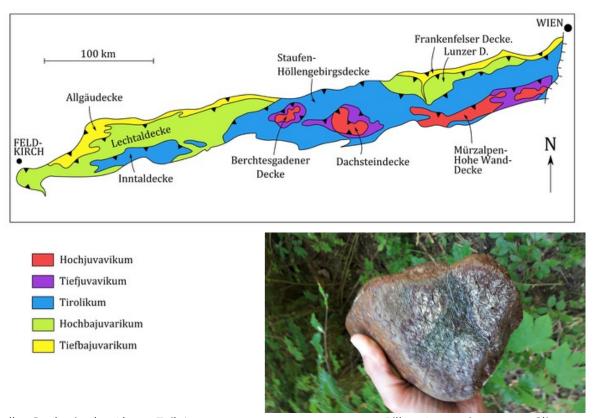
Dr. Elmar Schöllhorn

Tektonische Stellung der Sedimente bei Hindelang

Dies Sedimentabfolge der Ablagerungen der Tethys wurde in der *Allgäudecke* (*Hochbajuvarikum*) verfaltet und an ihren jetzigen Ort transportiert.

Tektonische Gliederung der östlichen Kalkalpen (Pfeil *Allgäudecke*: Gebiet von Sonthofen-Hindelang)



Quelle; Geologie der Alpen, Teil 1; www.steinmann,uni-bonn,de

Pillow-Lava mit grünem Glimmer

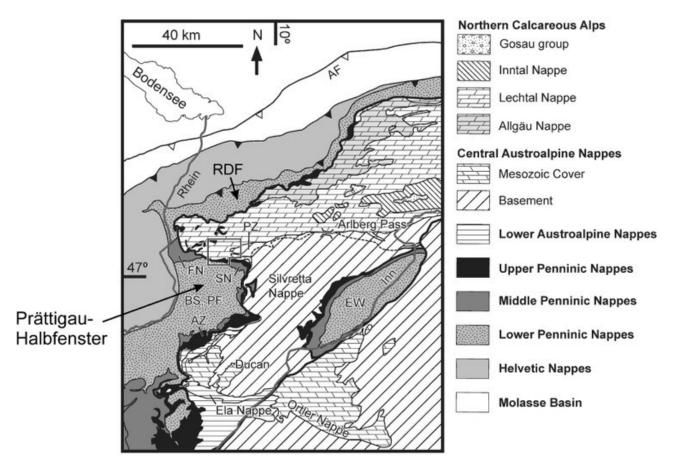
Abfolge der Decken im Allgäu

Klippenzone/Arosa Zone

Die Arosa Zone findet sich an der Deckenstirn der ostalpinen Decken (hier der Allgäu Decke). Die oberirdischen Vorkommen sind sehr unregelmäßig verteilt und verschwinden nach E im Untergrund (siehe Karte unten). Im E Allgäu sind sie bei Pfronten durch eine Klippenzone (Falkenstein Decke) ostalpiner Bauelement ersetzt.



Arosa Zone N Hindelang Bildmitte: Hirschbachtobel rechts davon: Arosa Zone Hirschberg: Hauptdolomit E.S.21



Arosa-Zone: obere Penninische Decken (entspr. Südpennikum) RDF: Rhenodanubischer Flysch; hellgrau: Helvetische Decken.

Quelle: Geologie der Alpen, Teil 2, aus: Froitzheim et al, 2012, www.steinmann.uni.bonn.de

Allgäudecke (Tiefbajuvarikum)

Gebildet von einer Abfolge des Permoskyth, Anis, Ladin, Karn (Raiblerschichten), Nor (Hauptdolomit), Rhät, Jura (Allgäuschichten, Aptychenkalke), Unterkreide (Tannheimer Schichten); Oberkreide.

