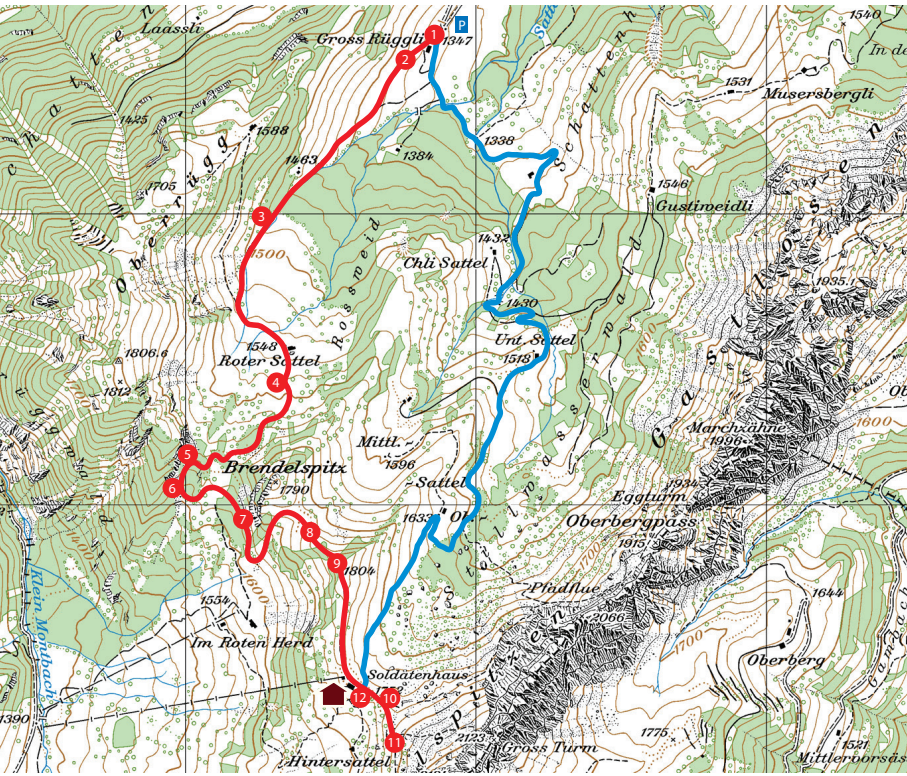
Geologischer Pfad Gastlosen

Luc Braillard und Daniel Rebetez

Topographische Karte



Wegverlauf. Reproduziert mit Bewilligung von swisstopo (BA091475)

500 Meter

1. Grossmutterloch
2. Panorama
3. Rutschung - Teil I
4. Rutschung - Teil II
5. Couches Rouges
6. Hardground
7. Radiolarite
8. Archäologie
9. Blick zu den Gastlosen
10. Geomorphologie
11. Mytilusschichten
12. Synthese

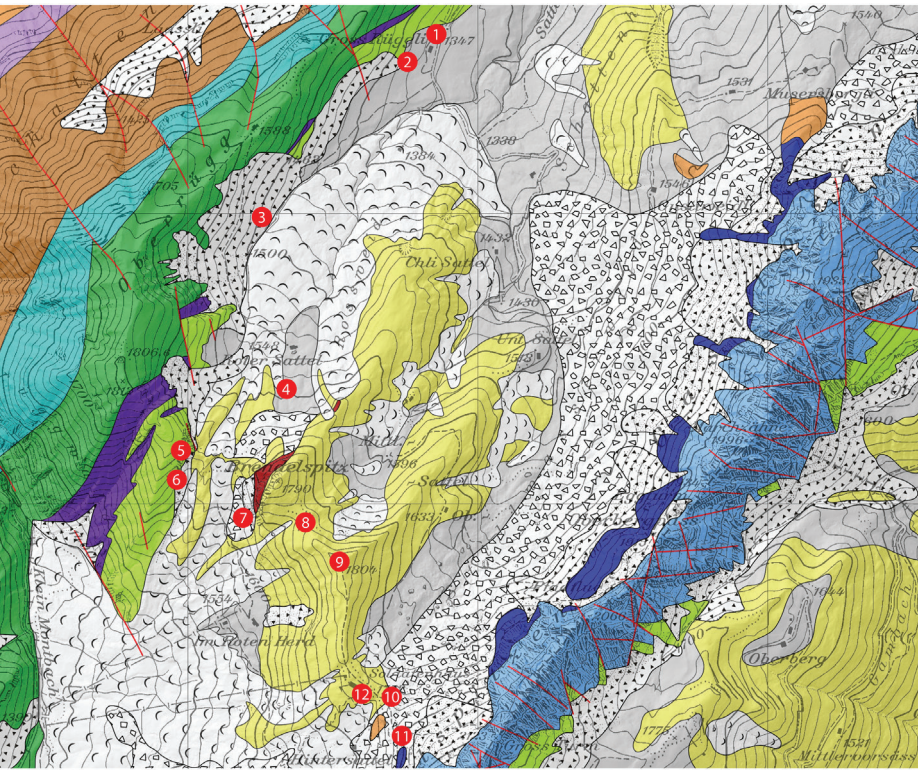
P Parkplatz

Soldatenhaus

Aufstieg

Abstieg

Geologische Karte



Geologische Karte mit den verschiedenen Beobachtungsposten

500 Meter

Pr. Médianes plastiques

- Couches Rouges
- Intyamon Formation
- Plattiger Kalkstein
- Massivkalke
- Kalksteine und Mergel
- Spatkalk
- Dolomit

Pr. Supérieures

- Flysche
- Radiolarite

Pr. Médianes rigides

- Couches Rouges
- Massivkalke
- Mytilusschichten
- Dolomit, Rauhwacke, Gips

- 1 Posten
- Verwerfung

Quartär

- Hangschutt
- Felssturz Bergsturz
- Rutschung
- Moräne

Vorwort

Der Schönheit der Landschaft und der Ruhe wegen kommen jedes Jahr zahlreiche Bergsteiger, Kletterer und Wanderer in die Touristenregion der Gastlosen. Gerade dieser Bereich der Präalpen ist auch geologisch gesehen von großem Interesse: die Gastlosenkette und die Gesteine des Roten Sattels zählen zum Inventar der «Geotope Nationaler Bedeutung». Jedoch bleibt dieser Reichtum der Öffentlichkeit meistens verborgen; ein Hauptbestreben des geologischen Pfades ist daher, diese Geheimnisse der Gegend jedermann zugänglich zu machen.

Die Idee des geologischen Pfades entstand im Sommer 1995, anlässlich des 50-jährigen Jubiläums des Soldatenhauses, dessen Stiftung ich die Ehre hatte zu präsidieren. Verschiedene Workshops wurden dem Publikum angeboten, darunter einer für Geologie, unter der Leitung von Christian und Michèle Caron. Aufgrund dessen grossen Erfolges keimte die Idee eines Lehrpfades. Nach der Erarbeitung eines allgemeinen Konzepts und eines provisorischen Pfades von Raymond Plancherel blieb das Projekt mehrere Jahre in der Vorbereitungsphase, bis der Verein «IGF - Itinéraires géologiques fribourgeois» dieses wieder zum Leben erweckte.

Die Broschüre kann zu Hause zur Vorbereitung einer Wanderung benutzt werden oder, noch besser, direkt im Gelände. Luc Braillard und Daniel Rebetez, die Gestalter des geologischen Pfades und Autoren der Broschüre, sind beide Geologen und kennen sich hervorragend in dieser Gegend aus; Ersterer dank seiner Diplomarbeit 1998 und D. Rebetez durch die Erschliessung zahlreicher Kletterrouten in den letzten Jahren.

Seit der unerwarteten und verheerenden Rutschung bei Falli Hölli 1994 zeigt sich die kantonale Gebäudeversicherung (KGV) besonders aktiv im Bezug auf Naturgefahren, wobei Hanginstabilitäten vorrangig sind. In diesem Zusammenhang unterstützte die KGV die Verwirklichung eines geologischen Pfades, der uns wahrhaftige, geologische Schätze entdecken lässt und zudem auch praktische Aspekte zur Erkennung und zum Umgang mit Rutschungen aufzeigt.

Pierre Ecoffey
Doktor honoris causa der Universität Freiburg
Direktor der kantonalen Gebäudeversicherung, Freiburg

Einleitung

Diese Broschüre wurde vom Verein IGF - «Itinéraires géologiques fribourgeois» ins Leben gerufen. Ziel dieses Führers ist es, dem Wanderer einen oft unbekannten Einblick in unsere Umwelt zu ermöglichen dank einem besseren Verständnis der Welt der Gesteine und ihrer Geschichte.

Die zahlreichen Illustrationen und vereinfachten Texte dieses Handbuchs sollen den geologischen Reichtum dieser herrlichen Region einem möglichst breiten Publikum zugänglich machen.

An dieser Stelle möchten wir allen Personen und Institutionen herzlich danken, die uns ihre Unterstützung während der Entstehung des geologischen Pfades entgegenbrachten:

Jeannette Beaud - Joseph Blanchard - Frédéric Blum - Martin Bochud - Madeleine Braillard - Olivier Braillard - Jean-Marie Buchs - Norbert Buchs - Claude Calvez - Christian Caron - Michèle Caron - Jean-Denis Chavaillaz - Sylvie Droux-Clément - Colette Dupasquier - Nicolas Dupasquier - Pierre Ecoffey - André Fasel - Fondation du Chalet du Soldat - Foyer des apprentis de Fribourg - Laurent Gauch - Grillon et Giuliana - Marius Gruber - Martin Imgrüth - Institut agricole de Grangeneuve - Pierre Jordan - Marie-Paule Kammermann - Eva Matzenauer - Michel Mauvilly - Jeanne Mercier - Benedikt Mooser - Frédéric Overney - Louis Page - Raymond Plancherel - Jocelyne Prélaz - Protection civile fribourgeoise - Martin Rebetez - Jacqueline Rebetez - Simon Rebetez - Noémie Stienne - André Strasser - Pierre Vonlanthen.

ECAB KGV

sc | nat
Swiss Academy of Sciences
Akademie der Naturwissenschaften
Accademia di scienze naturali
Académie des sciences naturelles

Avec le soutien de la Loterie Romande

UNIVERSITAS FRIBURGENSIS Géosciences

MUSEUM FRIBOURG FREIBURG

Autoren: Luc Braillard, Daniel Rebetez

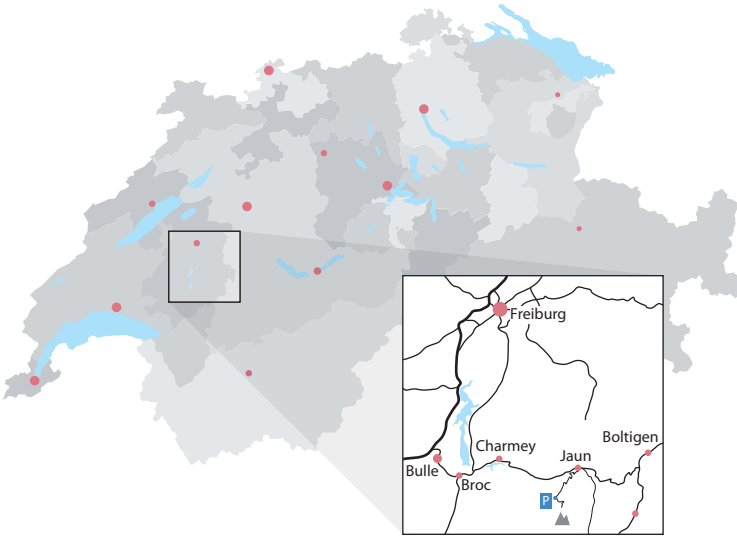
Übersetzung: Eva Matzenauer

Druck: März 2010, Paulusdruckerei Freiburg; Digitale Neuausgabe: Mai 2022

Wenn nicht anders vermerkt, stammen die Fotos und Illustrationen von den Autoren.

Anreise

Von Bulle her der Signalisierung in Richtung Charmey / Jaunpass bis nach Jaun (Kappelboden) folgen. Kurz vor der Dorfausfahrt Jaun beim Hinweisschild «Soldatenhaus» rechts abbiegen und die Strasse etwa 3 km hinauffahren, bis ein grosses Informationsschild den Beginn des geologischen Pfades kennzeichnet (Parkplatz Gross Rüggli).
Die Anreise mit öffentlichen Verkehrsmitteln ist ebenfalls möglich. Von Freiburg oder Bulle per Bus bis nach Jaun (www.sbb.ch) und danach zu Fuss bis zum Parkplatz Gross Rüggli (ungefähr 1-1.5 Std. Marschzeit).



Allgemeine Informationen

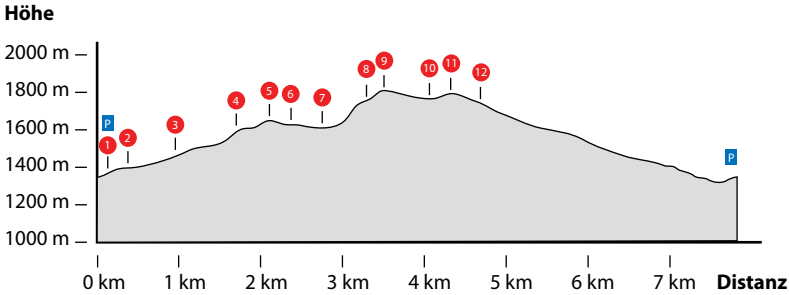
Signalisierung: Der Pfad ist durch abgesteckte Schilder gut gekennzeichnet.

Material: Es wird kein besonderes Material vorausgesetzt. Eine gewöhnliche Wanderausrüstung für das Mittelgebirge genügt. Wanderschuhe, sowie Kleidung gegen Nässe und Kälte.

Dauer: Ungefähr 4 Stunden für die Gesamtstrecke, inbegriffen der Pausen zum Lesen der Informationen an den zwölf Posten. Zudem sollte mit einer weiteren Stunde für den Abstieg vom Soldatenhaus zurück zum Parkplatz Gross Rüggli gerechnet werden.

Höhe: Der Parkplatz befindet sich auf 1347 m ü.M. und das Soldatenhaus auf 1752 m ü.M.

Höhenunterschied: Etwa 550 Meter positiver Höhenunterschied zwischen dem Parkplatz Gross Rüggli und dem letzten Posten.



Topografisches Profil des Lehrpfades

Schwierigkeiten: Der Pfad weist keine besonderen Schwierigkeiten auf. Dennoch handelt es sich um einen Gebirgsweg für trittsicher Personen. Die Benützung des Pfades geschieht auf eigene Verantwortung.

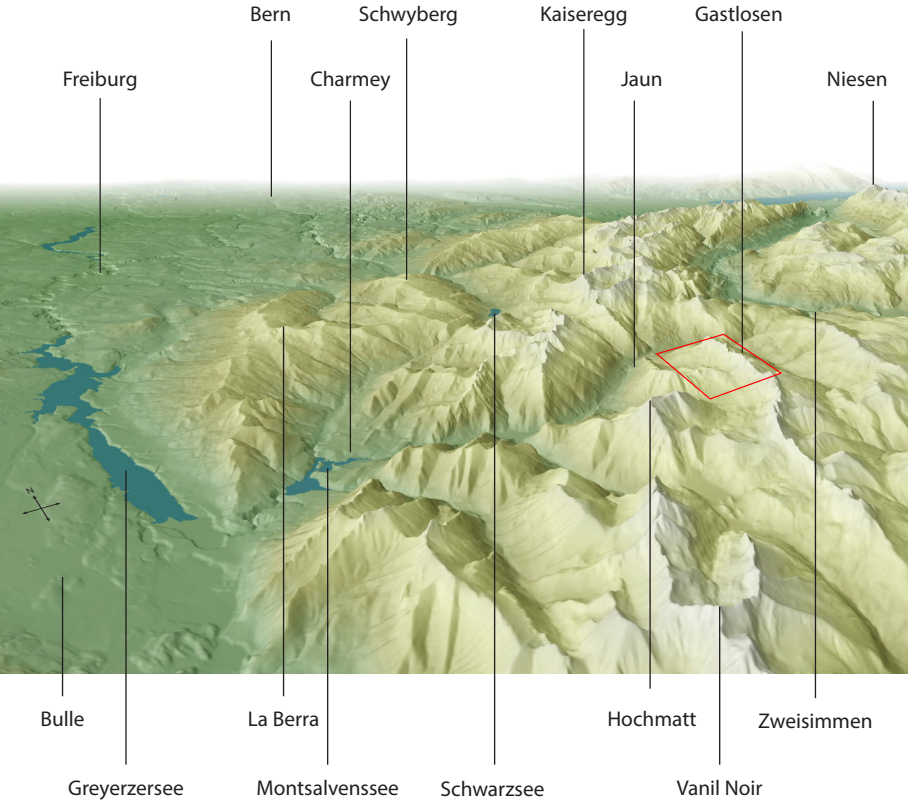
Saison: Die beste Jahreszeit für diesen geologischen Pfad ist der Sommer. Aber auch im Frühling nach der Schneeschmelze oder bis zum ersten Schneefall im Herbst kann die Wanderung stattfinden.

