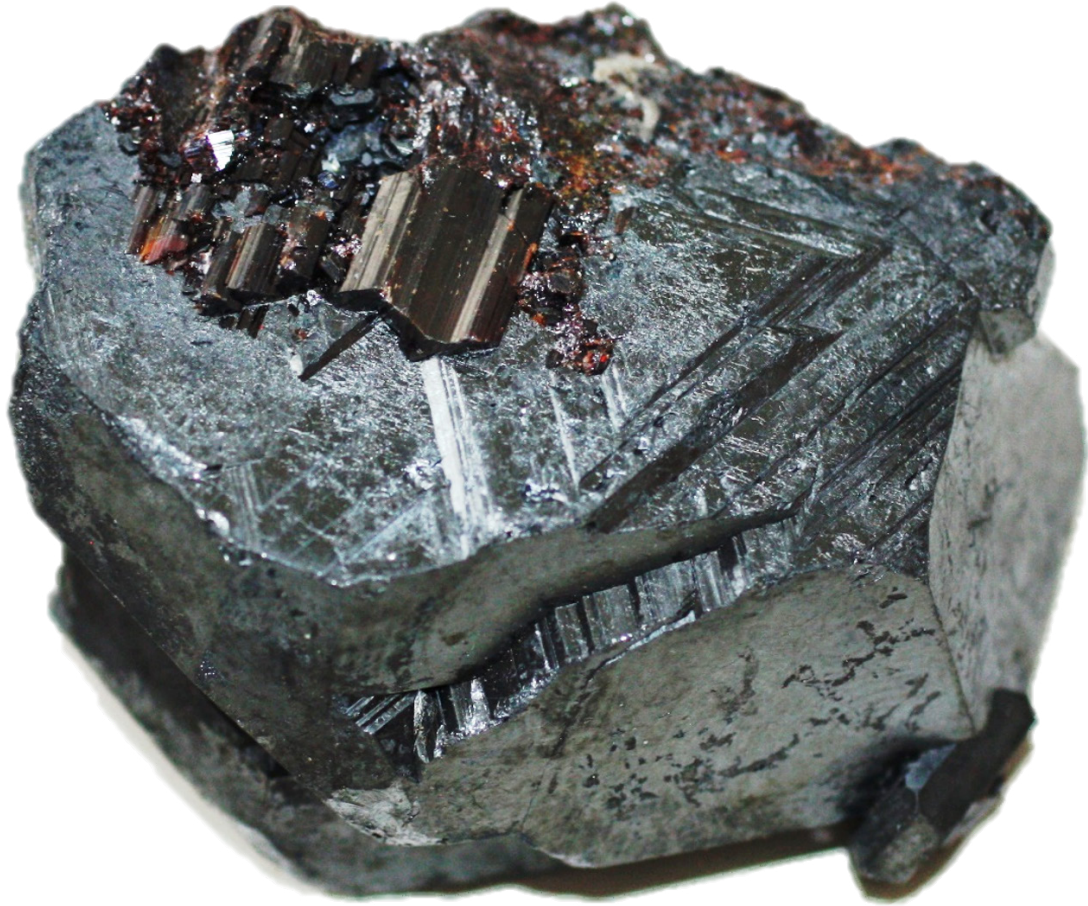


**HALLESCHES JAHRBUCH
FÜR
GEOWISSENSCHAFTEN**

BEIHEFT 50



HERBERT PÖLLMANN

SYSTEMATISCHE MINERALOGIE

TEIL II

IV OXIDE



HALLE (SAALE) 2022

Hämatit mit aufgewachsenem Rutil. Kongo/Afrika. Bildbreite 4 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**

IV Oxide/Hydroxide

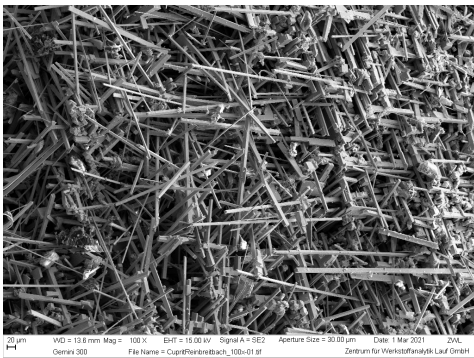
Cuprit - Cu_2O	Ilmenit - FeTiO_3	Rutil - TiO_2	Gibbsit - $\text{Al}(\text{OH})_3$
Spinell - MgAl_2O_4	Quarz - SiO_2	Anatas - TiO_2	Diaspor - AlOOH
Magnetit - Fe_3O_4	Hochquarz - SiO_2	Brookit - TiO_2	Böhmit - AlOOH
Chromit – $(\text{Mg,Fe})\text{Cr}_2\text{O}_4$	Tridymit - SiO_2	Cassiterit - SnO_2	Goethit - FeOOH
Hausmannit Mn_3O_4	Cristobalit - SiO_2	Pyrolusit - MnO_2	Lepidokrokit - FeOOH
Chrysoberyll - Al_2BeO_4	Coesit - SiO_2	Uraninit - UO_2	Manganit - MnOOH
Korund - Al_2O_3	Stishovit - SiO_2	Columbit – $(\text{Fe, Mn})(\text{Nb, Ta})_2\text{O}_6$	Sassolin, Borsäure - $\text{B}(\text{OH})_3$
Hämatit - Fe_2O_3	Opal – $\text{SiO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$	Brucit - $\text{Mg}(\text{OH})_2$	



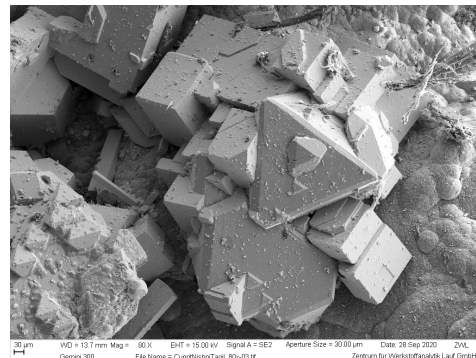
Alexandrit. Brasilien. Bildbreite 8 cm

Cuprit „Rotkupfererz“, Chalkotrichit

Chemische Zusammensetzung	: Cu_2O
Kristallsystem	: kubisch
Elementarzelle	: $a_0 = 4.27 \text{ \AA}$
Raumgruppe	: $\text{Pn}3\text{m}$
Ausbildung	: derb, eingesprengt, Würfel, Oktaeder, nadelige x in stengeliger Ausbildung: Chalkotrichit
Härte	: 3,5 – 4
Dichte	: 6
Farbe	: rotbraun
Strich	: braunrot
Glanz	: Glasglanz bis halbmatt
Spaltbarkeit	: deutlich nach $\{111\}$
Bruch	: uneben, spröde
Vorkommen	: aus Cu-Sulfiden, meist an Grenze Oxidations / Reduktionszone
Paragenese	: andere Kupferminerale
Fundorte	: Tsumeb/Namibia
Verwendung	: z. T. Cu-Erz



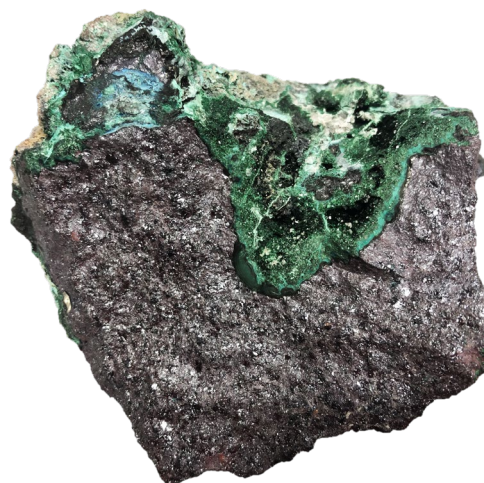
REMAufnahme von Cuprit/Varietät Chalkotrichit. Rheinbreitbach/Rheinland-Pfalz.



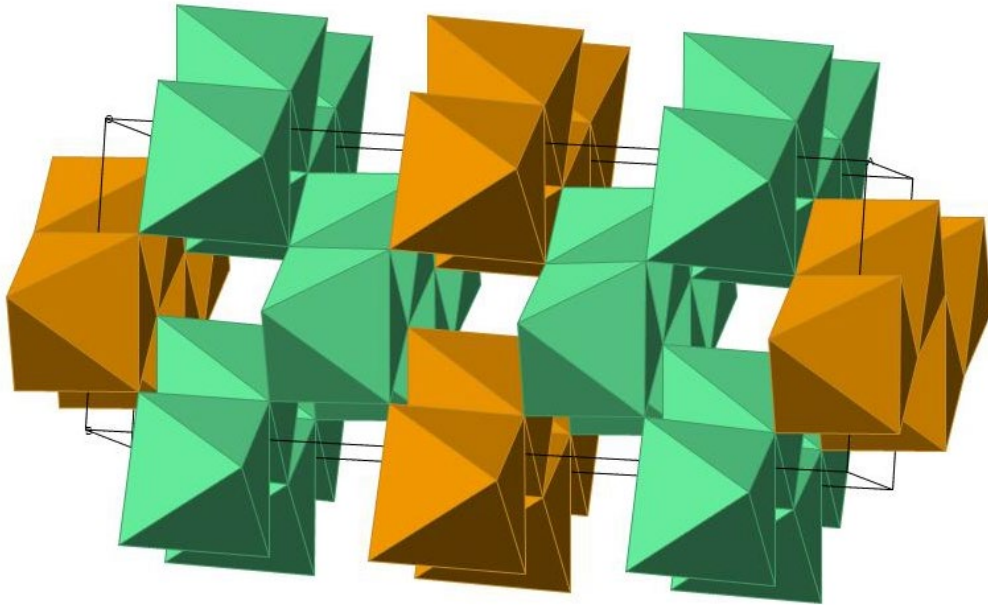
REM-Aufnahme von Cuprit. Fundort unbekannt.



Cuprit. Para/Brasilien. Bildbreite 2 cm



Cuprit (rot) mit Überzug von Rouait, Malachit und Tenorit. Tenke Fungurume/ Kolwezi/Kongo/Afrika. Bildbreite 20 cm



Elementarzelle $a_0 = 4.26 \text{ \AA}$, $Z = 2$
 Raumgruppe $Pn3m$

Abb: Struktur von Cuprit

Weiterführende Literatur zu Cuprit

Artikel und Bücher

Anthony J W, Bideaux R A, Bladh K W, and Nichols M C (1990) Handbook of Mineralogy, Mineral Data Publishing, Tucson Arizona, USA, by permission of the Mineralogical Society of America

Beccara, S., Dalba, G., Fornasini, P., Grisenti, R., Sanson, A. & Rocca, F. (2002): Local thermal expansion in a cuprite structure: the case of Ag_2O . Physical Review Letters, 89, 025503-4.

Blackburn, W.H. & Dennen, W.H. (1997): Encyclopedia of Mineral Names. The Canadian Mineralogist, Special Publication 1, 360 S. (daraus S. 74).

Kirfel, A. & Eichhorn, K. (1990): Accurate structure analysis with synchrotron radiation. The electron density in Al_2O_3 and Cu_2O . Acta Crystallographica, A46, 271-284.

Lippmann, T. & Schneider, J.R. (2000): Topological analyses of cuprite, Cu_2O , using high-energy synchrotron-radiation data. Acta Crystallographica, A56, 575-584.

Niggli, P. (1922): Die Kristallstruktur einiger Oxyde I. Zeitschrift für Kristallographie, 57, 253-299.

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

<http://rruff.info/doclib/hom/cuprite.pdf>

Spinellgruppe

Chemische Zusammensetzung	: AB_2O_4 mit A: Mg^{2+} , Zn^{2+} , Fe^{2+} , Mn^{2+} , Ni^{2+} ; B: Al^{3+} , Cr^{3+} , Fe^{3+}
Kristallsystem	: kubisch
Elementarzelle	: kubisch dichteste Kugelpackung von Sauerstoff
Raumgruppe	: $4/m-3,2/m$
Ausbildung	: häufig idiomorph, Oktaeder, Kuboktaeder
Härte	: 7.5 - 8
Dichte	: 3,6
Farbe	: je nach Zusammensetzung verschieden, farblos, rot, blau, bräunlich
Strich	: farblos bis beige
Spaltbarkeit	: undeutlich
Bruch	: muschelig, uneben
Vorkommen	: magmatische Gesteine, Marmore
Paragenese	: Calcit, Andalusit, Olivin
Fundorte	: Sri Lanka, Mogok (Myanmar), Brasilien, Madagaskar
Verwendung	: Schmuckstein, Hartstoff, Fe-, Cr- und Mn-Erz

$A^{[4]}B_2^{[6]}O_4$ Normalspinelle; $B^{[4]}(A^{[6]}B^{[6]})O_4$ Inverse Spinelle

Andere wichtige Spinelle:

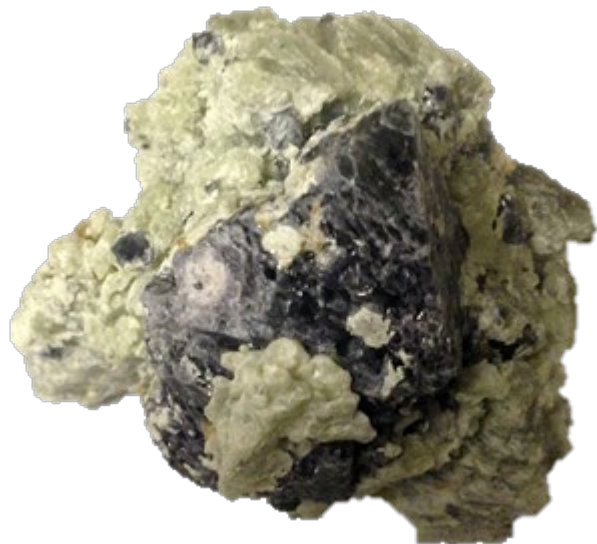
Coulsonit, Cuprospinell, Filipstadit, Franklinit, Gahnit, Galaxit, Hercynit, Jakobsit, Magnesiochromit, Magnesiocoulsonit, Magnesioferrit, Magnetit, Manganochromit, Nichromit, Qandilit, Trevorit, Ulvöspinell

Spinell

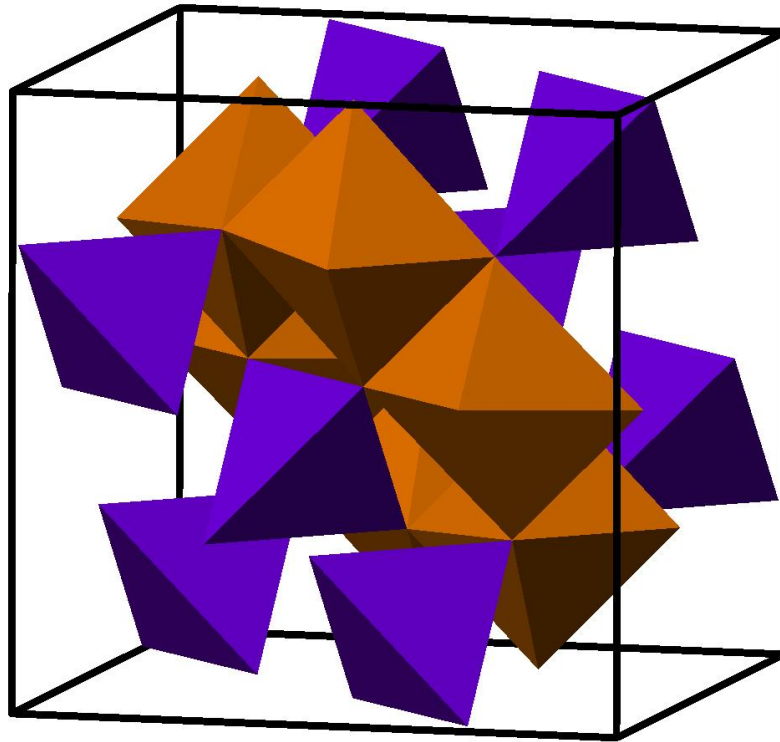
Chemische Zusammensetzung	: MgAl_2O_4
Kristallsystem	: Oktaeder
Elementarzelle	: $a_0 = 8.08 \text{ \AA}$
Raumgruppe	: Fd-3m
Ausbildung	: gedrungene, oft idiomorphe Kristalle
Härte	: 8
Dichte	: 3,7
Farbe	: blau, rot, grünlich, braun, schwarz
Strich	: weiß
Glanz	: Glasglanz
Spaltbarkeit	: nach $\{111\}$
Bruch	: muschelig
Vorkommen	: magmatisch, metamorph; sekundäre Lagerstätten (Seifen)
Paragenese	: Seifen-Resistate, Calcit
Fundorte	: Canada; Afrika; Sri Lanka; Indien
Verwendung	: Schmuckstein



Spinell. Mahenge/Tansania/Afrika.
Bildbreite 4 cm



Spinell und Forsterit. Laurent/Quebec/Canada.
Bildbreite 4 cm



Elementarzelle $a_0 = 8.086 \text{ \AA}$, $Z = 8$
 Raumgruppe $Fd3m$

Abb: Struktur von Spinell

Weiterführende Literatur zu Spinell

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, by permission of the Mineralogical Society of America.

Blackburn, W.H. & Dennen, W.H. (1997): Encyclopedia of Mineral Names. The Canadian Mineralogist, Special Publication 1, 360 S. (daraus S. 282).

Bosi, F., Hålenius, U., Andreozzi, G. B., Skogby, H., Lucchesi, S. (2007): Structural refinement and crystal chemistry of Mn-doped spinel: a case for tetrahedrally coordinated Mn^{3+} in an oxygen-based structure, American Mineralogist, 92, 27-33.

Bragg, W.H. (1915): The structure of magnetite and the spinels. Nature (London, United Kingdom), 95, 561-561. DOI: 10.1038/095561a0

Cynn, H., Sharma, S.K., Cooney, T.F. & Nicol, M. (1992): High-temperature Raman investigation of order-disorder behavior in the $MgAl_2O_4$ spinel. Physical Review B, 45, 500-502.

D'Ippolito, V., Andreozzi, G.B., Bosi, F. & Hålenius, U. (2012): Blue spinel crystals in the $MgAl_2O_4$ - $CoAl_2O_4$ series: Part I. Flux growth and chemical characterization. American Mineralogist, 97, 1828-183.

Jastrzębska, I., Szczerba, J., Błachowski, A. & Stoch, P. (2017): Structure and microstructure evolution of hercynite spinel ($\text{Fe}^{2+}\text{Al}_2\text{O}_4$) after annealing treatment. *European Journal of Mineralogy*, 29, 63-72.

Litvinenko, A.K. (2003): Genetic position of precious spinel in magnesium skarns of the South-West Pamirs. *Zapiski Vserossijskogo Mineralogicheskogo Obshestva*, 132, issue 1 76-81.

Lutz, H.D., Kringe, C., Mohn, K. & Stingl, T. (1998): Decomposition of spinel-type nickel chromium indium sulfides—x-ray powder structure determination. *Journal of Solid State Chemistry*, 136, 193-198.

Machatschki, F. (1931): Zur Spinellstruktur. *Zeitschrift für Kristallographie*, (1931) 80, 416-427.

Nakatsuka, A., Ueno, H., Nakayama, N., Mizota, T. & Maekawa, H. (2004): Single-crystal X-ray diffraction study of cation distribution in MgAl_2O_4 - MgFe_2O_4 spinel solid solution. *Physics and Chemistry of Minerals*, 31, 278-287.

Nestola, F., Boffa Ballaran, T., Balic-Zunic, T., Princivalle, F., Secco, L. & Dal Negro, A. (2007): Comparative compressibility and structural behavior of spinel MgAl_2O_4 at high pressures: the independency on the degree of cation order. *American Mineralogist*, 92, 1838-1843.

Princivalle, F., Martignago, F., Nestola, F. & Dal Negro, A. (2012): Kinetics of cation ordering in synthetic $\text{Mg}(\text{Al},\text{Fe}^{3+})_2\text{O}_4$ spinels. *European Journal of Mineralogy*, 24, 633-643.

Redfern, S.A.T., Harrison, R.J., O'Neill, H.St.C. & Wood, D.R.R. (1999): Thermodynamics and kinetics of cation ordering in MgAl_2O_4 spinel up to 1600 °C from in situ neutron diffraction. *American Mineralogist*, 84, 299-310.

Wang, X. & Greenwood, H. J. (1988): An experimental study of the equilibrium: grossular + clinocllore = 3 diopside + 2 spinel + 4 H_2O . *The Canadian Mineralogist*, 26, 269-281.

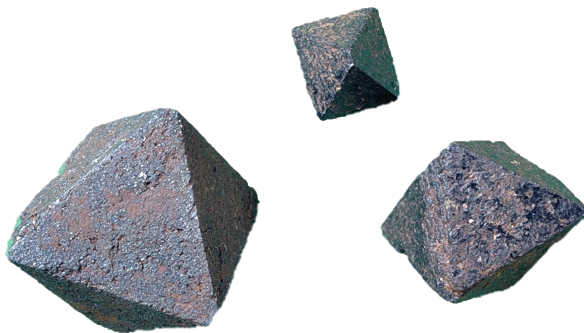
Zorina, N.G. & Kvitka, S.S. (1968): Refinement of the structure of the spinel Al_2MgO_4 . *Soviet Physics - Crystallography*, 13, 599-600.

