

Neue Ergebnisse zur Bentonitisierung des Wilsdruff-Potschappeler Porphyrites bei Dresden (Sachsen, Deutschland)

New results of the bentonitization of the Wilsdruff-Potschappel Porphyrite near Dresden (Saxony, Germany)

Bernd Ullrich¹, Michael Dietze², Frank Haubrich³

¹ Technische Universität Dresden, Institut für Geotechnik, Professur für Angewandte Geologie
George-Bähr-Straße 1, 01069 Dresden, Deutschland
Bernd.Ullrich@tu-dresden.de

² Technische Universität Dresden, Institut für Geographie, Professur für Physische Geographie
Helmholtzstraße 10, 01069 Dresden, Deutschland
micha.dietze@mailbox.tu-dresden.de

³ Technische Universität Dresden, Institut für Bodenkunde und Standortslehre
Piener Straße 19, 01737 Tharandt, Deutschland
haubrich@forst.tu-dresden.de

Kurzfassung

Untersucht wurden tonige Kluffüllungen, Kluffbeläge und tonig zersetzte (bentonitisierte) Bereiche des Wilsdruff-Potschappeler Porphyrites aus verschiedenen Aufschlüssen bei Freital und Wurgwitz (Dresden, Sachsen) mittels Röntgendiffraktometrie (XRD), Thermoanalyse (Kombination von Differentialthermoanalyse (DTA), Thermogravimetrie (TG) und derivativer Thermogravimetrie (DTG)), Rasterelektronenmikroskopie (REM) und energiedispersiver Elektronenstrahlmikroanalyse (ESMA). Der Bentonit der Verwitterungskruste besteht hauptsächlich aus Montmorillonit. Die Kluffüllungen und Kluffbeläge sowie die angrenzenden bentonitisierten Bereiche sind hydrothormaler Entstehung. Hauptbestandteil dieser Bentonite ist ein trioktaedrisches regelmäßiges Chlorit-Smectit-Wechselagerungsmineral (Corrensit). Für die Bildung des Corrensites war eine Zufuhr von Magnesium erforderlich. Als Nebenbestandteile wurden außerdem beidellitischer Montmorillonit und Nontronit gefunden.

Abstract

Clayey fillings and coatings on fissures and clayey altered (bentonitized) areas of the Wilsdruff-Potschappel Porphyrite in various openings near Freital and Wurgwitz (Dresden, Saxony) have been analysed by means of X-ray diffraction (XRD) and thermal analysis (including a combination of differential thermal analyses (DTA), thermal gravimetric analysis (TG) and derivative thermogravimetry (DTG)) as well as observations by scanning electron microscope (SEM) coupled with an energy dispersive microanalytical spectrometer (EDS) to obtain element contents. Bentonite of the weathering crust of porphyrite mainly consists of montmorillonite. Fillings and coatings on fissures and the clayey alteration products by the fissures are of hydrothermal genesis. The main component of these bentonites is a trioctahedral regularly chlorite-smectite mixed layer mineral (corrensite). A supply of magnesium was necessary for the origin of corrensite. Additionally, beidellitic montmorillonite and nontronite have been found.

Einleitung

Der Deckenerguss des Wilsdruff-Potschappeler Porphyrites, der westlich von Dresden zwischen Kaufbach und Freital-Burgk lokalisiert ist, gehört zu den ältesten geologischen Bildungen des Permokarbons im Döhlener Becken (Reichel 1970). Tonige Umwandlungsprodukte des

andesitischen Gesteines sind in der Vergangenheit mehrfach beschrieben worden (z. B. Bruhns 1886, Dalmer et al. 1922, Naumann 1845, Thalheim et al. 1991).

In jüngster Zeit haben Dietze et al. (2007) über Funde von beidellitischem Smectit, Nontronit und Volkonskoit

aus dem Neuaufschluss eines Steinbruches in der Nähe der Gemeinde Wurgwitz etwa 5 km westlich von Dresden berichtet. Hierbei handelte es sich um zum Teil intensiv grün gefärbte tonige Füllungen in einer herzynisch streichenden Kluftschar. Von dieser Kluftschar ausgehend war das Gestein partiell intensiv tonig zersetzt und in einen grauen oder braunen Bentonit umgewandelt. In diesen bentonitisierten Bereichen wurde ein quellfähiges Wechsellagerungsmineral gefunden, das jedoch nicht genauer identifiziert werden konnte. Dietze et al. (2007) gehen davon aus, dass die Bildung der Smectite und des Wechsellagerungsminerals durch hydrothermale Prozesse erfolgte.

In den Jahren 2007 und 2008 ergaben sich erneut Möglichkeiten der Beprobung toniger Umwandlungsprodukte des Porphyrites im Steinbruch Wurgwitz, außerdem im Zusammenhang mit dem Bau des Autobahnzubringers zur Anschlussstelle Dresden-Gorbitz der Autobahn 17 (Dresden-Prag) und im Steinbruch am Osterberg (Freital-Potschappel). In die Untersuchungen einbezogen wurden weiterhin zwei Proben des Unkersdorfer Tuffs (Freital-Potschappel).

Untersuchungsmethodik und Probenmaterial

Im Steinbruch Wurgwitz wurde der schon von Dietze et al. (2007) als Typ 3 der Umwandlungsprodukte beschriebene graue bis graubraune, zum Teil rotbraun gefleckte, bentonitisierte Porphyrit erneut beprobt (Proben TS 0407 und TS 1059). Dabei wurde darauf geachtet, die Proben aus Bereichen zu gewinnen, in denen der Anteil an unzersetztem Gestein entweder augenscheinlich gering war oder neartige Anreicherungen von weißer, toniger Substanz vorhanden waren.

Im Aufschluss am Autobahnzubringer (Baugrube des heutigen Regenrückhaltebeckens) konnte die unter den quartären Deckschichten befindliche tiefgründige ca. 4 m mächtige Verwitterungszone vom stark gebleichten, vollständigen Zersatz im Hangenden direkt unter der Lösslehmauflage (Probe TS 0678, ca. 0,3 m mächtig) bis an die Oberkante des nahezu unverwitterten Porphyrites (Probe TS 0681) beprobt werden. Zwei weitere Proben wurden ca. 1 m (TS 0679) und 2 m (TS 0680) unterhalb der Deckschicht entnommen. Unabhängig von der Teufenlage zeigten alle Proben eine rötlichbraune Farbe mit zum Teil hellgrauen bis fast weißen Flecken und eine gru-

sige Ausbildung. Mit Ausnahme der Bleichungszone im Hangenden waren durchgängig unzersetzte Porphyritbruchstücke oder noch vollständige Kluftkörper vorhanden, deren Größe maximal im Dezimeterbereich lag. Im tiefsten Teil der Baugrube wurden lokal schwach hellgrünliche bzw. grünlichweiße Kluftbeläge angetroffen (TS 0667), die sich jedoch schon makroskopisch deutlich von den – bereits früher beschriebenen – dunkelgrünen, chromhaltigen, Volkonskoit führenden Kluftfüllungen des Steinbruches Wurgwitz unterscheiden.

Bei der Probe aus dem Steinbruch am Osterberg (TS 0766, Freital-Potschappel, untertägige Auffahrungen der WISMUT GmbH) handelte es sich um einen hellbraunen, gelbbraunen bis graubraunen, dünnen, tonigen Kluftbelag. Lokal zeigte dieser Belag ein leopardenfällähnliches Aussehen mit schwarzen bis schwarzbraunen Flecken auf einem gelbbraunen Untergrund.