Internetseite: www.sentier-geologique.ch

Auskünfte: info@sentier-geologique.ch

Geografische Lage

Unser Lehrpfad befindet sich im Gebiet nordwestlich der Gastlosenkette. Diese Gebirgseinheit der Präalpen erstreckt sich über 15 Kilometer entlang einer Südwest-Nordost-Achse, zwischen den Dörfern Château-d'Oex und Jaun.
Die Gebirgskette zählt etwa sechzig Berggipfel, wovon der Dent de Savigny mit 2252 m ü.M. die grösste Höhe erreicht. Der Pfad liegt oberhalb des Dorfes Jaun.

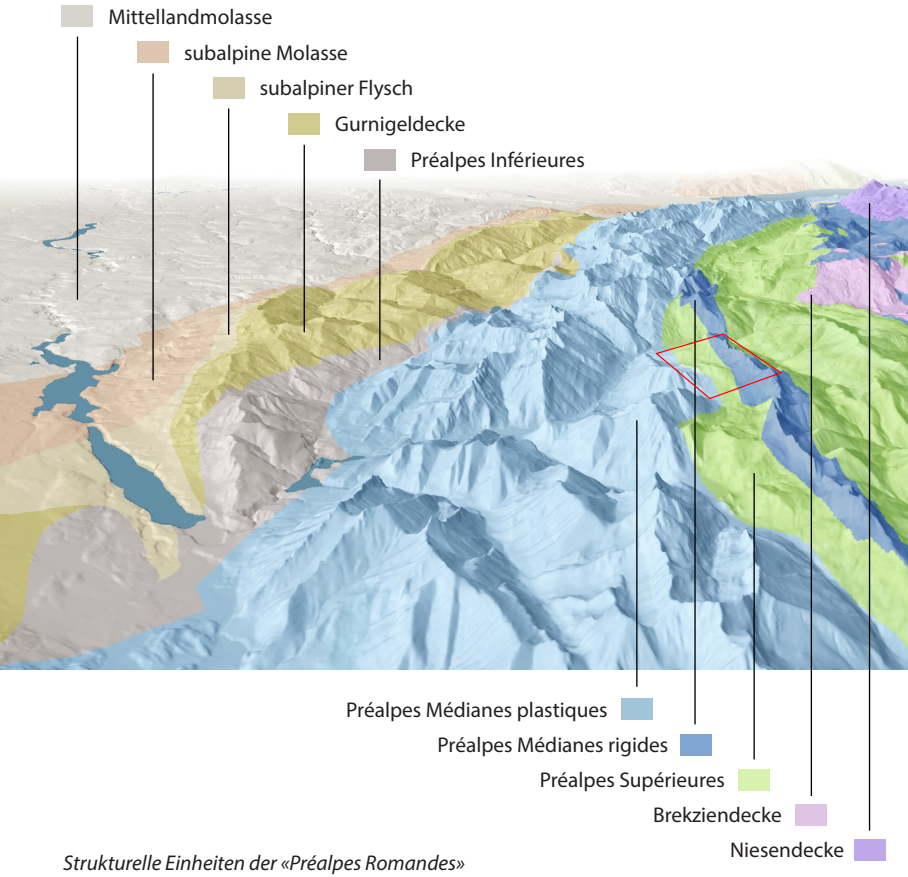


Relief der «Préalpes Romandes»

Gebiet des geologischen Pfades

Geologische Lage

Die Gastlosenkette ist Teil der «Préalpes Romandes». Dieser geologische Begriff beschreibt den Gebirgsbogen, der sich zwischen dem Rhone- und dem Aaretal ausbreitet. Nördlich wird dieser durch die subalpine Molasse und südlich durch die ersten alpinen Vorgebirge begrenzt.
Die Präalpen bestehen aus einem tektonischen Deckenstapel, der sich auf das Molassebecken schiebt. Im Gebiet des geologischen Pfades stossen wir auf zwei Decken: die «Préalpes Médianes» (Klippendecke) und die «Préalpes Supérieures».



Strukturelle Einheiten der «Préalpes Romandes»

Geologische Einführung

Die Geologie ist eine Wissenschaft, deren Forschungsobjekt die Erde ist. Sie behandelt deren Zusammensetzung, Struktur, Geschichte und Entstehungsprozesse.
Ziel dieser kurzen geologischen Einführung ist es, einige Grundbegriffe vorzustellen oder diese wieder in Erinnerung zu rufen, damit die Erklärungen entlang dieser Wanderung besser verstanden werden.

Blick auf einen Abschnitt der Gastlosen (Sattelspitzen)

Innerer Aufbau der Erde

Der Radius der Erde beträgt etwa 6400 km. Das Erdinnere besteht aus mehreren konzentrischen Schalen (siehe Schema auf der nächsten Seite). Je nach Schale findet man unterschiedliche Konzentrationen der folgenden chemischen Elemente: Silizium, Sauerstoff, Eisen, Magnesium und Nickel.

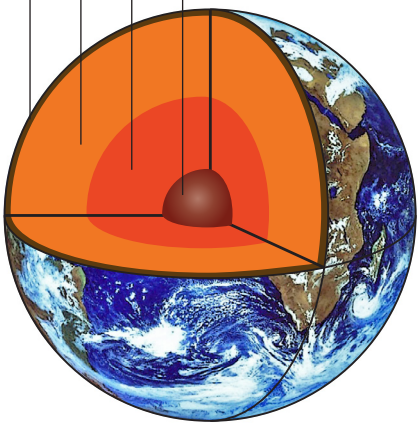
Die Lithosphäre (Kruste und oberster Mantel) ist durchschnittlich etwa 100 km mächtig und besteht aus verschiedenen tektonischen Platten (siehe S. 13), die der Erdoberfläche ihre aktuelle Struktur verleihen.

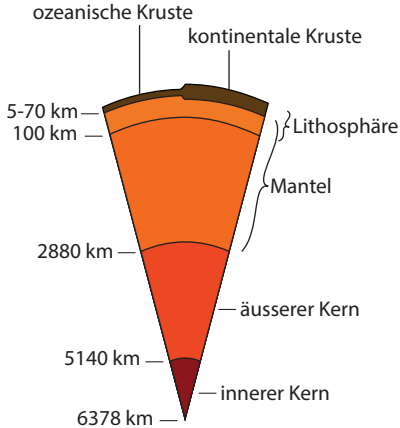
Die Erdkruste ist die äusserste, und von uns bewohnte, Schicht der Erde. Sie besteht vorwiegend aus Sauerstoff und Silizium. Man unterscheidet zwischen der kontinentalen Kruste, welche vor allem die Landzonen ausmacht, und der ozeanischen Kruste, die sich unter dem Meeresboden befindet. Die leichtere, kontinentale Kruste hat eine mittlere Mächtigkeit von 30 km, während die schwerere, ozeanische Kruste nur etwa 6 km mächtig ist.

Der Erdmantel ist die zweite Schale. Deren Gesteine sind weniger mit Silizium angereichert als jene der Erdkruste, enthalten dafür mehr Eisen und Magnesium. Die Temperatur liegt je nach Tiefe zwischen 1200 und 3800 °C. Der Mantel ist solide, zeigt aber eine gewisse Zähflüssigkeit.

Der äussere Erdkern, die dritte Schale, setzt sich hauptsächlich aus Eisen zusammen. Die Temperatur dieser flüssigen Schicht liegt bei über 4000 °C.

Der innere Erdkern liegt im Zentrum der Erde und besteht aus Eisen und Nickel. Die Temperatur beträgt ungefähr 5000 °C, aber der vorherrschende Druck ist so hoch, dass die Masse wieder fest ist.

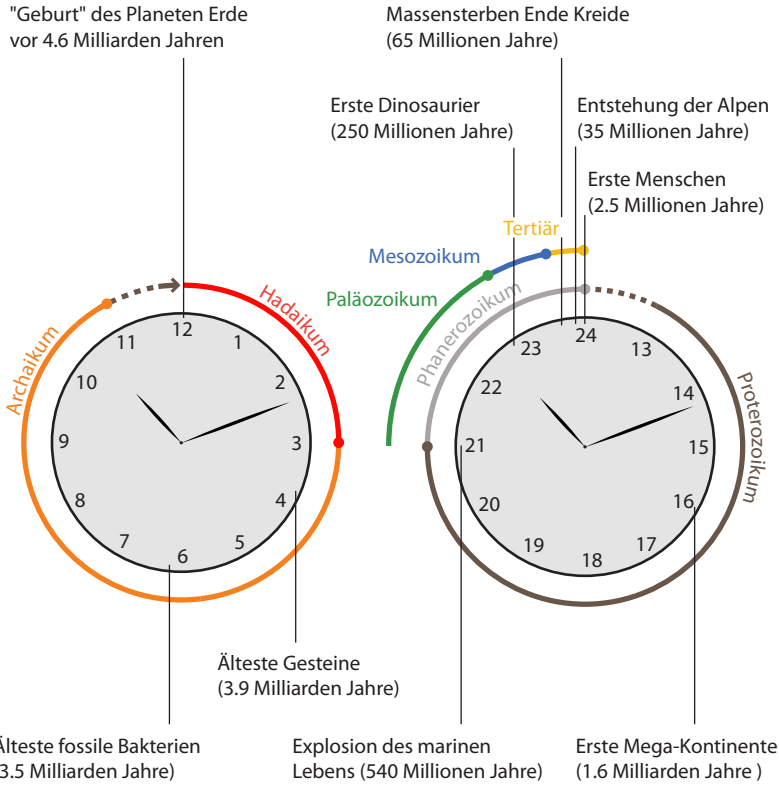


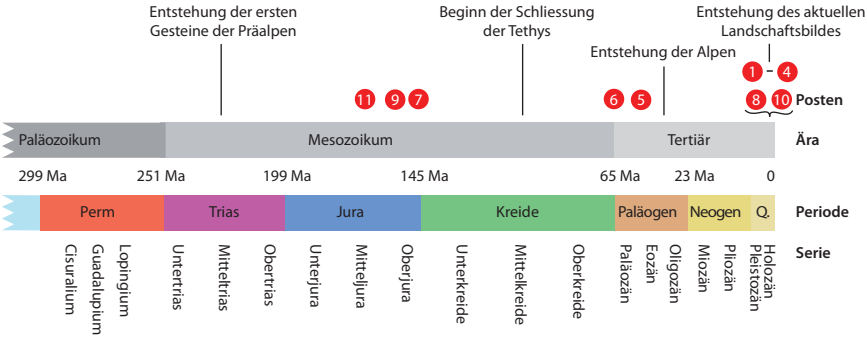


Innere Struktur der Erde

Geschichte der Erde

Der Planet Erde hat sich vor circa 4.6 Milliarden Jahren durch eine Anhäufung von Meteoriten gebildet.
Um sich diesen Zeitraum besser vorstellen zu können, versetzen wir die gesamte Geschichte der Erde in einen Zeitraum von 24 Stunden (siehe Schema unten).
Die wichtigsten geologischen Meilensteine wurden auf dem Zifferblatt festgehalten. Beachten Sie, dass die Posten entlang des Pfades nur die letzten 200 Millionen Jahren (Ma) betreffen – das heisst, die letzte Stunde des Tages!



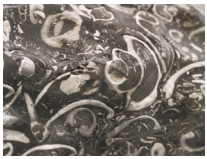


Einordnung der Beobachtungsposten auf der geologischen Zeitskala (Q = Quartär)

Gesteinsarten

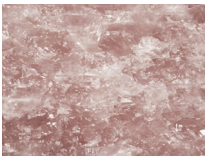
Gesteine sind verschiedenartige Zusammensetzungen von Mineralien. Diejenigen der Erdkruste werden je nach ihrer Entstehung in drei Familien eingeteilt.

1) Die **magmatischen Gesteine**, wie dieser Granit, sind durch Abkühlung und Verfestigung von Magma in der Tiefe (plutonisches Gestein) oder an der Erdoberfläche (vulkanisches Gestein) entstanden.



2) Die **Sedimentgesteine**, die einzigen Gesteinsarten, welche wir auf dem Pfad antreffen, teilen sich in drei Gruppen auf: a) Die **biogenen Gesteine,** wie dieser Kalkstein, der sich aus einer Anhäufung von Muschel- und Schneckenschalen zusammensetzt.

b) Die **detritischen Gesteine,** wie dieses Konglomerat, sind durch eine Ablagerung von Gesteinsbruchstücken entstanden, welche von erodierten Gesteinen stammen und von Flüssen bis ins Meer transportiert wurden.

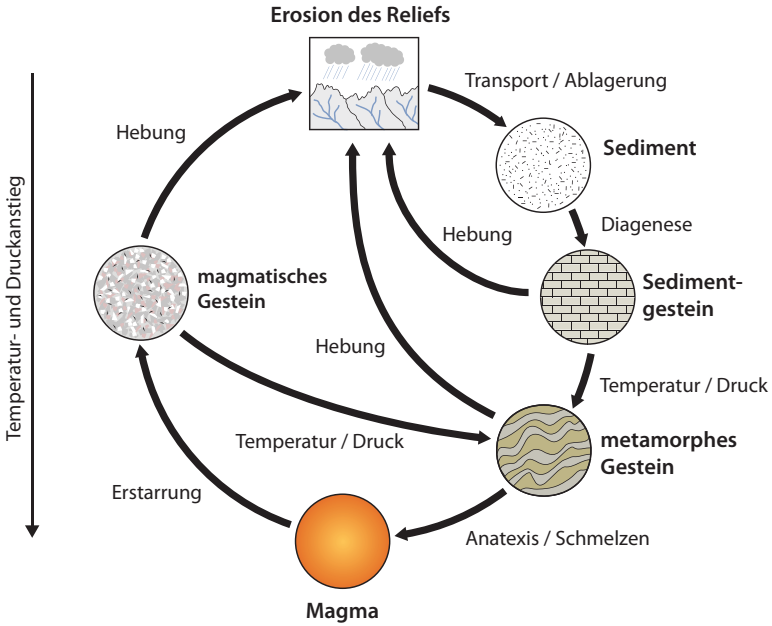


c) Die **chemischen Gesteine,** wie dieses Steinsalz, entstehen durch die Konzentration von löslichen Elementen in untiefen Lagunen durch den Prozess der Verdunstung.

3) Die **metamorphen Gesteine**, wie dieser Gneiss, gehen aus der Umwandlung bereits bestehender Gesteine (magmatische, sedimentäre oder metamorphe) unter Einwirkung von Temperatur und Druck hervor.