Lechtaldecke (Hochbajuvarikum)

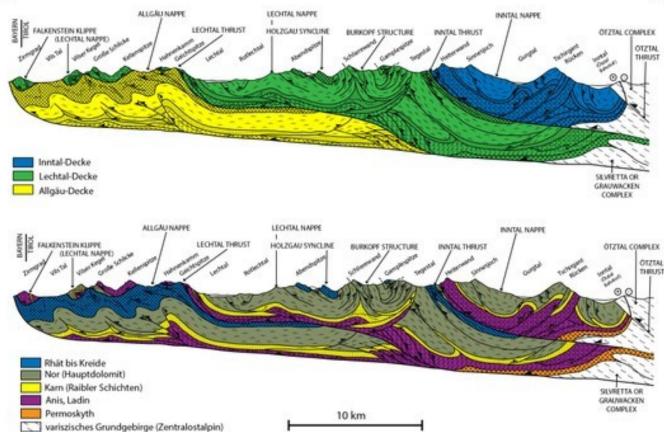
Die Gesteinsserien entsprechen in ihrer Zeitabfolge den Vorigen. Deren Ablagerungsbereich lag aber weiter im S. Zur Zeit des Nor wurde hier der Wettersteinkalk gebildet. Die Ablagerungen in der Unterkreide sind vollständiger. Als oberste Einheit finden sich Gesteine der Gosau (Oberkreide bis Tertiär).

Inntaldecke (Tirolikum)

Diese Decke ist die südlichste Deckeneinheit mit entsprechenden Gesteinsserien von Permoskyth bis Kreide. Wiederum finden sich im Top Gesteine der Gosau (Oberkreide bis Tertiär). Diese Decke grenzt im S (Inntal) an die Grauwackenzone.

Zwei Möglichkeiten der Interpretation der Decken im Ostalpin:

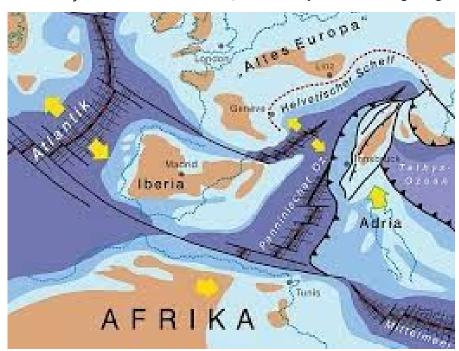
Stratigraphische Einheiten nach deren tektonisches Lage zusammengefasst (Abb. oben) Die Decken werden in ihre gleichaltrigen,stratigraphischen) Einheiten aufgegliedert Schnitt im Ostallgäu zwischen Vilstal und Inntal; Abbildung Seite 3.

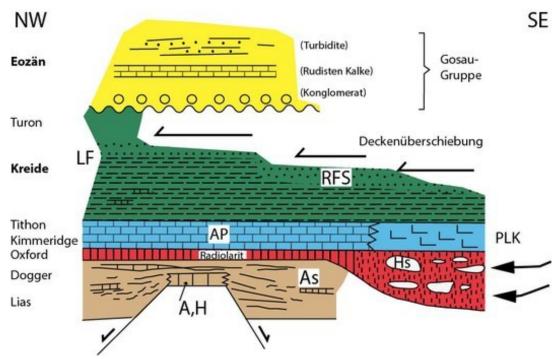


Quelle; Geologie der Alpen Teil 1; www.steinmann, uni-bonn.de

Paläeogeografie in der unteren Kreide

Die Verteilung der Kontinente zur Zeit der Kreide ergibt eine ungefähre Vorstellung von der Verteilung von Kontinenten und Meer vor etwa 100 Millionen Jahren. Im Wöffnet sich der Atlantik. Der Iberia Kontinent bewegt sich gegen den Uhrzeigersinn auf das Alte Europa (Protoeuropa) zu. Im S von Protoeuropa befindet sich der Helvetische Schelf an dessen Kontinentalabhang sich der Penninische Ozean weiter öffnet. Von SE treibt die adriatische Platte auf Europa zu und in seinem Gefolge der sich immer weiter nach Wöffnende Tethys Ozean. (Quelle Abbildung unten:: Rocky Austria, www,geologie.ac.at





Quelle; Geologie der Alpen Teil 1; www.steinmann,uni-bonn.de

LF: Lechtalformation

RFS, Rossfelschichten im S

AP: Aptychenschichten (ob. Jura-Unterkreide)

