

Kapitel 10: Nebengruppen des PSE und Metalle



Kuper wird auch als Material für Dachrinnen verwendet. Es ist allerdings teuer!

Freies Lehrbuch der anorganischen Chemie von H. Hoffmeister und C. Ziegler
(unter GNU Free Documentation License, Version 1.2 (GPL)).

Die jeweils aktuellste Fassung finden Sie unter: <https://hoffmeister.it/index.php/chemiebuch-anorganik>

Inhalt

Kapitel 10: Nebengruppen des PSE und Metalle.....	1
Inhalt.....	2
Allgemeines zu den Nebengruppen.....	3
Vergleich der Nebengruppenelemente.....	4
Vergleich der Elemente hinsichtlich physikalischer Eigenschaften.....	4
Kristallstruktur von Metallen.....	5
a) Kubisch-innenzentrierte Kugelpackung.....	5
b) kubisch-dichteste Kugelpackung.....	5
c) Hexagonal dichteste Kugelpackung.....	5
Vergleich wichtiger Metalle.....	6
Alltagsmetalle im Vergleich:.....	6
Metalle.....	7
Freiarbeit: Metalle und ihre Eigenschaften.....	9
Eigenschaften von Metallen:.....	9
Eisen.....	10
Kupfer.....	11
Eigenschaften von Kupfer.....	11
Vorkommen von Kupfer.....	11
Herstellung aus Erzen:.....	11
Reinigung des gediegenen Kupfers und des Garkupfers zu hochreinem Kupfer:.....	11
Typische Reaktionen von Kupfer.....	12
Zur Herstellung von Kupfer wird das Röstreaktionsverfahren verwendet:.....	13
Herstellung von Zink.....	13
Herstellung von Quecksilber:.....	13
Das Element Nickel.....	14
Vorkommen von Nickel:.....	14
Eigenschaften von Nickel:.....	14
Verwendung von Nickel.....	14
Großtechnische Gewinnung von Nickel.....	15
Nickelgewinnung - die elektrolytischen Raffination:.....	15
Nickelgewinnung - Flotation:.....	16
Wiederholungsfragen zu Nebengruppenelementen und Metallen.....	17

Allgemeines zu den Nebengruppen

Viele Elemente der Chemie befinden sich in den Hauptgruppen. Bei diesen ist das Verstehen von Vorgängen oft einfacher, da sie eine einfach zu verstehende Anordnung ihrer Valenzelektronen haben. Bei den Nebengruppen ist das nicht so einfach. Mit dem Bohrschen Atommodell kann man ihre Anordnung auch nicht so schön einfach erklären.

Trotzdem findet man in den Nebengruppen sehr wichtige Elemente, welche alle metallisch sind. Darunter die häufig gebrauchten Elemente Gold, Silber, Kupfer, Eisen und viele mehr.

Alle Nebengruppenelemente sind Metalle (aber auch in den Hauptgruppen befinden sich Metalle!). Möchte man die Nebengruppenelemente nach dem Bohr'schen Atommodell zeichnen, so muss man die maximale Anzahl an Elektronen pro Elektronenhülle beachten!

Anzahl an Elektronen pro Elektronenhülle:

1. Periode: maximal 2 Valenzelektronen
2. Periode: maximal 8 Valenzelektronen
3. Periode: maximal 18 Valenzelektronen
4. Periode: maximal 32 Valenzelektronen

usw.

Die Regel lautet: Pro Periode dürfen maximal $2n^2$ Elektronen in die Valenzhülle aufgenommen werden (n gibt dabei die Periodennummer an).

Vergleich der Nebengruppenelemente

Diese Tabelle stellt die Metalle Kupfer, Silber und Gold, Zink, Cadmium und Quecksilber gegenüber. Allen gemeinsam ist, dass sie bekannte Elemente der Nebengruppen sind.

