

## **E) Mineralische Rohstoffe**

### **Lagerstätten- und Rohstoffkunde, Verwendung mineralischer Rohstoffe**

Erze, Industriemineralien, Lagerstätten, Anreicherungs-faktoren

#### **1) Eisen (Fe) und Stahlveredler (Mn; Ni, Co; V, Nb, Ta; Cr, Mo, W)**

##### **Eisen-Mineralien:**

Der Name Eisen stammt von den Kelten: isara = hart, fest. Eisenzeit: 800 bis 15 v. Chr.

**HÄMATIT:**  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ , ditrigonal-skalenoedrisch

Physik. Daten: Metallischer oder halbmimetallischer Glanz; undurchsichtig schwarz, nur in dünnsten Splintern und XX blutrot durchscheinend; **Strich rotbraun** (kirschrot)

Härte: 6,5                      Dichte: 5,2- 5,3

(Härte und Dichte bei schuppigem Material aber wesentlich geringer!)

Spaltbarkeit: Keine, aber Absonderung nach (0001)

Chem.-physik. Reakt.: Unschmelzbar; wird vor dem Lötrohr magnetisch (Fe-Nachweis); feines Pulver in heißer HCl löslich:

Fe-Nachweis: + (Fällung mit Ammoniak,  $\text{NH}_4\text{OH}$ )

**Mineralogie:** XX mit mannigfachen Trachten, zumeist tafelig bis blättrig; Zwillingsbildungen

**Varietäten:** grob kristallin (Eisenglanz), schuppig-blättrig (Eisenglimmer), kugelig-traubig (roter Glaskopf), feinkristallin-dicht (Roteisenerz)

**Vorkommen:** Hämatitquarzite (Itabirite) bilden riesige Lagerstätten (Banded Iron Formation, "BIF" in z. B. Australien, Brasilien, Indien, Südafrika); Gänge in verschiedenen Gesteinen;

Nebengemengteil kristalliner Schiefer und der Sedimente; vulkanisches Exhalationsmineral

**Verwendung:** Weltwirtschaftlich neben Magnetit das wichtigste Fe-Erz; Farbpigment für z. B. Korrosionsschutzfarben (Waldenstein, Ktn.), aber auch als roter Naturfarbstoff ("Rötel") bei Naturvölkern und früheren Kulturen

**MAGNETIT:**  $\text{Fe}_3\text{O}_4$ , kubisch-hexakisoktaedrisch

Physik. Daten: Metallischer (seltener halbmimetallischer) Glanz; **schwarze Farbe**; Strich schwarz (im angewitterten Zustand braun); opakes Mineral; **ferromagnetisch**

Härte: 5,5                      Dichte: 5,2

Spaltbarkeit: Keine; oktaedrische Absonderung; muscheliger Bruch; spröde

Chem.-physik. Reakt.: Unschmelzbar; in Säuren schwer löslich; ansonst wie Hämatit.

Fe-Nachweis: + (siehe Hämatit)

**Mineralogie:** XX meist Oktaeder; auch Zwillinge; sonst derb, auch massig; gehört zu den Spinellen (siehe diese)

**Vorkommen:** Akzessorisch in fast allen Gesteinen verbreitet; in magmatischen Gesteinen, Alkalipegmatiten, kristallinen Schiefen, Serpentiniten; in Gängen und Klüften; große Lagerstätten bildend (z.B. "BIFs", Titanomagnetite in basischen Intrusiva, z.B. Bushveld-Komplex); sekundär in Seifen angereichert; in Meteoriten

**Verwendung:** Neben Hämatit das wichtigste Fe-Erz; Fe als Grundstoff der Stahlindustrie

**LIMONIT:**  $\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot x\text{H}_2\text{O}$

Ist eigentlich kein Mineral sondern ein Gemenge aus verschiedenen Fe-Oxihydroxiden wie Goethit, Lepidokrokit, und amorphen Bestandteilen mit wechselndem Wassergehalt. Der Name Limonit wird oft als Sammelname für Fe-Oxihydroxide, deren Identität nicht bestimmt ist, verwendet.

Physik. Daten: Gemeiner-halbmimetallischer Glanz, selten metallischer Glanz; undurchsichtig;

Farbe gelb-braun, mitunter Anlauffarben; Strich gelb-braun

Härte: 1 - 5,5                      Dichte: 2,7 - 4,3

Spaltbarkeit: Keine

Chem.-physik. Reakt.: Unschmelzbar; wird beim Glühen dunkel und magnetisch (Fe-Nachweis); in heißer HCl im gepulverten Zustand unter Gelbfärbung langsam löslich.

Fe-Nachweis: +                      H<sub>2</sub>O-Nachweis: +

**Mineralogie:** Meist derb und fest, auch locker und erdig, vielfach auch in Knollen; bohnenförmige und nierige Massen („Brauner Glaskopf“); Klumpen; in hohlen Geoden ("Scheppersteine") in Sanden und Tonen; oolithisch

**Vorkommen:** Verbreitet, oft mit oxydischen Manganerzen; in der Oxidationszone ("eiserner Hut") sulfidischer und karbonatischer Eisenlagerstätten; vielfach Pseudomorphosen nach anderen Eisenmineralien (Pyrit, Siderit, usw.)

**Verwendung:** Besonders früher (seit der Eisenzeit) ein wichtiges, leicht verhüttbares Fe-Erz; als "Ocker" ein Naturfarbstoff; rel. leicht zu "Röteln" brennbar (Naturfarbstoff, siehe Hämatit)

**GOETHIT:**  $\alpha$ -FeO(OH), rhombisch; siehe auch Limonit!

Physik. Daten: Halbmet., Diamant-, Seidenglanz; **braune Farbe; Strich gelb-braun**

Härte: 5-5,5                      Dichte: 4,2 - 4,3

Spaltbarkeit: Vollkommen nach (010), gut nach (100)

Chem.-physik. Reakt.: Unschmelzbar; wird vor dem Lötrohr schwarz und magnetisch (Fe-Nachweis: +); in Säuren langsam löslich (Gelbfärbung)

H<sub>2</sub>O-Nachweis: +

**Mineralogie:** XX selten (prismatisch und tafelig); meist strahlig ("Nadeleisenerz"), samartig; auch Krusten (brauner Glaskopf)

**Vorkommen und Verwendung siehe Limonit**

**PYRIT:** Fe[S<sub>2</sub>], kubisch-disdodekaedrisch

Physik. Daten: Metallischer Glanz; **messinggelb**, Farbe aber je nach Verwitterungsgrad (Limonitisierung) ins Braune übergehend, auch bunte Anlauffarben möglich;

Strich grünlich-schwarz; opakes Mineral

Härte: 6 - 6,5                      Dichte: 5 - 5,2

Spaltbarkeit: Schlecht nach (100); muscheliger Bruch

Chem.-physik. Reakt.: Vor dem Lötrohr mit (eventuell blauer Flamme,) SO<sub>2</sub>-Abgabe und Funkenbildung brennbar und zur magnetischen Kugel (Fe-Nachweis) schmelzbar; unlöslich in HCl; in HNO<sub>3</sub> löslich (u. U. Abscheidung von elementarem Schwefel); bei Erhitzen unter Luftabschluss (im Kölbchen) Abgabe von SO<sub>2</sub> und elementarem Schwefel

Fe-Nachweis: + (siehe oben, bzw. erst nach Abrösten)

S-Nachweis: +

**Mineralogie:** Sehr verbreitetes Mineral; oft schöne XX (Würfel mit deutlicher Riefung, Pentagondodekaeder, Oktaeder, auch Disdodekaeder); Zwillingsbildung nach dem "Eisernen Kreuz"); derb körnig

**Vorkommen:** Durchläufer in nahezu allen Gesteinen; häufigstes Eisensulfid; in Massiv-Sulfidlagerstätten; Fossilisationsmineral (z. B. Ammoniten, Jura)

**Verwendung:** Für Fe-Gewinnung nur sekundär herangezogen, früher wichtiger S- Lieferant zur Schwefelsäureherstellung

**MARKASIT:** Fe[S<sub>2</sub>], rhombisch

Physik. Daten: Metallischer Glanz; **messinggelb mit Stich ins Grüne; Strich grünlich-schwarz;** opakes Mineral

Härte: 6 - 6,5                      Dichte: 4,8 - 4,9

Spaltbarkeit: Einigermaßen nach (101); unebener Bruch

Chem.-physik. Reakt.: Wie Pyrit (siehe dort)

**Mineralogie:** XX tafelig, kurzsäulig, speer- oder kammartig; Aggregate derb, strahlig, faserig, traubig, nierig, knollig; auch Anflüge; zerfällt leicht (Sammlungen!).

**Vorkommen:** Nicht in Vulkaniten; in kristallinen Schiefen selten; häufig in Sedimenten, Tonen, Mergeln; zusammen mit Bleiglanz, Pyrit, Zinkblende und Siderit auf Erzgängen; wesentlich seltener als Pyrit

**PYRRHOTIN, MAGNETKIES:** ~ FeS (etwa Fe<sub>7</sub>S<sub>8</sub> bis Fe<sub>11</sub>S<sub>12</sub>), monoklin, hexagonal

Physik. Daten: Metallischer Glanz; **gelb- bis tombakbraun**; wenn angewittert, dunkelbraune Farbe; schwarzer Strich; opakes Mineral; meist **ferromagnetisch**

Härte: 3,5 - 4,5                      Dichte: 4,6

Spaltbarkeit: Gut nach (0001) und (11 $\bar{2}$ 0)

Chem.-physik. Reakt.: Zur magnetischen Masse unter SO<sub>2</sub>-Abgabe sinter- bis schmelzbar; in nichtoxidierenden Säuren unter H<sub>2</sub>S-Abgabe löslich

Fe-Nachweis: + (erst nach Abrösten)                      S-Nachweis: +

**Mineralogie:** XX selten (rosettenartige sechsseitige Tafeln); meist derb; auch erhebliche Ni-Gehalte (wenn verwachsen mit Pentlandit)

**Vorkommen:** Basische Magmatite, Granitpegmatite, hydrothermale Gänge, pneumatolytisch-kontaktmetasomatische Lagerstätten; Meteoritenmineral (Troilit); oft zusammen mit Pentlandit, Kupferkies, Pyrit, Magnetit

**Verwendung:** Wenn mit Pentlandit, (Ni,Fe)<sub>9</sub>S<sub>8</sub>, verwachsen, als Ni-Erz; Ni als Stahlveredler

**SIDERIT:** Fe[CO<sub>3</sub>] trigonal, siehe Karbonate (Teil C); nur noch bedingt Eisenerz, in Österreich nur Zuschlagstoff (z. B. Stahlwerk Leoben-Donawitz, Siderit vom Steirischen Erzberg)

## Mangan-Mineralie:

**PYROLUSIT:** β-MnO<sub>2</sub>, tetragonal

Physik. Daten: (Halb)metallischer Glanz; Farbe stahlgrau-schwarz; Strich schwarz

Härte: 6 (lockere Aggregate geringer)                      Dichte: 5

Spaltbarkeit: Keine, aber Scheinspaltbarkeit nach (010) und (110)

Chem.-physik. Reakt.: Siehe Braunstein, Mn-Nachweis: +

**Mineralogie:** Meist pseudomorph insbesondere nach Manganit; kleine glänzende XX, aber auch erdige und strahlig-kristalline Massen; lockere Aggregate leicht abfärbend

**Vorkommen:** In Mn-Schiefen; in oxidischen Mn-Lagerstätten in Klüften; dendritisch in vielen anderen Phasen eingewachsen.

