

**HALLESCHES JAHRBUCH
FÜR
GEOWISSENSCHAFTEN**

BEIHEFT 50



HERBERT PÖLLMANN

SYSTEMATISCHE MINERALOGIE

TEIL II

VII PHOSPHATE / ARSENATE / VANADATE



HALLE (SAALE) 2022

Erythrin. Aghbar Mine/Bou Azzer/ Tazenakht/Marokko. Bildhöhe 5 cm

HALLESCHES JAHRBUCH FÜR GEOWISSENSCHAFTEN

Herausgeber

Institut für Geowissenschaften und Geographie
der Martin - Luther Universität Halle-Wittenberg

P. BAYER G. BORG
C. CONRAD J. EVERTS C. FÜRST B. MICHEL
H. PÖLLMANN M. STIPP

Schriftleitung

D. MERTMANN T. DEGEN S. STÖBER

BEIHEFT 50

Halle (Saale) 2022

Institut für Geowissenschaften und Geographie
der Martin - Luther Universität Halle-Wittenberg



Anschrift von Herausgebern und Schriftleitung:

Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg
Institut für Geowissenschaften und Geographie
Von Seckendorff - Platz 3/4
D-06120 Halle (Saale)

e-mail: hjg@geo.uni-halle.de

Schriftleitung:

D. Mertmann T. Degen S. Stöber

P-ISSN: 2193-1313, E-ISSN: 2196-3622

© 2022 im Selbstverlag des Instituts für Geowissenschaften und Geographie
der Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg
Alle Rechte vorbehalten

Systematische Mineralogie
Teil II

VII Phosphate / Arsenate / Vanadate

Phosphate	Arsenate	Vanadate
Monazit – CePO_4	Mimetesit –	Vanadinit –
Apatit – $\text{Ca}_5[(\text{PO}_4)_3(\text{F,CL,OH})]$	$\text{Pb}_5[(\text{AsO}_4)_3(\text{F,CL,OH})]$	$\text{Pb}_5[(\text{VO}_4)_3(\text{F,CL,OH})]$
Pyromorphit – $\text{Pb}_5[(\text{PO}_4)_3/\text{Cl}]$	Annabergit –	
Vivianit – $\text{Fe}_3(\text{PO}_4)_2 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$	$\text{Ni}_3(\text{AsO}_4)_2 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$	
Türkis – $\text{CuAl}_6[(\text{PO}_4)_4(\text{OH})_8] \cdot 4\text{H}_2\text{O}$	Erythrin –	
Torbernit –	$\text{Co}_3(\text{AsO}_4)_2 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$	
$\text{Cu}(\text{UO}_2)_2(\text{PO}_4)_2 \cdot 10\text{-}12\text{H}_2\text{O}$		
Autunit – $\text{Ca}(\text{UO}_2)_2(\text{PO}_4)_2 \cdot 10\text{-}12\text{H}_2\text{O}$		



Vivianit. Huanuni Tin Mine/ Oruro/Bolivien. Bildbreite 12 cm

Phosphate

Monazit

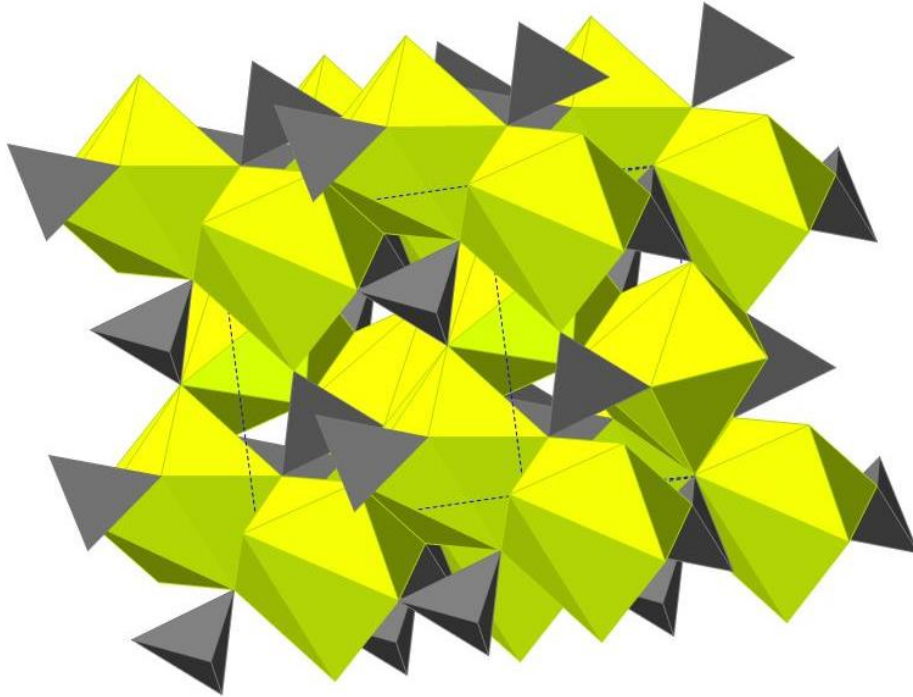
Chemische Zusammensetzung	: CePO_4
Kristallsystem	: monoklin, $2/m$
Elementarzelle	: $a_0 = 6.79 \text{ \AA}$, $b_0 = 7.01 \text{ \AA}$, $c_0 = 6.46 \text{ \AA}$, $\beta = 103.6^\circ$
Raumgruppe	: $P2_1/n$
Ausbildung	: eingesprengt, Körner, dicktafelige xx
Härte	: 4 – 4,5
Dichte	: 5 g/cm^3
Farbe	: gelbbraun, dunkelbraun, rötlich
Strich	: weiß
Glanz	: harzglänzend
Spaltbarkeit	: deutlich
Bruch	: muschelig, spröde
Vorkommen	: magmatisch, pegmatisch,
Paragenese	: Feldspäte, Glimmer
Fundorte	: Brasilien; in Seifen
Verwendung	: Gewinnung von Seltenen Erden und Thorium



Monazit. Brasilien. Bildbreite 5 cm



Monazit. Fundort unbekannt. Bildbreite 10 cm



Elementarzelle $a_0 = 6.77 \text{ \AA}$, $b_0 = 7.01 \text{ \AA}$, $c_0 = 6.45 \text{ \AA}$, $\beta = 103.63^\circ$, $Z = 4$
 Raumgruppe $P2_1/n$

Abb: Struktur von Monazit

Weiterführende Literatur zu Monazit

Artikel und Bücher

Abe, T., Kuribayashi, T. & Nakamura, M. (2017): Infrared spectroscopic study of OH defects in monazite. *European Journal of Mineralogy*, 29, 949-957.

Anthony, J.W., Bideaux, R.A., Bladh, K.W. & Nichols, M.C. (1990): *Handbook of Mineralogy*, Mineral Data Publishing, Tucson Arizona, USA.

Chakhmouradian, A.R. & Mitchell, R.H. (1999): Niobian ilmenite, hydroxylapatite and sulfatian monazite: alternative hosts for incompatible elements in calcite kimberlite from Internatsional'naya, Yakutia. *The Canadian Mineralogist*, 37, 1177-1189.

Levinson, A.A. (1966): A system of nomenclature for rare-earth minerals. *American Mineralogist*, 51, 152-158.

Mooney, R.C.L. (1948): Crystal structures of a series of rare earth phosphates. *Journal of Chemical Physics* (1948), 16, 1003. DOI: [10.1063/1.1746668](https://doi.org/10.1063/1.1746668).

Ni, Y., Hughes, J.M. & Mariano, A.N. (1995): Crystal chemistry of the monazite and xenotime structures. *American Mineralogist*, 80, 21-26.

Teterin, Y.A., Utkin, I.O., Melnikov, I.V., Lebedev, A.M., Teterin, A.Y., Ivanov, K.E., Nikitin, A.S. & Vukchevich, L. (2000): X-ray photoelectron study of thorium silicate

ThSiO₄·nH₂O and uranium silicate USiO₄·nH₂O. *Journal of Structural Chemistry*, 41, 965-971.

Trail, D. (2018): Redox-controlled dissolution of monazite in fluids and implications for phase stability in the lithosphere. *American Mineralogist*, 103, 453-461.

