OST
Ostschweizer Fachhochschule

UMTEC
Institut für Umwelt- und Verfahrenstechnik

Institut für Umwelt- und Verfahrenstechnik

Das Institut für Umwelt- und Verfahrenstechnik UMTEC besteht aus drei Fachgruppen: Rohstoffe und Recycling, Wasser und Abwassertechnik sowie Advanced Materials&Processes. Rund 15 Wissenschaftler und Ingenieure aus den Bereichen Maschinen und Verfahrenstechnik, Umweltwissenschaften und Chemie betreuen Forschungs- und Entwicklungsprojekte.

Die **Fachgruppe Recycling und Verfahrenstechnik** beschäftigt sich vor allem mit der mechanischen Aufbereitung von Sekundärrohstoffen. In einem einzigartig ausgestatteten Verfahrenstechniklabor entwickeln wir Verfahren und Geräte zur Separation von Schüttgütern und zur Phasentrennung. Wir greifen auf eine langjährige Erfahrung aus zahlreichen Projekten mit Industrieunternehmungen und Umweltämtern zurück. Rund 40 Patentanmeldungen belegen unser Innovationspotenzial.
Unsere acht Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter im Bereich Recycling und Verfahrenstechnik sind überwiegend Ingenieure/innen von der OST und der ETH Zürich. Sie werden durch Zivildienstleistende, Praktikanten und Studierende unterstützt.

www.umtec.ch / www.ost.ch

„Wir erforschen technische Probleme nicht. Wir lösen sie!“ UMTEC

DepoCarb – Chemische Stabilisierung von KVA-Schlacken durch Karbonatisierung

Hintergrund

Frische, nass ausgetragene KVA-Schlacke enthält Calciumhydroxid ($Ca(OH)_2$) und ist hochalkalisch (pH > 12). In dieser Form ist sie chemisch sehr reaktiv und Schwermetalle liegen als lösliche, mobilisierbare Hydroxokomplexe vor. Das lösliche $Ca(OH)_2$ in KVA-Schlacke wird durch die Karbonatisierungsreaktion mit CO_2 zu schwer löslichem Calciumkarbonat $CaCO_3$ (Kalkstein) umgewandelt. Dieser Prozess setzt ein, sobald befeuchtete Schlacke nach dem Austrag in der KVA mit Luft in Kontakt steht und setzt sich über die Lagerung im Schlackebunker bis zur Aufbereitung auf der Deponie und der Ablagerung fort.

Die Karbonatisierung der Schlacke vor der Ablagerung senkt den pH-Wert, infolgedessen die Schwermetalle entweder als Hydroxide immobilisiert oder als schwerlösliche Karbonatminerale gefällt werden. Ebenfalls wird durch die Karbonatisierung das wasserlösliche $Ca(OH)_2$ als wasserunlösliches $CaCO_3$ fixiert, sodass das Säurepufferungspotenzial auch langfristig in der Schlacke, bzw. in der Deponie verbleibt. Diese Kalksteinpufferung verhindert auf sehr lange Sicht (tausende Jahre) wirksam die Versauerung des Sickerwassers und eine damit verbundene Schwermetallauswaschung.

Der Kern des von der BAFU Umwelttechnologieförderung finanzierten Projektes DepoCarb war die systematische Untersuchung der natürlichen und künstlich forcierten Karbonatisierung von KVA-Schlacken mit dem Ziel, deren chemische Stabilität zu verbessern. Dadurch werden langfristige Umweltrisiken, insbesondere durch die Freisetzung von Schwermetallen minimiert. Die zentrale Hypothese war, dass ein bedeutender Anteil des in frischer Schlacke enthaltenen $Ca(OH)_2$ bei der Ablagerung auf Deponien noch nicht karbonatisiert ist und somit in seiner löslichen Form mit dem Sickerwasser aus dem Deponiekörper ausgewaschen wird. Damit geht potentielle Säurepufferkapazität verloren.

Der Fokus der Untersuchungen lag auf dem Karbonatisierungsfortschritt unter realistischen Bedingungen auf tatsächlichen Schlackendeponien, respektive bereits beim Austrag der Schlacke im Nassentschlacker oder im Schlackenbunker der KVA.

Versuche

Die natürliche Karbonatisierung wurde entlang dem "Lebenszyklus" der Schlacke verfolgt. Es wurden aus den beiden KVA Basel und Winterthur Schlackenchargen vom Austrag über die Lagerung und Aufbereitung auf den Deponien Elbisgraben (Basel) und Riet (Winterthur) verfolgt, beprobt und der Karbonatisierungsfortschritt ermittelt. Die aufbereiteten Schlacken wurden in Mulden gefüllt und gelagert, um das Alterungsverhalten über 2 Jahre zu untersuchen. Zusätzlich wurde auf Schlackenkompartimenten und auf den Mulden das Infiltrationsverhalten des Sickerwassers mit Lebensmittelfarbe untersucht. Es folgten Technikumsversuche zur CO_2-Begasung von Rohschlacke und Grossversuche an der KVA Winterthur zur Begasung der Schlacke direkt im Nassentschlacker. Im Labor wurde die CO_2-Aufnahmekapazität von aufbereiteten Schlacken ermittelt.