**Verwendung:** Sehr wichtiges Mn-Erz

**PSILOMELAN-KRYPTOMELAN-GRUPPE:** ~ MnO<sub>2</sub> mit H<sub>2</sub>O, Na, K, Sr, Ba, Pb

Physik. Daten: Matter, eventuell schimmernder Glanz; Farbe schwarz; Strich schwarz

Härte: 5-6                      Dichte: 4,5 – 5

Spaltbarkeit: Keine; muscheliger Bruch

Chem.-physik. Reakt.: Siehe Braunstein, Mn-Nachweis: +

**Mineralogie:** Gelbbildung mit Übergängen zu feinstkristallinem Material; erdig, stets schlecht kristallisiert

**Vorkommen:** Zusammen mit anderen Mn-Oxiden und Limonit im Braunstein; sehr verbreitet; oft mit glatter, matt glänzender Oberfläche ("schwarzer Glaskopf")

**Verwendung:** Mn-Erz für die Stahlerzeugung (Stahlveredler)

**BRAUNSTEIN:** ~ MnO<sub>2</sub>, Gemenge verschiedener Manganoxide

Physik. Daten: Gemeiner bis halbmattglänzender Glanz; schwarz-braun, undurchsichtig; braunschwarzer Strich

Härte: 1 - 6      Dichte: 1 – 4

Spaltbarkeit: Keine

Chem.-physik. Reakt.: Unschmelzbar; in heißer HCl unter Abgabe von Cl<sub>2</sub>-Gas (gelbgrün, stechender Geruch, giftig!) löslich; beim trockenen Erhitzen O<sub>2</sub>-Abgabe (glimmender Holzspan beginnt zu brennen).

Mn-Nachweis: + (Perle)      H<sub>2</sub>O-Nachweis: +

**Mineralogie:** Gemenge verschiedener Mn-Oxide (Psilomelan, Pyrolusit, Manganit); erdige weiche Massen: "Wad"; oft mit erheblichen Gehalten (auch adsorptiver Natur) von anderen Metallen (Co, Cu, Ba; auch U, Ra) und Wasser

**Vorkommen:** In oxidischen Mn-Erzlagerstätten; in der Oxidationszone karbonatischer und silikatischer Mn-Erzlagerstätten

**Verwendung:** Wichtiges Mn-Erz; Mn als Stahlveredler; reines MnO<sub>2</sub> für (Zn-Kohle)-Trockenbatterien

**MANGANIT:** MnO(OH), monoklin (pseudorhombisch)

Physik. Daten: Metallischer Glanz; **schwarz** undurchsichtig, in dünnsten Splittern rotbraun durchscheinend; Strich **braun**

Härte: 4      Dichte: 4,4

Spaltbarkeit: Vollkommen nach (010); Bruch uneben; spröde

Chem.-physik. Reakt.: Siehe Braunstein, Wasser entweicht aber erst bei höheren Temperaturen; in konzentrierter HCl unter schwacher Chlorentwicklung (gelbgrünes, stechend riechendes, giftiges Gas! Vorsicht!) löslich

Mn-Nachweis: + (Perle)      H<sub>2</sub>O-Nachweis: +

**Mineralogie:** XX stengelig mit Basis; oft Zwillinge (Kniezwillinge wie Rutil, Durchwachungs-zwillinge wie Staurolith); spießig-strahlig; oft oberflächlich in Pyrolusit umgewandelt (dann schwarzer Strich)

**Vorkommen:** In hydrothermalen Gängen; auf selbständigen Mn-Erzgängen neben Baryt und Calcit; seltener in Braunsteinen

**Verwendung:** Mn-Erz; Mn als Stahlveredler

**BRAUNIT:** Mn<sub>7</sub>SiO<sub>12</sub>, tetragonal

Physik. Daten: schwarzbraun mit Fettglanz

Härte: 6 - 6,5      Dichte: 4,8

**Mineralogie und Vorkommen:** körnig, derb, kleine Kristalle; Mineral der Regional- und Kontaktmetamorphose, lagerstättenbildend in Südafrika (Postmasburg/Kalahari-Erzfeld)

**Verwendung:** wichtiges (silikatisches) Mn-Erz

**RHODONIT:** CaMn<sub>4</sub>[Si<sub>5</sub>O<sub>15</sub>], triklin

Physik. Daten: Gemeiner Glanz; meist rötlich, auch braun; durch Oxidation zu oxidischen Mn-Mineralen äußerlich oft schwarz gefärbt; meist undurchsichtig; Strich farblos bis hell rotbraun.

Härte: 6      Dichte: 3,5

Spaltbarkeit: Sehr gut nach (001) und (100); muscheliger Bruch; zäh

Chem.-physik. Reakt.: Schwer zur Kugel schmelzbar; von Säuren nicht angreifbar (Aufbrausen eventuell infolge karbonatischer Verunreinigungen).

Mn-Nachweis: + (Perlenfärbung)

**Mineralogie:** Selten XX; derb, spätig oder dicht; oft in oxidische Mn-Mineralie umgewandelt  
**Vorkommen:** Mit Hornstein und Kieselschiefer; in silikatischen metamorphen Mn-Lagerstätten  
**Verwendung:** Für Kunstgegenstände; als Dekorstein

**RHODOCHROSIT:**  $\text{Mn}[\text{CO}_3]$  trigonal, siehe Karbonate (Teil C);  
lokal als Mn-Erz; rosa gebändert als Schmuckstein (aber weich)

### Nickel- und Kobalt-Mineralie:

Ni- und Co-Mineralie treten häufig gemeinsam auf und sind an basische Magmatite gebunden, bzw. bilden polymetallische Lagerstätten (Bi-Co-Ni-Ag-(U)-Formation, z.B. Erzgebirge (D/CZ).

**PENTLANDIT:**  $(\text{Ni,Fe})_9\text{S}_8$ , kubisch

Physik. Daten: Metallglanz; gelb, wegen Verwachsung mit Pyrrhotin/Magnetkies scheinbar tombakbraun; scharfer Strich; opakes Mineral

Härte: 3,5 - 4                      Dichte: 4,8

Spaltbarkeit: in größeren Körnern deutlich nach (111)

Chem.-physik. Reakt: da kaum vom Magnetkies abtrennbar, Nachweise nicht eindeutig; bei geringen Co-Gehalten auch blaue Perlenfärbung

Ni-Nachweis: + (mit nasschemischer Komplexreaktion)

S-Nachweis: + (Heparprobe)

**Mineralogie und Vorkommen:** XX selten, meist körnig und verwachsen mit Pyrrhotin/Magnetkies, daher oft übersehen; auch häufig neben Kupferkies/Chalkopyrit in magmatischen Gesteinen, z. B. basische Plutonite (Gabbros)

**Verwendung:** wichtigstes Ni-Erz (z. B. Sudbury/Canada, Norwegen, Halbinsel Kola) und wegen Co-Gehalt auch wichtiges Co-Erz

**ROTNICKELKIES/NICKELIN:** NiAs, dihexagonal-dipyramidal

Physik. Daten: Metallischer Glanz; helle **rötliche** Farbe, auch bunt anlaufend; kupferfarbener bis schwarzer Strich; opakes Mineral

Härte: 5,5                      Dichte: 7,5

Spaltbarkeit: Schlecht nach (0001) und  $(1\ 0\ \bar{1}\ 0)$ ; muscheliger Bruch

Chem.-physik. Reakt.: Schwer schmelzbar; vor dem Lötrohr Abgabe eines weißen, nach Knoblauch riechenden Rauches (GIFTIG!) und weißen Beschlages ( $\text{As}_2\text{O}_3$ ); kein As-Spiegel; in konzentrierten Säuren mit hellgrüner Farbe löslich; oft merkbare Gehalte an Co (ergibt blaue Perlen!) und S (positive Heparprobe!).

Ni-Nachweis: + (mit nasschemischer Komplexreaktion)                      As-Nachweis: +

**Mineralogie:** Fast nie XX; derb eingesprengt, gestrickt, nierig, traubig

**Vorkommen:** Neben Pentlandit wichtigstes Ni-Mineral; meist hydrothermal zusammen mit anderen Ni- und Co- (auch Bi- und Ag-) Mineralien; häufig mit Krusten von Ni-Oxidationsmineralien (z. B. Annabergit) versehen.

**Verwendung:** Ni-Erz; Ni als Stahlveredler (Legierungsmetall)

**WEISSNICKELKIES/CHLOANTHIT (Ni-Skutterudit):**  $(\text{Ni,Co})\text{As}_3$ , kubisch

Physik. Daten: Metallglanz, zinnweiß

Härte: 5,5                      Dichte: 6,5

**Mineralogie und Vorkommen:** Mischkristalle mit Skutterudit, häufig XX, zusammen mit Skutterudit vorkommend und diesem sehr ähnlich

**Verwendung:** lokal wichtiges Ni-Co-Erz (z. B. Norwegen, Canada; Erzgebirge/Sachsen)

**GERSDORFFIT:** Ni[AsS]; kubisch

Physik. Daten: Metallischer Glanz; silberweiße bis hellgraue Farbe; grauschwarzer Strich; opakes Mineral

Härte: 5            Dichte: 6

Spaltbarkeit: Vollkommen nach (100); unebener Bruch

Chem.-physik. Reakt.: Vor dem Lötrohr Bildung eines nach Knoblauch riechenden Rauches (GIFTIG!) und weißen Beschlages von As<sub>2</sub>O<sub>3</sub>.: As-Nachweis:+

Ni-Nachweis: +        S-Nachweis: +

**Mineralogie:** Verbreitet, aber selten reichlich; XX (Würfel, Oktaeder, Dodekaeder) selten; meist derb, körnig

**Vorkommen:** In Ni-Lagerstätten, oft zusammen mit Kupferkies; oberflächlich häufig in Annabergit (Nickelblüte), ein apfelgrünes wasserhaltiges Nickelarsenat, umgewandelt

**Verwendung:** Gelegentlich als Ni-Erz; Ni als wichtiger Stahlveredler (Legierungsmetall)

**ANNABERGIT:** Ni<sub>3</sub>[AsO<sub>4</sub>]<sub>2</sub> • 8H<sub>2</sub>O, monoklin-prismatisch

Physik. Daten: Matter Glasglanz; **hellgrüne Farbe**; blaßgrüner Strich

Härte: 2,5        Dichte: 3 - 3,1

Spaltbarkeit: Gut nach (010)

Chem.-physik. Reakt.: Vor dem Lötrohr leicht unter Bildung eines weißen, nach Knoblauch riechenden Rauches (GIFTIG!) und Bildung eines weißen, in der Hitze leicht vertreibbaren Beschlages (As<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) schmelzbar; in Säuren mit hellgrüner Farbe löslich

Ni-Nachweis: + (nasschemische Komplexreaktion)

As-Nachweis: +        H<sub>2</sub>O-Nachweis: +

**Mineralogie:** XX selten; meist erdige, pulvrige auch kugelige Anflüge

**Vorkommen:** Verwitterungsmineral von primären Ni- und Co-Erzen; stellenweise Begleiter von rosa Erythrin

**Verwendung:** keine wirtschaftliche Bedeutung

**GARNIERIT (“Nickelserpentin”):** (OH)<sub>4</sub>(Ni,Mg)<sub>3</sub>[Si<sub>2</sub>O<sub>5</sub>], monoklin

Physik. Daten: Gemeiner bis matter Glanz; (**apfel**)grüne Farbtöne; undurchsichtig; blasser bis hellgrüner Strich

Härte: 2-4        Dichte: 2,2 - 2,7 (je nach Ni-Gehalt)

Spaltbarkeit: Schlecht beobachtbar

Chem.-physik. Reakt.: Wie Serpentin; kaum schmelzbar; durch Säuren unter Abscheidung gallertiger Kieselsäure (schlecht) zersetzbar, Ni-Nachweis: +

Mg-Nachweis: + (schlecht)        H<sub>2</sub>O-Nachweis: +

**Mineralogie:** Stets nur kryptokristalline oder derbe, erdige, auch nierige Massen.

**Vorkommen:** Auf Ni-führenden Serpentin (z. B. Neukaledonien)

**Verwendung:** **Wichtiges** silikatisches Ni-Erz; Ni ist ein wichtiger Stahlveredler.

**KOBALTGLANZ/COBALTIT:** Co[AsS], kubisch-disdodekaedrisch

Physik. Daten: Metallischer Glanz; **silberweiß-rötlich**, oft rötlich-grau anlaufend; grauschwarzer Strich; opakes Mineral

Härte: 5,5        Dichte: 6,0 - 6,5

Spaltbarkeit: Wechselnd gut nach (100); muscheliger, unebener Bruch, spröde

Chem.-physik. Reakt.: Leicht zur (meist magnetischen) Kugel unter As<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-Bildung (Geruch, Beschlag; GIFTIG!), schmelzend; meist erhebliche Fe-Gehalte, auch Ni möglich; in warmer HNO<sub>3</sub> löslich (rosarote Farbe): Co-Nachweis:+

As-Nachweis: +        S-Nachweis: +

**Mineralogie:** Oft modellartig ausgebildete XX (Pentagondodekaeder mit Oktaeder ergibt einen scheinbaren Ikosaeder); würfelige XX meist mit Riefung analog zu Pyrit; derb und körnig.