Die Proben des Unkersdorfer Tuffs (TS 0889 und TS 0890, Freital Potschappel, untertägige Auffahrungen der WISMUT GmbH) bestanden aus einem sehr feinkörnigen, tonsteinähnlichen, grünlichgrauen Material, das bei Wasserlagerung sehr rasch zerfiel.

Für die Anreicherung der Tonminerale wurden alle Proben in destilliertem Wasser ohne Elektrolytzusätze 48 Stunden auf einer rotierenden Schüttelmaschine dispergiert und die Fraktion $>63 \mu\text{m}$ mittels Nasssiebung abgetrennt. Bei einer der Proben aus dem Steinbruch Wurgwitz erfolgte außerdem die Gewinnung der Fraktion $<2 \mu\text{m}$ im Atterbergzylinder.

Die Untersuchung der Proben erfolgte mittels Röntgendiffraktometrie (XRD, SIEMENS-Diffraktometer D5000, SEIFERT-Diffraktometer XRD 3000 TT), Thermoanalyse (Kombination DTA-TG-DTG, NETZSCH STA 409 PG Luxx®), Rasterelektronenmikroskopie (REM, ZEISS EVO 50) und energiedispersiver Elektronenstrahlmikroanalyse (ESMA, ROENTEC Detektor XFlash 3001) mit den von Dietze et al. (2007) ausführlich dargestellten Untersuchungsbedingungen.

Ergebnisse der Untersuchungen und Diskussion

Die Proben aus der Verwitterungszone des Porphyrites (TS 0678 bis 0681, Baugrube Regenrückhaltebecken, Zubringer A 17) unterscheiden sich in ihrem Mineralbe-

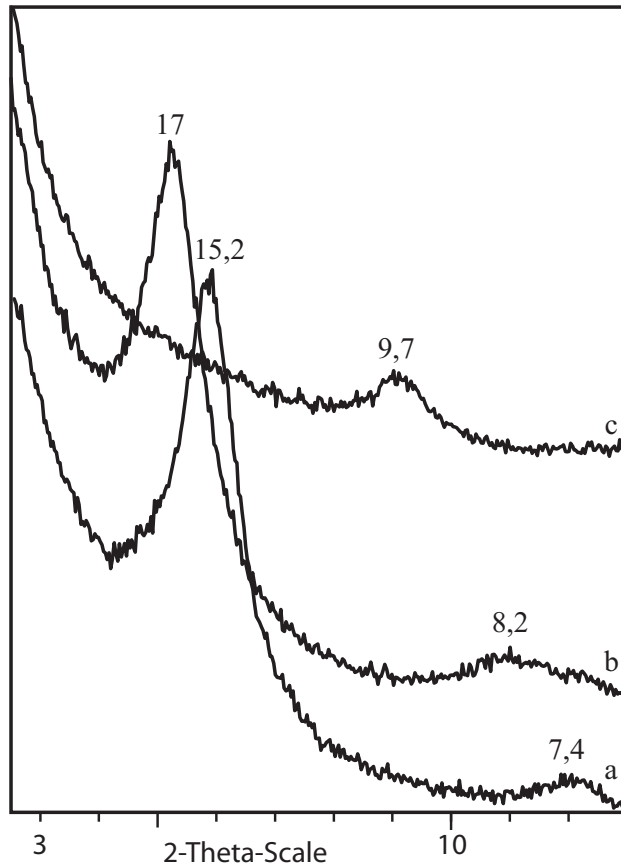


Abb. 1: Röntgendiffraktogramme des Montmorillonites aus der Verwitterungszone bei natürlicher Ionenbelegung (a – lufttrocken; b – nach Behandlung mit Ethylenglycol; c – nach thermischer Behandlung bis 550 °C; d-Werte in Å).

Fig. 1: X-ray diffractograms of montmorillonite from the weathering zone with natural cation saturation (a – air dried, b – ethylene glycol solvated, c – after thermal treatment up to 550 °C, d-values in Å).

stand von denen des Steinbruches Wurgwitz, des Steinbruches am Osterberg und des Unkersdorfer Tuffes deutlich. Neben den Mineralen des Ausgangsgesteines (Quarz, Sanidin, Andesin, Albit, Biotit) wurde als neu gebildetes Schichtsilikat nur ein dioktaedrisches Smectitmineral mit folgender röntgenographischer Charakteristik nachgewiesen (Abb. 1):

1. Röntgenreflexe d(001) im lufttrockenen Zustand bei ca. 15,2 Å; nach Behandlung mit Ethylenglycol bei ca. 17 Å; nach thermischer Behandlung bei 550 °C bei ca. 9,7 Å.

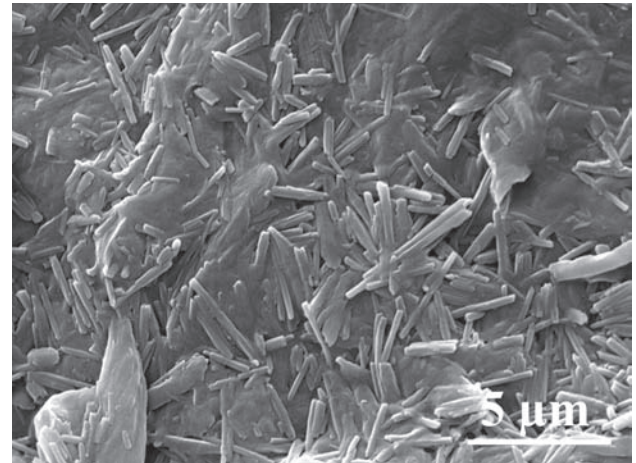


Abb. 2: Leistenförmige Nontronitkristalle in einem schwach hellgrünlichen, tonigen Kluftbelag des Porphyrites.

Fig. 2: SEM SE-image of lath-shaped nontronite crystals in a light green colored clayey coating on a fissure in the porphyrite.

2. Die Lage des d(060)-Reflexes wurde mit 1,494 Å bis 1,499 Å vermessen.

Die Ergebnisse der ESMA-Analysen (Tab. 1, TS 0678_35, TS 0678_40 und TS 0678_43) bestätigen, dass ein dioktaedrisches Smectitmineral vorliegt. Die chemische Zusammensetzung stimmt im Wesentlichen mit den von Jasmund & Lagaly (1993) für den Montmorillonit publizierten Daten überein. Die in allen Analysen ermittelten höheren Aluminiumgehalte zeigen einen beidellitischen Charakter des Montmorillonites an.

Der schwach grünliche Kluftbelag im Porphyrit an der Basis der Verwitterungszone (TS 0667, Baugrube Regenrückhaltebecken, Zubringer A 17) weist das gleiche Quellverhalten auf. Es wurden jedoch zwei d(060)-Reflexe mit 1,499 Å und 1,514 Å gemessen. Die chemische Zusammensetzung von darin enthaltenen, selektierten, nahezu weißen Anteilen entspricht etwa der eines Montmorillonites (Tab. 1, TS 0667_28 und TS 0667_31). Zum Teil wurden analoge Daten registriert, wie für den Montmorillonit aus der Verwitterungszone, sodass auch in diesem Fall ein beidellitischer Montmorillonit vorliegt. Punktuell wurden Aluminiumgehalte gemessen (Tab. 1, TS 0667_26), die nach Jasmund & Lagaly (1993) der Zusammensetzung des Beidellites nahe kommen und die das Vorhandensein von Beidellit vermuten lassen. Allerdings sind in diesen Analysen noch deutliche Magnesiumanteile nachweisbar, die jedoch nicht nur in oktaedri-

Tab. 1: Ergebnisse von ESMA-Analysen der tonigen Umwandlungsprodukte aus der Verwitterungszone des Porphyrites (TS 0678) und eines schwach grünlichen Kluftbelages (TS 0667); Baugrube des Regenrückhaltebeckens (Masse-%, wasserfrei, n. n. – nicht nachweisbar).