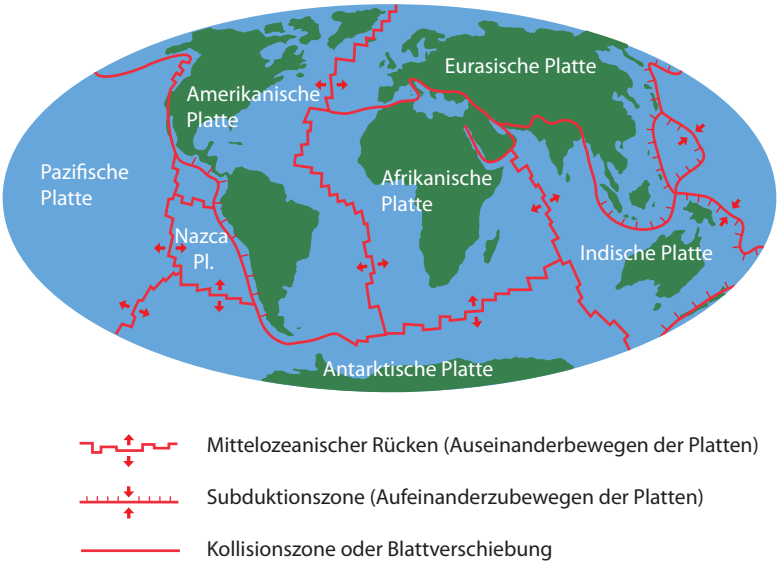
Gesteinskreislauf

Das folgende Schema stellt die Beziehungen zwischen den verschiedenen Gesteinstypen und den verbindenden Prozessen dar.



Plattentektonik

Der obere Bereich der Erde (Lithosphäre, siehe S.9) setzt sich aus starren Platten zusammen, welche auf der plastischen und verformbaren Asthenosphäre schwimmen. Es gibt drei verschiedene Plattengrenzen: bei den mittelozeanischen Rücken steigt Magma aus dem Mantel bis zum Meeresboden auf, wo es sich als Lava abkühlt. Es entsteht dadurch ozeanische Kruste, und die beiden Platten treiben im Laufe der Zeit um wenige Zentimeter pro Jahr auseinander. Bei den Subduktionszonen stossen jeweils eine ozeanische Platte und eine kontinentale Platte zusammen. Die weniger mächtige aber schwerere ozeanische Platte taucht unter die kontinentale ab, wodurch ein ozeanischer Tiefseegraben (von bis zu 10'000 m Tiefe) und eine Vulkankette auf der Kontinentalplatte entstehen. Im dritten Falle treffen zwei kontinentale Platten aufeinander und bilden durch ihre Kollision eine Gebirgskette (Alpen, Himalaya).



Weltkarte mit vereinfachten tektonischen Plattengrenzen

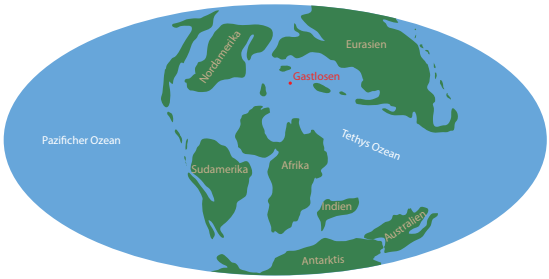
Paläogeographie

Die Verteilung der Landmassen und der Ozeane wird durch die Anordnung der tektonischen Platten bestimmt. Die unten aufgeführten drei Karten zeigen den Standort der heutigen Gastlosen im Tethys Ozean, welcher sich ab dem Mitteljura zu schliessen beginnt. Beachten Sie die Verschiebung der afrikanischen Platte Richtung Eurasien. Die daraus folgende Kollision ist verantwortlich für die Entstehung der Alpen.

Mitteljura

Sedimentation der Mytilusschichten

Posten Nr. 11



Oberkreide

Sedimentation der Couches Rouges

Posten Nr. 5

Eozän

Letzte Ablagerungen vor der Alpenbildung

Los geht's !

Markierung entlang des Pfades

Posten Nr. 1: Grossmutterloch

Koordinaten: 586’890 / 160’640 Höhe: 1347 m ü.M.

Gipfel der Waldeck und des «Roche percée» mit dem Grossmutterloch

Beschreibung

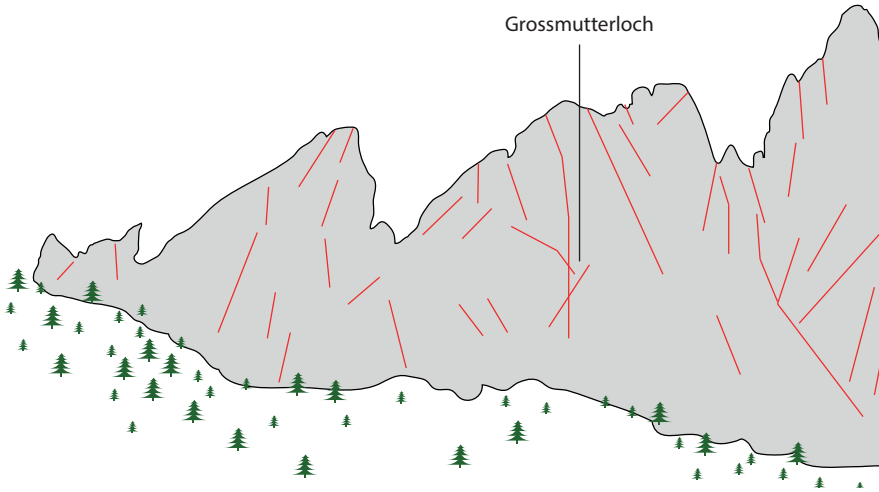
Von diesem ersten Posten aus können wir die nordwestliche Flanke der Gastlosenkette bewundern. Einer der Gipfel wird «Roche percée» (durchbohrter Fels) genannt, denn an dieser Stelle durchquert ein Loch die gesamte Gebirgskette.

Die längliche Öffnung ist bekannt unter dem Namen «Grossmutterloch» oder «Teufelsloch» und ist etwa 15 Meter hoch und 5 Meter breit.

Die Entstehung des Grossmutterlochs

Schon seit jeher versuchten die Menschen, Erklärungen für Naturphänomene zu finden. Dieser Durchgang durch die überwältigende Mauer der Gastlosen hatte die Menschen sicher sehr beeindruckt und folgende Sage hervorgerufen: Der Teufel, der eine Höhle in den Höhen des Abländschen bewohnte, hatte in einem Wutausbruch aus Versehen seine Grossmutter gegen die Felswand der Gastlosen geschleudert. Seitdem, sagt man, streift auf der Freiburger Seite der Gastlosen – entsetzt über seinen Irrtum – der Leibhaftige auf der Suche nach seiner Grossmutter herum...

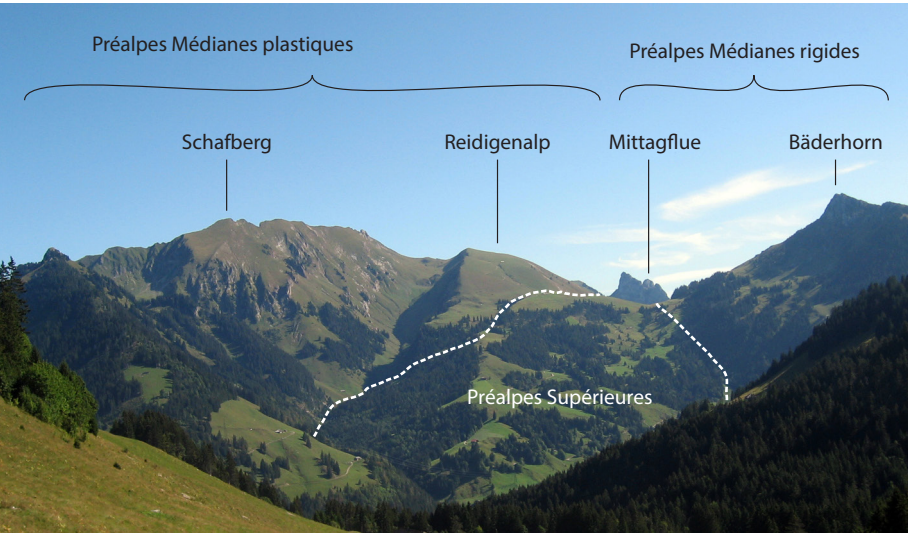
Im Rahmen dieser geologischen Wanderung schlagen wir eine andere Erklärung vor: Die Gastlosenkette besteht nicht aus einem einheitlichen Felsblock, sondern wird an zahlreichen Orten von grossen Störungen durchzogen, sogenannten «tektonischen Verwerfungen». Es handelt sich dabei um Brüche, die entstanden, als vor etwa 10 Millionen Jahren die Gastlosen durch die Alpenfaltung aufgerichtet wurden. Das Grossmutterloch befindet sich am Schnittpunkt von mehreren Verwerfungen. Die Erosion wurde an dieser Schwächezone erleichtert und führte somit Schritt für Schritt zu einer klaffenden Öffnung. Die Hauptmechanismen der Erosion werden detaillierter beim Posten Nr. 10 erklärt.



Hauptververfungen vom Gross Rüggli aus gesehen

Posten Nr. 2: Panorama

Koordinaten: 586’770 / 160’530 Höhe: 1370 m ü.M.

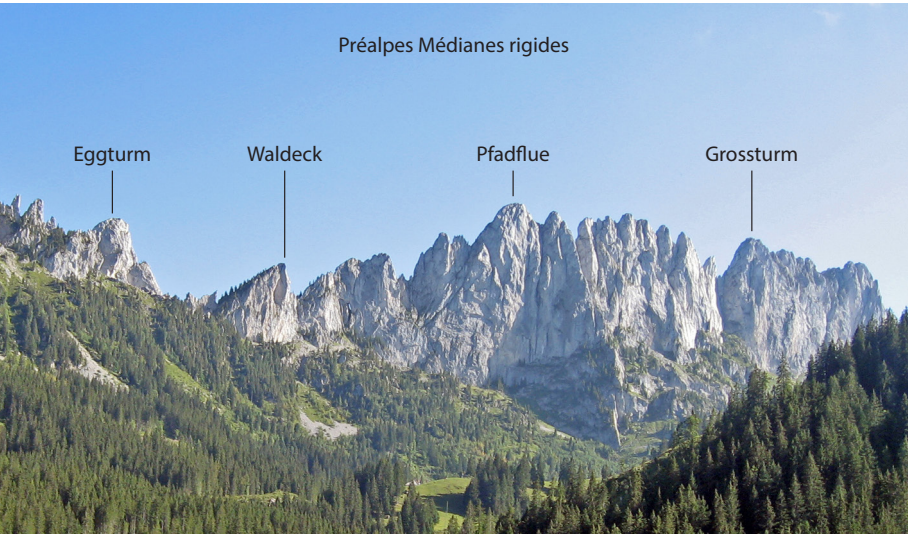


Blick Richtung Nordosten vom Posten Nr. 2 aus

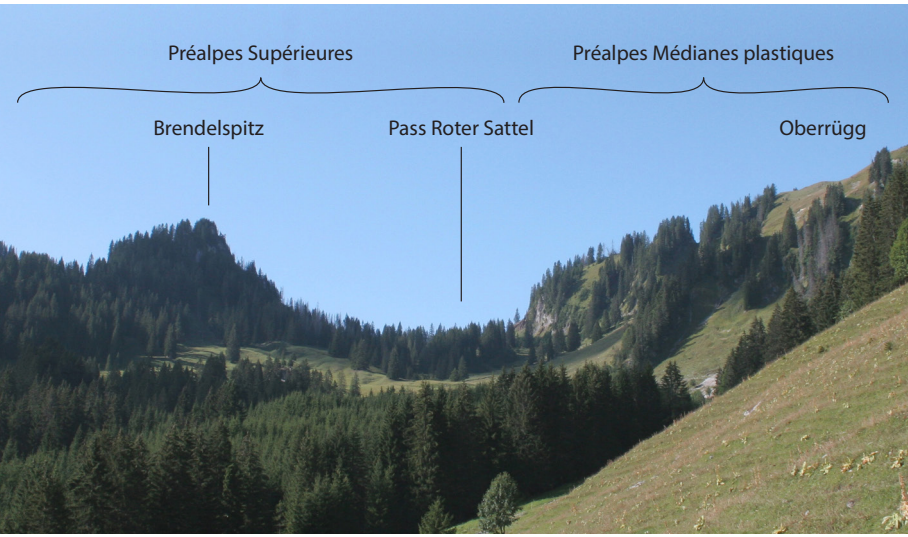
Beschreibung

Dieser zweite Beobachtungsposten hat zum Ziel, die wichtigsten Gipfel und Pässe zu lokalisieren und beim Namen zu nennen, da manche im Verlaufe unserer Wanderung immer wieder erwähnt werden.

Ebenfalls werden die unterschiedlichen strukturellen Einheiten erwähnt, welche die Landschaft charakterisieren. Die tektonische Skizze der Einleitung auf Seite 7 zeigt das Ganze in einem allgemeineren Zusammenhang.



Ausblick auf die Gastlosenkette (Sattelspitzen) von Posten Nr. 2 aus



Ausblick auf den Pass Roter Sattel von Posten Nr. 2 aus

Posten Nr. 3: Rutschung - Teil I

Koordinaten: 586’250 / 159’940 Höhe: 1490 m ü.M

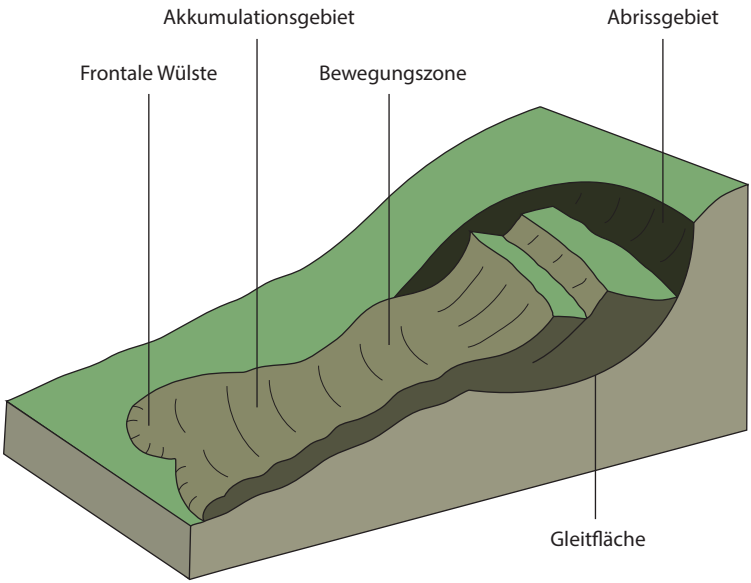
Kompressionswülste der Rutschung Roter Sattel mit Drainagesystem im Vordergrund

Beschreibung

Die Landschaft im kleinen Tal beim Roten Sattel macht auf den ersten Blick einen friedlichen Eindruck. Die buckelige, sumpfige Oberfläche verrät jedoch eine grossflächige Rutschung, welche sich um einige Zentimeter pro Jahr in Richtung Jaun bewegt.
Vom Standort des Postens Nr. 3 aus können wir die für Rutschungen sehr typischen, frontalen Kompressionswülste sehen. Entwässerungsrinnen im unteren Bereich der Rutschung wurden gegraben, um das Wasser aus dem durchtränkten Boden abzuleiten, wodurch dieser trockengelegt und stabilisiert werden soll.

Rutschungen

Dieser Begriff bezeichnet die Massenbewegung eines lockeren oder auch felsigen Geländes entlang einer Gleitfläche aufgrund der Schwerkraft. Diese Bewegungen sind normalerweise langsam, etwa einige Zentimeter pro Jahr, aber in Ausnahmefällen auch bis zu einigen Metern pro Jahr.
Ein hoher Wassergehalt im Boden ist oft der Hauptgrund für Rutschungen, da dadurch die Kohäsion verringert wird. Das Vorhandensein von Tonen (häufig bei Böden in Flyschgebieten) begünstigt zudem Rutschungen, da dadurch die Versickerung des Wassers verhindert wird. Somit wirken Tone wie ein Schmiermittel auf einer Gleitfläche. Eine Überlast im oberen Bereich, hervorgerufen durch die Errichtung von Bauwerken, sowie eine Verringerung des Gegendruckes am Fusse des Hanges bei Terrassierungsarbeiten können ebenfalls eine Rutschung auslösen.
Die kennzeichnenden morphologischen Merkmale einer Rutschung werden in der untenstehenden Abbildung vorgestellt.