**Vorkommen:** XX eingesprengt in kristallinen Schiefem; auch Imprägnationen in metamorphen Gesteinen; in Gängen von Bi-, Co-, Ni-, Ag-Lagerstätten

**Verwendung:** Co-Erz; Co als wichtiger Stahlveredler; auch für magnetische Legierungen

**SAFFLORIT:**  $\text{CoAs}_2$ , mon./rh. und **SKUTTERUDIT:**  $\text{CoAs}_3$ , kubisch (Speiskobalt, Smalтин)

Physik. Daten: Metallglanz, zinnweiß; Strich dunkel

Härte: 6            Dichte: 6,8

**Mineralogie und Vorkommen:** häufig XX eingewachsen im Ni-/Co-Umgebungserz; Norwegen (Skutterud), Cobalt/Ontario, Canada

**Verwendung:** neben und mit den anderen Co-Mineralien wichtige Co-Erze

**ERYTHRIN:**  $\text{Co}_3[\text{AsO}_4]_2 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$ , monoklin

Physik. Daten: Starker Glasglanz; **rote bis violette** Farbtöne; rosaroter Strich

Härte: 2,5            Dichte: 3,1

Spaltbarkeit: Gut nach (010)

Chem.-physik. Reakt.: Vor dem Lötrohr zur dunklen Kugel schmelzbar, aber  $\text{As}_2\text{O}_3$ -Verflüchtigung (giftig!); in Säuren je nach deren Konzentration mit blauer - roter Farbe löslich

Co-Nachweis: + (Perle)            As-Nachweis: + (siehe Annabergit)

$\text{H}_2\text{O}$ -Nachweis: +

**Mineralogie:** XX stengelig und violett; ansonst rosa-erdige Ausblühungen und Beschläge

**Vorkommen:** In der Oxidationszone von Ni- und Co-Erzen, Zeigermineral;

**Verwendung:** keine wirtschaftliche Bedeutung

## Vanadium-, Niob- und Tantal-Mineralie

Vanadium ist u. A. ein biogenes Element, daher oftmals an Sedimente gebunden; im Titanomagnetit (wichtigstes V-Erz!) aber auch in basischen Tiefengesteinskörpern angereichert. Nb und Ta sind charakteristisch für Pegmatite und Karbonatite.

**VANADINIT:**  $\text{Pb}_5[\text{VO}_4]_3\text{Cl}$ , hexagonal-dipyramidal (isotyp zu Apatit)

Physik.-Daten: Diamantglanz; meist rötliche Farbe, aber auch gelb, orange, braun; heller, zuweilen gelblicher Strich

Härte: 3            Dichte: 7,0

Spaltbarkeit: Keine, muscheliger Bruch

Chem.-physik. Reakt.: Leicht schmelzbar; beim Anblasen auf der Kohle entsteht ein in der Hitze gelber, in der Kälte weißer Beschlag von  $\text{PbO}$ , der sich durch Hitze gut vertreiben lässt;

säurelöslich:    Pb-Nachweis: +            V-Nachweis: +

Cl-Nachweis: +

**Mineralogie:** XX meist klein mit hexagonalem Querschnitt, von hohem Glanz und flächenreich; oft Durchwachsungen; ansonst derb, traubig-nierig, auch faserig

**Vorkommen:** Seltenes Mineral; Begleiter von Pyromorphit und anderen Pb-Oxidationsmineralen in der Oxidationszone von Bleilagerstätten; gelegentlich Drusen in Klüften von Kalksteinen und Dolomiten (z. B. Bleiberg und Hochobir, Ktn.)

**Verwendung:** nur lokal als V-Erz; V als Stahlveredler (Werkzeugstahl)

**CARNOTIT:**  $\text{K}_2(\text{UO}_2)_2[\text{V}_2\text{O}_8] \cdot 3\text{H}_2\text{O}$  und **TUJAMUNIT:**  $\text{Ca}(\text{UO}_2)_2[\text{V}_2\text{O}_8] \cdot 5-8 \text{H}_2\text{O}$

Gelb, dichte Aggregate, weich, radioaktiv (U!); wichtige V- und U-Erze (z. B. in Sandsteinen des Colorado-Plateau/USA; Australien, Russland)

**COLUMBIT-REIHE:** **COLUMBIT** (Fe,Mn)Nb<sub>2</sub>O<sub>6</sub>, **TANTALIT** (Fe,Mn)Ta<sub>2</sub>O<sub>6</sub>, rhombisch (die Mischkristallreihe ist auch unter dem Namen "COLTAN" bekannt)

Physik. Daten: Metallisch-halbmattlicher Glanz; schwarz; Strich braunschwarz

Härte: 6      Dichte: 5,3 (Columbit) bis 8,1 (Tantalit)

**Mineralogie und Vorkommen:** schwarze XX, oft tafelig oder säulig, meist eingewachsen in Granit- und Alkalipegmatiten und Quarzgängen, auch in Seifenlagerstätten (z. B.: Kongo, Nigeria, Brasilien, Australien, Canada, ...)

**Verwendung:** wichtige Nb- und Ta-Erze für Sonderstähle, Ta für leistungsfähige Kleinstkondensatoren (Handy, Laptop etc.)

**EUXENIT und SAMARSKIT:** SEE-Niobate und -Tantalate, wichtige Nb- und Ta-Erze aus Alkalipegmatiten (z. B. Norwegen)

**PYROCHLOR-GRUPPE:** Na,Ca,SEE-Niobate und -Tantalate, wichtige Nb-, Ta- und SEE-Erze aus Karbonatiten

### **Chrom-, Molybdän- und Wolfram-Minerale:**

**CHROMIT:** (Fe,Mg)(Cr,Al)<sub>2</sub>O<sub>4</sub>, kubisch hexakisoktaedrisch

Physik. Daten: Metallisch-halbmattlicher Glanz; **schwarz undurchsichtig**, nur dünnste Splitter randlich braun durchscheinend; **Strich braun**; meist unmagnetisch

Härte: 5,5      Dichte: 4,5 - 4,8

Spaltbarkeit: Keine; muscheliger Bruch

Chem.-physik. Reakt.: Unschmelzbar; nach Erhitzen vor dem Lötrohr eventuell schwach magnetisch; in Säuren praktisch unlöslich; durch Soda schwer, mit K<sub>3</sub>S<sub>2</sub>O<sub>7</sub> leichter aufschließbar      Cr-Nachweis: + (Perlenreaktion)

**Mineralogie:** Häufigstes und wichtigstes Cr-Mineral; gehört zur Spinellgruppe; kleine oktaedrische XX sehr selten; meist derb, körnig eingesprengt, auch lagig - schlierig.

**Vorkommen:** Frühmagmatisches Ausscheidungsprodukt; an ultrabasische Gesteine, wie Peridotite und daraus entstandene Serpentinite gebunden; Anreicherung in Seifen ("Sekundäre Lagerstätte")

**Verwendung:** Wichtigstes Cr-Erz (Cr als Stahlveredler); Cr-V-Werkzeugstähle; wenn Mg-,Al-reich: Herstellung von feuerfesten Steinen (Chromit-Periklassteine) für Hochofenauskleidungen

**KÄMMERERIT:** ein Cr-Chlorit, violette Zeigerminerale in chromitführenden Ultrabasiten

**UWAROWIT:** ein Ca-Cr-Granat, tief grün, Verwendung als Edelstein

**KROKOIT:** ein Pb-Chromat, Pb[CrO<sub>4</sub>], selten, aber auffällig orange, giftig!

**MOLYBDÄNIT/MOLYBDÄNGLANZ:** MoS<sub>2</sub>, hexagonal

Physik. Daten: Metallischer Glanz; bleigraue Farbe; Strich grauschwarz; opakes Mineral

Härte: 1-1,5      Dichte: 4,7 - 4,8

Spaltbarkeit: Vorzüglich nach der Basis (0001)

Chem.-physik. Reakt.: Unschmelzbar; sublimiert mit der Zeit vor der Flamme, auf der Kohle auch weißer Beschlag, der sich nach Anblasen mit der Reduktionsflamme tiefblau verfärbt, sehr schwer löslich

Mo-Nachweis: + (erst nach Abrösten)      S-Nachweis: +

**Mineralogie:** Freie XX selten; meist schuppig-blättchenförmiges Material; lässt sich leicht nach der Basis mit dem Fingernagel **ablättern** (ähnlich Graphit); **fettig anführend**; gut biegsam

**Vorkommen:** In pneumatolytisch-hydrothermalen Restkristallisation (z.B. Greisen); magmatisch in porphyrischen Cu-Lagerstätten (mit Kupferkies); in Pegmatiten; zusammen mit Scheelit, Wolframit, Topas, Beryll, Quarz, Fluorit, Arsenkies, Kupferkies, Pyrit

**Verwendung:** wichtigstes Mo-Erz; Mo als Stahlveredler (Mo-Hochleistungsstähle), auch als Rein-Mo (mp 2623°C); MoS<sub>2</sub> als Schmiermittel (wegen Schichtstruktur!)

**WULFENIT:** Pb[MoO<sub>4</sub>], tetragonal

Physik. Daten: Gemeiner-harziger-fettartiger Diamantglanz; meist **gelbe-orange-hellbraune** Farbe; undurchsichtig bis durchscheinend; blasser Strich

Härte: 3            Dichte: 6,7 - 6,9

Spaltbarkeit: Ziemlich deutlich nach (101); Bruch muscheliger; spröde

Chem.-physik. Reakt.: Schmilzt unter Zerknistern; auf der Kohle bildet sich dabei ein gelber (heiß) bis weißer (kalt) Beschlag von PbO; in Säuren einigermaßen löslich; mit Schwefelsäure und Alkohol bildet sich eine blaue Lösung.

