



Bündner Naturmuseum
Museum da la natira dal Grischun
Museo della natura dei Grigioni

Bündner Naturmuseum
Masanserstrasse 31
CH-7000 Chur
Telefon 081 257 28 41
Telefax 081 257 28 50
info@bnm.gr.ch
www.naturmuseum.gr.ch

Didaktische Unterlagen zur Sonderausstellung:



Bündner Naturmuseum
Museum da la natira dal Grischun
Museo della natura dei Grigioni



KRISTALLMAGIE

Verborgener Zauber dunkler Turmaline

28. SEPTEMBER 2017 BIS 21. JANUAR 2018

SONDERAUSSTELLUNG IM
BÜNDNER NATURMUSEUM

Eine Produktion von
Paul Rustemeyer

Bündner Naturmuseum
Masanserstr. 31, 7000 Chur
www.naturmuseum.gr.ch
081 257 28 41
DI-SO, 10-17 Uhr

Plakat zur Ausstellung: gestaltet durch Christina Luzzi, Ilanz

Inhaltsverzeichnis

1.	Einleitung	3
2.	Allgemeine Informationen zur Sonderausstellung «Kristallmagie – Verborgener Zauber dunkler Turmaline».....	4
3.	Rahmenprogramm zur Sonderausstellung.....	6
4.	Allgemeine Informationen zum Thema Mineralien / Kristalle / Gesteine	7
5.	Informationen zu Ausstellungsinhalten (aus Turmalin, P. Rustemeyer, 2015).....	9
5.1.	Was ist ein Turmalin?	9
5.2.	Entstehung des Namens Turmalin	9
5.3.	Die Turmalinstruktur	9
5.4.	Turmaline – beliebte Edelsteine.....	10
5.5.	Die optimale Farbsättigung einer Turmalinscheibe	10
5.6.	Wie entstehen die verschiedenen Turmalinfarben?.....	10
5.7.	Verschiedenste Metalle verursachen die vielfältigen Farben der Turmaline	10
5.8.	Wie entstehen Turmaline?	11
5.9.	Das Wachstum der Turmaline in Pegmatitgängen	11
5.10.	Grafische Verwachsungen.....	12
5.11.	Von der Schörlwurzel zum bunten Edelstein Turmalin mit mehreren Farbzonen	12
5.12.	Turmaline finden auch Verwendung in der Technik	12
6.	Turmaline aus Graubünden.....	13
6.1.	Pegmatitgänge im Bergell	13
6.2.	Turmaline aus den Pegmatiten im Misox.....	13
6.3.	Turmalinkristalle aus der Cavadischlucht	13
6.4.	Einzigartig! Faserförmiger Turmalin und Blauquarz vom Calanda bei Chur	14
6.5.	Bündner Turmaline in metamorphen Gesteinen	14
7.	Ideen rund um den Ausstellungsbesuch	15
7.1.	In der Sonderausstellung.....	15
7.2.	Rund ums Thema.....	16
7.3.	Mit der Klasse in der Ausstellung	17
8.	Museumskiste «Kristallmagie»	19
9.	Auftragsblätter	20
9.1.	Beobachtungstour (für Oberstufenklassen).....	20
9.2.	Lösungen: Beobachtungstour	22
9.3.	10 Fragen zur Turmalin-Ausstellung (für Sek-Stufe I und II)	23
9.4.	Lösungen zu den 10 Fragen zur Turmalin-Ausstellung (für Sek-Stufe I / II).....	25
9.5.	Auftragsblätter zur Mineralienausstellung im 2. Obergeschoss des Bündner Naturmuseums.....	26
9.6.	Lösungen Auftragsblätter zur Mineralienausstellung im 2. Obergeschoss des Bündner Naturmuseums.....	36
10.	Kristalle züchten in der Schule (→ aus GEOlino)	39
11.	Medienliste	41

Hinweis:

Diese Unterlagen stehen auf unserer Webseite www.naturmuseum.gr.ch unter Museumspädagogik/Didaktisches zum kostenlosen Downloaden als pdf-Datei zur Verfügung. Preis beim Kauf der Druckversion an der Museumskasse: Fr.7.—



1. Einleitung

Allgemeine Informationen

Öffnungszeiten des Bündner Naturmuseums:

Dienstag bis Sonntag 10 – 17 Uhr

Montags geschlossen

- ⇒ Bitte **melden** Sie Ihren Museumsbesuch telefonisch an. Wir versuchen damit, 'Überbelegungen' der Ausstellungen zu verhindern. Besten Dank.
- ⇒ Schulklassen und Lehrpersonen, die den Ausstellungsbesuch im Museum vorbereiten, haben **freien Eintritt!**
- ⇒ Besuchen Sie uns auch unter **www.naturmuseum.gr.ch**.

⇒ **Bitte beachten:**

- Falls Sie Ihre Schülerinnen und Schüler zeichnen oder schriftliche Aufträge lösen lassen möchten, verlangen Sie bitte **Unterlagen** und **Klappstühle** bei der Kasse. Dort erhalten Sie auch Papier und Blei- oder Farbstifte.
- **Bitte die Schülerinnen und Schüler nie direkt auf den Ausstellungsmöbeln schreiben lassen!**
- Bei der Anmeldung Ihres Besuches angeben, ob Sie die **Museumskiste** (S 19) während Ihres Besuches nutzen möchten!

Museumspädagogischer Dienst:

Von Montag - Donnerstag steht Ihnen der Museumspädagoge Flurin Camenisch für Fragen, Anregungen, Beratungen etc. gerne zur Verfügung.

Telefon: 081/ 257 28 41

E-Mail: flurin.camenisch@bnm.gr.ch

Impressum:

Zusammengestellt von Lea Gredig und Flurin Camenisch, Bündner Naturmuseum.
Es ist ausdrücklich erlaubt, die Unterlagen für Schulzwecke zu kopieren!

Viel spannende Einblicke beim Museumsbesuch!



2. Allgemeine Informationen zur Sonderausstellung «Kristallmagie – Verborgener Zauber dunkler Turmaline»

Kristalle faszinieren Menschen seit Jahrhunderten aufgrund ihrer Formen und Farben. Zu diesen Edelsteinen gehören auch die Turmaline. Einige von ihnen sind äusserlich pechschwarz – doch im Innern zeigen sie eine verblüffende, überwältigende Vielfalt an Farben und Mustern. Die neue Sonderausstellung im Bündner Naturmuseum «Kristallmagie – Verborgener Zauber dunkler Turmaline» lädt ein zu einem Fest der Farben und Formen, das Alt und Jung begeistert.

Turmaline sind Kristalle, die Liebhaber seit Jahrhunderten aufgrund ihrer Farben- und Formenvielfalt faszinieren. Schöne, bunte Turmaline sind seltene, kostbare Edelsteine, die sehr begehrt sind. Viel häufiger kommt jedoch eine äusserlich pechschwarze Turmalinart vor, der sogenannte „Schörl“. In ihrem Inneren zeigen diese dunklen Kristalle indes vielfältige Muster in herrlichen Farben, die einen staunen lassen. Die neue Sonderausstellung im Bündner Naturmuseum «Kristallmagie – Verborgener Zauber dunkler Turmaline» zeigt Turmaline aus Graubünden und der ganzen Welt und ermöglicht eine Reise in ihr Inneres. Ein einmaliges Fest der Farben und Formen, das man sich nicht entgehen lassen sollte.

Je dünner desto farbiger

Schneidet man von dunklen Turmalinen millimeterdicke, schwarze Scheiben und schleift sie vorsichtig dünner, erlebt man im Licht einer starken Lampe plötzlich einen magischen Moment: In der schwarzen Scheibe tauchen erste farbige Partien auf. Schleift man behutsam weiter, entwickelt sich ein detailreiches Bild von überraschender, hoher Farbbrillanz und es zeigen sich wundervolle Feinstrukturen von bestechender Präzision. Sowohl die Muster als auch die Farben sind je nach Stein unterschiedlich gestaltet. Legt man die Scheiben unter ein Mikroskop, taucht man ein in phantastische Landschaften und wundervolle Naturgemälde. Trotz der Dicke der Scheibchen von oft nur wenigen Hundertstel Millimetern wirken viele Bilder räumlich.

Fasziniert von diesen Phänomenen begann Dr. Paul Rustemeyer, der die Ausstellung gestaltet hat, eine seit über 20 Jahren dauernde Forschungsreise durch das Innere Tausender Turmalinkristalle. Dabei kam einerseits eine große Zahl ästhetischer Bilder des „Naturkünstlers Turmalin“ ans Licht; andererseits wurden viele neuartige Strukturen entdeckt, die vom „Kristallleben“ des Turmalins in seinem Inneren erzählen. Der Besucher gewinnt erstaunliche Einsichten in die ästhetischen Innenwelten des „kreativsten“ aller Minerale. Großaufnahmen von zauberhaften



Turmalinlandschaften (Details aus Kristallscheiben) machen den Ausstellungsbesuch auch zu einem besonderen ästhetischen Erlebnis. Sie verbinden künstlerischen Anspruch und Ästhetik mit wissenschaftlicher Aussage. So wird in dieser Ausstellung ein Bogen gezogen von der geradezu meditativen Betrachtung einmaliger grossformatiger Turmalinbilder bis hin zu neuesten wissenschaftlichen Erkenntnissen über das Wachstum der Kristalle.

Wie wachsen Kristalle?

Ein Turmalin wächst grundsätzlich aufgrund der Kräfte in seinem Innern zu einem gleichmässigen, perfekten Kristall heran. Doch nur selten verläuft das Wachstum ungestört – da gibt es Brüche und Verheilungen, unterschiedliche Wachstumsphasen und Anomalien. Wechseln die Umgebungsbedingungen, reagieren Turmaline sehr sensibel mit Farb- und Formveränderungen. Die schönen Bilder in ihrem Inneren entstehen so in einem Spannungsfeld, bei dem der Kristall auf Störungen durch äussere Ereignisse immer wieder mit verblüffenden Strukturen reagiert. Wie ein Datenrekorder speichert er die geologische Entwicklung seiner Umgebung.

Ein Fest der Farben und Formen

Paul Rustemeyer hat seine Entdeckungen mittels Mikro- und Makrofotografie dokumentiert – das Schönste und Interessanteste ist in der Sonderausstellung «Kristallmagie – Verborgener Zauber dunkler Turmaline» zu bestaunen.

Grossaufnahmen von zauberhaften Turmalinlandschaften (Details aus Kristallscheiben) machen den Ausstellungsbesuch auch zu einem besonderen ästhetischen Erlebnis. Die phantastischen Bilder des „Naturkünstlers Turmalin“ stellen einen Augenschmaus erster Güte dar, der Jung und Alt gefangen nimmt. Da Turmaline lehrbuchartig nahezu alle an Kristallen vorkommenden Erscheinungen zeigen, gibt die Ausstellung einen Einblick in das Wesen der Kristalle ganz allgemein. Die Ausstellung zeigt Turmaline aus aller Welt. Das Bündner Naturmuseum zeigt zusätzlich exklusiv eine Reihe interessanter, teilweise noch nie öffentlich ausgestellter Turmalinkristalle aus Graubünden.



3. Rahmenprogramm zur Sonderausstellung

Mittwoch, 11. Oktober 2017, 18.00 Uhr

Führung durch die Sonderausstellung

Mittwoch, 25. Oktober 2017, 12.30 Uhr

Rendez-vous am Mittag im Bündner Naturmuseum

Kristallmagie – Verborgener Zauber dunkler Turmaline

Führung durch die Sonderausstellung

Samstag, 11. November 2017, 12.00 – 24.00 Uhr

Langer Samstag zum Thema:

«Steinreiches Graubünden – Von Kristallen, Gesteinen und Gebirgen»

mit Führungen durch die Sonderausstellung «Kristallmagie», Vorträgen, Figurentheater, literarischem Musikerlebnis und vielem mehr.

Samstag, 25. November 2017, 20.00 Uhr

«Kristallmagie»

Konzert der Kammerphilharmonie Graubünden

Sonntag, 10. Dezember 2017, 14.00 – 16.00 Uhr

Turmalin-Dünnschliffe herstellen und Kristallmodelle basteln

Workshop zum selber probieren.

