

Neukartierung des Großen Beilsteins und des umliegenden Bereichs im Hochschwab-Gebiet

Von Florian DERTNIG¹ & Kurt STÜWE¹
Mit 9 Abbildungen

Angenommen am 31. Oktober 2012

Summary: A remapping of the Große Beilstein peak and surroundings in the Hochschwab region. – In early 2011 the Große Beilstein peak in the southern Hochschwab Group was structurally remapped. Mapping results revealed that there is a tectonic boundary in the Beilstein inside a unit of Reiflingererkalk and Grafensteigkalk. Along this boundary, Steinalmkalk (Beilstein summit) was thrust southwards over the top of Wettersteinkalk (Beilstein base). The folded tectonic boundary between the units is interpreted as an alpine back-thrust. Movement occurred predominantly along tuffaceous layers inside the Reiflingererkalk unit. The eocene Stangenwand-thrust cuts the alpine back-thrust at the Beilstein saddle on the north side of the mountain. Steep north-dipping normal faults caused substantial vertical displacement of all units in the last stage of the tectonic history of the Beilstein. At the intersection between these normal faults and the tuffaceous layers there are several caves, for example the so called Beilstein cave.

Zusammenfassung: Im Frühsommer 2011 wurde der Große Beilstein im südlichen Hochschwab-Gebiet strukturgeologisch neu kartiert, weil geringfügige geometrische Inkonsistenzen auf der Karte der geologischen Bundesanstalt aufgefallen waren. Die Kartierung ergab, dass im Bereich des Gipfelaufbaus des Beilsteins eine tektonische Grenze innerhalb einer Reiflinger- und Grafensteigkalk-Einheit liegt, entlang der Steinalmkalk (Beilstein-Gipfelbereich) nach Süden über Wettersteinkalk (Beilstein-Basis) geschoben wurde. Die verfaltete tektonische Grenze zwischen den Einheiten wird als alpine Rücküberschiebung interpretiert. Die Bewegung fand vor allem innerhalb von Tufflagen statt, die im Reiflingererkalk liegen. Die eozäne Stangenwandüberschiebung schneidet die alpine duktile Überschiebungszone am Beilsteinsattel ab. Steil nach Norden einfallende Abschiebungen verursachen zuletzt einen substantiellen vertikalen Versatz der verschiedenen Einheiten am Beilstein. Am Verschnittspunkt dieser Abschiebungen mit den Tufflagen befinden sich Ausbruchshöhlen, zum Beispiel die so genannte Beilsteinhöhle.

1. Einleitung

Beim Studium der geologischen Karte des Hochschwab-Gebiets (BAUER & al. 2008) fielen ein paar Inkonsistenzen auf: einige der Über- und Abschiebungen im südlichen Teil des Massivs ergeben topologische und geometrische Probleme, deren Klärung für eine klare tektonische und stratigraphische Erklärung dieses Bereiches der Nördlichen Kalkalpen natürlich wichtig ist. Ein Bereich, der sich anbietet diese aufzulösen, ist das Beilstein-Massiv im südlichen Hochschwab. Dort ist der Zusammenhang mehrerer wichtiger Einheiten der Kalkalpen-Stratigraphie perfekt dreidimensional aufgeschlossen und die Geometrie der Einheiten kann wunderschön auskartiert werden. Ziel dieser Arbeit ist es daher, die geometrischen und strukturellen Probleme, die sich aus der Karte des Hochschwab-Gebiets von BAUER & al. 2008 ergeben, aufzulösen. Zu diesem Zweck wurde der Große Beilstein mitsamt den maßgeblichen umliegenden Bereichen im Sommer 2011 kartiert. Die hier vorliegende Arbeit präsentiert diese Kartierungsergebnisse sowie eine Interpretation der aufgenommenen strukturgeologischen Daten.

¹ Florian DERTNIG und Kurt STÜWE, Institut für Erdwissenschaften, Universität Graz, Universitätsplatz 2, A-8010 Graz, E-Mail: florian.dertnig@edu.uni-graz.at; kurt.stuewe@edu.uni-graz.at

2. Geografische und geologische Übersicht

Das Hochschwab-Massiv ist Teil der Steirischen Kalkalpen. Das Massiv hat eine Größe von etwa 560 km² und wird durch den Seebergsattel im Osten, den Präbichl im Westen, das Salztal im Norden und durch mehrere Täler zwischen Bruck an der Mur und Afenz im Süden begrenzt (Abb. 1). Den höchsten Gipfel dieses Plateaugebirges bildet der gleichnamige Hochschwab mit einer Seehöhe von 2277 m. Morphologisch bildet der Hochschwab ein Karstplateau, das an seinen Rändern steil in die umliegenden Täler abfällt. Der Beilstein (2015 m), der den Fokus dieser Arbeit bildet, ist ein markanter Gipfel am Südabhang des Karstplateaus, auf der Nordseite des Trawiestales. Der kartierte Bereich wird durch das Zagelkar im Westen und das Dippelkar im Osten begrenzt. Das gesamte hier bearbeitete Gebiet beläuft sich in etwa auf eine Größe von vier Quadratkilometern.

Geologisch gehört der Hochschwab zu den Nördlichen Kalkalpen (z. B. GASSER & al. 2009). Die Nördlichen Kalkalpen liegen nördlich des Alpenhauptkamms, nördlich der Grauwackenzone und südlich der Flyschzone des Alpenvorlandes. Sie bilden einen 500 km langen Streifen, der sich in West-Ost-Richtung vom Rheintal bis ins Wiener Becken erstreckt und eine Breite von 30 bis 50 km besitzt. Die weitaus größten Teile der Nördlichen Kalkalpen werden durch permotriadische Sedimente gebildet, welche auf einem passiven Kontinentalrand abgelagert wurden (MANDL 2000). Zu Beginn der Bildung der Nördlichen Kalkalpen steht ein Dehnungsereignis im Perm, das ab der mittleren Trias im Tethys-Ozean aufgenommen wird (SCHUSTER & STÜWE 2008). Danach kühlten die angrenzenden Kon-

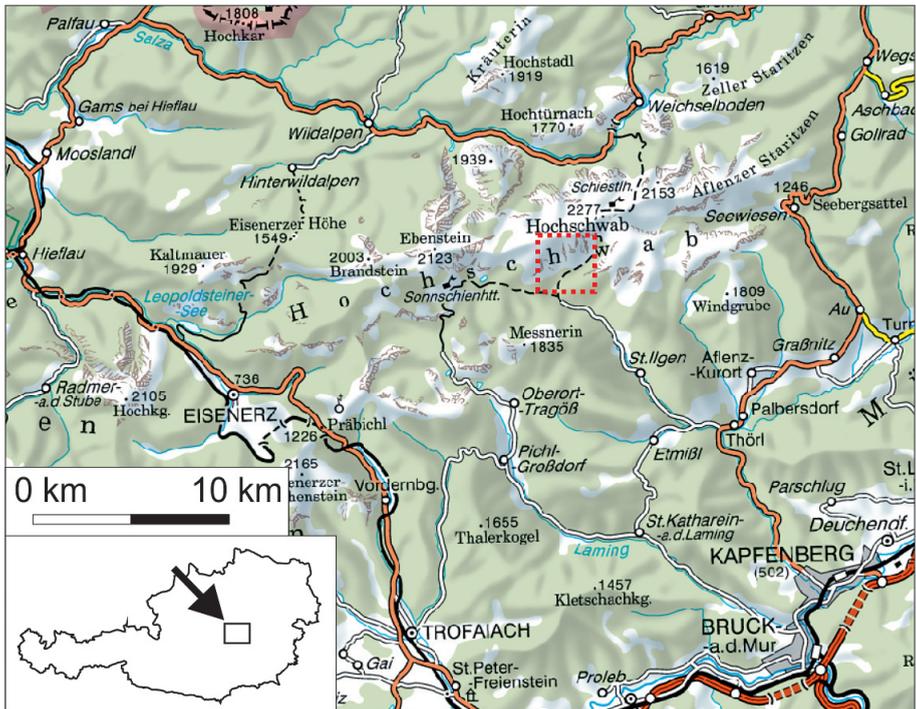


Abb. 1: Geographische Lage des Hochschwab (© BEV 2012, vervielfältigt mit Genehmigung des BEV – Bundesamt für Eich- und Vermessungswesen in Wien, T2012/90729). Die rot gepunktete Box zeigt den Arbeitsbereich. In dieser Box ist die schwarz gestrichelte Linie das Trawiestal. Geographic position of the Hochschwab region. (Map is © BEV 2012). The red box shows the study area. The dashed black line inside the box is the Trawies valley.

tinente langsam aus und senkten sich langsam ab. Dadurch entstanden zunächst passive Kontinentalränder mit breiten Schelfbereichen. Durch die tropische Lage und den ständigen Austausch mit Frischwasser aus dem Ozean bildeten sich gegen das offene Meer hin mächtige Riffe mit weitläufigen Lagunen im Hinterland aus. Dadurch entstanden schließlich die Karbonatplattformen des Wettersteins und des Dachsteins (z. B. SCHUSTER & STÜWE 2010). Während der alpinen Gebirgsbildungsprozesse der Kreide- und Tertiärzeit wurden die Kalkalpen von ihrem Untergrund abgetrennt und weit nach Norden verfrachtet (TOLLMANN 1985). Somit liegen die Nördlichen Kalkalpen tektonisch auf fremdem Untergrund.