PLK: Plassenkalk, im S

AS: Allgäuschichten (unt. Jura – mittl. Jura)

Radiolarit

A, H: Adneter Kalk, Hierlatzformation (Schwellenfazies)

HS: Hallstätter Gleitschollen; tiefes Becken im S

Stratigraphie im Hirschbachtobel - Hirschberg bei Bad Hindelang

Allgäudecke (Bajuvarikum)

Arosa Zone

Cenoman Konglomerat (Oberkreide)

Gault Sandstein (Oberkreide)

Tannheimer Schichten (Apt-Alb)

Aptychenschichten (Oberjura - Unterkreide)

Pillow Laven (Jura-?Kreide)

(Kohlstatt Schichten (Mitteljura))

Allgäuschichten (Unterjura - Mittel Jura)

nicht aufgeschlossen:

Kössener Schichten (obere Trias – Unterjura)

Hauptdolomit (obere Trias (Nor))

Hauptdolomit (obere Trias-Nor)

Der Hauptdolomit (CaMg (CO₃)₂) ist eine Ablagerung auf einem flachen Schelf. Auf diesem Schelfbereich herrschten tropische Bedingungen; vergleichbar heute mit dem Persischen Golf. Dieser Schelf des Tethysmeeres vor etwa 220 Millionen Jahren war sehr weit gespannt, wir finden diese Ablagerungen auch in den Dolomiten (3 Zinnen) und sie bilden die Gipfelflur in den Allgäuer Alpen. Es sind mehrere 100 Meter mächtige Sedimentabfolgen. Das Gestein wurde überwiegend aus Algen- und Bakterien- Matten aufgebaut. Manchmal erkennt man diese Laminite noch im Gestein. Größere Fossilien finden sich kaum, wenn sie vorhanden waren, wurden sie bei der Dolomitisierung des Gesteins überprägt. Der Dolomit reagiert bei der Faltung spröde und zerbricht; die Klüftchen sind mit Calcit (CaCO₃) verheilt. Diese Zerrüttung erkennt man an den ausgedehnten Schutthalden die der Hauptdolomit bildet.

Allgäu Schichten (Unterjura-Mitteljura)



Bildbeschreibung (alle Aufschlüsse:unterer Bereich des Hirschbachtobel):

- 1.: Intensiv gefaltete Sedimente der Allgäuschichten (o.li.).
- 2.: Slumpfolds (Hammer), (u.li.): untermeerische Gleitungsfalten, die sich am Schelfabhang bildeten.
- 3.: Spurenfossilien (u.re.) in den Allgäuer Fleckenmergeln (Bioturbation am Meeresboden).
- 4. Brachiopode (o.re.) aus dem ?unteren Mitteljura

Fotos: E. S. Juni 2021

Die Allgäuschichten sind Ablagerungen auf einem äußeren, tiefen Schelf, eines Schelfhanges und dem angrenzenden Meeresbecken; der Sedimentationsraum liegt in der Spreizungszone des Tethys Meeres. Die Sedimentation dauerte über einen sehr langen Zeitraum (etwa von 200 bis 160 Millionen Jahren) und war sehr einheitlich und monoton. Die Gesteine wechseln zwischen überwiegend kalkreicher Sedimentation (Allgäukalke) und Sedimentation mit höherem Tonanteil (Fleckenmergel). Die Sedimentmächtigkeit liegt bei 1500 m. Im gleichen Zeitraum bildeten sich auf dem Europäischen Kontinent die Ablagerungen, wie wir sie vom Trauf der Schwäbischen Alb kennen. Auch die Fossilienführung (Ammoniten, Brachiopoden, Muscheln, Crinoiden, Ichtyosaurier) lässt sich vergleichen. Bei den Ammoniten sind es aber Arten die für den Faziesbereich des Tethysmeeres charakteristisch sind, im Gegensatz zur überwiegend borealen Faziesvergesellschaftung der Schwäbischen Alb. So häufig, wie gerne angegeben wird, sind die Fossilien aber in den Allgäuschichten leider nicht zu finden. Sie ermöglichen eine eindeutige stratigraphische Zuordnung der Schichten.