Anmeldung erforderlich

Mittwoch, 13. Dezember 2017, 12.30 Uhr

Rendez-vous am Mittag im Bündner Naturmuseum

Um Kristalle zu graben, geht man nicht übers Meer

Vortrag eines Strahlers aus der Region

Montag, 18. Dezember 2017, 18.00 Uhr

Führung durch die Sonderausstellung

Mittwoch, 27. Dezember 2017, 17.00 Uhr

Welt der Kristalle

Familienführung

Mittwoch, 10. Januar 2018, 12.30 Uhr

Rendez-vous am Mittag im Bündner Naturmuseum

Turmalinerlebnis Madagaskar

Vortrag von Paul Rustemeyer, Mineralienforscher

Sonntag, 21. Januar 2018, 11.00 & 15.00 Uhr

Kristallmagie – Verborgener Zauber dunkler Turmaline

Letzter Tag mit Führungen durch die Sonderausstellung

Weitere Informationen zu den Anlässen werden unter www.naturmuseum.gr.ch und in der Tagespresse bekannt gegeben.



4. Allgemeine Informationen zum Thema Mineralien / Kristalle / Gesteine

Um zu verstehen, was unter einem Mineral, Kristall, Gestein etc. zu verstehen ist, weshalb Kristalle so speziell geformt sind und wie sie entstanden sind, lohnt es sich, ein paar Definitionen aus dem Bereich Geologie, Mineralogie vor dem Museumsbesuch an die SuS zu vermitteln.

Im Folgenden sind ein paar Fachbegriffe einfach zusammengefasst (→ aus „Steine – Tipps für Lehrpersonen, Naturmuseum Luzern“):

Minerale (oder Mineralien)

Ein Mineral ist ein in der Natur vorkommender, anorganischer, einheitlich aufgebauter Feststoff. Es besteht aus einem oder mehreren chemischen Elementen. Das Verhältnis der Elemente innerhalb eines Minerals ist immer genau gleich, man kann die Zusammensetzung des Minerals mit einer chemischen Formel angeben. Quarz zum Beispiel besteht aus Silizium und Sauerstoff und hat die chemische Bezeichnung SiO_2 , Pyrit besteht aus Eisen und Schwefel und wird mit FeS_2 bezeichnet.

Die meisten Mineralien sind kristallin aufgebaut, aber sie können ausnahmsweise auch eine amorphe (ungeordnete) Struktur aufweisen. Viele Edelsteine gehören zu den Mineralien.

Kristalle

Kristalle sind Körper, deren Atome oder Moleküle nicht zufällig verteilt, sondern regelmässig in einem Kristallgitter angeordnet sind. Die meisten Mineralien weisen eine Kristallstruktur auf, ebenso die Metalle; bekannt sind auch Zucker-, Salz- oder Schneekristalle. Viele Minerale sind in der Lage, eine Vielfalt an Kristallformen und Farben auszubilden. Quarz bildet zum Beispiel den Inbegriff aller Kristalle aus, nämlich den wasserklaren Bergkristall. Aus Quarz bestehen aber auch der violette Amethyst oder der bunte Achat und noch eine ganze Reihe weiterer Mineralien.

Gesteine

Gesteine sind aus verschiedenen mineralischen Bestandteilen zusammengesetzt, deren Anteile man nicht so mathematisch genau ausdrücken kann. Granit z.B. besteht vor allem aus den Mineralen Feldspat, Quarz und Glimmer.

Die Gesteine können nach ihrer Entstehung in drei Gruppen eingeteilt werden:

- **Erstarrungsgesteine** (Magmatische Gesteine, Magmatite). Entstehen durch das Erstarren von flüssigem Magma. Manche (wie etwa der Granit) sind schon tief unter der Erdoberfläche erstarrt, andere weiter oben in unterirdischen Gesteinskammern oder Vulkanschlotten, nochmals andere sogar an der Erdoberfläche (vulkanische Ergussgesteine wie Basalt oder Obsidian).

- **Ablagerungsgesteine** (Sedimente). Entstehen durch Verfestigung von abgetragenen und abgelagertem Material. Nagelfluh, Sandstein und Mergel sind klassische Beispiele von Ablagerungsgesteinen. Nagelfluh entsteht aus „zusammengebackenen“ Schottersteinen, die einst von Flüssen abgelagert wurden. Sandstein entsteht aus angeschwemmtem Sand, Mergel aus noch kleineren Ton-, Schlamm- und Kalkteilchen.



- **Umwandlungsgesteine** (Metamorphe Gesteine).

Entstehen tief unter der Erdoberfläche durch Umwandlung (=Metamorphose) von Gesteinen unter der Einwirkung von grossem Druck und hoher Temperatur. Sie werden dabei verformt, aber nicht komplett verflüssigt (sonst gäbe es ja dann wieder ein Erstarrungsgestein).

Während der Umwandlung können sich die Kristallstrukturen in den Gesteinsbestandteilen neu ausrichten und neue Minerale entstehen.

Umwandlungsgesteinen sieht man ihre Entstehung oft an, viele haben ein spezielles Aussehen. Beispiele für Umwandlungsgesteine sind Gneis (entsteht aus Granit), Quarzit (entsteht aus Sandstein) oder Marmor (entsteht aus Kalkstein).

Gesteine entstehen und vergehen wie alles andere auch. Alle Gesteine werden durch Verwitterungsprozesse abgetragen, die Ablagerungen verfestigen sich wieder zu Ablagerungsgesteinen und diese können weiter verändert werden. Unter die Erdoberfläche gedrückt werden sie in metamorphe Gesteine umgewandelt oder gar aufgeschmolzen und von neuem als Erstarrungsgesteine verfestigt usw. Eines verwandelt sich über lange Zeitspannen in andere. Man spricht darum auch vom „Kreislauf der Gesteine“.

Mineralogie / Geologie

Mineralogie ist die Wissenschaft der Mineralien und untersucht ihre Eigenschaften, Entstehung und Verwendung. Die **Geologie** untersucht dagegen die physikalischen Eigenschaften, den Aufbau, die Entwicklungsprozesse und -geschichte der Erde.

Kluft / Zerrklüfte

Eine Kluft ist eine Spalte oder auch nur eine Trennfläche im Gestein.

Zerrklüfte sind Risse, die durch tektonische Kräften entstehen.

Kluftmineralien

Kluftmineralien bilden sich, wenn eine hydrothermale Lösung (ca. 300° C heisses Wasser mit gelösten Mineralien) in eine Kluft eindringt und dort beim Abkühlen teilweise auskristallisiert.

Stufe

So nennt man zusammengewachsene, freistehende Kristalle.

Strahler

Ein Strahler ist ein Kristall- und Mineraliensucher. ‚Strahl‘ bezeichnete vor allem früher einen (gefundenen) Kristall.



5. Informationen zu Ausstellungsinhalten *(aus Turmalin, P. Rustemeyer, 2015)*

5.1. Was ist ein Turmalin?

Mehrere Generationen von Naturforschern erkannten ganz allmählich, dass die aus vielen Weltregionen unter verschiedensten Namen zusammengetragenen Mineralien mit sehr unterschiedlichen Farben und Formen zusammengehören könnten. Man entdeckte, dass sich bei diesen Kristallen beim Erhitzen oder Abkühlen die Endflächen elektrisch aufladen (dieser Effekt wurde später Pyroelektrizität genannt).

Auch genauere Beschreibungen der Kristallflächen belegten die Ähnlichkeiten. 1818 fand Berzelius in Turmalinen Borsäure und Lithium. Mit einer wachsenden Zahl an chemisch-analytischen Ergebnissen konnten immer mehr Turmalinarten unabhängig von ihrem äusseren Erscheinungsbild erfasst werden. So klärte sich das Bild: alle Minerale der Turmalingruppe enthalten Silikat- und Boratgruppen, aber unterschiedliche Metalle. Die Entdeckung neuer Turmalinarten setzt sich bis heute fort; mit immer genaueren Methoden wurden bis heute 20 Turmalinarten definiert.

5.2. Entstehung des Namens Turmalin

Der Name Turmalin stammt vom singalesischen Wort „turamali“ ab. Übersetzt bedeutet es so viel wie „Stein mit gemischten Farben“.

Eine alte Legende aus Ägypten sagt, dass ein Turmalin auf dem langen Weg aus dem Innern der Erde hinauf zur Sonne über einen Regenbogen gewandert sei. Unterwegs habe er alle Farben des Regenbogens aufgenommen. Deshalb nennt man ihn auch heute noch den „Edelstein des Regenbogens“.

5.3. Die Turmalinstruktur

Kristalle kann man sich vorstellen als regelmässige Stapel von sog. Elementarzellen. In den 1950er Jahren gelang es mit Hilfe der Röntgenstrukturanalyse, die atomare Struktur der Elementarzelle von Turmalinen aufzuklären. Sie enthält drei Silikat-Sechsringe, neun Boratgruppen und zwölf Hydroxyd- oder Fluoridgruppen.

Zwischen diesen farblosen, negativ geladenen Gruppen, gibt es drei verschiedene Gitterplätze für positive Metallatome mit verschiedenen Ladungen und Grössen. Der Turmalin ist somit nicht auf bestimmte Metalle festgelegt, je nach Angebot aus der nähernden Umgebung können beim Wachstum des Kristalls unterschiedliche Metalle eingebaut werden. Einige der vom Turmalin bevorzugten Metalle wie Eisen, Mangan, Chrom, Vanadium färben den Kristall.

Die chemische Zusammensetzung ist ein wichtiger Teil der Definition eines Minerals. Daher gibt es je nach Art der enthaltenen Metalle eine ganze Reihe von Turmalinmineralien; alle zusammen bilden die Turmalingruppe. Zwischen den klar definierten Turmalinmineralien, den sog. Endgliedern, gibt es Mischungen. Eine klare Bestimmung der Turmalinart eines Kristalls gelingt mit einer Analyse der chemischen Zusammensetzung, aber kaum nach äusseren Kennzeichen.

5.4. Turmaline – beliebte Edelsteine

Sein Farbreichtum macht den Turmalin zu einem begehrten Schmuckstein. Manchmal wird er sogar mehrfarbig angeboten. Das Umsatzvolumen von geschliffenen Turmalinen stieg in den letzten Jahrzehnten stetig. Auch trübere Kristalle werden zu bunten Turmalinketten verarbeitet. Klare, fehlerarme Kristalle für die Edelsteinschleiferei kommen derzeit hauptsächlich aus Bergwerken in Brasilien, Mosambik, Madagaskar, Pakistan und Afghanistan.

Turmalin hat eine Mohs'sche Härte von 7, vergleichbar mit Quarz, und wird deshalb im engeren Sinne nicht zu den Edelsteinen Rubin, Saphir (beide Härte 9) und Diamant (Härte 10) gezählt.

Er wird deshalb als Schmuckstein bezeichnet. Für farbige Turmaline werden eigene Namen benutzt:

Rot: Rubellit

Grün: Verdelith

Blau: Indigolith

Farblos: Achroit

5.5. Die optimale Farbsättigung einer Turmalinscheibe

Bunte Turmaline enthalten sogenannte Farbzentren. Dies sind die winzigen atomaren Orte im Kristall, an Teile des weissen Lichts absorbiert werden. Eine schöne satte Farbwirkung entsteht, wenn das Licht auf dem Weg durch den Turmalin auf nicht zu viele oder zu wenige dieser Farbzentren trifft, denn im einen Fall erscheint der Kristall zu hell, im anderen zu dunkel.

Als Schmucksteine werden Turmaline nur dann verwendet, wenn ihre optimale Farbtiefe in der Schichtdicke des geschliffenen Steins, also im Bereich von 2—10 mm, liegt. Nur so kommt ihre Farbe bei normalem Umgebungslicht zur Geltung. Ausserdem dürfen Schmucksteinturmaline nur wenige Risse und Einschlüsse enthalten.

5.6. Wie entstehen die verschiedenen Turmalinfarben?

Die intensive Farbe eines schönen Turmalins entsteht dadurch, dass der Kristall aus dem weissen Umgebungslicht, das durch den Kristall fällt, einen Teil absorbiert. Es werden immer die komplementären Farben absorbiert: rot – grün, blau – orange und grün – rot.

5.7. Verschiedenste Metalle verursachen die vielfältigen Farben der Turmaline

Licht kann man sich als einen Strom von Energieteilchen, den Photonen, vorstellen. Die Photonen sind umso energiereicher, je weiter ihre Farbe auf der blauen Seite im Spektrum liegt. Achroit, der aus dem reinen Borosilikatgerüst des Turmalins und den Metallen Aluminium, Natrium und Lithium besteht, ist farblos. Keines seiner Strukturelemente kann sichtbares Licht absorbieren.

