

Die Langzeitstabilität von Rauchgasreinigungsrückständen

Soraya Heuss-Aßbichler

Department für Geo- und Umweltwissenschaften,
Ludwig-Maximilians Universität München

1 Problemstellung

Rauchgasreinigungsrückstände (RGR) der Müllverbrennungsanlagen sind Abfallstoffe, mit hohen Salz- und Schwermetallgehalten, insbesondere von Blei und Chlorid. Der Hauptanteil in Bayern anfallender RGR wird untertage verwertet oder beseitigt.

Auf der Monodeponie Waldering der Stadtwerke Rosenheim werden im Rahmen eines Versuchsvorhabens RGR und MV-Schlacken eingebaut. Stoffbilanzen im Bauabschnitt 1 (BA1) des Verfüllabschnittes 2 der Deponie (Deponieklasse III) haben gezeigt, dass mit dem Sickerwasser erheblich geringere Salz-, Chlorid- und Schwermetallkonzentrationen als erwartet ausgetragen werden. Im Rahmen einer von den Stadtwerken Rosenheim initiierten Voruntersuchung wurde im Jahr 1995 im BA1 eine Bohrung durchgeführt (PICOLAB, 1995). Es wurde ein hoher Anteil der Phase Ettringit beobachtet. Die geringe Sickerwasserbelastung speziell mit Blei und Chlorid wurde daher auf die Bildung von Ettringit als Speichermineral zurückgeführt.

2 RGR – Laborversuche

Laboruntersuchungen zum Langzeitverhalten von RGR bestätigten, dass Chlor und Blei auch nach 300 Tage Lagerung in hohen Konzentrationen eluiert werden können (SPEISER et al., 2000). Der Anteil von Sulfat im Eluat nahm von 1.830 mg/L für frische RGR auf 450 mg/L (300 Tage) ab. Im Gegensatz dazu nahmen die Chloridkonzentrationen mit zunehmender Lagerung von ca. 14.000 mg/L auf 19.000 mg/L zu. Die Schwermetalle Blei, Kupfer und Zink konnten im Eluat der Feststoffproben nachgewiesen werden. Die Zink-Konzentration lag unter 6 mg/L, die Kupfer-Gehalte unter 1 mg/L. Die Blei-Gehalte hingegen nahmen von 129 – 135 mg/L (12 Tage) auf 13 mg/L (300 Tage) ab und lagen damit deutlich über dem Zuordnungswert von 2 mg/L.

In einem weiteren Teilprojekt wurde im Labor in Langzeitversuchen die Wirkung verschiedener Aluminium-reicher Additive, z. B. Schlacke-Feinkorn, Aluminiumhydroxidschlamm, Rotschlacke, Rotschlamm oder phosphatreiche Schlämme, auf die RGR untersucht, mit dem Ziel die Speichermineralbildung in diesen Materialien zu fördern.

Sieben verschiedene Zuschlagstoffe wurden verwendet und 15 verschiedene Rezepturen wurden auf ihr Potential, Salze und Schwermetalle zu binden, untersucht (HEUSS-

2 Die Langzeitstabilität von Rauchgasreinigungsrückständen

AßBICHLER & SPIEGEL, 2000). Zusammenfassend können folgende Schlussfolgerungen aus den Ergebnissen der Laborversuche gezogen werden:

- Prinzipiell werden durch Zugabe von Additiven zum RGR Schwermetalle (Zn, Pb) und Salze (Chloride) in den Feststoffen verbessert gebunden. Eine Mindestmenge von 25 % Additiv ist notwendig, um das Fixierungspotential in den RGR-Mischungen merklich zu erhöhen.
- Mischungen mit Aluminium-Sulfat-Hydrat und Al-reichen Schlämmen (Abfallprodukt bei der Verarbeitung des Aluminiums in Anodisierbetrieben) erscheinen als besonders geeignet, die Konzentration an eluierbarem Chlorid und Blei herab zu setzen. Speziell durch Zugabe von Phosphatverbindungen im Zuschlagstoff bzw. Phosphorsäure in der wäßrigen Lösung konnte die Blei-Konzentration im Eluat bereits nach 30 Tagen Lagerung unter den Zuordnungswert von 2 mg/L gedrückt werden.
- Hydrocalumit wurde stets beobachtet. Ettringit hingegen lag nur selten als feine, kleiner als 1 µm große, nadelige Kristalle vor. In einem nicht weiter identifizierten Ca-Al-S-Cl-O-H-haltigen Mineral wurden hohe Zink-Anteile nachgewiesen. Die geringen Zinkgehalte im Eluat weisen auf eine geringe Restlöslichkeit dieser Phase hin.

3 RGR – Testfelder

Basierend auf den 15 Mischungen im Labormaßstab wurden drei Rezepturen ausgewählt und die Mischungen mit je 75 Vol.-% RGR wurden in drei Testfelder (LxBxH = 5m x 3m x 2,5m) auf der Monodeponie Waldering eingebracht. Die Zuschlagstoffe bestehen aus Al-Hydroxidschlamm (Testfeld 1), MV-Schlacke (Testfeld 2) und Rotschlacke, ein eisen-, silikalt- und pyritreiches Gestein (Testfeld 3). Das Sickerwasser wurde 27 Monate lang systematisch beprobt und analysiert. Nach 16 Monaten wurde Testfeld 3 nicht weiter beprobt.