Allgemein anerkannt ist der Deckenbau der Nördlichen Kalkalpen (Abb. 2). Die zu Beginn des 20. Jahrhunderts festgelegte Einteilung unterscheidet drei tektonische Einheiten, die im ganzen Ostalpenraum voneinander trennbar sind. Vom Liegenden ins Hangende sind dies das Bajuvarikum, das Tirolikum und das Juvavikum (nach HAHN 1912, c.f. TOLLMANN 1985). Die Nördlichen Kalkalpen werden untergliedert in einen westlichen Teil, einen zentralen Teil und einen östlichen Teil, der tektonisch weiter in die Frankenfesler-, Lunzer-, Mürzalpen-, Göller-, Unterberg-, Reisalpen- und Schneebergdecke unterteilt wird (LINZER & al. 1995). Durch die palinspastische Rekonstruktion der Deckenzonierung der Nördlichen Kalkalpen zeigt sich ein überarbeiteter tektonischer Deckenbau (FRISCH & GAWLICK 2003). Dieser zeigt vom Liegenden ins Hangende das Bajuvarikum (Tief- und Hoch-Bajuvarikum), das Tirolikum (Tief-, Hoch- und Ultra-Tirolikum) und eine „Hallstatt Mélange“. Die „Hallstatt Mélange“ wird aus radiolaritischem Wildflysch aufgebaut und beinhaltet Komponenten der bereits erodierten (Juvavischen) Hallstattdecke (FRISCH & GAWLICK 2003) (Abb. 2).

Zudem können die Nördlichen Kalkalpen in eine Reihe von Fazieszonen unterteilt werden, deren Unterschiede vor allem auf faziellen Variationen vom mittleren Anisium bis zum mittlerem Karnium beruhen. Im Anisium kommt nur die Steinalm-Gutenstein-Plattform vor. Im Zeitraum zwischen Ladinium und mittlerem Karnium jedoch bildet sich die Wetterstein-Karbonatplattform. In der Obertrias bilden sich nun die verschiedenen Faziesräume aus, die als Hauptdolomit- und Dachsteinkalkfazies (mit mächtigen Plattformsedimenten) und die dazwischen verlaufende Hallstätterfazies (mit gering mächtigen Beckensedimenten) bekannt sind (Abb. 3). Jede dieser drei Fazieszonen wird wiederum in mehrere kleinere Fazieszonen unterteilt, die im Arbeitsbereich zu lokalen lithologischen Variationen führen.

2.1 Geologische Übersicht des Hochschwabs

Aus der Neuaufnahme der geologischen Karte des Hochschwab-Gebiets durch die Geologische Bundesanstalt (BAUER & al. 2008) (im Rahmen des Bund-Bundesländer-Kooperation-Forschungsprojektes: Geologische Karte Karst) ergibt sich, dass das Hochschwab-Gebiet nicht den ursprünglich angenommenen einfachen Antiklinal- und Synklinalbau (TOLLMANN 1976a), sondern einen komplexen internen Deckenbau besitzt (MANDL & al. 2002). Nach wie vor aktuell ist hingegen die tektonische Gliederung in die liegende Göllerdecke (Tirolikum), die hangende überschobene Mürzalpendecke (Ultra-Tirolikum) und den teilweise am Süd- und Ostrand des Hochschwabs erhaltenen transgressiven Übergang vom Permomesozoikum der Grauwackenzone in die überlagernden Decken (TOLLMANN 1976a).

Der Arbeitsbereich befindet sich innerhalb der Mürzalpendecke (Ultra-Tirolikum), die sich im Bereich des Hochschwabs (von Nord nach Süd) in die Türnachschuppe, die Hochschwabschuppe und die Fölzschuppe unterteilt (MANDL & al. 2002) (Abb. 2). Letztere zwei sind für den Kartierungsbereich wichtig. Insgesamt reicht die Mürzalpendecke mit einer Länge von 140 km und einer Breite von bis zu 15 km von der Pyhrnlinie im Westen zur Hohen Wand im Osten (Abb. 2). Die Mürzalpendecke ist mit fünf Subfaziesräumen ein

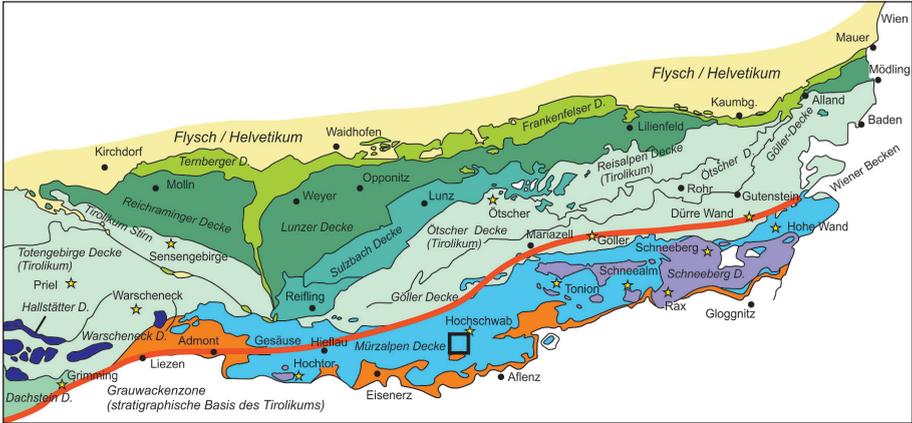


Abb. 2: Deckeneinteilung des zentralen und östlichen Teils der Nördlichen Kalkalpen nach TÖLMANN (1967). Grafik nach STÜWE & HOMBERGER (2011). Gelb: Flyschablagerungen; Hellgrün: Ternberger-, Frankenfelserdecke; Dunkelgrün: Reichraminger-, Lunzerdecke; Türkis: Sulzbachdecke; Hellblau: Totengebirge-, Warscheneck-, Ötscher-, Gollnerdecke; Blau: Mürzalpendeckendecke; Hellviolett: Schneebergdecke; Dunkelviolett: „Hallstatt Mélange“; Türkis: Dachsteindecke; Orange: Werfener Schichten. Die dicke rote Linie ist die Salzachtal-Ennstal-Mariazell-Puchberg-Störung (SEMP). Die Farbgebung korreliert nicht mit den anderen Abbildungen dieses Artikels. Nach der modernen tektonischen Einteilung werden türkise und blaue Decken zum Ultra-Tirolikum, hellblaue Decken zum Tirolikum, hellviolette und dunkelviolette Decken zum Wildflysch, hürkise und dunkelgrüne Decken zum Hoch-Barjuvarikum und hellgrüne Decken zum Tief-Bajuvarikum gezählt. Die schwarze Box zeigt den Arbeitsbereich.

Nappe division of the central and eastern part of the Northern Calcareous Alps after TÖLMANN (1967). (Sketch after STÜWE & HOMBERGER 2011). Yellow: Flysch; Light green: Ternberger-, Frankenfels nappe; Dark green: Reichraminger-, Lunzer nappe; Turquoise: Sulzbach nappe; Light blue: Totengebirge-, Warscheneck-, Ötscher-, Gollner nappe; Blue: Mürzalpen nappe; Light purple: Schneeberg nappe; Dark purple: „Hallstatt Melange“; Turquoise: Dachstein nappe; Orange: Werfener formation. The thick red line is the Salzachtal-Ennstal-Mariazell-Puchberg Fault (SEMP). Colour scheme does not correspond to other figures in this article. According to a modern tectonic subdivision the turquoise and blue nappes are allocated to the Ultra-Tirolikum, light blue nappes are Tirolikum, purple nappes are Wildflysch, dark green nappes are Hoch-Barjuvarikum and light green nappes are Tief-Bajuvarikum. The black box shows the study region.

Musterbeispiel für eine Vielfaziesdecke (TÖLMANN 1964). Es werden folgende Fazieszonen unterteilt: die Hohe Wand Riffkalk-, Mürztaler Miohallstätter-, Hochschwab Dachsteinkalk-, Aflenzer- und die Euhallstätter Südkanalfazies (Tollmann 1985), von denen die meisten im Bereich des Beilsteins vorkommen.

Das für die jüngere tektonische Entwicklung der Ostalpen wichtige sinistrale WSW–ONO gerichtete Salzachtal-Ennstal-Mariazell-Puchberg-Störungssystem (SEMP) (LINZER & al. 1995) streift den Hochschwab im Norden (Abb. 2). Das Störungssystem ist im gesamten Gebiet maßgebend verantwortlich für ein vorherrschendes Störungsmuster von sinistralen Seitenverschiebungen mit ähnlicher Orientierung (PLAN & al. 2010). Die SEMP teilt im nordwestlichen Bereich des Hochschwabs die Mürzalpendeckendecke von der Gollnerdecke und der Säusensteinschuppe.

3. Stratigraphie im südlichen Gebiet des Hochschwabs

Im Bereich des südlichen Hochschwabs und insbesondere im Bereich um den Gasthof Bodenbauer und das Beilstein-Massiv, ist eine komplette Ausbildung einer stratigraphischen Abfolge der Trias in den Nördlichen Kalkalpen vorzufinden. Diese wird im Fol-

genden zusammengefasst. Die liegenden Einheiten der massiven Trias-Karbonatabfolge werden im Bereich des südlichen Hochschwabs durch die Werfen-Formation der untersten Trias gebildet, die um den Bodenbauer als geologisches Halbfenster aufgeschlossen sind (FLÜGEL & NEUBAUER 1984). Die darunter liegenden oberpermischen Gesteine sind im Hochschwabbereich nur weiter westlich in der Präbichl-Formation aufgeschlossen. Die Werfener Schichten bestehen aus Schiefern und bilden die wasserundurchlässige Basis der verkarsteten Karbonate des Hochschwab-Massivs. Sie sind für die sumpfigen Wiesen im Bereich des Bodenbauers sowie für einige der dem Hochschwab-Gebiet randlich gelegenen Seen verantwortlich (Leopoldsteinersee, Grüner See). Mit dem Einsetzen der Mitteltrias (247–237 Ma) beginnt im Hochschwab die Bildung einer Karbonatplattform und damit verbunden auch die Ausbildung vieler unterschiedlicher Faziesvariationen. Für die hier bearbeitete Fragestellung ist vor allem die Entwicklung im Anisium (247–240 Ma) und Ladinium (240–237 Ma) von Bedeutung.

