



VII Metalle, Wärmebehandlung, Härteprüfung

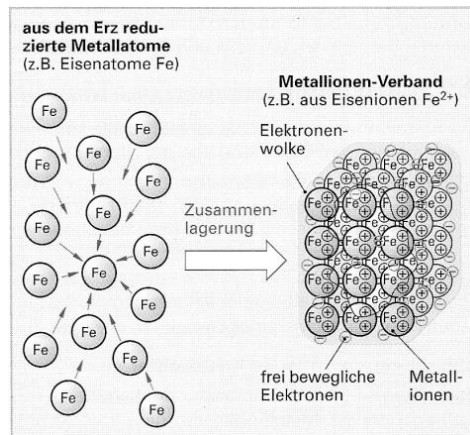
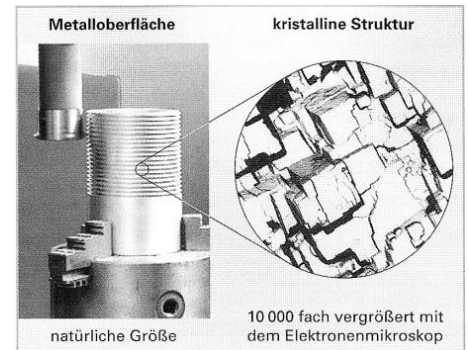
Hinweis: Zur Bearbeitung der Arbeitsaufträge dienen das Tabellenbuch und das Fachkundebuch Metall.

1 Innerer Aufbau der Metalle

a Innerer Aufbau, Eigenschaften

Wie nennt man die auf den Schlibfbildern von Metallen erkennbaren **regelmäßigen Formen**?

kristalle



Metallbindung

Was bewirkt die Metallbindung?

äußert starken Zusammenhalt der Metallteilchen und damit die Festigkeit der Metalle

Elektrische Leitfähigkeit

Bei Metallen können die frei beweglichen Elektronen durch eine angelegte elektrische Spannung in Bewegung gesetzt werden. Es fließt dann ein Strom von Elektronen (elektrischer Strom). Allgemein gilt:

Metalle sind gute elektrische Leiter

Kristallgitter

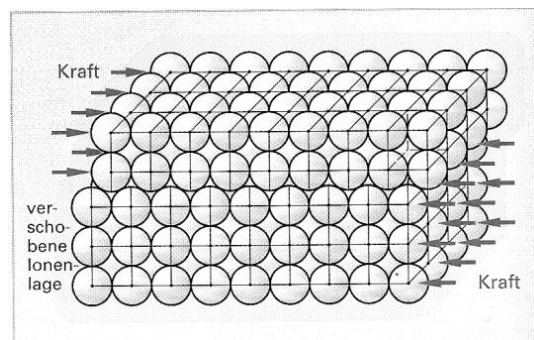
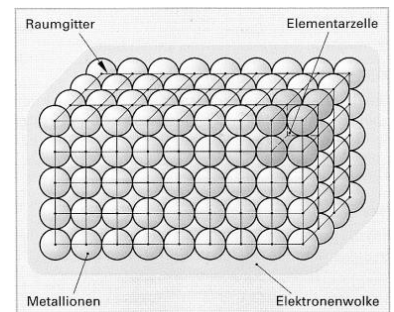
Durch die zusammenhaltenden Kräfte der Elektronenwolke entsteht eine regelmäßige Anordnung der Metallionen auf möglichst kleinem Raum.

Wie werden die Gitter bezeichnet, welche sich durch die zeichnerische Verbindung der Metallionenzentren ergeben?

Raumgitter oder Kristallgitter

Die kleinste typische Einheit eines solchen Kristallgitters bezeichnet man als

Elementarzellen



Verformbarkeit der Metalle

Zur **elastischen Verformung** von Metallen kommt es bei „geringer“ **Krafteinwirkung**. Dabei werden die **Metallionen nur geringfügig** von ihrem **Gitterplatz verdrängt** und **federn** nach der Kraftwegnahme wieder **in ihre Ausgangsposition zurück**.

Bei **großer Krafteinwirkung** kommt es dann zur **plastischen Verformung** von Metallen. Hierbei wird die „**obere Ionenlage**“ von der stabilen „**Übereinander-Anordnung**“ in die ebenfalls stabile „**auf Lücke-Anordnung**“ **verschoben**.

Zusammenfassung:

geringe Krafteinwirkung: elastische Verformung

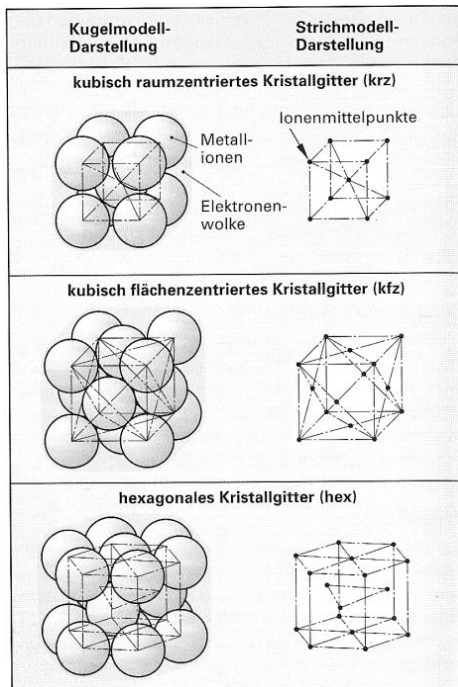
große Krafteinwirkung: plastische Verformung von "Übereinander-Anordnung" in "Lücke auf Lücke Anordnung"



b Kristallgittertypen der Metalle

Abhängig von der Metallart und der Temperatur haben Metalle drei typische Metallgitter:

kubisch-raumzentriertes Kristallgitter
kubisch-flächenzentriertes Kristallgitter
Hexagonales Kristallgitter



Kubisch-raumzentriertes Kristallgitter

Die Verbindungslinien der Ionenmittelpunkte bilden einen Würfel (Kubus). Zusätzlich befindet sich noch ein Metallatom in der Würfelmitte. Eine solche Kristallform haben z.B.

Eisen (bei Temp < 911°C), Chrom, Wolfram, Vanadium

Kubisch-flächenzentriertes Kristallgitter

Der Grundkörper ist ebenfalls ein Würfel. Statt des zusätzlichen Ions in der Würfelmitte befindet sich je ein Ion in der Mitte der Seitenflächen. Ein kubisch-flächenzentriertes Kristallgitter haben z.B.

Eisen (bei Temp > 911°C), Aluminium, Kupfer, Nickel

Hexagonales Kristallgitter

Die Metallionen bilden ein sechseckiges Prisma mit je einem Metallion in der Mitte der Grundflächen sowie drei Metallionen innerhalb des Prismas. Ein hexagonales Kristallgitter haben z.B.:

Magnesium, Zink, Titan

c Baufehler im Kristall

Baufehler im Metallkristall sind:

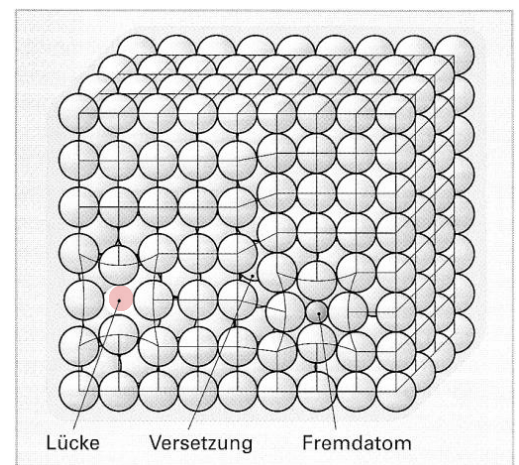
- Lücken
- Versetzungen
- Fremdatome

Baufehler bewirken:

Verzerrungen im Kristallgitter
und führen zur Erhöhung der Festigkeit

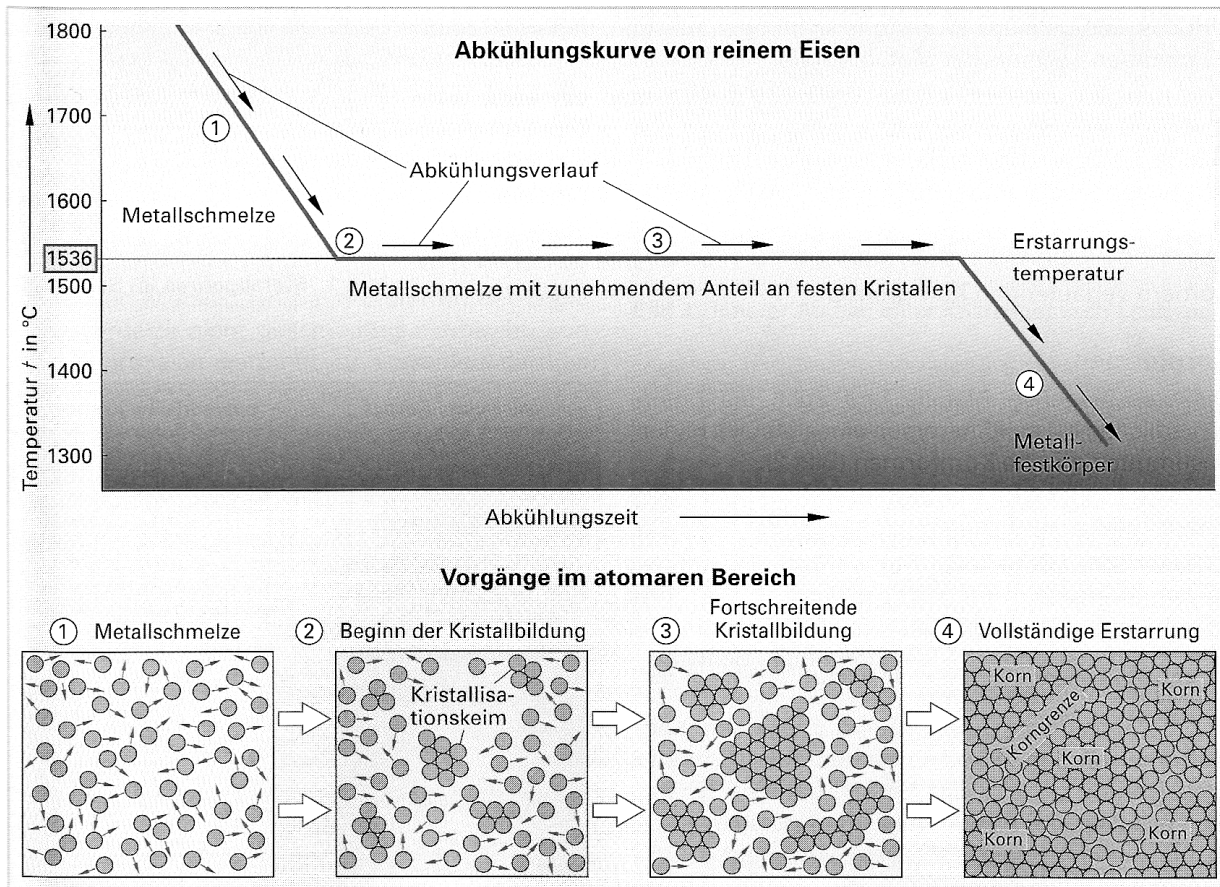
Die festigkeitssteigernde Wirkung tritt z.B. auf beim:

- Legieren (Fremdatome werden in das Kristallgitter des Grundmetalls eingelagert)
- Verfestigung durch Kaltverformung (festigkeitssteigernde Lücken und Versetzungen entstehen)





d Entstehung des Metallgefüges



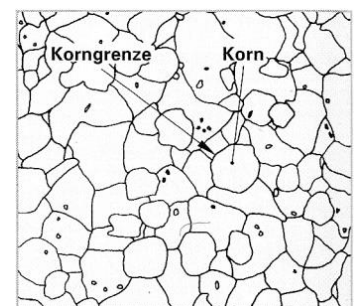
Metallische Gefüge entstehen durch das Erstarren der Metallschmelze, welche über Zwischenstufen verläuft. Als Beispiel wird nachfolgend die Abkühlungskurve von reinem Eisen dargestellt.

Entstehung des Metallgefüges:

- Metallschmelze (Fe: über 1536°C): Die Temperatur der Schmelze nimmt stetig ab. Dabei wird die Bewegung der Metallionen langsamer.
- Kristallbildung bei Erstarremistemperatur (Fe: 1536°C): In der Schmelze fängt die Zusammenlagerung der Metallionen nach einem Kristallgittertyp an. Das Kristallwachstum beginnt. Es bilden sich Kristallisationskeime.
- Fort schreitende Kristallbildung: Während des Auskristallisierens bleibt die Temperatur konstant (waagrechte Kurve), da die entzogene Wärme zur Kristallbildung verbraucht wird. Am Ende des Vorgangs stoßen die wachsenden Kristalle an ihren Grenzen aneinander, wodurch unregelmäßig begrenzte Kristalle – sogenannte Kristallite oder Körner – gebildet werden. Die Metallionen in Grenzbereich zwischen den Körnern können nicht in das Kristallgitter eingeordnet werden und bilden (zusammen mit Fremdatomen) zwischen den einzelnen Körnern eine ungeordnete Begrenzungsschicht, die Korngrenze.
- Vollständige Erstarrung: Das Gefüge hat sich vollständig gebildet. Die Temperatur nimmt weiter ab.

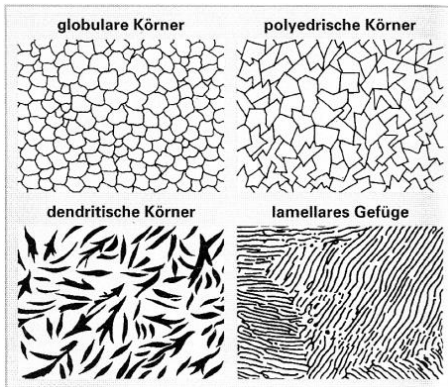
e Gefügearten und Werkstoffeigenschaften

Mittels der Metallografie kann das Gefüge eines Werkstoffes sichtbar gemacht werden. Dabei wird eine geschliffene Werkstoffprobe poliert, angeätzt und anschließend unter dem Mikroskop betrachtet. Das Schlifffbild zeigt dann die Körner und die als dünne Linie zwischen den Körnern verlaufenden Korngrenzen.





Kornformen



Verschiedenen Metalle und Kristallgittertypen bilden bestimmte Kornformen. So zeigen:

- reines Eisen

globulare Körner (rundlich)

- Eisen mit Austenitgefüge

polyedrische Körner (Vieleckige Körner)

- gehärteter Stahl (Martensit - Gefüge)

dendritische Körner (Nadelformig)

- und der Streifenzermetit und der Lamellengraphit von Grauguss

Lamellares Gefüge

Korngrößen

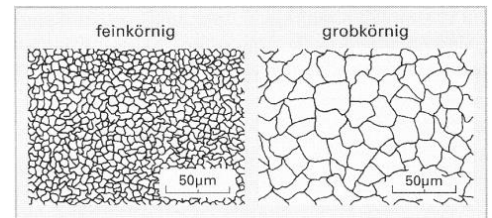
Die Korngröße von Metallen beträgt 1 – 100 µm, wobei Werkstoffe mit feinkörnigerem Gefüge eine höhere Festigkeit und Dehnbarkeit haben. Die gewünschte Korngröße kann erzielt werden durch:

• durch Wärmebehandlung, z.B. Normglühen

• durch Warmumformen, z.B. Warmwalzen

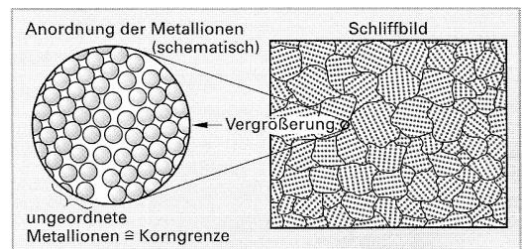
• durch Zugabe von Legierungselementen

wie z.B. Mangan bei Feinbohrstählen



f Gefüge reiner Metalle und Legierungen

Bei reinen Metallen bestehen alle Körner aus derselben Metallionensorte und haben den gleichen Kristallgittertyp (= homogenes Gefüge). So sind z.B. beim Eisen die Fe²⁺-Ionen kubisch-raumzentriert angeordnet. Die Körner haben eine unterschiedliche Ausrichtung des Kristallgitters.