Die farbigen Turmaline enthalten sogenannte Übergangsmetalle wie Eisen, Mangan, Titan, Vanadium, manchmal auch Kupfer oder Chrom als Farbzentrum. Das Besondere an den Übergangsmetallen ist, dass ihre Elektronen Energie aus dem sichtbaren Lichtbereich

aufnehmen können, um stufenweise auf höhere Energieniveaus zu gelangen. Jeder Elektronensprung verbraucht dabei Photonen mit der passenden Energie, also der passenden Farbe. Nach kurzer Zeit fallen die Elektronen wieder auf den Grundzustand zurück, erwärmen dabei das Kristallgitter und stehen wieder zur Lichtabsorption bereit. Dieser Mechanismus verursacht einige Turmalinfarben: viele Rubellite sind durch dreifach positives Mangan rot, die »Paraiba«-Turmaline (Indigolith) durch etwa 4 % Kupfer wundervoll »neonblau« und die Chromdravite durch Chrom intensiv grün gefärbt.

5.8. Wie entstehen Turmaline?

Turmaline sind ein Produkt einer Anreicherung seltener Elemente. Bor ist eines dieser seltenen Elemente. Nur in Gegenwart von Bor entstehen überhaupt Turmaline. Ausreichend hohe Konzentrationen an Bor sammeln sich oft bei der Entstehung von **Granitgebirgen**. Am Anfang dieses Prozesses steht ein aufdringender Schmelzkörper aus granitischen Magmen von mehreren Kilometern Durchmesser. Die Schmelze kühlt beim Aufsteigen in der Nähe der Erdoberfläche ab. Die Hauptbestandteile des Granits – Quarz, Feldspat und Glimmer – kristallisieren; die Masse wird hierbei zähplastisch und schliesslich spröde. Durch das Aufsteigen reissen sowohl im Granit als auch im Nebengestein Spalten auf. Diese füllen sich mit dünnflüssigen Restschmelzen, in denen sich seltene Elemente wie Bor und Lithium als Elbait-Bausteine, aber auch als Wasser und Kohlendioxid als Verflüssiger angereicht haben. All diese Komponenten sammelten sich an, da die Granitminerale sie nicht in ihr Gitter aufnehmen. Die Restschmelzen kristallisieren zu den sogenannten Pegmatitgängen – sie sind der häufigste Geburtsort für Turmalinkristalle.

Neuere Forschungsergebnisse zeigen, dass ein 10 cm langer Turmalinkristall in der Natur schon in wenigen Jahren in mehreren Kilometern Tiefe wachsen kann. Es dauert dann aber noch Millionen Jahre, bis die Schicht an die Erdoberfläche kommt.

5.9. Das Wachstum der Turmaline in Pegmatitgängen

Pegmatitgängen entstehen in mehreren Phasen. Trifft die heisse Restschmelze auf die kältere Wand des Nebengesteins, so kristallisiert sie rasch als feinkörniger Granit. Die Temperaturen zwischen Schmelze und Nebengestein gleichen sich dabei an, die Kristallisation der Granitminerale wird langsamer. So bildet sich eine Schicht aus grobkristallinem Pegmatitgestein mit grösseren Quarz- und Feldspat - sowie oft auch schon ersten Turmalinkristallen. Zu ihren Nachbarn hin wachsen die Quarz-, Feldspat- und Turmalinkristalle zu einem noch lückenlosen Gefüge aus seitlich unregelmässig begrenzten Körnern. Nur zur Schmelze hin wachsen schöne Kristallflächen. Nicht selten durchdringen sich Quarz- und Turmalinkristalle gegenseitig und bilden eine sogenannte **grafische Verwachsung**. Mit zunehmender Kristallisation werden die Bereiche der Restschmelze in der Spalte immer kleiner. Die Spurenelemente und das Wasser reichern sich weiter an. Bei besonders hohen Wassergehalten separiert sich Wasser blasenförmig in der Schmelze. In diesen vom Wasser freigehaltenen Raum, dem "Pocket", wachsen schliesslich perfekte freistehende Kristalle.

5.10. Grafische Verwachsungen

So könnte eine grafische Verwachsung von Turmalin mit Quarz und eine Gruppe paralleler Turmalinkristalle entstehen:

Zunächst wachsen Quarz und Turmalin gleichzeitig. Immer wieder überwächst Quarz den Turmalin und zwingt ihn so zur Aufspaltung in mehrere Äste. Sobald nur noch Turmalin weiter kristallisiert, wächst eine Gruppe paralleler Kristalle, die im Untergrund alle miteinander verbunden sind. Schliesslich können sich mehrere Kristalle allmählich zu grossen Kristallen vereinigen. Sie sehen von aussen oft aus wie perfekte Einkristalle. Aber Dünnschliffe offenbaren die Wachstumsgeschichte.

5.11. Von der Schörlwurzel zum bunten Edelstein Turmalin mit mehreren Farbzonen

Turmaline nehmen am liebsten Eisen auf – deshalb beginnt ihr Wachstum meist als dunkler Turmalin, dem sogenannten **Schörl**. Oft haben sie bis zur letzten wässrigen Phase bereits alles dunkel färbende Eisen verbraucht. Dann bauen die Turmaline **Aluminium** und **Lithium** in ihr Gitter ein und wachsen weiter als Elbait, dem hellen Schmuckstein. Ein wechselnder Gehalt an färbenden Spurenmetallen bewirkt eine Abfolge von Farbschichten, manchmal auch eine Veränderung der Kristallform. Nicht selten ist der Schörl zusammen mit anderen Mineralen wie eine Wurzel in das Gestein um das Pocket eingewachsen; der aufgewachsene bunte Elbait-Teil des Kristalls ragt frei kristallisiert in die Miarole (kleine, blasenförmige Hohlräume in magmatischen Gesteinen).

An Längsschliffen von Turmalinkristallen kann man die Abfolge der angewachsenen Farbschichten und Formveränderung besonders gut beobachten. Die Wachstumsgeschichten von Turmalin lassen sich nachvollziehen, wenn man die Schichten von aussen her entlang der Farbzonen der Reihe nach abschneidet. Viele Turmaline wachsen stärker in Längsrichtung; die seitlich hinzukommenden Schichten sind sehr dünn.

5.12. Turmaline finden auch Verwendung in der Technik

Turmaline finden auch in der Technik praktische Anwendungen. Aufgrund ihrer **Piezoelektrizität** dienen sie zur Herstellung von wichtigen Messinstrumenten in der Luft- und Raumfahrt. Bei plötzlichen Druckschwankungen in einer Flugzeugturbine lädt sich der Turmalin elektrisch auf. In den Messelementen befinden sich kleine Scheiben aus Turmalin. Die Scheiben sind zwischen zwei Metall-Massen eingeklemmt, die bei einer Erschütterung Druck auf die Turmalinscheiben ausüben. Dabei erfolgt die elektrische Aufladung des Turmalins und es wird ein elektrisches Warnsignal an das Cockpit gesendet.



6. Turmaline aus Graubünden

6.1. Pegmatitgänge im Bergell

Besonders eindruckliche Pegmatitgänge finden sich in Graubünden im Bergell. Leider sind Hohlräume in den Bündner Pegmatiten jedoch extrem selten. Die Schmelzen enthielten wohl zu wenig Wasser und andere Fluide. Deren Eigenvolumen ergäbe am Ende der Kristallisation den Hohlraum des „Edelsteinpockets“.

So sind die Turmaline meistens vollständig in Quarz eingewachsen. Das hat leider auch Folgen für ihre Qualität. Ohne Hohlraum überträgt sich jede kleinste tektonische Bewegung auf die Turmaline und führt zu Brüchen. Stark gekrümmte Turmalinkristalle mit vielen Frakturen zeugen von heftigen tektonischen Erschütterungen. Die Bruchstellen dieser Turmaline verheilen selten, deshalb zerbröckeln die grossen und oft von schönen Endflächen begrenzten Turmaline aus den Pegmatiten häufig beim Versuch, sie aus dem umgebenden Pegmatitgestein freizulegen.

6.2. Turmaline aus den Pegmatiten im Misox

Die Pegmatitgänge im südlichen Misox gehören wie die Pegmatite im Bergell und im Tessin zur südlichen Steilzone der westlichen Zentralalpen. Dieses Gebiet enthält ein 90 km langes Pegmatitfeld, das sich vom Centovalli (Kanton Tessin) bis zum Bergell (Graubünden) erstreckt. Auch in diesen Pegmatiten sind Hohlräume („Pockets“) sehr selten. Die meisten Turmaline müssen mühsam aus Quarz herauspräpariert werden.

Endlich ein richtiges Turmalin-pocket!

Der Strahler Angelo Stroppini erforscht und bearbeitet seit mehr als 15 Jahren die Pegmatitgänge im südlichen Misox. Und dann kam das Glück des Tüchtigen: In einem Pegmatitgang öffnete sich ein Meter grosser Hohlraum mit tollen, äusserlich schwarzen Turmalinen. Aus dem mit Lehm gefüllten Pocket kam eine grössere Anzahl hochglänzender Parallelaggregate und Einzelkristalle bis 9 cm Durchmesser und 30 cm Länge. Solch schönes Material kannte man bislang nur aus Pakistan, Brasilien oder Madagaskar!

Wie so häufig bei Pegmatiten waren viele der Kristalle durch tektonische Ereignisse zerbrochen, die Bruchflächen aber später mit einer dünnen Schicht verheilt. An Begleitmineralien gab es Muskowit, etwas Aquarium, Feldspat und Zirkon.

6.3. Turmalinkristalle aus der Cavadischlucht

Schöne Turmaline kommen in einigen Regionen der Schweiz in alpinen Zerrklüften vor. Hauptfundpunkt in Graubünden ist die berühmte Cavadischlucht im Tavetsch (Surselva). Zerrklüfte bilden sich bei Scherbewegungen in Zusammenhang mit der Auffaltung der Alpen in ca. 10 km Tiefe. Die Hohlräume füllten sich mit wässrigem Fluid, welches zunächst die Umgebung der Kluft auslaugt. Nur wenn im Gestein um die Kluft auch das seltene Element Bor vorhanden ist, kann Turmalin entstehen, deshalb ist Turmalin als Kluftmineral relativ selten. Bei der folgenden Hebung des Gesteins und der damit verbundenen Abkühlung kristallisierte aus dem Fluid oft zuerst Turmalin, dann Quarz. Man erkennt diese Reihenfolge daran, dass die Turmaline von den Quarzkristallen umwachsen wurden. In der



Cavradischlucht kommt Turmalin in einer eng begrenzten Zone im mittleren Bereich der Schlucht vor, nur selten ist er mit Hämatit vergesellschaftet.

Die Turmaline aus der Cavradischlucht sind eisenreiche, in dünner Schicht braun durchscheinende Dravite. Die Turmaline sind meist wirr angeordnet, es kommen aber auch schön kristallisierte Einzelkristalle vor.

6.4. Einzigartig! Faserförmiger Turmalin und Blauquarz vom Calanda bei Chur

Turmalin kommt nur sehr selten faserförmig („asbestartig“) vor. Das „Grüngestein“ vom Calanda bot diese seltenen Wachstumsbedingungen. Es bildete sich primär im Perm (Zeitraum vor 299 Millionen Jahren bis 252 Millionen Jahren) aus rötlich gefärbten vulkanischen Tuffen, die sich dann veränderten und dabei viel grünen Chlorit bildeten. Zirkulierende Wässer reicherten im Grüngestein verschiedene Erze an, auf diese Weise geriet vermutlich auch das Bor als Basis für das Wachstum der Turmaline in die Klufträume. Oftmals hat Quarz, manchmal auch Calcit, den Faserturmalin überwachsen. So entstand Blauquarz oder blauer Calcit. Die ersten Blauquarze wurden 1952 von Josef Brändle am Calanda bei Tamins gefunden.

Weil Turmalinfasern nur 100 – 450 Nanometer dick sind und somit in der Grössenordnung der Wellenlänge von Licht liegen, entsteht aufgrund der Lichtstreuung an feinen Partikeln eine Farbwirkung. Fällt Licht durch den im Quarz feinverteilten Turmalin, wird der blaue Anteil des weissen Lichts eher seitlich gestreut.