Tab. 1: Results of EDS-analytics of clayey alteration products in the weathering zone of porphyrite (TS 0678) and in a light green colored clayey coating on a fissure in the porphyrite (TS 0667); open cut of the rainwater basin (mass-%, anhydrous, n. n. – not evident).

Oxide	TS 0678_35	TS 0678_40	TS 0678_43	TS 0667_26	TS 0667_28	TS 0667_31
Na ₂ O	0,74	0,60	0,62	0,53	0,14	n. n.
MgO	5,54	4,14	5,61	2,59	5,15	4,09
Al ₂ O ₃	26,28	30,16	27,69	36,41	23,45	24,90
SiO ₂	58,89	59,84	59,51	58,63	62,28	63,48
K ₂ O	0,27	0,25	0,30	0,09	3,42	0,98
CaO	2,20	1,89	2,06	1,21	1,73	2,31
MnO	0,03	0,13	0,07	n. n.	0,10	0,15
Fe ₂ O ₃	6,05	3,00	4,14	0,54	3,73	4,08

scher Position, sondern auch im Zwischenschichtbereich lokalisiert sein können.

In den grünlich gefärbten Partikeln des Kluftbelages sind oft leistenförmige Bildungen erkennbar (Abb. 2), die mit bis zu 20 % relativ hohe Eisengehalte und zum Teil auch geringe Anteile an Chrom (< 1 %) aufweisen. Hier hat sich neben dem Montmorillonit zusätzlich der schon von Dietze et al. (2007) beschriebene Nontronit gebildet, dem der zweite d(060)-Reflex (1,514 Å) zuzuordnen ist.

Die Proben aus dem Steinbruch Wurgwitz, dem Steinbruch am Osterberg und dem Unkersdorfer Tuff beinhalten als toniges Umwandlungsprodukt jene quellfähige Phase, die schon von Dietze et al. (2007) als Wechsellagerungsmineral beschrieben wurde, ohne dass am damals verfügbaren Probenmaterial eine genauere Identifizierung möglich war. Folgende röntgenographische Charakteristik wurde beobachtet (Abb. 3):

1. Röntgenreflexe im lufttrockenen Zustand: 29,6 Å (001), 14,7 Å (002), 7,3 Å (004).
2. Röntgenreflexe nach Behandlung mit Ethylenglycol: 31,7 Å (001), 15,7 Å (002), 7,8 Å (004).
3. Röntgenreflexe nach thermischer Behandlung bei 550 °C: 24,2 Å (001), 11,9 Å (002), 8,1 Å (003).
4. Der d(060)-Reflex wurde mit 1,535 Å vermessen.

Entsprechend der unter 1. bis 3. beschriebenen röntgenographischen Charakteristik (Abb. 3) handelt es sich

um ein regelmäßiges Chlorit-Smectit-Wechsellagerungsmineral (vgl. Jasmund & Lagaly 1993, Moore & Reynolds 1997). Die Lage des d(060)-Reflexes mit 1,535 Å lässt auf einen trioktaedrischen Charakter des Mineralen schließen, das damit als Corrensit angesprochen werden kann.

Bei einem Teil der Proben wurde die Ausbildung einer Schulter am (002)-Reflex des Corrensites bei ca. 17Å (Ethylenglycolbelegung) und das Vorhandensein eines weiteren undeutlichen Reflexes nach der thermischen Behandlung (550 °C) bei ca. 9,7 Å als Schulter am (001)-Reflex des Glimmers beobachtet (Abb. 3). Außerdem wurde ein zweiter d(060)-Reflex bei ca. 1,495 Å registriert. In diesen Proben ist neben dem Wechsellagerungsmineral ein dioktaedrisches Smectitmineral als weitere Phase entstanden. Die REM-ESMA-Untersuchungen bestätigten den röntgenographischen Befund. Außer den leistenförmigen Morphologien in den Corrensitaggregaten wurden sowohl die für Smectite bekannten Blättchen mit den typischen Quellungsmerkmalen („Knitterfalten“) im Randbereich (Abb. 4) als auch netzartige Gefüge (Abb. 5, „honeycomb structures“ nach Andrews 1980) beobachtet. Die chemische Zusammensetzung der Partikel in diesen Gefügen entspricht der eines dioktaedrischen, aluminiumbetonten Smectites, also einem beidellitischen Montmorillonit.

Der Corrensit bildet Aggregate (Abb. 6), die in der Regel aus radial angeordneten, leistenförmigen Kristallen bestehen (Abb. 7 und 8) deren chemische Zusammensetzung außerordentlich variabel ist. Lokal wurden zusammen mit diesen Aggregaten wabenartige Abscheidungen von nahezu reinem SiO₂ gefunden (Abb. 9).

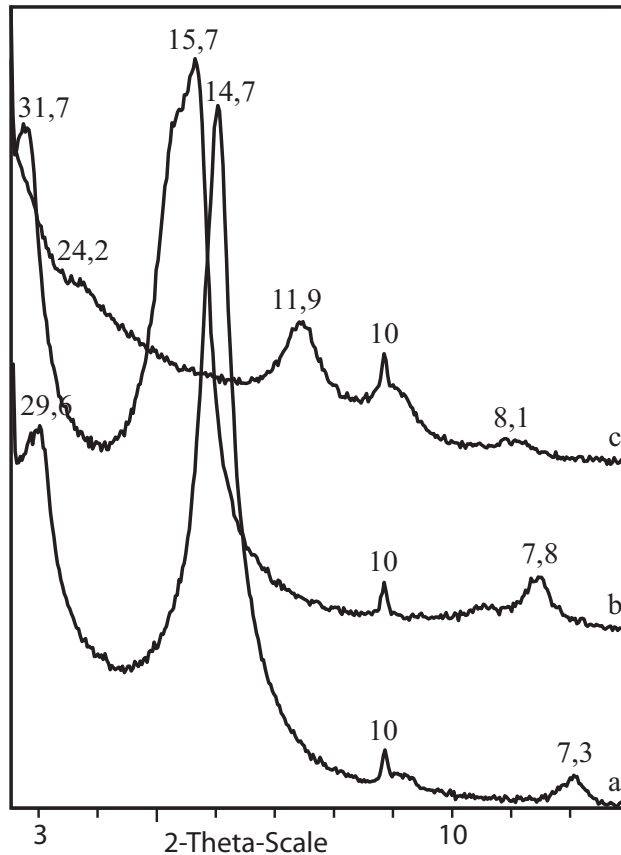


Abb. 3: Röntgendiffraktogramme des Corrensites bei natürlicher Ionenbelegung. a – lufttrocken; b – nach Behandlung mit Ethylenglycol; c – nach thermischer Behandlung bis 550 °C; d-Werte in Å).

Fig. 3: X-ray diffractograms of corrensite with natural cation saturation (a – air dried, b – ethylene glycol solvated, c – after thermal treatment up to 550 °C, d-values in Å).

