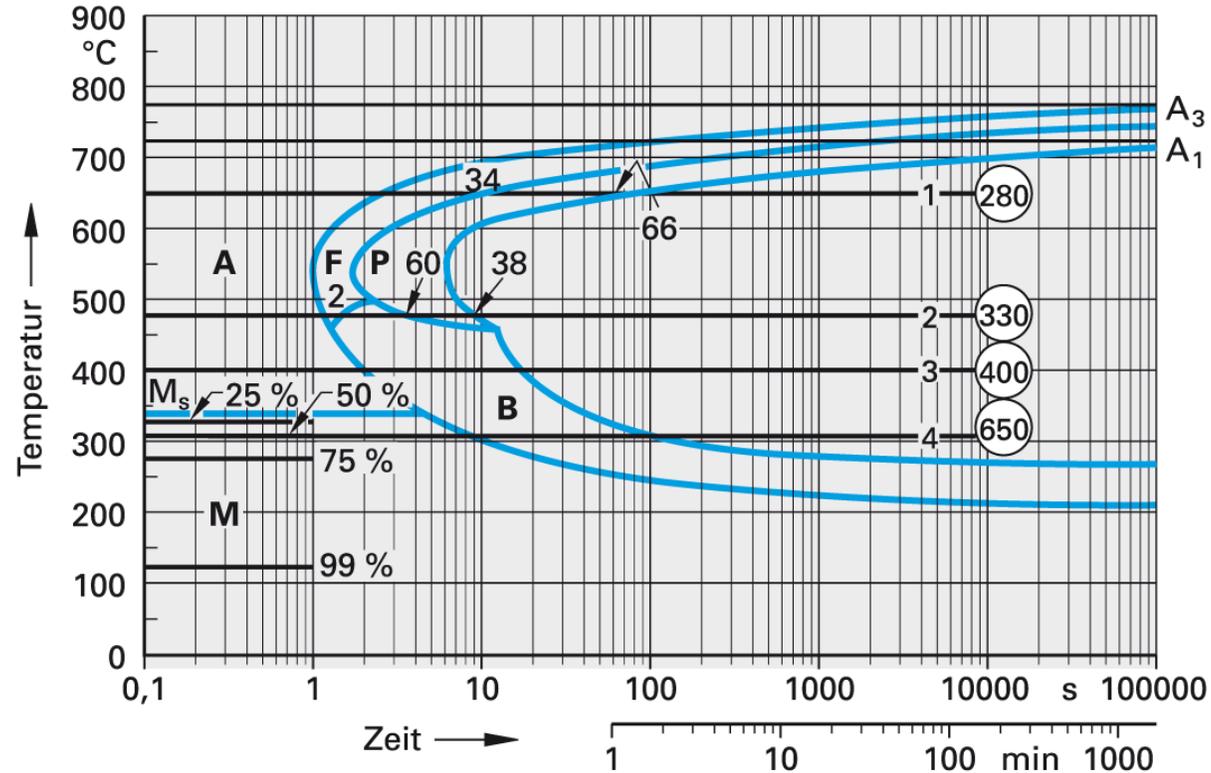


Fragestellungen:

- Nötige Abkühlgeschwindigkeit für Bildung von Martensit?
→ ZTU-Schaubild
- Verhindern von Verspröden des Materials?
→ Wärmebehandlung an der Oberfläche
- Bestimmung der Härte eines Materials? → Härtemessverfahren