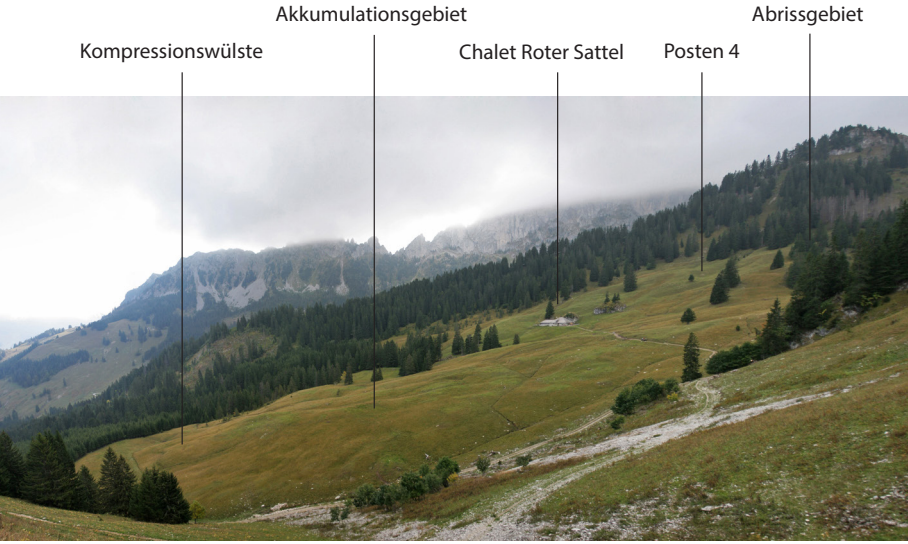


Vereinfachtes Schema einer Rutschung

Flysche und Rutschungen

Flysche sind detritische Sedimentformationen mit aufeinanderfolgenden Gesteinsbänken von sehr unterschiedlicher Mächtigkeit und Zusammensetzung. Jede Bank ist das Resultat einer Unterwasserlawine, die Material (Kies, Sand, Silt oder Tone) von den instabilen Hängen eines sich schliessenden Ozeans mitreissen. Im Vergleich zu den Kalksteinen der «Préalpes Médianes» widersetzen sich die verwitterungsempfindlichen Flysche weniger stark der Erosion. Dies erklärt, warum Flysche schlechter erkennbar sind und im Allgemeinen Vertiefungen in der Landschaft bilden. Trotzdem trifft man entlang dem Kamm zwischen dem Brendelspitz und dem Soldatenhaus auf Flyschvorkommen (zwischen Posten 7 und 10).

Obwohl Rutschungen häufig in Flyschzonen anzutreffen sind, sollte man sich hüten vor der weitverbreiteten Aussage: «der Flysch rutscht». Denn die instabilen Schichten sind meistens die darüberliegenden, unverfestigten Sedimente, welche aus der Zersetzung des Flyschs hervorgehen, und nicht der Flysch selbst.



Blick auf die Rutschung Roter Sattel von Oberrügg aus

Posten Nr. 4: Rutschung - Teil II

Koordinaten: 586’325 / 159’410 Höhe: 1590 m ü.M.

Blick auf die Rutschung Roter Sattel vom Posten Nr. 4 aus

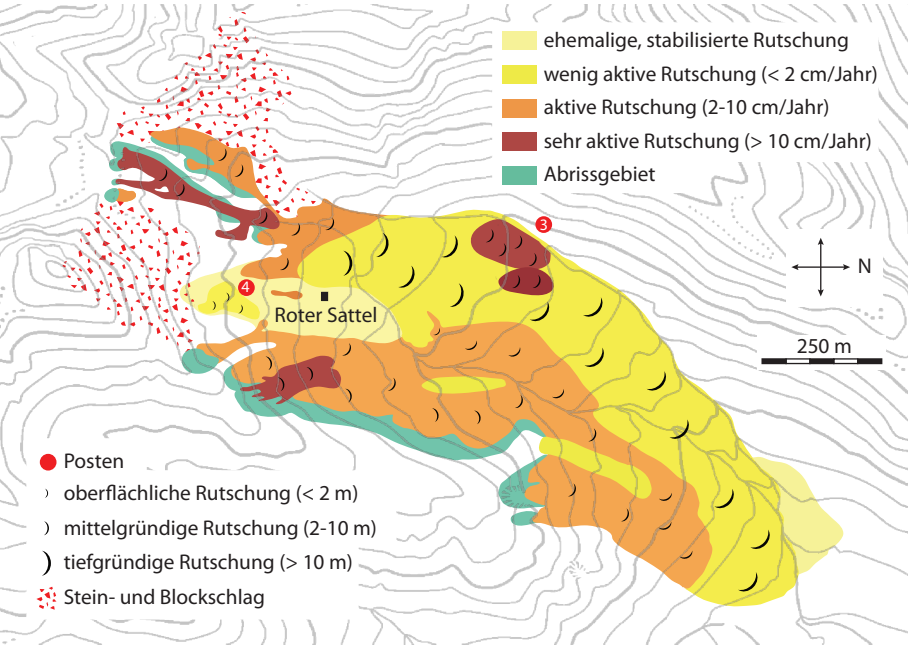
Beschreibung

Die Betrachtung der Rutschung von ihrem oberen Bereich aus macht einem das Ausmass dieses Phänomens bewusst. Das Anrissgebiet befindet sich hinter uns, gleich unterhalb des Passes Roter Sattel. Die Rutschmasse erstreckt sich vom Posten Nr. 3 weiter bis zum Gross Rüggli. Unser momentaner Standort sowie auch das Chalet Roter Sattel, an dem wir soeben vorbei gegangen sind, befinden sich in einer stabilen Zone. Man kann beobachten, dass sich die Vegetation auf der Rutschung von derjenigen nebenan, im stabilen Bereich, unterscheidet, da sich wasserdurchtränkte Böden nur für gewisse Pflanzen eignen.

Gefahreneinstufung und Schutzmassnahmen

In der Schweiz sind 6-8% der Landesfläche von Geländebewegungen betroffen. Die Erkennung und Überwachung dieser kritischen Zonen ist daher von grosser Bedeutung. Diese Aufgabe sowie die Einschätzung der Gefahren werden von Geologen ausgeführt. Zu diesem Zweck erstellen sie Karten, auf welchen die auf dem Gelände beobachteten Phänomene aufgezeichnet werden, und die als Basis zur Erstellung von Gefahrenkarten dienen.

Die unten aufgeführte Karte der Phänomene zeigt eine vereinfachte Darstellung der Rutschung Roter Sattel. Die Farblegende zeigt die Aktivität der Rutschung, das heisst ihre mittlere jährliche Bewegung; die Sichel-Symbole beziehen sich auf die Tiefe der Gleitfläche. Man erkennt sofort, dass das Chalet Roter Sattel zwar von instabilen Zonen umgeben wird, selber jedoch in einem eher stabilen Bereich liegt.



Diese vereinfachte Karte zeigt die Instabilität der Rutschung beim Roten Sattel

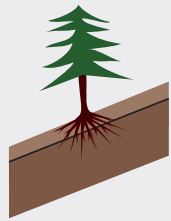
In der Regel bemüht man sich, nicht in kritischen Zonen zu bauen; aber falls sich Gebäude bereits in solchen Gebieten befinden oder keine andere Lösung gefunden werden kann, müssen Stabilisierungsarbeiten vorgenommen werden. Bei einer Rutschung gilt als erste Sanierungsmassnahme die Entwässerung des Bodens durch Drainage. Es können aber auch Stabilisierungsbauten erstellt werden wie z. B. Stützmauern, welche im stabilen Bereich unter der Gleitfläche verankert werden.

Obwohl die Rutschung Roter Sattel aktiv ist, wurde sie nicht mit solchen Verbauungen stabilisiert, da kein bebautes Gebiet bedroht wird. Nur ein paar oberflächliche Entwässerungskanäle dienen der Trockenlegung von sumpfigen Gebieten zu landwirtschaftlichen Zwecken.

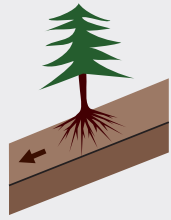
Einfluss des Baumbestandes auf Rutschungen

Bäume haben oft den Ruf, die Stabilität eines Hanges zu verstärken. Obwohl die oberflächliche Erosion durch diese eindeutig verringert wird, lässt sich deren Einfluss auf Rutschungen schwer einschätzen.

Die Wurzeln können in der Tat eine Verankerungsrolle des Bodens spielen. Dies ist der Fall, wenn die Wurzeln rutschendes Gelände mit der darunterliegenden stabileren Schicht verbinden (siehe Abbildung rechts). Ein weiterer positiver Faktor ist deren Fähigkeit, dem umliegenden Boden Wasser zu entziehen und dadurch die Scherfestigkeit des beweglichen Geländes zu erhöhen.



Falls sich aber die Gleitfläche tiefer unten befindet und die Wurzeln nicht den stabilen Bereich erreichen, tragen die Bäume nichts zur Festigung des Geländes bei. Bei Rutschungen hat es sich sogar bewährt, diese Bäume zu fällen, da sie die rutschende Masse zu stark belasten und durch den Wind hervorgerufenen Vibrationen in den Untergrund übertragen.



Posten Nr. 5: Couches Rouges

Koordinaten: 586’000 / 159’160 Höhe: 1660 m ü.M.

Die Couches Rouges vom Roten Sattel

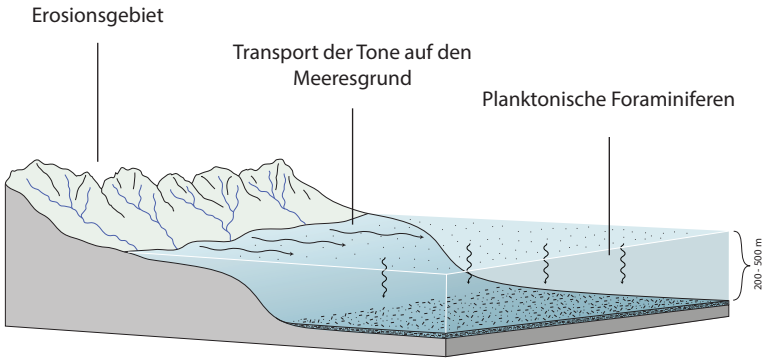
Beschreibung

Wir befinden uns am Fusse des Oberrüggs, dessen Gipfel zu den «Préalpes Médianes plastiques» gehört.
Der Gesteinsaufschluss, den wir hier beobachten, setzt sich aus verschieden farbigen Gesteinen zusammen, die von hellrosa bis dunkelrot reichen. Dünne, unregelmässige Schichten, die sich leicht voneinander loslösen, prägen das Gesteinsbild.
Es handelt sich um Kalksteine mit einem hohen Tongehalt, welcher dem Gestein seine Brüchigkeit verleiht.

Der spezielle Farbton der Schichten ist verantwortlich für die Namensgebung der Alpweiden «Roter Sattel» und «Terre Rouge», die beidseitig des Passes liegen.

Ursprung der Couches Rouges

Die Sedimente, aus welchen die Couches Rouges bestehen, wurden am Grunde eines offenen Meeres abgelagert, genauer gesagt am Grunde eines sedimentären Beckens mit einer Tiefe von 200 m, maximal 500 m. Nahe an der Wasseroberfläche lebten kleine Organismen als Plankton. Unter ihnen befanden sich kleine Einzeller, Foraminiferen genannt, welche ein Kalzitgehäuse (< 2 mm) bilden. Nach ihrem Tod setzten sich die Gehäuse am Meeresgrund ab. Dieser Prozess wird pelagische Sedimentation genannt.
Zum anderen lagerten sich Tone am Meeresboden ab, welche zuerst durch Flüsse zum Meer gebracht und dann durch Strömungen weiter transportiert wurden. Im Verlaufe der Zeit verdichteten sich diese verschiedenen Elemente unter dem Gewicht der Sedimente, die sich fortlaufend weiter ablagerten und zusätzlich durch Kalzit verfestigt wurden. So sind diese Mergel und tonhaltigen Kalksteine entstanden.



Ablagerungsraum der Couches Rouges

Paläontologie

Dieser Haifischzahn wurde in den Couches Rouges beim Roten Sattel gefunden und bestätigt somit die marine Herkunft dieser Gesteinsschichten. Vollständige Haiskelette sind sehr selten in Fossiliensammlungen, da sie aus Knorpel bestehen, welcher sich nur unter bestimmten Bedingungen konservieren lässt. Die Zähne jedoch sind aus resistenterem Material und bleiben daher besser erhalten.

Haifischzahn, etwa 2 cm lang

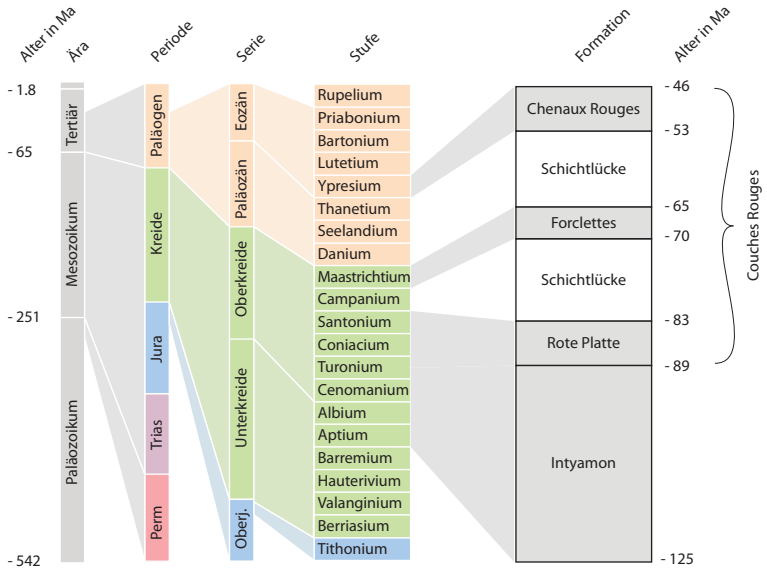
Alter

Die Couches Rouges wurden während der Späten Kreide und zu Beginn des Tertiärs abgelagert. Ihre Sedimentation begann vor etwa 89 Millionen Jahre und setzte vor ungefähr 46 Millionen Jahren aus.

Diese Datierungen, sowie genauere Unterteilungen konnten aufgrund des reichen Mikrofossilgehalts gemacht werden, da sich während dieser Zeitspanne die marinen Lebewesen fortwährend weiterentwickelt haben. Auf diese Weise können die Spezialisten der Mikropaläontologie das Alter der Formationen bestimmen, indem sie diese mit international anerkannten Fixpunkten korrelieren.

Stratigraphie

Mehrere hundert Meter Sedimente konnten sich während 43 Millionen Jahren anhäufen, wobei jedoch die Sedimentation nicht andauernd stattfand. Man zählt zwei wichtige Sedimentationslücken, wie dem untenstehenden Schema zu entnehmen ist. Diese können als Perioden ohne Ablagerungen oder als Phasen starker Erosion interpretiert werden, was erklären würde, warum kein einziges datierbares Sediment aus diesen Zeitabschnitten gefunden werden kann.



Geologische Zeitskala und stratigraphische Übersicht der «Préalpes Médianes plastiques»

Die Formation unseres Aufschlusses ist diejenige der «Chenaux Rouges»; es gibt jedoch noch zwei weitere Formationen, die den «Couches Rouges» zugeteilt werden: die «Forclettes» und die «Rote Platte». Beim nächsten Posten wird detaillierter auf diese verschiedenen Formationen eingegangen.

Die «Couches Rouges» gehören zu den letzten aufgeschlossenen Horizonten der «Préalpes Médianes plastiques». Eigentlich sollten schiefrig-sandige Flyschablagerungen folgen, wie bei anderen Aufschlüssen

in den Präalpen beobachtet werden kann. Diese lagerten sich während der Schliessung des Tethys Ozeans ab. Trotzdem können wir diese Flysche hier nicht entdecken, wahrscheinlich auf Grund der Erosion.