Internet

[http://rruff.geo.arizona.edu/AMS/minerals/Monazite-\(La\)](http://rruff.geo.arizona.edu/AMS/minerals/Monazite-(La))

Apatit

Chemische Zusammensetzung	: $\text{Ca}_5[(\text{PO}_4)_3(\text{F}, \text{Cl}, \text{OH})]$
Kristallsystem	: hexagonal, 6/m
Elementarzelle	: $a_0 = 9.38 \text{ \AA}$, $c_0 = 6.89 \text{ \AA}$
Raumgruppe	: $P 6_3/m$
Ausbildung	: derb, eingewachsen, körnig, kryptokristallin, krustenartig, xx säulig, dicktafelig, nadelig
Härte	: 5
Dichte	: $3,2 \text{ g/cm}^3$
Farbe	: farblos, weiß, grau, grünlich, bläulich, violett, gelb, bräunlich
Strich	: weiß
Glanz	: Glasglanz
Spaltbarkeit	: undeutlich bis deutlich
Bruch	: muschelig, spröde
Vorkommen	: pegmatitisch-pneumatolytisch, hydrothermal, metamorph, sedimentär (terrestrisch, marin)
Paragenese	: Feldspat, Quarz, Nephelin, Magnetit
Fundorte	: Portugal; Kiruna/Schweden; Apatiti/Kola/Russland; Pakistan; Brasilien und viele andere; weitverbreitet
Verwendung	: Düngemittel, chemische Industrie, Waschmittelindustrie, Metallurgie u.a.

Diadocher Einbau für Ca: Mn, Mg, Sr, REE, Pb u.a. für PO_4 ; AsO_4 , SO_4 , SiO_4 , CO_3OH



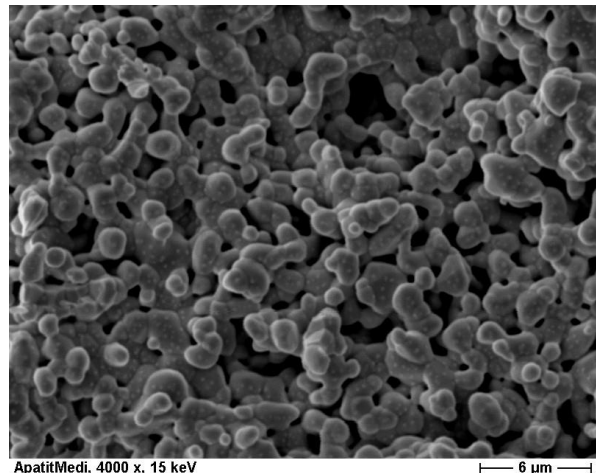
Apatit. Minas Gerais/Brasilien.
Bildbreite 10 cm



Apatit. Panasqueira/Portugal.
Bildbreite 5 cm



Apatit. Gilgit/Pakistan. Bildbreite 4 cm



REM-Aufnahme: Apatit - Syntheseprodukt



Apatit. Sapó Mine/Brasilien.
Bildbreite 5 cm



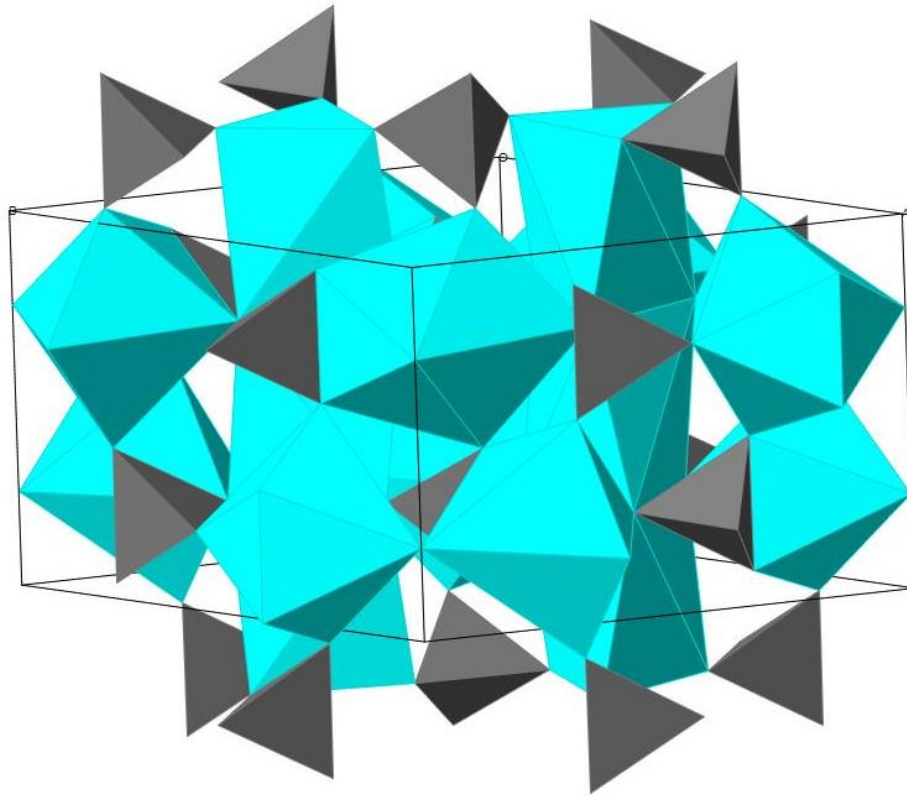
Apatit. Bear Lake/USA.
Bildbreite 10 cm



Apatit. Minas Gerais/Brasilien.
Bildbreite 5 cm



Hydroxylapatit. Knochenersatz, künstlich.



Elementarzelle $a_0 = 9.363 \text{ \AA}$, $c_0 = 6.878 \text{ \AA}$, $Z = 2$
 Raumgruppe $P 6_3/m$

Abb: Struktur von Apatit

Weiterführende Literatur zu Apatit

Artikel und Bücher

Anthony, J.W., Bideaux, R.A., Bladh, K.W. & Nichols, M.C. (1990): Handbook of Mineralogy, Mineral Data Publishing, Tucson Arizona, USA.

Hendricks, S.B.; Jefferson, M.E.; Mosley, V.M. (1932): The crystal structures of some natural and synthetic apatite-like substances. *Zeitschrift für Kristallographie*, 81, 352-369.

Hughes, J.M., Cameron, M. & Crowley, K.D. (1990): Crystal structures of natural ternary apatites: Solid solution in the $\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3\text{X}$ ($\text{X}=\text{F}$, OH , Cl) system. *American Mineralogist*, 75, 295-304.

Hughes, J.M., Heffernan, K.M., Goldoff, B. & Nekvasil, H. (2014): Cl-rich fluorapatite, devoid of OH, from the Three Peaks Area, Utah: the first reported structure of natural Cl-rich fluorapatite. *The Canadian Mineralogist*, 52, 643-651.

Larsen, E.S., Fletcher, M.H. & Cisney, E.A. (1952): Strontian Apatite. *American Mineralogist*, 37, 656-658.

Nasdala, L. (1992): A Raman study on the so-called “pseudoapatite” from Halsbrücke near Freiberg/Saxony. *Neues Jahrbuch für Mineralogie, Abhandlungen*, 164, 211-227.

Ohlmann, R.C., Steinbruegge, K.B. & Mazelsky, R. (1968): Spectroscopic and laser characteristics of Neodymium-doped Calcium Fluorophosphate. *Applied Optics*, 7, 905-914.

Rose, G. (1827): Ueber die chemische Zusammensetzung der Apatite. *Annalen der Physik und Chemie*, 85, 185-214.

Sudarsanan, K., Mackie, P.E. & Young, R.A. (1972): Comparison of synthetic and mineral fluorapatite, $\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3\text{F}$, in crystallographic detail. *Materials Research Bulletin*, 7, 1331-1337.