Pb-Nachweis: +            Mo-Nachweis: +

**Mineralogie:** XX meist **tetragonale (dünne) Tafeln** mit deutlichen Basisflächen, jedoch auch "dipyramidale" Formen; oft zu zelligen Gebilden zusammengewachsen; auch derb und erdig

**Vorkommen:** Verbreitet in der Oxidationszone von Pb-Lagerstätten (z. B. Bleiberg, Ktn.)

**Verwendung:** Nur lokal als Pb- und Mo-Erz

**SCHEELIT:** Ca[WO<sub>4</sub>], tetragonal

Physik. Daten: Gemeiner Glanz; farblos-grau bis schmutziggelb und orange; durchsichtig bis undurchsichtig; farbloser Strich; **fluoresziert im UV-Licht** bläulich oder gelblich (je nach Mo-Gehalt)

Härte: 5            Dichte: 6,0

Spaltbarkeit: Gut nach (101); muscheliger Bruch; spröde

Chem.-physik. Reakt.: Sehr schwer schmelzbar; in Säuren unter Abscheidung hellgelber Wolframsäure schlecht löslich

Ca-Nachweis: + (Flammenfärbung eher schlecht)            W-Nachweis: +

**Mineralogie:** XX meist auf- und eingewachsen; in alpinen Klüften (spitz)pyramidale Tracht; auch derb und unscheinbar (aber auffällig wegen der hohen Dichte)

**Vorkommen:** Pegmatitisch-pneumatolytisch, auch kontaktpneumatolytisch; in alpinen Klüften; in Quarziten, Gneisen und Amphiboliten (z. B. Felbertal/Mittersill, Sbg., ist eine der größten W-Lagerstätten weltweit!)

**Verwendung:** Neben Wolframit wichtigstes W-Erz; W als Stahlveredler (hohe Härte durch WC); als Metall für Glühwendel; zur Herstellung von WC als Hartmetall (siehe Wolframit)

**WOLFRAMIT:** (Fe,Mn)WO<sub>4</sub>, monoklin

Physik. Daten: Halbmetallischer Diamantglanz; tiefbraune bis schwarze Farbe;

Strich braunschwarz

Härte: 5 - 5,5            Dichte: 7,2 - 7,5

Spaltbarkeit: Vorzüglich nach (010); unebener Bruch

Chem.-physik. Reakt.: Sehr schwer zur magnetischen Kugel schmelzbar; in konzentrierter HCl langsam löslich, beim Verdünnen Ausfallen von gelber Wolframsäure; Fe + W zusammen ergeben eine charakteristische blutrote Phosphorsalz-Reduktionsperle.

**W-Nachweis:** + (Perle oder Reduktion in Lösung; besser nach Soda-Aufschluß)

**Mineralogie:** Oft große dicktafelige oder säulige XX mit charakteristischer Längsriefung; auch derb, strahlig, schalig-blättrig

**Vorkommen:** In Sn-W-Pegmatiten, pneumatolytischen Gängen, in Greisen; häufig in Seifen (sekundär) angereichert

**Verwendung:** Neben Scheelit das wichtigste W-Erz; W als Stahlveredler (hohe Härte durch WC); für Glühwendel, zur WC-Herstellung (Hartmetall); Turbinenschaufeln in Jet-Triebwerken; Wolfram besitzt mit 3422°C den höchsten Schmelzpunkt aller Metalle.

## 2) Bunt- und Edelmetalle (Cu, Ag, Au; Pt-Metalle; Pb, Zn, Cd, Hg).

### Kupfer-Mineralie:

Als Kupferzeit (Chalkolithikum) wird die späte Jungsteinzeit bezeichnet (ab ca. 4000 bis ca. 2000 v. Chr.; in Serbien und Bulgarien früher): erste eigenständige Kupferverarbeitung.  
Bronzezeit: ca. 2000 bis ca. 800 v. Chr. (As- und Sn-Bronzen)

**CHALKOPYRIT/KUPFERKIES:**  $\text{CuFeS}_2$ , tetragonal-skalenoedrisch

Physik. Daten: Metallischer Glanz; **messinggelb**, oft bunte Anlauffarben;

Strich grünlichschwarz; opakes Mineral

Härte: 3,5-4                      Dichte: 4,2

Spaltbarkeit: Keine; muscheliger Bruch

Chem.-physik. Reakt.: Vor dem Lötrohr unter  $\text{SO}_2$ -Abgabe zur magnetischer Masse sinterbar (Fe-Nachweis +), an Kanten schmelzbar; in HCl schwer, in  $\text{HNO}_3$  gut mit grüner bis grün-gelber Farbe unter Abscheidung von S (schwimmt oben) löslich

Cu-Nachweis: +

Fe-Nachweis: +

S-Nachweis: +

} (Gleichzeitiger Nachweis mit  
nasschemischen Verfahren)

**Mineralogie:** XX selten, tetraederähnlich; meist derb eingesprengt, massig

**Vorkommen:** Akzessorisch und Lagerstätten bildend in basischen magmatischen Gesteinen; auf Gang- und Kontaktlagerstätten; weltwirtschaftlich am wichtigsten sind aber porphyrische Cu-(Mo)-Lagerstätten, in denen Kupferkies feinst verteilt ("disseminierte" Cu-Lagerstätten) oder gängenförmig auftritt.

**Verwendung:** Weltwirtschaftlich wichtigstes Kupfererz; Cu als wichtigster elektrischer Leiter (für Standardanwendungen); duktiles Konstruktionsmetall (Rohre, Bleche); Legierungen: Messing (Cu-Zn), Bronze (Cu-Sn), Münzmetall „Nordic gold“ (Nordisches Gold, Cu 89, Al 5, Zn 5, Sn 1%) für Euromünzen (50, 20, 10 Eurocent)

**BORNIT/BUNTKUPFERERZ:**  $\text{Cu}_5\text{FeS}_4$ , tetragonal (pseudokubisch), kubisch  $>230^\circ\text{C}$

Physik. Daten: Metallischer Glanz; **bronze-braun bis rötlich tombakbraun, violett als**

**Anlauffarbe**; Strich grauschwarz; opakes Mineral

Härte: 3                      Dichte: 5,1

Spaltbarkeit: Keine; muscheliger Bruch

Chem.-physik. Reakt.: Wie Kupferkies, jedoch ammoniakalischer Cu-Tetramminkomplex ist intensiver blau (mit weniger Eisenhydroxid-Niederschlag).

Cu-Nachweis: +

Fe-Nachweis: +

S-Nachweis: +

**Mineralogie:** XX sehr selten; derb eingesprengt, massig

**Vorkommen:** Ähnlich Kupferkies; weit verbreitet in hydrothermalen Cu-Lagerstätten

**Verwendung:** Cu-Erz; Cu als wichtigster elektrischer Leiter (siehe Chalkopyrit)

**COVELLIN:**  $\text{CuS}$ , hexagonal

Physik. Daten: Metallischer Glanz (frisch) bis halbmetallisch-matt; **grau-blauschwarze Farbe**;

Strich **blauschwarz**; opakes Mineral

Härte: 1,5-2                      Dichte: 4,7

Spaltbarkeit: Vorzüglich nach Basis (0001) (an feinkörnigen Proben unsichtbar)

Chem.-physik. Reakt.: Gut schmelzbar, eventuell in feinsten Blättchen sogar brennbar (Geruch

nach SO<sub>2</sub>); in HNO<sub>3</sub> löslich

Cu-Nachweis: + (eventuell vorher abrösten)

S-Nachweis: +

**Mineralogie:** XX selten; meist derbe blättrige Massen; auch feinkörnig, erdig

**Vorkommen:** In der Verwitterungszone von Cu-Lagerstätten; selten als vulkanisches Sublimationsprodukt; in (sub)vulkanischen Cu-Lagerstätten

**Verwendung:** Lokal bedeutendes Cu-Erz

**KUPFER:** Cu (gediegen), kubisch-hexakisoktaedrisch

Physik. Daten: Metallglanz; frisch **kupferrote Farbe**, angelaufen auch braun;

Strich kupferrot; opakes Mineral

Härte: 2,5 – 3                      Dichte: 8,5 – 9

Spaltbarkeit: Keine; leicht **biegsam** und **formbar**; hakiger Bruch

Chem.-physik. Reakt.: Ziemlich leicht schmelzbar (mp. 1084°C); in Säuren mit grünen oder blauen Farbtönen löslich; beim Lösen in Schwefelsäure entsteht SO<sub>2</sub> (stechender Geruch).

Cu-Nachweis: + (mit Ammoniak blauer Tetramminkomplex)

**Mineralogie:** XX als Würfel, Oktaeder mit meist gerundeten Kanten, oft verzerrt; ansonst derb eingesprengt, blech- und baumartig; auch mit grünlichen oder braunschwarzen Verwitterungskrusten (Cu-Sekundärminerale) überzogen

**Vorkommen:** An der Grenze der Zementations- und Oxidationszone von Cu-Lagerstätten; auf (prähistorischen) Schmelzplätzen (neben Malachit kulturgeschichtlich ältestes Cu-Erz), gediegen Kupfer (größte Lgst. am Lake Superior, USA) war früher ein wichtiges Kupfererz; ist heute als Kupfermineral gegenüber Kupferkies weltwirtschaftlich unbedeutend.

**Verwendung:** Elektrischer Leiter (siehe Chalkopyrit)

**CHALKOSIN/KUPFERGLANZ:** Cu<sub>2</sub>S, monoklin (< 100°C)

Physik. Daten: Metallischer Glanz; stahlgraue Farbe; Strich dunkelgrau; opakes Mineral.

Härte: 2,5 – 3                      Dichte: 5,8

Spaltbarkeit: Schlecht nach (110); muscheliger Bruch

Chem.-physik. Reakt.: Zur Kugel schmelzbar; bei Reduktion entsteht Kupferkorn; in HNO<sub>3</sub> unter grünblauer Farbe löslich

Cu-Nachweis: + (nach Abrösten)                      S-Nachweis: +

**Mineralogie:** XX selten, meist derb, eingesprengt; oft erdiger Überzug auf anderen Cu-Erzen; Derberze oft innig mit Pyrit verwachsen, daher mittels chemischer Reaktionen oft mit Kupferkies verwechselbar

**Vorkommen:** In der Zementationszone von Kupferlagerstätten; auch sedimentär; als hydrothermale Neubildung

**Verwendung:** lokal bedeutendes Cu-(Reich)Erz

**ENARGIT:** Cu<sub>3</sub>AsS<sub>4</sub>, rhombisch-pyramidal

Physik. Daten: Metallglanz; **stahl-eisengraue Farbe**; grauschwarzer Strich; opakes Mineral

Härte: 3,5                      Dichte: 4,4

Spaltbarkeit: Vollkommen nach (110); spröde

Chem.-physik. Reakt.: **Schmilzt leicht** auf der Kohle (Unterschied zu Fahlerzen) unter Bildung eines nach Knoblauch riechenden Rauches und eines weißen, in der Hitze leicht vertreibbaren Beschlages von As<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (GIFTIG!); in HNO<sub>3</sub> einigermassen löslich.

Cu-Nachweis: +                      As-Nachweis: +                      S-Nachweis: +

**Mineralogie:** Selten; XX kurzsäulig, würfelförmlich, auch nadelig, oft mit deutlich gerieften Flächen; gewöhnlich jedoch in derben, strahligen, körnigen, spätigen Aggregaten.

**Vorkommen:** Hydrothermales Gangmineral; auch in metasomatischen Imprägnations- und subvulkanischen Cu-Lagerstätten; zusammen mit Kupferglanz, Bornit, Covellin, Fahlerz, ...

