

## SCHLUSSBERICHT PROJEKT: MIKRO-URANMINERALISATIONEN

BERICHTSZEITRAUM 8/2016-7/2017

Projektleitung: Fritz FINGER, Gerhard SCHUBERT

Beteiligte Institutionen: Universität Salzburg, GBA

### 1. Beschreibung und kritische Reflexion des Projektverlaufs

Aufgrund der arbeitsintensiven Natur des Projekts wurden die Projektmittel bevorzugt für Personal ausgegeben. Auf Salzburger Seite wurde Dr. Michael Waitzinger als Projektassistent angestellt. Er hat den Großteil der projektierten analytischen Arbeiten am Rasterelektronenmikroskop durchgeführt. Aus Projektmittel finanzierte Mitarbeiter an der GBA waren Daniel Elster und Christian Benold. Wertvolle Hilfestellung kam von Ing. Christian Auer sowie HR Dr. Gerhard Hobiger.

Wie vorgesehen wurde im ersten Projektjahr schwerpunktmäßig am Aufbau der U-Th-Pb Analysemethode für U- und Th-reiche Mikrokristalle gearbeitet, wobei der Großteil der Arbeiten am Rasterelektronenmikroskop der Universität Salzburg erfolgte (Fachbereich Chemie und Physik der Materialien). Die Herausforderung war, ausreichend genaue röntgenspektrometrische Konzentrationsbestimmungen der Elemente U, Th und Pb an den z.T. nur 1 µm großen Mikrokristallen vornehmen zu können. Zu diesem Zweck wurde erstmals eine Elektronenstrahlregung unter geringerer Beschleunigungsspannung ausführlich getestet (8 kV anstatt der sonst meist üblichen 15-20 kV). Damit ließ sich eine analytische Ortauflösung von nur 0.3 µm erzielen, was eine weltweite Neuerung am Gebiet der U-Th-Pb Datierung darstellt.

Im weiteren Fortgang der Arbeiten stellte sich rasch heraus, dass vor allem der Uraninit ( $\text{UO}_2$ ) ein enormes geochronologisches Potential besitzt. Unsere Arbeiten haben sich dementsprechend auf dieses Mineral besonders konzentriert. Wie aus den Vorarbeiten bekannt war, führen etliche Zentralgneistypen des mittleren Tauernfensters Mikrokristalle von Uraninit (siehe Tabelle 1). Diese Gneise wurden im Projekt schwerpunktmäßig bearbeitet, wobei sich die Zusammenarbeit mit den Kollegen aus Leoben (Prof. Raith, Dr. Kozlik) als fruchtbar erwies. Im weiteren Projektverlauf wurden Proben von den Uranvererzungen Rauriser Tal und Ranneburger See (Osttirol) eingeholt. Dünnenschliffe wurden angefertigt. Für die Proben vom Ranneburger See stehen die REM Untersuchungen allerdings noch aus.

Etwas zu kurz kam leider die Bearbeitung der U-, Th-Silikate Uranothorit, Thorit und Coffinit. Nach vorläufigen Einschätzungen besitzen diese Minerale weniger robuste Th-U-Pb Systeme und sind daher im Vergleich zum Uraninit weniger gut als Geochronometer geeignet. Auch sind sie wegen der vergleichsweise geringeren Gehalte an Aktiniden bzw. radiogenem Pb mit REM/EDX Methoden nicht so gut datierbar wie der Uraninit. Für die genauere Untersuchung dieser silikatischen Th-U Mineralphasen wäre wohl die Mikrosondenanalyse als Methode vorzuziehen.

