

Detailstratigrafie der Sedimente des Karnium der Aflenzer Bürgeralpe

SYLVAIN RICHZOZ¹, LEOPOLD KRYSTYN² & RICHARD LEIN³

¹ Institut für Erdwissenschaften (Geologie und Paläontologie), Karl-Franzens-Universität Graz, Heinrichstraße 26, 8010 Graz, Österreich. sylvain.richoz@uni-graz.at

² Universität Wien, Institut für Paläontologie, Althanstraße 14, 1090 Wien, Österreich. leopold.krystyn@univie.ac.at

³ Universität Wien, Department für Geodynamik und Sedimentologie, Althanstraße 14, 1090 Wien, Österreich. richard.lein@univie.ac.at

Zusammenfassung

Sedimentologische und geochemische Untersuchungen im Gebiet der Aflenzer Bürgeralpe ergeben neue Erkenntnisse zur karnischen Entwicklung des Juvavikums in Aflenzer Fazies. Eine 60 m umfassende helle, Hornstein führende unterkarnische Detrituskalkfazies des „Raminger Kalkes“ (plattformnahe Beckenfazies des Wetterstein-Zyklus) wird von 50 m mächtigem tonigen Mikritkalk gefolgt, der wegen des vereinzelt Vorkommens von Cipitblöcken schon den basalen Leckkogel Schichten zugeordnet wird. Der Rest der Leckkogel Schichten besteht aus drei terrigenreichen Abschnitten und zwei eingeschalteten detritusreichen Karbonatkomplexen. Große Riffkalkblöcke in Cipitfazies sowie olistolithische Großschollen sind auf das 3. Terrigenintervall beschränkt. Die rund 300 m mächtigen Leckkogel Schichten des hohen unteren Karnium werden im oberen Karnium zunächst von einer 100 m mächtigen, lithologisch distinkten Plattenkalkserie überlagert. Der Plattenkalk (informell als „Jauring-Formation“ bezeichnet) stellt ein bislang unbeschriebenes Schichtglied in der Schichtfolge des oberen Karnium des alpinen Juvavikums dar und wird von Gesteinsäquivalenten der „Pötschen-Formation“ in einer Mächtigkeit von 250 m überlagert. Darüber folgt der eigentliche Aflenzer Kalk, der entgegen früherer Ansichten sicher erst im Norium einsetzt.

Die Karbon-Isotopie-Kurve zeigt zahlreiche Änderungen, die zumindest regional eine höher auflösende Gliederung des Karnium erreichbar erscheinen lassen, als dies derzeit mit Conodonten möglich ist: An der Basis der Profile steht eine scharfe negative Exkursion mit 3 ‰ Amplitude, die verbunden ist mit einem Terrigenintervall, das ein Partnach Äquivalent sein könnte – und damit eine Korrelation ins Voralpin ermöglichen könnte. Eine zweite, längere negative Exkursion (1,2–2 ‰) folgt mit dem Minimum am Top des 1. Terrigenintervalls, das mit dem Reingraben Event verbunden zu sein scheint. Eine dritte, scharfe negative Exkursion liegt direkt oberhalb der Julium-Tuvalium-Grenze. Es folgt ein Plateau mit sehr hohen Werten (bis 4,7 ‰) an der Basis des Plattenkalks, das mit Anhalten dieses Trends eine isotopenstratigrafische Unterscheidung von unter- und oberkarnischen Sedimenten erlaubt.

Einleitung

Straßenausbau und neue Forststraßen zur und in der Umgebung der Aflenzer Bürgeralpe und des östlich anschließenden Jauringer Alm-Gebietes haben neue detailstratigrafische Untersuchungen der karnischen und norischen Sedimente erlaubt. Es wurden zahlreiche Profile bankweise aufgenommen sowie mikrofaziell, isotopenstratigrafisch und auf Conodonten beprobt. Die Schichtfolge ist in sechs Profilen (mit Angabe der Lage, Koordinaten der Profilbasis, Lithologie und Mächtigkeit des jeweiligen Schichtglieds) mit einer gesamten Mächtigkeit von 700 m darstellbar.

Die karnische Schichtfolge von Aflenzen ist gekennzeichnet durch eine kräftige tektonische Überprägung, die 1) zu schichtparallelen lokalen bis lateral weiträumigen Schichtunterdrückungen und Schichtausfällen führt, und 2) durch eine kleinräumige Bruchtektonik die exakte lithostratigrafische Erfassung der Schichtglieder erschwert. Für eine gesicherte Profilaufnahme sind deshalb durchgehend aufgeschlossene Gesteinsfolgen eine absolute Voraussetzung, wie sie nur entlang von frischen Straßenböschungen zu finden sind.