Erdöl in den Präalpen?

An der Basis der Couches Rouges stösst man auf Kalksteine und Mergel der Intyamon-Formation, deren Typuslokalität sich einige hundert Meter nordwestlich unseres Standorts befindet. Der Zugang ist jedoch ziemlich unbequem, daher wurden diese Schichten als Beobachtungsposten ausgelassen. Wer sich aber trotzdem dorthin begeben möchte, erkennt diese leicht an ihrem dunklen Farbton. Ihre Farbe haben die Intyamon-Schichten der organischen Materie zu verdanken, welche aufgrund von anoxischen Bedingungen (Abwesenheit von Sauerstoff) erhalten blieb. Solche Bedingungen herrschten während der Mittelkreide im Ablagerungsbereich. Auch wenn das geringe Vorkommen organischer Materie in den Präalpen nicht zur Erdölbildung gereicht hat, so stammt weltweit ein grosser Teil der Erdölvorkommen aus marinen Sedimenten aus der Mittelkreide, welche unter ähnlichen Bedingungen abgelagert wurden.

Woher stammt die rote Farbe?

Die spezielle Tönung der Couches Rouges ist auf Eisenoxide in der Matrix zurückzuführen, welche gebildet werden, sobald sich die Eisenatome mit Sauerstoffatomen binden. Zwei Oxydationszustände können beobachtet werden: Fe^{2+}, das den Gesteinen normalerweise eine grüne Farbe verleiht, und Fe^{3+}, welches für eine rötliche Färbung verantwortlich ist. Dieses Phänomen kann mit der Korrosion von Gegenständen aus Stahl und Eisen verglichen werden. Der Rost, der sich an deren Oberfläche bildet, verdankt seine rot-braune Farbe dem Fe^{3+} im Hämatit (Fe_2O_3).
Andere Aufschlüsse der Couches Rouges zeigen eine weniger bunte Färbung, von grünlich bis gräulich. Dieser Unterschied hängt mit dem Tongehalt der Gesteine zusammen. Ein hohes Tonvorkommen bevorzugt die Entstehung von 3-wertigem Eisenoxid (Fe^{3+}), während ein hoher Karbonatgehalt eine hohe Alkalinität des Milieus bewirkt und zwei-wertige Eisenverbindungen begünstigt (Fe^{2+}).

Posten Nr. 6: Hardground

Koordinaten: 585’960 / 159’100 Höhe: 1650 m ü.M.

Der Hardground beim Roten Sattel

Beschreibung

Wenige Meter vom vorangegangenen Posten entfernt, befinden wir uns vor einer höckerigen Gesteinsoberfläche. Deren Färbung ist dunkel, und je nach Beleuchtung blitzt ein metallisches Glänzen auf.

Die roten Gesteine, welche beim vorangegangenen Posten besprochen wurden, können entlang des Weges zu diesem Posten und auch hier beobachtet werden. Tatsächlich befinden wir uns immer noch in der Gruppe der Couches Rouges. Die Oberfläche, die wir hier beobachten, stellt die Grenze zwischen zwei Formationen dar: «Forclettes» und «Chenaux Rouges».

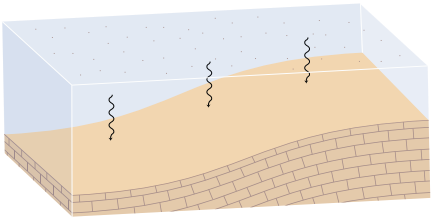
Sedimentologie

Der englische Begriff Hardground (Hartgrund) bezeichnet eine Schicht, welche viel härter ist als die umliegenden Gesteine. Eine solche Verhärtung kommt dadurch zustande, dass sich an dieser Stelle während einer längeren Zeit überhaupt keine Sedimente ablagern. Sei es, weil sie diese Zone gar nicht erreichen oder weil sie, gleich nach ihrer Ablagerung, von Meeresströmungen wieder davongetragen werden. Ein Hardground ist also eine Oberfläche, welche lange nicht zugedeckt wurde und sich allmählich mit im Wasser gelösten Elementen wie Phosphor, Silizium, Eisen oder auch Mangan anreicherte. Diese Mineralisierung bringt eine Verhärtung des Gesteins und eine Veränderung dessen Farbe mit sich, wie wir es hier gut beobachten können. Ihr verdankt der Hardground auch sein metallisches Erscheinen.

In unserem Fall fand ein Sedimentationsunterbruch von ungefähr 12 Millionen Jahren statt. Daher repräsentieren nur wenige Zentimeter diese lange Zeitspanne, während sich unter anderen Bedingungen mehrere hundert Meter Sedimente hätten ablagern können.

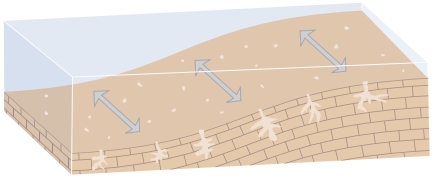
Wenn man Querschnitte durch diesen Hardground beobachtet, kann man Hohlräume erkennen, welche mit dunklerem Material aufgefüllt sind. Es handelt sich um Grabgänge, welche von Wühltieren (Krevetten oder Muscheln zum Beispiel) geschaffen wurden, als das Sediment noch nicht verfestigt war. Dieses Phänomen ist bekannt unter dem Namen «Bioturbation». Die Grabgänge wurden anschliessend mit Ton- und verschiedenen Schuttmaterialien gefüllt, so dass man diese noch heute gut erkennen kann. Nach und nach begannen Bakterien sich zu entwickeln und Kolonien zu bilden (Stromatolithe), welche die Oberfläche des Hardgrounds vollständig zudeckten und ihm sein charakteristisches höckeriges Erscheinen verliehen.

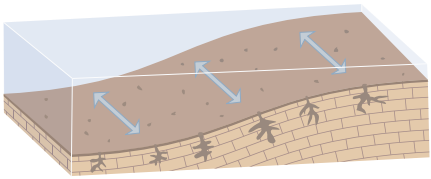
Das Schema auf der folgenden Seite gibt die verschiedenen Abschnitte der Bildung eines Hardgrounds wieder.



1 Letzte Kalkablagerungen der Forclettes-Formation, danach Senkung des Meeresspiegels (Maastrichtium).

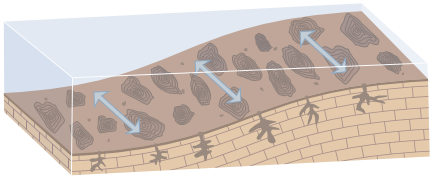
2 Sedimentationsstop aufgrund von Meeresströmungen, sowie starke Bioturbation durch Wühlorganismen.

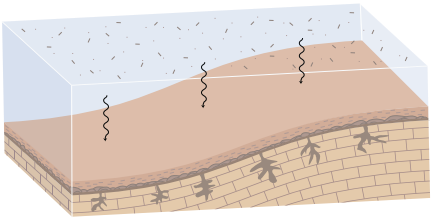




3 Auffüllung der Grabgänge durch Tonmineralien und Anreicherung der Oberfläche mit Mineralien.

4 Entwicklung einer mineralisierten Kruste durch Bakterien (Stromatolithe).





5 Meeresspiegelanstieg und Wiederaufnahme der Sedimentation mit Mergeln der Formation der Chenaux Rouges (Ypresium).

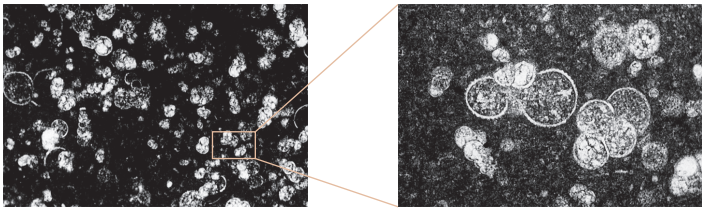
Wahrscheinliche Chronologie der Bildung des Hardgrounds beim Roten Sattel

Mikropaläontologie

Dieser Hardground bildet die Grenze zwischen der Formation der Forclettes Ende Kreide und jener der Chenaux Rouges, welche anfangs Tertiär abgelagert wurde. Wenn man Gesteinsproben dieser beiden Formationen unter einem Mikroskop betrachtet, können wichtige Veränderungen in der Mikrofauna beobachtet werden.

Die Couches Rouges der Kreide beinhalten grosse planktonische Foraminiferen, während in denjenigen des Tertiärs fast ausschliesslich kleine Exemplare anderer Arten vorkommen. Dieses Massensterben fast aller Arten und Spezies der planktonischen Foraminiferen der Kreide zeigt wichtige ökologische Veränderungen an, die mit der Krise am Ende der Kreide in Verbindung gebracht werden. Diese hatte zur Folge, dass auch eine grosse Anzahl anderer mariner Lebewesen, darunter die Ammoniten, ausstarben.

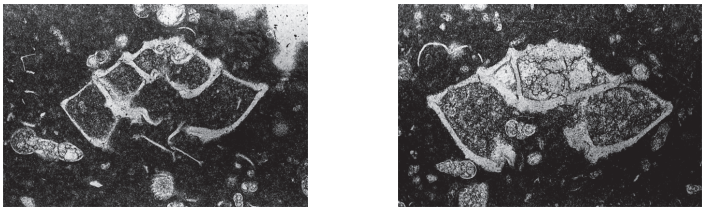
Tertiär



Globigerina ssp. kleine planktonische Foraminiferen (etwa 0.1 mm)

65 Ma

Kreide



Globotruncanita stuarti grosse planktonische Foraminiferen (etwa 1 mm)

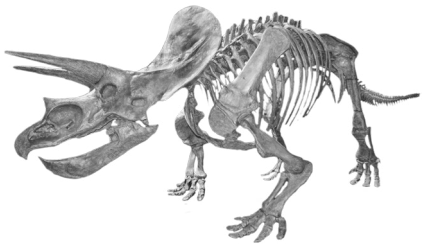
Änderung der Mikrofauna in der Gruppe der Couches Rouges. Fotos: Michèle Caron

Die Kreide-Tertiär-Grenze (vor 65 Millionen Jahre)

Diese Grenze zeichnet sich durch das Aussterben vieler Lebewesen aus. Beispielsweise verschwanden zu dieser Zeit die Dinosaurier gänzlich von der Erdfläche. Ebenso fehlen in den jüngeren Schichten die in mesozoischen Gesteinen weit verbreiteten Ammoniten.

Um dieses Massensterben zu erklären, wird häufig die Theorie eines Meteoriteneinschlags in Zentralamerika (Yucatan) erwähnt. Der Einschlag hätte Gas und Asche in die Atmosphäre hochgeschleudert und dadurch bedeutende klimatische Veränderungen hervorgerufen. Diese Hypothese stützt sich auf die Untersuchung von verschiedenen Tonschichten der Späten Kreide, welche eine überdurchschnittlich hohe Iridiumkonzentration aufweisen. Dieses seltene Element ist in gewissen Meteoriten reichlich anzutreffen.
Gigantische Vulkaneruptionen könnten ebenfalls eine Rolle bei diesem Aussterben gespielt haben. Tatsächlich findet man in Indien grosse Basaltflächen, welche aus abgekühlten Lavaströmen bestehen, die genau auf das Ende der Kreide datiert werden. Häufig wird das Aussterben auch mit einer Meeresspiegelsenkung in Verbindung gebracht. Diese unterschiedlichen Theorien schliessen sich gegenseitig nicht aus. Viel mehr war es das Zusammenspiel verschiedener Ereignisse, welche am Ende der Kreidezeit starke Veränderungen des Klimas und der Lebensbedingungen auf der Erde mit sich brachte.

Wegen dem hohen Beliebtheitsgrad der Dinosaurier bei der Bevölkerung ist dieses Massensterben sehr bekannt. Im Vergleich mit früheren Massensterben des Perms und des Ordoviziums (Paläozoikum) war seine Auswirkung auf das Landleben jedoch eher bescheiden.



Fossiler Ammonit und Triceratops

Posten Nr. 7: Radiolarite

Koordinaten: 586’200 / 158’960 Höhe: 1630 m ü.M.

Gefalteter Radiolarit beim Brendelspitz

Beschreibung

Der geologische Pfad führt nicht direkt am nächsten Aufschluss vorbei, sondern etwa zwanzig Meter weiter unten, da der Zugang zum Fusse der Felswand ziemlich beschwerlich ist. Von hier aus können wir dennoch bestens die grossen Strukturen beobachten. Es genügt, ein Gesteinsstück aus der Geröllhalde aufzuheben, um die Lithologie zu studieren. Wer möchte, kann natürlich auch bis zum Aufschluss hinaufgehen.

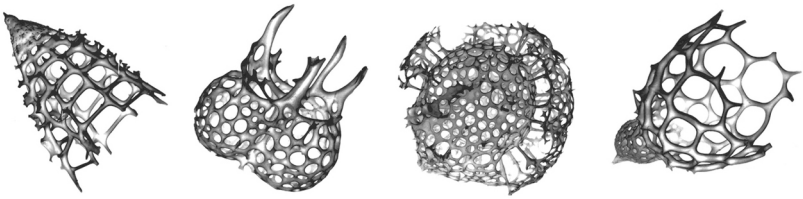
Es gilt jedoch: Achtung Steinschlag!

Dieser Aufschluss zeigt stark gefaltete und zerklüftete Schichten eines Gesteins, genannt Radiolarit. Dieser hat ein glasiges Aussehen und ist aussergewöhnlich hart. Seine Farbe variiert zwischen grün und dunkelrot und das Gestein ist durchdrungen von weissen Kalzitvenen.
Aufschlüsse von diesem Gestein sind relativ selten in den Präalpen. Dennoch stösst man auch in verschiedenen Gebieten der Region Petit Mont und Gros Mont, sowie Jaunpass und Simmental auf Radiolarit.

Herkunft der Radiolarite

Die Radiolaritschichten bestehen hauptsächlich aus Kieselgestein (Siliziumdioxid). Tatsächlich ist die chemische Zusammensetzung in diesem Gestein deutlich anders als in den umliegenden Gesteinen, bei welchen Kalzit (Kalziumcarbonat) vorherrscht. Man findet praktisch keinen Kalzit in Radiolariten, ausser in den weissen Venen. Diese entsprechen Auffüllungen von Klüften, welche nach der Gesteinsbildung entstanden sind.
Die grünliche oder rötliche Farbe ist auf den Oxidationszustand des Eisens zurückzuführen, das in geringem Ausmass in den Radiolariten vorhanden ist.

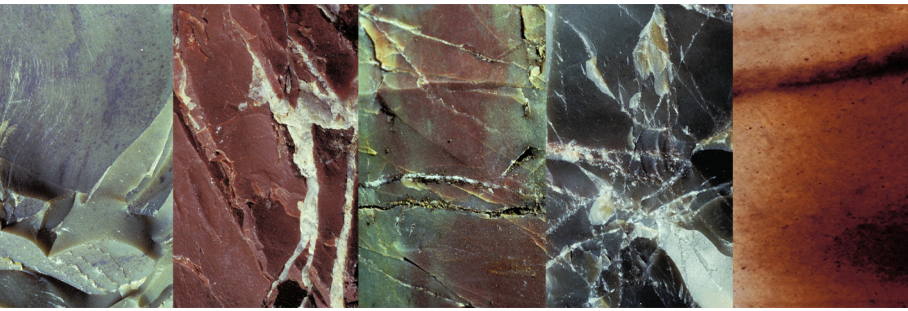
Die Betrachtung dieser Gesteine unter einem Mikroskop zeigt kleine runde, weissliche Strukturen (<1 mm). Es handelt sich dabei um Fossilien mikroskopisch kleiner Lebewesen, genannt Radiolarien (Strahlentierchen), welche dem Gestein den Namen verleihen. Die Besonderheit dieser Einzeller ist, dass sie ein kieseliges Skelett bilden, im Gegensatz zu den Kalzitgehäusen der Foraminiferen, welche beim vorangegangenen Posten vorgestellt wurden.



