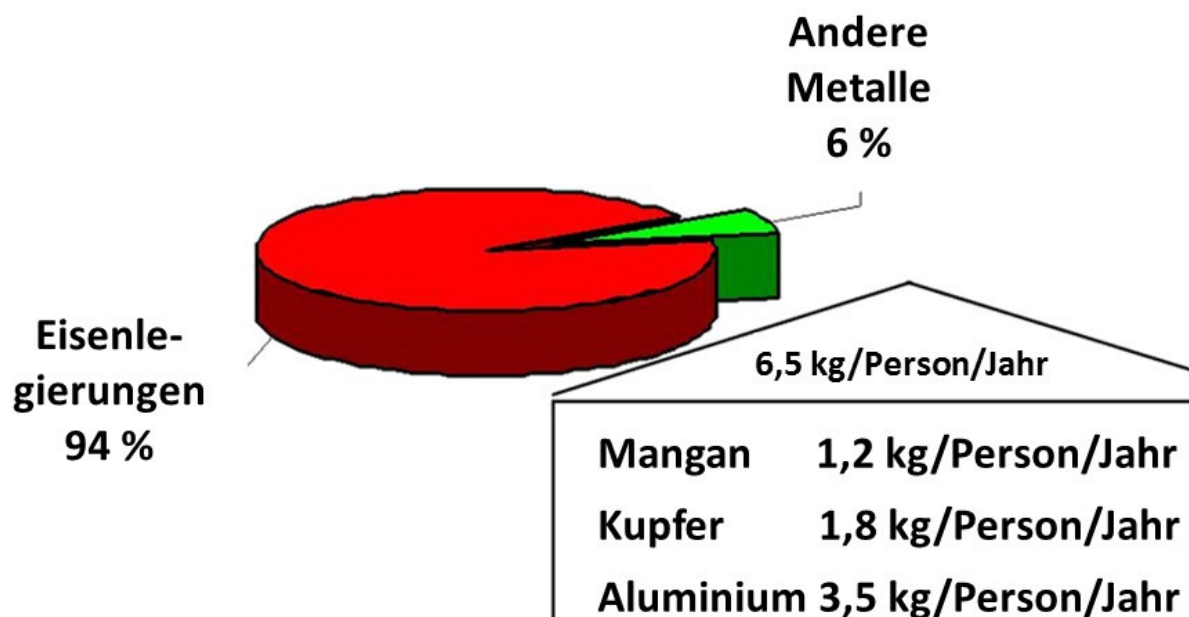
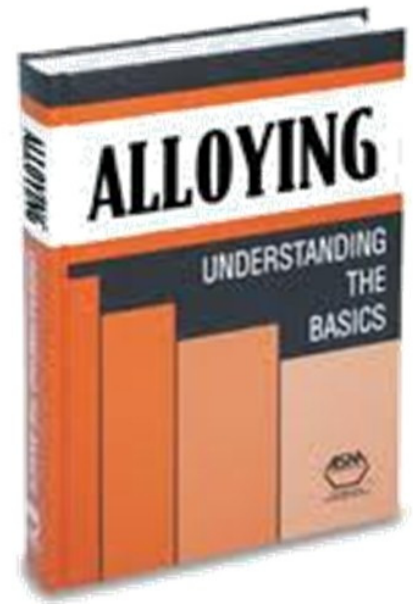


Einfluss der Legierungselemente auf die Eigenschaften der Eisenbasislegierungen

Angaben der hergestellte Metalle



- Grundelemente und Legierungselemente
- Verunreinigungselemente
- Einfluss der Kohlenstoff auf
 - die Gefügestruktur
 - Korngröße
 - Anlasswiderstand
 - Anlasssprödigkeit
 - Übergangstemperatur
 - Rekristallisationstemperatur
 - mechanische Eigenschaften des Ferrits
 - Karbid- und Nitridbildung

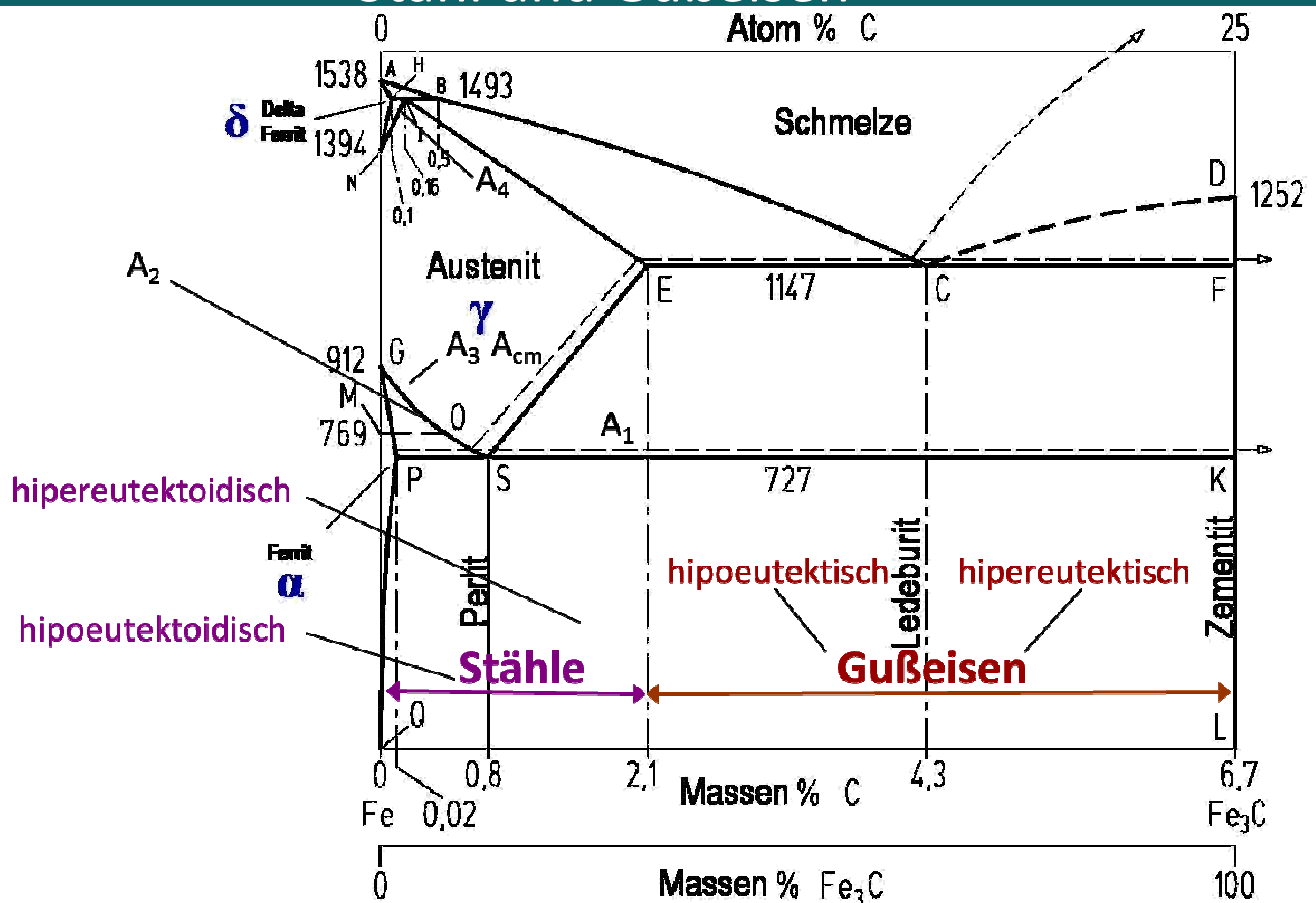


Folie: 3

Acélok Öntöttvasak;

Szabadits Ödön 2005 MSZT Szabványkiadó ISBN 963-7087-43-5

Folie: 4



Folie: 5

- Grundelemente
 - C, Mn, Si, S, P
 - O, N, H
- Legierungselemente
 - Cr, Ni, Mo
 - V, Ti, W, Nb
 - usw.

Folie: 6

➤ Grundlegierungselemente

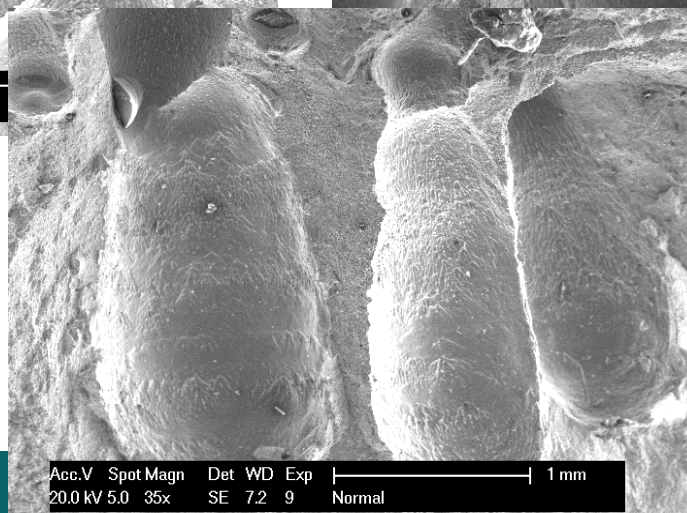
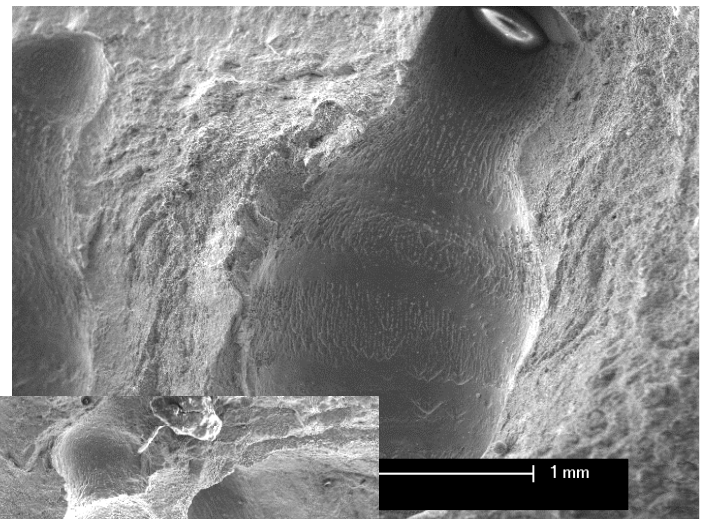
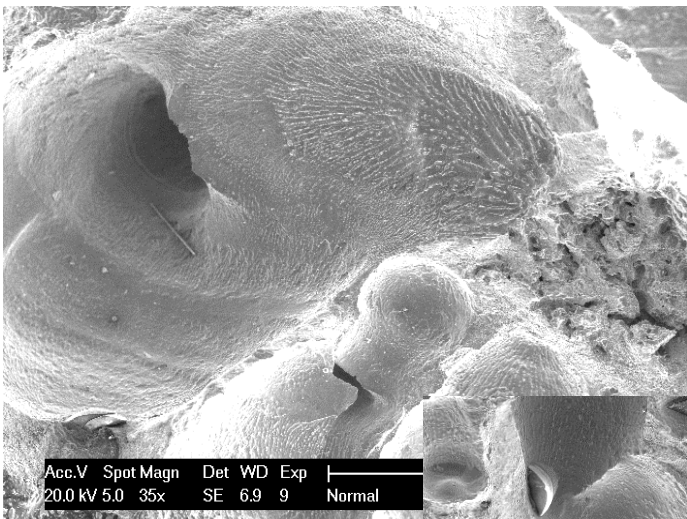
- C – primäres Legierungselement
- Mn – austenitbilder
- Si – ferritbilder

➤ Hauptverunreinigungselemente

- S – Eutektikum verursacht Rotbrüchigkeit
- P – Eutektikum verursacht Rotbrüchigkeit
- O – verursacht Gaseinschlüsse (CO_2)
- N – verursacht "Altern" Kerbschlagarbeit KV sinkt
- H - verursacht Beizsprödigkeit, Beizblasen

Folie: 7

➤ H: Beizsprödigkeit, Beizblasen

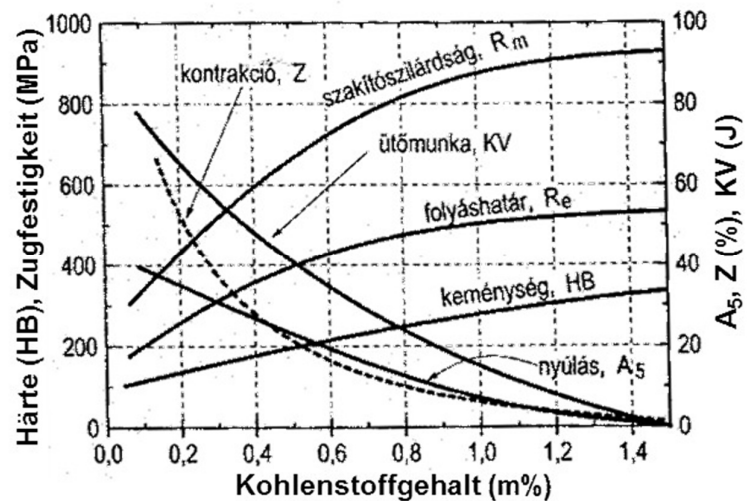


Folie: 8

C, Mn Si, S, P, O, N, H

➤ Einfluss des Kohlenstoffes

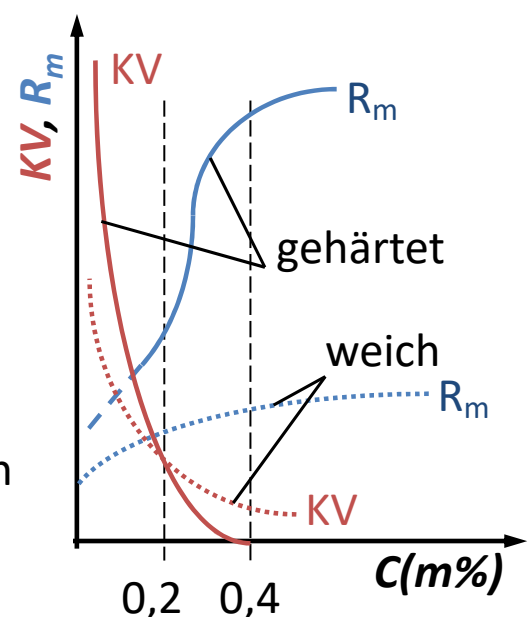
- Festigkeit wächst
- Verformbarkeit sinkt
- Kerbschlagarbeit sinkt, Über $C > 0,6\%$ ist die Kerbschlagarbeit kleiner als 40 J, keine Anwendung für Konstruktion (Konstruktionsstähle: $C \leq 0,6\%$)



Folie: 9

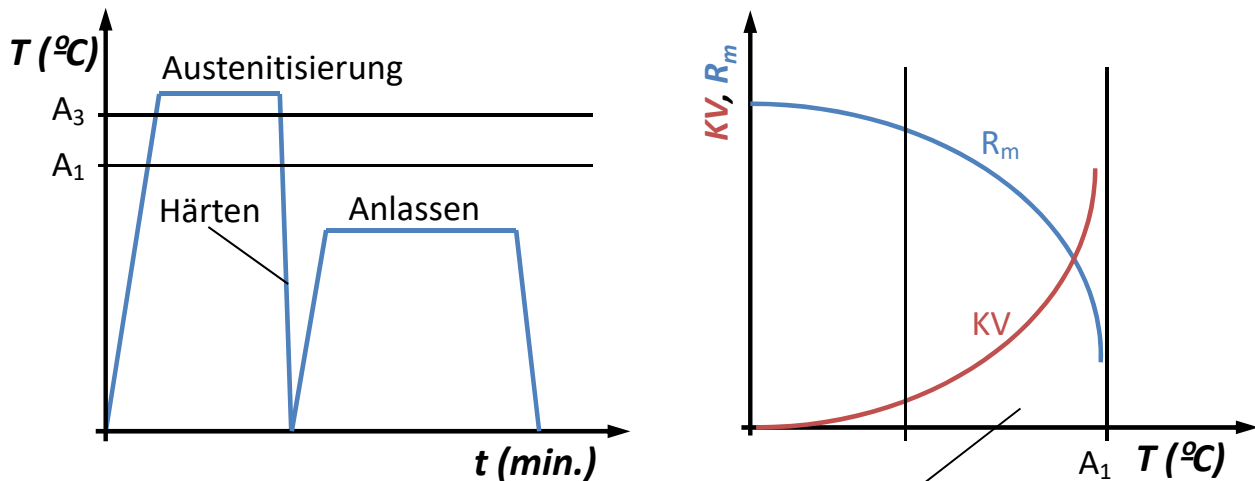
➤ Im gehärteten Zustand

- Festigkeit wächst stark
- Verformbarkeit ist praktisch 0 über $0,4\% C$!!
- $C \geq 0,4\%$ für Werkzeugstähle
- Bei kleineren C-Gehalt ($C < 0,2\%$) wächst die Zähigkeit nach dem Härten
⇒ Stähle für Einsatzhärten



Folie: 10

Vergüten = Härten + Anlassen



Die mechanische Eigenschaften können sich im breiten Bereich ändern abhängig von der Temperatur des Anlassens.

Folie: 11

1. Löslichkeit - Ferrit oder Austenitbilder
2. Auf die Nichtgleichgewichtsumwandlung $\gamma \rightarrow \alpha$ Umwandlung
3. Auf der Kornwachstum von Austenit
4. Auf der Anlasswiderstand
5. Auf der Anlasssprödigkeit
6. Auf der Übergangstemperatur
7. Auf der Rekristallisationstemperatur

Folie: 12

Keine Löslichkeit der Legierungselement
 → **Wird Einschluss (S, As, Pb ...usw.)**

Legierungselement ist löslich

- Löst sich in Ferrit besser →
 Ferritbilder: Cr, Al, Si, W, Mo, V, Ti
- Löst sich in Austenit besser →
 Austenitbilder: Ni, Mn, C, N, Cu

Folie: 13

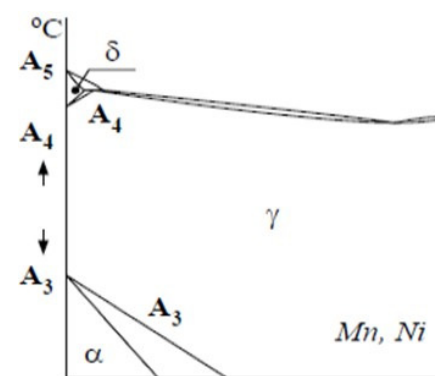
Beeinflussung des γ -Gebietes durch Legierungselemente

a) Erweiterung des Austenit-Gebietes

Die Elemente Ni, Mn, Co, Rh, Pd, Os, Ir, Pt, führen zu einer Erweiterung des γ Mischkristallbereichs in den Systemen Fe, Element.

Der A_4 Punkt wird erhöht, der A_3 Punkt gesenkt.

Man erhält ein „offenes γ -Gebiet“, so dass selbst bei Raumtemperatur „austenitische Mischkristalle“ auftreten können (Austenitische Stähle). Das binäre Zustandsdiagramm zeigt schematisch folgendes Aussehen:



Fe → m% Element

Folie: 14

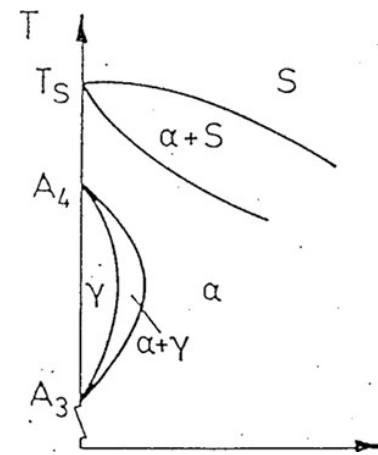
Beeinflussung des γ -Gebietes durch Legierungselemente

b) Einengung des Austenit-Gebietes

Die Elemente Be, Al, Si, Ti, V, Cr, Mo, Sn, W führen zu einer Einengung des γ -Mischkristallbereichs in den Systemen Fe, Element.

Der A_4 Punkt wird gesenkt, der A_3 Punkt erhöht.

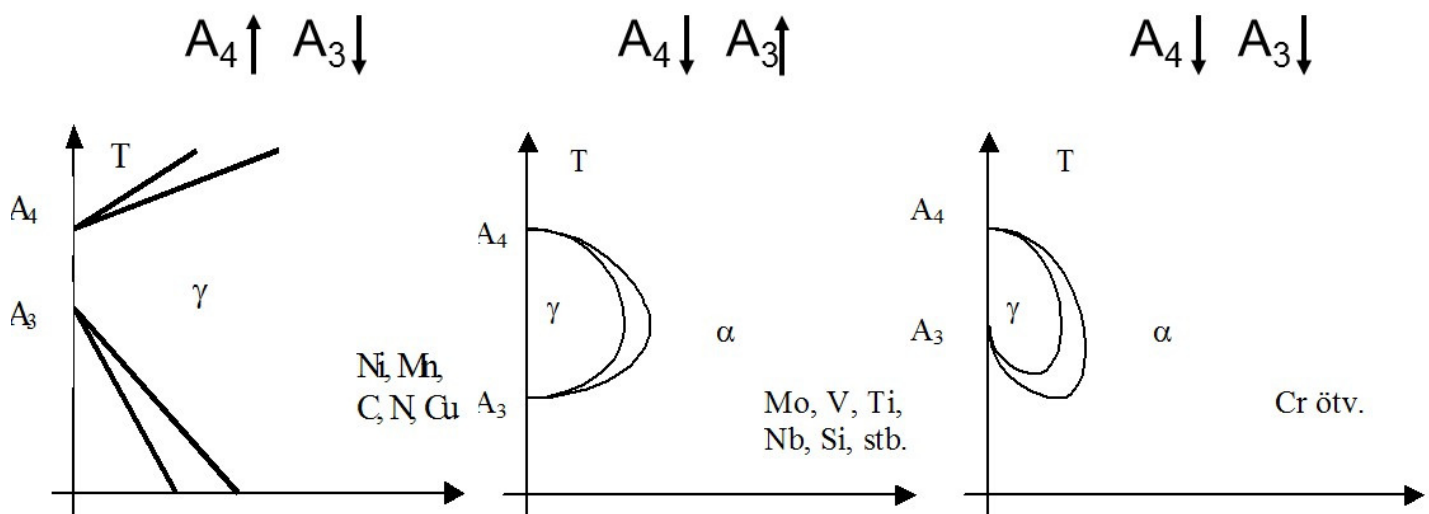
Man erhält ein "geschlossenes γ -Gebiet, so, dass bei relativ kleinen Legierungsgehalten bis zu hohen Temperaturen "ferritische Mischkristalle" auftreten können (Ferritische Stähle). Das binäre Zustandsdiagramm zeigt schematisch folgendes Aussehen:



Fe \rightarrow m% Element

Folie: 15

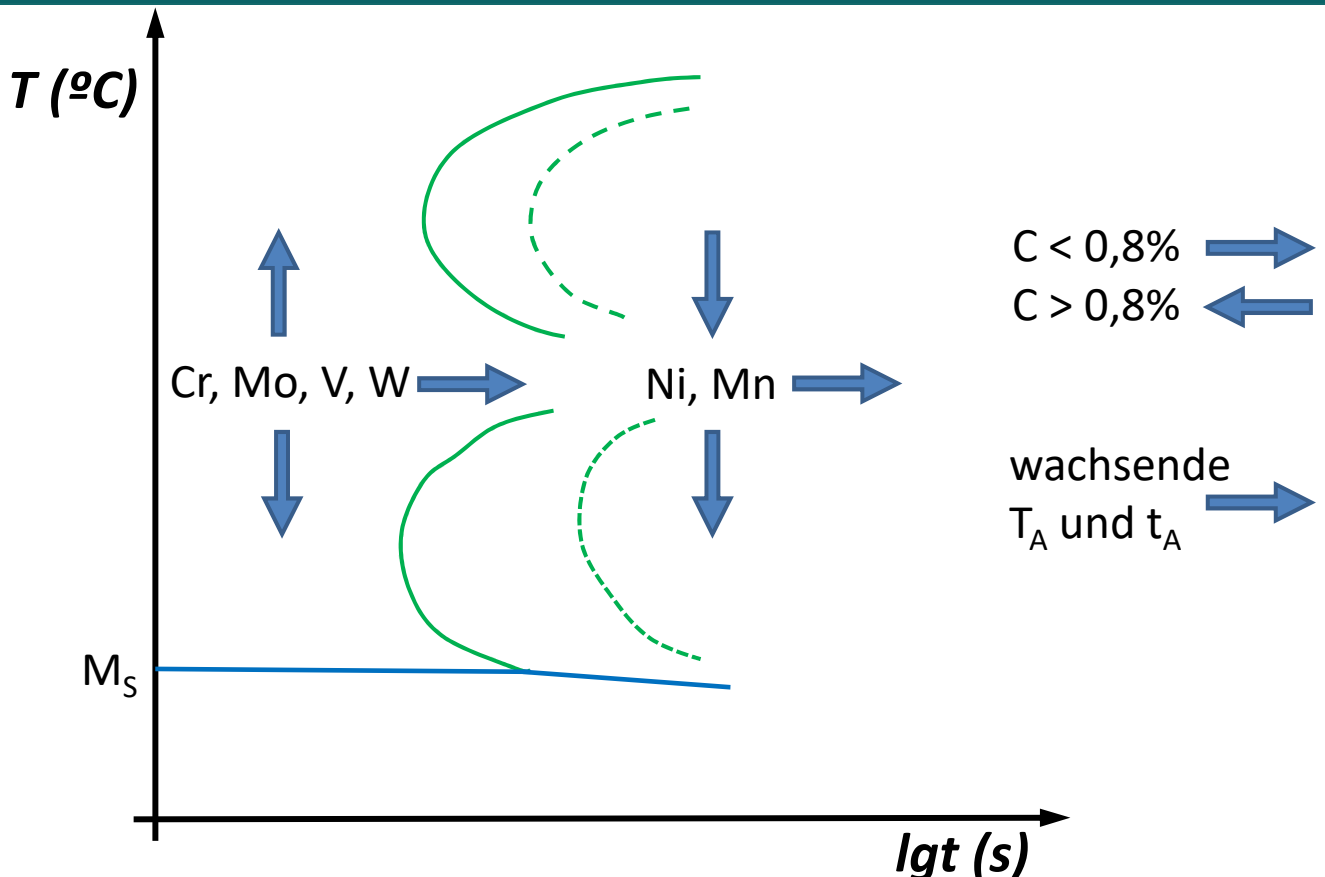
Anderung der Umwandlungstemperatur



Folie: 16

- Mit Ausnahme der **Co** und **Al** alle Legierungselemente sinken der M_s und M_f Temperatur
- Der Restaustenitmenge wird größer → mit Tiefkühlen kann man abbauen
- Die C-Kurven (ZTU) werden nach rechts und nach unten verschoben → kritische Abkühlungsgeschwindigkeit sinkt
- Die Durchhärbarkeit wird verändert!

