Bergwerk Gonzen

Vertiefendes Hintergrund-Wissen zur Geologie

Eine kleine Hilfe für die Bergwerks-Führer und weitere Interessierte

Jürg Meyer 2017

Inhalt

1. Laminierte A3 - Vorlagen für Führungen 4
2. Die Eisen-Mangan – Lagerstätte Gonzen (Zusammenfassung) 5
3. Was ist Kalkstein? 6
4. Der Quinten Kalkstein 10
5. Bildung der Gonzen Erzlagerstätte 17
6. Die Erzmineralien des Gonzen 19
7. Falten im Bergwerk 21
8. Klüfte, Adern, Brüche im Bergwerk 25
9. Sinterbildungen und Mineral-Ausblühungen im Bergwerk 29
10. Eisen - Bakterien im Stollenwasser 32
11. Verhüttung von Eisenerz 35
12. Der Gonzen in der Welterberegion Sardona 37

Dieser geologische Behelf wurde nach dem geologischen Fortbildungskurs von März 2016 unter der Leitung von Jürg Meyer erstellt. Er soll das geologische Wissen der Gonzen-Bergwerksführer vertiefen und festigen, und ihnen als kleines Nachschlagwerk dienen.

Die Themenauswahl richtet sich nach dem, was im Bergwerk an geologischen Phänomenen angetroffen, gesehen und erlebt werden kann. Jedes Thema wird kurz eingeführt, wobei sich der Autor bemüht hat, eine möglichst anschauliche Sprache frei von wissenschaftlichen Fachbegriffen zu verwenden.

Am Schluss jedes Themas werden einige wenige methodische Tipps gegeben, wie das Thema gut an Gäste vermittelt werden könnte.

Zu jedem Thema gibt es Vorlagen für A3-Ausdrucke, die als laminierte Illustrationen bei Führungen eingesetzt werden können.

Um die geologischen Phänomene den Teilnehmern zu vermitteln ist es sinnvoll, einige gute 10fach – Lupen mit LED-Beleuchtung leihweise abzugeben und mindestens einen Hammer dabei zu haben, um mal eine Gesteinsprobe zu schlagen bzw. Calcit-Spaltstück zu zertrümmern.

1. Laminierte A3 - Vorlagen für Führungen

Laminierte A3 - Abbildungen haben sich als praktische Hilfsmittel bei Führungen erwiesen. Sie können einer Gruppe von Personen gezeigt und danach herumgereicht werden und dienen mit den Hintergrund-Infos dieser Broschüre dem Führer als Wissens-Stütze.

Für die Führer des Gonzen-Bergwerks wurden die folgenden Sets von A3 Vorlagen erstellt:

Was ist Kalkstein?

- Meeres-Plankton im Lichtmikroskop
- REM-Aufnahme Meeres-Plankton
- Kalkschlamm im Lichtmikroskop
- Dünnschliffmikroskop-Aufnahme eines Kalksteins

Der Quintner Kalk

- Geologische Zeittafel
- Weltkarte zur Zeit der Ablagerung des Quintner Kalks
- Landschaftsfoto der Region Sargans zur Zeit der Ablagerung des Quintner Kalks
- Gesteinsschichten – Profil der helvetischen Sedimentgesteine

Die Erzlagerstätte des Gonzen

- Farbschema zur Bildung der Erzlagerstätte

Die Erzmineralien des Gonzen

- Fotoseite Hämatit
- Fotoseite Magnetit
- Fotoseite Hausmannit
- Fotoseite Pyrit

Falten im Bergwerk

- Geologisch-tektonisches Profil Flims bis St.. Gallen

Klüfte, Adern und Brüche

- Calcit-Kristallgitter und Spaltstücke
- Ansicht des Gonzen mit den grossen Brüchen (Verwerfungen)

Sinterbildungen

- Foto Mini-Sinterterrassen Gonzen
- Foto Sinterterrassen Pamukkule Türkei

Eisenbakterien im Wasser

- REM-Aufnahme der Bakterien
- Lichtmikroskop-Aufnahme der Bakterien
- Zeichnung der Bakterien

Alle diese Abbildungen sind auch Teil dieser Dokumentation.

Herunterladen von folgenden Dropbox-links:

--> Link noch eingeben.

Weitere A3-Vorlagen zu unterschiedlichen geologischen Themen können hier heruntergeladen werden: https://www.dropbox.com/sh/zbdct5gklt8u5ho/AABH_cWFwJ-4mFkPuvh9Ab8_a?dl=0

2. Die Eisen-Mangan – Lagerstätte Gonzen

Kurz-Zusammenfassung

Der Gonzen ist der hoch über dem Städtchen thronende Hausberg von Sargans. Er zeigt alle Merkmale eines Bergs aus Quintnerkalk. Aufmerksame Beobachter erkennen sogar verschiedene Brüche, unter anderem einen klassischen kleinen konjugierten Grabenbruch. Niemand würde vermuten, dass in diesem Berg drinnen 90 km Stollen angelegt wurden – die grösste Bergwerksanlage der Schweiz. Damit wurde eine höchstens 3 m mächtige Erzschicht abgebaut, die am oberen Ende des unteren Quintnerkalks, an der Grenze zum Mergelband, welches hier Plattenkalk genannt wird, vorkommt. Sie besteht aus hochwertigem Eisenerz (Hämatit & Magnetit) sowie aus Manganerz (Hausmannit).

Die über mehrere km^2 ausgedehnte Erzschicht liegt schichtparallel und geht randlich langsam in Kalkstein über – das heisst, sie wurde während der Ablagerung des Kalksteins im Meer gebildet. Aus geochemischen Untersuchungen, Vergleichen mit ähnlichen Lagerstätten und weiteren geologischen Indizien stellt man sich die Erzbildung so vor: Das Ablagerungsgebiet des Quintnerkalkes gehörte ja zum europäischen Kontinentalrand, welcher aufgrund des Zerreissens von Pangäa an Bruchzonen in Schollen zerbrochen wurde, welche während des ganzen Mesozoikums immer wieder aktiviert wurden. In solchen Störungszonen, die tief in das unterliegende Grundgebirge reichte, konnten Meerwässer eindringen, teilweise kilometerweit in das heisse Kristallin. Dort konnten die erwärmten Wässer Eisen und Mangan aus den Gesteinen lösen. Stiegen diese metallbeladenen warmen Tiefengrundwässer an einer andern Störungszone wieder zum Meeresboden auf und traten dort in das kalte Meerwasser, so wurde das Erz wegen der Abkühlung in einer grossen Wolke ausgefällt und lagerte sich als Erzschlamm ab.

Die Gonzenerze wurden seit der Römerzeit bis 1966 abgebaut, dann wurde der Betrieb wegen mangelnder Rentabilität eingestellt, obwohl noch viel Erz im Berg liegt. Heute ist das Bergwerk durch eine Interessengesellschaft als faszinierendes Besucherbergwerk erschlossen. Eine Führung mit Stollenreise in der Bergwerksbahn und Besuch verschiedener Abbaustellen ist ein eindrückliches und lohnendes Erlebnis, besonders wenn es noch mit einem Essen im hervorragenden Stollenrestaurant gekrönt wird.

3. Was ist Kalkstein?

Kalkstein kennen alle. Doch was ist eigentlich Kalkstein?

- Kalkstein ist immer ein Meeressediment (Süsswasserkalke gibt es auch, aber ganz selten)
- Die meisten Kalksteine sind feinkörnige massige Gesteine, wo man von Auge oder mit der Lupe kaum einzelne Bestandteile erkennen kann – auch der Gonzen-Kalkstein gehört zu diesen. Diese Kalksteine sind eigentliche „Planktonfriedhöfe“ → wie ist das gemeint?
  1. In einer Handvoll klaren Meerwassers sind Abertausende von kleinsten Lebewesen zu finden – nur unter dem Mikroskop sichtbar. Diese werden als „Mikroplankton“ zusammengefasst. Es gibt pflanzliches und tierisches Mikroplankton, es sind in der Regel einfache einzellige Organismen
  2. Das tierische Mikroplankton baut wunderschöne filigrane Schalen und Gerüste aus Calciumkarbonat (Calcit, chemische Formel $CaCO_3$ – Eselsbrücke „Kako-Drei“); dies gechieht durch biochemische Prozesse aus dem im Meerwasser gelösten Calcium (Ca) und Karbonat (HCO_3).
  3. Die Milliarden von absinkenden Planktonschalen abgestorbener Tierchen ergeben am Meeresboden einen feinsten Karbonatschlamm – alle die schon in tropischen Lagunen gebadet haben, kennen diesen feinen Karbonatschlamm.
  4. Dieser Karbonatschlamm wird mit der Zeit und mit weiterer Überlagerung langsam zu Kalkstein umgewandelt (=Diagenese). Dabei spielen sich die folgenden drei Prozesse ab:
     a) Auspressen des Porenwassers, Entwässerung
     b) Kompaktion durch zunehmenden Druck
     c) Zementation durch Ausscheidung von Mineralsubstanz in den Kornzwickeln
- Im flachen Meer leben auch zahlreiche grössere Lebewesen, die ebenfalls Schalen und Skelette aus Calciumkarbonat bilden. Wenn diese Schalen erhalten bleiben, gibt das die schönen und allseits bekannten Fossilien wie Muscheln, Schnecken, Austern, Ammoniten, Belemniten etc.
- Es gibt deshalb auch Kalksteine, die mehrheitlich aus solchen grösseren Schalenteilen aufgebaut sind, man gibt denen dann spezielle Namen, etwa-:

Gestein	Aufbau	Beispiel Region Sargans
Korallenkalk	besteht im wesentlichen aus Korallen	Troskalk (oberste Quintenform.)
Muschelkalk	besteht im wesentlichen aus Muscheln	Mittelland-Molasse
Spatkalk	besteht aus Seelilienbruchstücken	Lias-Kalksteine

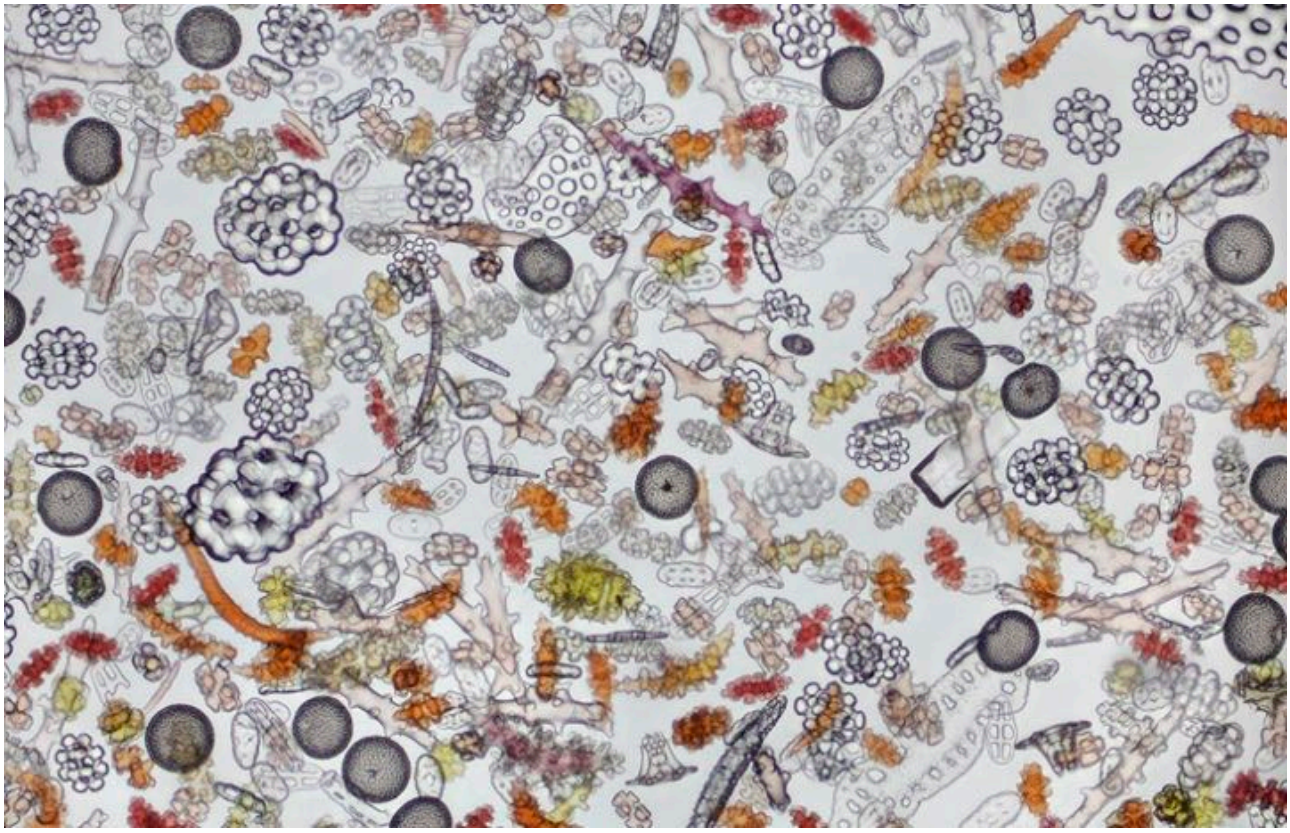
- Dann gibt es noch weitere Spezialformen von Kalksteinen, etwa die folgenden, die auch in der Region Sargans vorkommen:

Gestein	Aufbau	Beispiel Region Sargans
Oolith	besteht aus kleinen runden Algenkügelchen	Oolithe Dogger (Bommerstein-Fm)
Kieselkalk	mit viel Kieselalgen aus Quarz	Helvetischer Kieselkalk

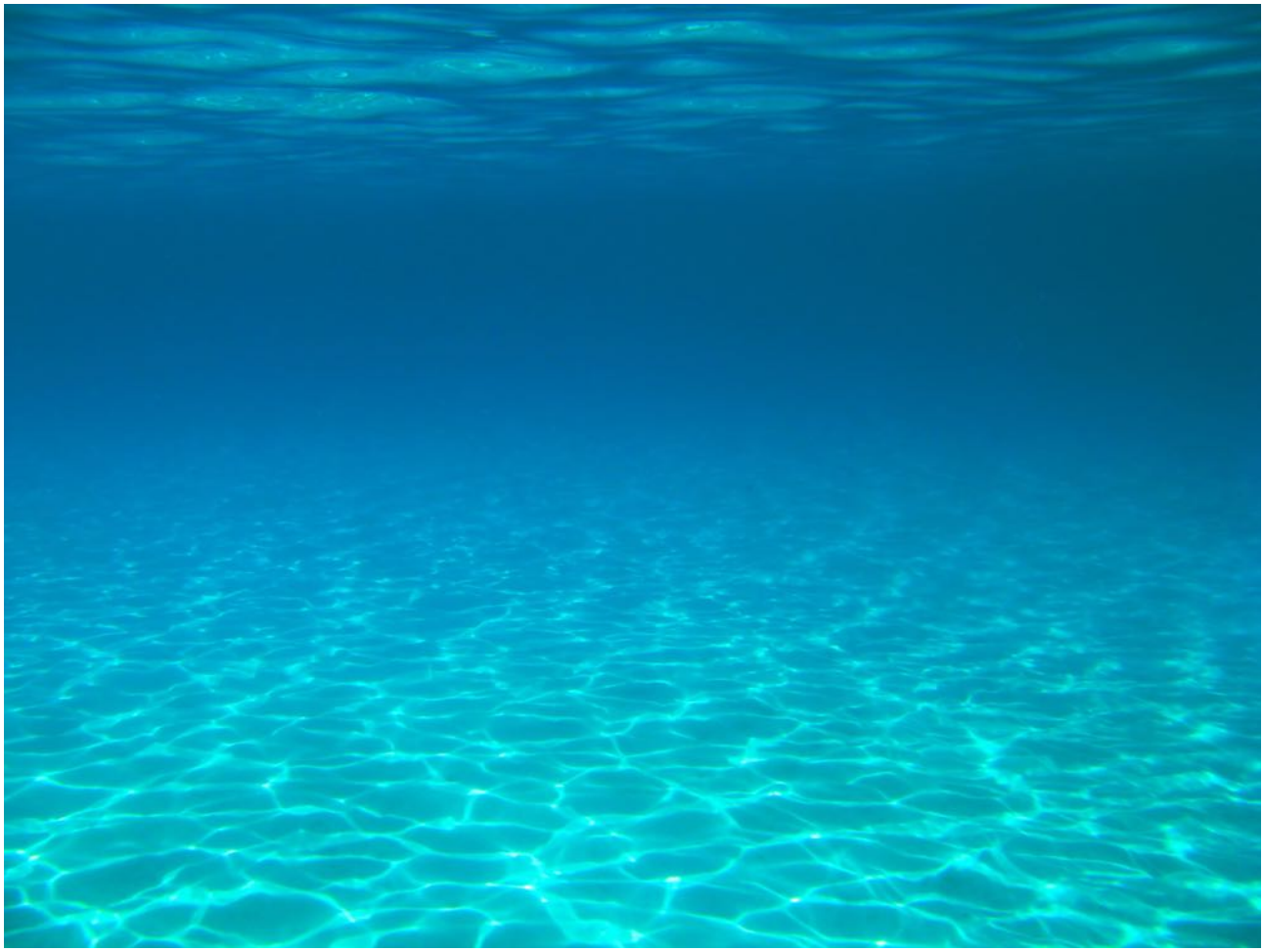
- Kalkstein ist also nicht gleich Kalkstein! Es ist etwa so, als würden man alle Autos einfach als „PW“ bezeichnen – nicht falsch, aber es reicht auch nicht um die Vielfalt von Marken und Typen zu beschreiben….

