Vertiefende Hintergrund-informationen Geologie

Eine kleine Wissens-Hilfe für Führer

Landesplattenberg

Thomas Buckingham, Jürg Meyer

2017, v1.0

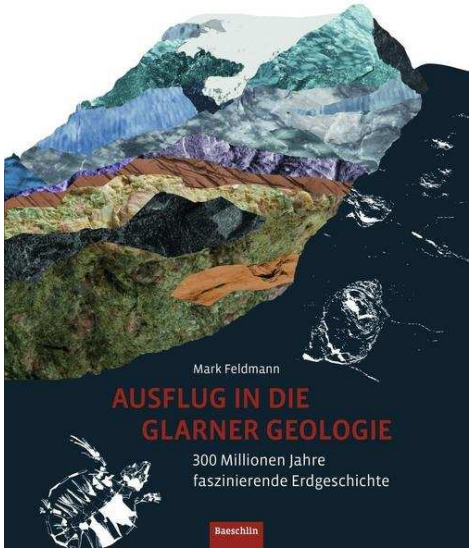
Inhalt

A. Wichtige Grundlagen 3
B. Laminierte A3 Vorlagen für Führungen 3
C. Allgemeines Geo-Wissen 4
Geologische Zeitskala 4
Ton, Tonmineralien, Tonstein, Tonschiefer 5
Gesteinsmetamorphose 6
Flysch 10
Fossilien 15
Die Alpenbildung 15
D. Lokales Geo-Wissen 16
Engi-Schiefer 16
Fossilien im Engi-Dachschiefer 16
Matter Sandstein 17
Verrucano 17
Lochsitenkalk 23
Wie liegt der Landesplattenberg in der Geologie und den Strukturen der Glarner Alpen? 23
E. UNESCO-Weltnaturerbe Tektonikarena Sardona 25
Warum Welterbe? 25
Was ist die UNESCO? 25
Welterbeidee 25
Welterbekonvention 25
Schweizerische UNESCO-Kommission 26
Kernwerte UNESCO-Welterbe 26
Das UNESCO-Weltnaturerbe Tektonikarena Sardona (TAS) 26
Wieso ist das Gebiet ein UNESCO Weltnaturerbe? 27
Für welchen Wert (OUV) steht die Tektonikarena Sardona? 28
Wo gibt es ausführliche Informationen zur Tektonikarena Sardona? 28

A. Wichtige Grundlagen

Eine zentrale Grundlage zur Geologie des Landesplattenberges liefert das Buch “Der Landesplattenberg - Forschungsgeschichte, Fossilien und Geologie” von Heinz Furrer und Urs B. Leu (1998)





Eine weitere wichtig und sehr reichhaltige Grundlage bildet das Buch “Ausflug in die Glarner Geologie- 300 Millionen Jahre faszinierende Erdgeschichte” von Mark Feldmann (2016).

B. 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 auf der Rückseite gleichzeitig dem Führer als Wissens-Stütze.

Speziell für die Führer des Landesplattenbergs wurden drei Sets von A3 Vorlagen zu folgenden Themen erstellt:

- Ton - Tonmineralien - Tonstein - Tonschiefer
- Die Engi - Schiefer und ihre Fossilen
- Flysch

Diese können hier heruntergeladen werden:
https://drive.google.com/drive/folders/0B-DpvxhuZeuoZEZxZFFOZmxHTW8?usp=sharing

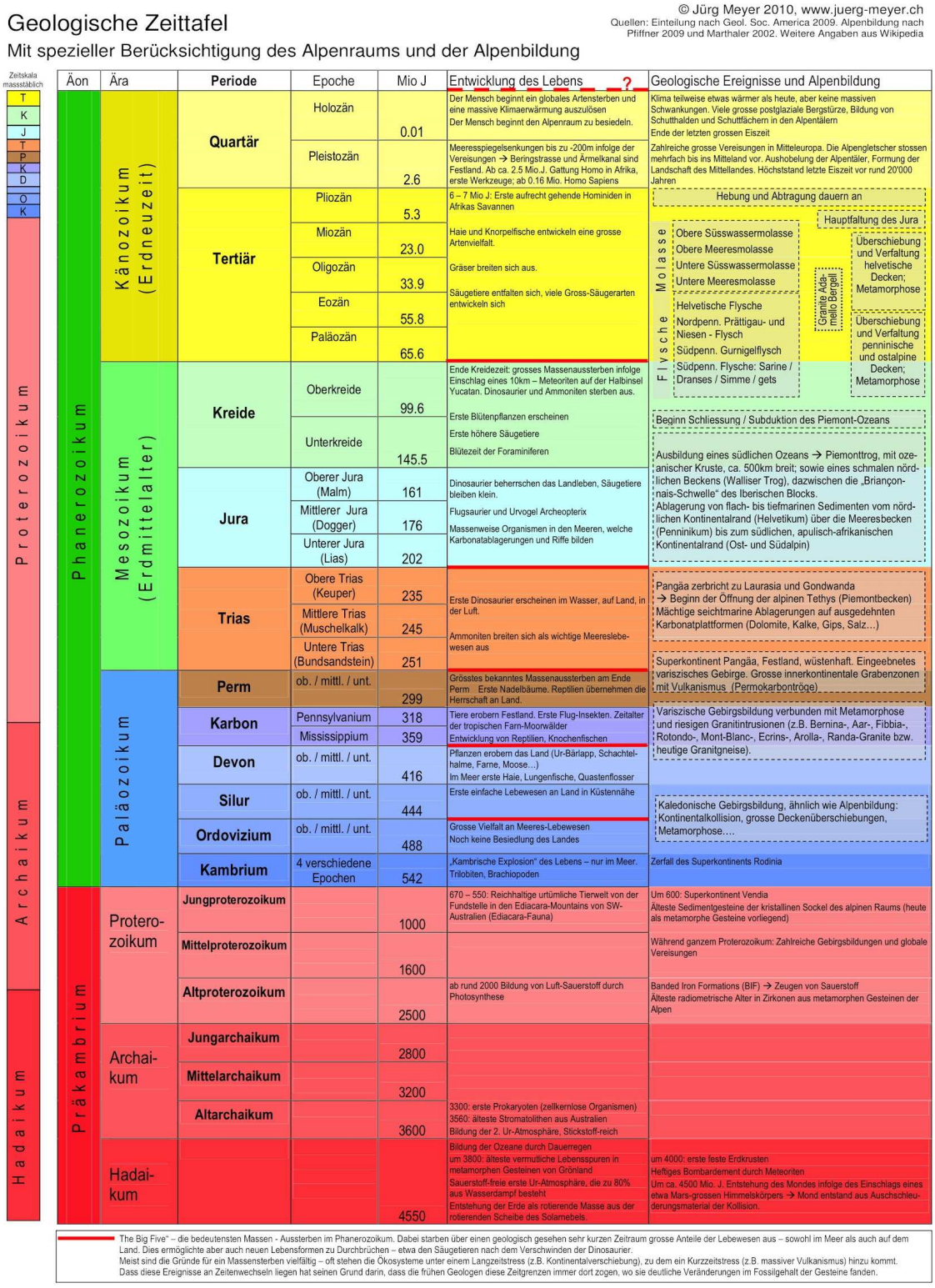
Weitere A3 zu unterschiedlichen geologischen Themen können hier heruntergeladen werden:
https://www.dropbox.com/sh/zbdct5gklt8u5ho/AABH_cWFwJ-4mFkPuvh9Ab8_a?dl=0

Diese A3 - Abbildungen ergänzen die Texte dieses Dokuments

C. Allgemeines Geo-Wissen

Geologische Zeitskala

Auf dieser geologischen Zeitskala sind neben den Altersabschnitten in der mittleren Kolonne wichtige Ereignisse der Erdgeschichte und rechts der Alpenbildung notiert.



Ton, Tonmineralien, Tonstein, Tonschiefer

Ton – was ist das?

