

Der Bittesch-Gneis im Nationalpark Thayatal-Podyjí (Österreich, Tschechische Republik)

MICHAEL MATZINGER* & FRITZ FINGER*

5 Abbildungen, 1 Tabelle, 4 Tafeln

Österreichische Karte 1:50.000

BMN / UTM

8 Geras / NM 33-11-06 Langau

9 Retz

Böhmischa Masse

Moravikum

Bittesch-Gneis

Geochemie

Petrografie

Inhalt

Zusammenfassung	25
Abstract	25
Einleitung	26
Ergebnisse	27
Geländebefund	27
Geochemie	29
Dünnschliffbeobachtungen	32
Diskussion und Schlussfolgerung	32
Dank	33
Literatur	33
Tafeln	35

Zusammenfassung

Der Bittesch-Gneis ist die westlichste und hangendste Einheit der Moravischen Zone. Es handelt sich um einen variszisch stark deformierten Orthogneiskomplex mit spätproterozoischem (cadomischem) Protolithalter. Im Nationalpark Thayatal-Podyjí ist der Bittesch-Gneis zwischen Vranov und Hardegg durchgehend gut aufgeschlossen. Es wurden hier engmaschig Proben zur geochemischen und petrografischen Untersuchung genommen. Bereits im Zuge der Probenahme wurde festgestellt, dass der Bittesch-Gneis im Thayatal unüblich mafische Varianten beinhaltet. Diese stellen einen eigenen tonalitisch-granodioritischen Subtyp von Bittesch-Gneis dar, welcher in der vorliegenden Arbeit erstmals genauer beschrieben wird.

The Bittesch-Gneis in the National Park Thayatal-Podyjí (Austria, Czech Republic)

Abstract

The Bittesch-Gneiss is the western- and uppermost geological unit of the Moravian Zone. The rock has a late Proterozoic (Cadomian) protolith age and is strongly affected by Variscan metamorphism. Good outcrops of the Bittesch-Gneiss exist in the national park Thayatal-Podyjí along the river Thaya. Samples were taken between Vranov (CZ) and Hardegg (AT) for geochemical and petrographic investigations. Already during sampling, unusually mafic varieties of Bittesch-Gneiss could be recognized. These rocks represent a distinct tonalitic-granodioritic subtype of Bittesch-Gneiss, which is newly described in this article.

* MICHAEL MATZINGER, FRITZ FINGER: Universität Salzburg, FB Chemie und Physik der Materialien, Jakob-Haringer-Straße 2, 5020 Salzburg. michael.matzinger@sbg.ac.at, friedrich.finger@sbg.ac.at

Einleitung

Der Bittesch-Gneis gilt als das Leitgestein der Moravischen Zone und begleitet diese in ihrem Hangenden über mehr als 100 km, vom Südende bis zum Nordende der Thaya-Kuppel, und weiter im Svatka-Fenster in Mähren (Abb. 1). Nach derzeitigem Kenntnisstand kann der Bittesch-Gneis als Teil eines variszisch stark deformierten Granitmassivs interpretiert werden, mit einem Bildungsalter von ungefähr 580 Ma. Entsprechende Zirkondatierungen von FRIEDL et al. (2000, 2004) aus dem österreichischen Gebiet konnten unlängst im Svatka-Fenster reproduziert werden (SOEJONO et al., 2017). Ein ähnliches Alter (570 ± 44 Ma) wurde schon zuvor mit Hilfe der Rb-Sr-Gesamtgesteinsmethode im Bittesch-Gneis aus einem Steinbruch ca. 1 km südöstlich von Messern im Taffatal gemessen (MORAUF & JÄGER, 1982), sodass davon auszugehen ist, dass weite Teile des Bittesch-Gneises dieses spätproterozoische Bildungsalter besitzen. SCHARBERT (1977) konnte allerdings zeigen, dass es zu dieser Zeit (also vor ca. 580 Ma) bestensfalls zu lokaler, keineswegs aber zu einer durchgreifenden Equilibrierung der Sr-Isotopen über den gesamten proto-Bittesch-Gneis-Komplex gekommen ist. Ob das von Scharbert berechnete Isochronenalter von etwa 800 Ma eine konkrete geologische Bedeutung besitzt, ist unklar. Es ist nicht völlig auszuschließen, dass es gewisse Bittesch-Gneis-Varianten mit einem Bildungsalter > 580 Ma gibt. Realistischer erscheint allerdings die Annahme, dass sich der Bittesch-Gneis, ähnlich wie auch der Thayabatholith, aus mehreren plus-minus gleich alten, aber isotopisch uneinheitlichen Teilplutonen zusammensetzt. Zahlreiche übernommene Zirkonkerne mit vorwiegend mesoproterozoischem Alter legen nahe, dass die magmatischen Edukte des Bittesch-Gneises durchwegs hohe Restitanteile besa-

ßen. Dieser Umstand sowie die eher niedrigen Zr-Gesamtgesteinseinsgehalte lassen auf niedrig temperierte, krustale Schmelzen schließen (FINGER & RIEGLER, 2014).

Makroskopisch zeigt sich der Bittesch-Gneis bekanntlich als ziemlich einheitliches Gestein. Der einheitliche Eindruck wird vor allem durch die uniforme, stängelige Deformation und hochtemperierte Mylonitisierung vermittelt. Diese hat allfällig vorhandene strukturelle Eigenheiten ehemaliger Teilplutone definitiv stark verwischt. Die Suche nach solchen plutonischen Subeinheiten im Bittesch-Gneis muss daher unter anderem mit geochemischer Methodik angegangen werden. Dass solche primärmagmatischen Heterogenitäten prinzipiell existieren, ist bereits aus den frühen geochemischen Untersuchungen von FINGER et al. (1989), BERNROIDER (1989) und PRECLIK (1927) abzuleiten, welche allerdings nur stichprobenartigen Charakter hatten. FINGER & RIEGLER (2014, 2016) haben vor einigen Jahren damit begonnen, die Variationsbreite des Bittesch-Gneises auf Kartenblatt 21 Horn systematisch zu erfassen, in Begleitung der dort laufenden Kartierungsarbeiten der Geologischen Bundesanstalt (Reinhard Roetzel und Manfred Linner). Parallel dazu wird in der vorliegenden Arbeit versucht, die geochemische und auch petrografische Variation des Bittesch-Gneises im Nationalpark Thayatal-Podyjí genauer zu charakterisieren. Derartige Studien werden letztlich helfen, verschiedene magmatische Subeinheiten im Bittesch-Gneis zu definieren und in der Folge auch individuell zu datieren. Die Arbeit schließt an die geologischen Untersuchungen der Autoren im Nationalpark Thayatal-Podyjí in den Jahren 2014 bis 2017 an (MATZINGER, 2016; MATZINGER & FINGER, 2017). Sie ist Teil einer von der Geologischen Bundesanstalt unterstützten geologischen Dissertation des Erstautors.

