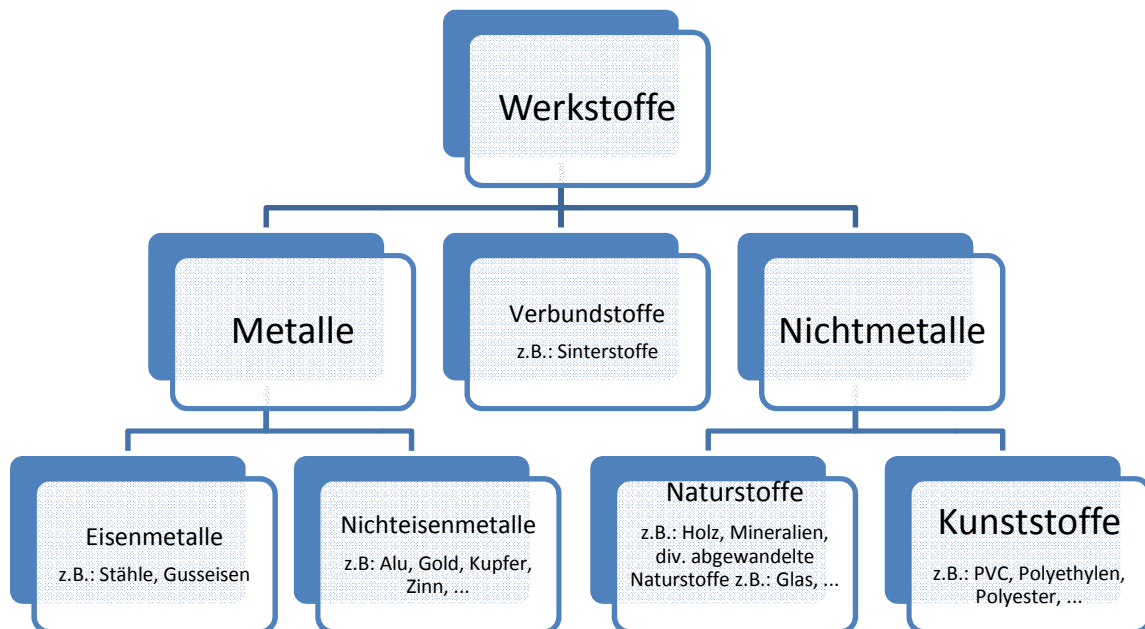


1) Werkstoffkunde

1.1) Werkstoffkunde

- Einteilung der Werkstoffe



- Begriffe:
 - Rohstoffe: werden der Natur entnommen, aus ihnen werden Werkstoffe oder Hilfsstoffe erzeugt.
z.B.: Erze, Erdöl, Kohle, ...
 - Altstoffe: bereits verwendete Stoffe, die wiederverwertet werden (Recycling)
-> um den Rohstoffeinsatz verringern sollen möglichst viele Altstoffe verwendet werden.
 - Werkstoffe: Alle technischen Produkte werden aus Werkstoffen erzeugt. Diese werden aus Rohstoffen oder Altstoffen durch chemische und/oder physikalische Prozesse Behandelt.
 - Hilfsstoffe: Sie sind für die Verarbeitung bzw. Verarbeitung der Werkstoffe notwendig.
z.B.: Brennstoffe, Schmierstoffe, Kühlstoffe
Am fertigen Produkt sind die verwendeten Hilfsstoffe nicht mehr erkennbar.
- Werkstoffeigenschaften:
 - Physikalische Werkstoffeigenschaften
z.B.: Dichte, elektrische Leitfähigkeit, Wärmeleitfähigkeit, Aggregatzustände, Umwandlungspunkte (Schmelzpunkt, ...)
 - Chemische Werkstoffeigenschaften:
Sie beschreiben den Stoffaufbau, Stoffverbindungen und Stoffumwandlungen.
z.B.: Brennbarkeit, Fähigkeit Verbindungen einzugehen, Korrosionsverhalten

- o Mechanische Werkstoffeigenschaften:
z.B.: Festigkeit, Härte, Elastizität, Sprödigkeit
- o Technologische Werkstoffeigenschaften:
Sie geben an, wie sich der Werkstoff bei der Verarbeitung bzw. Bearbeitung Verhält.
z.B.: Umformbarkeit, Zerspanbarkeit, Schweißbarkeit, Schmelzbarkeit
- o Grundstoffe

Elemente siehe Tabellenbuch Periodensystem.