Internet

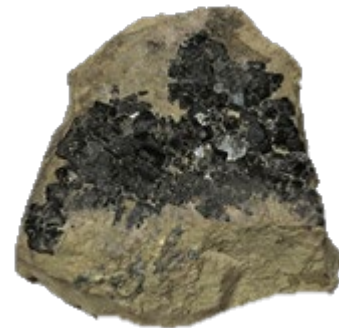
<http://rruff.info/doclib/hom/spinel.pdf>

Magnetit

Chemische Zusammensetzung	: $\text{Fe}^{3+(4)}\text{Fe}^{3+(6)}\text{Fe}^{2+(6)}\text{O}_4 = \text{Fe}_3\text{O}_4$ (Inversspinell)
Kristallsystem	: kubisch, derb, Oktaeder, Rhombendodekaeder
Elementarzelle	: $a_0 = 8.40 \text{ \AA}$
Raumgruppe	: Fd-3m
Ausbildung	: derb, oft oktaedrische Einzelkristalle
Härte	: 5,5
Dichte	: 5,2
Farbe	: eisenschwarz
Strich	: schwarz
Glanz	: halbmatt
Spaltbarkeit	: unvollkommen
Bruch	: muschelig
Vorkommen	: liquidmagmatisch, in Skarnen, metamorph, diagenetisch
Paragenese	: magmatische Gesteinen, Sanden, Erzen, Apatit, Chromit
Fundorte	: Taberg und Kirunavaara/Schweden; Kursk/Russland; Pilbara/Australien; Südafrika; Brasilien; USA und viele andere
Verwendung	: Eisenerz, Pigment, in Lebewesen
Sonstiges	: magnetisch



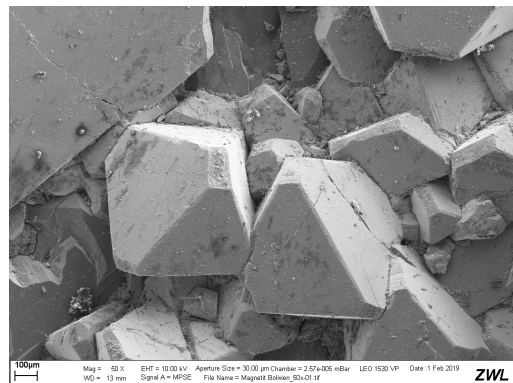
Magnetit. Minas Gerais/Brasilien.
Kristallgröße je ca. 1-2 cm



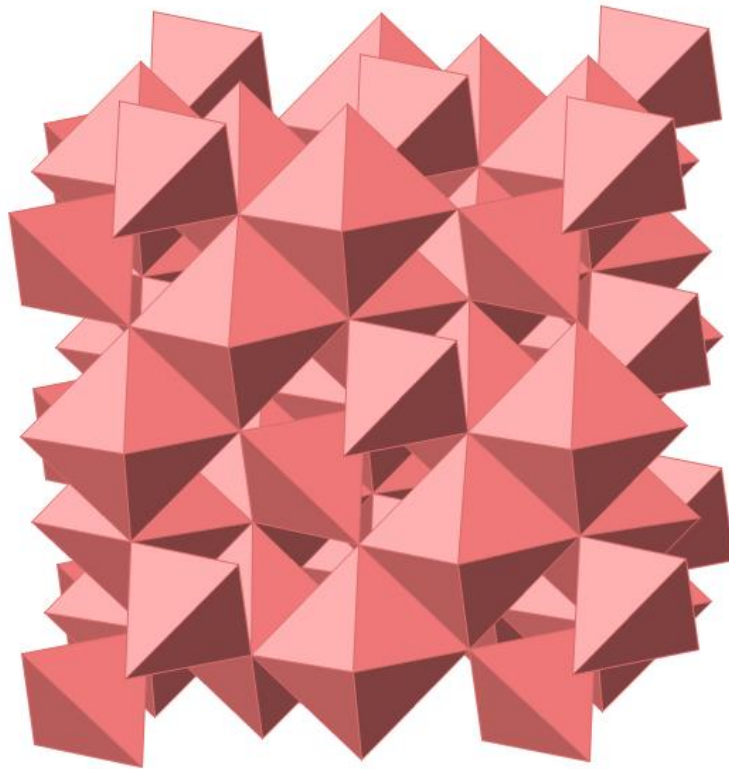
Magnetit. Callenberg bei Glauchau/Sachsen. Bildbreite 10 cm



Magnetit und Calcit.
Daschkesan/Aserbaidshan. Bildbreite 10 cm



REM Aufnahme von Magnetit.
Bolivien.



Elementarzelle $a_0 = 8.394 \text{ \AA}$, $Z = 8$
 Raumgruppe $Fd3m$

Abb: Struktur von Magnetit

Weiterführende Literatur zu Magnetit

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, by permission of the Mineralogical Society of America.

Blackburn, W.H. & Dennen, W.H. (1997): Encyclopedia of Mineral Names. The Canadian Mineralogist, Special Publication 1, 360 S. (daraus S. 184).

Bosi, F., Hålenius, U. & Skogby, H. (2009): Crystal chemistry of the magnetite-ulvöspinel series. American Mineralogist, 94, 181-189.

Bragg, W.H. (1915): The structure of magnetite and the spinels. Nature (London, United Kingdom), 95, 561-561. DOI: 10.1038/095561a0

Derbyshire, W.D. & Yearian, H.J. (1958): X-ray diffraction and magnetic measurements of the Fe-Cr spinels. Physical Review (1958) 112, 1603-1607. DOI: 10.1103/PhysRev.112.1603

Fleet, M.E. (1981): The structure of magnetite. Acta Crystallographica, B37, 917-920.

Fleet, M.E. (1984): The structure of magnetite: two annealed natural magnetites, $\text{Fe}_{3.005}\text{O}_4$ and $\text{Fe}_{2.96}\text{Mg}_{0.04}\text{O}_4$. Acta Crystallographica, C40, 1491-1493.

Fleet, M.E. (1986): The structure of magnetite: symmetry of cubic spinels. *Journal of Solid State Chemistry*, 62, 75-82.

Henriquez, F. & Martin, R.F. (1978): Crystal-growth texture in magnetite flows and feeder dykes, El Laco, Chile. *The Canadian Mineralogist*, 16, 581-589.

Schmidbauer, E. & Keller, M. (2006): Magnetic hysteresis properties, Mossbauer spectra and structural data of spherical 250 nm particles of solid solutions Fe_3O_4 - γ - Fe_2O_3 . *Journal of Magnetism and Magnetic Materials*, 297, 107-117.

Volenik, K., Seberini, M. & Neid, J. (1975): A Mössbauer and X-ray diffraction study of nonstoichiometry in magnetite. *Czechoslovak Journal of Physics*, 25, 1063-1071.

Yang, J.B., Zhou, X.D., Yelon, W.B., James, W.J., Cai, Q., Gopalakrishnan, K.V., Malik, S. K., Sun, X.C. & Nikles, D.E. (2004): Magnetic and structural studies of the Verwey transition in $\text{Fe}_{3-\delta}\text{O}_4$ nanoparticles. *Journal of Applied Physics*, 95, 7540-7542.

Internet

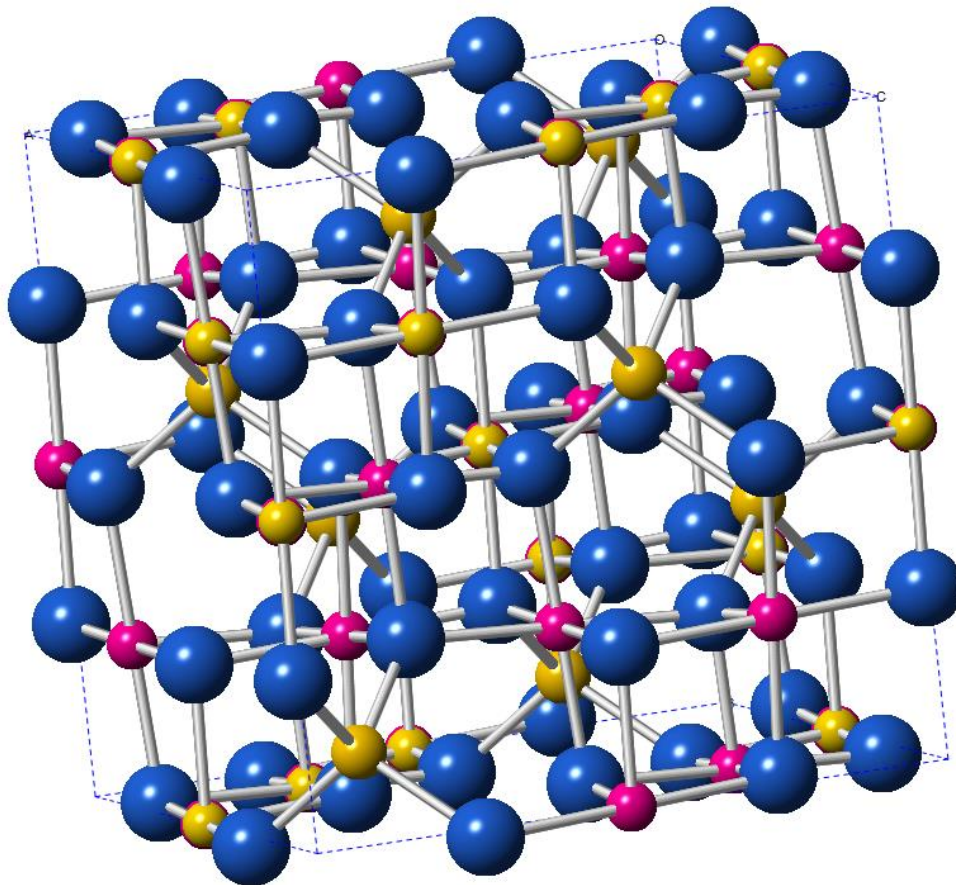
<http://rruff.info/doclib/hom/magnetite.pdf>

Chromit „Chromeisenstein“

Chemische Zusammensetzung	: (Mg, Fe) Cr ₂ O ₄
Kristallsystem	: derb, eingesprengt
Elementarzelle	: a ₀ = 8.36 Å
Raumgruppe	: Fd-3m
Ausbildung	: meist derb
Härte	: 5,5
Dichte	: 4,6
Farbe	: eisenschwarz
Strich	: braun
Glanz	: halbmatt
Spaltbarkeit	: keine
Bruch	: muschelig
Vorkommen	: liquidmagmatisch
Paragenese	: magmatische Gesteine, Sande
Fundorte	: Transvaal/Südafrika; Ural/Russland; Zimbabwe/Afrika; Albanien, u.v.a.
Verwendung	: Chromerz, Feuerfestmaterialien, Metalllegierungen



Chromit. Kasachstan. Bildbreite 14 cm



Elementarzelle $a_0 = 8.374 \text{ \AA}$, $Z = 8$
 Raumgruppe $Fd3m$

Abb: Struktur von Chromit

Weiterführende Literatur zu Chromit

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, by permission of the Mineralogical Society of America.

Blackburn, W.H. & Dennen, W.H. (1997): Encyclopedia of Mineral Names. The Canadian Mineralogist, Special Publication 1, 360 S. (daraus S. 65).

Chen, Y.L., Xu, B.F., Chen, J.G. & Ge, Y.Y. (1992): Fe^{2+} - Fe^{3+} ordered distribution in chromite spinels. Physics and Chemistry of Minerals, 19, 255-259.

Da Silva, E.G., Abras, A. & Sette Camara, A.O.R. (1976): Mössbauer effect study of cation distribution in natural chromites. Journal of Applied Physics, 12, 783-785.

Derbyshire, W.D.; Yearian, H.J. (1958): X-ray diffraction and magnetic measurements of the Fe-Cr spinels. Physical Review, 112, 1603-1607. DOI: 10.1103/PhysRev.112.1603

Fatseas, G.A., Dormann, J.L. & Blanchard, H. (1976) Study of the $\text{Fe}^{3+} / \text{Fe}^{2+}$ ratio in natural chromites $(\text{Fe}_x \text{Mg}_{1-x})(\text{Cr}_{1-y-x} \text{Fe}_y \text{Al}_z)\text{O}_4$. *Journal of Physics*, 12, 787-792.

Holgersson, S. (1927): Röntgenographische Strukturuntersuchungen der Mineralien der Spinellgruppe und von synthetisch dargestellten Substanzen vom Spinelltyp. *Lunds Universitets Arsskrift, Avdelningen 2: Kungliga Fysiografiska Sällskapets i Lund Handlingar*, 23, 1-9.

Ishii, T., Kojitani, H., Tsukamoto, S., Fujino, K., Mori, D., Inaguma, Y., Tsujino, N., Yoshino, T., Yamazaki, D., Higo, Y., Funakoshi, K. & Akaogi, M. (2014): High-pressure phase transitions in FeCr_2O_4 and structure analysis of new post-spinel FeCr_2O_4 and $\text{Fe}_2\text{Cr}_2\text{O}_5$ phases with meteoritical and petrological implications. *American Mineralogist*, 99, 1788-1797.

Lenaz, D., Braidotti, R., Princivale, F., Garuti, G. & Zaccarini, F. (2007): Crystal chemistry and structural refinement of chromites from different chromitite layers and xenoliths of the Bushveld Complex. *European Journal of Mineralogy*, 19, 599-609.

Lenaz, D., Princivale, F. & Schmitz, B. (2015): First crystal-structure determination of chromites from an acapulcoite and ordinary chondrites. *Mineralogical Magazine*, 79, 755-765.

Lenaz, D., Skogby, H., Princivale, F. & Hålenius, U. (2004): Structural changes and valence states in the MgCr_2O_4 - FeCr_2O_4 solid solution series. *Physics and Chemistry of Minerals*, 31, 633-642.

Nestola, F., Periotto, B., Andreozzi, G.B., Bruschini, E. & Bosi, F. (2014): Pressure-volume equation of state for chromite and magnesiochromite: A single-crystal X-ray diffraction investigation. *American Mineralogist*, 99, 1248-1253.

Peltonen, P. (1995): Crystallization and re-equilibration of zoned chromite in ultramafic cumulates, Vammala Ni-belt, southwestern Finland. *The Canadian Mineralogist*, 33, 521-535.

Internet

<http://rruff.info/doclib/hom/chromite.pdf>

Hausmannit

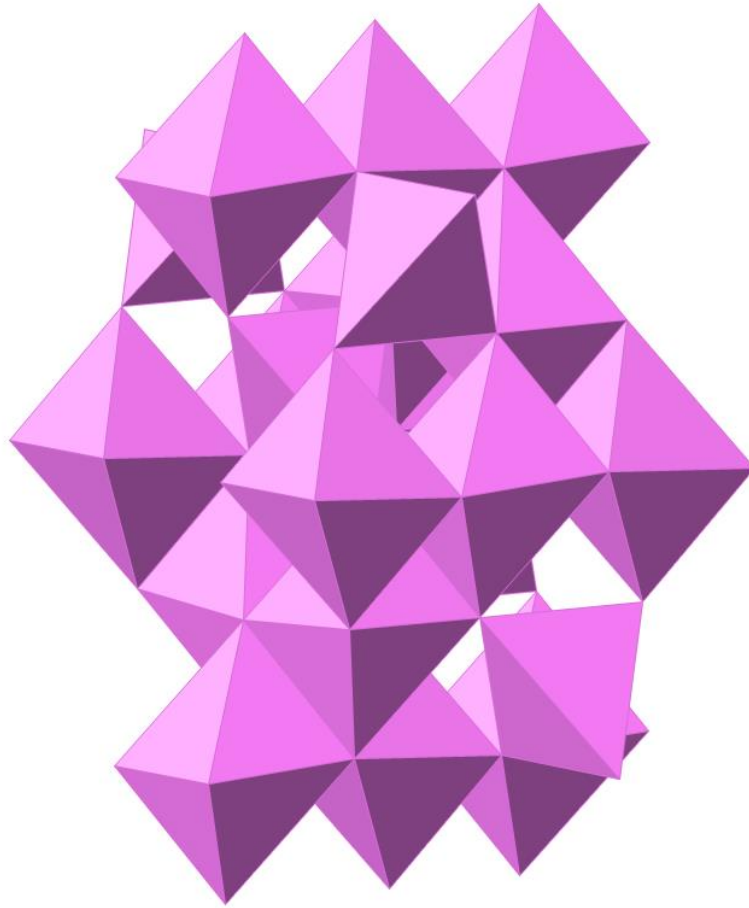
Chemische Zusammensetzung	: Mn_3O_4
Kristallsystem	: tetragonal, Inversspinell
Elementarzelle	: $a_0=5.76\text{\AA}$, $b_0=9.44\text{\AA}$
Raumgruppe	: $I 4_1/a md$
Ausbildung	: oktaederähnliche xx
Härte	: 5
Dichte	: 4,8
Farbe	: schwarz
Strich	: rot-braun
Glanz	: metallisch
Spaltbarkeit	: vollkommen nach $\{0 0 1\}$
Bruch	: uneben, spröde
Vorkommen	: metamorphe Bildung
Paragenese	: Braunit, Pyrolusit, Andradit, Rhodochrosit
Fundorte	: Ilfeld/Harz; Langban/Schweden; Südafrika
Verwendung	: Manganerz



Hausmannit. N'Chwaning Mine/
Südafrika. Bildbreite 14 cm



Hausmannit. Fundort unbekannt.
Bildbreite 10 cm



Elementarzelle $a_0 = 5.762 \text{ \AA}$, $b_0 = 9.439 \text{ \AA}$, $Z = 4$
 Raumgruppe $I4_1/amd$

Abb: Struktur von Hausmannit

Weiterführende Literatur zu Hausmannit

Artikel und Bücher

Aminoff, G. (1926): On the crystal structure of hausmannite (MnMn_2O_4), *Zeitschrift für Kristallographie*, 64, 475-490.

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

Blackburn, W.H. & Dennen, W.H. (1997): *Encyclopedia of Mineral Names*. The Canadian Mineralogist, Special Publication 1, 360 S. (daraus S. 126).

Baron, V., Gutzmer, J., Rundlöf, H. & Tellgren, R. (1998): The influence of iron substitution on the magnetic properties of hausmannite, $\text{Mn}^{2+}(\text{Fe},\text{Mn})^{3+}_2\text{O}_4$. *American Mineralogist*, 83, 786-793.

Gillot, B., El Guendouzi, M. & Laarj, M. (2001): Particle size effects on the oxidation-reduction behavior of Mn_3O_4 hausmannite. *Materials Chemistry and Physics*, 70, 54-60.

Gutzmer, J., Beukes, N.J. Kleyenstuber, A. & Burger, A. (1995): Magnetic hausmannite from hydrothermally altered manganese ore in the Palaeoproterozoic Kalahari manganese deposit, Transvaal Supergroup, South Africa. *Mineralogical Magazine*, 59, 703-716.

Jarosch, D. (1987): Crystal structure refinement and reflectance measurements of hausmannite. *Mineralogy and Petrology*, 37, 15-23.

Koehlin, R. (1908): Über Hausmannit und Braunitkrystalle von Brasilien. *Mitteilungen der Österreichischen Mineralogischen Gesellschaft*, 27, 262.

Internet

<http://rruff.info/doclib/hom/hausmannite.pdf>

Chrysoberyll

Chemische Zusammensetzung	: Al_2BeO_4
Kristallsystem	: orthorhombisch
Elementarzelle	: $a_0=4.3\text{\AA}$, $b_0=9.40\text{\AA}$, $c_0=5.47\text{\AA}$
Raumgruppe	: Pbnm
Ausbildung	: tafelig, plattig, pseudo-hexagonale xx (Zwillinge)
Härte	: 8,5
Dichte	: 3,7
Farbe	: gelb bis grün
Strich	: weiß
Glanz	: glasis
Spaltbarkeit	: deutlich nach $\{001\}$
Bruch	: muschelig
Vorkommen	: Pegmatite, Kontaktmetamorph Bereiche
Paragenese	: Glimmer, Feldspäte, Beryll, Quarz, Staurolith, Granat, Turmalin
Fundorte	: Ural/Russland; Brasilien; Madagaskar; Indien
Verwendung	: Edelstein



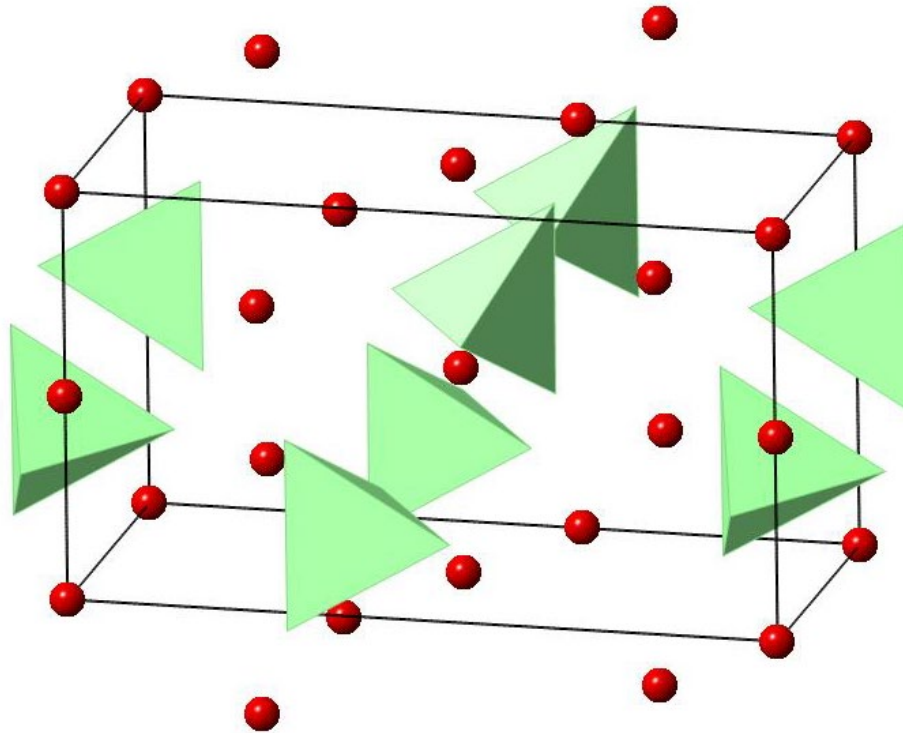
Chrysoberyll. Espirito Santo/Brasilien.
Bildbreite 3 cm



Chrysoberyll. Espirito Santo/Brasilien.
Bildbreite 3 cm



Chrysoberyll (Alexandrit). Carnaiba/Bahia/Brasilien. Bildbreite 8 cm



Elementarzelle $a_0 = 4.42 \text{ \AA}$, $b_0 = 9.39 \text{ \AA}$, $c_0 = 5.47 \text{ \AA}$, $Z = 4$
 Raumgruppe Pbnm

Abb: Struktur von Chrysoberyll

Weiterführende Literatur zu Chrysoberyll

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, by permission of the Mineralogical Society of America.

Blackburn, W.H. & Dennen, W.H. (1997): Encyclopedia of Mineral Names. The Canadian Mineralogist, Special Publication 1, 360 S. (daraus S. 65).

Bragg, W.L. & Brown, G.B (1926): The crystalline structure of chrysoberyll. Zeitschrift Kristallogr., Kristallgeom., Kristallphys., Kristallchem., **63**, 122, (1926). DOI: <https://doi.org/10.1098/rspa.1926.0003>

Farrell, E.F., Fang, J.H. & Newnham, R.E. (1963): Refinement of the chrysoberyll structure. American Mineralogist, 48, 804-810.

Hofmeister, A.M., Hoering, T.C. & Virgo, D. (1987): Vibrational spectroscopy of beryllium aluminosilicates: heat capacity calculations from band assignments. Physics and Chemistry of Minerals, 14, 205-224.

Newnham, R., Santoro, R., Pearson, J. & Jansen, C. (1964): Ordering of Fe and Cr in chrysoberyll. American Mineralogist, 49, 427-430.

