

Aflenzer Bürgeralm-Panorama-Straße – Ein spektakulärer Profilschnitt durch die Gesteine der Trias am Südrand der Mürzalpen-Decke (Nördliche Kalkalpen)

Bryda, Gerhard

Geologische Bundesanstalt, Neulinggasse 38, A-1030 Wien.

Einleitung

Die eintägige Exkursion startet in den stratigraphisch jüngsten Anteilen der Norischen Decke und führt danach entlang der Panoramastraße auf die Aflenzer Bürgeralm. Nach einer Einführung in die Regionalgeologie und Tektonik des Gebietes werden die entlang der Panoramastraße bestens aufgeschlossenen Gesteine am Südrand der juvavischen Mürzalpen-Decke vorgestellt. Dabei soll besonders die Fazies und stratigraphische Stellung der Gesteine sowie die zeitlich-räumliche Entwicklung ihres Ablagerungsraumes im Vorfeld der Trias-Karbonatplattformen diskutiert werden.

Introduction

The one-day excursion starts in the stratigraphically youngest parts of the Noric nappe, leads along the panorama road to the Aflenzer Bürgeralm and afterwards – in good weather – on foot to the Schönleitenhaus. After an introduction to the regional geology and tectonics of the area, the rocks at the southern edge of the juvavic Mürzalpen nappe, which are best exposed along the Panoramastraße, will be presented. Especially the facies and stratigraphic position of the rocks as well as the temporal-spatial development of their depositional environment in the forefront of the Triassic carbonate platforms will be discussed.

Regionalgeologische Übersicht

Das Exkursionsgebiet befindet sich am Südrand der Nördlichen Kalkalpen wo sich auf engem Raum mehrere Decken des oberostalpinen Deckenstapels (SCHMID et al., 2004) überlagern (Abb. 1/Fig. 1).

Am Südrand des Exkursionsgebietes tritt die Troiseck-Flonig-Decke als Teil des Silvretta-Seckau-Deckensystems zu Tage. Sie wird überwiegend aus primär variszisch amphibolitfaziell metamorphem Paragneis mit Amphibolitlagen (tw. Granatamphibolit und Granat Glimmerschiefer), eingeschaltetem leukokrater, tw. porphyrischem Granitgneis, Albitgneis sowie aus geringmächtigen Pegmatitgneis-Lagen aufgebaut, die zum Troiseck-Komplex zusammengefasst werden (SCHUSTER & NOWOTNY, 2015). Für den Gesteinsbestand aus Paragneis und Amphibolit konnte ein kambrisches bis unterdevones Eduktalter, für den leukokraten Granitgneis ein oberdevones Eduktalter ermittelt werden (BRYDA et al., 2020).

Die Gesteine des Troiseck-Komplexes werden von porphyrischen Metarhyolithen und Metakonglomeraten, –arkosen und Serzizitschiefern („Alpiner Verrucano“) des Permiums diskordant überlagert. In der Untertrias folgt typischer entwickelter Semmeringquarzit und in der Mitteltrias dunkelgrauer (Anisium) und hellgrau-rosa gefärbter (Ladinium) Calcit-Marmor = „Thörlers Kalk“ (TOLLMANN, 1977: 223 – 230). Diese Metasedimente werden zum „Thörlers Zug“ zusammengefasst und wurden im Zuge der eoalpinen Orogenese unter den Bedingungen der unteren Grünschieferfazies metamorph. Diese Metamorphose führte auch zu einer retrograden Überprägung der unterlagernden Gesteine des Troiseck-Komplexes (SCHUSTER & NOWOTNY, 2015).

Über der Troiseck-Flonig-Decke folgen die Decken des Grauwackenzone-Deckensystems, mit der Veitsch-Decke in tektonisch liegender und der Silbersberg-Decke in tektonisch hangender Position (NEUBAUER et al., 1994). Die Veitsch-Decke (RATSCHBACHER, 1984) besteht im Exkursionsgebiet zum überwiegenden Teil aus Graphit reichen Schiefen und Metasandsteinen bis –Konglomeraten der Sunk-Formation (Oberkarbon), geringmächtigen Calcit-Marmor-Züge der Triebenstein-Formation und am

Mitterberg bei Palbersdorf aus geringmächtigen Metatuffiten (MAYER & NISCH, 2011). Die lateral nicht aushaltende Silbersberg-Decke setzt sich im Raum Aflenz aus Quarzphyllit und Metakonglomeraten und –Sandsteinen des Permiums zusammen und wurde aufgrund ihrer geringen Mächtigkeit nicht in Abb. 1 dargestellt.

Über dem Grauwackenzone-Deckensystem folgt die Norische Decke die bereits Teil des Tirolisch-Norischen Deckensystems ist. Ihre Basis wird durch die mächtigen MetaGrauwacken bis Phyllite der Gerichtsgraben-Formation (oberes Ordovizium und älter?; HUBMANN et al., 2014) aufgebaut, die auch geringmächtige Grünschiefer und saure Metatuffe enthalten können. Darüber folgt noch im oberen Ordovizium der primär aus Ignimbriten bestehende, dazitisch-rhyolitische Blasseneckporphyroid (HEINISCH, 1980) als Leitgestein der Norischen Decke, das besonders westlich Aflenz-Kurort große Areale einnimmt. Im Hangenden des Blasseneckporphyroids tritt im Gebiet von Kartenblatt GK102 Aflenz Kurort (BRYDA et al., 2020) eine gegenüber der Umgebung von Eisenerz (BRYDA & VAN HUSEN, 2010; BRYDA et al., 2013) reduzierte Schichtfolge auf. Diese besteht aus den Gesteinen der Rad-Formation (oberstes Ordovizium bis unteres Devonium), an deren Basis teilweise noch sehr geringmächtiger Polsterquarzit (Oberordovizium) auftreten kann und dunkelgrauen wie hellgrauen gebänderten Calcit-Marmoren, die teilweise ankeritisch-sideritisch vererzt sind und überwiegend dem Devonium angehören dürften (Kaiserstein-Formation, NIEVOLL & SUTTNER, 2015). Eindeutig in das Silurium zu stellende Karbonate konnten nicht nachgewiesen werden, zahlreiche Conodontenproben brachten kein Ergebnis.

Im Permium transgredieren die klastischen Präbichl Schichten (Präbichl-Formation; HUBMANN et al., 2014) im unteren Permium diskordant den durch die variszische Orogenese deformierten älteren Gesteinsbestand und gehen im Hangenden noch in die feinklastischen Werfener Schiefer des unteren Anisiums über, die die Schichtfolge der Norischen Decke abschließen. Sowohl der Gesteinsbestand des Grauwackenzone-Deckensystems als auch jener der Norischen Decke war im Verlauf der eoalpinen Orogenese von einer penetrativen grünschieferfaziellen Metamorphose betroffen (NEUBAUER et al., 1994).

Die Norische Decke wird an breiter Front durch die Gesteine der juvavischen Mürzalpen-Decke überlagert, die den gesamten Kalkalpen-Südrand aufbauen. Die Überschiebungsfläche der Mürzalpen-Decke verläuft dabei über weite Strecken innerhalb der Werfener Schichten und wird dort nur durch lückenhaft auftretendes Haselgebirge mit Gips-Anhydritkörpern (oberes Permium) und entsprechenden Rauwacken markiert. Über den vorwiegend siliziklastischen Seichtwasserablagerungen der Werfener Schichten (untere Trias) folgen ca. 2000 bis 2500 m mächtige Karbonatsedimente (Kalke und Dolomite) einer Karbonatrampe (Steinalm-Karbonatrampe des Anisiums) und drei, aufeinander folgenden Karbonatplattform-Entwicklungen (Wettersteinkalk-Karbonatplattform des Ladiniums bis unteren Juliums, Waxeneckkalk-Karbonatplattform des oberen Karniums und Dachsteinkalk-Karbonatplattform des Noriums bis Rhaetiums) mit den entsprechenden Riffhang und Beckensedimenten (KRYSTYN et al., 1990; MANDL, 2000).