92 natürlich Vorkommende, davon 88 stabil, davon 66 Metalle

Die Werkstoffeigenschaften werden vorwiegend durch folgende Einflüsse bestimmt:

- o Atomaufbau (siehe Chemie)
Wichtig für physikalische und chemische Eigenschaften
- o Raumgitter
Wichtig für physikalische und mechanische Eigenschaften
- o Gefüge
Wichtig für mechanische und technologische Eigenschaften

1.2) Metallkunde

1.2.1) Allgemeines

Metalle sind bei Raumtemperatur (20°C) feste oder flüssige Stoffe mit guter elektrischer Leitfähigkeit. Die elektrische Leitfähigkeit nimmt im Allgemeinen mit steigender Temperatur ab. Metalle haben einen kristallinen Aufbau. Sie sind Lichtundurchlässig, sie reflektieren Licht mehr oder weniger gut -> Metallischer Glanz

Weitere siehe Chemie

Einteilung der Metalle

- Nach der Dichte ρ

$$\rho = \frac{\text{Masse}}{\text{Volumen}} \quad [\rho] = \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} = \frac{\text{kg}}{\text{dm}^3} = \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}$$

- Leichtmetalle: $\rho < 5 \frac{\text{kg}}{\text{dm}^3}$

z.B.: Alu, Mg, Na, K, Ca, ...

- Schwermetalle: $\rho > 5 \frac{\text{kg}}{\text{dm}^3}$

z.B.: Pb, Fe, Pt, Au, Zn, Cu, ...

- Nach der Schmelztemperatur

- Niedrigschmelzend: <1000°C

z.B.: Sn, Hg, Pb, Al, ...

- Mittelschmelzend: 1000°C – 2000°C

- z.B.: Fe, Cu, An, Cr, ...
 - Hochschmelzend: $> 2000^{\circ}\text{C}$
 - z.B.: W, Mo, Ta, ...
- Nach der chemischen Beständigkeit
 - Edle Metalle: z.B.: An, Pt, Ag, ...
 - Sie oxidieren unter normalen Bedingungen nicht
 - Unedle Metalle: z.B.: Al, Mg, Fe, Cn, ...
- Nach der Verarbeitung:

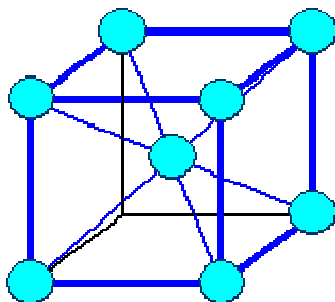
Gusswerkstoffe	Knetwerkstoffe
Die Werkstücke werden nach dem Gießen nicht mehr umgeformt. Häufig werden jedoch noch stellenweise mechanische Bearbeitungen durchgeführt. Wie unterscheiden: Sandguss, Kokillenguss und Druckguss	Nach dem gießen und erstarren werden die Werkstücke (z.B.: Blöcke, Stangen, ...) spanlos umgeformt z.B.: durch Walzen, Pressen, Ziehen, Schmieden ➔ Bleche und Profile, Drähte, Rohre, Halbzeug

Aufbau der Metalle

In festem Zustand ist der Aufbau kristallin. In den Kristallen sind die Metallatome in bestimmter geometrischer Form angeordnet -> Raumgitter. Viele solcher Raumgitter bilden das Gefüge.