In definierten Zeitabschnitten wurden Feststoffproben aus den Testfeldern entnommen und diese chemisch, physikalisch und mineralogisch charakterisiert. Die Änderung des Auslaugungsverhaltens dieser Feststoffproben in Abhängigkeit von der Lagerungszeit wurde in Elutionstests bestimmt.

3.1 Feststoff

Die Feststoff-Proben reagieren stark alkalisch. Bei allen drei Testfeldern wurde pH 12 bis 13 festgestellt. Die Leitfähigkeit ist mit > 20 mS/cm hoch und nimmt mit zunehmender Lagerung leicht ab.

Hauptkomponente der RGR stellt Calcium mit 411 g/kg (Mittelwert) dar. Die Gehalte im Feststoff der Testfelder liegen zwischen minimal 208 g/kg (Testfeld 2, +MV-Schlacke) und maximal 363 g/kg (Testfeld 1, +Al-Hydroxidschlamm). Im Eluat der Feststoffe wurden zu Beginn der Untersuchungen hohe Ca-Konzentrationen von 1 bis 3 g/L ermittelt. Nach zwei Jahren Lagerung lagen die Werte zwischen 0,2 und 1 g/L.

Der Chlorgehalt von frischen RGR beträgt 183 g/kg (Mittelwert). Entsprechend sind die Chlorgehalte der Feststoffproben hoch, sie liegen im Durchschnitt zwischen 52 g/kg (Testfeld1, +Al-Hydroxidschlamm) und 16 g/kg (Testfeld2, MV-Schlacke). Tendenziell nimmt der Chlorgehalt mit der Zeit deutlich ab. Nach 2 Jahren liegen die Werte zwischen 15 g/kg (Testfeld 2, +MV-Schlacke) und 27 g/kg (Testfeld1, +Al-Hydroxidschlamm). Die Chloridkonzentrationen im Eluat der Feststoffproben der Testfelder liegen zwischen 1,4 g/L und 2,8 g/L. Sie nehmen im Laufe der Lagerungszeit von 28 Monaten auf Werte zwischen 0,4 g/L bis 1,7 g/L ab. Es fällt auf, dass sich die Chloridgehalte im Eluat trotz unterschiedlicher Chlorgehalte im Feststoff der Proben wenig unterscheiden.

Frische RGR können um 77 g/kg Schwefel (SO_3) enthalten (Mittelwert). Bei den Mischungen der Testfelder wurden über die gesamte Laufzeit der Untersuchungen ähnlich hohe Werte festgestellt. Die Sulfatkonzentrationen im Eluat der Feststoffproben streuen zu Beginn der Untersuchungen stark, pendeln sich aber dann im Bereich von 1 bis 5 mg/L ein. Die Werte für Testfeld 3 (+Rotschlacke) fallen höher aus, sie liegen unabhängig von der Reaktionszeit zwischen 20 und 430 mg/L.

Aluminium ist in frischen RGR mit 8 g/kg vertreten (Mittelwert). Durch die Zumischung Aluminium-haltiger Reststoffe erhöhte sich der Al-Gehalt in den Feststoffen der drei Testfeldern auf 55 bis 69 g/kg. Im Eluat der Feststoffproben wurde immer wieder, unabhängig vom Additiv, Konzentrationen bis zu 1 mg/L Aluminium nachgewiesen. Meist liegen die Gehalte unterhalb der Nachweisgrenze von 0,1 mg/L.

Für die Elemente Nickel, Chrom, Antimon und Zinn wurden mit der Röntgenfluoreszenzanalyse geringe Konzentrationen im Bereich von 100 bis 4000 mg/kg bestimmt. Der Anteil von Cadmium beträgt in den Testfeldproben maximal 300 mg/kg. Die Konzentrationen für Quecksilber und Arsen liegen unterhalb der Nachweisgrenze. Bemerkenswert ist, dass dennoch die Elemente Cadmium, Quecksilber und Arsen im Eluat analysiert wurden: Der Anteil von Cadmium im Eluat liegt bei Testfeld 2 (+MV-Schlacke) und Testfeld 3 (+Rotschlacke) im Bereich bis zu 0,6 mg/L, der von Quecksilber in den verschiedenen Testfeldern bis zu 1,1 $\mu\text{g/L}$ und der von Arsen bis zu 8 $\mu\text{g/L}$.

Im frischen RGR wurden Kupfer-Gehalte von ca. 2000 mg/kg gemessen. Der Anteil in den Feststoffproben der Testfelder ist im Vergleich deutlich höher: 3.000 bis 7.900 mg/kg in Testfeld 1 (+Al-Hydroxidschlamm) und Testfeld 3 (+Rotschlacke), sowie 4.200

4 Die Langzeitstabilität von Rauchgasreinigungsrückständen

und 10.300 mg/kg in Testfeld 2 (+MV-Schlacke). Kupfer wurde nur zu Beginn im Eluat der Feststoffproben (30 Tage) bis zu 0,23 mg/L (Testfeld 2, +MV-Schlacke) nachgewiesen.

