

CHEMISCH-MINERALOGISCHES VERHALTEN DER BASALTOIDE IM BEREICH DER URANERZ-LAGERSTÄTTE KÖNIGSTEIN (SACHSEN) WÄHREND LANGZEIT-FLUTUNGSBEDINGUNGEN

DIETRICH, V. D.* , ROMER, M. , NINDEL, K.*** & ZIMMERMANN, U.*****

* Institut für Mineralogie und Petrographie, Eidgenössische Technische Hochschule (ETH), CH-8092 Zürich

** Eidgenössische Materialprüfungs- und Forschungsanstalt (EMPA), CH-8600 Dübendorf

*** Wismut GmbH, D-09034 Chemnitz

Zielsetzung der Wismut GmbH ist es, die im Grubenbereich »Königstein« mit Schwefelsäure teilweise ausgelaugten, uranerzführenden Sandsteine und Schluffe des 4. Grundwasserleiters durch kontinuierliche Flutung über längere Zeiträume zu sanieren. Dabei sollen die über dem 4. Grundwasserleiter liegenden Lagen von ca. 8 m Turonton und ca. 20 m unterturonem Pläner als Abdichtung gegen den nächst höheren Grundwasserleiter erhalten bleiben.

Im Südost-Areal der Lagerstätte treten vollständig vertonte, steilstehende, und auf ca. 1 km Länge die Lagerstätte durchkreuzende, Basaltoidgänge auf. Sie durchschlagen alle Gesteine des 4. Grundwasserleiters und reichen mindestens bis in den 3. Grundwasserleiter, wenn nicht sogar bis in höhere Niveaus. Da diese tonigen Partien während der Abbauperiode zu bergbautechnischen Problemen (insbesondere Auflastererscheinungen an First- und Seitenstosspartien) führten, wurden die Basaltoidgänge aufgrund ihrer strukturellen Situation und ihrer geotechnischen Eigenschaften als markantes Gefährdungspotential für eine vertikale Wasserzirkulation unter Flutungsbedingungen angesehen.

Aus Analogieschlüssen zu den tertiären Alkalibasalten des Oberlausitzerbecken und des südlich angrenzenden Egertalsystems kann für die Königstein-Basalte oligozänes/miozänes Intrusionsalter zwischen 30 und 20 Mio Jahren angenommen werden. Die Analogie der mikroskopischen Gefüge von frischem Olivinbasalt und vertonten Basaltoiden beweist, daß letztere durch Umwandlung aus Olivinbasalt entstanden sind. Mineralogische und chemische Korrelationen, im Besonderen zwischen tiefen Eisen- (Siderit und Karbonatgehalten) und hohen Urangelhalten in den Basaltoiden und ihren unmittelbaren Nachbargesteinen führten zu einem Lösungs- und Ausfällungsmodell von Vertonung, Dekarbonatisierung und Uranmineralisation, das eine mehrphasige Einwirkung niedrig-temperierter Wässer (ca. 80–150°C) in Verbindung mit Migration aus den tertiären Vulkangebieten des Egersystems voraussetzt. Kontrollierende Hauptfaktoren in Bezug auf Mineralstabilitäten, pH- und Redoxpotentiale stellen neben einer komplexen Wasserchemie vor allem variable und hohe CO₂-, O₂- und Schwefelgehalte dar.

Zwei unterschiedliche Basaltoid-Typen scheinen im Basaltgangsystem vorzuliegen. Die Bildung der Montmorillonit- und Siderit-führenden, kaolinitisierten Basaltoide, wird mit einer frühen Vertonungsphase mit CO₂-reichen Thermalwässern in Zusammenhang gebracht. In einer späteren Phase führte die Auflösung der Karbonate (ins-

besondere Siderit) und teilweise Pyrit durch O₂-reiche Thermalwässer zur vollständigen Kaolinitisierung (Kaolinit-Basaltoidtyp) und zur Uranvererzung.

Überwiegender tonmineralogischer Anteil des gesamten Basaltoidgangsystems ist Ti-haltiger Kaolinit, eng vermischt mit Anatas. Quellfähiger Ca-Montmorillonit (z.T. Fe-haltige) und »mixed-layered« Illitmineralien treten untergeordnet auf. Montmorillonit scheint nur in Basaltoidpartien im granitischen Grundgebirge und in den tiefsten Niveaus des 4. Grundwasserleiters vorzuliegen. Siderit ist in einigen Basaltoidproben in größeren Mengen vorhanden, ebenso feinverteilte Uranerzphasen (welche nicht näher untersucht wurden) sowie lokal und untergeordnet Quarz, Pyrit, Baryt und Sanidin.