Da Atome nicht sichtbar gemacht werden können, bildet man Vorstellungsmodelle, um solche Strukturen darstellen zu können. Ein solches Vorstellungsmodell stellt Atome als Kugeln dar. Die Mittelpunkte dieser Kugeln werden durch Linien verbunden, die die Bindungskräfte zwischen den Atomen symbolisieren. Einige Raumgitterformen kommen bei Metallen häufig vor.

kubisch raumzentrierte Gitter (krz-Gitter)

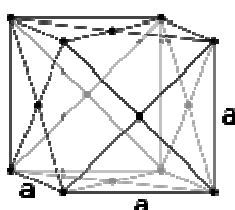


8 Eckatome

1 Raumatom

z.B.: α -Eisen, Chrom, Wolfram

kubisch flächenzentriertes Gitter (kfz-Gitter)

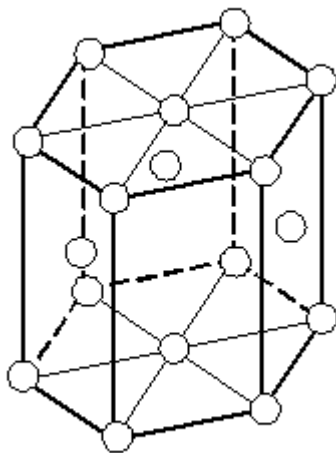


8 Eckatome

6 Flächenatome

z.B.: γ -Eisen, Kupfer, Nickel, Blei

Hexagonales Raumgitter (hex-Gitter)



maschinenbau-fh.de

Bsp.: Titan, Zink, Magnesium, Cadmium

In einer Metallschmelze haben die Atome & Elektronen große Bewegungsenergie. Sie sind praktisch „frei“ beweglich. Beim Abkühlen der Schmelze wird Wärme entzogen und die Atombewegung kleiner. Bei gewissen Atomabständen kommen dann Bindungskräfte zur Wirkung und ein geordneter Aufbau von Raumgitterzellen beginnt. Dabei fängt die Erstarrung an so genannter Kristalisationskeimen an. Es bilden sich größere Kristallsysteme die sich gegenseitig am Wachsen hindern. Es entstehen unregelmäßig begrenzte Kristalle, die man Kristallite oder Körner nennt. Die Grenzen dazwischen nennt man Korngrenzen.

Zusammenhang Raumgitter und Umformbarkeit:

Bei Verformungen durch mechanische Kräfte werden die Metallatome gegeneinander verschoben. Der Widerstand gegenüber der Verschiebung ist dabei wesentlich von der Atomanordnung Abhängig. Gut umformbar sind Metalle mit krz- und kfz-Gittern. Hex-Gitter sind schlechter umformbar.

Begriffe:

Idealkristall:

Darunter versteht man einen fehlerfreien Kristall ohne Abweichungen vom regelmäßigen Gitteraufbau.

Realkristalle:

Enthalten immer Gitterfehler, z.B.: strukturelle Fehlordnung, chemische Fehlordnung (gehalten an Fremdatomen), elektrische Fehlordnung (Abweichung der Ladungsverteilung)

Legierungen

Darunter versteht man Materialien aus Metall, die aus mindestens 2 Stoffen aufgebaut sind. Dabei werden

Metalle mit Metallen,

Metalle mit Nichtmetallen,

Metalle mit Metallen und Nichtmetallen in flüssigem Zustand vermischt.

Legierungen sind Gemenge und keine Verbindungen. Die meisten in der Technik verwendeten Metalle sind legiert. Reine Metalle haben häufig nicht die gewünschten Eigenschaften, durch Legieren kann man gezielt Materialeigenschaften verändern bzw. erreichen.

z.B.: eine bestimmte Härte, bessere Festigkeitseigenschaften, größere Korrosionsbeständigkeit, ...

