# Ökologischer Vergleich unterschiedlicher Abfallentsorgungsprozesse in der Slowakei und Österreich mittels Ökobilanzierung

C. Wartha, S. Lang
*FH Burgenland, Pinkafeld, Österreich*

ABSTRACT: The aim of this work is the comparison of environmental impact of the processes of waste disposal. In order to investigate the environmental impact of the processes of waste disposal a Life Cycle Analysis was done. The environmental impact of landfills, waste incineration, mechanical-biological waste treatment plant and a thermochemical pretreatment process were analyzed. This analyze was done with an open source software which is called openLCA. OpenLCA is an open source and free software for Sustainability and Life Cycle Assessment. Several datasets for the Life Cycle Inventory were measured during own experiments or calculated from data of project partners and from the literature. Basic datasets were used from the database ecoinvent 3.5. The ecoinvent database is the world's leading LCI database which delivers both in terms of transparency and consistency. The environmental impact in the categories Climate change - GWP100, Acidification Potential - average Europe AP, Depletion of abiotic resources - elements, ultimate reserves, Eutrophication – generic, Freshwater aquatic ecotoxicity - FAETP inf and Human toxicity - HTP inf of the processes of waste disposal in the region Bratislava, Trnava and Burgenland were shown.

## 1. EINLEITUNG

Im Rahmen des grenzüberschreitenden Interregprojektes „Nachhaltige Regionale Ressourcennutzung" (NAREG) wird von der FH-Burgenland eine ökologische Bewertung unterschiedlicher Abfallverwertungs- und -entsorgungspfade durchgeführt. Das Projekt NAREG verfolgt als Ziel die Weiterentwicklung der Abfallwirtschaft in den Grenzregionen Österreich-Slowakei sowie die Verminderung von Treibhausgasen. Im Allgemeinen ergibt sich die Relevanz dieses Themas aus den globalen ökologischen Folgen des Klimawandels und aus den daraus resultierenden politischen Maßnahmen. So definiert die EU-Abfallrahmenrichtlinie als oberstes Ziel die Vermeidung bzw. Verringerung der schädlichen Auswirkungen der Bewirtschaftung von Abfällen und die Verbesserung der Effizienz der Ressourcennutzung (Europäische Gemeinschaft 2008). Aus dieser Definition geht hervor, dass die Herausforderungen der Abfallwirtschaft nicht nur in der Rückführung der Rohstoffe aus Abfällen in den Produktionskreislauf liegen, sondern auch in der Abfallbehandlung, die möglichst ökologisch erfolgen soll. Um die Klimaziele zu erreichen wird die Gewährleistung einer möglichst umweltschonenden Verwertungs- bzw. Behandlungsvariante der einzelnen Abfallströme zunehmend wichtiger. Mithilfe einer Ökobilanzierung können die Umweltauswirkungen einer Abfallbehandlungsanlage bewertet werden und die daraus resultierenden Erkenntnisse können zur Weiterentwicklung der Technologie beitragen.

### 1.1 SIEDLUNGSABFÄLLE IN DER ÖSTERREICHISCHEN-SLOWAKISCHEN GRENZREGION

Die in der vorliegenden Arbeit betrachtete österreichische-slowakische Grenzregion bezieht sich auf das österreichische Bundesland Burgenland und die beiden slowakischen Verwaltungsgebiete Trnava (Trnavský kraj) und Bratislava (Bratislavský kraj). Die Slowakische Republik teilt sich in acht sogenannten „Krajs" auf. Das sind Landschaftsverbände bzw. Landkreise, die über eine Selbstverwaltung (Autonomie) in gewissen Bereichen verfügen. (Slovake 2020)

Nachfolgend werden diese als Landkreise bezeichnet. In Abb. 1 ist die geographische Lage der drei untersuchten Regionen ersichtlich.

Die Abfallmengen in den betrachteten Gebieten sind in etwa gleich groß. Laut Statistischem Amt der Slovakei (Štatistický úrad SK 2020) fallen im Landkreis Trnava 500 kg/Person und Jahr an, in Bratislava 506 kg/Person und im Burgenland laut BMNT (2019) 507 kg/Person und Jahr. Die Prozentuelle Aufteilung der Abfallfraktionen unterscheiden sich aber deutlich. So gehen im Burgenland laut BMNT (2019) 24 % in den gemischten Siedlungsabfall, in den Regionen Bratislava und in Trnava laut Pobožná (2018) 54 %.