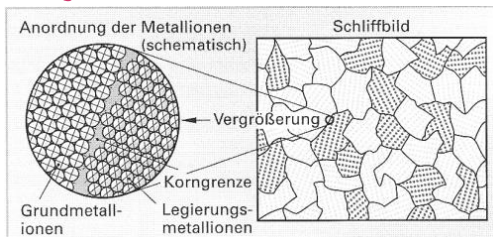
Da Reinelemente eine geringe Festigkeit haben werden in der Technik meistens nur Legierungen verwendet. Legierungen sind Gemische aus mehreren Metallen bzw. ein Gemisch aus Metallen und Nichtmetallen.

Gegenüber ihren Grundmetall haben Legierungen meist verbesserte Eigenschaften, wie z.B.:

- höhere Festigkeit

- verbessertes Korrosionsverhalten

- größere Härte



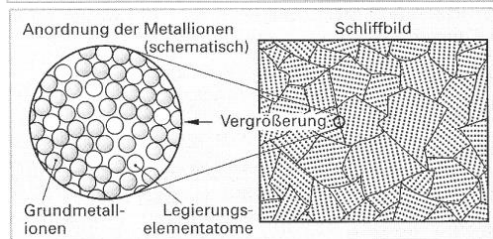
Die Legierungselemente sind im flüssigen Zustand (Schmelze) gleichmäßig in der Legierung verteilt. Beim Erstarren der Schmelze bilden sich unterschiedliche Gefügearten aus:

kristallgemisch - Legierungen

Die verschiedenen Metallionen bleiben beim Erstarren der Legierungsschmelze nicht gleichmäßig vermischt sondern lagern sich getrennt zu verschiedenen Gefügekörnern zusammen. Bsp.: Blei-Zinn-Legierung.

Mischkristall - Legierungen

Die Atome der Legierungselemente bleiben beim Erstarren der Schmelze gleichmäßig im Kristallgitter verteilt. Bsp.: Kupfer-Nickel-Legierung.

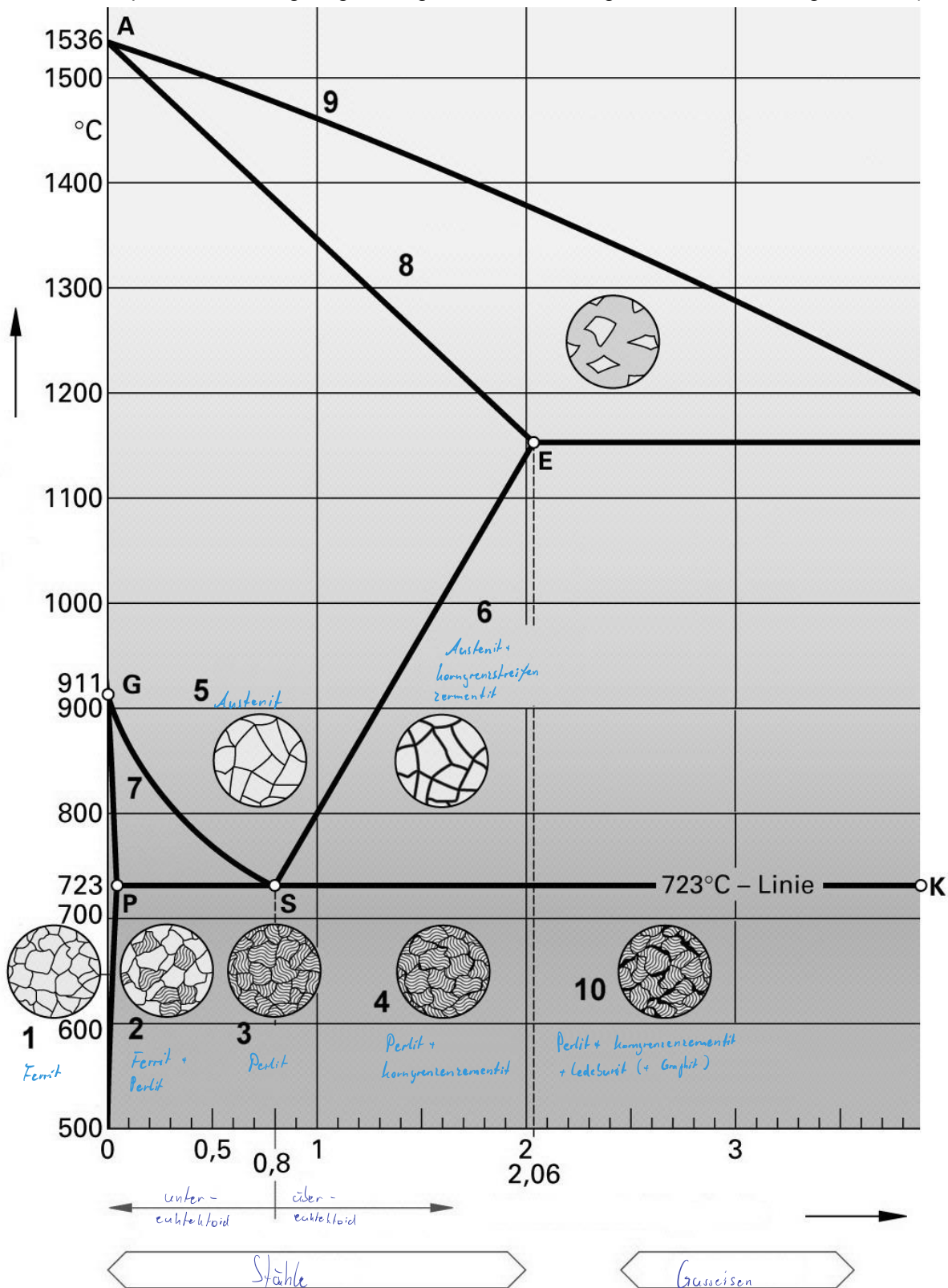




2 Wärmebehandlung der Stähle

a Eisen-Kohlenstoff-Zustandsdiagramm

Ergänzen Sie das untenstehende Eisen-Kohlenstoff-Zustandsdiagramm (wichtige Temperaturen, Kennbuchstaben für die Schnittpunkte der Gefügebegrenzungslinien, Benennung der einzelnen Gefügebereiche)!





Beschreiben Sie den Zusammenhang, der im Eisen-Kohlenstoff-Diagramm dargestellt wird!