## 2. Bearbeitete Proben

Den Arbeitsschwerpunkt bildeten antragsgemäß Proben aus dem mittleren Tauernfenster, insbesondere solche von Gneisen aus dem Bereich der Scheelitlagerstätte Felbertal, darunter der sogenannte K1 Gneis, der Felbertauern Augengneis und der Granatspitz-Gneis. In diesen Orthogneisen konnten Mikrokristalle von Uraninit ( $\text{UO}_2$ ), Coffinit ( $\text{USiO}_4$ ) und Thorit ( $\text{ThSiO}_4$ ) in einiger Verbreitung gefunden und analysiert werden. Teile des Probenmaterials wurden uns freundlicherweise von J. Raith und M. Kozlik, Leoben, zur Verfügung gestellt. Zusätzlich wurde eine uraninitführende Mineralisation im Plattengneis des Rauristals bearbeitet (Probenmaterial E. Kirchner).

| Gestein                 | Schliff Nr.         | Uraninit | U, Th Silikate |
|-------------------------|---------------------|----------|----------------|
| Aplit Reichen spitze    | A7092               | 4        |                |
| Aplit Reichen spitze    | A7492               | 7        |                |
| Zwölferzug Tauern       | AB1002              |          | 11             |
| Romate Gneis            | Elster Daniel\235-1 | 13       | 30             |
| Ahorn Gneis             | GBA\622-17          | 2        | 4              |
| Felbertauern Augengneis | FAG                 | 17       | 5              |
| Felbertauern Augengneis | 1101 Schliff        | 21       | 11             |
| Felbertauern Augengneis | 735                 | 45       | 21             |
| Granatspitzgneis        | KB 08 13            | 5        | 13             |
| Granatspitzgneis        | KB 10 13            | 3        | 2              |
| Granatspitzgneis        | KB0213_21,6-21,7    |          | 4              |
| Granatspitzgneis        | KB0213_21,6-21,7_F  | 4        | 11             |
| Granatspitzgneis        | KB1013 9,05-9,20F   | >40      | 1              |
| Granatspitzgneis        | Fin                 |          | 2              |
| Rauriser Plattengneis   | Lena Kirchner Linse | > 100    |                |
| K1-Gneis                | Fi-K1-84            | 32       | 3              |
| K1-Gneis                | Fi-6/16             | 26       | 46             |
| K1-Gneis                | Fi-7/16             | 21       |                |
| K1-Gneis                | Fi 8/16             | 16       | 31             |
| K1-Gneis                | Mara                | 12       | 16             |
| K1-Gneis                | MK1 / SP-25-34      | 1        |                |
| K1-Gneis                | MK1 / K1-1100       | 1        | 1              |
| K1-Gneis                | MK1 / Gn-1065b      | 5        | 10             |
| K1-Gneis                | MK1 / K1-725        |          |                |
| K1-Gneis                | MK1 / K1-1152       | 1        | 1              |
| K1-Gneis                | MK1 / AP-1124       | 3        | 2              |
| K1-Gneis                | MK2 / SP-25-34      | 4        |                |
| K1-Gneis                | MK2 / K1-1100       | 3        | 7              |
| K1-Gneis                | MK2 / Gn-1065b      | 12       | 13             |
| K1-Gneis                | MK2 / K1-725        | 4        | 4              |
| K1-Gneis                | MK2 / K1-1152       | 6        | 1              |
| K1-Gneis                | MK2 / AP-1124       | 15       |                |

**Tabelle 1:** Untersuchte petrographische Schlitte mit Anzahl der gefundenen Mikrokristalle von Uraninit und Uran-Thorium Silikat (Uranothorit, Thorit, Coffinit).

Zur Eichung der Messmethodik wurden Vergleichsproben von Uraninit bzw. Uraninitproben mit bekanntem geologischem Alter beschafft (Vorkommen Mitterberg am Hochkönig – Paar und Köppel 1978; Kirchberg Granit aus dem Erzgebirge – Förster 2000, Kempe 2002).

| Standardmaterial Uraninit      |                      |
|--------------------------------|----------------------|
| Hüttenberg/Knt.                | Paar\H2 eckig        |
| Hüttenberg/Knt.                | Paar01\Hüttenberg    |
| Mitterberg/Hochkönig           | Paar\M5410           |
| Königshain/Erzgebirge          | Königsheim\Schliff 1 |
| Königshain/Erzgebirge          | Königsheim\Schliff 2 |
| Erzgebirgegranit, Aue          | Förster Aue          |
| Kirchberg C Granit, Erzgebirge | TinaVater            |
| Kirchberg B Granit, Erzgebirge | KiB 3                |