Alle in Tabelle 2 dokumentierten chemischen Daten wurden an den leistenförmigen Kristallen der Corrensiteaggregate gemessen. In einigen Fällen wurden die Analysen an Leisten ermittelt, die sich in direkter Nachbarschaft befanden (z. B. Tab. 2, Spalten TS 1059_23 und TS 1059_21, zugehöriger Gefügeausschnitt in Abb. 8). Vergleicht man die in Tabelle 2 dokumentierten Analysen mit den von Jasmund & Lagaly (1993) sowie von Newman (1987) für den Corrensite publizierten chemischen Daten, so liegen nur die Analysen TS 1059_16, TS 1059_14 und TS 1059_23 in den dort angegebenen Wertebereichen. Der hohe Eisengehalt in der Analyse TS 1059_21 zeigt an, dass wahrscheinlich auch eine nontronitische Komponente vorhanden ist. Die Analysen TS 1059_4 und TS

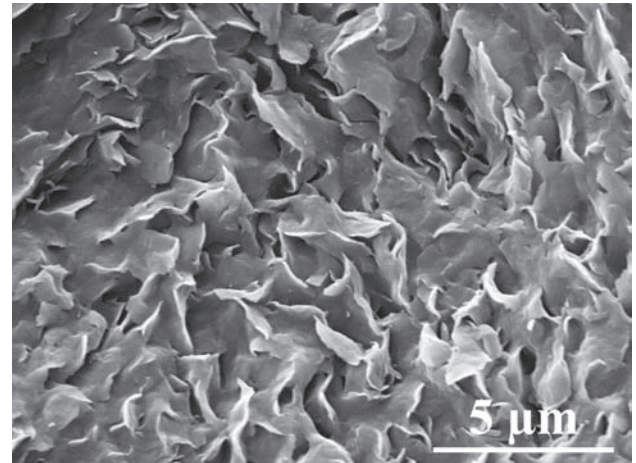


Abb. 4: Blättchenförmige Morphologie von beidellitischen Montmorillonit mit typischen Quellungsmerkmalen („Knitterfalten“) im Randbereich (REM SE-Bild).

Fig. 4: Lamellar morphology of beidellitic montmorillonite with typical swelling features („crinkle marks“) on the edge (SEM SE-picture).

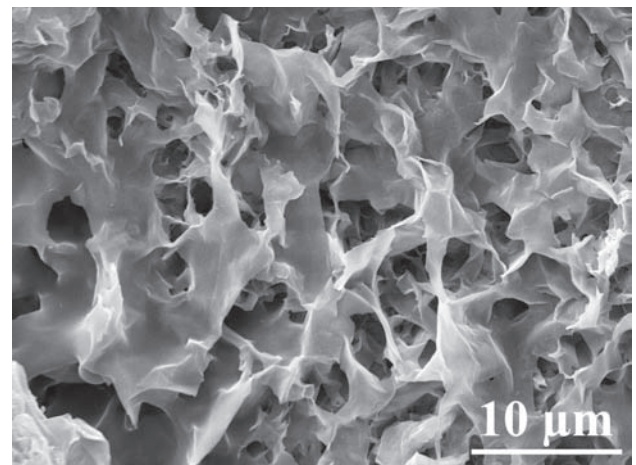


Abb. 5: Wabenartiges Gefüge von beidellitischen Montmorillonit (REM SE-Bild).

Fig. 5: Honeycomb structures of beidellitic montmorillonite (SEM SE-picture).

1059_17 weisen wiederum auf Anteile eines aluminiumbetonten dioktaedrischen Smectites hin.

Da bei den lokal analysierten hohen Al_2O_3 -Anteilen auch der Verdacht bestand, dass das Wechsellagerungsmineral als Tosudit vorliegen könnte, erfolgte ein Vergleich mit dem Tosudit von Ehrenfriedersdorf (Starke et al. 1984).

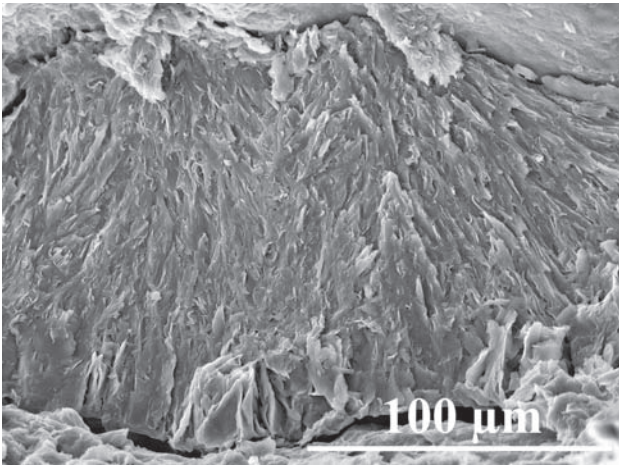


Abb. 6: Aggregat von leistenförmigen Corrensitkristallen (REM SE-Bild).

Fig. 6: SEM SE-picture of an aggregate of lath-shaped corrensite crystals.

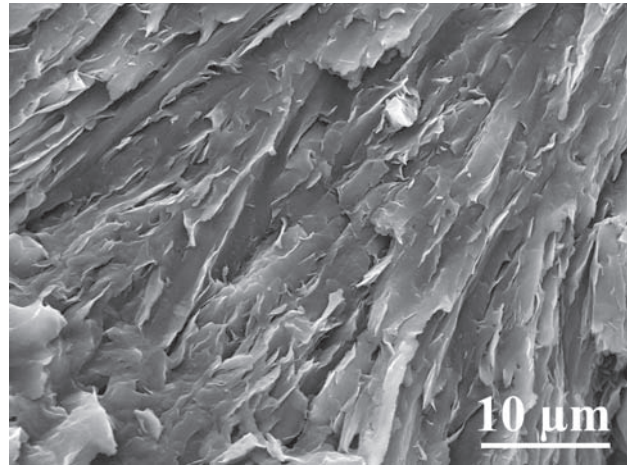


Abb. 7: Leistenförmige Corrensitkristalle (Ausschnitt aus Abbildung 6, REM SE-Bild).

Fig. 7: SEM SE-picture of lath-shaped corrensite crystals (part of figure 6).

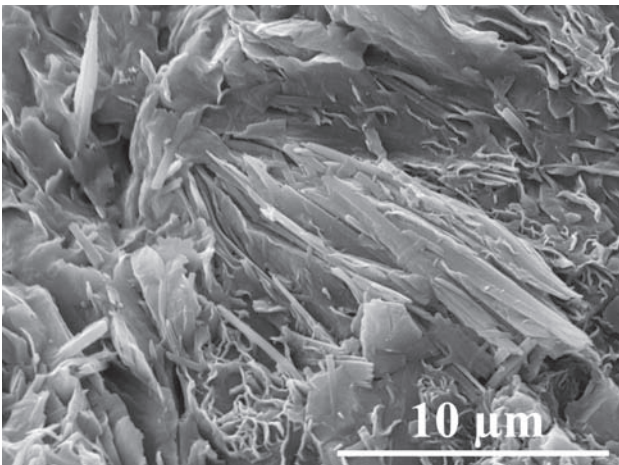


Abb. 8: Leistenförmige Corrensitkristalle (REM SE-Bild, Daten der ESMA-Analysen TS 1059_21 und TS 1059_23 in Tab. 2).

Fig. 8: SEM SE-picture of lath-shaped corrensite crystals (results of EDS analytics TS 1059_21 and TS 1059_23 in Tab. 2).