Folie: 17



Folie: 18

- Chemische Zusammensetzung
 - Grundelementen
 - C, Mn, Si, S, P
 - O, N, H
 - Legierungselementen
 - Cr, Ni, Mo
 - V, Ti, W, Nb usw.
 - Wärmebehandlungszustand
- } gemeinsamer Einfluss

Ermittlung der Durchhärbarkeit von Stählen

- Die Vergütung ist der wichtigste Technologieschritt zur Gewährleistung der Festigkeits- und Zähigkeitseigenschaften der Vergütungsstähle und Werkzeugstähle.
- Das zu vergütende Werkstück muss die Kriterien zur Vergütung erfüllen.

Folie: 21

- Für die Wärmebehandlungen ist es sehr wichtig, dass das stahl in welcher Tiefe, in welcher Durchmesser Härtet
- Wegen der Wärmeleitung können wir die Werkstücke nicht in allen Größen durchhärten
- Wenn Abkühlungsgeschwindigkeit im ganzen Masse des Werkstückes größer ist als die kritische Abkühlungsgeschwindigkeit, dann wird es durchgehärtet (Martensit+Bainit(Zwischenstufe), im Praxis 50 %)
- Der der Durchhärtebarkeit kann man auch ausrechnen

Folie: 22

- Ein kleine
Millionen
→ Hä

7,36
Minute

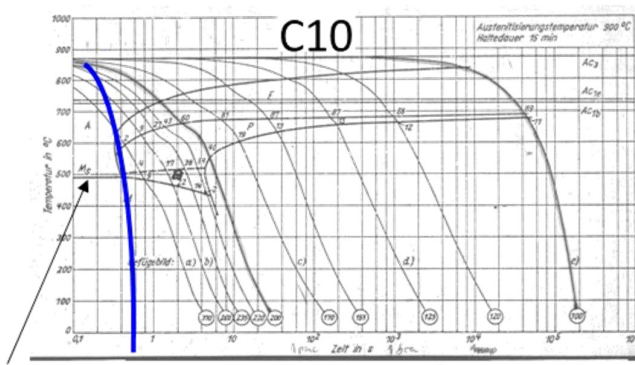


Folie: 23

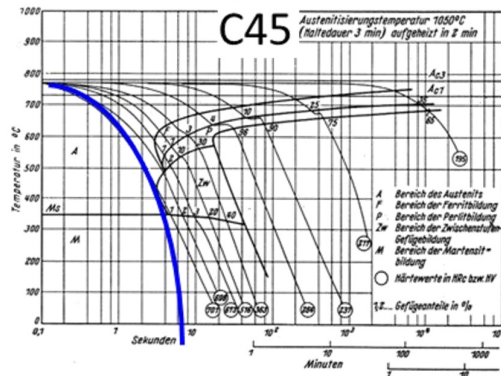
Kriterien zur Vergütung der Stähle

- Erhitzen über die Austenitisierungstemperatur, $A_3 + (20 \dots 50 \text{ } ^\circ \text{C})$
- Austenitisierung im ganzen Durchmesser
- Schnelleres Abkühlen als die Kritische Abkühlungsgeschwindigkeit
- Praktische Bedingung des Härtens;
 $C \geq 0,2\%$

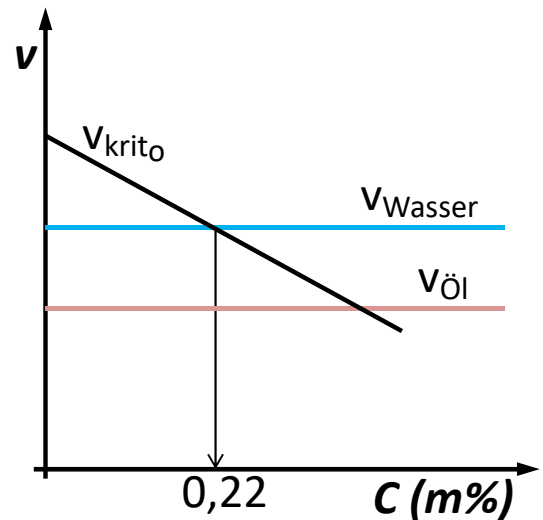
Folie: 24



$M_S = 480^\circ\text{C}$

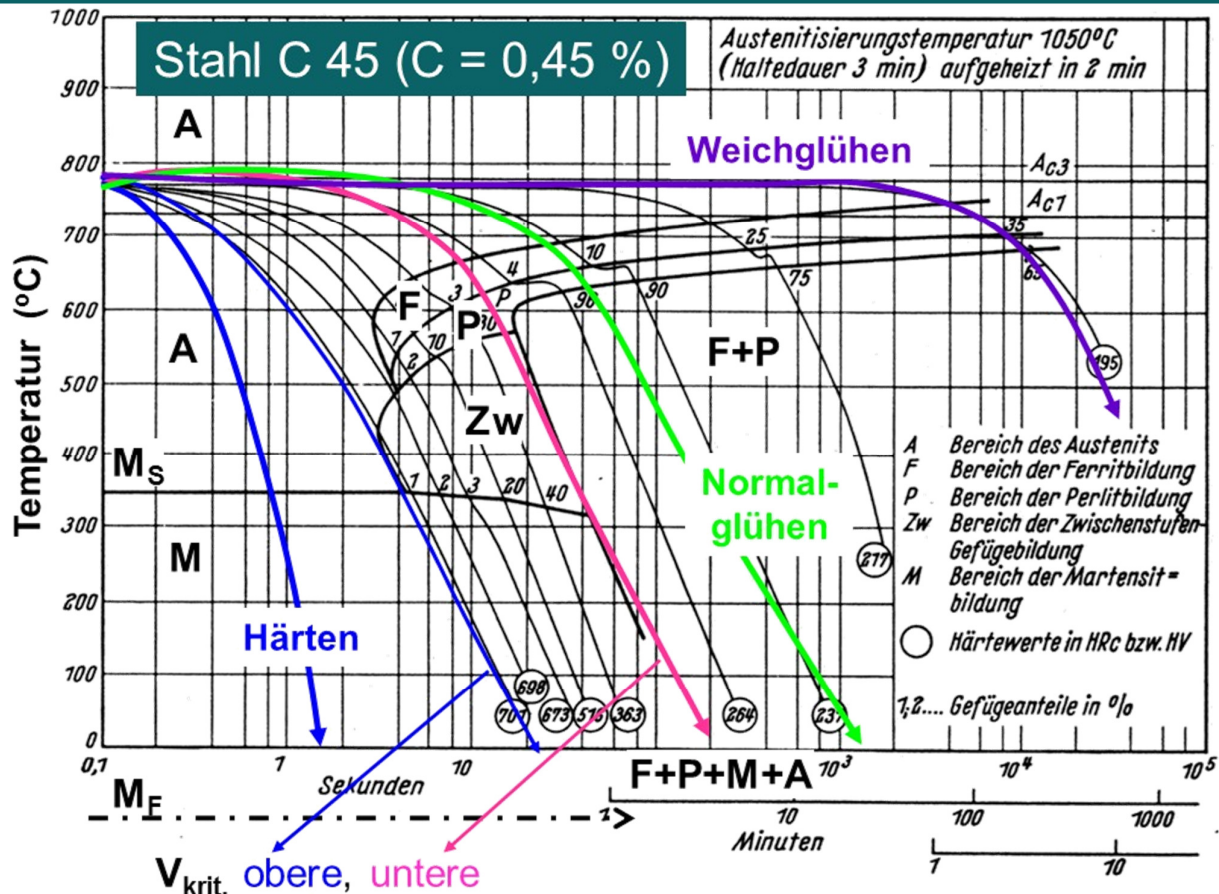


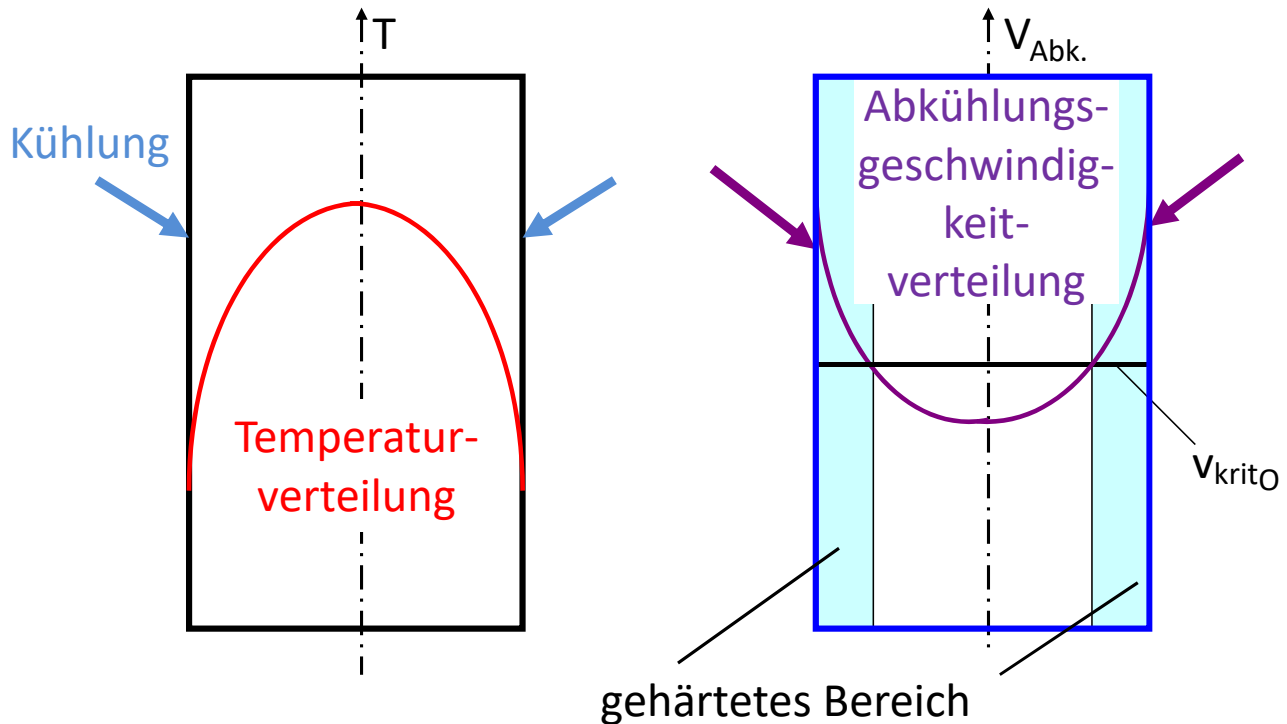
$M_S = 340^\circ\text{C}$



Praktische Grenze der Härtbarkeit

Die Legierungselemente vermindern die Kritische Abkühlungsgeschwindigkeit und die M_S Temperatur

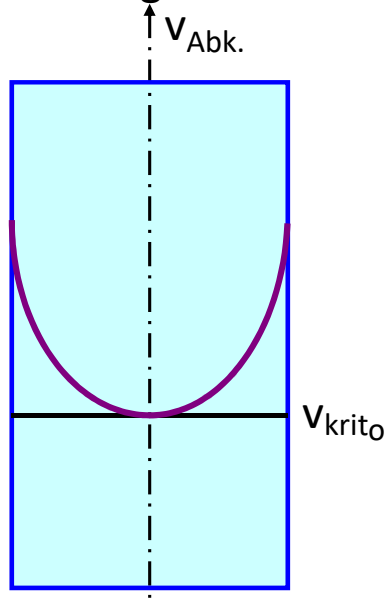




Folie: 27

Definition des Durchhärtbare Durchmesser

Bei gegebenes
Abkühlungsmedium

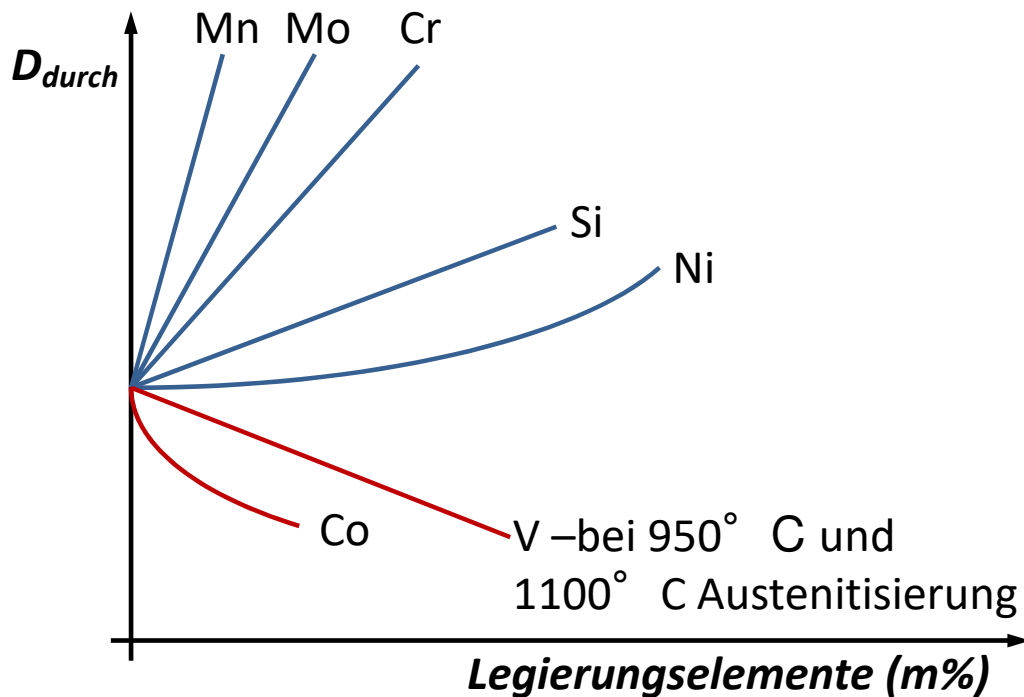


Durchhärtbares Durchmesser ist das Durchmesser, wobei bei gegebenes Abkühlungsmedium sich das innerste Punkt des Werkstücks noch minimum mit der Kritische (obere) Abkühlungsgeschwindigkeit abkühlt.

$D_{\text{durchh.}} = f(\text{chem. Zusammensetzung, Abkühlungsmedium, Korngröße, gewünschte Martensitmenge})$

Folie: 28

Durchmesser



Folie: 29

Berechnung des durchhärtbare Durchmessers

Grossmann Formel:

Idele durchhärtbare Durchmesser bei 50%
Martensitgehalt:

$$D_{id} = 8 \sqrt{C} 1,08^{8-n} \prod_{i=1}^m (1 + f_{Me_i} Me_i)$$

- n Kennzahl für die Korngröße
- f_{Me_i} Konstante fürs i -te Metall
- Me_i Menge der i -te Metall
- C Kohlenstoffgehalt

Reale durchhärtbare Durchmesser

$$D_{re} = D_{id} \eta_{Medium}$$

$$\eta_{Wasser} = 0,75$$

$$\eta_{Öl} = 0,5$$

$$\eta_{Luft} = 0,25$$

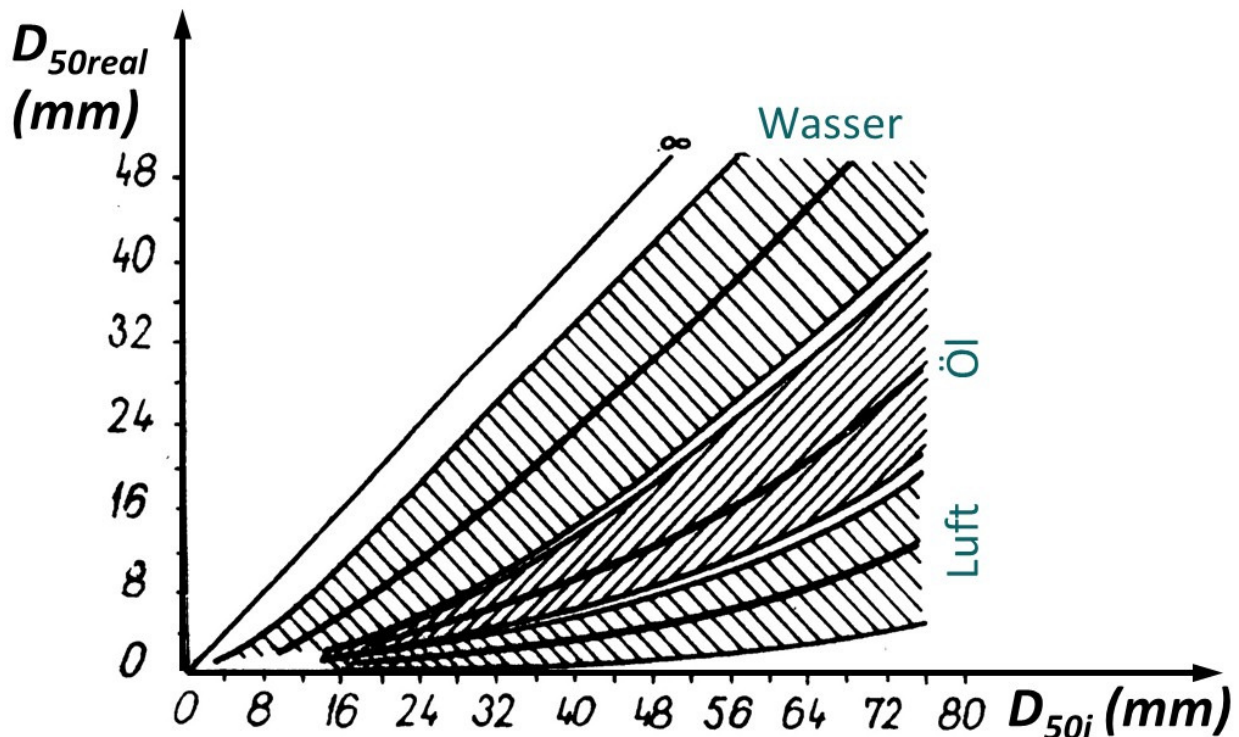
Folie: 30

$f_{Mn} = 4,1$	$f_{Cu} = 0,27$	$f_{Ni} = 0,52$
$f_{Cr} = 2,33$	$f_{Mo} = 3,14$	$f_p = 2,83$
$f_{Si} = 0,64$	$f_s = -0,62$	$f_v = 1,73$
	$f_{Ti} = 5,7$	

<i>Beispiel:</i>	C = 0,2 %	n = 6	Mn = 2 %
	Cr = 1,3 %		Mo = 0,3 %

$$D_{id50} = 8\sqrt{0,2} \times 1,08^{8-6} [(1 + 4,1 \times 2)(1 + 2,33 \times 1,3)(1 + 3,14 \times 0,3)]$$

$$D_{reWasser} = D_{id50} \times 0,75$$



= Stirnabschreckprobe

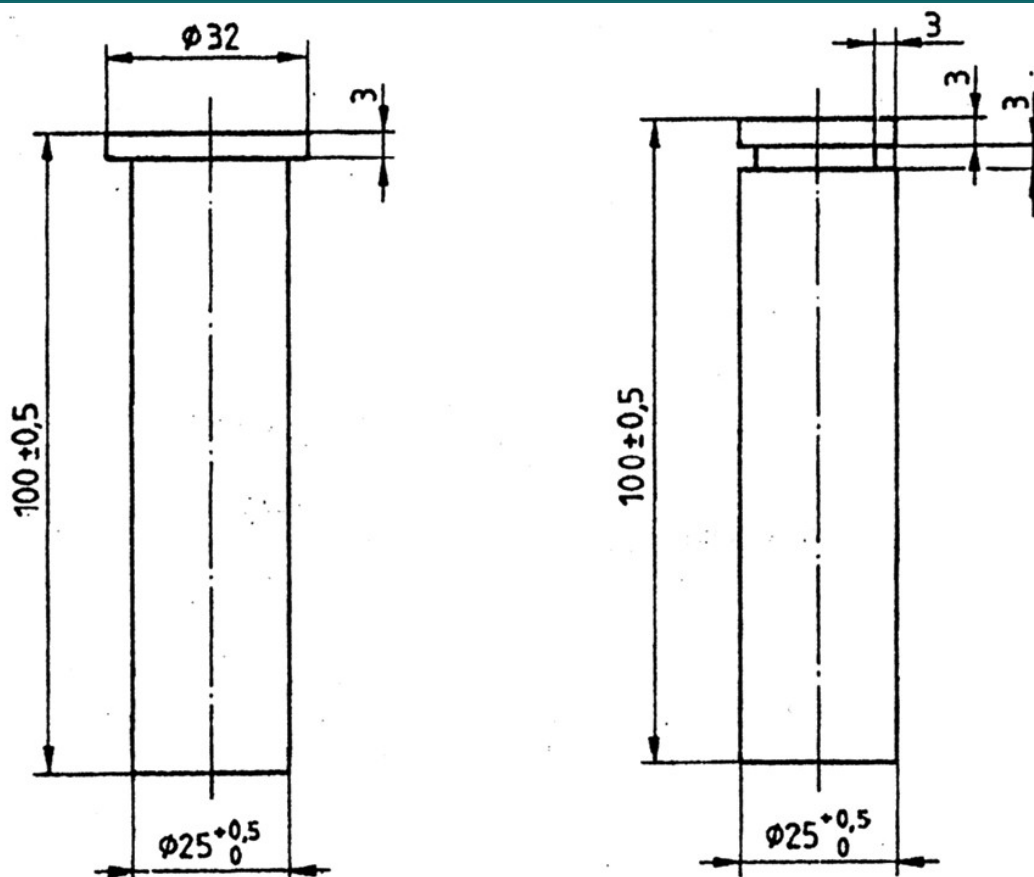
Jominy-Probe ist auch die
gebrauchliche Bezeichnung

- Genormte Probe
- Genormte Abkühlungsbedingungen

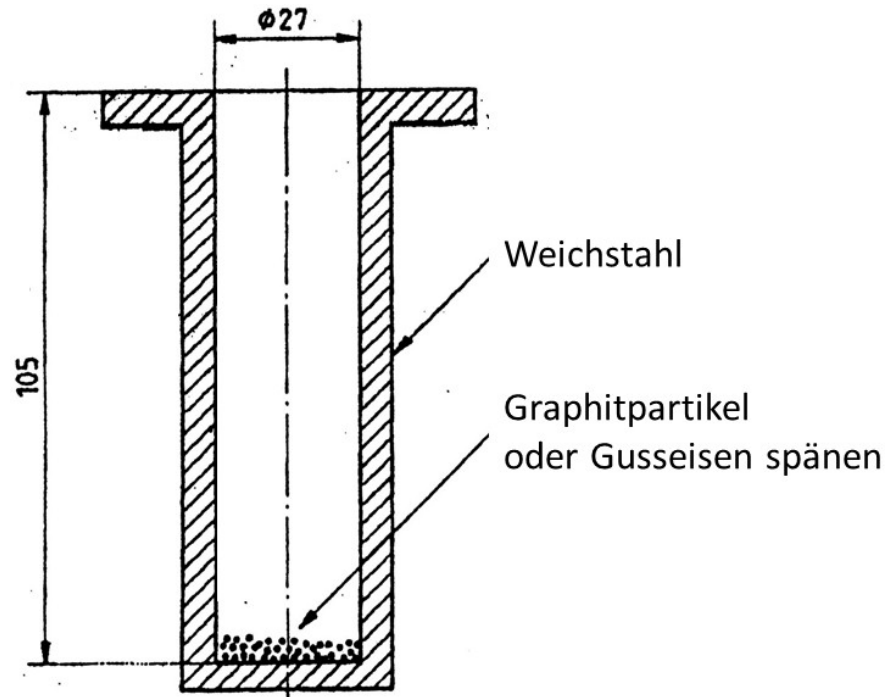
Schritte:

- Austenitisierung
- Kühlung am Stirn (Endplatte)
- Härtemessung
- Auswertung

Folie: 33



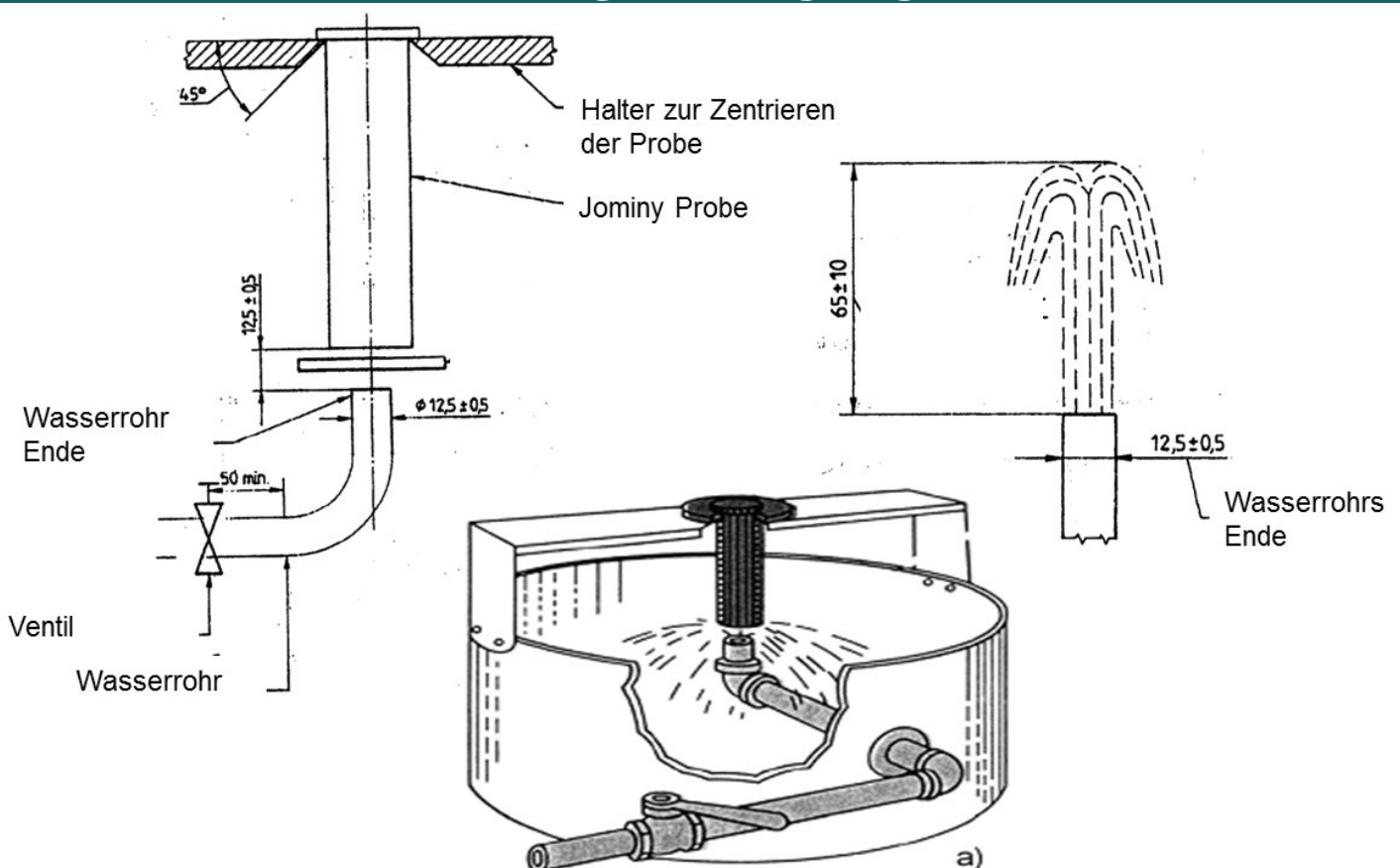
Folie: 34



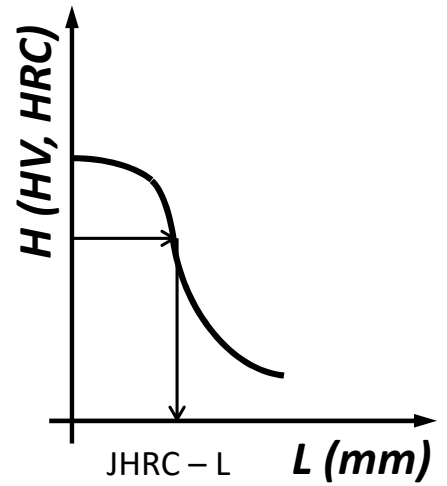
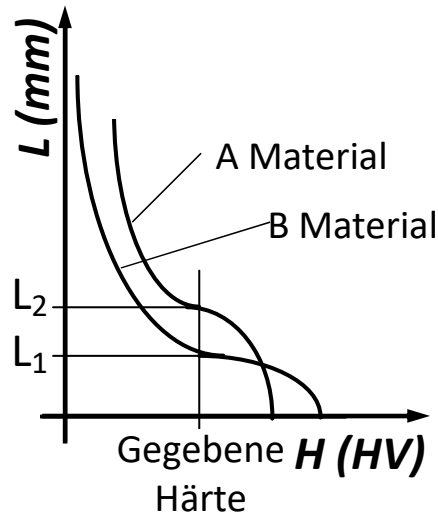
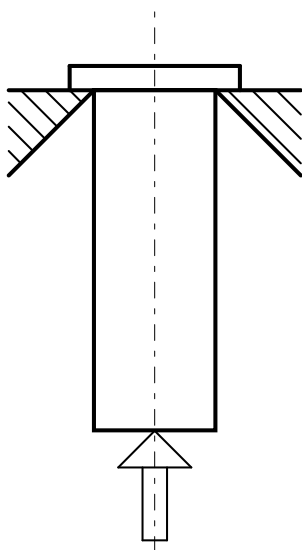
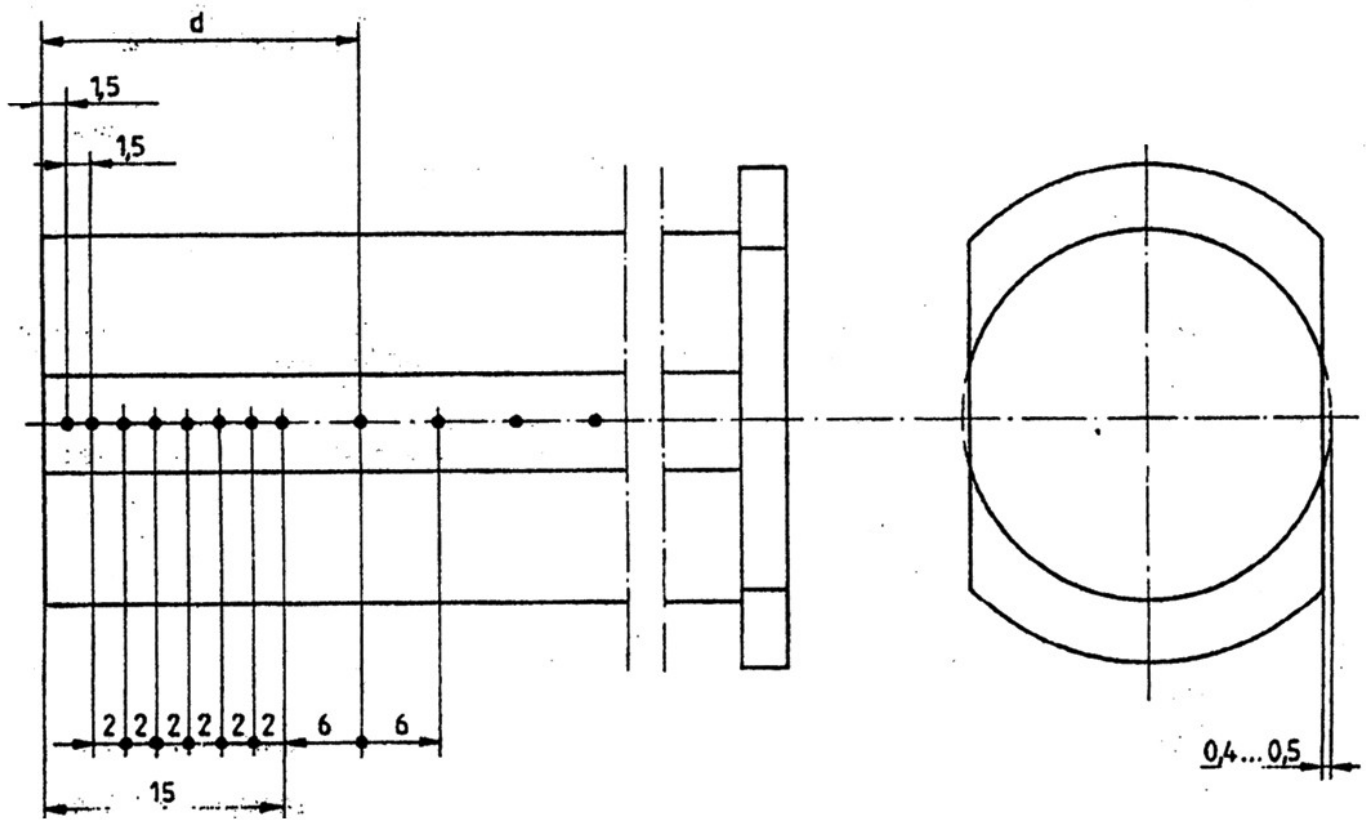
Auf genormte Temperatur mit mindestens 30 Minuten Haltedauer in reduzierender Atmosphäre

Folie: 35

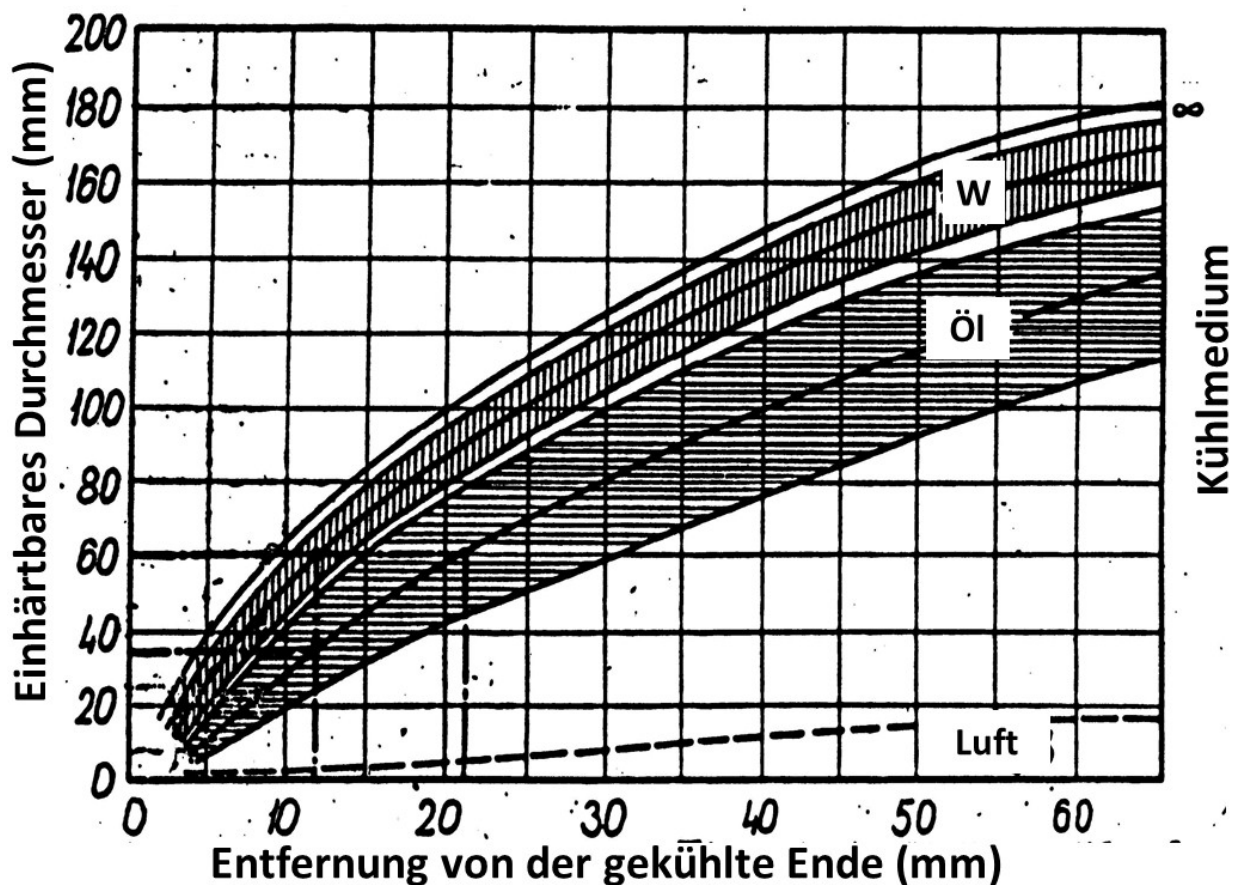
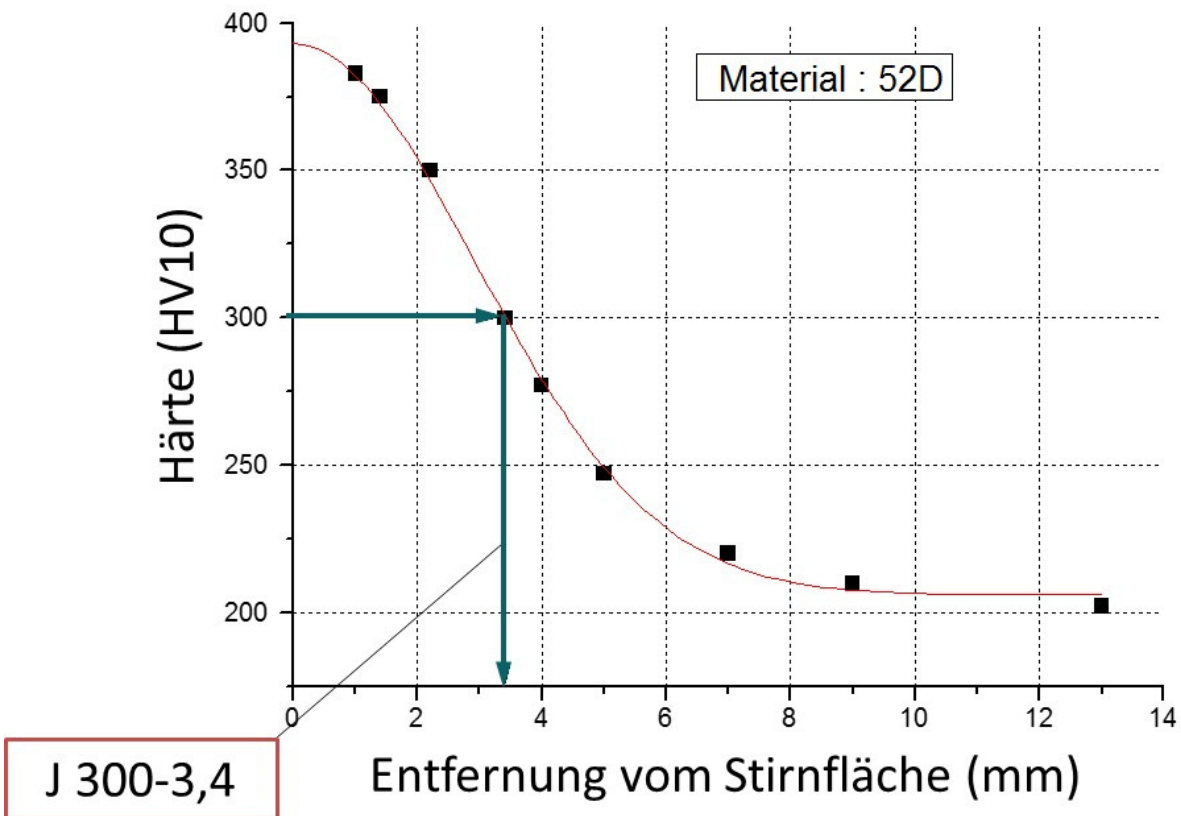
Genormte Abkühlungsbedingungen