**Tab. 2:** Zu Vergleichszwecken untersuchter akzessorischer Uraninit von anderen Lokalitäten

### 3. Resultate und Publikationen

**3.1)** Eine erste Publikation mit Projektergebnissen wurde Ende 2017 von der äußerst renommierten Fachzeitschrift *Geology* (Hrsg. American Geological Society) zum Druck angenommen. Sie trägt den Titel „*Identification of discrete hydrothermal events in polymetamorphic basement rocks using high spatial resolution U–Th–Pb chemical dating of uraninite microcrystals*“ (Autoren: Finger, Waitzinger, Förster, Kozlik, Raith) und fasst die Ergebnisse von U-Th-Pb Messungen an Uraninit-Mikrokristallen aus Zentralgneisen des mittleren Tauernfensters zusammen. Es ergaben sich klare Hinweise auf ein thermisches Ereignis im Perm und ein weiteres in der Trias. Eine Kopie dieser Publikation findet sich im Anhang. Die Grundidee des Projekts, also die geochronologische Verwendung von U-, Th-reichen Mikrokristallen zur Datierung retrograder Prozesse, konnte in dieser Arbeit erfolgreich umgesetzt werden. Es handelt sich weltweit um die erste systematische geochronologische Studie dieser Art an Uraninit-Mikrokristallen.

**3.2)** Eine zweite Publikation mit dem Titel „*In-situ U–Th–Pb geochronometry with submicron-scale resolution: low-voltage electron-beam dating of complexly zoned polygenetic uraninite microcrystals*“ (Autoren: Waitzinger, Finger) dokumentiert die im Zuge der Projektarbeiten erzielten methodischen Entwicklungen bei der U-Th-Pb Analytik von Kleinstkristallen mit Elektronenstrahl-Methoden. Die Arbeit wurde bei *Geologica Carpathica* zum Druck eingereicht und befindet sich derzeit im Review-Stadium. Eine Kopie des eingereichten Manuskripts findet sich im Anhang dieses Berichts.

**3.3)** Recht schöne Resultate haben sich auch bei der Untersuchung der **Uranmineralisationen im Plattengneis des Rauristals** ergeben. In dieser von Frau Prof. E. Kirchner zur Verfügung gestellten Probe liegen Uraninitmikrokristalle in hoch konzentrierter Form vor. Ihre Gehalte an (radiogenem) Blei sind sehr gering, was auf eine Bildung bei der alpinen Metamorphose hinweist. Rundliche Geisterstrukturen (z.B. Abb. 1c) könnten auf ältere, möglicherweise sedimentär gebildete traubige Pechblende hinweisen. Zusätzlich sind in dieser Probe sekundäre Uranverbindungen wie blätterige Uranphosphate zu beobachten. Die Arbeiten an

diesem Material sind noch am Laufen. Der bisherige Untersuchungsstand ist den folgenden Abbildungen zu entnehmen (Fig. 1):