Die Steinalmkalk-Karbonatrampe entwickelt sich über tiefer anisischen Dolomitlaminiten – „Anisdolomit“ und besteht aus lagunären Kalken des Pelsoniums. Diese erste Karbonatrampe ertrinkt im Zuge der Reiflinger Wende (SCHLAGER & SCHÖLLNERBERGER, 1974) im oberen Pelsonium und wird durch schwarzen Hornsteinknollenkalk der Reifling-Formation überlagert. Im Ladinium bis unteren Julium folgt allodapischer Bankkalk der Grafensteig-Formation der über dickbankige Vorriffsedimente in den Wettersteinkalk in Riff- und Lagunenfazies der Wettersteinkalk-Karbonatplattform überleitet (BRYDA et al. 2013). Große Teile dieser Karbonatplattform liegen heute in dolomitisierter Form als Wettersteindolomit vor.

Nach dem Niedergang der Karbonatproduktion der Wettersteinkalk-Karbonatplattform im untersten Julium, lagerten sich im oberen Julium auf der Plattform geringmächtige Tonschiefer und schwarze Biogenschuttalke der Leckkogel-Formation ab (DULLO & LEIN, 1982; LEIN, 2010), die nur lückenhaft erhalten und mit undeutlich gebanktem, lagunären Dolomit vergesellschaftet sind. Dieser Dolomit (Waxeneckdolomit) tritt auch im Hangenden im oberen Karnium (Tuvalium) bis vermutlich untersten Norium (Lacium) auf und wird als Teil der Waxeneckkalk-Karbonatplattform (KRYSTYN et al., 1990) angesehen.

Am Top des Waxeneckdolomites treten südöstlich Fölzsattel 1626m lückenhaft bunte Kalke mit Conodonten des Noriums (Alaunium) auf, die dann an dieser Stelle von norischem Dachsteinkalk in Riff-Fazies der ausgedehnten Dachsteinkalk-Karbonatplattform (Norium bis Rhaetium) überlagert werden. Ab dem Karlhochkogel geht der Dachstein-Riffkalk in gebankten lagunären Dachsteinkalk über. In den nach Südosten exponierten Dachsteinkalkwänden der Mitteralm und des Feistringsteines tritt Dachsteinkalk in Vorriff-Fazies auf. Am Feistringstein deutet sich, durch die Progradation des Dachsteinkalkes in Vorriff-Fazies über die Bankkalke der Aflenz-Formation (oberes Norium), bereits der Faziesübergang zu den Hang- und Beckensedimenten des Aflenzer Triasbeckens an (LOBITZER, 1974).

In diesem werden im unteren Karnium (Julium) über den ladinischen Slopesedimenten (Grafensteig-Formation) der Wettersteinkalk-Karbonatplattform die gemischt pelitisch-karbonat(biolitho)klastischen Sedimente der Leckkogel-Formation in größerer Mächtigkeit abgelagert (LEIN, 2010). Darüber folgen im oberen Karnium dunkle Bankdolomite (Jauring-Formation; RICHOSZ et al., 2015) und dolomitierte Brekzien (Mannsteinwald-Formation) die im Norium von Hornstein führenden Bankkalk und Bankdolomit (Pötschen-Formation) sowie Bankkalk der Aflenz-Formation überlagert werden (BRYDA et al., 2020). Zlambachmergel des Rhaetiums konnten im Aflenzer Raum nicht nachgewiesen werden.

Conodonten aus Gesteinen der Mürzalpen-Decke erreichen hohe CAI-Werte von 5.0 bis 7.0 und lassen auf eine höher anchizonale bis grünschieferfazielle Metamorphose schließen (GAWLICK et al., 1994, LEIN & GAWLICK, 2001; BRYDA et al., 2008). Durch Untersuchungen kohlenstoffreicher Partikel innerhalb der Reingrabener Schiefer und von Conodonten aus dem Aflenzer Triasbecken mit Hilfe der Ramaspektroskopie konnte die maximal erreichte Temperatur auf Werte von 280-310 °C eingengt werden (RANTITSCH et al., 2020).

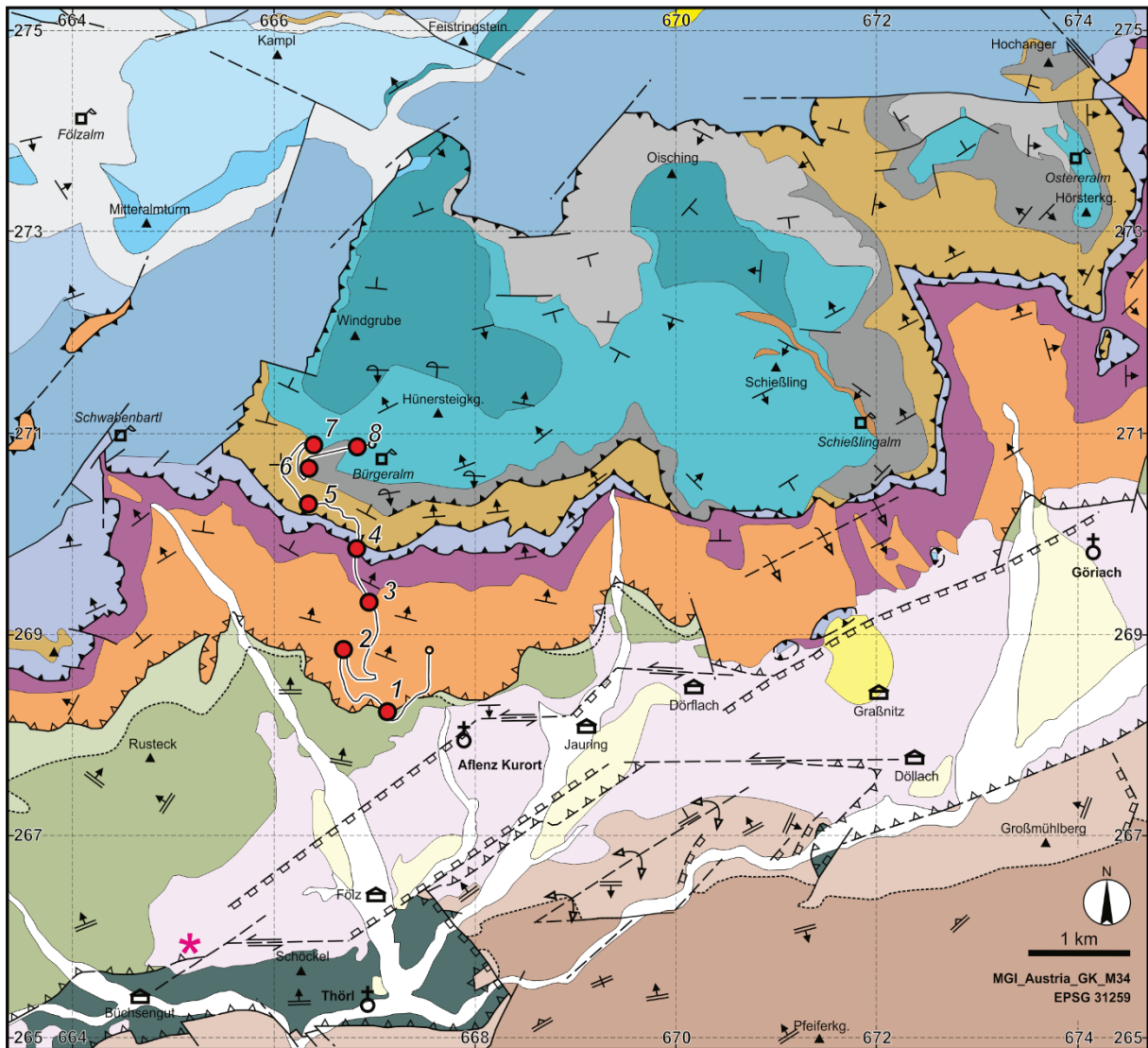
Die Ortschaft Aflenz Kurort ist auch namensgebend für das „Aflenzer Neogenbecken“, das sich als zusammengesetztes Pull-Apart-Becken (REISCHENBACHER & SACHSENHOFER, 2002, SACHSENHOFER et al. 2003) über eine Länge von ca. 16 km von Etniözl bis in den Bereich Turnau erstreckt und eine maximale Breite von 2km erreicht. Das Becken setzt sich aus mehreren Teilbecken zusammen, die über ein System aus begrenzenden Linksseitenverschiebungen und Abschiebungen miteinander verbunden sind. Diese wurden im Zuge der miozänen Extrusionstektonik angelegt und führten südlich Aflenz Kurort zu einer Absenkung von ca. 500m (GRATZER et al., 2001).