→ Methodische Tipps

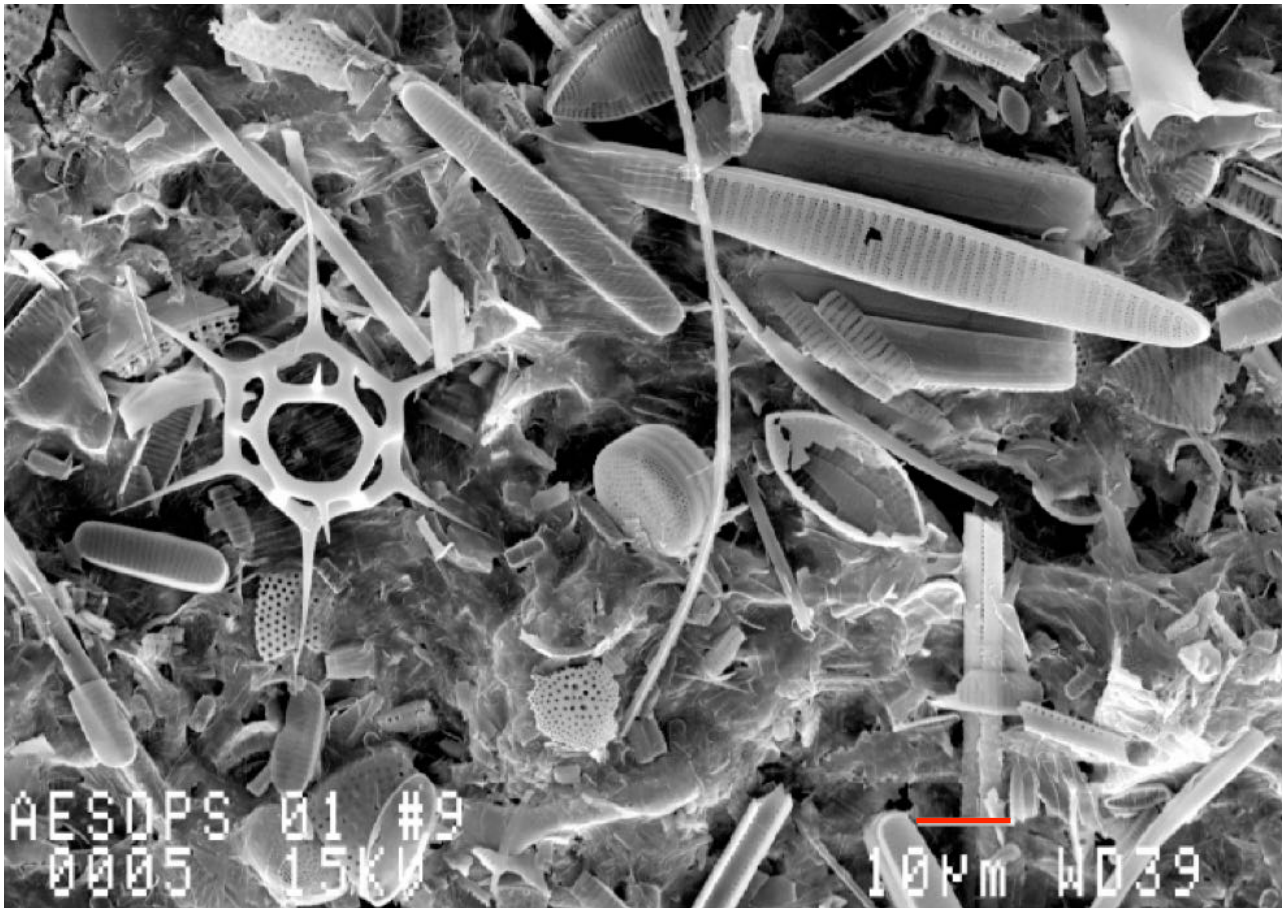
- Am besten noch vor dem Einfahren vor oder im Eingang einführen.
- Einen frischen Kalksteinbrocken nehmen, rumzeigen und die Teilnehmer fragen, was das für ein Gestein sei, und wenn das gesagt ist, was denn eigentlich Kalkstein sei → zusammentragen Aussagen.
- Was ist in einer Handvoll von klarem Meerwasser drin? → Millionen von Mikrotierchen → Mikroskop-Aufnahmen zeigen
- Entstehung von Kalkschlamm bis zu Kalkstein erzählen, Fotos dazu zeigen.



Mikroskop-Aufnahmen von tierischem Plankton im Meerwasser. Die einzelnen Lebewesen haben Grössen im Bereich von Tausendstel Millimeter



Meeresboden mit feinstem Kalkschlamm – die „Plankton-Friedhöfe“. So sah Sargans vor 150 Mio. Jahren aus....



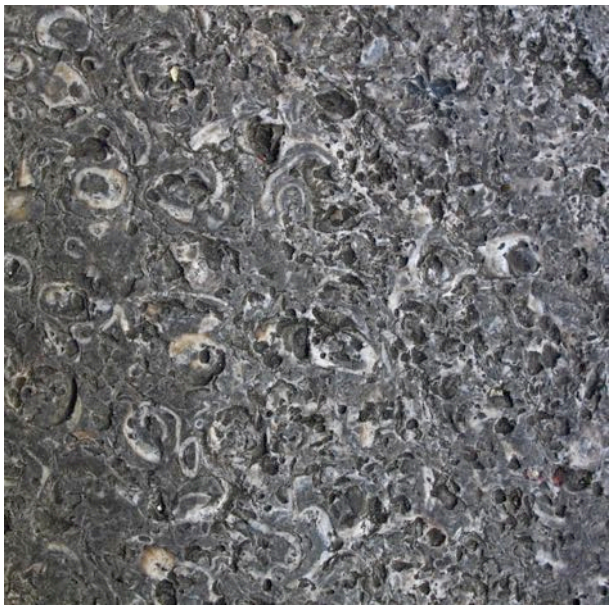
Rasterelektronenmikroskop-Aufnahmen von tierischem Plankton aus Meerwasser. Roter Strich = 1/100 mm


Dünnschliff-Mikroskop-Präparat eines Kalksteins mit zahlreichen Mikrofossilien. Roter Strich = 1/100 mm

Verschiedene Kalkstein – Arten in Nahaufnahmen



Feinstkörniger Kalkstein aus Kalkschlamm entstanden



Muschelkalkstein



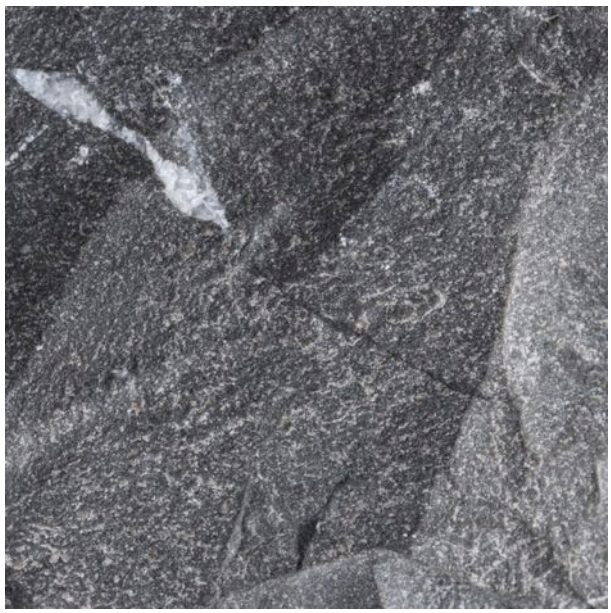
Kalkstein aus Seelilien-Bruchstücken (Echinodermen)



Korallenkalk



Kalkstein aus Algenkügelchen = Oolith



Kieselkalk aus Kalk- und Kieselplankton

4. Der Quintner Kalkstein

Vom Tropenmeer zum Hochgebirgsklotz!

Kein Gestein, sondern eine Formation

Für die Geologen ist der Quintner Kalk eine so genannte Formation, eine im Gelände gut ausscheidbare Einheit mit verschiedenen darin enthaltenen Gesteinsschichten. Dese Quinten-Formation wir von oben nach unten in folgende so genannte „Member" unterteilt:

1. Troskalk = Korallenkalk
2. Oberer Quintnerkalk
3. Mergelband / Plattenkalk
4. Unterer Quintner Kalk

Der Einfachheit halber kann man weiterhin vom „Quintner Kalk" sprechen – aber ihr als Führer solltet wissen, dass darin unterschiedliche Kalksteinarten zusammengefasst sind. Die Quinten-Formation Mächtigste Kalksteinserie der helvetischen Zone. Je nach Gebiet kann die ganze Abfolge von 200 bis 500 m mächtig sein. Sie bildet zusammen mit dem jüngeren Öhrlikalk die gewaltige Hochgebirgsmauer, die sich von den Dents du Midi im Unterwallis über den Gran Muveran, die Rinderhorn-Balmhorn-Altelsguppe über das Doldenhorn, Blümlisalpgruppe, Jungfrau-Eiger, Wetterhorn, Engelhörner, Wendenstöcke-Titlis, Schlossberg, Windgälle, Jegerstöcke bis zu Glärnisch, Tödi, Calanda und Gonzen erstreckt. Deswegen wird für die beiden Kalksteine, die im Handstück oft kaum unterscheidbar sind, auch der Sammelbegriff „Hochgebirgskalk" verwendet.

Die Formation des Quintnerkalkes wird in einen unteren Teil, ein trennendes Mergelband (im Gonzengebiet der Plattenkalk) , einen oberen Teil und den nicht überall abgelagerten Tros-Korallenkalk zuoberst unterteilt. Darüber folgen die mergeligen Zementsteinschichten, dann der Öhrlikalk.

Steckbrief des normalen Quintner Kalks

Der normale Quintner Kalk ist ein massig-homogener, splittrig brechender Kalkstein; feinstkörnig-feinkristallin (→ „Planktonfriedhof"!). Er ist im frischen Bruch dunkelgrau bis schwarzgrau, infolge mikroskopisch feinen Einlagerungen von organischem Material. Oberflächlich hat er eine mittel- bis hellgraue Patina. Er ist sehr grob gebankt bis deutlich geschichtet.

Auch wenn der Quintnerkalk mit seinen massiven Felswänden völlig undeformiert aussieht, kann er intern doch massive duktile Verformungen wie Falten unterschiedlicher Geometrie, Ansätze einer Schieferung, und Boudinage zeigen.

Weisse grobspätige Calcit-Adern und Klüfte sind häufig – auch oft in alpinen Flusskieseln anzutreffen. In tektonisch stark beanspruchten Zonen findet man teilweise wild-chaotische Calcit-Aderschwärme – so auch im Gonzen-Bergwerk. Die Kalksteine sind recht stark zerklüftet, und neigen deshalb zu Bergstürzen (Flimserstein, Tödi, Kandersteg, etc.).

Durch Wassererosion an der Oberfläche findet man oft Rillen- Schrattenbildungen; nicht ganz so ausgeprägt wie im Schrattenkalk. Karstbildungen und grössere Höhlensysteme sind verbreitet.

Die Entstehung des Quintner Kalks

Das Alter der Quinten Formation ist Oberster Jura bis unterste Kreide (155 – 140 Mio. J.). Die Ablagerung erfolgte in einem mehrere Hundert Meter mächtigen Meeresbecken mit sauerstoffarmen Bedingungen, weshalb sich organisches Material unoxidiert erhalten konnte (kohliges Material). Dies gibt dem Kalkstein die dunkle Farbe und erzeugt beim Anschlagen einen Geruch nach faulen Eiern, welcher durch geringste aus Flüssigkeitseinschlüssen freigesetzten Mengen von Schwefelwasserstoff stammen.

Der Troskalk mit seinen Korallen wurde in flachem Wasser abgelagert; er dokumentiert das kontinuierliche Vordringen des Oberjura-Riffgürtels vom Zentral- über den Ostjura bis ins Helvetikum.

Die Erzschicht am Gonzen liegt zwischen unterem Quintnerkalk und Plattenkalk

→ Methodische Tipps

- Den Kalkstein entweder draussen vor dem Eingang oder im Eingangsstollen vorstellen.
- Nach dem Thema „Was ist ein Kalkstein“
- Den Kalkstein in einem guten Stück mit frischem Bruch rumzeigen, ev. mit Lupe zum Betrachten → man sieht eigentlich „nichts“ → auch ein „Planktonfriedhof-Kalkstein“
- Alter des Kalksteins erwähnen (Jurazeit, um 150 Mio.J.). Fragen, wie die Gegend damals ausgesehen haben könnte
- Landschaftsfoto und Weltkarte von damals zeigen.
- Geologische Zeittafel mit Alter des Quintner Kalkes zeigen
- Schichtprofil des Helvetikums zeigen (nicht näher erläutern, da zu kompliziert) → der Quintnerkalk ist etwa in der Mitte einer mächtigen Sedimentgesteinsserie, welche die Voralpen vom Genfersee bis zum Säntis aufbauen.



Der Gonzen von Süden. Der Gipfel und rechts davon = oberer Quintnerkalk; darunter der Plattenkalk als Band und dann der untere Quintnerkalk.

Geologische Zeittafel

Mit spezieller Berücksichtigung des Alpenraums und der Alpenbildung

© Jürg Meyer 2010, www.juerg-meyer.ch
Quellen: Einteilung nach Geol. Soc. America 2009. Alpenbildung nach Pfiffner 2009 und Marthaler 2002. Weitere Angaben aus Wikipedia

