

Deutsche Zusammenfassung der Studie

Mehr J., Haupt M., Skutan S., Morf L., Adrianto L.R., Weibel G., Hellweg S. (2020). The environmental performance of enhanced metal recovery from dry municipal solid waste incineration bottom ash. Waste Management, 119, 330-341.

Die Studie untersucht das ökologische Potenzial der Aufbereitungsanlage für Trockenschlacke am Standort der KEZO in Hinwil. Die Aufbereitungsanlage in Hinwil basiert auf trocken ausgetragener Schlacke und ist die erste grossindustrielle Anlage ihrer Art weltweit. Das Ziel der Anlage ist es insbesondere, die Metallrückgewinnung zu optimieren, sprich die Quantität, vor allem jedoch die Qualität der zurückgewonnenen Metalle zu maximieren. Basierend auf detaillierten Stoffflussdaten aus einer mehrwöchigen Messkampagne im Jahr 2017 wird in der Studie eine Ökobilanz durchgeführt, welche die Rückgewinnung von Eisen, Edelstahl (VA-Stahl), Aluminium, Kupfer, Blei, Silber und Gold einschliesst. Das ökologische Potenzial wird dann beschrieben durch die Reduktion der Umweltwirkung (=Umweltnutzen oder Umweltgutschrift) durch die Rückgewinnung dieser Metalle aus der Trockenschlacke im Vergleich zum hypothetischen Szenario ohne Metallrückgewinnung (siehe Systemgrenzen in Abbildung 1). Sie setzt sich aus zwei Hauptkomponenten zusammen: (i) Gutschrift für die Substitution von Primärmetallen durch die aus der Schlacke zurückgewonnenen Metalle und (ii) Gutschrift für reduzierte Langzeit-Emissionen aus der Schlacken-deponie ins Grundwasser durch reduzierten Schwermetallgehalt in der Restschlacke. Die detaillierten Stoffflussdaten ermöglichen eine fraktionsspezifische Analyse der Metalle, um den Beitrag der einzelnen Metallfraktionen zur Gesamtumweltgutschrift zu quantifizieren. Ebenso konnte die Qualität der einzelnen Fraktionen in Bezug auf die Substitutionswirkung berücksichtigt werden. Die Wirkungsabschätzung der Ökobilanz umfasst die Wirkungskategorien Klimawandel (in kg CO₂-eq), Öko- und Humantoxizität (jeweils in comparative toxic units, CPU) sowie abiotische Ressourcennutzung (in kg Sb-eq).

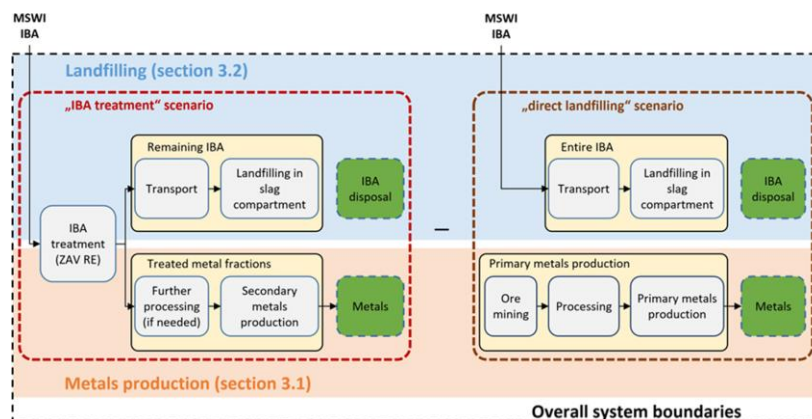


Abbildung 1: Systemgrenzen der Studie.

