

Sorptionsmechanismen und Emissionsdynamik von Verbrennungsrückständen auf Deponien

Ausschreibung einer Masterarbeit (Geologie / Mineralogie) im Rahmen der Projektserie SENKATO

Kurzbeschreibung der Masterarbeit

Eine gesteigerte Verwertung aufgrund der Förderung der Kreislaufwirtschaft stellt die Entsorgungsindustrie in der Schweiz vor neue Herausforderungen. Dadurch entstehen Verbrennungsrückstände mit immer feineren Körnungen und stärker aufkonzentrierte Schadstofffrachten. Zudem wird Deponievolumen immer wertvoller und jahrzentelange Nachsorge bleibt eine Hypothek für unserer Gesellschaft. Diese Masterarbeit soll dazu beitragen, neue Ansätze für die Konditionierung und Ablagerung solcher Reststoffe zu entwickeln. Im Rahmen der Projektserie SENKATO werden Verbrennungsrückstände hinsichtlich ihrer bautechnischen Eigenschaften und Emissionsverhaltens für die Ablagerung auf Typ-D-Deponien untersucht. Ab Sommer/Herbst 2026 wird aufbauend auf Laborstudien zu chemisch-mineralogischen und physikalischen Eigenschaften verschiedener Verbrennungsrückstände – darunter KVA-Schlacken, KVA-Filteraschen, Holzaschen und Klärschlammaschen –im Rahmen von SENKATO Teil 3 eine grossmasstäbliche Feldstudie auf der Deponie Tambrig (Spross AG) sowie an einer parallelen Referenzinstallation (Lysimeter Horw) durchgeführt. Im Fokus stehen dabei optimale Befeuchtung, Mischungsverhältnisse sowie die Karbonatisierung zur CO₂-Speicherung und Emissionsminderung zur Reduzierung des Umwelteintrages und der Nachsorgedauer.

Gegenwärtig weisen Untersuchungen auf ein systematisches, aber noch unvollständig verstandenes Wechselspiel mineralogischer Phasenumwandlungen (Portlandit → Ettringit → Carbonat → Hydroxid) mit einhergehender sehr unterschiedlicher Mobilität von Schadstoffen hin. Während kationische Schwermetalle wie Pb, Zn oder Cu durch pH-Absenkung und Karbonatfällung immobilisiert werden können, werden oxyanionisch gebundene Elemente wie Cr, Mo und Sb durch die Destabilisierung oder Restrukturierung mineralischer Trägerphasen freigesetzt. Diese Prozesse laufen in Mischungen verschiedener Reststoffe zeitlich versetzt und materialabhängig ab, was eine gezielte Steuerung der Emissionsdynamik durch Mischungsdesign grundsätzlich möglich erscheinen lässt – die zugrundeliegenden Mechanismen sind jedoch noch unzureichend verstanden und quantifiziert.

Zielsetzung der Masterarbeit

Die Masterarbeit untersucht, wie sich unterschiedliche Reststoffe in Mischungen gegenseitig beeinflussen und wie dies das Emissionsverhalten prägt. Im Zentrum steht die Frage, warum spezifische Schadstoffemissionen auftreten, wie sich diese erklären lassen, und mit welchen vorbeugenden Massnahmen – wie gezielte Mischrezeptur, gesteuerte Alterung der Ausgangsmaterialien oder Zugabe weiterer funktionaler Abfallstoffe – sich diese Emissionen stabilisieren, reduzieren oder zurückhalten lassen.

