

Lösungen zu den Übungsaufgaben

Kapitel 1: Hinter Gittern

— Aufgabe 1.1

Erklären Sie unter Zuhilfenahme der Perioden und Hauptgruppen des Periodensystems der Elemente, welche Atome zu den Metallen und welche zu den Nichtmetallen gerechnet werden.

Alle Atome haben das Ziel, in den stabilen Edelgaszustand zu gelangen. Dies wird entweder durch Aufnahme oder durch Abgabe von Elektronen erreicht (natürlich mit Ausnahme der Edelgase selber). Atome mit wenigen Außenelektronen haben daher das Bestreben diese abzugeben. Solche Atome werden Metallatome genannt. Atome mit vielen Außenelektronen haben das Bestreben, die Schale aufzufüllen. Sie werden Nichtmetallatome genannt. Je weniger Elektronen sich auf der Außenschale befinden und je weiter diese vom Kern entfernt ist, desto stärker ist das Bestreben diese Atome abzugeben. D.h. der Metallcharakter nimmt zu. Je mehr Elektronen sich auf der Außenschale befinden und je näher sich diese am Kern befinden, desto stärker ist das Bestreben zusätzliche Elektronen aufzunehmen. D.h. der Nichtmetallcharakter nimmt zu.

Die Anzahl der Außenelektronen wird durch die Hauptgruppe angegeben. Der Abstand der Außenelektronen vom Kern steigt mit steigender Periode. So nimmt der Metallcharakter mit sinkender Hauptgruppenzahl und steigender Periode zu. Der Nichtmetallcharakter nimmt mit steigender Hauptgruppenzahl und sinkender Periode zu. Ausnahme bilden die Edelgase.

— Aufgabe 1.2

Welche Bindungsarten kennen Sie? Wie gut lassen sich die resultierenden Werkstoffklassen plastisch verformen? Begründen Sie Ihre Antwort!

Elektronenpaarbindung – auch kovalente Bindung oder Atombindung genannt: Es resultieren Moleküle oder Kristalle. Stoffe aus kleinen Molekülen, die durch Elektronenpaarbindung entstanden sind, sind bei Raumtemperatur gasförmig oder flüssig. Stoffe aus großen Molekülen, die durch Elektronenpaarbindung entstanden sind, wie beispielsweise Kunststoffe, sind bei Raumtemperatur fest. Die meisten Kunststoffe lassen sich gut plastisch verformen. Kristalle in denen die Atome durch Elektronenpaarbindung gebunden sind, sind außerordentlich hart und nicht plastisch verformbar.

Ionenbindung: Eine Verschiebung eines Teils der Ionen um einen Atomabstand hätte zur Folge, dass sich die Kationen bzw. die Anionen gegenüberstünden. Die aufgrund der gleichnamigen Ladungen abstoßenden Kräfte zerstören den Kristall. D.h. Kristalle mit Ionengitter sind nicht plastisch verformbar.

Metallbindung: Anders als beim Ionengitter, bewirkt ein Platzwechsel einzelner Atomrümpfe in einem Metallgitter keine Veränderung der Ladungsverteilung zwischen Atomrümpfen und dem Elektronengas, so dass sich die Atome gegeneinander verschieben lassen, ohne dass es zu einer Zerstörung des Gitters kommen muss. Dies erklärt die gute bis sehr gute plastische Verformbarkeit der metallischen Werkstoffe.

— Aufgabe 1.3

Berechnen Sie die Packungsdichte in einem kubisch flächenzentrierten Gitter.

Es befindet sich je ein Achtel Atom auf jeder der Würfecken und je ein halbes Atom auf jeder der Würfelseiten. Daraus ergibt sich n zu:

$$n = \left(8 \cdot \frac{1}{8} + 6 \cdot \frac{1}{2} \right) \text{ Atome} = 4 \text{ Atome}$$

$$V_E = a^3$$

$$V_A = \frac{4}{3} \cdot \pi \cdot R^3$$

$$P = n \cdot \frac{V_A}{V_E} \cdot 100 \%$$

Die Würfelflächendiagonale entspricht $4 \cdot R$ aber auch $\sqrt{2} \cdot a$, so dass a wie folgt ausgedrückt werden kann:

$$a = 2 \cdot \sqrt{2} \cdot R$$

So ergibt sich die Packungsdichte P zu:

$$P = 4 \cdot \frac{\frac{4}{3} \cdot \pi \cdot R^3}{16 \cdot \sqrt{2} \cdot R^3} \cdot 100 \% = \frac{\pi}{3 \cdot \sqrt{2}} \cdot 100 \% \approx 74 \%$$

— Aufgabe 1.4

Benennen und beschreiben Sie drei nulldimensionale Gitterfehler.

Leerstellen: Gitterplätze, die nicht von einem Atom besetzt sind.

Zwischengitteratome: Atome liegen nicht auf den Gitterplätzen, sondern zwischen diesen.

Substitutionsatome: Fremdatome nehmen Gitterplätze ein, das heißt sie sind ausgetauscht gegen Atome der Matrix.

— Aufgabe 1.5

Sortieren Sie krz, hdp und kfz nach ihrer plastischen Verformbarkeit! Begründen Sie Ihre Antwort.

Die plastische Verformbarkeit von kfz-Metallen ist besser als jene von krz-Metallen und erst recht besser als die von Metallen mit hexagonal dichtester Kugelpackung.

Die deutlich bessere plastische Verformbarkeit der kfz-Metalle gegenüber hexagonalen Metallen lässt sich durch die größere Anzahl von Gleitsystemen erklären. Die deutlich bessere plastische Verformbarkeit der kfz-Metalle gegenüber krz-Metallen lässt sich dagegen über die höhere Besetzungsdichte der Gleitsysteme erklären.

— Aufgabe 1.6

Gegeben ist ein Probenstab aus Baustahl mit einer Anfangsmesslänge von $l_0=60\text{mm}$. Bei einer Zugkraft von 14250 N weist er eine Dehnung von $0,06\%$ auf. Der E-Modul beträgt 210 GPa . Welchen Anfangsdurchmesser d_0 besitzt der Probenstab?

$$E = \frac{\sigma}{\varepsilon}$$

$$\sigma = \frac{F}{s_0} = \frac{F}{\pi \cdot \frac{d_0^2}{4}}$$

$$E = \frac{4 \cdot F}{\pi \cdot d_0^2 \cdot \varepsilon}$$

$$d_0 = \sqrt{\frac{4 \cdot F}{\pi \cdot \varepsilon \cdot E}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 14250\text{N}}{\pi \cdot 0,0006 \cdot 210000\text{MPa}}} = 12\text{mm}$$

Die plastische Verformung für den Baustahl beginnt bei $0,115\%$. Die maximal angelegte Kraft beträgt 41000 N bei einer Dehnung von 14% . Die Probe bricht bei 245 MPa und weist eine Bruchlänge von $76,5\text{ mm}$ auf. Skizzieren Sie die Spannungs-Dehnungs-Kurve für diesen Werkstoff!

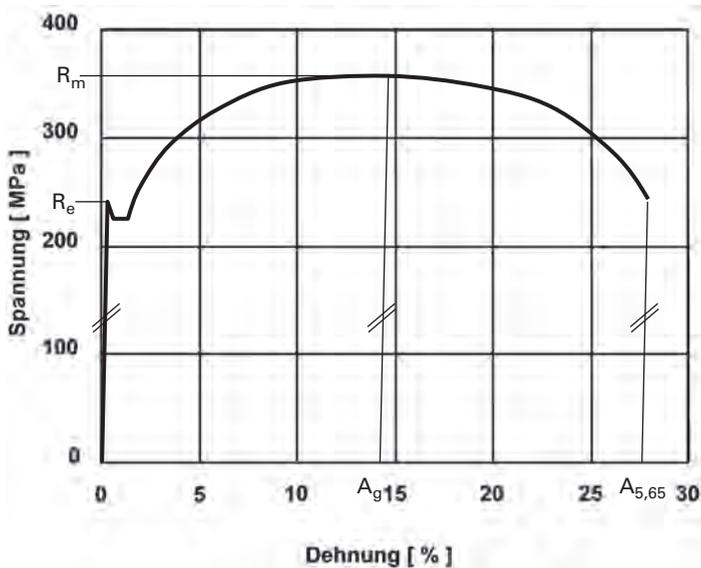
$$R_e = E \cdot 0,00115 = 241,5 \text{ MPa}$$

$$R_m = \frac{F_m}{s_0} = \frac{41000 \text{ N}}{\pi \cdot \frac{d_0^2}{4}} = 362,5 \text{ MPa}$$

$$A_g = 14 \%$$

$$A_{5,65} = \frac{l_u - l_0}{l_0} = \frac{76,5 \text{ mm} - 60 \text{ mm}}{60 \text{ mm}} = 27,5 \%$$

Hinweis: Tragen Sie die gegebenen und errechneten Punkte ein und vervollständigen Sie die Kennlinie qualitativ! Kennzeichnen Sie die charakteristischen Werte!