Internet

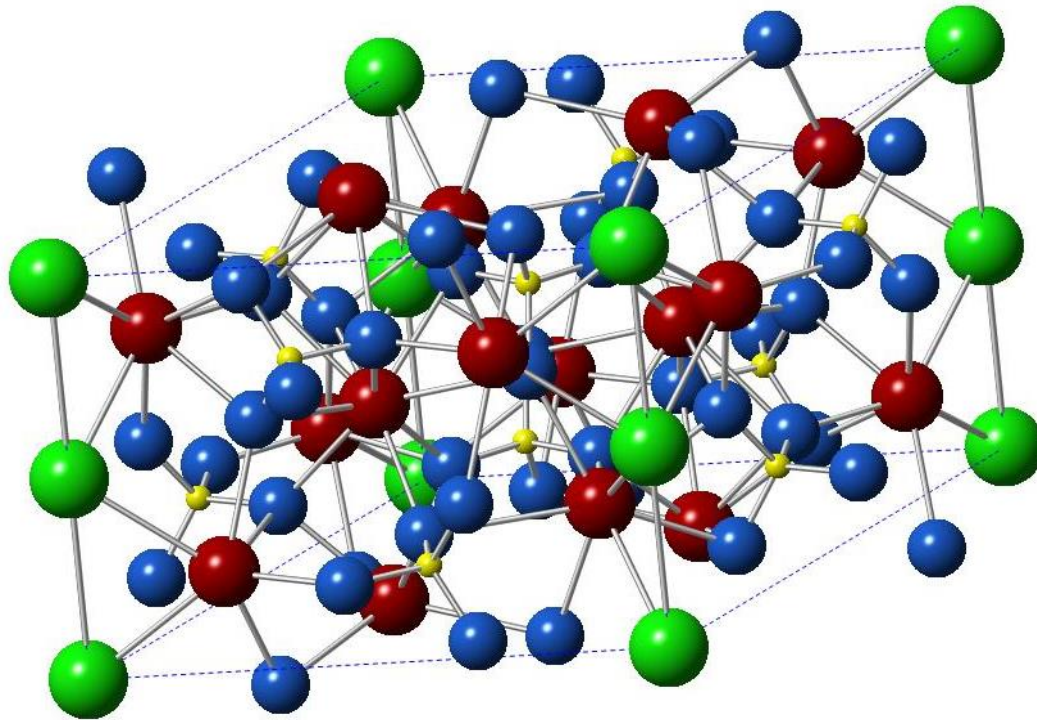
<https://rruff.info/doclib/hom/fluorapatite.pdf>

Pyromorphit

Chemische Zusammensetzung	: $\text{Pb}_5[(\text{PO}_4)_3/\text{Cl}]$
Kristallsystem	: hexagonal, 6/m
Elementarzelle	: $a_0 = 10 \text{ \AA}$, $b_0 = 7.33 \text{ \AA}$
Raumgruppe	: $P 6_3/m$
Ausbildung	: traubig, nierig, xx nadelig, säulig, tonnenförmig
Härte	: 3,5 – 4
Dichte	: 6,7 – 7 g/cm^3
Farbe	: meist grün, gelb oder braun, auch farblos, weiß, orange
Strich	: weiß
Glanz	: Diamantglanz
Spaltbarkeit	: undeutlich
Bruch	: muschelig, uneben, spröde
Vorkommen	: Oxidationszone von Pb-Lagerstätten
Paragenese	: Quarz, Galenit, Cerussit
Namen	: Grünbleierz, Braunbleierz, Emser Tönnchen
Fundorte	: Freiberg/Erzgebirge; Bad Ems/Rheinland-Pfalz; Pibram/Böhmen; Broken Hill/Australien; Brasilien; Sambia/Afrika; China; Bunker Hill Mine/Idaho/USA
Verwendung	: Bleierz



Pyromorphit in einer Grundmasse aus Cerussit. Tres Ilhotas/Brasilien.
Bildbreite 10 cm



Elementarzelle $a_0 = 9.95 \text{ \AA}$, $b_0 = 7.31 \text{ \AA}$, $Z = 2$
 Raumgruppe $P 6_3/m$

Abb: Struktur von Pyromorphit

Weiterführende Literatur zu Pyromorphit

Artikel und Bücher

Anthony, J.W., Bideaux, R.A., Bladh, K.W., & Nichols, M.C. (1990): Handbook of Mineralogy, Mineral Data Publishing, Tucson Arizona, USA.

Baikie, R., Schreyer, M., Wei, F., Herrin, J. S., Ferraris, C., Brink, F., Topolska, J., Piltz, R.O., Price, J. & White, T.J. (2014): The influence of stereochemically active lone-pair electrons on crystal symmetry and twist angles in lead apatite-*2H* type structures. Mineralogical Magazine, 78, 325-345.

Dai, Y. & Hughes, J.M. (1989): Crystal-structure refinements of vanadinite and pyromorphite. The Canadian Mineralogist, 27, 189-192.

Frost, R.L., Crane, M., Williams, P.A. & Klopogge, J.T. (2003): Isomorphic substitution in vanadinite $\text{Pb}_5(\text{VO}_4)_3\text{Cl}$ - a Raman spectroscopic study. Journal of Raman Spectroscopy, 34, 214-220.

Hashimoto, H. & Matsumoto, T. (1998): Structure refinements of two natural pyromorphites, $\text{Pb}_5(\text{PO}_4)_3\text{Cl}$, and crystal chemistry of chlorapatite group. Zeitschrift für Kristallographie, 213, 585-590.

Hendricks, S.B., Jefferson, M.E. & Mosley, V.M. (1932): The crystal structures of some natural and synthetic apatite-like substances. *Zeitschrift für Kristallographie*, 81, 352-369.

Shannon, R.D., Shannon, R.C., Medenbach, O. & Fischer, R.X. (2002): Refractive index and dispersion of fluorides and oxides. *Journal of Physical and Chemical Reference Data*, 31, 931-970.

Internet

<https://rruff.info/doclib/hom/pyromorphite.pdf>

Vivianit

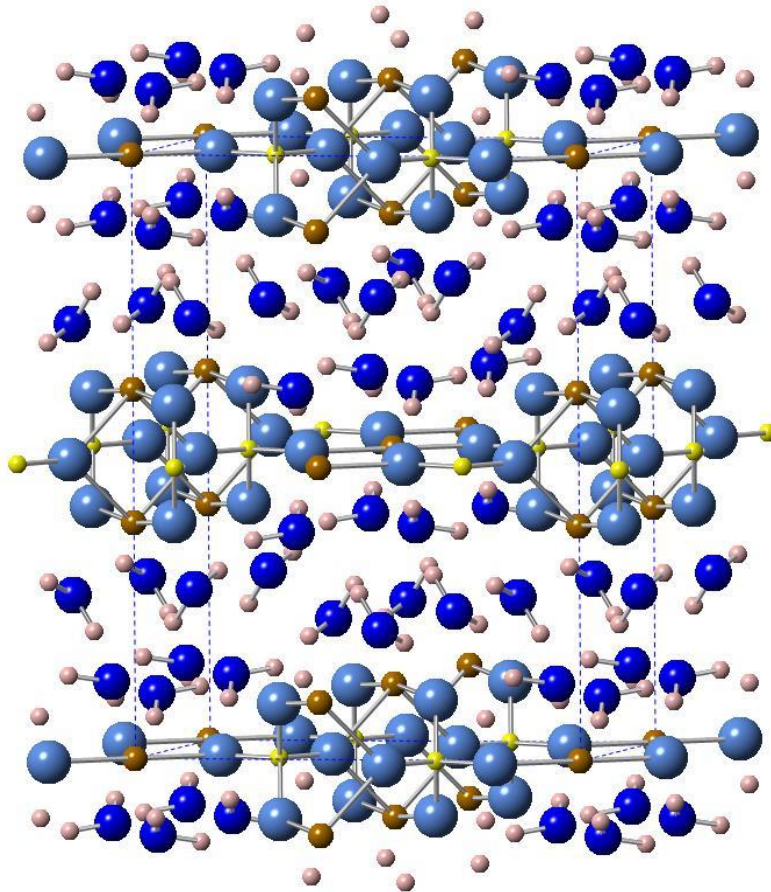
Chemische Zusammensetzung	: $\text{Fe}_3(\text{PO}_4)_2 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$
Kristallsystem	: hexagonal, 2/m
Elementarzelle	: $a_0 = 10.09 \text{ \AA}$, $b_0 = 13.44 \text{ \AA}$, $c_0 = 4.70 \text{ \AA}$, $\beta = 104.3^\circ$
Raumgruppe	: C 2/m
Ausbildung	: erdig, radialstrahlig, kugelig, xx nadelig, stengelig, tafelig, Anflüge
Härte	: 1,5 – 2
Dichte	: 2,6 – 2,7 g/cm ³
Farbe	: frisch farblos-weiß, wird bei Oxidation von Fe^{2+} zu Fe^{3+} oft nach wenigen Minuten/Stunden blau bis grünblau
Strich	: weiß, leicht bläulich
Glanz	: Glasglanz
Spaltbarkeit	: sehr gut auf {010}
Bruch	: nadelig
Vorkommen	: exogen, unter reduzierenden Bedingungen, z. B. in Alaunschiefern, Mooren, Kieselgurvorkommen, Raseneisenerz, in Fossilien, Oxidation von Phosphaten in Pegmatiten
Paragenese	: Quarz, Phosphate
Fundorte	: Ronneburg/Thüringen; Kerch/Ukraine; Iwama/Japan; Krim-Halbinsel/Ukraine; USA; Llallagua/Bolivien; Anloua/Kamerun/Afrika
Verwendung	:



Vivianit. Amazonien/Brasilien.
Bildbreite 10 cm



Vivianit. Huanuni Tin Mine/
Oruro/Bolivien. Bildbreite 12 cm



Elementarzelle $a_0 = 10.08 \text{ \AA}$, $b_0 = 13.43 \text{ \AA}$, $c_0 = 4.70 \text{ \AA}$, $\beta = 104.5^\circ$, $Z = 2$
 Raumgruppe $C2/m$

Abb: Struktur von Vivianit

Weiterführende Literatur zu Vivianit

Artikel und Bücher

Anthony, J.W., Bideaux, R.A., Bladh, K.W., & Nichols, M.C. (1990): Handbook of Mineralogy, Mineral Data Publishing, Tucson Arizona, USA.