Profile

Profil BS 3: Bürgeralmstraße zwischen 1.320 und 1.340 m Sh., beginnend bei der Forststraßen-Abzweigung Richtung Eisental (WGS84 47°33'56.9 N / 15°13'09.4 E).

Die Serie beginnt mit hellem, dünnbankigem, Hornstein führendem „Raminger Kalk“ (20 m), gefolgt von 5 m sterilen Mergeln (Partnach-Äquivalent?), überlagert von 40 m mächtigen feinkörnigen mittelgrauen Bankkalken, die in der oberen Hälfte tonig und zum Teil laminiert werden. Die lithologische Ansprache als (distale) Leckkogel Schichten gründet sich auf die basale Einschaltung einer Cipit-führenden Gleitbrekzie knapp über der Basis. Über den Leckkogel Schichten folgen 30 m mächtige Shales, mit im unteren Teil seltenen Schuttkalklagen („Cidariskalk“), der Reingraben Formation bzw. dem 1. Terrigenintervall („1. Schiefer“) entsprechend. Alter: Julium.

Profil BS 4: Eisental-Forststraße in 1.280 m Sh. (WGS84 47°33'56.9 N / 15°13'09.4 E)

Dickbankige graubraune, grobkörnige Kalke, teils dolomitisch (60 m), der Leckkogel Schichten, dem unteren Teil des „1. Karbonathorizont“ entsprechend. Alter: Julium.

Profil BS 5: Bürgeralmstraße in 1.350 m Sh. (WGS84 47°33'06.1 N / 15°13'01.7 E)

Graue detritusreiche Bankkalke, basal mit drei auffällig hellen, dm-dicken groben Kalklagen (25 m), dem oberen Teil des „1. Karbonathorizont“ entsprechend. Darüber eine terrigenreiche Serie mit seltenen dunklen Detrituskalklagen (25 m), dem 2. Terrigenintervall („2. Schiefer“) entsprechend. Nachfolgend hell- bis mittelgraue, zyklisch dünn- bis dickbankige Detrituskalke mit teils cm-dünnen ziegelroten Mergellagen und zwei Kalkbrekzienlagen am Top (80 m), dem „2. Karbonathorizont“ entsprechend – alles Leckkogel Schichten. Alter: Julium.

Profil BS 6: Bürgeralmstraße in 1.570 m Sh. (WGS84 47°34'09.6 N / 15°13'15.6 E)

Basal dünnbankige, dunkelgraue, teils dolomitische Detrituskalke (15 m), gefolgt von dunkelgrauen tonigen, ocker witternden mudstone-Kalken (10 m); anschließend anfangs graue, dann beige, dünnbankige Plattenkalke mit gegen hangend sekundärer Dolomitisierung (25 m) – neue „Jauring-Formation“. Alter: Tuvalium.

Profil BS 7: Jauring Straße in 1.420 m Sh. (WGS84 47°34'06.9 N / 15°14'56.8 E)

Ganz unten graue, dann beige dünnbankige, mikritische Plattenkalke (100 m) – „Jauring-Formation“, mit dem Plattenkalk von Profil BS 6 überlappend. Alter: unteres Tuvalium.

Profil BS 8: Forststraße Hühnersteigkogel in 1.590 m Sh. (WGS84 47°34'05.8 N / 15°14'57.6 E)

Beige, dickbankige, mikritische Hornsteinkalke (ca. 150 m), Pötschenkalk-Äquivalent. Alter: mittleres Tuvalium.

Profil BS 9: neue von der Jauring Straße Richtung Feistritzgraben verlaufende Forststraße in 1.400 m Sh. (WGS84 47°34'18.2 N / 15°13'00.1 E)

Braune, teils kalkige, dickbankige Hornsteindolomite (mindestens 100 m), Pötschendolomit-Äquivalent, oben tektonisch an Aflenzer Kalk grenzend. Alter: oberes Tuvalium.