- Ton ist ein knet- und quellbares Gemenge von extrem feinkörnigen Tonmineralien.
- Für den Ingenieur ist Ton Material, das Korngrössen unter 0.002 mm hat

Tonmineralien und ihre Entstehung

- Tonmineralien sind eine eigene grosse Familie von Silikatmineralien, die immer nur extrem kleine, von Auge nicht sichtbare Kristalle bilden.
- Tonmineralien entstehen an der Erdoberfläche bei der Verwitterung von anderen Mineralien der Gesteine. Beispiel: Granit besteht aus Feldspat, Quarz und Glimmer. Bei der Verwitterung werden der Feldspat und der Glimmer zu Tonmineralien abgebaut und dann als Tontrübe mit den Gewässern ins Meer transportiert und dort als Tonschlamm abgelagert. Der Quarz des Granits ist kaum verwitterbar, er wird als Sandkörner transportiert und am Flussufer oder im Delta als Sand abgelagert.
- Tonmineralien haben ähnlich wie die Glimmermineralien einen schichtartigen Aufbau. Sie können aber zwischen ihren Schichten Wasser aufnehmen und wieder abgeben. Deshalb sind Tonmassen quellbar und bei Wasserzugabe form- und knetbar.
- Es gibt verschiedene Arten von Tonmineralien, die alle ihre eigenen Namen und ihre speziellen technischen Eigenschaften haben.

Wo wird Ton abgelagert?

- Da die mit den Flüssen transportierten Ton-Mineralien so extrem fein sind, gelangt der grösste Teil davon ins Meer und wird dort teils Hunderte von km schwebend verströmt, bevor sie als feiner Tonschlamm auf dem Meeresgrund abgelagert werden. So wurden auch die Tonschiefer vom LPB abgelagert.
- Je nach Klima und Strömungen kann neben den Tonmineralien auch noch anderes Material abgelagert werden, etwa feinster Sand (ergibt sandigen Ton) oder Schalen von Meerestieren (ergibt Mergelgestein).

Vom Ton zum Tonstein

- Aus dem losen Tonschlamm am Meeresboden kann in Hunderttausenden bis Millionen Jahren durch stetige Überlagerung ein Tonstein entstehen. Verfestigte Tonsteine sind wichtige Rohstoffe für die Keramik- und Backstein-/Ziegelindustrie. Die Schweiz plant, ihre radioaktiven Abfälle in der 100 m mächtigen Tonschicht des Opalinustons in der Nordschweiz abzulagern.
- Tonsteine können weitere Mineralien enthalten, meist sind sie aber grau. Am häufigsten sind Quarz, Feldspäte, Glimmer, Karbonate. Tonsteine treten in vielen verschiedenen Farben auf, so etwa hell- bis dunkelgrau, schwarz, rot oder grün. Für die Farbe bestimmend sind kleinste Beimengungen von Limonit, Hämatit, Chlorit und organischen Kohlenstoffverbindungen wie Bitumen oder Kohle.
- Die Quellfähigkeit der Tonminerale beruht auf der Einlagerung von Wasser in den Zwischengitterschichten oder auf der Umhüllung durch Wassermoleküle. Dieses Quellen kann zu Quelldruck bzw. Quellhebung führen, welches u.a. im Tunnelbau zu Problemen führen kann.

Vom Tonstein zum Tonschiefer

Gerät ein Tonstein in eine Gebirgsbildung, dann kann er in Tiefen von etlichen Kilometern versenkt werden. Mit der Tiefe nehmen Temperatur und Druck zu. Dies bewirkt im Tonstein langsame Veränderungen. Bei etwa 10-15 km Tiefe und Temperaturen von 250 bis 350 Grad

entsteht wie hier am Landesplattenberg ein Tonschiefer. Er unterscheidet sich vom unmetamorphen Tonstein wie folgt:

- Er ist deutlich härter
- Er ist kaum mehr quellbar
- Er hat eine deutliche, ebene Schieferung, die durch die Einregelung der Tonplättchen unter dem hohen Druck entstanden ist.

Gesteinsmetamorphose

Metamorphe Gesteine (Metamorphite) entstehen durch Umkristallisation in festem Zustand - also ohne Aufschmelzung! - von bestehenden Gesteinen, wenn diese in der Erdkruste erhöhten Temperaturen und Drucken als bei ihrer Entstehung ausgesetzt sind. Dies geschieht meist durch Versenkung infolge tektonischer Prozesse.

Druck und Temperatur nehmen in der Erdkruste mit der Tiefe zu, wobei die Temperaturzunahme (der „geothermische Gradient“) je nach geologischer Situation variieren kann. Wenn wir in der Schweiz in den Boden bohren, dann nimmt die Temperatur im Durchschnitt um etwa 30 ºC pro km Tiefe zu, in den Alpen nur rund 20 ºC pro km. Die Temperatur- und Druckbereiche der Gesteinsmetamorphose beginnen ab rund 150 ºC / 1'000 bar und reichen bis rund 800 ºC / 35'000 bar. Die Druck-Temperatur-Bereiche der Gesteinsmetamorphose werden in Felder unterteilt, welche nach metamorphen Basaltgesteinen aus diesen Bereichen benannt sind. Man nennt diese Felder „Metamorphe Fazies“ – nicht zu verwechseln mit dem Faziesbegriff bei Sedimentgesteinen.

Was passiert bei der Gesteinsmetamorphose?

Die Gesteine verändern bei einer metamorphen Umwandlung ihre mineralogische Zusammensetzung und/oder ihre Struktur, nicht jedoch ihre chemische Gesamtzusammensetzung – mit einer wichtigen Ausnahme: bei zunehmender Temperatur verlieren die Gesteine Wasser H_2O, welches bei tieferen Temperaturen in den Mineralien eingebaut ist, sie werden in der Regel „trockener“. Das H_2O in metamorphen Gesteinen trägt entscheidend zur Geschwindigkeit der Umkristallisationen bei: Je “trockener“ ein Gestein, desto reaktionsträger ist es. Die Anpassung der mineralogischen Zusammensetzung geschieht über chemische Reaktionen zwischen den vorhandenen Mineralien. Liegt als Ausgangsgestein etwa ein Tonstein vor, so wird sich dieser bei zunehmender Temperatur zuerst zu einem Tonschiefer, und dann in einen feinkörnigen Glimmerschiefer umwandeln, der im wesentlichen aus den Mineralien Quarz- Muskowit-Chlorit besteht. Bei etwa 350 ºC läuft dann die folgende Mineralreaktion ab:

$$\text{Muskowit 1} + \text{Chlorit} \rightarrow \text{Biotit} + \text{Muskowit 2} + \text{Quarz} + H_2O \text{ (das entweicht)}$$

Im Gelände kann diese Reaktion erkannt werden, wenn in den Tonschiefern erstmals kleine braune Biotit-Plättchen erscheinen. Nimmt die Temperatur weiter zu, wird sich bei rund 450 ºC eine weitere wichtige Mineralreaktion abspielen:

$$\text{Chlorit} + \text{Muskowit} \rightarrow \text{Granat} + \text{Biotit} + H_2O \text{ (das entweicht)}$$

Diese Reaktion macht sich in den Gesteinen bemerkbar, indem erstmals kleine rundliche Granatkörner und noch mehr Biotit auftreten. Bei beiden Reaktionen wird Wasser frei, welches dann über Mikrorisse und Klüfte im Gesteinskörper abwandern kann.

So entsteht aus dem unansehnlichen grauen Tonstein bei hohen Metamorphosegraden ein wunderschöner Zweiglimmer-Granat-Staurolith-Disthen – Glimmerschiefer – und mit Ausnahme des frei gewordenen Wassers ist das chemisch immer noch genau dasselbe Gestein!

Die „Entwässerung“ bei zunehmender Metamorphose ist der Hauptgrund, warum metamorphe Gesteine nach dem „Peak“ der Metamorphose, bei der nachfolgenden Abnahme von Temperatur und Druck durch die langsame Heraushebung nicht wieder „zurück“ in den Ursprungszustand reagieren. Manchmal zeigen metamorphe Gesteine trotzdem unterschiedliche Grade solcher „Rückreaktionen“, die man retrograde Metamorphose nennt.

Die langsame Veredelung eines Tonsteins

Die folgenden Gesteinsfotos illustrieren die Verwandlung, welche ein Tonstein mit zunehmendem Metamorphosegrad durchmacht, wie sie oben erläutert wurde.

Die chemische Zusammensetzung bleibt sich immer gleich, nur Wasser wird aus den Gesteinen mit zunehmender Metamorphose freigesetzt!



1 unmetamorpher weicher Tonstein Opalinuston, Aargauer Jura



2 leicht gepresster Tonstein, noch unmetamorph.



