

5. Literatur

- Cross, J.T., 1965: *Analyst.*, **90**, 315.
- Fichtner, N., 1973: Grundlagenuntersuchungen zur Eliminierung von farbgebenden Wasserinhaltsstoffen durch Flockung, Dissertation, Universität Dresden.
- Hofmann, H., 1991: New aspects of the production of bleaching earths, Proc. 7th Euroclay Conf. Dresden '91, 499-508, Greifswald.
- Lee, C.-M., 1990: Tone zur physikalisch-chemischen Abwasserreinigung. Dissertation, Universität Karlsruhe.
- Walther, H.J., Winkler, F., 1981: Wasserbehandlung durch Flockungsprozesse, Akademie Verlag, Berlin.

Der Faktor Zeit bei der Untersuchung von Barrieregesteinen

B. Knaak, F. Ottner, B. Schwaighofer und H.W. Müller

Institut für Bodenforschung und Baugeologie, Abteilung Baugeologie,
Universität für Bodenkultur, Gregor Mendel-Straße 33, A-1180 WIEN

1. Einleitung

Die aktuelle Situation auf dem Gebiet der Abfallwirtschaft erfordert im Zuge der Standortwahl eine exakte Erkundung der geologischen Barriere. Darunter ist in geotechnischem Sinne eine Stauschicht von ausreichender Mächtigkeit zu verstehen. Nach heutigem Stand der Wissenschaft ist im Interesse der langfristigen Funktionalität bzw. Sicherheit des Bauwerkes "Deponie" das geochemische Verhalten hinsichtlich der Durchlässigkeit besonders zu beachten. Als natürliche Barriere eignen sich Tongesteine; dabei sind auch durch den erhöhten Bedarf an Dichtmaterial sehr häufig entsprechende Eignungsprüfungen durchzuführen. Der Deponiebauer braucht meist sehr rasch Aussagen, wobei in relativ kurzer Zeit und mit möglichst geringem Aufwand beurteilt werden soll, ob ein Ton als Barrieregestein für eine Deponie geeignet ist oder nicht. Eine Reihe von Parametern wie K_f -Wert (mit H_2O ermittelt), Mineralbestand, Tonmineralverteilung, Proctordichte usw. sind eher rasch zu bestimmen. Veränderungen der Tone durch Wechselwirkungen mit Sickerwässern bleiben dabei unberücksichtigt und auch Aussagen über das Langzeitverhalten sowie die chemische Stabilität der Barriere können kaum getroffen werden. Um das Langzeitverhalten natürlich vorkommender Tongesteine erfassen zu können, wurden im Rahmen der vorliegenden Arbeit die Analysenergebnisse nach halbjähriger bzw. zweijähriger Versuchsdauer gegenübergestellt.

2. Material und Methoden

In der näheren Umgebung Wiens kommen größere Mengen an pelitischen Sedimenten in zwei geologischen Zonen vor:

In der **Molassezone**, wo während des Tertiärs der Abtragungsschutt der aufsteigenden Nördlichen Kalkalpen sowie der Böhmisches Masse sedimentiert wurde. Auch im **Wiener Becken** kamen seit dem mittleren Tertiär marine bis fluviatile Sedimente zur Ablagerung.

Aus der Molassezone stammen zwei Tone:

Göllersdorfer Tonmergel mit etwa 30 % Karbonatgehalt und ca. 15 % Smektit als dominierendem Tonmineral (Tonanteil 40 %), junger quartärer Deckenlehm aus **Freydegg**, der de-

karbonatisiert vorliegt, einen hohen Quarzanteil von über 50 % aufweist und als dominierende Tonminerale Kaolinit und Illit enthält (Tonanteil etwa 30 %).

Aus dem **Wiener Becken** wurden die pannonen Tone aus **Mannersdorf** und **Hennersdorf** untersucht. Beide Materialien sind sehr feinkörnig (Tonanteil bis 66 %), karbonatarm (1-15 %) und reich an Smektit (≈ 25 %).

In der geologischen Skizze sind die Positionen der Tonlagerstätten eingetragen (Abb.1).