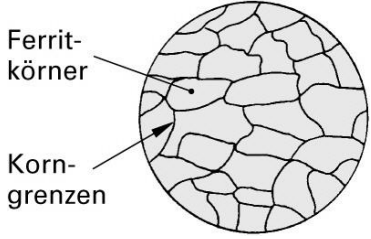
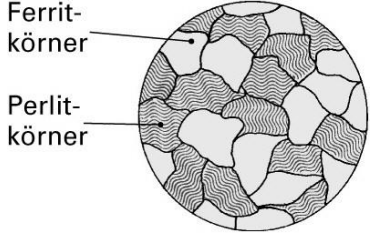
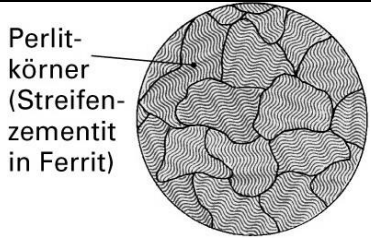
Welcher Vorgang findet beim Über- bzw. Unterschreiten einer Gefügebegrenzungslinie statt?

Bei welchen Verfahren sind die Kenntnisse über die Gefügewandlungen im Stahl von großer Bedeutung?

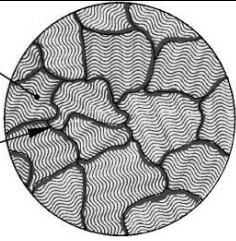
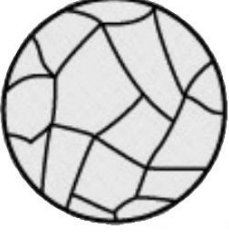
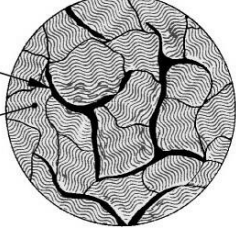
Welcher Bereich des Eisen-Kohlenstoff-Zustandsdiagramm ist hier dargestellt?

b Gefügearten von Stählen

Erarbeiten Sie in der folgenden Tabelle die Gefügearten von Stahl!

Nr.	Bezeichnung	Schematische Darstellung	Beschreibung
1	Ferrit oder Eisen (reines Eisen)	 <p>Ferrit-körner Korn-grenzen</p>	<ul style="list-style-type: none"> $C = 0\%$ abgerundete Körner kubisch raumzentriertes Gitter weich, leicht umformbar, magnetisierbar
2	Ferrit-Perlit - Gefüge (unterkohlender Stahl)	 <p>Ferrit-körner Perlit-körner</p>	<ul style="list-style-type: none"> $C < 0,8\%$ Mischung aus Perlit- und Ferritkörnern → Perlit, in Ferritkörnern eingelagerte Zementitstreifen ($Fe_3C = \text{Eisenkarbid}$)
3	Perlit (eutektoider Stahl)	 <p>Perlit-körner (Streifen-zementit in Ferrit)</p>	<ul style="list-style-type: none"> $C = 0,8\%$ alle Körner sind mit Streifen zementit durchzogen Streifen zementit ist hart und spröde $Fe_3C = \text{Eisenkarbid}$



4	<p>Perlit + Korngrenzenzementit (überaufkohler)</p>	<p>Perlit- körner Korn- grenzen- zementit</p> 	<p>$C > 0,8\% - 2,6\%$ Stahl enthält so viel C, dass sich zusätzlich Zementit an den Korngrenzen ablagert</p>
5	<p>Austenit γ-Eisen</p>		<p>$\frac{1}{2}$-Gitter (der Eisenatome) in welches sich in die Würfelmitten zusätzlich ein C-Atom einlagert → Mischkristall zäh, leicht umformbar, nicht magnetisierbar</p>
6	<p>Austenit + Korngrenzenzementit</p>	/	■ /
7	<p>Austenit + Ferrit</p>	/	■ /
8	<p>Schmelze + Austenitkristalle</p>	/	■ /
9	<p>Schmelze</p>	/	■ /
10	<p>Perlit + Korngrenzenzementit + (Ledeburit +) Graphit</p>	<p>Graphit- lamellen Perlit- körner</p> 	<p>$C > 2,06\%$</p>

Ein Stahl mit einem Kohlenstoffgehalt von 0,8% wird auf über 723°C erwärmt. Beschreiben Sie die Zustandsänderung des Gefüges unter besonderer Berücksichtigung der Lage des C-Atoms!

Das kubisch-raumzentrierte Gitter klappt bei 723°C in ein kubisch-flächenzentriertes Gitter um. Der Kohlenstoff des Streifenzementit lagert sich in der Würfelmitten an, es entsteht Austenit mit echtem Gefügehörrern.

Ein Stahl mit einem C-Gehalt von 1,5% wird eingeschmolzen. Beschreiben Sie die Zustandsänderungen in Stichpunkten!



c Wärmebehandlung der Eisenwerkstoffe

Glühen

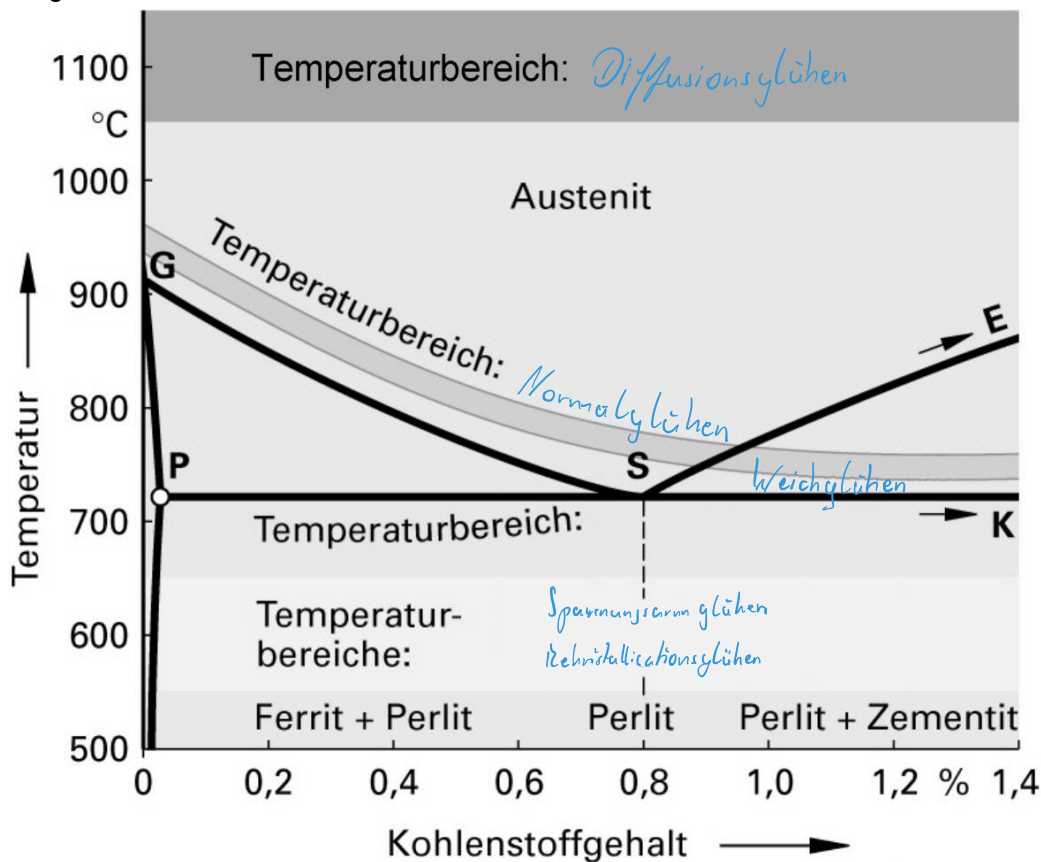
Definieren Sie den Begriff Glühen:

Glühen ist eine Wärmebehandlung, bestehend aus einem langsamen Erwärmen, dem Halten auf Glühtemperatur und einem langsamen Abkühlen.

Glühverfahren unterscheiden sich hauptsächlich durch zwei Größen:

- Höhe der Glühtemperatur
- Länge der Glühzeit

Tragen Sie die entsprechenden Temperaturbereiche der verschiedenen Glühverfahren in das unten abgebildete Diagramm ein!