An der Beckenbasis treten ab dem Tal des Fölzer Baches fluviatile Sedimente (Schwemm- und Murenfächer, Kies, Sand, Ton) der Feistring-Formation auf, die den Beckenuntergrund diskordant überlagern und im zentralen Beckenbereich bis zu 300 m Mächtigkeit erreichen. Diese Sedimente enthalten eine endemische Süßwasser Molluskenfauna (überwiegend Gastropoden aber auch Bivalven; HARZHAUSER et al. 2012).

Im Hangenden folgen die Sedimente der Göriach-Formation, die weiter in die Sulzgraben-Subformation und in die Groisenbach-Subformation gegliedert werden kann. Die ca. 200m mächtige Groisenbach-Subformation wurde dabei unter lakustrinen Bedingungen abgelagert und besteht aus feinkörnigen Seesedimenten. Der enthaltene Diatomit war zuletzt in den 1980er Jahren Ziel eines Prospektionsprogrammes.

Die an der Basis der Groisenbach-Subformation in mehreren Flözen auftretende Braunkohle wurde in einem Bergbau bei Göriach bis in die 1950er Jahre abgebaut. Aus diesem Abbau ist sowohl eine artenreiche Flora als auch eine bedeutende miozäne Wirbeltierfauna des Unteren bis Mittleren Badeniums bekannt geworden (THENIUS, 1949:753ff; MOTTL, 1970:108ff.). Diese Alterseinstufung konnte durch HAJÓS (1972) über eine Diatomeen-Flora bestätigt werden.

Westlich des Fölzbaches verzahnt die limnische Groisenbach-Subformation über ein Delta-Regime mit der rein fluviatilen Sulzgraben-Subformation. In dieser Subformation wurde im Zuge der Neuaufnahme des Kartenblattes GK102 Aflenz Kurort von S. Ćorić im Sulzgraben ein Glastuffvorkommen entdeckt, das über Zirkon-Alter (untere, vergrünte Tufflage: $14,7 \pm 0,1$ Ma; obere, frische Tufflage: $14,1 \pm 0,2$ Ma) in den Grenzbereich Unteres-Mittles Badenium bzw. Mittleres Badenium (höheres Langhium) eingestuft werden konnte (IGLSEDER et al., 2022, dieser Band). Das radiometrisch Alter der Tuffvorkommen im liegenden Teil der Schichtfolge des Aflenzer Beckens deckt sich daher sehr gut mit den biostratigraphisch ermittelten Altersdaten.



Quaternary deposits

- Alluvial deposits; Holocene
- Niederterrasse; Würm Glacial
- Moraine; Würm Glacial
- Talus (part. consolidated, loamy)

Intramontane basins

- Aflenz Basin (Miocene)
- Fluv. clastics, coal, shale, diatomite

Juvavic Nappe System

- Mürzalpen Nappe
- Dachstein Lmst. (reef- / fore-reef facies)
- Waxeneck Dol.
- Aflenz Fm.
- Pötschen Lmst. and Dol. Intercalations of brown shale

- Mannsteinwald Fm.
- Jauring Fm.
- Leckkogel Fm.
- Wetterstein Lmst. & Dolomite (lagoon / reef & fore-reef facies)
- Reifling and Grafensteig Fms.
- Anisian Dolomite & Steinalm Fm.
- Werfen Fm.

Tirolic-Noric Nappe System

- Noric Nappe
- Permo-Mesozoic Cover
- Paleozoic Basement
- ▲ Peak
- ♁ Village
- ♁ Church
- ♁ Alpine hut
- Bürgeralm Panorama Str.

Greywacke Zone Nappe System

- Silbersberg & Veitsch Nappe
- Silvretta Seckau Nappe System**
- Troiseck-Floning Nappe
- Permo-Mesozoic Cover
- Crystalline Basement

Excursion points * Volc. tuff

- Bedding $\begin{matrix} \perp & \uparrow & \uparrow \\ >5^\circ-30^\circ & -60^\circ & -60^\circ \text{ over.} \end{matrix}$
- Foliation $\begin{matrix} \perp & \uparrow & \uparrow \\ >5^\circ-30^\circ & -60^\circ & -85^\circ \end{matrix}$ $\begin{matrix} \perp & \uparrow \\ & -90^\circ \end{matrix}$
- Unconformity
- Fault (c., i.)
- Normal fault (certain, inferred)
- Strike-slip fault (certain, inferred)
- Nappe boundary (certain, inferred)
- Thrustplane (certain, inferred)
- Anticline, Monocline

Abb. 1. Vereinfachte geologische Karte des Aflenz Beckens und des Mitteralm – Bürgeralm Gebietes.
Fig. 1. Simplified geological map of the Aflenz Basin and Mitteralm – Bürgeralm area.

Exkursionspunkte

Punkt 1 – Parkplatz bei Gasthof Pierer, 968m ü. A.

Geologische Übersicht – Top der Norischen Decke, Kontakt zu den Werfener Schichten der Mürzalpen-Decke

Am Startpunkt der Exkursion, sind im Umfeld des Gasthofes Pierer, einige typische Schichtglieder der Norischen Decke aufgeschlossen. Am Forstweg, der von der Bürgeralm-Panoramastraße im Bereich der Kehre südwestlich des Gasthofes abzweigt, trifft man auf graugrünen Blasseneckporphyroid (oberes Ordovizium, HEINISCH, 1980). Dieser wird durch geringmächtige grau bis grünlichgrau gefärbte, feinkörnige (Quarz)Wacke und durch Serizit silbrig glänzenden Quarzphyllit der Rad-Formation (oberstes Ordovizium bis unteres Devonium) überlagert, die im Wiesengelände um den Gasthof ansteht. Die besten Aufschlüsse befinden sich am Ausgangspunkt der Forststraße, die knapp unterhalb des Mautschrankens bei 961m SH nach WNW abzweigt.