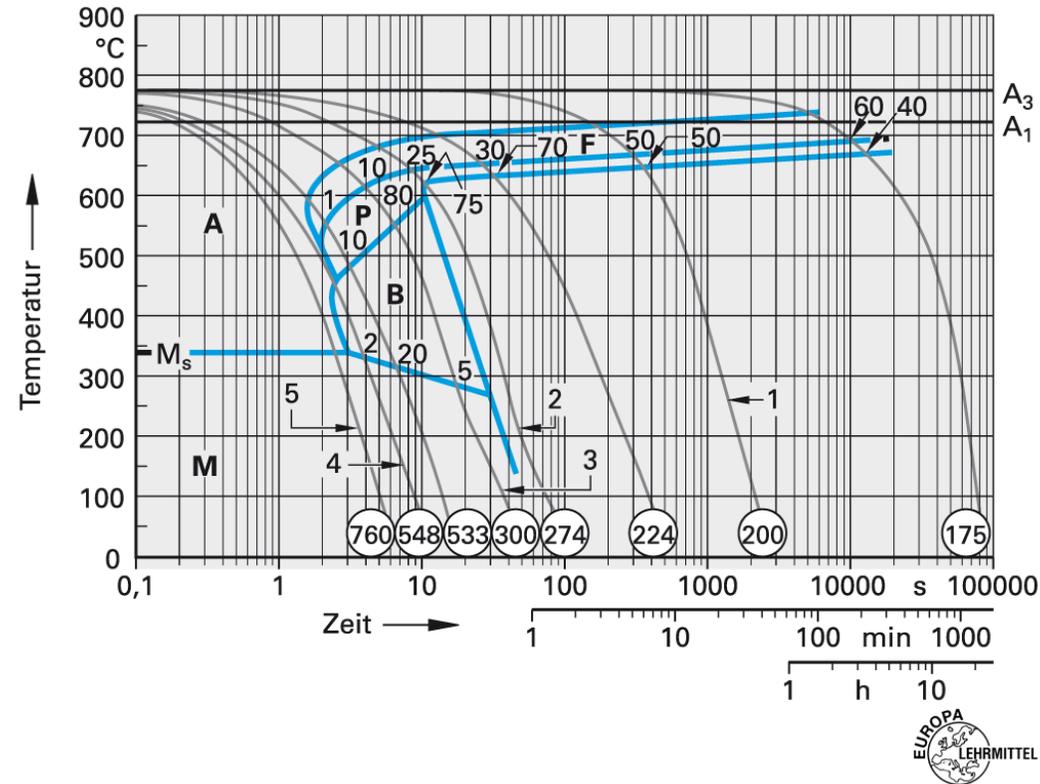
Isothermes ZTU-Schaubild: Beispiele

- **Kurve 1:** abgeschreckt und gehalten auf 660°C, nach 70 sec. 34% Ferrit und 66% Perlit, Härtewert 280 HV
- **Kurve 2:** abgeschreckt und gehalten auf 470°C, nach ca. 10 sec. 2% Ferrit, 60% Bainit und 38% Perlit, Härtewert 330 HV
- **Kurve 3:** abgeschreckt und gehalten auf 400°C, nach 18 sec. 100% Bainit, Härtewert: 400HV
- **Kurve 4:** abgeschreckt und gehalten auf 300°C, nach ca. 150 sec. 60% Martensit und 40% Bainit, Härtewert ca. 650 HV



Kontinuierliches ZTU-Schaubild: Beispiele

- **Abkühlkurve 1:** nach 330 sec. 50% Ferrit und 50% Perlit, Härtewert 200 HV
- **Abkühlkurve 2:** nach ca. 10 sec. 25% Ferrit, 75% Perlit, Härtewert 274 HV
- **Abkühlkurve 4:** nach ca. 4 sec. 98% Martensit und 2% Bainit, Härtewert ca. 548 HV



Brinellhärte

- Prüfkörper: Gehärtete Stahlkugel
- Messung: Mittlerer Durchmesser des hinterlassenen Abdrucks
- Beispiel: 275 HBW 2.5 / 187.5 / 20

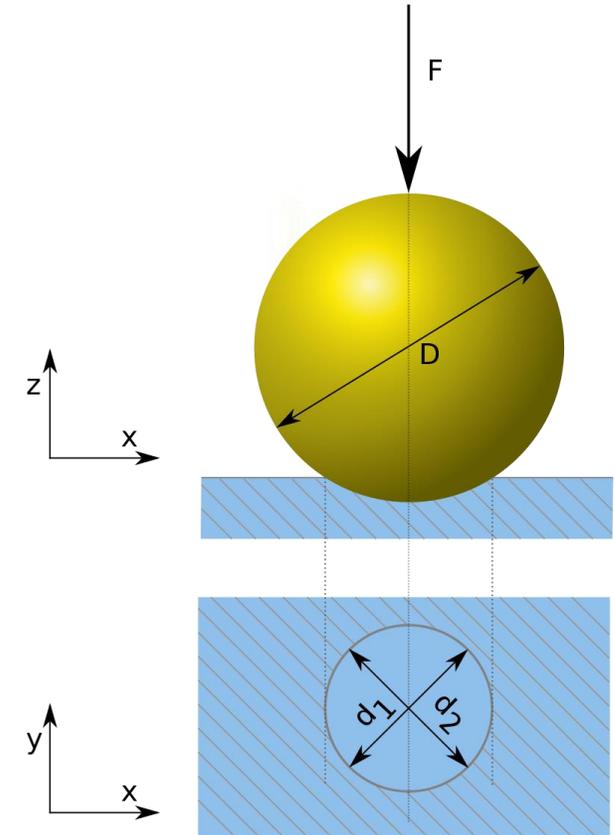
Brinellhärte: 275 HB

Kugel aus Hartmetall (W)