6.5. Bündner Turmaline in metamorphen Gesteinen

Bei der Auffaltung der Alpen zerbrach der europäischen Kontinentalrand in mehrere Decken, die dann übereinander gespaltet in immer grössere Tiefen mit immer extremeren Druck/Temperatur-Bedingungen gerieten. Mit zunehmendem Druck und steigender Temperatur wandeln sich die in einem Gestein vorhandenen Minerale in neue stabilere um. Bei dieser Metamorphose bildet beispielsweise eine Tonschiefer-Meeresablagerung zunächst Chlorit und wird zu Grünschiefer. Mit zunehmenden Metamorphosegrad wächst dann Muskowit, das Gestein wird zu Glimmerschiefer. Schliesslich wird unter noch höheren Druck Granat gebildet und der Glimmerschiefer in Granatglimmerschiefer verwandelt. Interessanterweise kann ein Turmalin solche Umwandlungen registrieren: An einem Turmalin im Gestein aus der Gegend des Lukmanierpasses wurde entdeckt, dass ein ursprünglich im Sediment abgelagertes Turmalin-Schwersandkörnchen bei der Metamorphose als Keim für eine Turmalinkristall wirkt, der jedes Mal, wenn ein stärkerer Metamorphosegrad erreicht wird, mit etwas anderer Zusammensetzung und Farbe weiterwächst. Denn immer, wenn sich Minerale wie Muskowit und Illit auflösen, werden darin enthaltene Spuren von Borat frei, welche dann am vorhandenen Turmalin ankristallisieren.

7. Ideen rund um den Ausstellungsbesuch

Vorbemerkung: Als Einstieg in die ganze Thematik ‚Kristalle‘ empfehle ich einen Besuch der Mineralienausstellung im 2. Obergeschoss des Museums. Hier können allgemeine Aspekte zum Thema ‚Kristalle‘ vermittelt werden und die Vielfalt aller einheimischer Kristalle erlebt werden. Nach diesem Einstieg kann man in die Welt der Turmaline in die Sonderausstellung eintauchen!

Foto-OL zur Mineralienausstellung im 2. Obergeschoss des Museums

Die .. Kärtchen (= Foto-OL) mit Fotos von Kristallen der permanenten Ausstellung, können für verschiedene Aktivitäten benutzt werden. Zum Beispiel:

- Die Klasse kann sich damit einen Überblick über die Vielfalt unserer Kristalle verschaffen. Jedes Kind bekommt ein Kärtchen und sucht das abgebildete Mineral in der Ausstellung. Wenn es dieses gefunden hat, darf es ein neues Kärtchen nehmen usw.

7.1. In der Sonderausstellung

Memory

Auf einem Tischchen mitten in der Ausstellung liegt ein Memory auf. Dieses kann als Einstieg für Kindergarten- oder Primar-Unterstufen-Klassen oder zum Schluss des Besuches genutzt werden (siehe S 17). Für grosse Gruppen gibt es eine Kopie des Memorys in der Museumskiste.

Beobachtungstour

10 Stellen in der Sonderausstellung sind mit einem gelben Kreis markiert; dort gibt es kleine Aufgaben, die ein genaueres Hinsehen und Beobachten erfordert. (Siehe S 20)

Bildbetrachtungen

10 Karten mit Bildern von Turmalin-Dünnschliffen, die sich ganz hinten in der Ausstellung befinden. Eine SuS-Kleingruppe soll eines auswählen, das Bild in der Ausstellung suchen und eine Bildbeschreibung machen.

Was sehe ich auf diesem Bild? An was erinnert mich diese Aufnahme?

Jede Schülerin und jeder Schüler bzw. Schülergruppe kann dann ‚ihr‘ Kunstwerk den Anderen vorstellen.

Zeichnen und Malen

Die Ausstellung lädt ein, um selbst kreativ zu werden. Inspiriert durch die vielen bunten Bilder und Objekte können die SuS selber ihren persönlichen ‚Dünnschliff‘ malen. An der Kasse können Unterlagen, Farben und Papier bezogen werden.

Die Mineralienausstellung des Bündner Naturmuseums im 2. Obergeschoss

Vor oder nach dem Besuch der Sonderausstellung über die ‚Kristallmagie‘ lohnt es sich, die reichhaltige Mineralienausstellung des Museums im 2. Obergeschoss zu besuchen! In dieser findet man z.B. den weltweit bedeutendsten Blauquarzfund vom Calanda und viele andere eindruckliche Kristalle aus Graubünden.

Zu dieser Ausstellung gibt es separate Auftragsblätter für die Unter- und Oberstufe (ab S 26).



7.2. Rund ums Thema

Mineralien draussen erleben

Mit den SuS auf die Suche nach Mineralien gehen... Je nach Alter können ‚wertvolle‘ Steine in Flussumnähe gesucht werden (Katzengold, Quarzbruchstücke, glänzende Steine etc.) oder eine Mineralienhöhle besucht werden:

Kristallhöhle Kobelwald

Im St. Galler Rheintal nahe Oberriet befindet sich eine der attraktivsten Schauhöhlen der Schweiz: die Kristallhöhle Kobelwald. In dieser Schauhöhle können speläologische, geologische, hydrologische und - was sie für die Schweiz so einzigartig macht - gleichzeitig auch mineralogische Aspekte studiert werden. Die Höhle enthält eines der grössten Minerallager der Schweiz. Sie ist im Geotopinventar des Kantons St. Gallen sowie im Schutzplan der Gemeinde Oberriet aufgeführt.

Besuch bei oder von einem Strahler

Es gibt in unserem Kanton einige Personen, die sich mit dem Thema ‚Kristalle‘ beschäftigen. Ein Besuch eines Strahlers in der Schule oder bei ihm zu Hause zeigt das Leben eines ‚Schatzsuchers‘ eindrücklich auf. Informationen erhalten Sie unter:
www.svsmf-graubuenden.ch.

Kristalle wachsen lassen

Im Internet findet man viele gute Tipps, wie man einfach im Schulzimmer Kristalle wachsen lassen kann. Im Handel sind auch viele Experimentierkästen, um Kristalle zu züchten, erhältlich (auch im Museumsshop). Ein Beispiel für ein Schulexperiment finden Sie auf S 39.

Besuch eines Lokalmuseums

Viele regionale Museen in Graubünden haben eine kleine Mineralienausstellung. Informieren Sie sich bei den Museumsleitern.
Ein ganz besonderes Mineralienmuseum befindet sich in Disentis:

Mineralienmuseum Cristallina

Das Museum Cristallina besitzt eine Sammlung mit Mineralien des gesamten Bündner Oberlandes, der grössten Mineralienregion der Schweiz. Zu entdecken sind einzigartige Kristalle und Mineralien aus der Surselva. Durch das Mikroskop können die Besucherinnen und Besucher sogar die allerkleinsten Mineralien betrachten.

Kontakt:

Uniun Cristallina Disentis, Via s. Gions 9; 7180 Disentis/Mustér

Telefon: 081 947 59 44 (Giger Meinrad)

Telefon: 081 947 44 62 (Tschuor Battesta)

info@uniun-cristallina.ch; <http://www.uniun-cristallina.ch>



7.3. Mit der Klasse in der Ausstellung

Kindergarten und Primar-Unterstufe

- Einstieg im **2. Obergeschoss** (in der Mineralienausstellung des Museums) mit dem «Foto-OL». In Kleingruppen verschiedene Mineralien suchen.
- Kurze Einführung durch die Kindergartenlehrperson, was ein Kristall ist und wie er sich von einem Gestein unterscheidet.
- Beim ‚Jumbo‘ (grosser Rauchquarz) kann das Finden und Bergen von Kristallen mit Hilfe der Bilder des Strahlers Paul Membrini einfach erklärt werden.

In der Sonderausstellung ‚Kristallmagie‘:

- Kurzer, freier Durchgang: Um den ersten ‚Gwunder‘ zu stillen, lässt man die Kinder für 5‘ die Ausstellung selber erkunden.
- Den Kindern im Plenum erklären, was ein Dünnschliff ist und weshalb ein schwarzes Mineral plötzlich so farbig sein kann (→ Infos dazu auf den Einführungstafeln zu Beginn der Ausstellung)
- **Bildbetrachtung:** 10 Karten aus der Museumskiste (S 19) werden an die Kinder verteilt. Alleine oder in Kleingruppen die ausgewählten Bilder betrachten und ‚interpretieren‘ lassen:
 - Was siehst du auf diesem Bild? An was erinnert dich das Bild? etc.Die Ergebnisse werden den anderen Kindern vorgestellt.
→ *Die Kinder können sich natürlich auch eines selbst aussuchen.*
- Zeichnen und Malen: Die Kinder sollen ihren Fantasiekristall zeichnen oder eine Malvorlage (in der Museumskiste) nutzen.
- Das Memory in der Ausstellung (Kopie in der Museumskiste) lösen lassen.
- Zum Abschluss die mit Pfeilpunkten markierten Turmaline aus Graubünden im 2. OG suchen und betrachten gehen.

Primar-Oberstufe

- Für diese Stufe lohnt es sich, das Thema bereits in der Schule zu behandeln. So sind Fragen, wie z.B. ‚Wie entsteht ein Kristall? Was ist ein Mineral, Kristall oder Gestein? etc. bereits geklärt.
- Kurzer, geführter Rundgang durch die Sonderausstellung. Aufzeigen, weshalb schwarze Turmaline im Dünnschliff plötzlich farbig sind. (Infos bei den Einführungstafeln der Sonderausstellung).
- Bildbetrachtungen: Klasse in Kleingruppen aufteilen. Jede Gruppe wählt sich ein Bild in der Ausstellung aus. Was kann man darin erkennen? An was erinnert mich dieser Ausschnitt eines Dünnschliffes?
 - Die Gruppe soll zudem herausfinden, aus welchem Dünnschliff der Ausschnitt aufgenommen wurde.
- Der Klasse die Beobachtungen mitteilen.



- Erklären, dass die Strukturen der Turmalinscheiben mehr als rein zufällig entstandene Muster sind. Sie enthalten quasi eine Bildsprache, deren Elemente durch die Ereignisse beim Kristallwachstum geformt wurden.
- **Beobachtungstour:** Auftragsblätter auf S 20 dieser Unterlagen farbig kopieren und die Klasse in Kleingruppen den Auftrag lösen lassen.
- *Es braucht dazu genügend Zeit, da genau beobachtet werden muss. Schauen, dass nicht alle Gruppen bei der Nummer 1 beginnen. Klasse in der Ausstellung verteilen.*
- Im Plenum die Aufgaben besprechen.
- Ins 2. OG: Dort können verschiedene Kristalle aus Graubünden bestaunt werden. Die Turmaline aus Graubünden sind mit einem Pfeil markiert.

Sek-Stufe I und II

- Siehe Angaben zu ‚Primar-Oberstufe‘. Die Bildbetrachtung kann allenfalls weggelassen werden.
- Eine allgemeine Einführung in die Geologie oder Mineralienkunde kann auch in der permanenten Ausstellung des Museums im 2. Obergeschoss erfolgen.
- Für diese Schulstufe kann auch das Auftragsblatt mit 10 Fragen zur Sonderausstellung genutzt werden (S 23).



8. Museumskiste «Kristallmagie»

Die Museumskiste ist nur für den Gebrauch im Naturmuseum gedacht. Bitte geben Sie bei der Reservierung Ihres Museumsbesuchs an, ob Sie die Kiste nutzen möchten.

Gehen Sie bitte behutsam mit den Materialien um! Nach Gebrauch gesamtes Material sorgfältig in der Kiste versorgen und allfällige Schäden oder Verluste an der Kasse melden. Danke!

Viel Spass!!!

- **Foto-OL** zur Mineralienausstellung im 2. Obergeschoss des Bündner Naturmuseums
- **10 Karten** zur **Bildbetrachtung** – siehe Auftrag S 17
- **Laminiertes A4-Blatt** mit kurzer Einführung in die Sonderausstellung 'Kristallmagie'
- **Memory:** Kopie des Memorys, das auf einem kleinen Tisch in der Ausstellung steht.
- **Vorlage** und einzelne Kopien zur **Beobachtungstour** durch die Sonderausstellung 'Kristallmagie'
- **Malvorlagen** von Edelsteinen und Bergkristall für Kinder
- **Farbstifte**
- 1 Expl. **Didaktische Unterlagen**



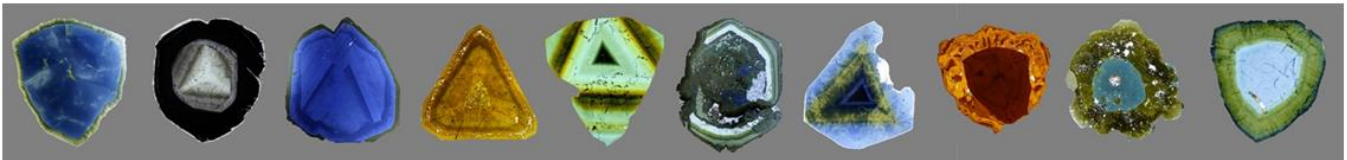
9. Auftragsblätter

9.1. Beobachtungstour (für Oberstufenklassen)

© P. Rustemeyer

10 Stellen in der Sonderausstellung sind mit einem **gelben Kreis** markiert; dort gibt es kleine Aufgaben, die ein genaueres Hinsehen und Beobachten erfordert.