Frost, R.L., Martens, W., Williams, P.A. & Kloprogge, J.T. (2002): Raman and infrared spectroscopic study of the vivianite-group phosphates vivianite, baricite, and bobierrite. Mineralogical Magazine, 66, 1063-1073.

Frost, R.L. & Weier, M. (2004): Raman spectroscopic study of vivianites of different origins. Neues Jahrbuch für Mineralogie, Monatshefte, 2004, 445-463.

Mori, H. & Ito, T. (1950): The structure of vivianite and symplecite. Acta Crystallographica (1950) 3, 1-6.

Piriou, B. & Poullen, J.F. (1984): Raman-study of vivianite. Journal of Raman Spectroscopy, 15, 343-346.

Rodgers, K.A., Kobe, H.W. & Childs, C.W. (1993): Characterization of vivianite from Catavi, Llalagua Bolivia. *Mineralogy and Petrology*, 47, 193-208.

Sameshima, T., Henderson, G.S., Black, P.M. & Rodgers, K.A. (1985): X-ray diffraction studies of vivianite, metavivianite, and barićite. *Mineralogical Magazine*, 49, 81-85.

Werner, A.G. (1817): Vivianit. In: bey Craz und Gerlach und bey Carl Gerold: Abraham Gottlob Werner's letztes Mineral-System. 41-42, Freiberg und Wien.

Internet

<https://rruff.info/doclib/hom/vivianite.pdf>

Türkis

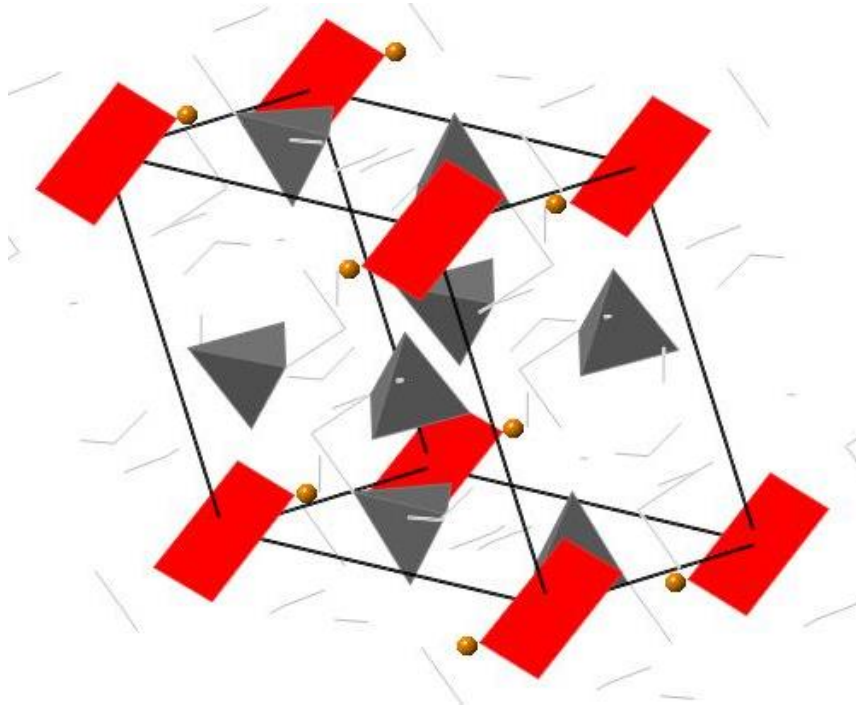
Chemische Zusammensetzung	: $\text{CuAl}_6 [(\text{PO}_4)_4(\text{OH})_8] \cdot 4\text{H}_2\text{O}$
Kristallsystem	: Triklin, -1
Elementarzelle	: $a_0 = 7.48 \text{ \AA}$, $b_0 = 9.95 \text{ \AA}$, $c_0 = 7.68 \text{ \AA}$, $\beta = 111.65^\circ$, $\beta = 115.38^\circ$, $\gamma = 69.43^\circ$
Raumgruppe	: P -1
Ausbildung	: kryptokristallin
Härte	: 5 – 6
Dichte	: 2,6 – 2,9 g/cm ³
Farbe	: blau bis grün
Strich	: weis, grünlich
Glanz	: Wachsglanz
Spaltbarkeit	: keine
Bruch	: spröde
Vorkommen	: Verwitterungsbildung, z. T. organogen
Paragenese	: Quarz, Apatit, Variscit, Hämatit, Goethit
Fundorte	: Nishapur/Iran; Brasilien; Arizona/USA
Verwendung	: Schmuckstein



Türkis. Ajo/Arizona/USA. Bildbreite 3 cm



Türkis. Fundort unbekannt. Bildbreite 4 cm



Elementarzelle $a_0 = 7.409 \text{ \AA}$, $b_0 = 9.9140 \text{ \AA}$, $c_0 = 7.635 \text{ \AA}$,
 $\alpha = 111.356^\circ$, $\beta = 114.973^\circ$, $\gamma = 69.532^\circ$, $Z = 1$
Raumgruppe P -1

Abb: Struktur von Türkis

Weiterführende Literatur zu Türkis

Artikel und Bücher

Anthony, J.W., Bideaux, R.A., Bladh, K.W., & Nichols, M.C. (1990): Handbook of Mineralogy, Mineral Data Publishing, Tucson Arizona, USA.

Abdu, Y.A., Hull, S.K., Fayek, M. & Hawthorne F.C. (2011): The turquoise-chalcosiderite $\text{Cu}(\text{Al}, \text{Fe}^{3+})_6(\text{PO}_4)_4(\text{OH})_8 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ solid-solution series: A Mössbauer spectroscopy, XRD, EMPA, and FTIR study. American Mineralogist, 96, 1433-1442.

Foord, E.E. & Taggart, J.E. (1998): A reexamination of the turquoise group: the mineral aheylite, planerite (redefined), turquoise and coeruleolactite. Mineralogical Magazine, 62, 93-111.

Guthrie, G.D. & Bish, D.L. (1991): Refinement of the turquoise structure and determination of the hydrogen positions. Geological Society of America, Abstracts Annual Meetings, 23, issue 5 A158.

Kolitsch, U. & Giester, G. (2000) The crystal structure of faustite and its copper analogue turquoise. Mineralogical Magazine, 64, 905-913.

Rossi, M., Rizzi, R., Vergara, A., Capitelli, F., Altomare, A., Bellatreccia, F., Saviano, M. & Ghiara, R.M. (2017): Compositional variation of turquoise-group minerals from the historical collection of the Real Museo Mineralogico of the University of Naples. *Mineralogical Magazine*, 81, 1405-1429.