Erarbeiten Sie für die verschiedenen Glühverfahren folgende Inhalte (auf einem eigenen Notizblatt, damit die Ergebnisse dann in der folgenden Tabelle gemeinsam festgehalten werden können):

- Name des Verfahrens
- Ziel des jeweiligen Glühverfahrens
- Glühtemperatur
- Haltezeit
- Gefügeänderungen
- Anwendungsbeispiele des Verfahrens



Verfahren	Ziel	Glüh-temperatur	Haltezeit	Gefügeänderung	Anwendung
Spannungsarm- glühen	Verringerung innerer Spannungen durch plastisches Fließen	550 °C - 650 °C	1-2 Stunden		Verzugsbeanspruchte Teile z.B. Werkzeugen, Federn
Rekristallisations- glühen	Entsorgen unverzerrter Gefügezustand	550 °C - 650 °C	mehrere Stunden	verzerrtes Gefüge nach dem Tiefziehen → Gefüge nach dem Glühen 	Verzerrtes Gefüge - nach einer haltverformung
Weich- glühen	Streifenzermentit in körniges Zermentit wandeln	680 °C - 750 °C	mehrere Stunden	Gefüge des Dreh-Rohrteils → Gefüge des weich- geglühten Rohrteils 	Verbesserung der Umformbarkeit und Zerspanbarkeit
Normalglühen	kornverfeinerung Ziel: feines, gleichmäßiges Gefüge	lange oberhalb der GSk-Linie	kurzzeitig	Gefüge nach dem Schmieden → Gefüge nach dem Normalglühen 	Herstellung eines weitestmöglichen Gefüges
Diffusionsglühen	Ausgleich von Konzentrationsunterschieden	600 °C - 750 °C	sehr lange	/	nach dem Grühen



Härten

Definieren Sie den Begriff Härten:

Härten ist eine Wärmebehandlung, die Stähle hart und verschleißfest macht. Der Härtevorgang besteht aus folgenden Arbeitsschritten:
Erwärmen, Halten bis zum Durchwärmen, Abschrecken, Anlassen und Abkühlen

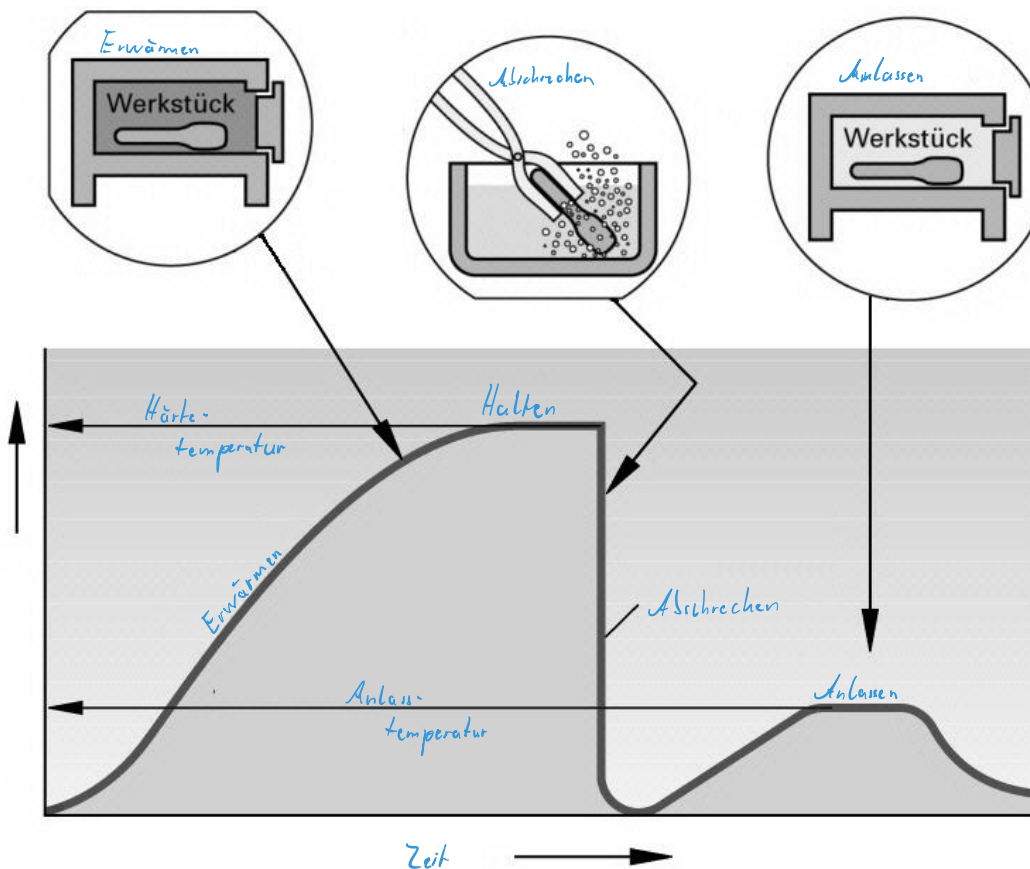
Welche Werkstücke werden vorrangig gehärtet?

Vor allem Werkzeuge und mit Verschleiß beanspruchte Bauteile werden gehärtet

Der Härtevorgang unterscheidet sich hauptsächlich durch folgende Größen:

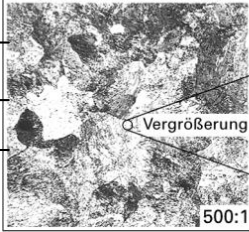
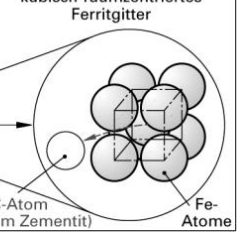
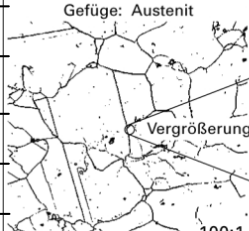
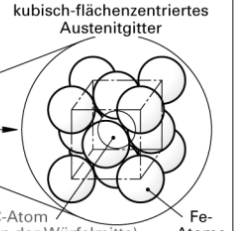
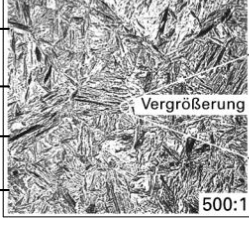
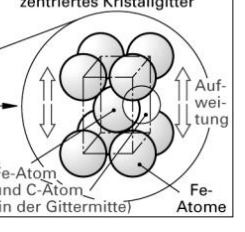
- die Härte-temperatur
- die notwendige Abschreckgeschwindigkeit / das Abschreckmedium
- die Anlasstemperatur

Tragen Sie die fehlenden Begriffe in das Temperaturverlaufdiagramm ein!

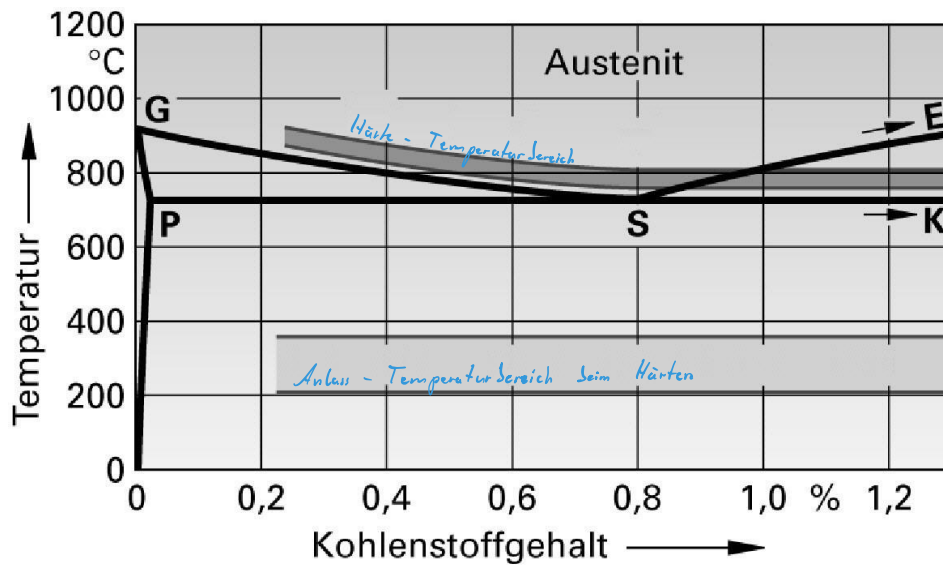




Ergänzen sie die folgende Tabelle bezüglich der Gefüge- und Kristalländerungen beim Härten (z.B. beim C 80 U)!