Zusammenfassung der Profile

Im basalen Karnium von Aflenzen tritt eine von der Bürgeralmstraße ostwärts bis in den Feistritzgraben nachweisbare Low angle fault auf, entlang derer Teile des ladinischen Reiflingeralkes und die unterkarnische Detrituskalkfazies des „Raminger Kalkes“ (resp. Grafensteigkalk) schichtparallel unterdrückt sind. Der „Raminger Kalk“ konnte daher nur an der Basis des Profils 3 nachgewiesen werden, ebenso der 50 m mächtige tonige Mikritkalk darüber, der wegen des vereinzelt Vorkommens von Cipitblöcken schon den basalen Leckkogel Schichten zugeordnet wird. Der Rest der Leckkogel Schichten besteht wie in der Typregion (Salzkammergut) aus drei terrigenreichen Abschnitten (von denen der mittlere am dünnsten ist) und zwei eingeschalteten detritusreichen Karbonatkomplexen, die lateral weit verfolgt werden können. Große Riffkalkblöcke in Cipitfazies sowie olistolithische Großschollen sind auf das

3. Terrigenintervall beschränkt. Die rund 300 m mächtigen Leckkogel Schichten des hohen unteren Karnium werden im oberen Karnium zunächst von einer 100 m mächtigen, lithologisch distinkten Plattenkalkserie überlagert, die im Gelände wandbildend hervortritt und einen ausgezeichneten, schon aus der Ferne erkennbaren und selbst bei intensiver Verfaltung gut verfolgbaren Kartierhorizont bildet. Der Plattenkalk stellt ein bislang unbeschriebenes Schichtglied in der Schichtfolge des oberen Karnium des alpinen Juvavikums dar und wird von Gesteinsäquivalenten der „Pötschen-Formation“, die unten kalkig und im Hangenden dolomitisch ausgebildet sind, in einer Mächtigkeit von 250 m überlagert. Darüber folgt der eigentliche Aflenzler Kalk, der entgegen früherer Ansichten sicher erst im Norium einsetzt.

Isotopen Methodik

Die Proben wurden geschnitten, gewaschen und unter dem Binocular bebohrt, um Adern, Litho- und Bioklasten oder verwitterte Flächen zu vermeiden. Das erhaltene Pulver wurde am Institut für Erdwissenschaften (Geologie und Paläontologie) der Karl-Franzens Universität Graz über eine automatische Kiel II preparation line und ein Finnigan MAT Delta Plus Maß-Spectrometer gemessen. Die Reaktion mit H_3PO_4 wurde bei 70 °C ausgeführt. Die Ergebnisse wurden gegen V-PDB Standard normalisiert. Die Reproduzierbarkeit der Messungen ist $\pm 0,1\%$ für $\delta^{13}C$ und $\pm 0,15$ für $\delta^{18}O$.

Ergebnisse

A) Unteres Karnium (Abb. 1)

Die erste negative Exkursion fängt in Aflenz bei Profilmeter 10 (= 1,7 m unterhalb eines ersten Mergelintervalls) an. Die Werte sinken von 2,8 ‰ bis -0,4 ‰. Die Werte steigen dann innerhalb von drei Metern oberhalb des Mergelintervalls bis 3 ‰. Die Werte steigern sich dann noch durch ein „Cipit Block“ Niveau und einen weiteren Mergelintervall bis 3,5 ‰. Die Werte bleiben anschließend die nächsten 10 Profilmeter um 3,5 ‰, bevor sie wieder niedriger werden. Das Minimum dieser zweiten Exkursion wird kurz über dem 1. Terrigenintervall am Anfang des Profils 4 (Profilmeter 92) erreicht. Die Werte steigen dann wieder langsam bis zu einem ersten Maximum bei Profilmeter 174 am Anfang des Profils 5. Ein weiteres Maximum wird kurz über dem 2. Terrigenintervall (Profilmeter 229) erreicht, sonst bleiben die Werte stabil um 3 ‰ entlang des Profils 5.

B) Oberes Karnium (Abb. 2)

Eine Störung überprägt leider den Wechsel von den schwarzen Schiefen mit Gleitblöcken, wie sie noch typisch für den 3. Terrigenintervall sind, und den ersten tuvalischen Sedimenten. In diesen dünnbankigen Detrituskalken (Profil 6) sinken die Werte um 3 ‰ und sind in den folgenden tonigen mudstone-Kalken über 20 m sehr niedrig (bis 0,1 ‰). Der negativste Punkt (0,1 ‰) ist 3 m unterhalb eines sedimentären Onlaps erreicht (Profilmeter 373), darüber folgt eine starke positive Exkursion mit einem Plateau um 4,7 ‰ an der Basis des Plattenkalks der „Jauring-Formation“ (Profilmeter 410). Die Werte sinken anschließend zu einem zweiten Plateau um 3,8 ‰ mit einem kurzen Relaunch bis 4,7 ‰ am Top der „Jauring-Formation“. Die scharfen Abfälle bei Profilmeter 445 sowie am Top der „Jauring-Formation“ könnten eventuell Lücken zeigen.