3 Engi Dachschiefer, schwach metamorph.



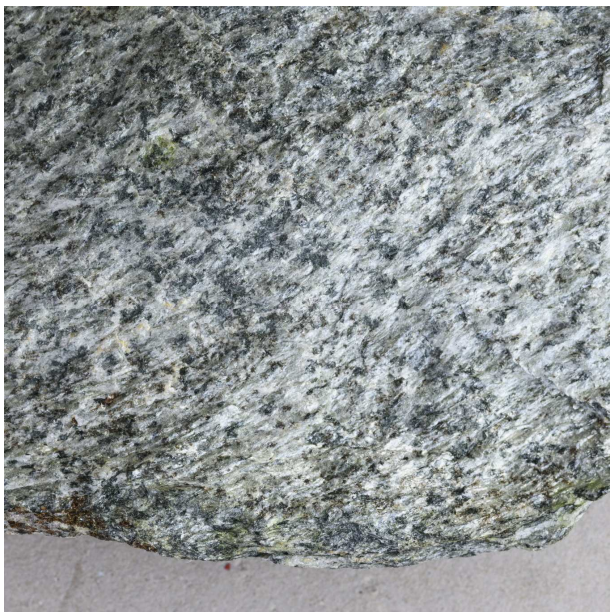
4 schwach metamorpher Tonschiefer / Phyllit, Lötschenpass



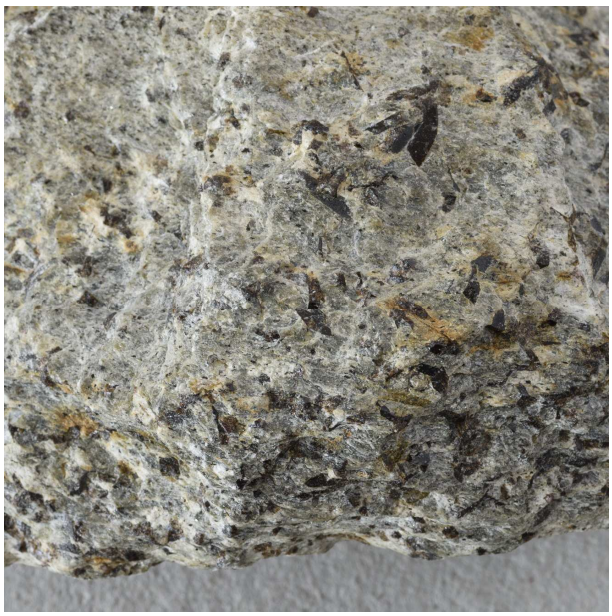
5 schwach-mittel metamorpher Tonschiefer mit Hellglimmer, Ilanz



5 Mittelstark metamorpher Sericit-Schiefer, Mittelbünden



6 mittelstark metamorpher Chloritoid-Serizit-Schiefer, Lukmanier.-Gebiet



7 Stark metamorpher Glimmerschiefer mit Staurolith, obere Leventina



6 Stark metamorpher Granat-Glimmer-schiefer, mittlere Leventian



7 Stark metamorpher Granat-Staurolith-Glimmerschiefer, mittlere Leventina



8 Stark metamorpher Granat-Staurolith-Glimmerschiefer, südliche Leventina



9 Sehr hoch metamorpher Granat-Granulit, bei Chiavenna

Flysch

Als Flysch bezeichnet man in den Alpen bestimmte gut geschichtete Sandstein-Tonschiefer-Ablagerungen. Es handelt sich um sandig-tonige Meeressedimente der Kreide- bis Tertiärzeit, die über den Subduktionszonen bei der Annäherung von Afrika an den europäischen Kontinentalrand durch Schüttungen vom langsam werdenden Alpengebirge abgelagert wurden. Die Ablagerung erfolgte meist in sogenannten „Akkretionskeilen", in Form von untermeerischen Sandlawinen (Turbiditen) mit dazwischen gelagerten Tonschichten. Im Akkretionskeil können erst gerade abgelagerte und verfestigte Sedimentpakete in die Subduktionszone eingeschuppt und zu keilförmigen Gesteinspaketen gestapelt werden (siehe Abbildungen unten).

Der Begriff „Flysch" wird weltweit für derartige Akkretions-Ablagerungen an aktiven Kontinentalrändern verwendet.

„Flysch" geht auf einen im Simmental von Bauern gebrauchten Flurnamen für Gebiete mit schiefrigem, „schlechtem" Gestein zurück. Wenn man in einem Flyschgebiet an einem Strassenanschnitt oder in einem Tobel das anstehende Gestein sieht, erkennt man praktisch immer, dass es sich um sehr gut gebankte Serien mit harten Sandsteinbänken von einigen cm bis einigen dm Dicke mit dazwischen gelagerten Tonschiefern handelt. Oft sind diese Abfolgen auch verfaltet. Auf den ersten Blick können Flyschserien mit Bünderschieferserien verwechselt werden, doch diese bestehen eben überwiegend aus kalkigen Gesteinen, während in den Flyschen Sandstein dominiert.

Die vielen Tonlagen führen dazu, dass die Flysche sehr leicht abgetragen werden, keine richtigen Felswände bilden, zu Sackungen neigen, das Grundwasser stauen und so zu Feucht- und Moorgebieten führen.

Flyschserien sind nichts anderes als früher Abtragungsschutt über einer Subduktionszone und eines sich langsam bildenden zukünftigen Gebirges. Dabei gelangt sandig-toniges Material durch Flüsse in das Meeresbecken über der Subduktionszone. Die feine Ton-Schwebefracht treibt weit in das Meeresbecken hinaus und lagert sich dort langsam als feiner Tonschlamm ab. Die Sande bleiben küstennäher liegen, werden aber in Intervallen in Form von submarinen Schlammströmen oder -lawinen (sog. Trübe – oder Turbititströme, wahrscheinlich oft durch Erdbeben ausgelöst) ebenfalls weit in das Meeresbecken hinaus geschwemmt. Man hat solche „Trübeströme" auch in den heutigen Meeren beobachtet. Auf diese Weise entstehen die typischen Flyschabfolgen, mit ihren Wechsellagerungen von Sandstein- und Tonlagen. Damit steckt in den Flyschen eine spannende zeitliche Dimension: Eine feine Tonlage von wenigen cm Dicke kann eine Ablagerungszeit von vielen Tausend Jahren abbilden, während die darüber liegende, vielleicht mehrere dm mächtige Trübestrom-Sandsteinlage in einem Zeitraum von Minuten bis Stunden abgelagert wurde! Die Sandsteinlagen sind sehr oft korngrössenmässig gradiert, mit den gröberen Fraktionen unten, und gegen oben immer feineren Anteilen – wie man das von einer untermeerischen Sandlawinenablagerung erwarten würde.

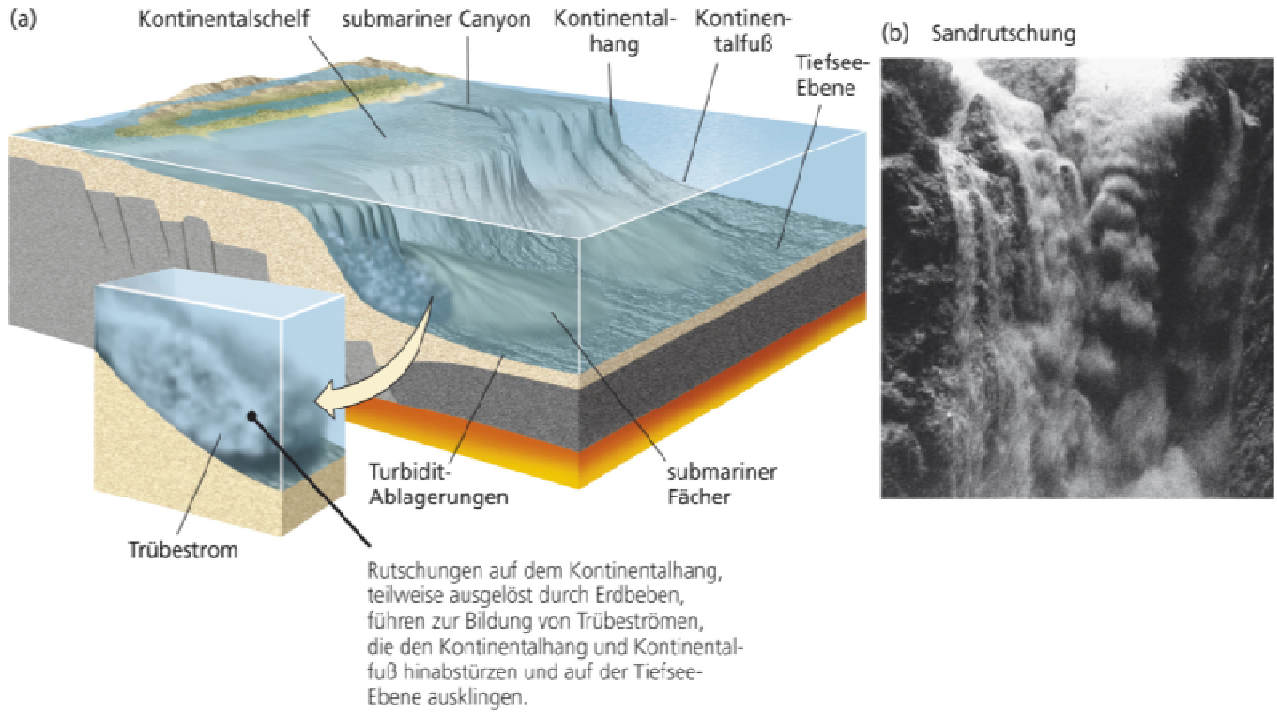
Weil die Subduktionen und Deckenbildungen in den Alpen von SE her, vom afrikanischen Kontinentalrand her immer weiter gegen NW vorrückten, werden auch die Flyschbildungen von SE nach NW immer jünger. Die südpenninischen Flysche haben Oberkreide-Alter, die jüngsten helvetischen Flysche des europäischen Kontinentalrandes können bis zu mitteltertiäre Alter aufweisen. Die Flysche der Alpen gehen manchmal fast kontinuierlich aus den darunter liegenden älteren Bündnerschieferserien hervor, und eine klare Abgrenzung im Gelände ist schwierig.