1. Welcher Kristall gehört zu welchem Dünnschliff?


☐

A

☐
☐
☐
☐
☐

K

☐
☐

Hinweis: Die Umrisse geben gute Anhaltspunkte

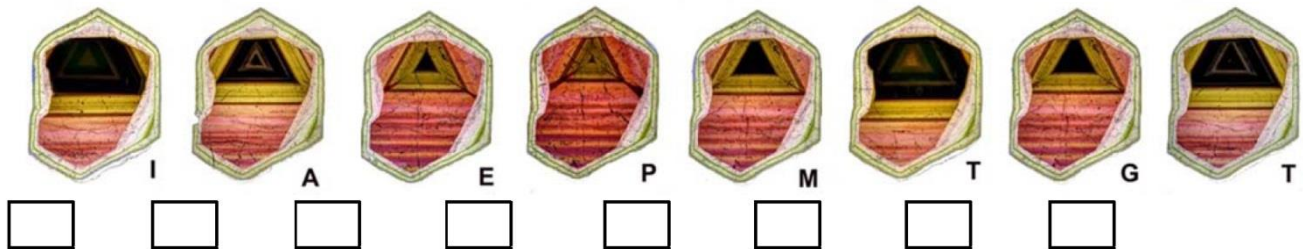
2. Welche Farbe haben folgende Schmucksteinvarianten der Turmaline:

- Rubellit: - Verdelith: - Indigolith:

3. Turmalinkristalle wachsen manchmal parallel aus dem Untergrund heraus,

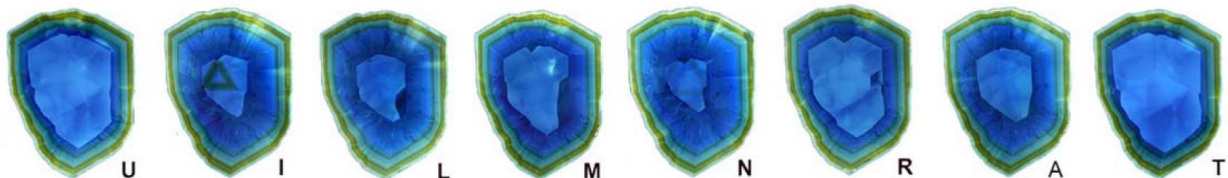
weil

4. Folgende Turmalinscheiben-Karten sind ungeordnet. Wie ist ihre richtige Reihenfolge, wenn links die oberste und rechts die unterste Scheibe sein soll?


☐
☐
☐
☐
☐
☐
☐
☐

Hinweis: Die Entwicklung der Dreiecke zeigt die richtige Position

5. Folgende Turmalinscheiben-Karten sind ungeordnet. Wie ist ihre richtige Reihenfolge, wenn links die oberste und rechts die unterste Scheibe sein soll?


☐
☐
☐
☐
☐
☐
☐
☐

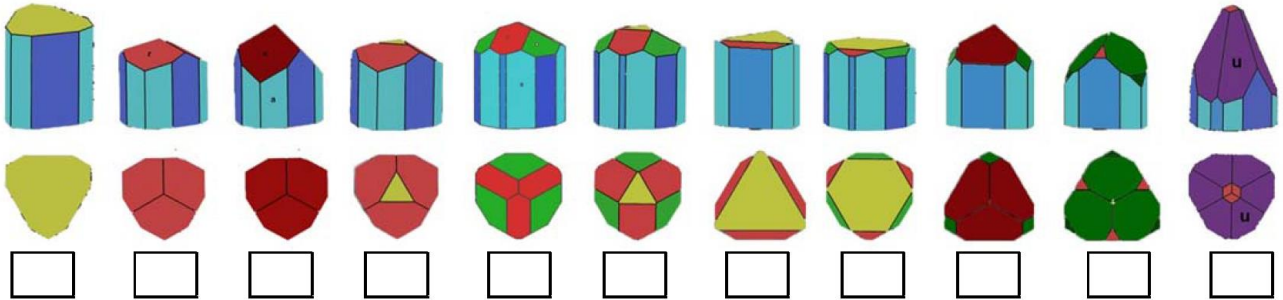
Hinweis: Die Entwicklung der Randzone zeigt wie bei Baumringen die richtige Position



6. Welche Kristallhälfte gehört zu welchem Dünnschliff?


☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐

7. Welcher Kristall gehört zur folgenden Grafik der Kristallform?


☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐

8. Wie nennt man folgende ungewöhnliche Turmalineigenschaften:

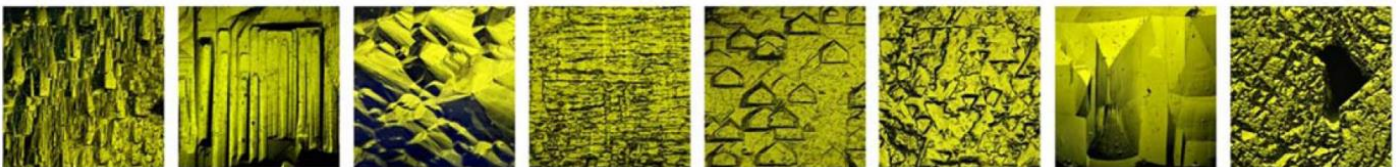
- Turmaline laden sich an den Enden elektrisch auf, wenn man sie erhitzt oder abkühlt.

Deshalb sind sie

- Turmaline laden sich an den Enden elektrisch auf, wenn man ihnen einen Schlag versetzt.

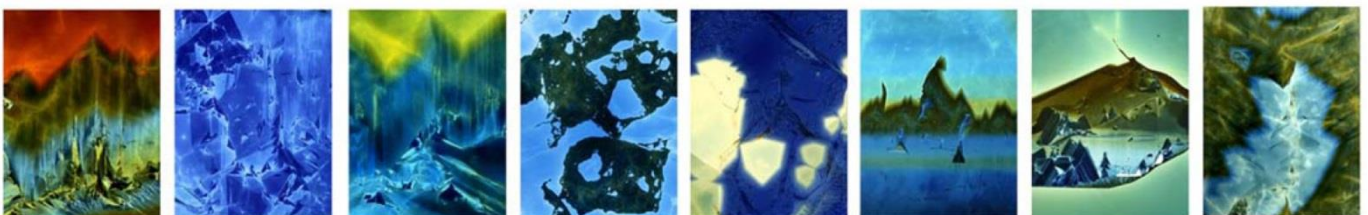
Deshalb sind sie

9. Zu welchem Kristall gehören die hier gezeigten Ätzstrukturen?


☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐

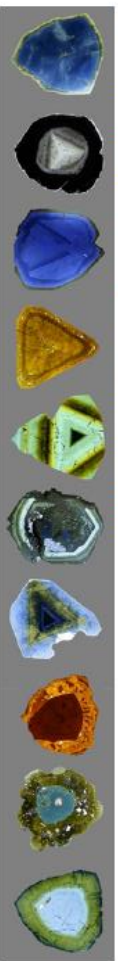
Hinweis: Wenn die Flächen spiegeln kann man die Strukturen besser erkennen, deshalb bitte die Betrachtungsposition variieren.

10. Aus welcher Scheiben-Serie sind folgende Bildausschnitte?


☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐


9.2. Lösungen: Beobachtungstour

1. Welcher Kristall gehört zu welchem Dünnschliff?



. B A G F H D I K C E

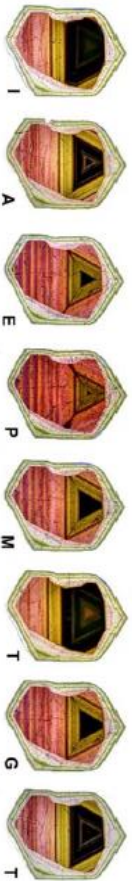
Hinweis: Die Umrisse geben gute Anhaltspunkte

2. Welche Farbe haben folgende Schmucksteinvarianten der Turmaline:

Rubellit: ...rot..... Verdelith: ...grün.....Indigolith:blau.....

3. Turmalinkristalle wachsen manchmal parallel aus dem Untergrund heraus, weil gleichzeitig wachsender Quarz den Turmalin im Wachstum behindert und ihn aufspaltet.

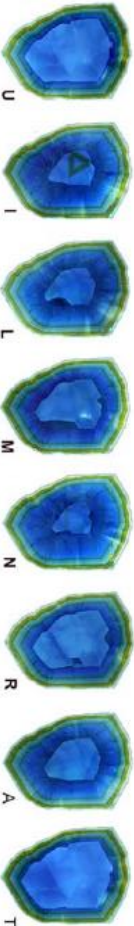
4. Folgende Turmalinscheiben-Karten sind ungeordnet. Wie ist ihre richtige Reihenfolge, wenn links die oberste und rechts die unterste Scheibe sein soll?



P E G M A T I T

Hinweis: Die Entwicklung der Dreiecke zeigt die richtige Position

5. Folgende Turmalinscheiben-Karten sind ungeordnet. Wie ist ihre richtige Reihenfolge, wenn links die oberste und rechts die unterste Scheibe sein soll?



T U R M A L I N

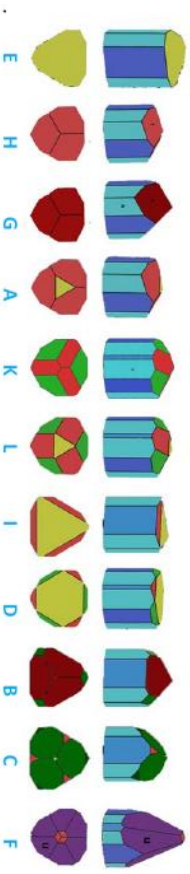
Hinweis: Die Entwicklung der Randzone zeigt wie bei Baumringen die richtige Position

6. Welche Kristallhälfte gehört zu welchem Dünnschliff?



. E B I A H C K D L G F

7. Welcher Kristall gehört zur folgenden Grafik der Kristallform?



8. Wie nennt man folgende ungewöhnliche Turmalineigenschaften:

- Turmaline laden sich an den Enden elektrisch auf, wenn man sie erhitzt oder abkühlt. Deshalb sind sie **pyroelektrisch**.

- Turmaline laden sich an den Enden elektrisch auf, wenn man ihnen einen Schlag versetzt. Deshalb sind sie **piezoelektrisch**.

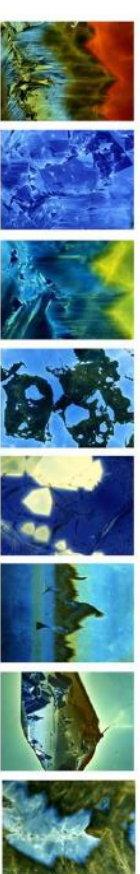
9. Zu welchem Kristall gehören die hier gezeigten Ätzstrukturen?



. D H F G B C A E

Hinweis: Wenn die Flächen spiegeln kann man die Strukturen besser erkennen, deshalb bitte die Betrachtungsposition variieren,

10. Aus welcher Scheiben-Serie sind folgende Bildausschnitte?



. A M F E H K B G



9.3. 10 Fragen zur Turmalin-Ausstellung (für Sek-Stufe I und II)

1. Die Bezeichnung „tura mali“ stammt aus dem Singalesischen (Sri Lanka) und bedeutet so viel wie „Stein mit gemischten Farben“.

Wie lässt sich dieser Name rechtfertigen, wenn doch die meisten dieser Kristalle schwarz sind?