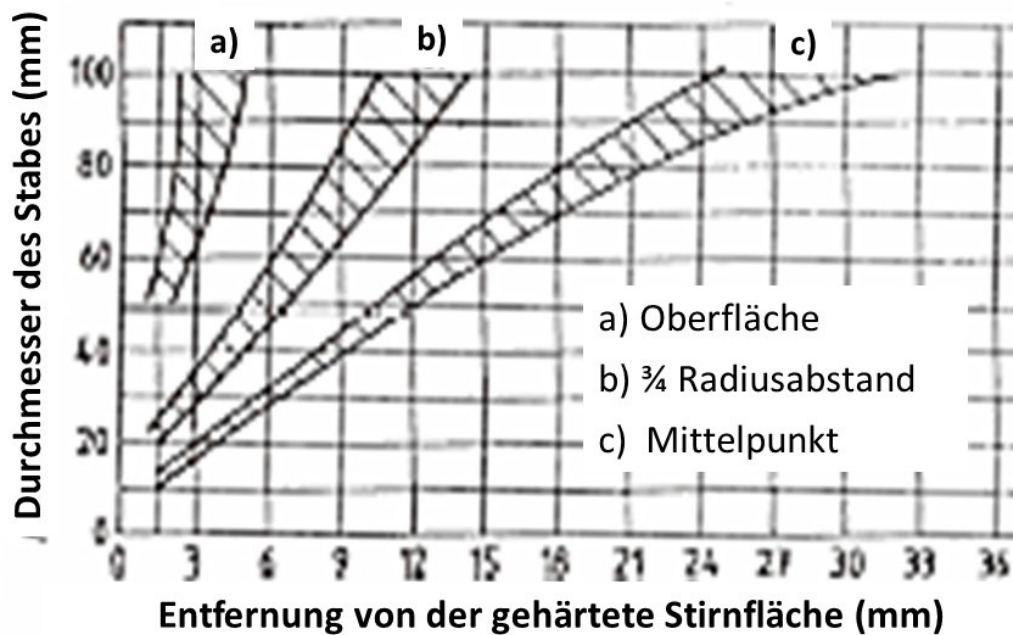
Folie: 36



Z.B. J45 - 12

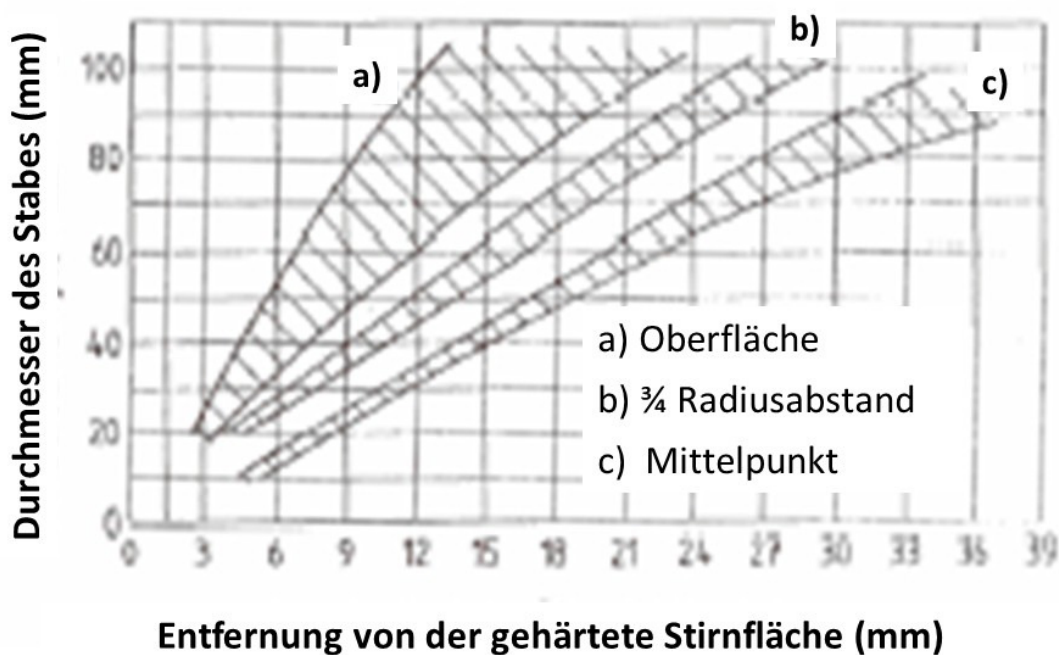


Rundstähle, in leicht gerührtes Wasser gehärtet

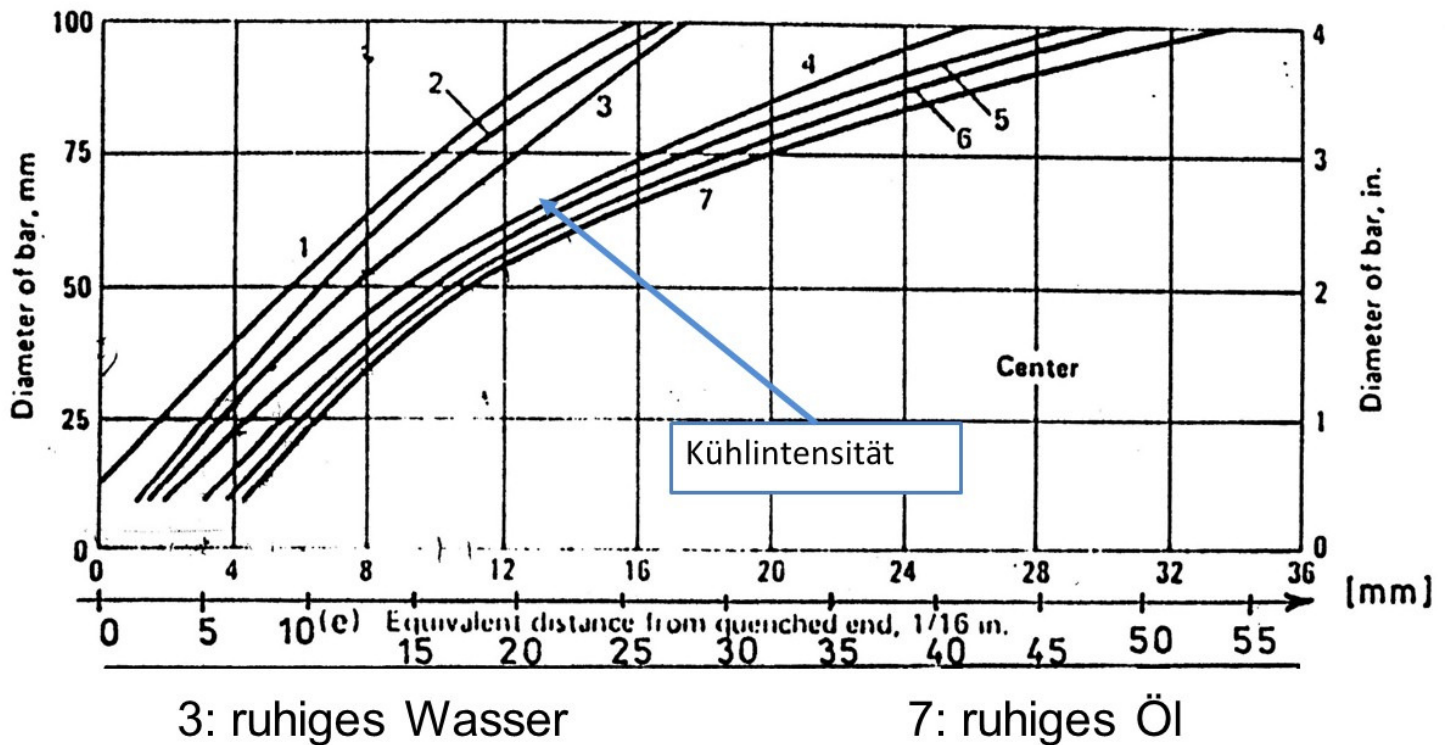


Folie: 41

Rundstähle in leicht gerührtes Öl gehärtet



Folie: 42



Folie: 43



Weitere Verwendung der Stirnabschreckprobe



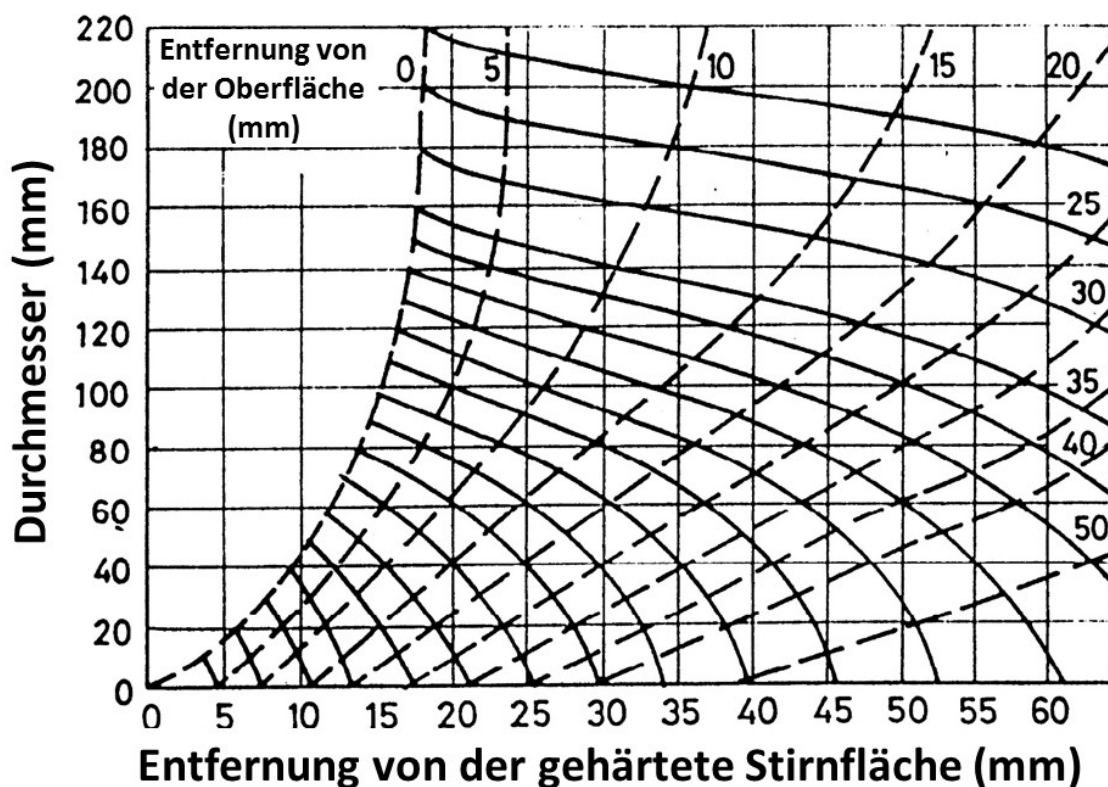
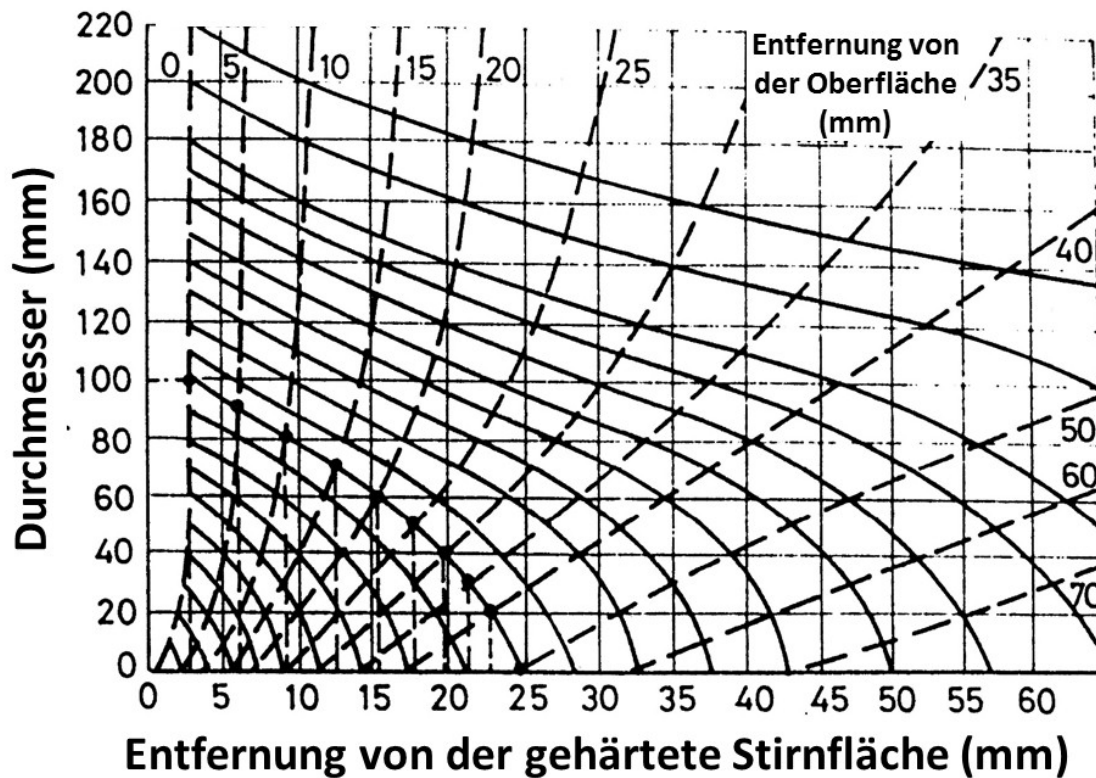
➤ Zur Überprüfung der Grundmateriale

- Bei gegebener Härte, die gemessene Strecke (6-18mm) soll im genormten Bereich liegen (z.B.. J 45 – 6/18 hier ist Die Härte in HRC gegeben, es ist auch möglich in HV anzugeben: J350-6/18)
- Bei gegebener Distanz (15 mm) soll die gemessene Härte im genormten Bereich liegen (J 38/45-15) oder J340/490-15
- In einigen Ländern: J 15=35/40

➤ Technologische Informationen:

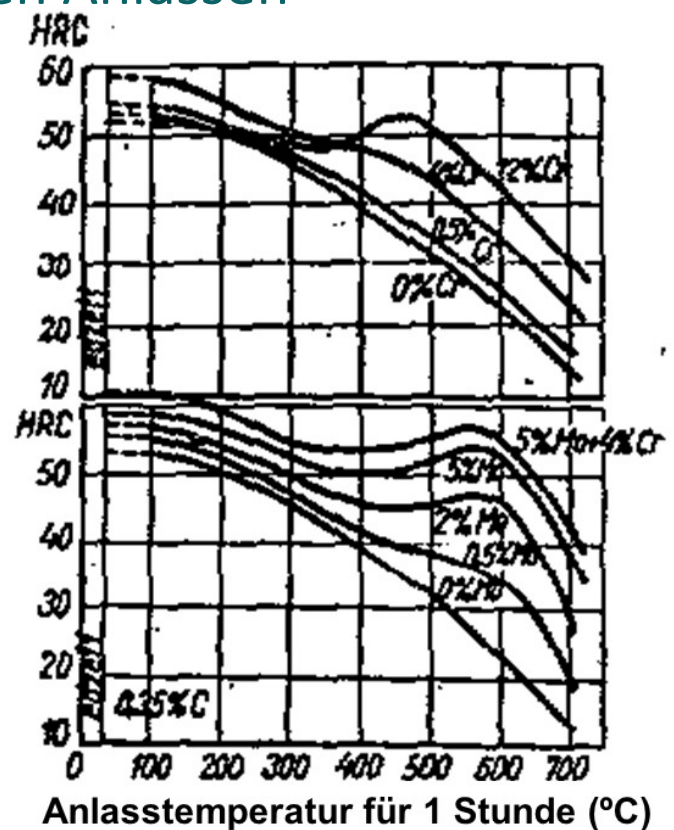
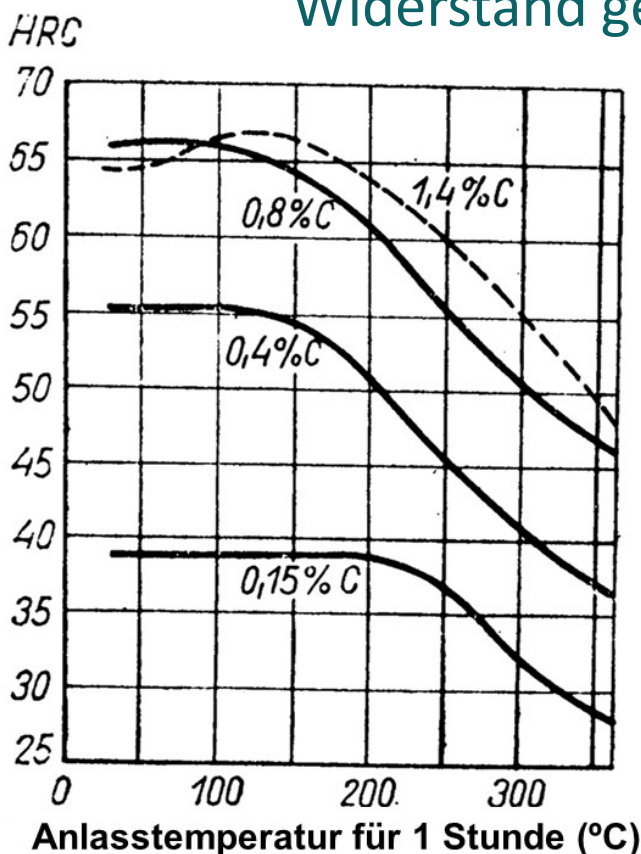
- mit Härten erreichbare maximale und minimale Härte,
- Härteverteilung im Durchmesser
 - (Oberflächenhärten-Verschleißfestigkeit, Spanbarkeit usw.)

Folie: 44



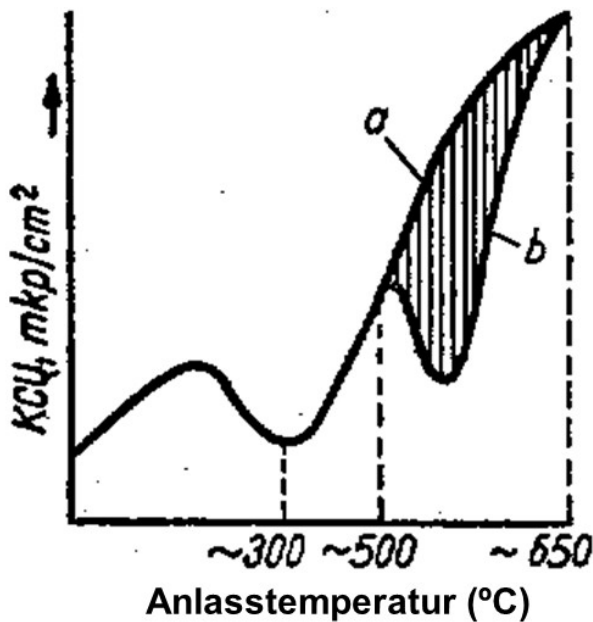
- Mn, Si und B erhöhen die Neigung zur Kornvergrößerung
- Kornfeinernd sind: Ti, V, Nb, Al, Zr
 - Bilden kleine gut verteilte Karbonitriden, die als Kristallkeime dienen und erhöhen die Energiebedarf auch für die Korngrenzen-Bewegung
- Die anderen Legierungselemente haben praktisch kein Einfluss auf die Kornvergrößerung

Folie: 46



Folie: 47

Anlasssprödigkeit



- **Cr, Mn** auf 500-650°C Temp. angelassen und langsam abgekühlt verursacht Sprödigkeit (KV sinkt)
- Andere Eigenschaften ändern sich nicht
- Ursache: Karbide, Nitride, Fosphide, Leg. elemente seigern an der Korngrenzen
- **P** → wird schlimmer
- **Ni** – kein Problem aber mit **Mn** und **Cr** nicht gut
- 0,2...0,3% **Mo** oder 0,5-0,7% **W** und schnelle Abkühlung hilft

Folie: 48

Zäh-Spröd Übergangstemperatur (TTKV₅₀₋₅₀)

- **Ni** Legierung Verschiebt das KV(T) Diagramm nach links (besser)
 - 1% Ni ~20°C Verschiebung
- Komplexe Kornfeinerung hilft
 - **Nb, V, Ti, Al, Zr** Mikrolegierung ~40°C Effekt
- KV(T) Diagramm nach rechts verschoben (schlechter)
 - **C**, 0,1% C ~25°C
 - **P**, 0,1% P ~55°C
 - **N**, 0,01% N ~300°C (in gelöste Zustand)
 - **O**, 0,01% O ~200°C (in gelöste Zustand)

Folie: 49

- Die Warmfestigkeit und Rekristallisationstemperatur wird erhöht:
 - W, Mo $\sim 110^{\circ}\text{C}/\text{At}\%$
 - V $\sim 55^{\circ}\text{C}/\text{at}\%$
 - Cr $\sim 30^{\circ}\text{C}/\text{at}\%$

Gruppierung der Stähle

- Nach der Qualitätsgruppen:
 - Grundstähle
 - Es gibt keine solche Vorschreibung wofür bei der Herstellung Besondere Behandlungen nötig wären
 - Qualitätsstähle
 - Die Vorschriften zwischen Grundstählen und Vergütungsstählen sind Gültig, man braucht sie genau herzustellen (Korngröße, S-Gehalt, Oberflächenqualität...usw.)
 - Vergütungsstähle
 - Man braucht sie mit große Gründlichkeit herzustellen, können legiert und unlegiert sein (alle Stähle für Wärmebehandlungen)

Folie: 53

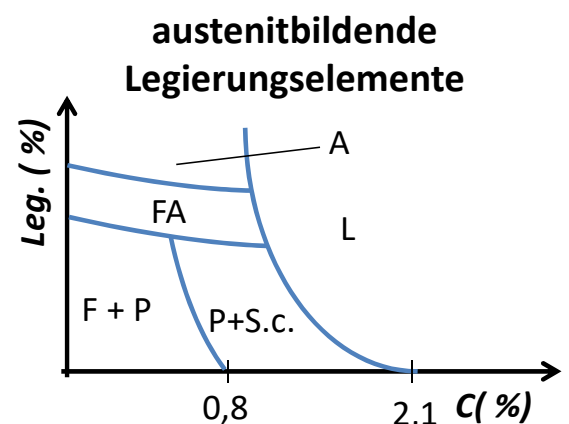
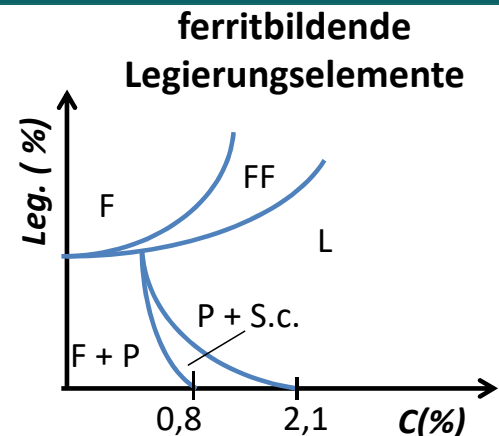
- Nach der Herstellung:
 - Konverterstahl
 - (Bessemer Stähle)
 - L-D Stähle (Sauerstoff-Aufblas Verf.)
 - AOD (Argon Oxygen Decarburization)
 - Elektrostahl
 - Lichtbogenofen
 - Induktionsofen
 - Siemens-Martin Stähle
 - Umgeschmolzene Stähle
 - Vakuumstähle

Folie: 54

- Nach Desoxidation
 - Unberuhigter Stahl (csillapítatlan)
 - gutes Materialausbeute, Oberflächenqualität gut, kalt gut verformbar, altern sich schnell, $C < 0,2-0,25\%$
 - $Si < 0,07\%$ unberuhigter Stahl ➤ halbberuhigter Stahl
 - Beruhigter Stahl
 - $Si \geq 0,12\%$ beruhigter Stahl
 - Sauerstoff wird im festen Zustand gebunden (Si, Mn, Al), einen Teil kann als Einschluss im Material bleiben, schlechtere Materialausbeute, keine Gasbalsen
 - Besonders Beruhigte Stähle:
 - Stickstoff wird auch gebunden und kornfeinernde Legierungselemente (Al, V, Nb, Ti edle Desoxidierungselemente), Altern sich am wenigsten, TTKV besser

- Nach Gefüge(struktur):
 - Ferritisch (F)
 - Halbferritisch (FF)
 - Hipoeutektoidisch (F+P)
 - Eutektoidisch (P)
 - Hipereutektoidisch (P+S.c.)
 - Ledeburitisches (L)
 - Halbaustenitisch (FA)
 - Austenitisch (A)

Gefüge(struktur) im Gleichgewicht



Wärmebehandlungen

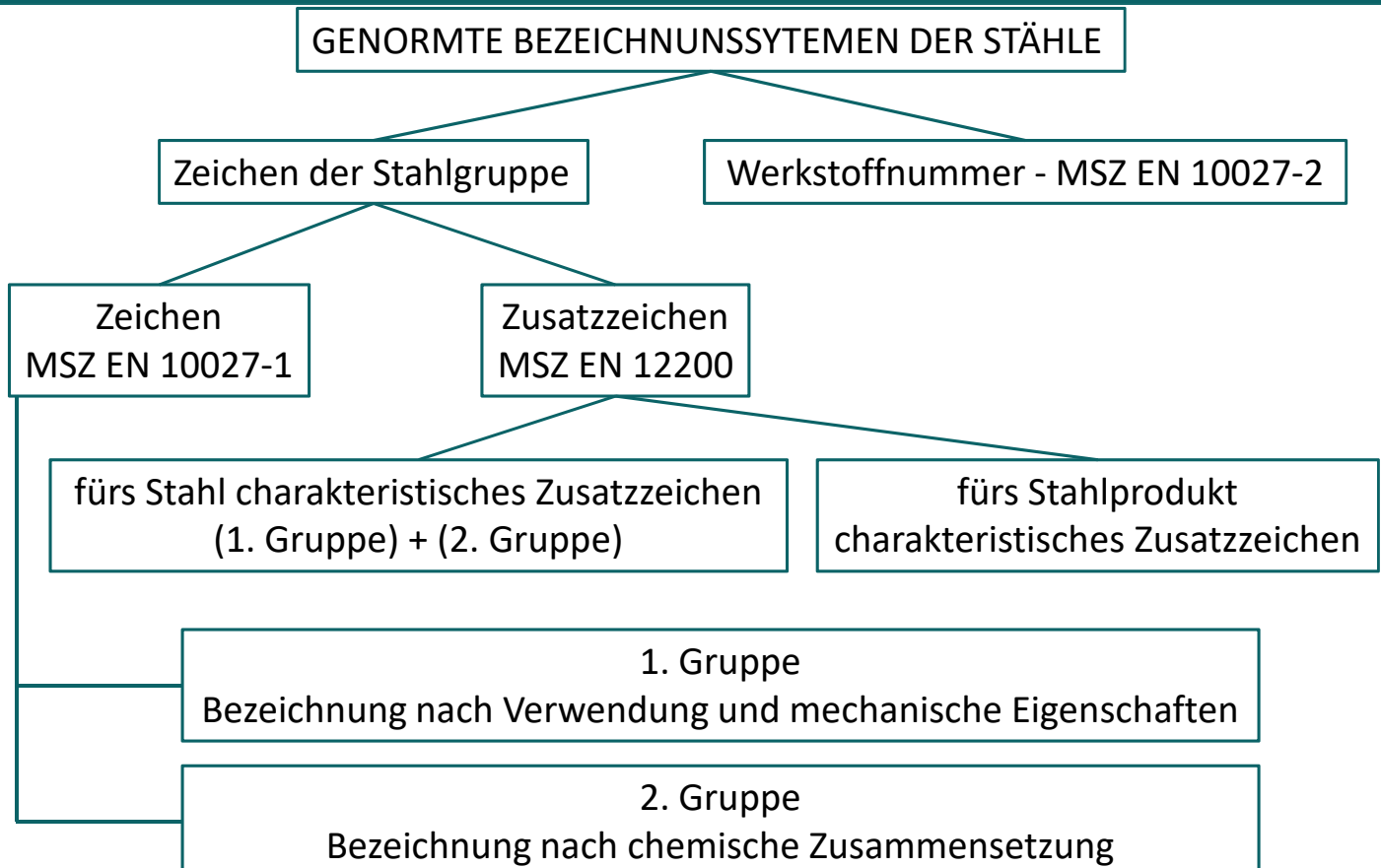
- Gleichgewichtsgefügen
 - r Ferrit
 - r Perlit
 - r Zementit (s Eisenkarbid)
- Nicht Gleichgewichtsgefügen
 - r Zwischenstufe
 - r Martensit
 - r Sferoidit

Folie: 57

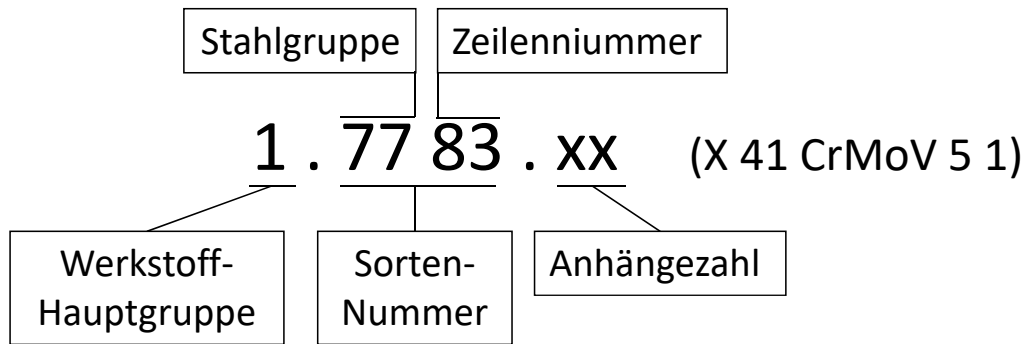
- Nach chemische Zusammensetzung
 - Unlegierte Baustähle:
 $Mn < 0,8 \%$, $Si < 0,5 \%$, P, S, Cr, Ni, Nb, V zufällig
 - Legierte Stähle
 - Niedriglegierte (Bau)stähle:
 Σ Legierungselement $< 5 \%$
 - Legierte Stähle:
 $5 \% \leq \Sigma$ Legierungselement $< 10 \%$
 - Hochlegierte Stähle:
 Σ Legierungselement $\geq 10 \%$
Bis zu 55 % Legierungselementgehalt

Folie: 58

- Nach Anwendung:
- Baustähle (C = 0 ... 0,6 %)
 - Maschinenbau, Fahrzeugbau, Stahlkonstruktionen
 - Neben Festigkeit auch die Zähigkeit ist eine Anforderung
- Werkzeugstähle (C = 0,4 ... 2,1 %)
 - Spanwerkzeuge und Umformwerkzeuge
 - Verschleißfestigkeit, Starrheit, Harte (Zähigkeit)
 - Vergütbare und ausscheidungshätbare Legierungen
- Besondere Stähle und Legierungen
(wenn Σ Leg. El. < 55 %)
 - Erwünschte spezielle Eigenschaften: warmfeste Stähle, kaltzähe Stähle, Rost- und säurebeständige Stähle, Hitze- und zunderbeständige Stähle



(MSZ EN 10027 -2)



Hauptgruppenr.	Werkstoff Hauptgruppen
0	Gußeisen
1	Stahl
2	Schwermetalle
3	Leichtmetalle
4	Metallpulver
5-8	Nichtmetallische Werkstoffe
9	Frei für andere

Stahl-Kurznamen – physikalische Eigenschaften

Z.	Anwendungsgebiet	Haupteig.	Bsp.
S	Konstruktionsstähle	R_{eH} (MPa)	S235
P	Stähle für Druckbehälter	R_{eH} (MPa)	P275
L	Stähle für Rohrleitungen	R_{eH} (MPa)	
E	Maschinenstähle	R_{eH} (MPa)	E235
B	Betonstähle	R_{eH} (MPa)	
Y	Stähle für vorgespannte Stahlkonstruktionen	R_{eH} (MPa)	
R	Schienenstähle und Schienen	R_{eH} (MPa)	
H	Kalt gewalzte Flachprodukte aus hochfeste Stähle fürs Kaltziehen	R_{eH} (MPa)	H400
		$T+R_{eH}$ (MPa)	HT400

Z.	Anwendungsgebiet	Bemerkung
D	Flachprodukte für Kaltverformung	C – kaltgewalzt Produkt + Nummer
		D – warmgewalzte Produkt + zwei Nummern
		X – Walzzustand ist nicht vorgeschrieben + zwei Nummern
T	Verzinnete Produkte (fürs Verpackungen)	H + vorgeschriebene Rockwell Härte
		R_{eH} (MPa)