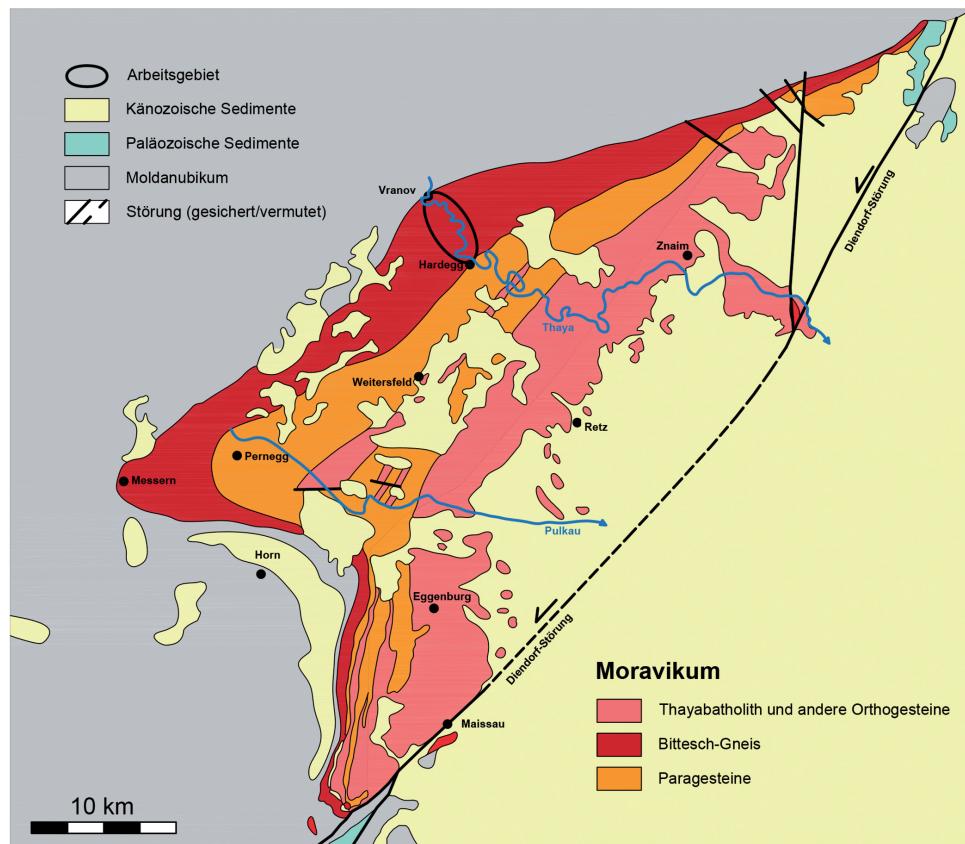


Abb. 1.
Geologische Übersichtskarte des Moravikums, verändert nach FRASL (1991).

Ergebnisse

Geländebeobachtungen

Direkt in Hardegg, der kleinsten Stadt Österreichs, findet der Lithologiewechsel von den Glimmerschiefern, Paragneisen und Kalksilikaten des Pernegg-Komplexes zum auflagernden Bittesch-Gneis hin statt (ROETZEL et al., 2004, 2005). Ab hier kann, dem Thayatal folgend, die gesamte Einheit des Bittesch-Gneises bis nach Vranov nad Dyjí in Tschechien vom Liegenden in das Hangende durchwandert und aufgrund der guten Aufschlusslage nahezu durchgehend beprobt werden.

Unmittelbar westlich von Hardegg wechseln einander Bittesch-Gneis und Kalksilikatschiefer noch in Lagen ab. Größere Felsburgen sind auf österreichischer Seite allerdings fast immer Bittesch-Gneis (Abb. 2), wogegen am tschechischen Ufer auch Kalksilikate mächtige Felswände bilden. Ganz allgemein ist die Aufschlusslage im größtenteils tief und an den Flanken steil eingeschnittenen Thayatal vor allem an den Prallhängen ausgezeichnet.

Im Liegendabschnitt bei Hardegg ist der Bittesch-Gneis typischerweise mittelgrau, gut geschiefer und klein- bis mittelkörnig (Proben MM 81-15, MM 141-15, Taf. 1, Figs. 1, 2). Größere Augen von Feldspäten ($> 0,5$ cm) sind selten.

Etwa 1 km westlich von Hardegg ändert sich der Charakter des Bittesch-Gneises deutlich. Es treten hier viele lagige Heterogenitäten in Erscheinung. So wechseln beispielsweise in Aufschlüssen südlich des Bründlgrabens im cm/dm-Bereich feinkörnige helle, aplitische Lagen und gröbere Orthogneislagen lebhaft einander ab, oft getrennt von dünnen biotitreichen Lagen (Probe MM 90-15, Abb. 3 rechts). Auch kommen in dieser Gegend immer wieder exotische, biotitreiche Gneise geringmächtig vor (Probe MM 89-15, Abb. 3 links). In der Karte ist dieser Bereich dementsprechend mit der Übersignatur „feinkörniger Biotitparagneis“ versehen (ROETZEL et al., 2004). Die geochemische Untersuchung einer solchen biotitreichen Lage

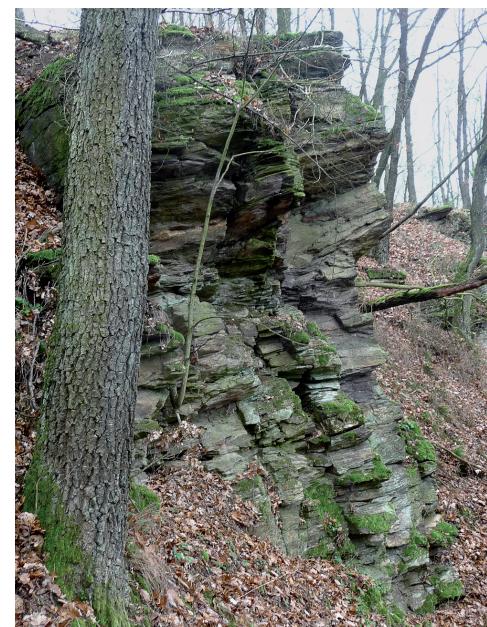


Abb. 2.
Aufschluss von Bittesch-Gneis etwa 1,5 km nordwestlich von Hardegg (Foto: M. Matzinger).

ergab überraschenderweise einen sauren Gesamtgesteinsschemismus mit ca. 78 Gew.% SiO_2 , sowie einen außergewöhnlich hohen Zr-Gehalt von 877 ppm. Neben den gebänderten Gneisen tritt in diesem Talabschnitt aber auch immer wieder kleinkörniger Bittesch-Gneis in homogenen Partien auf, vergleichbar dem Bittesch-Gneis bei Hardegg.

Auf tschechischer Seite sind gleich im Hangenden der Kalksilikate Biotitorthogneise kartiert (Taf. 1, Figs. 3, 4), die nach unseren Untersuchungen fallweise auch Amphibol führen können. Diese „Biotitorthogneise“ sind zum Teil auffällig schlierig ausgebildet und erinnern dann an Migmatite. Andere Proben sind straffer geschiefer und stärker mylonitisiert, zeigen aber auffällige hell-dunkel Wechsel im cm-Bereich und könnten daher ebenfalls Migmatite gewesen sein.



Abb. 3.
Links: „feinkörniger Biotitparagneis“, Probe MM 89-15; rechts: Wechselfagerung verschiedener Orthogneise mit mafischen Zwischenlagen, Probe MM 90-15; Maßstab in Millimeter.

Im Hangenden der als Biotitparagneise bzw. Biotitorthogneise kartierten Zonen bildet der Schwalbenfelsen auf österreichischer Seite eine hohe und markante Felswand aus Bittesch-Gneis. Eine ca. 2 m mächtige Amphibolitlage ist eingeschaltet (Abb. 4). Insgesamt macht der Bittesch-Gneis hier wieder einen eher homogenen Eindruck, im Vergleich zur zuvor beschriebenen unterlagerten Lithologie (Biotitparagneise und Biotitorthogneise). Allerdings fällt im Vergleich zum hellgrauen Hardegger Bittesch-Gneis-Typ ein höherer Biotitgehalt auf (Probe MM 10-18, Taf. 1, Fig. 5) und im Dünnschliff zeigt sich eine stärkere Dominanz von Plagioklas relativ zu Kalifeldspat. Der Modalbestand tendiert somit in Richtung tonalitisch.