3.1 Gesteine des Anisium

Im Bereich des Beilsteins findet sich eine Reihe von Karbonatgesteinen, die im Anisium gebildet wurden. Dazu gehören als wichtigste Vertreter vor allem die Gutensteiner Formation, der Steinalmkalk und die Reiflinger Formation. Diese drei Gesteine werden nun gesondert besprochen.

Die Gutensteiner Formation findet sich im Arbeitsgebiet vor allem im höher gelegenen Teil des Trawiestales, zum Beispiel entlang des Wanderweges kurz unterhalb der Trawiesalm. Die Gesteine stehen im Arbeitsbereich meist im stratigraphischen Kontakt zu den liegenden Werfener Schichten sowie im tektonischen Kontakt zu den hangenden Steinalmkalken

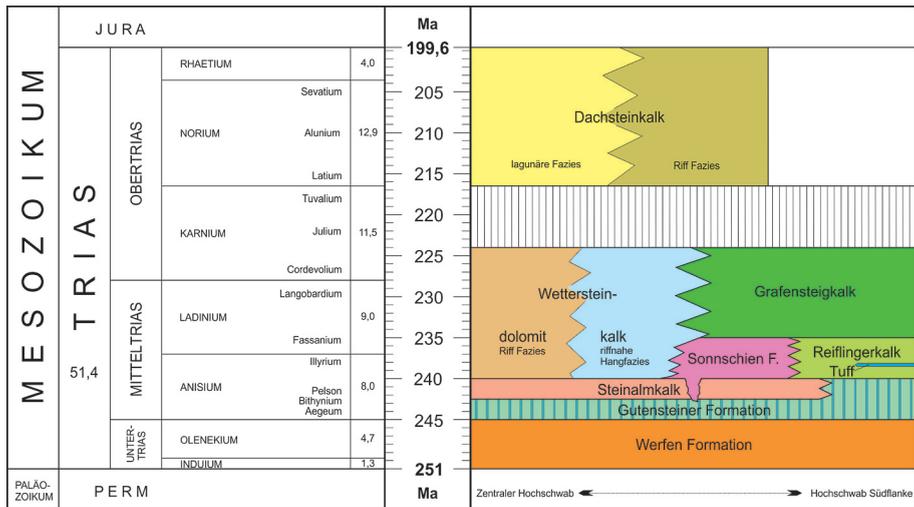


Abb. 3: Ausschnitt aus der stratigraphischen Tabelle Österreichs (nach PILLER & al. 2004) mit leichten Modifikationen für den Bereich des Hochschwabs. Links: Geologische Zeittafel (Zahlen sind Alter in Millionen Jahren und sind direkt von PILLER & al. 2004 übernommen. Im Text dieses Artikels wurden moderne, leicht modifizierte Alter verwendet). Rechts: Stratigraphische Beziehungen verschiedener sedimentärer Einheiten, die im Hochschwab-Gebiet vorkommen. Die Farbgebung der Einheiten entspricht auch jenen auf Abb. 4, 6, 7, 8 und 9.

Part of the stratigraphic table for Austria (after PILLER & al. 2004) with minor modifications appropriate to the Hochschwab region. Left: Time table. Right: Stratigraphic relationships of the different sedimentary units of the Hochschwab region. Colour scheme corresponds to that of Figs. 4, 6, 7, 8 and 9.

(Abb. 3, 4). Im Ostabschnitt der Nördlichen Kalkalpen besitzen sie Mächtigkeiten von 100 bis 150 m. Es handelt sich um dünnsschichtige, schwarzgraue, bituminöse, ebenflächige, meist hornsteinfreie, oft mikritische, teilweise auch spartische Kalke und Dolomite, die als Ablagerungen eines flachen, sauerstoffarmen Meeres angesehen werden. Im Hochschwab können zwei unterschiedliche Entwicklungen beobachtet werden. Die Entwicklung im südlichen Teil des Hochschwabs, einschließlich der anstehenden Gesteine des Trawiestales, besitzen Gesamtmächtigkeiten von bis zu 150 m. Sie bestehen aus dunklen Dolomiten und Brekzien und darauf lagernden dunklen Kalken (bis 30 m) (MANDL & al. 2002).

Der Steinalmkalk und -dolomit baut im Kartiergebiet die massigen Wände nördlich des Trawiestales (Hundswand, Wetzsteinkogel, Kloben, Beilstein-Gipfelaufbau) auf. Unter dem Begriff „Steinalmkalk“ werden heute Dezimeter bis wenige Meter dick gebankte auch massige, dasycladaceenreiche, helle Kalke der unteren Mitteltrias zusammengefasst (TOLLMANN 1976b). Beim Steinalmkalk mit Mächtigkeiten von 70 m bis zu 160 m handelt es sich um unzusammenhängende Riffknospen und Algenrasen, die sich in einem tiefer gelegenen Kalkschlammilmieu bildeten (TOLLMANN 1976b). In den östlichen Kalkhochalpen und im Hochschwab reicht der helle Wettersteinkalk noch (von oben) einige hundert Meter in das Anisium hinein (Abb. 3). Dadurch liegt im Bereich des Beilsteins ein dem Auftreten, Alter und der hellen Ausbildung nach eigener Typ des Steinalmkalks vor, der auch als Steinalm-Wettersteinkalk bezeichnet wird (MANDL & al. 2002). Die Auflösung der Beziehungen zwischen Steinalmkalk und dem (stratigraphisch darüberliegenden) Reiflingeralk im Bereich des Beilsteins stellt einen Teil des Fokus dieser Arbeit dar, aber es sei hier erwähnt, dass LOBITZER 1971 eine örtliche fazielle Verzahnung der zwei Einheiten interpretiert hat.

Die Gesteine Reiflinger Formation werden in dieser Arbeit in zwei Teile untergliedert: 1. den im Anisium gebildeten „Reiflingeralk“ und 2. den hornsteinführenden im Ladinium und Karnium gebildeten „Grafensteigalk“, der die Hauptmasse bildet. Als Reiflingeralk wird ein hell- bis dunkelgrauer im Zentimeter- bis Dezimeterbereich gebankter, meist welligschichtiger Kalk angesprochen. Der Ladinisch-Karnische Anteil wird in dieser Arbeit als Grafensteigalk bezeichnet. Die Grafensteigkalke finden sich im gesamten Arbeitsbereich unterhalb der Gipfel bildenden Steinalmkalk-Reiflingeralk-Einheiten. Erstere stehen meist im tektonischen Kontakt zu den hangenden Steinalmkalk-Reiflingeralk-Einheiten (Abb. 4). Die Reiflingerkalke zeigen die Bildung eines tieferen Meeres mit reduzierten Sedimentationsraten (TOLLMANN 1985).

Im gesamten Bereich der Kalkalpen sind im Reiflingeralk basische Tuffe mit millimeter- bis meterdicken Lagen, den Bänken, zwischengeschaltet. Im Arbeitsbereich finden sich solche Lagen in der Salzleiten im oberen Schönbergkar, sind aber auch in den Höhlen am Beilstein sowie am Wetzsteinkogel zu finden. Die Tuffe setzen an der Basis des Oberanisiums ein, erreichen im Ladinium ihre Hauptverbreitung und reichen im Osten der Kalkalpen bis ins Cordevolium (TOLLMANN 1976b). Die Bildung ebenflächiger Bankkalke oder hornsteinführender Knollenkalke ist von der unterschiedlich starken vulkanischen Beeinflussung der jeweiligen Meeresbereiche in der Mitteltrias abhängig. Die Mächtigkeit des anisischen Anteils beträgt an der Typlokalität in Großreifling 20 m und erreicht nur selten mehr als ein Maximum von 30 m (TOLLMANN 1976b). Im Kartiergebiet ist in der Salzleiten, unterhalb des Kloben eine Lage mit der größten Mächtigkeit von vier Metern zu finden. Hervorzuheben ist, dass diese Tuffe immer am tektonischen Kontakt von der Steinalmkalk-Reiflingeralk-Einheit zum jüngeren, unterlagernden Grafensteigalk auftreten.

3.2 Gesteine des Ladinium (Mitteltrias)

Im Arbeitsbereich wurden im Ladinium der Mitteltrias der Wettersteinkalk, die Sonnchien-Formation und der Grafensteigalk abgelagert, die hier näher beschrieben werden.

Wettersteinkalk und -dolomit bildeten sich vom Oberanisien bis ins mittlere Karnium und stellen mit der Wetterstein-Karbonatplattform mächtige Ablagerungen eines Riffkomplexes dar. Er ist, mit Ausnahme des Dachsteinkalks, der Hauptfelsbildner in den Nördlichen Kalkalpen, vor allem im westlichen Teil (TOLLMANN 1976b). Der Wettersteinkalk ist in eine Vorriff-Fazies, eine lagunäre Fazies und eine Riff-Fazies zu unterteilen. Im kartierten Bereich ist Wettersteindolomit in Riff-Fazies in der Hochebene oberhalb des Beilsteins anstehend. Den äußersten Bestandteil dieser Karbonatplattform bildet der „Riffschuttalk des Vorriffes“, hier bezeichnet als Wettersteinkalk in riffnaher Hangfazies. Dieser ist im Kartiergebiet im Liegenden des Grafensteigkalks mit stratigraphischem Übergang zu jenem zu finden (Abb. 4). Der Wettersteinkalk in riffnaher Hangfazies besteht aus zerbrochenen Rifforganismen und Riffkalktrümmern, welche durch Sparit verbunden sind. Die Mächtigkeiten der Wetterstein-Ablagerungen im Hochschwab erreichen ein Maximum von über 1000 m (MANDL & al. 2002).