— Aufgabe 1.7

Von welchen drei Faktoren hängt die Zähigkeit bei schlagartiger Beanspruchung ab?

Der Temperatur, der Kerbform und der Zusammensetzung des Materials bzw. der sich daraus ergebenden Gitterstruktur.

Kapitel 2: Bezeichnung der Stähle

— Aufgabe 2.1

Entschlüsseln Sie folgende Kurzbezeichnung: S355K2.

Es handelt sich um einen Stahl für den Stahlbau mit einer Mindeststreckgrenze von 355MPa und einer Mindestkerbschlagarbeit von 40J bei einer Prüftemperatur von -20 °C

— Aufgabe 2.2

Entschlüsseln Sie folgende Kurzbezeichnung: P275N.

Es handelt sich um einen Stahl für Druckbehälter mit einer Mindeststreckgrenze von 275MPa, der normalgeglüht oder normalisierend gegläht wurde.

— Aufgabe 2.3

Entschlüsseln Sie folgende Kurzbezeichnung: C45.

Die Elemente sollten in dieser und den folgenden Aufgaben ausgeschrieben werden.

Es handelt sich um einen unlegierten Stahl mit einem mittleren Kohlenstoffgehalt von 0,45 %.

— Aufgabe 2.4

Entschlüsseln Sie folgende Kurzbezeichnung: 10CrMo9-10.

Es handelt sich um einen legierten Stahl mit einem mittleren Kohlenstoffgehalt von 0,10 %, legiert mit 2,25 % Chrom und 1 % Molybdän.

— Aufgabe 2.5

Entschlüsseln Sie folgende Kurzbezeichnung: 73MoV5-2.

Es handelt sich um einen legierten Stahl mit einem mittleren Kohlenstoffgehalt von 0,73 %, legiert mit 0,5 % Molybdän und 0,2 % Vanadium.

— Aufgabe 2.6

Entschlüsseln Sie folgende Kurzbezeichnung: X5CrNiMo17-12-2.

Es handelt sich um einen hochlegierten Stahl mit einem mittleren Kohlenstoffgehalt von 0,05 %, legiert mit 17 % Chrom, 12 % Nickel und 2 % Molybdän.

— **Aufgabe 2.7**

Entschlüsseln Sie folgende Kurzbezeichnung: X2CrNiMnMoNbN25-18-5-4.

Es handelt sich um einen hochlegierten Stahl mit einem mittleren Kohlenstoffgehalt von 0,02 %, legiert mit 25 % Chrom, 18 % Nickel, 5 % Mangan, 4 % Molybdän und geringen Mengen an Niob und Stickstoff.

— **Aufgabe 2.8**

Entschlüsseln Sie folgende Kurzbezeichnung: HS 18-1-2-5.

Es handelt sich um einen Schnellarbeitsstahl mit 18 % Wolfram, 1 % Molybdän, 2 % Vanadium und 5 % Cobalt.

— **Aufgabe 2.9**

Nennen Sie die drei Hauptgütegruppen der unlegierten Stähle.

Grundstähle, Qualitätsstähle und Edelstähle

— **Aufgabe 2.10**

Erklären Sie den Aufbau des Werkstoffnummern-Systems. Welche Informationen können aus der Werkstoffnummer direkt entnommen werden?

Die erste Ziffer gibt die Werkstoffhauptgruppe an. Es folgt ein Punkt und darauf zweistellige Stahlgruppennummer und eine zweistellige Zählnummer.

Der ersten Ziffer kann die Werkstoffhauptgruppe entnommen werden – z.B. 1 für Stahl. An der Stahlgruppennummer können Informationen über die Legierung entnommen werden. Der Zählnummer ist direkt keine Information zu entnehmen.

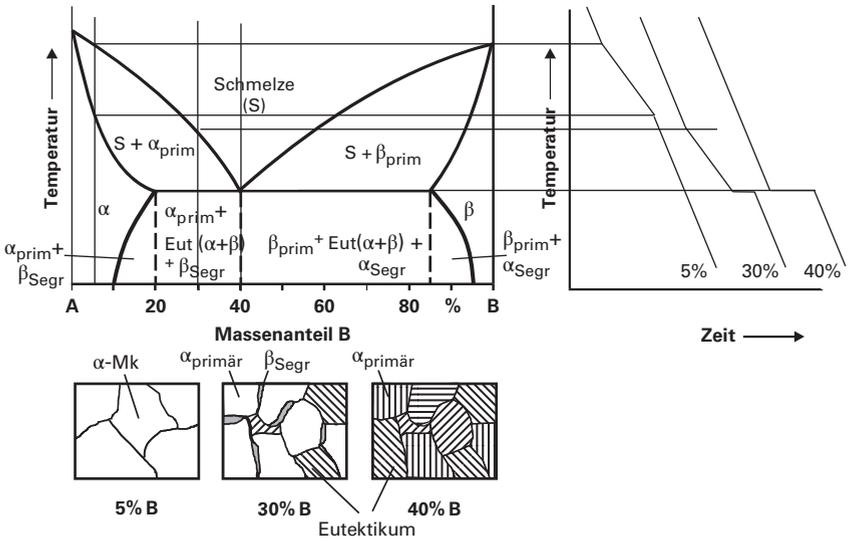
■ Kapitel 3: Zustandsschaubilder – Zweistoffsysteme

— **Aufgabe 3.1**

Beschriften Sie alle Phasenfelder des Zustandsschaubildes.

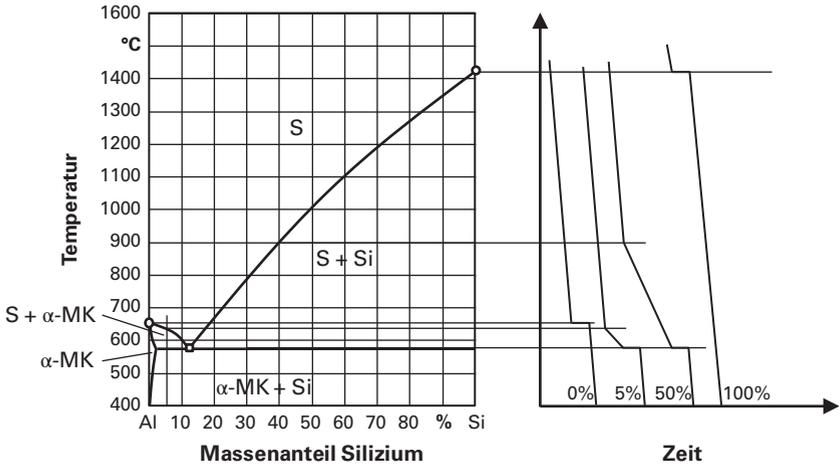
Skizzieren Sie ein Schlifffbild für die Konzentrationen 5 %, 30 % und 40 % B in die dafür vorgesehenen Kästchen.

Skizzieren Sie die Abkühlkurven für die Konzentrationen 5 %, 30 % und 40 % B in das vorgesehene Diagramm.



— Aufgabe 3.2

Beschriften sie alle Phasenräume



Wo liegt der Schmelzpunkt der reinen Metalle?

Al: 660 °C, Si: 1414 °C (Kreise im Zustandsdiagramm)

Bei welcher Temperatur und Konzentration liegt die eutektische Legierung?