Unterhalb des Schwalbenfelsens, vom Thayabrunnen beim Langen Grund die Thaya aufwärts, treten am Gleithang neben Blockhalden deluviale Ablagerungen auf. Es gibt hier nur wenige Felsaufschlüsse. Mächtige Felswände von Bittesch-Gneis und Kalksilikaten finden sich aber gegenüber am Prallhang des tschechischen Ufers (s.o.).

Weiter flussaufwärts, nördlich des Krotengrabens, nimmt die Anzahl der Aufschlüsse auf österreichischer Seite wieder deutlich zu (Abb. 5).

Man beobachtet hier auffällig dunkle Lagen von Bittesch-Gneis, zum Teil mit ungewöhnlich massigem Erscheinungsbild (Probe MM 99-15, Taf. 1, Fig. 6), allerdings zumeist in unregelmäßiger Wechsellagerung mit helleren Varianten. Ein solcher hell-dunkel-Wechsel kann zum Teil im cm/dm-Maßstab stattfinden (Taf. 2, Fig. 1, 2).

Über diesen mafischeren Bittesch-Gneis-Typen folgt ein geringmächtiger Horizont mit stark mylonitisiertem Bittesch-Gneis. Diese Mylonite lassen sich im Streichen über einen Kilometer weit vom Bründlgraben (Probe MM 94-15, Taf. 2, Fig. 3) über zwei weitere Aufschlüsse (Proben MM 13-18, MM 100-15, Taf. 2, Figs. 4, 5) bis in den Krotengraben verfolgen (Probe MM 20-18, Taf. 2, Fig. 6).



Abb. 4.

Links: Aufschluss Schwalbenfelsen (Foto: M. Matzinger); rechts: Amphibolitlage in Bittesch-Gneis beim Schwalbenfelsen (Foto: R. Roetzel).



Abb. 5.

Massiger, intermediärer Bittesch-Gneis, Aufschluss nördlich Krotengraben (Foto: R. Roetzel).

Über diesem markanten Mylonithorizont ist der Bittesch-Gneis dann wieder ziemlich homogen, hell-mittelgrau und kleinaugig ausgebildet. Nach dem Übertreten der österreichisch-tschechischen Grenze beim Stierwiesberg ist er in dieser Form entlang der Thaya über mehrere hundert Meter fast durchgehend aufgeschlossen (Taf. 3, Fig. 1). Das Gestein bricht hier betont plattig entlang der Schieferungsflächen.

Weiter Richtung Vranov nad Dyjí treten in immer größerer Zahl Amphibolitzwischenlagen auf und man beobachtet zunehmend Verfaltungen. In Vranov nad Dyjí (Zadní Hamry, Straße nach Onšov) ist eine isoklinal verfaltete intensive Wechsellagerung von Bittesch-Gneis und Amphibolit als Naturdenkmal ausgewiesen (Taf. 3, Fig. 2). Unmittelbar westlich von Vranov nad Dyjí endet die Bittesch-Gneis-Einheit und es folgen Gesteine der Drosendorf- und Gföhl-Einheit (drosendorfská a gfölská jednotka).

Geochemie

Unsere 28 neuen geochemischen Analysen aus dem Thayatal (Tab. 1) machen schnell klar, dass der Bittesch-Gneis in diesem Gebiet stofflich anders ist als auf Blatt 21 Horn. Während der Bittesch-Gneis auf Blatt Horn praktisch ausschließlich saure Zusammensetzung mit $\text{SiO}_2 > 70$ Gew.% und $\text{FeO} < 1,5$ Gew.% besitzt (FINGER & RIEGLER, 2014, 2016), zeigt der Bittesch-Gneis des Thayatals

in seinem Mittelabschnitt häufig SiO_2 -Gehalte von nur 60–70 Gew.% SiO_2 und 1,5–4 Gew.% FeO .

Im Hangendabschnitt ist der Bittesch-Gneis des Thayatals zwar wieder deutlich SiO_2 reicher und FeO ärmer als im Mittelteil, allerdings zeigen fast alle in diesem Abschnitt genommenen Proben außergewöhnliche Na-Betonung (Na_2O 5–7 Gew.%, $\text{Na}_2\text{O}/\text{K}_2\text{O}$ -Verhältnis 3–6) und dementsprechend leukokonalitische Zusammensetzung mit viel

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Probe	MM 10-18	MM 13-18	MM 14-18	MM 15-18	MM 17-18	MM 18-18	MM 19-18	MM 20-18	MM 21-18	MM 22-18 grob
Gestein	BG Schwalbenfelsen	BG Thayatal	BG Thayatal	BG Kroten-graben	BG Kroten-graben	BG Schwalbenfelsen	BG Thayatal	BG Schwalbenfelsen	BG Schwalbenfelsen	BG Schwalbenfelsen
SiO_2	69,38	70,93	71,53	63,80	64,22	68,56	70,26	69,78	70,01	67,51
TiO_2	0,33	0,36	0,30	0,60	0,54	0,37	0,25	0,34	0,27	0,30
Al_2O_3	16,35	15,80	15,71	17,87	17,71	16,69	16,36	16,24	16,39	17,56
Fe_2O_3	2,35	2,00	1,71	3,98	3,81	2,45	1,63	2,49	1,66	2,13
MnO	0,03	0,02	0,02	0,04	0,08	0,03	0,02	0,06	0,03	0,05
MgO	1,07	0,76	0,72	1,70	1,84	1,06	0,65	1,25	0,92	0,86
CaO	2,26	2,57	3,39	4,17	4,12	3,42	3,11	2,46	3,21	3,59
Na_2O	4,72	4,60	4,83	4,69	4,22	4,79	5,55	5,78	4,96	5,30
K_2O	1,67	1,49	1,06	1,62	1,94	1,33	0,87	1,20	1,55	1,09
P_2O_5	0,13	0,08	0,04	0,27	0,22	0,07	0,07	0,13	0,08	0,13
SO_3	0,02	0,00	0,01	0,02	0,02	0,01	0,01	0,00	0,02	0,00
GV	1,43	1,11	0,46	0,87	0,96	0,98	0,42	0,86	0,67	1,25
Summe	99,74	99,72	99,78	99,63	99,68	99,76	99,20	100,59	99,77	99,77
Rb	57	48	29	48	66	51	29	27	46	32
Sr	590	658	680	749	601	475	725	549	611	564
Ba	572	612	497	889	584	415	557	784	489	352
Th	3	u.d.N.	u.d.N.	u.d.N.	7	u.d.N.	4	u.d.N.	u.d.N.	2
La	13	32	18	19	46	21	32	28	16	28
Ce	38	64	34	33	92	45	72	52	30	52
Nd	13	22	15	12	37	17	25	23	10	21
Ga	16	16	16	21	19	16	18	19	19	18
Nb	8	7	6	13	14	8	7	11	8	6
Zr	101	97	158	153	129	98	128	109	136	113
Y	7	4	u.d.N.	8	14	5	3	7	u.d.N.	7
Sc	5	6	6	8	8	5	u.d.N.	6	4	3
Pb	u.d.N.	7	u.d.N.	u.d.N.	6	6	7	u.d.N.	6	3
Zn	32	33	25	60	61	34	21	42	25	40
V	32	21	23	54	62	41	13	29	18	29
Co	3	u.d.N.	4	6	6	6	u.d.N.	4	u.d.N.	3
Cr	6	9	3	6	23	u.d.N.	4	u.d.N.	30	4
Ni	8	8	8	9	10	11	8	8	9	7
Qz	31,06	33,19	32,23	22,15	24,04	28,47	28,18	26,66	28,57	25,18
Plag	49,84	50,68	57,17	58,51	54,44	56,79	61,76	60,14	56,86	61,61
Kfsp	5,08	5,15	2,83	1,04	2,93	2,76	1,88	1,34	5,56	2,09
Koordinaten										
R	713937	713962	714464	714417	714425	714328	714313	714313	714277	714333
H	414291	414605	414800	414870	414885	414911	414863	414863	414895	414826

Tab. 1, Teil 1.