Internet

<http://rruff.info/doclib/hom/chrysoberyll.pdf>

Korund

Chemische Zusammensetzung	: Al_2O_3
Kristallsystem	: trigonal
Elementarzelle	: $a_0 = 4.75 \text{ \AA}$, $c_0 = 12.98 \text{ \AA}$
Raumgruppe	: R-3c
Ausbildung	: eingesprengt, säulige bis tonnenförmige xx, meist mit Flächenstreifung
Härte	: 9
Dichte	: 4
Farbe	: farblos, grau, blau, rot, grün, schwarzgelb-blau
Strich	: weiß
Glanz	: Glasglanz
Spaltbarkeit	: keine
Bruch	: muschelig
Varietäten	Rubin, Saphir
Vorkommen	: magmatisch, metamorph, Seifen
Paragenese	: Glimmer, Feldspat, Quarz
Fundorte	: Indien; Thailand; Sri Lanka; Tansania/Afrika
Verwendung	: Edelstein (rot: Rubin, blau: Saphir), Schleifmittel, Technische Keramik, Feuerfest Materialien, Werkzeuge



Korund x. Tansania/Afrika. Bildbreite 10 cm



Saphir-Korund. Ratnapur/Sri Lanka.
Kristallgrößen je ca. 2 cm



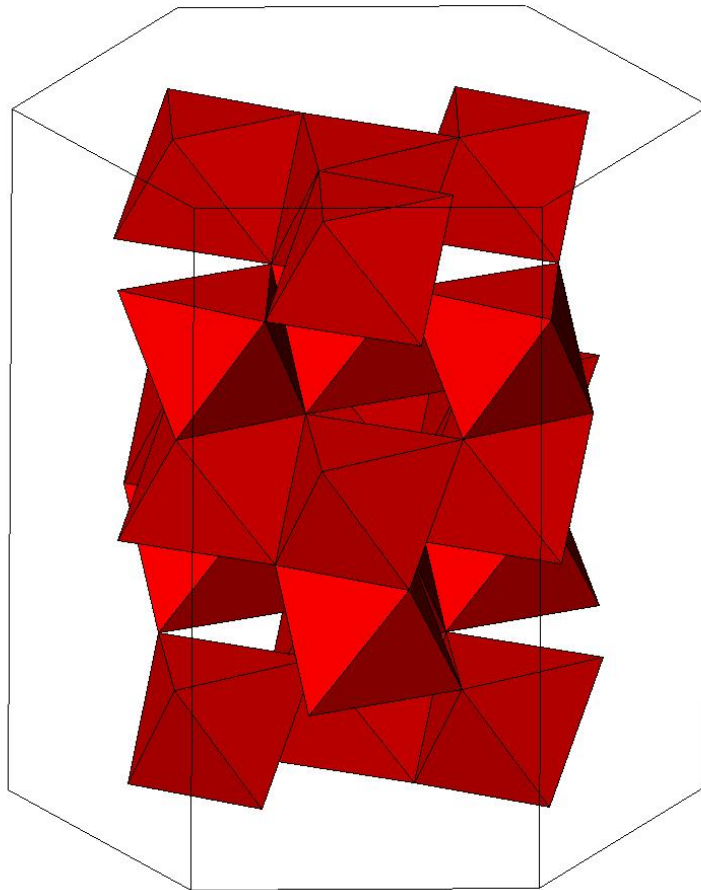
Korund. Südafrika. Bildhöhe ca. 12 cm



Korund. Ogdensburg Mine/New Jersey/USA.
Smithsonian Museum.
Bildbreite ca. 10 cm



Korund. Fundort unbekannt. Bildbreite 4 cm



Elementarzelle	a) $a_0 = 4.7589 \text{ \AA}$, $c_0 = 12.991 \text{ \AA}$, $Z = 6$ b) $a_0 = 5.129 \text{ \AA}$, $Z = 2$
Raumgruppe	$R\bar{3}c$
Abb:	Struktur von Korund

Weiterführende Literatur zu Korund

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, by permission of the Mineralogical Society of America.

Blackburn, W.H. & Dennen, W.H. (1997): Encyclopedia of Mineral Names. The Canadian Mineralogist, Special Publication 1, 360 S. (daraus S. 72).

Finger, L.W. & Hazen, R.M. (1978): Crystal structure and compression of ruby to 46 kbar. Journal of Applied Physics, 49, 5823-5826.

Ishizawa, N., Miyata, T., Minato, I., Marumo, F. & Iwai, S. I. (1980): A structural investigation of $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$ at 2170 K. Acta Crystallographica, B36, 228-230.

Newnham, R.E. & de Haan, Y.M. (1962): Refinement of the $\alpha\text{Al}_2\text{O}_3$, Ti_2O_3 , V_2O_3 and Cr_2O_3 structures, Zeitschrift für Kristallographie (1962) 117, 235-237. DOI: 10.1524/zkri.1962.117.2-3.235

Pauling, L. & Hendricks, S.B. (1925): Crystal structures of hematite and corundum. *Journal of the American Chemical Society*, 47, 781-790. DOI: 10.1021/ja01680a027

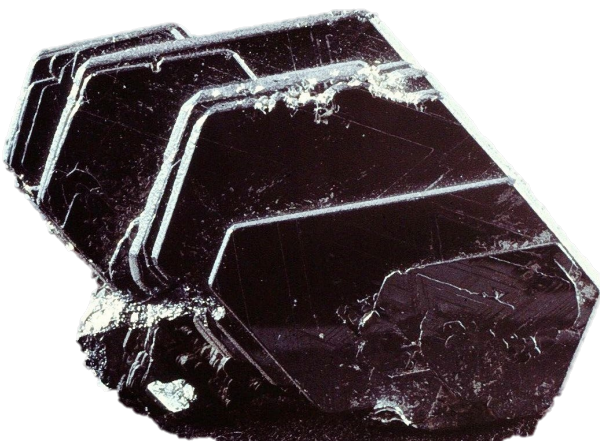
Wong, J., Verdel, C. & Allen, C.M. (2017): Trace-element compositions of sapphire and ruby from the eastern Australian gemstone belt. *Mineralogical Magazine*, 81, 1551-1576.

Internet

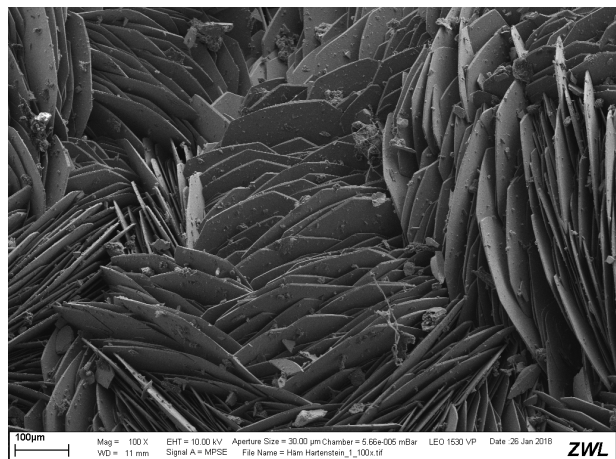
<http://rruff.info/doclib/hom/corundum.pdf>

Hämatit „Eisenglanz, Roteisenerz, roter Glaskopf“

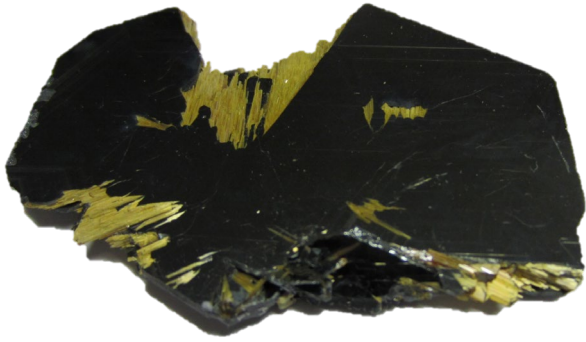
Chemische Zusammensetzung	: Fe_2O_3
Kristallsystem	: trigonal
Elementarzelle	: $a_0 = 5.03 \text{ \AA}$, $c_0 = 13.74 \text{ \AA}$
Raumgruppe	: R-3c
Ausbildung	: erdig, schuppig, radialstrahlig, knollig, nierig, xx tafelig, plattig
Härte	: 5,5 – 6,5
Dichte	: 5,2
Farbe	: rot, rotbraun, grau
Strich	: rot-braun
Glanz	: halbmatt
Spaltbarkeit	: nach $\{0001\}$
Bruch	: muschelig, spröde
Vorkommen	: hydrothermal, pneumatolytisch, metamorph, sedimentär, BIF
Paragenese	: Quarz, Magnetit, Pyrit, Goethit, Rutil, Calcit, Tonminerale
Fundorte	: Gleißinger Fels/Bayern; Elba/Italien; Itabira/Minas Gerais/Brasilien; weit verbreitet
Verwendung	: Eisenerz
Pseudomorphose von Hämatit nach Magnetit	: Martit
Bändereisenerz	: Itabirit



Hämatit. Ouro Preto/Brasilien. Bildbreite 9 cm



REM-Hämatit, Fundort unbekannt.



Hämatit mit Rutil. Novo Horizonte/Bahia/Brasilien. Bildbreite 5 cm



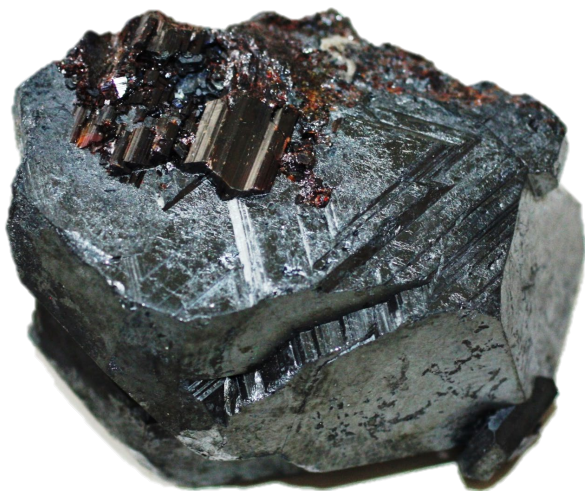
Hämatit. Fundort unbekannt. Bildbreite 5 cm



Hämatit, Glaskopf. Marokko. Bildbreite 20 cm



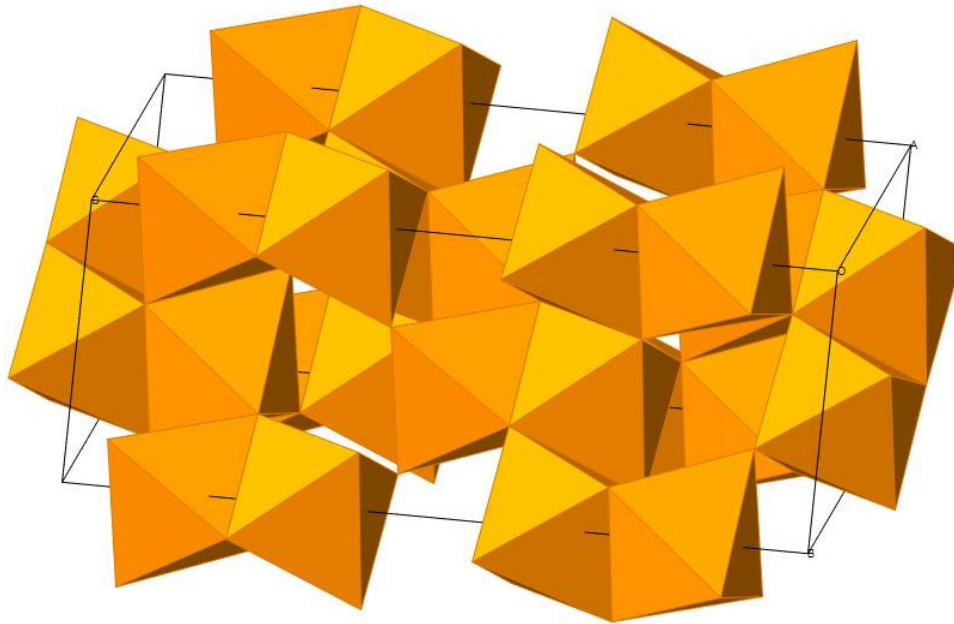
Hämatit auf Quarz. Serifos/Kykladen/Griechenland. Bildbreite 10 cm



Hämatit mit aufgewachsenem Rutil. Congo/Afrika. Bildbreite 4 cm



Hämatit nach Magnetit. Payun Matru/Argentinien. Bildbreite 4 cm



Elementarzelle $a_0 = 5.038 \text{ \AA}$, $c_0 = 13.772 \text{ \AA}$, $Z = 6$
 Raumgruppe $R\bar{3}c$

Abb: Struktur von Hämatit

Weiterführende Literatur zu Hämatit

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, by permission of the Mineralogical Society of America.

Blackburn, W.H. & Dennen, W.H. (1997): Encyclopedia of Mineral Names. The Canadian Mineralogist, Special Publication 1, 360 S. (daraus S. 128).

Blake, R.L., Hessevick, R.E., Zoltai, T. & Finger, L.W. (1966): Refinement of the hematite structure. American Mineralogist, 51, 123-129.

Brok, E., Frandsen, C., Lefmann, K., McEnroe, S., Robinson, P., Burton, B.P., Hansen, T.C. & Harrison, R. (2017): Spin orientation in solid solution hematite-ilmenite. American Mineralogist, 102, 1234-1243.

De Faria, D.L.A. & Lopes, F.N. (2007): Heated goethite and natural hematite: can Raman spectroscopy be used to differentiate them? Vibrational Spectroscopy, 45, 117-121.

De Faria, D.L.A., Silva, S.V. & de Oliveira, M.T. (1997): Raman microspectroscopy of some iron oxides and oxyhydroxides. Journal of Raman Spectroscopy, 28, 873-878.

Maslen, E.N., Streltsov, V.A., Streltsova, N.R. & Ishizawa, N. (1994): Synchrotron X-ray study of the electron density in $\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$. Acta Crystallographica, B50, 435-441.

Pauling, L. & Hendricks, S.B. (1925): The crystal structures of hematite and corundum. Journal of the American Chemical Society, 47, 781-790.

Woodland, A.B., Frost, D.J., Trots, D. M., Klimm, K. & Mezouar, M. (2012): In situ observation of the breakdown of magnetite (Fe_3O_4) to Fe_4O_5 and hematite at high pressures and temperatures. *American Mineralogist*, 97, 1808-1811.

Internet

<http://rruff.info/doclib/hom/hematite.pdf>

<https://pubs.geoscienceworld.org/msa/ammin/article-abstract/51/1-2/123/540239>

Ilmenit „Titaneisenerz“

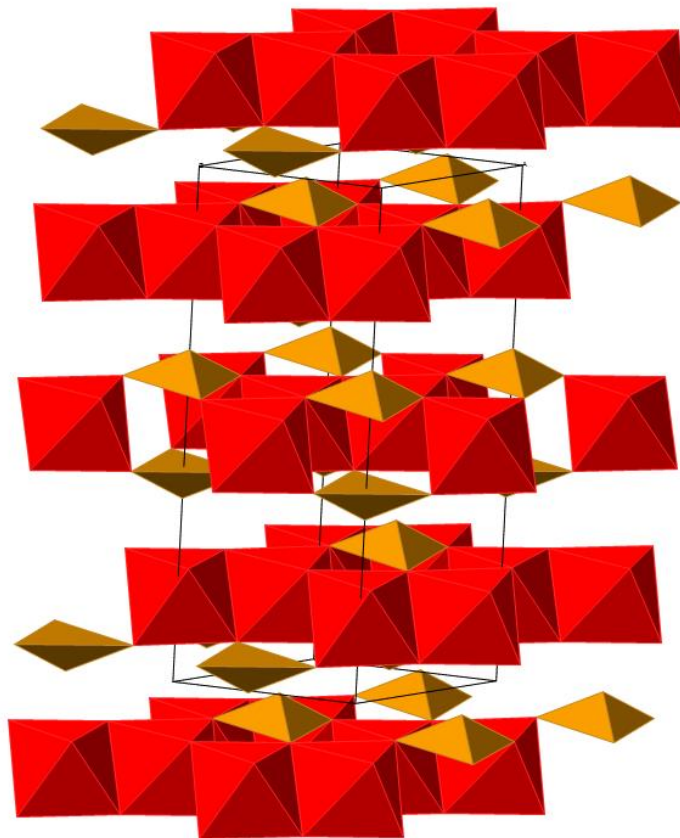
Chemische Zusammensetzung	: FeTiO_3
Kristallsystem	: trigonal
Elementarzelle	: $a_0 = 5.09 \text{ \AA}$, $c_0 = 14.09 \text{ \AA}$
Raumgruppe	: R-3
Ausbildung	: derb, z.T. als Rosetten (mit Hämatit)
Härte	: 5,5 – 6
Dichte	: 4,5 – 5
Farbe	: schwarz
Strich	: schwarz
Glanz	: halbmatt
Spaltbarkeit	: keine
Bruch	: muschelig, spröde
Vorkommen	: basische Magmatite, Pegmatite, metamorph, Seife
Paragenese	: Rutil, Hämatit
Fundorte	: Norwegen; Ilmengebirge/Ural/Russland; Canada
Verwendung	: wichtiger Titanrohstoff



Ilmenit. Snarum/Norwegen.
Bildbreite 5 cm



Ilmenit. Rogaland/Norwegen.
Bildbreite 8 cm



Elementarzelle $a_0 = 5.52 \text{ \AA}$, $\alpha = 54.83^\circ$, $Z = 2$
 $a_0 = 5.087 \text{ \AA}$, $c_0 = 14.042 \text{ \AA}$, $Z = 6$
 Raumgruppe $R\bar{3}$

Abb: Struktur von Ilmenit

Weiterführende Literatur zu Ilmenit

Artikel und Bücher

Alboom, A.V. & Grave, E.D. (2016): Temperature dependences of the hyperfine parameters of Fe^{2+} in FeTiO_3 as determined by ^{57}Fe -Mössbauer spectroscopy. *American Mineralogist*, 101, 735-743.

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

Barth, T.F.W. & Posnjak, E. (1934): The crystal structure of ilmenite. *Zeitschrift für Kristallographie*, 88, 265-270.

Blackburn, W.H. & Dennen, W.H. (1997): *Encyclopedia of Mineral Names*. The Canadian Mineralogist, Special Publication 1, 360 S. (daraus S. 140).

Brok, E., Frandsen, C., Lefmann, K., McEnroe, S., Robinson, P., Burton, B.P., Hansen, T.C. & Harrison, R. (2017): Spin orientation in solid solution hematite-ilmenite. *American Mineralogist*, 102, 1234-1243.

Grey, I.E. & Reid, A.F. (1975): The structure of pseudorutile and its role in the natural alteration of ilmenite. *American Mineralogist*, 60, 898-906.

Morosin, B., Baughman, R.J., Ginley, D.S. & Butler, M.A. (1978): The Influence of Crystal Structure on the Photoresponse of Iron-Titanium Oxide Electrodes. *Journal of Applied Crystallography*, 11, 121-124. DOI: 10.1107/S0021889878012868

Neumann, E.-R. (1974): The distribution of Mn^{2+} and Fe^{2+} between ilmenites and magnetites in igneous rocks. *American Journal of Science*, 274, 1074-1088.

Nishio-Hamane, D., Zhang, M., Yagi, T. & Ma, Y. (2012): High-pressure and high-temperature phase transitions in $FeTiO_3$ and a new dense $FeTi_3O_7$ structure. *American Mineralogist*, 97, 568-572.

Waerenborgh, J.C., Figueiras, J., Mateus, A. & Gonçalves, M. (2002): Nature and mechanism of ilmenite alteration: a Mössbauer and X-ray diffraction study of oxidized ilmenite from the Beja-Acebuches Ophiolite Complex (SE Portugal). *Mineralogical Magazine*, 66, 421-430.

Wechsler, B.A. & Prewitt, C.T. (1984): Crystal structure of ilmenite ($FeTiO_3$) at high temperature and at high pressure. *American Mineralogist*, 69, 176-185.

Yamanaka, T., Komatsu, Y. & Nomori, H. (2007): Electron density distribution of $FeTiO_3$ ilmenite under high pressure analyzed by MEM using single crystal diffraction intensities. *Physics and Chemistry of Minerals*, 34, 307-318.

Internet

<http://rruff.info/doclib/hom/ilmenite.pdf>

Quarz

Chemische Zusammensetzung	: SiO_2
Kristallsystem	: trigonal
Elementarzelle	: $a_0 = 4.91 \text{ \AA}$, $c_0 = 5.40 \text{ \AA}$
Raumgruppe	: $P 3_1 2 1$, $P 3_2 2 1$
Ausbildung	: derb, schöne Kristalle, z.T. wasserklar
Härte	: 7
Dichte	: 2,65
Farbe	: sehr verschieden
Strich	: weiß
Glanz	: Glasglanz
Spaltbarkeit	: gelegentlich undeutlich nach dem Rhomboeder
Bruch	: muschelig
Vorkommen	: Durchläufermineral
Varietäten	: Amethyst, Rauchquarz, Milchquarz, Citrin, Blauquarz, Prasiolith, Erdbeerquarz, Rosenquarz, Prasem
Paragenese	: Feldspat, Glimmer, Gold, u.v.a.
Fundorte	: Alpen; Ural/Russland; Brasilien; Madagaskar
Verwendung	: Herstellung von Silikatsteinen, Quarzglas, Ferrosilizium (Hüttenindustrie), Glasindustrie, Gießereiindustrie, Herstellung von SiC und Si, optische Linsen und Prismen, Schwingquarze Baustoff, Betonzuschlag
Sonstiges	: Links- und Rechtsquarze (Enantiomorphie); piezoelektrisch (polare Achsen!)
Zwillinge	: Dauphineer Zwillinge (2 Rechtsquarze oder 2 Linksquarze), Brasilianer Zwillinge (1 Rechtsquarz + 1 Linksquarz), Japaner Zwillinge (Winkel von $84,30^\circ$ zwischen den c-Achsen)



Kappenquarz (Bildbreite ca. 10 cm) und Quarzkristalle im REM. Milos/Griechenland.



Amethystdruse mit Calzit. Brasilien.
Amethyste ca. 20 cm groß



Bergkristall-Rosette. Rio Grande do Sul/Brasilien. Bildbreite ca. 4 cm



Rauchquarz. Fundort unbekannt. Bildbreite ca. 7 cm



Rosenquarz. Campina Grande/Brasilien. Bildbreite 60 cm



Amethystdruse in Basalt. Rio Grande do Sul/Brasilien. Bildbreite 60 cm



Geschliffener Citrin. Bildbreite 5 cm



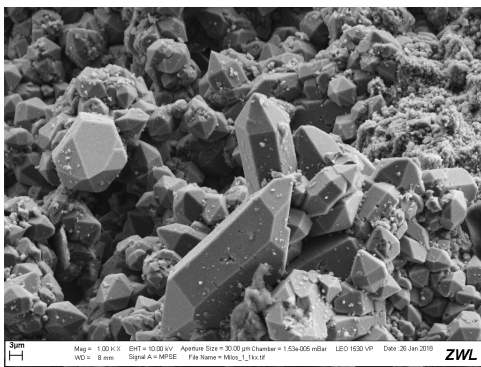
Pseudomorphose von Quarz nach Aragonit. Agrigento/Sizilien/Italien. Bildbreite 50 cm



Japanerzwilling. Fundort unbekannt.
Bildbreite 10 cm



Bergkristall. Fundort unbekannt.
Bildbreite 15 cm



Quarzkristalle im REM. Fundort unbekannt.