Die „Pötschen-Formation“ fängt mit Werten um 3 ‰ an, danach sinken sie über 35 m bis auf 0,4 ‰ ab. Diese Absenkung ist bis jetzt weltweit unbekannt, ereignet sich aber in einem C-isotopisch bislang kaum untersuchten Zeitabschnitt. Leider muss die Steigerung innerhalb der nicht aufgeschlossenen Zone liegen. Weitere Studien in anderen Profilen werden zeigen, ob dieses negative Intervall real oder ein diagenetischer Artefakt ist. Der obere Teil des Profils zeigt kaum Änderungen mit stabilen C-Werten um 2 ‰. Die 0,5 ‰ positive Exkursion an der Karnium/Norium-Grenze, die manchmal zitiert (z.B. TANNER, 2010), aber auch bezweifelt (RICHOSZ et al., 2007) wird, ist hier jedenfalls nicht zu sehen. Der Grenzbereich ist aber stark tektonisiert und diagenetisch überprägt, weshalb diese Exkursion hier abwesend sein könnte.

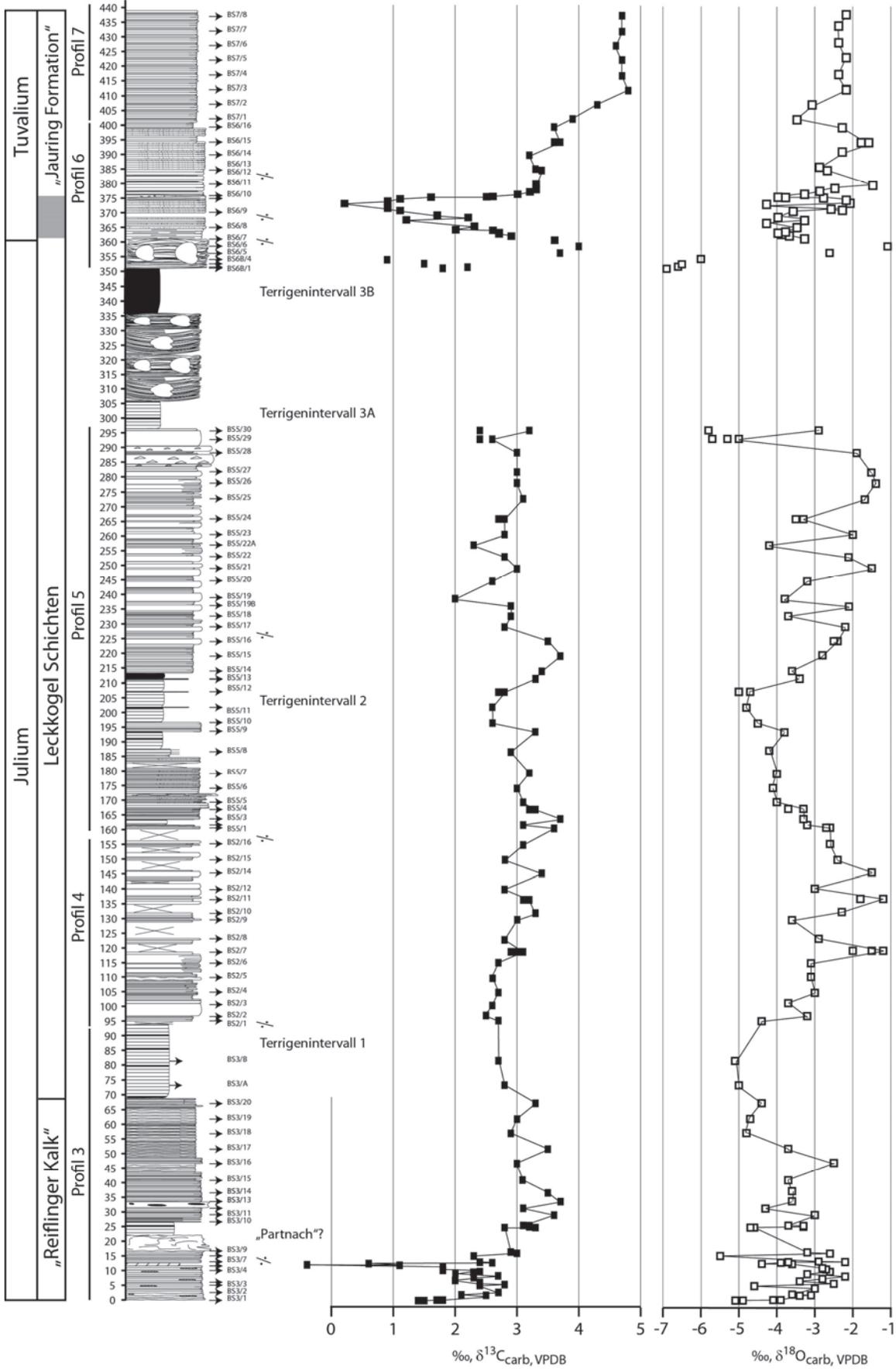


Abb. 1: Unteres Karnium-Profil an der Aflenzer Bürgeralmstraße mit $\delta^{13}\text{C}_{\text{carb}}$ und $\delta^{18}\text{O}_{\text{carb}}$ Werten.

Diskussion

Die O-Werte sind bezüglich ihrer Diagenese-Empfindlichkeit bekannt. Sie werden daher hier nicht stratigrafisch interpretiert. Die O-Werte von Dolomit müssen um -2.6 ‰ korrigiert werden, um sie mit Werten von Kalk vergleichen zu können. Dies ist einfach für eindeutigen Dolomit zu machen und wurde hier auch angewandt, aber wir haben keine Korrektur für teildolomitierte Proben durchgeführt. Die positive Exkursionen in $\delta^{18}\text{O}_{\text{carb}}$ im mittleren Teil des Profils 4 und oberen Teil des Profils 5 an der Aflenzner Bürgeralmstraße können sehr gut mit einer partiellen Dolomitierung des Kalks erklärt werden. Solche Interpretationen sind auch konform zu den Geländebeobachtungen. Der unterschiedliche Verlauf von $\delta^{13}\text{C}_{\text{carb}}$ und $\delta^{18}\text{O}_{\text{carb}}$ Werten und die gute Korrelationsfähigkeit der $\delta^{13}\text{C}_{\text{carb}}$ Kurve zwischen Aflenz und unveröffentlichten Ergebnissen im Karnium des Gosaukamms sprechen gegen eine diagenetische Veränderung der C-Werte für die meisten Proben (siehe Ausnahme unten).