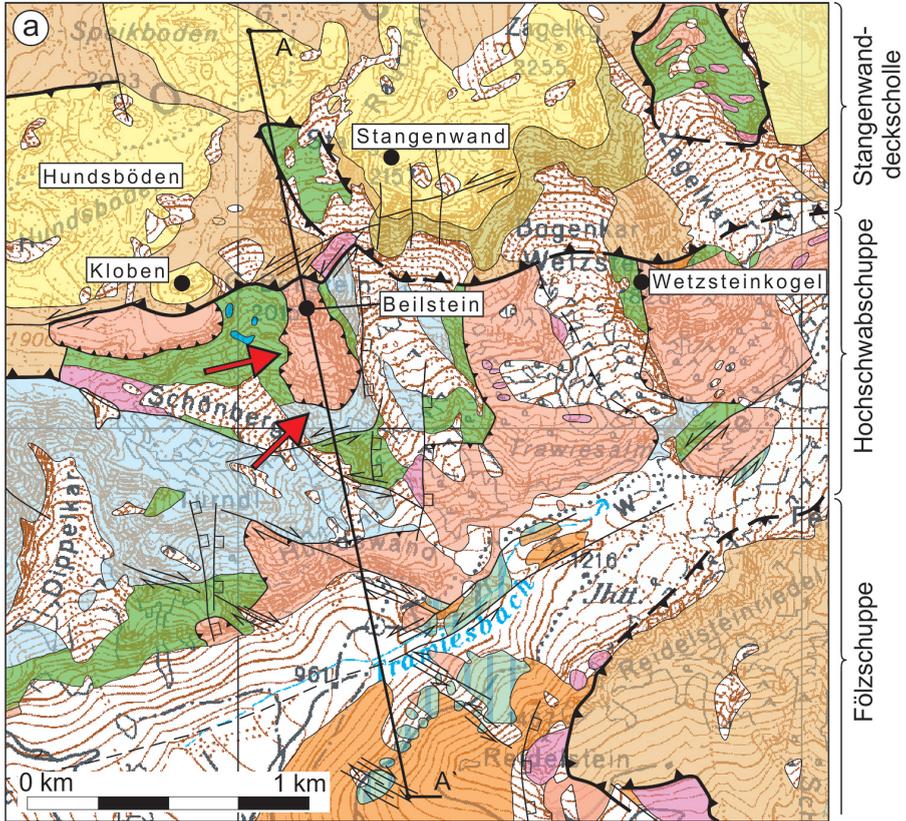
Die Sonnschien-Formation besteht aus einem hellgrauen bis weißlichen, dunkelgrauen, gelblichgrauen bis intensiv rosa gefärbten, massig wirkenden Kalk. Dieser Kalk setzt sich aus hemipelagischem bis pelagisch resedimentiertem Material oder teilweise auch aus bis zu Meter großen Lithoklasten zusammen. Da häufig Anzeichen von Gleitvorgängen festzustellen sind und das resedimentierte Material teilweise aus stratigraphisch tieferen Gesteinen besteht, ist ein starkes Relief für den Ablagerungsraum der Sonnschien-Formation anzunehmen. Diese Gesteine finden sich über den gesamten Arbeitsbereich verteilt, meist jedoch in den Steinalmkalk eingelagert (Abb. 4). Die Mächtigkeiten der Sonnschien-Formation sind mit bis zu 40 m angegeben (MANDL & al. 2002).

Der Grafensteigkalk stellt einen lithostratigraphischen Unterbegriff der Reiflinger Formation dar. Er wird als ein ebenflächiger, im Zentimeter- bis Dezimeterbereich gebankter, hornsteinführender Kalk beschrieben (MANDL & al. 2002). Der Grafensteigkalk findet sich im Gelände im Liegenden der massigen Steinalmkalke, großräumig aufgeschlossen nur in der Salzleiten. Durch eine gewisse Ebenflächigkeit unterscheidet sich der Grafensteigkalk vom Reiflingerkalk (HOHENEGGER & LEIN 1977). Abweichungen in der Gesteinsfarbe, Bankungsdicke und Hornsteinführung ergeben sich aufgrund des unterschiedlichen Biogenschuttgehalts. Die hellgrauen Kalke weisen oft schon im Handstück eine deutlich erkennbare gradierte Biogenschüttung auf und bestehen aus mächtigen Bänken mit geringfügiger Verkiezelung. Die dunkleren Kalke sind stärker verkiezelt, meist knollig und eher wellig ausgebildet (MANDL & al. 2002). Auch im Grafensteigkalk finden sich innerhalb der Bankung verschieden mächtige Tufflagen. Die Mächtigkeit der Lagen variiert zwischen einer Dicke von wenigen Millimetern bis mehreren Metern (TOLLMANN 1976b). Die regionale Verbreitung spricht gegen eine lokale Herkunft der Vulkanite und für eine Nachbarschaft der Südalpinen Ausbruchszentren zu den Nördlichen Kalkalpen. So wurde auch auf ein zeitgleiches Einsetzen des intermediären bis basischen Vulkanismus in den Südalpen, Gailtaler Alpen und den Nördlichen Kalkalpen hingewiesen (BECHSTÄDT & MOSTLER 1974). Die Mächtigkeit des Grafensteigkalks liegt bei ca. 300 m, wurde jedoch meist tektonisch zugeschnitten (MANDL & al. 2002).

3.3 Gesteine der Obertrias

In der Obertrias findet im Bereich des Hochschwab-Gebiets der Übergang von einer ersten auf eine zweite Karbonatplattform statt. Es tritt eine Umstellung in der Ausbildung von einer progradierenden Karbonatplattform (Wetterstein-Entwicklung) auf eine am Außenrand durch Riffe begrenzte Karbonatplattform (Dachstein-Entwicklung) ein.

Die Gesteine des Karnium (237 Ma bis etwa 225 Ma) sind im Arbeitsgebiet nur durch das Cordevolium mit den bereits beschriebenen Wettersteinkalken, -dolomiten und den Grafensteigkalken vertreten. Darüber folgen die im Arbeitsgebiet nicht anzutreffenden Raibler Schichten, die bis ins oberste Karnium (das Tuvalium) reichen. In den



JUVAVIKUM (MÜRZALPENDECKE)

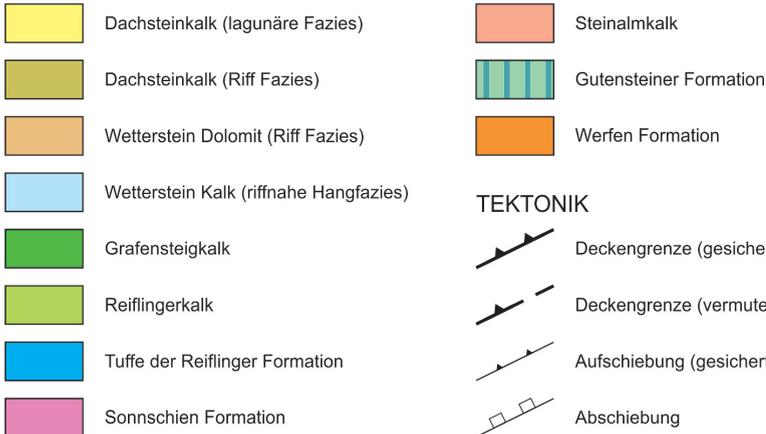


Abb. 4a: Geologische Karte des Arbeitsgebiets (nach BAUER & al. 2008). Die zwei roten Pfeile kennzeichnen Punkte im Bereich des Beilstein-Massivs, die im Text diskutiert werden. Die Linie A-A' zeigt die Position des Profils auf Abb. 6. Die Aufschubung im nördlichen Drittel der Profilinie ist die Stangenwandüberschiebung.
 Geological map of the study region (after BAUER & al. 2008). The red arrows show places discussed in the text. The line A-A' is the profile shown in Fig. 6. The thrust in the northern part of the profile is the Stangenwandüberschiebung.