Die Rad-Formation stellt an diesem Punkt das jüngste Schichtglied der Norischen Decke dar, wird in zahlreichen Profilen nahe Aflenz Kurort jedoch noch von dunkelgrau bis hellgrau gefärbten, feinkörnigen Bändermarmoren der Kaiserstein-Formation (NIEVOLL & SUTTNER, 2015) überlagert, die teilweise ankeritisch-sideritisch vererzt sind und die Basis der transgressiv darüber folgenden, grobklastischen Präbichl-Formation (oberes Permium, HUBMANN et al., 2014) bilden. Sowohl der Komponentenbestand als auch die dominanten Korngrößen des liegenden, gröber klastischen Anteils der Präbichl-Formation sind deutlich vom lokalen Untergrund abhängig. Im Typusprofil am Präbichl bei Eisenerz, Stmk. folgen über den Brekzien Quarz dominierte Konglomerate und Grobsansteine, die als handender Anteil der Präbichl-Formation betrachtet werden. Mit unscharfer Grenze folgt darüber überwiegend rot-violett gefärbter Silt-Feinsandstein, der bereits zu den Werfener Schichten der Norischen Decke gestellt wird. Im Zuge der Aufnahmearbeiten für Kartenblatt GK102 Aflenz konnte jedoch innerhalb der rotviolett gefärbten Silt- und Feinsandsteine eine zweite mächtigere Einschaltung von lithologisch den Präbichl-Formation gleichenden Brekzien und Grobsandsteinen auskartiert werden. Auf entsprechende Profile trifft man im Bereich Riegnereck, am langgezogenen Rücken, der nordwestlich des Hubostingbaches zum Alpspitz zieht und am Hang östlich St. Ilgen (An dieser Stelle enthalten die liegenden Präbichl-Formation bis zu 3 mm große Chloritoid-Kristalle).

Im Gelände konnten bis jetzt keine Hinweise auf eine tektonische Wiederholung der Präbichl-Formation gefunden werden – damit dürfte es sich bei diesen um eine sedimentäre Einschaltung handeln. Die rotviolett gefärbten Silt- und Feinsandsteine wären daher noch in den Schichtbestand der Präbichl-Formation einzubeziehen – die Abgrenzung zu den Werfener Schichten (untere Trias) erscheint problematisch!

Bei der Mächtigkeit der Präbichl-Formation ist vom Eisenerzer Raum nach Osten eine deutliche Abnahme der Mächtigkeit festzustellen. Östlich des Fölzer Baches sind sie am Top der Norischen Decke nur mehr lückenhaft erhalten und fehlen bei Punkt 1 vollständig.

Die Werfener Schichten setzen hier unmittelbar oberhalb der Rad-Formation ein und definieren den Verlauf der Deckengrenze von der hangenden Mürzalpen-Decke zur liegenden Norischen Decke.

Westlich des Fölzer Baches wird der Verlauf der Deckengrenze durch mehrere Einschaltungen von Haselgebirge (oberes Permium) markiert. Die bedeutendste davon wird in einem großen Gips-Anhydrit Tagebau im Haringgraben nordöstlich Tragöß abgebaut.

Punkt 2 – Bürgeralm-Panoramastraße, 1. Kehre, 1044 m ü. A.

Werfener Schichten an der Basis der Mürzalpen-Decke mit Karbonateinschaltungen

Die Werfener Schichten (untere Trias) der Mürzalpen-Decke bestehen zu einem großen Teil aus überwiegend hellgrün gefärbten, ebenflächigen dünn- bis mittelbankigen Silt- und (Quarz)Feinsandsteinen, die im Gebiet nördlich Aflenz-Kurort eine geschätzte, abnormal hohe Mächtigkeit von ca. 600m erreichen. Besonders an der Basis der Schichtfolge kommen aber auch noch wechselnd grau-rotviolett und grün gefärbte Typen vor. Im Aflenzer Raum enthalten die Werfener Schichten bereits im Liegenden Abschnitt karbonatgebundene Sandsteinlagen und geringmächtige Lagen aus roten Ooidkalken (z.B. an der Forststraße 200 m NW Gasthof Pierer), die in anderen Profilen auf den hangenden Abschnitt beschränkt sind. Häufig sind auch geringmächtige Lagen mit Bivalvenschill zu beobachten, die als Tempestit-Ablagerungen angesprochen werden können.

Punkt 3 – Bürgeralm-Panoramastraße, 1177m ü. A.

Typischer Werfener Kalk am Top der Werfener Schichten und scharfer Übergang in den „Anisdolomit“

Im hangenden Abschnitt der Werfener Schichten (untere Trias) vollzieht sich in Form des Werfener Kalkes (oberes Olenekium) ein Wechsel von vorwiegend siliziklastischer zu Karbonat dominierter Sedimentation. Im Aufschluss zeigt sich der Werfener Kalk als meist dünn- bis mittelbankiger, gelblichbraun bis grau anwitternder, ebenflächiger, im Anbruch mittelgrau bis dunkelgrauer, tlw. sandiger Kalk mit variabel mächtigen Tonschiefer und Mergel Zwischenlagen. Kalk-Mergel-Wechsellagen kommen vor.

Die Kalkbänke weisen eine große Bandbreite von Mikrofaziestypen auf, die von Mudstone über Wackestone bis Grain- und Rud- bis Floatstone reicht, die auf stark schwankende energetische Bedingungen innerhalb des im Flachwasser gelegenen, küstennahen Ablagerungsraumes zurückzuführen sind. Teilweise sind in den Kalkbänken typische Sturmlagen mit Lumachellen (Bivalven, Gastropoden) erkennbar, Ooidkalke und Crinoidenkalke sowie bioturbierte, mikritische Kalktypen kommen vor (SCHNEDLITZ, 2017).

Am Top der Werfener Schichten auf dem Kartenblatt erreicht der Werfener Kalk eine maximale Mächtigkeit von ca. 100 m, kann aber auch – vermutlich tektonisch bedingt – reduziert sein, vollständig aussetzen oder nur über kurze Strecken, als Linse erhalten sein. In dem bei Punkt 3 aufgeschlossenen Werfener-Profil ist der Werfener Kalk in zwei, durch Werfener Schiefer voneinander getrennten Zügen aufgeschlossen. Im Bürgerbachtal und besonders östlich der Ortschaften Untere- und Obere Au treten im Liegenden des obersten Werfener Kalkes mehrere schmale, gleichartig ausgebildete, lateral nicht weit verfolgbare Lagen von Werfener Kalk auf.

Im stratigraphisch Hangenden wird der Werfener Kalk an scharfer Grenze durch den „Anisdolomit“ (BRYDA et. al. 2013: 91f: Dunkle, laminierte Dolomite und Brekzien) überlagert, dessen maximale Mächtigkeit im Aflenzer Raum auf 220 m abgeschätzt werden kann.

An der Basis setzt der „Anisdolomit“ mit einem geringmächtigen Intervall aus dünnplattigem, schwarzem Bankdolomit ein. Darüber folgt variabel dünnschichtiger bis ca. 0,5 m gebankter, ebenflächiger, überwiegend dunkelgrau gefärbter, kleinstückelig zerfallender Bankdolomit. Dieser kann graue und weinrote Pelitlagen enthalten, die manchmal mehrere Dezimeter Mächtigkeit erreichen können. Einzelne, mächtigere Lagen können auch als dolomitischer Kalk ausgebildet sein und gelegentlich Anzeichen einer Verkieselung zeigen. Der Dolomit ist feingeschichtet bis laminiert; teilweise treten hellgraue Algenlaminite auf, ansonsten ist er fossilifer. In zahlreichen Profilen des Arbeitsgebietes löst sich der „Anisdolomit“ in eine intraformationelle Brekzie auf. Stratigraphisch reicht der Anisdolomit vermutlich vom oberen Olenekium (KRYSZYN, 1974) bis in den Grenzbereich Bithynium/Pelsonium (GAWLICK et al., 2021). Durch die auftretenden Algenlaminite und die Feinschichtung in Verbindung mit den Pelitlagen kann ein, mit dem Hauptdolomit des Noriums vergleichbarer, Ablagerungsraum im flachen Subtidal bis Supratidal? angenommen werden.

Da der „Anisdolomit“ sich in seiner faziellen Ausbildung und Gesteinscharakteristik deutlich von der Gutenstein-Formation unterscheidet, wurde dieser Begriff nicht verwendet.