Kugeldurchmesser: 2.5 mm

Prüfkraft: 1840 N (= 187.5 kp; 1 kp = 9.81 N) Einwirkdauer: 20 s

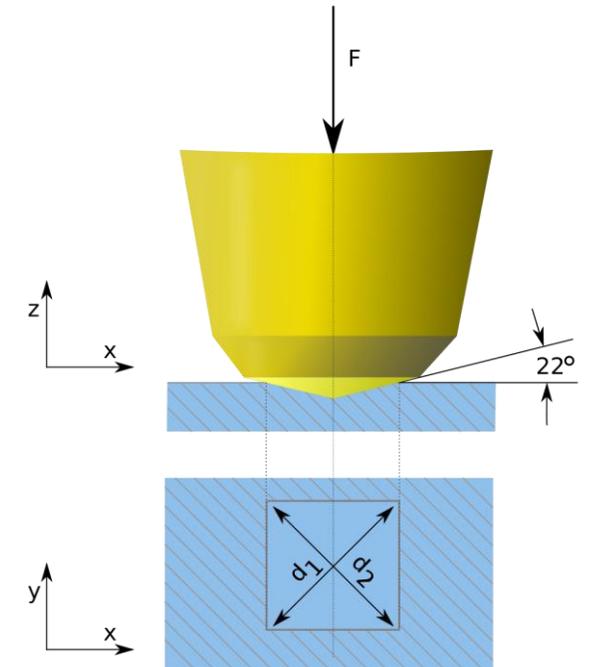
- Brinellhärtemessung aufgrund der Festigkeit des Prüfkörpers auf weiche bis mittelharte Werkstoffe begrenzt
- $R_m \approx 3.38 \cdot HB$



Grafik: Wikipedia

Vickershärte

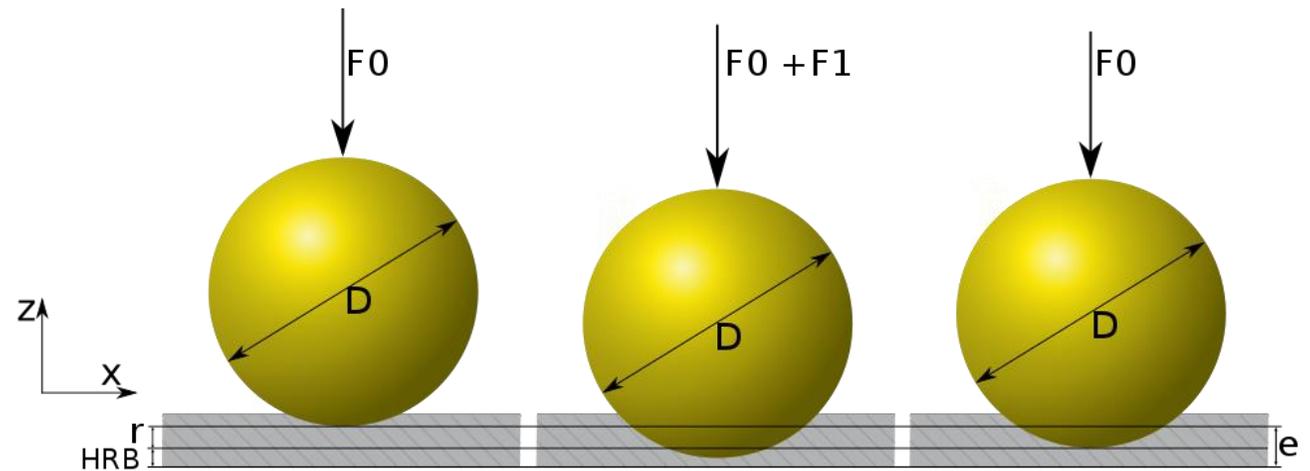
- Prüfkörper: Diamantpyramide
- Messung: Mittlerer Diagonale des hinterlassenen Abdrucks
- Beispiel: 210 HV 50 / 30
 - Vickershärte: 210
 - Prüfkraft: 490 N (50 kp, Kilopond, veraltete Krafteinheit)
 - Einwirkdauer: 30 s
- Vickersprüfverfahren ist das universellste Verfahren (weiche bis extrem harten Werkstoffe)
- $R_m \approx 3.21 \cdot HV$



Grafik: Wikipedia

Rockwellhärte

- Prüfkörper: Stahlkugel oder Diamantkegel
- Messung: Eindringtiefe (zeitsparend, Serienprüfung möglich)
- Prozedur:
 - Vorlast von $F_0 = 98 \text{ N}$ um Oxid-, Walzschichten und Rauigkeiten zu durchdringen
 - Prüflast mit anschließender Entlastung
 - Aus Eindringtiefe lässt sich Rockwellhärte berechnen



Grafik: Wikipedia