In den Basaltoidproben sind gegenüber frischen Alkali-Basalten Mg, Ca, Na, K, Rb und Ni stark, teilweise auch Fe, Mn, Sr, Ba und die Seltenen Erden abgereichert. Diese Abreicherung beträgt etwa 25% der gesamten Elementkonzentrationen. Dagegen liegen oft massive Anreicherungen von Ti, Fe, Mn, Al sowie von Übergangselementen und Uran vor.

Die Vorhersage des Verhaltens der Basaltoide unter zukünftigen Flutungsbedingungen mit schwefelsauren Lösungen setzt neben der genauen Kenntnis ihrer mineralogischen und chemischen Zusammensetzungen sowie ihrer Bildungsbedingen (Genese) auch die Quantifizierung des geotechnischen Verhaltens (d.h. die Durchlässigkeit gegenüber derartigen Lösungen sowie Auflösungs- und Quellverhalten) voraus.

Die Löslichkeitsexperimente unter Bedingungen eines »geschlossenen Systems« und unter Normaldruck zeigen einen geringen Kationenaustausch bei den Montmorillonit- und Illit-führenden Basaltoiden und geringfügige oder gar fragliche Auflösungserscheinungen bei allen Basaltoiden von maximal 0.5 Vol.% (ohne Berücksichtigung von Quelleffekten).

Die aus dieser geringfügigen Auflösung möglicherweise resultierende Vergrößerung des Porenraumes dürfte durch die Quellfähigkeit der Basaltoide kompensiert werden, so daß im Falle eines »geschlossenen Systems« die tiefen Durchlässigkeitsbeiwerte zu tragen kommen.

Die Basaltoide weisen unter lithostatischem Gebirgsdruck und einem Durchströmungsdruck von 30 m Wassersäule / m Prüfkörper innert 60 Tagen sehr kleine Durchlässigkeiten gegenüber den schwefelsauren Lösungen von 10⁻⁷ bis 10⁻⁹ cm/sec auf.

Vergleicht man die experimentell ermittelten Quelldrucke von 370–850 kPa und Quellhebungen von 2–5% der Basaltoide mit den Werten tonig-mergeliger Gesteine aus Tunneln durch den Schweizer Jura mit ähnlich mächtiger Gebirgsüberdeckung wie in der Grube »Königstein«, so ist das Quellvermögen der Basaltoide klein bis knapp mittel.

Die Basaltoide zeigen in den abgeschlossenen Experimenten an Kleinproben weitgehend unveränderliches chemisches und mechanisches Verhalten gegenüber schwefelsauren Lösungen.

Im Grossbereich sind die Basaltoide häufig von feinsten, unregelmässig verlaufenden Klüftungs- und Störungssystemen begleitet, welche teilweise wasserführend sind. In den aufgefahrenen Strecken und Querschlägen liegt also ein »offenes System« mit sekundär offenen Zirkulationswegen vor, was vielerorts zu Quellungen, Gesteinsabschalungen und Einbrüchen führte. Derartige Ereignisse – wie etwa weitere Auflockerungen mit Einstürzen und vertikaler Lösungsmigration in den 3. Grundwasserleiter – könnten analog während der Langzeitflutung eintreten und sich negativ auf die Durchbruchgefährdung kontaminierter Wässer aus dem 4. Grundwasserleiter in höhere Niveaus auswirken, sofern die »offenen Systeme«, so wie sie heute vorliegen, beibehalten werden.

Ein positiver, die vertikale Migration hemmender Effekt wird in der vertikalen Geometrie der Basaltoide gesehen. Diese vollständig vertonten Gangsysteme durchschlagen nicht mehr ideal flächenhaft, wie nach ihrer magmatischen Erstarrung, die sedimentären Umgebungsgesteine, sondern sind im Dezimeter- bis Meterbereich lokal oft unregelmässig deformiert und verschert. Durch diese strukturellen Komplikationen werden ideale vertikale Migrationswege stark gestört und häufig vollständig blockiert.

Für den heutigen Zustand des Grubenareals mit aufgelassenen Strecken und Querschlägen, insbesondere in den Bereichen der Basaltoidgänge und auch anderer basaltoidfreier Störungszonen, sind bergbauliche Maßnahmen vor Beginn der Flutung durchzuführen, welche die »offenen Systeme« weitestgehend abschließen. In die Hohlräume erwähnter Bereiche sind Verfüllungen derartig einzubringen, daß keine Hohlräume mehr bestehen und aufgelockerte Gesteinspartien oder instabile Grubenbauten dauerhaft verfestigt werden. Derartige »Barrieren« müssen schwefelsauren Lösungen und den umgebenden Gesteinspartien (insbesondere den Basaltoiden) gegenüber ein chemisch inertes Verhalten aufweisen.