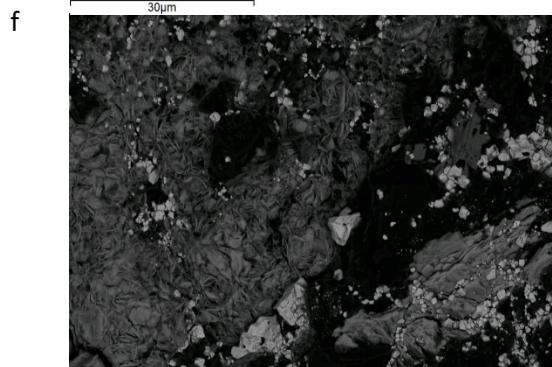
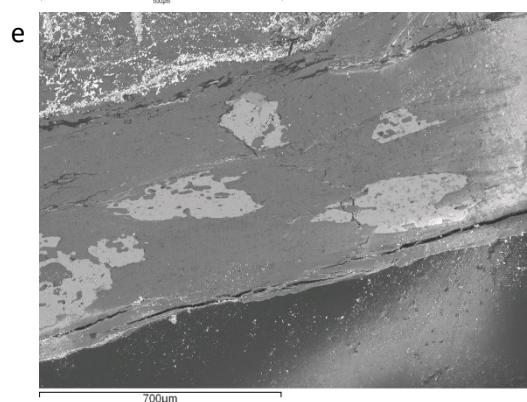
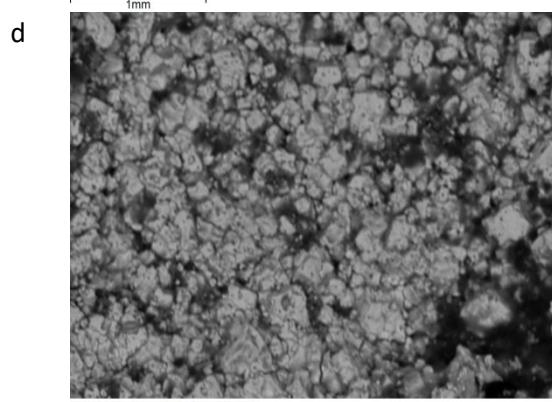
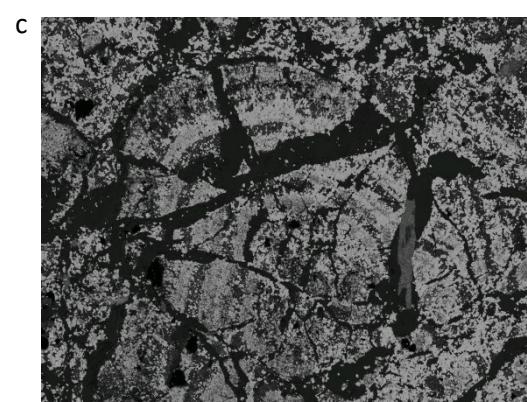
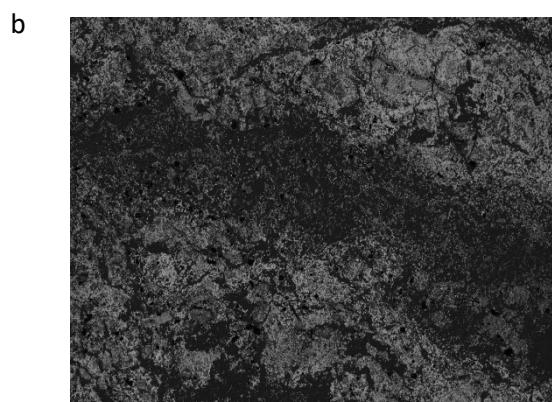


Fig. 1: Makroskopische (a) und rasterelektronenmikroskopische Aufnahmen der untersuchten Uranvererzung (Anschliff) im Rauriser Plattengneis. b-d) Feiner Uraninit im Zentrum der Linse, hell im Rückstreuelektronenbild; e) grober Ilmenit in Hellglimmer im Randbereich der Linse, f) blättriges, vermutlich sekundäres Uranphosphat, g) einzelner Scheelit (im Zentrum des Bilds).

### 3.4) Vergleichsanalyse eines Uraninit-Altersstandards in den Labors der GBA (Wien)

Eines der Projektziele war, die U-Th-Pb Analyse von Uraninitmikrokristallen in Salzburg zu perfektionieren und die Erfahrungen dann an das REM Labor der GBA weiterzugeben. Es kann hier berichtet werden, dass vergleichende Uraninitanalysen an einem Uraninit Altersstandard (Körner aus dem Kirchberg Granit C) im Sommer 2018 an der GBA erfolgreich durchgeführt wurden (Analytiker: Dr. G. Auer, D. Elster, und Dr. M. Waitzinger). Die Messresultate sind in den folgenden Tabellen gegenübergestellt. Die Altersberechnung erbrachte innerhalb des Messfehlers konsistente Ergebnisse.