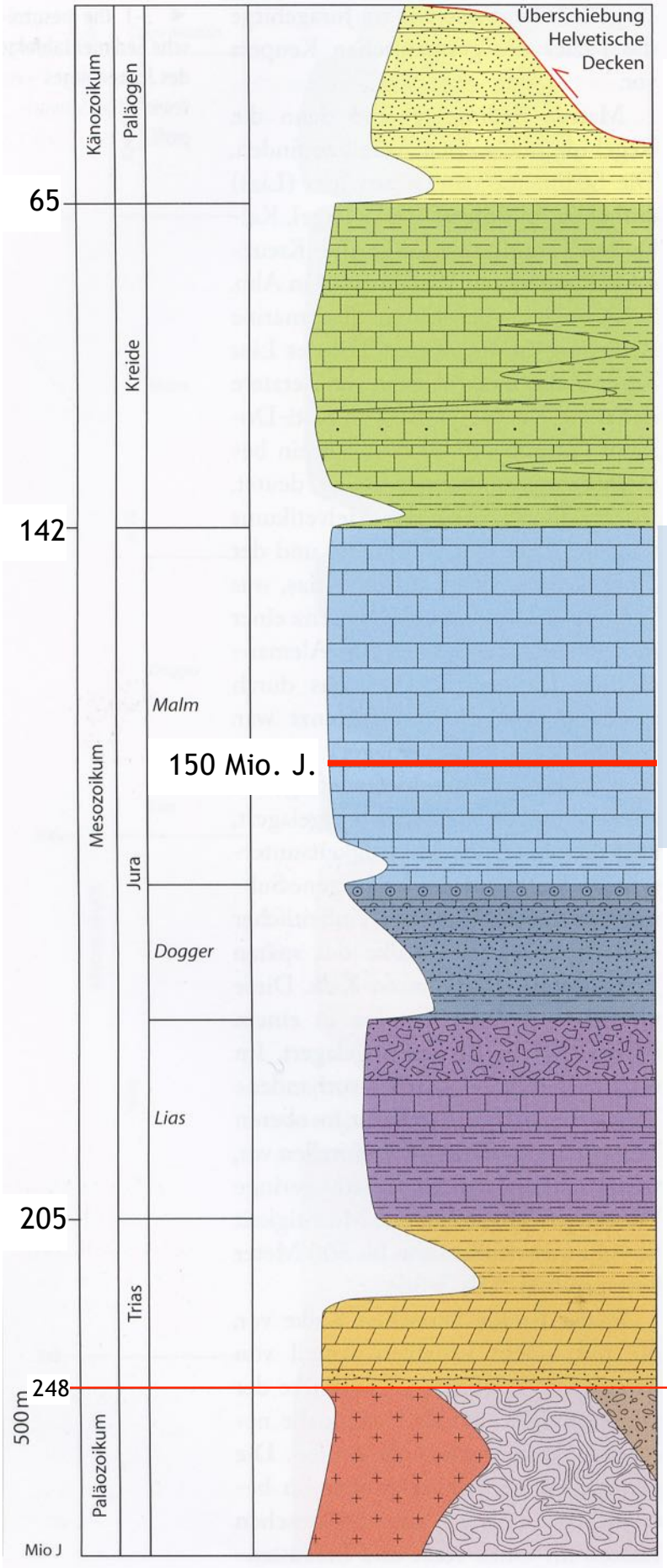
Zeitskala massstäblich	Äon	Ära	Periode	Epoche	Mio J	Entwicklung des Lebens	Geologische Ereignisse und Alpenbildung
T	Phanerozoikum	Känozoikum (Erdneuzeit)	Quartär	Holozän	0.01	Der Mensch beginnt ein globales Artensterben und eine massive Klimaerwärmung auszulösen Der Mensch beginnt den Alpenraum zu besiedeln.	Klima teilweise etwas wärmer als heute, aber keine massiven Schwankungen. Viele grosse postglaziale Bergstürze, Bildung von Schutthalden und Schuttfächern in den Alpentälern Ende der letzten grossen Eiszeit
K				Pleistozän	2.6	Meeresspiegelsenkungen bis zu -200m infolge der Vereisungen → Beringstrasse und Ärmelkanal sind Festland. Ab ca. 2.5 Mio.J. Gattung Homo in Afrika, erste Werkzeuge; ab 0.16 Mio. Homo Sapiens	Zahlreiche grosse Vereisungen in Mitteleuropa. Die Alpengletscher stossen mehrfach bis ins Mitteland vor. Aushobelung der Alpentäler, Formung der Landschaft des Mittellandes. Höchststand letzte Eiszeit vor rund 20'000 Jahren
J			Tertiär	Pliozän	5.3	6 – 7 Mio J: Erste aufrecht gehende Hominiden in Afrikas Savannen	Hebung und Abtragung dauern an
T				Miozän	23.0	Haie und Knorpelfische entwickeln eine grosse Artenvielfalt.	Hauptfaltung des Jura Molasse: Obere Süsswassermolasse; Obere Meeresmolasse; Untere Süsswassermolasse; Untere Meeresmolasse Granite Adamello Bergell Überschiebung und Verfaltung helvetische Decken; Metamorphose
P				Oligozän	33.9	Gräser breiten sich aus. Säugetiere entfalten sich, viele Gross-Säugerarten entwickeln sich	
K				Eozän	55.8		Flysche: Helvetische Flysche; Nordpenn. Prättigau- und Niesen - Flysch; Südpenn. Gurnigelflysch; Südpenn. Flysche: Sarine / Dranses / Simme / gets Überschiebung und Verfaltung penninische und ostalpine Decken; Metamorphose
D				Paläozän	65.6		
K		Mesozoikum (Erdmittelalter)	Kreide	Oberkreide	99.6	Ende Kreidezeit: grosses Massenaussterben infolge Einschlag eines 10km – Meteoriten auf der Halbinsel Yucatan. Dinosaurier und Ammoniten sterben aus.	
				Unterkreide	145.5	Erste Blütenpflanzen erscheinen Erste höhere Säugetiere Blütezeit der Foraminiferen	Beginn Schliessung / Subduktion des Piemont-Ozeans
			Jura	Quintner Kalk &Gonzen Oberer Jura (Malm)	161	Dinosaurier beherrschen das Landleben, Säugetiere bleiben klein.	Ausbildung eines südlichen Ozeans → Piemonttrog, mit ozeanischer Kruste, ca. 500km breit; sowie eines schmalen nördlichen Beckens (Walliser Trog), dazwischen die „Briançonnais-Schwelle“ des Iberischen Blocks. Ablagerung von flach- bis tiefmarinen Sedimenten vom nördlichen Kontinentalrand (Helvetikum) über die Meeresbecken (Penninikum) bis zum südlichen, apulisch-afrikanischen Kontinentalrand (Ost- und Südalpin)
				Mittlerer Jura (Dogger)	176	Flugsaurier und Urvogel Archeopterix Massenweise Organismen in den Meeren, welche Karbonatablagerungen und Riffe bilden	
				Unterer Jura (Lias)	202		
			Trias	Obere Trias (Keuper)	235	Erste Dinosaurier erscheinen im Wasser, auf Land, in der Luft. Ammoniten breiten sich als wichtige Meereslebewesen aus	Pangäa zerbricht zu Laurasia und Gondwanda → Beginn der Öffnung der alpinen Tethys (Piemontbecken) Mächtige seichtmarine Ablagerungen auf ausgedehnten Karbonatplattformen (Dolomite, Kalke, Gips, Salz...)
				Mittlere Trias (Muschelkalk)	245		
				Untere Trias (Bundsandstein)	251		
		Paläozoikum	Perm	ob. / mittl. / unt.	299	Grösstes bekanntes Massenaussterben am Ende Perm Erste Nadelbäume. Reptilien übernehmen die Herrschaft an Land.	Superkontinent Pangäa, Festland, wüstenhaft. Eingeebnetes variszisches Gebirge. Grosse innerkontinentale Grabenzonen mit Vulkanismus (Permokarbontröge)
			Karbon	Pennsylvanium	318	Tiere erobern Festland. Erste Flug-Insekten. Zeitalter der tropischen Farn-Moorwälder	Variszische Gebirgsbildung verbunden mit Metamorphose und riesigen Granitintrusionen (z.B. Bernina-, Aar-, Fibbia-, Rotondo-, Mont-Blanc-, Ecrins-, Arolla-, Randa-Granite bzw. heutige Granitgneise).
				Mississippium	359	Entwicklung von Reptilien, Knochenfischen	
			Devon	ob. / mittl. / unt.	416	Pflanzen erobern das Land (Ur-Bärlapp, Schachtelhalme, Farne, Moose...) Im Meer erste Haie, Lungenfische, Quastenflosser	
			Silur	ob. / mittl. / unt.	444	Erste einfache Lebewesen an Land in Küstennähe	Kaledonische Gebirgsbildung, ähnlich wie Alpenbildung: Kontinentalkollision, grosse Deckenüberschiebungen, Metamorphose....
			Ordovizium	ob. / mittl. / unt.	488	Grosse Vielfalt an Meeres-Lebewesen Noch keine Besiedlung des Landes	
			Kambrium	4 verschiedene Epochen	542	„Kambrische Explosion“ des Lebens – nur im Meer. Trilobiten, Brachiopoden	Zerfall des Superkontinents Rodinia
	Präkambrium	Proterozoikum	Jungproterozoikum		1000	670 – 550: Reichhaltige urtümliche Tierwelt von der Fundstelle in den Ediacara-Mountains von SW-Australien (Ediacara-Fauna)	Um 600: Superkontinent Vendia Älteste Sedimentgesteine der kristallinen Sockel des alpinen Raums (heute als metamorphe Gesteine vorliegend)
			Mittelproterozoikum		1600		Während ganzem Proterozoikum: Zahlreiche Gebirgsbildungen und globale Vereisungen
			Altproterozoikum		2500	ab rund 2000 Bildung von Luft-Sauerstoff durch Photosynthese	Banded Iron Formations (BIF) → Zeugen von Sauerstoff Älteste radiometrische Alter in Zirkonen aus metamorphen Gesteinen der Alpen
		Archaikum	Jungarchaikum		2800		
			Mittelarchaikum		3200		
			Altarchaikum		3600	3300: erste Prokaryoten (zellkernlose Organismen) 3560: älteste Stromatolithen aus Australien Bildung der 2. Ur-Atmosphäre, Stickstoff-reich	
		Hadaikum			4550	Bildung der Ozeane durch Dauerregen um 3800: älteste vermutliche Lebensspuren in metamorphen Gesteinen von Grönland Sauerstoff-freie erste Ur-Atmosphäre, die zu 80% aus Wasserdampf besteht Entstehung der Erde als rotierende Masse aus der rotierenden Scheibe des Solarnebels.	um 4000: erste feste Erdkrusten Heftiges Bombardement durch Meteoriten Um ca. 4500 Mio. J. Entstehung des Mondes infolge des Einschlags eines etwa Mars-grossen Himmelskörpers → Mond entstand aus Auschschleuderungsmaterial der Kollision.

Proterozoikum | Archaikum | Hadaikum

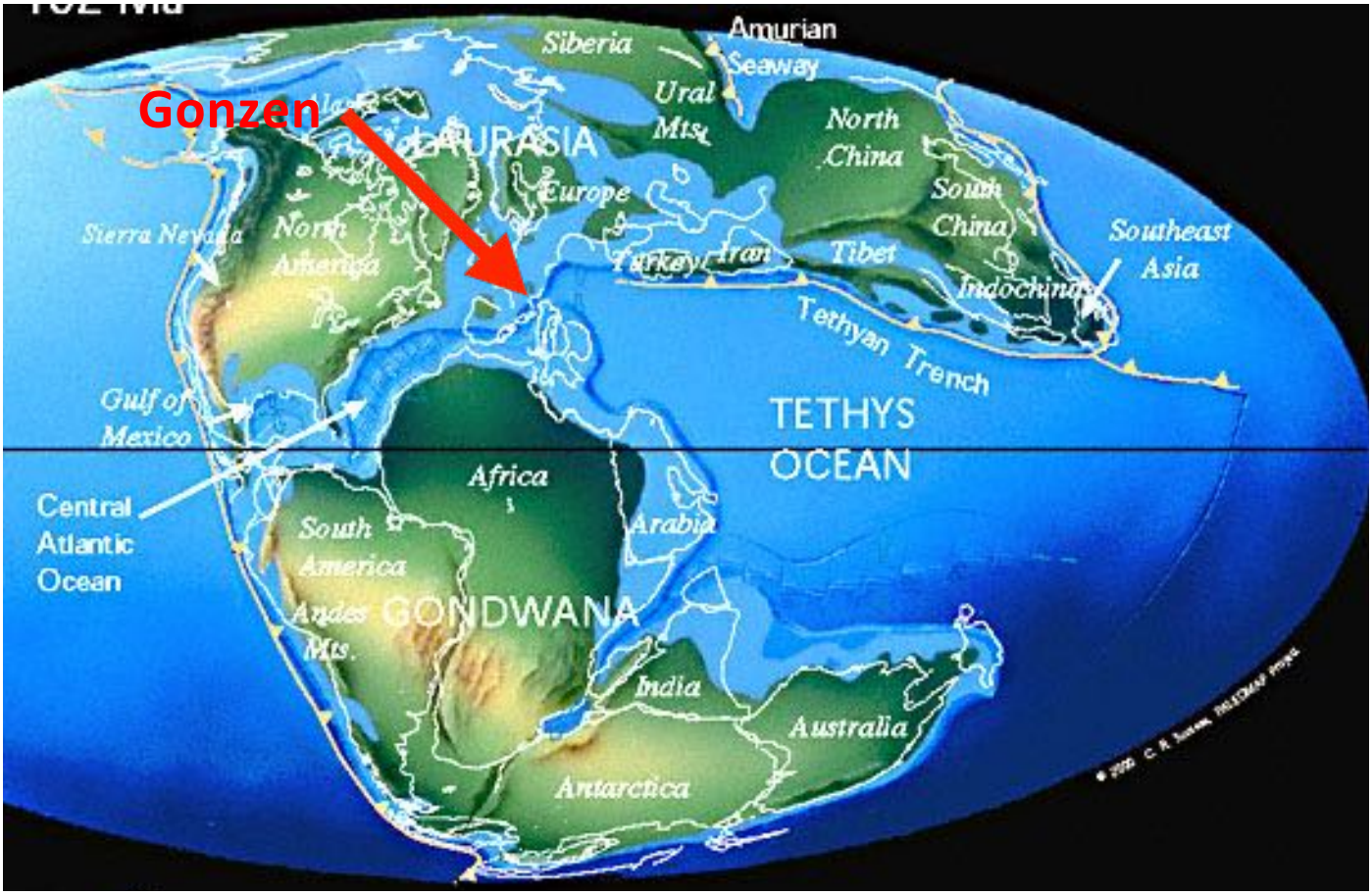
„The Big Five“ – die bedeutensten Massen - Aussterben im Phanerozoikum. Dabei starben über einen geologisch gesehen sehr kurzen Zeitraum grosse Anteile der Lebewesen aus – sowohl im Meer als auch auf dem Land. Dies ermöglichte aber auch neuen Lebensformen zu Durchbrüchen – etwa den Säugetieren nach dem Verschwinden der Dinosaurier.
Meist sind die Gründe für ein Massensterben vielfältig – oft stehen die Ökosysteme unter einem Langzeitstress (z.B. Kontinentalverschiebung), zu dem ein Kurzzeitstress (z.B. massiver Vulkanismus) hinzu kommt.
Dass diese Ereignisse an Zeitenwechseln liegen hat seinen Grund darin, dass die frühen Geologen diese Zeitgrenzen immer dort zogen, wo sie deutliche Veränderungen im Fossilgehalt der Gesteine fanden.

Die Sedimentgesteine des Helvetikums der Zentralalpen

Aus: Pfiffner, O.A: Geologie der Alpen; Haupt Verlag, Bern, 2009



Nordhelvetischer Flysch	Sandsteine und Tonschiefer in Wechsellagerungen
Stad-Mergel	schiefrige Mergel
Seewen - Kalk	fein körnige helle Kalksteine
Garschellaformation	Braungrüne Sandsteine
Schrattenkalk	Helle Kalksteine, bildet Kletterwände der Churfirsten
Drusbergschichten	Mergelband zw. den Wänden von Schrattenkalk und Kieselkalk
Kieselkalk	Dunkler, „backsteinartiger“ Kalkstein, hart und zäh → Bahnschotter
Öhrlikalk	dichter Kalkstein
Palfriesformation	Tonig-Mergelige Gesteine, Wiesenzonen
Malm-Sedimente **Quinten-Formation**	Troskalk Oberer Quintnerkalk **Plattenkalk / Mergelband** **Erzschicht am Gonzen** **Unterer Quintnerkalk**
Schilt-Formation	Mergelige Kalksteine
Eisen-Oolithe Bommerstein-Formation	Blegi-Oolith
Dogger-Sedimente	Sandsteine dunkle Tonschiefer
Lias-Sedimente	Brekzien Spatkalke Mergel Sandsteine
Trias -Sedimente	Rote Tonschiefer = Quartenschiefer Ockergelbe Dolomite = Rötidolomit Helle grobe Sandsteine = Melser Sandstein
Grundgebirge des Aarmassivs	Verrucano - Gesteine Glarner Decke Karbon-Sedimente Bifertengrätli Granite (Tödi, Sandbalm...) Altkristallin



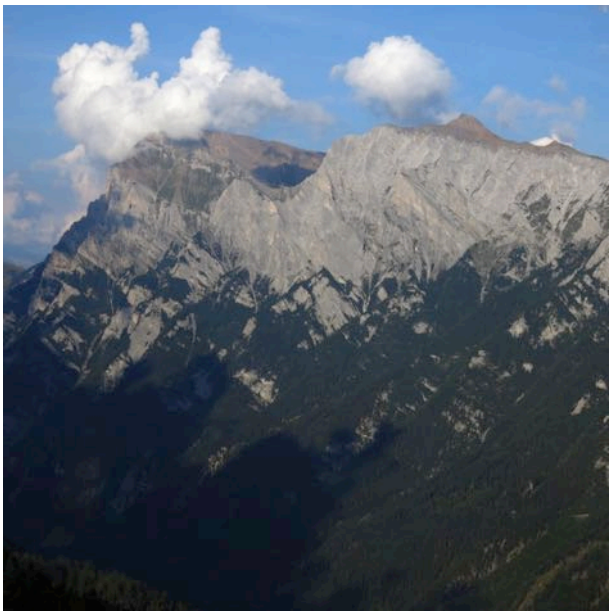
Die Welt vor 150 Millionen Jahren, als das Gonzenerz gebildet wurde. Das ganze zukünftige Mitteleuropa war meeresbedeckt und lag auf subtropischem Breitengrad



Und so sah es in unserer Gegend damals aus, in einer Flugaufnahme von Deutschland her gegen Süden. Wer gut hinschaut, sieht gegen den Horizont zu die Kirchturmspitze von Sargans…



Der namengebende Ort – Steinbruch Quinten



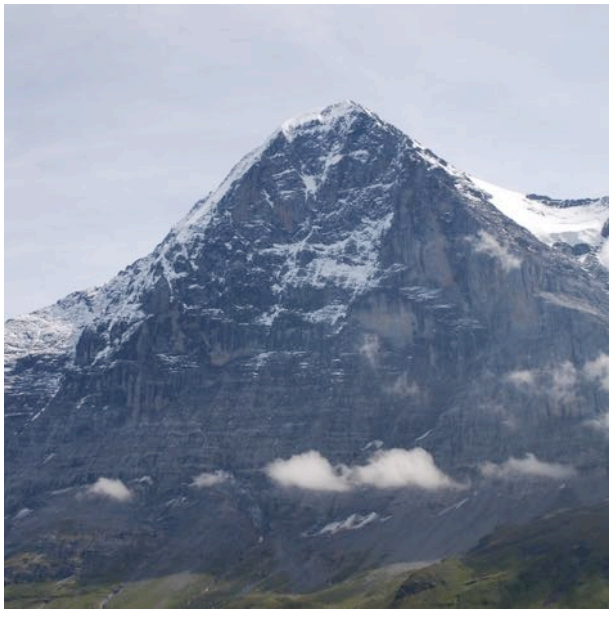
Der Calanda von der Ringelspitzhütte aus.