Aktuelle Radiolaritskelette unter dem Elektronenmikroskop (etwa 0.1 mm)

Radiolarien leben nahe der Oberfläche des Ozeans und ernähren sich von mikroskopisch kleinen Algen, welche sie mit Hilfe von Scheinfüsschen (Pseudopoden) einfangen. Pseudopoden sind Ausstülpungen der Zellmembran, die ähnlich wie Tentakel eingesetzt werden können. Nach ihrem Tode sammeln sich die kieseligen Skelette der Radiolarien am Ozeangrund an und ermöglichen dadurch die Bildung von Radiolaritschichten.

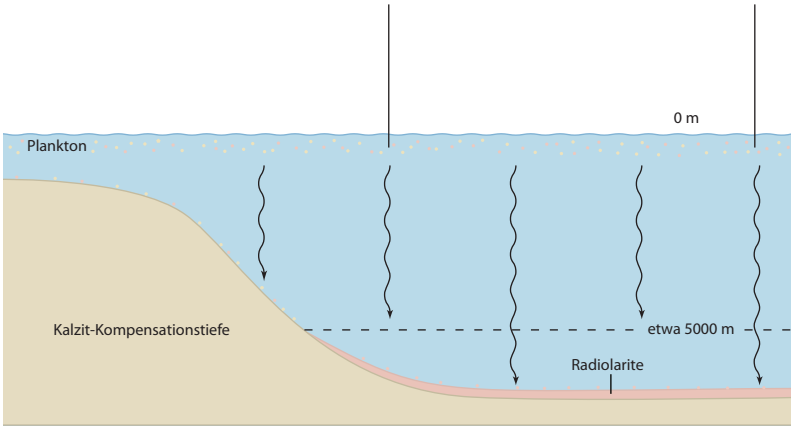
Radiolarien gibt es in den meisten Ozeanen; die Entstehung von Radiolaritschichten ist dennoch relativ selten. Oft werden die Radiolarien verstreut in Ton- oder Kalksedimenten angetroffen. Die Ablagerung von rein kieselhaltigen Sedimenten geschieht nur unter speziellen Bedingungen.



Farbunterschiede der Radiolarite. Foto: Amt für Archäologie des Kantons Freiburg

Die Abwesenheit von Kalzit in den Radiolariten lässt sich dadurch erklären, dass diese sich in einem sehr tiefen Becken ablagern, unterhalb einer Grenze, welche «Kalzit-Kompensationstiefe» (CCD) genannt wird. Unterhalb dieser Grenze werden alle Kalzithaltigen Bestandteile aufgelöst, wie beispielsweise die Gehäuse der Foraminiferen. Das Kiesel skelett der Radiolarien hingegen bleibt erhalten, so dass sie sich anreichern und Radiolaritschichten bilden können.

Die Kalzit-Kompensationstiefe ändert sich stark in Raum und Zeit. Sie hängt vor allem von der Temperatur und der chemischen Zusammensetzung des Wassers ab. Im Pazifik befindet sie sich gegenwärtig etwa in 5000 m Tiefe.



Entstehung von Radiolariten in einem tiefen Sedimentationsbecken

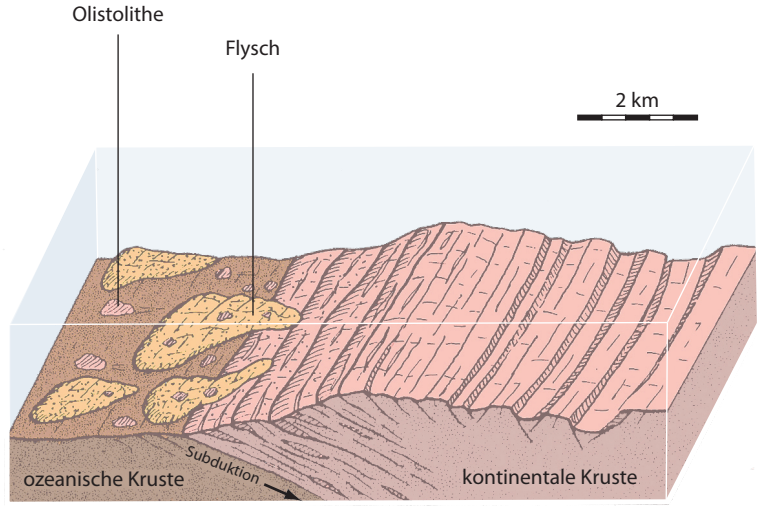
Nebst ihrer roten oder grünen Farbe zeichnen sich die Radiolarite dadurch aus, dass sie in Form von lateral kontinuierlichen Schichten übereinanderliegend vorkommen. Dieses Merkmal unterscheidet die Radiolarite von Feuerstein (Silex), welcher als Knollen im Innern von Kalkschichten auftritt.

Der Olistolith vom Brendelspitz

Der Brendelspitz besteht aus Gesteinen, die man als «exotisch» bezeichnen könnte. Denn sie gehören zu einem sehr grossen Block, dessen Herkunft am südlichen Rand des Tethys Ozeans zu suchen ist, während die Gesteine der «Préalpes Médianes» – wie die Couches Rouges oder die massiven Kalksteine des Gastlosenkamms – auf dem nördlichen Rand abgelagert wurden.

Die Radiolarite und die Kalksteine, welche den Brendelspitz aufbauen, lagerten sich während der Jura- und der frühen Kreidezeit ab; anschliessend wurden sie durch die beginnende Schliessung des Ozeans während der Mittelkreide verfaltet und gehoben. Einige Bruchstücke dieses Ozeanbodens wurden abgeschert und sind, in toniger Matrix eingebettet, bis zum Grund des Beckens abgerutscht. Solche Blöcke werden Olistolithe genannt.

Wenn man heute Olistolithe in den Freiburger Präalpen vorfindet, dann hängt dies damit zusammen, dass diese in den Flyschen der «Préalpes Supérieures» eingeschlossen sind, welche selbst während der Gebirgsbildung über die «Préalpes Médianes» geschoben wurden. Diese Radiolarite sind ein spektakulärer Beleg für den weiten Transport (Allochtonie) der Präalpen. In der Breggiaschlucht im Tessin können vollständige Serien beobachtet werden, welche nicht durch die Alpenbildung wegtransportiert wurden.

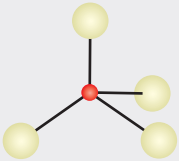


Schema der Entstehung des Brendelspitz Olistoliths, nach Clément 1986

Silizium

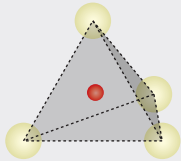
Silizium ist ein chemisches Element mit dem Symbol «Si». Nach Sauerstoff ist Silizium, das am weitesten verbreitete Element in der Erdkruste (Si: ungefähr 26% der Gesamtmasse der Erdkruste). In Verbindung mit Sauerstoff formt sich Siliziumdioxyd (SiO_2, Kiesel, Quarz). Die Mineralien, welche SiO_2 beinhalten werden Silikate genannt und machen 97% der Gesteine der Erdkruste aus.

Silizium wird häufig in der Industrie verwendet, vor allem zur Herstellung von Glas, Keramik oder Beton. Silizium ist auch ein Bestandteil des Silikons (Abdichtungsmaterial oder Schmierfette), des Silikagels (Trockenmittel), des Karborunds (Schleifmittel), von Legierungen, von Isolationsmittel, usw. Die Fähigkeit des Siliziums als Halbleiter wird in Solarzellen ausgenutzt, um Strom herzustellen, und in der Elektronik als Transistor. Zudem wird der piezometrische Effekt des Quarzes als Oszillator genutzt, um die Zeit zu messen, daher auch der Begriff «Quarzuhr».



Alle Silikate bestehen aus Si^{4+} und O^{2-} Ionen (Schema links).

Wenn man die Mittelpunkte der Sauerstoffatome verbindet, entsteht ein Tetraeder.



Grundstruktur der Silikate

Posten Nr. 8: Archäologie

Koordinaten: 586’420 / 158’920 Höhe: 1740 m ü.M.

Blick zum Euschelspass vom Posten Nr. 8 aus

Beschreibung

Die Ankunft auf der Passhöhe zwischen dem Brendelspitz und dem Soldatenhaus lässt uns einen Brauch ausüben, der schon lange vor unserer Zeit gang und gäbe war: innehalten, ein wenig verschnaufen, die Hand auf die Stirn halten, um sich vor der Sonne zu schützen, und die neue Landschaft entdecken, die sich auf der anderen Seite des Passes offenbart. Tatsächlich haben hier vor etwa 10‘000 Jahren erste Menschen auf der Suche nach neuen Jagd- und Sammelgebieten auch angehalten, wie Funde von bearbeiteten Gesteinsstücken unweit von hier bezeugen.

Landnutzung in der Mittelsteinzeit (9‘500 bis 5‘000 v.Chr.)

Seit Beginn des Jahres 2000 wurden mehrere prähistorische Stätten und Lagerplätze in den Freiburger Präalpen entdeckt. Das Panorama vom Pass überblickt zwei Täler, welche während der Mittelsteinzeit zu den meistbesuchten der Präalpen zählten: das Euschelstal im Norden und das Tal von Petit Mont im Südwesten. Die hier gefundenen Werkzeuge bestehen im Wesentlichen aus Radiolarit. Beim vorangegangenen Posten haben wir bereits Aufschlüsse dieses Gesteins gesehen. Es verfügt über ähnliche Eigenschaften wie Feuerstein, weshalb es von unseren Vorfahren als Rohstoff verwendet wurde.

Die hinterlassenen Spuren dieser Jäger und Sammler sind entlang einer Achse schräg zu den Präalpen, von Château-d’Oex bis Schwarzsee, verteilt. Anstatt dem Saanetal zu folgen, bevorzugten diese Menschengruppen eher, Pässe zu überqueren, bei denen sie ihre Rohstoffe zur Herstellung der Werkzeuge fanden. Wahrscheinlich war das Flussbett der Saane schlecht begehbar, aufgrund von häufigen Hochwasserereignissen, hervorgerufen durch das Schmelzen der Gletscher, welche zuvor alle präalpinen Täler bis zu einer Höhe von mindestens 1500 m ü.M ausgefüllt hatten.

Blick auf den Lapé-Wald vom Posten Nr. 8 aus

Das Leben in der Mittelsteinzeit

Diese Periode der Urgeschichte wurde von einer postglazialen Erwärmung des Klimas geprägt und reiht sich chronologisch zwischen der Alt- (Herstellung von Steinwerkzeugen) und der Jungsteinzeit (geschliffene Steinartefakte, Anfänge der Landwirtschaft) ein.

Viele Werkzeuge und behauene Pfeilspitzen unserer Vorfahren haben den Sprung in die Gegenwart geschafft und erzählen uns nun eine Geschichte: Die Männer und Frauen dieser Zeit hausten in Lagern unterhalb von grossen Gesteinsblöcken, wie beispielsweise im Lapé-Wald. Zur Jagd liessen sie sich oft in provisorischen Lagern im offenen Gelände nieder, wie bei Euschels. Als Nomaden blieben sie stets in der Nähe von Bächen und Quellen, statteten sich mit Pfeil und Bogen für die Jagd aus, bearbeiteten die Häute erlegter Tiere mit Schabern und hatten zweifelsohne grosse Kenntnis der Pflanzenwelt, da sie Pflanzen, Früchte und wilde Beeren pflückten. Einige Knochenfunde in der Nähe von Feuerstellen bezeugen die Jagd auf Hirsche, Rehe, Wildschweine und kleine Pelztiere.

Werkzeuge aus Radiolarit hergestellt von Jägern und Sammlern der Mittelsteinzeit (vor etwa 8'000 Jahren v.Chr.): Pfeilspitzen gefunden bei Petit Mont (Länge: 3 cm) und Restkörper vom Rohmaterial (Nukleus) gefunden bei Euschels (Durchmesser: 5 cm). Foto: Amt für Archäologie des Kantons Freiburg

Die Gesteinsressourcen der Präalpen

Unter den kieseligen Gesteinen, die von unseren Vorfahren zur Herstellung von Werkzeugen und Waffen benutzt wurden, war der Radiolarit mit Abstand am beliebtesten. Die Aufschlüsse des Brendelspitzes (Posten 7) und des Gueyre-Passes (zwischen Gros Mont und Petit Mont) waren wahrscheinlich sehr begehrt und wurden bei der Durchreise häufig besucht. Die starke Zerklüftung der Radiolarite vermindert jedoch die Bearbeitungsqualität dieses Gesteins. Diese Risse sind auf die bewegte tektonische Geschichte, von ihrer Ablagerung am Meeresgrund der Tethys bis zu ihrem heutigen Standort, zurückzuführen. Das gleiche gilt auch für den Feuerstein, der in Form von Knollen in den Kalksteinen der «Préalpes Médianes» angereichert ist. Auch dieser ist von Rissen stark geprägt. Die Feuersteine des Juras und des Périgords sind vergleichsweise homogen und frei von Klüften und sind daher von besserer Qualität als die regionalen Quellen. Die eindeutige Vorherrschaft des heimischen Radiolarits bei präalpinen Fundstücken hängt mit der Nähe zur Rohstoffquelle und ihrer einfachen Beschaffungweise zusammen. Unter den präalpinen Funden gibt es einige Materialien nicht lokalen Ursprungs, wie Feuersteine des Juras oder Bergkristalle aus den Alpen. Die Bestimmung der Herkunft dieser Materialien ermöglicht es, die Wanderungen der Jäger und Sammler nachzuvollziehen.

Starke Zerklüftung der Radiolarite vermindern ihre Verarbeitungsfähigkeit

Posten Nr. 9: Blick zu den Gastlosen

Koordinaten: 586’530 / 158’800 Höhe: 1804 m ü.M.

Blick auf die Gastlosen vom Posten 9 aus

Beschreibung

Die Spitzen der Gastlosen mit ihren steilen, teils bis zu 300 m hohen Felswänden gehören zu den eindrücklichsten Bergen der Präalpen. Dieses Gebiet ist ausserdem bei Kletterern und anderen Alpinisten sehr beliebt wegen seines kompakten Gesteins.

Nur ein kleiner Bereich der 15 Kilometer langen Gastlosenkette ist auf diesem Foto abgebildet: die Sattelspitzen.

Entstehung der Gastlosen

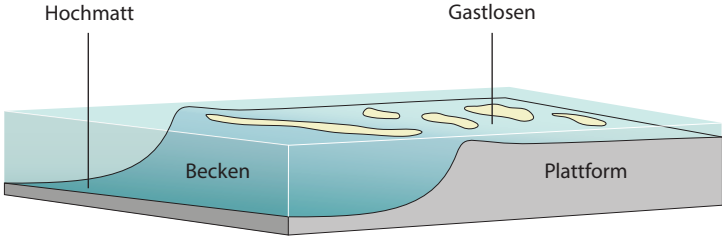
Es braucht viel Vorstellungskraft, sich aufgrund des heutigen Panoramas die Situation vor 160 Millionen Jahren vor Augen zu halten: die Gastlosenkette war eine Insellandschaft mit Lagunen und Korallenriffen.
In der Tat haben sich die Kalksteine der Gastlosen unter Bedingungen abgelagert, die denen der Bahamas von heute sehr ähnlich waren. Bei genauer Betrachtung dieser Gesteine können manchmal kleine Koral-

Karbonatplattform auf den Bahamas. Foto: André Strasser

lenbruchstücke gesehen werden; Untersuchungen unter dem Mikroskop ergeben noch weitere Beweise ihrer Herkunft.
Ein solches Ablagerungsgebiet, genannt Karbonatplattform, zeichnet sich durch ein warmes, untiefes Meer (maximal etwa 10 Meter) mit kristallklarem Wasser aus.
Diese Bedingungen gewähren einen idealen Lebensraum für Muscheln, Foraminiferen, Rotalgen und Korallen, welche für ihr Skelett das gelöste Kalzium dem Wasser entnehmen.
Die Anreicherung dieser Elemente bildet einen Karbonatschlamm, der sich allmählich durch Kompaktion und Zementierung in Kalkstein umwandelt.