Zustand	Beschreibung	Gefüge / Kristallaufbau
vor dem Erwärmen	<p>- Ferrit-Perlit-Gefüge (Kohlenstoff ist im Zementit gebunden)</p> <p>- α-Fe (kubisch raumzentriertes Metallgitter)</p>	<p>Gefüge: Perlit (Streifen zementit in Ferrit)</p>  <p>Vergrößerung</p> <p>500:1</p> <p>C-Atom (im Zementit)</p> <p>Fe-Atome</p> <p>Kristallaufbau: kubisch-raumzentriertes Ferritgitter</p> 
beim Halten	<p>- Austenitisierung (α-Fe-Gitter wandelt sich in γ-Fe-Gitter um)</p> <p>- C-Atome aus dem ehemaligen Fe₃C (Eisenkarbid) besetzt die Gitterlücken in der Mitte des γ-Fe-Gitters</p>	<p>Auf Härtetemperatur erwärmter Stahl Gefüge: Austenit</p>  <p>Vergrößerung</p> <p>100:1</p> <p>C-Atom (in der Würfelmitte)</p> <p>Fe-Atome</p> <p>kubisch-flächenzentriertes Austenitgitter</p> 
nach dem Abschrecken	<p>- Rasches Abkühlen von γ-Fe-Gitter in ein α-Fe-Gitter</p> <p>- C-Atome können sich nicht schnell genug aus der Gitterlücke lösen und verbleibt sich zwischen den Fe-Atomen, wodurch es zu Gefügeverzerrungen kommt</p> <p>- ein neues Gefüge ist entstanden: hartes und sprödes Martensit</p>	<p>Gehärteter Stahl Gefüge: Martensit</p>  <p>Vergrößerung</p> <p>500:1</p> <p>Fe-Atom und C-Atom (in der Gittermitte)</p> <p>Fe-Atome</p> <p>verzerrtes, kubisch-raumzentriertes Kristallgitter</p> <p>Aufweitung</p> 

Härte- und Anlasstemperaturen sind beim Härten vom Kohlenstoffgehalt abhängig. Trage Sie jeweils den Temperaturbereich in das nachfolgende Diagramm ein.





Ergänzen Sie die Tabelle für das praktische Durchführen des Härten!

Arbeitsgang	Worauf sollte unbedingt geachtet werden?
Erwärmen	<p>Umwarten des Vorwärmens des Härteofens</p> <p>→ Erwärmen des Werkstücks auf ca. 20-40°C über der Gsk-Linie (bei unlegierten Stählen, bei legierten Stählen beachten der Herstellerangaben)</p>
Halten	<p>ausreichende Durchwärmung des Werkstücks</p> <p>Temperatur zu hoch : Sprödigkeit</p> <p>Temperatur zu niedrig : Weichfleckigkeit</p>
Abschrecken	<p>- richtiges Eintauchen des Werkstücks</p> <p>Länge, große Querschnitte voraus, Grundlöcher nach oben (wegen Dampfblasen)</p> <p>- richtige Wahl des Abschreckmittels</p> <p>Wasser : meist für unlegierte Stähle (am schnellsten)</p> <p>Öl/Salzbad : meist für (niedrig)legierte Stähle (ca. 200°C / 400-700°C)</p> <p>Luft : meist für hochlegierte Stähle</p>
Anlassen	<p>Wahl der richtigen Anlasstemperatur in Abhängigkeit von Werkstoff und der gewünschten Härte (ca. 200-700°C)</p>
Abkühlen	<p>Erfolgt in der Regel an der Umgebungsluft</p>

Übungsaufgabe zum Härten von Stahl:

Ermitteln Sie mit Hilfe des Tabellenbuches die in der nachfolgenden Tabelle fehlenden Werte!

Werkstoff	Härtetemperatur in °C	Abschreckmittel	Max. Härte (vor dem Anlassen)	Anlasstemperatur für 60 HRC
C 80 U	780 - 800	Wasser	64 HRC	200°C
90 Mn Cr V 8	780 - 800	Öl	65 HRC	< 200°C
X 210 Cr W 12	960 - 980°C	Öl	64 HRC	300°C
HS 2-9-1-8	1180 - 1200	Öl, Wasserbad, Luft ↑ wird immer härter	66 HRC	→ nicht möglich

ab ca. 600°C wieder Abnahme der Härte






Härten der Randzone

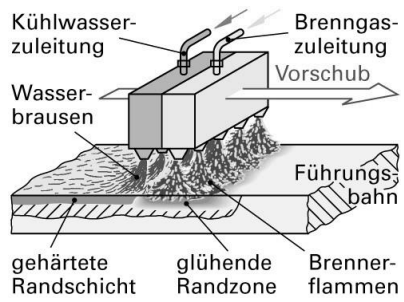
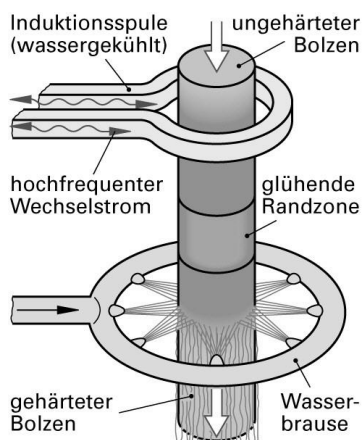
Nennen Sie die vier wichtigsten Verfahren zum Oberflächenhärten!

- Nitrierhärten
- Randschichthärten
- Einsatzhärten
- Wärmebehandlung der Einsatzstähle

Ergänzen Sie die Symbole für die Kennzeichnung von örtlich begrenzten Oberflächenbereichen bei der Wärmebehandlung:

- a) Bereich muss wärmebehandelt werden: 
- b) Bereich darf wärmebehandelt werden: 
- c) (Zwischen-)Bereich darf nicht wärmebehandelt werden: 

Randschichthärten



Induktionshärten einer Welle

Flammhärten einer Führungsbahn

Nennen Sie zwei Beispiele für zum Randschichthärten besonders gut geeigneter Stähle!

- Verzürkungsstähle mit > 0,5% C
- C45E, 42CrAl04

Nennen Sie die drei wichtigsten Verfahren zum Randschichthärten!