Wegen ihrer leichten Verformbarkeit dienten Flyschserien bei den alpinen Deckenbildungen häufig als Abscher- bzw. Überschiebungshorizonte für die Deckenüberschiebungen. Deshalb

liegen zwischen einzelnen Decken häufig stark deformierte Horizonte von Flyschen, oder Massen von Flysch wurden zwischen und vor den Decken intensiv verfaltet und angehäuft. So liegt etwa im UNESCO-Welterbe Tektonikarena Sardona der Glarner Verrucano im mittleren und vorderen Teil der Glarner Hauptüberschiebung auf den helvetischen Flyschserien mit Matter Sandstein und Engi-Tonschiefern.

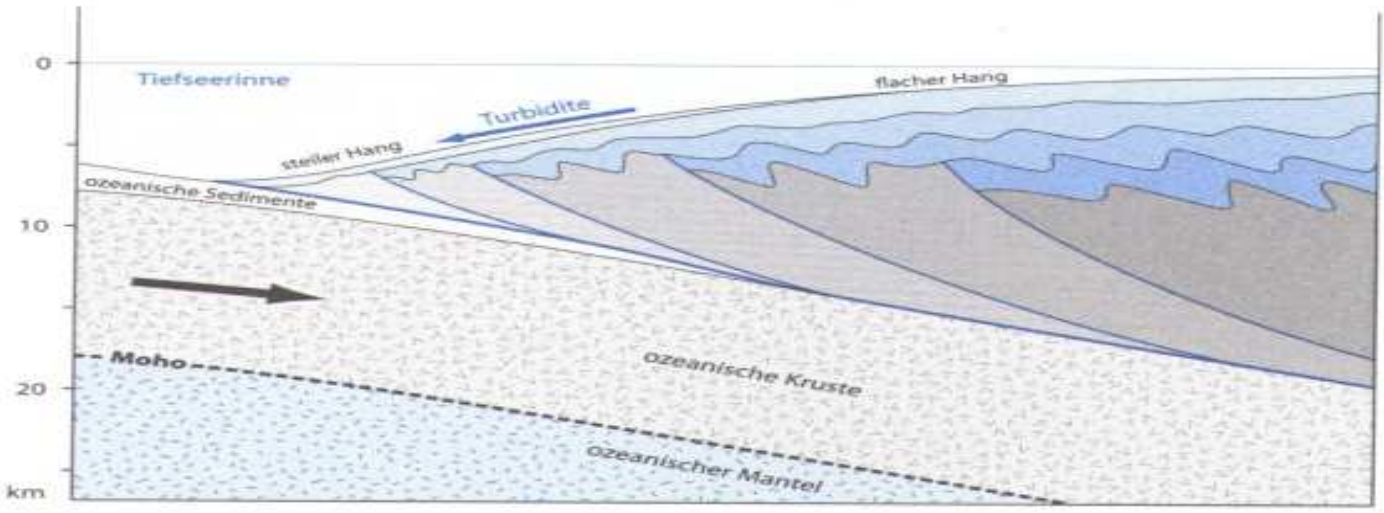
Die Flysche der Alpen können unmetamorph bis mittelstark metamorph umgewandelt vorliegen.

Die Flyschserien sind auf der tektonischen Karte der Schweiz in gelben Farbtönen mit Übersignaturen dargestellt.

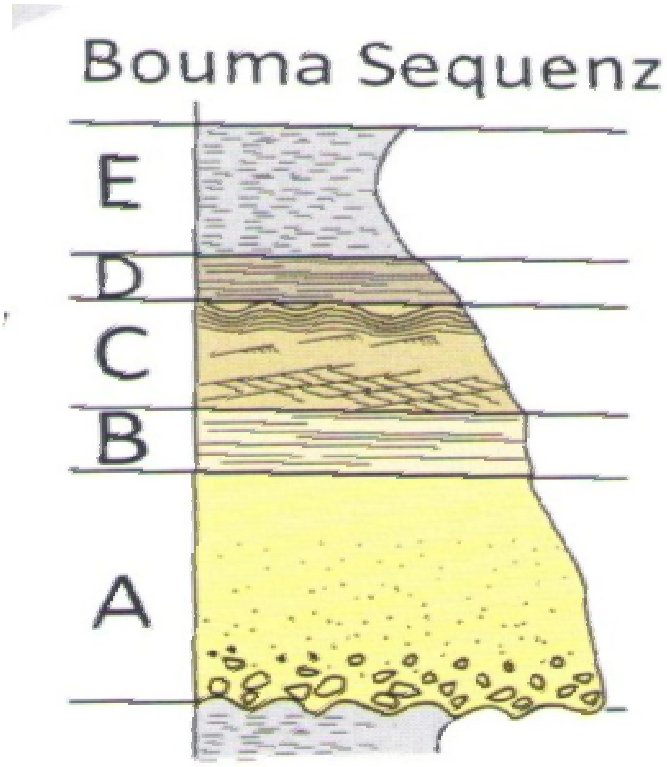


Schema der Flyschbildung an Kontinentalrand durch Trübeströme (Turbidity Currents).

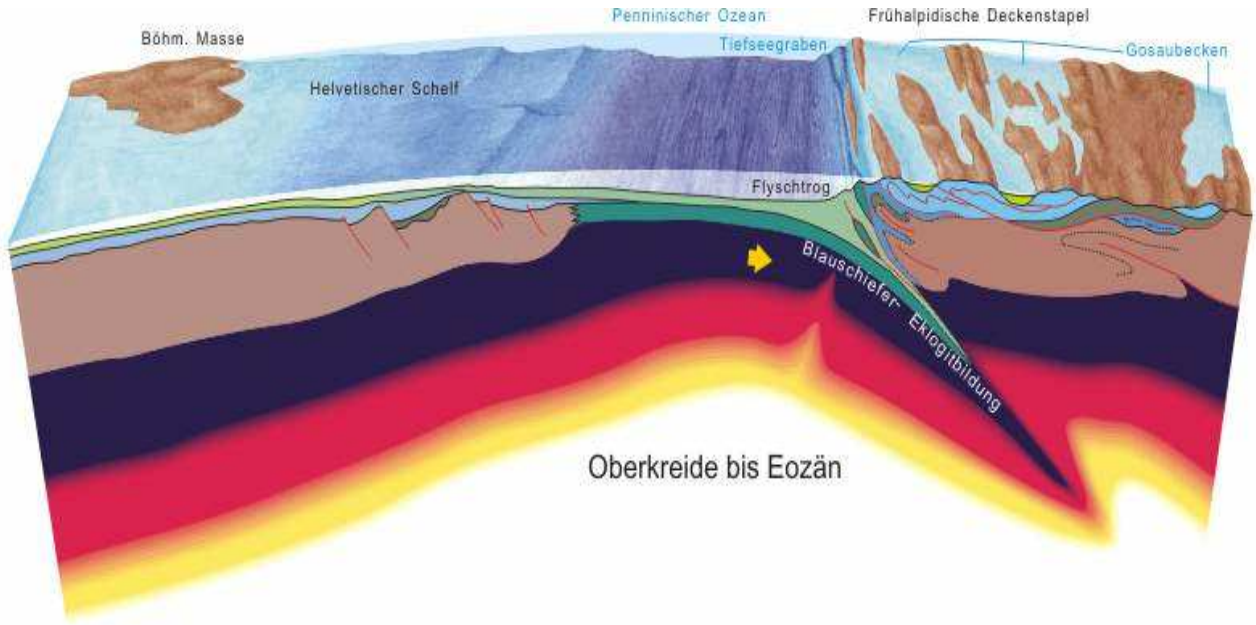
Aus: Grotzinger/Jordan/Press/Siever: Allgemeine Geologie, 5. Auflage. Spektrum akademischer Verlag 2008