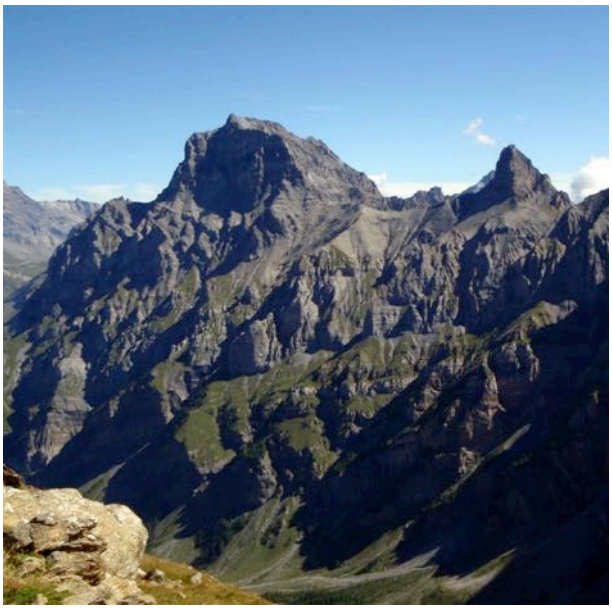
Der Tödi, ein Klotz aus Quintnerkalk



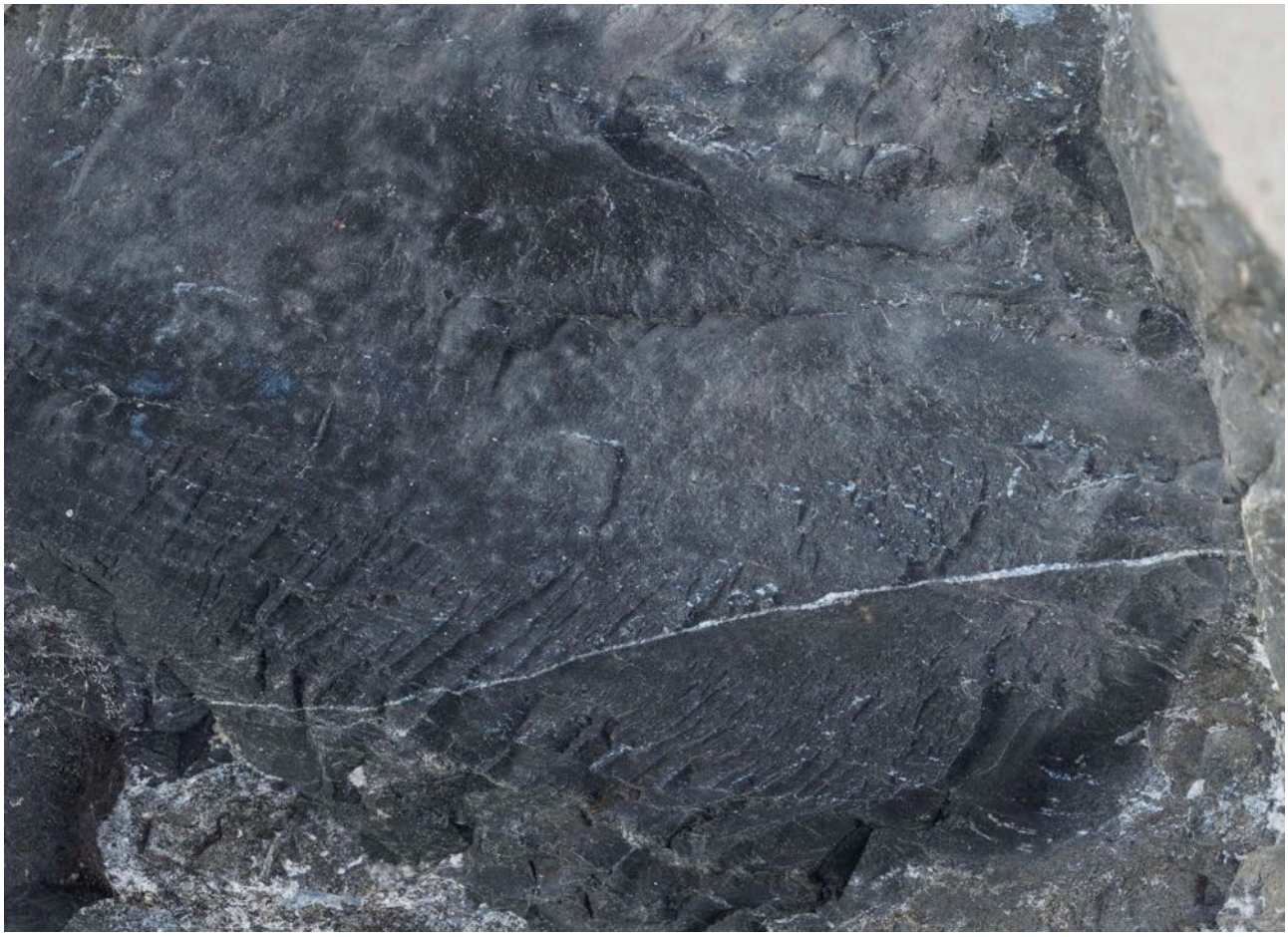
Die riesigen Kletterwände der Wendenstöcke



Der Eiger, aufgebaut aus Quinten- und Öhrlikalk



Der Grand Muveran in den waadtländer Alpen



Der normale Quintnerkalk im frischen Bruch – dunkelgrau infolge Einlagerungen organischen Materials.



Korallenkalk aus der obersten Teil der Quinten-Formation, dem Troskalk. Die Korallen-Äste sind noch gut zu erkennen.

5. Bildung der Gonzen Erzlagerstätte

Was wissen wir aus der geologischen Beobachtung?

- Das Erzlager ist grossflächig über viele Quadratkilometer schichtparallel abgelagert worden → das kann man auf dem Rundgang immer wieder sehen.
- Das Erzlager geht randlich in normalen Kalkstein über.
- Wir finden Mikrofossilien und ganz selten auch grössere Fossilien im Erzlager selbst.

Daraus können wir schliessen

- Das Erzlager wurde während der Ablagerung des Kalksteins gebildet.
- Aus Untersuchungen an den Kalksteinen wissen die Geologen:
  - Der Kalkstein wurde in einem recht tiefen warmen Meeresbecken abgelagert
  - Die Ablagerungszeit liegt in der oberen Jurazeit, also etwa vor 150 Mio.J.
  - Dieses Meeresbecken bildete damals den südlichen Rand des europäischen Kontinents und es lag einige Tausend Kilometer weiter südlich als heute.
  - Dieser Kontinentalrand wurde von Dehnungsbrüchen zerhackt, in denen Meerwasser bis tief in die Erdkruste eindringen, sich dort erhitzen und die Umgebungsgesteine chemisch angreifen konnten.

Deshalb stellen sie sich die Erzbildung so vor:

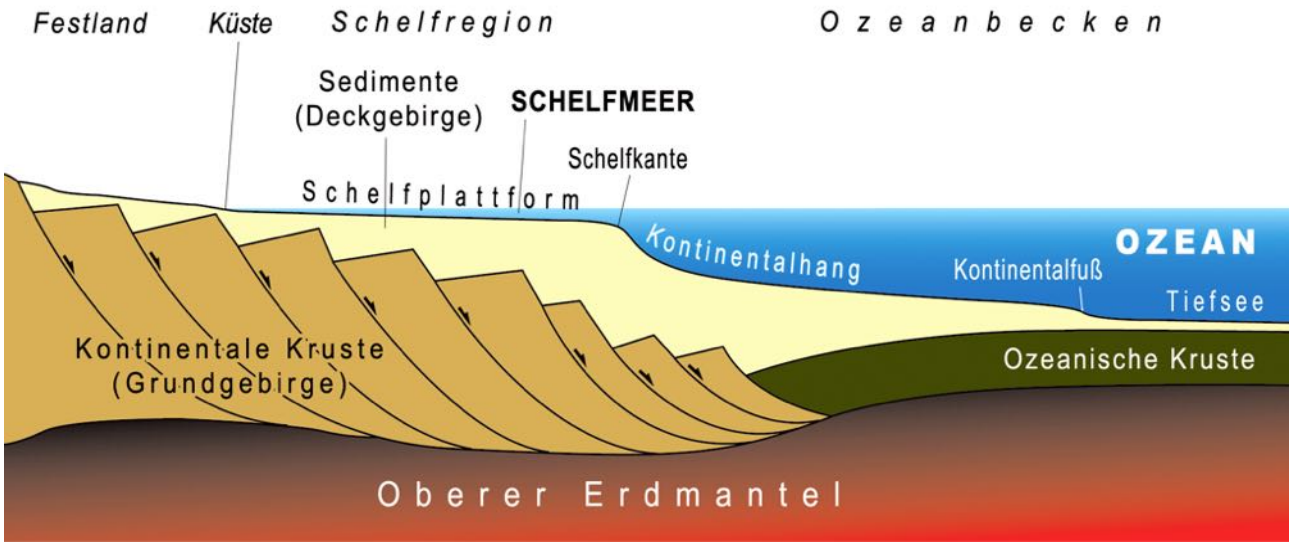
- Einige der Bruchzonen reichten kilometertief bis in das Grundgebirge aus Gneis und Granit hinab; entlang der Bruchzonen eindringendes Meerwasser löste dort Eisen und Mangan aus den Gesteinen. Entlang anderen Bruchzonen stieg dieses metallbeladene Tiefengrundwasser wieder hoch.
- Am Austritt solcher Bruchzonen ins Meer gelangte das eisen- und manganhaltige Tiefengrundwasser an den Meeresgrund und breitete sich dort aus. Weil es dort ein lokal ziemlich abgegrenztes Becken mit wenig Strömungen gab, blieb die „Wolke" von metallhaltigem Grundwasser hängen.
- Mit der Abkühlung im Meerwasser schieden sich Eisen und Mangan als Erzschlamm aus und sanken an den Grund des Beckens. Wahrscheinlich spielten Bakterien auch noch eine wichtige Rolle bei der Erzausfällung (vgl. heutige Erzbakterien !)
- So baute sich über eine gewisse Zeit eine Erzschlammschicht auf, bis die metallreiche Tiefengrundwasserquelle versiegte. Vielleicht heilte der Bruch zu oder ein neuer entstand an einem andern Ort.
- Langsam wurde der Schlamm wieder durch normalen Kalkschlamm aus Meeresorganismen überdeckt und mit der Zeit verfestigte sich alles zu Gestein.

Vergleich mit andern Eisenerzvorkommen der Schweiz

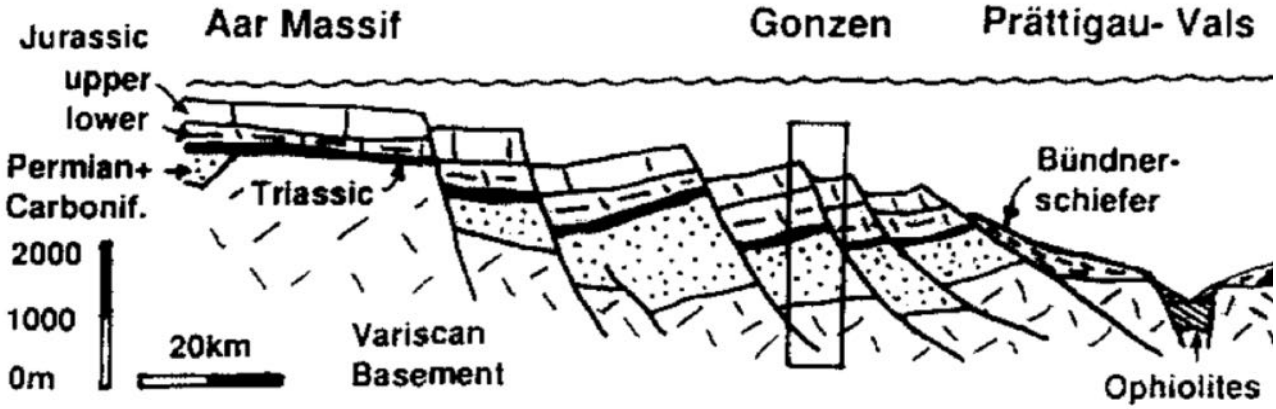
- Die Eisenerzlagerstätte des Gonzen ist für die Schweiz einzigartig.
- Es gibt andere ehemals wichtige Erzvorkommen, welche in Kalksteinen gebildet wurden, nämlich in den Jurakalken. Diese sind aber rund 20 Millionen Jahre älter und wurden in einem ganz flachen Meeresbecken als so genannte Eisenoolithe gebildet.
- Das Eisenerz vom Mont Chemin bei Martigny verdankt seine Entstehung komplett anderen Prozessen, es hat mit Granitgesteinen zu tun

→ Methodische Tipps

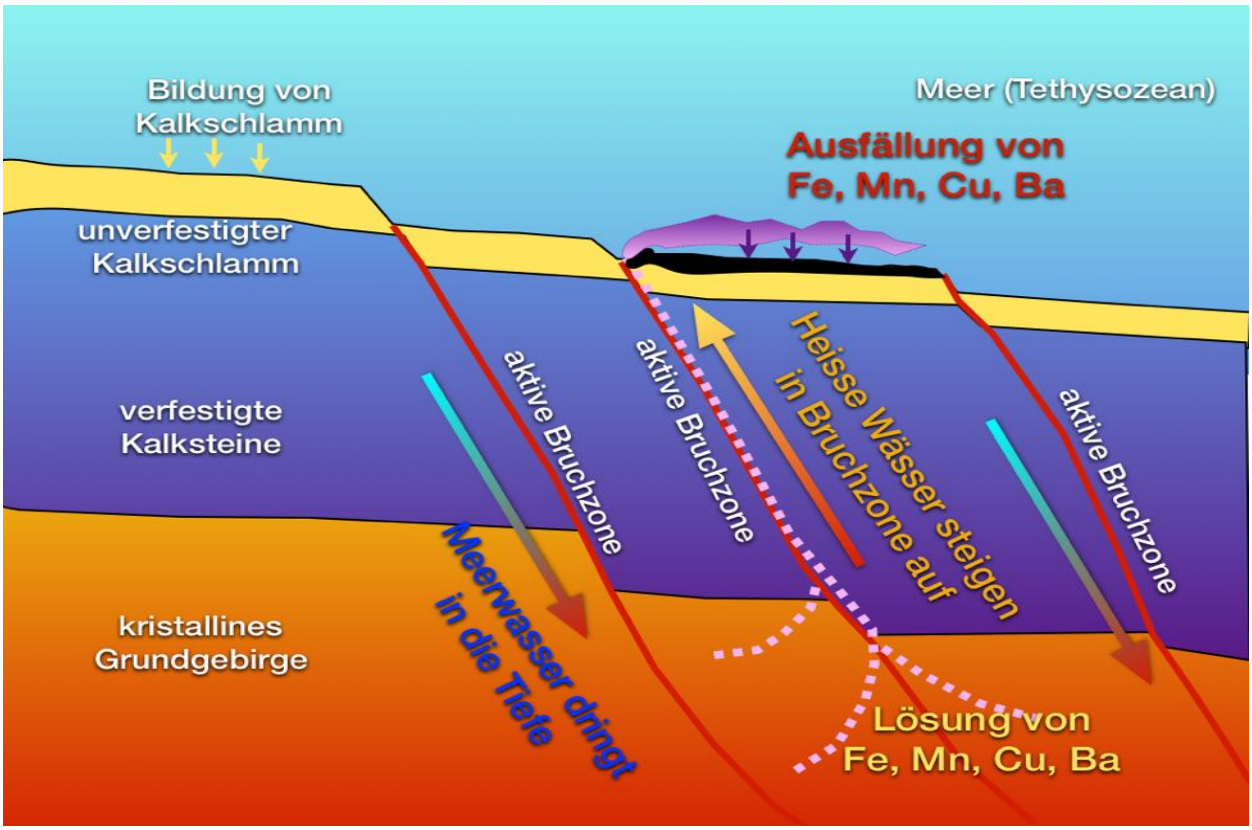
- Die Fakten „Was wissen wir über die Gonzen-Erzlagerstätte?" kurz aufzählen.
- Fragen, was daraus zu schliessen sein könnte.
- Dann die Entstehungsgeschichte erzählen anhand des Farbschemas.



Profilschema eines Kontinentalrandes, wie er die Region Gonzen vor 150 Mio.J. prägte.



Halbschematischer Schnitt durch den europäischen Kontinentalrand in der Jurazeit, mit der Lage des zukünftigen Gonzen und seiner Erze eingetragen.



Schematische Darstellung der Entstehung der Gonzen - Erzlagerstätte

6. Die Erzmineralien des Gonzen

Im Erzlager des Gonzen kommen drei Haupt-Erzmineralien vor: zwei Eisenmineralien, Hämatit und Magnetit, sowie das Mangan-Mineral Hausmannit. Sie haben im Erzlager in eng miteinander verzahnten Körnern kristallisiert und konnten deshalb nicht ihre äusseren Kristallformen entwickeln. Sie sind in den Erzproben von Auge nicht auseinanderzuhalten.

Hämatit Fe_2O_3

Hämatit ist ein Eisenoxid, bei dem beide Eisenatome der Elementarzelle im oxidierten Zustand F^{3+} vorliegen. Deshalb braucht es für die beiden F^{3+}-Atome drei O^{2-} –Atome, um einen neutralen Ladungsausgleich zu erreichen, und deshalb lautet die chemische Formel Fe_2O_3 .

Hämatit ist auch bekannt unter folgenden Namen: Eisenglanz, Roteisenstein, Roteisenerz, Blutstein. Das hat damit zu tun, dass das an sich metallgraue Mineral beim Pulverisieren rot wird – seine Strichfarbe ist rot (kann an Porzellanplättchen oder alter Sicherung schön demonstriert werden). Hämatit kristallisiert gerne in hirnartigen Strukturen, die „roter Glaskopf" genannt werden. In den Zerrklüften der Alpen findet man Hämatit oft in Form der begehrten „Eisenrosen".

Magnetit Fe_3O_4

Magnetit ist ebenfalls ein Eisenoxid; allerdings sind bei ihm nur zwei Eisenatome in der maximal oxidierten Form F^{3+}, eines in der weniger oxidierten Form F^{2+}. Das ergibt insgesamt 8 positive Ladungen und deshalb braucht es vier O^{2-}Atome für den Ladungsausgleich, und deshalb lautet die chemische Formel Fe_3O_4.

Magnetit heisst auch Magneteisenstein, was auf seine auffälligste Eigenschaft hinweist, seinen starken natürlichen Magnetismus. Dieser wird im Bergwerk mit den Stahlstücken demonstriert. Eindrücklich ist auch die Demonstration mit einem Kompass, der „verrückt" spielt wenn man einen Magnetit in seine Nähe bringt. Magnetit kristallisiert gerne als kleine Körner in ozeanischen Basaltgesteinen und richtet sich dann nach dem Erdmagnetfeld aus. So konnten an älteren Basalten die Verschiebungen der Kontinente nachgewiesen werden.

In schön ausgebildeten Kristallen bildet der Magnetit in der Regel kubische Doppelpyramiden aus, sogenannte Oktaeder.

Magnetit ist das weltweit wichtigste Eisenerz. Eine der grössten Lagerstätten der Welt liegt bei Kiruna in Schweden.

Hausmannit Mn_3O_4

Hausmannit ist ein Manganoxid, früher bei den Bergleuten auch unter den Namen Blättriger Schwarz-Braunstein, Schwarz-Braunsteinerz, Schwarzmanganerz und Glanzbraunstein bekannt.

Das wichtige Manganerz ist in seiner Erscheinungsform dem Magnetit sehr ähnlich, ist aber nicht ferro-magnetisch.

Pyrit FeS_2

Pyrit, das Eisen-Sulfid, wird auch als Schwefelkies, Eisenkies, Katzengold oder Narrengold benannt. Er kommt in geringen Mengen eingesprengt in den Erzen des Gonzen vor, oft als gut kristallisierte kleine Würfelchen oder Quader.

→ Methodische Tipps

- Das eigentliche Erz anschauen lassen, mit dem Magnet spielen lassen.
- Ein gutes Handstück hinhalten → man kann keine verschiedenen Mineralien unterscheiden.
- Die drei Hauptmineralien vorstellen → mit Fotos, ev. mit Demo-Mineralproben.
- Ev. Effekt Magnetit mit Kompass oder mit Stahlspänen demonstrieren → macht Eindruck.