Ergebnisse der Röntgenfluoreszenzanalyse. Hauptelemente in Gew.%, Spurenelemente in ppm; GV = Glühverlust, u.d.N. = unter der Nachweisgrenze; Qz = Quarz, Plag = Plagioklas, Kfsp = Kalifeldspat (normative Berechnung); R = Rechtswert, H = Hochwert, Koordinaten im BMN M34.

	11	12	13	14	15	16	17	18	19
Probe	MM 22-18 fein	MM 23-18	MM 24-18	MM 26-18	MM 27-18	MM 28-18	MM 29-18	MM 31-18 hell	MM 33-18 A
Gestein	BG Kroten-graben	BG Thayatal	BG Schwalben-felsen	BG Thayatal	BG Schwalben-felsen	BG Schwalben-felsen	BG Thayatal	„Biotit-orthogneis“, CZ	„Biotit-orthogneis“, CZ
SiO ₂	60,59	73,69	68,82	76,06	70,25	69,16	73,29	60,08	59,76
TiO ₂	0,62	0,28	0,36	0,03	0,33	0,24	0,09	0,28	0,40
Al ₂ O ₃	19,41	14,08	16,42	13,66	16,30	17,19	15,17	22,89	17,91
Fe ₂ O ₃	4,21	1,88	2,29	0,58	1,96	1,36	1,05	1,00	3,78
MnO	0,06	0,01	0,03	0,04	0,03	0,02	0,03	0,02	0,03
MgO	2,30	0,77	1,00	0,04	0,67	0,46	0,18	0,53	0,60
CaO	3,43	3,16	3,58	0,55	3,09	2,77	0,82	7,00	13,59
Na ₂ O	5,42	3,97	4,58	4,07	4,98	4,80	4,00	6,49	1,52
K ₂ O	1,59	1,08	1,45	4,17	1,43	3,00	4,10	0,77	0,11
P ₂ O ₅	0,22	0,11	0,15	0,04	0,07	0,07	0,11	0,03	0,04
SO ₃	0,01	0,01	0,03	0,00	0,01	0,07	0,01	0,00	0,01
GV	1,80	0,75	1,02	0,64	0,65	0,59	0,92	0,72	1,94
Summe	99,66	99,79	99,73	99,88	99,77	99,73	99,77	99,81	99,69
Rb	38	29	46	169	53	60	156	24	u.d.N.
Sr	558	518	621	41	537	567	222	1173	956
Ba	861	502	638	76	293	995	735	227	59
Th	3	u.d.N.	u.d.N.	4	6	13	4	u.d.N.	85
La	28	10	13	17	38	29	20	6	218
Ce	48	12	19	44	73	42	31	16	418
Nd	19	4	5	22	31	18	21	u.d.N.	204
Ga	20	15	18	16	17	18	17	21	25
Nb	13	6	9	8	7	6	9	7	u.d.N.
Zr	158	116	148	61	162	125	66	73	72
Y	13	u.d.N.	4	25	7	7	13	5	14
Sc	8	5	3	3	7	u.d.N.	4	6	u.d.N.
Pb	3	3	7	21	10	9	14	u.d.N.	9
Zn	67	27	30	15	40	25	33	21	31
V	67	20	26	u.d.N.	16	22	u.d.N.	21	12
Co	5	5	3	u.d.N.	3	3	u.d.N.	3	5
Cr	45	3	4	u.d.N.	3	5	u.d.N.	u.d.N.	19
Ni	10	8	8	6	9	9	7	10	20
Qz	15,66	40,00	29,38	35,36	29,38	24,02	32,88	4,50	-
Plag	61,44	48,31	55,18	34,52	56,55	52,39	34,94	89,58	-
Kfsp	0,00	2,63	3,90	26,21	5,03	16,55	24,81	2,24	-
Koordinaten									
R	714333	714448	713905	711025	711025	711025	715385	714602	714581
H	414826	414648	414383	410472	410472	410472	413505	414204	414153

Tab. 1, Teil 2.

Ergebnisse der Röntgenfluoreszenzanalyse. Hauptelemente in Gew.%, Spurenelemente in ppm; GV = Glühverlust, u.d.N. = unter der Nachweigrenze; Qz = Quarz, Plag = Plagioklas, Kfsp = Kalifeldspat (normative Berechnung); R = Rechtswert, H = Hochwert, Koordinaten im BMN M34.

Plagioklas und wenig Kalifeldspat. Dadurch ergibt sich ein zweiter, ganz markanter geochemischer Unterschied zum Bittesch-Gneis auf Blatt Horn, welcher fast immer niedrigere Na₂O-Gehalte zwischen 3 und 5 Gew.%, ein Na₂O/K₂O-Verhältnis von 1–2, und somit granitischen bis granodioritischen Modalbestand aufweist. Lediglich im Liegendabschnitt des Thayatals bei Hardegg zeigt der Bit-

tesch-Gneis stellenweise Zusammensetzungen, die dem Bittesch-Gneis auf Blatt Horn entsprechen. Aber selbst in diesem Abschnitt erweisen sich viele der genommenen Proben unüblich Na₂O betont.

Die Na₂O-reichen Bittesch-Gneis-Varianten sind vermutlich durch spätmagmatisch-metasomatische Granitalteration (Albitisierung) unter massiver Beteiligung von Fluiden

	20	21	22	23	24	25	26	27	28
Probe	MM 33-18 B	MM 33-18 C	MM 35-18	MM 37-18	MM 85-15	MM 88-15	MM 89-15 dunkel	MM 89-15 hell	MM 90-15
Gestein	„Biotit-orthogneis“, CZ	„Biotit-orthogneis“, CZ	BG Schwalbenfelsen	BG Thayatal	BG westlich Hardegg	BG westlich Hardegg	Paragneis westlich Hardegg	BG in Paragneis westlich Hardegg	Gneislage in gebändertem Gestein
SiO ₂	67,06	66,69	66,51	71,52	73,13	73,33	77,30	75,04	70,93
TiO ₂	0,36	0,36	0,46	0,24	0,19	0,07	1,35	0,08	0,27
Al ₂ O ₃	16,42	17,65	17,62	15,89	15,68	16,28	6,44	14,90	16,52
Fe ₂ O ₃	2,16	2,30	2,21	1,49	1,25	1,07	6,62	0,95	1,18
MnO	0,03	0,03	0,02	0,03	0,01	0,00	0,04	0,00	0,02
MgO	0,89	1,08	1,18	0,69	0,49	0,29	3,18	0,16	0,77
CaO	6,13	6,53	3,99	2,60	0,73	3,17	0,15	3,22	1,86
Na ₂ O	4,39	4,73	4,95	5,78	5,25	4,55	0,23	4,89	6,10
K ₂ O	0,33	0,33	1,30	0,94	2,95	1,02	2,82	0,46	1,30
P ₂ O ₅	0,04	0,05	0,22	0,08	0,05	0,03	0,05	0,03	0,06
SO ₃	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,01	0,06	0,07	0,02
GV	0,75	0,73	1,26	0,53	0,94	0,80	1,24	0,77	0,75
Summe	98,56	100,48	99,73	99,79	100,67	100,62	99,48	100,57	99,78
Rb	11	9	49	30	72	24	118	12	54
Sr	567	620	702	463	365	558	25	591	229
Ba	205	277	711	541	925	524	1031	273	229
Th	51	47	u.d.N.	3	7	u.d.N.	18	u.d.N.	23
La	117	122	11	19	31	18	23	8	49
Ce	250	230	12	33	51	16	28	25	105
Nd	110	111	5	10	21	16	u.d.N.	4	53
Ga	14	16	18	17	16	15	15	12	16
Nb	u.d.N.	u.d.N.	6	7	6	u.d.N.	14	u.d.N.	4
Zr	152	191	108	98	120	46	860	328	110
Y	8	7	4	10	6	6	u.d.N.	u.d.N.	38
Sc	5	3	6	8	3	u.d.N.	18	u.d.N.	5
Pb	4	4	3	5	15	7	u.d.N.	8	9
Zn	40	45	27	33	46	12	71	10	17
V	18	13	36	24	6	5	139	15	41
Co	4	5	4	2	u.d.N.	u.d.N.	7	u.d.N.	u.d.N.
Cr	4	10	5	9	5	4	74	9	20
Ni	17	18	7	10	7	12	20	11	10
Qz	26,26	22,03	24,81	28,95	29,88	36,25	65,69	38,02	27,05
Plag	67,81	71,46	60,00	61,06	46,24	53,62	2,33	57,03	60,18
Kfsp	0,00	0,00	2,58	2,40	16,31	4,52	1,79	1,37	5,05
Koordinaten									
R	714581	714581	714420	715291	714616	714096	714096	714096	713755
H	414153	414153	414017	414161	413335	413473	413473	413473	413699