Ergebnisse

In Abb. 1 sind Säuretitrationskurven der Schlacken entlang dem Lebensweg von der KVA Winterthur bis nach zweijähriger Lagerung in Mulden auf der Deponie Riet abgebildet. Die natürliche Karbonatisierung der Schlacke entlang ihrem Lebensweg schreitet in den ersten Wochen nach dem Austrag sehr rasch voran. Die Hälfte des $Ca(OH)_2$ wurde innerhalb von drei Wochen durch CO_2 aus der Umgebungsluft in $CaCO_3$ umgewandelt, was durch verringerten Säureverbrauch zur Neutralisierung des $Ca(OH)_2$ angezeigt wird (vgl. Winti R und Riet A). Die natürliche Karbonatisierung und damit verbundene Absenkung des pH-Wertes führen zur Stabilisierung der amphoteren Schwermetalle Cu, Pb, Zn im Eluat (Abb. 2). Die Karbonatisierung verlangsamt sich mit zunehmendem Schlackenalter. Einmal abgelagerte Schlacke karbonatisiert aufgrund von fehlendem Luftkontakt und unterbundener CO_2-Diffusion kaum mehr.

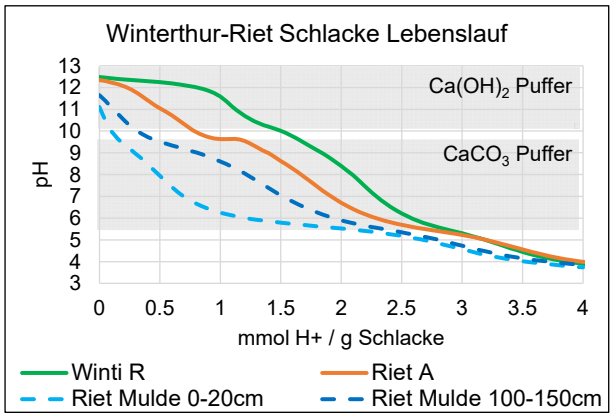

Abb. 1: Titrationskurven der Schlacken vom Austrag an der KVA Winterthur (Winti R), über die Aufbereitung (Riet A) bis 2 Jahre nach Ablagerung in den Mulden auf der Deponie Riet (Mulde Tiefen 0-20 und 100-150cm).

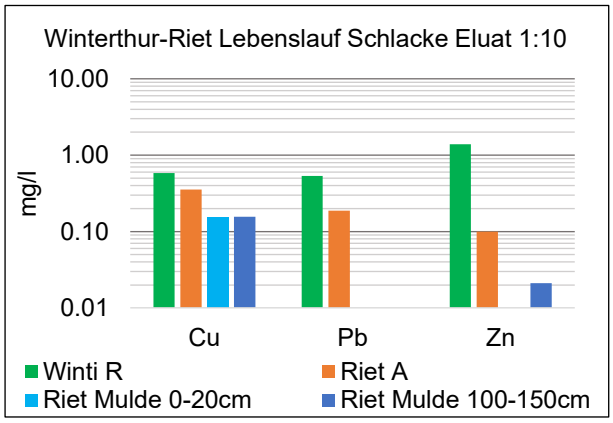

Abb. 2: Cu, Pb und Zn im Eluat der Schlacken entlang dem Lebensweg KVA Winterthur – Riet vom Austrag bis nach zweijähriger Ablagerung in Mulden.

Schlackenkörper neigen stark zur Bildung von präferentiellen Fliesswegen, in denen durch das Sickerwasser sowohl der pH-Wert wie auch die löslichen Schadstoffkonzentrationen zügig abgesenkt bzw. ausgewaschen werden, während in den restlichen (trockenen) Bereichen das Emissionspotenzial langfristig erhalten bleibt. Damit wird die Notwendigkeit deutlich, vor der Deponierung eine möglichst vollständige Karbonatisierung zu erreichen.

Die künstliche CO_2-Begasung von KVA-Schlacke hat auf die Schlacke dieselben Effekte wie natürliche Karbonatisierung mit Luft-CO_2. Durch die Reaktion mit CO_2 wird der Hydroxidpuffer zu Kalk gefällt und mit sinkendem pH-Wert die Auslaugbarkeit der Schwermetalle Cu, Zn, Pb markant gesenkt. Die Begasung von KVA-Rohschlacken im Entschlacker oder im Schlackenbunker ist technisch sehr aufwändig, bringt gegenüber der natürlichen Karbonatisierung wenig Vorteile und ist deshalb nicht zielführend.

Im Labor unter idealen Bedingungen nahm frisch aufbereitete Schlacke ca. 25 kg CO_2 / t Schlacke auf. Durch Begasung mit reinem CO_2 könnten in den jährlich anfallenden Schweizer KVA-Schlacken ca. 20'000 t CO_2 gebunden werden.

Fazit

Eine möglichst vollständige Karbonatisierung der KVA-Schlacke vor Ablagerung ist entscheidend zur Erhöhung der langfristigen chemischen Stabilität, zum Erhalt des Säurepuffers und zur Fixierung der Schwermetalle beiträgt.

Wir empfehlen, die Schlacke nach der Aufbereitung vorzugsweise in dünnen Schichten von ca. 20 cm locker zu lagern und möglichst lange nicht zu überschütten. Dadurch werden die chemischen Verhältnisse in der Schlacke durch natürliche Verwitterung möglichst vollständig stabilisiert, was sich günstig auf die langfristige Nachsorgemassnahmen des Deponiekörpers auswirkt.

Frisch aufbereitete Schlacke hat Potential zur Speicherung von CO_2. Durch die künstliche Begasung wird damit ein Beitrag zum Klimaschutz geleistet, wenn die Schlacke durch den technischen Prozess zusätzliches, fossiles CO_2 dauerhaft bindet, das auf natürlichem Weg bis zur Ablagerung nicht aufgenommen würde.

Kontakt
Prof. Martin Däscher, Tel. 058 257 48 60 (Sekretariat)
Ostschweizer Fachhochschule OST ▪ Institut für Umwelt- und Verfahrenstechnik UMTEC ▪ Oberseestrasse 10 ▪ CH-8640 Rapperswil