Punkt 4 – Bürgeralm-Panoramastraße, 1228m ü. A.

Kurzer Profilabschnitt vom Kontaktbereich des Anisdolomites zur dolomitisierten Steinalm-Formation über die Reifling- und Grafensteig-Formation zur Leckkogel-Formation.

In vielen Profilen am Kalkalpen-Südrand folgt innerhalb der Mürzalpen-Decke im Hangenden des dunkelgrauen „Anisdolomits“ geringmächtiger, hellgrau gefärbter und meist mittel- bis dickbankiger Steinalmkalk des Pelsoniums. Dieser umfasst meist mehrere Mikrofaziestypen – von gut ausgewaschenen, bioklastischen Grainstones bis Rudstones über Mikrit reiche Typen (Mudstones – Wackestones) mit für den Zeitraum typischen Foraminiferen und Dasycladalen zu reinen Algenlaminiten (Bindstones) und ist als typisches Flachwassersediment, mit einem Ablagerungsbereich vom Subtidal bis in das Supratidal anzusprechen.

Im Aflenzer Raum konnte die Steinalm-Formation nur in den Profilen zwischen dem Ilgner Alpl 1506m im Westen und entlang der Südflanke der Bürgeralm bis westlich des Feistringgrabens nachgewiesen werden. In den anderen Profilen folgt die Grafensteig-Formation unmittelbar über dem „Anisdolomit“. Die Steinalm-Formation zeigt in diesem Abschnitt eine wechselnde Dolomitisierung, die im Bereich der Bürgeralmstraße im Steinalmniveau überwiegend nur mehr zuckerkörnigen Dolomit erkennen lässt. Ob die die Steinalm-Formation ab dem Feistringgraben vor der Ablagerung der Grafensteig-Formation erosiv entfernt worden ist, oder ob es sich hier um einen tektonischen Kontakt zum „Anisdolomit“ im Liegenden handelt, wäre noch zu klären. Im Bereich des Hochschwab enthalten graurosa gefärbte, pelagische Kalke der Sonnschien-Formation Komponenten aus „Anisdolomit“ und bilden dessen normale stratigraphische Überlagerung (BRYDA & VAN HUSEN, 2010, BRYDA et al., 2013).

Im stratigraphisch Hangenden der Steinalm-Formation folgt meist dunkelgrau bis schwarzer dünnbankiger und stark kieseliger Knollen- bis Plattenkalk (oberstes Pelsonium), der meist nur eine Mächtigkeit von wenigen Metern ($\leq 5\text{m}$) erreicht und als Äquivalent der Knollenkalk-Subformation der Reifling-Formation angesehen werden kann. Auch dieses Schichtglied kann in den Profilen nur bis zum Feistringgraben verfolgt werden und fehlt östlich davon.

Über der Knollenkalk-Subformation folgt ein intensiv graurosa bis rot gefärbter, mikritischer, welligschichtiger Bankkalk (Illyrium), der sich bankintern in Knollen auflöst, die teilweise ein gelblich-grünlisches Zwischenmittel aufweisen, das möglicherweise als Tuffit anzusprechen ist. Dieser Kalktypus ist an der Basis der darüber folgenden Grafensteig-Formation (Ladinium bis Unteres Julium) in tektonisch nicht reduzierten Profilen nachweisbar und erreicht nur eine geringe Mächtigkeit von wenigen Metern. An der Basis des Hochschwab-Massivs werden diese graurosa Knollenkalke durch Kalke der dort mächtiger entwickelten Sonnschien-Formation vertreten. Auch dort folgt darüber hellgrau und dunkelgrau gefärbter, allodapischer Bankkalk der Grafensteig-Formation, der im Hangenden in hellen Schuttkalk und Vorrißschuttkalk der progradierenden Wetterstein-Karbonatplattform übergeht.

Die Kalke der Grafensteig-Formation im Aflenzer Bereich sind im liegenden Abschnitt teilweise noch graurosa gefärbt, mikritischer und teilweise dolomitisiert. Vom Ilgner Hocheck 1512m über das Ilgner Alpl 1509m bis etwa in den Bereich unterhalb Gsenk der Aflenzer Bürgeralm ist der Bankkalk auch deutlich allodapisch und enthält Hornsteinknollen. Gegen Osten wird der Kalk jedoch feinkörniger und ist im höheren Abschnitt einheitlicher hellgrau-weiß gefärbt. Dieser Typ steht auch an Punkt 4 der Bürgeralmstraße an. Der Trend zur Feinkörnigkeit nach Osten kann als Resultat zunehmender Distanz zum Liefergebiet der Wetterstein-Karbonatplattform angesehen werden und spiegelt sich auch in der geringeren Mächtigkeit der Formation in größerer Entfernung zur Karbonatplattform wieder. Allerdings sind die auffälligen Mächtigkeitsschwankungen der Grafensteig-Formation am Südrand des Kartenblattes GK102 Aflenzen auf eine teilweise starke interne Deformation des Schichtgliedes und einen tektonischen Zuschnitt zurückzuführen.

Punkt 5 - Bürgeralm-Panoramastraße, Gsenk, 1312m ü. A.

Top der Grafensteig-Formation, erster Zug Reingrabener Schiefer (Halobienschiefer) mit gut gebanktem, hellgrauem allodapischem Kalk im Hangenden (Grafensteig- oder Leckkogel-Formation?)

Am Top des hellgrauen Bankkalkes der Grafensteig-Formation kann in den Profilen vom Ilgner Alpl bis in den Bereich der Aflenzer Bürgeralm ein dunkelgrau bis schwarz gefärbter Bankkalk mit

geringmächtigen Tonzwischenlagen nachgewiesen werden. Dieser Bankkalk erreicht nur eine Mächtigkeit von wenigen Metern und wird dann von den dunkelgrau bis schwarz gefärbten Reingrabener Schiefern und Mergeln (Halobienschiefer) überlagert. Die besten Aufschlüsse dieser Subformation befinden sich unmittelbar südlich des Gipfels der Igner Alm (1506 m) und im Eisental westlich Gsenk (Eisental-Subformation auf Kartenblatt Aflenzen-Kurort). Im Bereich Gsenk sind diese Kalke nur lückenhaft erhalten – ein kleiner Aufschluss findet sich jedoch im Bereich der Westflanke des Grabens der östlich Gsenk verläuft.

Der Reingrabener Schiefer setzt im Hangenden der Grafensteig-Formation mit einem ca. ein Meter mächtigen kalkfreien Abschnitt ein, geht jedoch danach in Mergel mit geringmächtigen Kalkbänken über. Diese Abfolge ist auch bei den höheren Tonschieferzügen mit abweichender Mächtigkeit zu beobachten. Im Bereich Gsenk folgt über diesem ersten Tonschieferzug ein heller, allodapischer Bankkalk mit Hornsteinlagen, der dem Grafensteigkalk überaus ähnlich ist. Die aus diesem Bankkalk gewonnenen Conodontenproben (det. L. Krystyn) konnten in das Julium (Unterkarn) eingestuft werden – erlauben also keine zeitliche Differenzierung von der unterlagernden Grafensteig-Formation. Über jeweils drei Messungen mit einem tragbaren Röntgenspektrometer, die jeweils in geringer Entfernung voneinander in den beiden Einheiten gemessen wurden, konnte jedoch ein signifikanter Unterschied im Strontium-Gehalt zwischen dem Kalk der Grafensteig-Formation (\emptyset 142ppm) und den allodapischen Kalken im Hangenden der Reingrabener Schiefer (\emptyset 292ppm) festgestellt werden. Im Gelände kann der allodapische Bankkalk bis in den Bereich der Südost-Flanke des Eisentales verfolgt werden, ist im Tal selbst durch Schutt verhüllt und tritt in der Nordwest-Flanke wieder auf, wobei eine Korngrößenzunahme der allochthonen Komponenten (Brekzien) festzustellen ist. Im Streichen wird er bis zu diesem Punkt immer von Reingrabener Schiefer unterlagert. Aufgrund der beschriebenen Situation, wird dieser Bankkalkzug daher als erste, basale und älteste allodapische Einschaltung mit hellgrauem karbonatlastischen Material innerhalb der Leckkogel-Formation (DULLO & LEIN, 1982; LEIN, 2010) betrachtet, der im Bereich der Aflenzer Bürgeralm am weitesten nach Osten verfolgt werden kann.