| Universität Salzburg |                   |                  |                  |      |                  |      |                               |                                |                                |                                |                                |      |                  |                 |        |                  |             |
|----------------------|-------------------|------------------|------------------|------|------------------|------|-------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|------|------------------|-----------------|--------|------------------|-------------|
| Korn                 | Na <sub>2</sub> O | SiO <sub>2</sub> | K <sub>2</sub> O | CaO  | TiO <sub>2</sub> | FeO  | Y <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | Ce <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | Pr <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | Gd <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | Dy <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | PbO  | ThO <sub>2</sub> | UO <sub>2</sub> | Total  | Alter            | Error (1 σ) |
| A                    | -                 | 0.40             | -                | -    | 0.48             | 0.64 | 2.13                          | -                              | -                              | -                              | -                              | 4.06 | 5.12             | 87.18           | 100.00 | 334              | 14          |
| A                    | -                 | 0.39             | -                | -    | 0.57             | 0.64 | 2.09                          | 0.31                           | -                              | -                              | 0.71                           | 3.90 | 5.02             | 86.37           | 100.00 | 324              | 9           |
| A                    | -                 | 0.43             | -                | 0.14 | 0.52             | 0.74 | 1.73                          | 0.27                           | -                              | -                              | 0.45                           | 3.85 | 4.66             | 87.22           | 100.00 | 318              | 9           |
| B                    | -                 | 0.41             | -                | -    | -                | 0.37 | 3.12                          | 0.37                           | 0.28                           | 0.48                           | 0.79                           | 3.80 | 3.92             | 86.46           | 100.00 | 318              | 9           |
| B                    | -                 | 0.42             | -                | 0.09 | -                | 0.32 | 1.91                          | 0.28                           | -                              | -                              | -                              | 3.95 | 4.71             | 88.31           | 100.00 | 322              | 9           |
| C                    | -                 | 0.45             | -                | -    | 0.15             | 0.31 | 2.48                          | 0.41                           | -                              | 0.45                           | 0.60                           | 3.78 | 6.36             | 85.01           | 100.00 | 318              | 9           |
| D                    | 0.24              | 0.66             | -                | -    | -                | 0.25 | 2.78                          | 0.31                           | -                              | -                              | 0.48                           | 3.87 | 5.01             | 86.40           | 100.00 | 322              | 9           |
| D                    | 0.33              | 0.68             | -                | -    | -                | 0.24 | 2.91                          | 0.48                           | -                              | -                              | 0.64                           | 3.87 | 5.10             | 85.75           | 100.00 | 324              | 9           |
| D                    | 0.25              | 0.63             | -                | -    | -                | 0.42 | 2.22                          | 0.41                           | -                              | -                              | 0.89                           | 3.89 | 4.95             | 86.35           | 100.00 | 324              | 9           |
| D                    | 0.22              | 0.69             | -                | -    | 0.15             | 0.56 | 2.65                          | 0.45                           | -                              | -                              | 0.49                           | 3.87 | 4.56             | 86.35           | 100.00 | 323              | 9           |
| F                    | 0.26              | 0.46             | -                | 0.13 | -                | 0.68 | 2.11                          | -                              | -                              | -                              | 0.52                           | 3.98 | 4.48             | 87.38           | 100.00 | 328              | 9           |
|                      |                   |                  |                  |      |                  |      |                               |                                |                                |                                |                                |      |                  |                 |        | $323 \pm 6$ (2σ) |             |