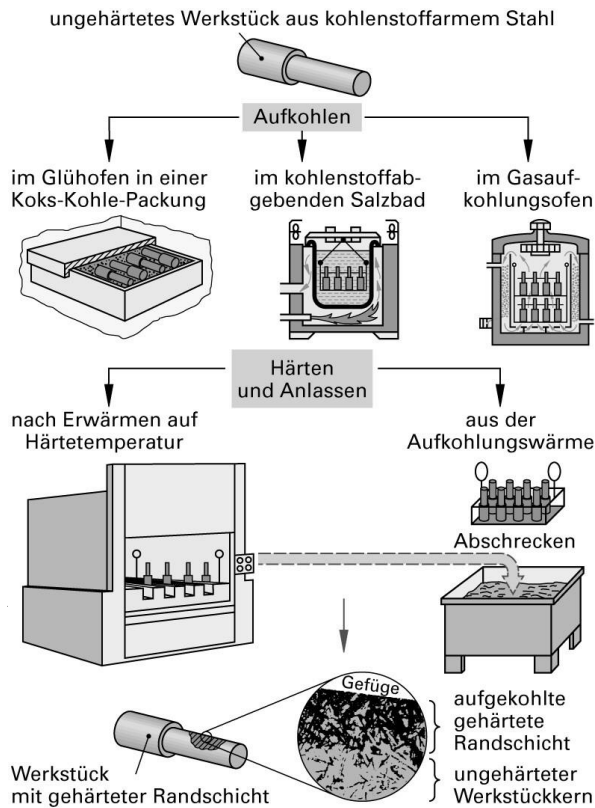
- Laser-Härten
- Induktions-Härten
- Flamm-Härten

Wie wird beim Randschichthärten vorgegangen?

- Außenhaut von härterem Stahl wird durch starke Wärmezufuhr rasch erwärmt
- Anschießendes rasches Abkühlen



Einsatzhärten



Erklären Sie den Begriff „Einsetzen“!

Anreichern der Randschicht kohlenstoffarmen Stahls mit Kohlenstoff anschließend Härten der Randschicht.
-> ungehärteter, zäher Werkstückkern

Welche Stähle eignen sich zum Einsatzhärten?

0,1% - 0,2% Kohlenstoffgehalt

Wie wird eingesetzt (aufgekühlt)?

Glühen des Werkstücks in kohlenstoffabgebenden Einsatzmitteln über mehrere Stunden bei 870°C bis 910°C
Eindringen Kohlenstoff in die Randschicht
-> härtbar

Welche Aggregatzustände können die Einsatzmittel haben?

fest (Aufkohlen in festem Einsatzmittel)
flüssig (Aufkohlen in flüssigem Einsatzmittel)
gasförmig (Gasaufkohlen)

Wie funktioniert das Pulverkohlen?


Eingehen der Werkstücke in koks- Holzohle- Granulat gefüllten Kasten in den Glühofen
Bildung von CO und CO₂ bei Glühtemperatur
Eindringen in Randschicht und Bilden von Fe₃C

Wie funktioniert das Einsetzen mit Cyanbädern?

Kohlenstoff abgebende Salzschnmelze
Eintauchen der Werkstücke

Wie funktioniert das Einsetzen mit Gas?

Werkstücke in geschlossenen Ofen mit Gasmischungen (Kohlenstoffmonoxid CO, Wasserstoff H₂)

 Städt. Berufsschule für Fertigungstechnik	Name:	Klasse: 11
	Fertigungstechnik - Wärmebehandlung	Datum:

Nitrieren

Was versteht man unter Nitrierhärten?

Anreichern der Werkstückoberfläche mit Stickstoff (bei Nitrierstahl)

Wie kommt es zur Härtesteigerung beim Nitrieren?

Bildung von Stickstoffverbindungen (Nitride) in der Randschicht des Werkstücks

Nennen Sie die beiden gängigen Nitrierverfahren?

- *stickstoff abgebende Salzbaden (560°-580°)*
- *ammoniakdurchströmte Nitrieröfen (500°-520°)*

Welche Einhärtetiefen erhält man beim Nitrieren?

wenige Zehntel Millimeter

Welche Härten (in Härtegraden nach Vickers) sind beim Nitrieren von Stahl erreichbar?

bis 1200 HV

Nennen Sie die vier wichtigsten Vorteile des Nitrierhärtens!

- *kein erhitzen, anlassen oder abschrecken*
- *verzugsfrei, da Erwärmung bis 100°C*
- *Erhalten der Härte bis 500°C durch Anlassbeständigkeit*
- *äußerst harte, verschleißfeste, gleitfähige Randschicht*

Nennen Sie die zwei wichtigsten Nachteile des Nitrierhärtens!

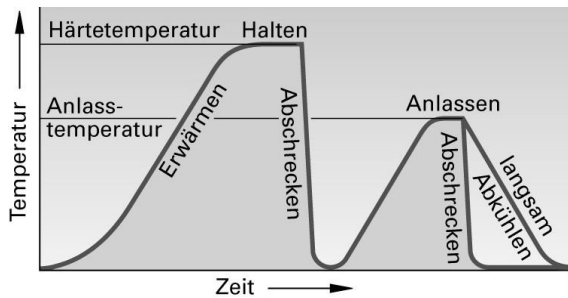
geringe Verklammerung der Nitrierschicht mit Grundwerkstoff → Ablösen der Härteschicht

Carbonitrieren

Beim Carbonitrieren wird die Werkstückrandschicht im Einsatz gleichzeitig aufgekohlt und nitriert und dann anschließend gehärtet. Dabei erhält man Härteschichten, die zum Teil die Vorteile des Einsatzhärtens und Nitrierens miteinander verbinden. Carbonitrierschichten sind annähernd so hart wie Nitrierschichten, anlassbeständiger als Einsatzhärteschichten und haben eine feste Umklammerung mit dem Grundwerkstoff.



Vergüten



Temperaturverlauf beim Vergüten

Was versteht man unter Vergüten?

Härten und anschließendem Anlassen bei 500°C - 700°C

Wann vergütet man?

Erreichen hoher Festigkeit und großer Zähigkeit
Für Bauteile hoher und schlagartiger Belastung

Welche Stähle eignen sich zum Vergüten?

unlegierte und niedrig legierte Stähle mit 0,2% - 0,6% Kohlenstoff
legierte Vergütungsstähle mit Chrom, Molybdän, Nickel, Mangan

Welche Festigkeiten lassen sich durch das Vergüten erreichen?

Je nach Höhe der Anlasstemperatur werden vergütete Stähle bezüglich der Eigenschaften unterschieden in:

Was passiert mit dem Gefüge des Stahls beim Anlassen auf:

400°C: Zerfallen von Martensit in Ferrit und Zementitnadeln
mit Ausscheiden im restlichen Martensit

550°C: Vollständiges Zerfallen in Ferrit und Zementit

700°C: Zusammenfallen der Zementitnadeln zu Zementitkörnern

Welche Eigenschaften hat der Stahl CK 45 nach dem Anlassen auf 700°C?

- Zugfestigkeit: _____
- Streckgrenze: _____
- Bruchdehnung: _____

Welche Eigenschaften hat der Stahl 30CrNiMo8 nach dem Anlassen auf 600°C?

- Zugfestigkeit: _____
- Streckgrenze: _____
- Bruchdehnung: _____



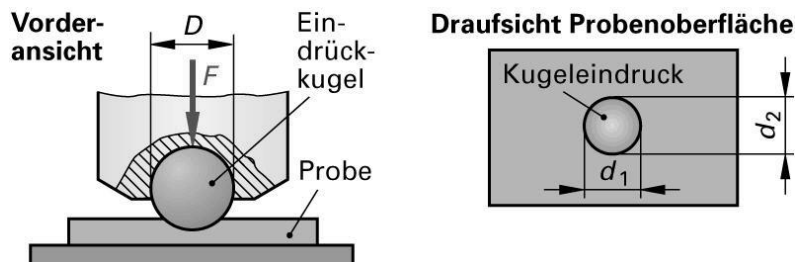
3 Werkstoffprüfungen von Stahl - Härteprüfung

Was versteht man bei der Werkstoffprüfung unter den Begriff Härte:

Härte ist der Widerstand, den ein Werkstoff dem Eindringen eines Prüfkörpers entgegensetzt

Zum Prüfen der Härte existieren verschiedene Prüfverfahren.