Internet

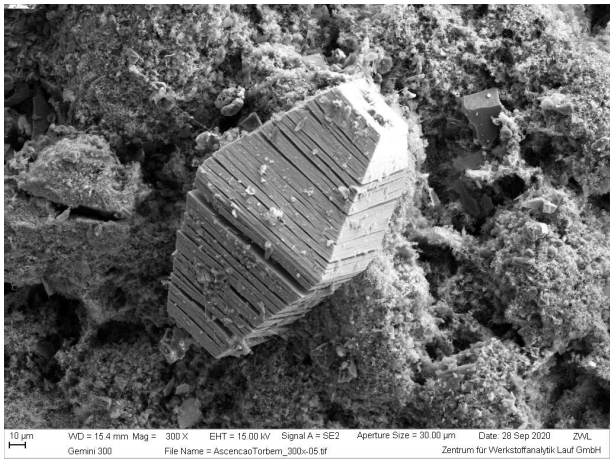
<https://rruff.info/doclib/hom/turquoise.pdf>

Torbernit

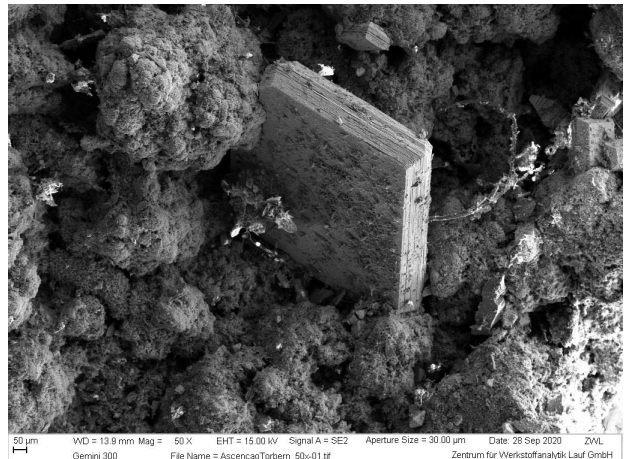
Chemische Zusammensetzung	: $\text{Cu}(\text{UO}_2)_2(\text{PO}_4)_2 \cdot 10\text{-}12\text{H}_2\text{O}$
Kristallsystem	: tetragonal, 4/m 2/m 2/m
Elementarzelle	: $a_0 = 7.06 \text{ \AA}$, $c_0 = 20.54 \text{ \AA}$
Raumgruppe	: I 4/mmm
Ausbildung	: schuppig, dünntafelig xx
Härte	: 2
Dichte	: $3,5 \text{ g/cm}^3$
Farbe	: grün
Strich	: grünlich
Glanz	: Glasglanz
Spaltbarkeit	: vollkommen
Bruch	: uneben
Vorkommen	: Oxidationszone von Uranlagerstätten
Paragenese	: Quarz, Uranminerale
Fundorte	: Fuchsbau/Fichtelgebirge; Schneeberg/Erzgebirge; Portugal; Jachymov/Tschechien; Shinkolobwe/Zaire/Afrika; Musonoi/Zaire/Afrika
Verwendung	: Uranerz



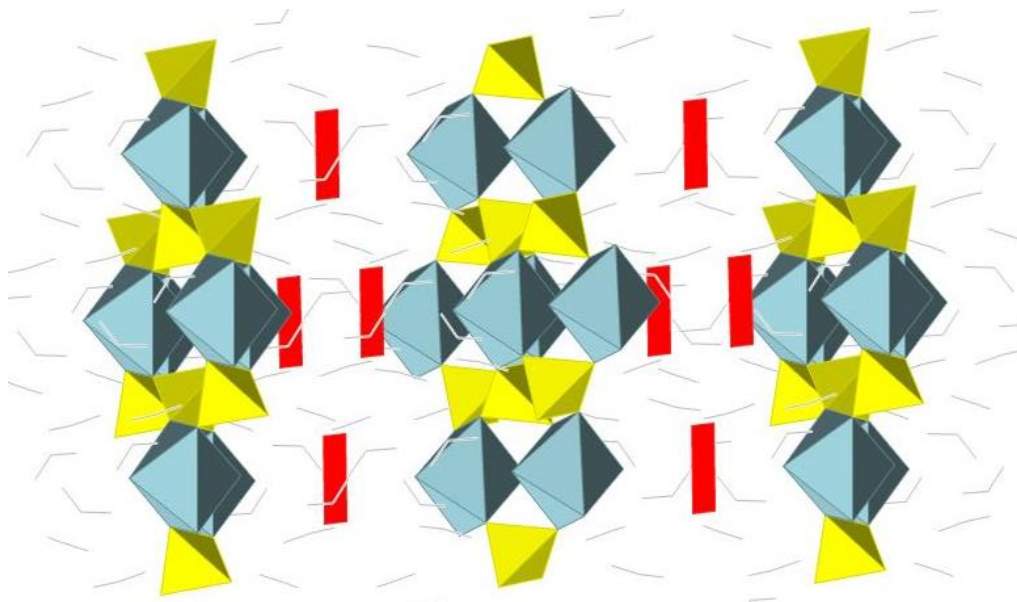
Torbernit (grün). Ascencao/Portugal. Bildbreite ca. 5 cm



REM-Torbernit



REM-Torbernit



Elementarzelle $a_0 = 7.424 \text{ \AA}$, $b_0 = 7.629 \text{ \AA}$, $c_0 = 9.91 \text{ \AA}$,
 $\alpha = 68.61^\circ$, $\beta = 69.71^\circ$, $\gamma = 65.08^\circ$, $Z = 1$

Raumgruppe $I4/mmm$

Abb: Struktur von Torbernit

Weiterführende Literatur zu Torbernit

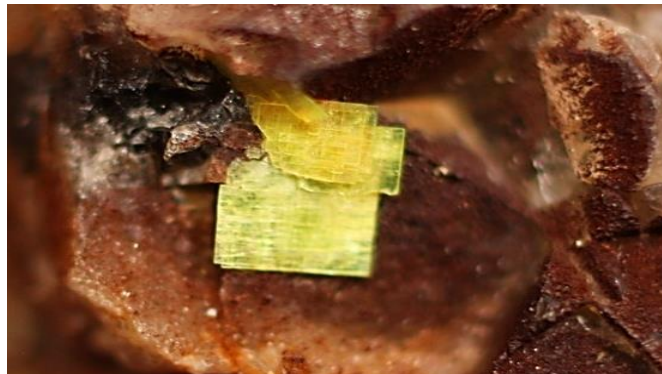
Artikel und Bücher

Locock, A.J. & Burns, P.C. (2003): Crystal structures and synthesis of the copper-dominant members of the autunite and meta-autunite groups: torbernite, zeunerite, metatorbernite and metazeunerite. *The Canadian Mineralogist*, 41, 489-502.

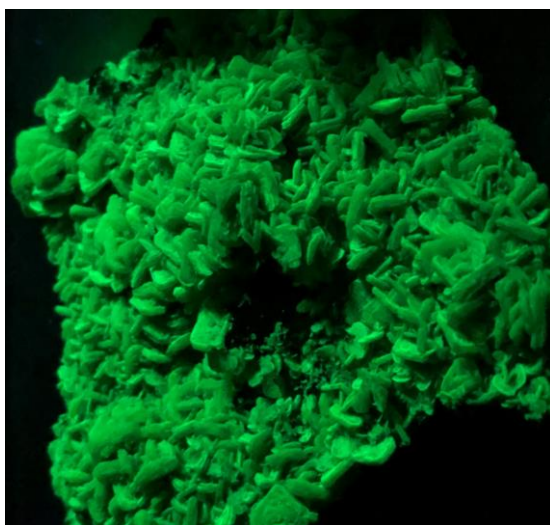
Frondel, C. (1958): Systematic mineralogy of uranium and thorium. *US Geological Survey Bulletin*, 1064, 170-177.