Die Massivkalke

Der Hauptanteil der Gesteine der Gastlosen gehört zur Formation der «Massivkalke», welche hier ihrem Namen alle Ehre tragen. Es lässt sich tatsächlich praktisch keine Schichtung in dieser äusserst kompakten Gesteinsmasse erkennen. Anders verhält es sich mit den «Massivkalken» der «Préalpes Médianes plastiques» (anzutreffen am Vanil Noir oder an der Hochmatt), bei welchen sich mächtige Gesteinsbänke mit einer deutlichen Schichtung, getrennt durch dünne Tonschichten, ausgebildet haben. In diesem Falle haben sich die Kalksteine in einem tieferen Becken ausserhalb der Plattform abgelagert.

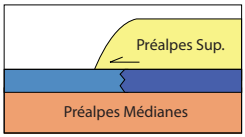


Ablagerungsort der Massivkalke im Oberjura.

Tektonik

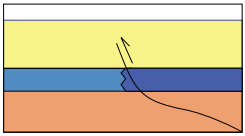
Etwa 100 Millionen Jahre nach der Ablagerung der «Massivkalke» begann sich der Tethys Ozean aufgrund des Schubes der afrikanischen Platte zu schliessen (siehe S.14) und liess einen Akkretionskeil entstehen. Im Innern dieses Keils überschoben sich ursprünglich nebeneinander gelagerte Gesteinseinheiten. Dies veranlasste die hauptsächlich Flysch führende «Nappe Supérieure», sich über die Decke der «Préalpes médianes» zu schieben.
Nach der Schliessung des Ozeans stiessen die eurasische und afrikanische Platte direkt zusammen und verursachten somit eine intensive Deformation der Gesteine. Die Abwechslung von Kalksteinen und Mergeln in den «Préalpes Médianes plastiques» erhöht die Biegsamkeit der Gesteine, deren Verformung sich hier ausschliesslich in Form von Falten äussert. Im Gegenzug verhalten sich die «Massivkalke» der Gastlosen starr und bilden daher eher Schuppen als Falten. Zu guter Letzt verleiht die Erosion der Landschaft ihre heutige Form; sie lässt die härtesten Kalksteine herausragen und gräbt sich in die weichsten Flysche ein.

1



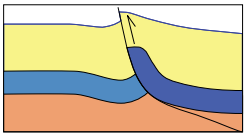
Deckenbildung. Transport der «Préalpes Supérieures» über die «Préalpes Médianes» (Oligozän, etwa 30 Ma)

2



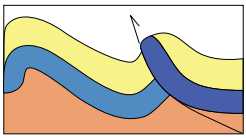
Entstehung einer Überschiebungsfläche, welche die Decken schräg durchschneidet (Miozän-Pliozän, vor etwa 10 Ma)

3



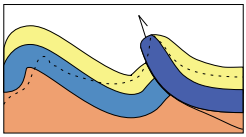
Abschuppung der Gastlosen und Faltung der «Préalpes Médianes plastiques» (Pliozän)

4



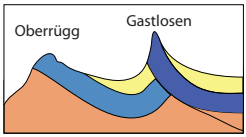
Fortsetzung der Abschuppung der Gastlosen und Bildung der Jaunbach-Antiklinale. (Pliozän)

5



Erosion, besonders stark während den Eiszeiten (Pleistozän)

6



Heutige Situation

Legende

- Kreideflysche, «Préalpes Supérieures»
- Kalksteine und Mergel des Juras und der Kreide, «Préalpes Médianes plastiques»
- Massivkalke, «Préalpes Médianes rigides»
- Kalksteine, Dolomite und Evaporite des Trias et des Juras, «Préalpes Médianes plastiques» und «rigides»

Schema zur Entstehung der heutigen Gastlosenkette.

Tropisches Klima bei den Gastlosen?

Fossile Korallen in den Kalksteinen der Gastlosen lassen darauf schliessen, dass sich diese in einem warmen, tropischen Meer gebildet haben. Wie konnte sich dieses Klima bis zum heutigen Zeitpunkt so drastisch verändern?

Zuerst muss klargestellt werden, dass sich die Kalksteine der Gastlosen viel weiter südlich von ihrer heutigen Lage gebildet haben. Erst durch die Schliessung der Tethys wurden sie nach Norden verfrachtet.
Ausserdem war das Klima im Mesozoikum das wärmste seit dem Präkambrium. Während dem Jurazeitalter betrug die durchschnittliche Lufttemperatur etwa 25°C, heute etwa 15°C. Die Wassertemperatur der Ozeane war im Vergleich zu heute auch etwa 10°C höher.

Die Gründe für eine solche Klimaerwärmung (eine weit aus intensivere als die aktuelle!) sind noch immer nicht vollständig geklärt.

Aktuelle Korallen in einem tropischen Meer. Foto: Pierre Vonlanthen

Posten Nr. 10: Geomorphologie

Koordinaten: 586’700 / 158’300 Höhe: 1760 m ü.M.

Bergsturz-Ablagerungen am Fusse der Gastlosenkette

Beschreibung

Am Fusse der Gastlosen trifft man auf eine Unzahl Gesteinsblöcke von teils bis zu 10 Metern Durchmesser. Diese Anhäufung entstand durch Loslösung der Gesteinsbrocken von der Felswand. Die Kanten dieser Blöcke sind oft stumpf und ihre Oberflächen sind mit zahlreichen vom Wasser erodierten Rinnen versehen.
Unter anderem kann man beobachten, dass auf der Spitze von einigen Gesteinsblöcken Nadelbäume wachsen, die sich von denjenigen Fichten unterscheiden, die wir bereits auf unser Wanderung angetroffen haben. Es handelt sich um Arven, welche von den speziellen Bedingungen dieser Umgebung profitieren können.

Erosionsspuren von Wasser auf einem Kalkgesteinsblock der Gastlosen

Hangschutt, Felssturz, Bergsturz?

Im Gegensatz zum Hangschutt, der fortwährend durch den Fall von kleineren Gesteinen genährt wird und gleichmässige Schuttkegel bildet, sind Fels- und Bergstürze auf einmalige Ereignisse zurückzuführen, die einem Sturz von einer bedeutenden Gesteinsmasse (Tausende bis Millionen m^3) entsprechen und deren Ablagerung chaotisch aussieht. Die Unterscheidung zwischen Fels- und Bergsturz basiert auf ihrem Gesteinsvolumen und der beim Fall zurückgelegten Strecke. Beim Abstieg entlang des Wegs Richtung Jaun können vereinzelte, allein stehende Blöcke erkannt werden. Diese befinden sich im vorderen Bereich des Bergsturzes und sind wahrscheinlich auf den Gletscher gefallen, welcher zu dieser Zeit das Tal besetzt hatte. Dadurch wurden sie einige hundert Meter weiter Richtung Tal bewegt.

Erosion

Die Erosion ist ein zweischneidiges Schwert: ohne sie würden die Gastlosen noch heute unter der Flyschdecke verborgen liegen, aber sie trägt auch wieder zu ihrem Verschwinden bei…, allerdings in einem so langsamen Rhythmus, dass uns noch einige tausend Jahre bleiben, diese Gebirgskette zu bewundern!
Der effizienteste Erosionsfaktor ist die Frostsprengung: Regen- oder Schmelzwasser dringt in Spalten ein, durch Gefrieren nimmt sein Volumen zu und damit der Druck auf die Wände des sich öffnenden

Risses. Mehrfache Wiederholungen dieses Phänomens führen Schritt für Schritt zum Absprengen von Blöcken von der Felswand.
Eine andere Erosionsform ist die Verkarstung. Das ist eine chemische Verwitterung des Kalksteins, und nicht eine mechanische, wie beim vorangegangenen Beispiel. Bei Kontakt mit der Atmosphäre nimmt das Wasser CO_2 auf und wird somit sauer. Dadurch, dass das Wasser entlang des Kalksteins hinunter rinnt löst es den Kalkstein. Kaltes Schmelzwasser kann mehr Kalzit lösen als wärmeres Regenwasser.

Ablagerungen von Bergstürzen: ein Mikroklima

Die Arve ist ein typischer Baum der Höhenwälder des Wallis oder des Engadins. Die Nordflanke der Alpen wird hauptsächlich von Föhren besiedelt. Der erstaunliche Arvenbestand hier am Fusse der Gastlosen ist dem ungleichmässigen Bergsturzgelände zu verdanken. Die frühzeitige Schneeschmelze zuoberst auf den Steinblöcken schafft für die Arven ähnliche Bedingungen wie im kontinentalen Klima der alpinen Täler.
Die Arve wächst fast ausschliesslich auf Gesteinsblöcken und fehlt an schattigen oder zu feuchten Orten. Ausserdem ist der Tannenhäher für die Verteilung ihrer Samen verantwortlich. Dieser Vogel versteckt diese als Vorräte für den Winter auf der Spitze der Gesteinsblöcke, um sie im Frühling besser wiederzufinden. Vergessene Samen spriessen und ermöglichen dadurch die Besiedlung von neuen Blöcken.

Merkmal der Arve ist die Fünfergruppierung ihrer Nadeln

Posten Nr. 11: Mytilusschichten

Koordinaten: 586’730 / 158’130 Höhe: 1790 m ü.M.

Mytilusschichten

Beschreibung

Wie wir bereits gesehen haben, verdeckt ein grosser Bergsturz die Gesteinsschichten unterhalb der Gastlosen Felswand. An einigen Stellen sind die Gesteinsschichten zwischen dem abgelagerten Gestein jedoch noch sichtbar, wie es hier der Fall ist.

Diese dunklen, mergeligen Kalksteine brechen leicht in dünne Platten auseinander und sind bekannt unter dem Namen «Mytilusschichten». Der Name bezieht sich auf deren Inhalt an Schalen versteinerter Muscheln (das Wort «Mytilus» bedeutet auf Lateinisch Miesmuschel).

Ablagerungsraum

Die Miesmuscheln helfen den Ablagerungsraum der Mytilusschichten zu bestimmen. Diese Weichtiere besiedeln untiefe Küstengebiete und bilden Kolonien auf einer harten Grundlage wie beispielsweise auf Gesteinen und leben nicht wie die meisten anderen Muscheln im Sand eingegraben.
Daher kann man annehmen, dass sich die Mytilusschichten in Lagu-

Die Miesmuscheln leben befestigt auf hartem Substrat. Foto: Claude Calvez

nen, möglicherweise geschützt durch ein Korallenriff, abgelagert haben.

Biologie

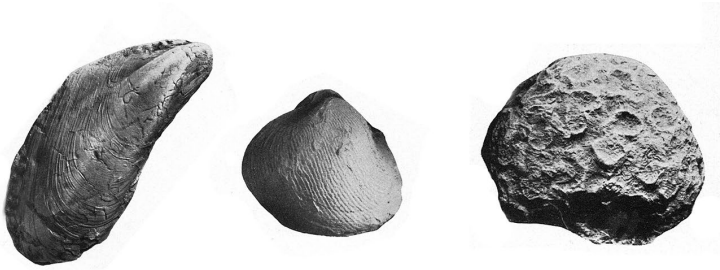
Die Muscheln gehören zur Klasse der Bivalven. Der Name wird von den symmetrischen, zweigeteilten Kalkschalen abgeleitet. Zur Nahrungsaufnahme öffnen sie ihre Schalen leicht, um das Meerwasser einzusaugen und die darin mitgeführten Mikroorganismen auszufiltrieren. Bei drohender Gefahr können sich die Muscheln dank ihren kräftigen Muskeln schliessen.

Nahansicht der Schalenreste in den Mytilusschichten.

Marine Muscheln bei den Gastlosen!

Das Vorkommen von marinen Muscheln an unerwarteten Orten, wie hier auf 1800 m oberhalb des Meeresspiegels, hat die Menschen über lange Zeit verwirrt. Man schrieb sie «Naturphantasien» zu. Ab dem 16. Jahrhundert entstand die Bezeichnung «Fossilien» (von lateinisch «fossilis»; ausgegraben) unter der Annahme, dass diese in Gesteinen wie Blumen auf Wiesen gedeihen. Erst gegen Ende des 17. Jahrhunderts wurde ihre wahre Bedeutung entdeckt: nämlich dass Fossilien Überreste von früheren Lebewesen sind, die in Sedimentschichten erhalten blieben und dadurch einen Einblick in die Erdgeschichte ermöglichen.

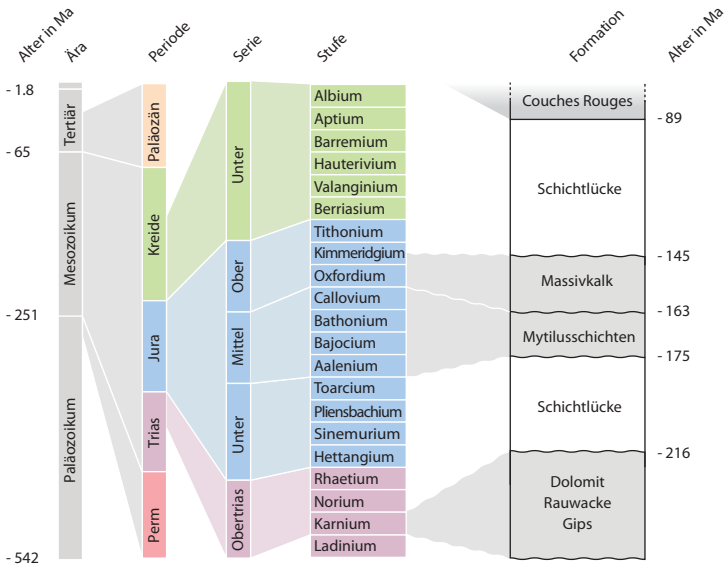
Im Allgemeinen versteinern sich nur die Hartteile (Knochen, Zähne, Schalen) der Organismen, und dies nur unter ganz bestimmten Bedingungen wie eine schnelle Verschüttung unter Sedimentschichten. Nur ein winzig kleiner Anteil der Organismen, die in der Vergangenheit Land und Gewässer besiedelt haben, werden zu Fossilien.



Fossilien der Mytilusschichten. Von links nach rechts: Mytilus arbenzi, Ceromya wimmisensis, Korallenbruchstück. Foto: Hans H. Renz

Stratigraphie

Die Mytilusschichten haben sich während dem Mitteljura vor etwa 170 Millionen Jahren abgelagert. Sie wurden überlagert von den Massivkalken des Oberjuras, die wir beim Posten 9 besprochen haben. Die Zeitperioden Unterjura und Unterkreide sind hier gekennzeichnet durch das Fehlen von Ablagerungen (Schichtlücken), wie auf der untenstehenden Abbildung gezeigt wird.



Geologische Zeitskala und stratigraphische Übersicht der «Préalpes Médianes rigides»

Muscheln… und Kohle!

Die Lagune, die im Mitteljura den Muscheln der Mytilusschichten einen idealen Lebensraum bot, barg auch Überreste von terrestrischen Pflanzen, die auf kleinen Inseln der Plattform wuchsen. Durch Anreicherung und Kompaktion verwandelten sich diese Pflanzenreste zu Kohle. Die 10-50 cm mächtigen Kohlenflöze kann man heute auf der Nordflanke der Gastlosen sowie in der südwestlichen und nordöstlichen Verlängerung der Gebirgskette, das heisst in den Gebieten Château-d'Oex und Boltigen, antreffen.