Eine technisch wichtige Legierung ist z.B.: Stahl. Hier wird Eisen mit Kohlenstoff und eventuell anderen Stoffen legiert.

Begriffe:

Komponenten:

darunter versteht man die Legierungsbildenden Stoffe

Systeme:

sind die aus den Komponenten erzeugte Legierungen. Z.B.: gehören alle Stähle zum Eisen-Kohlenstoff-System.

Homogene Legierungen (eiphasig):

ist ein System aus gleichartigen Kristallen

Heterogene Legierungen (mehrphasig):

besteht aus einem Gemenge unterschiedlicher Kristalle

- Löslichkeit der Legierungsbestandteile in der Schmelze
 - o Vollkommene Löslichkeit

Es entsteht eine homogene Flüssigkeit

z.B.: Zinn und Blei

- o Vollkommene Unlöslichkeit

Die Komponenten setzen sich der Dichte entsprechend geschichtet ab

z.B.: Eisen und Blei

o Teilweise Löslichkeit

Die Schmelze teilt sich entsprechend der Dichte der Komponenten, wobei eine der Komponenten vorherrschend ist.

- Verhalten der Legierungsbestandteile beim Erstarren

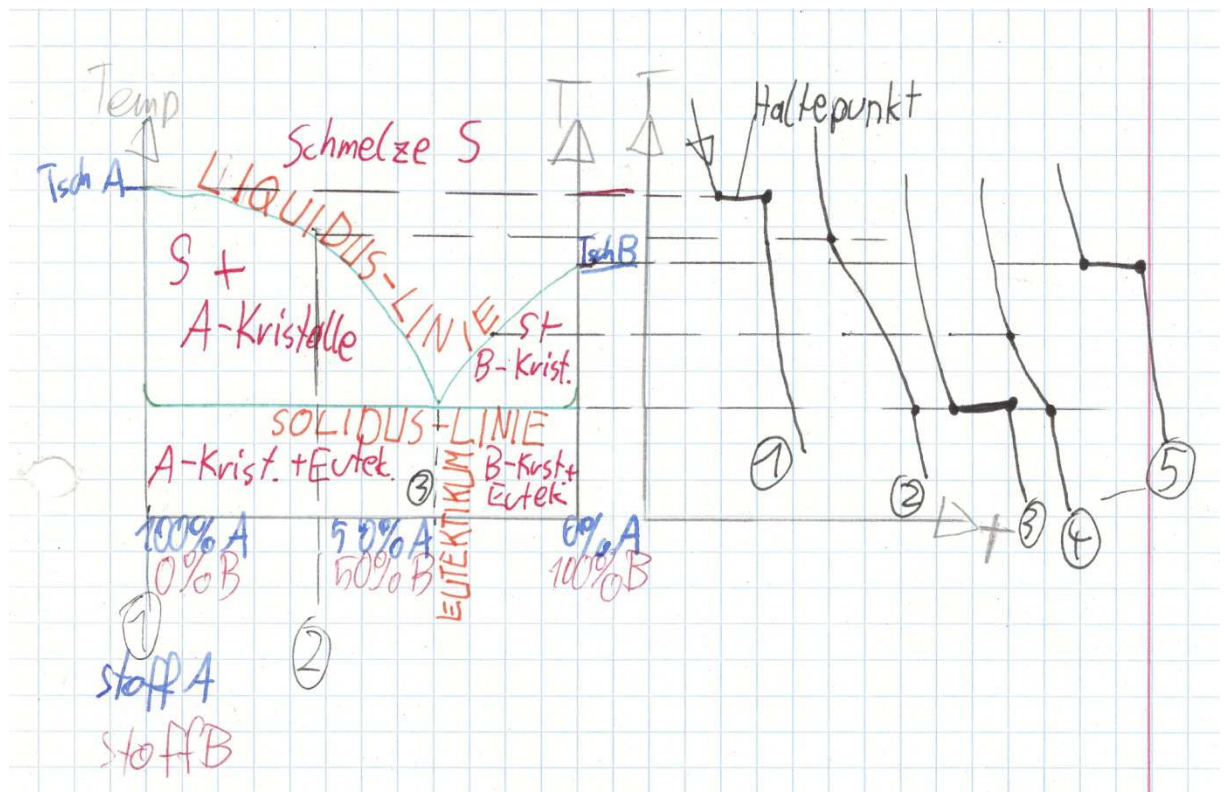
Wir betrachten hier nur Schmelzen, deren Bestandteile(flüssig) vollkommen ineinander löslich sind