Quarz und Hämatit.
Serifos/Kykladen/Griechenland.
Bildbreite 12 cm



Kappenquarz. Portugal. Kristallgröße 12 cm



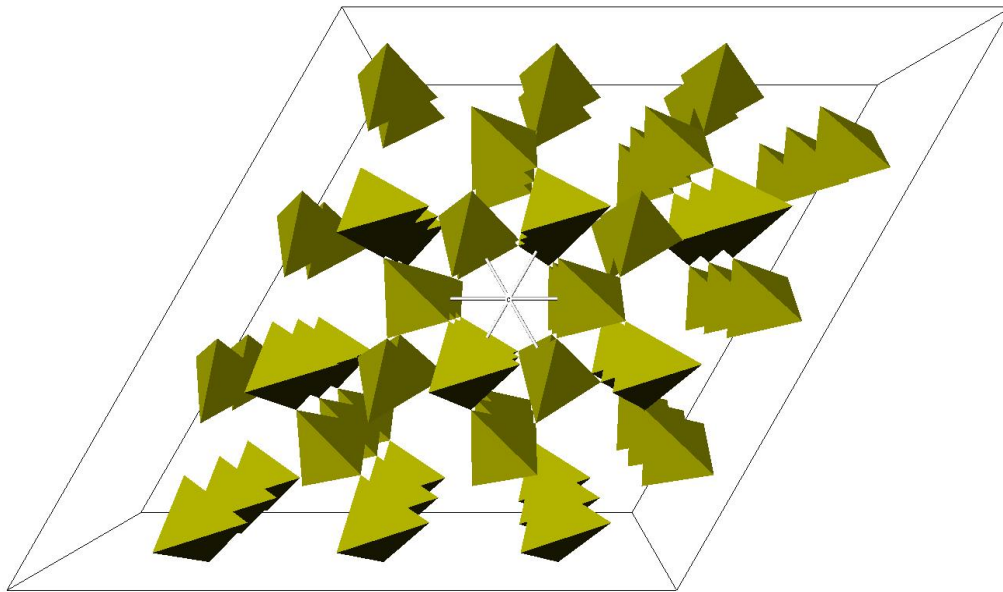
Japaner Quarz. Washington
Camp/Wyoming/USA. Kristallgröße ca 1.5 cm



Quarz mit Rutilnadeln. Brasilien. Bildbreite
10 cm



Wasserwaagen-Achat. Fundort unbekannt.
Bildbreite 14 cm



Elementarzelle $a_0 = 4.9135 \text{ \AA}$, $c_0 = 5.4050 \text{ \AA}$ $Z = 3$
 Raumgruppe $P3_121$
 $P3_221$

Abb: Struktur von Quarz

Weiterführende Literatur zu Quarz

Artikel und Bücher

Antao, S.M., Hassan, I., Wang, J., Lee, P.L. & Toby, B.H. (2008): State-of-the-art high-resolution powder x-ray diffraction (HRPXRD) illustrated with Rietveld structure refinement of quartz, sodalite, tremolite, and meionite. *The Canadian Mineralogist*, 46, 1501-1509.

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

Blackburn, W.H. & Dennen, W.H. (1997): *Encyclopedia of Mineral Names*. The Canadian Mineralogist, Special Publication 1, 360 S. (daraus S. 249).

Baur, W.H. (2009): In search of the crystal structure of low quartz. *Zeitschrift für Kristallographie*, 224, 580-592.

Choudhury, N. & Chaplot, S.L. (2006): Ab initio studies of phonon softening and high-pressure phase transitions of α -quartz SiO_2 . *Physical Review B*, 73, 094304-11.

Cohen, L. H. & Klement, W. (1967): High-low quartz inversion: Determination to 35 kilobars. *Journal of Geophysical Research*, 72, 4245-4251.

Drits, V.A., Skibsted, J., Dorzhieva, O.V., Fallick, A.E. & Lindgreen, H. (2017): Structural characterization of marine nano-quartz in chalk and flint from North Sea Tertiary chalk reservoirs for oil and gas. *American Mineralogist*, 102, 1402-1417.

Glennemann, J., King, H.E., Schulz, H., Hahn, Th., La Placa, S.J. & Dacol, F. (1992): Crystal structures of the low-temperature quartz-type phases of SiO₂ and GeO₂ at elevated pressure. *Zeitschrift für Kristallographie*, 198, 177-212.

Kihara, K. (1990): An X-ray study of the temperature dependence of the quartz structure. *European Journal of Mineralogy*, 2, 63-77.

Le Page, Y. & Donnay, G (1976): Refinement of the crystal structure of low-quartz. *Acta Crystallographica*, B32, 2456-2459.

Rao, P.S., Weil, J.A. & Williams, J.A.S. (1989): EPR investigation of carbonaceous natural quartz single crystals. *The Canadian Mineralogist*, 27, 219-224.

Wright, A.F. & Lehmann, M.S. (1981): The structure of quartz at 25 and 590 °C determined by neutron diffraction. *Journal of Solid State Chemistry*, 36, 371-380.

Internet

<http://rruff.info/doclib/hom/quartz.pdf>

“Hochquarz“

Chemische Zusammensetzung	:	SiO ₂
Kristallsystem	:	hexagonal
Elementarzelle	:	a ₀ = 5,01Å, c ₀ =5,47Å
Raumgruppe	:	
Ausbildung	:	nur als Pseudomorphose bei Raumtemperatur
Härte	:	
Dichte	:	
Farbe	:	
Strich	:	
Glanz	:	
Spaltbarkeit	:	
Bruch	:	
Vorkommen	:	Hexagonale Dipyramiden als Frühausscheidungen in sauren Vulkaniten Wandelt sich unterhalb 573°C in Tief-Quarz um (Paramorphosen von Quarz nach Hochquarz)
Paragenese	:	
Fundorte	:	
Verwendung	:	

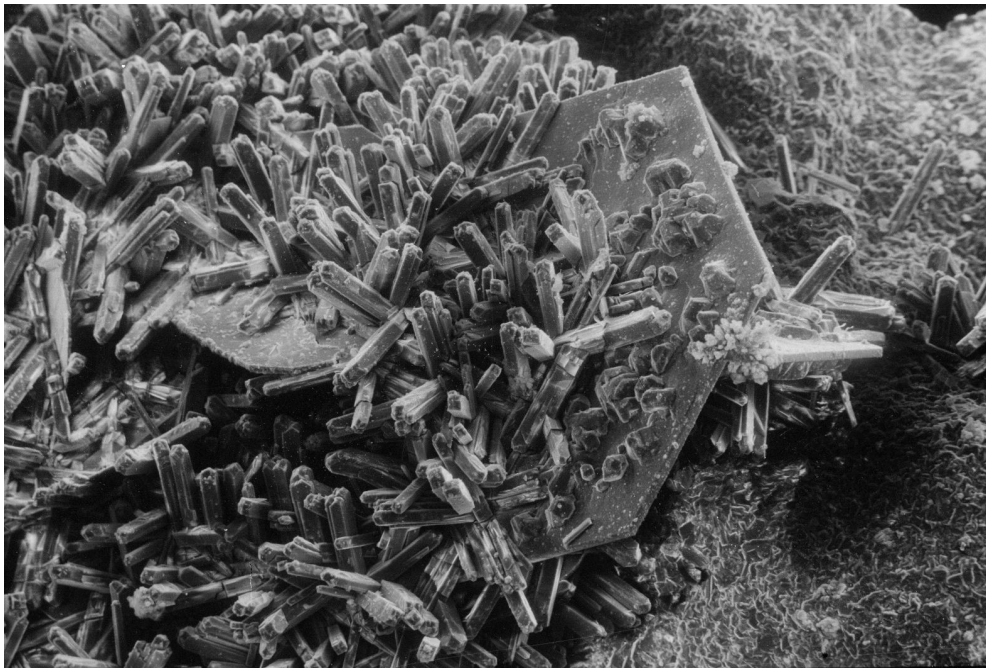
Hochquarz ist unter normalen atmosphärischen Bedingungen nicht stabil.



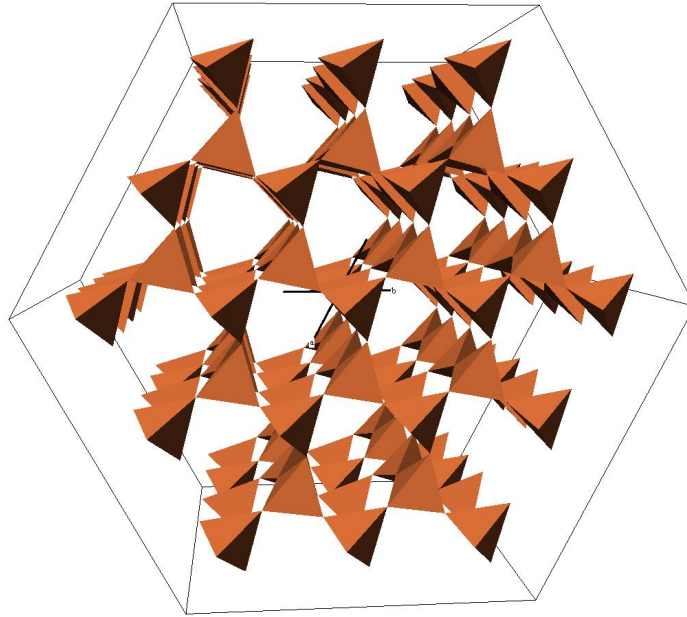
Pseudomorphose von Hochquarz nach Tiefquarz. Rosia Montana/Rumänien.
Kristallgröße ca. 1 cm

Tridymit

	: SiO_2
Chemische Zusammensetzung	
Kristallsystem	: orthorhombisch und hexagonal
Elementarzelle	: $a_0=8.74 \text{ \AA}$, $b_0=5.05 \text{ \AA}$, $c_0=8,25 \text{ \AA}$
Raumgruppe	: 222
Ausbildung	: tafelige, pseudohexagonale Blättchen
Härte	: 6,5 - 7
Dichte	: 2,25 - 2,28 g/cm^3
Farbe	: farblos, weiß, gelblich-weiß, graulich
Strich	: weiß
Glanz	: Glasglanz
Spaltbarkeit	:
Bruch	: muschelig
Vorkommen	: in sauren Vulkaniten, z. B. Vesuv
Paragenese	:
Fundorte	: SiO_2 reiche Vulkanite z.B. Eifel, z.T. in kontaktmetamorphen Gesteinen
Verwendung	:



REM-Aufnahme von Tridymit (hexagonal) mit Phillipsit. Maroldsweisach/Bayern.
Bildbreite 1 cm



Elementarzelle	a) $a_0 = 8.74 \text{ \AA}$, $b_0 = 5.05 \text{ \AA}$, $c_0 = 8.24 \text{ \AA}$, $Z = 8$ b) $a_0 = 9.932 \text{ \AA}$, $b_0 = 17.216 \text{ \AA}$, $c_0 = 81.864 \text{ \AA}$, $Z = 320$
Raumgruppe	a) C222

Abb: Struktur von Tridymit

Weiterführende Literatur zu Tridymit

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, by permission of the Mineralogical Society of America.

Appleman, D.E., Nissen, H.U., Stewart, D.B., Clark, J.R., Dowty, E. & Huebner, J.S. (1971): Studies of lunar plagioclases, tridymite, and cristobalite. Proceedings of the Second Lunar Science Conference, 1, 117-133.

Blackburn, W.H. & Dennen, W.H. (1997): Encyclopedia of Mineral Names. The Canadian Mineralogist, Special Publication 1, 360 S. (daraus S. 306).

Buerger, M.J. & Lukesh, J. (1941): The tridymite problem. The mineralogist, 7, Proceedings of Societies 143-144.

Elzea, J.M. & Rice, S.B. (1996): TEM and X-ray diffraction evidence for cristobalite and tridymite stacking sequences in opal. Clays and Clay Minerals, 44, 492-500.

Flörke, V.O.W. (1955): Strukturanomalien bei Tridymit und Cristobalit. Berichte der Deutschen Keramischen Gesellschaft., 32, 369-381.

Flörke, V.O.W. (1957): Über die Röntgenmineralanalyse und die thermische Ausdehnung von Cristobalit and Tridymit und über die Zusammensetzung von Silikamassen. Deutschen Keramischen Gesellschaft, 34, 343-390.

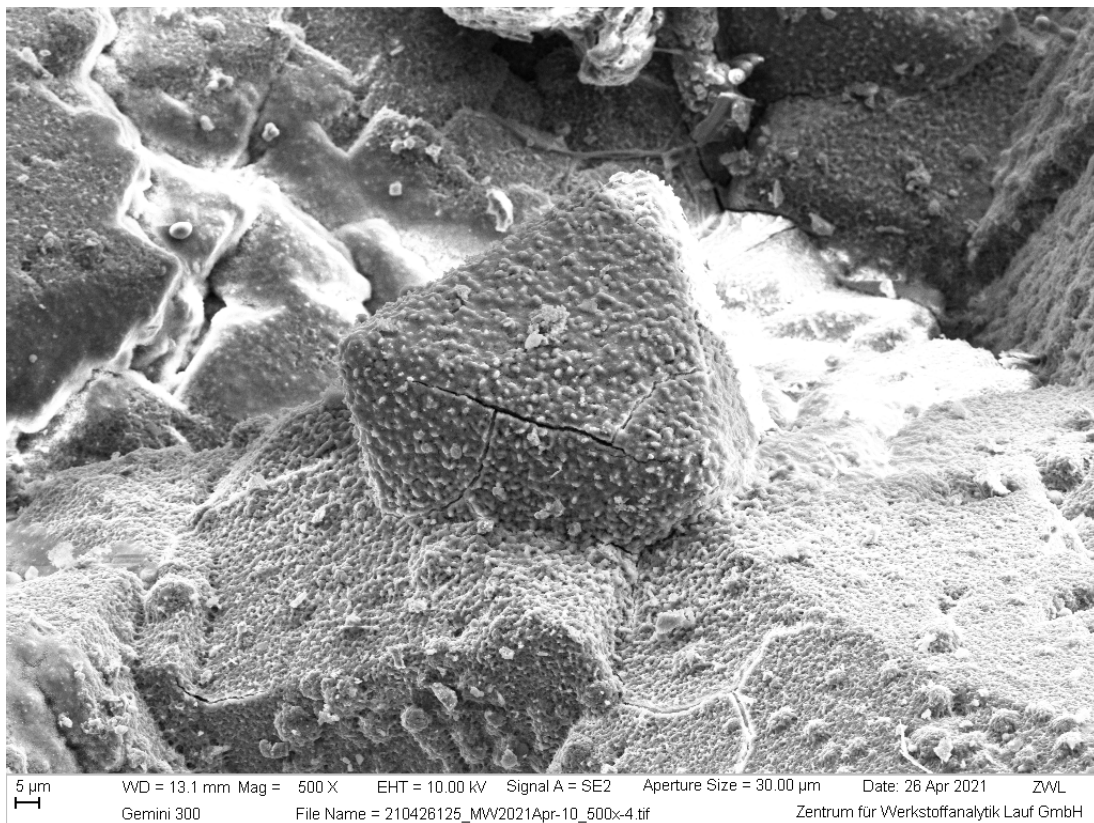
- Flörke, V.O.W. (1966): Wachstum und Verzwilligung von Tridymit. *Kristall und Technik*, 1, 405-410,
- Flörke, V.O.W. & Langer, K. (1972): Hydrothermal recrystallization and transformation of tridymite. *Contributions to Mineralogy and Petrology*, 36, 221-230.
- Graetsch, H. (2001): X-ray powder diffraction study on the modulated high temperature forms of SiO₂ tridymite between 110 and 220 C. *Physics and Chemistry of Minerals*, 28, 313-321.
- Hirose, T., Kihara, K., Okuno, M., Fujinami, S. & Shinoda, K. (2005): X-ray, DTA and Raman studies of monoclinic tridymite and its higher temperature orthorhombic modification with varying temperature. *Journal of Mineralogical and Petrological Sciences*, 100, 55-69.
- Hoffmann, W. (1967): Gitterkonstanten und Raumgruppe von Tridymit bei 20 °C. *Naturwissenschaften*, 54, 114-114.
- Jones, J.B. & Segnit, E.R. (1972): Genesis of cristobalite and tridymite at low temperatures., *Journal of the Geological Society of Australia*, 18, 419-422.
- Kato, V.K. & Nukui, A. (1976): Die Kristallstruktur des monoklinen Tief-Tridymits. *Acta Crystallographica*, B32, 2486-2491.
- Konnert, J.H. & Appleman, D.E. (1978): The crystal structure of low tridymite. *Acta Crystallographica*, B34, 391-403.
- Lee, S. & Xu, H. (2019): Using powder XRD and pair distribution function to determine anisotropic atomic displacement parameters of orthorhombic tridymite and tetragonal cristobalite. *Acta Crystallographica*, B75, S2052520619000933.
- Mason, B. (1953): Tridymite and christensenite. *American Mineralogist*, 38, 866-867.
- Pryde, A.K.A. & Dove, M.T. (1998): On the sequence of phase transitions in tridymite. *Physics and Chemistry of Minerals*, 26, 171-179.
- Sato, M. (1963): X-ray study of low tridymite (2) structure of low tridymite, type M. *Mineralogical Journal*, 4, 131-146.
- Sato, M. (1964): X-ray study of tridymite (3) unit cell dimensions and phase transition of tridymite, type S. *Mineralogical Journal*, 4, 215-225.
- Schneider, H., Flörke, H.O.W. & Majdič, A. (1977): Thermal expansion of tridymite. *Proceedings of the British Ceramic Society*, 28, 269-279.
- Takada, A., Glaser, K.J., Bell, R.G. & Catlow, C.R.A. (2018): Molecular dynamics study of tridymite. *IUCrJ*, 5, 325-334.

Internet

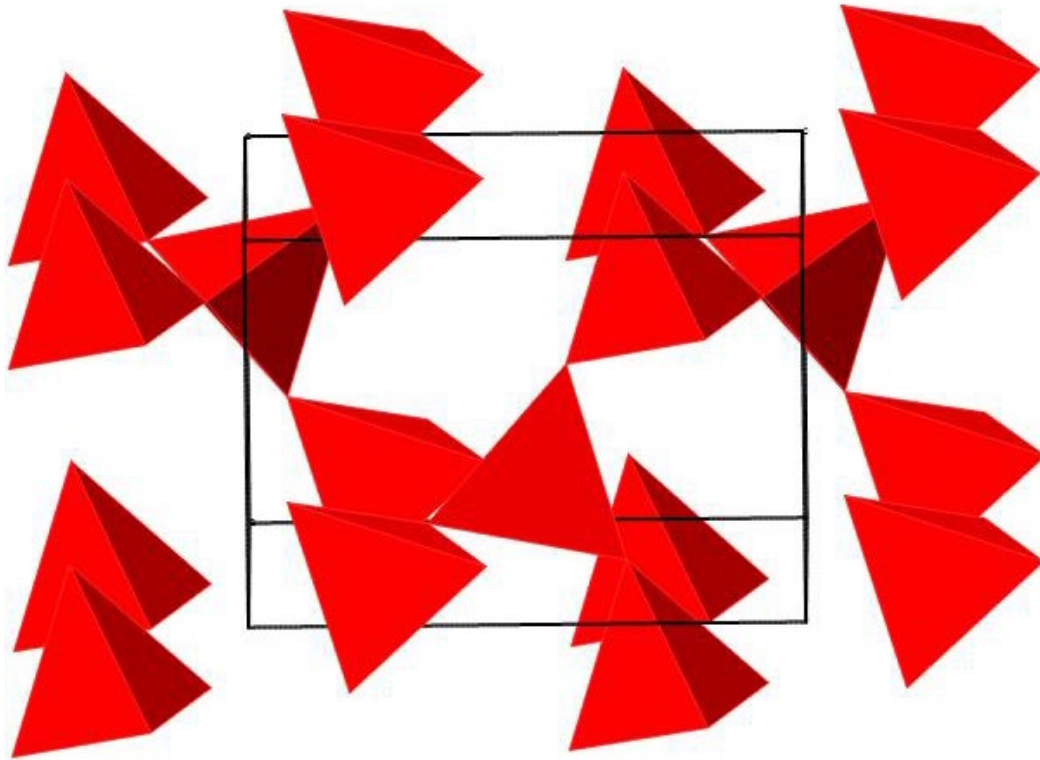
<http://rruff.info/doclib/hom/tridymite.pdf>

Cristobalit

Chemische Zusammensetzung	: SiO_2
Kristallsystem	: tetragonal und kubisch
Elementarzelle	: $a_0 = 4,96 \text{ \AA}$, $c_0 = 9,92 \text{ \AA}$
Raumgruppe	: $4/m -3 2/m$
Ausbildung	: dicht, skelettartig, Oktaeder
Härte	: 6,5
Dichte	: $2,33 \text{ g/cm}^3$
Farbe	: farblos, weiß, zum Teil gelblich
Strich	: weiß
Glanz	: Glasglanz
Spaltbarkeit	: keine
Bruch	: muschelig
Vorkommen	: in sauren Vulkaniten, z. B. San Cristobal (Mexico)
Paragenese	: Feldspäte, Pyroxen
Fundorte	: Eifel; Fichtelgebirge; Algerien; Neuseeland
Verwendung	: Rekristallisation von Opal



REM-Aufnahme der Perimorphose eines Tonminerals nach Cristobalit.
Maroldsweisach/Bayern.



Elementarzelle	a) $a_0 = 4.978 \text{ \AA}$, $c_0 = 6.948 \text{ \AA}$, $Z = 4$ b) $a_0 = 7.135 \text{ \AA}$, $Z = 8$
Raumgruppe	a) $P4_12_12$ b) $Fd\bar{3}m$

Abb: Struktur von Cristobalit

Weiterführende Literatur zu Cristobalit

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, by permission of the Mineralogical Society of America.

Cohen, L. H. & Klement, W. (1975): Differential thermal analysis investigation of the high-low cristobalite inversion under hydrostatic pressure to 7 kbar. Journal of the American Ceramic Society, 58, 206-208.

Dollase, W.A. (1965): Reinvestigation of the structure of low Cristobalite. Zeitschrift für Kristallographie, 121, 369-377. DOI: [10.1524/zkri.1965.121.5.369](https://doi.org/10.1524/zkri.1965.121.5.369)

Donadio, D., Martonak, R., Raiteri, P. & Parrinello, M. (2008): Influence of temperature and anisotropic pressure on the phase transitions in α -cristobalite. Physical Review Letters, 100, 165502-4.

Dove, M.T., Craig, M.S., Keen, D.A., Marshall, W.G., Redfern, S.A., Trachenko, K. O. & Tucker, M.G. (2000): Crystal structure of the high-pressure monoclinic phase-II of cristobalite, SiO₂. Mineralogical Magazine, 64, 569-576.

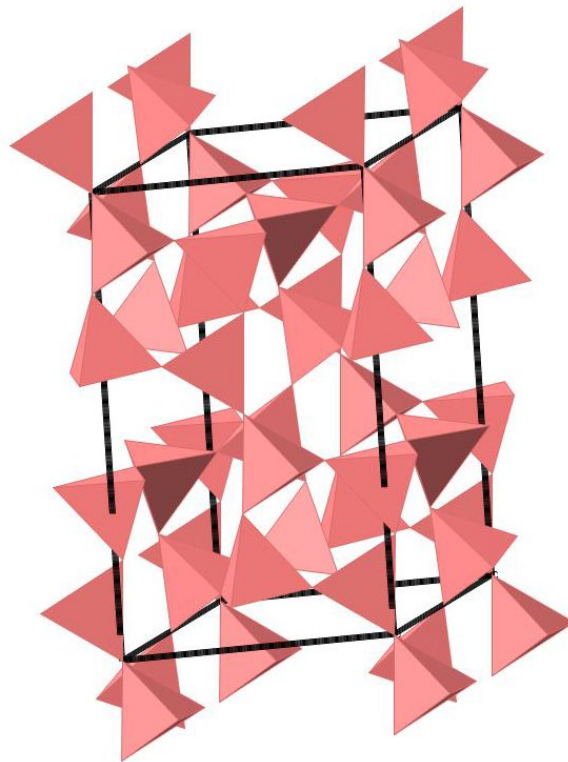
- Elzea, J.M. & Rice, S.B. (1996): TEM and X-ray diffraction evidence for cristobalite and tridymite stacking sequences in opal. *Clays and Clay Minerals*, 44, 492-500.
- Garg, N. & Sharma, S.M. (2007): Classical molecular dynamical simulations of high pressure behavior of alpha cristobalite (SiO₂). *Journal of Physics: Condensed Matter*, 19, 456201.
- Hatch, D.M. & Ghose, S. (1991): The α - β transition in cristobalite, SiO₂. *Physics and Chemistry of Minerals*, 17, 554-562.
- Leadbetter, A.J., Smith, T.W. & Wright, A.F. (1973): Structure of high cristobalite. *Nature Physical Science*, 244, 125-126.
- Lee, S. & Xu, H. (2019): Using powder XRD and pair distribution function to determine anisotropic atomic displacement parameters of orthorhombic tridymite and tetragonal cristobalite. *Acta Crystallographica*, B75, S2052520619000933.
- Mason, B. (1972): Lunar tridymite and cristobalite. *American Mineralogist*, 57, 1530-1535.
- Matsui, M., Sato, T. & Funamori, N. (2014): Crystal structures and stabilities of cristobalite-helium phases at high pressures. *American Mineralogist*, 99, 184-189.
- Palmer, D.C. & Finger, L.W. (1994): Pressure-induced phase transition in cristobalite: An X-ray powder diffraction study to 4.4 GPa. *American Mineralogist*, 79, 1-8.
- Peacor, D.R. (1973): High-temperature single-crystal study of the cristobalite inversion. *Zeitschrift für Kristallographie*, 138, 274-298.
- Pluth, J.J., Smith, J. V. & Faber, J. (1985): Crystal structure of low cristobalite at 10, 293, and 473 K: Variation of framework geometry with temperature. *Journal of Applied Physics*, 57, 1045-1049.
- Poswal, H.K., Garg, N., Somayazulu, M. & Sharma, S.M. (2013): Pressure-induced structural transformations in the low-cristobalite form of AlPO₄. *American Mineralogist*, 98, 285-291.
- Wyckoff, R.W.G. (1925): The crystal structure of the high temperature form of cristobalite (SiO₂). *American Journal of Science* (1925) 9, 448-459.