Tab. 1, Teil 3.

Ergebnisse der Röntgenfluoreszenzanalyse. Hauptelemente in Gew.%, Spurenelemente in ppm; GV = Glühverlust, u.d.N. = unter der Nachweisgrenze; Qz = Quarz, Plag = Plagioklas, Kfsp = Kalifeldspat (normative Berechnung); R = Rechtswert, H = Hochwert, Koordinaten im BMN M34.

zu erklären. Derartige Prozesse kommen vor allem in seicht gelegenen, hochplutonischen Granitmassiven vor (HECHT et al., 1999). Fallweise wurden solche Na-Anreicherungen auch im Bittesch-Gneis auf Blatt Horn diagnostiziert (z.B. FINGER & RIEGLER, 2014: Proben Fi-13/13 und Fi-20f/13) und auch im Thayabatholith gibt es vereinzelt solche Metasomatose-Erscheinungen (KREUZER & FINGER, 2012). Im

Bittesch-Gneis des Thayatals (insbesondere im Hangendabschnitt) ist die Na-Anreicherung aber sehr großflächig beobachtbar und somit äußerst markant.

Der mafischere Bittesch-Gneis im Bereich Schwalbenfelsen-Krotengraben, wie auch einige der dazwischen auftretenden leukokratischen Gneislagen, zeichnen sich durch hohe Sr-Gehalte von 400–800 ppm bei gleichzeitig relativ

hohen Zr-Gehalten von bis 200 ppm aus. Wie üblich sinkt das Zr mit steigendem SiO₂, aber auch die SiO₂-reicher Proben vom Bittesch-Gneis haben im Thayatal oft noch Zr-Gehalte von 100–150 ppm, während der Bittesch-Gneis auf Blatt Horn fast immer Zr-Gehalte von < 100 ppm aufweist. Für letzteren wurde ein hohes Sr/Zr-Verhältnis von ~4 als typisch erkannt (FINGER & RIEGLER, 2014), und derartig hohe Sr/Zr-Verhältnisse sind auch im Bittesch-Gneis des Thayatals zu konstatieren. Sie sind somit anscheinend für alle Bittesch-Gneis-Varianten charakteristisch und auch die auf der geologischen Karte des Thayatals durch Übersignatur extra ausgewiesenen Biotitorhogneise (ROETZEL et al., 2004) zeigen diese hohen Sr/Zr-Verhältnisse. Letztere können somit guten Gewissens als ein Subtyp des Bittesch-Gneises betrachtet werden. Auch wenn einzelne der Proben (Probe MM 33-18, Taf. 1, Fig. 4) merkwürdig erhöhte LREE-Gehalte haben (Ce: 267 ppm, La: 125 ppm, Nd: 118 ppm).

Es muss hier betont werden, dass die anderen Metagranite und Granitgneise des Moravikums (Thayabatholith, Orthogneise des Therasburg-Komplexes) stets deutlich niedrigere Sr/Zr-Verhältnisse besitzen (siehe die diversen Analysen in FINGER & RIEGLER, 2006, 2008, 2009, 2012a–c, 2013).

Dünnschliffbeobachtungen

Probe MM 84-15: Quarz und Plagioklas bilden eine feinkörnige Matrix, die vollständig rekristallisiert ist. Auftretende Gemische kleiner rundlicher Quarzkörper mit Plagioklasrekristalliten könnten auf myrmekitisierte magmatische Kalifeldspäte zurückgehen. Wie auch etliche andere Proben von Bittesch-Gneis, führt Probe MM 84-15 akzessorisch 1–2 mm großen Granat. Sowohl die Granatkörper als auch Plagioklas und Muskovit überwachsen eine bereits bestehende Schieferung (Taf. 3, Figs. 3, 4). Die gut gelängten Plagioklasrekristallite weisen auf amphibolitfazielle Wachstumsbedingungen hin (VOLL, 1976).

Probe MM 10-18 vom Schwalbenfelsen weist ebenfalls stark tonalitische, Na-betonte Zusammensetzung auf. Auffällig sind im Dünnschliffbild die Plagioklase. Kleinere Körper sind vollständig serizitisiert und bei größeren Vertretern setzt die Serizitbildung an den Korngrenzen an (Taf. 3, Figs. 5, 6). Anhand der Auslöschungsschiefe ist eine Änderung der An-Gehalte in Plagioklasrelikten innerhalb des Serizits zum erhaltenen Kern nicht erkennbar. Möglicherweise wurde der Zonarbau der Plagioklase in Probe MM 10-18 im Zuge der Metamorphose euquilibriert und die Serizitierung stellt eine späte, (post-)metamorphe Entwicklung dar. Die Quarze weisen stark suturierte Korngrenzen auf und lassen reliktische Schachbrett musterung erkennen. Der hellbraun-gelbliche Biotit ist in die Schieferung eingebettet und tritt oft an den Korngrenzen der Plagioklase auf.

Eine weitgehend ungeschieferete Probe **MM 99-15** nördlich des Krotengrabens führt neben Plagioklas (~55 %) und Quarz (~20 %) etwa 15 % Biotit. Auffällig ist der überraschend regelmäßig und mit ca. 2 % Anteil am Mineralbestand vertretene grünliche Amphibol (Taf. 3, Figs. 7, 8). Es tritt feinkörniger Titanit in Vergeleßschaftung mit Biotit auf. Der hohe Ca-Gehalt dieser Probe (5,0 Gew.-%) führt zur Stabilisierung von aus Biotit entmischem Titanit anstel-

le von Ilmenit bzw. Rutil. Granat erreicht in dieser Probe Korngrößen von mehreren Millimetern. Die magmatische Struktur dieser Probe ist vergleichsweise gut erhalten. Die polsynthetisch verzwilligten Plagioklase erreichen Größen von mehreren Millimetern.

Probe MM 17-18: Diese Probe führt als Besonderheit einzelne mm-große Allanitkristalle (Taf. 4, Figs. 1–4) mit reliktschem, magmatischem Zonarbau. Der mengenmäßig dominante Plagioklas ist feinkörnig rekristallisiert und teilweise stark serizitisiert.