Punkt 6 – Bürgeralm-Panoramastraße, Kehre bei 1400m ü. A.

Kurzes Profil durch den Hangenden Teil der Leckkogel-Formation mit Tonschiefer Horizonten und Olistolithen.

Ab dem zuvor beschriebenen Punkt 5 quert die Bürgeralmstraße eine mehrfache Abfolge von unterschiedlich mächtigen dunkelgrauen bis schwarzen Tonschieferlagen und meist dunkelgrauen, untergeordnet Hornstein führenden, allodapischen Bankkalke. Wie bereits bei LEIN (2010: 188-189; Stop 5-6) beschrieben, werden diese Bankkalke von sedimentären Brekzien begleitet und enthalten mehrfach Olistolithe aus hellen Seichtwasserkarbonaten sowie sogenannte „Cipit Blöcke“ aus dunkelgrauen bis schwarzen Fossiltschuttkalken. Diese Brekzien treten auch im NW des Eisentales auf. In dieser Richtung ist vermutlich auch das Liefergebiet der Brekzien und allodapischen Kalke und damit der ehemalige Rand der Karbonatplattform im Oberen Julium zu suchen. Vergleichbare allodapische Bankkalke mit hellen Brekzienlagen sind auch im oberen Misitlgraben (Fortstraße zwischen 1370 m bis 1400 m), ca. 400 m im NNO der Ostereralm 1565m sowie ca. 150 – 200 m nördlich der Jagdhütte oberhalb des Rötelstein und südlich der Einmündung des Grabens, der von der Spinnerinn zum Seegraben herunterzieht, aufgeschlossen. Durch ihr Auftreten kann auch dort die ursprüngliche Lage des Plattformrandes im Norden oder Nordosten vermutet werden. In Richtung des Südrandes der Aflenzer Bürgeralm und auch des Schießling 1667 m, setzen die Brekzien aus und gehen in allodapische Kalke über.

Die in der Straßenkehre bei Punkt 6 aufgeschlossen dunkelgrauen bis schwarzen (Pyrit reichen) Reingrabener Schiefer entsprechen dem stratigraphisch höchsten Tonschieferniveau des Bürgeralmprofils. Diese Tonschiefer lassen sich bis in die obere Kehre der Bürgeralmstraße bei Punkt 7, 1480m und danach als oberstes Tonschieferband unterhalb der Wandflucht des Ranstein, 1555m weiter nach Osten verfolgen. Conodontenproben der allodapische Bankkalke konnten in das Julium, die dem obersten Tonsteinniveau auflagernden Karbonate bereits in das Tualium eingestuft werden. Als Altersumfang der Leckkogel-Formation, mit den teilweise noch zu benennenden Subformationen, wird daher Oberes Julium angegeben.

Wie bereits von LEIN (2010: 183) festgehalten, kann die Vorstellung von SPENGLER (1920) einer ungestörten Plattform-Becken-Verzahnung im Bereich der Aflenzer Obertrias nicht mehr aufrechterhalten werden. Die am Ende dieser Arbeit (SPENGLER, 1920) in einer Karte dargestellten, weit in den Wetterstein(Ramsau)dolomit hineinreichenden Züge aus Reingrabener Schiefer konnten im Gelände nicht verifiziert werden! Bei dem von SPENGLER (1920) als Hauptdolomit angesprochenen Gestein handelt es sich überwiegend um dolomitisierte Sedimente eines submarinen Hanges bis Beckens (allodapische Bankdolomit und Brekzien) mit überwiegend oberkarnischem (Tuvalium) Alter.

Nördlich des Aflenzer Obertriasbeckens existieren jedoch über der fast vollständig dolomitisierten Wetterstein-Karbonatplattform geringmächtige (gesch. maximal 10 m) und lateral meist nur über kurze Distanz verfolgbare Ablagerungen des Karniums. Dabei handelt es sich um schwarze Reingrabener Schiefer und dunkelgraue bis schwarze, dünn bis mittelbankige Fossilschuttkalke – besonders häufig mit Calcispongien, die hellgrünen Glaukonit führen und gelblich anwittern. Sie entsprechen den Kalktypen, die in Form von „Cipit-Blöcken“ in den Hangsedimenten des Juliums des Aflenzer Triasbeckens auftreten. Am Top der nördlichen Wettersteindolomit-Plattform sind im Profil unterhalb des Festbeilstein 1847 m oder am Sattel nördlich „Zeller Steig“ in geringem Abstand zueinander bis zu drei Einschaltungen aus schwarzen Schwammkalken in mittelgrauem Dolomit übereinander nachweisbar. Meist ist nur der stratigraphisch älteste Zug deutlich entwickelt und auch mit geringmächtigem Reingrabener Schiefer an der Basis vergesellschaftet. Die hangenden Züge sind meist geringmächtiger und stärker dolomitisiert, teilweise rot verfärbt. In dem zwischengeschalteten, mittelgrauen Dolomit sind häufig Onkoide zu beobachten, die lagunäre Fazies belegen. Zumindest dieser Teil des Dolomites ist daher in das obere Julium zu stellen. Die Fazies entspricht aber nicht jener der Kalkolistolithe in den Hangsedimenten des oberen Juliums der Bürgeralm. Diese Sedimente wurden vermutlich am oberen Hang oder in Riffen abgelagert, die heute nicht mehr erhalten sind. Im Hangenden der Schwammkalke folgt weiter lagunärer Dolomit, der im Liegenden des Dachsteinkalkes eine Mächtigkeit von bis zu 200m erreicht. In Analogie zur Entwicklung im Bereich der Schneealpe, kann dieser als dolomitisierter Rest der Waxeneckkalk-Karbonatplattform angesehen werden. Conodontendaten aus bunten Spatkalken an der Basis des Dachsteinkalkes nahe des Weges vom Fözsattels, 1626m auf die Mitteralm ergaben ein mittelnorisches Alter (Alaunium 1) und liefern daher sowohl einen Hinweis auf die stratigraphische Reichweite des lagunären Dolomits der Waxeneckkalk-Karbonatplattform im Liegenden als auch auf den Beginn der Entwicklung der Dachsteinkalk-Karbonatplattform im Hangenden.

Punkt 7 – Bürgeralm-Panoramastraße, Alte Trasse, Kehre bei 1480m ü. A.

Kontakt des obersten Tonschieferbandes zu dunkelgrauem Plattendolomit, gelblichem Mergel und dünnbankigem Plattenkalk der Jauring-Formation.