➔ Grundtyp 1 – Gusslegierungen

Die Komponenten haben in festem Zustand verschiedene Raumgitter, in flüssigem Zustand sind die Komponenten vollkommen löslich (mischbar), in erstarrtem Zustand vollkommen unlöslich. Es bilden sich Kristallgemische d.h. verschiedene Raumgitter liegen nebeneinander vor.

Legierungen dieses Typs sind gut gießbar und gut zerspanbar.

Zustandsdiagramm und Abkühlungskurve:



Liquidus-Linie: Grenze zur Flüssigkeit. Oberhalb dieser Linie gibt es keine Kristalle.

Solidus-Linie: Grenze zur vollkommenen Erstarrung. Unterhalb gibt es nur feste Kristalle.

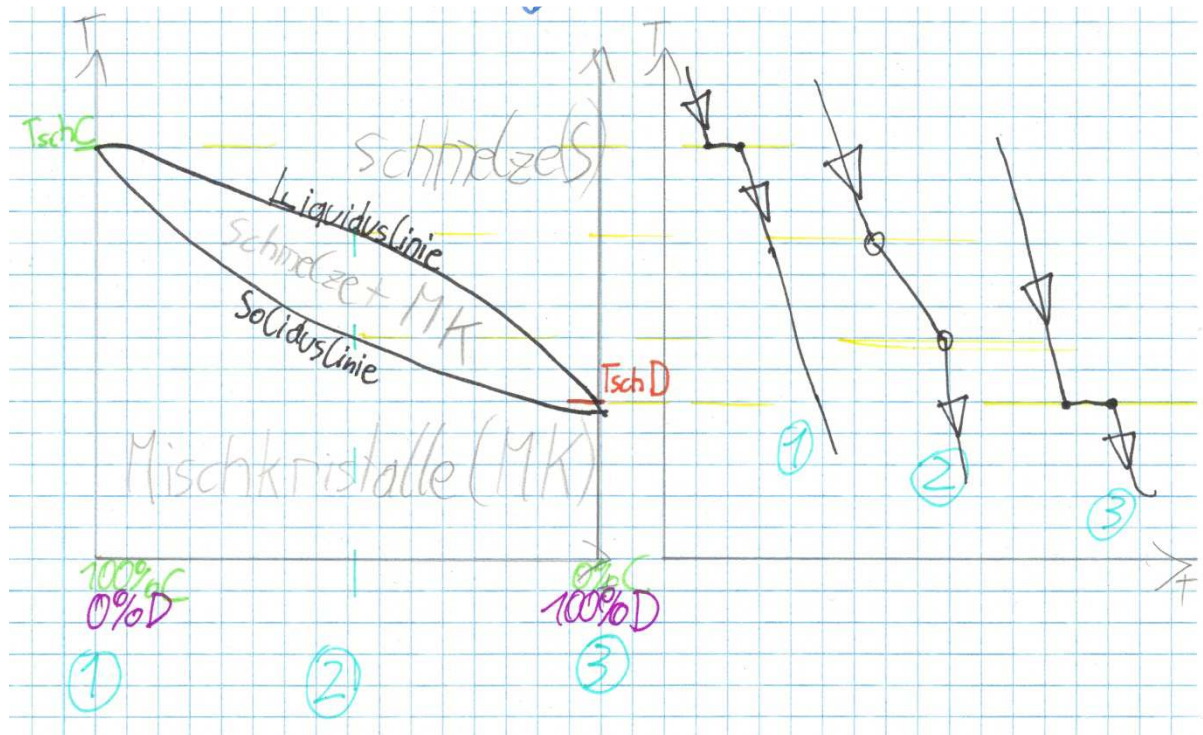
Haltepunkt: Reinstoffe haben einen fixen Erstarrungspunkt (Schmelzpunkt). Die Temperatur sinkt erst wieder, wenn die ganze Flüssigkeit Kristallisiert ist.