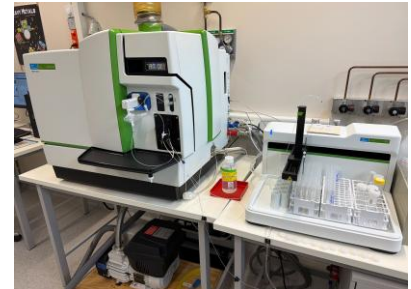
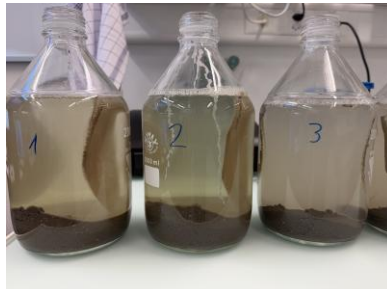
Folgende Themenschwerpunkte sollen bearbeitet werden:

- Verständnis zur auftretender Emissionsdynamik: Identifikation der mineralogischen Abfolgen und Übergangsstadien (Portlandit–Ettringit–Carbonat–Hydroxid) in unterschiedlichen komplexen Mischungen (KVA-Schlacke, Holzasche, Filterasche, Klärschlammasche) und Verknüpfung mit den beobachteten Freisetzungsmustern von Cr, Mo, Sb und As sowie Pb, Zn und Cu
- Untersuchungen zu möglichen Anpassungen von Ausgangsmaterialien: wie beeinflussen sich Alterungsgrad (Vorbehandlung/Konditionierung, z. B. Freilagerung unter atmosphärischen

Bedingungen), Mischungsanteile und Zugabezeitpunkt der einzelnen Reststoffe auf die zeitliche Abfolge und Intensität der Schadstofffreisetzung gegenseitig auswirken.

- Bewertung des Sorptionspotenzials von funktionale Zuschlagstoffe wie eisenreichen Abfallstoffen (z. B. Giessereisande als alternative FeO/FeOOH-Quelle) sowie von belasteter Pflanzenkohle als reaktive bzw. refraktäre Komponenten zur gezielten Immobilisierung von Schadstoffen.
- Prozessorientiertes Verständnis der Sorptionsprozesse: Aufklärung der ablaufenden Sorptionsmechanismen mittels geeigneter Analytik;
- Geochemische Modellierung: Quantitative Interpretation der Resultate mittels PHREEQC (cemdata18-Datenbank zu Sättigungsindizes, Ettringit-Stabilitätsfenstern und CSH/CASH-Phasendiagnostik).

Methodik



Die Arbeit kombiniert Laborversuche mit der Mitarbeit an Feldversuchen. Im Labor werden gezielte Alterungs- und Mischungsversuche an definierten Materialkombinationen durchgeführt, ergänzt durch pH-abhängige Eluationsversuche zur systematischen Erfassung von Metalllöslichkeiten in Abhängigkeit von Mischungsverhältnis, Alterungszustand und Zuschlagstoff. Die mineralogische Charakterisierung erfolgt über XRD-Rietveld-Analyse, XRF, ICP-MS/OES, IC sowie spezifische Methoden zur Redoxspezifizierung (CrVI). Im Feld erfolgt die Mitarbeit am Monitoring der grossmassstäblichen Containerversuche auf der Deponie Tambrig, einschliesslich Probenahme und Analytik der Sickerwässer. Die Verknüpfung von Labor- und Felddaten ermöglicht eine Übertragung der Erkenntnisse auf reale Deponiebedingungen.

Eingebettet in

Die Arbeit ist eingebettet in die Projektserie SENKATO (Fachstelle Sekundärrohstoffe FSSR, Universität Bern) und erfolgt in enger Zusammenarbeit mit den Projektpartnern (Spross AG, Renatec AG) sowie im regulatorischen Kontext von BAFU und Kantonen (VVEA). Die Studierende/der Studierende erhält damit Einblick in eine praxisnahe Schnittstelle zwischen geologischer/mineralogischer Forschung, Industrie und Vollzug.

Voraussetzungen

- Studium der Geologie, Mineralogie, Umweltwissenschaften oder vergleichbare Fachrichtung
- Interesse an mineralogisch-geochemischer Analytik und/oder geochemischer Modellierung (PHREEQC)
- Selbstständige, sorgfältige Arbeitsweise sowie Bereitschaft zu Feldarbeit auf der Deponie Tambrig

Kontakt

Bei Interesse oder Fragen wenden Sie sich bitte an Gisela Weibel (gisela.weibel@unibe.ch) oder Alexander Weh (alexander.weh@unibe.ch).