Der Anteil von Blei im frischen RGR liegt bei ca. 9000 mg/kg. In den Feststoffproben der Testfelder liegen die Bleigehalte bei Testfeld 1 (+Al-Hydroxidschlamm) zwischen 4.300 und 7.100 mg/kg, bei Testfeld 2 (+MV-Schlacke) im Bereich von 2.700 – 4.800 mg/kg. Im Eluat der Feststoffproben konnten nach 30 Tage Bleigehalte zwischen 0,1 und 3 mg/L festgestellt werden. Nach zwei Jahre Lagerung lagen die Gehalte in Testfeld 1 meist unterhalb der Nachweisgrenze von 0,1 mg/L. Bei Testfeld 2 (+MV-Schlacke) hingegen schwanken die Werte ab 100 Tage Lagerung im Bereich von 0,2 und 0,4 mg/L.

Frische RGR enthalten bis zu 44 g/kg Zink. Entsprechend sind die Zink-Gehalte in den Feststoffproben ebenfalls sehr hoch: Der Anteil in Testfeld 1 (+Al-Hydroxidschlamm) beträgt bis zu 42 g/kg und ist damit höher als bei Testfeld 2 (+MV-Schlacke) mit 18 bis 23 g/kg. Die Zink-Konzentration im Eluat der Feststoffproben ist im Vergleich sehr gering. Es wurden stets leicht erhöhte Konzentrationen im Bereich zwischen 0,5 und 2 mg/L gemessen.

3.2 Sickerwasser

Die pH-Werte im Sickerwasser waren zu Beginn der Messungen hoch, bis maximal pH 12,1 und nahmen mit zunehmender Lagerung zunächst bis pH 6,4 ab (Abbildung 1). Schwankungen um 2 Einheiten können innerhalb von 2 Wochen erfolgen. Bemerkenswert ist die plötzliche pH-Erhöhung nach 19 Monate Lagerung: Der Wert nahm innerhalb von zwei Wochen von pH 7,2 auf pH 10,7 zu. Im Laufe des zweiten Untersuchungsjahres sank der pH-Wert im Sickerwasser wieder geringfügig auf Werte zwischen pH 8,5 und 10,7 ab.

Die Leitfähigkeit im Sickerwasser nahm innerhalb der ersten 2 Monate von 1 mS/cm auf 35 mS/cm zu. Die Maximalwerte um ca. 110 mS/cm wurden bei allen drei Testfeldern nach etwa 24 Wochen Lagerung erreicht. Die Leitfähigkeit im Sickerwasser ist stets höher als im Eluat der Feststoffproben.

Korrespondierend mit der Leitfähigkeit waren die Chloridkonzentrationen im Sickerwasser der Testfelder in den ersten 2 Wochen mit ca. 150 mg/L sehr gering (Abbildung 2). Nach ca. 4 Wochen wurde erstmals der Zuordnungswert von 10 g/L überschritten und nach ca. 5 Monaten Lagerung erreichten alle Testfelder den Maximalwert von 50 g/L. Im 2. Untersuchungsjahr blieb die Konzentration bei Testfeld 1 (Al-Hydroxidschlamm) ähnlich hoch, während sie bei Testfeld 2 (+MV-Schlacke) auf 25 g/L abnahm.