Vergleich der Elemente hinsichtlich physikalischer Eigenschaften

	Kupfer	Silber	Gold	Zink	Cadmium	Quecksilber
Metallstruktur	kubisch dichteste Packung	kubisch dichteste Packung	kubisch dichteste Packung	hexagonal dichteste Packung	hexagonal dichteste Packung	abgewandelte hexagonal dichteste Packung (komplizierte rhomboedrische Struktur)
Schmelzpunkt [°C]	1083	961	1063	419	321	-39
Siedepunkt [°C]	2595	2212	2660	908	767	357
elektrische Leitfähigkeit in [10^6 S/m]	65	66	49	18	15	4,4
1. Ionisierungsenergie [eV]	7,7	7,6	9,2	9,4	9,0	10,4
Elektronenaffinität [eV]	-1,23	-1,30	-2,31	~0	~0	~0
Elektronegativität	1,90	1,93	2,54	1,65	1,69	2,00

- Gold hat den negativsten Wert für die Elektronenaffinität und die höchste Elektronegativität aller Metalle. Das führt dazu, dass sogar (sonst für Metalle sehr untypisch!) negativ geladene Ionen von Gold möglich sind. So gibt es die Verbindung Cäsiumaurid (CsAu) und einigen anderen Verbindungen, in denen Goldanionen vorliegen.
- Die Metalle der Kupfergruppe haben mit Abstand die beste elektrische Leitfähigkeit.
- Alle Metalle haben recht geringe Schmelzpunkte. Besonders die Metalle der Nebengruppen haben geringere Siedepunkte. Das machte eine Bearbeitung und Verwendung schon vor mehreren Tausend Jahren möglich. So wurden sie als Werkzeugen, Waffen, Alltagsgegenständen und Münzen verwendet.
- Die Umwandlung einer Metallverbindung (z.B. CuS oder CuO) zum elementaren Metall wird Reduktion genannt.



Zinknägel rosten nicht!

Kristallstruktur von Metallen

Es gibt drei Kristallstrukturtypen. Dabei betrachtet man die Anordnung der Metallatome zueinander. Diese sind aber frühestens in der Oberstufe für Schüler von Interesse.:

a) Kubisch-innenzentrierte Kugelpackung

- 68% Raumerfüllung
- jedes Atom hat 8 Nachbarn
- zu finden bei: Alkalimetallen, Eisen, Chrom
- $r = \frac{1}{4} a \sqrt{3}$

b) kubisch-dichteste Kugelpackung

- 74% Raumerfüllung
- Jedes Atom hat 6 Nachbaratome
- ABCABC-Schichtfolge
- identisch mit kubisch-flächenzentrierter Kugelpackung
- Tetraeder und Oktaeder Lücken
- $r = \frac{1}{4} a \sqrt{2}$
- Koordinationszahl 12 (6 Nachbarn + je 3 pro Schicht darüber und darunter)
- Bsp.: Al, Pb, Cu, Ag, Au, Ca

c) Hexagonal dichteste Kugelpackung

- 74% Raumerfüllung
- ABAB
- Tetraeder und Oktaeder Lücken
- KZ=12 (6 Nachbarn + je 3 pro Schicht darüber und darunter)
- Bsp.: Ti, Be, Mg, Sc, Y, La

Vergleich wichtiger Metalle

Folgende Tabelle soll eine erste Übersicht über Entdeckung, Vorkommen und Darstellung der betrachteten Metalle bieten:

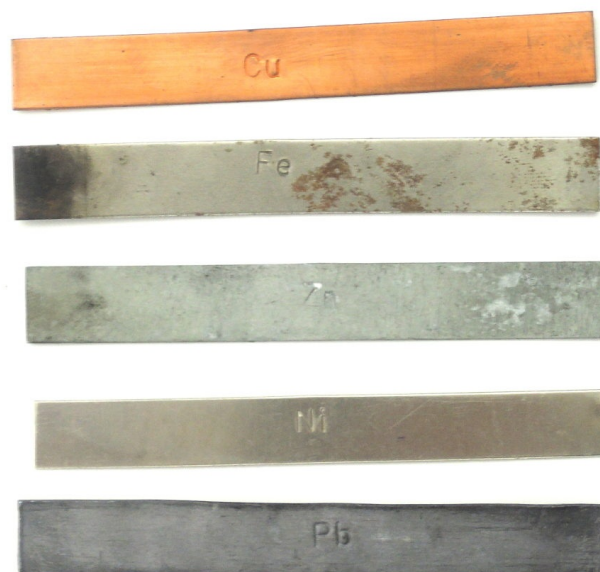
Metall	Entdeckung	Vorkommen	Darstellung
Kupfer	ca. 10000 v. Chr.,	- als Kupferkies $\text{Cu}^{\text{I}}\text{Fe}^{\text{III}}\text{S}_2$, - als Kupferglanz Cu_2S - gediegen	Röstreaktionsverfahren
Silber	ca. 3500 v. Chr. (evtl. früher)	- als Silberglanz Ag_2S , - in Pyrit FeS_2 - gediegen	Cyanidlaugerei, Amalgamverfahren
Gold	10000 v. Chr.	- gediegen	Cyanidlaugerei, Amalgamverfahren
Zink	Messing ca. 4000 v. Chr. reines Zink erst 1746 (!)	- als Zinkblende ZnS	Röstreduktionsverfahren
Cadmium	1817	In Zinkblende ZnS	Röstreduktionsverfahren
Quecksilber	ca. 2000 v. Chr.	- In Zinnober HgS - gediegen	Röstreduktionsverfahren

Die edleren der Metalle, wie Gold, Silber und Kupfer wurden von den Menschen schon früh entdeckt, da sie meist elementar vorkamen und nicht aufwändig durch Reduktion hergestellt werden mussten. Obendrein findet man sie auch leichter in den oberen Schichten der Erdkruste.

Wenn Kupfer in oxidierter Form gefunden wird, so ist es dennoch leicht zu reduzieren, da es in seinen Schwefelverbindungen (siehe Tabelle) sein Reduktionsmittel (S^{2-}) gleich „mitbringt“.

Zink und Cadmium sind hingegen nur oxidiert zu finden. Quecksilber kommt meist oxidiert vor, kann aber in seltenen Fällen auch elementar vorkommen.

Alltagsmetalle im Vergleich:



Metalle

Eigenschaft	Kupfer	Aluminium	Eisen
Vorkommen	Basaltische Lava, Erdkruste (Kupfererz); selten in Kristallen	Kommt nur in Sauerstoffverbindungen vor: Feldspäte, Glimmer, Tonerden	Gebunden; Basaltgestein
Gewinnung	3 Stufen: Bergbau, Aufbereitung, Verhüttung in Schmelzöfen.	aus Bauxit-Tonerde	Hochofen; Kohlenstoff + Sauerstoff -> Kohlenstoffmonoxid; $\text{CO} + \text{FeO} \rightarrow \text{Fe} + \text{CO}_2$
Verwendung	In Kabeln, Wärmeleiter (=> als Kühler in Computern), Rohrleitungen, Schmuck, Kunstgegenstände, Besteck.	Bauindustrie und Technik (als Leichtmetall für Fahrräder, Flugzeuge usw.) Folien	Stahlherstellung Mangnete Oxid für Farbe
Typische Reaktionen	Reaktion mit Essigsäure Bildung von Grünspan.	Reaktion mit Sauerstoff zu Oxidationsschicht, unter Wärme zu Oxid	$\text{Fe} + \text{S} \rightarrow \text{FeS}$
Sonstige Besonderheit	<ul style="list-style-type: none"> Gute Verarbeitung: Bronze (=Kupfer-Zinn- Legierung), Messing (Kupfer Zink Legierung) hohe Korrosionsbeständigkeit durch Patina; Leicht verformbar, zäh 	niedriges Gewicht; als Pulver sehr reaktiv	hart, dehnbar, silberfarben, Schwermetall, lebenswichtig für biologische Organismen