Die wichtigsten Resultate und Schlussfolgerungen der Studie sind die folgenden:

(i) die erweiterte Metallrückgewinnung aus Trockenschlacke, welche in Hinwil zum Einsatz kommt, reduziert dank der hohen Extraktionsraten der Metalle sowie der hohen Qualität der separierten Metallfraktionen die Umweltwirkung der Kehrrichtverbrennung und Schlackenentsorgung beträchtlich und dies für alle Wirkungsindikatoren. Im Vergleich zum Szenario ohne Metallrückgewinnung beträgt die Umweltgutschrift pro Tonne Trockenschlacke 780 kg CO₂-eq, 24'700 CTUe (*comparative toxic units*), 2.1*10⁻³ CTU_h und 0.2 kg Sb-eq.

(ii) die Reduktion der Deponieemissionen aus der Schlackendeponie ist im Vergleich zur Substitution von Primärmetallen durch die zurückgewonnenen Metalle im Falle eines betrachteten Zeithorizonts der Deponieemissionen von $\leq 1'000$ Jahren vernachlässigbar. In diesem Fall trägt die Substitution von Primärmetallen zwischen 75% und $>99\%$ zur totalen Umweltgutschrift bei, je nach Wirkungskategorie.

(iii) die Reduktion der Deponieemissionen wird lediglich bei weit längeren Zeithorizonten und lediglich für die Wirkungskategorie Ökotoxizität relevant. Im Falle der Annahme, dass sämtliche deponierten Metalle ins Grundwasser emittieren (*complete leaching*), trägt die Reduktion der Deponieemissionen mit rund 89% den grössten Teil zur Ökotoxizität-Gutschrift bei, bei Humantoxizität sind es rund 48%.

(iv) sämtliche Korngrössenbereiche der zurückgewonnenen Metallfraktionen tragen zur totalen Umweltgutschrift bei. Abbildung 2 zeigt darüber hinaus jedoch, dass die Metallfraktionen im unteren Korngrössenbereich zwischen 0.3 und 12 mm trotz ihres geringen Massenanteils an der zurückgewonnenen Metallmenge von rund 15% ökologisch eine wichtige Rolle spielen. Je nach Wirkungskategorie tragen sie zwischen 29% (Klimawandel) und 64% (Ressourcenverbrauch) zur totalen Umweltgutschrift bei.

(v) schwere Nichteisenmetalle (Kupfer, Blei, Silber und Gold; NE-schwer) sind mit besonders hohen Substitutionsgutschriften verbunden, da die Primärproduktion dieser Metalle besonders hohe Umweltwirkungen verursacht. Aus diesem Grund ist es aus ökologischer Sicht besonders sinnvoll, diese Metalle zurückzugewinnen. Da NE-schwer-Metalle oft von Sinterschlacke eingeschlossen sind und sich vorwiegend im Korngrössenspektrum <12 mm befinden ist es nötig, die Schlacke auf sehr geringe Korngrössen runterzubrechen, um dieses Potenzial ausschöpfen zu können.

(vi) Es besteht weiterer Verbesserungsbedarf bei der Datenerhebung bezüglich den Rückgewinnungsmengen und -qualitäten der Edelmetalle Silber und Gold. Dabei ist es zentral, dass die Datenerhebung auf Probenahmemethoden basiert, die eine unverzerrte und somit repräsentative Probenahme ermöglichen. Die Messkampagne im Jahr 2017 wurde mit einer solchen Probenahmemethode durchgeführt, allerdings könnte das Probevolumen in einer zukünftigen Analyse weiter erhöht werden.