577 °C und 11,7 Gew.-% Silizium (Quadrat im Zustandsdiagramm)

Skizzieren sie die bei der thermischen Analyse zu erwartenden Abkühlkurven für Legierungen mit einem Si-Gehalt von 0, 5, 50 und 100 %!

— Aufgabe 3.3

Zeichnen Sie ein Zustandsdiagramm nach folgenden Vorgaben:

- *Der Schmelzpunkt des reinen A-Metalls (100 % A) liegt bei 420 °C.*

Weißer Kreis bei 0 % B-Metall

- *Der Schmelzpunkt des reinen B-Metalls (100 % B) liegt bei 600 °C.*

Weißer Kreis bei 100 % B-Metall

- *Die maximale Aufnahmefähigkeit der α -Mischkristalle beträgt 10 % B-Metall, die der β -Mischkristalle 15 % A-Metall bei 200 °C.*

Weiße Quadrate bei 10 % bzw. (100-15) % B-Metall bei 200 °C

- *Bei Raumtemperatur beträgt die Aufnahmefähigkeit (Löslichkeit) der α -Mischkristalle nur noch 2 % B-Metall, die der β -Mischkristalle nur noch 5 % A-Metall*

Schwarze Quadrate bei 2 % bzw. (100-5) % B-Metall bei 20 °C

- *Die eutektische Legierung besteht nach der Erstarrung bei Raumtemperatur zu 2/3 aus α -Mischkristallen und zu 1/3 aus β -Mischkristallen*

$$(85\% - 10\%)/3 + 10\% = 35\%$$

Weiße Dreiecke bei 80 % B-Metall

- Die Abkühlkurve besitzt bei 95 % B Knickpunkte bei 460 °C und bei 350 °C.

Schwarze Sterne bei 95 % B-Metall

- Die Abkühlkurve besitzt bei 100 % B einen Haltepunkt bei 475 °C.

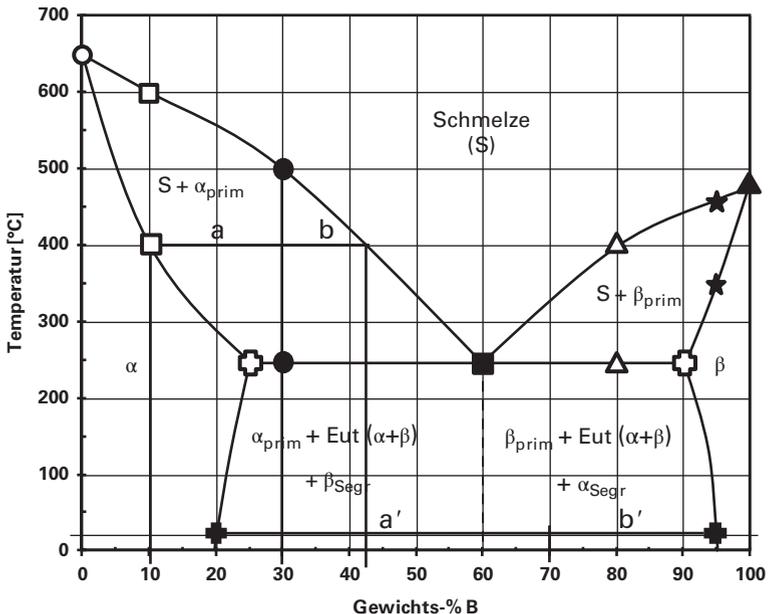
Schwarzes Dreieck bei 100 % B-Metall

- Bei Raumtemperatur beträgt die maximale Löslichkeit von B im α -Mischkristall 20 %, von A im β -Mischkristall 5 %.

Schwarze Kreuze bei 20 °C und 10 bzw. (100-5) % B-Metall

- Bei 250 °C beträgt die maximale Löslichkeit von B im α -Mischkristall 25 %, von A im β -Mischkristall 10 %.

Weiße Kreuze bei 250 °C und 25 bzw. (100-10) % B-Metall



Bestimmen Sie den Anteil der Schmelze bei 30 % B und 400 °C.

Anteil der Schmelze: $b / (a + b) * 100 \% = (42 - 30) / (42 - 10) * 100 \% = 12 / 32 * 100 \% = 37,5 \%$

Bestimmen Sie die Zusammensetzung des Gefüges an α - und β -Mischkristall bei 70 % B und Raumtemperatur.

Anteil α -Mischkristall: $b'/(a' + b') \cdot 100\% = (95 - 70)/(95 - 20) \cdot 100\% = 25/75 \cdot 100\% = 33,3\%$

Anteil β -Mischkristall: $a'/(a' + b') \cdot 100\% = (70 - 20)/(95 - 20) \cdot 100\% = 50/75 \cdot 100\% = 66,7\%$. Alternativ: $100\% - 33,3\% = 66,7\%$

— Aufgabe 3.5

Von 6 verschiedenen Legierungen des Zweistoffsystems A-B wurden Abkühlkurven aufgenommen aus denen das Zustandsdiagramm konstruiert wurde.

Zeichnen Sie in das Zustandsdiagramm die zu den Abkühlkurven gehörigen Legierungen ein.

Die Knick- und Haltepunkte der Abkühlkurve werden bis zu den Schnittpunkten mit der Liquidus- bzw. Soliduslinie horizontal eingezeichnet. An den Schnittpunkten findet sich die jeweilige Legierung.

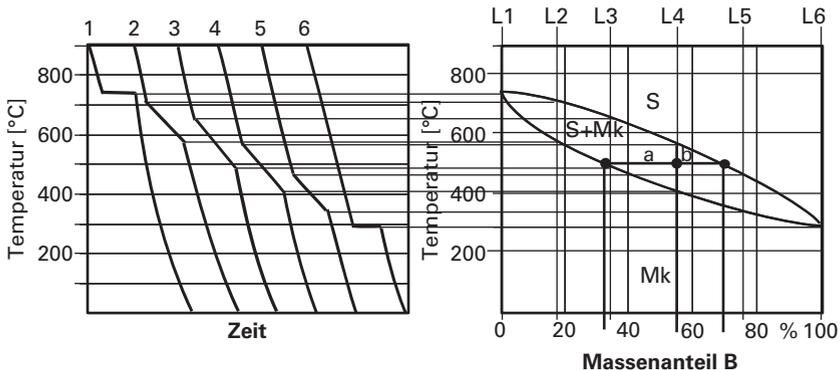
Beschriften Sie die verschiedenen Phasenfelder.

Welcher Grundtyp eines Zweistoffsystems liegt hier vor?

Vollständige Mischbarkeit im flüssigen und festen Zustand

Bestimmen Sie für die Legierung '4' den Anteil der Schmelze bei der Temperatur $T = 500\text{ }^\circ\text{C}$!

Anteil Schmelze: $a/(a + b) \cdot 100\% = (55 - 32)/(70 - 32) \cdot 100\% = 23/38 \cdot 100\% = 60,5\%$



— Aufgabe 3.6

Kreuzen Sie die richtige Aussage an.

Die Bildung von Substitutionsmischkristallen ist in beliebiger prozentualer Zusammensetzung der beiden Komponenten nur dann möglich, wenn folgende Bedingungen erfüllt sind:

- zwei verschiedene Gittertypen, etwa gleiche Atomradien und chemische Ähnlichkeit.
- gleiche Gittertypen, etwa gleiche Atomradien und chemische Ähnlichkeit.
- gleiche Gittertypen, stark unterschiedliche Atomradien und chemische Ähnlichkeit.