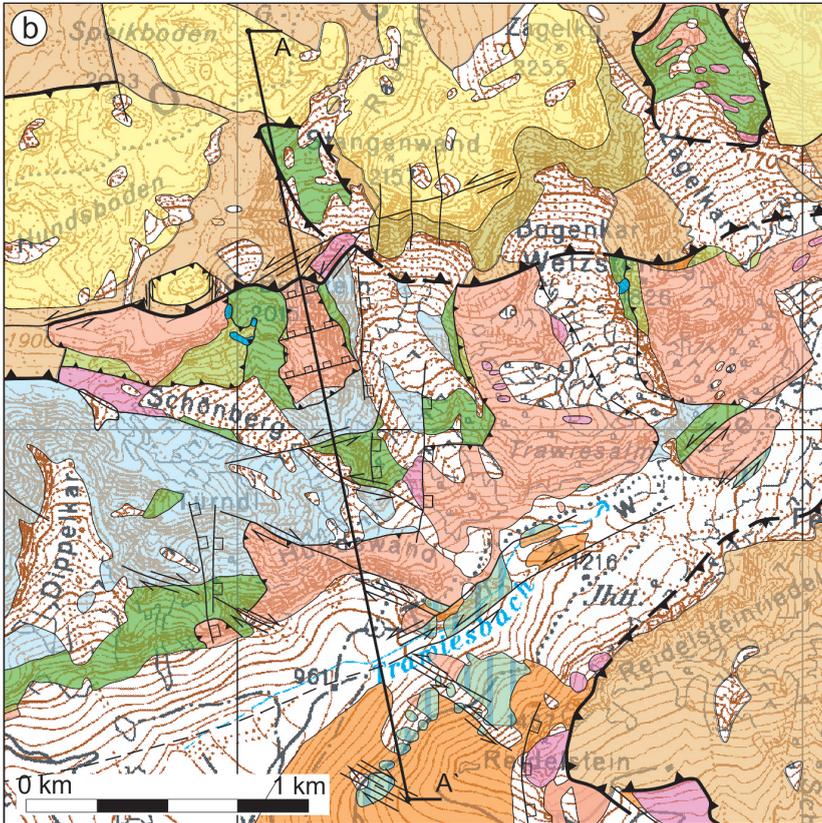


Abb. 4b: Geologische Karte des Arbeitsgebiets (nach BAUER & al. 2008) mit den Änderungen im Bereich des Beilstein-Massivs, die sich aus der Kartierung der hier vorliegenden Arbeit ergaben. Legende siehe Abb. 4a, stratigraphische Beziehungen siehe Abb. 3.
 Geological map of the study region (after BAUER & al 2008) with some changes in the Beilstein region as they result from the re-mapping performed here. Legend see fig. 4a and stratigraphic relationships see fig. 3.

östlichen Teilen der Nördlichen Kalkalpen gibt es für diese Gesteine keine einheitliche Bezeichnung, die Einzelteile der Schichtglieder werden gesondert bezeichnet. Durch das Einsetzen der Raibler Schichten ist eine Fazies-Umstellung von einer kalkigen Sedimentation in eine tonig-sandige zu erkennen (TOLLMANN 1976b).

Das charakteristische Gestein des Norium und Rhaetium (etwa 225 Ma bis 201 Ma) ist der Dachsteinkalk. Der Dachsteinkalk bildet in großen Teilen der Nördlichen Kalkalpen massive Gebirgswände, zum Beispiel in der umgebenden Dachstein-Südwand. Das Gestein ist ein charakteristisch gebankter massiver Kalk. Im Bereich des Hochschwabs Gebiets tritt der Dachsteinkalk allerdings nur in den hangendsten Teilen des Massivs auf, innerhalb der Göllerdecke, Säusensteinschuppe, in geringem Ausmaß in der Türnachs- schuppe sowie in der Fölzschuppe. Jener Teil der Fölzschuppe, der die Hochebene oberhalb des Beilsteins bildet, liegt auch im Arbeitsbereich. Der Dachsteinkalk tritt im Kartiergebiet in zwei verschiedenen Fazies auf: in der Riff-Fazies und der lagunären Fazies (Abb. 3). Der Dachsteinkalk in Riff-Fazies ist das wandbildende massige Gestein im Bereich der Stangenwand, weiters finden wir den Dachsteinkalk in lagunärer Fazies als oberste Einheit in der Fölzschuppe auf den Hundsböden.

4. Detail des hier bearbeiteten Problems

Die oben beschriebene stratigraphische Abfolge der Gesteine der Nördlichen Kalkalpen ist im Bereich des südlichen Hochschwab-Gebiets nur teilweise in dieser Folge erhalten. Die Abfolge wurde durch verschiedene tektonische Bewegungen zerstückelt (Abb. 4). Geometrische Probleme bei den auskartierten tektonischen Grenzen zeigen sich durch die dreidimensionale Auflösung der tektonischen Strukturen und der stratigraphischen Übergänge der einzelnen Einheiten. Um diese zu illustrieren, wird im Folgenden der Aufbau des südlichen Hochschwabs von unten nach oben zusammengefasst.

Wie in den gesamten Kalkalpen befindet sich auch im Liegenden des nördlichen Trawiestales die Werfen-Formation. Darauf lagert ein Wettersteinkalk-Block mit eingelagertem Grafensteigkalk und Sonnshien-Formation des Ladiniums, der wiederum von Anisischen Steinalmkalk-Einheiten überschoben wurde. Die im Arbeitsbereich am deutlichsten in Erscheinung tretende tektonische Struktur ist die flach liegende und im Norden sowie im Südosten des Trawiestales aufgeschlossene Deckengrenze (Stangenwandüberschiebung), die sich durch eine Überschiebung der hangenden Fölszschuppe über die liegende Hochschwabschuppe bildete (Abb. 4a). Die Fölszschuppe gliedert sich in zwei Teile. Der größere östliche Hauptteil reicht vom Reidelstein bis ans Ende des Seetals. Der kleinere westliche Teil, die Stangenwanddeckscholle, befindet sich nördlich des Arbeitsgebiets. Die zwei Teile werden durch das sinistrale Trawiestal-Seetal-Störungssystem voneinander getrennt (MANDL & al. 2002).

Durch ein sorgfältiges Kartenstudium des südlichen Hochschwab-Gebiets und begleitende Geländearbeiten im Bereich des Beilsteins ergaben sich folgende Auffälligkeiten, die nicht mit einfachen Geländebeobachtungen übereinstimmen.

Der den Gipfel des Beilsteins aufbauende Steinalmkalk liegt (nach der Karte von BAUER & al. 2008) tektonisch direkt auf Grafensteigkalk (nördlicher roter Pfeil in Abb. 4a). Reiflengerkalk wurde im Arbeitsbereich in der Karte von BAUER & al. 2008 allerdings gar nicht auskartiert.

Tuffe sind in der Karte von BAUER & al. 2008 nur innerhalb der „Reiflinger Formation“ auskartiert. In der Tat wurden die Tuffe auf dieser Karte nur innerhalb des Grafensteigkalks eingezeichnet. Es wurde jedoch im Rahmen dieser Arbeit beobachtet, dass diese Tuffe vorrangig in den Ausbruchshöhlen zwischen Steinalmkalk und den strukturell darunter liegenden Einheiten auftreten (z. B. Abb. 5b).

Schließlich zeigt die Karte von BAUER & al. 2008, dass der Steinalmkalk eine flach überschobene Einheit über Grafensteigkalk und Wettersteinkalk bildet (südlicher roter Pfeil in Abb. 4a). Im Gelände ist jedoch auf Anhub ersichtlich, dass die Kontakte aller Einheiten, vor allem im Süden, steil einfallen (Abb. 5a, 5c).

5. Kartierungsergebnisse

Im Rahmen der Geländekartierung wurden grobe Geländeskizzen erstellt, struktur-geologische Daten aufgenommen und Fotografien gemacht. Letztere dienten sodann als Grundlage für die Erstellung der Zeichnungen (Abb. 7, 8, 9). Den besten Gesamtüberblick über die geologische Struktur des Beilsteins erhält man bei der Besichtigung der Beilstein-Ostwand vom Rauchtal aus gesehen (Abb. 7). Für eine detaillierte Aufnahme der einzelnen Schichtglieder ist jedoch die Salzleiten zwischen der Beilstein-Westwand (Abb. 8) und dem Ostabbruch des Kloben (Abb. 9) besser geeignet. Die Salzleiten ist am besten vom Schönbergkar oder vom Gipfelplateau aus zu erreichen.

Der untere Teil der Beilstein-Ostwand wird durch einen massigen, scheinbar undeformierten Block aufgebaut, der ohne Zweifel als Wettersteinkalk interpretiert werden



Abb. 5: Fotos des Beilstein-Massivs. (a) Beilstein-Westwand, aufgenommen vom Kloben (Nordost). Im Hintergrund die Stangenwand. Die Höhle in der Mitte des Gipfelaufbaus ist die Beilsteinhöhle, wo Foto (b) aufgenommen wurde. (b) Verfaltete Steinalmkalk-Reiflinger-kalk-Einheit in der nördlichsten, Ost–West verlaufenden, durchgängigen Ausbruchshöhle des Beilsteins. Die Höhle ist auch als „Beilsteinhöhle“ bekannt. (c) Luftaufnahme des Beilsteins, aufgenommen von SO (STÜWE & HOMBERGER 2011). Im Hintergrund der Ebenstein.
Photos of the Beilstein massif. (a) West face seen from the Kloben. (b) Folded Steinalmkalk-Reiflinger-kalk unit inside the Beilstein cave (c) aerial photograph of the Beilstein from the SE (STÜWE & HOMBERGER 2011).