| Geologische Bundesanstalt |                   |                  |                  |      |                  |      |                               |                                |                                |                                |                                |      |                  |                 |        |                   |             |
|---------------------------|-------------------|------------------|------------------|------|------------------|------|-------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|------|------------------|-----------------|--------|-------------------|-------------|
| Korn                      | Na <sub>2</sub> O | SiO <sub>2</sub> | K <sub>2</sub> O | CaO  | TiO <sub>2</sub> | FeO  | Y <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | Ce <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | Pr <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | Gd <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | Dy <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | PbO  | ThO <sub>2</sub> | UO <sub>2</sub> | Total  | Alter             | Error (1 σ) |
| A                         | -                 | 0.38             | 0.37             | 0.22 | 0.47             | 0.70 | 2.15                          | -                              | -                              | -                              | -                              | 4.02 | 5.30             | 86.39           | 100.00 | 334               | 19          |
| B                         | -                 | 0.32             | 0.40             | 0.26 | -                | -    | 3.00                          | -                              | -                              | -                              | -                              | 4.07 | 4.14             | 87.81           | 100.00 | 334               | 19          |
| B                         | -                 | 0.38             | -                | -    | -                | -    | 1.82                          | -                              | -                              | -                              | -                              | 4.14 | 4.65             | 89.01           | 100.00 | 334               | 19          |
| C                         | -                 | 0.40             | -                | 0.16 | -                | -    | 2.30                          | -                              | -                              | -                              | -                              | 4.01 | 6.39             | 86.74           | 100.00 | 330               | 19          |
| D                         | 0.32              | 0.47             | 0.37             | 0.16 | -                | 0.51 | 2.26                          | 0.55                           | -                              | -                              | -                              | 3.86 | 5.41             | 86.09           | 100.00 | 322               | 20          |
| D                         | 0.37              | 0.48             | 0.28             | 0.21 | -                | 0.80 | 2.00                          | -                              | -                              | -                              | -                              | 3.98 | 4.60             | 87.29           | 100.00 | 328               | 18          |
| D                         | 0.29              | 0.60             | 0.40             | 0.17 | -                | 0.37 | 2.94                          | 0.53                           | -                              | -                              | -                              | 4.07 | 5.25             | 85.36           | 100.00 | 342               | 18          |
| D                         | 0.45              | 0.63             | 0.39             | 0.19 | -                | 0.36 | 2.21                          | 0.48                           | -                              | -                              | -                              | 4.08 | 4.80             | 86.42           | 100.00 | 339               | 18          |
|                           |                   |                  |                  |      |                  |      |                               |                                |                                |                                |                                |      |                  |                 |        | $333 \pm 13$ (2σ) |             |

Tabelle 3: Ergebnisse von SEM/EDX Messungen an der Universität Salzburg und der GBA Wien an denselben Uraninitkristallen des Kirchberg C Granits

### 3.5) Hydrogeologische Aspekte

Wie aktuelle Untersuchungen zeigen, treten in Österreich in Verbreitungsgebieten von alpinen Granitgneisen gehäuft erhöhte Urankonzentrationen in den lokalen Grundwässern auf (*Schubert, G., Berka, R., Katzlberger, C., Motschka, K., Denner, M., Grath, J. & Philippitsch, R., 2018: Radionuclides in groundwater, rocks and stream sediments in Austria – results from a recent survey. - Geological Society, London, Special Publications, 451, S. 83-112, <https://doi.org/10.1144/SP451.10.>*). Gerade auch im gegenständlichen Untersuchungsgebiet, dem Tauernfenster, liegt der Urangehalt im Grundwasser auffällig oft über dem österreichischen Grenzwert für Trinkwasser.

Obwohl das eigentliche Ziel des aktuellen Projekts die Datierung von akzessorischen Uranmineralen ist, trägt das Projekt ergebnis auch sehr dazu bei, die Ursachen für die erhöhten Urangehalte im unterirdischen Wasser zu erforschen: Durch die Projektuntersuchungen

werden jene wasserlöslichen Uranminerale sichtbar gemacht, welche die erhöhten Konzentrationen im Grundwasser vermutlich verursachen. Gleichzeitig wird ihre Position im Mineralgefüge aufgezeigt, wodurch das Mobilisierungspotential ins Grundwasser besser abgeschätzt werden kann; uranhältige Akzessorien, die hydrothermal an Klüften ausgeschieden wurden, besitzen im Grundwasser ein hohes Mobilisierungspotential, hingegen sind solche, die in einem schwer wasserlöslichen Mineralkorn ohne Klüfte eingeschlossen sind, für Grundwasser kaum zugänglich.

#### **4. Aktivitäten im Bereich Öffentlichkeitsarbeit und Vortragstätigkeit**

Die bearbeitete Thematik wurde im Rahmen der ÖGG/DGG Tagung Geotirol 2016 erstmals öffentlich in Form eines Vortrages vorgestellt (mit Abstract im Tagungsband).