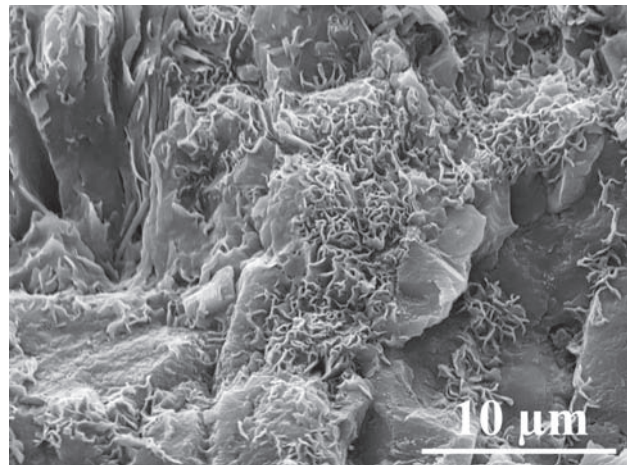


Abb. 9: Wabenartige Abscheidungen von reinem SiO₂ (REM SE-Bild)

Fig. 9: Honeycomb-like precipitation of pure SiO₂ (SEM SE-picture).

Die röntgenographische Charakteristik der d(001)-Reflexe ist ähnlich der des Corrensites, so dass hier eine Differenzierung nicht sicher möglich ist. Beide Minerale unterscheiden sich jedoch deutlich in ihrem thermischen Verhalten (Abb. 10 und 11), das im Wesentlichen durch die Dehydroxylation und den Strukturzerfall der Chloritkomponente in der Wechsellagerung bestimmt wird. Die Aluminium-Chlorit-Komponente des Tosudites (nach

Starke et al. 1984 liegt Sudoit vor) dehydroxyliert bereits bei 547 °C, gleichzeitig erfolgt der Strukturzerfall (Smykatz-Kloss 1974, 1982, Mackenzie 1970). Die Magnesium-Chlorit-Komponente des Corrensites dagegen dehydroxyliert bei 594 °C. Der Strukturzerfall erfolgt erst bei 829 °C und ist als eigenständige endotherme Reaktion ausgebildet, die gleichzeitig mit einem weiteren Masseverlust verbunden ist (Smykatz-Kloss 1974, 1982, Mack-

Tab. 2: Ergebnisse von ESMA-Analysen von Corrensitaggregaten aus dem Steinbruch Wurgwitz (TS 1059, Masse-%, wasserfrei, n. n. – nicht nachweisbar).

Tab. 2: Results of EDS-analytics of corrensite aggregates from Wurgwitz quarry (mass-%, anhydrous, n. n. – not evident).

Oxide	TS 1059_4	TS 1059_17	TS 1059_16	TS 1059_14	TS 1059_23	TS 1059_21
Na ₂ O	n. n.	n. n.	n. n.	n. n.	n. n.	n. n.
MgO	4,65	7,42	15,94	18,74	28,85	5,65
Al ₂ O ₃	30,08	25,99	23,57	21,31	20,28	12,48
SiO ₂	60,97	60,75	54,96	53,62	47,59	54,49
K ₂ O	1,10	0,61	0,31	0,29	0,07	7,54
CaO	1,65	2,73	2,01	1,63	1,37	0,49
MnO	0,07	0,12	0,13	0,25	0,10	0,13
Fe ₂ O ₃	1,48	2,39	3,08	4,15	1,73	19,21

Tab. 3: Ergebnisse von ESMA-Analysen an Corrensitaggregaten und der Gesteinsmatrix (Anschliff in Abb. 13, Messorte in Abb. 14, Probe TS 0407, Steinbruch Wurgwitz, Masse-%, wasserfrei, n. n. – nicht nachweisbar).

Tab. 3: Results of EDS-analytics of corrensite aggregates and the rock matrix (section in Fig. 13, measuring points in Fig. 14, sample TS 0407, Wurgwitz quarry, mass-%, anhydrous, n. n. – not evident).

Oxide	TS 0407_70	TS 0407_66	TS 0407_67	TS 0407_69	TS 0407_72	TS 0407_73
Na ₂ O	1,02	0,33	0,15	0,32	0,31	0,43
MgO	3,33	20,29	14,24	21,44	11,21	18,06
Al ₂ O ₃	12,21	19,15	29,41	22,54	19,05	22,57
SiO ₂	78,99	55,46	52,16	51,53	61,70	54,96
K ₂ O	2,10	0,54	0,22	0,27	2,80	0,37
CaO	0,40	1,11	1,19	1,20	0,84	0,91
TiO ₂	0,27	0,06	0,44	0,10	0,15	0,26
MnO	n. n.	0,11	0,19	0,05	0,13	0,09
Fe ₂ O ₃	1,69	2,94	2,01	2,55	3,82	2,36

Tab. 4: Ergebnisse von ESMA-Analysen an teilweise tonig zersetztem Kalifeldspat (Anschliff in Abb. 15, Messorte in Abb. 16) und Biotit (Messungen TS 0407_19, _20, _74, _75) der Probe TS 0407 (Steinbruch Wurgwitz, Masse-%, wasserfrei, n. n. – nicht nachweisbar).

Tab. 4: Results of EDS-analytics of a partially clayey altered potash feldspar (section in Fig. 15, measuring points in Fig. 16) and biotite (measurements TS 0407_19, _20, _74, _75) of sample TS 0407 (Wurgwitz quarry, mass-%, anhydrous, n. n. – not evident).

Oxide	TS 0407_54 TS 0407_55	TS 0407_56 TS 0407_57	TS 0407_19	TS 0407_20	TS 0407_74	TS 0407_75
Na ₂ O	1,57	n. n.	0,70	1,03	0,20	0,30
MgO	0,04	11,47	5,75	6,58	19,02	21,14
Al ₂ O ₃	17,57	28,43	17,52	18,19	15,29	23,71
SiO ₂	66,11	55,54	35,63	47,91	44,26	50,71
K ₂ O	13,91	1,95	8,54	5,78	0,82	0,22
CaO	0,49	1,20	0,19	0,45	0,89	1,20
TiO ₂	n. n.	0,22	5,13	3,33	3,97	n. n.
MnO	n. n.	0,06	n. n.	n. n.	0,31	0,13
Fe ₂ O ₃	0,31	1,14	26,54	16,73	15,23	2,58