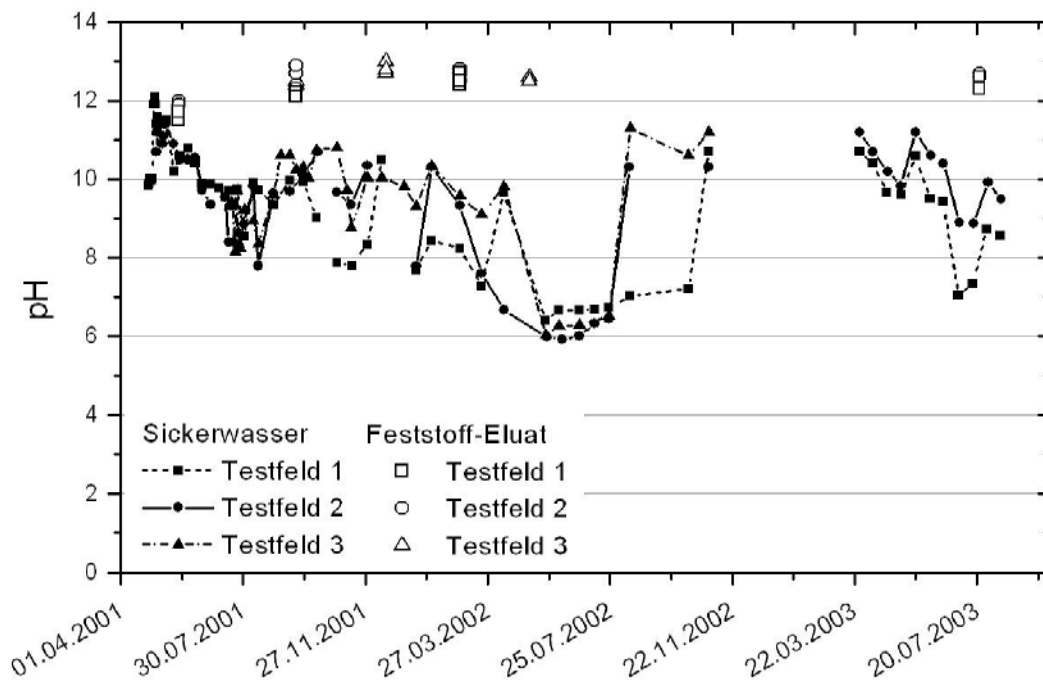


Abbildung 1 Vergleich des pH-Wertes der Sickerwässer und der Eluate der Feststoffproben (Quadrat 75% RGR + 25% Al-Hydroxidschlamm, Kreis 75% RGR + 25% MV-Schlacke, Dreieck: 75% RGR + 25% Rotschlacke).

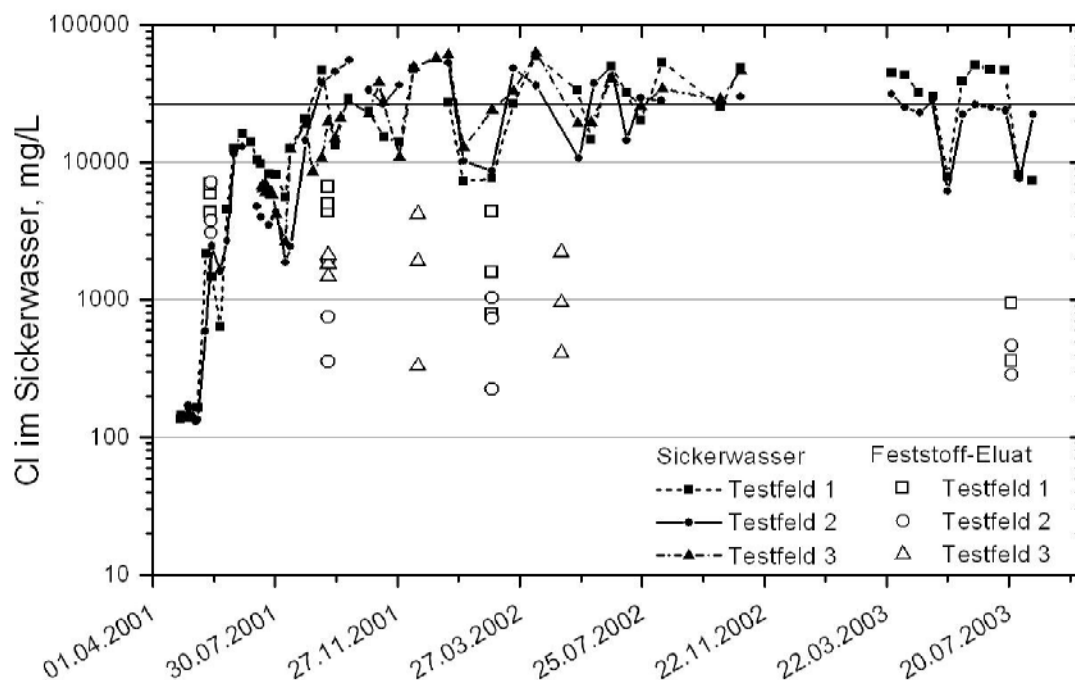


Abbildung 2 Vergleich des Chlorid-Gehaltes der Sickerwässer und der Eluate der Feststoffproben (Quadrat 75% RGR + 25% Al-Hydroxidschlamm, Kreis 75% RGR + 25% MV-Schlacke, Dreieck: 75% RGR + 25% Rotschlacke).

Die Sulfatkonzentrationen im Sickerwasser der Testfelder waren gleich zu Beginn der Untersuchungen größer 100 mg/L. Die Werte sind damit deutlich höher als im Eluat der Feststoffproben. Im Laufe der zwei Jahre schwankten die Konzentrationen im Sickerwasser zwischen 40 und 120 mg/L.

Die Calcium-Konzentration im Sickerwasser zeigt einen ähnlichen Kurvenverlauf wie Chlorid: Die zunächst sehr niedrigen Werte bis zu 30 mg/L wurden innerhalb der ersten vier Wochen um ein Mehrfaches überschritten. Nach 5 Monaten änderten sich die Werte in periodischen Abständen. Sie pendelten sich auf 10 g/L ein. Der Minimalwert von 1 g/L wurde nicht unterschritten.

Gleich nach dem Start der Testfelder wurde Aluminium im Sickerwasser in Höhe von 40 mg/L bestimmt. Während im ersten Jahr die Werte noch zwischen 1,5 mg/L und 20 mg/L schwankten, pendelten sich die Gehalte nach zwei Jahren Lagerung auf 1 mg/L ein.