Internet

<http://ruff.info/doclib/hom/cristobalite.pdf>

Coesit

Chemische Zusammensetzung	: SiO_2
Kristallsystem	: monoklin, Hochdruckmodifikation
Elementarzelle	: $a_0=6,99\text{\AA}$, $b_0=12,23\text{\AA}$, $c_0=7,11\text{\AA}$, $\beta=120,74$
Raumgruppe	: $2/m$
Ausbildung	: dicht, skelettartig, Oktaeder
Härte	: 7,5 - 8
Dichte	: $3,01\text{ g/cm}^3$
Farbe	: farblos
Strich	: weiß
Glanz	: Glasglanz
Spaltbarkeit	: undeutlich
Bruch	:
Vorkommen	: In Meteoritenkratern, z.B. Nördlinger Ries/Bayern; Canyon Diablo/Arizona/USA; auch in extrem hochdruckmetamorphen Gesteinen
Paragenese	:
Fundorte	: Meteoriteneinschläge, oft nur schwer nachweisbar
Verwendung	:



Elementarzelle $a_0 = 7.17\text{\AA}$, $b_0 = 12.38\text{\AA}$, $c_0 = 7.17\text{\AA}$, $\beta = 120^\circ$, $Z = 16$
Raumgruppe $C2/c$

Abb: Struktur von Coesit

Weiterführende Literatur zu Coesit

Artikel und Bücher

Angel, R.J., Shaw, C.S.J. & Gibbs, G.V. (2003): Compression mechanisms of coesite. *Physics and Chemistry of Minerals*, 30, 167-176.

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

Araki, T. & Zoltai, T. (1969): Refinement of a coesite structure. *Zeitschrift für Kristallographie*, 129, 381-387.

Blackburn, W.H. & Dennen, W.H. (1997): *Encyclopedia of Mineral Names*. The Canadian Mineralogist, Special Publication 1, 360 S. (daraus S. 69).

Buerger, M.J. & Zoltai, T. (1958): Crystal structure of coesite, the high density form of silica. *Geological Society of America Bulletin* (1958) 69, 1543-1543.

Chen, T., Wang, X., Qi, X., Ma, M., Xu, Z. & Li, B. (2016): Elasticity and phase transformation at high pressure in coesite from experiments and first-principles calculations. *American Mineralogist*, 101, 1190-1196.

Gibbs, G.V., Prewitt, C.T. & Baldwin, K.J. (1977): A study of the structural chemistry of coesite. *Zeitschrift für Kristallographie*, 145, 108-123.

Kirfe, A., Will, G. & Arndt, J. (1979): A new phase of coesite SiO₂. *Zeitschrift für Kristallographie*, 149, 315-326.

Levien, L. & Prewitt, C.T. (1981): High-pressure crystal structure and compressibility of coesite. *American Mineralogist*, 66, 324-333.

Ohtani, E., Ozawa, S., Miyahara, M., Ito, Y., Mikouchi, T., Kimura, M., Arai, T., Sato, K. & Hiraga, K. (2011): Coesite and stishovite in a shocked lunar meteorite, Asuka-881757, and impact events in lunar surface. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 108, 463-466.

Sasaki, S., Chen, H.K., Prewitt, C.T. & Nakajima, Y. (1983): Re-examination of "*P*₂₁/*a* coesite". *Zeitschrift für Kristallographie*, 164, 67-77.

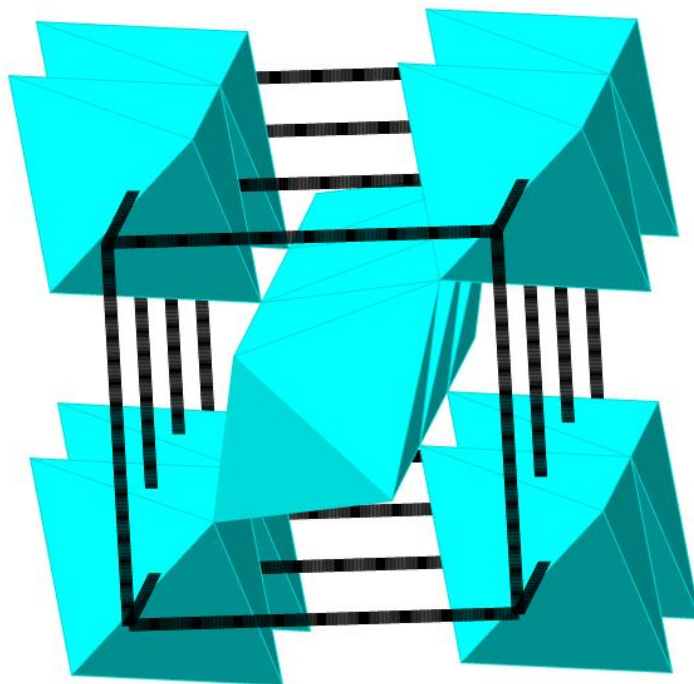
Wehinger, B., Bosak, A., Chumakov, A., Mirone, A., Winkler, B., Dubrovinsky, L., Dubrovinskaia, N., Brazhkin, V., Dyuzheva, T. & Krisch, M. (2013): Lattice dynamics of coesite. *Journal of Physics: Condensed Matter*, 25, 275401-275408.

Internet

<http://rruff.info/doclib/hom/coesite.pdf>

Stishovit

Chemische Zusammensetzung	: SiO_2
Kristallsystem	: tetragonal
Elementarzelle	: $a_0 = 4.17\text{\AA}$, $c_0 = 2.66\text{\AA}$, $Z = 2$
Raumgruppe	: $4/m\ 2/m\ 2/m$
Ausbildung	:
Härte	: 8,5 - 9
Dichte	: 4,29 - 4,35 g/cm^3
Farbe	: farblos
Strich	: weiß
Glanz	: Glasglanz
Spaltbarkeit	: nicht definiert
Bruch	: nicht definiert
Vorkommen	: In Meteoritenkratern, z. B. Nördlinger Ries/Bayern
Paragenese	:
Fundorte	: Meteoriteneinschläge, oft nur schwer nachweisbar
Verwendung	:



Elementarzelle $a_0 = 4.176\ \text{\AA}$, $c_0 = 2.666\ \text{\AA}$, $Z = 2$
Raumgruppe $P4_2/mnm$

Abb: Struktur von Stishovit

Weiterführende Literatur zu Stishovit

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, by permission of the Mineralogical Society of America.

Blackburn, W.H. & Dennen, W.H. (1997): Encyclopedia of Mineral Names. The Canadian Mineralogist, Special Publication 1, 360 S. (daraus S. 287).

Chao, E.C.T., Fahey, J.J., Littler, J. & Milton, D.J. (1962): Stishovite, SiO₂, a very high pressure new mineral from Meteor Crater, Arizona. Journal of Geophysical Research, 67, 419-421.

Endo, S., Akai, T., Akahama, Y., Wakatsuki, M., Nakamura, T., Tomii, Y., Koto, K., Ito, Y. & Tokonami, M. (1986): High temperature X-ray study of single crystal stishovite synthesized with Li₂WO₄ as flux. Physics and Chemistry of Minerals, 13, 146-151.

Fischer, R.A., Campbell, A.J., Chidester, B.A., Reaman, D.M., Thompson, E.C., Pigott, J.S., Prakapenka, V.B. & Smith, J.S. (2018): Equations of state and phase boundary for stishovite and CaCl₂-type SiO₂. American Mineralogist, 103, 792-802.

Hemley, R.J., Mao, H.K. & Chao, E.C.T. (1986): Raman spectrum of natural and synthetic stishovite. Physics and Chemistry of Minerals, 13, 285-290.

Hill, R.J., Newton, M.D. & Gibbs, G.V. (1983): A crystal chemical study of stishovite. Journal of Solid State Chemistry, 47, 185-200.

Klier, K., Spirko, J.A. & Landskron, K.M. (2015): Optical absorption anisotropy of high-density, wide-gap, high-hardness SiO₂ polymorphs seifertite, stishovite, and coesite. American Mineralogist, 100, 120-129.

Ohtani, E., Ozawa, S., Miyahara, M., Ito, Y., Mikouchi, T., Kimura, M., Arai, T., Sato, K. & Hiraga, K. (2011): Coesite and stishovite in a shocked lunar meteorite, Asuka-881757, and impact events in lunar surface. Proceedings of the National Academy of Sciences, 108, 463-466.

Ross, N.L., Shu, J.F., Hazen, R.M. & Gasparik, T. (1990): High-pressure crystal chemistry of stishovite. American Mineralogist, 75, 739-747.

Spackman, M.A., Hill, R.J. & Gibbs, G.V. (1987): Exploration of structure and bonding in stishovite with Fourier and pseudoatom refinement methods using single crystal and powder X-ray diffraction data. Physics and Chemistry of Minerals, 14, 139-150.

Yamanaka, T., Fukuda, T. & Tsuchiya, J. (2002): Bonding character of SiO₂ stishovite under high pressures up to 30 GPa. Physics and Chemistry of Minerals, 29, 633-641.

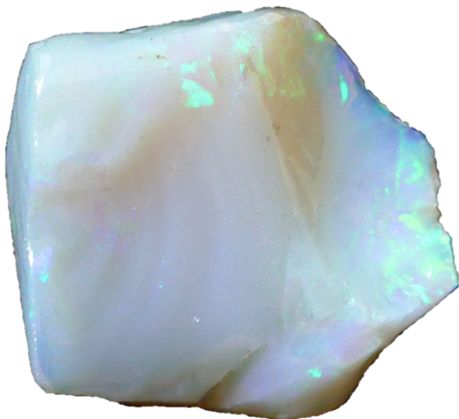
Stishov, S.M. & Belov, N.V. (1962): About the crystal structure of a new compact modification of SiO₂. Doklady Akademii Nauk SSSR (1962) 143, 951-954.

Internet

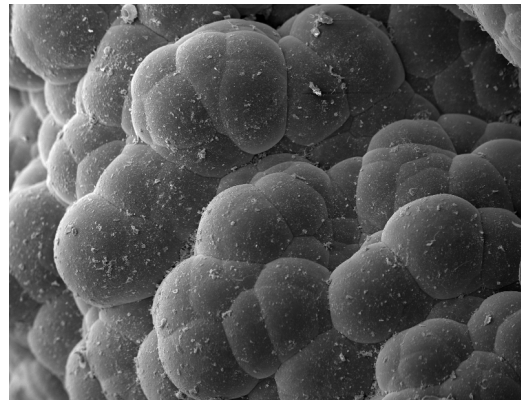
<http://rruff.info/doclib/hom/stishovite.pdf>

Opal

Chemische Zusammensetzung	: $\text{SiO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$
Kristallsystem	: Amorph
Elementarzelle	:
Raumgruppe	:
Ausbildung	:
Härte	: 5,5
Dichte	: 1,9 – 2,1
Farbe	: sehr verschieden, z. T. Opaleszenz
Strich	: Weiß
Glanz	: glasig
Spaltbarkeit	:
Bruch	: muschelig
Vorkommen	: Zersetzung von Silikaten; an heißen Quellen und Geysiren
Varietäten	: Edelopal, Feueropal, Hyalit, Holzopal u.a.
Paragenese	:
Fundorte	: Pedro Segundo/Brasilien; Lightning Ridge/Australien
Verwendung	: Edelstein, Schmuck



Opal. Cober Pedy/Australien.
Bildbreite 3 cm



Hyalithgoval, 110 x, 20 keV
← 200 µm →

REM-Aufnahme von Opal. Brasilien.



Glasopal auf Basalt (Hyalith). Zinst/Oberpfalz. Bildbreite 5 cm

Weiterführende Literatur zu Opal

Artikel und Bücher

Blackburn, W.H. & Dennen, W.H. (1997): Encyclopedia of Mineral Names. The Canadian Mineralogist, Special Publication 1, 360 S. (daraus S. 223).

De Jong, B.H.W.S., van Hoek, J., Veeman, W.S. & Manson, D.V. (1987): X-ray diffraction and ²⁹Si magic-angle-spinning NMR of opals: incoherent long- and short-range order in opal-CT. American Mineralogist, 72, 1195-1203.

Elzea, J.M. & Rice, S.B. (1996): TEM and X-ray diffraction evidence for cristobalite and tridymite stacking sequences in opal. Clays and Clay Minerals, 44, 492-500.

Ilieva, A., Mihailova, B., Tsintsov, Z. & Petrov, O. (2007): Structural state of microcrystalline opals: a Raman spectroscopic study. American Mineralogist, 92, 1325-1333.

Martin, E. & Gaillou, E. (2018): Insight on gem opal formation in volcanic ash deposits from a supereruption: A case study through oxygen and hydrogen isotopic composition of opals from Lake Tecopa, California, U.S.A. American Mineralogist, 103, 803-811.

Nagase, T. & Akizuki, M. (1997): Texture and structure of opal-CT and opal-C in volcanic rocks. The Canadian Mineralogist, 35, 947-958.

Ostrooumov, M., Fritsch E., Lasnier, B. & Lefrant, S. (1999): Spectres Raman des opales: aspect diagnostique et aide à la classification. European Journal of Mineralogy, 11, 899-908.

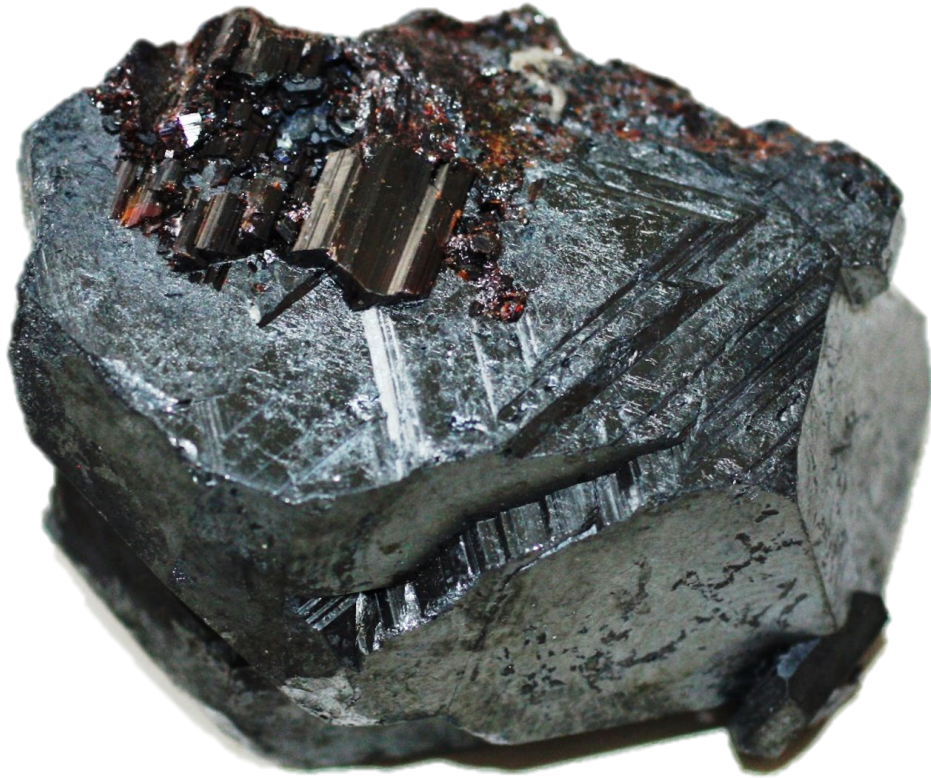
Pewkliang, B., Pring, A. & Brugger, J. (2008): The formation of precious opal: Clues from the opalization of bone. The Canadian Mineralogist, 46, 139-149.

Rutil

Chemische Zusammensetzung	: TiO_2
Kristallsystem	: tetragonal
Elementarzelle	: $a_0 = 4,61\text{\AA}$, $c_0 = 2,97\text{\AA}$
Raumgruppe	: $P4_2/mnm$
Ausbildung	: derb, nadelige, stengelig, häufig Verzwilligung (Winkel 120°), gitterartige Aggregate
Härte	: 6 – 6,5
Dichte	: 4,2 – 4,3
Farbe	: rotbraun, schwarz
Strich	: gelb-braun
Glanz	: Diamantglanz, halbmatt
Spaltbarkeit	: vollkommen nach $\{110\}$
Bruch	: muschelig, spröde
Vorkommen	: magmatisch, hydrothermal, metamorph
Paragenese	: Quarz, Feldspäte, Apatit, Calcit, Hämatit
Fundorte	: Kragerö/Norwegen; Alpen; Ilmengebirge/Russland
Verwendung	: Titanerz



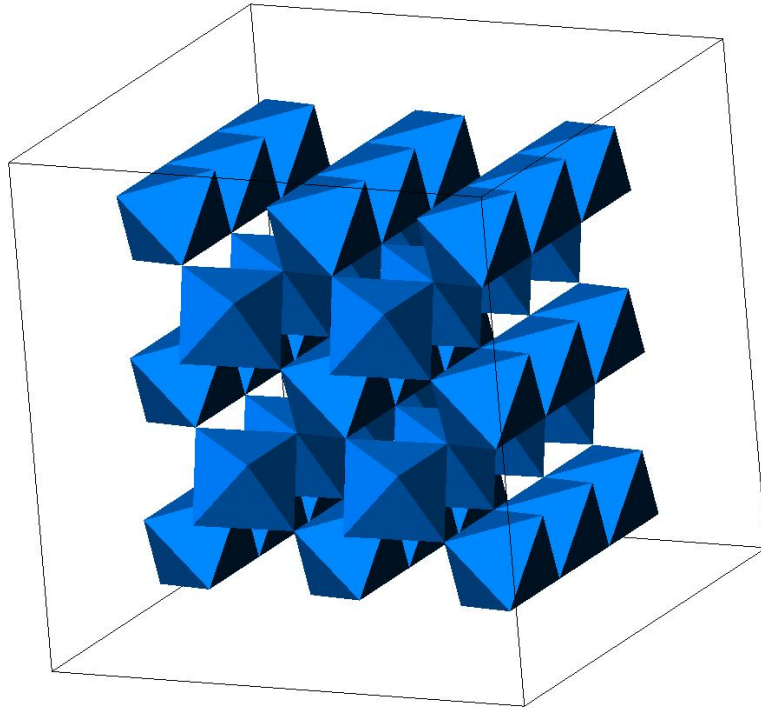
Rutil. Erongo/Namibia. Bildbreite 4 cm



Rutil auf Hämatit. Kongo/Afrika. Durchmesser der Rutilkristalle ca. 0.5 cm



Rutil auf Hämatit. Kongo/Afrika. Durchmesser der Rutilkristalle ca. 0.5 cm



Elementarzelle $a_0 = 4.53 \text{ \AA}$, $c_0 = 2.93 \text{ \AA}$, $Z = 2$
 Raumgruppe $P4_2/mnm$

Abb: Struktur von Rutil

Weiterführende Literatur zu Rutil

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, by permission of the Mineralogical Society of America.

Baur, W.H. (1956): Über die Verfeinerung der Kristallstrukturbestimmung einiger Vertreter des Rutiltyps: TiO_2 , SnO_2 , GeO_2 und MgF_2 . Acta Crystallographica, 9, 515-520.

Kudoh, Y. & Takeda, H. (1986): Single crystal X-ray diffraction study on the bond compressibility of fayalite, Fe_2SiO_4 and rutile, TiO_2 under high pressure. Physica B, 139, 333-336.

Ludwig, C.F. (1803): Rutil. In Handbuch der Mineralogie nach A. G. Werner, Volume 1 Siegfried Lebrécht Crusius Leipzig, 305-306.

Meagher, E.P. & Lager, G.A. (1979): Polyhedral thermal expansion in the TiO_2 polymorphs: refinement of the crystal structures of rutile and brookite at high temperature. The Canadian Mineralogist, 17, 77-85.