Eine andere charakteristische Ausbildung finden wir in den Fleckenmergeln. Diese Schichten zeigen eine stärkere Bioturbation, durch Schlamm fressende Organismen, die diesen Sedimenten auf der Suche nach Nahrung durchwühlten. Sie heben sich immer dunkler vom eigentlichen, grauen, Sediment ab.

Die Gesteine sind im Hirschbachtobel aber stark gefaltet und zerschert. Ein Teil davon entstand schon während der Sedimentation (slump folds). Das unterschiedliche plastische Verhalten von starren Kalkbänken und leicht zerscherbaren Tonen kompliziert das tektonische Gesamtbild während der eigentlichen Faltung. Die sich an die Allgäuschichten anschließenden Aptychenschichten lassen sich auf den ersten Blick nicht immer einfach auseinanderhalten. Insgesamt bewirkt die Zusammensetzung und das Verwitterungsverhalten dieser Schichten die botanisch reichen, oft sehr steilen, Blumenwiesen und Almen des Allgäus. Die Blumenwiesen sind aber auch unter anderem eine Folge der Alpwirtschaft.

Aptychenschichten (Oberjura - Unterkreide)

Das Meeresbecken senkte sich weiter ab und es bildeten sich Tiefseesedimente. Der Ablagerungszeitraum lag zwischen Oberen Jura und der Unterkreide; vor etwa 161 bis 145 Millionen Jahren für den Jura-Anteil und entsprechen jünger für den Kreide-Anteil der Aptychenschichten.



Hornsteinknolle in den Aptychenschichten Lesefund oberer Hirschbachtobel; E. S. 2021 Der SiO₂ -Gehalt im Hornstein entstammt gelösten Einzellern (Radiolarien), deren Skelettmaterial SiO₂ war und Kieselschwämmen.



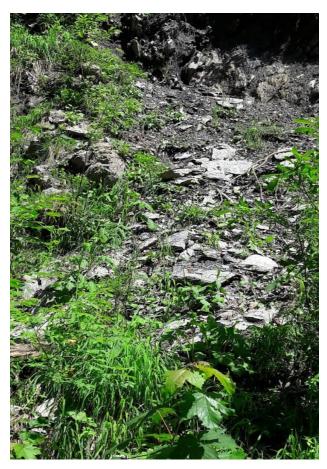
Stark verfaltete und zerscherte Aptychenschichten im mittleren Bereich des Hirschbachtobels. E.S. Juni 2021

Typische Fossilien sind die namensgebenden Aptychen, die zwar Muscheln ähnlich sehen, aber dem Kieferapparat von Ammoniten zugeordnet werden können. Sie bestehen aus Calcit, während das Gehäuse der Ammoniten aus Aragonit besteht.

Aragonit und Calcit werden im Meer unter einen bestimmten Ablagerungstiefe (ACD = aragonitic compensation depth; CCD = calcitic compensation depth) aufgelöst (Lysokline; zunächst wird Aragonit gelöst, dann der Calcit). Im Aptychenkalk wurden die aragonitischen Schalen gelöst und nur die Aptychen der Ammoniten bleiben übrig. Aragonit wird ab einer Tiefe von 3000 bis 3500 m gelöst, darunter beginnt sich auch der Calcit zu lösen. Wann genau sich die Modifikationen von CaCO₃ zu lösen beginnen hängt von den genauen Druck-und Temperaturbedingen ab, die im Meerwasser herrschen. Die Lösung des Aragonites/Calcites erklärt auch warum in Tiefseegesteinen ein so hoher Anteil an Kieselsäure enthalten ist. Ein Gestein, der Radiolarit, besteht überwiegend nur noch aus Kieselsäure. Seinen Namen hat er von marinen Einzellern, den Radiolarien, die ihn überwiegend aufbauen. Deren Exoskelett besteht aus Kieselsäure (SiO₂). Der Radiolarit selbst steht aber im Hirschbachtobel nicht an. Der Ablagerungsbereich der Aptychenschichten liegt also zwischen 3000 und 3500 Meter Meerestiefe.