Im Sickerwasser der Testfelder konnten innerhalb der Untersuchungszeit von 2 Jahren die Schwermetalle Blei, Kupfer und Zink nachgewiesen werden: Die **Zink**gehalte im Sickerwasser lagen mit wenigen Ausnahmen in Höhe von 0,2 mg/L während der gesamten Versuchsdauer unter der Nachweisgrenze von 0,1 mg/L. **Kupfer** wurde nach acht Monaten (Testfeld 2) bzw. nach mehr als einem Jahr (Testfeld 1) Lagerung bis zu maximal 0,9 mg/L nachgewiesen. Bei Testfeld 3 (+Rotschlacke) wurden erhöhte Werte bis 0,1 mg/L gemessen. Es ist bemerkenswert, dass nach 11 Monaten Lagerzeit die Nachweisgrenze von 0,1 mg/L erneut überschritten wurde und seitdem bis zum Ende der Messkampagne für dieses Testfeld weiterhin zunahm. Trotz hoher **Blei**gehalte in den Feststoffen wurde in den ersten 5 Monaten Lagerung im Sickerwasser aller drei Testfeldern keine Bleimobilisation beobachtet (Nachweisgrenze 0,10 mg/L). Erst dann setzte in allen drei Feldern plötzlich eine zum Teil massive Pb-Ausschwemmung ein: Der Höchstwert von 20 mg/L wurde in Testfeld 2 (+MV-Schlacke) festgestellt. Bei Testfeld 1 wurde der Höchstwert von 15,5 mg/L erst nach 15 Monaten Lagerung erreicht. Die Bleiwerte ändern sich zyklisch zwischen dem Maximalwert von 25 mg/L und Konzentrationen unterhalb der Nachweisgrenze (0,05 mg/L) (Abbildung 3).

3.3 Phasenbestand

Die röntgenographische Untersuchung der Feststoffproben der Testfelder ergab, dass die Hauptphasen in den Feststoffproben in der Regel von Friedel'schem Salz, Gips und Quarz gebildet werden. Calcit entsteht zum Teil während der Trocknung der Proben. Ettringit konnte nur in den Proben aus Testfeld 1 (+Al-Hydroxidschlamm) röntgenographisch bestimmt werden. In den Proben aus Testfeld 3 (+Rotschlacke) ist er bereits in der 2. Bohrung nicht mehr nachzuweisen. Die Salze Halit (NaCl) und Sylvin (KCl) wurde nur im ersten Untersuchungsjahr in einigen Proben der Testfelder festgestellt.

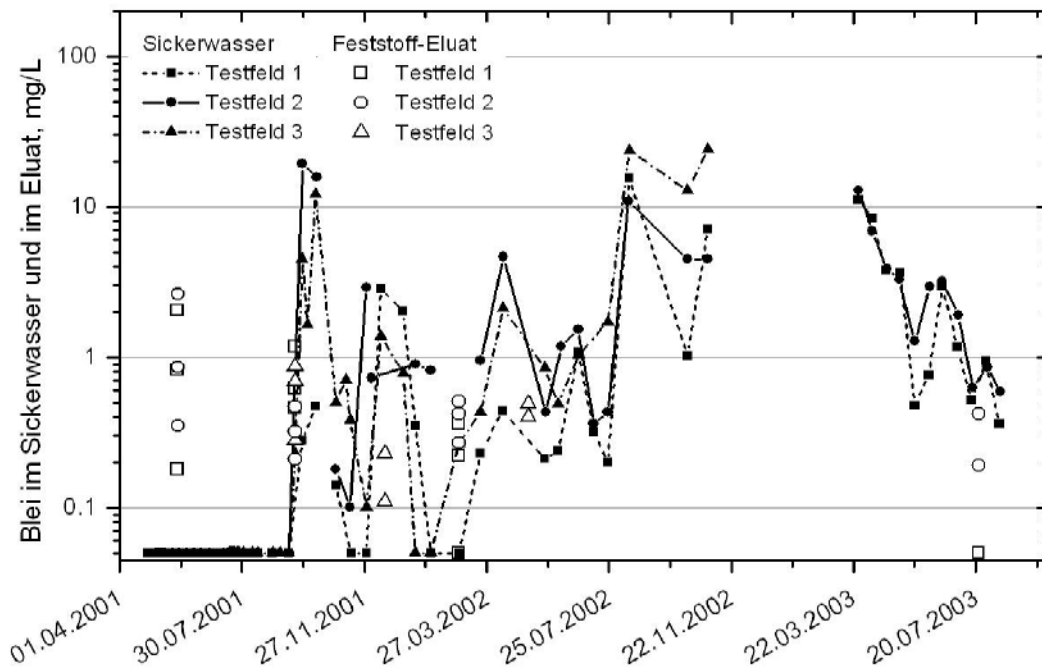


Abbildung 3 Vergleich des Blei-Gehaltes der Sickerwässer und der Eluate der Feststoffproben (Quadrat 75% RGR + 25% Al-Hydroxidschlamm, Kreis 75% RGR + 25% MV-Schlacke, Dreieck: 75% RGR + 25% Rotschlacke).