Die Erzmineralien des Gonzen ist schön auskristallisierten Formen



Hämatit in der Ausbildungsform „Glaskopf“



Hämatit-Eisenrose aus einer alpinen Zerrkluft



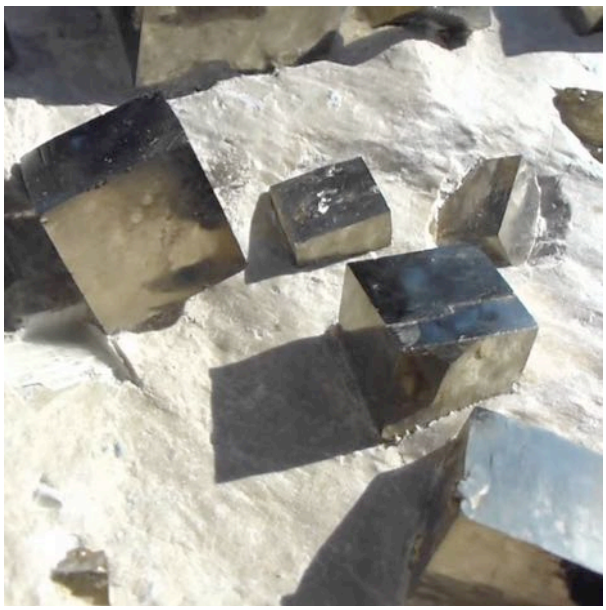
Magnetit - Oktaeder



Magnetiterz mit Stahlspänen, die sich nach dem Magnetfeld ausrichten.



Kristalle von Hausmannit



Perfekte Würfelkristalle von Pyrit

7. Falten im Bergwerk

An einigen Stellen können im Bergwerk Umbiegungen und Falten in den Kalksteinschichten beobachtet werden. Diese werden dann – logischerweise – sofort mit dem Begriff der „Alpenfaltung“ verbunden.

Die Alpenfaltung gibt es nicht!

Damit ist aber leider eine heute noch fest verwurzelte Vorstellung der Alpenbildung verbunden, die mit der Realität nichts zu tun hat – nämlich das so genannte „Tischdecken-Modell“. Im Norden der Kontinentalblock Europa, von Süden her nähert sich der Kontinentalblock Afrika an, dazwischen liegen die Sedimentgesteine des Tethysozeans, und diese werden durch die Annäherung Afrikas in Falten gelegt – und fertig ist das Alpengebirge. Komplett falsch! Deswegen soll der Merkspruch in Erinnerung gerufen werden „Die Alpenfaltung gibt es nicht“!

Die Alpen sind ein Deckengebirge, das durch eine Subduktion in die Tiefe, Deckenüberschiebungen in der Tiefe, und anschliessender Hebung infolge der Krustenverdickung gebildet wurde. Die überall sichtbaren Falten sind Begleiterscheinungen der Deckenüberschiebungen.

Die Gonzen - Decke

Die Kalksteine des Gonzen sind Teil einer kleinen Decke, der „Schuppenzone Gonzen-Walenstadt“, die unter der riesigen Glarner-Säntisdecke liegt. Sie besteht aus Gesteinen der mittleren und oberen Jurazeit, dominiert von der Quinten-Formation.

Wie können Gesteine verbogen werden?

Die Kalksteine des Gonzen sind ja massiv, zäh und ziemlich hart, und bilden mächtige Schichtbänke. Wie kommt es, dass solche Gesteine ganz offensichtlich verbogen und in Falten gelegt werden konnten? Es braucht drei „Zutaten“ dazu, dass dies möglich wird: erhöhte Temperatur, erhöhter Druck und viel Zeit (bzw. sehr langsame Verformung).

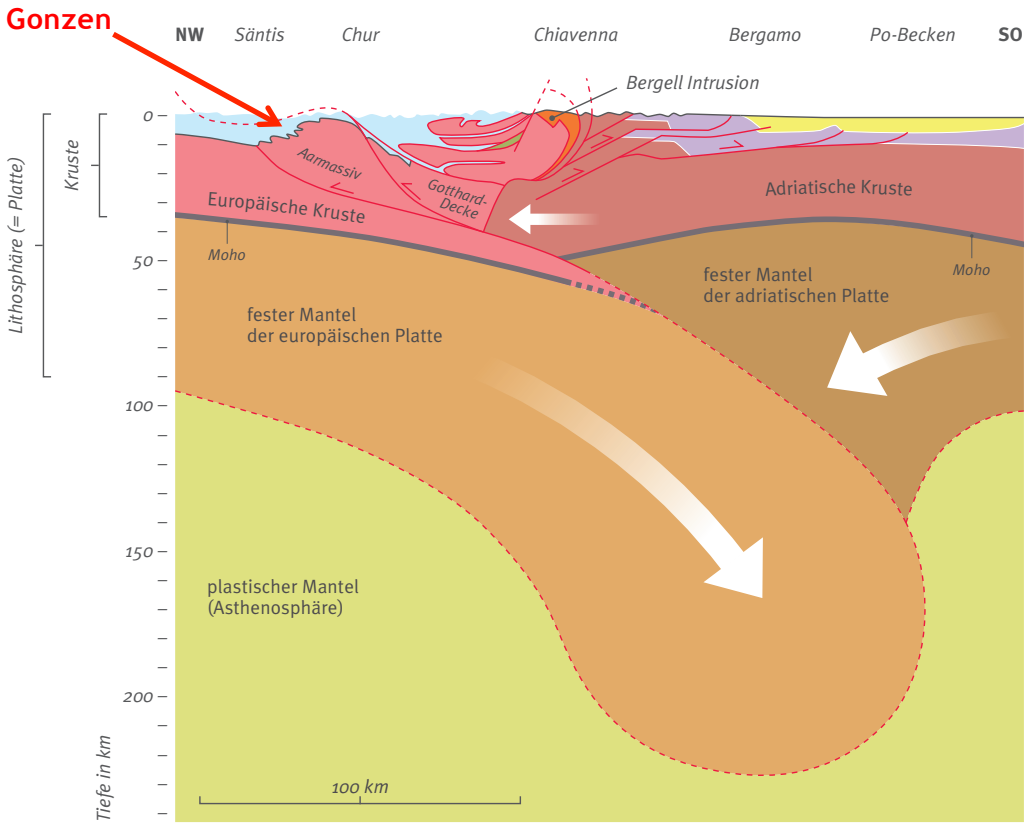
Das Mineral Calcit, aus dem ja Kalkstein besteht, wird bei Temperaturen um 250 Grad und hohen Drücken von einigen Hundert bis Tausend bar plastisch verformbar. Wenn bei diesen Bedingungen die Kalksteine verformt werden, spielen sich im Inneren der einzelnen Calcitkristalle kleinste Verschiebungen der Atome ab, die schlussendlich zu einer Formänderung des Calcitkornes führen, und weil sich alle Milliarden der Calcitkörner so verändern, zu einer langsamen Verformung des ganzen Gesteins. Diese Prozesse laufen sehr langsam ab, und deshalb braucht es für die Entstehung einer Falte, wie sie im Bergwerk oder draussen am Sichelkamm hoch über Walenstadt bewundert werden kann, Hunderttausende von Jahren.

Wegen diesen Verformungsprozessen wurden im Quintnerkalk die ursprünglichen Schalen des Mikroplanktons weitgehend zerstört, und im Mikroskop zeigt sich der Kalkstein einfach als ein Gefüge von feinsten miteinander verzahnten Calcitkristallen. Der Kalkstein ist rekristallisiert, wie die Geologen sagen. Nur vereinzelte Schalen und grössere Fossilien überlebten.

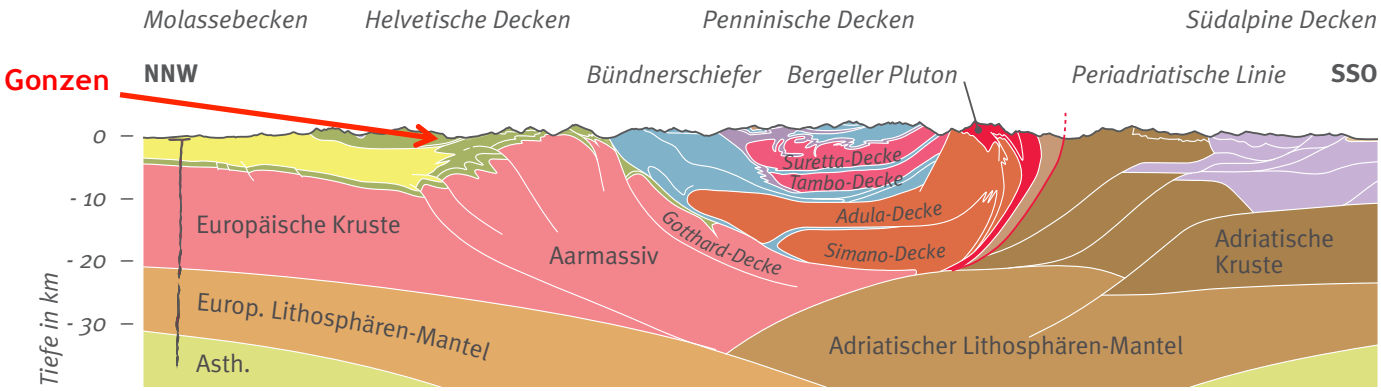
Die im Bergwerk sichtbaren Falten bildeten sich während der Überschiebungen der helvetischen Gesteinsdecken, die sich vor rund 30-20 Millionen Jahren in Tiefen von 15-25 km abspielten., bei Temperaturen um 300 Grad.

→ Methodische Tipps

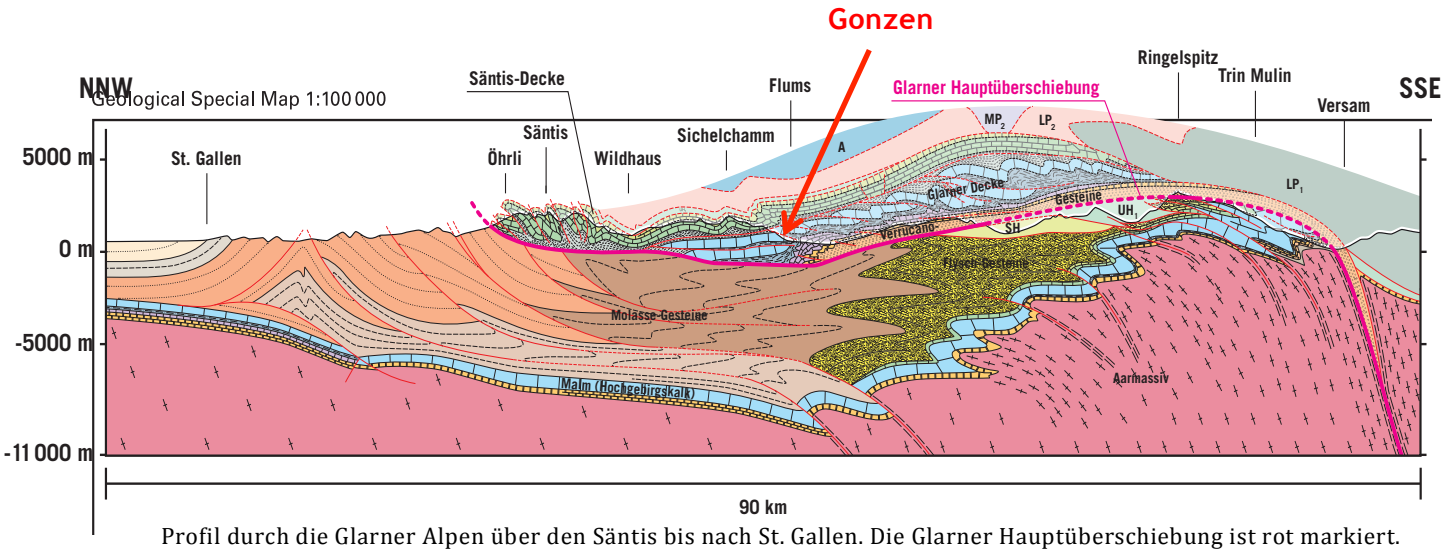
- Falten im Bergwerk zeigen, nachverfolgen lassen.
- Frage stellen, wie so harte Gesteine einfach verbogen werden konnten → sammeln von Vorschlägen, Ideen
- Bild vom Gletschereis bringen, das auch hart und spröd ist, und trotzdem fliesst der Gletscher → warum? (Druck und langsame Verformung)
- Erklären wie und warum Kalkstein plastisch verformt werden kann.
- Bild rekristallisierter Kalkstein zeigen.



Tiefenprofil durch die Zentralalpen – Resultat einer gigantischen Kontinentalkollision. Die ineinander verkeilten Krustenteile (=Deckenstapel) sind gut zu erkennen. Modifiziert aus Pfiffner O.A. Geologie der Alpen, 3. Aufl., Haupt 2015



Profil durch die Zentralalpen, das den Deckenbau verdeutlicht. Pfiffner O.A. Geologie der Alpen, 3. Aufl., Haupt 2015



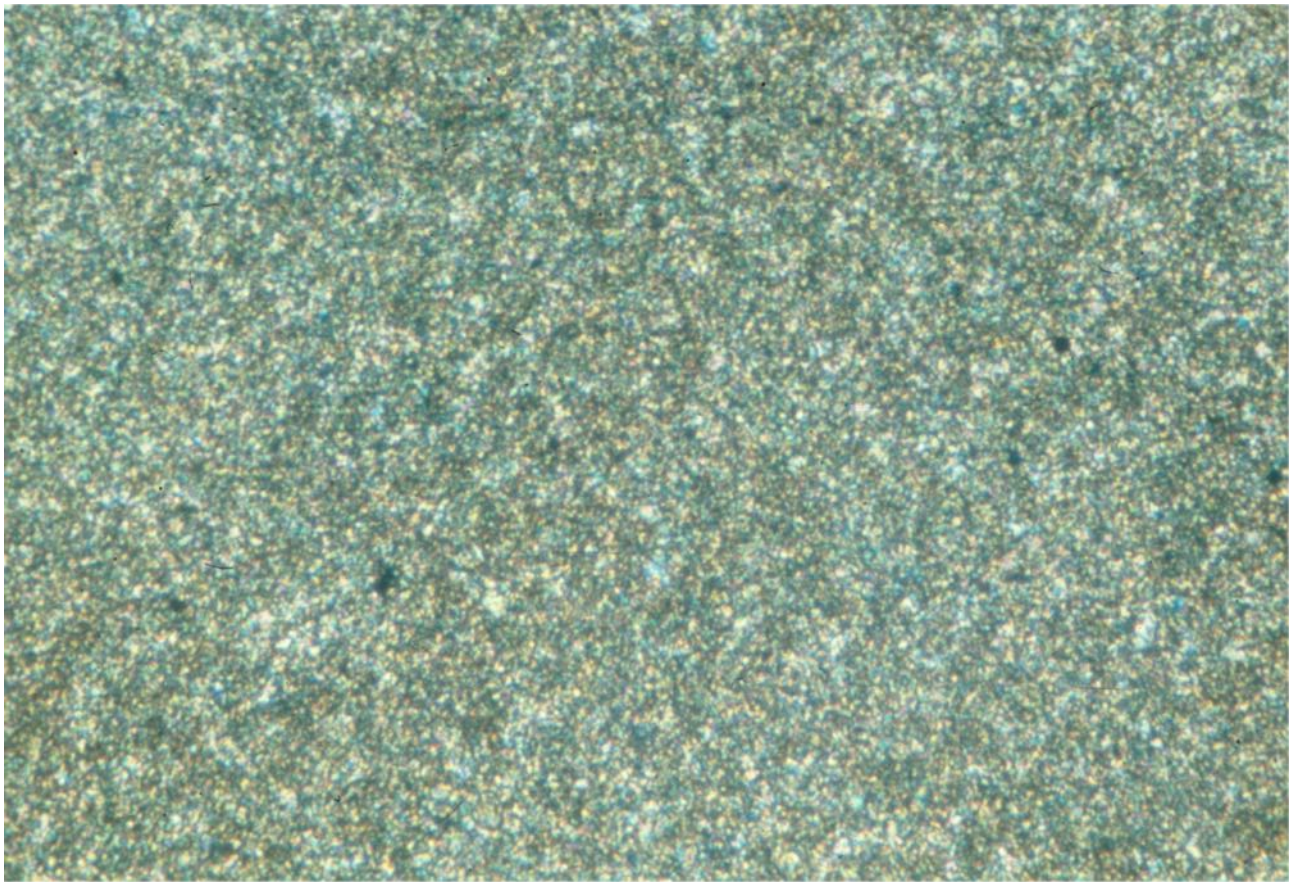
Profil durch die Glarner Alpen über den Säntis bis nach St. Gallen. Die Glarner Hauptüberschiebung ist rot markiert.