Bestimmte Schichten der Aptychenschichten enthalten die Kieselsäurepartikel sehr gleichmäßig verteilt in einer carbonatischen Grundmasse verteilt. Sie wurden früher im Ostallgäu zu Wetzsteinen verarbeitet.

Die Tannheimer Schichten der Unterkreide (vor 120 bis 100 Millionen Jahren) stellen eine Fortsetzung der Sedimentation in einem Tiefsee-Ablagerungsraum dar. Die Typlokalität der dunklen, schiefrigen Mergel findet sich in ihrem Namen. Im Bereich der Allgäu Decke sind diese Gesteine geringmächtiger ausgebildet (wenige 10er Meter). Eine komplettere Sedimentationsabfolge findet sich in den weiter östlich gelegenen Decken. Sie waren westlich des Traunsees in Oberösterreich Teil meiner Diplomarbeit. Die Gesteine sind überwiegend dunkler gefärbt und enthalten einen hohen Anteil an Kerogenen (Kohlenwasserstoffen).





Aufschluss in den Tannheimer Schichten im oberen Bereich des Hirschbachtobels; E. S. Juni 2021 dunkle, kerogenreiche Schichten, links vom Hammer

Hier sei angefügt, dass ein sehr großer Anteil der heute verfügbaren Kohlenwassserstoffe in der Kreidezeit gebildet wurde. Während dieser Zeit lagen die Temperaturen auf der Erde höher als heute und es existierten keine Polkappen. Der Meeresspiegel lag entsprechend hoch. Die Kontinentkonfiguration wies weite Schelfgebiete mit hoher Produktion von Biomasse auf. Dieser Biomasse wurde in tiefere Meeresbecken transportiert und an die Sedimente gebunden. Der fehlende Sauerstoffgehalt in diesen Meeresbecken ließ keine weitere Zersetzung (Oxidation) der Biomasse zu. Aus diesen Sedimenten wurden die Kerogene dann oft erneut mobilisiert und in Speichergesteinen umgelagert-, aber das ist ein anderes Thema. In diesen Schichten finden sich Ammoniten manchmal sogar in Perlmuttschalen-Erhaltung. Ob die Sedimentation in der Tannheimer Schichten kontinuierlich aus den Aptychenschichten fortsetzte oder in diesem Abschnitt die Sedimentation unterbrochen wurde, kann im Hirschbachtobel nicht entschieden werden. Über den Tannheimer Schichten finden sich Sandsteine, Brekzien, Konglomerate der Oberkreide (teilw. Cenoman). Diese Aufschlüsse sind aber schwer zugänglich.

Arosa Zone; Kissen Laven (Oberjura-?Unterkreide)



Aufschluss der Pillow Laven (Oberjochstrasse)



Pillow Lava im Bachbett; ca 30cm .S. Juni 21

Harnischhorizont aus Hämatit (links)

Zeolithe, Calcit (weiß) in der Kruste eines Pillows unten)



Der Allgäu-Basalt, wie er allgemein genannt wird, wurde bei der Kartierung des Blattes Sonthofen vom Leiter des bairischen Oberbergamtes C. W. Gümbel bereits vor 1858 (Herausgabe des Blattes Sonthofen) im Rothplattenbach entdeckt. Es stellt das einzige Vorkommen vulkanischer Gesteine im Allgäu dar und ist an die tektonischen Einheit der Arosa Zone (siehe oben) gebunden. Wir finden diese Vulkanite, die als untermeerische Pillow Basalte ausgebildet sind, anstehend östlich der 1. Kehre der Oberjochstraße bei Oberdorf/Hindelang und als Geschiebe im weiteren Hirschbachtobel. Diese Bach-Geschiebe stammen aus den von NW kommenden Bachrunsen (Rothplattenbach).

Definition von Spilit: Nachträglich gealterter, albitischer, Na-reicher Basalt mit Albit (Na-Feldspat), Chlorit (Schichtsilikat) und Calcit.