Kapitel 4: Die Mona Lisa der Werkstoffkunde – Das Eisen-Kohlenstoff-Diagramm

— Aufgabe 4.1

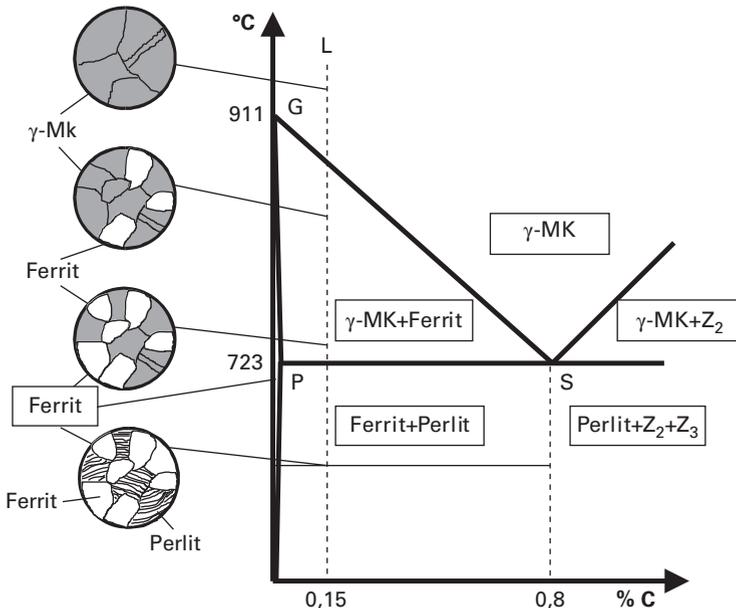
Kreuzen Sie die richtige Aussage an.

Ein eutektoider, unlegierter Stahl hat einen Kohlenstoffgehalt von

- 0,02 %.
- 0,8 %.
- 4,3 %.

— Aufgabe 4.2

Gegeben ist folgender Ausschnitt aus dem Eisen-Kohlenstoff-Diagramm für die metastabile ($Fe-Fe_3C$) Ausbildung des Kohlenstoffs:



Beschriften Sie die Phasenfelder (benutzen Sie die rechteckigen Felder)!.
 Skizzieren und beschriften Sie die für die Legierung L mit 0,2 % Kohlenstoff zu erwartenden Gefügebilder bei den eingezeichneten Temperaturen (benutzen Sie die kreisrunden Felder)!

— Aufgabe 4.3

Kreuzen Sie die richtige Aussage an.
 Ein Stahl mit einem Kohlenstoffgehalt von 0,95 %

- ist ein unterperlitischer Stahl.
- ist ein übereutektischer Stahl.
- enthält Sekundärzementit.

— Aufgabe 4.4

Kreuzen Sie die richtige Aussage an.
 Zementit ist

- eine intermetallische Verbindung von Eisen und Kohlenstoff.
- ein Baustoff (Werkstoff zum Errichten von Bauwerken und Gebäuden).
- ein Eisen-Kohlenstoff-Mischkristall.

— Aufgabe 4.5

Kreuzen Sie die richtige Aussage an.
 Austenit ist ein Eisen-Kohlenstoff Mischkristall mit

- krz-Raumgitter und hoher Zähigkeit.
- kfz-Raumgitter und hoher Festigkeit.
- kfz-Raumgitter und hoher Zähigkeit.

— Aufgabe 4.6

Kreuzen Sie die richtige Aussage an.
 Gefügebestandteile im metastabilen Eisen-Kohlenstoff-Diagramm sind

- Austenit, Ferrit, Perlit, Ledeburit und Zementit.
- Austenit, Ferrit, Perlit, Graphit und Zementit.
- Martensit, Ferrit, Perlit, Ledeburit und Zementit.

— **Aufgabe 4.7**

Kreuzen Sie die richtige Aussage an.

Bei der Abkühlung einer Schmelze aus reinem Eisen treten

- 1 Knick- und 1 Haltepunkt auf.*
- 2 Knick- und 2 Haltepunkte auf.*
- 3 Haltepunkte auf.*

— **Aufgabe 4.8**

Kreuzen Sie die richtige Aussage an.

Zur Bildung von Sekundärzementit kommt es bei der Abkühlung von

- unterperlitischen Stählen.*
- rein perlitischen Stählen.*
- überperlitischen Stählen.*

■ Kapitel 5: Zeit-Temperatur-Umwandlungsschaubilder

— **Aufgabe 5.1**

Wie wird die Temperatur genannt, auf die Stähle vor den meisten Wärmebehandlungen erwärmt werden müssen? Wie hoch ist sie?

Austenitisierungstemperatur. Sie liegt 30–50 °C oberhalb der GSK-Linie, also zwischen 750 und 960 °C.

— **Aufgabe 5.2**

Welche beiden Ungleichgewichtsgefüge können bei Stählen vorkommen, wenn diese mit hoher Geschwindigkeit aus dem Austenitgebiet kommend abgeschreckt werden?

Martensit und Zwischenstufengefüge (auch Bainit genannt).

— **Aufgabe 5.3**

Welche beiden Typen von ZTU-Schaubildern unterscheidet man?

Das kontinuierliche und das isotherme ZTU-Schaubild

— Aufgabe 5.4

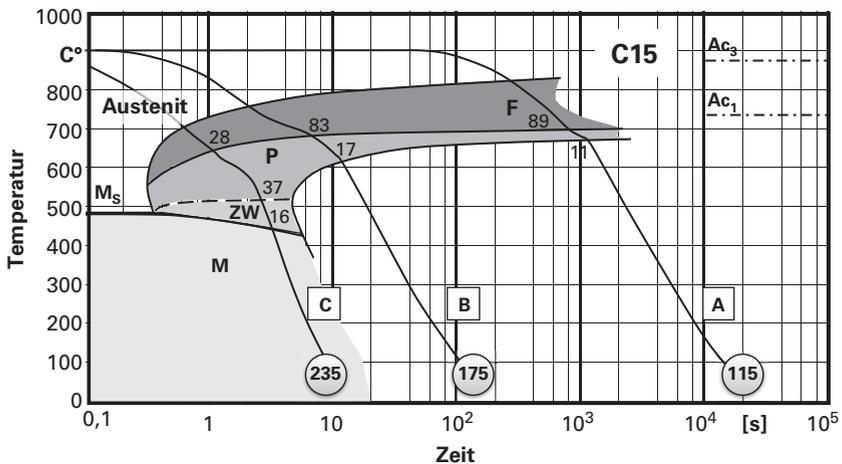
Kreuzen Sie die richtige Aussage an.

Die größte am Rand erreichbare Härte wird beschrieben durch die

- Aufhärbarkeit.
- Einhärbarkeit.
- Einhärtungstiefe.

— Aufgabe 5.5

Welche Informationen können Sie den Kurvenverläufe A, B und C entnehmen?



Kurvenverlauf A entspricht einer sehr langsamen Abkühlung (voraussichtlich Luftabkühlung). Raumtemperatur wird nach ca. 20.000 Sekunden erreicht, was in etwa 5,5 Stunden entspricht. Das Gefüge besteht nach Abkühlung auf Raumtemperatur aus 89 % Ferrit und 11 % Perlit; es besitzt eine Härte von 115 HV.

Kurvenverlauf B entspricht einer gemäßigten Abkühlung (voraussichtlich Abkühlung in Öl). Raumtemperatur wird nach ca. 150 Sekunden erreicht, was 2,5 Minuten entspricht. Das Gefüge besteht nach Abkühlung auf Raumtemperatur aus 83 % Ferrit und 17 % Perlit; es besitzt eine Härte von 175 HV.

Kurvenverlauf C entspricht einer sehr schnellen Abkühlung (voraussichtlich abgeschreckt in Wasser). Raumtemperatur wird nach ca. 10 Sekunden erreicht. Das Gefüge besteht nach Abkühlung auf Raumtemperatur aus 28 % Ferrit, 37 %

Perlit, 16 % Zwischenstufengefüge und $(100-16-37-28) = 19\%$ aus Martensit und besitzt eine Härte von 235 HV

— **Aufgabe 5.6**

Wie macht sich ein höherer Kohlenstoffanteil im ZTU-Schaubild bemerkbar?

Ein steigender Kohlenstoffanteil senkt die Martensitstarttemperatur und verschiebt das Zwischenstufengebiet zu höheren Umwandlungszeiten.

— **Aufgabe 5.7**

Wie machen sich steigende Anteile an Legierungselementen wie Chrom, Molybdän, Nickel oder Mangan im ZTU-Schaubild bemerkbar?

Steigende Gehalte an Legierungselementen wie Chrom, Molybdän, Nickel oder Mangan senken die Martensitstarttemperatur und verschieben sowohl das Perlit- als auch das Zwischenstufengebiet zu höheren Umwandlungszeiten.