**Verwendung:** Lokal wichtiges Cu-Erz (wegen As-Gehalt aber sinkende Nachfrage)



Cu-Nachweis: +      CO<sub>2</sub>-Nachweis: +      H<sub>2</sub>O-Nachweis: +

**Mineralogie:** XX häufig, flächenreich, säulig, auch tafelig, oft zu rundlichen Gruppen (Kugeln) verbunden; als erdige Anflüge auf Cu-Erzen; auch derb

**Vorkommen:** Als Cu-Sekundärmineral in der Oxidationszone von Cu-Lagerstätten; seltener als Malachit.

**Verwendung:** gelegentlich lokales Cu-Erz, mineralisches Farbpigment (auf Dauer instabil)

**CHALKANTHIT/KUPFERVITRIOL:** Cu[SO<sub>4</sub>] • 5H<sub>2</sub>O, triklin-pinakoidal

Physik. Daten: Gemeiner Glanz; **blau**; in Wasser gut löslich; Strich hellblau-farblos

Härte: 2,5      Dichte: 2,2 - 2,3

Spaltbarkeit: Keine; muscheliger Bruch

Chem.-physik. Reakt.: Wird beim Erhitzen erst farblos bis weiß (Wasserabgabe), dann dunkel; wasserlöslich; bitter schmeckend

Cu-Nachweis: +      S-Nachweis: +      H<sub>2</sub>O-Nachweis: +

**Mineralogie und Vorkommen:** XX selten; meist Krusten, nierenförmige Aggregate und als Ausblüher (Cu-Sekundärmineral) meist in Trockengebieten oder in alten Stollen

**Verwendung:** Selten als Cu-Erz; Schädlingsbekämpfungsmittel (synthetisch hergestellt)

**DIOPTAS**, Cu<sub>6</sub>[Si<sub>6</sub>O<sub>18</sub>] • 6 H<sub>2</sub>O, trig. und **CHRYSOKOLL** (mikrokristallin, rhombisch) sind grüne Cu-Silikate; Dioptas bildet hoch glänzende Kristalle, Chrysokoll meist traubige, derbe Massen (Sekundärmineral).

**Ägyptisch Blau** ist (seit der Antike) ein kräftig blaues, künstliches, anorganisches Mineralpigment. Bei der mineralischen Hauptphase handelt es sich um **Cuprorivaït** (CaCu[Si<sub>4</sub>O<sub>10</sub>]).

### Minerale der Edelmetalle (Ag, Au, PGE):

Gold zählt (mit Kupfer) zu den ersten Metallen, die der Mensch verwendet hat.

**SILBER:** Ag, (ev. ±Au, Cu, Hg), kubisch-hexakisoktaedrisch

Physik. Daten: Metallischer Glanz; **silberweiße Farbe**, äußerlich durch Ag<sub>2</sub>S meist matt schwarz angelaufen; opakes Mineral

Härte: 2,5 – 3      Dichte: 13 (meist aber niedriger)

Spaltbarkeit: Keine; Bleche und Drähte **dehnbar, biegsam**; hakiger Bruch

Chem.-physik. Reakt.: Gut schmelzbar (mp. 961,8°C), gibt nach einiger Zeit rötlichen Beschlag von Ag<sub>2</sub>O; in Salpetersäure zu farbloser Lösung löslich; in Salzsäure unter Abscheidung eines weißen Niederschlages (AgCl) schlecht löslich:      Ag-Nachweis: +

**Mineralogie:** XX als verzerrte Würfel und Oktaeder; ansonst derb, blechförmig, drahtartig; Silberschwärze ist dunkelgrau, pulvrig.

**Vorkommen:** Auf Erzgängen; in Oxidations- und Zementationszone von Ag-Erzvorkommen; Begleiter von anderen Ag-Mineralien

**Verwendung:** Edelmetall (Schmuck, Münzmetall), Legierung mit Gold (Weißgold), elektrischer Leiter, bakterizides Element (Nasen- und Augentropfen; Textilimprägnation), Filmherstellung schon historisch

**SILBERGLANZ:** Ag<sub>2</sub>S - **AKANTHIT**, monoklin, und **ARGENTIT**, kubisch

Physik. Daten: bleigrau und unscheinbar, oft als Überzug auf gediegen Ag

Härte: 2      Dichte: 7,3

**Mineralogie und Vorkommen:** meist derb, im Bleiglanz/Galenit eingewachsen; bildet sich aus gediegen Silber; Imprägnationserz in Sandsteinen (z. B. Utah, USA) oft zusammen mit

**Chlorargyrit:** AgCl, kubisch, grau und unscheinbar, aber beide wichtige Ag-Reicherze (z. B. in Sachsen/Erzgebirge, Nevada/USA, Mexico, ...)

### **ROTGÜLTIGERZE:**

**PROUSTIT/HELLES ROTGÜLTIGERZ:** Ag<sub>3</sub>AsS<sub>3</sub>, trigonal

Physik. Daten: Diamantglanz; scharlach- bis zinnoberrote Farbe (manchmal auch dunkler); gelblichroter Strich

Härte: 2,5      Dichte: 5,6

Spaltbarkeit: Schlecht nach (1 0  $\bar{1}$  1); muscheliger Bruch; spröde

Chem.-physik. Reakt.: Leicht schmelzbar unter Bildung eines nach Knoblauch riechenden Rauches (GIFTIG!) und eines weißen Beschlags von As<sub>2</sub>O<sub>3</sub>; Reduktion bis zu weichem Silberkorn möglich; in konzentrierter Salpetersäure einigermaßen löslich.

Ag-Nachweis: +      As-Nachweis: +      S-Nachweis: +

**Mineralogie:** Seltenes Mineral; XX prismatisch, rhomboedrisch, pyramidal; derb, eingesprengt, dendritische Anflüge

**Vorkommen:** Auf tief temperierten Gängen als Begleiter anderer Silberminerale; zusammen mit Bi-, Co-, Ni-Mineralen auf hydrothermalen Gängen (z. B. Erzgebirge/Sachsen); oft in Silberglanz und gediegen Silber umgewandelt (Anden)

**Verwendung:** reiches Ag-Erz, Ag als elektrischer Leiter, Münzmetall (siehe ged. Silber)

**PYRARGYRIT/DUNKLES ROTGÜLTIGERZ:** Ag<sub>3</sub>SbS<sub>3</sub>, trigonal

Physik. Daten: Metall- oder Diamantglanz, auch matt; tiefrote bis bleigraue Farbe; kirschroter fast schwarzer Strich

Härte: 2,5 – 3      Dichte: 5,8 - 5,9

Spaltbarkeit: Schlecht nach (1 0  $\bar{1}$  1); muscheliger-splittiger Bruch

Chem.-physik. Reakt.: Wie Proustit, aber Rauch, Geruch und Beschlag von Sb<sub>2</sub>O<sub>3</sub>.

Ag-Nachweis: +      Sb-Nachweis: +      S-Nachweis: +

**Mineralogie, Vorkommen und Verwendung:** wie Proustit

**GOLD:** Au, kubisch-hexakisoktaedrisch

Physik. Daten: Metallischer Glanz; **goldgelbe Farbe**, brauner bis goldgelber Strich; dünnste Folien grün durchscheinend; opakes Mineral

Härte: 2,5 – 3      **Dichte:** 19 - 15 (je nach Ag-Gehalt)

Spaltbarkeit: Keine; sehr **weich** und **geschmeidig**; zu dünnsten Folien hämmer- und walzbar; hakiger Bruch

Chem.-physik. Reakt.: Sehr schwer schmelzbar (mp. 1064,2°C); in Säuren (außer Königswasser) unlöslich

**Mineralogie:** XX meist verzerrte Oktaeder; auch Zwillinge nach (111); ansonst blechartig, dendritisch; auch winzige Körner und Anflüge (Flitter)

**Vorkommen:** "Freigold" in Quarzgängen, Schiefem („alpine Goldquarzgänge“); oft "unsichtbar" zusammen mit Pyrit, Arsenkies, Kupferkies; angereichert in Seifen ("Goldnuggets")

**Verwendung:** Edelmetall (Schmuck, Münzen, "Hortungsmetall"); Legierung mit Kupfer (Rotgold); elektrischer Leiter (z. B. Kontakte an Leiterplatten und hochwertigen Steckverbindungen)

**ELEKTRUM:** (Au,Ag), kubisch, variabler Ag-Gehalt (bis 30% Ag, dann silberweiß); primär als Freigold/Berggold (z. B. Alpen), aber auch in Goldseifen (weltweit): Kalifornien, Sibirien, Südafrika, ... Verwendung früher als Münzmetall (Byzanz)

**Au-Ag-Telluride:** viele Minerale in hydrothermalen Ganglagerstätten (z. B. Goldquarzgänge) und in subvulkanischen Lagerstätten, stellenweise wichtige Au-Ag-Erze (z. B. Anden)

### **Platingruppenelemente (PGE):**

leichte PGE: Ruthenium (Ru), Rhodium (Rh), Palladium (Pd)

schwere PGE: Osmium (Os), Iridium (Ir), Platin (Pt)

### **PLATIN: Pt, kubisch**

Physik. Daten: graumetallischer Glanz, aber stumpf und fast unscheinbar (wenig attraktiv), häufig legiert mit anderen Elementen (Fe u. a. PGE), nur in heißem Königswasser löslich

Härte: 4 - 4,5

Dichte (reines Pt): **21,4**.

Schmelzpunkt: 1768,4°C

**Mineralogie und Vorkommen:** Nuggets (Dichte!), daher oft auf sekundärer Lagerstätte (Ural); primär in ultrabasischen Tiefengesteinen, z. B. im Merensky Reef im Chromit-Horizont (Südafrika); weiters Canada und USA

**Verwendung:** Katalysator-Metall (z. B. für Autoabgase), Industrie-Element: chemische Ind.

Gewinnung auch aus Pt-Arseniden (z. B. Sperryolith, PtAs<sub>2</sub>); Schmuck- und Zahnindustrie.

Als Bestandteile von Autoabgaskatalysatoren werden die Metalle Platin, Palladium und Rhodium durch mechanischen Abrieb ausgestoßen. Angesichts der zunehmenden Verkehrsdichte gewinnt die Umweltbelastung durch Platin, Palladium und Rhodium an Bedeutung.

**Palladium:** billigstes PGE, mp. 1555°C; Gewinnung auch aus Ni- und Cu-Erzen; reaktiver als Pt, Ähnlichkeiten zu Ag;

**Verwendung:** Wasserstoff-Speicher durch Hydridbildung (Pd<sub>2</sub>H), Katalysator für chem. Reaktionen; Uhren- und Schmuckindustrie, Legierung mit Au (Weißgold), Zahnersatz

**Osmium:** hart und spröde, zur Härtung anderer PGE, mp. 3033°C, Dichte: 22,57!

### **Blei- und Zink-Mineralie, Cadmium- und Quecksilber-Mineralie:**

#### **GALENIT/BLEIGLANZ: PbS, kubisch-hexakisoktaedrisch**

Physik. Daten: Metallischer Glanz; bleigraue Farbe; grauschwarzer Strich; opakes Mineral.

Härte: 2,5 – 3

Dichte: 7,2 - 7,6

Spaltbarkeit: Vorzüglich nach dem Würfel {100}, Struktur isotyp zu Steinsalz

Chem.-physik. Reakt.: Leicht zur Kugel schmelzbar; in HNO<sub>3</sub> unter Abgabe von elementarem

Schwefel löslich; in HCl unter Abgabe von H<sub>2</sub>S und späterem Ausfällen von weißem PbCl<sub>2</sub> schlecht löslich

Pb-Nachweis: +

S-Nachweis: +

**Mineralogie:** XX oft gut ausgebildet (Würfel, Oktaeder), Flächen oft gekrümmt und / oder parkettiert; Zwillinge nach (111); derb meist grobspätig, dicht; auch eingesprengt

**Vorkommen:** Häufigstes Pb-Mineral in hydrothermalen Pb-Lagerstätten (gangartig, Imprägnationen, Metasomatosen); auch sedimentär in Karbonatgesteinen; mögliche Begleiter sind Zinkblende, Kupferkies, Pyrit, Fahlerz, Ag-Mineralie; Calcit, Baryt, Fluorit, Quarz.