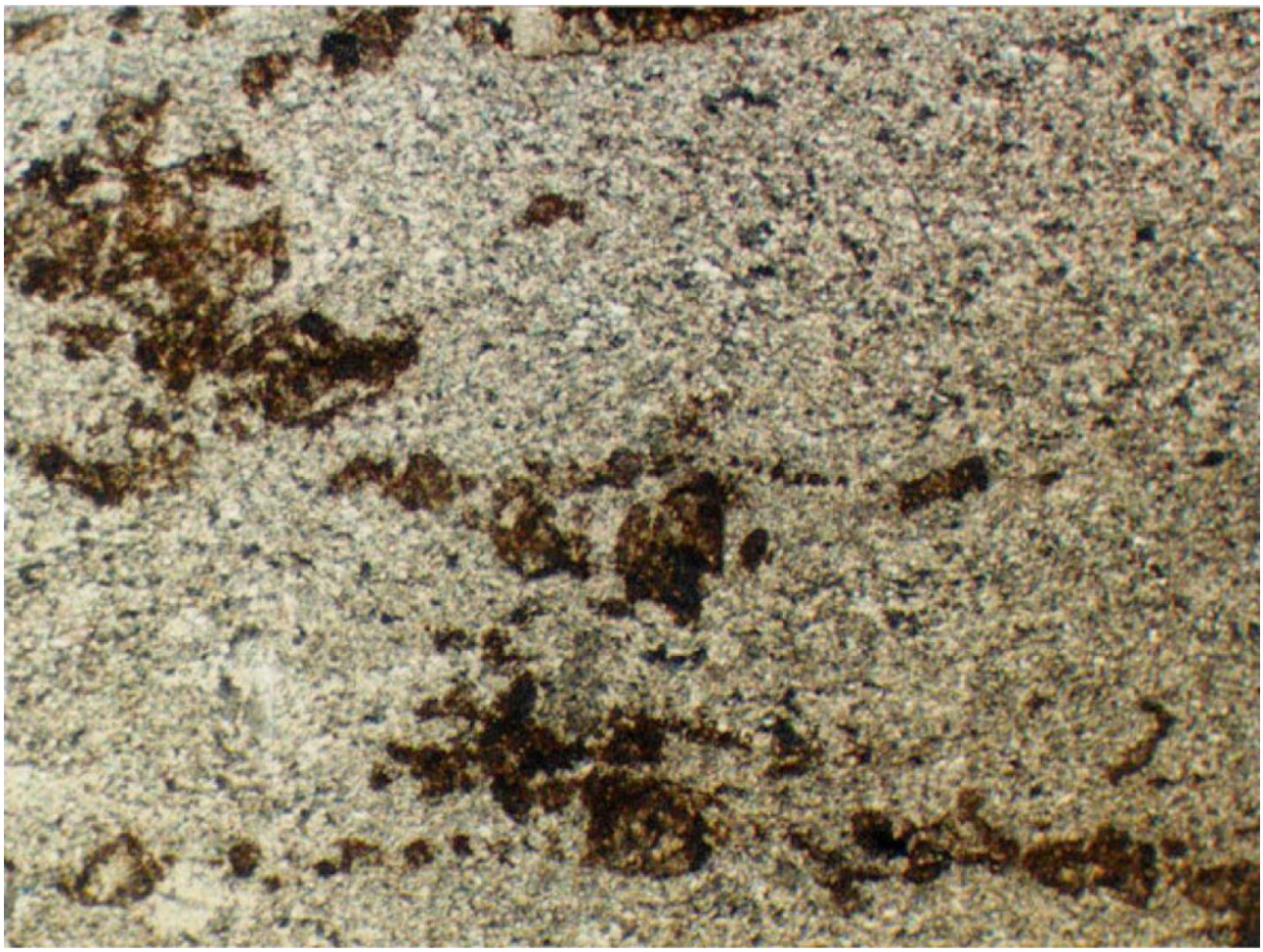
Gesteinsfalte im Quintnerkalk in der Nähe des Bahnhofs. Sie ist mit einer kleinen Überschiebung verbunden, an welcher die Falte unten abgeschnitten wird. Faltung und Überschiebung gingen Hand in Hand.



Eine etwas engere Gesteinsfalte im gleichen Gebiet. Die schräg von oben links nach rechts unten verlaufenden parallelen Strukturen sind Ansätze einer Schieferung. Eine echte Schieferung konnte sich nicht entwickeln, weil keine plättchenartigen Ton- oder Glimmermineralien im Gestein vorhanden sind.



Mikroskop-Aufnahme eines Gesteinsdünnschliffs in einem dem Quintnerkalk sehr ähnlichen Kalkstein. Er besteht aus feinsten rekristallisierten Calcit-Kriställchen, die eng miteinander verzahnt sind.



Mikroskop-Aufnahme eines Gesteinsdünnschliffs in einem dem Quintnerkalk sehr ähnlichen Kalkstein. Die braunen Massen sind organisches Material welche dem Kalkstein seine dunkelgraue Farbe verleihen.

8. Klüfte, Adern, Brüche im Bergwerk

Die weissen Adern

An zahlreichen Stellen im Bergwerk sind im dunkelgrauen Kalkstein weisse „Adern“ zu sehen. Das können einzelne sein, oft auch mehr oder weniger parallele Scharen, zuweilen auch wilde Blitzgewitter-artige Anhäufungen. Diese „Adern“ sind mit weissem Calcit gefüllte Risse und Brüche im Kalkstein. Diese entstanden wie die Falten durch Verformung des Kalksteins bei der Alpenbildung, jedoch unter tieferen Temperaturen und Drücken. Sie dokumentieren die spröden Verformungen, die nach den Deckenbildungen und Verfaltungen sich während der langen Anhebung des Deckenstapels aus rund 20 km Tiefe bis an die heutige Oberfläche abspielten. Dort reagierte der Kalkstein nicht mehr durch plastische Deformation wie bei den Falten, sondern durch sprödes Zerbrechen.

Wie sich die Adern bildeten

Wenn der Kalkstein, immer noch in beträchtlicher Tiefe, also immer noch unter erhöhten Temperaturen und Drücken, zerbrach, so konnten die sich öffnenden Spalten und Klüfte nur offen bleiben, wenn sie während des sich Öffnens mit Tiefengrundwässern gefüllt wurden. Diese heissen Tiefengrundwässer lösten Calcit aus dem umgebenden Gestein, bis sie selbst an Calcit gesättigt waren. Beim weiteren Aufstieg im sich bildenden Gebirgsgebäude sanken Temperatur und Druck langsam; dadurch wurden die Aderfluids an Calcit übersättigt und Calcit begann sich auszukristallisieren. So wie wenn man in heissem Wasser Zucker auflöst bis es nicht mehr geht und dann das Wasser abkühlt – dann bilden sich Zuckerkristalle.

Weisser Calcit – grauer Kalkstein

Warum ist der Calcit der Adern weiss und der Kalkstein selbst dunkelgrau, obwohl er auch aus Calcit besteht? Der Kalkstein wird aus mikroskopisch feinen Calcitkristallen aufgebaut, die das Licht viel mehr absorbieren. Zudem ist der Kalkstein von feinstem schwarzem organischen Material durchsetzt. Deshalb ist er dunkelgrau, zuweilen fast schwarz.

Der in den Adern kristallisierte Calcit bildet grössere, mm- bis cm-grosse Kristalle. An sich wäre reiner Calcit glasklar, aber die Kristalle enthalten viele mikroskopisch feine Flüssigkeitseinschlüsse, die zur weissen Trübung führen. Es ist wie bei Gletschereis: Reines Gletschereis ist bläulich-durchsichtig, solches mit vielen Flüssigkeitseinschlüssen ist weiss.

An manchen Stellen konnten sich die Klüfte sehr weit öffnen und die sich darin bildenden Calcitkristalle konnten diese nicht vollständig ausfüllen. So entstanden die grossen und bekannten Calcitklüfte des Gonzen. An manchen Stellen können die treppchenartigen Spaltflächen, die so typisch sind für den Calcit, gut beobachtet werden. Das Kristallgitter des Calcits hat schwache Atombindungen in drei Ebenen, und entlang dieser drei Ebenen spalten sich Calcitkristalle beim Zertrümmern auf. Das kann mit Calciten aus dem Gonzen schön demonstriert werden.

Klüfte, Brüche und Bruchzonen

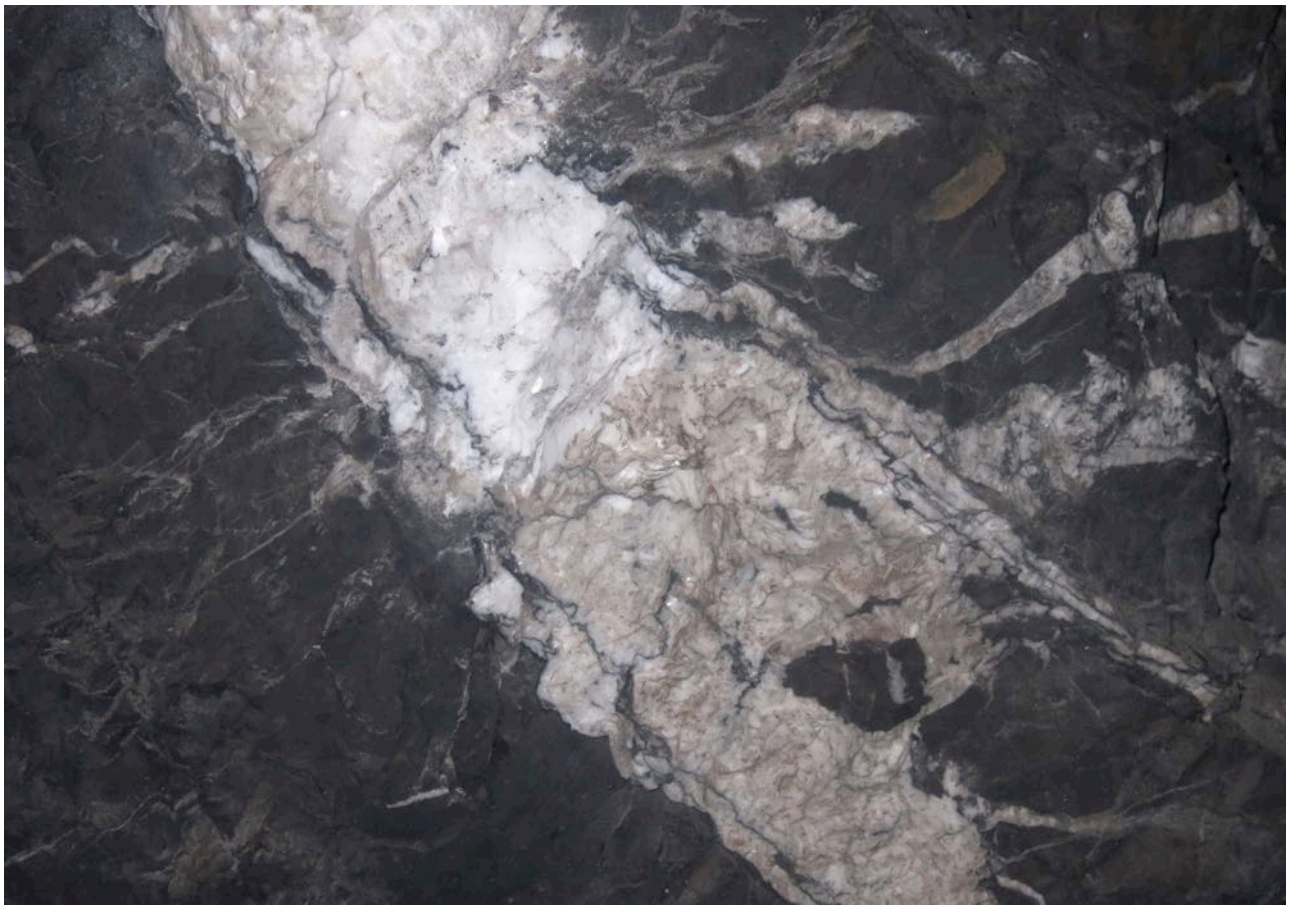
Die Zeugen der jüngsten und in geringster Tiefe erfolgten Verformungen des Kalksteins sind Klüfte, Brüche und Bruchzonen. Die Kalke im Bergwerk sind von einem mehr oder weniger dichten System von Klüften durchsetzt, an denen das Gestein zerbrochen wurde. Fanden auch noch Versetzungsbewegungen statt, bildeten sich Bruchzonen, in denen das Gestein zerbrochen, ja gar förmlich zerrieben wurde. Eine dieser Bruchzonen, der Nauswand-Bruch, wird ja auch besichtigt. Die grösseren Bruchzonen sind auch an der Oberfläche als Versetzungen der Schichten erkennbar. In diesen Bruchzonen zirkulieren meistens Grundwässer, die von der Oberfläche her eindringen.

→ Methodische Tipps

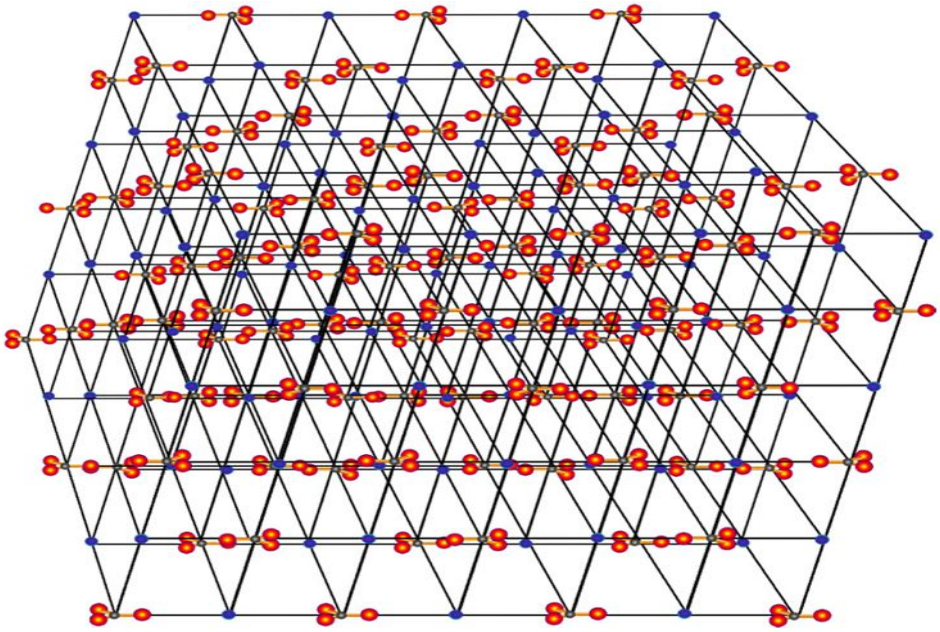
- Auf weisse Klüfte hinweisen.
- Fragen, wie die Teilnehmer diese interpretieren
- Fragen was das weisse Material ist, möglichst an einem Ort wo man die Spaltbarkeit gut sieht.
- Entstehungsgeschichte berichten
- Spaltstück von Calcit zeigen und von einem Teilnehmer mit Hammer zertrümmern lassen → staunen über die Spaltstücke, Kristallgitter zeigen



Subparallele Scharen von Kluft-Adern im Quintnerkalk des Bergwerks, in der Nähe des Bahnhofs. Das weisse Füllmineral ist Calcit.

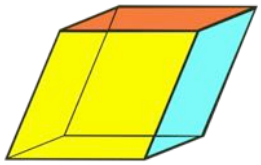


Eine dicke Kluftader aus grobspätigem Calcit in der Nähe des Bahnhofs. Man erkennt im unteren Teil die gute Spaltbarkeit der Calcitkristalle in rhombenförmige Stücke.



Links eine dreidimensionale Darstellung des Kristallgitters von Calcit. Rot = Sauerstoff-Atome O, blau = Calcium-Atome Ca.
Eingezeichnet die Form der Elementarzelle und die drei Spaltrichtungen im Atomgitter

Unten die Form des Spalt-Rhomboeders von Calcit.





Zetrümmerter Calcitkristall – lauter kleinere Spalt-Stücke mit der immer gleichen Form



Stück aus der grossen Calcit-Kristallkluft des Gonzen



Kleinere graue Calcitkristalle (Grösse um 1 cm) aus einer Kluftwand im Bergwerk

Ansicht Gonzen von S mit den sichtbaren grösseren Verwerfungen



Ansicht Gonzen von SE mit den sichtbaren grösseren Verwerfungen

1 Folla
2 Gonzen
3 V
4 Grube I
5 Nauswand



9. Sinterbildungen und Mineral-Ausblühungen im Bergwerk

Kalksinter - Bildungen

Im Bergwerk sind an vielen Stellen Sinterbildungen zu beobachten – immer dort, wo mehr oder weniger regelmässig Wasser austritt – so etwa auch im Bereich der Nauswand-Bruchzone. Dieses Wasser hat sich auf seinem Weg durch das Gestein mit Calciumkarbonat (Calcit) angereichert, das im Wasser als Hydrogenkarbonat und CO_2 gelöst ist. Tritt dieses Wasser an die Oberfläche eines Stollens, entweicht ein Teil des gelösten CO_2-Gases, und dadurch wird eine geringe Menge von Calciumkarbonat, also Calcit, wieder ausgefällt. Diese Ausfällungen folgen dem Wasserstrom und bilden deshalb entweder der Wand entlang laufende kleine „Vorhänge" oder kleine hohle Zäpfchen, kleine Stalaktiten. So entstanden auch die grossen Stalaktiten der bekannten Karsthöhlen, die verschiedenenorts in der Schweiz und im Ausland als Besucherhöhlen zugänglich sind (CH z.B. Beatushöhlen BE, Hölloch SZ). Man weiss heute, dass die grossen Stalaktiten der grossen Karsthöhlen sehr langsam wuchsen, sie brauchten oft Hunderttausende von Jahren, um ihre heutigen Grössen zu erreichen. Im Gonzen können wir diese Prozesse sozusagen „live" mitverfolgen. Es wäre interessant, einige Referenz-Stalaktiten genau zu lokalisieren und auszumessen, und über die Jahre ihr Wachstum zu dokumentieren...

Fliesst das karbonatgesättigte Wasser über den Stollenboden aus, konnten sich verschiedenenorts hübsche kleine Kalksinter-Terrassen bilden – so etwa am Stollenende bei → xy (erfragen!). Auch dazu gibt es in der Natur grössere Analoga, dies ich über Jahrtausende gebildet haben – etwa die berühmten weissen Kalksinterterrassen von Pamukkale in der Türkei.

Ausblühungen

An vielen Stellen des Bergwerks sind die Wände, teilweise auch die am Boden herumliegenden Steine, von feinsten filigranen Ausblühungen bedeckt. Am häufigsten sind weisse Ausblühungen, es gibt aber auch, vor allem in der Nähe des Erzflözes, schwarze Ausblühungen, sowie rostgefärbte. Dies sind alles junge, sich relativ rasch bildenden Kristallisationen aus austretender Stollen-Feuchtigkeit und –wässern.