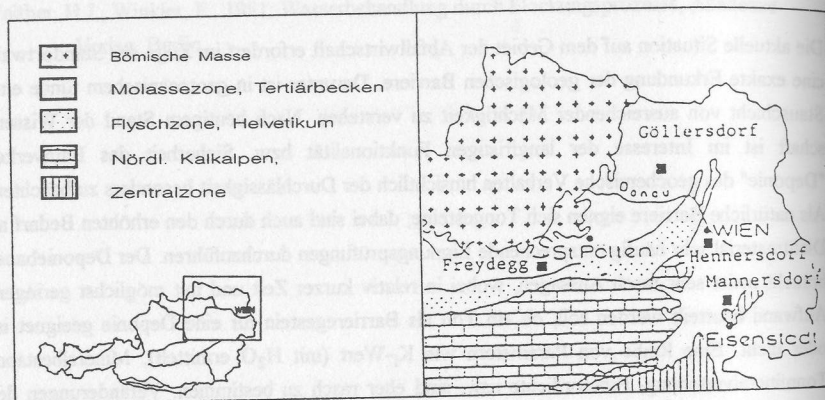


Abb. 1: Position der Lagerstätten.

Die Untersuchung der Tone wurde mittels Schüttelversuchen (Feststoff-Flüssigkeitsverhältnis 1:10, Schüttelzeit 24 Stunden) und Perkolationsversuchen in Dreiaxialzellen (Probendurchmesser 10 cm, Probenhöhe 4 cm) durchgeführt. Um den gesamten relevanten pH-Bereich abzudecken, wurden folgende Testflüssigkeiten gewählt: Salzsäure, synthetisches Sickerwasser, Bleichlorid, Wasser und Natronlauge (HAM et al., 1979).

Die durch die Tone gesickerten Perkolate wurden zumindest einmal pro Woche entnommen und folgende Parameter ermittelt:

- Durchflußmenge pro Woche
- pH-Wert
- Leitfähigkeit
- Ionenkonzentration einzelner Ionen in den Perkolaten

Aus diesen Messungen wurde die Veränderung der Durchlässigkeit und des Auslaugungsverhaltens im Laufe der Zeit berechnet.

Nach Abschluß der Versuche wurden die Auswirkungen der Prüflüssigkeiten auf die mineralogische Zusammensetzung der Tone röntgendiffraktometrisch erfaßt, sowie weitere geotechnische, geotechnische und physikalische Parameter bestimmt, z.B.: Atterbergsche Zustandsgrenzen, Porenvolumen, Dichte, etc. (SCHWAIGHOFER, 1991; OTTNER, 1991). Während die zeitliche Komponente bei Schüttelversuchen von untergeordneter Bedeutung ist, spielt der Faktor Zeit bei den Perkolationsversuchen eine wesentliche Rolle. Daß dabei u.U. die Analysenergebnisse sehr stark beeinflusst werden, soll im folgenden gezeigt werden.

3. Ergebnisse

Die Versuche wurden an ungestört entnommenen Tonproben durchgeführt. Die Durchlässigkeitsbeiwerte der tertiären Tone liegen bei 10^{-11} m/s, nur der quartäre Deckenlehm ist mit einem K_f von 10^{-9} m/s hundertmal durchlässiger. Wie erst jüngste Untersuchungsergebnisse aus dem Vergleich von Labordaten und Geländebeobachtungen bestätigt haben, verläuft der Ionentransport in dichten Tonen in erster Linie in diffusiver Form mit sehr geringen Geschwindigkeiten (WAGNER, 1992).

Bei den untersuchten Tonen konnte nur bei den durchlässigeren Deckenlehmen aus Freydegg ein Durchbruch bei Perkolat mit Bleichlorid erzielt werden. Bei den tertiären Tonen war trotz allmählicher Steigerung der Gradienten auf in der Praxis unrealistische Werte von $i \approx 250$ (hydraulische Druckhöhe $h_w = 10$ m) auch nach 2,5 Jahren kein Blei im Perkolat nachzuweisen. Das aufgegebene Blei wurde im obersten cm als Cerussit ausgefällt (KNAAK, 1992).

In Abbildung 2 ist das sehr langsame Vorrücken der Lösungsfront im Ton aus Mannersdorf bei Perkolat mit Salzsäure dargestellt ($i \approx 250$): Nach 1,5 Jahren sind die vorhandenen 3% Karbonat in der gesamten Probe (von 0 bis 4 cm) weg gelöst, während Chlorit nur im obersten cm gänzlich und im zweiten cm teilweise gelöst ist. Nach einem weiteren Jahr ist Chlorit bis in eine Tiefe von 3 cm gelöst, im untersten cm ist er aber noch deutlich nachzuweisen. In einem Jahr drang die Lösungsfront von Salzsäure somit nur 2 cm im Ton weiter ein.