**Verwendung:** Wichtigstes Pb-Erz, bei erhöhten Ag-Gehalten auch Ag-Erz; Pb für Akkumulatoren/Autobatterien, Kabelummantelungen; als Legierungsmetall, früher für Antiklopfmittel in verbleitem Treibstoff; heute Problemstoff (sinkende Nachfrage, hohe Recyclingrate)

**Cerussit:** Pb[CO<sub>3</sub>], rhombisch, siehe Karbonate der Aragonit-Reihe (Teil C); Sekundärmineral nach Galenit, farblos, glänzend, hohe Dichte; nur lokal ein leicht verhüttbares Pb-Erz

**Wulfenit:** Pb[MoO<sub>4</sub>], tetragonal, siehe Mo-Mineralie (Stahlveredler); gelbes Sekundärmineral in sedimentären Pb-Zn- Lagerstätten (z. B. Bleiberg, Ktn., Mežica, SLO)

**SPHALERIT/ZINKBLENDE:** ZnS, kubisch-hexakistetraedrisch

Physik. Daten: Halbmetallischer, auch metallischer Glanz; farblos (selten), gelb-durchsichtig bis durchscheinend, bis schwarz und undurchsichtig (mit zunehmendem Fe-Gehalt dunkler werdend); Strich farblos - braun

Härte: 4                      Dichte: 4

Spaltbarkeit: Vorzüglich nach dem Rhombendodekaeder {110}

Chem.-physik. Reakt.: Unschmelzbar, gibt aber vor dem Lötrohr charakteristischen weißen, in der Hitze gelben, nicht vertreibbaren Beschlag von ZnO; in HCl unter Abgabe von H<sub>2</sub>S einigermaßen, in HNO<sub>3</sub> gut löslich: Zn-Nachweis: + (Fe stört!)                      S-Nachweis: +

**Mineralogie:** Häufigstes und wichtigstes Zn-Mineral; XX **meist Tetraeder**, oft verzerrt, auch Zwillinge nach (111); grobkörnig oft spätig. Varianten: Leber- oder Schalenblende ist feinkörniges derbes Material, oft schalig aufgebaut

Weitere ZnS-Modifikation: **Wurtzit**, dihexagonal-pyramidal; braun, strahlig

**Vorkommen:** Besonders auf (tief-)hydrothermalen Erzgängen zusammen mit Pb-Erzen; hoch- bis hydrothermal, mit Kupferkies in Pegmatiten

**Verwendung:** Weltwirtschaftlich wichtigstes Zn-Erz; Zn als Korrosionsschutz auf Eisen und Stahl, Legierungsmetall mit Cu (Messing), mit Mg und Al in der Leichtmetallindustrie, Zn-Druckguss, Zn-Bleche; wichtiges Bioelement (Enzyme)

**Smithsonit/Zinkspat:** Zn[CO<sub>3</sub>], trigonal, siehe Karbonate der Calcit-Reihe (Teil C), Sekundärmineral („Galmei“), farblos, auch grünlich, nach Zinkblende/Sphalerit

**Hemimorphit/Kieselzinkerz:** Sekundärmineral („Kieselgalmei“), ein Zn-Gruppensilikat, farblose, meist glänzende XX (z. B. aus Bleiberg, Ktn.)

**GREENOCKIT:** CdS, hexagonal, isotyp zu Wurtzit

bildet gelbe Anflüge auf Zinkblende/Sphalerit, oft daraus entstanden (Cd-Gehalt im ZnS), Gewinnung von Cd (silberweißes Metall, weich), Cadmieren von Stahl (z. B. Schrauben): Resistenz gegen Meerwasser und Streusalz; wieder aufladbare Ni-Cd- Akkumulatoren (1,3 V Spannung), Regelstäbe in der Nukleartechnik; Cd-Sulfid als gelbes Mineralpigment und zur Färbung von Glas und Kunststoffen (gelb bis orange), Cd-Verbindungen sind giftig!

**CINNABARIT/ZINNOBER:** HgS, trigonal

Physik. Daten: Diamantglanz; **rote Farbe; Strich rot („Zinnoberrot“);**

XX in dünnen Splittern durchsichtig

Härte: 2 - 2,5                      Dichte: 8,1

Spaltbarkeit: Vorzüglich nach (1 0  $\bar{1}$  0); splittriger Bruch

Chem.-physik. Reakt.: Verflüchtigt sich vor dem Lötrohr zur Gänze (Achtung: GIFTIGER Dampf!); nur in Königswasser (schlecht) löslich.

Hg-Nachweis: +                      S-Nachweis: +

**Mineralogie:** Häufigstes Hg-Mineral; XX meist flächenreich; derbes Material körnig-dicht, eingewachsen, auch erdig; feinkörniges dichtes Erz dunkelrot ("Leber-Erz")

**Vorkommen:** Mit Pyrit, Antimonit, Quarz und Karbonaten; selbständig in Gängen und Klüften, Imprägnationen und metasomatische Erze; Exhalationsmineral; Verwitterungsprodukt von Hg-Fahlerzen

**Verwendung:** Wichtiges Hg-Erz; Hg für Amalgame (Legierung mit Ag: Zahnfüllungen), Goldgewinnung; Thermometer, Manometer; Quecksilberdampf lampen; heute eher ein Problemstoff, weil GIFTIG, daher Nachfrage sinkend

**QUECKSILBER:** Hg, flüssig bei Raumtemperatur

Physik. Daten: Schmelzpunkt bei  $-38,8^{\circ}\text{C}$ ; Siedepunkt bei  $356,7^{\circ}\text{C}$ , dann flüchtig und giftig (neurotoxische Wirkung); in großer Verdünnung praktisch überall vorhanden; meist natürliches Reduktionsprodukt nach Hg-Mineralen

**Verwendung:** Thermo-Barometrie (lineare Skala), Alkali-Elektrolyse, Dentalmedizin (Ag-Hg-Amalgam), in Leuchtstoffröhren und Hg-Dampflampen, Hochtemp.-Supraleiter; Desinfektions- und Beizmittel, Amalgamiermittel bei der Goldgewinnung; Verwendung rückläufig

### 3) Halbmetalle und Sondermetalle (As, Sb, Bi; Se, Te; Ga, Ge, In, Tl)

#### Arsen-Antimon-Wismut-Mineralen

**ARSEN:** As, trigonal

Physik. Daten: Matter (halb)metallischer Glanz; graue bis schwarze Farbtöne; schwarzer Strich; opakes Mineral

Härte: 3-4      Dichte: 5,5

Spaltbarkeit: Vollkommen nach (0001), unvollkommen nach (1 0  $\bar{1}$  2)

Chem.-physik. Reakt.: **Verflüchtigt sich** vor dem Lötrohr ohne Schmelzen vollkommen unter Bildung eines weißen, nach Knoblauch riechenden Rauches (GIFTIG!) und eines weißen, leicht durch Erhitzen vertreibbaren Beschlages ( $\text{As}_2\text{O}_3$ ).

Arsen-Nachweis: +

**Mineralogie:** XX schlecht entwickelt; meist derb, nierig, schalenartig („Scherbenkobalt“)

**Vorkommen:** Selten; auf Gängen mit As-haltigen Bi-, Co-, Ni-, Ag- und Cu-Erzen

**Verwendung:** Früher für diverse Giftstoffe (Insektizide), Halbleiterindustrie (Ga-Arsenid); fällt bei der Ni- und Co-Gewinnung als Nebenprodukt an. Arzneimittelindustrie und Insektizid (umstritten), heute eher ein Problemstoff

**AURIPIGMENT:**  $\text{As}_2\text{S}_3$ ; monoklin

Physik. Daten: Gemeiner Glanz; **gelbe Farbe**; hellgelber Strich

Härte: 1,5-2      Dichte: 3,5

Spaltbarkeit: Gut nach (010); an feinkörnigem, erdigem Material unsichtbar

Chem.-physik. Reakt.: Verflüchtigt sich vor dem Lötrohr auf der Kohle unter Abgabe eines nach Knoblauch riechenden Rauches (GIFTIG!) und eines in der Hitze leicht vertreibbaren weißen Beschlages ( $\text{As}_2\text{O}_3$ ); **wird beim Erhitzen rot** und gibt im Kölbchen ein **gelbes Sublimat**; in Säuren und Laugen löslich

As-Nachweis: +      S-Nachweis: +

**Mineralogie:** Freie XX sehr selten; meist erdig, stängelig, blättrig

**Vorkommen:** Auf verschiedenen Erzgängen zusammen mit Realgar (besonders in der Nachbarschaft von Arsenkies); ferner in Tonen, Phylliten und Kalken (z. B. bei Dellach im Drautal, Ktn.)

**Verwendung:** mineralisches Farbpigment (z. B. für Restaurierungen – „Goldpigment“)

**REALGAR:**  $\text{As}_4\text{S}_4$ , monoklin

Physik. Daten: Hoher, diamantartiger Glanz; **orange-hochrote Farbe**; Strich gelb-orange

Härte: 1,5-2      Dichte: 3,5 - 3,6

Spaltbarkeit: Eventuell nach (010); muscheliger Bruch; spröde

Chem.-physik. Reakt.: Verflüchtigt sich vor dem Lötrohr auf der Kohle unter Bildung eines nach Knoblauch riechenden Rauches (GIFTIG!) und weißen Beschlags von  $\text{As}_2\text{O}_3$ ; gibt im Kölbchen ein **gelbes bis rotes Sublimat**; in Laugen löslich.

As-Nachweis: +      S-Nachweis: +

**Mineralogie:** XX kurz-langprismatisch, jedoch nicht nadelig; ansonst derb, körnig, dicht; auch eingesprengt und Anflüge bildend.

**Vorkommen:** Auf Erzgängen (As-, Sb-, Tl-, Hg- Lagerstätten) zusammen mit Auripigment; in Tonen, Phylliten, Kalken; auf Braunkohlen

**Verwendung:** ehemals mineralisches Farbpigment

**ARSENOPYRIT/ARSENKIES:** Fe[AsS] monoklin (pseudorhombisch)

Physik. Daten: Metallischer Glanz; zinnweiß, im angewitterten Zustand oft leicht gelblich verfärbt; schwarzer Strich; opakes Mineral

Härte: 5,5 - 6                      Dichte: 6,0

Spaltbarkeit: Schlecht nach (110); spröde

Chem.-physik. Reakt.: Unter Abgabe von As<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (weißer, nach Knoblauch riechender Rauch; GIFTIG!) und SO<sub>2</sub> zur magnetischen Kugel (Fe-Nachweis: +) schmelzbar; bei Erhitzen unter Luftabschluss (im Kölbchen) Bildung eines **roten und gelben Sublimates** und später eines **dunklen As-Spiegels**; schwer löslich in HCl; in HNO<sub>3</sub> oder Königswasser unter Abscheidung von elementarem S löslich

As-Nachweis: +                      S-Nachweis: +                      Fe-Nachweis: + (siehe oben)

**Mineralogie:** XX oft gut entwickelt (spitzpyramidal, gestreckt), oft rhombenförmige (◇)

Querschnitte; ansonst derb (körnig, strahlig); enthält mitunter Ni und Co.

**Vorkommen:** In pneumatolytisch-hydrothermalen und metasomatischen Erzlagerstätten; in Quarzgängen (dort auch Gold führend), in Kontaktkalken; regionalmetamorph

**Verwendung:** Keine, da bei der Erzverhüttung (Au) mehr As anfällt, als je gebraucht wird; ur- und frühgeschichtlich mit Cu-Erzen verhüttet ergibt das die As-Bronze (ist kulturgeschichtlich älter als die Sn-Bronze).