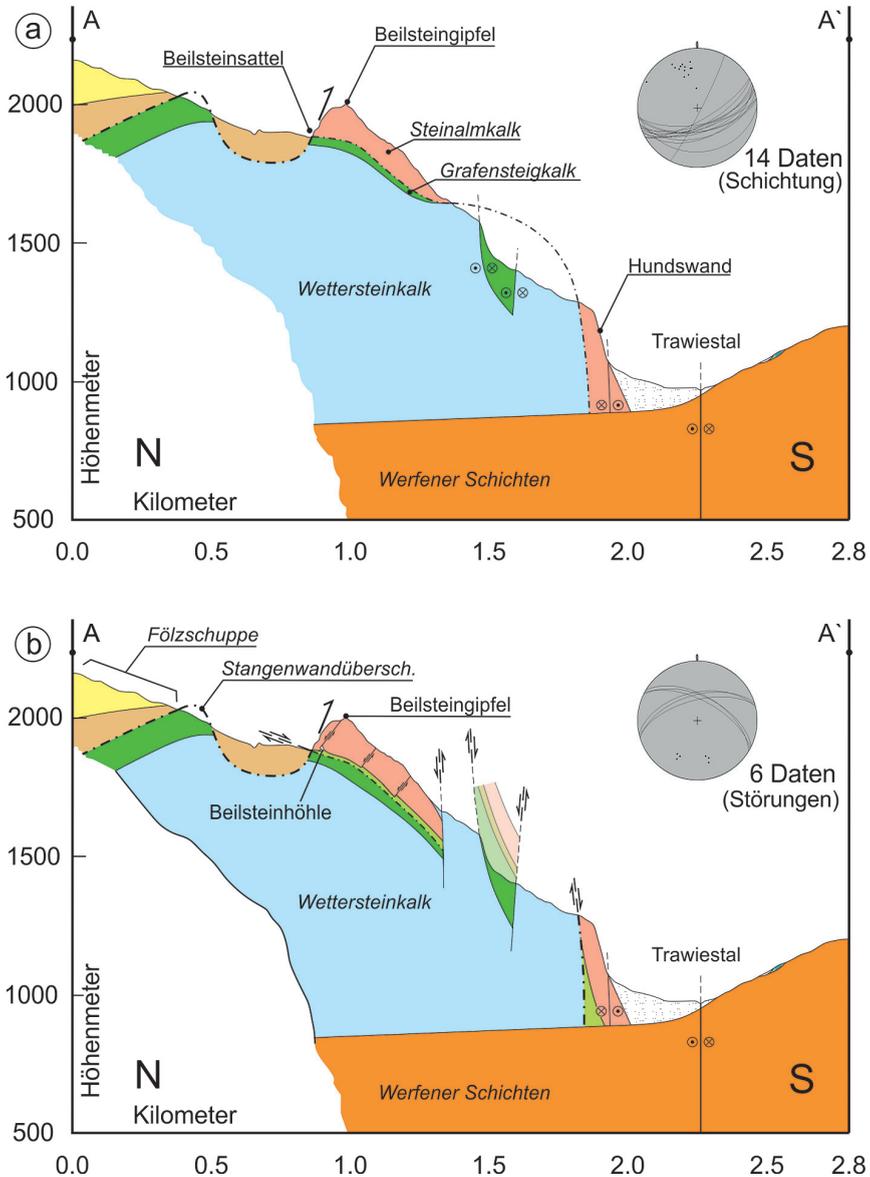


Abb. 6: Geologische Profile durch das Beilstein-Massiv im südlichen Hochschwab. Die Position des Profils ist auf Abb. 4 eingezeichnet. (a) Geologisches Profil erstellt anhand der Karte der Geologischen Bundesanstalt (Abb. 4a) (BAUER & al. 2008). Die Großkreisprojektion zeigt das Einfallen der Schichtung. (b) Geologisches Profil erstellt anhand der überarbeiteten Karte (Abb. 4b). Die Großkreisprojektion zeigt das Einfallen der Störungen im Steinalmkalk. Die Farben der Einheiten entsprechen den Farben der stratigraphischen Tabelle (Abb. 3) sowie der Legende der geologischen Karten (Abb. 4).

Geological cross sections through the Beilstein massif in the southern Hochschwab region. The position of the cross section is shown in Fig. 4. (a) Geological cross section according to the implication of the map of BAUER & al. 2008 as shown in Fig. 4a. Stereonet shows the bedding. (b) Geological cross section according to our own re-mapping results (Fig. 4b). Stereonet shows faults inside the Steinalmkalk unit. Colours correspond to the stratigraphic table in Fig. 3 as well as the legend to Fig. 4.

kann (Abb. 5c, 7). Der Block zeigt im Hangenden eine deutliche morphologische Abflachung, auf der sich der Gipfelaufbau des Beilsteins befindet. Dieser Gipfelaufbau wird durch eine Reihe verschiedener Kalke aufgebaut, in denen auch Tufflagen eingeschaltet sind. Als oberstes liegt im Gipfelbereich des Beilsteins der massive Steinalmkalk. Zwischen Steinalmkalk und Wettersteinkalk (Basis der Ostwand) sind zwei verschiedene Kalke kartierbar, die zusammen etwa 10–20 m mächtig sind. Die untere (direkt über dem Wettersteinkalk) wird, in Übereinstimmung mit der Karte von BAUER & al. 2008, als Grafensteinkalk interpretiert. Sie ist dickbankig und offen gewellt verfaultet. Darüber liegt eine dünnbankige intensiv verfaultete Lage von Kalken, die auch Tuffschichten enthält. Diese dünnbankige Lage wird als Reifflingerkalk interpretiert. Tuffe innerhalb des Reifflingerkalkes treten vor allen in Zusammenhang mit höhlenartigen Ausbrüchen nahe dem Kontakt zum Steinalmkalk auf. Am deutlichsten in Erscheinung tritt dies bei der nördlichsten, O–W verlaufenden, durchgängigen Höhle des Beilsteins: der so genannten Beilsteinhöhle (Abb. 5a, 5b). Am Westportal dieser Höhle ist eine Tuffschicht mit einer Mächtigkeit von etwa einem Meter zu finden, welche zum Zentrum der Höhle hin den Untergrund aufzubauen beginnt. Aufgrund der Orientierung dieser Tufflagen und der geringen räumlichen Entfernung, handelt es sich bei der deutlich erkennbaren Tufflage in der Salzleiten unterhalb des Kloben (Abb. 9) wahrscheinlich um dieselbe. Am südlichen Ende des Beilstein-Gipfelaufbaus liegt auf dem Steinalmkalk ein Block Wettersteinkalk auf.

Eine Projektion der Geländedaten vom Beilstein-Gipfelbereich illustriert, dass die Schichtung aller Karbonate steil nach SSO einfällt (insert in Abb. 6a). Damit liegen Teile der Karbonatabfolge im Beilstein zwar aufrecht, aber in inverser Reihenfolge. Dies deutet an, dass die Kontakte zwischen den verschiedenen Kalken nicht stratigraphischer oder fazieller Natur sind, sondern eher eine tektonische Herkunft haben. Die geringmächtigen Grafensteig- und Reifflingerkalk-Lagen in der Beilstein-Ostwand sind daher eher als tektonische Verschuppungszone anzusprechen, entlang welcher der Steinalmkalk über den Wettersteinkalk geschoben wurde. Zudem zeigen sich an der Beilstein-Westwand deutliche Abschiebungen innerhalb der Steinalmkalk-Reifflingerkalk-Einheit (Abb. 8). Diese Abschiebungen fallen in der Regel nach NNW oder NNO ein (insert in Abb. 6b) und sind einerseits durch die Ausbildung der Ausbruchshöhlen gekennzeichnet, andererseits durch die jeweils an der Abschiebungsfläche, im Vergleich zum Steinalmkalk, höher liegenden, dünnbankigen Reifflingerkalke.

Am Kloben, vom Beilstein aus gesehen (Abb. 9), ist die Stangenwandüberschiebung als eine eindeutig nach Norden einfallende Überschiebungsstruktur auszumachen. Entlang dieser wurde der Wettersteindolomit und der Dachsteinkalk nach Süden über die älteren Anteile geschoben. Gleichzeitig fand innerhalb der Stangenwanddeckscholle im Wettersteindolomit eine Rücküberschiebung (nordgerichtete Aufschiebung) des lagunären Dachsteinkalks statt (Abb. 4b, 9). An den deutlich ausgebildeten Falten am Kloben ist eine nach Süden gerichtete Abschiebung des Steinalmkalks anzunehmen. Südlich des Steinalmkalks am Kloben, innerhalb des Reifflingerkalks, befindet sich die bis vier Meter mächtige Tufflage, die mit dem Reifflingerkalk und Teilen des Steinalmkalks verfaultet wurde (Abb. 9). Es wird angenommen, dass es sich bei dieser Tuffschicht um jene handelt, welche am Wetzsteinkogel und am Beilstein die erosionsbedingten Ausbruchshöhlen bildet.

6. Diskussion

Beim Arbeitsgebiet nördlich des Trawiestales handelt es sich um einen Bereich mit einer eigenständigen stratigraphischen sowie tektonischen Entwicklung. Daher lässt dieses Gebiet eine Vielzahl an Entstehungsmöglichkeiten zu.

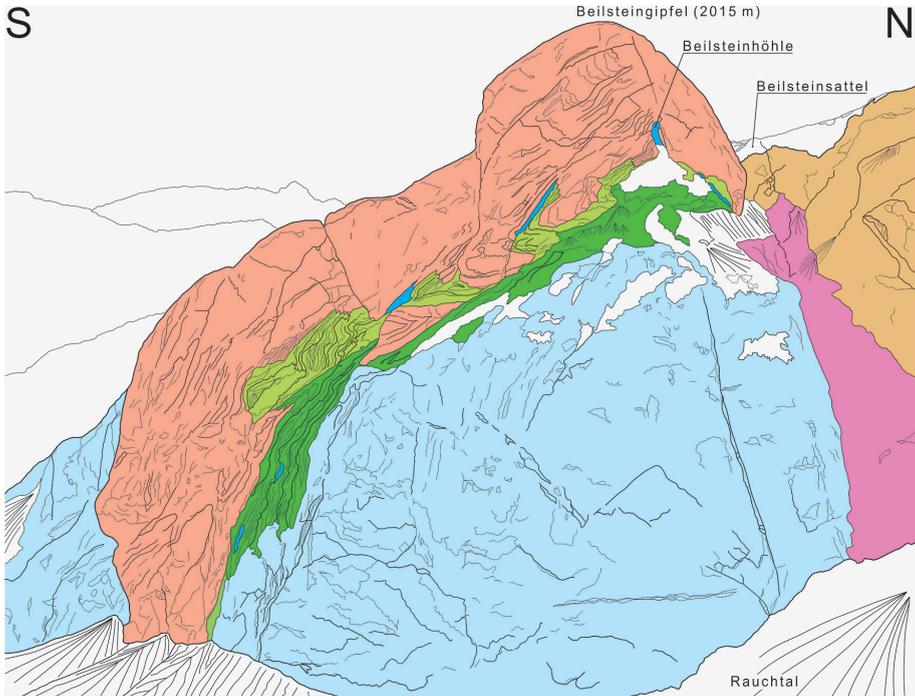


Abb. 7: Geologische Ansichtskartierung des Beilstein von O (vom Rauchtal aus gesehen). Die Farben der Einheiten entsprechen den Farben der stratigraphischen Tabelle (Abb. 3) sowie der Legende der geologischen Karten (Abb. 4).
Geological sketch map of the Beilstein from the E. Colours correspond to those on Fig. 3 and the legend to the geological map on Fig. 4.