Z.	Verwendungsgebiet	Bemerkung
M	Elektrotechnische Stähle	Wattverlust \times 100, Dicke \times 100
		A – keine Kornorientierung
		B – unlegiertes Halbprodukt
		E – legiertes Halbprodukt
		N – herkömmlich orientierte Körner
		S – kleine Verlust orientierte Körner
		P – Große Permeabilität mit orientierte Körner

- G, als erste Zeichen → Guss

Zusatzzeichen für ergänzende Eigenschaft			Prüf- temperatur (° C)
Vorgeschriebene Kerbschlagarbeit KV			
27 J	40 J	60 J	
JR	KR	LR	+20
J0	K0	L0	0
J2	K2	L2	-20
J3	K3	L3	-30
J4	K4	L4	-40
J5	K5	L5	-50
J6	K6	L6	-60

Folie: 78

M – Thermomechanisch behandelt

N – Normalisiert, oder auf geregelte
Temperatur gewalzt

Q – Vergütet

G – andere Eigenschaften mit ein oder zwei
Ziffern

G1 – desoxidiert

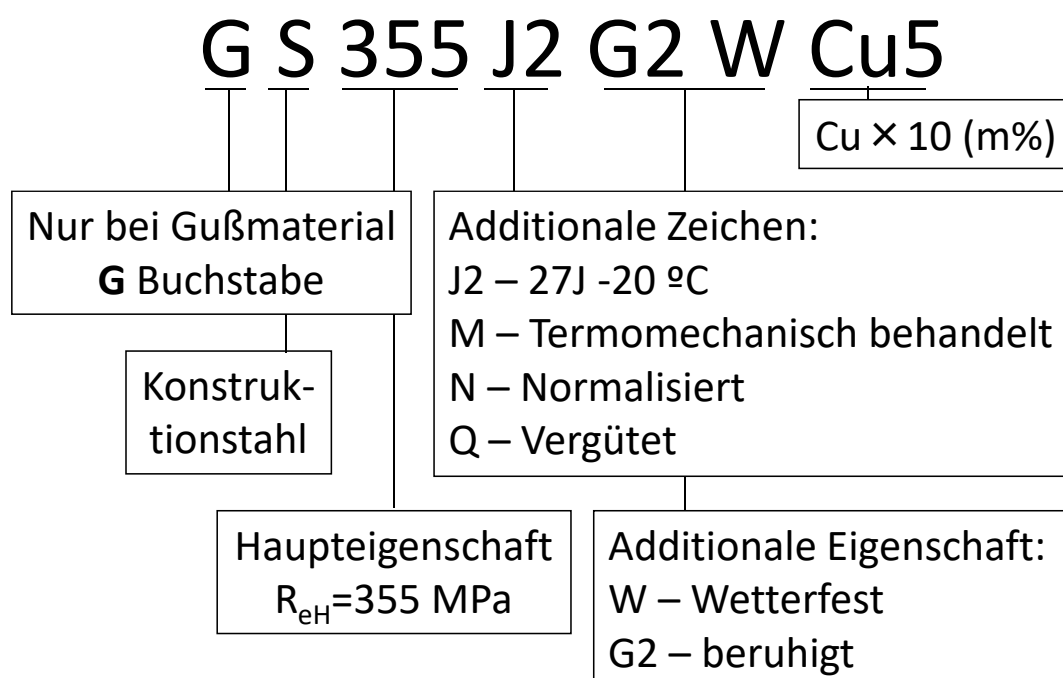
G2 – nicht desoxidiert

Folie: 79

- C – spezielle Kaltverformbarkeit
 - D – in Metallschmelze eingetaucht Beschichtet
 - E – Emailliert
 - F – Geschmiedet
 - H – Hohlprofile (üreges szelvények)
 - L – für kleine Betriebstemperaturen
 - T – für Rohre
 - X – für große und kleine Betriebstemperaturen
 - W – Wetterfest
- Elementsymbole einer Legierungselements
(Multiplikatorfaktoren!), zB. Cu5 – 0,5% Cu

(MSZ EN 10027 -1)

Kurznamen nach der Verwendung:



➤ Nach der chemischen Zusammensetzung

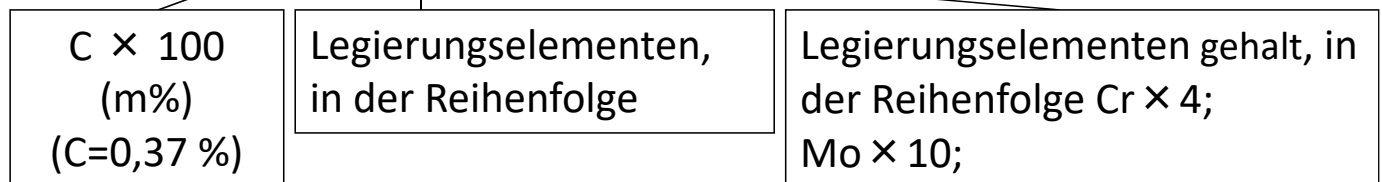
➤ Unlegierte Stähle:

➤ Wenn $Mn < 1\%$ (ausgenommen Automatenstahl)

C45 → $C \times 100$ (m%) ($C = 0,45\%$) (Mittelwert)

➤ Wenn $Mn \geq 1\%$ und alle Legierungselementen $< 10\%$ (ausgenommen Schnellarbeitsstähle und automatenstähle)

37 Cr Mo 4



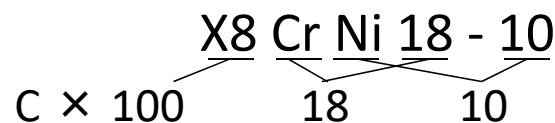
Multiplikatorfaktoren für chem. Zusammensetzung:

Cr, Co, Mn, Ni, Si, W	Al, Be, Cu, Mo, Nb, Pb, Ta, Ti, V, Zr	C, N, P, S	B
4	10	100	1000

➤ Legierte Stähle: Wenn min. ein Element Z.s. $> 10\%$

X8 Cr Ni 18 - 10

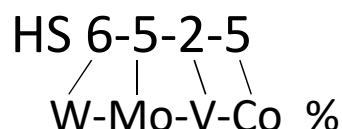
$C \times 100$ 18 10



➤ Schnellarbeitsstähle

HS 6-5-2-5

W-Mo-V-Co %



- Baustähle (C = 0 ... 0,6 %)
 - Maschinenbau, Fahrzeugbau, Stahlkonstruktionen
 - Neben Festigkeit auch die Zähigkeit ist eine Anforderung
- Werkzeugstähle (C = 0,4 ... 2,1 %)
 - Spanwerkzeuge und Umformwerkzeuge
 - Verschleißfestigkeit, Starrheit, Harte (Zähigkeit)
 - Vergütbare und ausscheidungshärtbare Legierungen
- Besondere Stähle und Legierungen
(wenn Σ Leg. El. < 55 %)
 - Erwünschte spezielle Eigenschaften: warmfeste Stähle, kaltzähe Stähle, Rost- und säurebeständige Stähle, Hitze- und zunderbeständige Stähle

- Baustähle
 - A: warmgewalzte Baustähle
 - B: Flachprodukte für Druckbehälter
 - Schweißbarkeit, Verformbarkeit
 - C: Stähle für Kaltverformung
 - D: Vergütungsstähle
 - E: einsetzhärtbare Stähle
 - F: nitrierbare Stähle
 - andere Stahltypen, für besondere Zwecke

- Herkömmliche Verwendung, Zeichen S und E
- warmgewalzte oder geschmiedete Zustand
- Zertifikat für R_m , R_{eH} , A, KV, Zusammensetzung
 - im Fall von Flachprodukten auch Biegsamkeit
 - im Fall von Zeichen E keine KV
- Bei größeren Anforderungen können nicht verwendet werden, für Schweißen nur mit vorgeschriebene KV
 - $C_e < 0,5\%$
- viele Ausstattungen nach der Zusatzzeichen
- Bsp.: S235JR

Folie: 73

- Während normalisierendes Walzen der Wärme Zu- und abfuhr wird überwacht
- Korngröße größer als 6
- Gleiche Kennzeichen aber zusätzlich:
 - N: normalisiert (in allen Fällen)
 - L: vorgeschriebene KV auf -50°C 27 J
- Bsp.: S275N, S275NL

Folie: 74

- Während thermomechanisches Walzen beginnt der Verformung über die Rekristallisationstemperatur, aber der Prozeß beendet unter der Rekristallisations-temperatur
- Die Rekristallisationstemperatur wird mit Nb erhöht
- Die Kornfeinerung wird mit Ti gefördert
- Zusatzkennzeichen: M
- Bsp.: S355MN, S355ML

- Wasserstoff-druckbehälterstähle
- Problem: H zerlegt die Eisenkarbide im Stahl durch Oberflächendissoziation und Diffusion
 - auf größere Temperatur 200°C beschleunigt sich das Prozess
 - Zugspannung beschleunigt das Prozess
- Lösung: Legierungselemente mit stabilen Karbide
 - Cr, Mo, V, W
- Warmfestigkeit wird auch besser
- wird im vergüteten Zustand eingebaut
- Ölindustrie, Raffineranlagen, Wasserstoffanlagen
- HSLA

- Baustahl wird mit der Feuchtigkeit und O-Gehalt der Umgebung korrodieren - porös
- Der Schädigungsprozess kann bis zur völligen Versagen des Materials gehen
- Cu, Cr, P, Ni, Mo Legierung (in kleinen Mengen)
- Phosphidische Sulfidische und hidroxidische Verbindungen stopft die Poren ein, der Prozeß wird langsamer und bleibt stehen
- Passiviertes Schicht ist rotbraun <0,3 mm
- Bsp.: S235J0W, S355J0WP

Cr = 0,5 – 1 %

Ni = 0,2 – 0,6 %

Cu = 0,2 – 0,5 %

Folie: 77

A: Bläche und breite Stahlprodukte aus vergüteten Stahl mit hohe Streckgrenze

- Auf Raumtemperatur und auf kleinen Temperatur arbeitende geschweißte Konstruktionen mit große mechanische Beanspruchung
- Behälter, Brücken, Kräne...usw.
- Q: Zusatzkennzeichen
- mit herkömmlichen Methoden schweißbar, aber anfällig gegen Kaltriss (je dicker, je größere Festigkeit, Spannungskonzentratoren)
- Bsp.: S460QL

Folie: 78

vorgeschriebene Eigenschaften

- Unlegierte Stähle (zB.: P235GH)
 - Warmstreckgrenze oder Kriechgrenze ist angegeben
 - Dampfkessel, Druckbehälter
 - ~ bis 400°C
- Legierte Stähle (zB.: 12CrMo9-10)
 - Mn, Mo, Cr, V, Nb Legierung + zur Schweißbarkeit Si, Ni
 - Kesseltrommel, Dampfrohre, Chemieanlagen, Verbindungselemente,
 - ~500-530°C

Folie: 79

- Drei Gruppen
 - Grundqualitäten auf Raumtemperatur (P...N) bis 20°C verwendbar
 - Warmfeste Qualitäten (P...NH) zwischen 20-400°C verwendbar
 - Kaltzähe Qualitäten (P...NL1 und P...NL2) sind auch auf -40 °C bzw. -50°C noch nicht spröd
- Korngrößenzahl > 6
- Zur Schweißen C_e beachten

Folie: 80

- Anspruchsvolle Konstruktionen dürfen nur aus Stahl mit vorgeschriebene KV gebaut werden
- unter -60°C dafür Ni-legierungen
- KFZ Gitter wird nicht versprödet
- Auswahl anhand Wanddicke und Temperatur
- KV sogar auf -200°C
- Kühl- und Kriogentechnik
- 11MnNi5-3, 12Ni14, X7Ni9

Folie: 81

B: schweißbare, feinkörnige, thermomechanisch gewalzte Stähle

- Ähnlich zur Flachprodukte Nb Legierung zur Erhöhen der Rekristallisationstemperatur
- Ti Legierung zur Kornfeinerung
- V und Mo Legierung zur Festigkeitserhöhung
- KV 27J sogar auf -20°C , im kaltzähen Fall Zusatzkennzeichen L1 und L2
- Zusatzkennzeichen: M Bsp.: P355ML1

Folie: 82

- Drei Gruppen
 - Grundqualitäten auf Raumtemperatur (P...Q) bis 20°C verwendbar
 - Warmfeste Qualitäten (P...QH) zwischen 20-400°C verwendbar
 - Kaltzähe Qualitäten bis -40 °C (P...QL1) bis -50°C (P...QL2)
- Die feinkörnige Qualität und Festigkeit wird durch Mikrolegieren (Ti, Nb, V, N, B) gewährleistet
- Schweißen wird beeinflusst durch: Materialdicke, Energie, Konstruktion, Elektrodenausnutzung, Schweißprozess, Zusatzmaterialeigenschaften

Folie: 83

- Ferritische kb. Stähle
 - für Korr.medien mit kleine Ätzfähigkeit, Druckbehälter, Lebensmittelindustrie, Katalisatoren
 - bis 350°C Streckgrenze 155-215 MPa
- Martensitische kb. Stähle
 - Pumpenteile, Ventile, Turbinenbestandteile
 - bis 300°C Streckgrenze 530-580 MPa
- Austenitische kb. Stähle
 - sehr breite Anwendungsbereich
 - von -196-600°C (KFZ nach Weichen kein Kaltbruch, kein TTKV)
- Austenit-Ferritische (Duplex) kb. Stähle
 - Schweißen und Wärmebehandlung in Normen vorgeschrieben

Folie: 84

kohlenstoffarmen Stahl

- Kleine C-Gehalt, ferritisch
- sehr wenig Legierungselemente, zur Desoxidation Al, zur Binden der N Gehalt (Altern) mit Ti
- DC01...DC06, Zusatzzeichen A, oder B-
Oberflächenqualität
 - A: Oberflächenfehler (Poren , kleine Kratzer, wenig Verfärbung zugelassen)
 - B: bessere Oberfläche soll Fehlerlos sein, andere minimum A Qualität aber dressiert
- Oberflächenrauigkeiten
 - b: glänzend, g: halbgläzend, m: normal, r: rau
- Bsp: DC01Am

Folie: 85

Kaltverformung

- Schmäler als 600 mm, dünner als 10 mm unlegiertes oder legiertes Band
- Zusatzzeichen:
 - weichgeglüht (A)
 - kalt nachgewalzt (C und erhöhte R_m)
 - dressiert (LC)
 - Oberflächenqualität MA, MB und MC
- Bsp: DC03C440MB

Folie: 86

Streckgrenze für Kaltverf.

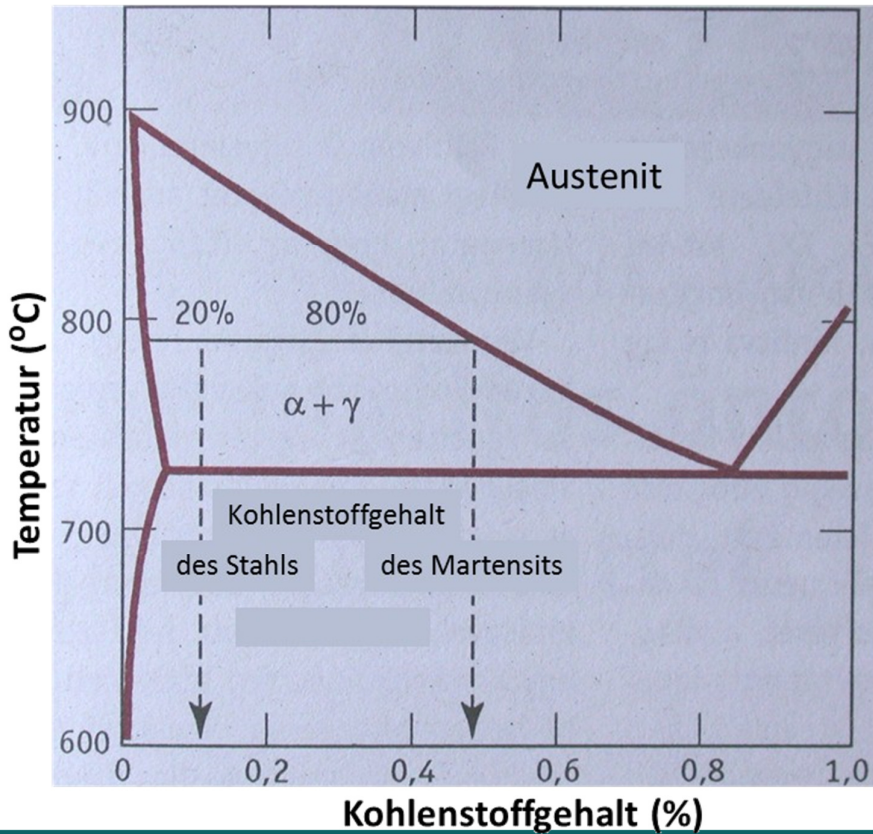
- Für Kaltverformung, warmgewalzt, schweißbar, erhöhte Streckgrenze, legiert
- Thermomechanisch oder normalisiert gewalzt
- Perlitarme stähle (Ti, Nb, V) - HSLA
- Bsp: S420NC, S460MC
- kaltverformbar, biegsam, spanbar, scherbarm
- Fahrzeugbau, geschweißte Konstruktionen

Folie: 87

- Dual Phase
- Zwei Phasen: in sehr weichen Ferrit, sehr harte fein verteilte Martensit Phase
- Gute festigkeitswerte bei gute Verformbarkeit
- Felgen, PKV/LKV Karosserien, Drähte, Gerüste, Bauteile

Folie: 88

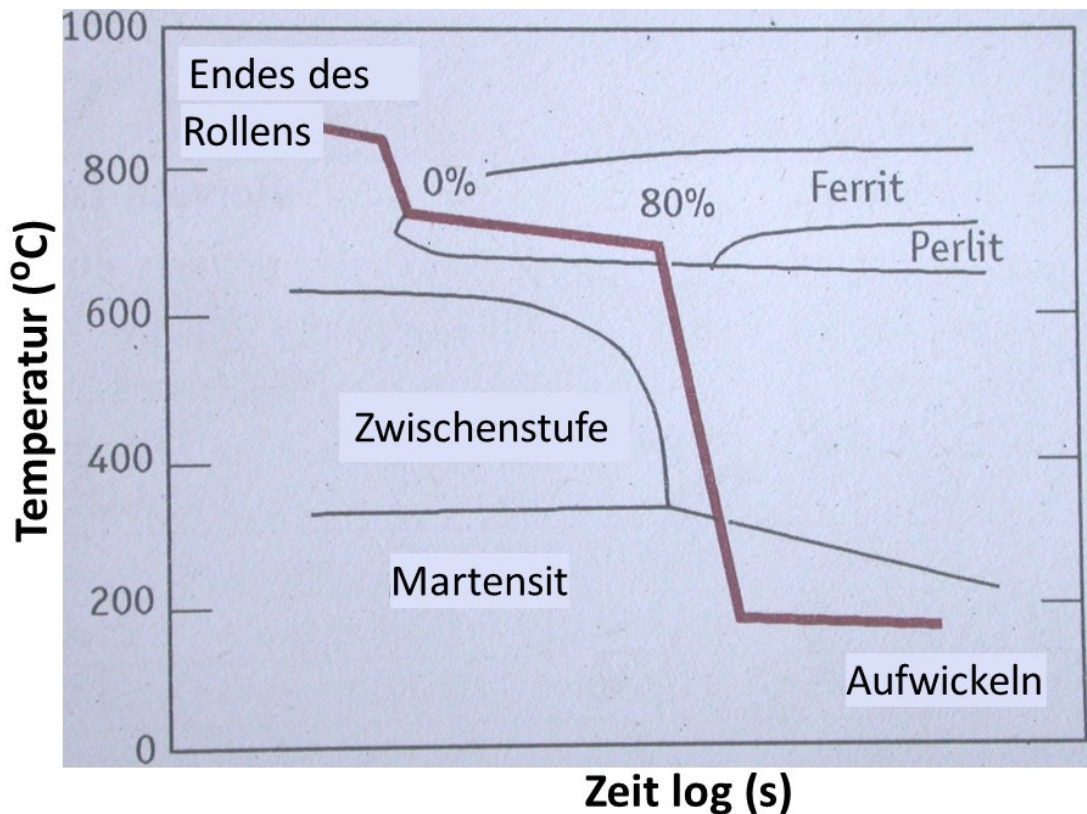
Interkritisches Weichglühen



Folie: 89

Herstellung von (DP) Stählen

Abkühlung stufenweise

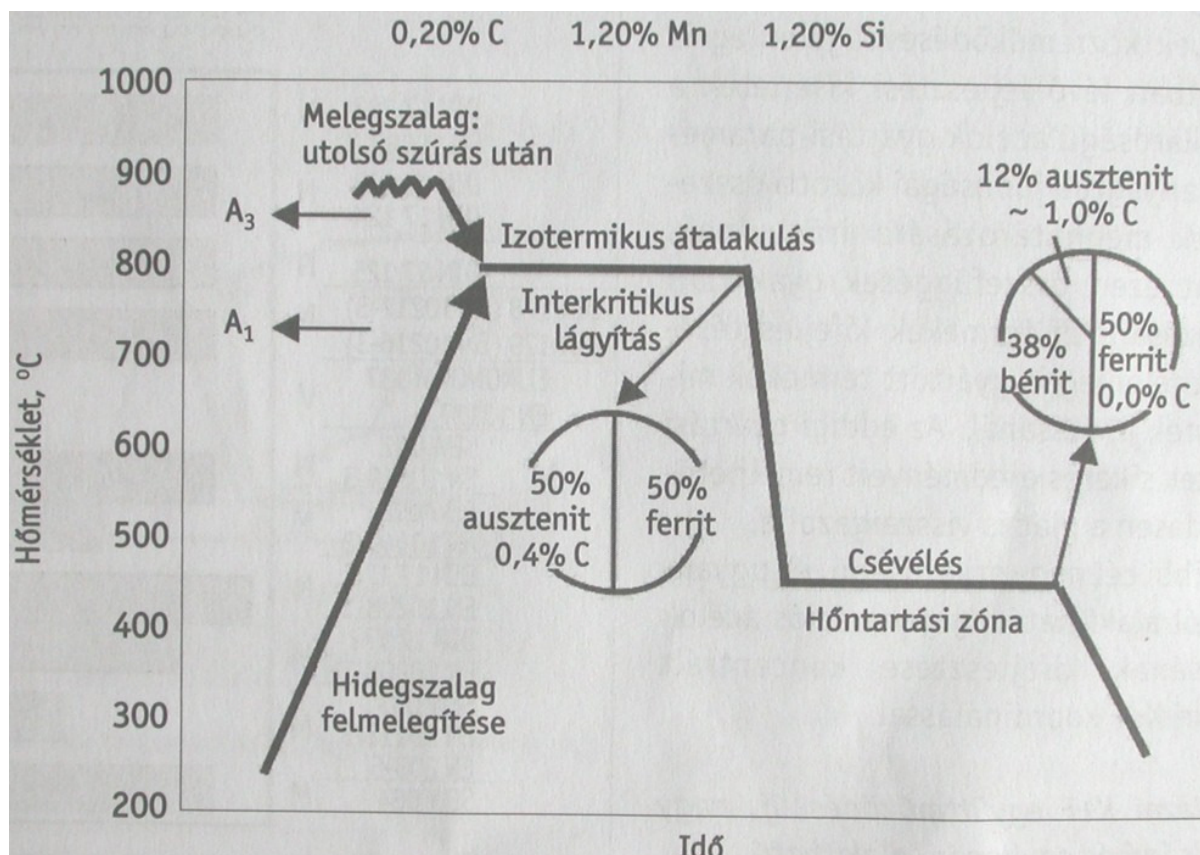


Folie: 90

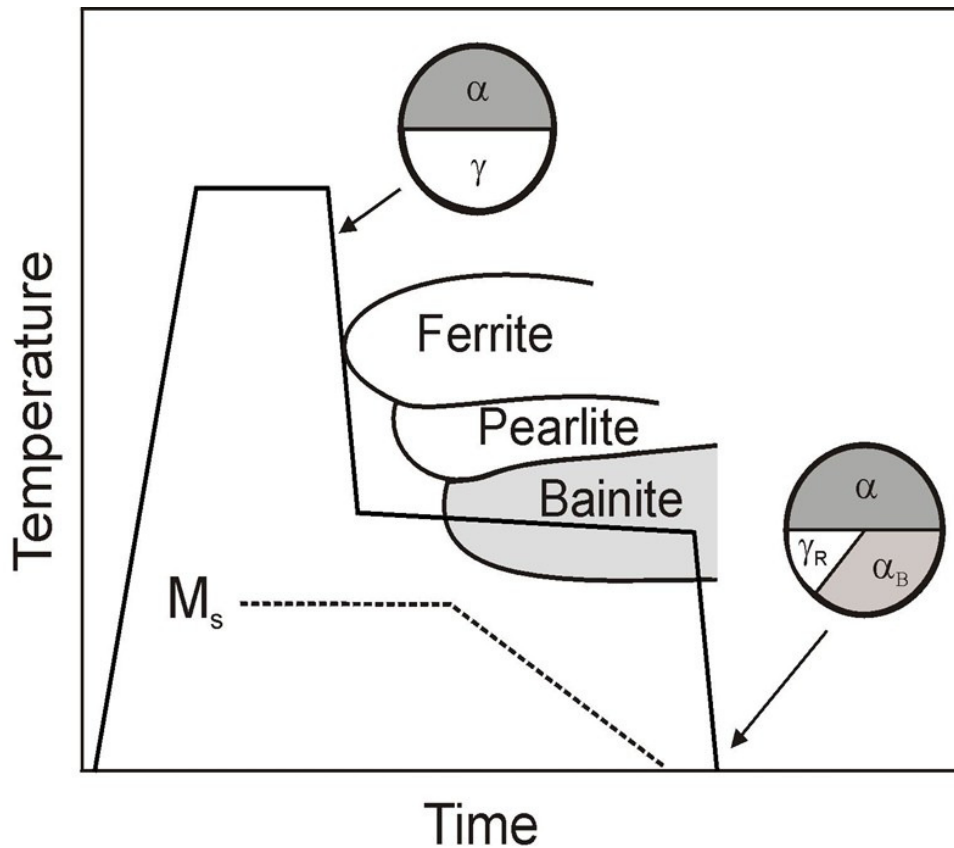
- Transformation-induced-plasticity
- Umwandlung verursachte Plastizität
- Umwandlung verursachte Verformbarkeit
- Gefüge nach Warmverformung: Ferrit-Zwischenstufe(Bainit)-Martensit
- Nach weitere Verformung der metastabile Restaustenit wandelt sich in Martensit um
- Karosseriebauteile, Fahrzeugbau