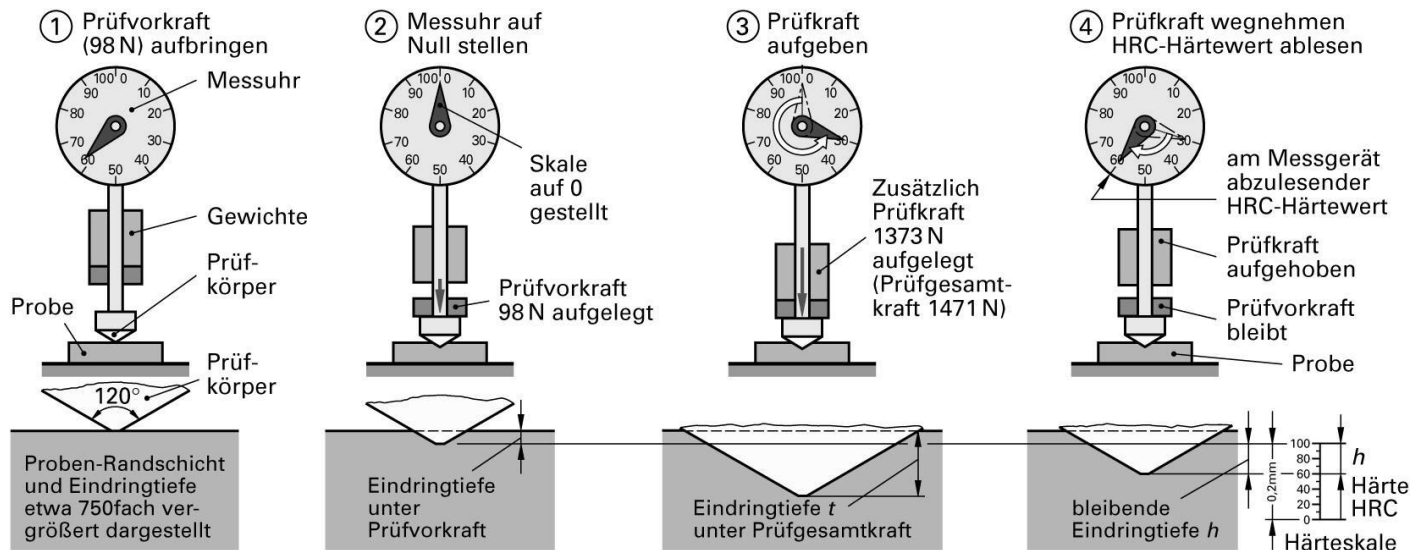
a Härteprüfung nach Brinell



Anwendung	Nach Brinell können nur weiche und mittelharte Werkstoffe geprüft werden wie z.B. ungehärteter Stahl, Al, Cu
Prüfkörper	Kugeln aus gehärtetem Stahl (HBS) oder aus Hartmetall (HDW) mit folgenden Durchmessern: 1, 2, 2,5, 5, 10 mm
Einwirkdauer	normal 10-15s bei fließenden Werkstoffen wie z.B. Alu oder Zink: bis 30s
Belastungsgrad	Für Werkstoffgruppen mit gleicher Härte wurde jeweils 1 Belastungsgrad festgelegt → Mittels Tabellen kann der Kugeldurchmesser und die Prüfkraft ermittelt werden
Eindruck-durchmesser	Der Kugeleindruck soll 0,2 - 0,8 mm betragen. Er wird zweimal gemessen (rechtwinklig zueinander) und dann gemittelt: $d = (d_1 + d_2) / 2$
Bestimmung der Härte	Der Härtewert wird Tabellen entnommen
Härteangabe 120 HB 5/20/30	120: Härtewert HB: Prüfverfahren nach Brinell 5: Kugeldurchmesser (Ø in mm) 20: Prüfkraft (in kp) $\Rightarrow F = 200 \text{ kp} \cdot 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} = 2002 \text{ N}$ 30: Einwirkdauer in s



b Härteprüfung nach Rockwell




Härteprüfung nach Rockwell für harte Werkstoffe

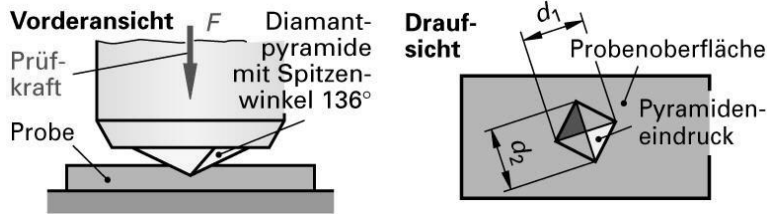
Anwendung	Prüfung von Stahl, gehärtetem Stahl, Hartmetall
Prüfkörper	Diamantkegel (Spitzenwinkel 120°)
Einwirkdauer	kurz
Prüfkraft	HRC: 98 N (Prüfvorlast) + 1373 N (Prüflast) HRA: 98 N (Prüfvorlast) + 490,3 N (Prüflast)
Bestimmung der Härte	1. Deaufschlagung der Prüfvorlast 2. Auf "0" Stellen der Messuhr 3. Auflegen der Prüflast 4. Ablesen des Härtewertes
Härteangabe 58 HRC	58: Härtewert HRC: Prüfverfahren (Rockwell C)

Härteprüfung nach Rockwell für weiche Werkstoffe

Anwendung	Prüfung von ungehärtetem Stahl, Leichtmetallen und "weichen" Legierungen
Prüfkörper	Gehärtete Stahlkugel mit $\varnothing = 1,58$ bzw. $3,175$ mm
Einwirkdauer	kurz
Prüfkraft	HARD: 98 N (Prüfvorlast) + 882,6 N (Prüflast) HRAF: 98 N (Prüfvorlast) + 490,3 N (Prüflast)
Bestimmung der Härte	System wie bei harten Werkstoffen
Härteangabe	System wie bei harten Werkstoffen

 Städt. Berufsschule für Fertigungstechnik	Name:	Klasse: 11
	Fertigungstechnik - Wärmebehandlung	Datum:

c Härteprüfung nach Vickers



Anwendung	Prüfung von harten bzw. sehr harten Werkstoffen
Prüfkörper	Es gibt nur einen einheitlichen Prüfkörper, eine vierseitige Diamantpyramide mit einem Spitzenwinkel von 136°
Einwirkdauer	10 bis 15 s
Prüfkräfte	Normal: 98,07 N - 980,7 N Makrobereich: 49,03 N Mikrobereich: 2-5 N
Eindruckdurchmesser	Gemessen werden die Pyramiden diagonale, der Messwert wird dann gemittelt
Bestimmung der Härte	$HV = 0,489 \cdot F/d^2 \Rightarrow$ Praxis: Ablesen aus Tabelle
Härteangabe 250 HV 100/30	250: Härtewert HV: Prüfverfahren nach Vickers 100: Prüfkraft (in kp) $\Rightarrow F = 100 \text{ kp} \cdot 9,81 \text{ m/s}^2 = 980,7 \text{ N}$ 30: Einwirkdauer (in s)

d Vergleich der Härteprüfverfahren

Für welche Werkstoffe welches Prüfverfahren einsetzbar ist kann der nachfolgenden Tabelle entnommen werden!

Al Al-Leg.	ungehärtete Stähle	gehärtete Stähle	Nitrier- Härteschicht	Hartmetalle			Hartstoffe: WC, TiC, Al ₂ O ₃ , SiC, BN, Si ₃ N ₄	Dia- mant	← Werkstoffe
	100 300 500	HB							← Brinell- härte
	60 HRF 115	20 30 40 50 60	70						← Rockwell- härte
	35 HRB 100 65 70 75	80 82 84 86 88	90 92 94						← Vickers- härte
	100 200 400 HV	600 800 1000		1400		2000	10000		← zum Vergleich Mohshärte (Minerale)
1	4	5	6	7	8	9	10		
Speck- stein	Fluss- spat	Apatit	Feldspat	Quarz	Topas	Korund	Diamant		