Die karnische $\delta^{13}\text{C}$ Kurve wurde lang als unspektakulär beschrieben (KORTE et al., 2005; TANNER, 2010). Die bisherigen Studien mit $\delta^{13}\text{C}_{\text{carb}}$ zeigen keine oder nicht eindeutige negative Exkursionen (HORNUNG & BRANDNER, 2005; KORTE et al., 2005; KEIM et al., 2006; HORNUNG et al., 2007a, b; PRETO et al., 2009). Nur MUTTONI et al. (2014) beschrieben eine negative Exkursion in $\delta^{13}\text{C}_{\text{carb}}$ in Griechenland, aber diese ist schlecht datiert und schwer korrelierbar. DAL CORSO et al. (2012) beschreiben aber eine starke und eindeutige negative Exkursion in $\delta^{13}\text{C}_{\text{TOC}}$, $\delta^{13}\text{C}_{\text{n-alkanes}}$, $\delta^{13}\text{C}_{\text{wood}}$ und $\delta^{13}\text{C}_{\text{isoprenoid}}$ in den Dolomiten an der Basis der *Austrotrachyceras austriacum* Subzone und bringen sie in Zusammenhang mit dem Vulkanismus des Wrangell Terranes (Ost Alaska). DAL CORSO et al. (2015) finden die gleiche negative Exkursion an der Basis des Julium 2 in Lunz am See und in einer Bohrung am Balaton. Die neue C- und O-Isotopen Kurve von Aflenz bringt wichtige Ergebnisse zur Problemlösung der scheinbar unterschiedlichen Verhältnisse von organischen und anorganischen Kohlenstoffreservoirs. Die neue karnische Kurve zeigt zudem signifikante Änderungen, die, neben der Frage nach ihrer Bedeutung, vor allem für stratigrafische Korrelationen sehr nützlich sind. Leider beginnt das Profil in Aflenz in der ersten negativen Exkursion, weshalb die Amplitude von 2 ‰ als Einschätzung betrachtet wird. Die Exkursion dauert über mindestens 27 m und umrahmt ein Terrigenintervall, das nach der stratigrafischen Position als Partnach-Äquivalent interpretiert werden könnte. KEIM et al. (2006) fehlt diese negative Exkursion im unteren Karnium der St-Cassian-Formation in Südtirol, doch könnte ihre Kurve eventuell vorher enden. Dagegen könnte im Lunz-Polzberg Profil (HORNUNG et al., 2007a; DAL CORSO et al., 2015) diese Exkursion fehlen, weil das Profil zu spät anfängt. Allerdings ist die Probindichte in beiden genannten Studien viel geringer, und es könnte auch deshalb diese negative Exkursion nicht erfasst geblieben sein. Nachdem diese auffallende negative Exkursion gleichermaßen am Leckkogel (Gosaukamm, unveröff. Daten S. RICHÖZ) und in Aflenz zu erkennen ist, muss sie zumindest eine regionale Bedeutung haben. Ist sie, wie hier vermutet, tatsächlich ein Partnach-Äquivalent, könnte die negative Exkursion helfen, dieses Intervall auch dort zu erkennen, wo die Partnachmergel lithologisch abweichend vertreten sind.