Probe MM 94-15 (Mylonit): Im Dünnschliffbild sind sämtliche Minerale feinkörnig rekristallisiert und foliert. Magmatische Relikte fehlen völlig (Taf. 4, Figs. 5, 6). Das granodioritische Gestein (Quarz 30 %, Plagioklas 50 %, Kalifeldspat 15 %) führt neben Biotit auch Muskovit.

Probe MM 111-15: Im Dünnschliff zeigt sich ein auger granodioritischer Orthogneis mit lagig agglomerierten Quarzdomänen. Die Augen sind in diesem Fall überwiegend Kalifeldspäte. Sie erreichen eine Größe von etwa 7–10 mm und an ihren Korngrenzen tritt auffällig viel Myrmekit auf (Verdrängung von Kalifeldspat durch Plagioklas und Quarz). Die Quarzkörper zeigen Schachbrett musterung und damit eine Quarz-Gefügetemperatur von mindestens 600 °C (Taf. 4, Fig. 7). Wie bereits in anderen Dünnschliffen beobachtet, überwächst akzessorischer Granat ein vorhandenes Gefüge (Taf. 4, Fig. 8).

Diskussion und Schlussfolgerung

Ähnlich wie im Fall des Thayabatholiths kann auch beim Bittesch-Gneis mit Hilfe der Geochemie eine Unterteilung in magmatische Subeinheiten vorgenommen werden. Der Bittesch-Gneis auf Blatt 21 Horn bildet dabei eine solche Subeinheit (Bittesch-Gneis-Typus Blatt Horn). Lokale Schwankungen in den Spurenelementgehalten können innerhalb dieser Subeinheit vor allem durch Prozesse der fraktionierten Kristallisation (Akkumulation von Frühkristalliten) bzw. durch lokale Restschmelzensegregation erklärt werden. Im Thayatal-Profil finden sich vergleichbare Bittesch-Gneis-Typen im Liegendschnitt nahe Hardegg. Große Teile des Bittesch-Gneises des Thayatals scheinen aber eine eigenständige magmatische Suite mit tonalitisch-granodioritischem Charakter zu bilden (Bittesch-Gneis-Typus Thayatal).

Da der ganze Bereich von einer (vermutlich spätmagmatischen) Na-Metasomatose überprägt wurde, ist eine genaue geochemische Charakterisierung und typologische Abgrenzung der Primärmagmen nicht ganz einfach. Dementsprechend sind auch die ehemaligen Verbandsverhältnisse zwischen den zwei Regionaltypen (scharfe Kontakte oder fließende Übergänge) nur schwer rekonstruierbar.

Ob es sich bei den mafischen Bittesch-Gneis-Varianten des Thayatals um heißeres Magma gehandelt hat (im Vergleich zum Bittesch-Gneis auf Blatt Horn) oder ob der mafische Charakter durch Restitutgehalte verursacht ist, muss ebenfalls erst ermittelt werden. Vor allem aber wäre wichtig zu wissen, ob das Bildungsalter dieser mafischeren Bittesch-Gneis-Variante ebenfalls bei 580 Ma liegt. Zirkondatierungen sind in Arbeit.

Das Dünnenschliffstudium weist auf eine zumindest zweiphasige Metamorphosegeschichte des Bittesch-Gneises im Thayatal-Profil hin. Deutliche Hinweise dafür sind, dass Granat und Plagioklas ein vorhandenes Deformationsgefüge überwachsen. Auch die rekristallisierten Myrmekite mit den stark gelängten und geregelten Plagioklasrekristallitsätzen weisen auf ein frühes Deformationsereignis hin. Ein mögliches Modell wäre eine syntektonische Intrusion und Kristallisation von Magmen in einem regionalen Stressfeld (cadomisch), aber auch die spätere variszische Metamorphose unter amphibolitfaziellen Bedingungen könnte unter Umständen zweiphasig abgelaufen sein.

Dank

Wir danken REINHARD ROETZEL und MANFRED LINNER für die Unterstützung der Geländearbeiten im Nationalpark Thayatal-Podyjí sowie für fachliche Diskussionen. GUDRUN RIEGLER und DAVID SCHILLER halfen bei verschiedenen logistischen und technischen Problemen. Bei der Dünnenschliffmikroskopie erhielten wir wertvolle Hilfestellung von JÖRN KRUHL.