**Löllingit:** FeAs<sub>2</sub>, silberweiß, stängelige Aggregate; Härte 5, Dichte 7,2

benannt nach der Ortschaft Lölling (bei Hüttenberg, Ktn.), kommt im Siderit vor. Bei der Verhüttung der Arsenide entsteht der „Hittrach“ (Hüttenrauch), As<sub>2</sub>O<sub>3</sub>; dieser wurde als Aufputzmittel verwendet („Arsenikfresser“).

**ANTIMONIT/ANTIMONGLANZ:** Sb<sub>2</sub>S<sub>3</sub>, rhombisch-dipyramidal

Physik. Daten: Metallischer Glanz; grau; schwarzer bis dunkelgrauer Strich; opakes Mineral

Härte: 2                      Dichte: 4,6 - 4,7

Spaltbarkeit: Vorzüglich nach (010)

Chem.-physik. Reakt.: Vor dem Lötrohr unter Abgabe eines weißen, nach (faulem) Kren riechenden Rauches, der sich an kälteren Stellen als weiß-bläulicher Beschlag absetzt (Sb<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) und von dort durch Erhitzen leicht vertreibbar ist, leicht zur immer kleiner werdenden Kugel schmelzbar; in konzentrierten Laugen unter Sulfosalzbildung löslich und nach dem Ansäuern mit HCl als orange-roter Niederschlag ausfällbar

Sb-Nachweis: +                      S-Nachweis: +

**Mineralogie:** XX oft von beachtlicher Größe, meist **stängelig-strahlig** (daher auch der Name "Grauspießglanz"), durch Translation wellenartig gebogen; derb meist eingewachsen

**Vorkommen:** Wichtigstes Sb-Mineral; selbständige Gänge mit Quarz; in paläozoischen Schiefen (ehem. Lagerstätte Schlaining, Bgld.); ansonst mit Pb-Zn-Erzen, Zinnober

**Verwendung:** Sb-Erz; Sb für Legierungen, Feuerschutzimprägnierung; Nachfrage sinkend

**Fahlerze (Tennantit und Tetraedrit):** siehe unter Cu-Mineralen

**BISMUTHIT/WISMUTGLANZ:** Bi<sub>2</sub>S<sub>3</sub>, rhombisch

Physik. Daten: zinnweiß, Metallglanz, strahlig

Härte: 2            Dichte: 7

**Mineralogie und Vorkommen:** meist derb eingewachsen auf Gängen der Bi-Co-Ni-Ag-(U)-Formation im Erzgebirge (Sachsen/Böhmen) und in den Ag-Sn-Bi-Gängen Boliviens, weiters Bi-Cu-Au-Erze von N-Australien; Gewinnung auch als Nebenprodukt der Pb-Raffination

**Verwendung:** Schmelzlegierungen mit niedrigen Schmelztemperaturen (Newton-Metall: 96°C; Wood'sches Metall: 60°C) für thermische Sicherungen, Bi-Germanat für IR-Nachtsichtgeräte; BiOCl als Perlglanzpigment (Kosmetik), Bi-Vanadat als Gelb-Pigment u. v. a.

**Sondermetalle: Selen, Tellur; Gallium, Germanium, Indium, Thallium**

**Selenide und Telluride**, gediegen Te in vielen Sulfiden (Cu-, Ni-, Zn-Erze), Gewinnung aus dem Anodenschlamm der Cu-Raffination

**Selen** als essentielles Spurenelement (Enzyme, Schilddrüsenhormon); Se-Gleichrichter, Glasfärbung, Pigment für Keramik, S- und Se-Präparate (Medizin, Kosmetik)

**Tellur** als Spurenmetall in Schnellarbeitsstählen

**Gallium:** Gewinnung aus Al- und Zn-Erzen; Schmelzpunkt 29,76°C, Herstellung von Speziallegierungen: Ga-In (15,7°C), Ga-In-Sn (10,8°C); Halbleitermetall (höchste Reinheit notwendig: 99,99999%), GaAs für Dioden, Transistoren, Leuchtdioden

**Germanium:** Halbmetall mit Diamantstruktur, hoher Schmelzpunkt: 938°C; Gewinnung aus Zinkblende, auch eigenes Mineral: **Germanit** (Cu-Fe-Ge-Sulfid); Ge mit As, P, B, Al dotiert für Solarzellen und Halbleiter (aber von Si verdrängt), Ge-Optik für Wärmebilder, Faseroptik

**Indium:** Gewinnung aus Pb- und Zn-Erzen, Schmelzpunkt: 156,6°C; In ist selten und teuer, für niedrig schmelzende Legierungen, In-Lote für Glas und Keramik, Radiodiagnostik; In-Sn-Oxid (ITO: indium-tin-oxide) für Touchscreens (Smartphones, etc.), Halbleitertechnik (In-Sb, In-As)

**Thallium:** sehr giftig! Gewinnung aus Elektrofilterstäuben von Pb-Zn-Erzen; auch eigenes Mineral **Lorandit** (Tl<sub>2</sub>As<sub>2</sub>S<sub>2</sub>); Tl-Sulfat ehem. Rattengift (neurolog. Störungen); Tl-Silikatgläser sind IR- durchlässig (für Kopier- und FAX-Geräte)

**4) Leichtmetalle (Li, Be; Mg; Al; Ti; Zr) und Spezialmetalle (Y, Ce, SEE; Th, U)**

**Lithium-und Beryllium-Minerale:** siehe Pegmatit-Minerale (Teil B)

**Li-Metallgewinnung** aus Li-Quellen (brines, Chile), Dichte: 0,53!; Al-Cu-Mg-Li-Legierungen für den Flugzeugbau; LiOH bindet CO<sub>2</sub> zu Li-Karbonat + Wasser (Raumfahrt); Li-Al-Silikat-(Glas)-Keramik; Li-Batterien und -Akkus (Handy etc.)

**Be-Gewinnung** aus Beryll, Metall und seine löslichen Verb. giftig! (Be u. a. im Tabak angereichert: Lungenkrebsrisiko), Be-Metall für Röntgenfenster, Dichte: 1,85; Be-Cu-Bronze für elektr. Kontakte (Hochtemp.)

**Magnesium-Minerale:** siehe Magnesit und Evaporite (Teil C)

Mg-Metallgewinnung aus Meerwasser (Elektrolyse von MgCl<sub>2</sub>-Lösungen), Dichte: 1,745; Mg-Al-Leichtmetalle („Magnalium“) für den Flugzeugbau; Mg-Al-Mn-Zn-Legierungen („Elektron“) für Spritzgussteile, Motorblöcke, Sportwagenräder, ... Mg-Li in Blitzlichtern (verbrennt bei 2000°C - Mg-Brände sind kaum löschar und daher verheerend!!)

## **Aluminium-Mineraie:** Bauxite bestehen hauptsächlich aus Hydrargillit und Böhmit.

**BAUXIT:** Ist kein Mineral sondern ein Sedimentgestein aus unterschiedlichen Aluminium-oxidhydraten. Daneben sind oft Eisenoxidhydrate vorhanden, die dem Bauxit eine **intensiv rotbraune Färbung** verleihen.

In Bauxiten enthaltene Al-Mineraie: **Hydrargillit (Gibbsit)**,  $\text{Al}(\text{OH})_3$ , monoklin;

**Alumogel**,  $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot x\text{H}_2\text{O}$ ; **Diaspor**,  $\alpha\text{-AlO}(\text{OH})$ , rhombisch;

**Böhmit**,  $\gamma\text{-AlO}(\text{OH})$ , rhombisch

Härte und Dichte infolge der verschiedenen Phasen stark wechselnd.

Härte: 1 – 3                      Dichte: 2,0 - 2,6

Chem.-physik. Reakt.: Unschmelzbar; in heißer  $\text{H}_2\text{SO}_4$  eventuell nach Glühen löslich; durch  $\text{K}_2\text{S}_2\text{O}_7$  aufschließbar

Al-Nachweis: + (erst nach Entfernung des Fe in HCl)                       $\text{H}_2\text{O}$ -Nachweis: +

**Mineralogie:** Erdig, häufig feinkörnig, massig; häufig auch oolithisch

**Vorkommen:** (a) In Karsttaschen umgelagert, durch Verwitterung silikatischer Gesteine entstanden (Karstbauxit);

(b) Lateritbauxit entsteht durch tropische, lateritische Verwitterung von Silikatgesteinen.

**Verwendung:** Bei  $\text{Al}_2\text{O}_3$ -Gehalten  $>50\%$  als Al-Erz (Al ist das wichtigste Leichtmetall); Fe-arme Bauxite sind Ausgangsstoff zur Sinterkorunderzeugung (Hartstoff/Abrasivstoff).

**Al-Metall** ist ultrarein herstellbar (99,99999%), guter Wärmeleiter (Kühlkörper); guter el. Leiter (Hochspannungsleitungen), Al-Folien und Al-Behälter in der Nahrungsmittelindustrie (Al überzieht sich mit dünner Oxidschicht, diese ist einfärbbar: Eloxieren), Al-Profile und Gussteile, Fahrzeug- und Flugzeugbau; Al-Si-Gussteile für Motorblöcke, Al-Cu als Münzmetall, Al-Zn im Flugzeugbau

## **Titan-Mineraie:** Rutil, (Anatas, Brookit), Ilmenit

**RUTIL:**  $\text{TiO}_2$ , ditetragonal-dipyramidal

Physik. Daten: Halbmimetallisch-diamantartiger Glanz; meist undurchsichtig; rötlich (lat. rutilus), braunrot-schwarz, selten farblos-durchsichtig; blasser Strich

Härte: 6 - 6,5                      Dichte: 4,2 - 4,3

Spaltbarkeit: Vorzüglich nach Prisma (110); muscheliger bis unebener Bruch; spröde

Chem.-physik. Reakt.: Unschmelzbar; in Säuren unlöslich; dunkle Farbe ist meist durch Fe-Gehalt (auch durch Nb-, Ta-, V-Gehalt) bedingt. Ti-Nachweis schwierig

**Mineralogie:** XX dicksäulig-stängelig-nadelig mit tetragonalem Querschnitt, längs gestreift; Zwillingsbildungen (z. B. "Sagenit"-Gitterung); derb; feinstrahlig oft als Einschluss in Quarz

**Vorkommen:** Alkaligesteine, Gabbropegmatite, pneumatolytisch-hydrothermale Quarzgänge, hydrothermale Klüfte, schwach metamorphe Tonsedimente; in Eklogiten, Amphiboliten, Granuliten; abgerollt in Seifen (sekundäre Lagerstätten)

**Verwendung:** Synthetisches  $\text{TiO}_2$  als gut deckendes Farbpigment (Rutil, Anatas); Ti als

Stahlveredler; **Ti-Metall:** hohe Festigkeit bei geringer Dichte (4,5), für medizinische Prothesen und in Sonderlegierungen, bzw. zur Hartstoffherzeugung (TiC, TiN); Brillenfassungen, Werkzeuge, Uhrengehäuse, ...  $\text{TiH}_2$  als Wasserstoffspeicher

### **Weitere $\text{TiO}_2$ -Modifikationen:**

**Anatas**, tetragonal; gelblich - braun - blauschwarz; kleine spitzpyramidale XX in alpinen Klüften, gr. Lagerst. in Brasilien

**Brookit**, rhombisch; braun - rot, flach, dünntafelig; beide seltener als Rutil

**ILMENIT:** FeTiO<sub>3</sub>, trigonal

Physik. Daten: Metallisch-halbmattlicher Glanz; braunschwarze bis tiefschwarze Farbe; schwarzbrauner - tiefschwarzer Strich; eventuell sehr schwach ferromagnetisch

Härte: 5 – 6                      Dichte: 4,5 – 5

Spaltbarkeit: Schlecht; muscheliger Bruch

Chem.-physik. Reakt.: Praktisch unerschmelzbar; kann nach Erhitzen jedoch magnetisch werden; in Säuren kaum löslich; Phosphorsalzreduktionsperle blutrot (Fe-Ti); Aufschluss des Mineralpulvers in Soda, anschließend mit H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> lösen

Fe-Nachweis: + und Ti-Nachweis: + (schwierig)

**Mineralogie:** XX mit rhomboedrischem oder tafeligem Habitus (selten); ansonst derb; eingewachsen auch körnig

**Vorkommen:** Als frühmagmatische Ausscheidung in Gabbros (Lgst. in Norwegen); in Serpentiniten und Chloritschiefern; sekundär auf Seifenlagerstätten (zusammen mit Rutil und SEE-Mineralen; wirtschaftlich wichtig, z. B. in Australien

**Verwendung:** Fe- und Ti-Erz zur Stahlerzeugung; Erzeugung des Farbpigments "Titanweiß" (reines TiO<sub>2</sub>; siehe Rutil); aus Ilmenit wird auch Vanadium gewonnen.