Nach dieser ersten negativen Exkursion zeigt die Kurve langsam niedriger werdende Werte, bis ein Minimum am obersten Teil des 1. Terrigenintervalls erreicht wird. Nach HORNUNG et al. (2007b) sind solche Werte für die oberste *Aonoides Zone* (*carnicus Zone*) und Basis der *austriacum Zone* typisch und diese negative Exkursion entspricht mit großer Wahrscheinlichkeit jener im Bereich des Reingraben Events des Reiflinger Beckens. Diese relativ mäßige negative Exkursion korreliert sehr gut mit der Exkursion, die sehr stark im organischen Kohlenstoff der Dolomiten zu sehen ist (DAL CORSO et al., 2012, 2015).

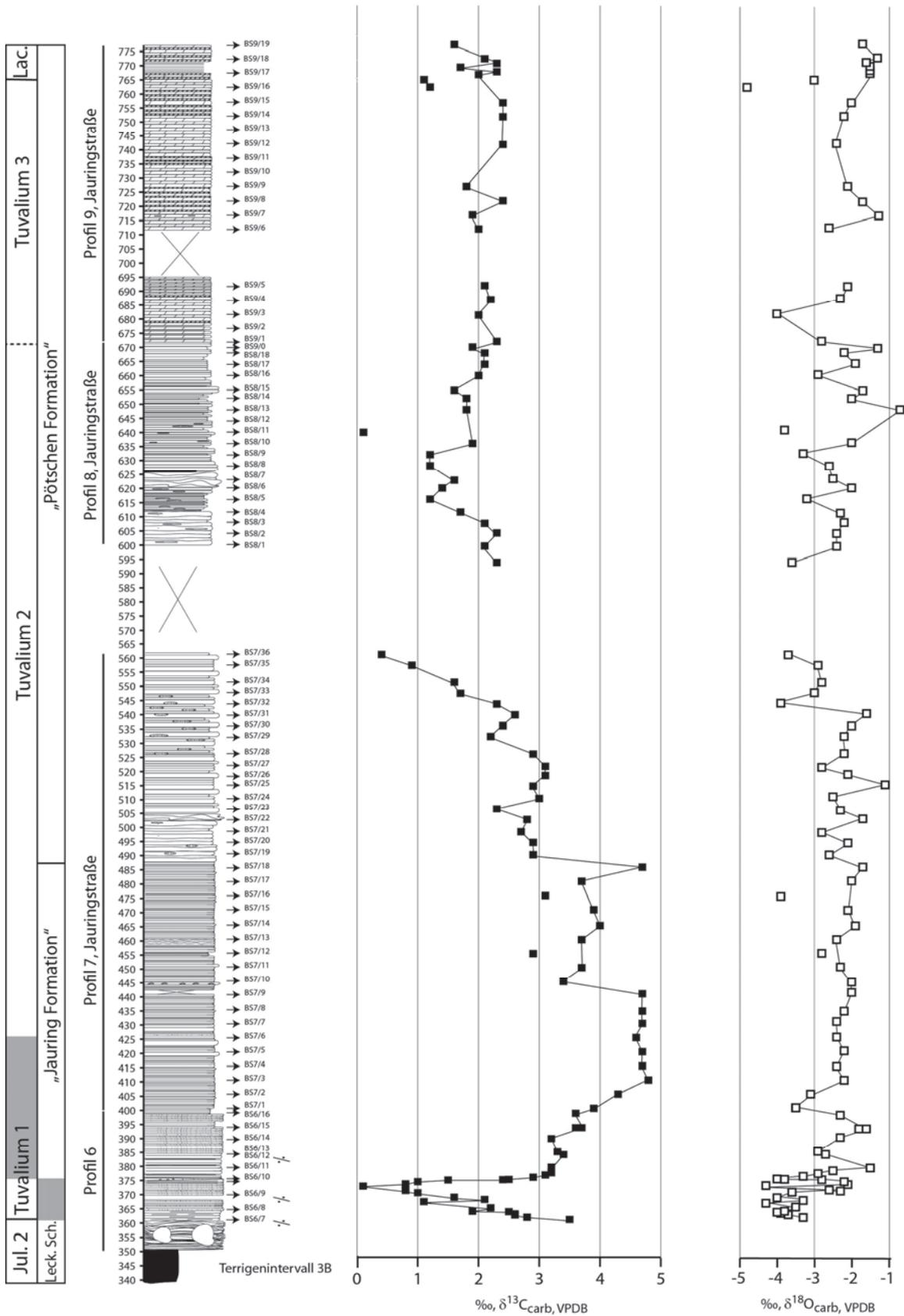


Abb. 2: Profil durch das obere Karnium der Afenzler Bürgeralmstraße und Jauring Straße mit $\delta^{13}\text{C}_{\text{carb}}$ und $\delta^{18}\text{O}_{\text{carb}}$ Werten.

In letztgenannter Arbeit findet sich aber kein Hinweis auf eine negative Exkursion im $\delta^{13}\text{C}_{\text{carb}}$. Wahrscheinlich lässt sich das damit begründen, dass die Exkursion außerhalb des kurzen untersuchten Abschnittes liegen würde.

Der Anstieg nach dem Minimum ist progressiv in Aflenz und die Kurve zeigt dann ein Plateau mit zwei Maxima, die ganz deutlich das 2. Terrigenintervall umrahmen.

Tektonik und der eventuelle Einfluss der Diagenese auf die Isotopenwerte in Aflenz machen eine detaillierte Beschreibung vom 3. Terrigenintervall zur Julium-Tuvalium-Grenze schwierig. Die Julium-Tuvalium-Grenze liegt aber in Aflenz im obersten Teil einer negativen Exkursion, wobei die eingeschaltete, eigentümlich starke, kurze positive Exkursion möglicherweise ein Artefakt durch die Olistolithe darstellt.