Vegard, L. (1916): Results of crystal analysis. Philosophical Magazine, 32, 505-518. DOI: 10.1080/14786441608635597

Internet

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

Weitere TiO₂ – Modifikationen

Anatas

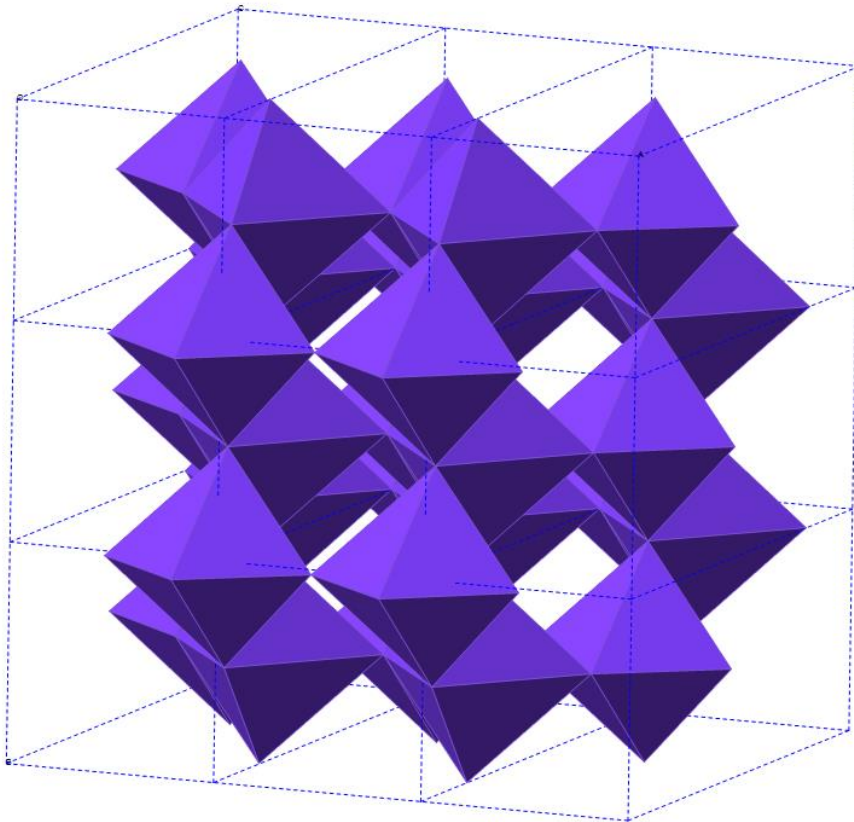
Chemische Zusammensetzung	: TiO ₂
Kristallsystem	: tetragonal
Elementarzelle	: $a_0 = 3,79\text{\AA}$, $c_0 = 9,53\text{\AA}$
Raumgruppe	: $I 4_1/amd$
Ausbildung	: flachtafelige und spitzpyramidale xx
Härte	: 5.5 - 6
Dichte	: 3.89 g/cm ³
Farbe	: dunkelblau bis schwarz
Strich	: weiss
Glanz	: Diamant - Metallglanz
Spaltbarkeit	: vollkommen nach (001) und (011)
Bruch	: spröde
Vorkommen	: magmatische Gesteine
Paragenese	: Quarz,
Fundorte	: Alpen, Pakistan; weltweit
Verwendung	: Pigment (weiß), photokatalytisch aktiv



Anatas. Pakistan. Kristallgröße 0.3 cm



Anatas. Pakistan. Kristallgröße ca. 0.3 cm



Elementarzelle $a_0 = 3.73 \text{ \AA}$, $c_0 = 9.37 \text{ \AA}$, $Z = 4$
 Raumgruppe $P4_2/mnm$

Abb: Struktur von Anatas

Weiterführende Literatur zu Anatas

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, by permission of the Mineralogical Society of America.

Blackburn, W.H. & Dennen, W.H. (1997): Encyclopedia of Mineral Names. The Canadian Mineralogist, Special Publication 1, 360 S. (daraus S. 18).

Cromer, D.T. & Herrington, K. (1955): The structures of anatase and rutile. Journal of the American Chemical Society, 77, 4708-4709.

Horn, M., Schwerdtfeger, C.F. & Meagher, E.P. (1972): Refinement of the structure of anatase at several temperatures. Zeitschrift für Kristallographie, 136, 273-281.

Howard, C.J., Sabine, T.M. & Dickson, F. (1991): Structural and thermal parameters for rutile and anatase. Acta Crystallographica, B47, 462-468.

Ohsaka, T., Izumi, F. & Fujiki, Y. (1978): Raman spectrum of anatase, TiO₂. Journal of Raman Spectroscopy, 7, 321-324.

Parker, R.L. (1924): Zur Kristallstruktur von Anatas und Rutil. (II. Teil. Die Anatasstruktur). Zeitschrift für Kristallographie, 59, 1-54.

Schoßberger, F. (1942): Über die Umwandlungen des Titandioxyds. Journal of Solid State Chemistry, 104, 358-374.

Vance, E.R. & Doern, D.C. (1989): The properties of anatase pseudomorphs after titanite. The Canadian Mineralogist, 27, 495-498.

Zhang, W.F., He, Y.L., Zhang, M.S., Yin, Z. & Chen, Q. (2000): Raman scattering study on anatase TiO₂ nanocrystals. Journal of Physics D: Applied Physics, 33, 912-916.

Internet

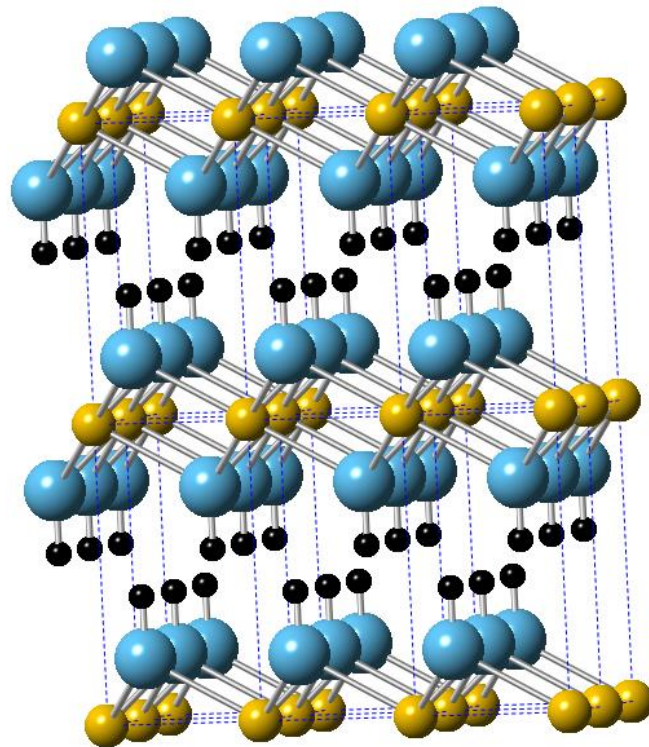
<http://rruff.info/doclib/hom/anatase.pdf>

Brookit

Chemische Zusammensetzung	: TiO_2
Kristallsystem	: orthorhombisch
Elementarzelle	: $a_0 = 9,185\text{\AA}$, $b_0 = 5,45\text{\AA}$, $c_0 = 5,145\text{\AA}$
Raumgruppe	: Pbc _a
Ausbildung	: flachtafelig
Härte	: 5.5 - 6
Dichte	: 4.13 g/cm^3
Farbe	: rotbraun
Strich	: grau
Glanz	: Diamantglanz, halbmatt
Spaltbarkeit	: undeutlich in (120)
Bruch	: unregelmässig
Vorkommen	: Pegmatite,
Paragenese	: Quarz, Hämatit, Muskowit, Orthoklas
Fundorte	: United Kingdom; Alpen; Nordural/Russland; Pakistan
Verwendung	:



Brookit. Fundort unbekannt. Kristallgröße 0.5 cm



Elementarzelle $a_0 = 9.184 \text{ \AA}$, $b_0 = 5.447 \text{ \AA}$, $c_0 = 5.145 \text{ \AA}$, $Z = 8$
 Raumgruppe Pbca

Abb: Struktur von Brookit

Weiterführende Literatur zu Brookit

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, by permission of the Mineralogical Society of America.

Blackburn, W.H. & Dennen, W.H. (1997): Encyclopedia of Mineral Names. The Canadian Mineralogist, Special Publication 1, 360 S. (daraus S. 47).

Baur, W.H. (1959): Atomabstände und Bindungswinkel im Brookit, TiO_2 . Zeitschrift für Kristallographie, 111, 401-401. DOI: 10.1524/zkri.1959.111.1-6.401

Meagher, E.P. & Lager, G.A. (1979): Polyhedral thermal expansion in the TiO_2 polymorphs: refinement of the crystal structures of rutile and brookite at high temperature. The Canadian Mineralogist, 17, 77-85.

Pauling, L. & Sturdivant, J.H. (1928): XV. the crystal structure of brookite. Zeitschrift für Kristallographie, 68, 239-256.

Internet

<http://ruff.info/doclib/hom/brookite.pdf>

Cassiterit „Zinnstein“

Chemische Zusammensetzung	: SnO ₂
Kristallsystem	: tetragonal
Elementarzelle	: a ₀ = 4,73Å, c ₀ = 3,19Å,
Raumgruppe	: P 4 ₂ /nmn
Ausbildung	: derb, eingesprengt, isometrische xx, oft verzwillingt (Visiergrauen), nadelige xx
Härte	: 6 – 7
Dichte	: 6,8 – 7,1
Farbe	: schwarz, braun, hellbraun
Strich	: gelb, weiß
Glanz	: Diamantglanz
Spaltbarkeit	: unvollkommen nach {1 0 0 }
Bruch	: muschelig, spröde
Vorkommen	: pegmatitisch-pneumatolytisch in Greisen, hydrothermal, Anreicherung in Seifen
Paragenese	: Anreicherung im Greisen, Zinnsteinseifen
Fundorte	: Zinnwald, Ehrenfriedersdorf und Altenberg/Erzgebirge/Sachsen; Cornwall/England; Malaysia; Indonesien; Brasilien; Bolivien
Verwendung	: wichtigstes Zinnerz



Cassiterit. Aracuai/Minas Gerais/Brasilien. Kristallgröße 3 cm



Cassiterit. Tschechien. Bildbreite 4 cm



Cassiterit. Bolivien. Bildbreite ca. 4 cm



Cassiterit und Siderit. Huanuni/Bolivien.
Bildbreite 4 cm



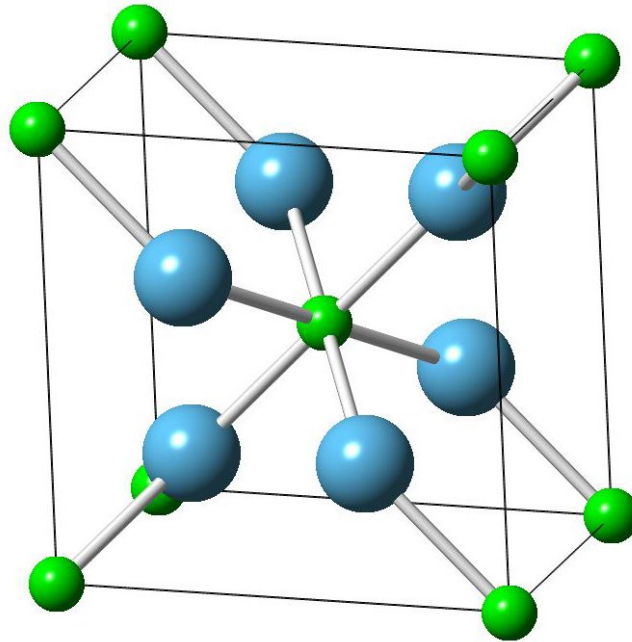
Cassiterit und Siderit. Huanuni/Bolivien.
Kristallgröße 0.5 cm



Cassiterit. Erzgebirge. Bildbreite 7 cm



Holzzinn, Variation von Cassiterit.
Actara/Colquechaca/Bolivien. Bildbreite 3
cm



Elementarzelle $a_0 = 4.737 \text{ \AA}$, $c_0 = 3.185 \text{ \AA}$, $Z = 2$
 Raumgruppe $P4_2/mnm$

Abb: Struktur von Cassiterit

Weiterführende Literatur zu Cassiterit

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, by permission of the Mineralogical Society of America.

Blackburn, W.H. & Dennen, W.H. (1997): Encyclopedia of Mineral Names. The Canadian Mineralogist, Special Publication 1, 360 S. (daraus S. 57).

Baur, W.H. (1956): Über die Verfeinerung der Kristallstrukturbestimmung einiger Vertreter des Rutiltyps: TiO_2 , SnO_2 , GeO_2 und MgF_2 . Acta Crystallographica, 9, 515-520. DOI: 10.1107/S0365110X56001388

Nespolo, M. & Souvignier, B. (2015): Structural rationale for the occurrence of the elbow twins in cassiterite and rutile. Journal of Mineralogical and Petrological Sciences 110, 157-165

Thiel, B. & Helbig, R. (1976): Growth of SnO_2 single crystals by a vapour phase reaction method. Journal of Crystal Growth, 32, 259-264.

Vegard, L. (1916): Results of crystal analysis. Philosophical Magazine (1916) 32, 65-96. DOI: 10.1080/14786441608635544

Internet

<http://rruff.info/doclib/hom/cassiterite.pdf>

Pyrolusit

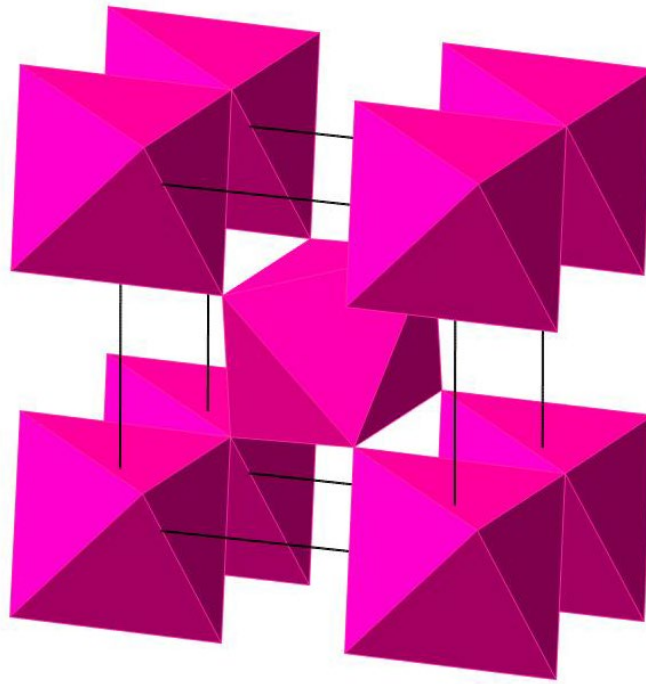
Chemische Zusammensetzung	: MnO_2
Kristallsystem	: tetragonal
Elementarzelle	: $a_0 = 4,40 \text{ \AA}$, $c_0 = 2,87 \text{ \AA}$
Raumgruppe	: $P 4_2/mnm$
Ausbildung	: erdig, knollig, radialstrahlig, nadelig
Härte	: 2 – 6
Dichte	: schwankt, 4.7 -5.1
Farbe	: grau-schwarz
Strich	: schwarz
Glanz	: halbmatt
Spaltbarkeit	: deutlich nach $\{1 1 0\}$
Bruch	: muschelig, spröde
Vorkommen	: hydrothermal, sedimentär
Paragenese	: Anreicherung im Greisen, Zinnsteinseifen
Fundorte	: Ilfeld/Harz; Siegerland; Nikopol/Ukraine; Schweden; Brasilien
Verwendung	: wichtiges Mn-Erz



Pyrolusit in Goethit. Vretgruvan/Südschweden. Bildbreite 5 cm



Pyrolusit. Serra do Navio/Amapa/Brasilien. Bildbreite 10 cm



Elementarzelle $a_0 = 4.4 \text{ \AA}$, $c_0 = 2.87 \text{ \AA}$ $Z = 2$
 Raumgruppe $P4_2/mnm$

Abb: Struktur von Pyrolusit

Weiterführende Literatur zu Pyrolusit

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, by permission of the Mineralogical Society of America.

Blackburn, W.H. & Dennen, W.H. (1997): Encyclopedia of Mineral Names. The Canadian Mineralogist, Special Publication 1, 360 S. (daraus S. 247).

Fleischer, M., Richmond, W.E. & Evans, H.T. (1962): Studies of the manganese oxides. V. Ramsdellite, MnO_2 , an orthorhombic dimorph of pyrolusite. American Mineralogist, 47, 47-58.

John, A.S. (1923): Crystal structure of the rutile type. Physical Review, 21, 389-389.

Kohler, T., Armbruster, T. & Libowitzky, E. (1997): Hydrogen bonding and Jahn-Teller distortion in groutite, α - $MnOOH$, and manganite, γ - $MnOOH$, and their relations to the manganese dioxides ramsdellite and pyrolusite. Journal of Solid State Chemistry, 133, 486-500.

Internet

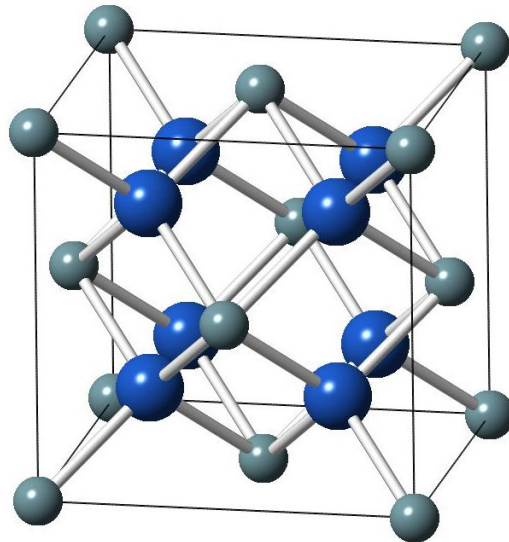
<http://rruff.info/doclib/hom/pyrolusite.pdf>

Uraninit „Pechblende“

Chemische Zusammensetzung	: UO ₂
Kristallsystem	: kubisch
Elementarzelle	: a ₀ = 5,465 Å
Raumgruppe	: P4 ₂ /mnm
Ausbildung	: knollig, nierig, Würfel
Härte	: 5 – 6
Dichte	: 9 – 10,5
Farbe	: schwarz
Strich	: braun-schwarz
Glanz	: halbmatt
Spaltbarkeit	: undeutlich nach {1 1 1}, selten erkennbar
Bruch	: muschelig, spröde
Vorkommen	: pegmatisch, hydrothermal, sedimentär
Paragenese	: Anreicherung im Greisen, Zinnsteinseifen
Fundorte	: Schlema-Hartenstein/Erzgebirge; Jachymov/Böhmen; Shinkolobwe/Zaire/Afrika; Witwatersrand/Südafrika
Verwendung	: Uranerz
Sonstiges	: stark radioaktiv



Uraninit. Jachymov/Böhmen. Bildbreite ca. 10 cm



Elementarzelle $a_0 = 5.4682 \text{ \AA}$, $Z = 4$
 Raumgruppe $P4_2/mnm$

Abb: Struktur von Uraninit

Weiterführende Literatur zu Uraninit

Artikel und Bücher

Alexandre, P., Kyser, K., Layton-Matthews, D. & Joy, B. (2015): Chemical compositions of natural uraninite. *The Canadian Mineralogist*, 53, 595-622.

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

Blackburn, W.H. & Dennen, W.H. (1997): *Encyclopedia of Mineral Names*. The Canadian Mineralogist, Special Publication 1, 360 S. (daraus S. 314).

Foord, E.E., Korzeb, S.L., Lichte, F.E. & Fitzpatrick, J.J. (1997): Additional studies on mixed uranyl oxide-hydroxide hydrate alteration products of uraninite from the Palermo and Ruggles granitic pegmatites, Grafton County, New Hampshire. *The Canadian Mineralogist*, 35, 145-151.

Haji-Vassiliou, A. (1974): Uranium mineralization - Uraninite. *Mineralogical Record*, 5, 79.

Schindler, M., Lussier, A.J., Bellrose, J., Rouvimov, S., Burns, P.C. & Kyser, T.K. (2017): Mobilization and agglomeration of uraninite nanoparticles: A nano-mineralogical study of samples from the Matoush Uranium ore deposit. *American Mineralogist*, 102, 1776-1787.

Shaub, B.M. (1938): The occurrence, crystal habit and composition of the uraninite from the Ruggles Mine, near Grafton Center, New Hampshire. *American Mineralogist*, 23, 334-341.

Swanson, H.E. & Fuyat, R.K. (1953): Standard X-ray diffraction powder patterns, National Bureau of Standards Circular (U. S.), 539, (2) 1-65.

Internet

<http://rruff.info/doclib/hom/uraninite.pdf>

Columbit

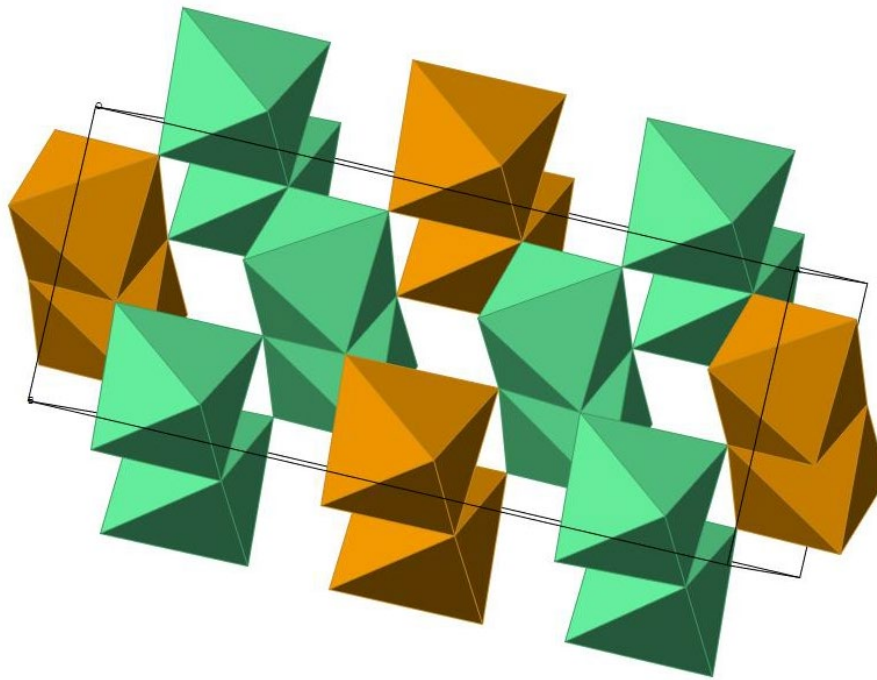
Chemische Zusammensetzung	: (Fe, Mn)(Nb, Ta) ₂ O ₆
Kristallsystem	: orthorhombisch
Elementarzelle	: a ₀ = 14,31 Å, b ₀ = 5,74 Å, c ₀ = 5,19 Å
Raumgruppe	: Pbcn
Ausbildung	: massig, körnig, flache Kristalle, Prismen
Härte	: 6
Dichte	: 5,6 – 8,1
Farbe	: schwarz-braun
Strich	: braun
Glanz	: opak
Spaltbarkeit	: undeutlich
Bruch	: undeutlich muschelig
Vorkommen	: pegmatitisch
Paragenese	: Orthoklas, Quarz
Fundorte	: Hagendorf/Bayern; Ivigtut/Grönland; Pegmatite Portugals und Brasiliens
Verwendung	: Nb- und Tantalierz



Columbit in Feldspat. Heikkonen Ledge/Greenwood/USA. Bildbreite 14 cm



Columbit. Rio Grande do Norte/Brasilien. Bildbreite 5 cm



Elementarzelle	a) $a_0 = 14.4236 \text{ \AA}$, $b_0 = 5.76097 \text{ \AA}$, $c_0 = 5.0839 \text{ \AA}$, $Z = 4$ b) $a_0 = 5.082 \text{ \AA}$, $b_0 = 14.238 \text{ \AA}$, $c_0 = 5.73 \text{ \AA}$, $Z = 4$ c) $a_0 = 14.263 \text{ \AA}$, $b_0 = 5.7318 \text{ \AA}$, $c_0 = 5.0378 \text{ \AA}$, $Z = 4$
Raumgruppe	a) Pbcn b) Pnca

Abb: Struktur von Columbit

Weiterführende Literatur zu Columbit

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, by permission of the Mineralogical Society of America.

Blackburn, W.H. & Dennen, W.H. (1997): Encyclopedia of Mineral Names. The Canadian Mineralogist, Special Publication 1, 360 S. (daraus S. 70).

Dos Santos, C.A., Zawislak, L.I., Kinast, E.J., Antonietti, V., da Cunha, J.B.M. (2001): Crystal chemistry and structure of the orthorhombic $(\text{Fe,Mn})(\text{Ta,Nb})_2\text{O}_6$ family of compounds. Brazilian Journal of Physics, 31, 616-631.