**Zirkonium-Minerale: Zirkon, (Baddeleyit)**

**ZIRKON:** Zr[SiO<sub>4</sub>], ditetragonal-dipyramidal

Physik. Daten: Gemeiner Diamantglanz; meist braun; durchsichtig bis undurchsichtig;

Härte: 7,5                      Dichte 4

Spaltbarkeit: Schlecht nach (100); muscheliger Bruch

Chem.-physik. Reakt.: Unerschmelzbar und in Säuren unlöslich; Zr-Nachweis schwierig; Mineral zeigt oft starkes Leuchten in heißer Flamme. Häufiger Einbau von „Fremdelementen“ (Hf, Th, U, SEE)

**Mineralogie und Vorkommen:** In Form idiomorpher XX, akzessorisch in sauren Plutoniten; auch in Basalten, vulkanischen Auswürflingen, in kristallinen Schiefem; abgerollt in Seifen (z. B. Australien); Amorphisierung (Metamiktisierung) durch radioaktive Strahlung der eingebauten Elemente Th, Hf, U (mit Geigerzähler feststellbar), daher verantwortlich für die natürliche Radioaktivität.

**Verwendung:** Gießereisande; Edelsteine; Herstellung von Zr-Metall und Zirkonia (ZrO<sub>2</sub>)-Kristallen (Schmuckstein bzw. Diamantersatz) und -Keramiken

**Zr-Metall:** Schmelzpunkt: 1855°C, Dichte 6,5; ist leicht oxidierbar, verbrennt mit sehr heißer Flamme (4660°C !!), für Sonnenlicht-Blitzlampen; gegen Säuren und Laugen inert, Fertigung von Spinddüsen, Rührer, Ventile, Gettermetall in Leuchtstoffröhren ("fängt" O<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>); Zr-Ni-Legierungen als Zünder des Na-Azids für Airbags (N<sub>2</sub>); ZrO<sub>2</sub> in der Lambda-Sonde/O<sub>2</sub>-Sensor für die Regelung des Treibstoff-Luft-Gemisches; ZrO<sub>2</sub>-Keramik für Zahnimplantate

**Baddeleyit,** ZrO<sub>2</sub>, tritt als Verwitterungsmineral des Zirkons auf (Lagerstätten, Zr-Gewinnung).

**Minerale der Spezialmetalle (Y, Ce, SEE; Th, U)**

**XENOTIM:** Y[PO<sub>4</sub>], tetragonal

Physik. Daten: Gemeiner Glanz; gelbe - (meistens) braune Farbe; blasser Strich

Härte: 4-5                      Dichte: 4,5 -5,1

Spaltbarkeit: Vollkommen nach (110); splittiger Bruch

Chem.-physik. Reakt.: Unerschmelzbar; in Säuren unlöslich; Y-Nachweis schwierig

PO<sub>4</sub>-Nachweis: + (erst nach Aufschluss mit K<sub>2</sub>S<sub>2</sub>O<sub>7</sub>)

**Mineralogie:** XX kurzprismatisch, pyramidal, auch tafelig; derb als eingesprengte Körner; durch Ersatz von Y durch andere SEE und Th wird Radioaktivität hervorgerufen (dabei oft deutliche Verfärbung des Nebengesteins)

**Vorkommen:** Akzessorisch in Graniten und Pegmatiten, Alkaligesteinen; sekundär angereichert in Seifen (wichtige Lagerstätten)

**Verwendung:** Herstellung von Y und anderen SEE für die chemische Industrie; für Y-Spezialkeramiken

**Y-Metall und Y-Oxid:** Gefügestabilisator in Legierungen, Y-Al-Granat (YAG) in der Lasertechnik, Diamantersatz (H 8,5), Y-Fe-Granat (YIG) in der Mikrowellentechnik; Leuchtstoffe in Farbbildschirmen (mit Eu rot und Tm blau); Y-Keramik in der Lambda-Sonde, Y-Ba-Cu-Oxid als Supraleiter,  $^{90}\text{Y}$  als  $\beta$ -Strahler in der Nuklearmedizin

**MONAZIT:**  $\text{Ce}[\text{PO}_4]$ ; monoklin (mit Einbau von SEE, Zr, Th, U)

Physik. Daten: Hoher Glanz; rötliche bis braune Farben; Strich farblos, aber auch blaßbraun

Härte: 5 - 5,5                      Dichte: um 5 (mit Fremdelementeinbau wechselnd)

Spaltbarkeit: Wechselnd deutlich nach (001) oder (100)

Chem.-physik. Reakt.: Unschmelzbar; in HCl kaum löslich; mit  $\text{H}_2\text{SO}_4$  befeuchtet (oder darin gelöst) gibt er eine **grünliche Flammenfärbung**. Je nach U- und/oder Th-Gehalt radioaktive Strahlung mit Geigerzähler feststellbar.

Ce-Nachweis: + (Boraxperle fluoresziert im UV-Licht mit gelber Farbe)

P-Nachweis: + (erst nach Schmelzaufschluss möglich)

**Mineralogie:** Kleine XX mit wechselnder Tracht (dicktafelig, aber auch prismatisch); ansonst körnig eingewachsen, abgerollt in Seifen

**Vorkommen:** In Graniten, Pegmatiten und Gneisen eingewachsen; kurznaedlig in alpinen Klüften; abgerollte Körner in Sanden und Seifen angereichert (Monazitseifen; wichtige Lagerstätten: Australien, Brasilien, Sri Lanka)

**Verwendung:** Gewinnung von Ce, Th und diversen SEE aus Monazitsanden und -seifen; Ce für Spezialpoliermittel und Zündsteine (Cer-Eisen für „Auer-Metall“),  $\text{CeO}_2$  in Autokatalysatoren und Spezialgläsern; in Fluoreszenz- und Leuchtstoffen; Ce ist leicht giftig und leicht entzündlich (ab  $65^\circ\text{C}$ ) – nicht mit Wasser löslich, weil sich  $\text{CeO}_2$  bildet und  $\text{H}_2$  frei wird!

**BASTNÄSIT:**  $\text{CeF}[\text{CO}_3]$  hexagonal (eigentlich eine Mineralgruppe)

Physik. Daten: Gelb bis rötlichbraun, Glasglanz; meist derb, XX selten

Härte: 4                      Dichte: 5

**Mineralogie:** ein unscheinbares Mineral bzw. eine Mineralgruppe, das/die bedeutende Lagerstätten bildet!

**Vorkommen und Verwendung:** in Karbonatiten (große Lgst. in China, USA), neben Monazit wichtigstes Ce- und SEE- Erz; die SEE-Technologie ist sehr mannigfaltig und komplex! Ultrastarke Magnete (Windkraftanlagen); Schleif- und Poliermittel, Fluoreszenzstoffe in Energiesparlampen, Leuchtschirmen und Lasern; Spezialgläser (siehe auch Monazit);  $\text{ZrO}_2\text{-Y}_2\text{O}_3$  als Infrarotstrahler

## „Energimetalle“ Thorium und Uran:

**URANINIT:**  $\text{UO}_2$ , kubisch ( $\sim\text{U}_3\text{O}_8$ , „Pechblende“)

Physik. Daten: Schwarz, Pechglanz, selten würfelige oder oktaedrische XX, stark radioaktiv !! – daher meist völlig metamikt; Mischkristalle Uraninit – Thorianit ( $\text{ThO}_2$ )

Härte: 6                      Dichte: 10,6 bis 10,9 (schwankend)

**Mineralogie:** meist derb, nieren- und schalenförmig, XX selten;

**Vorkommen:** in Gängen der Bi-Co-Ni-Ag-U- Formation im Erzgebirge (Sachsen/ Böhmen), U lagert sich an organischen Materialien ab; verwittert zu Uranyl-Phosphaten, -Arsenaten und -Vanadaten („Urannglimmer“) (siehe Stahlveredler - V); weit verbreitet in Pegmatiten, hydrothermalen Gängen, in Oxidationserzen und Sedimenten, mit Coffinit (Colorado-Plateau, USA), auch auf Seifenlagerstätten (Canada, Südafrika)

Die Typlokalität für Uraninit ist die Ganglagerstätte St. Joachimsthal (heute Jáchymov, CZ), die Entdeckung des Urans erfolgte an Proben aus Johanngeorgenstadt (Erzgebirge, Sachsen). Die Nobelpreisträgerin Marie Curie nutzte für ihre Forschungen, die zur Entdeckung der Uran-Zerfallsprodukte Polonium und Radium führten, anfangs Pechblende, später Aufbereitungsabfall der Uranfarbenproduktion aus Jáchymov, in dem diese seltenen Elemente im Vergleich zum Ursprungserz schon angereichert waren.

Mit dem Uranerz wurden auch Silbererze gefördert und in Joachimsthal zu Münzen geprägt – daher der Name Thaler, später Taler und in den USA Dollar.

**Verwendung:** früher Uran-Farben weit verbreitet (Erzgebirge, Färben von Keramik, Uranglas etc.); Uran-Metallgewinnung, Anreicherung des Isotops  $^{235}\text{U}$  zur Energieerzeugung durch Kernspaltung – daher "Kernenergie" (und nicht „Atomkraft“!); abgereichertes  $^{238}\text{U}$  als Panzerbrechende Geschosse (hohe Dichte) und Strahlungsabschirmung (hohe Ordnungszahl).

**Achtung:** Aufgrund der Toxizität und der starken Radioaktivität des Minerals sollten Mineralproben nur in staub- und strahlungsdichten Behältern, vor allem aber niemals in Wohn-, Schlaf- und Arbeitsräumen aufbewahrt werden. Ebenso sollte eine Aufnahme in den Körper (Inkorporation bzw. Ingestion) auf jeden Fall verhindert und zur Sicherheit direkter Körperkontakt vermieden sowie beim Umgang mit dem Mineral Mundschutz und Handschuhe getragen werden.

Aus Schulsammlungen sind U-Mineralien fachgerecht zu entsorgen!

**COFFINIT:**  $\text{U}[\text{SiO}_4]$  tetragonal

meist massig, blaugrau, XX selten, neben dem sehr ähnlichen Uraninit, erst 1960 erkannt; Hauptvorkommen in den U-Lagerst. des Colorado-Plateaus, USA, in der CZ und Japan, in sedimentären U-Lgst. weit verbreitet; bildet Mischkristalle mit Zirkon und Thorit,  $(\text{Th,U})[\text{SiO}_4]$  (schwarz, Vork. in Pegmatiten)

Michael Götzinger und Eugen Libowitzky (ergänzt Okt. 2004, rev. Jan. 2013)