Ton aus Mannersdorf mit Salzsäure perkoliert

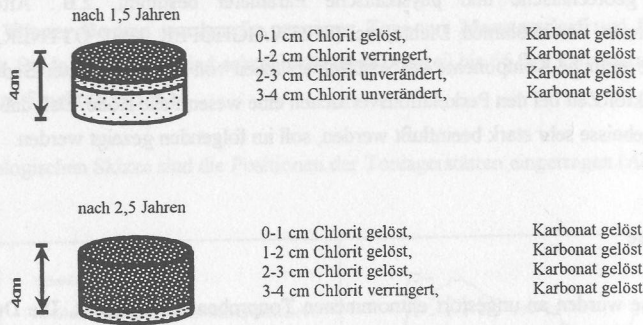


Abb. 2: Eindringen der Lösungsfront im Ton aus Mannersdorf.

Anhand von zwei Beispielen soll weiters gezeigt werden, wie stark Versuchsergebnisse durch die Zeit beeinflusst werden können. In den Abbildungen 3 und 4 wurden die Ergebnisse nach halbjähriger Versuchsdauer (in der Praxis übliche Zeit) bezüglich der Durchlässigkeit bzw. der Auslaugung von Ca^{++} -Ionen mit 1 festgelegt und die Ergebnisse der zweijährigen Versuche dazu in Beziehung gebracht. Diese Gegenüberstellung zeigt, daß Tongesteine durch den Kontakt mit Prüflüssigkeiten sowohl dichter werden können:

- durch Dispergierungseffekt (Göllersdorf und Mannersdorf mit NaOH),
 - Porenverstopfung durch Mineralneubildung (Hennersdorf mit Bleichlorid),
- als auch Anstiege der Durchlässigkeit bis zum zehnfachen Wert möglich sind:
- durch selektive Minerallösung (Göllersdorf und Mannersdorf mit HCl).
- Ebenso kann die Auslaugung von Ionen aus dem Ton bis zu zehnfach höhere Werte aufweisen.

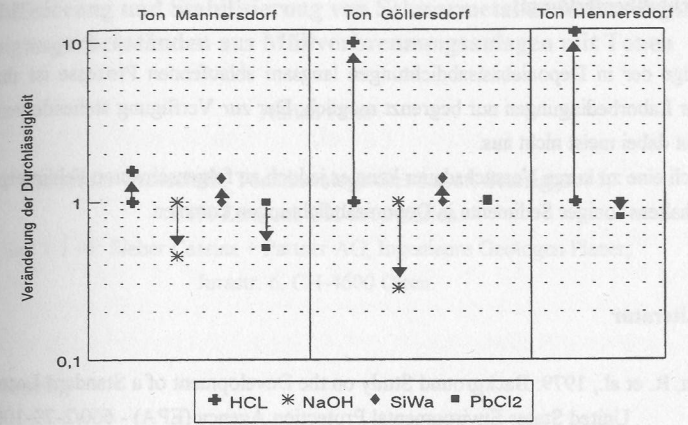


Abb. 3: Gegenüberstellung der Durchlässigkeit von Tonen nach einem halben Jahr bzw. nach zwei Jahren.

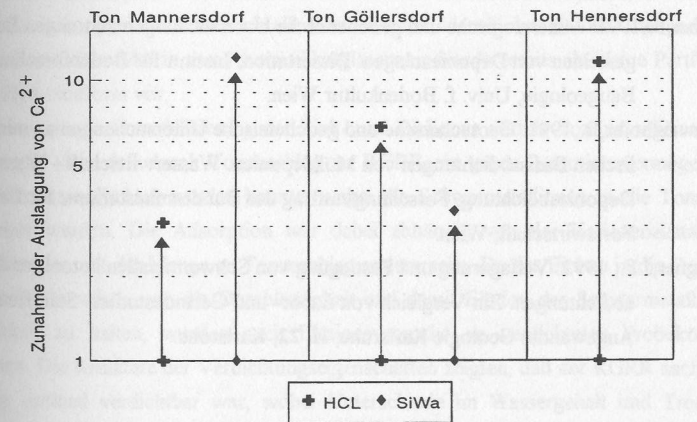


Abb. 4: Gegenüberstellung der Auslaugung von Ca^{++} -Ionen nach einem halben Jahr bzw. nach zwei Jahren.