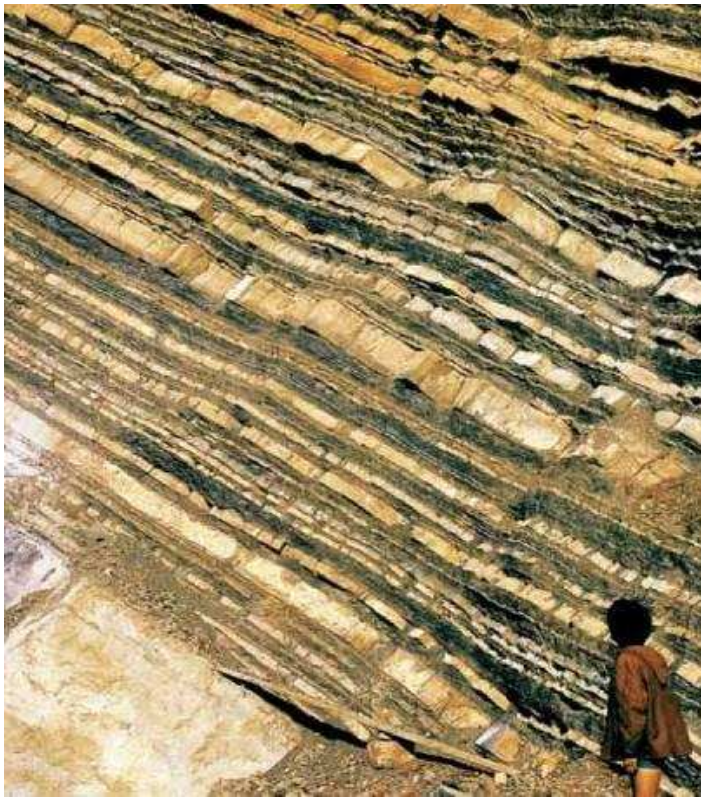
Schema der Flyschbildung in einem Akkretionskeil über einer Subduktionszone



Idealisierter Aufbau einer Flysch-Sequenz mit gradierter Sandsteinbank, übergehend über geschichtete und gerippte Lagen in die nächste feine Tonlage („Bouma-Sequenz“)



Blockdiagramm durch die werdenden Ostalpen vor rund 50 Mio. Jahren. Vor dem anrückenden apulisch-afrikanischen Kontinent bildet sich eine Subduktionszone in der ozeanischen Kruste, und es bildet sich ein aktiver Flyschtrog mit Akkretionskeil aus.





Zwei Aufschlüsse mit typischen Flysch-Turbidit-Abfolgen: Links Carrière des Fayaux bei Vevey in südpenninischen Gurnigelflysch (Foto M. Marthaler), rechts nordpenninischer Flysch bei Altdorf UR



Die östlichen Talhänge oberhalb von St. Antönien, Prättigau, GR. Unter der obersten Silvrettadecke (bräunlich) und den weissen Kalkwänden der Sulzfluhdecke liegen die ganzen wiesenbedeckten Talhänge in den weichen Gesteinen des nordpenninischen Prättigau-Flysches



Gebankter Flyschaufschluss im ultrahelvetischen Sardonaflysch am Weg Sardonahütte – Piz Sardona.



Flyschlandschaft bei Gstaad in südpenninschem Simmenflysch

Fossilien

Ein Fossil (lateinisch fossilis „ausgegraben“) ist jedes Zeugnis vergangenen Lebens der Erdgeschichte, das älter als 10.000 Jahre ist und sich somit einem geologischen Zeitalter vor dem Beginn des Holozäns zuordnen lässt. Derartige erdgeschichtliche Dokumente können sowohl körperliche Überreste von Lebewesen (Körperfossilien) sein als auch Zeugnisse ihrer Aktivität (Spurenfossilien). Zum Beispiel werden auch versteinerte Trittsiegel und Exkremente (Koprolithe) zu den Fossilien gezählt. Die Erforschung der Fossilien erfolgt in erster Linie durch die Paläontologie.

Der Begriff „Versteinerung“ oder veraltet „Petrefakt“ (lateinisch petra Stein, factum „gemacht“) ist nicht gleichbedeutend, denn nicht jedes Fossil ist mineralisiert und liegt somit als eine Versteinerung vor.

Die Entstehung von Fossilien nennt man Fossilisation. Aufgrund besonderer Umstände zerfällt der Körper mancher Lebewesen nach ihrem Tod nicht vollständig, sondern Bestandteile, Form oder Struktur bleiben erhalten.

Wissenschaftler gehen von etwa einer Milliarde Tier- und Pflanzenarten aus, die seit dem Beginn des Phanerozoikums vor 541 Millionen Jahren entstanden sind („kambrische Explosion des Lebens“), manche rechnen sogar mit 1,6 Milliarden. Weit unter ein Prozent dieses Artenreichtums ist fossil erhalten geblieben, denn günstige Bedingungen für eine Fossilwerdung herrschen generell selten und viele Fossilien sind im Laufe der Jahrmillionen zudem durch Abtrag oder Gesteinsmetamorphose zerstört worden. Forscher haben bis 1993 rund 130’000 fossile Arten wissenschaftlich beschrieben.

Die Alpenbildung

Vor 250 Millionen Jahren gab es einen Superkontinent Pangäa, der zukünftige Alpenraum lag in tropischen Breiten. Dieser Kontinentalsockel bildet das zukünftige „Grundgebirge“ der Alpen. Vor 200 Millionen Jahren zerfiel Pangäa, zwischen Afrika und Europa bildeten sich verschiedene Meeresbecken – gesamthaft Tethys genannt - mit kleinen Kontinentalschollen dazwischen. In den Meeresbecken wurden Sedimente abgelagert, die wir heute in den Alpen als Sedimentgesteine (Kalkstein, Dolomit, Mergel, Tonschiefer, Sandsteine etc.) aufgetürmt vorfinden. Vor 100 Millionen Jahren änderte Afrika seine Bewegungsrichtung und nähert sich seither Europa mit rund 2 cm pro Jahr an. Dies kann als „Geburtsdatum“ der Alpenbildung gesehen werden. Die Meeresbecken wurden dabei weitgehend wieder in den Erdmantel versenkt, Teile davon wurden jedoch abgeschuppt, als Gesteinsdecken übereinander geschoben und dabei auch verfaltet. Dabei entstanden in den noch verbleibenden Meeresteilen die Flyschgesteine. Bei der anschliessenden Kontinentalkollision verkeilten sich diese Decken und die Kontinentalränder ineinander, wodurch sich eine stark verdickte Knautschzone ergab, die sich infolge des grösseren Auftriebes zu heben begann. So wuchsen die Alpen langsam in die Höhe, und gleichzeitig begann auch die Erosion laufend wieder abzutragen. Der Abtragungssschutt liegt heute im Norden und Süden der Alpen in den gigantischen Schichten der Molassegesteine. Noch heute dauert der Wettlauf zwischen Hebung und Abtragung im geologisch jungen Deckengebirge der Alpen an – die Alpenbildung ist damit nicht abgeschlossen! In Elm heben sich die Alpen noch mit rund 1 mm pro Jahr.

D. Lokales Geo-Wissen

Weitere Hintergründe, Zusammenhänge und Informationen zur Geologie des Weltnaturerbes Tektonikarena Sardona findest Du im Besucherzentrum von Elm!