2. Warum zählen die Turmaline per Definition nicht zu den Edelsteinen?

3. Unter welchen Voraussetzungen (Gesteine, Relief) macht es Sinn nach Turmalinkristallen zu suchen?

4. In welchen fünf Ländern findet man die schönsten Turmaline und wo in Graubünden wird man auch fündig?

5. Wofür steht der Begriff ‚Dichroismus‘?



6. Letztlich sind es Metalle, welche für die Farbwirkung in Turmalinen verantwortlich sind, welche fünf sind es?

7. Was versteht man in der Mineralogie/Kristallografie unter einem „Schwimmer“?

8. Weshalb können (Turmalin-)Kristalle auch im Erdinnern zerbrechen?

9. Was ist gemeint mit Piezo- und Pyroelektrizität und was hat das mit dem Turmalin zu tun?

10. Die Kristallformen des Turmalins erinnern an Bienenwaben, aber auch an Pyramiden, wie passt das zusammen?

(von Stefan Reusser, Kanti Chur)



9.4. Lösungen zu den 10 Fragen zur Turmalin-Ausstellung (für Sek-Stufe I / II)

1. Die Bezeichnung „tura mali“ stammt aus dem Singalesischen (Sri Lanka) und bedeutet so viel wie „Stein mit gemischten Farben“.
Wie lässt sich dieser Name rechtfertigen, wenn doch die meisten dieser Kristalle schwarz sind? Der Farbenreichtum wird erst erkennbar, wenn man die Turmaline in dünne Scheiben zersägt und sie genügend dünn schleift.
2. Warum zählen die Turmaline per Definition nicht zu den Edelsteinen?
Edelsteine müssen eine Härte von mehr als 7 in der Mohs'schen Härteskala haben, diese Bedingung erfüllen sie nicht. Trotzdem sind sie genügend hart, um in der Schmuckindustrie Verwendung zu finden.
3. Unter welchen Voraussetzungen (Gesteine, Relief) macht es Sinn nach Turmalinkristallen zu suchen?
Gute Voraussetzungen bilden Vorkommen von Ganggesteinen (Pegmatit) und Granitvorkommen, welche in einem jüngeren Gebirge durch Erosion freigelegt worden sind.
4. In welchen fünf Ländern findet man die schönsten Turmaline und wo in Graubünden wird man auch fündig?
Brasilien, Mosambik, Madagaskar, Pakistan und Afghanistan, Calanda, Surselva, Bergell und Misox.
5. Wofür steht der Begriff ‚Dichroismus‘?
Der Begriff steht für richtungsabhängig Zweifarbigkeit, was bedeutet, dass je nach dem, in welche Richtung man durch einen Turmalin schaut, verschiedene Farben sehen kann.
6. Letztlich sind es Metalle, welche für die Farbwirkung in Turmalinen verantwortlich sind, welche fünf sind es?
Mangan, Eisen, Titan, Chrom und Kupfer
7. Was versteht man in der Mineralogie/Kristallografie unter einem „Schwimmer“?
Das sind Mineralieneinschlüsse als Folge von gebrochenen Turmalinkristallen, welche wieder zusammengewachsen sind, weil sie nahe genug beieinander gewesen sind
8. Weshalb können (Turmalin-)Kristalle auch im Erdinnern zerbrechen?
Beim Aufstieg von Gesteinsschmelzen ereignen sich Erdbeben (wie beim Vulkanismus). Diese führen zu Scherbewegungen, welche Kristalle von der Wand abbrechen oder in mehrere Stücke zerbrechen
9. Was ist gemeint mit Piezo- und Pyroelektrizität und was hat das mit dem Turmalin zu tun?
Unter Druck und Entlastung sowie beim Erhitzen laden sich die Kristallenden positiv und gegenüberliegend negativ auf. Der Grund dafür ist die gleiche Ausrichtung sogenannter Silikatringer entlang der Längsachse.
10. Die Kristallformen des Turmalins erinnern an Bienenwaben, aber auch an Pyramiden, wie passt das zusammen?
Das Grundmuster sind zwei dreieckige (trigonale) Prismen. Diese lassen sich zu einem sechseckigen (hexagonalen) Prisma zusammenfügen. Die häufigste Form ist dabei das trigonale Prisma mit unterschiedlich steilen Flächen. Das Ziel jedes Bauplans ist immer höchstmögliche Stabilität, die Umsetzung ist abhängig von den jeweiligen Wachstumsbedingungen. Das Resultat sind erstaunlich ebene und glatte Kristallflächen



Mineralien im Bündner Naturmuseum

Auftragsblatt Primar-Mittelstufe

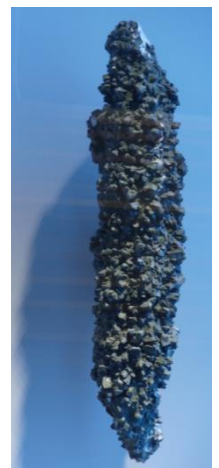
Hinweis: Da wir eine Sonderausstellung zum Thema ‚Kristallmagie‘ im Saal des Museums (Erdgeschoss) zeigen, wurden die Turmalinfunde in dieser Ausstellung mit einem Pfeil markiert
→ Um bestimmte Kristalle schneller zu finden, beachte man die Farben der Rückwände. Diese gibt Aufschluss, in welcher Vitrine mit welcher Hintergrundfarbe sich das Mineral befindet.

1. Findest du diese drei Turmaline? Welche Farben haben sie?
-



2. Welcher Kristall gleicht einer Schlange? Er ist sehr lang, dünn und weisslich. Weisst du wie er heisst?
-

3. Beim Fenster findest du diesen grossen grünen Kristall. Er hat eine interessante Form. An was erinnert dich dieser Kristall?
-



4. Suche die Vitrine mit dem dunkelblauen Hintergrund. Findest du den Kristall, der einen kleinen schwarzen Würfel auf sich trägt? Weisst du wie er heisst?
-



5. Findest du die beiden kleinen Kristalle (Helle Rauchquarze) die oben zusammengewachsen sind?



6. Ein Kristall hat lange Haare oder Nadeln, die sehr dünn sind und nach oben stehen. Welche Farbe haben die Nadeln?
-

7. Es gibt einen kleinen Kristall, der zwei dünne lange Spitzen hat. Sie sehen fast aus wie die Ohren eines Schneehasen oder wie Hörner. Wenn du den Stein gefunden hast, mache eine kleine Zeichnung von ihm.

8. Irgendwo findest du diesen riesigen Rauchquarz. Man nennt ihn auch Jumbo. Wie schwer denkst du, dass er ungefähr ist?

☐ 5 Kilogramm

☐ 30 Kilogramm

☐ 70 Kilogramm

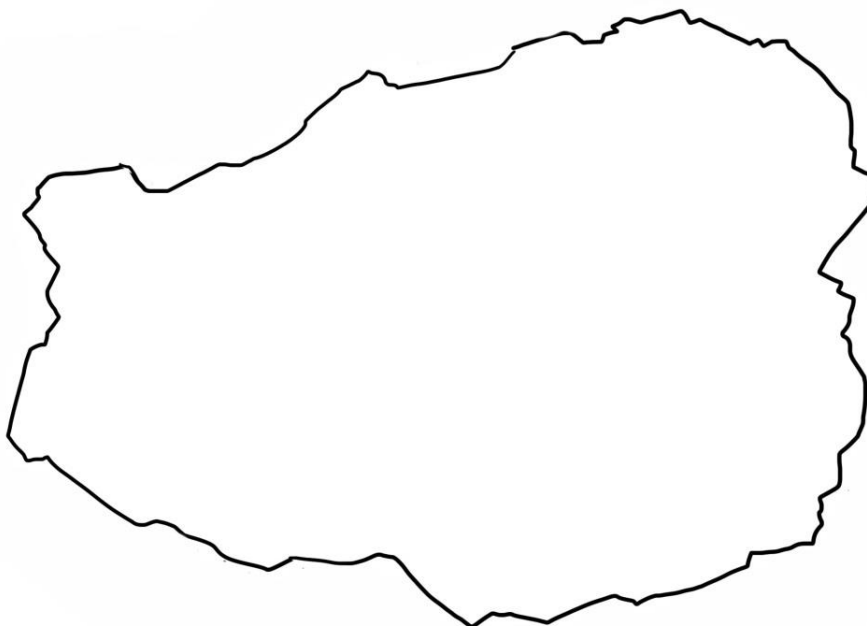
☐ 300 Kilogramm



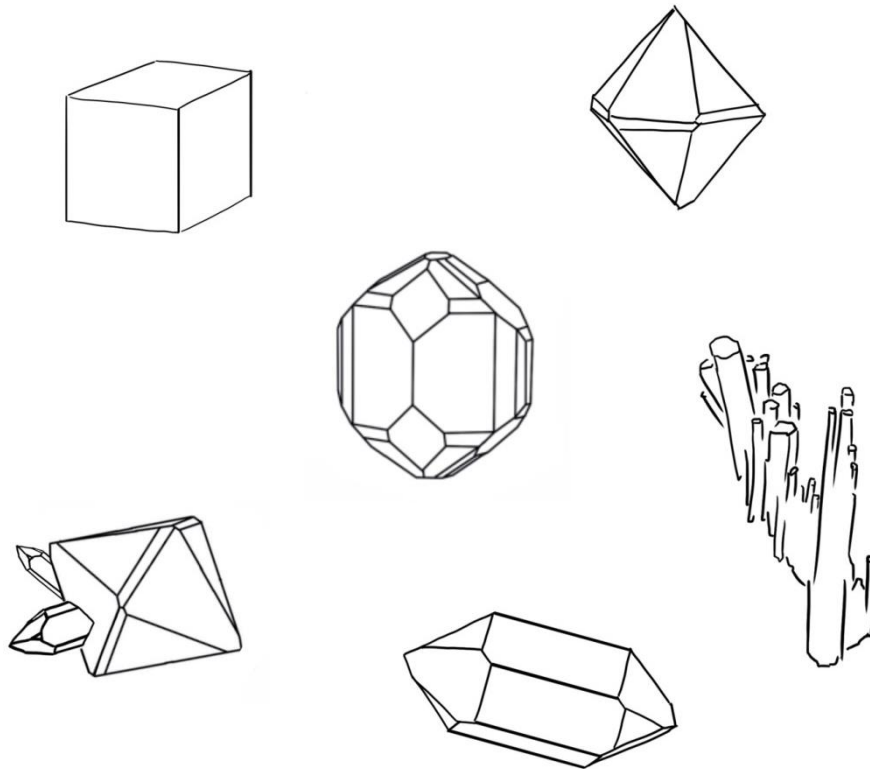
9. Findest du diesen hübschen Kristall? Es ist ein Quarz mit Limonit. Du musst etwas nach oben schauen. Er ist nicht einfach nur Gelb. Welche Farben siehst du in ihm?



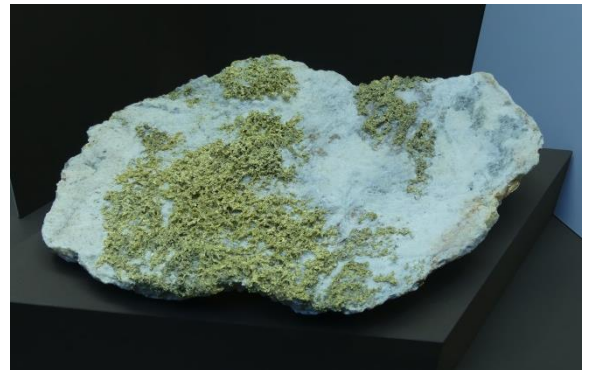
10. Kristalle können in einer Höhle wachsen. Sie wachsen vom Rand der Höhle gegen die Mitte. Und sie wachsen auf dem Boden, auf der Seite und an der Decke der Höhle. Hier siehst du eine solche Höhle. Zeichne nun die Kristalle hinein. (In der Ausstellung findest Du auch eine kleine Kristallhöhle, wenn Du gut schaust).



- 11.** Kristalle wachsen in einer speziellen Geometrie. Das heisst sie haben spezielle Formen wie Dreiecke, Vierecke oder Stäbe. Welche verschiedenen Formen kannst du grob bei den Kristallen in der Ausstellung entdecken? Kreise die richtigen ein.



- 12.** In der Ausstellung entdeckst du in einer Vitrine mit braunem Hintergrund Gold. Gold wächst auch, aber nicht in so speziellen Formen wie die Kristalle. Das Gold auf diesem Stein hier sieht eher aus wie ...



- 13.** Ein Kristall gleicht einem weissen Igel mit dicken Stacheln - er heisst sogar so. Entdeckst du ihn? Gefunden hat man ihn in einer Mine beim Calanda, wo Gold abgebaut wurde, um Münzen zu machen. Wie heisst diese Mine?