Bei der Arbeitstagung der GBA in Bad Ischl (2017) wurde ein Poster präsentiert und ein Abstract für den Tagungsbund geliefert (Finger F., Waitzinger M., Elster D., Schubert G., Benold C. (2017): KempeMRI-Projekt „Geochemie und lagerstättenkundliche Bedeutung akzessorischer Mikro-Uranmineralisationen im mittleren Tauernfenster.- Arbeitstagung 2017 - Angewandte Geowissenschaften an der GBA, 19.-22. Juni 2017, Bad Ischl, Hallstatt, Gmunden, 273-275 (pdf liegt bei)).

Auf Einladung der Universität Prag (13.12.2017, mineralogisches Seminar) und der Slovakischen Mineralogischen Gesellschaft (Jahrestagung in Banska Stiavnica 27.-30.6.2018) wurden zwei Vorträge (45 min) über die Projektergebnisse gehalten. Vortragstitel: *U-Pb geochronometry on the submicrometer scale* (Prag) bzw. *Uraninite geochronometry: the spectacular return of an old method* (Banska Stiavnica).

Zum letztgenannten Vortrag gibt es ein gedrucktes Abstract mit folgendem Zitat: Finger F., Waitzinger M. 2018: Uraninite geochronometry - The spectacular return of an old method.- in: Book of Contributions and Abstracts, Joint 5th Central-European Mineralogical Conference and 7th Mineral Sciences in the Carpathians Conference, Mineralogical Society of Slovakia, ISBN978-80-223-4548-4, p.23 (pdf liegt bei).

#### **5. Abschließende Bewertung und Ausblick**

Mit dem Projekt wurde wissenschaftliches Neuland betreten, und es gab ja zu Beginn auch durchaus verständliche Bedenken seitens der Gutachter, ob die Idee wirklich aufgeht. Es bestand vor allem die Unsicherheit, ob U-, Th reiche Mikrominerale geschlossene Systeme bilden, die es erlauben, über eine Gesamtbleimeßung eine geologische Altersinformation zu bekommen. Nach zwei Jahren Arbeit ist klar, dass zu mindestens der Uraninit diese Voraussetzungen erfüllt. Die Projektergebnisse stellen somit auch einen wichtigen Beitrag für die internationale geochronologische Grundlagenforschung dar. Inwieweit Thorit und Coffinit geochronologisch brauchbar sind, ist noch nicht völlig geklärt, die bisher vorliegenden Daten sind widersprüchlich.

Was die österreichische Rohstoffforschung betrifft, wurde mit dem Projekt die Tür zu einer routinemäßigen geochronologischen Verwendung von U-Th reichen Mikrokristallen weit aufgestoßen. Es drängt sich nun geradezu auf, die bekannten Uraninit-führenden Mineralisationen in Österreich systematisch unter diesem Aspekt zu bearbeiten und zu datieren.

Wie andere derzeit laufende Projekte der GBA zeigen, ist auch die hydrogeologische Bedeutung der Forschungsergebnisse nicht zu unterschätzen. Ergebnisse des vorliegenden Projekts werden mit Sicherheit in das DaFNE-Projekt „101204 - Uran im Grundwasser“ sowie in die Bewertung der Metallgehalte der heimischen Grundwässer einfließen (vgl. [https://www.bmnt.gv.at/wasser/wasserqualitaet/grundwasser/geohint\\_2018.html](https://www.bmnt.gv.at/wasser/wasserqualitaet/grundwasser/geohint_2018.html)).

## 6. Zitierte Literatur

- Förster, H.J., 1999. The Chemical Composition of Uraninite in Variscan Granites of the Erzgebirge, Germany. *Mineralogical Magazine*, 63(2): 239-252.
- Kempe, U., 2003. Precise electron microprobe age determination in altered uraninite: consequences on the intrusion age and the metallogenetic significance of the Kirchberg granite (Erzgebirge, Germany). *Contributions to Mineralogy and Petrology*, 145(1): 107-118.
- Paar, W., Koeppl, V., 1978. The 'pitchblende-nodule-assemblage' of Mitterberg (Salzburg, Austria). *Neues Jahrbuch fuer Mineralogie, Abhandlungen*, 131(3): 254-271.