Diese Ausblühungen wurden bisher nicht näher untersucht. Bei den weissen könnte es sich schlicht auch um Calcit handeln. Die schwarzen dürften manganhaltig sein, ev. handelt es sich sogar um das Manganoxid Pyrolusit. Die rostfarbenen Ausblühungen sind sicher reich an Eisenhydroxid (Lepidokrokit, Goethit).

Wahrscheinlich gibt es noch weitere Arten von Ausblühungen. Es wäre interessant, diese Bildungen im Rahmen einer Masterarbeit o.ä. von einer Uni einmal untersuchen zu lassen.

→ Methodische Tipps

- Wenn möglich und Zeit da ist → die Terrassen-Sinterbildungen zeigen.
- Fragen, ob die Teilnehmer so Ähnliches schon gesehen haben, und was ihre Vorstellungen über die Entstehung ist.
- Fotos von Pamukkule Türkei zeigen
- Entstehung erläutern, auf Stalaktiten und andere Höhlen hinweisen.
- Feine Ausblühungen zeigen und mit Lupe bewundern lassen, informieren, dass man noch wenig darüber weiss.



Eine Miniatur-Landschaft aus Calcit-Sinterterrassen an einem Stollenende. Bildbreite ca. 15 cm



.... und das weltberühmte Gegenstück: Die Kalksinterterrassen von Pamukkale in der Türkei.



Feine Kalksinterbildungen an der Stollendecke bei der Nauswand-Verwerfung. Es bilden sich feine Calcit-Fahnen und winzige „Makkaroni“-Stalaktiten (=“Babyform“ von Stalaktiten mit einem hohlen Zentralkanal)



Weisse feine Ausblühungen aus filigranen, ästchenförmigen Kristallen, ev. Calcit.



Schwarzgraue pulverartige Beläge und feinststrahlige Ausblühungen, in der Nähe der Nauswandverwerfung. Ev. aus Mangan-Mineralien aufgebaut.

10. Eisen - Bakterien im Stollenwasser

→ nach Hans Conrad, 8892 Berschis

Rotbraune aufschwimmende Beläge

Solche kommen im Wasser des Fluhwand-Gesenks und andernorts vor. Licht- und Rastermikroskopische Untersuchungen durch Hans Conrad in den 90er Jahren ergaben eindeutig, dass es weder Rost noch Schwefelbakterien, sondern Eisenbakterien sind.

Die schwimmenden Fladen sind also sogenannt primitive Lebewesen. Bakterien waren die ersten Lebensformen auf unserer Erde, es gibt sie schon seit über 3'500 Millionen Jahren.

Das besondere an den Eisenbakterien ist, dass sie ohne Sauerstoff und ohne Sonnenlicht leben können. Sie können im Wasser vorhandenes elementares Eise zu zweiwertigem Eisen oxidieren, und dieses dann zu dreiwertigem Eisen. Das ist ein chemischer Prozess, bei dem Energie frei wird.

Mit dieser Energie können sie aus Kohlenstoffdioxid (CO_2) und Wasser Traubenzucker-ähnliche Substanzen als Nahrung bilden. Das nennt sich Chemosynthese. Aus diese Substanzen werden letztlich auf verschiedenen Wegen alle organischen Bestandteile der Bakterienzelle synthetisiert.

Man geht heute davon aus, dass solche Prozesse am Anfang allen Lebens auf unserem Planeten gestanden haben, als in der damaligen Meeres-„Ursuppe“ solche Prozesse sich abzuspielen begannen. Wir blicken hier sozusagen in die Gebärmutter von Mutter Erde hinein, ein Blick zurück über mehr als 3500 Milliarden Jahre!

Zwei Sorten Eisenabakterien

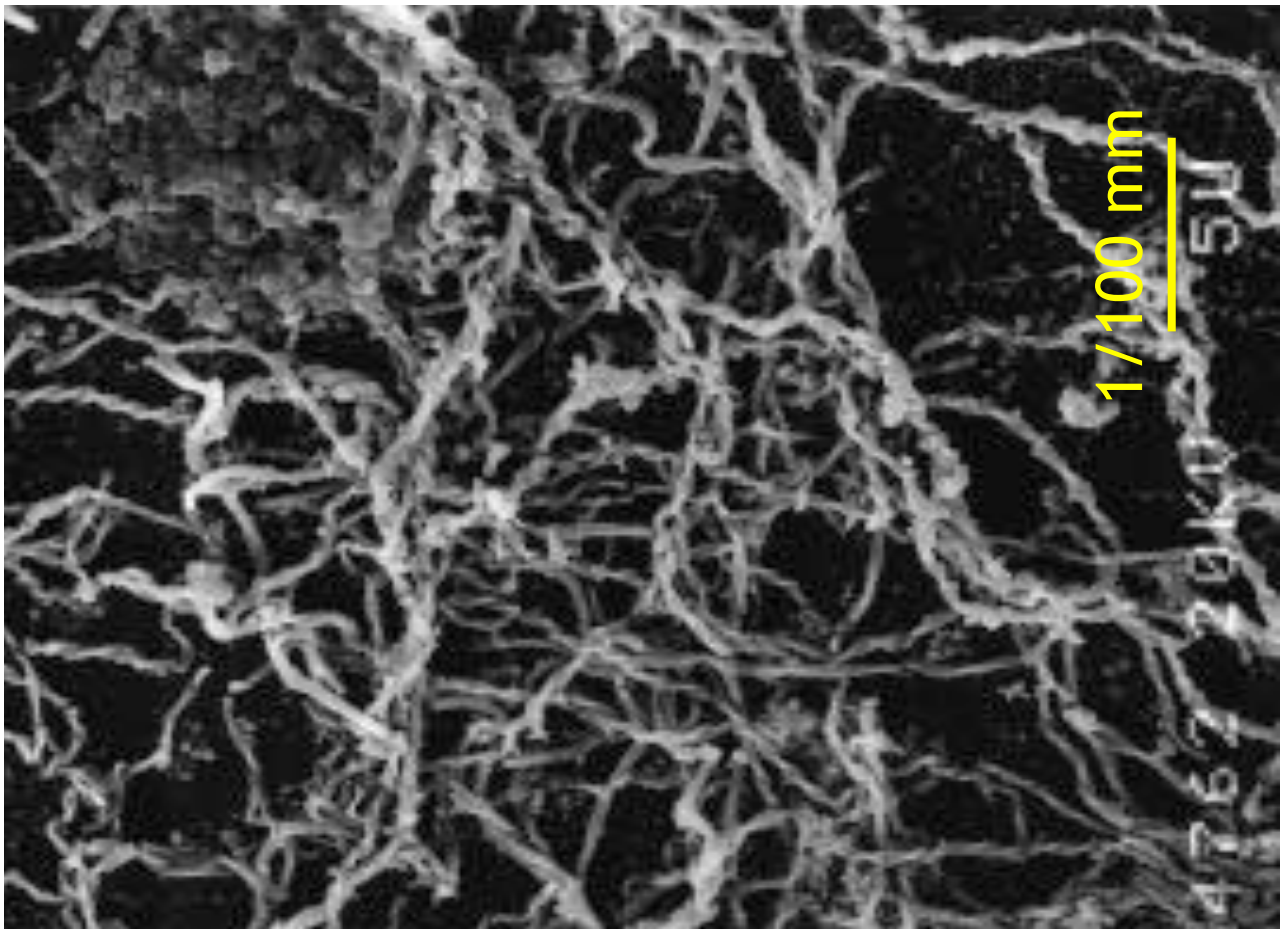
Hans Conrad konnte zwei unterschiedliche Typen von Eisenbakterien finden: Die Gallionella ferruginea und Leptothrix ochraceae. Leider gibt es für diese keine deutschen Namen...

Die Gallionella ferruginea wird von winzigsten bohnenförmigen Zellen gebildet, die sich zu einem verdrillten Stiel verbinden. So können richtige Eisenbäumchen im stillen Wasser entstehen. Sie können so dicht wachsen, dass sie Wasserleitungen aus Eisen verstopfen. Am schraubenförmigen Stiel scheidet sich mineralisches Eisenhydroxid ab, welches den Bakterienfäden die Rostfarbe gibt. Dieses Mineral wird Goethit genannt, umgangssprachlich reden wir auch von Rost.

Damit sind die aufschwimmenden Massen eine Kombination von Lebewesen und mineralischen Eisenabscheidungen – aus denen je nach weiterer Geschichte wieder eine neue Eisenlagerstätte entstehen könnte...

→ Methodische Tipps

- Zuerst etwas raten lassen, was das rostbraune Zeugs sein könnte.
- Mit einem Stock etwas entfernen und zeigen, dass das Wasser darunter klar ist
- Erklären, was es ist
- Licht- und Rasterelektronenmikroskopische Aufnahmen von Eisenbakterien sowie wissenschaftliche Mikroskop-Zeichnung von Eisenbakterien zeigen
- Bezug machen zur Entstehung des Lebens auf der Erde



Raster-Elektronenmikroskopische Aufnahme von Eisenbakterien aus dem Fluhwandgesenk (H. Conrad)



Lichtmikroskopische Aufnahme von Eisenbakterien aus dem Fluhwandgesenk (H. Conrad)



Zeichnungen von Eisenbakterien nach mikroskopischen Präparaten.

11. Verhüttung von Eisenerz

Aufbereitung

Nach der Förderung werden die Eisenerze am Abbauort aufbereitet und dabei von dem größten Teil des Nebengesteins (Gangart) getrennt. Dann wird das Rohmaterial in mehreren Schritten zerkleinert (mittels Kegelbrecher, Backenbrecher oder Kugelmühlen). Danach erfolgte eine weitere Sortierung (z.B mit Flotation oder Magnetscheidung). Im Anschluss daran wird das Eisenerzkonzentrat zu Eisenerzpellets weiterverarbeitet.

Im Hochofen

Im Hochofen-Prozess wird dem Eisenoxid-Erz durch eine chemische Reaktion mit Kohlenstoff und Kohlenmonoxid der Sauerstoff entzogen. Diese Art von Reaktion, bei der das Eisenoxid reduziert und der Kohlenstoff oxidiert wird, nennt man Redoxreaktion. Dabei werden auch andere Oxide, zum Beispiel Mangandioxid, reduziert. Ferner nimmt das Eisen Kohlenstoff auf. Darum entsteht im Hochofenprozess kein reines, sondern Roheisen, das Kohlenstoff, Silicium, Mangan, Phosphor und Schwefel enthält. Anschließend wird aus dem Roheisen Stahl erzeugt.

Zuschlagstoffe wie Siliciumoxid (Quarzsand), Calciumoxid (Branntkalk) und andere dienen während des Hochofenprozesses zur Bindung der unerwünschten Bestandteile des Erzes in der Schlacke und senken zudem die Schmelztemperatur des Eisens. Der schichtweise mit aufgegebene Koks dient als Energieträger und Reduktionsmittel und der über mehrere Düsen eingeblasene Heisswind liefert den für die Verbrennung des Kokses nötigen Sauerstoff.

Im Hochofen vollziehen sich verschiedene metallurgische Vorgänge teilweise zeitgleich nebeneinander, bei denen einerseits über mehrere Stufen das Eisenerz zu Roheisen reduziert und die nicht-reduzierbaren Anteile in die Schlacke überführt werden.

Zunächst müssen die dafür nötigen Reduktionsgase erzeugt werden. Dies geschieht im unteren Bereich des Hochofens bei der Verbrennung des im Koks enthaltenen Kohlenstoffs mit Sauerstoff. Dabei entstehen Temperaturen bis 2200 °C. Zwei unmittelbar darauffolgende wärmeverbrauchende Reaktionen senken die Temperatur jedoch wieder auf etwa 1600 bis 1800 °C. Die beiden reduktionsfähigen Gase Kohlenmonoxid und Wasserstoff steigen entgegen dem Materialstrom im Hochofen nach oben. Aufgrund dieser Eigenschaft – absinkende Erz-Koks-Säule einerseits und aufsteigende, dem wandernden Schüttgut entgegenströmende Reaktionsgase andererseits – wird der Hochofen auch als „Gegenstrom-Reaktor“ sowie als „Wanderbett-Reaktor“ bezeichnet.

In der Temperaturzone zwischen 400 und 900 °C findet die so genannte „Indirekte Reduktion“ statt. Über drei Stufen reagieren die verschiedenen Eisenoxide jeweils mit Kohlenmonoxid bzw. Wasserstoff, bis schließlich metallisches Eisen vorliegt. Dem produzierten Roheisen wird anschließend durch „Frischen“ ein Teil des aufgenommenen Kohlenstoffs sowie der größte Teil des aufgenommenen Phosphors und Schwefels entzogen, bevor es entweder zu verschiedenen Gusseisen- oder Stahlsorten weiterverarbeitet werden kann. Auch Schlacke und Gichtgas sind wertvolle Hochofenprodukte, die nach Aufbereitung zur Herstellung verschiedener Baustoffe beziehungsweise als Heizgas genutzt werden.

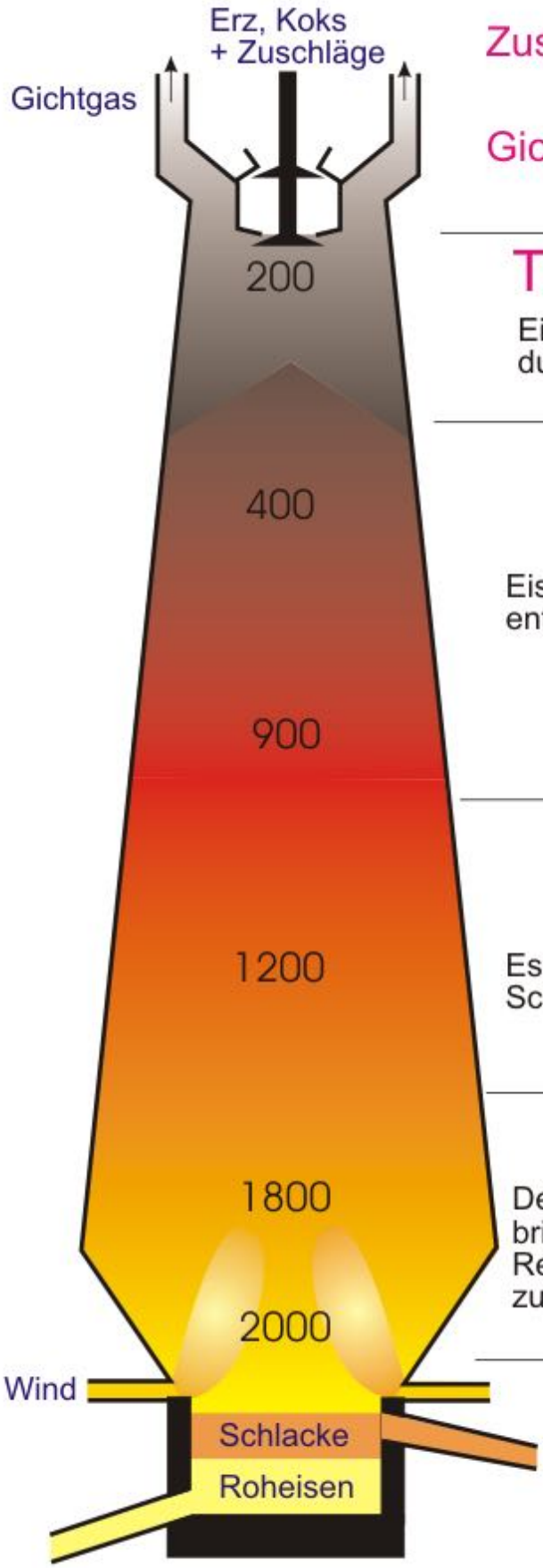
Aus Roheisen wird Stahl

Ziel der Stahlerzeugung ist es, Stahl, also Eisenlegierungen mit geringem Kohlenstoffgehalt und gewünschten Eigenschaften wie Härte, Rostbeständigkeit oder Umformbarkeit, herzustellen.

Es gibt verschiedene Verfahren dazu, die je nach gewünschtem Stahltyp angewendet werden (Blasverfahren, Herdfrischverfahren, Direktreduktion). Das ist eine Wissenschaft für sich und wird hier nicht weiter ausgeführt.

→ Methodische Tipps

- Thema nur aufgreifen und etwas dazu erläutern, wenn entsprechende Fragen kommen.



Zuschläge

Die Zuschläge (z.B. Kalkstein) werden hinzugemischt, damit die sog. Gangart schmilzt und als Schlacke abgetrennt wird.

Gichtgas

Das Gichtgas besteht aus 60% Stickstoff, 20% CO (giftig!) sowie Wasserstoff und Methan. Wird zum Aufheizen der Luft verwendet.

Trocken- und Vorwärmzone

Eisenerz, Koks und Zuschlag werden vom durchströmenden Gas getrocknet und vorgewärmt.

Reduktionszone

Eisenoxid wird durch CO und C reduziert. Das dabei entstehende Eisen ist noch fest.

$$Fe_2O_3 + 3\ CO \rightarrow 2\ Fe + 3\ CO_2$$

Kohlungszone

Es bildet sich ein Eisen-Kohlenstoffgemisch, dessen Schmelzpunkt bei etwa 1100 - 1200 Grad C liegt.

Schmelzzone

Der Koks verbrennt an der eingeblasenen Luft und bringt das Eisen-Kohlenstoffgemisch zum Schmelzen. Restliche Eisenverbindungen werden von CO und C zu Eisen reduziert.

Roheisen

Roheisen enthält etwa 3-4% Kohlenstoff. Es ist deshalb spröde und nicht schmiedbar.

Schema eines Eisenerz – Hochofens

12. Der Gonzen in der Welterberegion Sardona

Was ist die UNESCO?