Literatur

- BERNROIDER, M. (1989): Zur Petrogenese präkambrischer Metasedimente und cadomischer Magmatite im Moravikum. – Jahrbuch der Geologischen Bundesanstalt, **132**/2, 349–373, Wien.
- FINGER, F. & RIEGLER, G. (2006): Bericht 2005 über petrographische und geochemische Untersuchungen an Metagranitoiden und Orthogneisen des Moravikums auf Blatt 21 Horn. – Jahrbuch der Geologischen Bundesanstalt, **146**/1–2, 123–126, Wien.
- FINGER, F. & RIEGLER, G. (2008): Bericht 2007 über petrographische und geochemische Untersuchungen an Metagranitoiden und Orthogneisen des Moravikums auf den Blättern 21 Horn und 22 Hollabrunn. – Jahrbuch der Geologischen Bundesanstalt, **148**/2, 269–271, Wien.
- FINGER, F. & RIEGLER, G. (2009): Bericht 2008 über petrographische und geochemische Untersuchungen an Metagranitoiden und Orthogneisen des Moravikums auf Blatt 21 Horn. – Jahrbuch der Geologischen Bundesanstalt, **149**/4, 509–512, Wien.
- FINGER, F. & RIEGLER, G. (2012a): Bericht 2009 über petrografische und geochemische Untersuchungen an Metagranitoiden und Orthogneisen des Moravikums auf Blatt 21 Horn. – Jahrbuch der Geologischen Bundesanstalt, **152**/1–4, 213–216, Wien.
- FINGER, F. & RIEGLER, G. (2012b): Bericht 2010 über petrografische und geochemische Untersuchungen an Metagranitoiden und Orthogneisen des Moravikums auf Blatt 21 Horn. – Jahrbuch der Geologischen Bundesanstalt, **152**/1–4, 216–218, Wien.
- FINGER, F. & RIEGLER, G. (2012c): Bericht 2011 über petrografische und geochemische Untersuchungen an Metagranitoiden und Orthogneisen des Moravikums auf Blatt 21 Horn. – Jahrbuch der Geologischen Bundesanstalt, **152**/1–4, 218–220, Wien.
- FINGER, F. & RIEGLER, G. (2013): Bericht 2012 über petrographische und geochemische Untersuchungen an Graniten und Orthogneisen des Moravikums auf Blatt 21 Horn. – Jahrbuch der Geologischen Bundesanstalt, **153**/1–4, 361–364, Wien.
- FINGER, F. & RIEGLER, G. (2014): Bericht 2013 über petrografische und geochemische Untersuchungen an Orthogneisen des Moravikums auf Blatt 21 Horn. – Jahrbuch der Geologischen Bundesanstalt, **154**/1–4, 255–258, Wien.
- FINGER, F. & RIEGLER, G. (2016): Bericht 2014 über petrografische und geochemische Untersuchungen an Orthogneisen des Moravikums auf Blatt 21 Horn. – Jahrbuch der Geologischen Bundesanstalt, **156**, 225–229, Wien.
- FINGER, F., FRASL, G., HÖCK, V. & STEYRER, H.P. (1989): The granitoids of the Moravian Zone of northeast Austria: Products of a Cadomian active continental margin? – *Precambrian Research*, **45**, 235–245, Amsterdam (Elsevier). [https://dx.doi.org/10.1016/0301-9268\(89\)90042-9](https://dx.doi.org/10.1016/0301-9268(89)90042-9)
- FRASL, G. (1991): Das Moravikum der Thaya-Kuppel als Teil der variszisch deformierten Randzone des Bruno-Vistulikums – eine Einführung. – In: ROETZEL, R. (Ed.): Arbeitstagung der Geologischen Bundesanstalt 1991, Geologie am Ostrand der Böhmisches Masse in Niederösterreich, Schwerpunkt Blatt 21 Horn, 49–62, Wien.
- FRIEDEL, G., FINGER, F., MCNAUGHTON, N.J. & FLETCHER, I.R. (2000): Deducing the ancestry of terranes: SHRIMP evidence for South America-derived Gondwana fragments in central Europe. – *Geology*, **28**, 1035–1038, Boulder, Colorado. [https://dx.doi.org/10.1130/0091-7613\(2000\)28<1035:DTAOTS>2.0.CO;2](https://dx.doi.org/10.1130/0091-7613(2000)28<1035:DTAOTS>2.0.CO;2)
- FRIEDEL, G., FINGER, F., PAQUETTE, J.L., VON QUADT, A., MCNAUGHTON, N.J. & FLETCHER, I.R. (2004): Pre-Variscan geological events in the Austrian part of the Bohemian Massif deduced from U-Pb zircon ages. – *International Journal of Earth Sciences*, **93**, 802–823, Berlin-Heidelberg (Springer). <https://dx.doi.org/10.1007/s00531-004-0420-9>
- HECHT, L., THURO, K., PLINNIGER, R. & CUNY, M. (1999): Mineralogical and geochemical characteristics of hydrothermal alteration and episyenitization in the Königshain granites, northern Bohemian Massif, Germany. – *International Journal of Earth Sciences*, **88**/2, 236–252, Berlin-Heidelberg (Springer).
- KREUZER, M. & FINGER, F. (2012): Bericht 2011 über petrografische und geochemische Untersuchungen an Metagranitoiden und Granitgneisen des Moravikums auf Blatt 21 Horn. – Jahrbuch der Geologischen Bundesanstalt, **152**/1–4, 222–227, Wien.
- MATZINGER, M. (2016): Der Thayabatholith im Nationalpark Thayatal-Podyjí: Geochemie, Petrographie und Metamorphose. – Masterarbeit, Paris Lodron Universität Salzburg, 84 S., Salzburg.
- MATZINGER, M. & FINGER, F. (2017): Bericht 2016 über geochemische und petrografische Untersuchungen an Orthogesteinen aus dem Nationalpark Thayatal-Podyjí auf Blatt 9 Retz. – Jahrbuch der Geologischen Bundesanstalt, **157**/1–4, 301–306, Wien.
- MORAUF, W. & JÄGER, E. (1982): Rb-Sr Whole Rock Ages for the Bítéš-gneiss, Moravicum, Austria. – Schweizerische mineralogische und petrographische Mitteilungen, **62**/2, 327–334, Zürich. <https://dx.doi.org/10.5169/seals-47973>
- PRECLIK, K. (1927): Zur Tektonik und Metamorphose der moravischen Aufwölbungen am Ostrand der Böhmisches Masse. – *Geologische Rundschau*, **18**, 81–103, Berlin.
- ROETZEL, R., FUCHS, G., BATÍK, P., ČTYROKÝ, P. & HAVLÍČEK, P. (2004): Geologische Karte der Nationalparks Thayatal und Podyjí 1:25.000. – 1 Blatt, Geologische Bundesanstalt, Wien.
- ROETZEL, R., FUCHS, G., HAVLÍČEK, P., ÜBL, C. & WRBKA, T. (2005): Geologie im Fluss – Erläuterungen zur Geologischen Karte der Nationalparks Thayatal und Podyjí. – 92 S., Geologische Bundesanstalt, Wien.
- SCHARBERT, S. (1977): Neue Ergebnisse radiometrischer Altersbestimmungen an Gesteinen des Waldviertels. – Arbeitstagung der Geologischen Bundesanstalt 1977, Waldviertel (15. bis 20. Mai 1977), 11–15, Wien.

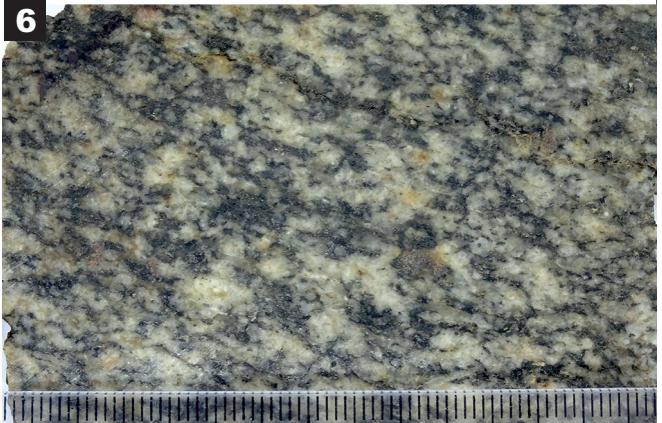
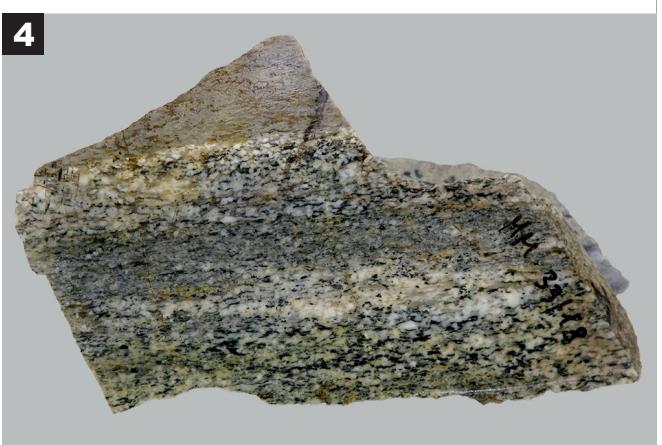
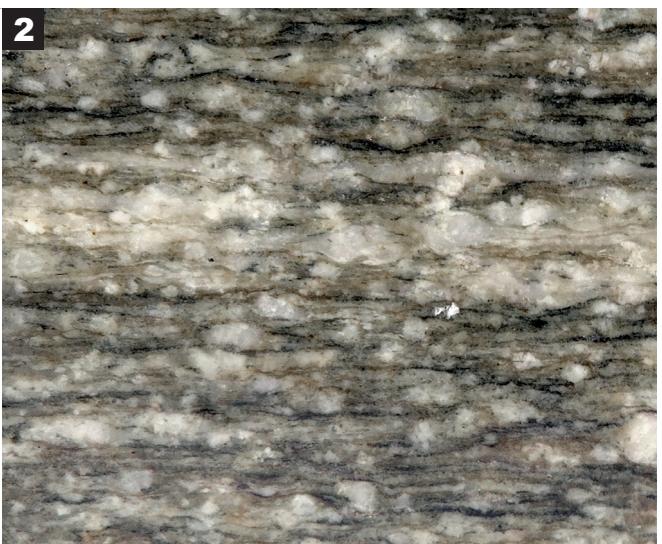
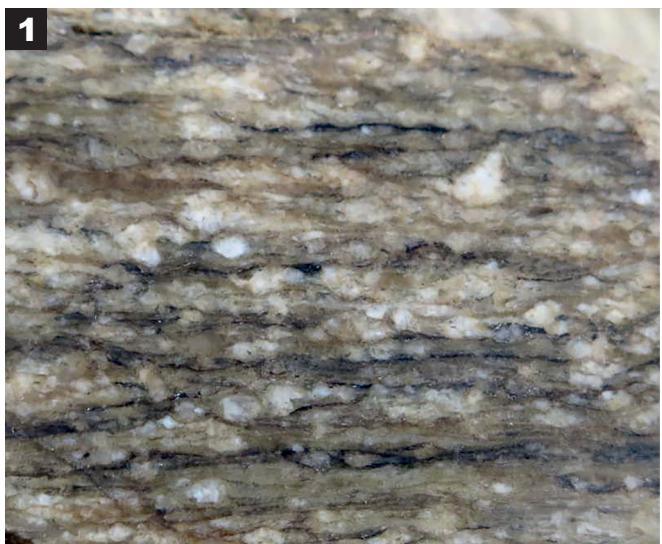
SOEJONO, I., JANOUŠEK, V., KOVÁ, E., SLÁMA, J., KONOPÁSEK, J., MACHEK, M. & HANŽL, P. (2017): Long-lasting Cadomian magmatic activity along an active northern Gondwana margin: U-Pb zircon and Sr-Nd isotopic evidence from the Brunovistulian Domain, eastern Bohemian Massif. – *International Journal of Earth Sciences*, **106**, 2109–2129, Berlin-Heidelberg (Springer). <https://dx.doi.org/10.1007/s00531-016-1416-y>