Ercit, T.S., Wise, M.A. & Černý, P. (1995): Compositional and structural systematics of the columbite group. American Mineralogist, 80, 613-619.

Pagola, S., Carbonio, R.E., Alonso, J.A. & Fernandez Diaz, M.T (1997): Crystal structure refinement of MgNb_2O_6 columbite from neutron powder diffraction data and study of the ternary system $(\text{MgO}) - (\text{Nb}_2\text{O}_5) - (\text{NbO})$, with evidence of formation of new reduced pseudobrookite $\text{Mg}_{5-x}\text{Nb}_{4+x}\text{O}_{15-d}$ (1.14). Journal of Solid State Chemistry, 134, 76-84. DOI: 10.1006/jssc.1997.7538

Sturdivant, J.H. (1930): The crystal structure of columbite. Zeitschrift für Kristallographie, 75, 88-108. DOI: <https://doi.org/10.1515/zkri-1930-0107>

Weitzel, H. (1950): Magnetische Struktur von Columbit, FeNb_2O_6 . Zeitschrift für Anorganische und Allgemeine Chemie (1950) (DE) (1971) 380, 119-127. DOI: 10.1002/zaac.19713800202

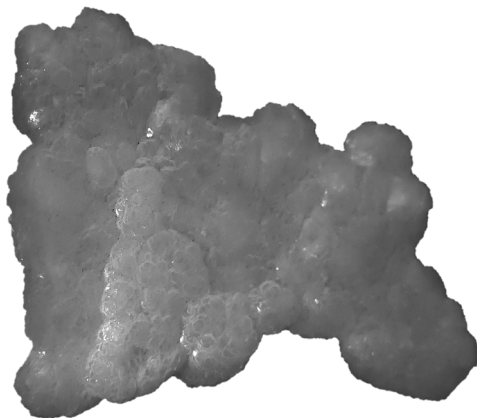
Weitzel, H. (1976): Kristallstrukturverfeinerung von Wolframiten und Columbiten. Zeitschrift für Kristallographie (1976) 144, 238-258. DOI: 10.1524/zkri.1976.144.1-6.238

Internet

<http://rruff.info/doclib/hom/columbitemn.pdf>

Brucit

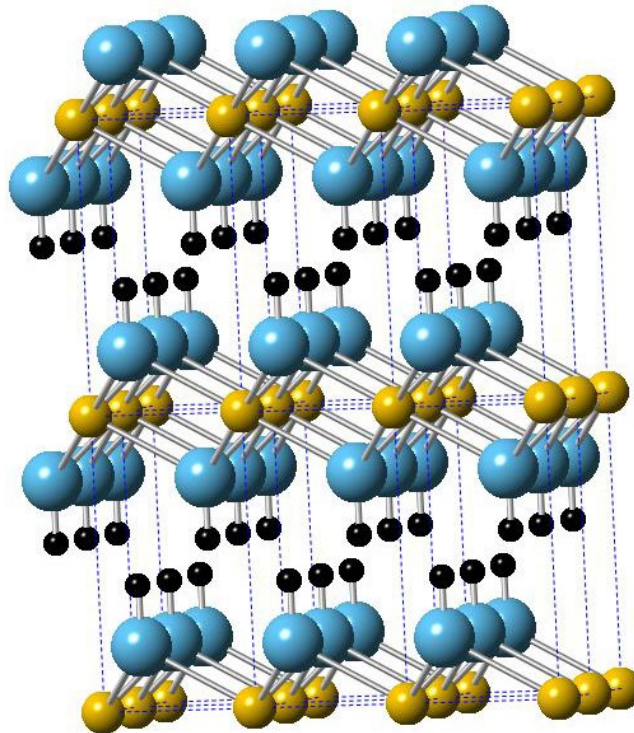
Chemische Zusammensetzung	: $\text{Mg}(\text{OH})_2$
Kristallsystem	: trigonal, Schichtstruktur
Elementarzelle	: $a_0 = 3,15\text{\AA}$, $c_0 = 4,77\text{\AA}$
Raumgruppe	: $P\bar{3}m1$
Ausbildung	: blättrig, schuppig, tafelig, nadelig
Härte	: 2.5
Dichte	: 2.39 g/cm^3
Farbe	: farblos, weiß, grünlich
Strich	: weiß
Glanz	: glas- bis Perlmutterglanz
Spaltbarkeit	: vollkommen nach (001)
Bruch	:
Vorkommen	: in Mg-reichen Gesteinen, z. B. Serpentiniten
Paragenese	: Basische bis ultrabasische Minerale der Metamorphose
Fundorte	: Schweden; Canada
Verwendung	: Feuerfestmaterialien



Brucit. Canada. Bildbreite 10 cm



Brucit-Marmor, Pseudomorphosen nach Periklas. Filipstad/Värmland/Schweden.
Bildbreite 10 cm



Elementarzelle $a_0 = 3.142 \text{ \AA}$, $c_0 = 4.766 \text{ \AA}$, $Z = 1$
 Raumgruppe $P\bar{3}m1$

Abb: Struktur von Brucit

Weiterführende Literatur zu Brucit

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, by permission of the Mineralogical Society of America.

Blackburn, W.H. & Dennen, W.H. (1997): Encyclopedia of Mineral Names. The Canadian Mineralogist, Special Publication 1, 360 S. (daraus S. 47).

Braterman, P.S. & Cygan, R.T. (2006): Vibrational spectroscopy of brucite: A molecular simulation investigation. American Mineralogist, 91, 1188-1196.

Jiang, F., Speziale, S. & Duffy, T.S. (2006): Single-crystal elasticity of brucite, $\text{Mg}(\text{OH})_2$, to 15 GPa by Brillouin scattering. American Mineralogist, 91, 1893-1900.

Liu, C., Zhang, R., Shen, K., Liu, T., Wen, W. & Wang, D. (2018): An *in situ* kinetic study of the dehydration of brucite using synchrotron X-ray powder diffraction. The Canadian Mineralogist, 56, 101-108.

Ma, M., Liu, W., Chen, Z., Liu, Z. & Li, B. (2013): Compression and structure of brucite to 31 GPa from synchrotron X-ray diffraction and infrared spectroscopy studies. American Mineralogist, 98, 33-40.

Mookherjee, M. & Stixrude, L. (2006): High-pressure proton disorder in brucite. American Mineralogist, 91, 127-134.

Parise, J.B., Leinenweber, K., Weidner, D.J., Tan, K. & Von Dreele, R.B. (1994): Pressure-induced H bonding: Neutron diffraction study of brucite, $\text{Mg}(\text{OH})_2$, to 9.3 GPa. *American Mineralogist*, 79, 193-196.

Zigan, F. & Rothbauer, R. (1967): Neutronenbeugungsmessungen am Brucit. *Neues Jahrbuch für Mineralogie, Monatshefte* (1967) 1967, 137-143.

Internet

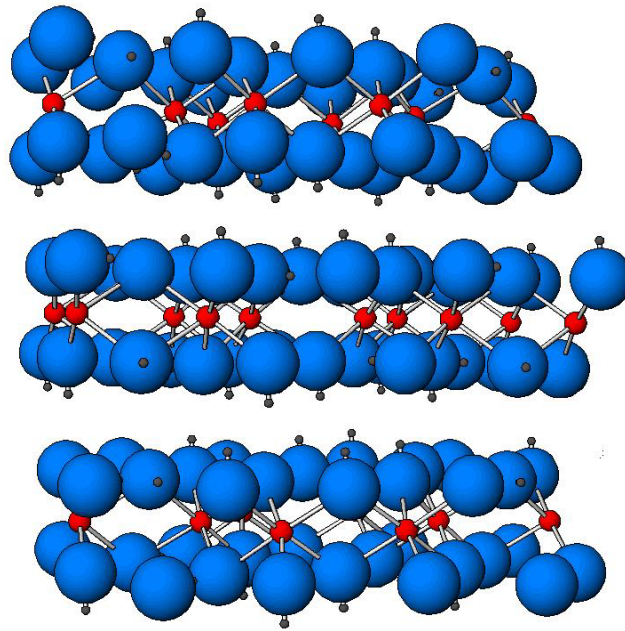
<http://rruff.info/doclib/hom/brucite.pdf>

Gibbsit „Hydrargillit“

Chemische Zusammensetzung	: $\gamma\text{-Al(OH)}_3$
Kristallsystem	: monoklin, Schichtstruktur
Elementarzelle	: $a_0 = 8.69\text{\AA}$, $b_0 = 5.06\text{\AA}$, $c_0 = 10.21\text{\AA}$, $\beta = 97,44^\circ$
Raumgruppe	: $P2_1/n$
Ausbildung	: kleine Kristalle, Krusten
Härte	: 2,5 – 3
Dichte	: 2,3
Farbe	: weiß
Strich	: weiß
Glanz	: Perlmuttglanz
Spaltbarkeit	: sehr vollkommen nach $\{001\}$
Bruch	: uneben
Vorkommen	: hydrothermal, Verwitterungsprodukt, in Bauxiten Polymorph mit Bayerit, Nordstrandit
Paragenese	: in Lateriten, Bauxiten
Fundorte	: in Bauxiten weltweit
Verwendung	: Al-Rohstoff (mit den folgenden Aluminiumhydroxiden)



Gibbsit. Tasmanien/Australien. Bildbreite 10 cm



Elementarzelle $a_0 = 8.684 \text{ \AA}$, $b_0 = 5.078 \text{ \AA}$, $c_0 = 9.736 \text{ \AA}$, $\beta = 94.54^\circ$, $Z = 8$
 Raumgruppe $P2_1/n$

Abb: Struktur von Gibbsit

Weiterführende Literatur zu Gibbsit

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, by permission of the Mineralogical Society of America.

Blackburn, W.H. & Dennen, W.H. (1997): Encyclopedia of Mineral Names. The Canadian Mineralogist, Special Publication 1, 360 S. (daraus S. 114).

Megaw, H.D. (1934): The crystal structure of hydrargillite $Al(OH)_3$. Zeitschrift für Kristallographie, 87, 185-204.

Palache, C., Berman, H. & Frondel, C. (1944): The System of Mineralogy of James Dwight Dana and Edward Salisbury Dana Yale University 1837-1892, Volume I: Elements, Sulfides, Sulfosalts, Oxides. John Wiley and Sons, Inc., New York, 663-667, 7th edition, revised and enlarged.

Saalfeld, H.; Wedde, M. (1974): Refinement of the crystal structure of gibbsite, $Al(OH)_3$. Zeitschrift für Kristallographie, 139, 129-135. DOI: 10.1524/zkri.1974.139.1-2.129

Internet

<http://rruff.info/doclib/hom/gibbsite.pdf>

Diaspor

Chemische Zusammensetzung	: α -AlOOH
Kristallsystem	: orthorhombisch
Elementarzelle	: $a_0=4,39\text{\AA}$, $b_0=9,43\text{\AA}$, $c_0=2,85\text{\AA}$
Raumgruppe	: Pbnm
Ausbildung	: kleine Kristalle, mikrokristallin
Härte	: 6,5 – 7
Dichte	: 3,4
Farbe	: farblos, weiß, bräunlich, blasviolett
Strich	: weiß
Glanz	: Glasglanz
Spaltbarkeit	: sehr vollkommen nach $\{0 1 0\}$
Bruch	:
Vorkommen	: kontaktmetamorph in kristallinen Schiefen
Paragenese	: andere Oxide und Hydroxide von Al, Fe, Mn
Fundorte	: Norwegen; Mugla/Türkei; Russland; USA
Verwendung	: in Bauxit



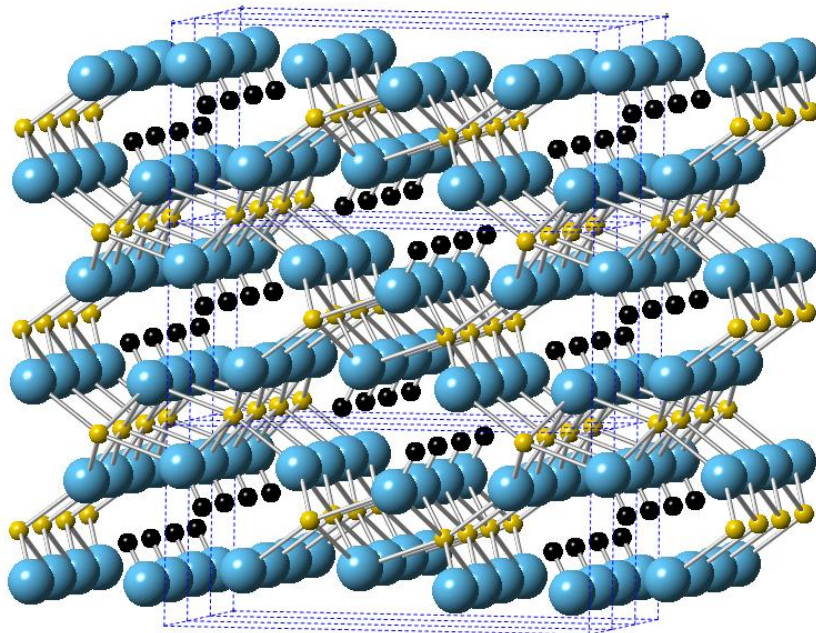
Diaspor in Natrolith mit Thomsonit Matrix.
Saga1/Tvedalen/Telemark/Norwegen.
Bildbreite 3 cm



Diaspor. Mugla/Türkei. Zwillling ca. 2 cm



Diaspor. Mineral County/Nevada/USA. Bildbreite 8 cm



Elementarzelle $a_0 = 4.4 \text{ \AA}$, $b_0 = 9.39 \text{ \AA}$, $c_0 = 2.84 \text{ \AA}$, $Z = 4$
Raumgruppe Pbnm

Abb: Struktur von Diaspor

Weiterführende Literatur zu Diaspor

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, by permission of the Mineralogical Society of America.

Blackburn, W.H. & Dennen, W.H. (1997): Encyclopedia of Mineral Names. The Canadian Mineralogist, Special Publication 1, 360 S. (daraus S. 81).

Delattre, S., Balan, E., Lazzeri, M., Blanchard, M., Guillaumet, M., Beyssac, O., Haussühl, E., Winkler, B., Salje, E.K.H. & Calas, G. (2012): Experimental and theoretical study of the vibrational properties of diaspor (α -AlOOH). Physics and Chemistry of Minerals, 39, 93-102.

Demichelis, R., Noel, Y., Civalleri, B., Roetti, C., Ferrero, M. & Dovesi, R. (2007): The vibrational spectrum of α -AlOOH diaspor: an ab initio study with the CRYSTAL code. Journal of Physical Chemistry B, 111, 9337-9346.

Ewing, F.J. (1935): The crystal structure of diaspor, Journal of Chemical Physics, (1935) 3, 203-207. DOI: <https://doi.org/10.1063/1.1749634>.

Friedrich, A., Wilson, D.J., Haussühl, E., Winkler, B., Morgenroth, W., Refson, K. & Milman, V. (2007): High-pressure properties of diaspor, AlO(OH). Physics and Chemistry of Minerals, 34, 145-157.

Hill, R.J. (1979): Crystal structure refinement and electron density distribution in diaspor. Physics and Chemistry of Minerals, 5, 179-200.

Hoppe, W. (1942): Über die Kristallstruktur von α -AlOOH (diaspor) II. (Fourieranalyse.). Zeitschrift für Kristallographie, 104, 11-17.

Juan-Farfán, R.E.S., Bayarjargal, L., Winkler, B., Haussühl, E., Avalos-Borja, M., Refson, K. & Milman, V. (2001): Pressure dependence of the lattice dynamics of diaspor, α -AlO(OH), from Raman spectroscopy and density functional perturbation theory. Physics and Chemistry of Minerals, 38, 693-700.

Passeri, D., Reggente, M., Rossi, M., Nunziante Cesaro, S., Guglielmotti, V., Vlassak, J. J., De Francesco, A. M., Scarpelli, R., Hatipoğlu, M. & Ajò, D. (2016): Contact resonance atomic force microscopy (CR-AFM) in applied mineralogy: the case of natural and thermally treated diaspor. European Journal of Mineralogy, 28, 273-283.

Ruan, H.D., Frost, R.L. & Klopogge, J.T. (2001): Comparison of Raman spectra in characterizing gibbsite, bayerite, diaspor and boehmite. Journal of Raman Spectroscopy, 32, 745-750.

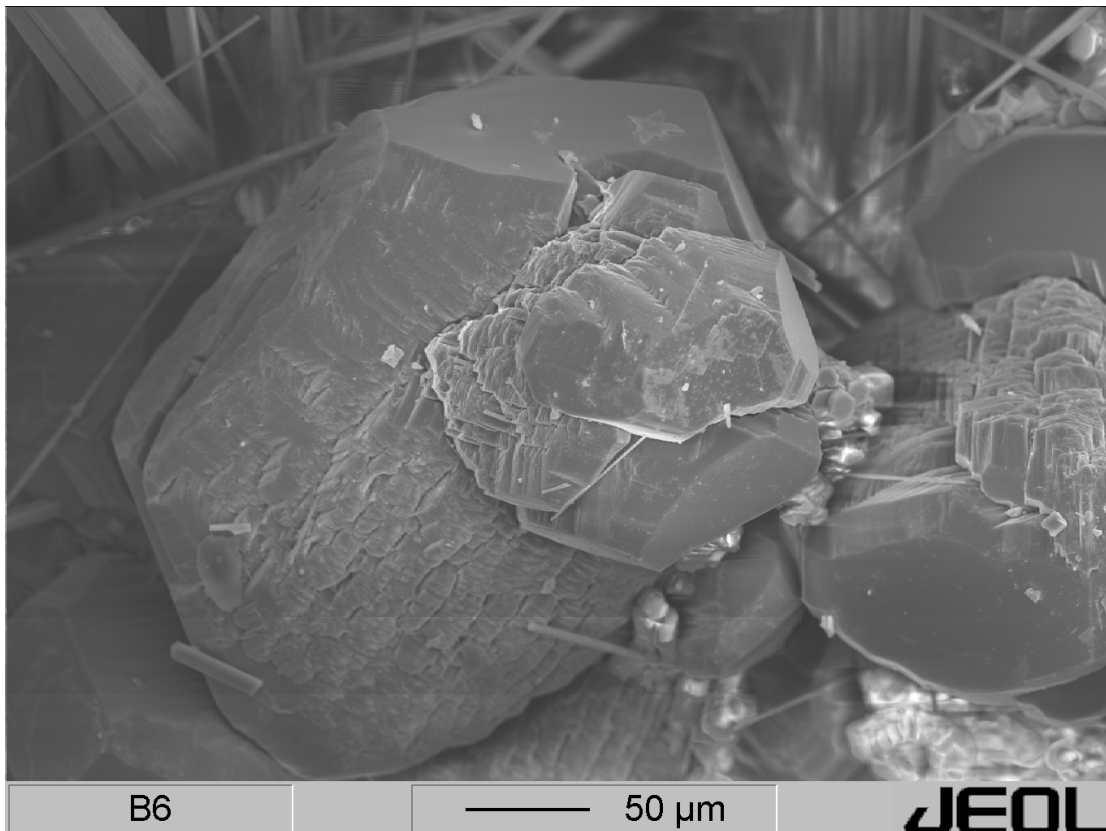
Ruan, H.D., Frost, R.L., Klopogge, J.T., Schulze, D.G. & Duong, L. (2003): FT-Raman spectroscopy and SEM of gibbsite, bayerite, boehmite and diaspor in relation to the characterization of bauxite. In *2001: A Clay Odyssey* Elsevier B.V. Amsterdam, Netherlands, 545-552.

Internet

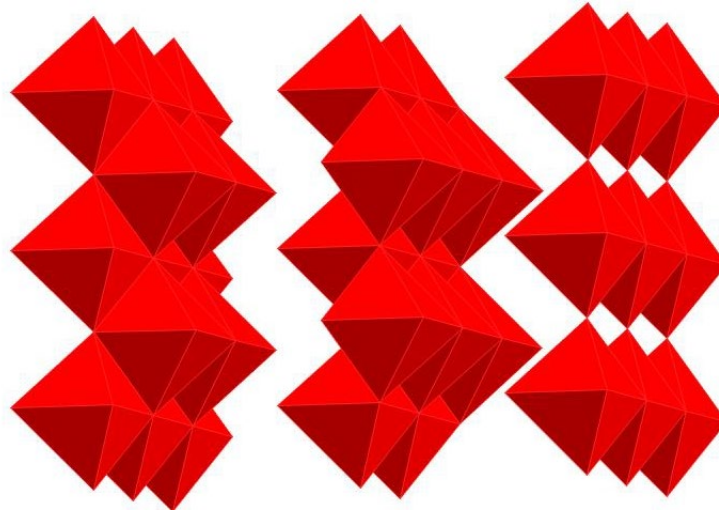
<http://rruff.info/doclib/hom/diaspor.pdf>

Böhmit

Chemische Zusammensetzung	: γ -AlOOH
Kristallsystem	: orthorhombisch
Elementarzelle	: $a_0 = 2,87\text{\AA}$, $b_0 = 12,24\text{\AA}$, $c_0 = 3,7\text{\AA}$
Raumgruppe	: Amam
Ausbildung	: dicktafelige Kristalle, massig
Härte	: 3,5
Dichte	: 3
Farbe	: farblos, weiß
Strich	: weiß
Glanz	: Glasglanz
Spaltbarkeit	: sehr vollkommen nach $\{0\ 1\ 0\}$
Bruch	: feinkörnig
Vorkommen	: in Bauxit
Paragenese	: im Verwitterungsbereich mit anderen Oxyden und Hydroxyden
Fundorte	: Norwegen; Mugla/Türkei, in Bauxiten
Verwendung	: Aluminium-Rohstoff



REM-Aufnahme von Böhmit. Tvedalen/Helderoa/Norwegen.



Elementarzelle $a_0 = 3.69 \text{ \AA}$, $b_0 = 12.24 \text{ \AA}$, $c_0 = 2.86 \text{ \AA}$, $Z = 4$
 Raumgruppe Amam

Abb: Struktur von Böhmit

Weiterführende Literatur zu Böhmit

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, by permission of the Mineralogical Society of America.

Blackburn, W.H. & Dennen, W.H. (1997): Encyclopedia of Mineral Names. The Canadian Mineralogist, Special Publication 1, 360 S. (daraus S. 42).

Bokhimi, X., Toledo-Antonio, J.A., Guzmán-Castillo, M.L. & Hernández-Beltrán, F. (2001): Relationship between crystallite size and bond lengths in boehmite. Journal of Solid State Chemistry, 159, 32-40.

Hill, R.J. (1981): Hydrogen atoms in boehmite: A single crystal X-ray diffraction and molecular orbital study. Clays and Clay Minerals, 29, 435-445.

Milligan, W.O. & McAtee, J.L. (1956): Crystal structure of gamma Al O O H and gamma Sc O O H. Journal of Physical Chemistry (1956) 60, 273-277. DOI: 10.1021/j150537a005

Ruan, H.D., Frost, R.L. & Klopogge, J.T. (2001): Comparison of Raman spectra in characterizing gibbsite, bayerite, diasporite and boehmite, Journal of Raman Spectroscopy, 32, 745-750.

Ruan, H.D., Frost, R.L., Klopogge, J.T., Schulze, D.G. & Duong, L. (2003): FT-Raman spectroscopy and SEM of gibbsite, bayerite, boehmite and diasporite in relation to the characterization of bauxite. in 2001: A Clay Odyssey Elsevier B.V. Amsterdam, Netherlands, 545-552.