Engi-Schiefer

Der Engi Schiefer besteht aus einer Wechsellagerung von mm- bis cm-dicken Schluff- und Tonschichten. Im unteren Teil sind mehrere Turbidit Sandsteinschichten von 10 bis 50 cm Dicke mit den Schluff- und Tonschichten eingelagert. Diese Sandsteinschichten sind gradiert und zeigen „Auslastmarken“ an ihrer unteren Grenze. Die Lagerung/Schichtung ist ein dominantes Schichtmerkmal im Engi Schiefer. Mikroskopisch betrachtet, bestehen die Sandsteine aus Quarzkörnern und Gesteinsbrocken (Kalksteine, Dolomite). Die Siltschichten bestehen aus Quarz (~ 0,1 mm Korngröße), Calcit, Hellglimmer und Tonmineralien. Die Tonschichten bestehen aus Tonmineralien, Calcit, Quarz (<0,05 mm Korngröße), Hellglimmer und organischem Material. Die Siltschichten unterscheiden sich von den Tonschichten sowohl in der grösseren Korngrösse von Quarz und Calcit und in deren höheren Gehalt.

Fossilien im Engi-Dachschiefer

Beim Abbau der Schiefer stiessen die Arbeiter immer wieder auf bestens erhaltene Reste von versteinerten Fischen. Im Verlauf der Zeit kamen etwa 3'000 Fossilienplatten zusammen. Bis heute wurden 26 Arten von Knochenfischen gefunden. Berühmt wurde der „Glarner Kaninchenfisch“. Noch sensationeller waren aber die Funde von zwei gut erhaltenen Meeresschildkröten, welche den heutigen Arten aufs Haar gleichen, sowie der Fund eines offenbar ins Meer gefallenen Vogels, dem „Glarner Urvogel“. Alle diese Tiere lebten vor rund 35 Millionen Jahren im Glarner Flyschmeer, als sich die Alpen gerade langsam als Gebirge aus dem Meer emporzuheben begannen.

Warum sind diese Fossilien gerade in den Engi-Schiefern so zahlreich erhalten geblieben? Das Meeresbecken war damals recht weit vom Land weg, und es wurde nur ganz langsam und regelmässig Tontrübe abgelagert. Die bodennahen Wasserschichten waren sauerstoffarm und das hemmte die Zersetzung von abgesunkenen Fischknochen. Nur ab und zu wurde von einem weit entfernten Sand-Turbidit-Strom (s. bei Flysch!) etwas feinster Sand in unser Becken geliefert, welcher die herum liegenden Knochenteile sanft zudeckte. Danach wurden die Gesteine langsam verfestigt, und bei der Alpenbildung wurden sie im Bereich des Landesplattenbergs nicht zerschert und verfaltet, sodass viele der Skelette überleben konnten.

Im Landesplattenberg sind einige Exemplare vorhanden. Die weitaus beste Sammlung findet sich im paläontologischen Museum der Universität Zürich (www.pim.uzh.ch/museum). Das Buch „Der Landesplattenberg Engi“ von U. Leu und H. Furrer erzählt die Geschichte der Engi Fossilien umfassend.

Matter Sandstein

Matter Sandstein gehört, wie auch der Engi-Schiefer, zur Matt Formation und ist ein hell-gräulicher, Turbidit-Sandstein. Turbidit ist eine in der Geologie gebräuchliche Bezeichnung für ein Sedimentgestein, das auf einen Trübe- oder Suspensionsstrom (englisch „turbidity current"), das heißt auf einen lawinenartigen Transport- und Ablagerungsvorgang im Meer (oder in einem See), zurückgeht.

Verrucano

Als Verrucano bezeichnen Geologen Gesteinsserien des Alpenraums, welche Füllungen von permischen (250-300 Ma) Kontinentalsenken oder –gräben umfassen, mit Ablagerungsschutt von den Grabenrändern und den unterschiedlichsten Vulkangesteinen. Die Verrucanoablagerungen entstanden vor der Alpenbildung und gehören in den Alpen zum sogenannten „Grundgebirge". Es herrschen schlecht sortierte Brekzien, Tonsteine und diverse Vulkanite vor. Verrucano – Gesteine zeichnen sich häufig durch ihre rötliche Färbung aus, typisch für Ablagerungen in Wüstenklimata, wobei aber auch die vulkanische Herkunft eine Rolle gespielt haben könnte.

Der Begriff „Verrucano" wurde erstmals als Lokalname für rote Konglomerate am Castell Verruca in den Monti Pisani in der italienischen Region Toskana eingeführt. Die Ähnlichkeit dieser Konglomerate mit jenen im Gebiet der Glarner Alpen veranlasste die Geologen Mitte 19. Jahrhundert, den Begriff Verrucano für die Alpen zu übertragen (wobei man in den Glarner Alpen praktisch keine Konglomerate findet). Später erkannte man, dass zwischen dem Verrucano in Italien und jenem in den Alpen ein Altersunterschied besteht und deshalb die Gesteinsserien nicht miteinander verwandt sein können. Doch der Name blieb...

Die Verrucano-Ablagerungen der Alpen entstanden am Ende der variszischen Gebirgsbildung. Es bildeten sich in Mitteleuropa durch Dehnungsbewegungen grosse tektonische Grabensysteme, welche sich an der Erdoberfläche als innerkontinentale Grabensenken mit mehr oder weniger steilen Grabenrändern manifestierten. Von den angehobenen Grabenschultern wurde Erosionsmaterial in die Gräben geschüttet. Episodische Flutereignisse transportierten grobe Gesteinstrümmer als Schutt- und Schlammströme talwärts in das grossräumig ausgebildete Verrucano-Becken. An den Rändern des Grabens bildeten sich so grosse Schuttfächer. In Bächen und Flüssen gelangten die kleineren Verwitterungsprodukte weiter ins Innere des Grabens, wo sie in Tümpeln und Seen allmählich auf den Boden sanken und sich ablagerten. Das Grabensystem des Verrucano-Trogs war von tiefreichenden Brüchen durchzogen. An diesen konnte sich Magma bis zur Erdoberfläche bewegen und sich als Laven und Tuffe in das Sedimentbecken ergiessen. Wie gross der Anteil an vulkanischem und/oder sedimentärem Anteil (inkl. sedimentär umgelagertem Anteil des vulkanischen Gesteins) aller aufgeschlossenen Verrucano-Gesteine ist, ist eine laufende wissenschaftliche Debatte. Die Verrucanobecken wurden über viele Millionen Jahre hinweg langsam mit Verwitterungsschutt und vulkanischen Gesteinen aufgefüllt.

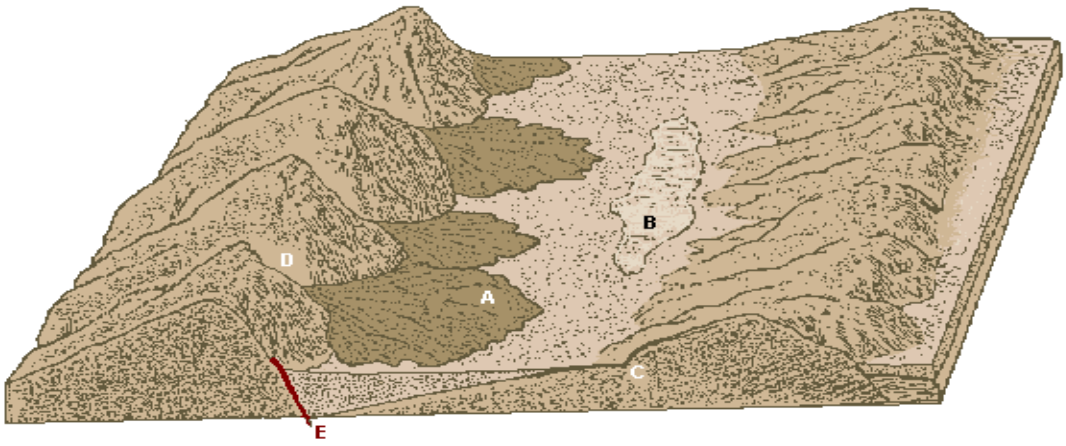
Damals lag das Gebiet des zukünftigen Alpenraums auf Äquatorhöhe, das Klima war trocken-heiss. In solcher Umgebung – heute auch noch in manchen Wüsten – werden die Ablagerungen der Sande und Brekzien durch oxidiertes Eisen in Form von Eisenoxid (Hämatit) oder Eisenhydroxid (Goethit) rostrot gefärbt – und dies ist eines der Erkennungsmerkmale der Verrucanoserien. Eine heutige Landschaft, die gerne als Vergleich für die Verrucanotröge herangezogen wird, ist das wüstenhafte Death Valley im Südwesten der USA.

