

RUDOLFINUM

J A H R B U C H

DES LANDESMUSEUMS FÜR KÄRNTEN

2 0 2 2

S O N D E R D R U C K

LAND  KÄRNTEN

FÖRDERVEREIN RUDOLFINUM
FREUNDE DES LANDESMUSEUMS KÄRNTEN



Eigentümer, Verleger und Herausgeber: Landesmuseum Kärnten
Direktor HR Prof. Dr. Wolfgang Muchitsch
Liberogasse 6
A-9020 Klagenfurt am Wörthersee
Tel.: +43.(0)50.536-30599
E-Mail: direktion@kaernten.museum
www.kaernten.museum

Redaktion: Ute Brinckmann-Blaha, Wolfgang Muchitsch

Lektorat: Ute Brinckmann-Blaha

Für Form und Inhalt der Beiträge sind die Verfasser verantwortlich.

Layout & Satz: denk:werk, Hans Repnig, A-9071 Köttmannsdorf

Druck: Ferdinand Berger & Söhne GmbH, Wiener Straße 80, 3580 Horn



The background of the page is a photograph of a forest. In the foreground, on the left side, there is a vertical rock pillar covered in green moss. A single, dark, crumpled leaf lies on a mossy rock in the lower center. The rest of the image is a soft-focus view of a green forest with trees and foliage.

Die Spodumenstufen des Landesmuseums – eine abschließende Betrachtung des Minerals des Jahres 2022

ALEXANDER BUDSKY

Typischer Pegmatit in den Gneisen des Millstätte See-Rückens. Einige dieser Pegmatite sind spodumenführend.



Abb. 1: Spodumen (var. Kunzit, LMK-Min 18110) aus Pala, Kalifornien unter langwelligem UV-Licht (links) und unter künstlicher LED-Beleuchtung mit blasser rosa Farbe (rechts). Aufn. A. Budsky, km

Einleitung

Seit 2018 werden jährlich von der „Arbeitsgemeinschaft Mineral des Jahres“ zur Abstimmung Minerale des Jahres in Österreich vorgeschlagen und diese unter anderem vom Naturwissenschaftlichen Verein für Kärnten gewählt. 2022 wurde zum Mineral des Jahres Österreich der Lithium-haltige Pyroxen Spodumen (Betonung auf der Endsilbe) gewählt. Dieses Mineral erfährt aus aktuellen Anlässen, wie der Elektromobilität eine große Bedeutung als Li-Erz für die Li-Ionen-Batterieherstellung. Es soll, wie im vorigen Jahr (Budsky und Dojen, 2022), mit den Sammlungsbeständen des Landesmuseums für Kärnten in Klagenfurt abgeglichen und präsentiert werden. Zudem werden die Genese der verschiedenen Vorkommen in Kärnten, aber auch ausländisches

Material der historischen Sammlung Eingang in die Übersicht finden. Die Stufen der Dauerleihgaben aus der Sammlung des Bergbaumuseums und des Naturwissenschaftlichen Vereins bleiben hingegen unberücksichtigt.

Spodumen $\text{LiAlSi}_2\text{O}_6$

Das Wort Spodumen leitet sich vom griechischen Wort „σποδοῦμενος/*spodúmenos*“ her und bedeutet soviel wie zu Asche verbrennend, aschefarben. Dies rührt von einem Test zur Mineralbestimmung vor dem Lötrohr. Erstmals beschrieben wurde Spodumen von einem Pegmatitvorkommen auf der Insel Utö in Schweden (d’Andrada, 1800), welches unter anderem auch die Typlokalität für Petalit und Holmquistit ist.

Pyroxene sind eine Familie der Ketten- und Bandsilikate (Inosilikate). Diese ist nach der neuesten systematischen 9. Auflage der Mineralsystematik (Strunz und Nickel, 2001) nach Klino-, Ortho- und Li Pyroxenen unterteilt. Zu letzter Kategorie (9.DA.30) gehört lediglich der Spodumen als einziger Vertreter der Li-haltigen Pyroxene. Er kristallisiert monoklin und bildet vorzugsweise prismatische Kristalle aus, die häufig entlang der c-Achse gesteuft sind. Die Härte variiert zwischen 6,5 und 7 auf der Mohs’schen Härteskala und der Bruch ist uneben. In der Regel ist Spodumen grünlich, weiß, grünlichweiß oder farblos. Die rosa bis violette Varietät wird auch Kunzit genannt wobei das farbgebende Element Mangan ist, während im grün gefärbten Hiddenit Chrom eingebaut wird (Walker et al., 1997). Eine gelbe Varietät wird, wie auch teilweise die alte Bezeichnung, Triphan genannt und bei durchscheinender Ausbildung mit den vorher genannten häufig als Edelstein geschliffen. Dabei muss durch die pleochroitischen Eigenschaften von Spodumen auf die Ausrichtung der Kristallachsen beim Schleifen geachtet werden, da sich die Farben in unterschiedlichen Richtungen