Im Hangenden des obersten Zuges aus Reingrabener Schiefer steht geringmächtiger (max. 20m), dunkelgrauer bis schwarzer, deutlich allodapischer, dünnbankiger und ebenflächiger, teilweise kieseliger, Hornsteinlagen führender Bankdolomit an. Dieser wird durch eine, nur wenige Meter mächtige Lage aus auffallend gelblich gefärbtem Mergel überlagert, die als Markerhorizont über weite Strecken verfolgt werden kann. Sie bildet die Basis eines dunkelgrauen, dünnbankigen bis in den Dezimeterbereich gebankten Plattenkalkes, der die Wandabstürze entlang der Südseite der Aflenzer Bürgeralm bis zum Feistringtal und unterhalb des Rahnbodens aufbaut. Danach ist er noch an der Ostflanke des Schießling und Westflanke des Hörsterkogels sowie unterhalb der Scheibenmäuer und im Plotschaben im Hangenden der Leckkogel-Formation. aufgeschlossen. Die beschriebenen Bankkalktypen wurden gemeinsam mit dem auffälligen Mergelband zur Jauring-Formation zusammengefasst und mit Hilfe von Conodonten (det. L. Krystyn) eine stratigraphische Reichweite vom Grenzbereich Julium/Tuvalium bis in das Tuvalium 2 (Oberes Karnium) ermittelt.

Über dem Plattenkalk der Jauring-Formation folgt im Bereich des Bürgeralm-Plateaus ein mittel- bis dickbankiger, Hornsteinlagen und große Hornsteine führender mittelgrauer Bankkalk (Pötschenkalk), der auch große Teile der Fürstkuppe, des Schießling und den Gipfelgrat des Hörsterkogels sowie die obersten Bereiche der Scheibenmäuer aufbaut. Stratigraphisch reicht dieser Bankkalk vom Tuvalium 3 (Oberstes Karnium) bis in den Grenzbereich des Alauniums zum Sevatium (Oberes Norium).

Die beschriebene Abfolge von Jauring-Formation und Pötschenkalk tritt im plattformabgewandten Teil des Aflenzer Triasbeckens auf. Nähert man sich dem ursprünglichen Plattformrand, so tritt im hinteren Feistringgraben im Liegenden des Pötschenkalkes ein dünnbankiger, allodapisch-feinlaminiertes, teilweise Brekzienlagen enthaltender, dunkelgraubrauner Bankdolomit mit Conodonten des Tuval 2 auf. Dieser Bankdolomit vertritt hier offenbar die Jauring-Formation und enthält häufig Rutschfalten. Im Feistringgraben folgt über dem Bankdolomit eine massig wirkende, sedimentäre Brekzie, die dunkle, intern laminierte und helle, strukturlose Dolomitkomponenten enthält (Mannsteinwald-Formation). Im Bereich der Westflanke des Feistringtales ist in diesem Niveau ein mittelgrauer, massig wirkender, strukturloser Dolomit aufgeschlossen, der an manchen Stellen isolierte und zerglittene dunkle Dolomitmäntel enthält. Bei diesem helleren Dolomittyp könnte es sich um ursprünglich feinkörnige helle Karbonatsande-Schlämme handeln, von einer oberkarnischen Plattform in das Aflenzer Triasbecken geschüttet worden sind. Sowohl der dunkelgraubraune Bankdolomit als auch die sed. Brekzien grenzen unmittelbar an den Wettersteindolomit in Riff-Fazies. Auch der Pötschenkalk wird in Plattformnähe durch gebankten Hornsteindolomit mit Rutschfalten und Brekzienlagen abgelöst (BRYDA et al., 2020).

Punkt 8 – Bürgeralm-Panoramastraße, Parkplatz bei 1530m ü.A.

Hornstein führender Pötschenkalk und Pöschendolomit.

Der große Parkplatz am oberen Ende der Bürgeralm-Panoramastraße wurde bereits innerhalb der Pötschen-Formation angelegt. An der auf der gegenüberliegenden Talflanke in Richtung Achnerriegel führenden Forststraße steht ein teilweise synsedimentär zerglittener, Hornstein führender Bankdolomit an. Am Hang oberhalb folgt ca. 60 bis 80 m oberhalb der Forststraße dünn- bis mittelbankiger, dunkel- bis mittelgrauer mikritischer Kalk der Aflenz-Formation, der teilweise kleine Hornsteinknollen führt. Diese Formation baut danach die höher gelegenen Areale oberhalb der Bürgeralm (Windgrube 1809 m, Lärchkogel 1719 m) auf und wird erst südlich des Zlacken Sattels 1743m von NO-SW streichenden Störungen abgeschnitten und grenzt dort tektonisch an mittelgrauen, undeutlich gebankten, lagunären Waxeneckdolomit. Bereits ca. 400m vor diesem Kontakt werden die Kalke der Aflenz-Formation deutlich heller und enthalten gradierte Schuttlagen. Im Bereich des Högstein 1741 m geht die Aflenz-Formation schließlich in gebankten Dachsteinkalk in Vorriff-Fazies über. Aufgrund von Conodontendaten kann die Aflenz-Formation im Raum Aflenz in das höhere Norium (Sevatium) eingestuft werden. Außerhalb des Arbeitsgebietes folgen im stratigraphisch Hangenden der Aflenz-Formation mergelige Zlambachschichten des Rhaetiums.

Literatur

BRYDA G. & VAN HUSEN, D. (2010): Geologische Karte der Republik Österreich 1:50.000, Blatt **101** Eisenerz.

BRYDA, G., GAWLICK, H.-J., KREUSS, O., LEIN, R., MOSER, M. & PAVLIK, W. (2008): Zur thermischen Geschichte des Westabschnittes der Mürzalpendecke auf der Basis neuer Conodont Colour Alteration Index (CAI) Untersuchungen. – *Journal of Alpine Geology*, **49**, 16–17.

BRYDA, G., VAN HUSEN, D., KREUSS, O., KOUKAL, V., MOSER, M., PAVLIK, W., SCHÖNLAUB, H.-P., WAGREICH, M., AHL, A., HEINRICH, M., LENHARDT, W. A., MOSHAMMER, B., PFLEIDERER, S., PLAN, L., SCHEDL, A. & SLAPANSKY, P. (2013): Erläuterungen zu Blatt **101** Eisenerz, 223 S.

BRYDA G., ČORIĆ S., VAN HUSEN D., KREUSS O., MANDL G.W., MOSER M., PAVLIK W. & REISER M. (2020): Geologische Karte der Republik Österreich 1:50.000, Blatt **102** Aflenz Kurort.

DULLO, CH. & LEIN, R. (1982): Facies and Environment of the Leckkogel Beds (Carnian, Alps). – *Facies*, **6**, 25–35.

GAWLICK, H.-J., KRYSZYN, L. & LEIN, L. (1994): Conodont Alteration Indices: Paleotemperatures and metamorphism in the Northern Calcareous Alps – a general view. – *Geologische Rundschau*, **83**, 660–664.