Die folgende positive starke Exkursion ist auch in der Türkei und im Oman zu sehen (unveröff. Daten S. RICHÖZ) und ihre Realität deswegen bewiesen. In Griechenland zeigen MUTTONI et al. (2014) keine Tandem negative-positive Exkursion an der Julium-Tuvalium-Grenze. Die biostratigrafischen Datierungen sind aber mangelhaft und eine Lücke ist möglich. Das obere Tuvalium 2 und das Tuvalium 3 sowie der Übergang ins Ladium (unteres Norium) sind sehr stabil um 2 ‰, wie schon vom RICHÖZ et al. (2007), MAZZA et al. (2010) und MUTTONI et al. (2014) gezeigt wurde.

Schlussfolgerungen

Die Karbon-Isotopie Kurve des Aflenzer Karnium zeigt zahlreiche Änderungen, die zumindest regional eine höher auflösende Gliederung des unteren Karnium erreichbar erscheinen lassen, als dies derzeit mit Conodonten möglich ist. Zusammengefasst ergeben sich:

- A) An der Basis der Profile eine scharfe negative Exkursion mit 3 ‰ Amplitude, die verbunden ist mit einem Terrigenintervall, das ein Partnach-Äquivalent sein könnte – und damit eine Korrelation ins Voralpin ermöglichte.
- B) Eine zweite, längere negative Exkursion (1,2–2 ‰) mit dem Minimum am Top des 1. Terrigenintervalls, die mit dem Reingraben Event verbunden zu sein scheint.
- C) Zwei Maxima, die das 2. Terrigenintervall umrahmen.
- D) Eine 3 ‰ scharfe negative Exkursion kurz oberhalb der Julium-Tuvalium-Grenze ist markant und auch weltweit zu bemerken (u.a. Türkei, Slowenien, Oman; unveröff. Daten S. RICHÖZ).
- E) Ein Plateau mit sehr hohen Werten (bis 4,7 ‰) an der Basis des Plattenkalks der „Jauring-Formation“, das bei Anhalten dieses Trends eventuell eine isotopen-stratigrafische Unterscheidung von unter- und oberkarnischen Sedimenten erlaubt.
- F) Der folgende Abstieg ist mehr progressiv und läuft über den oberen Teil der „Jauring-Formation“ und die Basis der „Pötschen-Formation“.
- G) Eine negative Exkursion ist in der Mitte des Tuvalium 2 zu sehen. Weitere Studien müssen zeigen, ob diese real oder ein diagenetischer Artefakt ist.
- H) Das obere Tuvalium 2 und das Tuvalium 3 sind sehr stabil um 2 ‰.