Autunit

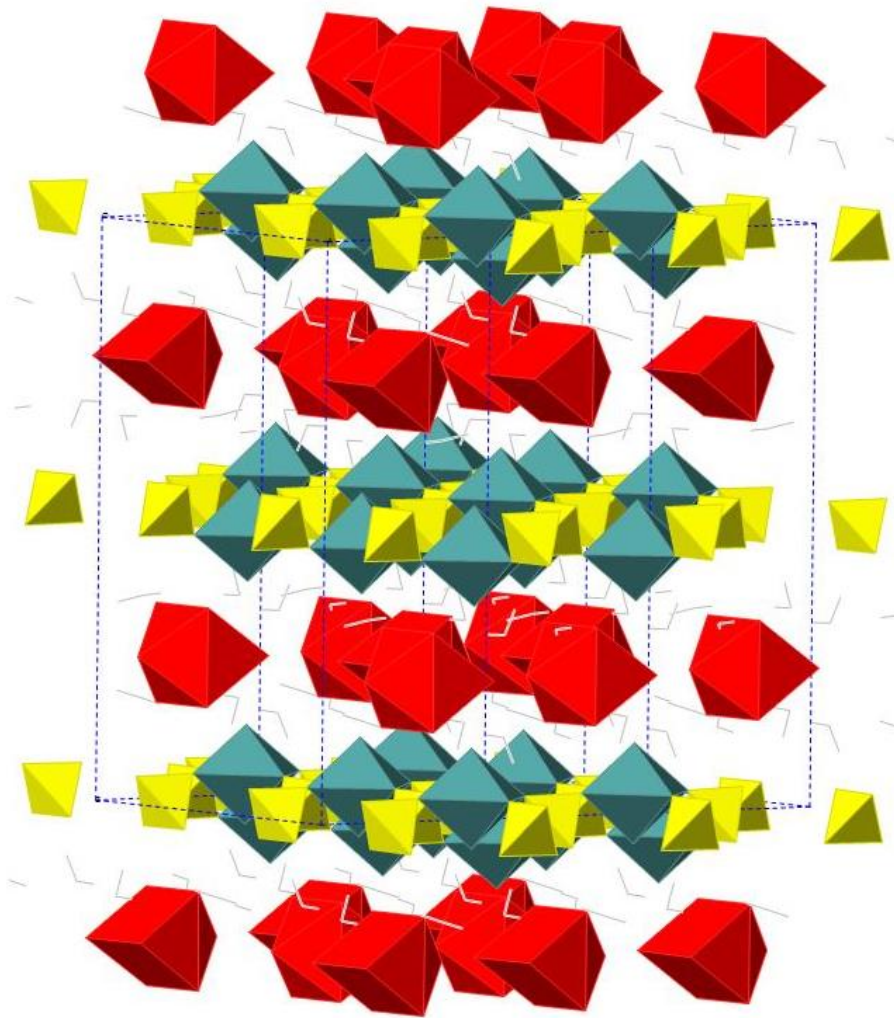
Chemische Zusammensetzung	: $\text{Ca}(\text{UO}_2)_2(\text{PO}_4)_2 \cdot 10\text{-}12\text{H}_2\text{O}$
Kristallsystem	: tetragonal, $4/m\ 2/m\ 2/m$
Elementarzelle	: $a_0 = 7.01\ \text{\AA}$, $c_0 = 20.74\ \text{\AA}$
Raumgruppe	: $I\ 4/mmm$
Ausbildung	: schuppig, dünntafelig xx
Härte	: 2
Dichte	: $3,5\ \text{g/cm}^3$
Farbe	: hellgrün
Strich	: gelblich, grünlich
Glanz	: Glasglanz
Spaltbarkeit	: vollkommen
Bruch	: uneben
Vorkommen	: Oxidationszone von Uranlagerstätten
Fluoreszenz	: intensiv gelbgrün
Paragenese	: Quarz, andere Uranminerale
Fundorte	: Wölsendorf/Bayern, Autun/Frankreich
Verwendung	: Uranerz und gut nachweisbar über Fluoreszenz



Autunit. Wölsendorf/Bayern. Bildbreite 2 cm



Autunit: fluoreszierend (links) und normales Licht (rechts). Bergen/Vogtland.
Bildbreite 10 cm



Elementarzelle $a_0 = 7.003 \text{ \AA}$, $c_0 = 20.767 \text{ \AA}$, $Z = 2$
 Raumgruppe $I 4/mmm$

Abb: Struktur von Autunit

Weiterführende Literatur zu Autunit

Artikel und Bücher

Anthony, J.W., Bideaux, R.A., Bladh, K.W., & Nichols, M.C. (1990): Handbook of Mineralogy, Mineral Data Publishing, Tucson Arizona, USA.

Beintema, J. (1938): On the composition and the crystallography of autunite and the metaautunites. Recueil des Travaux Chimiques des Pays-Bas.

Gaubert, M. P. (1904): Produits de déshydratation de quelques phosphates et orientation du chlorure de baryum sur les minéraux du groupe de l'autunite. Bulletin de la Société Française de Minéralogie, 27, 222-233.

Makarov, E.S. & Ivanov, V.I. (1960): The crystal structure of meta-autunite, $\text{Ca}(\text{UO}_2)_2(\text{PO}_4)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$. Doklady Akademii Nauk SSSR Earth Science Sections, 132, 601-603.

Ross, M. (1963): The crystallography of meta-autunite (I). American Mineralogist, 48, 1389-1393.

Suzuki, Y., Sato, T., Isobe, H., Kogure, T. & Murakami, T. (2005): Dehydration processes in the meta-autunite group minerals meta-autunite, metasaléeite, and metatorbernite. American Mineralogist, 90, 1308-1314.

Internet

<https://rruff.info/doclib/hom/metaautunite.pdf>

Arsenate

Mimetesit

Chemische Zusammensetzung	: $\text{Pb}_5[(\text{AsO}_4)_3(\text{F},\text{Cl},\text{OH})]$
Kristallsystem	: hexagonal, $6/m$
Elementarzelle	: $a_0 = 10.25 \text{ \AA}$, $c_0 = 7.45 \text{ \AA}$
Raumgruppe	: $P 6_3/m$
Ausbildung	: traubig, nierig, xx nadelig, säulig, tonnenförmig
Härte	: 3,5 – 4
Dichte	: $7,1 \text{ g/cm}^3$
Farbe	: farblos, gelb, grünlich, orange (oft sehr ähnlich Pyromorphit)
Strich	: weiß
Glanz	: Diamantglanz
Spaltbarkeit	: undeutlich
Bruch	: muschelig, uneben, spröde
Vorkommen	: Oxidationszone von Pb-Lagerstätten
Paragenese	: Quarz
Fundorte	: Bad Ems/Rheinland-Pfalz; Johanngeorgenstadt/Erzgebirge, Tsumeb/Namibia/Afrika; China; Zacatecas/Mexico
Verwendung	:



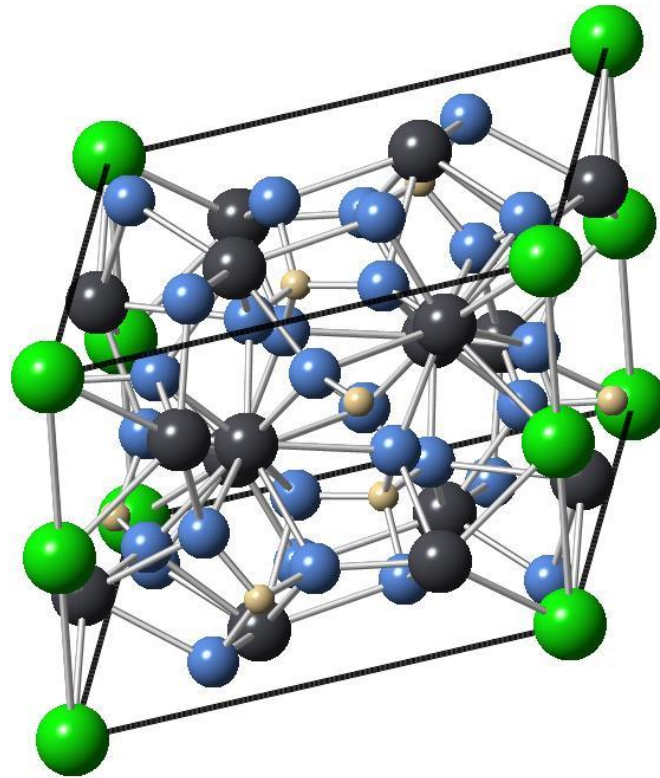
Mimetesit. Zschorlau/Erzgebirge. Bildbreite 10 cm



Mimetesit, Cerussit und Smithsonit. Tsumeb Mine/Namibia/Afrika. Bildbreite 3 cm



Mimetesit und Smithsonit. Tsumeb Mine/Namibia/Afrika. Bildbreite 4 cm



Elementarzelle $a_0 = 10.24 \text{ \AA}$, $c_0 = 7.43 \text{ \AA}$, $Z = 2$
 Raumgruppe $P 6_3/m$

Abb: Struktur von Mimetesit

Weiterführende Literatur zu Mimetesit

Artikel und Bücher

Anthony, J.W., Bideaux, R.A., Bladh, K.W., & Nichols, M.C. (1990): Handbook of Mineralogy, Mineral Data Publishing, Tucson Arizona, USA.

Baikie, T., Ferraris, C., Klooster, W.T., Madhavi, S., Pramana, S.S., Pring, A., Schmidt, G. & White, T.J. (2008): Crystal chemistry of mimetite, $\text{Pb}_{10}(\text{AsO}_4)_6\text{Cl}_{1.48}\text{O}_{0.26}$, and finnemanite, $\text{Pb}_{10}(\text{AsO}_3)_6\text{Cl}_2$. Acta Crystallographica, 64, 34-41.

Dai, Y., Hughes, J.M. & Moore P.B. (1991): The crystal structures of mimetite and clinomimetite, $\text{Pb}_5(\text{AsO}_4)_3\text{Cl}$. The Canadian Mineralogist, 29, 369-376.

Flis, J., Manecki, M. & Bajda, T. (2011): Solubility of pyromorphite $\text{Pb}_5(\text{PO}_4)_3\text{Cl}$ - mimetite $\text{Pb}_5(\text{AsO}_4)_3\text{Cl}$ solid solution series. Geochimica et Cosmochimica Acta, 75, 1858-1868.