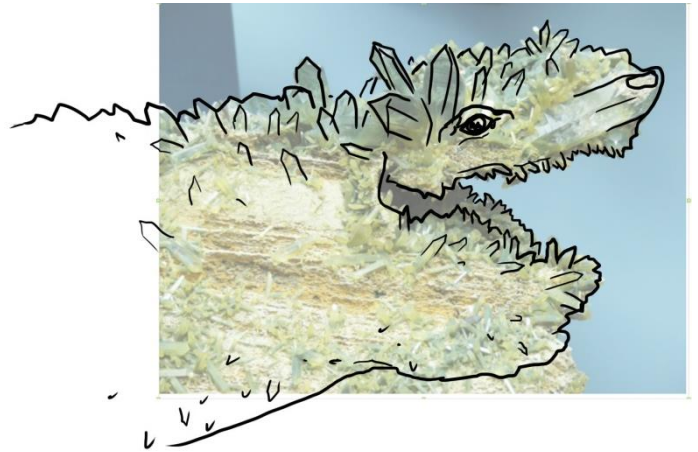
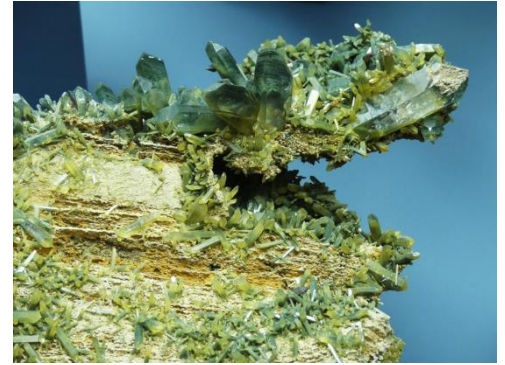


- | | |
|---|--|
| ☐ Goldbarren-Grube | ☐ Goldene Sonne |
| ☐ Glückshöhle | ☐ Mondschein-Mine |

14. Findest du zum Schluss den Kristall, der dem Kopf eines grünen Drachens mit offenem Maul gleicht?

Die kleinen Kristalle könnten die Zähne oder Schuppen des Drachen sein.

Mache aus dem Kristall einen Drachen - du kannst ihm zum Beispiel Beine oder einen Schwanz zeichnen.



Bravo, nun bist du ein kleiner Kristallmeister!



Mineralien

im Bündner Naturmuseum

Auftragsblatt Oberstufe

Hinweis: Da wir eine Sonderausstellung zum Thema ‚Kristallmagie‘ im Saal des Museums (Erdgeschoss) zeigen, wurden die Turmalinfunde in dieser Ausstellung mit einem Pfeil markiert.

→ Um bestimmte Kristalle schneller zu finden, beachte man die Farben der Rückwände. Diese gibt Aufschluss, in welcher Vitrine mit welcher Hintergrundfarbe sich das Mineral befindet.

1. Suche ein paar der Bündner Turmaline. Findest du zum Beispiel die drei "Statuen"? Zwei stehen und eine liegt.



2. Turmaline können auch mit Quarz zusammen wachsen. Suche den abgebildeten Blauquarz und finde heraus, wie er zu seiner blauen Farbe kam?



3. Quarz ist das zweithäufigste Mineral der Erdkruste und hart. Bekannt sind die schönen Bergkristalle mit dem Glasglanz, die aus Quarz bestehen. Aber was ist Quarz eigentlich (chemisch)?

Irgendwo findest du ein Karton-Modell des "Perfekten Kristalls". Versuche das Modell grob abzuzeichnen. Du darfst auch schraffieren oder sonst etwas, man sollte am Schluss einfach merken, dass es ein Kristall ist ;-)



4. Interessant ist auch die Art, wie Quarzkristalle wachsen können. Quarz ist in vielen Gesteinen enthalten, aber die Bergkristalle mit ihren schönen Formen wachsen unter speziellen Bedingungen. Weisst du wo/wie sie wachsen? Denke daran, dass die Kristallspitzen Platz brauchen. (→ Schaue dir die braune Vitrine an).
-

5. Kristalle können unterschiedlich schnell wachsen. Wenn ein Kristall sehr schnell wächst, wie schaut er dann aus? (Es sind auch mehrere Antworten richtig)

☐☐☐☐

6. Findest du die beiden kleinen Kristalle (Helle Rauchquarze) die oben zusammengewachsen sind?
7. Eine Art von Mineral wächst in wilden Formen und verleiht den Steinen zum Teil bizarre graue Frisuren. Wie heisst dieses Mineral?
-

8. Einer der Kristalle hat Haare oder Nadeln, die dünn sind und nach oben stehen. Welche Farbe haben die Nadeln? Und findest du das eine sehr spezielle Haar auf dem Kristall (Dafür musst du sehr genau hinschauen)?
-

9. Findest du diesen Stein? Wie heisst er und was trägt er auf sich?



10. Diesen riesigen Rauchquarz findest du sicherlich schnell. Man nennt ihn auch ‚Jumbo‘. Wie schwer denkst du, dass er ungefähr ist?

☐ 10 Kilogramm

☐ 30 Kilogramm

☐ 70 Kilogramm

☐ 200 Kilogramm



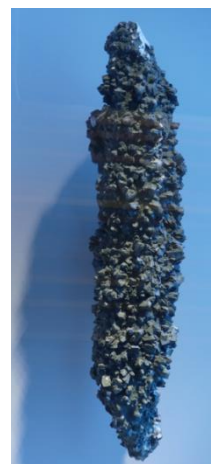
11. Wenn du gut suchst, entdeckst du irgendwo eine sehr spezielle Rose. Es scheint, als wäre sie aus Metall. Wie nennt man das Gestein, aus welchem die "Rose" besteht?

12. Findest du diesen hübschen Kristall? Es ist ein Quarz mit Limonit. Er ist nicht einfach nur Gelb. Welche Farben siehst du in ihm?

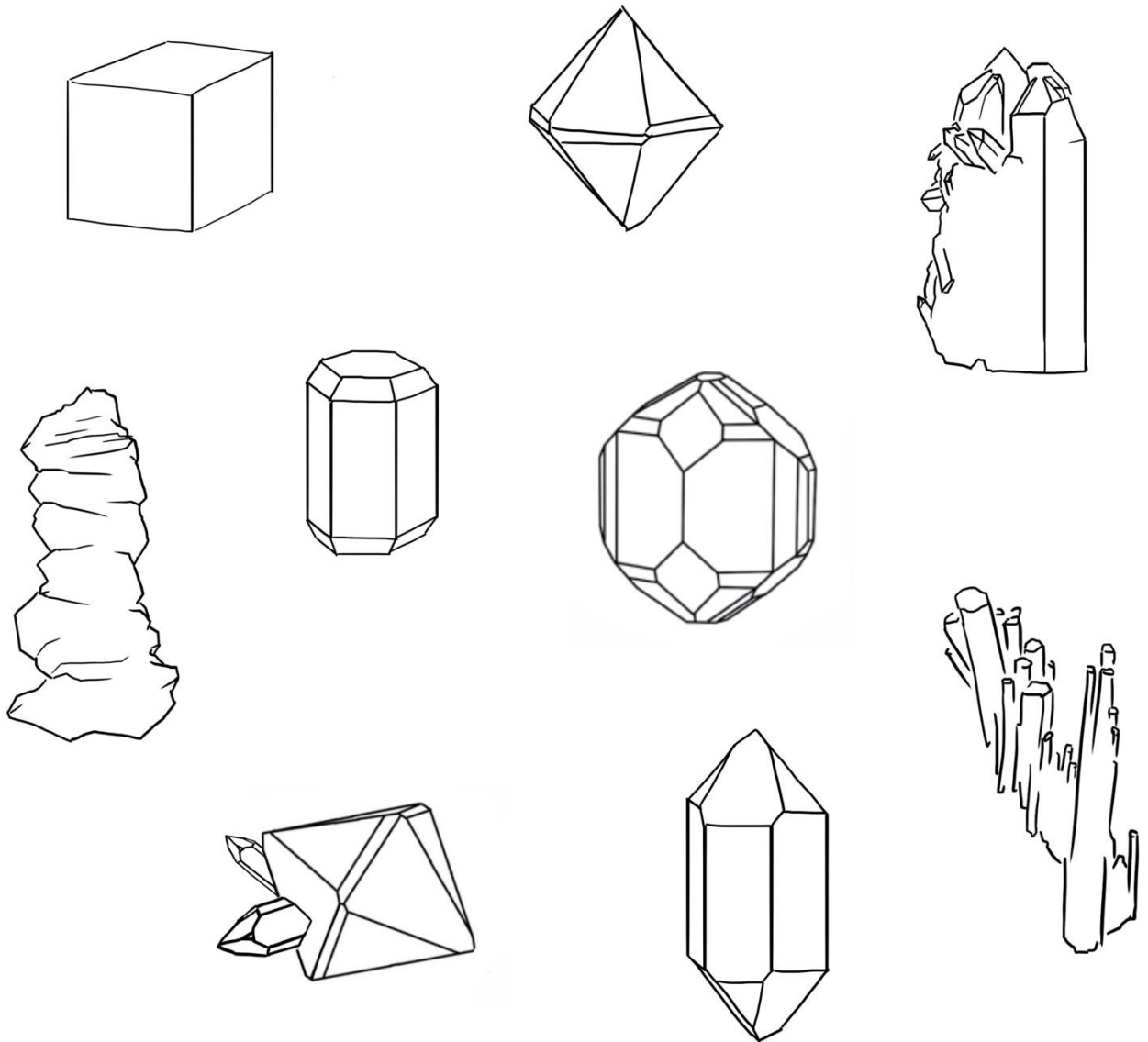


13. Beim Fenster findest du diesen grossen grünen Kristall. Er hat eine interessante Form. An was erinnert sie dich?

14. Kristalle wachsen in einer speziellen Geometrie. Das heisst, sie bestehen aus speziellen Formen wie Dreiecken, Vierecken oder Zylindern. Welche verschiedenen Formen (auf den



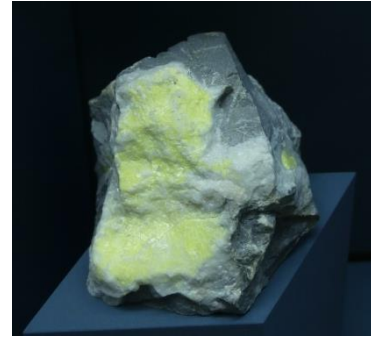
ersten Blick auch ungeometrische!) kannst du grob bei den Kristallen in der Ausstellung entdecken?
 Kreise die richtigen ein.



15. Weisst du was ein Phantom ist? Das Wort ‚Phantom‘ kommt von Phantasie. Bei den Kristallen gibt es auch Phantome. Findest du diesen grossen Kristall, dem man Phantomquarz sagt? Und kannst du dir vorstellen, warum man ihn so nennt? (Schaue gut in die einzelnen Kristallspitzen)



16. Findest du diesen Stein? Welcher Geruch kommt dir in den Sinn, wenn du seinen Namen liest?



17. In der Ausstellung siehst du Gold. Gold wächst auch, aber etwas anders als Kristalle. Versuche kurz zu beschreiben, wie Gold wächst.



18. Ein Kristall gleicht einem weissen Igel mit dicken Stacheln - er heisst sogar so. Entdeckst du ihn? Gefunden hat man ihn in einer Mine am Calanda, in welcher Gold abgebaut wurde, um Münzen zu machen.

Wie heisst diese Mine?

☐

Goldbarren-Grube

☐

Goldene Sonne

☐

Glückshöhle

☐

Mondschein-Mine

Bravo!