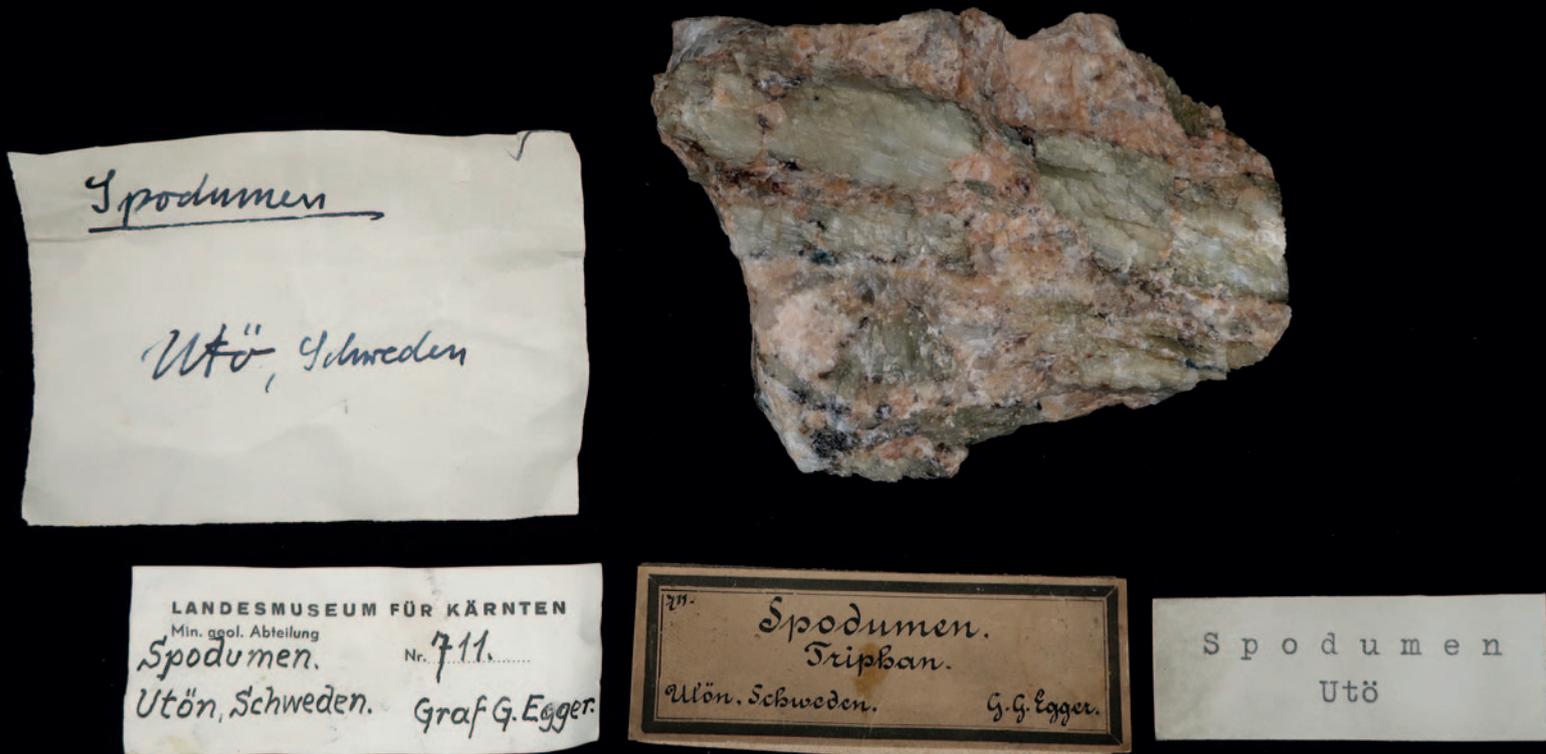


Abb. 2: Spodumen (LMK-Min 711) von der Insel Utö in Schweden, die Typlokalität. Diese Stufe von Graf G. Egger baute schon zu Beginn die Sammlung auf. Aufn. A. Budsky, km

intensivieren oder verändern können. Zusätzlich können Spodumene eine ausgeprägte orange-rote Lumineszenz sowohl bei langwelligem als auch bei kurzwelligem UV-Licht aufweisen (Abb. 1).