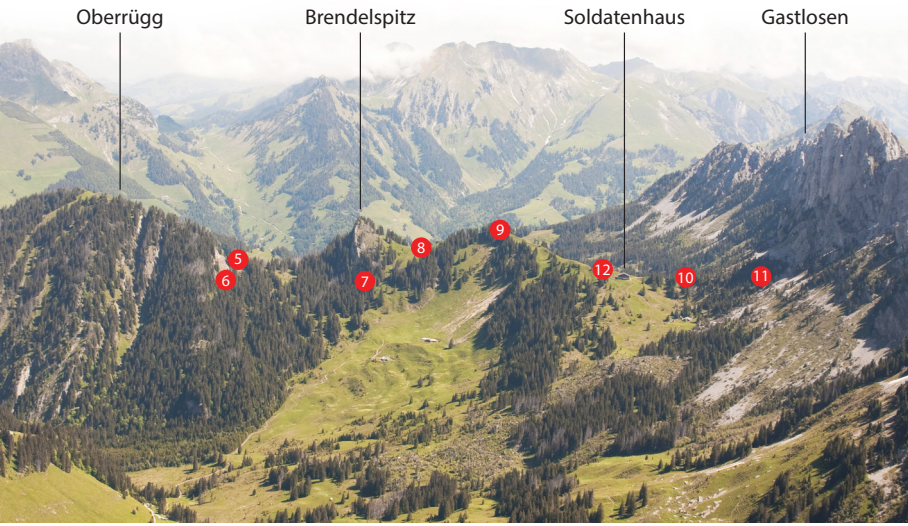
Bei den Gastlosen wurden im Jahre 1870 zwei untiefe Stollen im Mattenwald und oberhalb des Chalets von «Mauzes Bergli» (heute Musersbergli) gebaut. Es wurde nur wenig Kohle zu Tage gebracht, was ein baldiges Schliessen der Mine zur Folge hatte. Heute ist es praktisch unmöglich, noch irgendetwas zu finden, selbst der Standort des Stollens ist unauffindbar. Die Kohle weckt einzig bei den Alten noch Erinnerungen, wie der Name der Fundstätte «Kohlenloch» zeigt.

In der Region Château-d'Oex wurde 1917 die Kohlebergwerksgesellschaft des Pays d'Enhaut gegründet. Die Nutzung dauerte aufgrund der schlechten Qualität und der geringen Mengen nicht an. Während dem zweiten Weltkrieg erfuhren diese Minen einen kurzen Aufschwung, wurden jedoch wenig später wieder geschlossen.

Einzig in Boltigen war der Kohleabbau von Erfolg. Die ersten Konzessionen wurden 1760 erteilt. Etwa 50 Tonnen wurden jährlich aus untiefen Stollen abgebaut. Während dem ersten Drittel des 19. Jahrhunderts erreichte die jährliche Produktion 250 Tonnen und erreichte um 1850 ihren Höchststand von 500 Tonnen. Die Nutzung wurde anschliessend schrittweise aufgegeben.
Nach einem erfolglosen Versuch, während dem ersten Weltkrieg die Produktion wieder aufzunehmen, wurde die Mine von 1941-1948 erneut in Gange gesetzt. Die Verknappung der Brennstoffe hatte damals ihren Höhepunkt erreicht. In den Bergwerken Schwarzmatt, Boltigen und Oberwil arbeiteten etwa hundert Männer Tag und Nacht, zu einem Stundenlohn von 1.20 Franken. Mehrere kilometerlange Stollen wurden gebaut, um die Flöze zu erschliessen. Die Produktion erreichte 1945 ihren Rekordstand: 5'186 Tonnen einzig in der Mine von Schwarzmatt.

Posten Nr. 12: Synthese und Schlussfolgerung

Koordinaten: 586’570 / 158’380 Höhe: 1752 m ü.M.



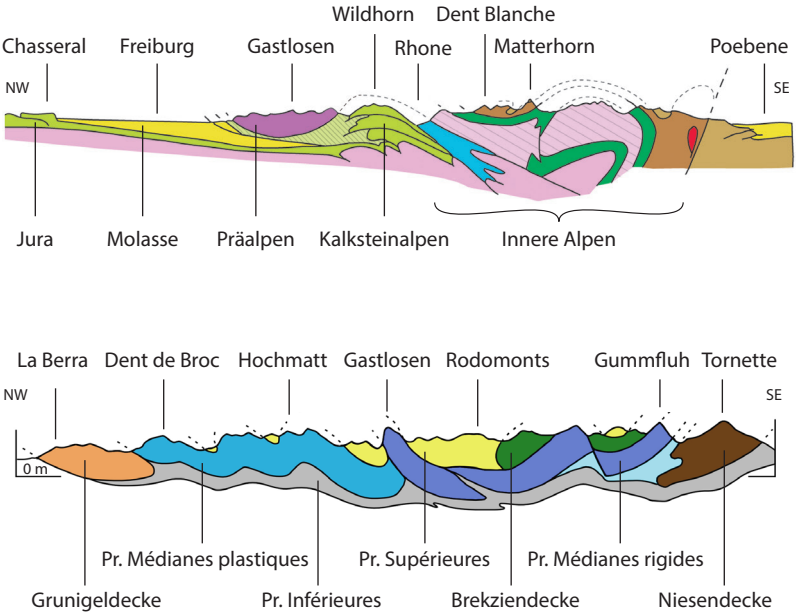
Blick auf den geologischen Pfad von der Dent de Ruth aus. Foto: Martin Bochud

Synthese

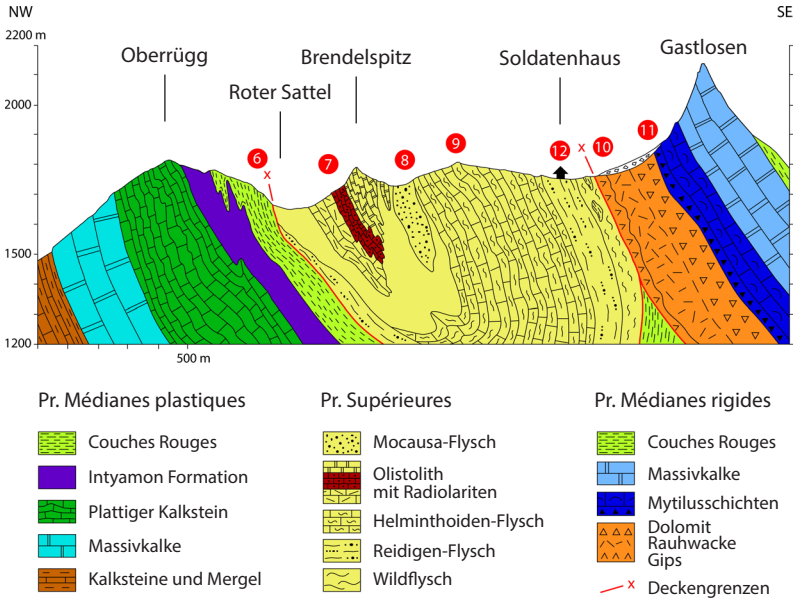
Die Präalpen bestehen aus einem Stapel tektonischer Decken, die sich über das Molasse-Vorland schieben. Unter «Decke» versteht man einen Gesteinskomplex, der von seinem Ursprungsort weit weg auf andere Gesteinsmassen geschoben wurde. Der nicht mehr ortsfeste (allochtone) Charakter der Präalpen erteilt diesen eine gewisse Exotik. Ihre Gesteine lagerten sich viel weiter südlich im Tethys Ozean ab, der von 230 - 40 Millionen Jahren vor heute existierte (von der Trias bis zum Eozän). Im Anschluss an den Schub der afrikanischen Platte begann sich der Ozean zwischen Europa und Afrika allmählich wieder zu

schliessen. Die Gesteine, welche sich darin abgelagert hatten, wurden zusammengedrückt, gefaltet und mehrere hundert Kilometer nach Norden bis zu ihrer heutigen Stelle verschoben. Der anhaltende Druck der afrikanischen Platte hatte zur Folge, dass sich die Gebirge nördlich der Rhone (Kalksteinalpen) ihrerseits hoben und somit eine endgültige Trennung der Präalpen von ihren Wurzeln südlich des Rhonetals veranlassten.

Die präalpinen Decken setzen sich aus verschiedenen Sedimentgesteinen zusammen: Kalksteine, Mergel, Tone, Sandsteine, deren Härtegrad die Geländeform mehr oder weniger beeinflusst. Nach abgeschlossener Verschiebung und vor allem während den letzten, eiszeitlich geprägten, zwei Millionen Jahren verlieh die Erosion den Präalpen ihre heutige Morphologie.



Vereinfachte geologische Profile durch die Alpen (oben, nach Agard et Lemoine 2003) und die Präalpen (unten, nach Caron 1973)



Geologisches Profil von Oberrügg bis zu den Gastlosen

Schlussfolgerung

Die sedimentologische, tektonische und morphologische Geschichte der Präalpen – so lange dauernd und komplex sie auch sein mag – erklärt die Vielzahl der hier gefundenen Gesteine und die Vielfältigkeit der Landschaft.

Das geologische Profil von Oberrügg bis zu den Gastlosen zeigt einige der besuchten Aufschlüsse des geologischen Pfades in ihrem geologischen Kontext: von Nordwest Richtung Südost stösst man zuerst auf Kalksteine und Mergel der «Préalpes Médianes plastiques» (Mitteljura bis Tertiär), welche hier den Südhang der Jaunbach-Antiklinale ausmachen. Diese werden von Flyschen der «Préalpes Supérieures» (Kreide bis Tertiär) überlagert, mittels einer Überschiebung, die vor etwa 30 Millionen Jahren stattfand. Später, etwa vor 10 Millionen Jahren, wurden diese Flysche selbst von der starren Platte der Gastlosen (Trias bis Kreide) überschoben. Anschliessend gab die Erosion dieser Schuppe den letzten Schliff.

Glossar

Antiklinale / Synklinale: sattelförmige Faltung / muldenförmige Faltung der Schichtreihen.

Akkretionskeil: Aufeinanderstapeln von tektonischen Schuppen am Plattenrand, oberhalb einer Subduktionszone.

Allochthon: bezeichnet geologische Einheiten, die von ihrem Bildungsort wegtransportiert und über andere, oft jüngere Gebiete geschoben wurden.

Aufschluss: Stelle an der Erdoberfläche, wo die Gesteine unverdeckt zu Tage treten.

Flysch: Detritische Sedimentformation, die sich während der Gebirgsbildung in einem tiefen Meeresbecken abgelagert hat, infolge aufeinanderfolgender Unterwasserlawinen.

Geologische Formation: Gesteinseinheiten mit gleichen lithologischen Merkmalen.

Lithologie: Merkmale eines Gesteins bezüglich seiner Bestandteile.

Mergel: Sedimentgestein, bestehend aus einem Gemisch von Kalkstein und Tonen (zwischen 35% und 65% Tongehalt).

Mergeliger Kalkstein: Kalkstein mit 5 bis 35% Tongehalt.

Mittelozeanischer Rücken: Längliche Gebirgszüge am Meeresgrunde entlang der Grenze zweier sich auseinander bewegenden Platten.

Orogenese: Prozesse, die zur Bildung einer Gebirgskette führen.

Tektonische Decke / Überschiebungsdecke: Geologische Einheiten, die durch tektonische Bewegungen verschoben wurden und anschliessend andere, mehr oder weniger entfernte Einheiten überlagern.

Subduktion: Abtauchen einer tektonischen Platte unter eine andere (normalerweise eine ozeanische unter eine kontinentale Platte).

Überschiebung: Überlagerung einer Gesteinseinheit über eine andere mittels einer flachen Störung.

Bibliografie

Wissenschaftliche Texte

Braillard, L. (1998): Etude géologique de la région entre Jaun et les Gastlosen. Travail de diplôme, Université de Fribourg.

Caron, C. (1973): Survol géologique des Alpes occidentales. Bull. Soc. Frib. Sc. Nat. 62/2, 73-81.

Clément, J.-P. (1986): Les sédiments pélagiques de la nappe de la Simme. Thèse, Université de Fribourg.

Collectif d'auteurs (1976): Géologie des Préalpes. Colloque en l'honneur du Professeur Héli Badoux. Tirage à part des Eclogae geol. Helv. 69/2, 249-575.

Guillaume, M. (1986): Révision stratigraphique des Couches Rouges de la Nappe des Préalpes Médianes Romandes. Thèse, Université de Fribourg.

Lemoine, M., De Graciansky, P. & Tricart, P. (2000): De l'océan à la chaîne de Montagnes: Tectonique des Plaques dans les Alpes. Gordon and Breach & Société Géologique de France.

Mauvilly, M., Braillard, L., Kramer, L., Baeriswyl, J.-M., Doutaz, J. & Rime, J. (2006): Le Petit Mont, une vallée-sanctuaire préhistorique au coeur des Préalpes fribourgeoises. Cahiers d'Archéologie Fribourgeoise 8, 112-145.

Mosar, J., Stampfli, G.-M. & Girod, F. (1996): Western Préalpes Médianes Romandes: timing and structure. A Review. Eclogae geol. Helv. 89/1, 389-425.

Page, C. (1969): Observations géologiques sur les Préalpes au NW des Gastlosen orientales. Bull. Soc. Frib. Sc. Nat. 58/2, 83-177.

Plancherel, R. (1979): Aspects de la déformation en grand dans les Préalpes médianes plastiques entre Rhône et Aar. Eclogae geol. Helv. 72/1, 145-214.

Strasser, A., Caron, M. & Gjermeni, M. (2001): The Aptian, Albian and Cenomanian of Roter Sattel, Romandes Prealps, Switzerland: a high-resolution record of oceanographic changes. Cretaceous Research 22, 173-199.

Werke für die Öffentlichkeit

Collectif d'auteurs (2009): Découvertes archéologiques en Gruyère. Quarante mille ans sous la terre. Service archéologique de l'Etat de Fribourg.

Labhart, T. (2005): Geologie der Schweiz. Ott Verlag, Thun.

Marthaler, M. (2005): Das Matterhorn aus Afrika. Die Entstehung der Alpen in der Erdgeschichte. Ott Verlag, Thun.

Weissert, H. und Stössel, I. (2009): Der Ozean im Gebirge. Eine geologische Zeitreise durch die Schweiz. vdf Hochschulverlag AG an der ETH Zürich.

Allgemeine Geologie

Grotzinger, J., Jordan, Th.H., Press, F. & Siever, R. (2008): Allgemeine Geologie. Spektrum Akademischer Verlag.

Inhaltsverzeichnis

Vorwort 2
Einleitung 3
Anreise 4
Allgemeine Informationen 4
Geografische Lage 6
Geologische Lage 7
Geologische Einführung 8
Innerer Aufbau der Erde 8
Geschichte der Erde 10
Gesteinsarten 11
Gesteinskreislauf 12
Plattentektonik 13
Paläogeographie 14
Los geht's ! 15
Posten Nr. 1: Grossmutterloch 16
Posten Nr. 2: Panorama 18
Posten Nr. 3: Rutschung - Teil I 20
Posten Nr. 4: Rutschung - Teil II 23
Posten Nr. 5: Couches Rouges 26
Posten Nr. 6: Hardground 31
Posten Nr. 7: Radiolarite 36
Posten Nr. 8: Archäologie 42
Posten Nr. 9: Blick zu den Gastlosen 46
Posten Nr. 10: Geomorphologie 51
Posten Nr. 11: Mytilusschichten 54
Posten Nr. 12: Synthese und Schlussfolgerung 59
Glossar 62
Bibliografie 63

Was fasziniert den Geologen eigentlich? Die Entstehung der Gebirge, das Rätseln woher die Gesteine stammen, welche sie aufbauen, oder die Frage, wie wohl diese Region ausgesehen hat zur Zeit der Dinosaurier. Alles Themen, welche der Verein «IGF - Itinéraires géologiques fribourgeois» Ihnen mit einem Lehrpfad und einer detaillierten Broschüre aufzeigen möchte.

Als unentbehrlicher Weggefährte auf dem Pfad zu Soldatenhaus lässt uns dieser Wanderführer in ein tropisches Meer eintauchen, in dem sich die Massivkalke gebildet haben, die wir heute als Gastlosen kennen. Sie werden erfahren, warum sich Muscheln am Fusse der Kletterrouten am Grossturm befinden oder warum einige Gesteine rot gefärbt sind.

Eine Einladung zu einer Wanderung und eine Aufforderung, die Umwelt mit offenen Augen zu betrachten. Eine Welt, in der jeder Kieselstein, jedes Fossil, jedes Lebewesen das Ergebnis vielfälltiger und komplizierter Prozesse ist.

Sophie Roulin
Journalistin, «La Gruyère»

Itinéraires géologiques fribourgeois