Eigenschaft	Zink	Natrium
Vorkommen	Vorkommen nur Gebunden; Erze (Zinkspat/ Zinkblende)	Gesteinsalz, Soda, Meerwasser
Gewinnung	Zu Zinkoxid; Behandlung mit H ₂ SO ₄ , Reinigung auf elektrolytischem Weg	Früher: NaCl-Elektrolyse Heute: Schmelzelektrolyse von NaOH (Castner-Verfahren)
Verwendung	Verzinkung von Eisen und Stahl; Legierungen; Oxidationsmittel	Kühlmittel in Kernreaktoren, Reduktionsmittel
Typische Reaktionen	Mit Säuren: Bildung von Wasserstoff	Mit Wasser zu NaOH
Sonstige Besonderheit	Bläulich-weiß, spröde, stark glänzend, dehnbar Unbeständig gegen Säuren und Salzlösungen	Große Bedeutung für Mensch als Würz-, Konservierungsmittel und Geschmacksverstärker

Freiarbeit: Metalle und ihre Eigenschaften

Metalle sind die Elemente, welche links von der diagonal verlaufenden Bor-Astat-Linie stehen (außer Wasserstoff und den Halbmetallen).

Typische Halbmetalle sind: Bor, Silicium, Germanium, Arsen, Antimon, Tellur, Polonium und Astat. Sie haben sowohl metallische als auch nichtmetallische Eigenschaften.

Wichtige und bekannte Metalle:

Aluminium, Bismut, Blei, Cadmium, Calcium, Chrom, Cobalt, Eisen, Gold, Iridium, Kalium, Kupfer, Lithium, Magnesium, Mangan, Natrium, Nickel, Platin, Quecksilber, Radium, Silber, Titan, Uran, Vanadium, Wolfram, Zink und Zinn.

Eigenschaften von Metallen:

Obwohl sich Metalle natürlich voneinander unterscheiden, so haben sie doch alle auch einige Eigenschaften gemeinsam:

- fest und lichtundurchlässig (außer bei extremen Temperaturen oder in extrem dünnen Schichten)
- hohe Wärmeleitfähigkeit
- gute elektrische Leiter
- metallischer Glanz
- Bilden mit anderen Stoffen oft Verbindungen, wie z.B. Salze.
- In Legierungen sind Metalle (oder Metall und Nichtmetall wie bei (Eisen-Kohlenstoff-Legierung Stahl) miteinander gemischt.
- Metalle sind nicht immer grau. Es gibt auch Metalle, wie z.B. das rote Kupfer, welche eine andere Farbe haben.
- Die Schmelzpunkte der Metalle liegen meist etwas Höher: Dabei ist die Bandbreite sehr beeindruckend; 39°C bei Quecksilber bis zu und 3410°C beim Wolfram.
- Dichte: höchste Dichte: Iridium (Dichte 22,4),
- Dichte: geringste Dichte Lithium (Dichte 0,53)
- Bismut die geringste elektrische Leitfähigkeit, Silber hat die höchste.
- Supraleiter: einige Metalle leiten nahe dem absoluten Nullpunkt (-273°C) elektrischen Strom widerstandsfrei.
- Metalle dehnen sich beim Erwärmen aus, beim Abkühlen ziehen sie sich wieder zusammen.
- Metalle sind oft hart, zugfest, bruchfest (und dennoch elastisch) und durch Schmieden verformbar.
- Eisen, Nickel und Kobalt sind ferromagnetisch.
- Metalle haben eine besondere Elektronenordnung, welche „Elektronengas“ genannt wird. Dabei teilen sich viele Metalle gemeinsam Außenelektronen. Diese Anordnung ist für die elektrische Leitfähigkeit verantwortlich.
- Metalloxide bilden mit Wasser Laugen

Eisen

Oft wird Eisen mit einer dünnen Schicht Zink überzogen, die es wesentlich korrosionsbeständiger macht. Bei Konservendosen macht man das z.B. oft auf der Innenseite!
Im inneren erkennt man deutlich die Zinkbeschichtung:



Kupfer

Eigenschaften von Kupfer

- rötlich-glänzende Farbe
- hohe Festigkeit, gut schmiedbar, verformbar
- Verwendung als hauchdünne Folien, Draht usw.
- gut zum Schutz von Dächern, Türmen, als Abdeckung
- nach Silber beste elektrische Leitfähigkeit sowie Wärmeleitfähigkeit
- Legierungen mit Zinn, Eisen, Aluminium usw.
- Bronze enthält 80-90% Kupfer, Rest Zinn
- an feuchter Luft: allmählich grünlicher Überzug (Patina), bestehend aus Malachit: Schutz vor weiterer Korrosion

Vorkommen von Kupfer

- als gediegenes Metall
- als Erz (sulfidisch, oxidisch: Kupferglanz (Chalkosin, Cu_2S); Kupferkies (Chalkopyrit CuFeS_2); Malachit)
- 0,5 % Kupfer in Erzen enthalten
- einige Förderländer: Chile, USA, Indonesien, Kanada, Australien, Russland, Peru, Polen, Mexiko, Kasachstan uvm.

Herstellung aus Erzen:

Wasser + zermahlene Kupfererze: Erzteilchen schwimmen oben, werden abgeschöpft (Flotation, Schwimmaufbereitung). Dann erfolgt eine Weiterbearbeitung in Hochöfen zu Kupferoxid; Reduktion mit Kupfersulfid (aus dem Erz) zu „Gar-/Rohkupfer“.

Reinigung des gediegenen Kupfers und des Garkupfers zu hochreinem Kupfer:

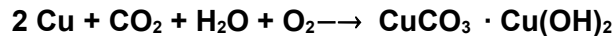
Elektrolytische Raffination (schon Reinheit von 99 % für meiste Anwendungen nicht geeignet):

- wird in Platten in Kupfersulfatlösung gehängt
- Kathode: reine Kupferbleche
- Kupfer + unedle Metalle von Anode unter Oxidation in Lösung.
- Edelmetalle: Anodenschlamm
- Kupferionen werden an Kathode zu reinem Kupfer reduziert
- Schlamm wird raffiniert
- weitere Möglichkeit: Recycling von elektronischen Geräten und Gebrauchsgegenständen

Typische Reaktionen von Kupfer

1. Bildung von Patina (Beispiel Dachdecken):

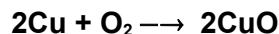
Reaktion des neuerlegten hellroten Kupfers in dunkles Rot (Kupfer(I)-oxid), Schwarz (Kupfer(II)-oxid), dann in die blaugrüne Patina:



Patina ist NICHT Grünspan! Grünspan besteht aus Kupferacetat, entsteht bei Reaktion mit Essigsäure + Luft, in Wasser löslich => Verwendung in Farben.

2. Kupferpulver in Brennerflamme:

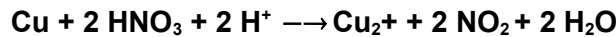
Flamme wird grün:



Je heller die Flamme, desto größer die Sauerstoffaffinität □ desto unedler ist es.
Kupfer ist ein Edelmetall (grün, nicht besonders hell).

3. Kupfer und Säuren:

Kupfer ist recht widerstandsfähig (unter Luftabschluss) gegen alle Konzentrationen von Salzsäure und gegenüber verdünnter Schwefelsäure, aber es reagiert mit Salpetersäure!