Hendricks, S.B., Jefferson, M.E. & Mosley, V.M. (1932): The crystal structures of some natural and synthetic apatite-like substances, Zeitschrift für Kristallographie, 81, 352-369.

Lyalina, L.M., Savchenko, Y.E., Selivanova, E.A. & Zozulya, D.R. (2010): Behoite and mimetite from the Saharjok alkaline intrusion, Kola Peninsula. *Geology of Ore Deposits*, 52, 641-645.

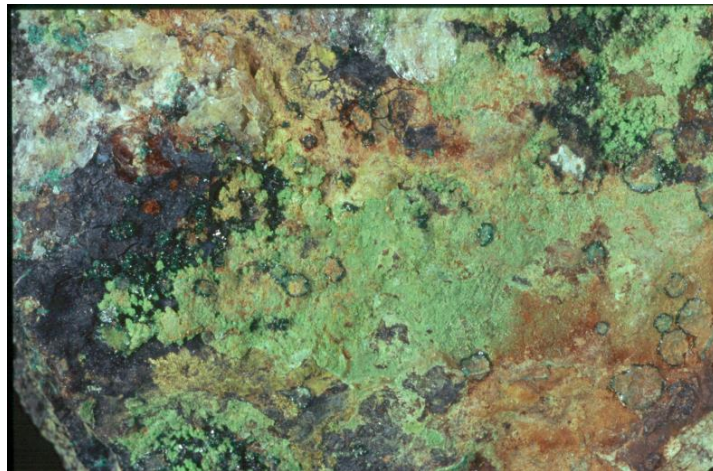
Sokolova, E.V. & Egorov-Tismenko, Yu.K. (1982): Study of crystalline structures of rare arsenates: duftite and mimetite. *Vestnik Moskovskogo Universiteta, Geologiya*, 37, 50-56.

Internet

<https://rruff.info/doclib/hom/mimetite.pdf>

Annabergit „Nickelblüte“

Chemische Zusammensetzung	: $\text{Ni}_3 (\text{AsO}_4)_2 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$
Kristallsystem	: monoklin, 2/m
Elementarzelle	: $a_0 = 10.17 \text{ \AA}$, $b_0 = 30.31 \text{ \AA}$, $c_0 = 4.73 \text{ \AA}$, $\beta = 105.0^\circ$
Raumgruppe	: I 2/m
Ausbildung	: meist erdig, Krusten, radialstrahlig, selten prismatische
Härte	: 2
Dichte	: 3
Farbe	: apfel- bis dunkelgrün
Strich	: hellgrün
Glanz	: Glasglanz
Spaltbarkeit	: vollkommen
Bruch	: blättrig
Vorkommen	: Verwitterung von As-haltigen Ni-Erzen (Chloanthit, Nickelin), Oxydationsbereich
Paragenese	: Nickelin, Skutterudit, andere Ni-erze, Quarz
Fundorte	: Annaberg/Erzgebirge; Cobalt/Ontario/Canada; Laurion Anloua/Kamerun/Afrika; USA
Verwendung	: Nickelanzeigemineral



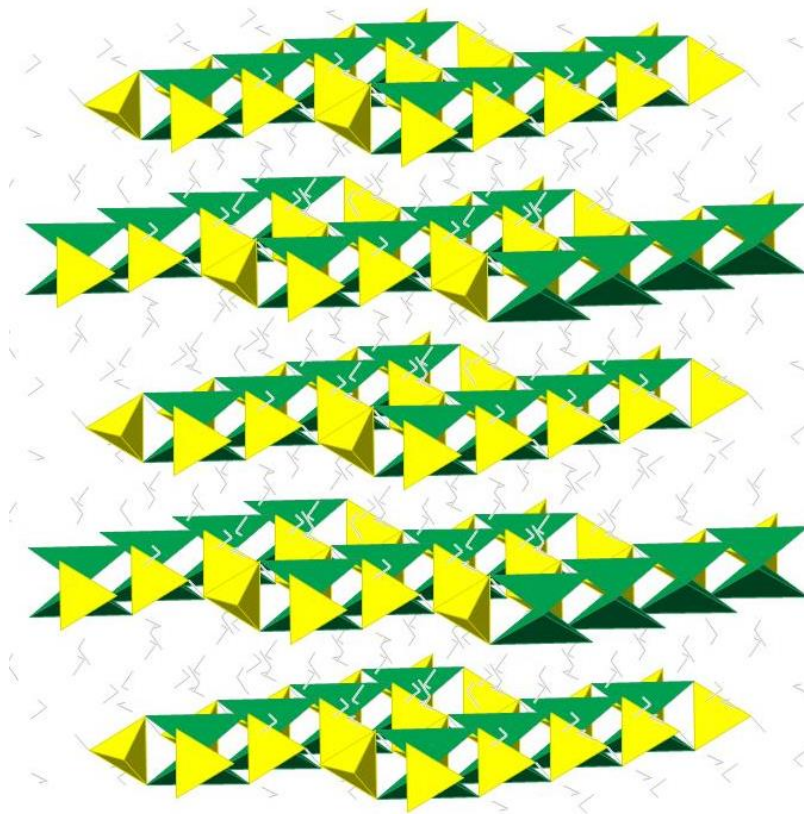
Annabergit (grünes Mineral). Fundort unbekannt. Bildbreite 3 cm



Annabergit. Table Mountain/
Churchill/Nevada/ USA. Bildbreite 12 cm



Annabergit. Table Mountain/
Churchill/Nevada/USA. Bildhöhe 5 cm



Elementarzelle $a_0 = 10.179 \text{ \AA}$, $b_0 = 13.3090 \text{ \AA}$, $c_0 = 4.72 \text{ \AA}$, $\beta = 105.0^\circ$, $Z = 2$
 Raumgruppe $C2/m$

Abb: Struktur von Annabergit

Weiterführende Literatur zu Annabergit

Artikel und Bücher

Anthony, J.W., Bideaux, R.A., Bladh, K.W., & Nichols, M.C. (1990): Handbook of Mineralogy, Mineral Data Publishing, Tucson Arizona, USA.

Jambor, J.L. & Dutrizac, J. E. (1995): Solid solutions in the annabergite - erythrite - hörnesite synthetic system. The Canadian Mineralogist, 33, 1063-1071.

Mrose, M.E., Larson, R.R. & Estep, P.A. (1976): Forbesite - a mixture of cobaltoan annabergite and arsenolite. The Canadian Mineralogist, 14, 414-421.

Phillips, W., Brooke, H.J. & Miller, W.H. (1852): Annabergite. In: An Elementary Introduction to Mineralogy, 503-504, London.

Wildner, M., Giester, G., Lengauer, C.L. & McCammon, C.A. (1996): Structure and crystal chemistry of vivianite-type compounds: Crystal structures of erythrite and annabergite with a Mössbauer study of erythrite. European Journal of Mineralogy, 8, 187-192.

Internet

<https://rruff.info/doclib/hom/annabergite.pdf>

Erythrin „Kobaltblüte“

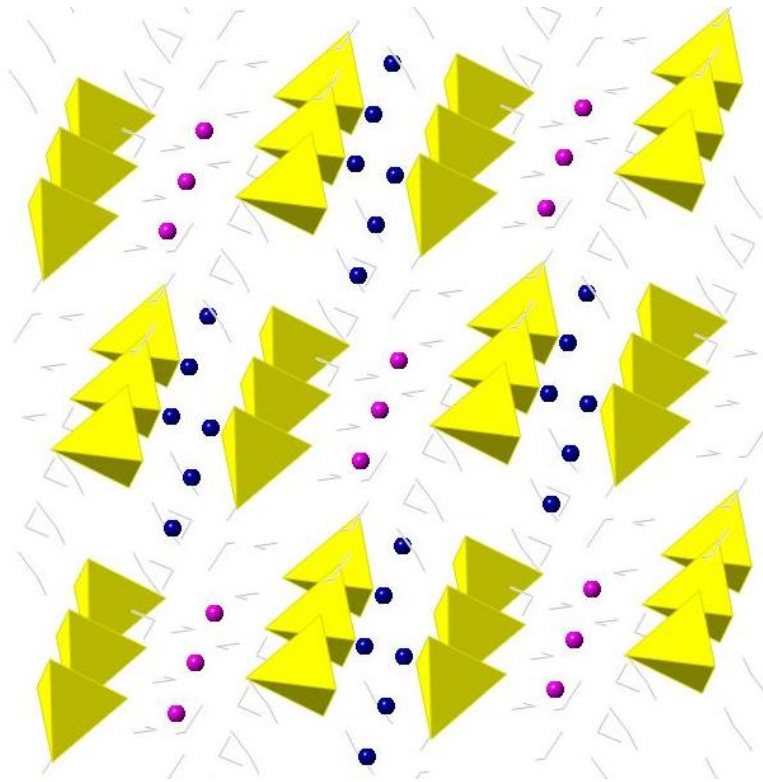
Chemische Zusammensetzung	: $\text{Co}_3 (\text{AsO}_4)_2 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$
Kristallsystem	: monoklin, $2/m$
Elementarzelle	: $a_0 = 10.2 \text{ \AA}$, $b_0 = 13.37 \text{ \AA}$, $c_0 = 4.74 \text{ \AA}$, $\beta = 105.02^\circ$
Raumgruppe	: $I 2/m$
Ausbildung	: meist erdig, Krusten, radialstrahlig, selten prismatische Kristalle
Härte	: 2, schneidbar
Dichte	: 3 g/cm^3
Farbe	: rosa, rot, rotviolett
Strich	: hellrot
Glanz	: Glasglanz
Spaltbarkeit	: vollkommen
Bruch	: uneben
Vorkommen	: Verwitterung von As-haltigen Co-Erzen
Paragenese	: Skutterudite
Fundorte	: Schneeberg/Erzgebirge; Schwarzwald; Brixlegg/Österreich; Bou Azzer/Marokko; Cobalt/Ontario/Canada
Verwendung	: Kobaltanzeigemineral im Oxydationsbereich