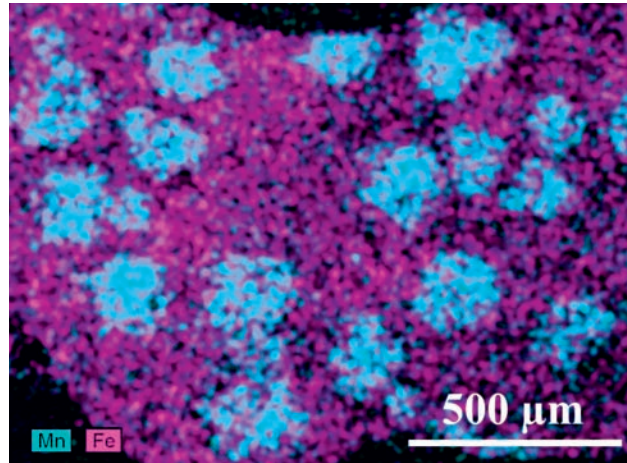
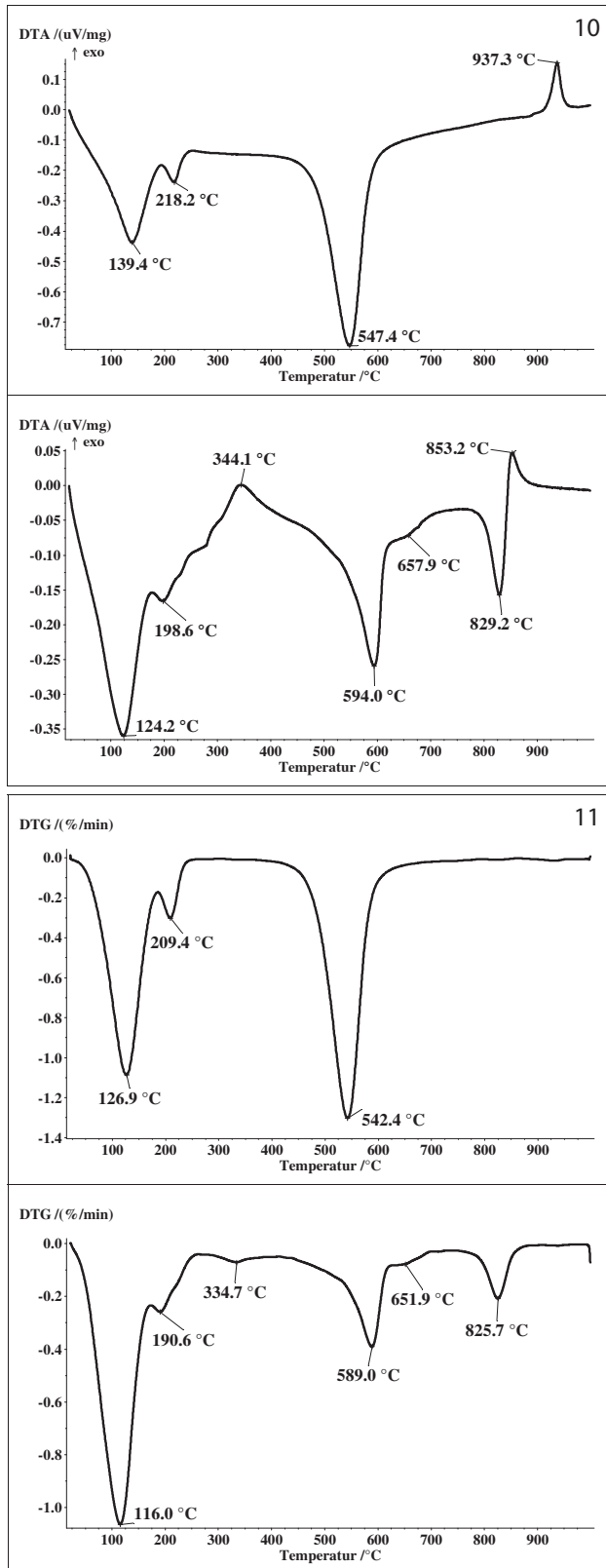


Abb. 12: Elementverteilung von Eisen und Mangan im tonigen Kluftbelag des Steinbruches am Osterberg (TS 0766).

Fig. 12: Chemical element mapping of iron and manganese in the clayey coating on the fissure from Osterberg quarry (TS 0766).

enzie 1970). Als Hochtemperaturphase, deren Bildung durch eine exotherme Reaktion bei 853 °C angezeigt wird, wurde bei 1000 °C Enstatit ($Mg_2[Si_2O_6]$) nachgewiesen. Damit kann nach den Ergebnissen der thermischen Analyse Tosudit sicher ausgeschlossen werden. Insofern sind die lokal analysierten hohen Aluminium- und auch Eisengehalte mit hoher Wahrscheinlichkeit auf eine Verwachsung des Wechsellagerungsminerales mit den auch röntgenographisch nachgewiesenen dioktaedrischen Smectiten, die als separate Phasen vorliegen, zurückzuführen.

Der Kluftbelag des Steinbruches am Osterberg (TS 0766) zeigte als Besonderheit das bereits beschriebene leopardenfällähnliche Aussehen mit schwarzen bis schwarzbraunen Flecken auf einem gelbbraunen Untergrund. Die schwarzen bis schwarzbraunen Flecken entstehen durch lokale Abscheidungen von Manganverbindungen, wie aus der Elementverteilung von Eisen und Mangan in Abb. 12 ersichtlich ist.

Abb. 10: DTA-Kurven des Tosudites von Ehrenfriedersdorf (oben) und des Corrensites von Würgwitz (unten).

Fig. 10: DTA curves of tosudite (Ehrenfriedersdorf, top) and of corrensite (Würgwitz, bottom).

Abb. 11: DTG-Kurven des Tosudites von Ehrenfriedersdorf (oben) und des Corrensites von Würgwitz (unten).

Fig. 11: DTG curves of tosudite (Ehrenfriedersdorf, top) and of corrensite (Würgwitz, bottom).

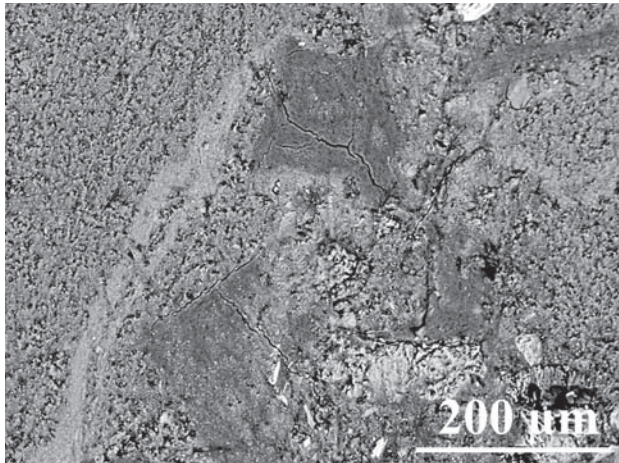


Abb. 13: Gefüge von hydrothermal bentonisiertem Porphyrit mit Corrensitaggregaten (dunkelgraue Bereiche) in einer stark silifizierten Grundmasse (REM BSE-Bild, Elementverteilung in Abbildung 14).

Fig. 13: Fabric of hydrothermally bentonitized porphyrite with corrensite aggregates (dark-grey areas) in a strong silicated groundmass (SEM BSE-picture, chemical element mapping in fig. 14).

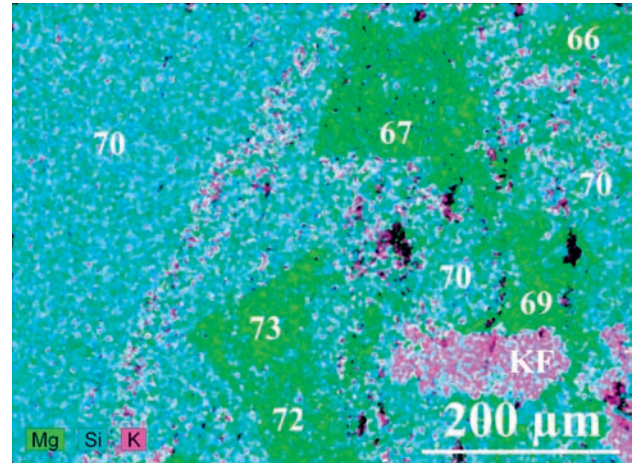


Abb. 14: Elementverteilung von Magnesium, Silizium und Kalium für Abbildung 13 (grün – Magnesium, blau – Silizium, magenta – Kalium, Nr. 66, 67, 69, 72, 73 – Corrensitaggregat, Nr. 70 – silifizierte Grundmasse, KF – Kalifeldspatrest, Analysendaten in Tabelle 3).