— **Aufgabe 5.8**

Was bezeichnet der Abkühlparameter λ ?

Der Abkühlungsparameter λ bezeichnet die Zeit, die für die Abkühlung eines Stahls von 800 auf 500 °C nötig ist, angegeben in der Einheit Hektosekunden.

— **Aufgabe 5.9**

Welche Geometrie hat der Prüfkörper bei einer Härteprüfung nach Brinell?

Kugeln mit einem Durchmesser von 1–10 mm (je nach Werkstückdicke).

— **Aufgabe 5.10**

Wie ist die Härte nach Vickers definiert?

Als Verhältnis von Prüfkraft zu Eindruck-Oberfläche.

— **Aufgabe 5.11**

Skizzieren Sie den Ablauf beim Stirnabschreckversuch!

Die Probe wird für $(30 + 5)$ min auf Austenitisierungstemperatur gehalten. Danach wird sie aus dem Ofen genommen und in die Abschreckvorrichtung gegangen. Die Zeitspanne zwischen dem Entnehmen der Probe aus dem Ofen und dem Beginn des Abschreckvorgangs darf nicht länger als 5 s betragen. Nun wird die Probe für mindestens 10 min an der Stirnseite gekühlt. Nach dem

Erkalten wird die Probe an der Oberfläche angeschliffen und kann anschließend der Härteprüfung unterzogen werden. Diese wird an mehreren Punkten in festgelegten Abständen durchgeführt.

Kapitel 6: Wärmebehandlung der Stähle

— **Aufgabe 6.1**

Benennen Sie 5 verschiedene Glühverfahren.

Diffusionsglühen, Normalglühen, Weichglühen, Spannungsarmglühen und Rekristallisationsglühen.

— **Aufgabe 6.2**

Welches Glühverfahren wird bei hohen Temperaturen von über 1100 °C durchgeführt?

Diffusionsglühen.

— **Aufgabe 6.3**

Mit welchem Ziel wird das Diffusionsglühen angewendet?

Das Diffusionsglühen soll Konzentrationsunterschiede der Begleitelemente beseitigen, also Seigerungen, insbesondere von Schwefel, Phosphor, Kohlenstoff und Mangan.

— **Aufgabe 6.4**

Wie kann es zur Ausbildung eines Widmannstätten'schen Gefüges kommen und wie kann man es wieder beseitigen?

Wenn nach der Abkühlung von einer erhöhten Temperatur oder nach langer Haltezeit ein grobes Austenitkorn entstanden ist und eine hohe Abkühlgeschwindigkeit vorliegt, kann die γ - α -Umwandlung statt an den Korngrenzen der γ -Kristalle auch im Innern der Körner auftreten; dieses anomale Gefüge nennt man Widmannstätten'sches Gefüge.

Durch Normalglühen kann es wieder beseitigt werden.

— **Aufgabe 6.5**

Bei welchen Klassen von Stählen kann das Normalglühen nicht angewendet werden und warum? Mit welchem Glühverfahren lässt sich bei solchen Stählen die Korngröße ändern?

Das Normalglühen kann nicht bei umwandlungsfreien – also rein ferritischen oder rein austenitischen Stählen – angewendet werden, da die γ - α -Umwandlung Voraussetzung für dieses Glühverfahren ist. Bei solchen Stählen ist das Rekristallisationsglühen die einzige Möglichkeit, um die Korngröße zu ändern.

— **Aufgabe 6.6**

Warum sollte eine Glühbehandlung immer vor der Endbearbeitung eines Werkstückes durchgeführt werden?

Da sich sowohl durch Gefügeveränderungen als auch Eigenspannungs-Abbau die Abmaße des Werkstücks noch nennenswert ändern können.

— **Aufgabe 6.7**

Durch welches Glühverfahren werden die durch Kaltverformungen erzwungenen Eigenschaftsänderungen des Werkstoffs wieder rückgängig gemacht?

Durch das Rekristallisationsglühen.

— **Aufgabe 6.8**

Erklären Sie die Unterschiede zwischen Härten und Vergüten.

Sie unterscheiden sich durch die gewählte Temperatur beim Anlassen (nach dem Austenitisieren und Abschrecken). Beim Härten wird auf niedriger Temperatur angelassen, um eine möglichst hohe Härte bei angepasster Zähigkeit zu erzielen. Beim Vergüten wird eine höhere Anlasstemperatur gewählt, mit dem Ziel einer hohen Zähigkeit bei zusätzlich erhöhter Streckgrenze.

— **Aufgabe 6.9**

Was ist die Zielsetzung beim Randschichthärten? Nennen Sie zwei typische Verfahren zum Randschichthärten.

Die Zielsetzung beim Randschichthärten ist in aller Regel eine hohe Verschleißfestigkeit und damit eine große Härte an der Oberfläche, aber zugleich einen zähen Kern zu erzeugen.

Typische Verfahren zum Randschichthärten sind das Flammhärten und das Induktionshärten.

— Aufgabe 6.10

Welchen Kohlenstoffgehalt weisen Stähle auf, die für das Einsatzhärten geeignet sind und wie geschieht das Einsatzhärten?

Bei dem Verfahren des Einsatzhärtens wird in die Oberfläche von Werkstücken aus kohlenstoffarmen Stählen mit 0,05–0,2 % Kohlenstoff, die also nicht härtbar sind, von außen durch Diffusion Kohlenstoff in atomarer Form eingebracht.

Der Stahl wird austenitisiert, d.h. im γ -Bereich gegläht. In der Härtezone wird eine eutektoiden Zusammensetzung, d.h. ein Kohlenstoffgehalt von 0,8 % angestrebt, um Sprödigkeit und Rissempfindlichkeit durch überschüssigen Zementit zu verhindern.

Zum Aufkohlen werden feste, flüssige oder gasförmige Aufkohlungsmittel verwendet (z.B. Kohle, Zyansalze oder Methan)

Kapitel 7: Einteilung der Stähle und hochlegierte Stähle

— Aufgabe 7.1

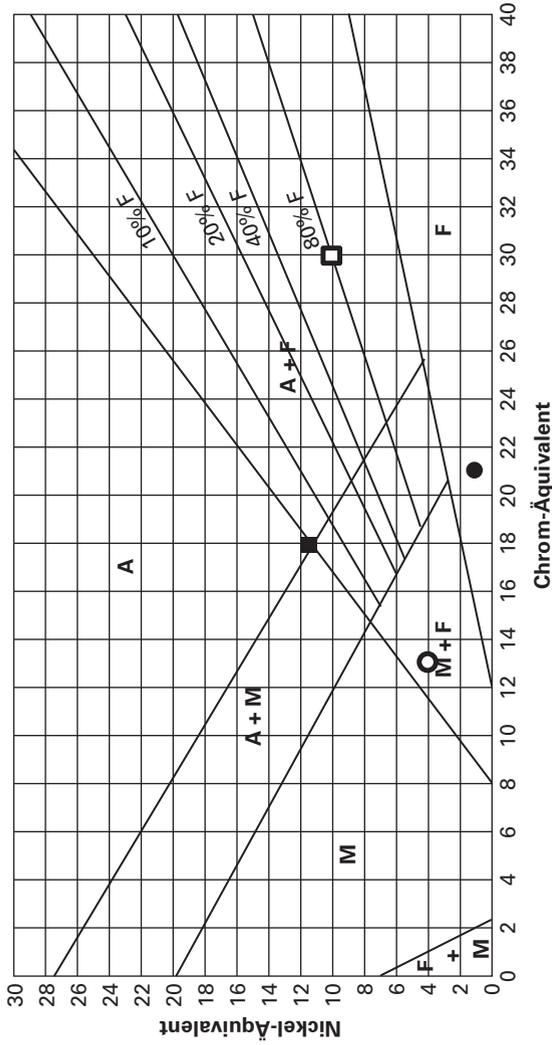
Welche vier verschiedenen Gefüge lassen sich bei hochlegierten nichtrostenden Stählen einstellen?

Ferritisch, martensitisch, austenitisch, austenitisch-ferritisch.