- GAWLICK, H.-J., LEIN, R. & BUCUR, I.I. (2021): Precursor extension to final Neo-Tethys break-up: flooding events and their significance for the correlation of shallow-water and deep-marine organisms (Anisian, Eastern Alps, Austria). – *International Journal of Earth Sciences* **110**, 419–446.
- GRATZER, R., SAUER, R., SCHMID, CH., SCHÖN, J. & WESSELY, G. (2001): Das geothermale Potential am Kalkalpen-Südostrand – Erfahrungen aus den Bohrungen Payerbach TH1 und Aflenz TH1. – Arbeitstagung 2001 der Geologischen Bundesanstalt in Neuberg an der Mürz, 248–257.
- HAJÓS, M. (1972): Kieselgurvorkommen im Tertiärbecken von Aflenz (Steiermark). – *Mitteilungen der Geologischen Gesellschaft in Wien*, **63**, 149–159.
- HARZHAUSER, M., NEUBAUER, A. T., MANDIC, O., ZUSCHIN, M. & ČORIĆ, S. (2012): A Middle Miocene endemic freshwater mollusc assemblage from an intramontane Alpine lake (Aflenz Basin, Eastern Alps, Austria). – *Paläontologische Zeitschrift*, **86**, 23–41.
- HEINISCH, H. (1980): Der ordovizische „Porphyroid“-Vulkanismus der Ost- und Südalpen. Stratigraphie, Petrographie, Geochemie. – Dissertation Ludwig-Maximilians-Universität München, 253 S.
- HUBMANN, B., EBNER, F., FERRETTI, A., KIDO, E., KRAINER, K., NEUBAUER, F., SCHÖNLAUB, H.-P. & SUTTNER, T.J. (2014): The Paleozoic Era(them). – In: PILLER, W.E. (ed.): *The lithostratigraphic units of the Austrian Stratigraphic Chart 2004 (sedimentary successions)*, Vol. I, second edition. – *Abhandlungen der Geologischen Bundesanstalt*, **66**, 9–133.
- IGLSEDER, C., BRYDA, G., ČORIĆ, S., SKRZYPEK, E., GALLHOFER, D. & HUET, B. (2022): U/Pb zircon ages on tuff in the Aflenz Basin (Styria/ Austria) – Evidence for Middle Miocene widespread volcanic deposits. – In: RANTITSCH, G. & RAITH, J.G. (Eds.): *PANGEO Austria 2022 – Abstracts and Field guides*, 10–14 September 2022, Leoben. – *Berichte der Geologischen Bundesanstalt*, **143**, 82, Wien.
- KRYSTYN, L. (1974): Die Tirolites-Fauns (Ammonoidea) der untertriassischen Werfener Schichten Europs und ihre stratigraphische Bedeutung. – *Österreichische Akademie der Wissenschaften Mathematisch-Naturwissenschaftliche Klasse Sitzungsberichte: Abteilung I*, **183/1–3**, 29–50.
- KRYSTYN, L., LEIN, R., MELLO, J., RIEDEL, P. & PILLER, W.E. (1990): "Tisovec-Limestone": an example of the problems of lithostratigraphic correlation between the Northern Calcareous Alps and the Central West Carpathians. – In: Minarikova, D. & Lobitzer, H. (eds.): *Thirty Years of Geological Cooperation between Austria and Czechoslovakia*, 125–136.
- LEIN, R. (2010): Die Entwicklung des Karnbeckens von Aflenz im Spannungsfeld zwischen Eustatik und synsedimentärer Tektonik (Nördliche Kalkalpen, Österreich) – The Carnian evolution of the Aflenz Trough: influence of synsedimentary tectonics versus eustatic sea-level changes (Northern Calcareous Alps, Austria). – *Journal of Alpine Geology*, **53**, 181–199.
- LEIN, L. & GAWLICK H.-J. (2001): Neue Grundlagen zur tektonischen Interngliederung der Mürzaldeckung auf der Basis von Conodont Alteration Index (CAI)-Untersuchungen. – Arbeitstagung der Geologischen Bundesanstalt 2001 in Neuberg a. d. Mürz, 132–134.
- LOBITZER, H. (1974): Fazielle Untersuchungen an norischen Karbonatplattform-Beckengesteinen (Dachsteinkalk – Aflenzer Kalk im südöstlichen Hochschwabgebiet, Nördliche Kalkalpen, Steiermark). – *Mitteilungen der Geologischen Gesellschaft in Wien*, **66-67**, 75–91.
- MANDL, G.W. (2000): The Alpine sector of the Tethyan shelf – Examples of Triassic to Jurassic sedimentation and deformation from the Northern Calcareous Alps. – *Mitteilungen der Österreichischen Geologischen Gesellschaft*, **92**, 61–77.
- MAYER J. & NISCH T. (2011): Geologie und Rohstoffe des Mitterberges bei Aflenz (Steiermark). – Unveröffentlichte Bakkalaureatsarbeit, Montanuniversität Leoben.
- MOTTL, M. (1970): Die jungtertiären Säugetierfaunen der Steiermark, Südost-Österreichs. – *Mitteilungen des Museums für Bergbau, Geologie und Technik am Landesmuseum Joanneum*, **31**, 77–168.

- NEUBAUER, F., HANDLER, R., HERMANN, S. & PAULUS, G. (1994): Revised Lithostratigraphy and Structure of the Eastern Greywacke Zone (Eastern Alps). – Mitteilungen der Österreichischen Geologischen Gesellschaft, **86** (1993), 61–74, Wien 1994.
- NIEVOLL, J. & SUTTNER, T.J. (2015): Stratigraphie der Norischen Decke auf GK50 Blatt 103 Kindberg. – Arbeitstagung der Geologischen Bundesanstalt 2015, Mitterdorf im Mürtal, 58–70.
- RANTITSCH, G., BRYDA, G. & GAWLICK, H.-J. (2020): Conodont thermometry by Raman spectroscopy on carbonaceous material: a case study from the Northern Calcareous Alps (Mürztal Nappe, Eastern Alps). – Austrian Journal of Earth Sciences, **113/2**, 201–210.
- RATSCHBACHER, L. (1984): Beitrag zur Neugliederung der Veitsch Decke (Grauwackenzone) in ihrem Westabschnitt (Obersteiermark, Österreich). – Jahrbuch der Geologischen Bundesanstalt, **127/3**, 423–453.
- REISCHENBACHER, D. & SACHSENHOFER, R.F. (2002): Das Miozän des Aflenz Beckens. – In: Pangeo Austria: Erdwissenschaften in Österreich 28. – 30.6.2002, Salzburg: Programm und Kurzfassungen, 144–145 (Österreichische Geologische Gesellschaft).
- RICHOZ, S., KRYSZYN, L. & LEIN, R. (2015): Detailstratigraphie der Sedimente des Karnium der Aflenz Bärgeralm. – Arbeitstagung der Geologischen Bundesanstalt 2015, Mitterdorf im Mürtal, 103–110.
- SACHSENHOFER, R.F., BECHTEL, A., REISCHENBACHER, D. & WEISS, A. (2003): Evolution of lacustrine systems along the Miocene Mur-Mürztal fault system (Eastern Alps, Austria) and implications on source rocks in pull-apart basins. – Marine and Petroleum Geology, **20**, 83–110 (Elsevier).
- SCHLAGER, W. & SCHÖLLNBERGER, W. (1974): Das Prinzip stratigraphischer Wenden in der Schichtfolge der Nördlichen Kalkalpen. – Mitteilungen der Geologischen Gesellschaft in Wien, **66–67**, 165–193.
- SCHMID, S.M., FÜGENSCHUH, B., KISSLING, E. & SCHUSTER, R. (2004): Tectonic map and overall architecture of the Alpine orogen. – Eclogae Geologicae Helvetiae, **97**, 93–117.
- SCHNEIDLITZ, TH. (2017): Untersuchung der Werfen – Gutenstein: Transition der Nördlichen Kalkalpen bei Aflenz (Steiermark, Österreich). – Unveröffentlichter Bericht, 42 S., Geologische Bundesanstalt (Archiv Nr. A 19612-R).
- SCHUSTER, R. & NOWOTNY, A. (2015): Die Einheiten des Ostalpinen Kristallins auf den Kartenblättern GK50 Blatt 103 Kindberg und 135 Birkfeld. – Arbeitstagung der Geologischen Bundesanstalt 2015, Mitterdorf im Mürtal, 10–37.
- SPENGLER, E. (1920): Das Aflenz Triasgebiet. – Jahrbuch der Geologischen Reichsanstalt, **69**, 221–254.
- THENIUS, E. (1949): Die Carnivoren von Göriach (Steiermark). – Österreichische Akademie der Wissenschaften Mathematisch-Naturwissenschaftliche Klasse Sitzungsberichte: Abteilung I, **158**, 695–762.
- TOLLMANN, A. (1977): Geologie von Österreich, Band I – Die Zentralalpen, 766 S. Deuticke.