Folie: 91

TRIP wirkung in der Produktionsprozess



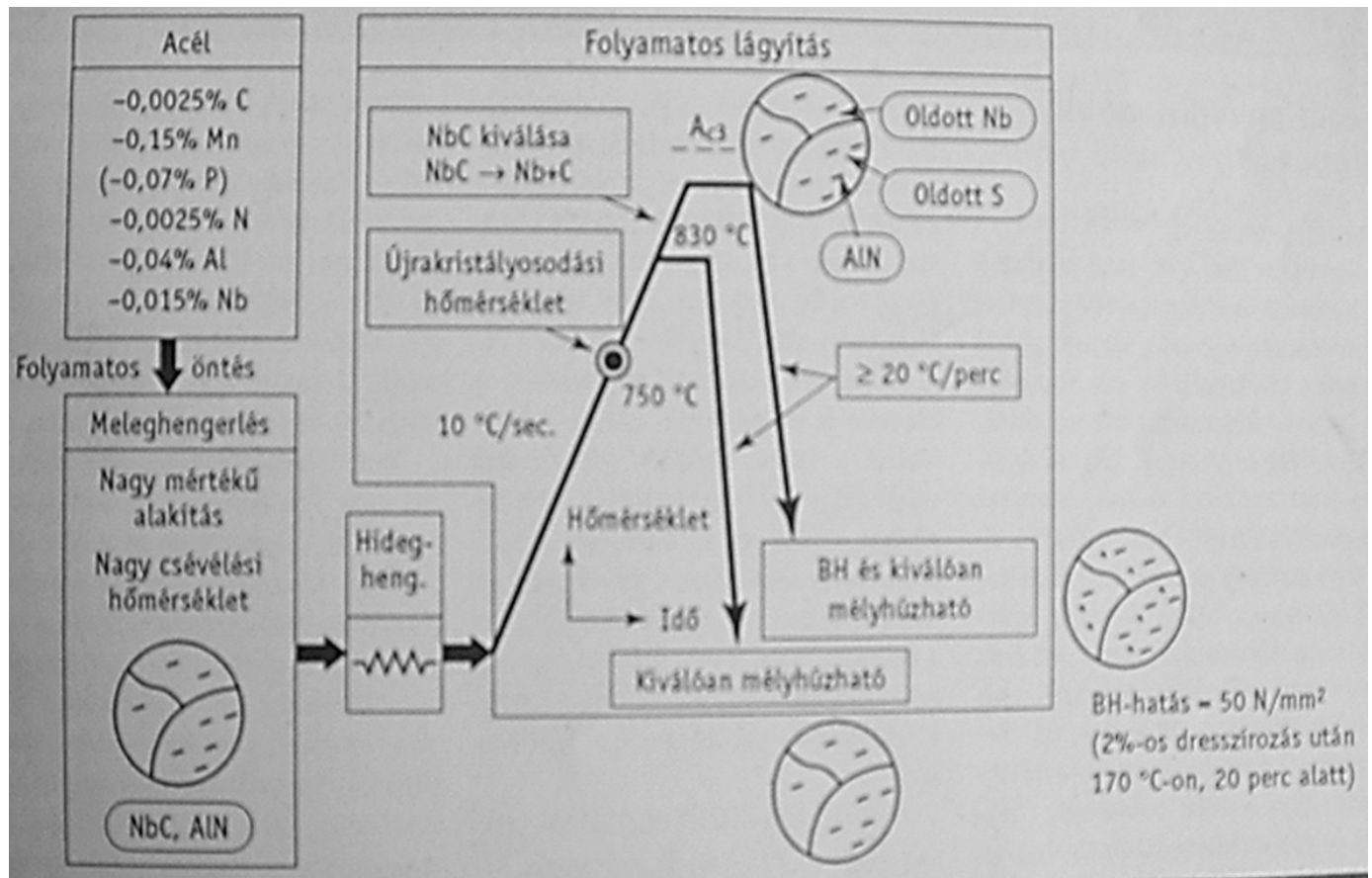
Folie: 92



Folie: 93

- Kleine C-, O-... usw. Gehalt, „clean (reines) Stahl. Beim Herstellung 30-60 ppm interstitielle Legierungselemente, wenige Stabilisatorelementen
- Verwendung in Automobilindustrie, Haushaltsgeräte, gut verformbar, tiefziehbar (EDDQ-extra deep drawing quality), Möglichkeiten zur Festigkeitserhöhung
- Blech Altert nicht (die herkömmliche tiefziehbare Stähle sind unberuhigt)
- Zur Herstellung große, komplexe Formen, 20% Werkzeugkosten Ersparnis und Produktivitätssteigerung

Folie: 94



Folie: 95

- Vollständige Rekristallisation beim Walzen
- Nur Mischkristallbildung für Festigkeitserhöhung:
 - 0,1 % Mn 4 MPa Festigkeitserhöhung
 - 0,1 % Si 10 MPa
 - 0,1 % P 100 MPa, aber an den Korngrenzen versprödet -B verhindert
 - BH Wirkung mindestens 5 ppm C +50 MPa

Folie: 96

- Bake Hardening
- Legierungen mit kleine C-Gehalt, $\sim 200^{\circ}\text{C}$ ausscheidungshärtbar
- C und N scheiden sich aus $\sim + 40 \text{ MPa}$ Zunahme der Streckgrenze
- Nach Verformung zB: beim Lackieren kann gemach werden
- Karosseriebauteile

Folie: 97

- sollen zäh sein und gegen dynamische Belastungen gut standhalten
- Verbindungselemente, Stifte, Gelenke, Stabwerke, Wellen, Kreuz-Gelenke, Zahnräder, Werkzeugmaschinenspindeln usw.
- Legiert oder unlegiert
- Ziel der Legierung:
 - Vergrößerung der durchhärtbare Durchmesser
 - Erhöhung der Zähigkeit, (TTKV kleiner)
 - Erhöhung der Ermüdungsgrenze
 - Erhöhung der Anlasswiderstand

Folie: 98

- neben der Legierungselemente und Verunreinigungselemente die beim Herstellungsprozess im Stahl blieben beinhaltet nur Kohlenstoff
- Die mit kleineren C-gehalt haben kleinere Festigkeit sind aber zäher
- Durchhärtbare Durchmesser ist klein (ein paar mal 10 mm)
- R_m : 500...1000 MPa, R_{eH} : 300-580 MPa, A: 20-11%, Z: 50-20%
- Bezeichnung: C nn, wo nn das C Gehalt x100, $20 < nn < 60$
- Zusatzzeichen: E: $S < 0,035\%$, R: $0,020\% < S < 0,040\%$

- **Mn (1,4-1,65%)**
 - billig
 - Vergrößert die durchhärtbare Durchmesser erheblich
 - kann überhitzt werden, empfindlich gegen Anlassprödigkeit (schnellere Abkühlung nötig)
 - unter 0°C für dynamisch beanspruchte Bauteile nicht geeignet
 - Bsp.: 28Mn6

- **Cr (sogar bis 2%)**
 - häufigste Legierungselement
 - erhöht stark die durchhärtbare Durchmesser und die Streckgrenze
 - können gut harte Kruste herstellen (50-60HRc)
 - für Antriebe mit mittelmäßige Beanspruchung
 - Bsp.: 34Cr4

- **Cr-Mo (sogar bis 2% Cr, 0,9-1,2% Mo)**
 - Mo beseitigt die Anlassprödigkeit
 - Cr und Mo sind starke Karbidbilder, können auf größere Temperatur ($\sim 600^{\circ}\text{C}$) angelassen werden
 - beachtliche Festigkeit gute Zähigkeit
 - mittelgroße, für stark gegen Ermüdung und dynamisch benutzte Bauteile, Wellen, Antriebswellen, Nockenwellen, Hauptwellen, zahnige Bauteile
 - zB: 50CrMo4

- **Cr-V (0,7-1,1% Cr, 0,1-0,2% V)**
 - ähnlich zur Cr-Mo Stählen
 - ein bisschen billiger aber die Zähigkeit ist schlechter
 - mittelgroße, für stark gegen Ermüdung und dynamisch benutzte Bauteile, Wellen, Antriebswellen, Nockenwellen, Hauptwellen, Schrauben, Schraubenschlüssel
 - zB: 51CrV4

Folie: 103

- **Ni-Cr-Mo(-V) (0,7-1,1% Cr, 0,1-0,2% Mo)**
 - für große Bauteile wo die schnelle Abkühlung nicht zu verwirklichen ist + Ni Zulegierung
 - Ni sinkt der TTKV
 - Mo sinkt die Anlassprödigkeit
 - durchhärtbare Durchmesser erheblich größer (~150 mm)
 - gute Widerstand gegen der Wirkung der Zustandskenngrößen
 - Antriebsmotorbauteile, Kurbelwelle für Schmiedewerke im vergüteten und geschmideten Zustand
 - zB: 36NiCrMo16

Folie: 104

➤ **B (Bóracélok)**

- Mn, Mn-Cr Grundlegieren, B Mikrolegieren
- erhebliche Zunahme in der durchhärtbare Durchmesser
- allgemein im warmverformten Zustand geliefert
- bei gegebene Festigkeit gute Zähigkeit
- zB: 20MnB5, 27MnCrB5-2

Folie: 105

- Ziel:
 - harte, verschleißfeste Oberfläche,
Schicht (Martensit große C –Gehalt, Verbindung Nitrid,
Karbid),
 - **Zähes Kern** (kleines C-Gehalt oder vergütetes Gefüge)
- Oberflächenhärten (bei härtbaren Stählen)
- Thermochemische Behandlungen (Nitrieren, Einsatzhärten)
- (Oberflächenlegieren, Auftragschweißen, Oberflächenschmelzen, Metall/Keramik Aufspritzen usw. ...)

Folie: 119

- C-Gehalt unter 0,2%
- zähes Kern und verschleißfeste Kruste mit ~1% C 60-63 HRC
- wegen Durchhärbarkeit bis ~ 80 mm brauchbar
- bei gleiche A_{10} und KV die R_m und R_{eH} der vergütbare Stähle ist besser
- wenn Ermüdung als Beanspruchung ist Zementieren (Aufkohlen) wird weggelassen (vakedzett állapot), dann Härte 35-45 HRC

Folie: 107

- Bauteile für Verschleiß beansprucht mit kleine Größe und kleine Festigkeit
- Stifte, Zahnrادpumpen
- Erreichbare Härte 55-60 HRC
- bis 20-30 mm Größe
- zB: C10, C15

Folie: 108



- Legierungselemente gleich wie bei der vergütbare Stählen
- C-Gehalt weniger als 0,2%
- Cr-Mo Legieren für mittelgroße Bauteile mit mittlere Belastung (Hülsen, Stifte, Zahnräder)
 - Anfällig gegen Überhitzung
 - bis 40-60 mm Durchmesser
- Mn-Cr-Mo für große Belastung (Zahnräder, Kettenräder, Wellen)
 - bis 70-80 mm Durchmesser
- Ni-Cr-Mo Legieren für besonders große dynamische Belastung , zähes Kern, große Oberflächenhärte

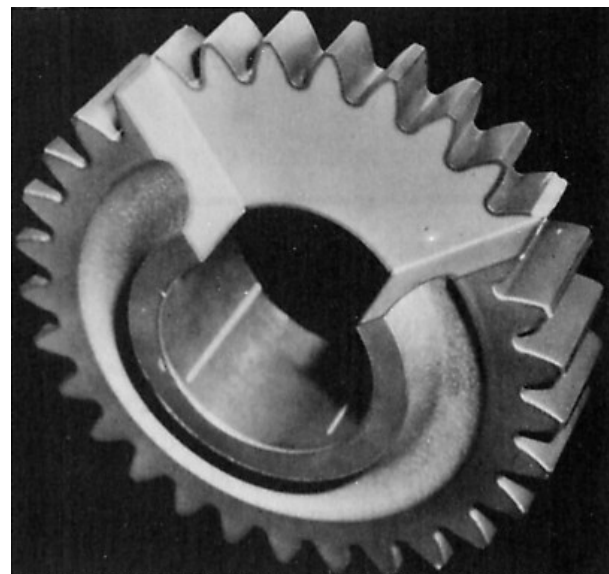


- Direkthärten
 - Zementieren, Austenitisierungsstufe, Härten, Anlassen auf kleine Temperatur
 - Auf große Temperatur Kornvergrößerung, wirtschaftlich, schnell
- auf Kruste Härten
 - Zementieren, ohne Austenitisierungsstufe Härten, auf Kruste Härten, Anlassen auf kleine Temperatur
 - Kern grobkörnig mit kleine Festigkeit, Kruste feinkörnig, verschleißfest

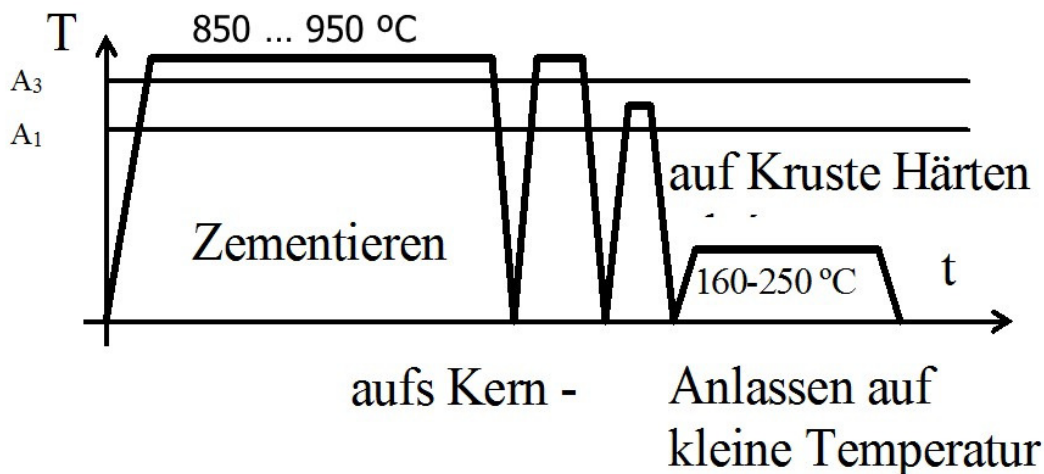
- Auf Kern Härten
 - Zementieren, ohne Austenitisierungsstufe Härten, Anlassen auf kleine Temperatur
 - feinkörniges Kern mit große Festigkeit, Kruste kann auch feinkörnig bleiben
- Doppelhärten
 - Zementieren, auf Kern Härten, auf Kruste Härten, Anlassen auf kleine Temperatur

Folie: 111

- Höhere Zähigkeit
- Niedrigere Festigkeit als bei Vergütungsstählen
- In vielen Fällen können **Vergütungsstähle** und **Stähle für Einsatzhärten** zur gleichen Anwendung geeignet werden



Folie: 112



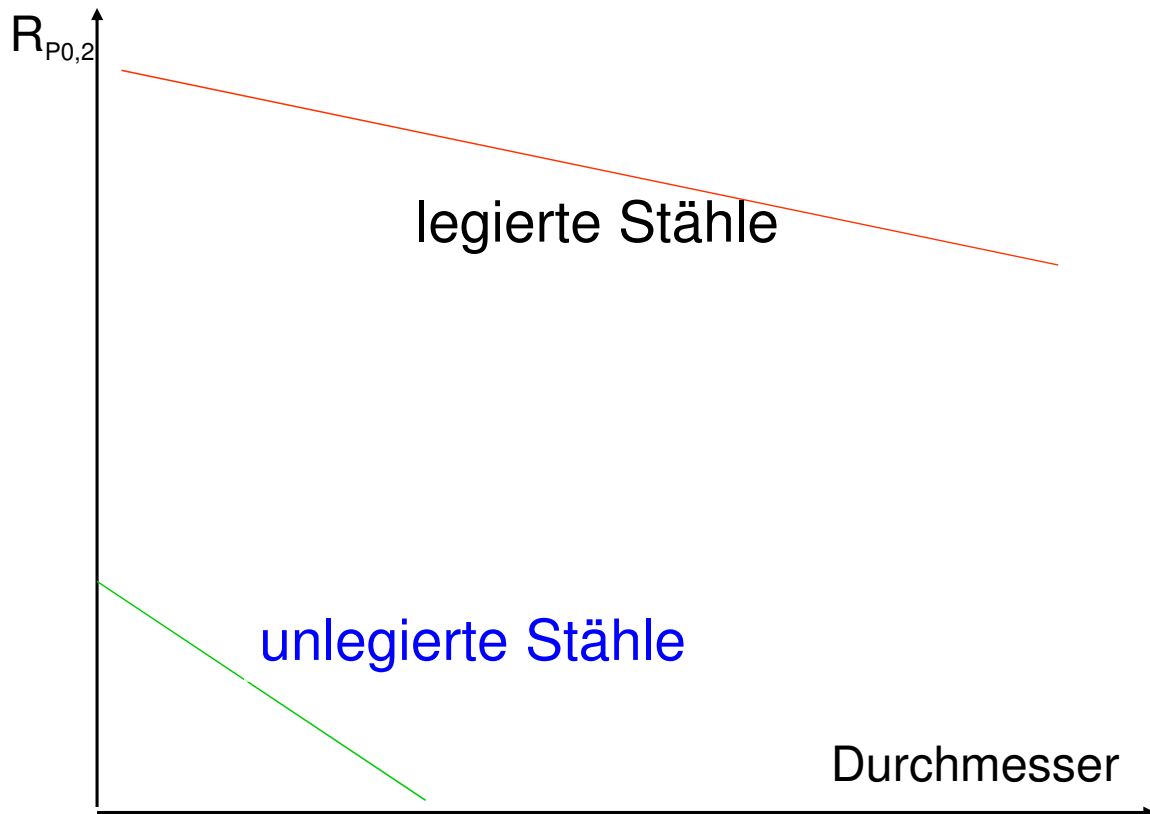
C10, C10E, C10R, C15_, C16_, 17Cr 3, 17CrS 3, 28Cr 4, 28CrS 4, 16MnCr 5, 16MnCrS 5, 16MnCrB 5, 20MnCr 5, 20MnCrS 5, 18CrMo 4, 18CrMoS 4, 22CrMoS 3-5, 20MoCr 4, 20MoCrS 4, 16NiCr 4, 16NiCrS 4, 10NiCr 5-4, 18NiCr 5-4, 17CrNi 6-6, 15NiCr 13, 20NiCrMo 2-2, 20NiCrMoS 2-2, 17NiCrMo 6-4, 17NiCrMoS 6-4, 20NiCrMoS 6-4, 18CrNiMo 7-6, 14NiCrMo 13-14

Folie: 113

Az acélminőségek besorolása edzés és 200 °C-os megeresztés után az átmérő függvényében elérhető legkisebb szakítószilárdság szerint

$R_{m\min}$ (N/mm ²)	$d \leq 16$ mm	$16 \text{ mm} < d \leq 40$ mm	$40 \text{ mm} < d \leq 100$ mm
1200	20MnCr5, 20MnCrS5, 17NiCrMo6-4, 17NiCrMoS6-4, 20NiCrMoS6-4, 18NiCr5-4, 17CrNi6-6, 18CrNiMo7-6, 14NiCrMo13-4		
1100	22CrMoS3-5, 18CrMo4, 18CrMoS4, 20NiCrMo2-2, 20NiCrMoS2-2	18NiCr5-4, 17CrNi6-6, 18CrNiMo7-6, 20NiCrMoS6-4, 14NiCrMo13-4	
1000	15NiCr13, 16MnCr5, 16MnCrS5, 16MnCrB5	17NiCrMo6-4, 17NiCrMoS6-4,	
900	16NiCr4, 16NiCrS4, 20MoCr3, 20MoCrS3, 20MoCr4, 20MoCrS4, 28Cr4, 28CrS4, 10NiCr5-4	20MnCr5, 20MnCrS5, 22CrMoS3-5, 18CrMo4, 18CrMoS4, 15NiCr13, 16MnCr5, 16MnCrS5, 16MnCrB5, 16NiCr4, 16NiCrS4	18NiCr5-4, 17CrNi6-6, 18CrNiMo7-6, 14NiCrMo13-4, 22CrMoS3-5, 17NiCrMo6-4, 17NiCrMoS6-4, 20NiCrMoS6-4
800	C16E, C16R, 17Cr3, 17CrS3	20NiCrMo2-2, 20NiCrMoS2-2, 20MoCr3, 20MoCrS3, 20MoCr4, 20MoCrS4	15NiCr13, 20MnCr5, 20MnCrS5
700	C15E, C15R	28Cr4, 28CrS4, 10NiCr5-4, 17Cr3, 17CrS3	18CrMo4, 18CrMoS4, 20NiCrMo2-2, 20NiCrMoS2-2, 28Cr4, 28CrS4, 16MnCr5, 16MnCrS5, 16MnCrB5
600		C16E, C16R, C15E, C15R	
500	C10E, C10R		10NiCr5-4
400		C10E, C10R	

tulajdonságok „vakedzett” állapotban



Stähle für Nitrierhärten

- grundsätzlich vergütbare Stähle
- Ziel: sehr harte verschleißfeste Randschicht
- Legieren mit Nitridbildner (Cr, Al, Ti)
- Ergebnis: verschleißfeste, harte Randschicht, Erhöht die Ermüdungsgrenze, für spezifische Druckbelastung schlechter als einsatzhartbare Stähle
- Aufstickmedium: Ammonia, oder Zyanidsalze
- Nitrieren ist ein Wärmebehandlungsschritt soll $\sim 50^\circ\text{C}$ kleinere Temperatur als Anlassen gemacht werden
- zB: 34CrAlNi7-10

- Verschleißfest auch auf höheren Temperaturen
 - Martensit über 500°C wird angelassen
- Maßhaltige Ersatzteile erzeugbar
 - Über A₁ Temperatur Maßänderungen durch Allotrope Umwandlung