Ordnen Sie folgenden Stählen die entsprechenden Gefüge zu:

- 1.4511 - X6CrNb17 Enthält primär Ferritbildner → ferritisch
- 1.4122 - X39CrMo17-1 Enthält 0,39 % Kohlenstoff → martensitisch
- 1.4301 - X5CrNi18-10 Enthält Chrom als Ferritbildner und Nickel als Austenitbildner → austenitisch
- 1.4462 - X2CrNiMoN22-5-3 Enthält hohe Anteile an Chrom als Ferritbildner und etwas Nickel als Austenitbildner → austenitisch-ferritisch

— Aufgabe 7.2



Wie heißt das dargestellte Diagramm?

Schaeffler-Diagramm.

Erklären Sie die in dem Schaubild dargestellten werkstoffkundlichen Zusammenhänge.

Das Schaeffler-Diagramm gibt den Einfluss der chemischen Zusammensetzung auf die normalerweise zu erwartende Gefügeausbildung der Matrix wieder. Aufgetragen wird das Nickel-Äquivalent gegen das Chrom-Äquivalent.

Nickel und Chrom sind in diesen Stahlsorten in erheblichen Massegehalten vorhanden. Nickel ist ein Austenitbildner und Chrom dagegen ein Ferritbildner. In dem so genannten Nickel-Äquivalent sind Kohlenstoff und Mangan, die zusätzlich die Austenitbildung begünstigen, anteilig mitberücksichtigt, ebenso wie beim Chrom-Äquivalent die ferritbildenden Elemente Molybdän, Silizium, Niob und Titan anteilig mit eingerechnet werden. Trägt man das Nickel-Äquivalent über dem Chrom-Äquivalent für nichtrostenden Stahl in einem Diagramm nach Schaeffler auf, kann man die jeweils auftretenden Gefügeanteile an Martensit, Austenit und Ferrit ablesen.

Ermitteln Sie das Gefüge folgender Werkstoffe:

- $X2CrMoTi18-2$ Ni-Äqu.: $30 \cdot 0,02 = 0,6$; Cr-Äqu.: $18+2+1 = 21$
ferritisch (schwarzer Kreis)
- $X20Cr13$ Ni-Äqu.: $20 \cdot 0,2 = 4$; Cr-Äqu.: 13
martensitisch-ferritisch (weißer Kreis)
- $X5CrNi18-10$ Ni-Äqu.: $10+30 \cdot 0,05 = 11,5$; Cr-Äqu.: 18 austenitisch
(schwarzes Quadrat)
- $X3CrNiMo26-9-4$ Ni-Äqu.: $9+30 \cdot 0,03 = 9,9$; Cr-Äqu.: $26+4 = 30$
austenitisch-ferritisch (80 % Ferrit, weißes Quadrat)

— Aufgabe 7.3

Kreuzen Sie die richtige Aussage an. Federstähle besitzen

- vermikulare (Schraubenförmige) Auslagerungskristalle.*
- ein durchgehend ferritisches Gefüge.*
- ein hohes Streckgrenzenverhältnis bei hoher Zugfestigkeit.

— Aufgabe 7.4

Kreuzen Sie die richtige Aussage an. Ein ausgeprägter Ferritbildner bei Stahl ist

- Cr.
- Ni.
- Mn.

— Aufgabe 7.5

Kreuzen Sie die richtige Aussage an. Automatenstähle werden zur besseren Bearbeitbarkeit legiert mit

- Schwefel.
- Kohlenstoff.
- Nickel.

— Aufgabe 7.6

Erklären Sie die Schutzwirkung des Chroms bei hochlegierten nichtrostenden Stählen.

Die Schutzwirkung des Chroms bei hochlegierten nichtrostenden Stählen beruht auf der Ausbildung einer schützenden Passivschicht. Hierfür müssen die Stähle theoretisch mit mindestens 10,5 % Chrom legiert sein. In der Praxis sollte daher in der Regel der Chromgehalt oberhalb von 13 % liegen. Ab diesem Chromgehalt bildet sich unter annähernd allen Umgebungsbedingungen eine Chromoxidschicht von wenigen Nanometern Dicke aus. Diese dichte, zähe und haftfeste dünne Schicht macht die Stähle korrosionsbeständig, d.h. sie rosten nicht unter atmosphärischen Bedingungen.

— Aufgabe 7.7

Kreuzen Sie die richtige Aussage an. Bei austenitischen Stählen kann Stickstoff zulegiert werden, um

- die Korrosionsbeständigkeit zu verbessern.
- die Streckgrenze zu erhöhen.
- die Tiefziehfähigkeit zu verbessern.

■ Kapitel 8: Korrosion

— Aufgabe 8.1

In welche drei Klassen werden Korrosionsarten gemäß der korrosionsauslösenden Ursache eingeteilt?

In die chemischen, elektrochemischen und metallphysikalischen Korrosionsarten

— Aufgabe 8.2

Kreuzen Sie die drei Korrosionsarten an, die zu den elektrochemischen Korrosionsformen gehören.

- Korrosion in heißen Gasen
- gleichmäßige Flächenkorrosion
- Lochkorrosion
- Reibkorrosion
- Wasserstoffversprödung
- Spannungsrisskorrosion

— Aufgabe 8.3

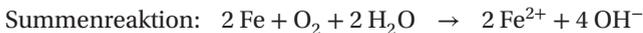
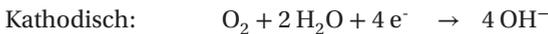
Ordnen Sie die Namen der Korrosionsprodukte der chemischen Korrosion unter sauerstoffhaltiger Atmosphäre den passenden chemischen Formeln zu.

Wüstit		Fe_3O_4
Hämatit		FeO
Magnetit		Fe_2O_3

— Aufgabe 8.4

Benennen Sie die anodische und kathodische Teilreaktion sowie die Summenreaktion für die Reaktion von Eisen in sauerstoffhaltigem Wasser.

Sauerstoffkorrosion:



— Aufgabe 8.5

Wie lässt sich die Korrosion von Eisen in sauerstoffhaltigem Wasser effektiv unterbinden?

Diese Art der Korrosion lässt sich am effektivsten unterbinden, indem man dem System den Sauerstoff entzieht. Dies kann z.B. durch die Zugabe von Sauerstoffbindemitteln erreicht werden. Hier werden vorrangig Sulfite (SO_3^{2-}) und Levoxin (N_2H_4) eingesetzt.

— Aufgabe 8.6

Welcher Bestandteil in flüssigen Medien verursacht vorrangig Lochkorrosion? Wie kann man dieser Korrosionsart durch legierungstechnische Maßnahmen vorbeugen?

Vor allem Chloride in flüssigen Medien verursachen Lochkorrosion. Schutz vor Lochkorrosion bietet das Legieren mit Molybdän. Durch den Molybdänzusatz wird die Passivschicht stabilisiert.

— Aufgabe 8.7

Beschreiben Sie die Ursache für die Kontaktkorrosion.

Wenn man zwei verschiedene Leiter in einen Elektrolyt taucht, entsteht ein galvanisches Element. Zwischen den Leitern entsteht eine Spannung. Bei Kontakt der beiden Leiter beginnt ein Strom zu fließen. Dabei wird der unedlere Leiter zerfressen und löst sich auf. Bei der konstruktiven Kombination edlerer Werkstoffe mit unedleren kann es bei Anwesenheit eines Elektrolyten zur Ausbildung eines lokalen galvanischen Elementes kommen. Hier kann es zu einem rasanten Abtrag des unedleren Bauteils in elektrolytischer Lösung kommen.

— Aufgabe 8.8

Unter welchen Voraussetzungen kommt es zur interkristallinen Korrosion? Wie kann dieser vorgebeugt werden?

Werden austenitische Chrom-Nickel-Stähle auf Temperaturen zwischen 450 und 850 °C erhitzt, kann es zur Ausscheidung von Chromkarbiden kommen. Die Karbide scheiden sich bevorzugt an den Korngrenzen aus. Der Chromanteil in diesen Carbiden liegt bei 70-80 %. Das direkte Umfeld ist also entsprechend stark an Chrom verarmt, so dass der Wert unter die notwendige Chromkonzentration zur Ausbildung einer stabilen Passivschicht fällt.