9.6. Lösungen Auftragsblätter zur Mineralienausstellung im 2. Obergeschoss des Bündner Naturmuseums

Auftragsblatt Mittelstufe - Lösungen

1. Findest du diese drei Turmaline? Welche Farben haben sie? *Schwarz*
 2. Welcher Kristall gleicht einer Schlange? Er ist sehr lang, dünn und weisslich. Weisst du wie er heisst? *Serpentinasbest*
 3. Beim Fenster findest du diesen grossen grünen Kristall. Er hat eine interessante Form. An was erinnert dich dieser Kristall? *Z.B. Grosser Tannenzapfen, Insektennest etc.*
 4. Suche die Vitrine mit dem dunkelblauen Hintergrund. Findest du den Kristall, der einen kleinen schwarzen Würfel auf sich trägt? Weisst du wie er heisst? *Pyrit*
 5. -
 6. Ein Kristall hat lange Haare oder Nadeln, die sehr dünn sind und nach oben stehen. Welche Farbe haben die Nadeln? *Gold-Braun*
 7. Es gibt einen kleinen Kristall, der zwei dünne lange Spitzen hat. Sie sehen fast aus wie die Ohren eines Schneehasen oder wie Hörner. Wenn du den Stein gefunden hast, mache eine kleine Zeichnung von ihm.
 8. Irgendwo findest du diesen riesigen Rauchquarz. Man nennt ihn auch Jumbo. Wie schwer denkst du, dass er ungefähr ist? *70 Kilogramm*
 9. Findest du diesen hübschen Kristall? Es ist ein Quarz mit Limonit. Du musst etwas nach oben schauen. Er ist nicht einfach nur Gelb. Welche Farben siehst du in ihm? *Alle Regenbogenfarben...*
 10. *Individuelle Lösungen einer mit Kristallen gefüllten Höhle...*
 11. Kristalle wachsen in einer speziellen Geometrie. Das heisst sie haben spezielle Formen wie Dreiecke, Vierecke oder Stäbe. Welche verschiedenen Formen kannst du grob bei den Kristallen in der Ausstellung entdecken? Kreise die richtigen ein.
-
-
12. In der Ausstellung entdeckst du in einer Vitrine mit braunem Hintergrund Gold. Gold wächst auch, aber nicht in so speziellen Formen wie die Kristalle. Das Gold auf diesem Stein hier sieht eher aus wie ... *Z.B. Flechten, Moos*
 13. Ein Kristall gleicht einem weissen Igel mit dicken Stacheln - er heisst sogar so. Entdeckst du ihn? Gefunden hat man ihn in einer Mine beim Calanda, wo Gold abgebaut wurde, um Münzen zu machen. Wie heisst diese Mine? *Goldene Sonne*
 14. *Individuelle Lösungen...*



Auftragsblatt Oberstufe - Lösungen

1. –

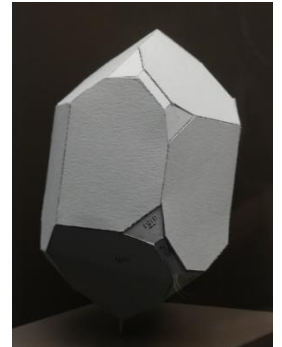
2. Turmaline können auch mit Quarz zusammen wachsen. Suche den abgebildeten Blauquarz und finde heraus, wie er zu seiner blauen Farbe kam?

Die blaue Farbe wird durch den Einschluss von Turmalinasbest verursacht. Das heisst, Quarz wächst wie eine Hülle um das Turmalinasbest.

3. Quarz ist das zweithäufigste Mineral der Erdkruste und hart. Bekannt sind die schönen Bergkristalle mit dem Glasglanz, die aus Quarz bestehen. Aber was ist Quarz eigentlich (chemisch)?

SiO₂ (Siliciumoxid)

Irgendwo findest du ein Karton-Modell des "Perfekten Kristalls". Versuche das Modell grob abzuzeichnen. Du darfst auch schraffieren oder sonst etwas, man sollte am Schluss einfach merken, dass es ein Kristall ist ;-)



4. Interessant ist auch die Art, wie Quarzkristalle wachsen können. Quarz ist in vielen Gesteinen enthalten, aber die Bergkristalle mit ihren schönen Formen wachsen unter speziellen Bedingungen. Weisst du wo/wie sie wachsen? Denke daran, dass die Kristallspitzen Platz brauchen.

Kristalle wachsen in Höhlen, sogenannten Kluften

5. Kristalle können unterschiedlich schnell wachsen. Wenn ein Kristall sehr schnell wächst, wie schaut er dann aus? (es sind auch mehrere Antworten richtig)



X



X



6. –

7. Eine Art von Mineral wächst in wilden Formen und verleiht den Steinen zum Teil bizarre graue Frisuren. Wie heisst dieses Mineral? *Turmalinasbest*

8. Einer der Kristalle hat Haare oder Nadeln, die dünn sind und nach oben stehen. Welche Farbe haben die Nadeln? Und findest du das eine sehr spezielle Haar auf dem Kristall (dafür musst du sehr genau hinschauen)?

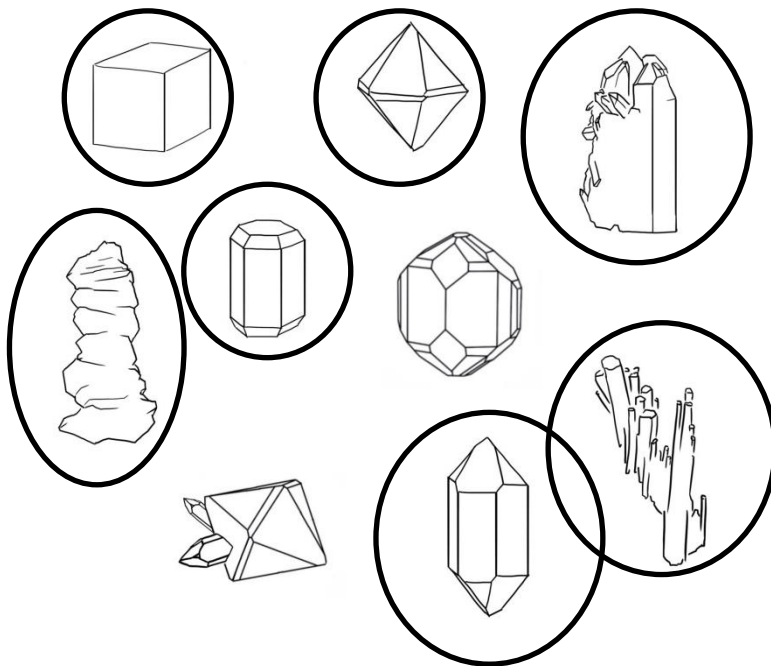
Gold-Braun. Das sehr spezielle Haar ist ein Menschenhaar, das sich auf den Kristall geschlichen hat ;-)

9. Findest du diesen Stein? Wie heisst er und was trägt er auf sich? *Pyrit in Form eines perfekten Würfels*

10. Diesen riesigen Rauchquarz findest du sicherlich schnell. Man nennt ihn auch Jumbo. Wie schwer denkst du, dass er ungefähr ist? *70 Kilogramm*



11. Wenn du gut suchst, entdeckst du irgendwo eine sehr spezielle Rose. Es scheint, als wäre sie wäre aus Metall. Wie nennt man das Gestein, aus welchem die "Rose" besteht? *Hämatit*
12. Findest du diesen hübschen Kristall? Es ist ein Quarz mit Limonit. Er ist nicht einfach nur Gelb. Welche Farben siehst du in ihm? *Alle Regenbogenfarben...*
13. Beim Fenster findest du diesen grossen grünen Kristall. Er hat eine interessante Form. An was erinnert sie dich? *Z.B. an einen grossen Tannenzapfen oder ein Insektennest*
14. Kristalle wachsen in einer speziellen Geometrie. Das heisst sie bestehen aus speziellen Formen wie Dreiecken, Vierecken oder Zylinder. Welche verschiedenen Formen (auf den ersten Blick auch "ungeometrische"!) kannst du grob bei den Kristallen in der Ausstellung entdecken? Kreise die richtigen ein.



15. Weisst du was ein Phantom ist? Das Wort Phantom kommt von Phantasie. Bei den Kristallen gibt es auch Phantome. Findest du diesen grossen Kristall, dem man Phantomquarz sagt? Und kannst du dir vorstellen, warum man ihm Phantom sagt? (schaue gut in die einzelnen Kristallspitzen)
In den Kristallspitzen befindet sich etwas wie ein alter, zweiter Kristall. In diesem Fall ist er Grün und besteht aus Chlorit.
16. Findest du diesen Stein? Welcher Geruch kommt dir in den Sinn, wenn du seinen Namen liest?
Schwefel- Schwefel hat einen sehr unangenehmen Geruch
17. In der Ausstellung siehst du Gold. Gold wächst auch, aber etwas anders als Kristalle. Versuche kurz zu beschreiben, wie Gold wächst.
Gold wächst nicht in geometrischen Formen wie Quarzkristalle, sondern chaotischer (für unsere Augen). Es sieht aus wie Flechten oder Moos.
18. Ein Kristall gleicht einem weissen Igel mit dicken Stacheln - er heisst sogar so. Entdeckst du ihn? Gefunden hat man ihn in einer Mine am Calanda, in welcher Gold abgebaut wurde, um Münzen zu machen. Wie heisst diese Mine? *Goldene Sonne*

10. Kristalle züchten in der Schule (→ aus GEOlino)

Ihr braucht für den Kristall:

- ein breites Glas oder einen grossen Plastikbecher
- drei Zahnstocher
- einen hölzernen Fleischspiess
- etwas Blumendraht und Wolle
- 250 g Kalium-Aluminium-Sulfat, kurz: Kali-Alaun (das bekommt ihr in der Apotheke)
- 250 ml Wasser



1. Schritt

Damit die Kristalle einen Stern ergeben, müsst ihr ihnen ein entsprechen- des Gerüst basteln. Nehmt dazu die drei Zahnstocher und verbindet sie mit dem Draht, wie ihr es auf dem Bild sehen könnt.



2. Schritt

Umwickelt die Strahlen des Sterns mit der Wolle, jeweils von außen zur Mitte. Dort bildet ihr ganz am Schluss eine Schlaufe. Durch die zieht ihr das Ende des Fadens und schneidet ihn dann ab. Aber nicht zu kurz: Ihr braucht das Ende noch zum Aufhängen!



3. Schritt

Legt den Fleischspiess quer über das Glas und knotet den Wollfaden daran fest – und zwar so, dass der Stern weder den Boden noch die Wände des Bechers berührt



4. Schritt

Bringt das Wasser zum Kochen und rührt dann nach und nach das Alaun hinein, bis sich nichts mehr auflöst. Seid aber vorsichtig! Alaun ist ein Salz, das die Schleimhäute, also Nase und Augen reizt



5. Schritt

Gießt die noch warme Lösung zu dem Stern und stellt das Ganze an einen sicheren Ort.

Wichtig: Es sollte dort gleichbleibend warm sein – das Fensterbrett ist deshalb ungeeignet. Außerdem sollte niemand am Becher ruckeln: Kristalle brauchen Ruhe zum Wachsen!



6. Schritt

Jetzt kommt der schwierigste Teil: abwarten! Bis sich an dem Stern glitzernde Zacken bilden, vergeht nämlich über eine Woche. Unsere Kristalle haben wir **zehn Tage** in Ruhe gelassen. Währenddessen haben sich Alaunteilchen an die Wolle geheftet und daran sind Kristalle gewachsen. Zum Schluss müsst ihr nur noch den Stern vorsichtig aus dem Becher nehmen



Euer Kristall:

Und hier funkelt es, das glänzende Ergebnis!
Wie gross die schmucken Zacken am Ende werden, hängt – wir sagen es gern noch einmal – allein von eurer Geduld ab . . .



11. Medienliste

*Im Folgenden werden ein paar Büchertipps angegeben.
Eine Auswahl finden Sie auch im Museumsshop!*

Bücher für kleine Leute

- R.F. Symes, R.R. Harding, 2015: **Edelsteine & Mineralien**, DK Verlag, München.
Kinderfachbuch allgemein zum Thema
- C. Bingham, C. Stamps 2014: **Steine und Mineralien**, DK Verlag, München.
Kinderfachbuch allgemein zum Thema. Etwas einfacher, als das oben angegebene Buch.
- Tom Dauer, 2016: **Gesteine und Minerale**, Ravensburger Buchverlag, Ravensburg.
Kinderfachbuch allgemein zum Thema. Für Kinder von 8 – 12 Jahren

Bücher für grosse Leute

- Paul Rustemeyer, 2015: **Turmalin – Faszinierende Kristalle mit phantastischen Innenwelten**, Verlag Dr. Friedrich Pfeil, München
Kurz, informative Texte und viele eindruckliche Bilder verschiedener Turmalin-Dünnschliffe!
- KosmosNaturführer, 2014; **Welcher Stein ist das?** Springer Spektrum, Berlin
- Walter Schumann, 2012; **Mineralien & Gesteine**; BLV Verlag, München
- Charly Bieler, 1994: **Pablo – ein Strahler auf extremen Wegen**; Verlag Bündner Monatsblatt, Chur

Nützliche Links

Bei vielen Links über Turmaline steht das Mineral als Schmuck- und Heilstein im Fokus.

- <https://de.wikipedia.org/wiki/Turmalingruppe>
- <https://www.renesim.com/lu/de/wissen/edelsteinlexikon/edelsteine/turmalin>

Links allgemein zu Kristallen:

- <https://www.brookit.ch/>
- <https://www.wasistwas.de/archiv-natur-tiere-details/was-ist-ein-kristall.html>
- <https://www.helles-koepfchen.de/?suche=kristalle>
- <http://www.chemieunterricht.de/dc2/kristalle/>