Eutektikum: Ist eine Legierung mit fixem Mischungsverhältnis. Hier tritt die tiefste Schmelztemperatur auf. Es liegt ein „echter Schmelzpunkt“ ähnlich wie bei Reinstoffen vor -> Haltepunkt

➔ Grundtyp 2 – Knetlegierungen

Die Komponenten haben ähnliche Raumgitter. Sie sind sowohl in flüssigen als auch festem Zustand ineinander vollkommen löslich. Es bilden sich sogenannte Mischkristalle. Diese Legierungen sind gut Knetbar aber weniger gut gieß- und zerspanbar.

Zustandsdiagramm und Abkühlungslinie:



Es bilden sich Mischkristalle der gleichen Zusammensetzung wie sie die Schmelze hat.

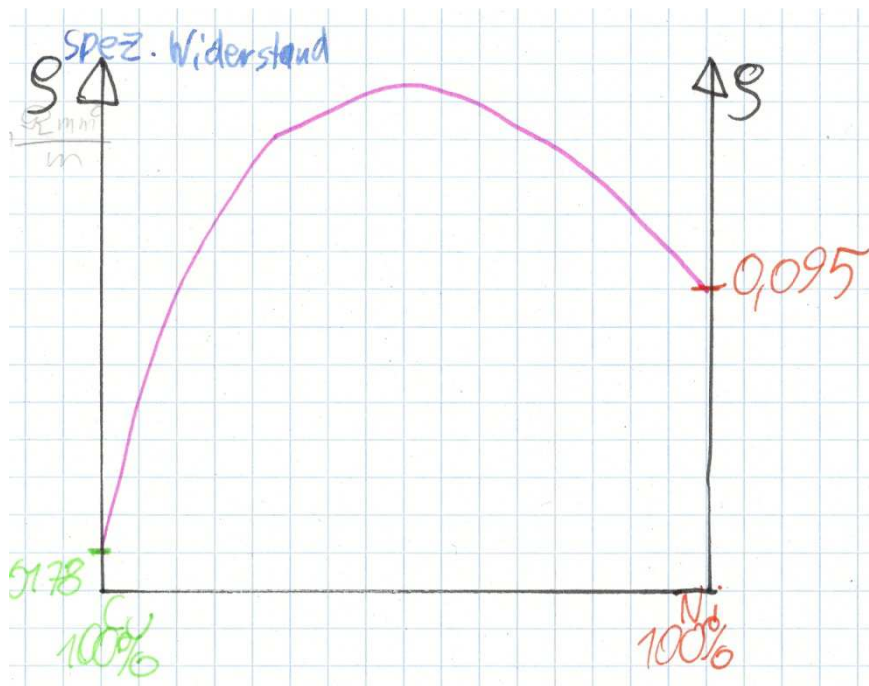
In 2-Phasen-Gebiet (zwischen Solidus und Liquidus-Linie) ändert sich mit fortschreitender Abkühlung die Zusammensetzung der Mischkristalle und damit auch die der Schmelze. Bei Beginn der Erstarrung besitzen die wachsenden Mischkristalle einen höheren Anteil der hochschmelzenden Komponente als die der mit im Gleichgewicht stehenden Restschmelze.