Spodumen kommt ausnahmslos magmatisch eingewachsen in Li-reichen Pegmatiten und Graniten vor oder seltener hydrothermal in saurem Milieu. Vergesellschaftet ist Spodumen mit anderen typischen Pegmatit Mineralien wie Quarz, Albit, Petalit, Lepidolith, Beryll, während der Li-haltige Holmquistit, ein Amphibol, vorwiegend in den Randbereichen von Pegmatiten zu Schiefen (OH-Gruppen Lieferant) zu finden ist.

Die Bedeutung von Spodumen als wichtiges Lithiumerz hat in den letzten Jahren auf Grund der Elektromobilität und dem Einsatz in

Energiespeichern, wie Batterien und Akkus, der eine enorme Bedeutung durch die Energie-wende zukommt (Tabelin et al., 2021), stark zuge-nommen.

Die Varietäten Kunzit und Hiddenit werden bei durchsichtiger Ausbildung gerne für Schmuck-steine verwendet, da sie wegen der Härte und des Glanzes gute Edelsteineigenschaften besit-zen. Durch den Pleochroismus ist auf die Ausrichtung der Kristallachsen beim Schleifen zu achten und längere Beleuchtungszeiten wegen Farbverlustes zu vermeiden.

Bildung der Spodumen-führenden Pegmatite

Im Ostalpinen Raum sind Spodumen-Vor-kommen an permo-triassische Pegmatite ge-bunden, welche in einer Abfolge metamorpher



Gesteine unterschiedlicher Tiefe in der Kruste entstanden.

Pegmatite bilden sich in der Erdkruste auf zwei unterschiedlichen Wegen, zum einen durch Restschmelzen von Granitintrusionen in der Erdkruste oder durch Anatexis, dem partiellen Aufschmelzen der Gesteine durch eine Temperaturzunahme. Das Fehlen großer permo-triassischer Plutone und isotopegeochemische Analysen zeigen die Bildung der Pegmatite über anatektische Schmelzen im austroalpinen Raum. Nach der variszischen Orogenese im Perm und der frühen Trias stand die Lithosphäre im Bereich der heutigen austroalpinen Einheiten unter Extension. Dabei kam es zu einer Unterlagerung der Lithosphäre von basaltischem Material. Infolgedessen erfuhr die Lithosphäre eine Temperaturzunahme auf bis zu 750°C in einer Tiefe von bis zu 30 km (Schuster und Stüwe, 2008). Unter diesen Bedingungen beginnen die Metapelite mit der Bildung anatektischer Schmelzen, diese steigen wiederum auf und nehmen in höheren Stockwerken der Kruste bis zu einer Tiefe von 10 km Platz (Knoll et al., 2023).

Um final Lithium in der Schmelze für die Bildung von Spodumen anzureichern, bedarf es diverser geochemische Prozesse. Der Protolith muss gegenüber der normalen Krustenzusammensetzung an Li angereichert sein und in Mineralen vorkommen, die bei erster Schmelzbildung nur metastabil sind. Dies trifft auf die Li- und Al-reichen Metapelite mit niedrigem Schmelzpunkt zu. In den Ostalpinen Metapeliten ist vor allem der Staurolith als mit Li angereichertes Mineral zu nennen, welcher unter bestimmten Druck- und Temperaturbedingungen in der Kruste bei prograder Metamorphose mit Muskovit zu Sillimanit, Biotit und Wasser umgewandelt wird und maßgeblich mit der Dehydratation des Muskovits zur Schmelzbildung beiträgt (Knoll et al., 2023).

Durch inkongruente Schmelzbildung wird Li primär angereichert. Während des Aufstiegs der Schmelze kristallisieren Feldspat und Quarz; das Li in der Schmelze reichert sich weiter an. Die Li-Konzentrationen der spodumenführenden Pegmatite schwanken zwischen 5000 und 10000 ppm (Mali, 2004), was gut mit der benötigten Konzentration zur Bildung von Spodumen übereinstimmt (Stewart, 1978). Dieser Prozess der Li-Anreicherung kann nur einmal bei der ersten Schmelzbildung ablaufen, weitere Schmelzvorstöße enthalten deutlich weniger Li. Dadurch weisen mehrphasige Pegmatite eine große Heterogenität auf und nur vereinzelte erste Pegmatite sind an Li angereichert.