3.4 Fazit

Die Laborversuche zeigen deutlich, dass RGR allein selbst nach mehr als zwei Jahren Lagerungszeit nicht die Kapazität haben, Chlorid und Blei zu fixieren. Allein für Mischungen mit aluminiumhaltigen Schlämmen können befriedigende Ergebnisse erzielt werden. Ettringit wurde nur untergeordnet in den Feststoffproben beobachtet.

Die Testfelderergebnisse zeigen, dass Salze und leichtlösliche Schwermetalle nicht sofort aus dem Feststoff herausgewaschen werden: Vielmehr werden sie durch kontinuierlich Anlösungsprozesse und Transport entlang der Korngrenzen der porösen Materialien aufkonzentriert und in den Porenräumen ausgefällt. Diese Inkrustationen bewirken, dass sich die – noch reaktiven – Reststoffphasen nicht mehr unmittelbar in Kontakt mit dem Sickerwasser befinden. Entsprechend nimmt der pH-Wert im Sickerwasser ab, während die Eluate der gealterten Reststoffe immer noch stark alkalisch reagieren.

Diese Prozesse führen insgesamt dazu, dass zwar mit zunehmender Lagerzeit der Anteil leichtlöslicher Salze im Feststoff abnimmt, die Zusammensetzung des Sickerwassers jedoch weiter stark belastet bleibt.

Auffallend ist, dass nach einem Jahr der pH-Wert im Sickerwasser plötzlich bei allen drei Testfeldern anstieg. Etwa zeitgleich erhöhten sich die Blei- und Chloridgehalte (Abbildung 4). Dieses Ereignis ist unmittelbar auf einen außergewöhnlichen Wettersturz mit

Wolkenbruch zurückzuführen. Es ist anzunehmen, dass hierdurch die Salzkonzentrationen in den Testfeldern aufgelöst wurden und dabei frische Oberflächen freigelegt wurden, die nun weiter reagieren konnten.

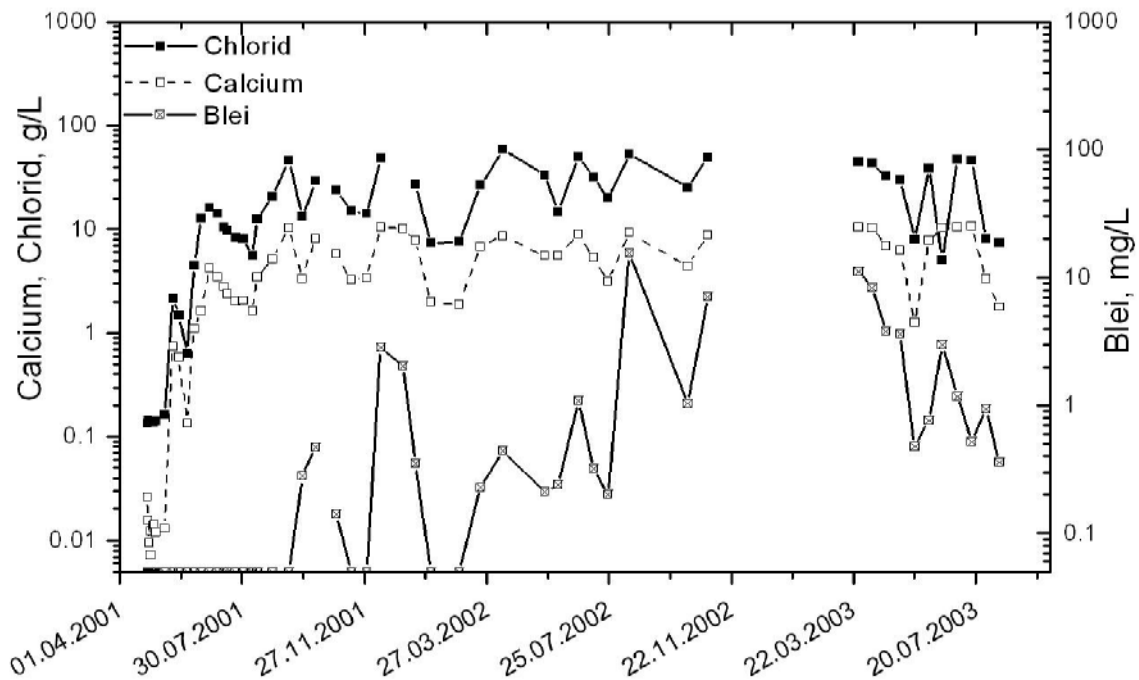


Abbildung 4 T Vergleich der Calcium, Chlorid, und Blei-Gehalte der Sickerwässer und der Eluate der Feststoffproben von Testfeld 1 (75% RGR + 25% Al-Hydroxidschlamm).