Bei langsamer Abkühlung wandern zunehmend Atome der niedrighschmelzenden Komponente aus der Schmelze in den wachsenden Mischkristall. Bei schneller Abkühlung entstehen so genannte Zonenmischkristalle mit unterschiedlicher Zusammensetzung zwischen Kern und Randzone. Man nennt diesen Vorgang Kristallseigerung.

Nachträglich kann durch gezielte Wärmebehandlung ein Ausgleich hergestellt werden.

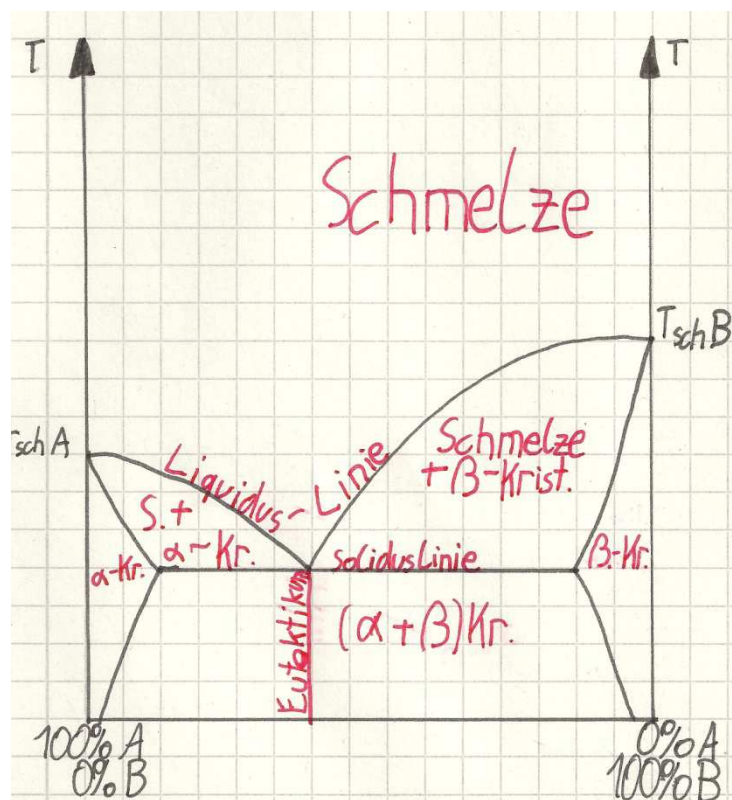
Den Effekt der Anreicherung einer Komponente in der Restschmelze nutzt man zur Hochreinigung von Silizium in der Halbleitertechnologie -> Zonenschmelzen

Bei Mischkristallen ändern sich die Eigenschaften des entstehenden Mischkristalls nicht linear entsprechend der Konzentrationsänderung -> Herstellung von Widerstandsmaterialien aus Leitermaterialien.



Kupfer-Nickel-Legierungen sind bei entsprechendem Mengenverhältnisse gute Widerstandsmaterialien

- Legierungen mit vollständiger Löslichkeit in flüssigem Zustand und teilweiser Löslichkeit der Komponenten in festem Zustand



Weichen die chemischen und geometrischen Daten der Komponenten stark voneinander ab, entstehen Legierungen mit beschränkter Löslichkeit. Im Zustandsdiagramm tritt eine so genannte Mischungslücke auf, in festem Zustand können 2 Mischkristallarten (α -Mischkristalle und β -Mischkristalle) auftreten. Im Bereich der Mischungslücke bildet sich ein Eutektisches Gemisch von α - und β -Mischkristallen. Im Zustandsdiagramm finden sich auch Sättigungslinien.

1.2.2 Technisch wichtige Metalle

1.2.2.1 Eisenmetalle

- Reineisen (Fe) $\rho=7,86 \text{ kg/dm}^3$
Schmelztemperatur: 1535°C

Reineisen wird technisch kaum verwendet. Hingegen sind Eisenlegierungen (mit Kohlenstoff, Silizium, Mangan, Chrom, Nickel, Vanadium, usw.) häufig verwendet.