VOLL, G. (1976): Recrystallization of quartz, biotite and feldspars from Erstfeld to the Leventina Nappe, Swiss Alps, and its geological significance. – *Schweizerische mineralogische und petrographische Mitteilungen*, **56**, 641–647, Zürich.

Tafeln

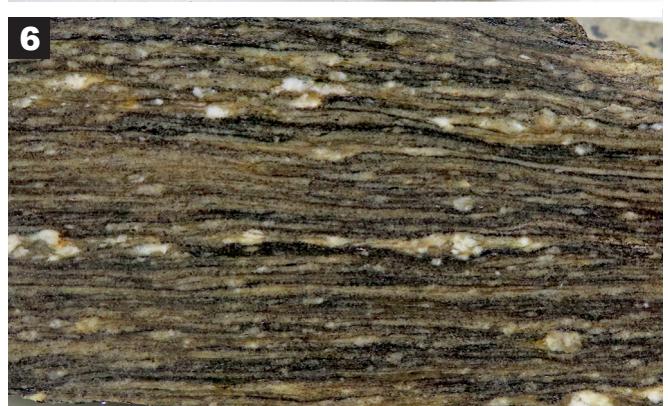
Tafel 1

-
- Fig. 1:** Bittesch-Gneis, Probe MM 81-15, etwa 500 m westlich Hardegg, Bildunterkante: 5 cm.
 - Fig. 2:** Bittesch-Gneis, Probe MM 141-15 vom gegenüberliegenden tschechischen Ufer, Bildunterkante: 5 cm.
 - Fig. 3:** „Biotitorthogneise“ vom tschechischen Thayauf, Probe MM 139-15, Länge: ca. 10 cm.
 - Fig. 4:** „Biotitorthogneise“ vom tschechischen Thayauf, Probe MM 33-18, Länge: ca. 12 cm.
 - Fig. 5:** Tonalitischer Bittesch-Gneis, Probe MM 10-18 vom Schwalbenfelsen, Bildunterkante: 7 cm.
 - Fig. 6:** Tonalitischer Bittesch-Gneis, Probe MM 99-15 nördlich des Krotengrabens, Bildunterkante: 7 cm.
-



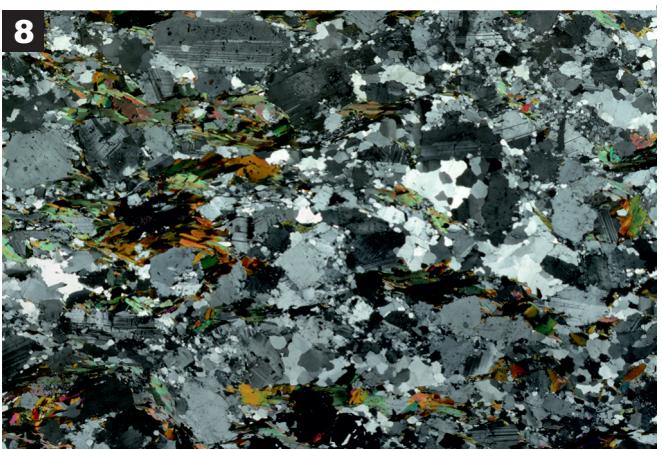
Tafel 2

- Figs. 1, 2: Hell-dunkel-Wechsllagerung im Bittesch-Gneis beim Krotengraben (Fotos: M. Matzinger).
- Fig. 3: Mylonitischer Bittesch-Gneis zwischen Bründlgraben und Krotengraben, Probe MM 94-15, Bildunterkante: 6 cm.
- Fig. 4: Mylonitischer Bittesch-Gneis zwischen Bründlgraben und Krotengraben, Probe MM 13-18, Bildunterkante: 6 cm.
- Fig. 5: Mylonitischer Bittesch-Gneis zwischen Bründlgraben und Krotengraben, Probe MM 100-15, Bildunterkante: 6 cm.
- Fig. 6: Mylonitischer Bittesch-Gneis zwischen Bründlgraben und Krotengraben, Probe MM 20-18, Bildunterkante: 6 cm.



Tafel 3

- Fig. 1:** Aufschluss von Bittesch-Gneis nördlich des Stierwiesberges in Tschechien (Foto: M. Matzinger).
- Fig. 2:** Isoklinal verfaltete Wechsellagerung von Bittesch-Gneis und Amphibolit nördlich Vranov nad Dyjí (Foto: M. Matzinger).
- Fig. 3:** Bittesch-Gneis, Probe MM 84-15 (Dunkelfeldaufnahmen), Granat umgeben von Plag-Qz-Gemisch, Bildhöhe: 2 mm.
- Fig. 4:** Bittesch-Gneis, Probe MM 84-15 (Dunkelfeldaufnahmen), Hellglimmer überwächst ältere Schieferung, Bildhöhe: 2 mm.
- Figs. 5, 6:** Tonalitischer Bittesch-Gneis vom Schwalbenfelsen, Probe MM 10-18: Detailausschnitt, serizitisierter Plagioklas mit Biotitsaum, Matrix aus suturierten Quarzkörnern, Plagioklas und Serizit, Bildhöhe: ca. 5 mm.
- Figs. 7, 8:** Dünnschliff von tonalitischem, Granat- und Amphibol führendem Bittesch-Gneis, nördlich des Krotengrabens, Probe MM 99-15; Bildhöhe: ca. 10 mm.



Tafel 4

Figs. 1, 2: Bittesch-Gneis, Dünnschliff-Probe MM 17-18, Bildhöhe: 20 mm.

Figs. 3, 4: Bittesch-Gneis, Dünnschliff-Probe MM 17-18, hypidiomorpher, zonierter Allanitkristall, Kristalllänge: ca. 3 mm.

Figs. 5, 6: Dünnschiff von mylonitischem Bittesch-Gneis, Probe MM 94-15, Bildhöhe: 15 mm.

Fig. 7: Bittesch-Gneis, Hangendbereich, Probe MM 111-15, Quarz-Schachbrettmuster neben Kalifeldspat und Myrmekit, Bildhöhe: ca. 2 mm.

Fig. 8: Bittesch-Gneis, Hangendbereich, Probe MM 111-15, Kalifeldspatauge und Granat in Qz-Plag-Matrix, fotografiert mit Gipsblättchen, Bildhöhe: ca. 6 mm.