Diese interkristalline Korrosion (IK) kann auf zwei Wegen vermieden werden:

1. Durch Zusatz von Stabilisatoren: Diese binden den Kohlenstoff so fest ab, dass auch bei höheren Betriebstemperaturen keine Chromcarbide entstehen. Verwendet werden Titan und Niob. Entsprechend spricht man von stabilisierten Stählen.
2. Durch den Einsatz von ELC-Stählen. ELC steht hier für Extra-Low-Carbon. Das Lösungsvermögen der austenitischen Stähle für Kohlenstoff beträgt bei 650 °C etwa 0,05 %. Bei geringeren Kohlenstoffgehalten im Stahl bleibt

bei dieser Temperatur praktisch der gesamte Kohlenstoff im Austenit gelöst und Chromkarbide scheiden sich nicht aus. ELC-Stähle enthalten entsprechend $\leq 0,03\%$ Kohlenstoff.

— Aufgabe 8.9

Im Kontakt mit welchem aggressiven Medium kann es zur Sulfidierung kommen? Schwefelwasserstoff (H_2S)

— Aufgabe 8.10

Welches Legierungselement hat einen entscheidenden Einfluss auf die Anfälligkeit für Spannungsrisskorrosion? Welches ist die ungünstigste Konzentration dieses Legierungselementes in diesem Kontext?

Nickel hat als Legierungselement einen starken Einfluss auf die Anfälligkeit für Spannungsrisskorrosion. Die ungünstigste Konzentration liegt bei ca. 10 % Nickel.

— Aufgabe 8.11

Welche Werkstoffe sind besonders leicht von Erosionskorrosion betroffen?

Besonders betroffen von Erosionskorrosion sind Werkstoffe mit weicher Matrix, allem voran Kupfer und Kupferlegierungen.

■ Kapitel 9: Nichteisenmetalle

— Aufgabe 9.1

Nach welchen Kriterien unterscheidet man Aluminiumlegierungen?

Man unterscheidet beim Aluminium zwischen Knet- und Gusslegierungen.

Für die Auswahl und Verarbeitung der Aluminiumwerkstoffe stehen innerhalb der Gruppen Knet- und Gusslegierungen sowohl nicht aushärtbare (naturharte) als auch aushärtbare Legierungen zur Verfügung.

— **Aufgabe 9.2**

Kreuzen Sie die richtige Aussage an.

Aushärtbare Aluminiumlegierungen erreichen eine Festigkeitssteigerung durch

- eine Änderung des Kristallgitters.*
- den Einbau von Zwischengitteratomen auf regulären Gitterplätzen.*
- die Ausscheidung von fein verteilten Phasen, die Versetzungsbewegungen behindern.*

— **Aufgabe 9.3**

Nennen Sie den gravierenden Vor- und Nachteil von Magnesiumwerkstoffen.

Vorteil: Durch die geringe Dichte lässt sich eine Masseinsparung bei gleichzeitiger Nutzung günstiger mechanischer und physikalischer Eigenschaften erzielen.

Nachteil: Magnesiumwerkstoffe neigen von Natur aus stark zur Korrosion.

— **Aufgabe 9.4**

Kreuzen Sie die richtige Aussage an.

Titan liegt als polymorphes Metall in 2 allotropen Modifikationen vor:

- α -Titan und β -Titan.*
- α -Titan und γ -Titan.*
- α -Titan und δ -Titan.*

— **Aufgabe 9.5**

Durch welche Legierungszusätze kann die Beständigkeit von Nickel gegenüber Chlorid- und Fluoridionen sowie Fluss- und Schwefelsäure erhöht werden?

Kupfer

— **Aufgabe 9.6**

In welche drei Gruppen wird Reinkupfer unterteilt? Benennen Sie Vor- und Nachteile der jeweiligen Materialien.

1. *Sauerstoffhaltiges Kupfer für die Elektrotechnik mit hoher Leitfähigkeit (Cu-ETP oder Cu-FRHC). Vorteil: hohe elektrische Leitfähigkeit, Nachteil: Führt beim Schweißen schnell zur Wasserstoffkrankheit.*

2. Sauerstofffreies Kupfer für die Elektrotechnik, für höchste Anforderungen (Cu-OF). Vorteil: hohe elektrische Leitfähigkeit und schweißbar, Nachteil: hoher Preis.
3. Desoxidiertes Kupfer mit guter Schweiß- und Hartlötbarkeit für den Apparatebau und das Bauwesen (Cu-DLP oder Cu-DHP). Vorteil: Schweiß- und Hartlötbar, Nachteil: reduzierte elektrische Leitfähigkeit.

— Aufgabe 9.7

Kreuzen Sie die richtige Aussage an.

Messing besteht aus

- Kupfer und Zinn.*
- Kupfer und Zink.*
- Kupfer und Aluminium.*

— Aufgabe 9.8

Man unterscheidet ein- und zweiphasige Messinglegierungen. Ab welchem Kupfergehalt sind die Legierungen zweiphasig?

63 %

— Aufgabe 9.9

Was ist Bronze? In welche zwei Legierungsklassen werden Bronzen eingeteilt? Benennen Sie die Zusammensetzung einer gängigen Bronze.

Als Bronzen werden Legierungen mit mindestens 60 Prozent Kupfer bezeichnet. Ausnahme bilden die Legierungen mit Zink als Hauptlegierungselement, die als Messing bezeichnet werden.

In der Technik finden hauptsächlich Kupfer-Zinn-Legierungen unter dem Namen Zinnbronzen Anwendung. Auch hier wird unterschieden zwischen Knetlegierungen mit einem Zinn-Gehalt kleiner als 9 % und den Gusslegierungen mit 10–14 % Zinn.

Eine typische Knetlegierung ist beispielsweise. CuSn8

— Aufgabe 9.10

Entschlüsseln Sie folgende Werkstoffbezeichnungen:

ZL0410, ZL0610, ZL2720

Das Symbol ZL steht für Zinklegierung, die ersten beiden Zahlen dahinter geben den Aluminiumgehalt, die Zahl dahinter den Kupfergehalt und die letzte Zahl den Gehalt anderer Elemente an. Daher entschlüsselt man die o.g. Werkstoffbezeichnungen wie folgt.

ZL0410: Zinklegierung mit 4 % Aluminium und 1 % Kupfer

ZL0610: Zinklegierung mit 6 % Aluminium und 1 % Kupfer

ZL2720: Zinklegierung mit 27 % Aluminium und 2 % Kupfer

— Aufgabe 9.11

Durch welches Verzinkungsverfahren lassen sich höchste Zinkschichtdicken erzeugen?

Durch das Feuerverzinken (Stückverzinkung).

■ Kapitel 10: Nichtmetalle

— Aufgabe 10.1

Was wird unter der Kettenkonfiguration bei Kunststoffen verstanden? Durch welche Punkte wird diese vollständig beschrieben?

Man versteht unter dem Begriff den chemischen Aufbau des Makromoleküls entlang der Kette.

Sie wird durch die folgenden Punkte beschrieben:

- Konstitution
- Taktizität
- Kopf-Schwanz- bzw. Kopf-Kopf-Verknüpfungen
- Verzweigungen
- Vernetzungen
- Copolymere

— Aufgabe 10.2

Was wird unter der Kettenkonformation bei Kunststoffen verstanden? Nennen Sie drei mögliche Konformationen.

Die Kettenkonformation beschreibt den räumlichen Aufbau des Makromoleküls entlang der Kette. Bei unregelmäßigem chemischem Aufbau entlang der

Kette kann das Makromolekül auch keine geordnete räumliche Form annehmen, so dass ein Knäuel als Konformation resultiert. Bei gleichmäßiger Kettenkonfiguration können sich aber auch geordnete räumliche Formen wie Helices oder Zick-Zack-Ketten ergeben.

— Aufgabe 10.3

Ordnen Sie folgende Polymere, Strukturformeln, T_g und T_m einander zu, indem Sie die folgenden Angaben verwenden.