Fig. 14: Chemical element mapping of magnesium, silicon and potassium related to figure 13 (green – magnesium, blue – silicon, magenta – potassium, number 66, 67, 69, 72, 73 – aggregates of corrensite, number 70 – silicated groundmass, KF – residual of potash feldspar, results of chemical analysis in table 3).

Bemerkungen zur Genese

Die in der Baugrube des Regenrückhaltebeckens unter den quartären Deckschichten angetroffene ca. 4 m mächtige Zersatzzone dokumentiert die von der Oberfläche ausgehende, in die Tiefe fortschreitende Verwitterung des Porphyrites. Der allmähliche Übergang vom gebleichten, bentonitischen Zersatz über vergrusste Bereiche mit geringeren Smectitanteilen, zum darunter folgenden, nur angewitterten Festgestein mit voneinander gelösten Kluftkörpern bis zum unverwitterten Porphyrit lassen diese Schlussfolgerung zu.

Das angetroffene Profil ist als Ergebnis einer intensiven Silikatverwitterung zu werten. Die klimatischen Bedingungen hierfür waren im Verlaufe der Erdgeschichte mehrfach vorhanden. Sowohl in der Kreide als auch im Tertiär sind in Sachsen mächtige Verwitterungskrusten entstanden, die Kaoline (Störr 1983, Störr & Schwerdtner 1979) und Bentonite (Ullrich et al. 1988) hervorgebracht haben. Aber auch ältere präcenomane Verwitterungskrusten („Rotlehme“, Pietsch 1913, Störr & Ruchholz 1975) sind z. B. aus dem Elbtalgebiet bekannt.

Bei eigenen Untersuchungsarbeiten in den 1990er Jahren sind derartige Bildungen im Dresdner Süden bei

Baumaßnahmen und in Bohrungen zur hydrogeologischen Erkundung vielfach aufgeschlossen worden. So wurden in der Klippenfazies an der Kreidebasis nahezu vollständig kaolinisierte Monzonitgerölle gefunden. An der Grenze Monzonit/cenomane Plenus-Ton wurde eine mehrere Dezimeter mächtige, stark vergrünte, dreischichtsilikatreiche Zone im Monzonit angetroffen. Bruchstücke dieser Verwitterungskruste und kaolinisierte Gerölle waren teilweise in den Plenus-Ton eingebettet.

Nach Störr & Schwerdtner (1979) kommt es – unabhängig vom Alter – je nach der Intensität der Verwitterung und in Abhängigkeit vom Ausgangsgestein zur Ausbildung einer Zonierung in den Verwitterungskrusten. Diese Zonierung dokumentiert sich darin, dass zunächst Dreischichttonminerale entstehen, die im Verlaufe der Kaolinisierung, also mit zunehmendem Reifegrad, weiter zu Kaolinit abgebaut werden. In vielen Kaolinlagerstätten ist eine ausgeprägte Dreischichtsilikatzone im Liegenden der Kaolinitzone im Übergang zum Ausgangsgestein entwickelt (Störr 1983).

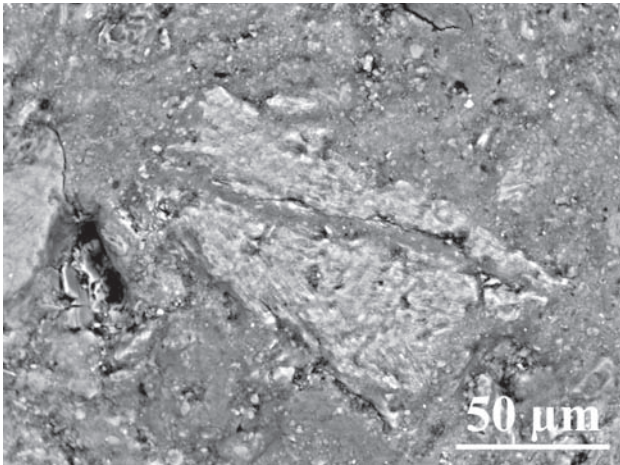


Abb. 15. Gefüge von hydrothermal bentonisiertem Porphyrit mit einem teilweise zu Corrensit umgewandelten Kalifeldspat (REM BSE-Bild, Elementverteilung in Abbildung 16).

Fig. 15. Fabric of hydrothermally bentonitized porphyrite with a partial altered potash feldspar (SEM BSE-picture, chemical element mapping in fig. 16).

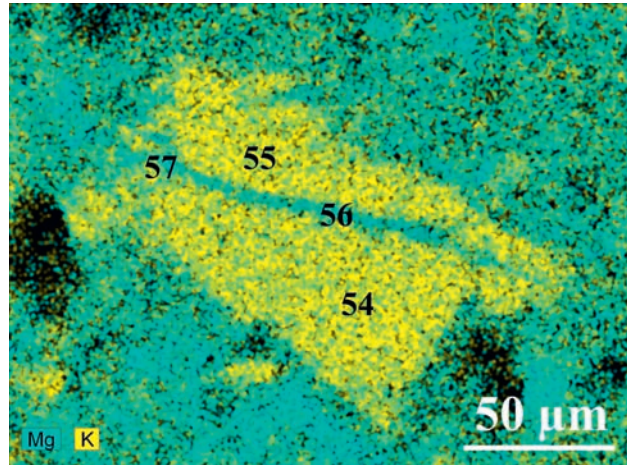


Abb. 16. Elementverteilung von Magnesium und Kalium für Abbildung 15 (blau – Magnesium, gelb – Kalium, Nr. 56, 57 – Corrensit, Nr. 54, 55 – Kalifeldspat, Analysendaten in Tabelle 4).

Fig. 16. Chemical element mapping of magnesium and potassium related to figure 15 (blue – magnesium, yellow – potassium, number 56, 57 – corrensite, number 54, 55 – potash feldspar, results of chemical analysis in table 4).

Nach den vorliegenden Untersuchungsergebnissen wurde unter der Lößlehmauflage nur die Dreischichtsilikatzone angetroffen. Ob die Kaolinitzone überhaupt ausgebildet war oder später nur abgetragen wurde, bleibt offen. Eine Bildung von Kaolinit, die hier ein weiteres Indiz für die Interpretation als Verwitterungsbildung liefern könnte, war nicht nachweisbar. Das ist nicht ungewöhnlich, denn auch in den Bentoniten der Lausitz ist Kaolinit meist nur sporadisch vertreten (Ullrich et al. 1988).

Die Entstehung der bentonitisierten Bereiche des Porphyrites im Steinbruch Wurgwitz, die an eine herzynisch streichende Kluftschär gebunden sind und die als quellfähige Phase ein regelmäßiges Chlorit-Smectit-Wechselagerungsmineral (Corrensit) beinhalten, kann nicht durch Verwitterungsprozesse erklärt werden. Gleiches gilt für die Funde vom Steinbruch Osterberg sowie für den Unkersdorfer Tuff.

Die Bildung des Corrensites erfolgte - wie bereits von Dietze et al. (2007) für den Volkonskoit und Nontronit beschrieben - ausgehend von der Klüftung des Porphyrites sowohl als Kluftbeläge und Kluftfüllungen als auch in Form von wolkigen Aggregaten im angrenzenden bentonitisch umgewandelten Porphyrit selbst (Abb. 13, Abb. 14, Tab. 3). Die Corrensitaggregate sind in der Regel in eine silifizierte Matrix eingebettet (Tab. 3, TS 0407_70),

die außerdem noch Reste korrodierter Feldspäte enthält. Auch innerhalb der Aggregate sind Bereiche mit hohem SiO_2 -Gehalten nachweisbar (Tab. 3, TS 0407_72), in denen freies SiO_2 mit einer wabenartigen Morphologie abgeschieden wurde (Abb. 9).