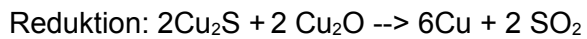
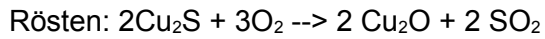


Reaktion mit heißer, konzentrierter Schwefelsäure:

**Verwendung**

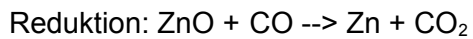
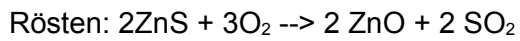
- Wegen elektrischer Leitfähigkeit Verwendung für Drähte und Leiterbahnen.
- Korrosionsbeständigkeit: Baumaterial für Dachbleche + -rinnen, Maschinen- + Apparatebau, Beschläge, Patronenhülsen, Münzen
- Wärmeleitfähigkeit: Heizrohre, Braukessel, Kochgeschirr, LötKolben
- Legierungen: Modeschmuck, Maschinen, Glocken, Kunstgegenstände, Instrumente, Essbestecke, Geschirr. Instrumente, elektr. Widerstände
- Kupfersalz: blaue Flammenfarben (CuCl) im Feuerwerk

Zur Herstellung von Kupfer wird das Röstreaktionsverfahren verwendet:

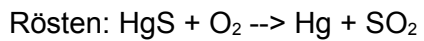


Herstellung von Zink

Die Reduktion wird hier mit zugefügtem Kohlenstoff durchgeführt:



Herstellung von Quecksilber:



Das Element Nickel

Vorkommen von Nickel:

Es kommt häufig als Erz im Magnetkies „Pyrrhotin“ als Nickelsulfid (NiS), verbunden mit Sauerstoff als Oxid oder auch gediegen vor. So lassen sich Nickelerze in zwei Gruppen einteilen: in sulfidische und in oxidische:

Sulfiderze enthalten vorwiegend das Mineral Pentlandit und auch große Mengen an „Pyrrhotin“. Dieser Erze enthalten außer Nickel auch Anteile anderer Stoffe wie Eisen, Kupfer oder Kobalt.

Oxiderze, welche auch Latierite genannt werden, enthalten Restkonzentrate basischer Eruptivgesteine und somit hohe Anteile an Magnesium und Eisen – dafür aber nur geringe Mengen an Nickel (1- 3 %).

Der größte Anteil an Nickel wird in Russland, Kanada und in Norwegen produziert.

Eigenschaften von Nickel:

Nickel ist ein chemisches Element, dessen Symbol Ni ist. Es steht im Periodensystem in der 4. Periode. Es ist ein Nebengruppenelement mit der Ordnungszahl 28.

Nickel ist ferromagnetisch und lässt sich gut schmieden sowie weiterverarbeiten.. Erhitzt man es, lässt es leicht Wasserstoff hindurch. Bei Raumtemperatur ist es beständig gegen Luft, Wasser, Laugen und nichtoxidierende Säuren. Außerdem entzündet sich Nickelpulver von selbst (man nennt solche Stoffe pyrophor).

Verwendung von Nickel

- Nickel wird in vielerlei Gegenständen verwendet: Haushaltsgegenstände, Werkzeuge, Schmuck, Stahlzusatzstoff und vielem mehr. Es führt aber oft zu Hautirritationen, gilt als stark allergieauslösend sowie vermutlich als krebserzeugend. Von der Verwendung von Nickel wird heute abgeraten.
- Nickellegierungen gelten dabei als weniger gefährlich als das elementare Metall. Daher findet man Nickel weiterhin in Bestecken und Münzen. Da die Dauer des Hautkontakts auch eine Rolle spielt, welche beim Tragen von Schmuck weitaus länger ist, darf Nickel nicht mehr in Schmuck mit eingearbeitet werden.
- Es sind sogar recht viele Menschen allergisch gegen Kakao, da dieser von Natur aus geringe Mengen Nickel enthält.
- Einige Pflanzen und Tiere benötigen den Stoff allerdings zur optimalen Enzymfunktionalität.

Großtechnische Gewinnung von Nickel

Großtechnisch kann man auf zwei Wegen reines Nickel herstellen: die elektrolytische Raffination und das Flotationsverfahren:

Nickelgewinnung - die elektrolytischen Raffination:

Vorbereitung: Der Magnetkies (Pyrrhotin) wird vorgeröstet und somit dann mechanisch aufbereitet und angereichert. Dazu bläst man reinen Sauerstoff in das heiße Eisensulfid, was zu einer Redoxreaktion führt, sodass Eisenoxid entsteht und Nickelsulfid.