In Kärnten finden sich spodumenführende Pegmatite am Millstätter See-Rücken bei Edling (Angel und Meixner, 1953; Luecke und Ucik, 1986) und am Brandrücken auf der Weinebene (Meixner, 1966; Niedermayr und Göd, 1992), welcher temporär versuchsweise abgebaut wurde. Akzessorisch kommt Spodumen auch in den Pegmatiten in Hüttenberg (LMK-Min 32825, Clar und Meixner, 1953) sowie in der Kreuzeckgruppe u. a. Wöllabachbeileitungstollen (Niedermayr und Praetzel, 1995) vor.

Spodumen in der Sammlung des Landesmuseums

In der Sammlung des Landesmuseums befinden sich 36 Stufen mit Spodumen, 35 davon sind inventarisiert und der Hauptteil beläuft sich auf Kärntner Stücke vom Millstätter See-Rücken (10) davon sieben Spodumenstufen aus der Sammlung Niederbacher und dem Gebiet der Weinebene mit dem Li-Versuchsabbau auf dem Brandrücken (12). In der historischen Sammlung befinden sich sogar Stücke von der Typlokalität in Schweden (Insel Utö), die über Graf G. Egger (LMK-Min 711, Abb. 2), durch einen Tausch (LMK-Min 712) oder von A. Traunfellner aus St. Paul

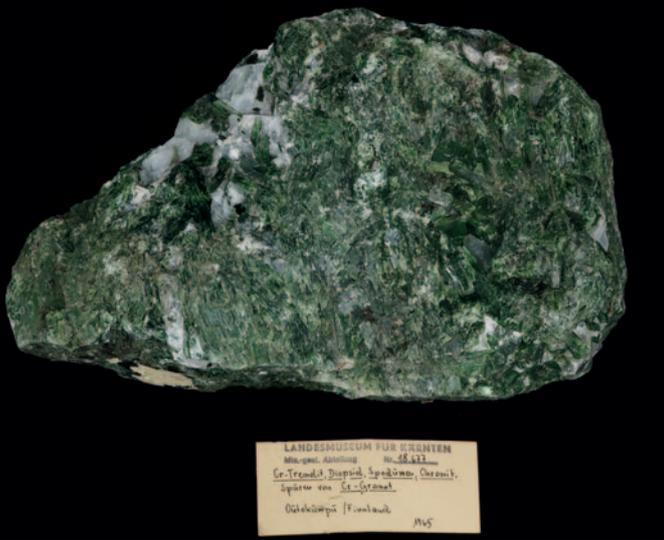


Abb. 3: Spodumen (var. Hiddenit) eingebettet in Cr-Tremolit und Diopsid aus Outokumpu, Finnland (LMK-Min 18677). Aufn. A. Budsky, km

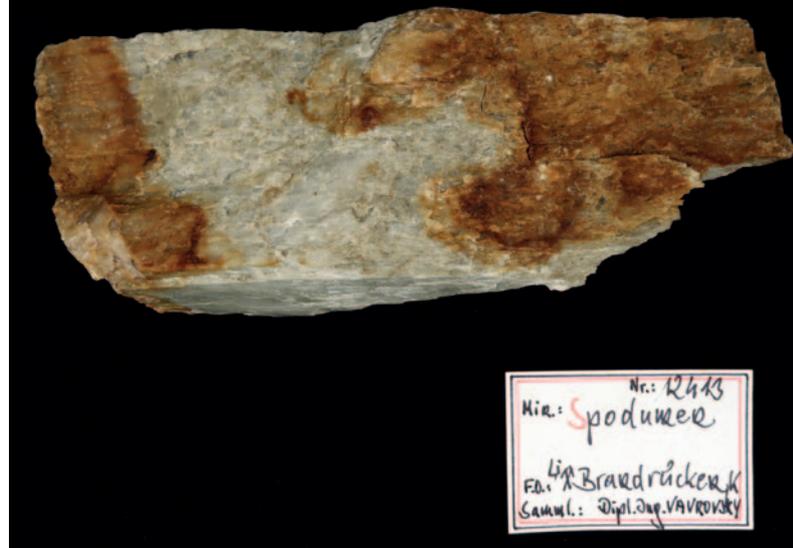


Abb. 4: Größter Spodumenkristall der Sammlung mit einer Kristallgröße von 15,4 cm. Diese Stufe ist vom Li-Versuchsabbau Brandrücken auf der Koralpe (LMK-Min 34572). Aufn. A. Budsky, km