Heute kennen wir die Entstehung dieser Laven in den Spreizungszonen der Ozeane (ozeanische Rücken) durch Filmaufnahmen recht genau. Die heiße Lava wird beim Kontakt mit dem kalten Meerwasser an der Oberfläche abgeschreckt, im Inneren fließt heiße Lava nach. So bilden sich die charakteristischen Kissenstrukturen (pillows). Ein

angewittertes und natürlich angeschliffenes pillow liegt im unteren Hirschbach (siehe Bild oben). Wir erkennen den dichten Basalt (Spilit) innen und die zerborstene Kruste. In den Hohlräumen der Kruste kristallisierten Mineralien wie Zeolithe (Natrolith Na₂(Al₂Si₃O₁₀)*2H₂O und Calcit (CaCO₃). Diese Mineralien bilden sich aus hydrothermalen Wässern. Diese wiederum entstanden aus dem Meerwasser, das in den Klüften der noch heißen Basalte zirkulierte und dabei Ca²⁺, Mg²⁺, Na⁺, K⁺, Fe³⁺, Al³⁺-Ionen aufnahm. Hydrothermal bilden sich auch Metallverbindungen. Der als Harnisch ausgebildete Hämatit (Fe₂O₃) entstand so. Fein verteiltes Eisen bewirkt auch die Rotfärbung der Gesteine bei deren Verwitterung. Die heutigen hydrothermalen Quellen am Meeresgrund werden black bzw. white smokers genant. Sie sind eine wichtige Quelle für die Entstehung von Mineral-Lagerstätten am Meeresboden. Weiter fallen im Bereich zwischen Kern und Kruste grünliche Bereiche auf die aus plattigen (glimmerartigen) Mineralien in Calcit bestehen, sie erinnern in ihrer Textur und Farbe an Chlorit. Chlorit bildet sich bei der Umwandlung von Spiliten am Meeresboden.

Chlorit: (Mg,Al,Fe)₁₂((Si,Al)₈O₂₀))(OH)₁₆ - Schichtsilikat



Spilit; Handstück; 7X5 cm; E.S.21

Der Spilit ist unverwittert dunkelgrau gefärbt und von körniger Struktur. Es fallen durchscheinende, olivgrüne Mineralkörner auf (Na-Feldspat, durch Fe²⁺ grün gefärbt). Weiter finden sich mm große, kreisrunde Sphäroide aus Calcit.

Literatur:

Bayrischer Umwelt Atlas: Spilit der Arosa Zone im Wildbachtobel E von Hindelang; Bayrisches Landesamt für Umwelt (LfU), Augsburg; abgerufen am 5.06.2021

Bayrischer Umweltatlas: Spilite der Arosa Zone im Rothplattenbach NE von Hindelang; Bayrisches Landesamt für Umwelt (LfU), Augsburg; abgerufen am 15.07.2021

Geologische Karte von Bayern 1:500 000; Geologisches Landesamt Bayer, München; Ausgabe 1996

Leinfelder, R.; Vorlesung Historische Geologie Teil 8 Kreide; www.paleo.de/edu/histgeol; München; abgerufen am 04.07.2021

Nasemann, P.; Spannende Wege durch die Erdgeschichte; Geopfad Pfronten, Vils, Grän,; Bauer Verlag Hohenschwangau; Ausgabe 2021

Oblinger, H.; Der geologische Lehrpfad bei Hindelang/Allgäu; Heimatpflege Sonthofen; 1987; Quelle: Internet, abgerufen am 5.06.2021

Richter, D.; Allgäuer Alpen, Slg. Geolog. Führer; Gebr. Borntraeger; Berlin, Stuttgart; 1984

Scholz, H.; Bau und Werden der Allgäuer Landschaft, Heimatpflege Kempten, 1995

Die Geologengruppe:



Drs. *Yvan Fischer, Norbert Maye*r und *Elmar Schöllhorn* vor Aufschluss in den Allgäuschichten E.S.21 Fotograf: Dr. *Egon Lanz.* Ihnen allen einen herzlichen Dank, für das Zustandekommen der Exkursion.