Folie: 117

Abhängigkeit von Maß und Festigkeit

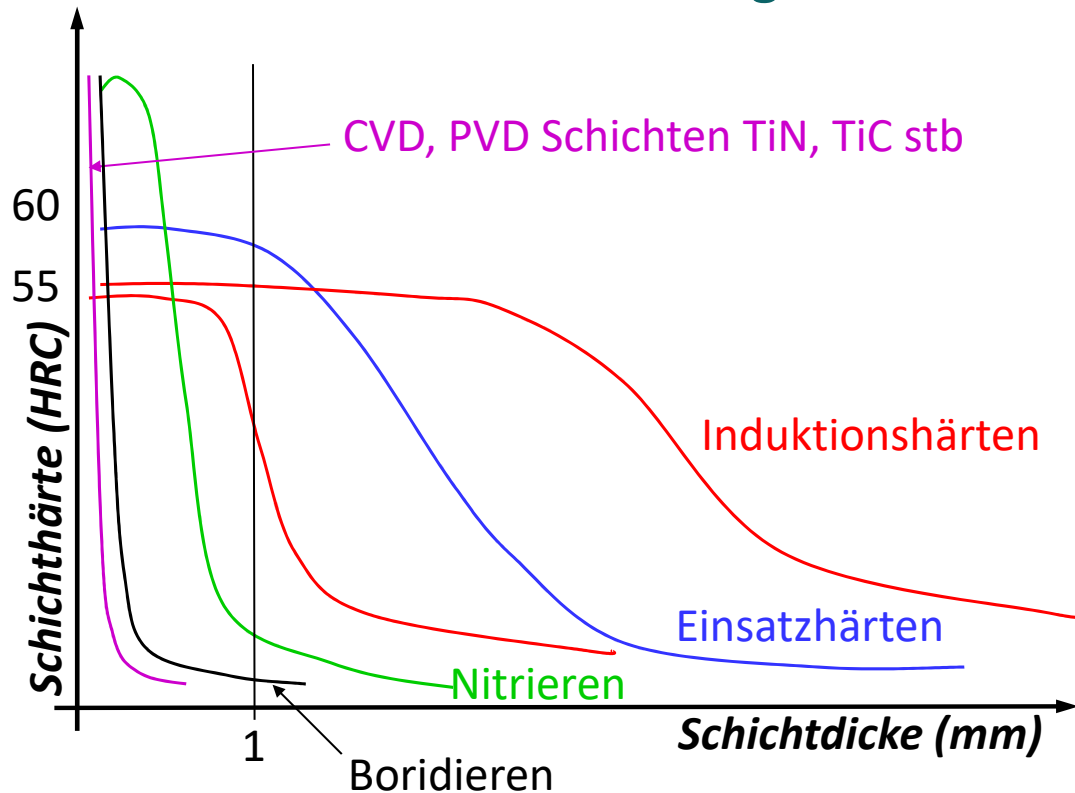
Table 6 - Mechanical properties in the quenched and tempered condition (+QT)^a

Designation		16 ≤ d ≤ 40 mm				40 < d ≤ 100 mm				100 < d ≤ 160 mm				160 < d ≤ 250 mm				HV1
Steel name	Steel number	R _m MPa ^{*)}	Re MPa ^{*)} min.	A % min.	KV J min.	R _m MPa ^{*)}	Re MPa ^{*)} min.	A % min.	KV J min.	R _m MPa ^{*)}	Re MPa ^{*)} min.	A % min.	KV J min.	R _m MPa ^{*)}	Re MPa ^{*)} min.	A % min.	KV J min.	
24CrMo13-6	1.8516	1000 to 1200	800	10	25	950 to 1150	750	11	30	900 to 1100	700	12	30	850 to 1050	650	13	30	-
31CrMo12	1.8515	1030 to 1230	835	10	25	980 to 1180	785	11	30	930 to 1130	735	12	30	880 to 1080	675	12	30	800
32CrAlMo7-10	1.8505	1030 to 1230	835	10	25	980 to 1180	835	10	25	930 to 1130	735	12	30	880 to 1080	675	12	30	-
31CrMoV9	1.8519	1100 to 1300	900	9	25	1000 to 1200	800	10	30	900 to 1100	700	11	35	850 to 1050	650	12	40	800
33CrMoV12-9	1.8522	1150 to 1350	950	11	30	1050 to 1250	850	12	35	950 to 1150	750	12	40	900 to 1100	700	13	45	-
34CrAlNi7-10	1.8550	900 to 1100	680	10	30	850 to 1050	650	12	30	800 to 1000	600	13	35	800 to 1000	600	13	35	950
41CrAlMo7-10	1.8509	950 to 1150	750	11	25	900 to 1100	720	13	25	850 to 1050	670	14	30	800 to 1000	625	15	30	950
40CrMoV13-9	1.8523	950 to 1150	750	11	25	900 to 1100	720	13	25	870 to 1070	700	14	30	800 to 1000	625	15	30	-
34CrAlMo5-10 ^c	1.8507	800 to 1000	600	14	35	800 to 1000	600	14	35	-	-	-	-	-	-	-	-	950

^a R_m = Tensile strength; Re = Yield strength (0.2 % proof stress); A = Elongation after fracture; KV = Impact strength for V-notch test pieces.
^b HV = Hardness for nitrided surface. Values for information/guidance only. Actual surface hardness may vary with nitriding treatment and initial quenched and tempered condition.
^c Available for thicknesses d ≤ 70 mm.
^{*)} 1 MPa = 1 N/mm²

Folie: 118

Oberflächenbehandlungen



Folie: 119

- Automatenstähle
- Stähle für Kugellager und Kugel für Kugellager
- Federstähle
- Warmfeste und/oder kaltzähe Stähle und Nickellegierungen für Verbindungselemente
- Hitzebeständige Stähle und Nickellegierungen
- Stähle für Ventile der Verbrennungsmotoren

Folie: 120

- für Verarbeitung in Automaten mit große Leistung und große Spangeschwindigkeit
- Ziel: gut brechbare Span
- Legieren mit S und S+Bi
- früher auch Legieren mit S+Pb heutzutage weniger
- zB: 11SMn37, 10S20, 44SMn28

Folie: 121

- 11SMn 30 $S = 0,3 \% (30 = S \cdot 100)$
- 11SMnPb 30 $Pb = 0,15 \dots 0,35 \%$
- 11SMn 37
- 11SMnPb 37

einsatzhärtbar

- 10S 20
- 10SPb 20
- 15SMn 13

Vergütungsstähle

- 35S 20 35SPb 20
- 36SMn 14 36SMnPb 14
- 38SMn 28 38SMnPb 28
- 44SMn 28 44SMnPb 28
- 46S 20 46SPb 20

Folie: 122

- Anforderung: Große Härte, große Verschleißbeständigkeit, hohe Dauerfestigkeit
- C-Gehalt 0,85-1,1% (Härte)
- S<0,015%, P<0,025%, O<0,002% und polierte Oberfläche (Dauerfestigkeit)
- Härten und Unterkühlung (-30°C), Anlassen auf kleine Temperatur - 62 HRc Härte
- z.B.: 100Cr6, 100CrMnMoSi8-4-6, BE: 19MnCr5, 18NiCrMo14-6, IE: 70Mn4, KO:X65Cr14, X89CrMoV18-1, T: 80MoCrV42-16, X82WMoCrV6-5-4

Folie: 123

- Elastische Energiespeicherkapazität ist ausgenutzt
- Große Streckgrenze (1000-1350 MPa) und brauchbare A10 (6-8%)
- vergütbare Stähle (0,4-0,7% C) Anlassen auf kleine Temperatur (450-480°C)
- Typen nach Verwendung

Folie: 124

- aus warm gewalzte Stähle, verformte, vergütete Feder
 - Si-Legieren, R_{eH} wächst
 - Cr-V, Cr-MoV, für dynamisch belastete Hochleistungsfeder
 - zB: 38Si7, 60SiCrV7, 60CrMo3-2
- fürs Wärmebehandlung gedachte, kaltgewalzte dünne Stahlband
 - gute Oberflächenqualität, sogar $R_m=2100$ MPa
 - z.B: C75S
- korrosionsbeständige Stahlband für Feder
 - fürs korrosive Medien

- | | | |
|---------------|----------|--------------|
| • 38Si 7 | | • 46SiCrMo 6 |
| • 46Si 7 | | • 50SiCrMo 6 |
| • 56Si 7 | | • 52SiCrNi 5 |
| • 55Cr 3 | 60Cr 3 | • 52CrMoV 4 |
| • 54SiCr 6 | 56SiCr 7 | • 60CrMo 3-1 |
| • 51CrV 4 | | • 60CrMo 3-2 |
| • 45SiCrV 6-2 | 54SiCrV6 | • 60CrMo 3-3 |
| • 60SiCrV 7 | | |

Verbindungselemente

- unlegiert/legiert (auch korrosionsbeständig)
- sogar bis 700°C verwendbar
- Mo Legieren, erhöht die Streckgrenze, Karbidbilder
- neben Wärmebelastung soll auch Korrosion ins Betracht genommen werden
 - zB: 42CrMo5-6, 25CrMo4, NiCr20TiAl (Ni Legierung), X10CrNiMoMnNbVB15-10-1
- Zur Verwendung auf kleine Temperaturen Ni-Legieren
- sogar bis -270 °C
 - zB: 41NiCrMo7-3-2, X8Ni9, X6CrNi18-10

Folie: 127

Warmfeste Stähle und Nickellegierungen I.

- Problem: über 500°C die Stähle bilden starkes Zunder auf der Oberfläche
- austenitisches, ferritisches, austenit-ferritisches Stahl
- Zeitstandfestigkeit und Kriechfestigkeit ist maßgebend
- Legierungselemente: Cr, Si, Al
- Verwendung bis 900°C
- Kornvergrößerung kann Probleme verursachen
- Ni-Basis Superlegierungen (keine Eisenlegierung)

Folie: 128

- ferritisches
 - auf 350-550°C und über 900°C empfindlich gegen Kornvergrößerung und Versprödung
 - gegen Medien mit große S-Gehalt hat bessere Widerstand
- austenitisches
 - auf größere Temperatur noch keine Kornvergrößerung
 - zwischen 600-800°C σ -Phase verursacht Versprödung
 - zB: X10NiCrAlTi32-21
- austenit-ferritisch
 - gut in oxidierende S-haltige Medien
 - zB: X15CrNiSi25-4
- Ni-Basis "Super" Legierungen

➤ Gasturbinen, Rakeenindustrie zB: NiCr23Fe

Folie: 129

- homogene Gefügestruktur, stark legiert, gut rechenbare Wärmeausdehnung
- Beanspruchung schwankende Wärmeeinfluss, Korrosion, Oxidation, Ermüdung, Schlag, Verschleiß
- Stangen, Drähte, Schmiedestücke
- warmverformbar, schwer zerspanbar
- Haupttypen
 - martensitischer Ventilstahl (Saugventil, und Auspuffventilschaft) zB: X40CrSiMo10-2
 - austenitischer Ventilstahl (Auspuffventilteller) zB: X50CrMnNiNbN21-9, NiFe25Cr20NbTi

Folie: 130

Martensitische:

- X45CrSi 9-3
- X40CrSiMo 10-2
- X85CrMoV 18-2

Austenitische:

- X55CrMnNiN 20-8
- X53CrMnNiN 21-9
- X50CrMnNiNbN 21-9
- X53CrMnNiNbN 21-9
- X33CrNiMn 23-8

Nickellegierungen:

- NiFe25Cr20NbTi
- NiCr20TiAl

- Austenitischer mit Mn stark legierter Stahl
 - ~1,2%C, ~0,4 Si, ~12,5% Mn
- Schlagfest, durch schlagartige Beanspruchung (plastische Kaltverformung) wird härter
- innere nicht aufgehärtete Schichten sind zäh
- Stahl für dynamische Ansprüche und Verschleiß
- Eisenbahnwechsel, Erdbaumaschinen, Steinhauerklappen ⇒ Festigkeit, Härte wächst kontinuierlich
- zB: X120Mn 13

- A: unlegierte Werkzeugstähle
- B: Werkzeugstähle für Warmarbeit
- C: Werkzeugstähle für Kaltarbeit
- D: Schnellarbeitsstähle

- Allgemeine Anforderungen:
 - Harte Verschleißfestigkeit
 - Festigkeitseigenschaften
 - Warmfestigkeit
 - Widerstand gegen thermische Ermüdung
 - Entsprechende durchhärtbare Durchmesser

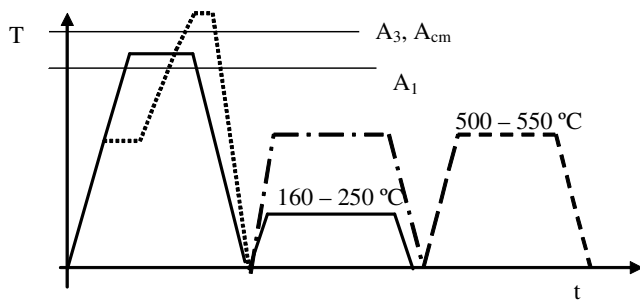
- 0,45-1,25% C-Gehalt
 - 0,45% C - 54 HRc
 - 1,25% C - 62 HRc
- daneben nur Grundlegierungselemente (Mn, Si) und Verunreinigungselemente (S, P)
- Handwerkzeuge mit kleine Belastung
- zB: C90U, C100U
C45, C45U, C70_, C80_, C90_, C105_, C120
 - U Zusatzzeichen unbehandelte Zustand

- Betriebstemperatur über 200°C aber Härte, und Wärmebeständigkeit muss bei 600°C erhalten bleiben (38-46 HRC)
- Hauptlegierungselemente: Cr, Mo, W, Ni, Co
- Karbide - Härte sogar auf große Temperaturen
- Schmiedegesenke, Druckgusswerkzeuge
- z.B.: 55NiCrMoV7, X40CrMoV5-155NiCrMoV 7, 32CrMoV 12-28, X37CrMoV 5-1, X38CrMoV 5-3, X40CrMoV 5-1, 50CrMoV 13-15, X30WCrV 9-3, X35CrWMoV 5, 38CrCoWV 18-17-17

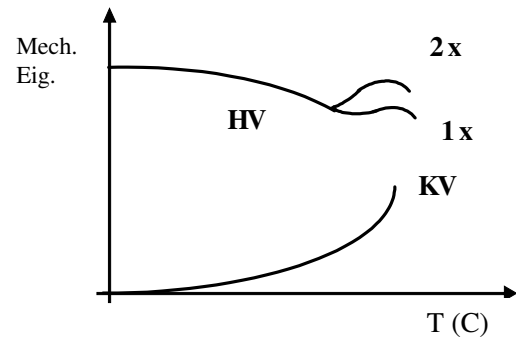
Folie: 135

- Hauptlegierungselemente: Mn, Cr, Mo, V, W, Ni
- Legierungselemente erhöhen der asuhärtbare Durchmesser und verbessern die:
 - Festigkeit
 - Verschleißfestigkeit
 - Härte
- Nach Wärmebehandlung auf Raumtemperatur benutzt, Betriebstemperatur max. 150-180°C Schneide und Ausschneidwerkzeuge
- zB: : 95MnWCrV5, X210CrW12, 105V, 50WCrV 8, 60WCrV 8, 102Cr 6, 21MnCr 5, 70MnMoCr 8, 90MnCrV 8, 95MnWCr 5, X100CrMoV 5, X153CrMoV 12, X210Cr 12, X210CrW 12, 35CrMo 7, 40CrMnNiMo 8-6-4, 45NiCrMo 16, X40Cr 14, X38CrMo 16

Folie: 136



Wärmebehandlungstemperaturen hängen von Legierung ab.



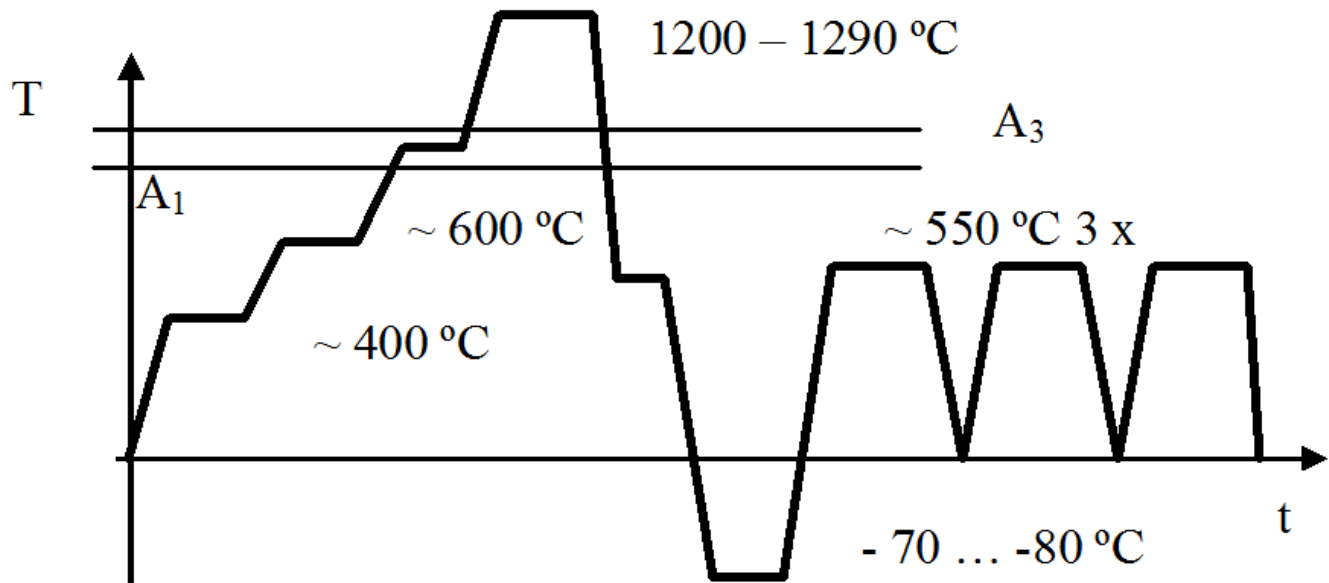
Die mehr legierte Stähle sind mehr mal für Begünstigung der Karbidsegregation angelassen.

Folie: 137

- Große Zerspangeschwindigkeiten, sogar in der Nähe von 600°C muss 62-64 HRc hart sein
- Hauptlegierungselemente: W, Mo, V, Co („Werseny Motor Vadul Cotor“)
- Wärmebehandlung kritisch, muss präzise durchgeführt werden (Ausscheidungshärten)
- z.B.: HS6-5-2, HS10-4-3-10

HS 0-4-1 (W-Mo-V-Co), HS 1-4-2, HS 18-0-1, HS 2-9-2, HS 1-8-1, HS 3-3-2, HS 6-5-2, HS 6-5-2C, HS 6-5-3, HS 6-6-2, HS 6-5-2-5, HS 6-5-3-8, HS 6-5-4, HS 10-4-3-10, HS 2-9-1-8

Folie: 138



Folie: 139

Gute korrosionsbeständige Materialien

Materialien mit homogenes Gefügestruktur

Gemisch von edlen Gefüghen

ferritisch martensitisch austenitisch duplex

Passivität

Oberflächenschicht \Rightarrow Cr_2O_3

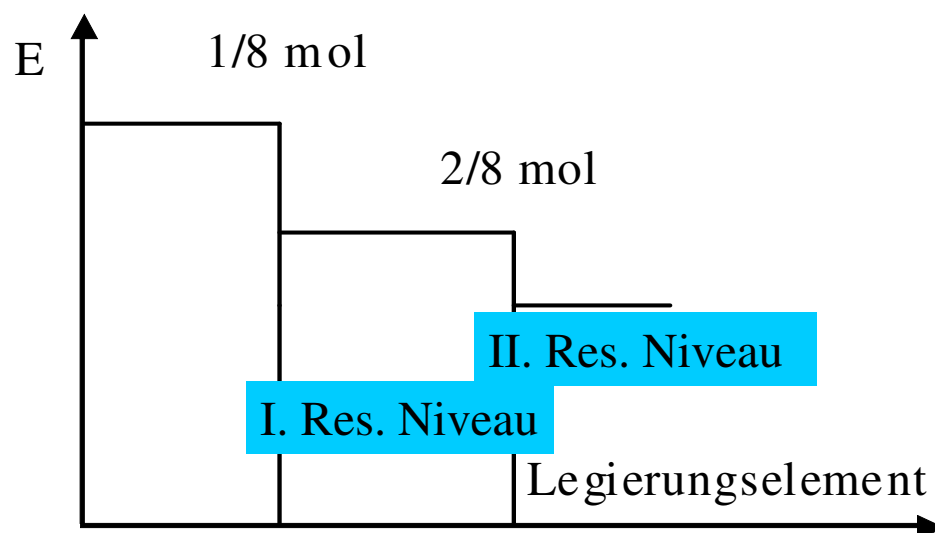
Resistenz \rightarrow legieren mindestens aufs

I. Resistenzniveau

Folie: 140

- Cr Resistenz, Passzivität, Ferritbilder
- Ni Austenitbilder, verbessert die Korrosionsbest.
- Mn Austenitbilder, Hatfield-Stahl(12 - 16%)
- Si verbessert die Wärmebeständigkeit, verursacht Warmbruch
- Mo verbessert die Korrosionsbest. gegen lokaler Korr.
- Cu verbessert in Schwefelsäure
- N festigkeitserhöhen, Austenitbilder
- C Austenitbilder, Karbidausscheidungen und andere Ausscheidungen können vorkommen → soll beschränkt werden max. 0,08 % (früher: 0,12 %)

Folie: 141

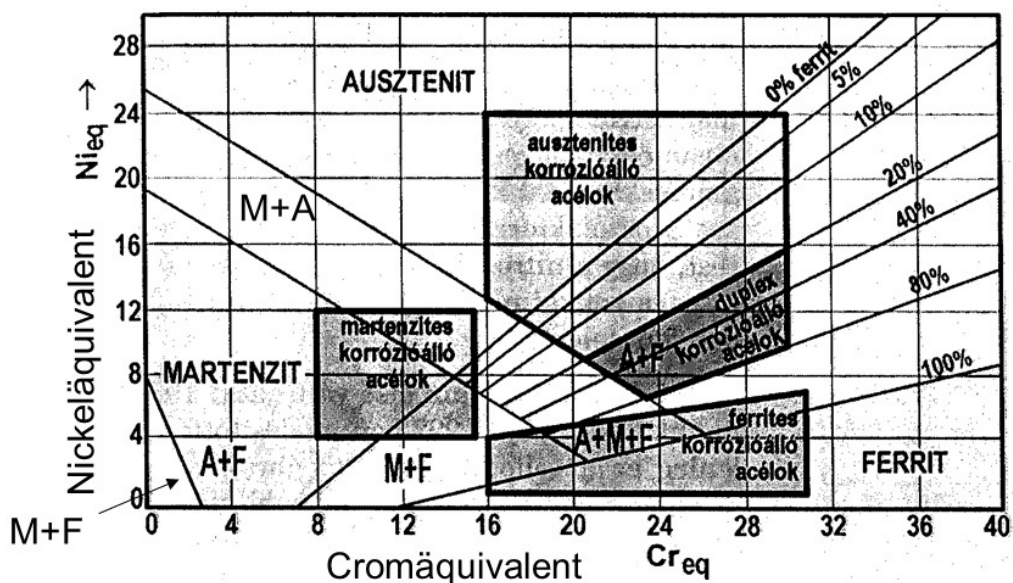


Beim Stählen wird Korrosionsresistenz von Cr verursacht,
I. res. Niveau: 11,7 % II. 23,4%

Folie: 142

- A: ferritische korrosionsbeständige Stähle
- B: martensitische korrosionsbeständige Stähle
- C: austenitische korrosionsbeständige Stähle
- D: Duplexstähle (austenit-ferritische) korrosionsbeständige Stähle

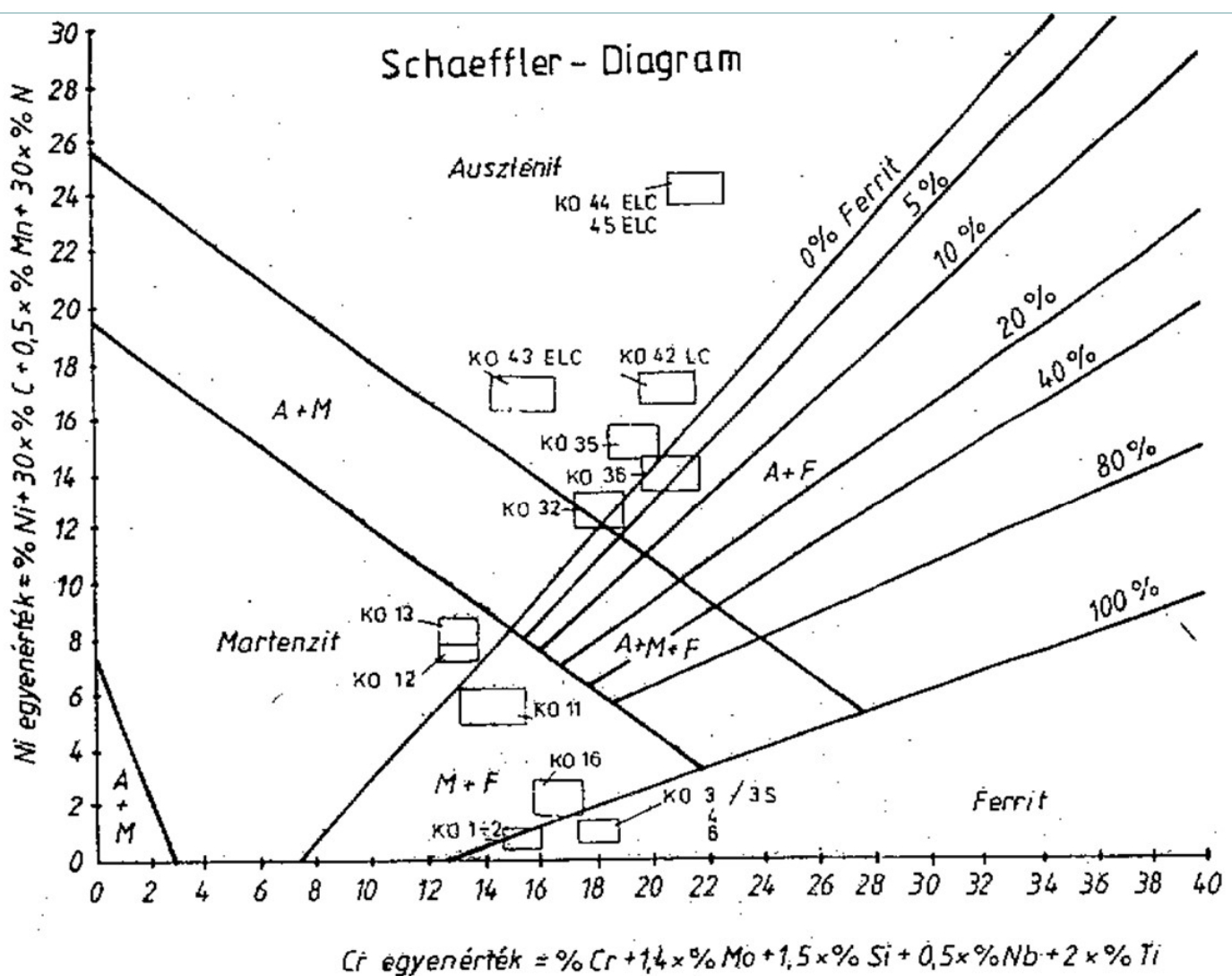
Folie: 143



$$\text{Nickeläquivalent} = \text{Ni}\% + 30 \text{ C}\% + 0,5 \text{ Mn}\%$$

$$\text{Cromäquivalent} = \text{Cr}\% + \text{Mo}\% + 1,5 \text{ Si}\% + 0,5 \text{ Nb}\%$$