Die vorliegenden Gesteine, mit Ausnahme der Stangenwanddeckscholle, stellen Teile der Wetterstein-Karbonatplattform der Mitteltrias dar. Die gleichen Gesteine sind auch weiter im Westen auf der Sonnschianalm bis hin zum Bereich um die Bärnsbodenalm vorzufinden. In der Nähe des Arbeitsgebiets liegt ein tektonisch unbeanspruchter stratigraphischer Übergang dieser Gesteine am Ostende des Trawiestales nördlich der Gschirrmauer vor. Dort kann man stratigraphische Übergänge zwischen Gutensteiner Formation, Steinalmkalk, Sonnschien-Formation, Grafensteigkalk und Wettersteinkalk bis hin zum Hochschwabgipfel finden. Aufgrund dieses stratigraphischen Übergangs der einzelnen Schichtglieder in einem dem Arbeitsbereich nahe liegendem Bereich sowie der inversen Reihenfolge der Schichtglieder im Beilstein-Bereich selber, ist ein tektonischer Kontakt zwischen Wettersteinkalk und den darüber liegenden Schichtgliedern am Beilstein anzunehmen. Die Faltenvergenzen und strukturenlogische Daten innerhalb der Grafensteig- und Reiflingerkalke zeigen, dass dieser tektonische Kontakt durch südgerichteten Transport des Steinalmkalkes entstanden ist (Abb. 6, 7, 8).

Aus dieser Interpretation stellt sich nun die Frage, ob die Stangenwandüberschiebung im Zusammenhang mit der Überschiebung des Steinalmkalkes steht. Hier wird vorgeschlagen, dass diese zwei Strukturen unabhängig voneinander sind: Erstens überschiebt die Stangenwandüberschiebung im Großteil ihres bekannten Ausmaßes deutlich jüngere Gesteine aus der Obertrias, als der tektonische Kontakt am Beilstein gegenüberstellt. So wird sowohl am Reidelstein als auch im Bereich der Stangenwand im wesentlichen Dachsteinkalk über die mitteltriadische Abfolge geschoben, wogegen am Beilstein nur mittel-

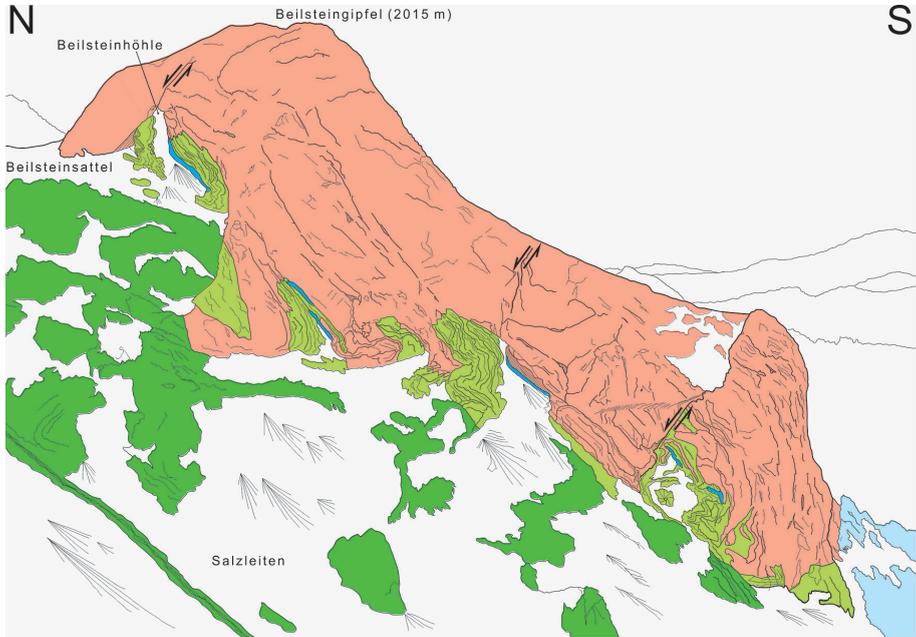


Abb. 8: Geologische Ansichtskartierung des Beilstein von W (vom Kloben aus gesehen). Die Farben der Einheiten entsprechen den Farben der stratigraphischen Tabelle (Abb. 3) sowie der Legende der geologischen Karten (Abb. 4).

Geological sketch map of the Beilstein from the W. Colours correspond to those on Fig. 3 and the legend to the geological map on Fig. 4.

triadische Gesteine in tektonischem Kontakt stehen. Zweitens ergeben sich neue geometrische Probleme, wenn die Stangenwandüberschiebung mit den tektonischen Kontakten an der Beilstein-Basis korrelieren würde (Abb. 6). Die Stangenwandüberschiebung würde dann steil in das Trawiestal abfallen müssen und müsste dort durch eine steilstehende Struktur nach oben versetzt werden, um am Reidelstein weiterzulaufen. Drittens ist die Stangenwandüberschiebung an mehreren bekannten Stellen eine deutliche Sprödstruktur, wogegen die Überschiebungsstrukturen am Beilstein zumindest teilweise duktilen Charakter aufweisen.

6.1 Zeitliche Einordnung der Strukturen

Der Arbeitsbereich befindet sich im Falten- und Überschiebungsgürtel der kalkhochalpinen Ultra-Tirolischen Einheiten. Von diesen ist bekannt, dass der Falten- und Überschiebungsbau in zwei wesentlichen Phasen erfolgte (TOLLMANN 1986; KRÁLIK & al. 1987; TROMMSDORFF & al. 1990). In der Unterkreide (Eoalpine Orogenese) wurden die Einheiten von der Unterlage abgeschert und nach N verfrachtet. Im Eozän (Meso- und Neoalpine Orogenese) wurden ältere Falten und Überschiebungen innerhalb der Kalkalpen überprägt und die kalkalpinen Decken auf die nördlich liegenden Einheiten der Rhenodanubischen Flyschzone, der Klippenzone und der Molasse überschoben (LINZER & al. 1995; PERESSON & DECKER 1997; FAUPL & WAGREICH 2000).

Im Rahmen dieser aus der Literatur bekannten zeitlichen Entwicklung lassen sich die hier kartierten Strukturen gut einordnen. Die duktilen, im Bereich des Beilsteins auftretenden Verfaltungen der Steinalmkalk-Reiflingeralk-Einheiten um W–O verlau-

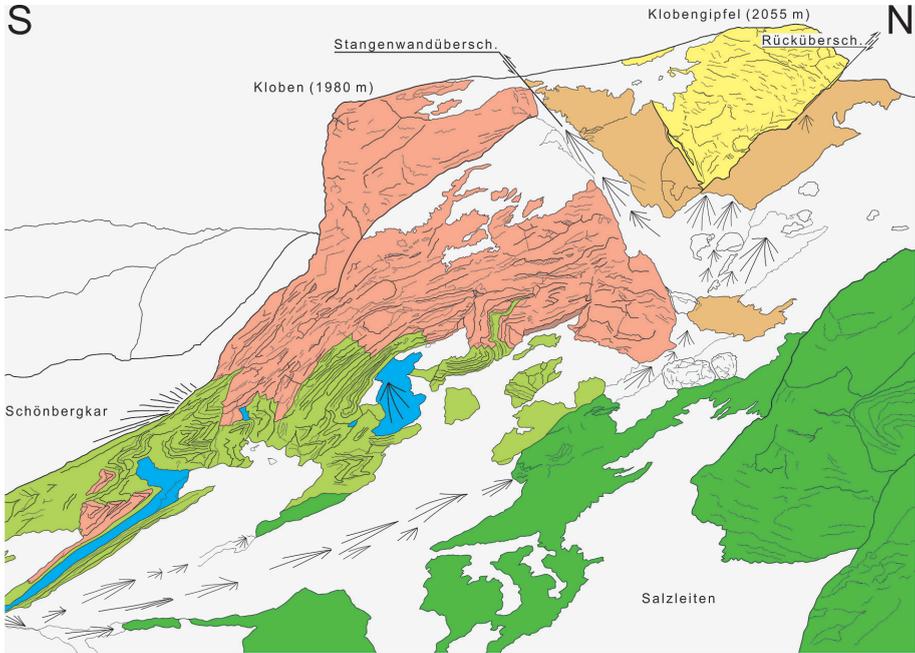


Abb. 9: Geologische Ansichtskartierung des Kloben von O (vom Beilstein aus gesehen durch das Schönbergkar). Die Farben der Einheiten entsprechen den Farben der stratigraphischen Tabelle (Abb. 3) sowie der Legende der geologischen Karten (Abb. 4).