In den Verrucanotrögen wurden unterschiedliche klastische Sedimentgesteine abgelagert. An den Grabenrändern herrschen Brekzien bis Konglomerate und Grobsandsteine vor, gegen das

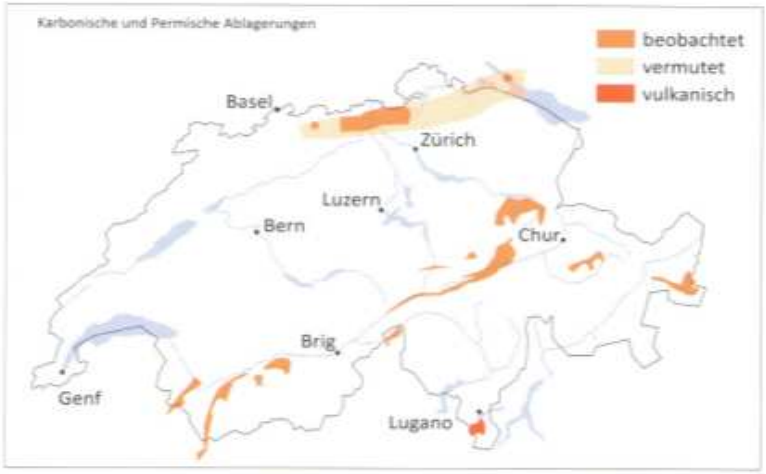
Beckeninnere kamen auch fein- bis feinstkörnige Sedimente zur Ablagerung (Feinsand- bis Tonsteine). Karbonatgesteine fehlen. Dafür findet man immer wieder Vulkangesteine, sei es in Form von Tuffen oder Lavaströmen oder von ganzen Vulkanstrukturen.

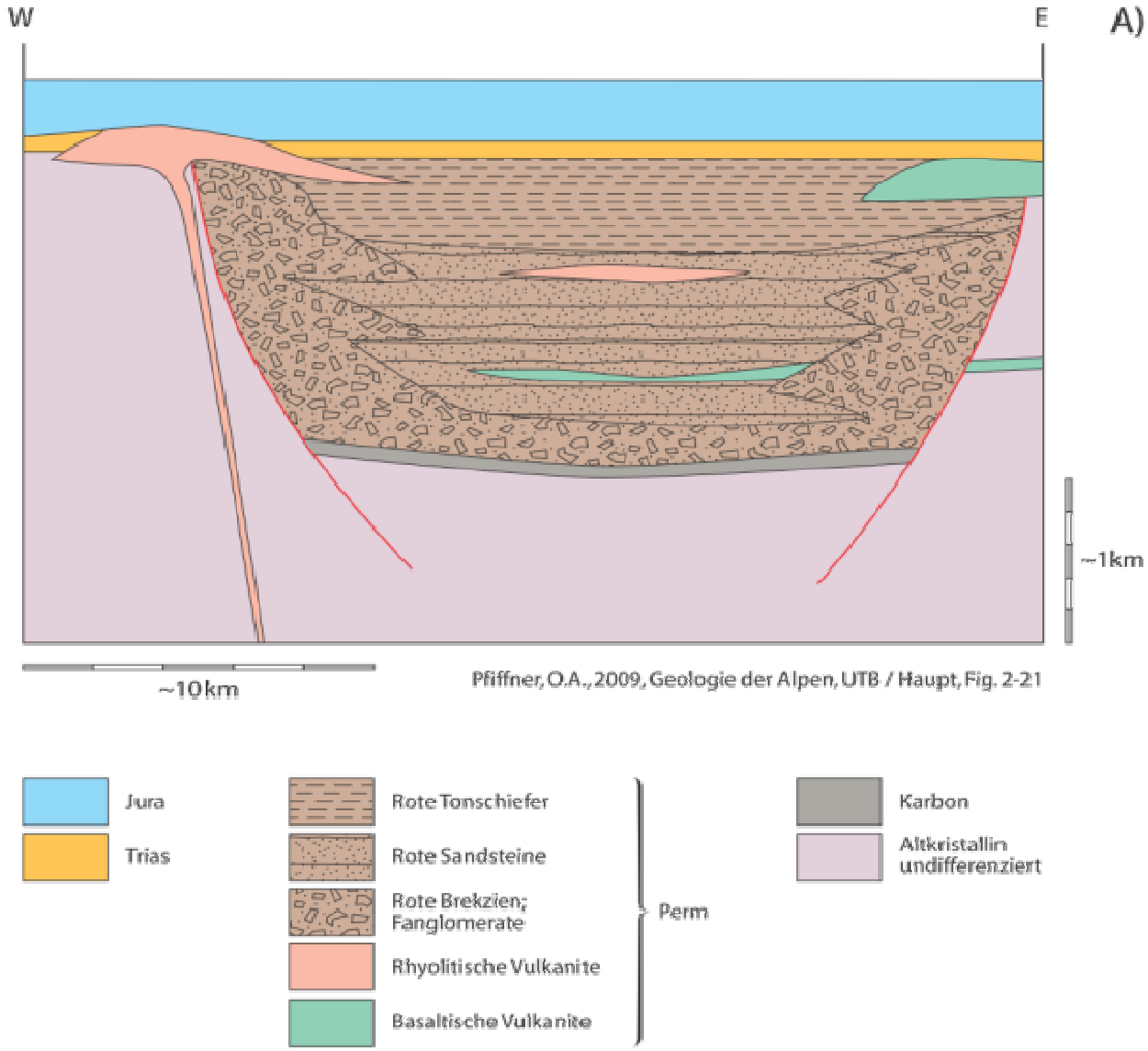
Im Verrucano der Glarner Decke – dem „Glarner Verrucano“ - werden die groben roten Brekzien als „Sernifit“ bezeichnet. Daneben sind im Glarner Verrucano auch rote Tonschiefer verbreitet, die im Aufschluss nur schwierig von den Tonschiefern der Quartenformation unterschieden werden können (man erinnert gerne an den ironischen Spruch des grossen Glarner Geologen R. Trümpy, wonach das Rot des Verrucano Ochsenblut, dasjenige der Quartenschiefer hingegen Stierenblut ähnle...).

Es gibt noch eine Art alpines Verwirrspiel mit der Rotfärbung des Verrucano. Diejenigen Verrucanoserien, welche bei der Alpenbildung metamorph umgewandelt wurden, wurden dabei infolge einer Reduktion der roten Eisenoxide grünlich verfärbt. Ein Teil von Ihnen findet sich heute an der Oberfläche in diesem Zustand – also grün gefärbt – vor, ein Teil wurde durch die oberflächennahe Einwirkung von oxidierenden Porenwässern wieder re-oxidiert und in den ursprünglichen Rotzustand zurückversetzt. Bildeten sich im Gestein bei der Metamorphose Pyritkriställchen (FeS_2 - reduziertes Schwefeleisen), so können um diese Pyritkörner heute noch grünliche „Reduktionshöfe“ im ansonsten rot oxidierten Gestein sichtbar sein ... so spannend kann Geologie sein!



(oben) Bildung von unterschiedlichen Gesteinen in einen Verrucano-Trog. A: grosse Schuttfächer (grobe Brekzien); B: Seen & Tümpel (feine Tonschiefer), dazwischen Sandsteine.
(unten) Eine Übersicht über die Permokarbontröge der Schweiz (modifiziert nach Funk).





Schematischer Querschnitt durch den Trog des Glarner Verrucanos. Das Profil ist zum besseren Verständnis stark überhöht gezeichnet. In dieser Abbildung spielen die vulkanischen Anteile eher eine Untergeordnete Rolle.

Aus: Pfiffner, A.O. Geologie der Alpen, Haupt Verlag 2. Auflage 2011.



Ein Landschaftsbild aus dem heutigen Death-Valley. In diesen riesigen Schuttfächern bilden sich nach der Verfestigung der Gesteine grobkörnige Brekzien. Je weiter weg vom Schuttfächer, um so feiner wird die Ablagerung (Sandstein bis Tonstein).