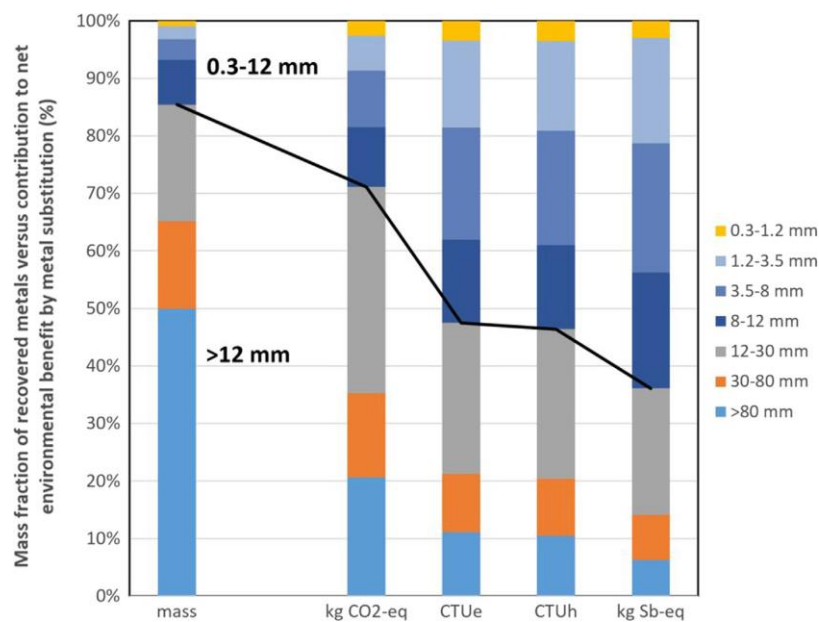


Abbildung 2: Korngrössenklassen-basierter Massenanteil der zurückgewonnenen Metalle (links) sowie ihr Anteil an der totalen Umweltgutschrift durch Primärmetallsubstitution (rechts). [fein = <12 mm, grob = >12 mm]

Die deponierten Restschlackefraktionen beinhalten Restmetalle, welche bei der Aufbereitung nicht entfernt wurden. Diese können unterschieden werden in *freie* (frei bewegbare Metallteile mit wenig oder ohne Kontamination) und *umschlossene* (von Schlacke umschlossene Metallteile oder solche mit Schlackeanhaftungen). Die theoretischen Limits der Metallrückgewinnung in Hinwil wurden in einer zusätzlichen Analyse in zwei Schritten untersucht. Dabei wurde unterschieden zwischen (i) dem maximalen Potenzial unter der gegenwärtigen Anlagenkonfiguration, indem sämtliche *freien* Metalle zusätzlich zurückgewonnen werden, und (ii) dem totalen Restmetallpotenzial durch komplettes Runterbrechen der Schlacke und kompletter Freilegung sämtlicher Metalle. Da der zusätzliche Energieverbrauch der Aufbereitungsanlage für diese Fälle nicht seriös eruiert werden konnte, handelt es sich bei den Potenzialen um theoretische Werte, welche trotzdem einen Einblick geben in das noch verborgene ökologische Potenzial der Metallrückgewinnung in Hinwil. Konkret würde die zusätzliche Rückgewinnung aller *freien* Restmetalle zwischen 10% (Klimawandel) und 44% (Ressourcenverbrauch) zusätzliche Umweltgutschriften im Vergleich zum Status-Quo ermöglichen. Im Falle der kompletten Freilegung wären es theoretisch sogar zwischen 24% (Klimawandel) und 89% (Humantoxizität).

Betrachtet man das ökologische Potenzial der Metallrückgewinnung im Kontext der Schweizer Abfallwirtschaft, können zudem folgende Schlüsse gezogen werden:

(i) wenn die gesamte jährlich anfallende Schlackenmenge der Schweiz trocken ausgetragen und mit dem Metallrückgewinnungsverfahren in Hinwil behandelt wird, würde dies zu jährlichen Einsparungen von 559 kt CO₂-eq führen im Vergleich zum hypothetischen Fall ohne Schlackenrückgewinnung.

(ii) die Umweltgutschrift der Metallrückgewinnung in Hinwil beträgt rund 140 kg CO₂-eq pro Tonne thermisch verwerteten Siedlungsabfall. Dieser Wert beträgt rund 64% der Gutschrift durch die gesamte Energierückgewinnung (Strom und Wärme) und mehr als das Fünfzehnfache der Gutschrift der Stromrückgewinnung. Die Metallrückgewinnung nimmt aus Sicht des Klimawandels demnach eine ähnlich zentrale Rolle ein wie die Energierückgewinnung in den Kehrichtverbrennungsanlagen.

\Zusammenfassung verfasst von Jonas Mehr, 2.11.2020