Literatur

- DAL CORSO, J., MIETTI, P., NEWTON, R.J., PANCOST, R.D., PRETO, N., ROGHI, G. & WIGNALL, P.B. (2012): Discovery of a major negative $\delta^{13}\text{C}$ spike in the Carnian (Late Triassic) linked to the eruption of Wrangellia flood basalts. – *Geology*, **40**, 79–82, Washington D.C.
- DAL CORSO, J., GIANOLLA, P., NEWTON, R.J., FRANCESCHI, M., ROGHI, G., CAGGIATI, M., RAUCSIK, B., BUDAI, T., HAAS, J. & PRETO, N. (2015): Carbon isotope records reveal synchronicity between carbon cycle perturbation and the “Carnian Pluvial Event” in the Tethys realm (Late Triassic). – *Global and Planetary Change*, **127**, 79–90, Amsterdam.
- HORNUNG, T. & BRANDNER, R. (2005): Biochronostratigraphy of the Reingraben Turnover (Hallstatt Facies Belt): Local black shale events controlled by regional tectonics, climatic change and plate tectonics. – *Facies*, **51**, 475–494, Berlin–Heidelberg.
- HORNUNG, T., SPATZENEGGER, A. & JOACHIMSKI, M.M. (2007a): Multistratigraphy of condensed ammonoid beds of the Rappoltstein (Berchtesgaden, southern Germany): Unravelling palaeoenvironmental conditions in ‘Hallstatt deep swells’ during Reingraben Event (Late Lower Carnian). – *Facies*, **53**, 267–292, Berlin–Heidelberg.

- HORNUNG, T., KRYSZYN, L. & BRANDNER, R. (2007b): A Tethys-wide mid-Carnian (Upper Triassic) carbonate productivity decline: Evidence for the Alpine Reingraben Event from Spiti (Indian Himalaya)? – *Journal of Asian Earth Sciences*, **30/2**, 285–302.
- KEIM, L., SPÖTL, C. & BRANDNER, R. (2006): The aftermath of the Carnian carbonate platform demise: a basinal perspective (Dolomites, Southern Alps). – *Sedimentology*, **53**, 361–386, Oxford. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1365-3091.2006.00768.x>.
- KORTE, C., KOZUR, H., W. & VEIZER, J. (2005): $\delta^{13}\text{C}$ and $\delta^{18}\text{O}$ values of Triassic brachiopods and carbonate rocks as proxies for coeval seawater and paleotemperature. – *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, **226**, 287–306, Amsterdam.
- MAZZA, M., FURIN, S., SPÖTL, C. & RIGO, M. (2010): Generic turnovers of Carnian/Norian conodonts: climatic control or competition? – *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, **290**, 120–137, Amsterdam.
- MUTTONI, G., MAZZA, M., MOSHER, D., KATZ, M.E., KENT, D.V., BALINI, M. (2014): A Middle–Late Triassic (Ladinian–Rhaetian) Carbon and Oxygen isotope record from the Tethyan Ocean. – *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, **399**, 246–259, Amsterdam. <http://dx.doi.org/10.1016/j.palaeo.2014.01.018>.
- PRETO, N., SPÖTL, C. & GUAIUMI, C. (2009): Evaluation of bulk carbonate $\delta^{13}\text{C}$ data from Triassic hemipelagites and the initial composition of carbonate mud. – *Sedimentology*, **56**, 1329–1345, Oxford. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1365-3091.2008.01036.x>.
- RICHOZ, S., KRYSZYN, L. & SPÖTL, C. (2007): Towards a carbon isotope reference curve of the Upper Triassic. – *New Mexico Museum of Natural History and Science, Bulletin*, **41**, 366–367.
- TANNER, L.H. (2010): The Triassic isotope record. – In: LUCAS, S.G. (Ed.). *The Triassic Timescale*. – Geological Society of London, Special Publication, 103–118, London.