4 Deponieproben

Im Jahr 2000 wurde in Bauabschnitt 1 der Monodeponie eine Bohrung unmittelbar neben der ersten Bohrung von 1995 abgeteuft. Das Ergebnis der mineralogischen Untersuchung war überraschend, da Ettringit nurmehr in geringen Konzentrationen vorlag. Stattdessen wurden Pseudomorphosen von Gips nach Ettringit neben Friedel'schem Salz beobachtet. Auffallend ist, dass in etwa 7 Meter Tiefe die Salze Halit (NaCl) und Sylvin (KCl) in hohen Konzentrationen vorkommen. Die chemischen Untersuchungen der Proben zeigten, dass sich in dieser Zone eine etwa 2 Meter mächtige Salzschiebt ausgebildet hat (MAGEL et al., 2000). Zugleich konnten in diesem Bereich eine deutliche Erhöhung der Schwermetallkonzentration, u.a. der ökotoxischen Elemente Blei und Arsen, im Eluat der Feststoffproben beobachtet werden (Abbildung 5). Eine verstärkte Ausfällung der Salze und die Ausbildung eines Salzhorizontes kann nur mit einer Durchlässigkeitsdiskontinuität innerhalb der Deponie erklärt werden. Sie können durch Auflast schwerer Maschinen während der Betriebsphase verursacht sein. Die lokalen Diskontinuitäten erhöhen die Verweilzeit der wässrigen Lösungen als „Porenwasser“

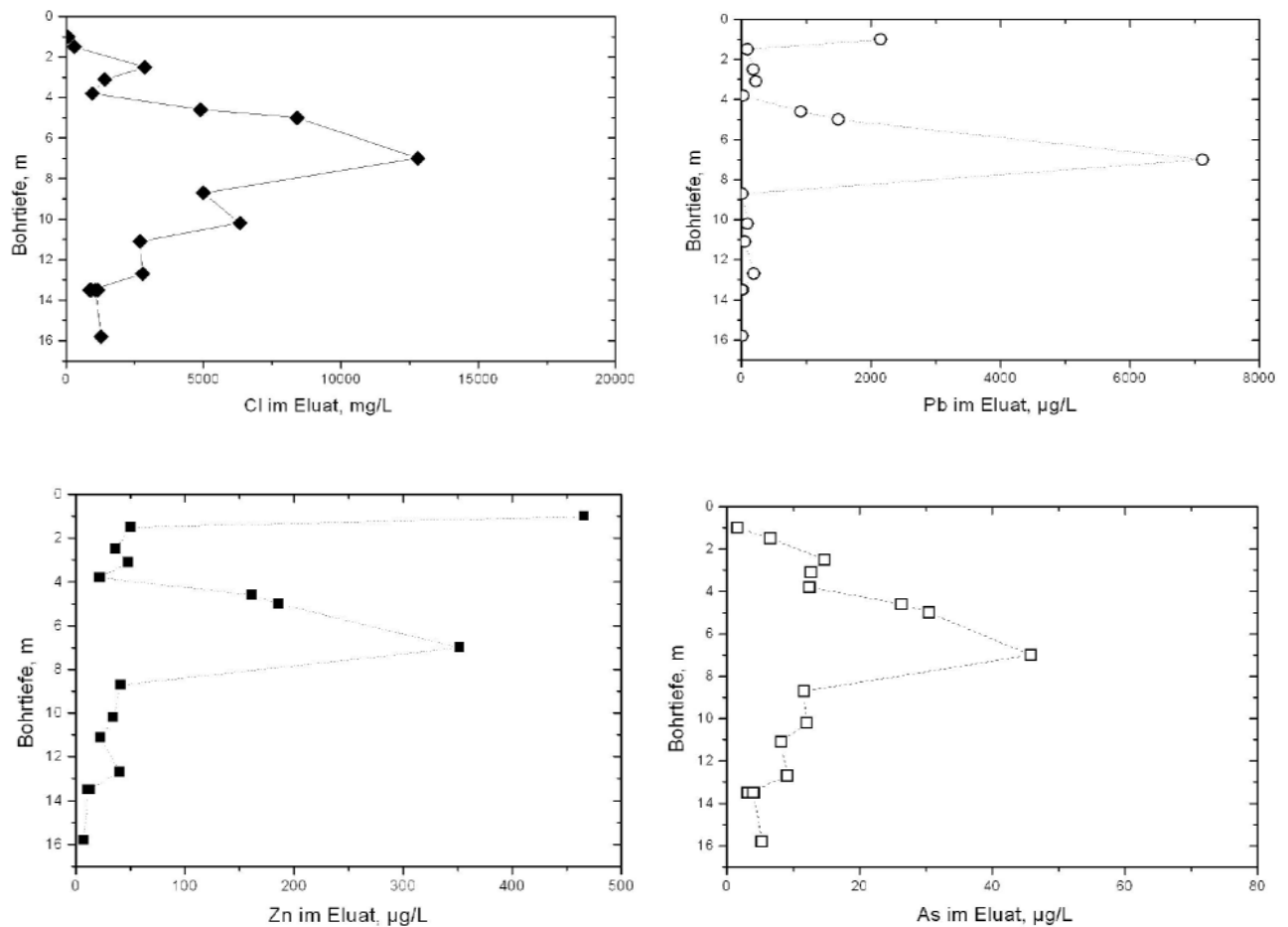


Abbildung 5 Eluatwerte in den jeweiligen Eluaten der Feststoffproben in Abhängigkeit von der Tiefe in Bauabschnitt 1 der Monodeponie Waldering.

oberhalb dieser Schicht. Witterungsbedingte Wechselfolgen zwischen Elution und Evaporation können nun zur Ausfällung von leichtlöslichen Salzen aus den salzreichen Lösungen und so zur Ausbildung der Salzsicht beitragen. Mit den Salzen Halit (NaCl) und Sylvin (KCl) werden weitere Schwermetallsalze ausgefällt. Im Vergleich hierzu wurden die Testfelder nicht verdichtet und sind infolgedessen stark durchlässig. Hier resultiert wie erwartet eine salzreiche, schwermetallbelastete Sickerwasserlösung.