Sahama, T.G., Lehtinen, M. & Rehtijärvi, P. (1973): Natural boehmite single crystals from Ceylon. Contributions to Mineralogy and Petrology, 39, 171-17.

Internet

<http://rruff.info/doclib/hom/boehmite.pdf>

Goethit

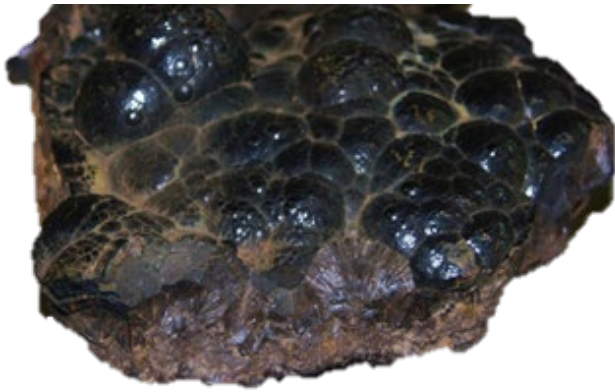
„Nadeleisenerz“, z. T. Brauner Glaskopf, Brauneisenerz, Limonit, Raseneisenerz

Chemische Zusammensetzung	: α -FeOOH
Kristallsystem	: orthorhombisch
Elementarzelle	: $a_0 = 9,96\text{\AA}$, $b_0 = 3,02\text{\AA}$, $c_0 = 4,60\text{\AA}$
Raumgruppe	: Pbnm
Ausbildung	: erdig, derb, knollig, stalaktitisch, selten nadelige xx
Härte	: 5 – 5,5
Dichte	: 4,5
Farbe	: schwarzbraun, braun, gelblich
Strich	: braungelb
Glanz	: sehr verschieden
Spaltbarkeit	: vollkommen $\{0 1 0\}$, selten feststellbar
Bruch	: muschelig
Vorkommen	: sedimentär, Verwitterungszone von Fe-Lagerstätten („Eiserner Hut“), in Böden
Paragenese	: Quarz, Verwitterungsminerale
Fundorte	: weitverbreitet; Salzgitter/Niedersachsen; Lothringen und viele andere
Verwendung	: Eisenerz

Limonit ist ein Gemenge aus überwiegend Goethit, auch Lepidokrokit u. a.



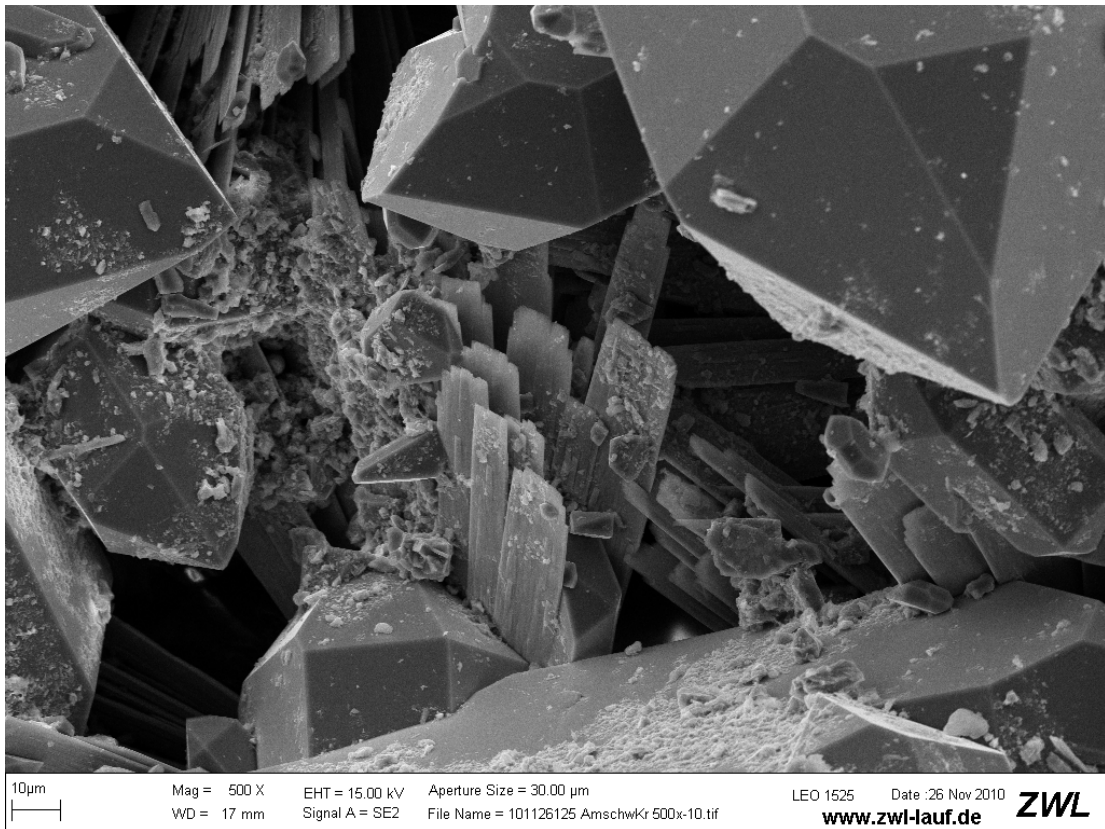
Goethit-Limonit. Auerbach/Oberpfalz. Bildbreite 10 cm



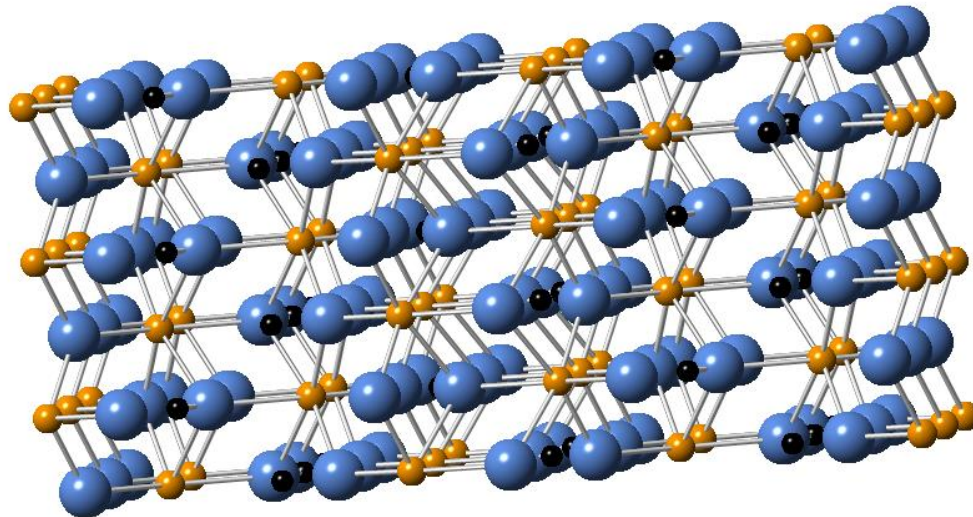
Radialstrahliger Glaskopf aus Goethit. Fundort unbekannt. Bildbreite 9 cm



Brauner Glaskopf auf Limonit und Quarz. Freiberg/Sachsen. Bildbreite 5 cm



REM-Aufnahme von Goethit/Lepidokrokit mit Quarz. Rio Grande do Sul/Brasilien.



Elementarzelle $a_0 = 4.61 \text{ \AA}$, $b_0 = 9.955 \text{ \AA}$, $c_0 = 3.02 \text{ \AA}$, $Z = 4$
 Raumgruppe Pbnm

Abb: Struktur von Goethit

Weiterführende Literatur zu Goethit

Artikel und Bücher

Alvarez, M., Sileo, E.E. & Rueda, E.H. (2008): Structure and reactivity of synthetic Co-substituted goethites. *American Mineralogist*, 93, 584-590.

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

Blackburn, W.H. & Dennen, W.H. (1997): *Encyclopedia of Mineral Names*. The Canadian Mineralogist, Special Publication 1, 360 S. (daraus S. 116).

Faria, D. LA. & Lopes, F.N. (2007): Heated goethite and natural hematite: can Raman spectroscopy be used to differentiate them? *Vibrational Spectroscopy*, 45, 117-121.

Hoppe, W. (1940): Über die Kristallstruktur von $\alpha\text{-AlOOH}$ (Diaspor) und $\alpha\text{-FeOOH}$ (Nadeleisenerz). *Zeitschrift für Kristallographie*, 103, 73-89.

Szytula, A., Burewicz, A., Dimitrijevic, Z., Krasnicki, S., Rzany, H., Todorovic, J., Wanic, A. & Wolski, W. (1968): Neutron Diffraction Studies of $\alpha\text{-FeOOH}$. *Physica Status Solidi*, 26, 429-434.

Voelz, J.L., Arnold, W.A. & Penn, R.L. (2018): Redox-induced nucleation and growth of goethite on synthetic hematite nanoparticles. *American Mineralogist*, 103, 1021-1029.

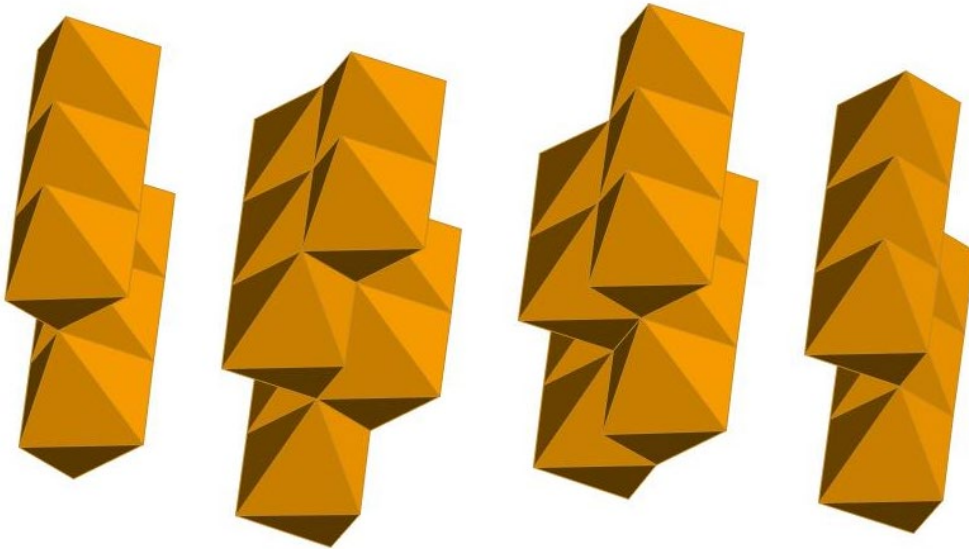
Yang, H., Lu, R., Downs, R. T. & Costin, G. (2006): Goethite, $\alpha\text{-FeO(OH)}$, from single-crystal data. *Acta Crystallographica*, E62, i250-i252.

Internet

<http://rruff.info/doclib/hom/goethite.pdf>

Lepidokrokit „Rubinglimmer“

Chemische Zusammensetzung	: γ -FeOOH
Kristallsystem	: orthorhombisch
Elementarzelle	: $a_0=12,46\text{\AA}$, $b_0=3,85\text{\AA}$, $c_0=3,06\text{\AA}$
Raumgruppe	: Amam
Ausbildung	: Ausbildung wie Goethit, xx aber tafelig und oft in Rosetten, sehen zum Teil Hämatit sehr ähnlich
Härte	: 5
Dichte	: 4,0
Farbe	: gelblich, bräunlich, rot
Strich	: gelb – braun
Glanz	: halbmatt, Glasglanz
Spaltbarkeit	: vollkommen $\{010\}$
Bruch	: spröde
Vorkommen	: wie Goethit, oft mit diesem zusammen
Paragenese	: Quarz
Fundorte	: Oxydationsbereich
Verwendung	:



Elementarzelle $a_0 = 3.87 \text{ \AA}$, $b_0 = 12.51 \text{ \AA}$, $c_0 = 3.06 \text{ \AA}$, $Z = 4$
Raumgruppe Amam

Abb: Struktur von Lepidokrokit

Weiterführende Literatur zu Lepidokrokit

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, by permission of the Mineralogical Society of America.

Blackburn, W.H. & Dennen, W.H. (1997): Encyclopedia of Mineral Names. The Canadian Mineralogist, Special Publication 1, 360 S. (daraus S. 173).

Christensen, A.N., Lehmann, M.S. & Convert, P. (1982): Deuteration of crystalline hydroxides. Hydrogen bonds of γ -AlOO(H,D) and γ -FeOO(H,D). Acta Chemica Scandinavica, A 36, 303-308.

Ewing, F.J. (1935): The Crystal Structure of Lepidocrocite, Journal of Chemical Physics, 3, 420-424. DOI: [10.1063/1.1749692](https://doi.org/10.1063/1.1749692)

Faria, D.L.A. de, Silva, S.V. & Oliveira, M.T. de (1997): Raman microspectroscopy of some iron oxides and oxyhydroxides. Journal of Raman Spectroscopy, 28, 873-878.

Palache, C., Berman, H. & Frondel, C. (1944): The System of Mineralogy of James Dwight Dana and Edward Salisbury Dana Yale University 1837-1892. Volume I: Elements, Sulfides, Sulfosalts, Oxides, 642-645, John Wiley and Sons, 7th edition, revised and enlarged, New York.

Zhukhlistov, A.P. (2001): Crystal structure of lepidocrocite FeO(OH) from the electron-diffractometry data. Crystallography Reports, 46, 730-733.

Internet

<http://rruff.info/doclib/hom/lepidocrocite.pdf>

Manganit

Chemische Zusammensetzung	: γ -MnOOH
Kristallsystem	: orthorhombisch
Elementarzelle	: $a_0 = 8,86\text{\AA}$, $b_0 = 5,24\text{\AA}$, $c_0 = 5,7\text{\AA}$
Raumgruppe	: $B2_1/d$
Ausbildung	: stengelig, strahlig, säulige xx
Härte	: 4
Dichte	: 4,3
Farbe	: schwarz
Strich	: dunkelbraun bis schwarz
Glanz	: halbmatt
Spaltbarkeit	: vollkommen nach $\{0 1 0\}$
Bruch	: uneben, spröde
Vorkommen	: hydrothermal
Paragenese	: Andere Manganoxyside
Fundorte	: Ilfeld/Harz
Verwendung	: Manganerz



Manganit. Kuruman/Südafrika.
Bildbreite 4 cm



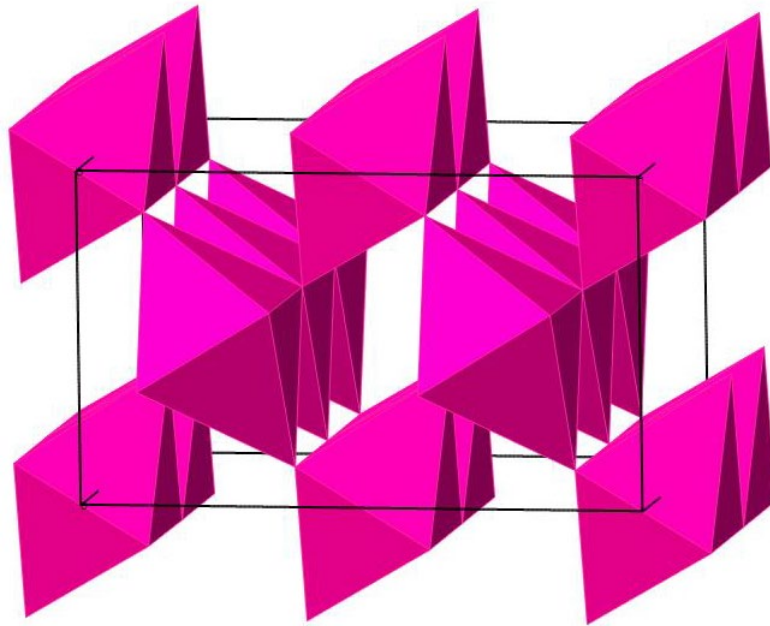
Dendriten aus Manganoxid,
Solnhofen/Bayern. Bildbreite 10 cm



Manganit auf Turmalin. Minas
Gerais/Brasilien. Bildhöhe 10 cm



Manganit auf Quarz, Ilfeld/Harz.
Bildbreite 10 cm



Elementarzelle $a_0 = 8.86 \text{ \AA}$, $b_0 = 5.24 \text{ \AA}$, $c_0 = 5.7 \text{ \AA}$, $Z = 8$
 Raumgruppe $B2_1/d$

Abb: Struktur von Manganit

Weiterführende Literatur zu Manganit

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, by permission of the Mineralogical Society of America.

Blackburn, W.H. & Dennen, W.H. (1997): Encyclopedia of Mineral Names. The Canadian Mineralogist, Special Publication 1, 360 S. (daraus S. 187).

Buerger M J (1936) The symmetry and crystal structure of manganite, $Mn(OH)O$, Zeitschrift für Kristallographie, 95, 163-174. DOI: <https://doi.org/10.1524/zkri.1936.95.1.163>

Haidinger, W. (1826): On the crystalline forms and properties of the manganese ores. The Edinburgh Journal of Science, 4, 41-50.

Kohler, T., Armbruster, T. & Libowitzky, E. (1997): Hydrogen bonding and Jahn-Teller distortion in groutite, α - $MnOOH$, and manganite, γ - $MnOOH$, and their relations to the manganese dioxides ramsdellite and pyrolusite. Journal of Solid State Chemistry, 133, 486-500.

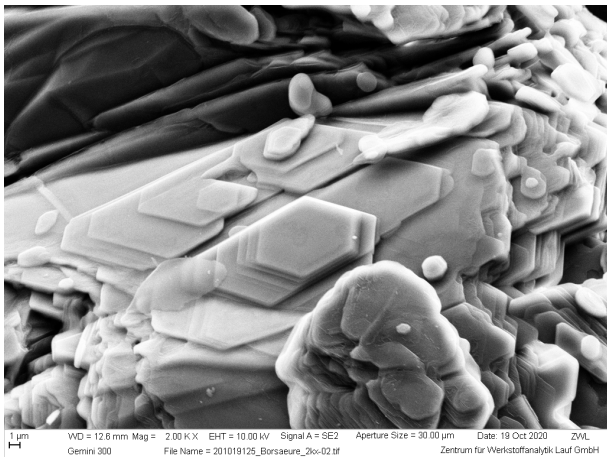
Suzuki, A. (2013): Compression behavior of manganite. Journal of Mineralogical and Petrological Sciences, 108, 295-299.

Internet

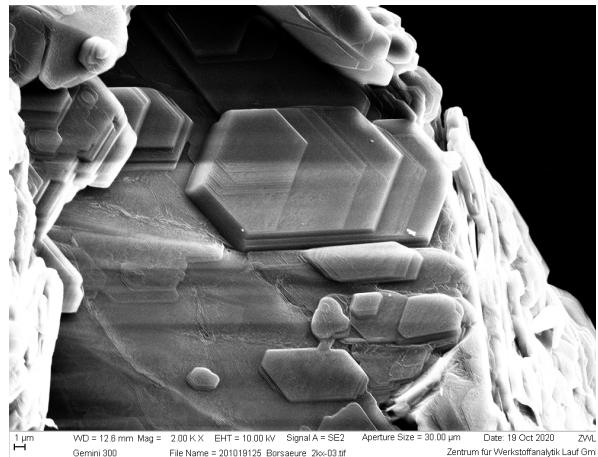
<http://rruff.info/doclib/hom/manganite.pdf>

Sassolin Borsäure

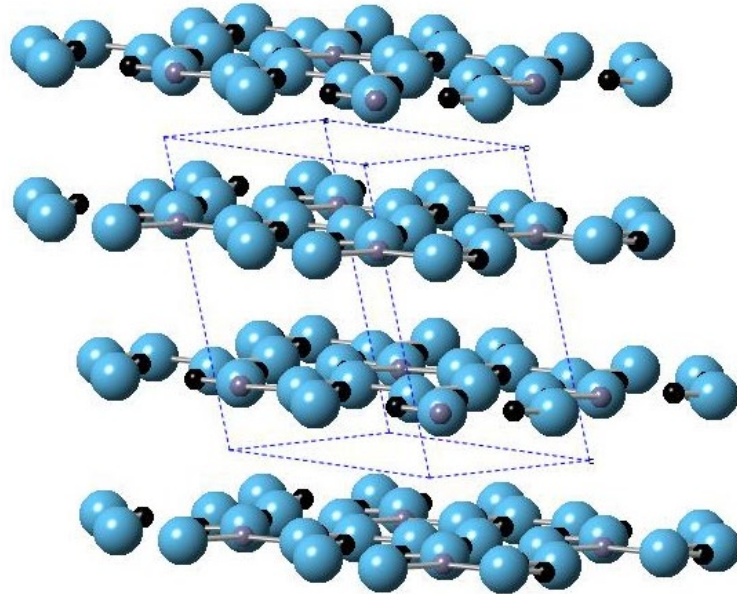
Chemische Zusammensetzung	: $B(OH)_3$
Kristallsystem	: triklin
Elementarzelle	: $a_0 = 7,02\text{\AA}$, $b_0 = 7,03\text{\AA}$, $c_0 = 6,35\text{\AA}$, $\alpha = 92,49^\circ$, $\beta = 101,46^\circ$, $\gamma = 119,76^\circ$
Raumgruppe	: P1
Ausbildung	: schuppig, blättrig
Härte	: 1
Dichte	: 1,5
Farbe	: weiß
Strich	: weiß
Glanz	: Glasglanz
Spaltbarkeit	: sehr vollkommen
Bruch	: faserig, biegsam
Vorkommen	: Sublimationsprodukt heißes Wasser, an Vulkanen
Paragenese	:
Fundorte	: Toskana/Italien; Vulkano/Italien
Verwendung	: Borrohstoff



REM-Aufnahme von künstlichem Sassolin.



REM-Aufnahme von künstlichem Sassolin.



Elementarzelle $a_0 = 7.05 \text{ \AA}$, $b_0 = 7.05 \text{ \AA}$, $c_0 = 6.57 \text{ \AA}$,
 $\alpha = 92.5^\circ$, $\beta = 101.17^\circ$, $\gamma = 120.0^\circ$, $Z = 4$
 Raumgruppe P1

Abb: Struktur von Sassolin

Weiterführende Literatur zu Sassolin

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, by permission of the Mineralogical Society of America.

Blackburn, W.H. & Dennen, W.H. (1997): Encyclopedia of Mineral Names. The Canadian Mineralogist, Special Publication 1, 360 S. (daraus S. 267).

Gajhede, M., Larsen, S. & Rettrup, S. (1986): Electron density of orthoboric acid determined by X-ray diffraction at 105 K and ab initio calculations. Acta Crystallographica, B42, 545-552.

Grew, E.S. & Anovitz, L.M. (eds., 2002): Boron: Mineralogy, Petrology, and Geochemistry. Reviews in Mineralogy, 33, 864 S.

Zachariasen, W.H. (1934): The crystal lattice of boric acid, $B O_3 H_3$. Zeitschrift für Kristallographie, 88, 150-161. DOI: <https://doi.org/10.1524/zkri.1934.88.1.150>

Zachariasen, W.H. (1954): The precise structure of orthoboric acid. Acta Crystallographica, 7, 305-310.

Internet

<http://rruff.info/doclib/hom/sassolite.pdf>