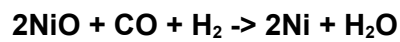
Dabei kann der Großteil des enthaltenen Eisenoxids und weitere enthaltene Metallverbindungen können durch das Schmelzen mit Natriumsulfid getrennt werden und dann aus der Schlacke abfließen. Zurück am Boden verbleibt Nickelsulfid.

Durch weiteres „rösten“, also der Reaktion mit Sauerstoff entsteht Nickeloxid, welches im Folgenden mit Koks (Kohlenstoff) weiterverarbeitet wird. Bei dieser Redoxreaktion entstehen als Produkte (Roh-)Nickel und Kohlenstoffdioxid.

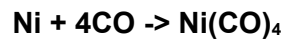
Um den noch minimal verunreinigten Rohnickel zu reinen Nickel weiterzuverarbeiten, findet eine elektrolytische Raffination statt, welche im Grunde eine Elektrolyse ist. Der abschließende Reinheitsgehalt liegt bei bis zu 99,6%.

Als Alternativmethode kann auch hochreiner Nickel mit dem **Mondverfahren** hergestellt werden:

In speziellen Öfen wird bei 400 °C Nickeloxid mit einem Gemisch aus Kohlenstoffmonoxid- und Wasserstoff reduziert:



Der dabei entstehende „Nickelschwamm“ wird im Anschluss bei 50 - 80°C im Gegenstrom mit Kohlenstoffmonoxid in Kontakt gebracht. Es entsteht gasförmiges Nickeltetracarbonyl $\text{Ni}(\text{CO})_4$:



Daraus entsteht letztlich dann reiner Nickel mit einem Reinheitsgehalt von 99,99%.

Nickelgewinnung - Flotation:

Die Flotation ist im Grunde ein physikalisch-chemisches Trennverfahren, bei dem reine Metalle gewonnen werden.

Dazu wird angereichertes Nickel fein zermahlen und in Wasser gegeben. Es werden nun Tenside (Siefen) zugefügt, welche die Abschöpfung vereinfachen. Durch Lufteinschlüsse schwebt das Metall im Schaum der Flüssigkeit. Man nennt dies auch Flotationsbad. Durch Schaumstabilisatoren und das Hineinblasen von Luft verteilt sich diese, sodass die Schaummenge gleich bleibt.

Zur Trennung wendet man einen Trick an: Sehr feines Nickel lässt sich schlecht mit Wasser vermischen. Es bleibt an den auf der Flüssigkeit schwimmenden Luftblasen haften (deswegen auch der Begriff Flotation). So kann es nun mit dem Schaum abgeschöpft werden. Alle anderen Metalle sowie weitere Verschmutzungen verbleiben in der Flüssigkeit bzw. am Boden und werden erst am Ende des Prozesses entfernt (=„Abschlämmen“).

Folgende Hilfsstoffe werden bei der Flotation eingesetzt:

1. Schäumer (stabilisieren die Luftblasen)
2. Sogenannte „Sammler“ machen den Gemengeanteil, der nicht benötigt wird, hydrophob. Also wasserabweisend. Zum Aufschlämmen wird nun Luft hineingeblasen, welche ausschließlich an den hydrophoben Teilchen haftet, welche so an die Wasseroberfläche aufsteigen.
3. pH-Regulatoren und Flockungsmittel.

Wiederholungsfragen zu Nebengruppenelementen und Metallen

1. Nenne 10 Alltagsmetalle und ihre Verwendung
2. Wodurch unterscheiden sich edle von unedlen Metallen?
3. Beschreibe die Kupferherstellung.
4. Beschreibe die Nickelherstellung.
5. Treffe fünf allgemeine Aussagen über die Elemente der Nebengruppen.
6. Erkläre die metallische Bindungen
7. Begründe mithilfe des Konzepts der metallischen Bindung die elektrische Leitfähigkeit der Metalle.