Erythrin. Aghbar Mine/Bou Azzer/
Tazenakht/Marokko. Bildhöhe 5 cm



Erythrin. Wittichen/Schwarzwald.
Bildbreite 10 cm



Elementarzelle $a_0 = 10.251 \text{ \AA}$, $b_0 = 13.447 \text{ \AA}$, $c_0 = 4.7664 \text{ \AA}$, $\beta = 104.98^\circ$, $Z = 2$
 Raumgruppe $C2/m$

Abb: Struktur von Erythrin

Weiterführende Literatur zu Erythrin

Artikel und Bücher

Anthony, J.W., Bideaux, R.A., Bladh, K.W., & Nichols, M.C. (1990): Handbook of Mineralogy, Mineral Data Publishing, Tucson Arizona, USA.

Capitelli, F., Elaati, M., Lalaoui, M.D. & Piniella, J.F. (2007): Crystal structure of a vivianite-type mineral: Mg-rich erythrite, $(\text{Co}_{2.16}\text{Ni}_{0.24}\text{Mg}_{0.60})(\text{AsO}_4)_2 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$. Zeitschrift für Kristallographie, 222, 676-679.

Ciesielczuk, J., Dulski, M., Janeczek, J., Krzykowski, T., Kusz, J. & Szełęg, E. (2020): Crystal chemistry of an erythrite-köttigite solid solution $(\text{Co}_{3-x}\text{Zn}_x)(\text{AsO}_4)_2 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$. Minerals, 10, 548. doi 10.3390/min10060548.

Faye, G.H. & Nickel, E.H. (1968): The origin of pleochroism in erythrite. The Canadian Mineralogist, 9, 492-504.

Jambor, J.L. & Dutrizac, J.E. (1995): Solid solutions in the annabergite - erythrite - hörnesite synthetic system. The Canadian Mineralogist, 33, 1063-1071.

Martens, W.N., Kloprogge, J.T., Frost, R.L. & Rintoul, L. (2004): Single crystal Raman study of erythrite, $\text{Co}_3(\text{AsO}_4)_2 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$. *Journal of Raman Spectroscopy*, 35, 208-216.

Wildner, M., Giester, G., Lengauer, C.L. & McCammon, C.A. (1996): Structure and crystal chemistry of vivianite-type compounds: Crystal structures of erythrite and annabergite with a Mössbauer study of erythrite. *European Journal of Mineralogy*, 8, 187-192.

Internet

<https://rruff.info/doclib/hom/erythrite.pdf>

Vanadate

Vanadinit

Chemische Zusammensetzung	: $\text{Pb}_5[(\text{VO}_4)_3(\text{F},\text{Cl},\text{OH})]$
Kristallsystem	: hexagonal, 6/m
Elementarzelle	: $a_0 = 10.33, \text{ \AA}, c_0 = 7.34 \text{ \AA}$
Raumgruppe	: $P 6_3/m$
Ausbildung	: xx nadelig, säulig, dicktafelig, kleine Tonnen
Härte	: 3
Dichte	: $6,7 - 7,1 \text{ g/cm}^3$
Farbe	: gelb, braun, orange
Strich	: weiß bis blassgelb
Glanz	: Diamantglanz
Spaltbarkeit	: keine
Bruch	: muschelig, spröde
Vorkommen	: Oxidationszone von Pb-Zn-Lagerstätten
Paragenese	: Baryt, Quarz
Fundorte	: Marokko/Afrika; Sambia/Afrika; Tsumeb/Namibia/Afrika; Broken Hill/Australien
Verwendung	: Vanadiumerz



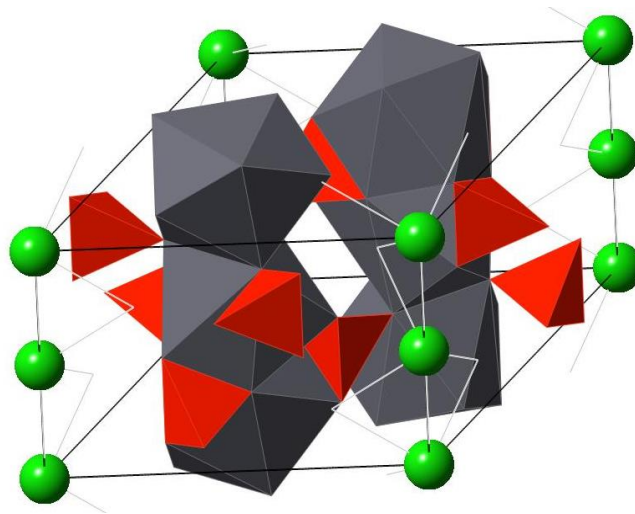
Vanadinit. Mibladen/Marokko.
Bildbreite 6 cm



Vanadinit. Mibladen/Marokko.
Bildbreite 6 cm



Vanadinit. Mibladen/Marokko. Bildbreite 4 cm



Elementarzelle $a_0 = 10.31 \text{ \AA}$, $c_0 = 7.34 \text{ \AA}$, $Z = 2$
 Raumgruppe $P 6_3/m$

Abb: Struktur von Vanadinit

Weiterführende Literatur zu Vanadinit

Artikel und Bücher

Anthony, J.W., Bideaux, R.A., Bladh, K.W., & Nichols, M.C. (1990): Handbook of Mineralogy, Mineral Data Publishing, Tucson Arizona, USA.

Barnes, W.H. (1962): Shorter communications: The X-ray diffraction powder pattern of vanadinite. The Canadian Mineralogist, 7, 301-306.

Dai, Y. & Hughes, J.M. (1989): Crystal-structure refinements of vanadinite and pyromorphite. The Canadian Mineralogist, 27, 189-192.

Frost, R.L., Crane, M., Williams, P.A. & Kloprogge J T (2003): Isomorphic substitution in vanadinite $[Pb_5(VO_4)_3Cl]$ - a Raman spectroscopic study. Journal of Raman Spectroscopy, 34, 214-220.

Hendricks, S.B., Jefferson, M.E. & Mosley, V.M. (1932): The crystal structures of some natural and synthetic apatite-like substances, Zeitschrift für Kristallographie, 81, 352-369.

Laufek, F., Skala, R., Haloda, J. & Cisarova, I. (2009): Crystal structure of vanadinite: refinement of anisotropic displacement parameters. Journal of the Czech Geological Society, 51, 271-275.

Okudera, H. (2013): Relationships among channel typology and atomic displacements in the structures of $Pb_5(BO_4)_3Cl$ with $B = P$ (pyromorphite), V (vanadinite), and As (mimetite). American Mineralogist, 98, 1573-1579.

Redfern, S.A.T., Smith, S.E. & Maddrell E.R. (2012): High-temperature breakdown of the synthetic iodine analogue of vanadinite, $Pb_5(VO_4)_3I$: an apatite-related compound for iodine radioisotope immobilization. *Mineralogical Magazine*, 76, 997-1003.

Trotter, J. & Barnes, W.H. (1958): The structure of vanadinite. *The Canadian Mineralogist*, 6, 161-173.

Internet

<https://rruff.info/doclib/hom/vanadinite.pdf>