Eine Umwandlung zu Corrensit wurde an Albit, Kalifeldspat (Abb. 15 und 16, Tab. 4) und auch am Biotit (Tab. 4) beobachtet. Beim Kalifeldspat geht die Umbildung mit einer zunehmenden Entfernung von Kalium und Silizium einher. Beim Albit sind es Natrium und ebenfalls Silizium, die mobilisiert werden. Beim Biotit wird zuerst Kalium aus dem Zwischenschichtbereich herausgelöst. Mit fortschreitender Umwandlung wird Eisen aus seiner oktaedrischen Position entfernt. Beim Aluminium erfolgt wahrscheinlich nur eine partielle Mobilisierung.

Keines der genannten Minerale beinhaltet jedoch ausreichende Mengen an Magnesium für die Bildung des trioktaedrischen Wechselagerungsminerals. Das gilt auch für den Biotit, der - abweichend von der Idealzusammensetzung - in oktaedrischer Position überwiegend Eisen und nur untergeordnet Magnesium beinhaltet (Tab. 4, TS 0407_19). Folglich muss Magnesium, wie auch das Chrom zur Bildung des Volkonskoites, in gelöster Form zugeführt worden sein. In Übereinstimmung mit bereits von Dietze

et al. (2007) diskutierten Vorstellungen zur Genese ist deshalb auch hier von einer hydrothermalen oder (auto)metasomatischen Entstehung auszugehen. Die chemische Zusammensetzung der hydrothermalen Lösung (Mg, Cr), das jeweilige Ausgangsmineral und die Intensität des Umwandlungsprozesses haben letztendlich darüber entschieden, ob dioaktaedrische Smectite (z. B. beidellitischer Montmorillonit, Nontronit, Volkonskoit) oder das trioktaedrische Wechsellagerungsmineral (Corrensit) entstanden sind. In diesem Prozess wurden außer den Alkalien und Eisen offensichtlich große Mengen an Kieselsäure freigesetzt, die die angrenzenden Bereiche des Gesteins silifiziert haben. In Hohlräumen und Klüften wurde außerdem die Bildung von Chalcedon bzw. Achat beobachtet. Das mobilisierte Eisen ist zum Teil in den bentonitisierten Bereichen als Haematit abgeschieden worden, was zu einer intensiven Braunfärbung geführt hat.

Danksagung

Für die Möglichkeit der Steinbruchbefahrung, Proben- und Einsichtnahme in den Erkundungsbericht danken die Autoren des Beitrages dem Betriebsleiter Herrn Stockmann von der Wilhelm Faber GmbH & Co. Bauunternehmung KG Wilsdruff. Für die Überlassung von Probenmaterial aus dem Steinbruch Osterberg und dem Unkersdorfer Tuff danken wir ganz herzlich Herrn Dr. Schauer von der WISMUT GmbH und Herrn Prof. Thalheim von den Senckenberg Naturhistorischen Sammlungen Dresden, Museum für Mineralogie und Geologie.

Literatur

- Andrews, A.J. (1980): Saponite and celadonite in layer basalts, DSOPLeg. 37. – *Contrib. Mineral. Petrol.*, **73**: 323–340, Berlin, Heidelberg, New York.
- Bruhns, W. (1886): Der Porphyritzug von Wilsdruff-Potschappel. Inaugural-Dissertation zur Erlangung der philosophischen Doctorwürde an der Universität Leipzig: 28. S., Berlin (J. F. Starcke).
- Dalmer, K., Beck, R. & Pietzsch, K. (1922): Erläuterungen zur geologischen Karte von Sachsen im Maßstab 1:25.000, Blatt Nr. 65 Wilsdruff. – 2. Aufl., Herausgegeben vom Finanzministerium Leipzig, Dresden (G. A. Kufmann's Buchhandlung).
- Dietze, M., Haubrich, F., Klinger, T. & Ullrich, B. (2007): Smectite im Porphyrit von Wurgwitz bei Dresden (Sachsen, Deutschland). – *Geologica Saxonica*, **52/53**: 97–115, Dresden.
- Jasmund, K. & Lagaly, G. (1993): Tonminerale und Tone: 490 S., Darmstadt (Steinkopff Verlag).
- Mackenzie, R.C. (1970): *Differential Thermal Analysis*. Vol. 1: 775 S., London, New York (Academic Press).
- Moore, D.M. & Reynolds, R.C. (1997): *X-Ray Diffraction and the Identification and Analysis of Clay Minerals*: 378 S., Oxford, New York (Oxford University Press).
- Naumann, C.F. (1845): Erläuterungen zu der geognostischen Karte des Königreiches Sachsen und der angränzenden Länderabtheilungen. Heft 5. Erläuterungen zu Section X Umgegend von Dresden und Meißen: 495 S., Dresden und Leipzig (Arnoldische Buchhandlung).
- Newman, A.C.D. (1987): *Chemistry of Clays and Clay Minerals*. – *Mineralogical Society Monograph*, **6**: 1–469, Harlow (Longman Scientific & Technical).
- Pietzsch, K. (1913): Verwitterungserscheinungen der Auflagerungsfläche des sächsischen Cenomans. – *Z. deutsch. geol. Ges.*, **65**: 594–602, Berlin.
- Reichel, W. (1970): Stratigraphie, Paläogeographie und Tektonik des Döhlener Beckens bei Dresden. – *Abh. Staatl. Mus. Mineral. Geol. Dresden*, **17**: 1–133, Leipzig.
- Smykatz-Kloss, W. (1974): *Differential Thermal Analysis*: 185 S., Berlin, Heidelberg, New York (Springer Verlag).
- Smykatz-Kloss, W. (1982): Application of differential thermal analysis in mineralogy. – *J. of Thermal Analysis*, **23**: 15–44, Amsterdam.
- Starke, R., Landgraf, K. F. & Felix, S. (1984): Tosudit von Ehrenfriederodorf – weitere mineralogische Daten. – *Zeitschrift für geologische Wissenschaften*, **12**: 509–516, Berlin.
- Störr, M. (1983): Die Kaolinlagerstätten der Deutschen Demokratischen Republik. – *Schriftenreihe für geologische Wissenschaften*, **18**: 1–226, Berlin.
- Störr, M. & Ruchholz, M. (1975): The Pre-Cenomanian weathering crust in der GDR. Exposures at Dohna and the Götzenbüschel hill. – *Kaolin Deposits of the GDR in the Northern Region of the Bohemian Massif*: 172–188, Greifswald.
- Störr, M. & Schwerdtner, G. (1979): Zur Geologie, Mineralogie und Technologie der Kaoline der DDR. – *Zeitschrift für Angewandte Geologie*, **25**: 505–514, Berlin.
- Thalheim, K., Reichel, W. & Witzke, T. (1991): Die Minerale des Döhlener Beckens. – *Schriften des Staatlichen Museums für Mineralogie und Geologie zu Dresden*, **3**: 1–130, Dresden.
- Ullrich, B., Dressler, E. & Galiläer, L. (1988): Zur Geologie der Lagerstätten von Smektitrohstoffen in der DDR. – *Zeitschrift für angewandte Geologie*, **34**: 129–134, Berlin.