Polymer: HDPE, PA6, PET, PP
 Glasübergangstemperatur: -110 °C, 0 °C, 50 °C, 70 °C,
 Schmelztemperatur: 245 °C, 232 °C, 170 °C, 135 °C

Strukturformel	Polymer	T_g [°C]	T_m [°C]
	PET	70	245
	HDPE	-110	135
	PA6	50	232
	PP	0	170

— Aufgabe 10.4

Worauf beruht die relativ hohe Bruchzähigkeit polymerer Gläser (im Vergleich zu niedermolekularen Gläsern)?

Der Unterschied zu niedermolekularen Gläsern ist der molekulare Bruchmechanismus und die dadurch bedingte relativ hohe Bruchzähigkeit der polymeren Gläser.

Bei Verformung bilden sich Mikrorisse. Diese Mikrorisse – auch engl. Crazes genannt – sind sehr kleine lokale Verformungszonen, die von einer Vielzahl von Fibrillen gebildet werden. Solche Fibrillen sind Bündel von ca. 100 Einzelmolekülen. Bei zu starker Dehnung reißen die Fibrillen und der Craze führt zum Riss. Die große innere Oberfläche, die bis dahin allerdings gebildet werden muss und der damit verbundene Energieaufwand führen zu einer hohen Bruchzähigkeit.

— Aufgabe 10.5

Wodurch ist ein Gummi charakterisiert (Struktur und Eigenschaften)?

Strukturell charakteristisch für einen Gummi sind die Vernetzungen.

Bei einem idealen Gummi ändert sich bei Dehnung zwar die Entropie durch die steigende Orientierung der Makromoleküle, die innere Energie bleibt aber konstant. Daraus resultiert eine Reihe von interessanten Eigenschaften für diese entropieelastischen Körper:

1. Bei Dehnung erwärmt sich der Körper.
2. Ein gedehnter Körper unter konstanter Last verkürzt sich bei Erwärmung.
3. Der thermische Ausdehnungskoeffizient α ist für eine belastete Probe negativ, für eine unbelastete Probe positiv.

Triebkraft für diese ungewöhnlichen Werkstoffeigenschaften ist immer die Entropie, die bei steigender Orientierung der Makromoleküle und/oder bei steigender Temperatur eine immer stärkere Kraft aufbringt, die Makromoleküle in ihren statistischen Knäuelzustand zurückzuführen.

— Aufgabe 10.6

Erklären Sie die Begriffe Wärmeformbeständigkeit und Dauergebrauchstemperatur.

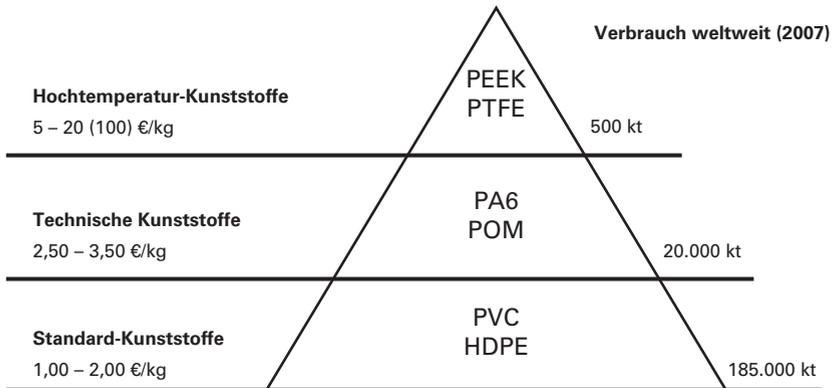
Während die Wärmeformbeständigkeitstemperatur ein Maß für die Erweichung des Kunststoffes ist, beschreibt die Dauergebrauchstemperatur die chemische Stabilität bei erhöhten Temperaturen.

Die Wärmeformbeständigkeit hängt im Wesentlichen vom chemischen Aufbau der Polymerkette ab. Eine Versteifung der Kette führt dabei zu einer erhöhten Wärmeformbeständigkeit.

Die Dauergebrauchstemperatur wird primär durch die Bindungsenergie bestimmt.

— Aufgabe 10.7

Ordnen Sie folgende Kunststoffe in der Kunststoffpyramide richtig zu.
PEEK, PVC, PA 6, HDPE, PTFE, POM



— Aufgabe 10.8

Welche Ziele werden mit Verbundwerkstoffen verfolgt?

Die Hauptnachteile der meisten polymeren Werkstoffe im Vergleich zu metallischen oder keramischen Werkstoffen liegen in der geringen Steifigkeit, Festigkeit und Wärmeformstabilität. Bei polymeren Verbundwerkstoffen lässt sich der E-Modul bis auf das 100fache und die Festigkeit bis auf das 5fache im Vergleich zum reinen Kunststoff steigern.

— Aufgabe 10.9

Welche Geometrien sind für verstärkende Additive optimal und warum?

Die optimale Form haben die Verstärkungsadditive, wenn das Oberflächen/Volumen-Verhältnis maximal ist. Dies betrifft die folgenden Fälle:

- $a \ll 1$: dies entspricht einer Platte
- $a \gg 1$: dies entspricht einer Faser

Somit ergeben sich Fasern und Platten als optimale Form für Verstärkungsadditive, wobei die Fasern den Platten vorzuziehen sind.

— Aufgabe 10.10

Nennen sie die gängigsten faser- und plattenförmigen Verstärkungen für Verbundwerkstoffe.

Fasern: Glasfasern, Kohlefasern, Polymerfasern

Plättchen: Talkum, Glimmer, Kaolin, Graphit und Aluminiumhydroxid

— Aufgabe 10.11

Welchen Einfluss hat bei Verbundwerkstoffen die Grenzfläche Matrix/Additiv, und was lässt sich hier wie einstellen?

Da die Kräfte von der Matrix auf den Füllstoff über die Grenzfläche übertragen werden, ist die Struktur der Grenzfläche für Verbundwerkstoffe sehr wichtig. Soll eine Verbesserung der Steifigkeit und Festigkeit erzielt werden, wird eine hohe Grenzflächenhaftung angestrebt. Diese hohe Haftung ist üblicherweise nicht natürlich gegeben, sondern wird durch eine auf das System Matrix/Additiv abgestimmte Oberflächenbehandlung des Verstärkungsadditivs erreicht. Glasfasern werden hierfür mit Schlichte beschichtet. Bei Kohlefasern wird die Oberfläche ebenfalls entweder beschichtet oder auch oxidativ modifiziert.

— Aufgabe 10.12

Nennen sie Vor- und Nachteile von Faserverbundwerkstoffen.

Vorteil: Faserverbundwerkstoffe besitzen von allen Werkstoffen die höchste spezifische Steifigkeit und Zugfestigkeit.

Nachteil: Die Einsatztemperatur von Polymer-Faserverbundwerkstoffen ist durch das Matrixmaterial klar beschränkt und darf 150 °C bzw. bei moderneren Typen 200 °C nicht überschreiten.

— Aufgabe 10.13

Was ist chemischer Hauptbestandteil aller anorganischen nichtmetallischen Gläser?

Siliziumdioxid Si_2O .

— Aufgabe 10.14

Welche Gläser kommen vor allem bei Laborgeräten und Apparaten der chemischen Industrie zum Einsatz?

Für Laborgeräte bzw. Apparate für den Umgang mit gefährlichen Chemikalien oder bei besonders hohen Temperaturen werden Borosilikatgläser eingesetzt. Durch die geringe thermische Ausdehnung der Borosilikatgläser sind sie auch weniger empfindlich gegenüber Temperaturwechsel.

— Aufgabe 10.15

Benennen Sie die drei Prozessschritte auf dem Weg vom Pulver zum fertigen Keramikbauteil.

1. Aufbereiten und Mischen der Pulver
2. Vorverdichten des Pulvers zu einem so genannten Grünling oder Grünkörper
3. Sintern

— Aufgabe 10.16

Listen Sie die wichtigsten Vor- und Nachteile keramischer Werkstoffe.

Vorteile: hohe Härte, Hochtemperaturfestigkeit, geringe thermische Ausdehnung, Korrosionsbeständigkeit, Verschleißfestigkeit, geringe Dichte.

Nachteil: geringe Duktilität.