UNESCO steht für „United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization“, (Organisation der Vereinten Nationen für Bildung, Wissenschaft und Kultur). Sie ist eine rechtlich eigenständige Sonderorganisation der Vereinten Nationen, wurde 1945 gegründet und hat ihren Sitz in Paris. Die UNESCO hat 193 Mitgliedstaaten (Stand 2011). Ihr oberstes Ziel ist die Wahrung des Friedens und Vertrauensbildung durch internationale Zusammenarbeit und Verständigung.

"Da Kriege im Denken der Menschen entstehen, (muss) auch der Frieden im Geiste der Menschen befestigt werden" - dies ist die Leitidee der UNESCO.

Die Schweiz ist der UNESCO 1949 beigetreten.

Die Welterbeidee

„Das Welterbe geht auf eine revolutionäre Idee zurück: Der Schutz und die Erhaltung ausserordentlicher Kulturleistungen und einzigartiger Naturphänomene sollten in die Obhut der gesamten Menschheit gestellt werden. Die UNESCO-Welterbeliste zeugt vom Reichtum und der Vielfalt unserer Erde“

Die UNESCO hat sich zur Aufgabe gemacht, die Kultur- und Naturgüter der Menschheit, die einen "aussergewöhnlich universellen Wert" besitzen, zu erhalten. 1052 Stätten weltweit sind auf der UNESCO-Liste des Welterbes verzeichnet, davon zählen 814 zum Kultur- und 203 zum Naturerbe, 35 Stätten gehören beiden Kategorien an. Die Schweiz ist auf dieser Liste mit zwölf Welterbestätten vertreten (Stand 2016).

Das Emblem des Erbes der Welt verdeutlicht die Wechselbeziehung zwischen Kultur- und Naturgütern. Das zentrale Viereck symbolisiert eine vom Menschen geschaffene Form, während der Kreis die Natur darstellt; beide Formen greifen eng ineinander. Das Emblem ist rund wie die Erde, zugleich aber auch ein Symbol des Schutzes.



Die Welterbekonvention

1972 hat die UNESCO die Konvention zum Schutz des Kultur- und Naturgutes der Welt verabschiedet. Inzwischen haben es 189 Staaten unterzeichnet.

Mit der Unterzeichnung der Welterbekonvention verpflichtet sich jedes Land dazu, die innerhalb seiner Grenzen gelegenen Welterbestätten zu schützen und für zukünftige Generationen zu erhalten. Die anderen Unterzeichnerstaaten tragen im Rahmen ihrer Möglichkeiten zum Schutz dieser Stätten des Menschheitserbes bei.

Mit der Erforschung, dem Schutz und der Pflege der Kultur- und Naturdenkmäler leistet die Schweiz ihren Beitrag zur Erhaltung des Welterbes. Die in ihrer Gestalt einzigartigen Objekte prägen nicht nur unsere tägliche Umwelt - vielmehr bedeuten sie für die Menschen der internationalen Völkergemeinschaft kollektive Identifikationspunkte. Diese Objekte nicht nur im Sinne eines touristischen Labels sondern in ihrer Originalität zu erhalten, ist eine nachhaltige Aufgabe gegenüber kommenden Generationen.

Die Schweizerische UNESCO-Kommission

Die Schweizerische UNESCO-Kommission koordiniert im Inland alle involvierten Akteure, sie vermittelt die Welterbestätten als Ganzes und sensibilisiert die Öffentlichkeit für die Werte des Welterbes (mehr Informationen auf www.unesco.ch).

Die Schweizerische UNESCO-Kommission stellt eine Wanderausstellung zu den 12 Schweizer Welterbestätten als Leihgabe zur Verfügung. Ein idealer und eindrucksvoller Einblick in die Einzigartigkeit der Schweiz - zum Beispiel für themenverwandte Anlässe, Tagungen oder Bildungsstätten.

Kernwerte der UNESCO-Welterbe

Die Kernwerte von UNESCO-Welterben sind:

- **Einzigartigkeit**
- **Authentizität (Echtheit)**
- **Integrität (Unversehrtheit)**

Alle Welterbestätten auf der Erde erfüllen diese Kernwerte

Das UNESCO-Weltnaturerbe Tektonikarena Sardona (TAS)

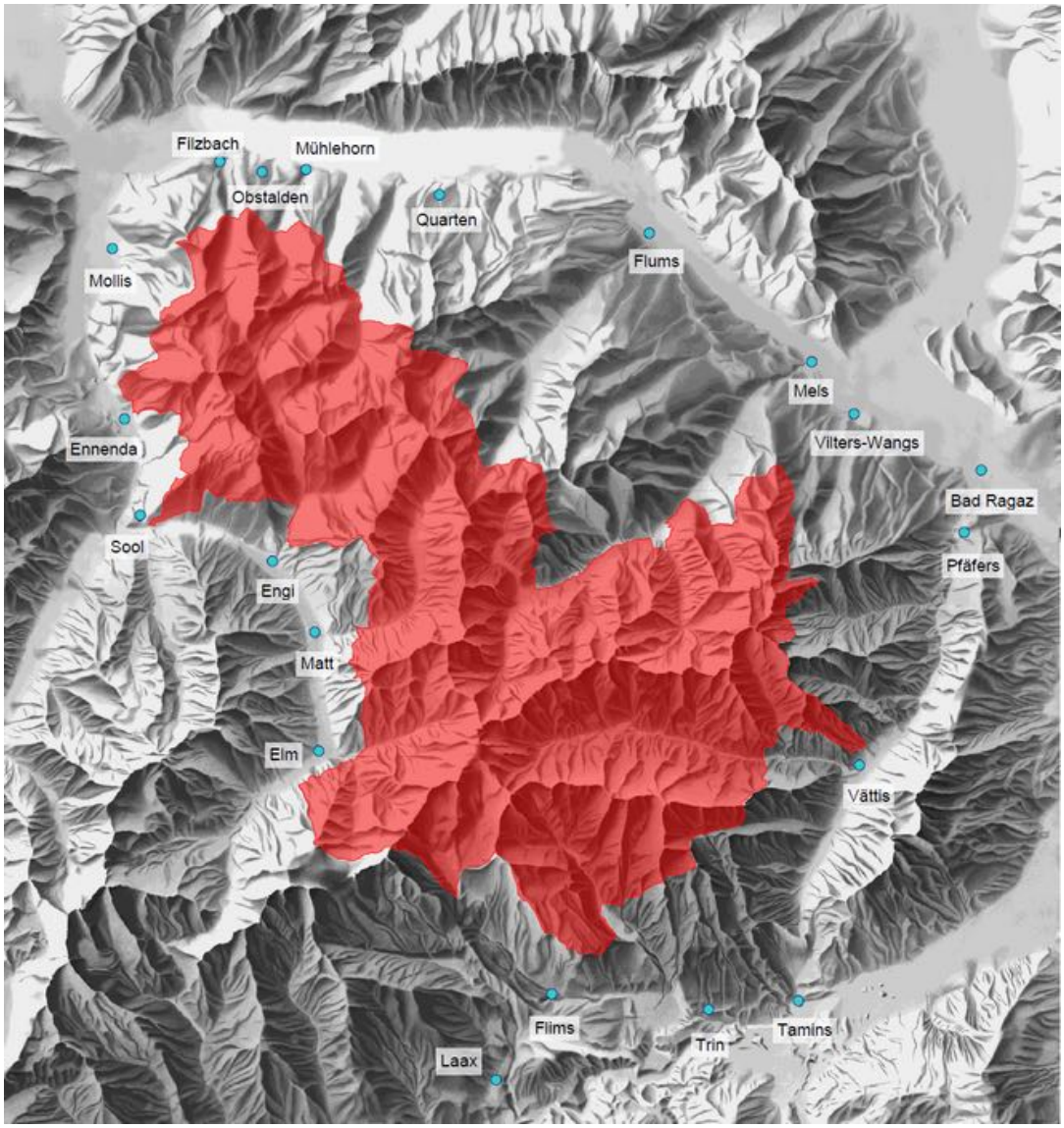
Tektonik ist das Studium der Strukturen der Erde (Strukturgeologie im engeren Sinne), der Bewegungen im Innern der Erde und an der Erdoberfläche (Kinematik) sowie der Mechanismen und Kräfte welche diese Bewegungen antreiben (Geodynamik).

Im Gebiet des UNESCO-Welterbes Tektonikarena Sardona bildet die Glarner Hauptüberschiebung das über die Landesgrenze hinaus bekannte tektonische Element. Solche Überschiebungen sind wichtige Mechanismen bei der Entstehung von Gebirgen.

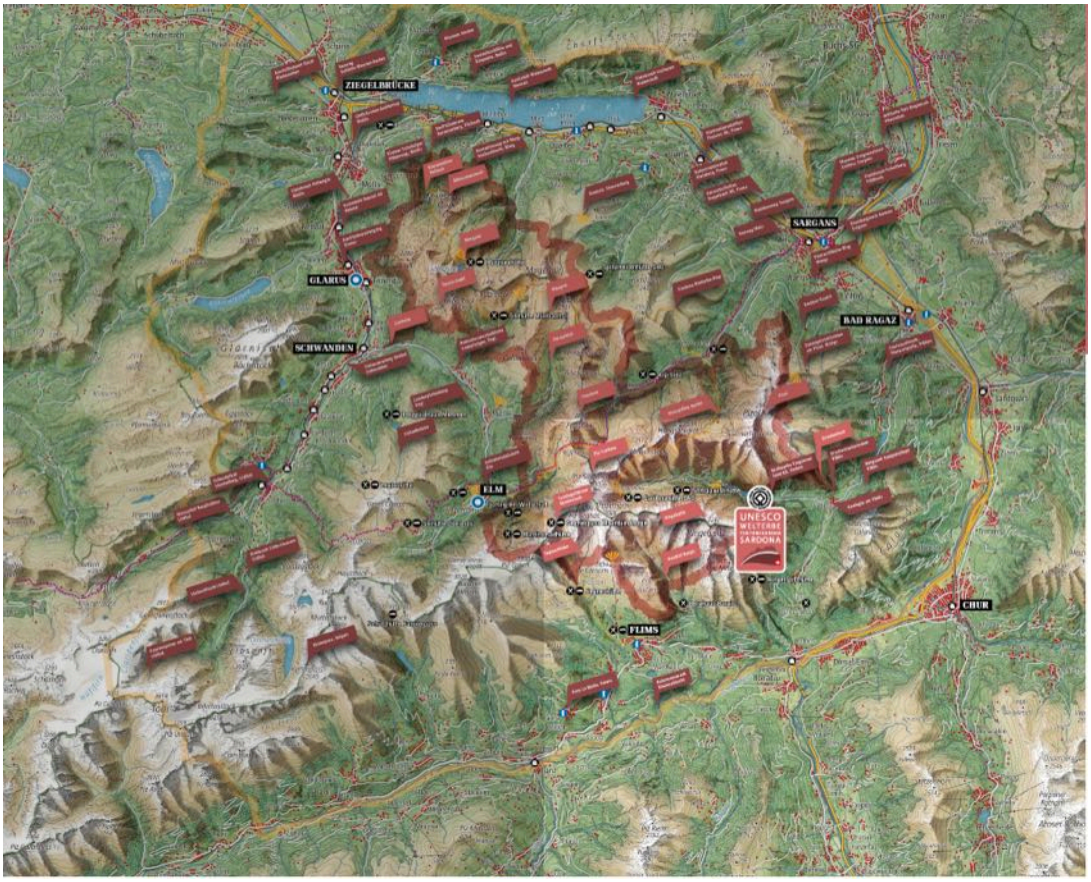
An den Gipfeln rund um den 3056 m hohen Piz Sardona ist die magische Linie der Glarner Hauptüberschiebung rund um den Gipfelaufbau herum von allen Seiten her gut sichtbar. Es wird dadurch eine grosse, dreidimensionale Fläche erkennbar. An manchen Orten hat man das Gefühl, mitten in einer Arena zu stehen. Deshalb ist die Tektonikarena Sardona das einzigartige Gebiet rund um den Piz Sardona, in welchem Prozesse der Gebirgsbildung besonders schön sichtbar sind.



Luftaufnahme des Piz Sardona von NW mit der rundum verlaufenden und gut sichtbaren Glarner Hauptüberschiebung.



Das Gebiet des Welterbes Tektonikarena Sardona.



Die Welterberegion = Geopark Sardona mit den verschiedenen Geostätten.

Das knapp 330 km² grosse Welterbegebiet wurde nach dem Piz Sardona getauft, da er in der Mitte des Gebietes und gleichzeitig der Grenzberg zwischen den drei am Welterbe beteiligten Kantonen Glarus, St. Gallen und Graubünden ist. Er steht für die grenzüberschreitende Zusammenarbeit der drei Kantone und der 13 Welterbegemeinden.

Wieso ist das Gebiet ein UNESCO Weltnaturerbe?

Die UNESCO gibt Kriterien vor, nach denen sich ein Gebiet für die Welterbeliste bewerben kann. Zusammen mit der Schweizer UNESCO-Kommission wird abgeschätzt ob es lohnenswert ist, eine Bewerbung für ein Gebiet auszuarbeiten. Eine ausgearbeitete Kandidatur wird danach vom Bundesrat an das UNESCO-Komitee in Paris eingereicht.





Die Glarner Hauptüberschiebung an verschiedenen Stellen des Welterbes Tektonikarena Sardona.

Bei der zweiten Kandidatur des Gebietes im Jahr 2006 strebte man den Eintrag in die Welterbeliste mit den zwei UNESCO Kriterien vii) (Überragende Naturerscheinungen oder aussergewöhnliche Naturschönheit) und viii) (Erdgeschichte, geologische und geomorphologische Merkmale und Prozesse) an.

Im Entscheid des UNESCO-Komitees wurde aber nur das Kriterium viii) bestätigt, das Kriterium vii) konnte leider nicht erfüllt werden. Speziell ist, dass es weltweit nur eine Handvoll Welterbestätten gibt, die aufgrund der Tektonik, resp. tektonischer Werte in die Welterbeliste aufgenommen wurden. Das UNESCO-Welterbe Tektonikarena Sardona basiert somit auf einem geologisch-tektonischen Hintergrund. Folgende klar umschriebene aussergewöhnliche, universelle Werte (outstanding universal value, OUV) des Welterbes gilt es zu erhalten:

„Die weltweit einzigartige Sichtbarkeit von Naturphänomenen der Gebirgsbildung, die beispielhafte Erforschungsgeschichte sowie die andauernde Bedeutung für die geologische Forschung waren für die UNESCO die Gründe, dem kantonsübergreifenden Gebiet die Auszeichnung als Weltnaturerbe zu verleihen.“

Die Tektonikarena Sardona spielt mit dieser Auszeichnung in der gleichen Liga wie etwa der Grand Canyon, die Galapagosinseln, das Great Barrier Reef oder die Vulkaninseln von Hawaii! Eine grossartige Auszeichnung – aber auch eine Verpflichtung für die drei beteiligten Kantone und dreizehn Welterbe-Gemeinden, zu diesem Gebiet langfristig Sorge zu tragen.

Für welchen Wert (OUV) steht die Tektonikarena Sardona?

Zentrale Voraussetzung für ein Welterbe ist die weltweite Einzigartigkeit, der so genannte „aussergewöhnliche universelle Wert“ (= outstanding universal value, OUV).

Dieser wurde durch wissenschaftliche Studien erarbeitet und danach vom Welterbekommitee wie folgt umschrieben:

"Die Tektonikarena Sardona bietet einen aussergewöhnlichen und dramatischen Einblick in den durch die Kollision von Kontinentalplatten hervorgerufenen Prozess der Gebirgsbildung. Die Stätte zeichnet sich aus

(1) durch eine deutliche dreidimensionale Ausprägung der für dieses Phänomen charakteristischen Strukturen und Prozesse in einer Berglandschaft,

(2) durch ihre Geschichte als Forschungsobjekt und

(3) durch ihr anhaltendes Interesse für die Geologie”

Wie steht das Bergwerk Gonzen zum Welterbe Tektonikarena Sardona?

Das Bergwerk Gonzen liegt in der um das eigentliche Welterbe herum definierte Welterbe-Region, die deckungsgleich ist mit dem schon vor dem Welterbe gegründeten und bestehenden „Geopark“.

Schon damit ist es sinnvoll und wünschenswert, wenn die Besucher des Bergwerkes auf diesen Zusammenhang hingewiesen und Informations- und Werbematerial für das Welterbe nicht nur präsent und aktuell sind, sondern von den Bergwerksführern auch explizit angesprochen und abgegeben werden.

Auch wenn im Bergwerk die für das Welterbe zentralen Aspekte der Gebirgsbildung nicht im Vordergrund stehen, so sind doch wichtige Phänomene der Gebirgsbildung auch sehr gut sichtbar. Schon allein die steile Lage es Haupt-Erzlagers ist ja eine Folge der Gebirgsbildung. Dann sind mit Falten, Adern und Brüchen auch Phänomene der alpinen Gebirgsbildung direkt sichtbar, und lassen die Besucher eine Ahnung von den gebirgsbildenden Kräften erfahren.

Übrigens: Die Glarner Hauptüberschiebung verläuft einige Hunderte von Metern unterhalb des Bergwerks durch und verbindet so die Glarner- mit der nördlich davon anschliessenden Säntisdecke.

Wo gibt es ausführliche Informationen zur Tektonikarena Sardona?

Weitere Informationen sind auf der Homepage der Tektonikarena zu finden:

www.unesco-sardona.ch

Unter der Rubrik Media & Service gibt es unter anderem eine Übersicht von Flyer und Broschüren, von denen einige direkt heruntergeladen werden können..

→ Methodische Tipps

- Das Welterbe TAS zu Beginn ganz kurz erwähnen, und dass das Bergwerk Teil der Welterberegion bzw. des Geoparks ist.
- Am Schluss, ev. beim Apéro, ein paar Worte dazu berichten und die Welterbeflyer verteilen, auf die Webseite verweisen.