(LMK-Min 2254) den Weg an das Museum fanden. In der 1992 über den früheren Kustoden Dr. Ucik angekauften Sammlung von Dipl. Ing. V. Vavrovsky (Dojen, 2018) befinden sich 15 Exponate. Während die meisten Spodumenkristalle weiß bis grau sind, zählt nur ein Spodumen in der Sammlung zu der rosafarbenen Varietät Kunzit (LMK-Min 18110). Diese Stufe besitzt durch interne Risse nur mindere Edelsteinqualität und zeigt eine deutliche orange Fluoreszenz (Abb. 1). Die chromreiche Varietät Hiddenit liegt zumindest einmal von der Cu-Lagerstätte Outokumpu in Finnland (LMK-Min 18677) mit Cr-Tremolit, Chromit und Uwarovit vor (Abb. 3). Einige Stufen der Typlokalität zeigen ebenso wie Stufen vom Schöckl grünliche Einfärbungen, ob es sich hierbei auch um die Varietät Hiddenit handelt, kann visuell nicht geklärt werden.

Trotz teilweise großer Einzelkristalle (LMK-Min 34572, Abb. 4) sind die Kristalle im Pegmatit stark verwachsen, meist undurchsichtig und die Stücke aus Kärnten durch die nachträglich eoalpidale Metamorphose und Tektonik teils zerbrochen und wieder mit Quarz verheilt (LMK-Min 19021, Abb. 5). Dadurch muss konstituiert werden, dass die Stücke in der Sammlung vor-



Abb. 5: Teils zerbrochener und mit Quarz verheilter Spodumen im Pegmatit (LMK-Min 19021) aus Landskron bei Villach. Aufn. A. Budsky, km

wiegend Belegstücke sind, nur die Kunzit-Stufe (LMK-Min 18110) Ausstellungscharakter hat.

Literatur

Angel, F., Meixner, H., 1953. Die Pegmatite bei Spittal an der Drau. Carinthia II 143 (63), 165–168.



- Budsky, A., Dojen, C., 2022. Die Kärntner Wulfenitstufen des Landesmuseums - eine Betrachtung des Minerals der Jahre 2020 und 2021. *Rudolfinum - Jahrbuch des Landesmuseums für Kärnten*, 280–302.
- Clar, E.D., Meixner, H., 1953. Die Eisenspatlagerstätte von Hüttenberg und ihre Umgebung. *Carinthia II* 143 (63), 67–92.
- d'Andrada, S.J.B., 1800. Kurze Angabe der Eigenschaften und Kennzeichen einiger neuen Fossilien aus Schweden und Norwegen: Nebst einigen chemischen Bemerkungen über dieselben. *Allgemeines Journal der Chemie* 4 (19), 28–39. doi:VD18. <http://www.mdz-nbn-resolving.de/urn/resolver.pl?urn=urn:nbn:de:bvb:12-bsb10284940-2>.
- Dojen, C., 2018. Erdwissenschaften: Geologie, Mineralogie, Paläontologie und Montanwesen. *Rudolfinum - Jahrbuch des Landesmuseums für Kärnten*, 221–233.
- Knoll, T., Huet, B., Schuster, R., Mali, H., Ntafos, T., Hauzenberger, C., 2023. Lithium pegmatite of anatectic origin – A case study from the Austroalpine Unit Pegmatite Province (Eastern European Alps): Geological data and geochemical modeling. *Ore Geology Reviews* 154, 105298. doi:10.1016/j.oregeorev.2023.105298.
- Luecke, W., Ucik, F.H., 1986. Die Zusammensetzung der Pegmatite von Edling und Wolfsberg bei Spittal/Drau (Kärnten) im Rahmen der Pegmatitvorkommen des Millstätter See-Rückens. *Archiv für Lagerstättenforschung der Geologischen Bundesanstalt* 7, 173–187.
- Mali, H., 2004. Die Spodumenpegmatite von Bretstein und Pusterwald (Wölzer Tauern, Steiermark, Österreich). *Joannea Mineralogie* 2, 5–53.
- Meixner, H., 1966. Neue Mineralfunde in den österreichischen Ostalpen XXI. *Carinthia II* 156 (76), 97–108.
- Niedermayr, G., Göd, R., 1992. Das Spodumenvorkommen auf der Weinebene und seine Mineralien. *Carinthia II* 182 (102), 21–35.
- Niedermayr, G., Praetzel, I., 1995. *Mineralien Kärntens*. Verl. des Naturwiss. Vereins für Kärnten, Klagenfurt, 232 pp.
- Schuster, R., Stüwe, K., 2008. Permian metamorphic event in the Alps. *Geol* 36 (8), 603. doi:10.1130/G24703A.1.
- Stewart, D.B., 1978. Petrogenesis of lithium-rich pegmatites. *American Mineralogist* 63 (9-10), 970–980.
- Strunz, H., Nickel, E.H., 2001. *Strunz mineralogical tables: Chemical-structural mineral classification system*, 9. ed. ed. Schweizerbart, Stuttgart, 870 pp.
- Tabelin, C.B., Dallas, J., Casanova, S., Pelech, T., Bournival, G., Saydam, S., Canbulat, I., 2021. Towards a low-carbon society: A review of lithium resource availability, challenges and innovations in mining, extraction and recycling, and future perspectives. *Minerals Engineering* 163, 106743. doi:10.1016/j.mineng.2020.106743.
- Walker, G., El Jaer, A., Sherlock, R., Glynn, T.J., Czaja, M., Mazurak, Z., 1997. Luminescence spectroscopy of Cr³⁺ and Mn²⁺ in spodumene (LiAlSi₂O₆). *Journal of Luminescence* 72-74, 278–280. doi:10.1016/S0022-2313(97)00046-X.