Folie: 144



A: ferritische korrosionsbeständige Stähle



- Legierungselemente bilden ein gut haftende, dichte Oberflächenschicht was die weitere Korrosion verhindert
- max. 0,08% C-Gehalt mit min ~13% Cr- Gehalt
- $R_{eH} \sim 280-320$ MPa, A=18-20%
- gut verformbar, schweißbar, magnetisierbar
- gegen schwache und mittelmäßig ätzende Korrosionsagenten, Lebensmittelindustrie, Bierindustrie, Milchindustrie
- bei einigen kann teilweise auch Martensit entstehen: halbferritisches korrosionsbeständiges Stahl
 - größere Festigkeit (Chemiindustrie)
- zB: X2CrTi12, X6CrMo17-1, X2CrMoTi29-4

- ferritische korrosionsbeständige Stähle haben nicht genügend Festigkeit → größeres C-Gehalt + Wärmebehandlung
- C-Gehalt 0,08%-1,2%
- Chirurgische Messer, Skalpel, Nadel, Lebensmittelindustrieschneiden
- zB: X12Cr13, X105CrMo17, X7CrNiAl17-7

Folie: 147

- ferritische korrosionsbeständige Stähle haben nicht genügend Widerstand gegen starke Säuren → austenitische korrosionsb. Stahl
 - $C < 0,03\%$ + $\sim 18\%$ Cr + $\sim 10\%$ Ni (Mn, Cu, N)
- beim langsame Abkühlung im 600-800°C Bereich Chromkarbide scheiden sich entlang der Korngrenzen aus Korrosionsbeständigkeit wird schlechter (interkristallin)
 - durch Legieren mit Ti und Nb wird besser
- sogar bis -270°C verwendbar für Konstruktionszwecke
- schwerer zu spanen
- Widerstand gegen Cl⁻ Ionen ist schlecht mit Mo verbesserbar aber in Salpetersäure haltigen und N-haltigen Medien nicht gut
- zB: X10CrNi18-8, X3CrNiMo17-13-3

Folie: 148

- große Cr und Ni Gehalt
- auf Raumtemperatur ~40-60 % Austenit + Ferrit
- Festigkeit größer
- gegen Spannungskorrosion besser
- für wärmebeständiges und hitzebeständiges Stahl auch zu gebrauchen
- zB: X2CrNiN23-4, X2CrNiMoCuWN25-7-4

Beispiele

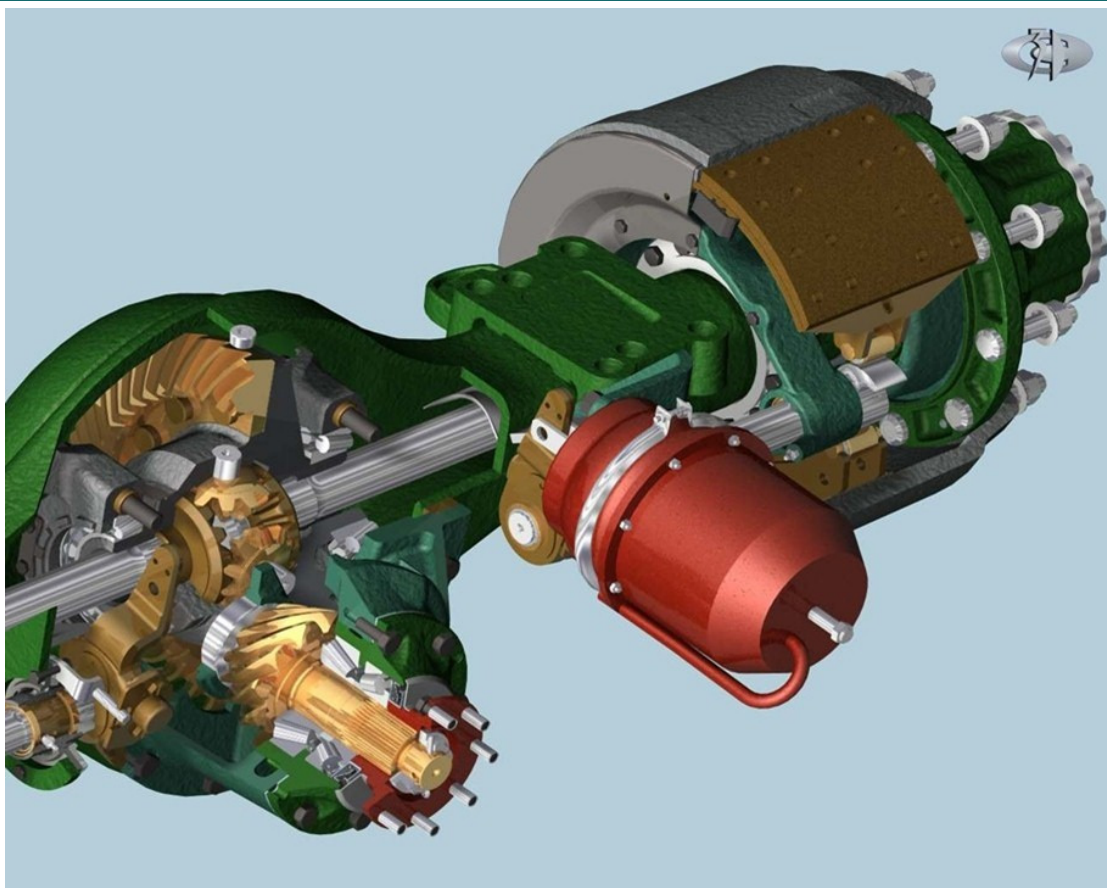






Autokran aus
(S1100QL, max. Höhe 150m)





Konstruktionstähle

- Vergüteter Konstruktionsstahl
 - Kleines Maß - Unlegierter (Charakt. Maß < 20 mm)
 - Gößeres Maß – Legierter (Durchhärtetiefe wächst)
- Vorfertigen durch Gesenkschmieden
 - Verschleißfeste Oberfläche
 - Krustenbildung

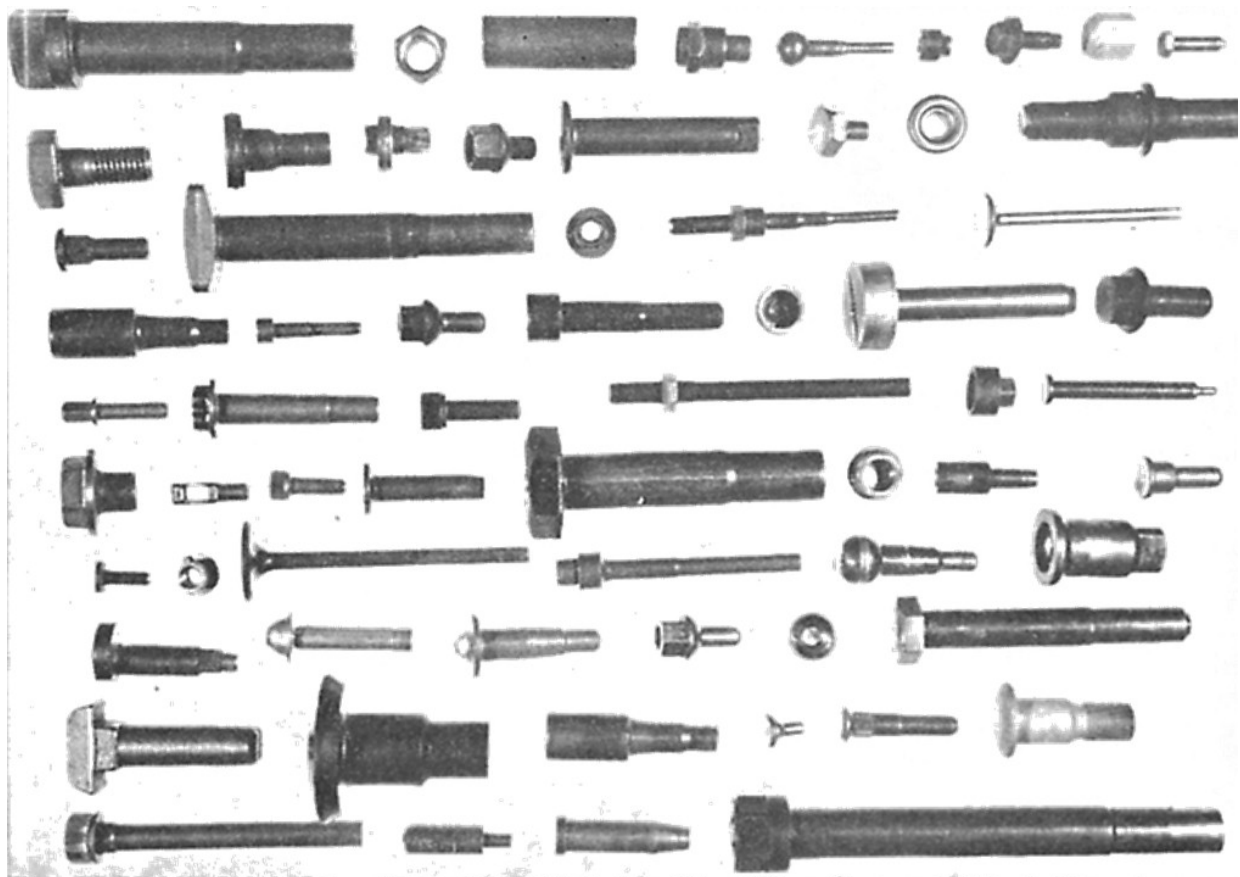


Kurbelstange

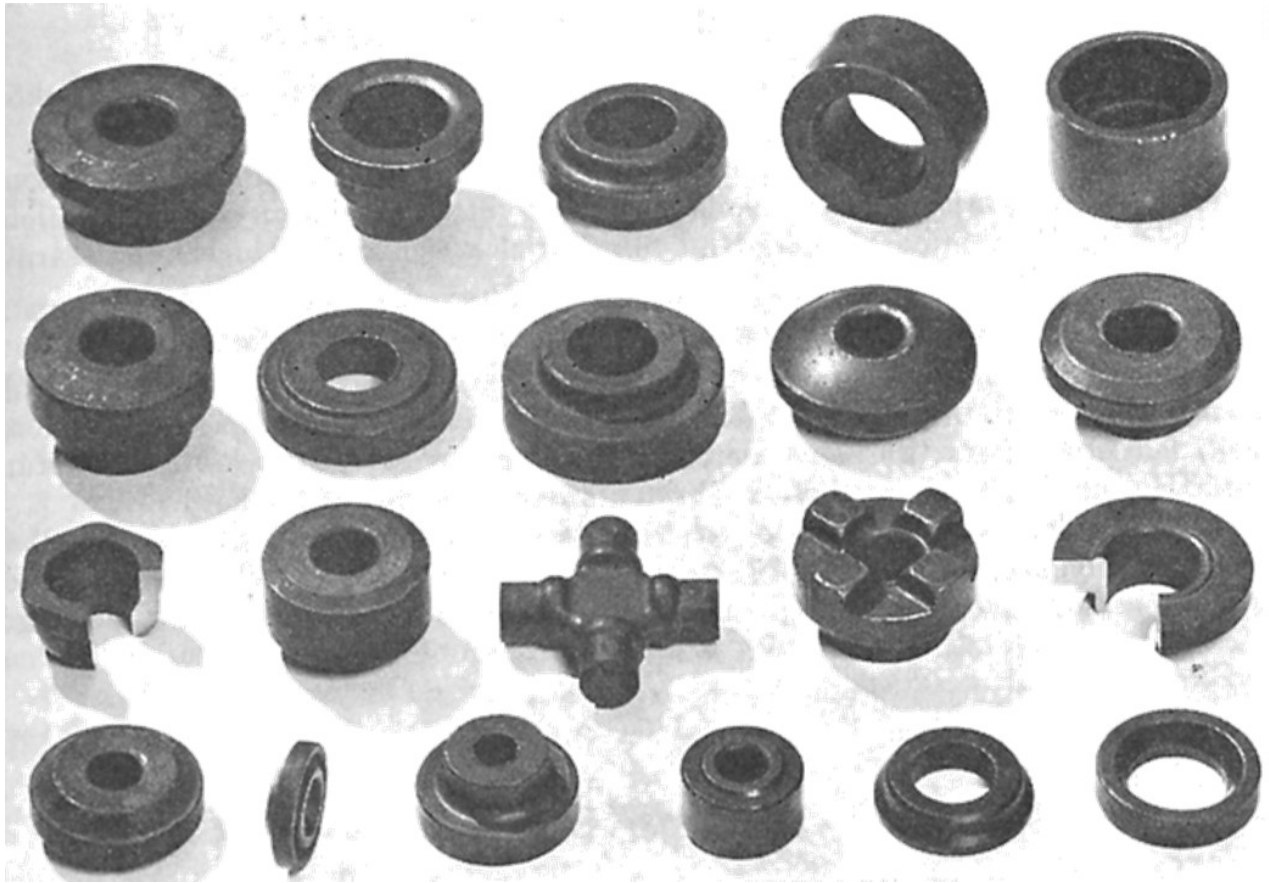


Kurbelwelle

Folie: 159

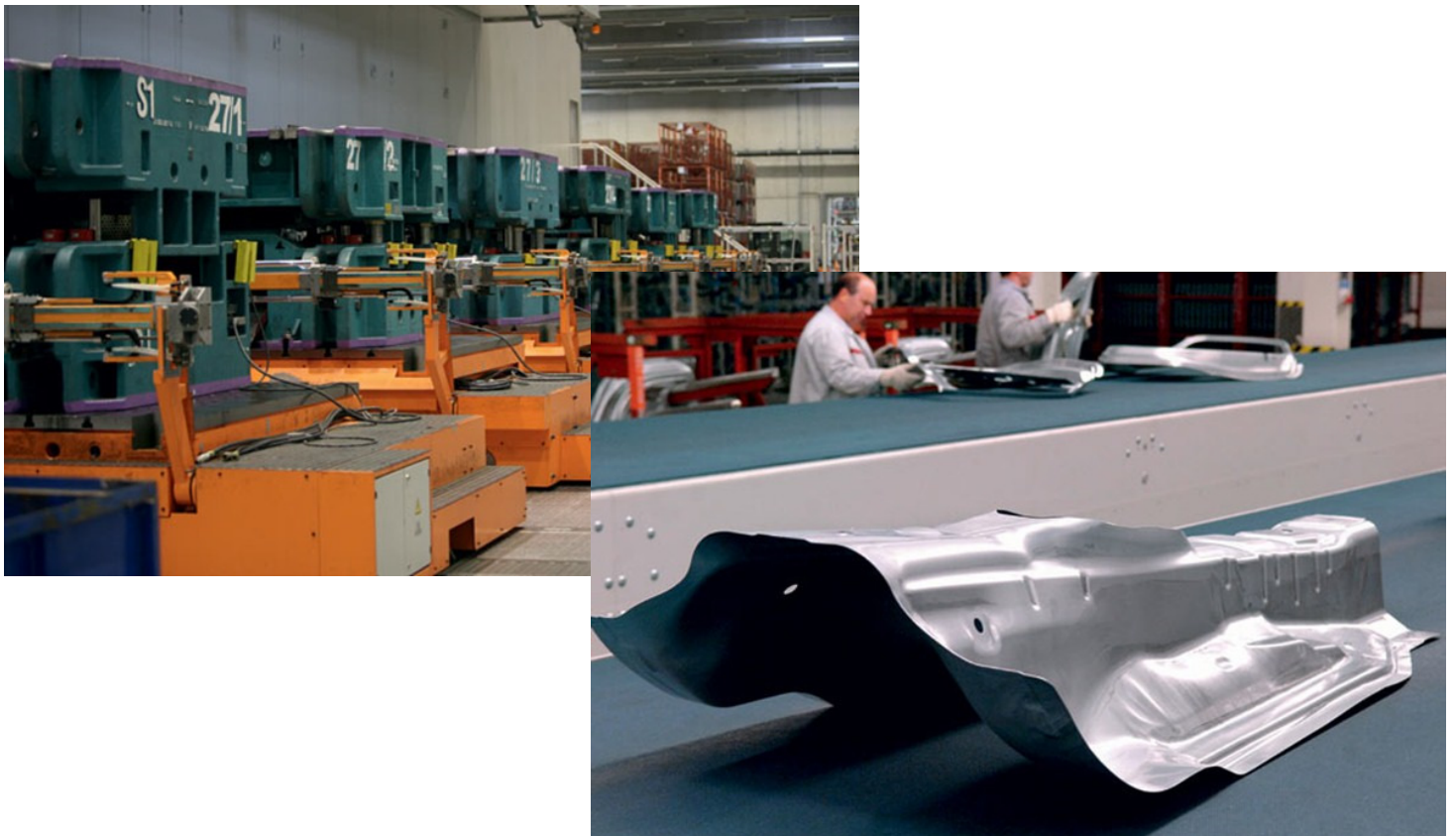


Folie: 160



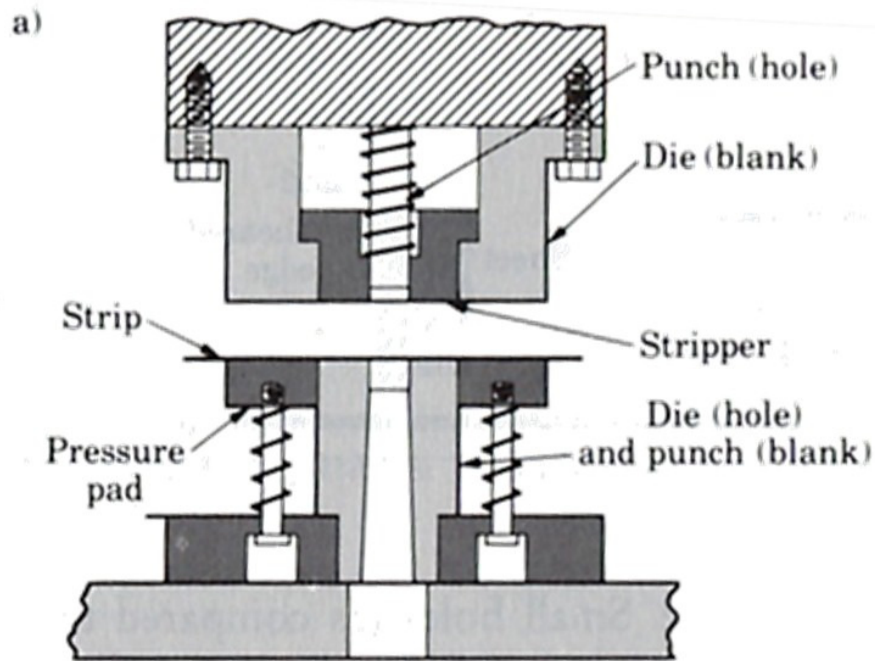
Folie: 161

Presseerzeuge



Folie: 162

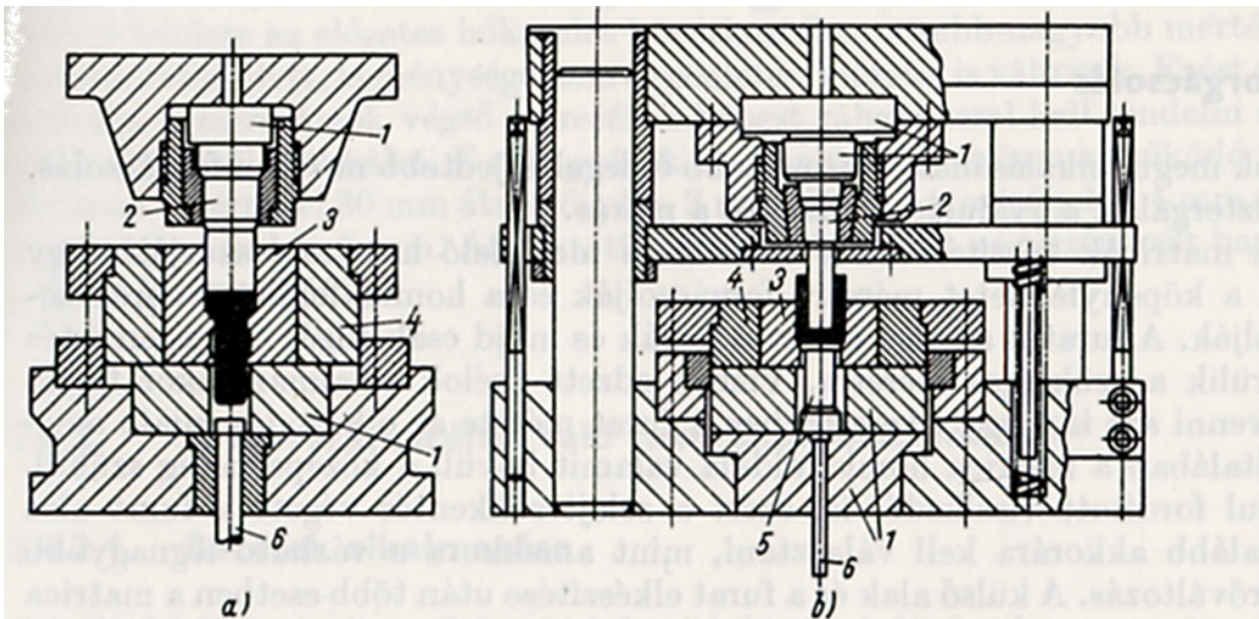
Werkzeuge für Umformen 1.



Stanzwerkzeug

Folie: 163

Werkzeuge für Umformen 2.



5-30. ábra. Folyatószerszám felépítése a VDI 3138 2. lap szerint

a) tömör előrefolyató szerszám; b) esésze-hátrafolyató szerszám

1 nyomólap; 2 bélyeg; 3 folyatópersely; 4 zsugorító gyűrű (foglás); 5 ellenbélyeg; 6 kilökö

Werkzeuge für Fließtechnologien

Folie: 164

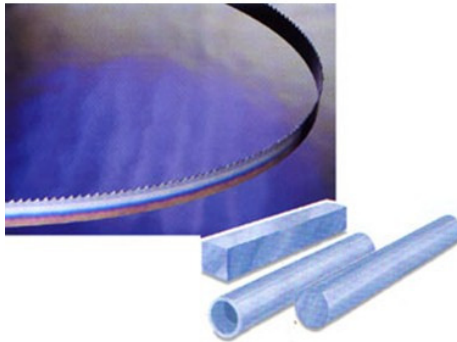
Schneidwerkzeuge



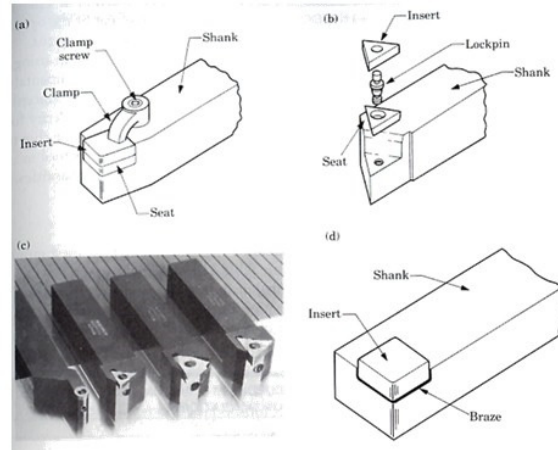
Walzenstirnfräser



Winkelfräser



Bandsäge



Dreheisen

Danke für sie Aufmerksamkeit!