Im Kärpfgebiet gibt es grössere Massen von vulkanischem und subvulkanischem Gestein, das so solide ist, dass auch daran geklettert werden kann. Bergsturzblöcke Klettergarten Widderstein



Grober brekzióser roter Verrucano, sogenannter „Sernifit“, an einem Sturzblock im unteren Sernftal, GL.



Grober brekiöser grüner Verrucano mit subvulkanischen Granophyr-Komponenten – ev. Ablagerung eines Schlammstroms an einem Vulkan. Ringelspitz SG.



Feinkörnig-toniger Verrucano, ein eigentlicher roter Tonschiefer – Farbe Stierenblut oder Ochsenblut?... Milchspüelersee bei der Leglerhütte, Kärpfgebiet GL.



Feinkörnig-toniger Verrucano (Tonschiefer) mit grünlichen Reduktionshöfen) um (nicht sichtbare) Pyritkörner herum. Murgseen SG

Lochsitenkalk

Die Entstehung des Lochsitenkalks steht im direkten Zusammenhang mit den Bewegungen an der Überschiebungsfläche. Die enormen Kräfte der Deckenbewegung konzentrierten sich hauptsächlich in einer begrenzten Scherzone (resp. Überschiebung) und vermochten dort das Gestein plastisch zu verformen. Zudem kam es immer wieder zur Bildung von kleinen Rissen durch spröde Verformung (=Erdbeben), welche durch Kalzitkristalle versiegelt wurden. Diese Kalzitadern wurden danach ebenfalls wieder plastisch verformt und parallel zur Überschiebung ausgewalzt. All diese Prozesse fanden unter der Erdoberfläche in einigen km Tiefe unter erhöhten Temperaturen und Drucken statt.

Zusammengefasst handelt es sich beim Typ des Lochsitenkalkes um eine chemische und mechanische Gesteinsneubildung. Er kann im Detail eine komplexe Zusammensetzung aufweisen.

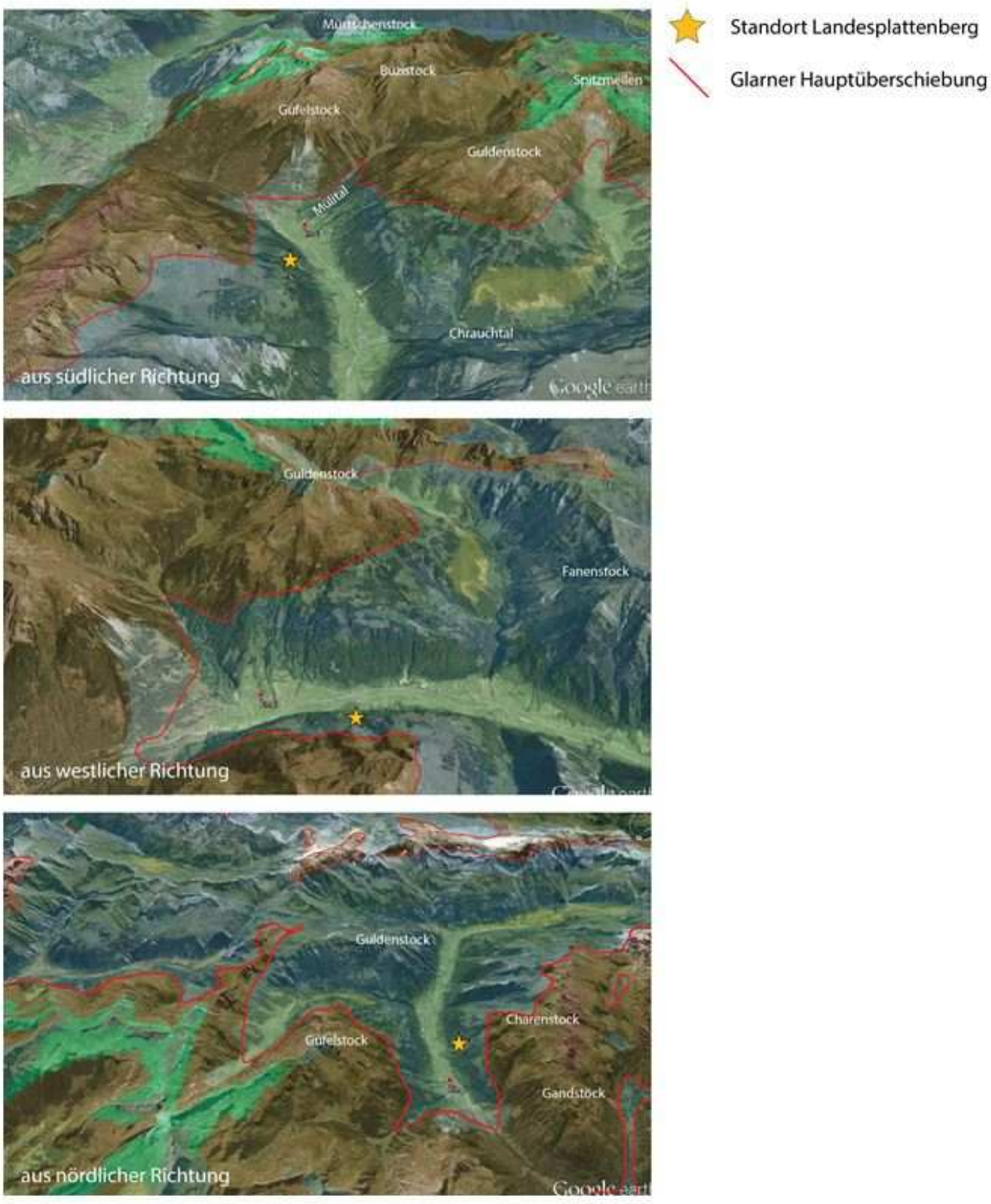
Kurz nach Schwanden, wo heute eine Passerelle über die Strasse führt, befindet sich einer der berühmtesten Gesteinsaufschlüsse der Alpen, die Lochsite. Eine Art „heiliger Gral“ der Alpengeologen. Hier kann das, was an der „magischen Linie“ hoch oben in den Bergen sichtbar ist, bequem studiert werden: Die Glarner Hauptüberschiebung.

Der Aufschluss ist den Geologen seit 200 Jahren bekannt. Erstmals beschrieben wurde er vom berühmten Hans Conrad Escher von der Linth im Jahr 1807. Er stellte fest: Unten an der Basis der Felswand steht ein schiefriges Gestein an. Darüber liegt mit einem Überhang ein wesentlich festeres und härteres, viel älteres Ablagerungsgestein, bestehend aus vielen kleinen Gesteinsbruchstücken. Und dazwischen eingeklemmt eine Schicht von 30 – 50 cm Dicke von kalkähnlichem Gestein, mit wilden Knet- und Faltenstrukturen Dieses tauften die Geologen später entsprechend dieser Typuslokalität als „Lochsitenkalk“.

Wie liegt der Landesplattenberg in der Geologie und den Strukturen der Glarner Alpen?

Der Landesplattenberg befindet sich in den nordhelvetischen Flysch-Einheiten ca. 400m unterhalb der Glarner Hauptüberschiebung und entstand während der Alpenbildung. Diese Flysch-Einheiten wurden in einem ersten Schritt abgelagert und in einem weiteren Schritt durch die Überlast kompaktiert. Während der Alpenbildung unterzog sich die Einheit mehreren Verformungen, wobei eine verkippte Faltung entstand. Die Schieferung verursacht, dass bei der verkippten Faltung später Schieferplatten abgebaut werden können.

Der Landesplattenberg besteht vorwiegend aus Engi-Schiefer, welcher gekennzeichnet ist durch die Wechsellagerung von mm- bis cm-dicken Schluff- und Tonschichten. Im unteren Teil sind mehrere Turbidit-Sandsteinschichten von 10 bis 50 cm Dicke mit den Schluff- und Tonschichten eingelagert. Diese Sandsteinschichten sind gradiert und zeigen „Auslastmarken“ an ihrer unteren Grenze. Die Lagerung/Schichtung ist ein dominantes Schichtmerkmal im Engi Schiefer (vgl. *Der Landesplattenberg Engi, Forschungsgeschichte, Fossilien und Geologie von H. Furrer und U. Leu, 1998*).



Die Lage des Landesplattenbergs in den Flysch-Gesteinen unter der Glarner Hauptüberschiebung und den Verrucano-Gesteinen.

E. UNESCO-Weltnaturerbe Tektonikarena Sardona

Warum Welterbe?

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.

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.



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.

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 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.









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.

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”.

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.