Inv. Nr.	Mineral	Wirtsgestein	Vergesellschaftung	Habitus	Farbe	Fundort	Sammlung
711	Spodumen	Pegmatit	Kalifeldspat, Quarz	prismatisch	grüngrau	Utö, Schweden	Graf G. Egger
712	Spodumen	-	-	massig	weiß	Utö, Schweden	durch Tausch
2254	Spodumen	Pegmatit	Quarz, Turmalin	prismatisch, stängelig	grünlich	Utö, Schweden	Traunfellner, St. Paul
13141	Spodumen	Pegmatit	Muskovit, Quarz, Albit	prismatisch	grau, rosaweiß	Steinbruch beim Friedhof von Spittal an der Drau	
15221	Spodumen	Pegmatit	Muskovit, Quarz	prismatisch	weißgrau	Edling bei Spittal/Drau	Dir. Tausch, 1948
15855	Spodumen	Pegmatit	Muskovit, Quarz, Albit	prismatisch	grau	Edling bei Spitta/Drau	Samlg Niederbacher 1949
15856	Spodumen	Pegmatit	Muskovit, Quarz, Albit	prismatisch	weißgrau	Edling bei Spitta/Drau	Samlg Niederbacher 1949
15857	Spodumen	Pegmatit	Muskovit, Quarz, Albit	prismatisch	weißgrau	Edling bei Spitta/Drau	Samlg Niederbacher 1949
15858	Spodumen	Pegmatit	Muskovit, Quarz, Albit	prismatisch	weißbeige	Edling bei Spitta/Drau	Samlg Niederbacher 1949
15859	Spodumen	Pegmatit	Muskovit, Quarz, Albit	prismatisch	weiß	Edling bei Spitta/Drau	Samlg Niederbacher 1949
15860	Spodumen	Pegmatit	Muskovit, Quarz, Albit	prismatisch	weiß	Edling bei Spitta/Drau	Samlg Niederbacher 1949
15861	Spodumen	Pegmatit	Muskovit, Quarz, Albit	prismatisch	grau	Edling bei Spitta/Drau	Samlg Niederbacher 1949
18024	Spodumen		Turmalin	flach prismatisch	weißgrau	Namaqualand, SW Afrika	Dipl. Ing. K. Matz, Sept. 1956
18110	Spodumen (var. Kunzit)	-	-	prismatisch	rosa, klar	Pala, Kalifornien	
18677	Tremolit (Cr)		Spodumen (var. Hiddenit), Diopsid, Chromit, Uwarowit	prismatisch, massig	grün	Outokumpu, Finnland	1965
18694	Spodumen	Spodumen-pegmatit, Diopsitaplit	Muskovit, Quarz, Albit	prismatisch, stängelig	graublau	Brandhöhe, Koralpe	H. Meixner 1966
18695	Spodumen	Pegmatit	Muskovit, Quarz, Albit	körnig	grau	Brandgraben (1125 masl) bei Wolfsberg, Koralpe, Kärnten	H. Meixner 1966
19021	Spodumen	Pegmatit	Quarz, Albit, Holmquistit?, Turmalin?	massig, strahlig	blass blaugrau	Wallerteiche unter der Ruine Landskron, Villach	Spende L. Kostelka 1976
19279	Spodumen	Pegmatit	Muskovit, Quarz, Albit	prismatisch	weißgrau	Edling bei Spittal/Drau	1948
19648	Spodumen	Pegmatit	Muskovit, Quarz, Albit	prismatisch	graublau	Brandrücken, Koralpe, ca. 1720m Seehöhe, SW Gösler Hütte, Weinebene	J. Mörtl, 08.06.1982
21970	Spodumen	Pegmatit	Quarz, Feldspat	derb	grau	Schöcklbartl Steiermark	Dipl. Ing. Vavrovsky