- Eisen-Kohlenstoff-Legierungen (Fe-C-Legierungen)

(0,02) 0,05 – 2,06 % C

Schmiedbar

Stähle

2,06 – 4 (4,5) % C

nicht schmiedbar

Gusseisen

Neben Kohlenstoff sind in gewissen Mengen noch andere Stoffe enthalten, die die Eigenschaften wesentlich verändern können.

Ausgangsstoffe: sind die Eisenerze, wirtschaftlich ist heute ein Eisenerz nur mit 25% Eisengehalt

Eisen ist in den Erzen chemisch häufig an Sauerstoff, Schwefel und Kohlenstoff gebunden.

Wichtige Erze sind:

- | | |
|---|--------------------------------|
| ▪ Magnet Eisenstein (Fe_3O_4) | bis $\approx 75\% \text{ Fe}$ |
| ▪ Brauneisenstein ($\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$) | $\approx 50 - 55\% \text{ Fe}$ |
| ▪ Roteisenstein (Fe_2O_3) | $\approx 50 - 55\% \text{ Fe}$ |
| ▪ Spateisenstein (FeCO_3) | $\approx 45\% \text{ Fe}$ |

Roheisengewinnung:

Sie erfolgt im Hochofen (= Schachtofen mit Feuerfester Auskleidung). Hochöfen sind im Allgemeinen über mehrere Jahre ununterbrochen in Betrieb (Auskleidung bestimmt Lebensdauer). Über einen Schrägaufzug wird Möller (Eisenerz + Kalk + Ton) und Koks (aufbereitete Steinkohle) schichtweise abwechselnd eingesetzt.

Vorgänge im Hochofen:

- Vorwärmzone (Feuchtigkeit und schwefel wird entzogen)
- Reduktionszone: das aufsteigende Kohlenmonoxid entzieht dem Erz Sauerstoff -> Eisenoxid
- Kohlunugszone: Hier findet eine weitere Reaktion statt, dabei nimmt Eisen Kohlenstoff

- Schmelzzone: Hier schmilzt das Erz vollständig. Durch Kalk und Ton werden Verunreinigungen gebunden -> Schlacke

Ca. alle 4 Stunden erfolgt der Hochofenabstich. Schlacke und Roheisen werden getrennt entnommen.

Hochofenprodukte:

- Gichtgas: Die Verbrennungsgase strömen im Hochofen nach oben, sie werden an der Gicht aufgefangen und abgeleitet. Sie enthalten noch Brennbare Stoffe (z.B.: CO) -> zur Vorwärmung der Verbrennungsluft mitverwendet.
- Schlacke: Sie ist für die Erschmelzung des Roheisens besonders wichtig. In ihr sind viele unerwünschte Eisenbegleiter gebunden. Die Schlacke wird beim Hochofenabstich getrennt entnommen und z.B.: für Leichtbausteinzusätze, für Düngemittelzusätze, für Zementzusätze uvm. verwendet.
- Roheisen: Es enthält noch ca. 3 – 6% Kohlenstoff und andere Begleitelemente (z.B.: Silizium, Mangan, Phosphor, Schwefel, ...). Roheisen ist für technische Anwendungen nicht geeignet, es muss weiter verarbeitet werden.

2 Arten:

- Stahlorheisen (weißes Roheisen):
helle, feinkörnige Bruchfläche, entsteht durch Zugaben von hochprozentigen Manganlegierungen im Hochofen, verwendet für Stahl und Temperguss.
- Gussroheisen (graues Roheisen):
gerade, dunkle, grobkörnige Bruchfläche, entsteht durch Zugabe von hochprozentigen Siliziumlegierungen im Hochofen, verwendet für Gusseisen.

Stahl- und Gusseisenerzeugung siehe Kopien