5 Schlussfolgerung

Die Untersuchungsergebnisse können wie folgt zusammengefasst werden:

- 1) Die Ausschwemmung der Chloride aus den Testfeldern ist selbst nach mehr als zwei Jahren Lagerung nicht abgeschlossen. D.h.: selbst bei den Testfeldern als vergleichsweise „kleine Deponiekörper“ ist der Austrag der gelösten Salze ein sehr langsamer und langanhaltender Prozess. Die Eluatwerte der Feststoffe können dabei um ein Mehrfaches überschritten werden.

10 Die Langzeitstabilität von Rauchgasreinigungsrückständen

- 2) Schwermetalle werden nicht sofort mit Chlorid aus der Deponie ausgeschwemmt. Zunächst werden die Schwermetalle auf der Oberfläche der Reststoffe in den Porenräumen der Deponie ausgefällt. Durch plötzliche Ereignisse, wie z.B. massive Regenfälle, können diese Salze wieder in Lösung gehen und mit dem Sickerwasser wegtransportiert werden, sofern die Deponie nicht abgedeckt ist.
- 3) Die deponierten Materialien haben in der Regel eine hohe Porosität. Diskontinuitäten in der Durchlässigkeit des Materials, wie sie zum Beispiel durch Verdichten entstehen können, begünstigen die Aufstauung der salzreichen Lösungen. Die durch die Witterung bedingte Wechselfolge zwischen Elution und Evaporation kann zur Ausfällung der Salze beitragen und die Ausbildung eines Salzhorizontes bewirken.
- 4) Schwermetallsalze haben im Vergleich zu den leichtlöslichen Salzen Halit und Sylvin eine geringere Restlöslichkeit. Somit können leichtlösliche Schwermetalle als Salzverbindung mitausgefällt und so in der Salzschrift gebunden werden.
- 5) Mit Elutionsverfahren wie DEV-S4 Test oder Auslaugungsreaktionen durch Lysimeter kann im vorliegenden Fall das Langzeitverhalten der MV-Reststoffe nicht ausreichend beschrieben werden. Modellierungen können diese Prozesse bisher ebenfalls nur unbefriedigend beschreiben, da hier die Adsorptionsprozesse oder Bindungen von Schwermetallen in Salzen oder amorphen Phasen nur unzureichend wiedergegeben werden.

6 Literatur

- | | | |
|--|------|---|
| HEUSS-ARBICHLER, S.;
SPIEGEL, W. | 2001 | Eight International Waste Management and Landfill Symposium (Ed. by T.H. Christensen, R. Cossu and R. Stegmann). The use of additives for long-term stabilization of boiler ashes and gas cleaning residues of MSWI, pp. 657 - 666, Sardinia. |
| HEUSS-ARBICHLER, S.;
SPEISER, C.; SPIEGEL, W. | 2002 | R02 - 6th World Congress on Integrated Resources Management: Lab- and field experiments of mixtures of APC-residues of MSWI incinerators and Al-rich additives, 6pp |
| PICOLAB | 1995 | Mineralogisch-chemische Untersuchung einer Bohrkernprobe der Monodeponie Waldering: Bindungszustand der Salze und Schwermetalle, 44 pp. LfU-Bericht, Bayern |

- SPEISER, C.; HEUSS-
AßBICHLER, S.; SPIEGEL,
W. 2000 R02 - 6th World Congress on Integrated Re-
sources Management: The significance of et-
tringite for the long-term stability of boiler ashes
and gas cleaning residues of municipal solid
waste incinerator. 6pp.

7 Danksagung

Das Vorhaben (Projekt E53) wurde vom Bayerischen Staatsministerium für Umwelt, Gesundheit und Verbraucherschutz gefördert. Die Arbeit wurde zum großen Teil bei Fa. CheMin, Augsburg, durchgeführt. Mein besonderer Dank gilt Dr. C. Speiser für die exzellente Zusammenarbeit, sowie den Stadtwerken Rosenheim, die bei der Durchführung der Messkampagnen stets hilfreich zur Seite standen.

Anschrift der Verfasserin

PD Dr. Dipl.-Min. Soraya Heuss-Aßbichler
Department für Geo- und Umweltwissenschaften
Bereich Mineralogie, Petrologie und Geochemie
Ludwig-Maximilians-Universität München
Theresienstr. 41
D-80333 München
Telefon +49 89 2180 4252

E-mail: soraya@min.uni-muenchen.de