Inv. Nr.	Mineral	Wirtsgestein	Vergesellschaftung	Habitus	Farbe	Fundort	Sammlung
22331	Spodumen	Pegmatit	Muskovit, Quarz, Feldspat	prismatisch	weiß	Prössinggraben, Lavanttal	Dipl. Ing. Vavrovsky
23465	Spodumen	Pegmatit	Muskovit, Quarz, Albit	prismatisch	weißgrau	Schöcklkreuz, Steiermark	Dipl. Ing. Vavrovsky
23466	Spodumen	Pegmatit	Quarz, Feldspat	massig	graugrün	Steinbruch Gupper, Wildbachgraben, Deutschlandsberg, Steiermark	Dipl. Ing. Vavrovsky
27270	Spodumen	Pegmatit	Muskovit, Quarz, Feldspat	prismatisch	weißgrau	Brandhütte, Koralm	Dipl. Ing. Vavrovsky
27756	Spodumen	Pegmatit	Muskovit, Quarz, Albit	prismatisch	blass blaugrau	Schöcklkreuz, Steiermark	Dipl. Ing. Vavrovsky
31979	Spodumen	Pegmatit	Muskovit, Quarz, Albit	prismatisch	blass blaugrau	Brandrücken, Weinebene	Dipl. Ing. Vavrovsky
32580	Spodumen		sekundär: Quarz, Holmquistit	prismatisch	weißgrau	Namaqualand, SW Afrika	Dipl. Ing. Vavrovsky
32825	Spodumen	Schiefer	Biotit, Pyrit, Quarz	derb	grüngrau	Hüttenberg, Kärnten	Dipl. Ing. Vavrovsky
33376	Spodumen	Pegmatit	Quarz, Feldspat	dicktafelig, flachprismatisch	weißgrau	Weinebene ob. Brandgraben	Dipl. Ing. Vavrovsky
33515	Spodumen	Pegmatit	Muskovit, Quarz, Albit, sekundär: Limonit	prismatisch, stängelig	graugrün	Bergbau Brandrücken	Dipl. Ing. Vavrovsky
34285	Spodumen	Pegmatit	Muskovit, Quarz, Albit	flach prismatisch	weißgrau	Li-Bergbau, Brandhütte	Dipl. Ing. Vavrovsky
34572	Spodumen	-	Albit		grüngrau	Li-Bergbau, Brandrücken	Dipl. Ing. Vavrovsky
34574	Spodumen	Pegmatit	Quarz, Feldspat	dicktafelig, flachprismatisch	grau	Li-Bergbau, Brandrücken	Dipl. Ing. Vavrovsky
35149	Spodumen	Pegmatit	Muskovit, Quarz, Feldspat	prismatisch	blass blaugrau	Neue Brandhütte	Dipl. Ing. Vavrovsky
o. N.	Spodumen	Pegmatit	Feldspat	massig	grünlich	"Pfunders", Ratschings bei Sterzing, Südtirol	

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Rudolfinum- Jahrbuch des Landesmuseums für Kärnten](#)

Jahr/Year: 2023

Band/Volume: [2022](#)

Autor(en)/Author(s): Budsky Alexander

Artikel/Article: [Die Spodumenstufen des Landesmuseums – eine abschließende Betrachtung des Minerals des Jahres 2022 287-294](#)