4. Schlußbemerkung

Infolge der in Deponiebasisabdichtungen langsam ablaufenden Prozesse ist ihr Nachvollzug unter Laborbedingungen nur begrenzt möglich. Der zur Verfügung stehende zeitliche Rahmen reicht dabei meist nicht aus.

Durch eine zu kurze Versuchsdauer kann es jedoch zu folgenschweren Fehlinterpretationen des Verhaltens toniger Sedimente in Deponieabdichtungen kommen.

5. Literatur

- Ham, R. et al., 1979: Background Study on the Development of a Standard Leaching Test. United States Environmental Protection Agency (EPA) - 600/2-79-109, Ohio.
- Knaak, B., 1992: Tone als Barrieregesteine bei Mülldeponien; mineralogische und geochemische Untersuchungen an Tonen aus Mannersdorf, Göllersdorf und Hennersdorf. Diplomarbeit, Institut für Bodenforschung und Baugeologie, Univ. f. Bodenkultur Wien.
- Ottner, F., 1991: Mineralogische und geochemische Untersuchungen an tonigen Barrieregesteinen von Deponieanlagen. Dissertation, Institut für Bodenforschung und Baugeologie, Univ. f. Bodenkultur Wien.
- Schwaighofer, B., 1991: Geotechnische und geochemische Untersuchungen an mineralischen Basisabdichtungen von Mülldeponien. Wasserwirtschaft - Wasserversorgung - Deponieabdichtung, Forschungsauftrag des Bundesministeriums für Land- und Forstwirtschaft, Wien.
- Wagner, J.F., 1992: Verlagerung und Festlegung von Schwermetallen in tonigen Deponieabdichtungen. Ein Vergleich von Labor- und Geländestudien. Schriftenreihe Angewandte Geologie Karlsruhe, H. 22, Karlsruhe.

Immobilisierung und Stabilisierung von Schwermetallen in Rauchgasreinigungsrückständen aus Müllverbrennungsanlagen mit Tonen

Adrian Plüss

Institut für Geotechnik, Tonmineralogisches Labor, Sonneggstr. 5,
ETH-Zentrum, CH-8092 Zürich.

Seit 1.1.93: Sieber Cassina + Partner AG, Ingenieure Geologen Planer,
Jurastr. 6, CH-4600 Olten.

Zusammenfassung

An zwei verschiedenen Rauchgasreinigungsrückständen (RGRR), einer Elektrofilterasche und einem Rückstand aus der weitergehenden Rauchgasreinigung wurden an ungewaschenem wie auch gewaschenem Rückstand mineralogische und geochemische Untersuchungen gemacht, um die Schwermetallfestphasen zu identifizieren. Mittels Mikrosondenanalysen und Elementverteilungsbildern konnten die Schwermetalle lokalisiert und identifiziert werden. Blei und Zink lagen einerseits an einer Matrix von Alumosilikatgläsern und andererseits als kleine Partikel in Oxid- oder Hydroxidform vor.

Im weiteren wurde die Immobilisierung der Zink- und Bleiionen mittels Tonmineralien untersucht. Es zeigte sich, daß durch Tonzuschlag zu RGRR ein gutes Retentionsvermögen für Schwermetallionen aufgebaut werden konnte, wobei die Schwermetallionen an die Tonminerale adsorbiert wurden. Die Adsorption war dabei abhängig von der Kationenaustauschkapazität einerseits und der Menge an Tonzuschlag andererseits. Da der Einbau in die Deponie verdichtet erfolgen würde, um die Durchlässigkeit und damit Elution der Schwermetallionen möglichst klein zu halten, wurden auch Elutionsversuche an verdichteten Probekörpern vorgenommen. Die Resultate der Verdichtungseigenschaften zeigten, daß der RGRR nach dem Tonzuschlag optimal verdichtbar war, wobei Unterschiede im Wassergehalt und Trockenraumgewicht zwischen Montigel- und Opalinuston-Zuschlag festzustellen waren. Es konnte auch gezeigt werden, daß RGRR hohe Festigkeiten aufweisen, welche auch durch den Tonzuschlag kaum verschlechtert wurden. Ebenfalls erwies sich der mit Ton vergütete RGRR als wenig verformbar, wobei Unterschiede im Setzungsverhalten zwischen Montigel- und Opalinuston-Zuschlag festzustellen waren. Grundsätzlich kann für die Deponierung von ungewaschenen wie gewaschenen RGRR ausgegangen werden.