Geological sketch map of the Kloben from the E. Colours correspond to those on Fig. 3 and the legend to the geological map on Fig. 4.

fende Faltenachsen könnten durch die Deformationsereignisse der Eoalpinen Phase in der Unterkreide entstanden sein. Die südvergente Orientierung der Struktur wird hier als Eoalpine Rücküberschiebung interpretiert. Die Stangenwandüberschiebung andererseits schneidet die duktilen Strukturen im Bereich des Beilsteinsattels ab. Sie ist daher jünger und wird (konsistent mit der Literatur) auch aufgrund ihres spröden Charakters als eoazäne oder miozäne Struktur interpretiert. Die steilen Strukturen, die den Steinalmkalk auf der Südseite des Beilsteins mehrfach substantiell vertikal versetzen (Abb. 6b) sind möglicherweise noch jünger.

7. Schlussfolgerungen

Zusammenfassend werden folgende Schlussfolgerungen aus der Kartierung gezogen. Die Grafensteig- und Reiflingerkalke, die an der Basis des Gipfelaufbaus des Beilsteins aufgeschlossen sind, werden als Überschiebungszone interpretiert an der der Steinalmkalk (Beilstein-Gipfel) nach S über den Wettersteinkalk (Beilstein-Basis) geschoben wurde. Diese Überschiebungszone wird der eoalpinen Entwicklung zugeordnet. Aufgrund der südvergenten begleitenden Falten wird diese Überschiebung als Rücküberschiebung interpretiert. Die Überschiebungszone wird von der Stangenwandüberschiebung abgeschnitten. Die Stangenwandüberschiebung selber wird der tektonischen Entwicklung im Eozän zugeordnet, bei der die Nördlichen Kalkalpen auf die im N folgenden geologischen Einheiten überschoben wurden und sich innerhalb der Kalkalpen dadurch südgerichtete Rücküberschiebungen ausbildeten (MANDL & al. 2002). Innerhalb der Steinalmkalk-

Reiflinger-kalk-Einheit am Beilstein zeigen sich drei deutlich ausgebildete Abschiebungen (Abb. 6b), an denen der massige Steinalmkalk nach unten versetzt wurde (Abb. 8). Die Zeichnung der Kloben-Ostansicht (Abb. 9) zeigt eine deutliche Überschiebung der Steinalmkalk-Reiflinger-kalk-Einheit nach S, die durch die Faltenbildung innerhalb der Steinalmkalk-Reiflinger-kalk-Einheit sichtbar wird. Somit muss sich der Abschiebungshorizont innerhalb der Reiflinger Formation, zwischen dem Reiflinger- und dem Grafensteigkalk, ausgebildet haben.

Dank

Die vorliegende Arbeit entstand aus einer strukturgeologischen Bakkalaureatsarbeit des Erstautors an der Universität Graz. Wir danken in diesem Zusammenhang G. Bryda für Diskussionen über die geologische Karte des Hochschwab-Massivs und T. Hofmann sowie C. Janda für Hilfe mit Empfehlungen über die Zitierung unveröffentlichter Arbeiten. S. Richoz wird für ein sorgfältiges Gutachten gedankt.

Literatur

- BAUER F. K., BRYDA G., DECKER K., VAN HUSEN D., KREUSS O., MANDL G. W., MOSER M., PAVLIK W., SÄTTLER U. & STRELE K. 2008: Geologische Karte des Hochschwab-Gebietes 1:25.000 (unveröff.). – Geologische Bundesanstalt Wien. (Proj. W-A-004a/F2000 & St-A-028n/F2000).
- BECHSTÄDT T. & MOSTLER H. 1974: Mikrofazies und Mikrofauna mitteltriadischer Beckensedimente der Nördlichen Kalkalpen Tirols. – Geologisch-Paläontologische Mitteilungen, Innsbruck 4: 1–74.
- FAUPL P. & WAGREICH M. 2000: Late Jurassic to Eocene Palaeogeography and Geodynamic Evolution of the Eastern Alps. – Mitteilungen der Österreichischen Geologischen Gesellschaft 92: 79–94.
- FLÜGEL H. W. & NEUBAUER F. R. 1984: Geologische Karte der Steiermark 1:200.000. – Geologische Bundesanstalt, Wien.
- FRISCH W. & GAWLICK H. J. 2003: The nappe structure of the central Northern Calcareous Alps and its disintegration during Miocene tectonic extrusion – a contribution to understanding the orogenic evolution of the Eastern Alps. – International Journal of Earth Sciences 92: 712–727.
- GASSER D., GUSTERHUBER J., KRISCHKE O., PUHR B., SCHEUCHER L., WAGNER T. & STÜWE K. 2009: Geology of Styria: An Overview. – Mitteilungen des Naturwissenschaftlichen Vereins für Steiermark 139: 5–36.
- HOHENEGGER J. & LEIN R. 1977: Die Reiflinger Schichten des Schneeberg-Nordostabfalles und ihre Foraminiferenfauna. Teil 1: Geologie, Stratigraphie und Systematik (exklusive Lagenina). – Mitteilungen der Gesellschaft der Geologie- und Bergbaustudenten in Österreich 24: 203–261.
- KRALIK M., KLIMA K. & RIEDMÜLLER G. 1987: Dating fault gouges. – Nature 327: 315–317.
- LINZER H. G., RATSCHBACHER L. & FRISCH W. 1995: Transpressional collision structures in the upper crust: the fold-thrust belt of the Northern Calcareous Alps. – Tectonophysics 242: 41–61.
- LOBITZER H. 1971: Fazielle Untersuchung an Triadischen Karbonatplattform/Becken Gesteinen des Südöstlichen Hochschwabgebietes (Wetterstein- und Reiflingerkalk, Dachstein- und Aflenzerkalk). – Dissertation, Philosophische Fakultät, Universität Wien.
- MANDL G. W. 2000: The Alpine Sector of the Tethys shelf, Examples of Triassic to Jurassic sedimentation and deformation from the Northern Calcareous Alps. – Mitteilungen der Österreichischen Geologischen Gesellschaft 92: 61–77.
- MANDL G. W., BRYDA G., KREUSS O., MOSER M., PAVLIK W. & DECKER K. 2002: Erstellung moderner geologischer Karten als Grundlage für karsthydrogeologische Spezialuntersuchungen im Hochschwabgebiet: Endbericht für den Projektabschnitt 1. Juni 2000–31. Mai 2002. (unveröff.) – Geologische Bundesanstalt Wien (Proj. WA 4a/F 2000 & StA 028n/F2000), 211S.
- PERESSON H. & DECKER K. 1997: The Tertiary dynamics of the northern Eastern Alps (Austria): changing palaeostresses in a collisional plate boundary. – Tectonophysics 272: 125–157.
- PILLER W. E., EGGER H., ERHART C. W., GROSS M., HARZHAUSER M., HUBMANN B., VAN HUSEN D., KRENMAYR H.-G., KRYSZYN L., LEIN R., LUKENEDER A., MANDL G. W., RÖGL F., ROETZEL R., RUPP C., SCHNABEL W., SCHÖNLAUB H. P., SUMMESBERGER H., WAGREICH M. & WESSELY G. 2004: Die stratigraphische Tabelle von Österreich (sedimentäre Schichtfolgen), Wien.
- PLAN L., GRASEMANN B., SPÖTL C., DECKER K., BOCH R. & KRAMERS J. 2010: Neotectonic extrusion of the Eastern Alps: Constraints from U/Th dating of tectonically damaged speleothems. – Geology 38: 483–486.

- SCHUSTER R. & STÜWE K. 2008: Permian metamorphic event in the Alps. – *Geology* 36: 963–966.
- SCHUSTER R. & STÜWE K. 2010: Die Geologie der Alpen im Zeitraffer. – *Mitteilungen des Naturwissenschaftlichen Vereines für Steiermark* 140: 113–129.
- STÜWE K. & HOMBERGER R. 2011: Die Geologie der Alpen aus der Luft. – Weishaupt Verlag, 288 S.
- TOLLMANN A. 1964: Übersicht über die alpidischen Gebirgsbildungsphasen in den Ostalpen und Westkarpaten. – *Mitteilungen der Gesellschaft der Geologie- und Bergbaustudenten in Österreich* 14: 81–88.
- TOLLMANN A. 1967: Tektonische Karte der Nördlichen Kalkalpen. 1. Teil: Der Ostabschnitt. – *Mitteilungen der Österreichischen Geologischen Gesellschaft* 59: 231–253.
- TOLLMANN A. 1976a: Monographie der Nördlichen Kalkalpen, Teil III. Der Bau der Nördlichen Kalkalpen. Orogene Stellung und regionale Tektonik. – Deuticke, Wien, 449 S.
- TOLLMANN A. 1976b: Monographie der Nördlichen Kalkalpen, Teil II. Analyse des klassischen nordalpinen Mesozoikums. Stratigraphie, Fauna und Fazies der Nördlichen Kalkalpen. – Deuticke, Wien, 580 S.
- TOLLMANN A. 1985: Geologie von Österreich. Band 2: Außerzentralalpiner Anteil. – Deuticke, Wien, 710 S.
- TOLLMANN A. 1986: Geologie von Österreich, Band 3: Gesamtübersicht. – Deuticke, Wien, 540 S.
- TROMMSDORFF V., DIETRICH V., FLISCH M., STILLE P. & ULMER P. 1990: Mid-Cretaceous, primitive alkaline magmatism in the Northern Calcareous Alps: significance for Austroalpine geodynamics. – *Geologische Rundschau* 79: 85–97.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Mitteilungen des naturwissenschaftlichen Vereins für Steiermark](#)

Jahr/Year: 2012

Band/Volume: [142](#)

Autor(en)/Author(s): Dertnig Florian, Stüwe Kurt

Artikel/Article: [Neukartierung des Großen Beilsteins und des umliegenden Bereichs im Hochschwab-Gebiet. 27-44](#)