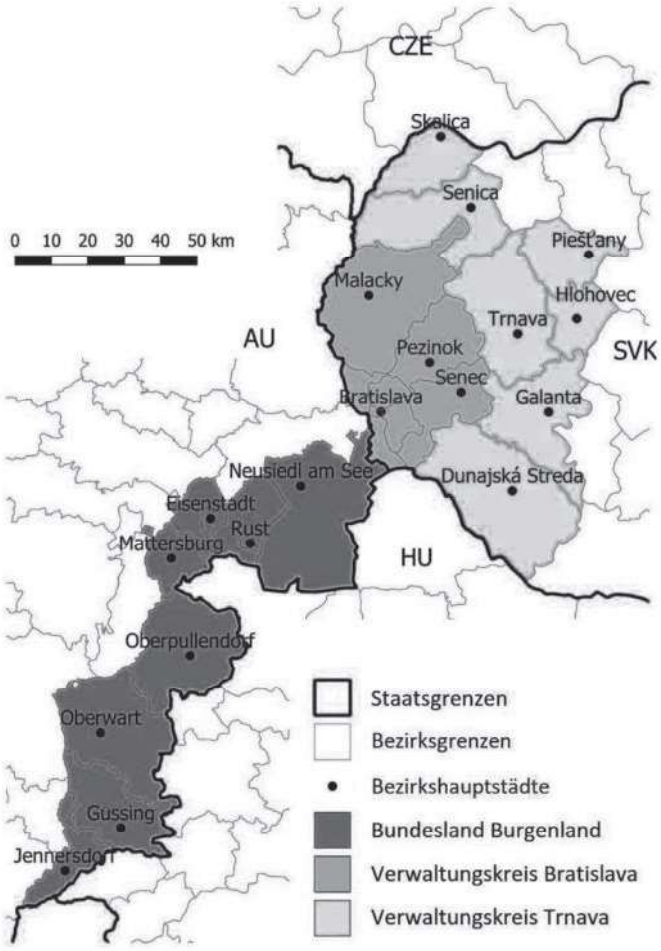


*Abb. 1: Landkarte der vergleichenden Grenzregionen nach Bilková et al. (2020)*

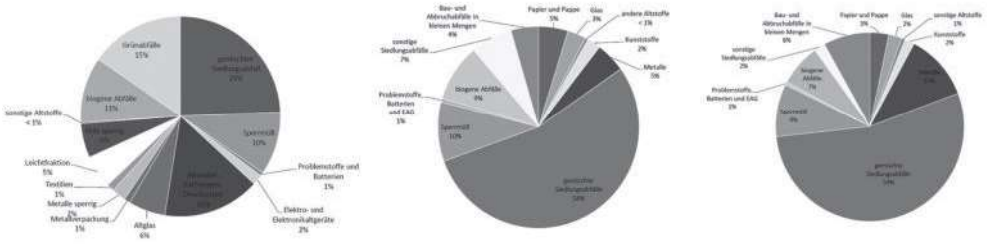

*Abb. 2: Prozentuelle Aufteilung der Abfallfraktionen des Siedlungsabfalls im Burgenland (BMNT 2019), Bratislava und Trnava (Pobožná 2018).*

Die verwendeten Behandlungstechnologien für die Behandlung der gemischten Siedlungsabfälle unterscheiden sich. Im Burgenland wird der gesamte gemischte Siedlungsabfall einer mechanischen, biologischen Aufbereitung (MBA) zugeführt. Im Landkreis Bratislava werden nach Pobožná (2018) knapp 38 % des gemischten Siedlungsabfalls direkt deponiert und 62 % einer Müllverbrennung zugeführt. Im Landkreis Trnava wird der gesamte gemischte Siedlungsabfall einer Deponierung zugeführt.

## 2. ÖKOLOGISCHE BEWERTUNG

### 2.1 RAHMEN UND ZIELDEFINITION

Auf Grundlage des Vergleichs der Abfallbehandlungstechnologien von Siedlungsabfällen im Burgenland und in der Slowakei wurde entschieden, dass vier unterschiedliche Abfallbehandlungsmöglichkeiten für gemischten Siedlungsabfall modelliert werden. Auf österreichischer Seite werden die ökologischen Auswirkungen der mechanisch-biologischen Abfallbehandlungsanlage in Oberpullendorf im Burgenland inklusive der Deponierung analysiert. Auf slowakischer Seite die Deponierung des Siedlungsabfalls und die Müllverbrennungsanlage. Des Weiteren wurden die potenziellen Umweltauswirkungen einer thermochemischen Vorbehandlungsanlage, welche derzeit an der Forschung Burgenland in Zusammenarbeit mit dem Lehrstuhl für Abfallverwertungstechnik und Abfallwirtschaft für Montan Universität Leoben und den Umweltdienstburgenland entwickelt wird und die biologische Behandlung einer MBA ersetzen soll, untersucht. Die Datengrundlage für die Ökobilanzierung liefern Messergebnisse aus eigenen Untersuchungen und Daten aus der Datenbank Ecoinvent 3.5 (ecoinvent 2020).

Die Durchführung der vergleichenden Lebenszyklusanalyse erfolgt nach den Grundsätzen und Rahmenbedingungen der internationalen Norm ISO 14040 und 14044. Als Instrument zur Durchführung der Ökobilanzierung wird die Open Source Software openLCA verwendet.

*Nutzen und funktionelle Einheit*

Der Nutzen der untersuchten Produktsysteme ist die Entsorgung von gemischten Siedlungsabfällen. Als funktionelle Einheit wird die Entsorgung des gemischten Siedlungsabfalls für eine Person in einem Jahr in der betrachteten Region definiert.

*Systemgrenze*

Die Systemgrenze umfasst alle Prozessschritte, die zur unmittelbaren Behandlung, Verwertung und der endgültigen Entsorgung der Abfälle beitragen. Der zeitliche Rahmen, auf denen sich die Daten aus dem Bereich der Abfallsammlung beziehen, sind die Jahre 2018 und 2019.

### 2.2 SACHBILANZ

Bei der Mechanisch Biologische Aufbereitung (MBA) wurde die mechanische Aufbereitung in der Splittinganlage (Auskopplung sekundär Brennstoffe und Metalle), die Intensivrotte in Oberpullendorf (biologi-

scher Teil), der Transport von Oberpullendorf zur Deponie Nord (Föllig, Großhöflein), die Nachrotte am Deponiegelände sowie die darauffolgende Deponierung berücksichtigt. Für die Deponierung des stabilisierten Restmülls wurden die Daten für eine Inertstoffdeponie aus der Datenbank ecoinvent 3.5 verwendet. Aus der mechanischen Aufbereitung werden pro Tonne trockenen Inputstrom 2,5 kg Aluminium, 0,5 kg Kupfer, 25 kg Eisen, 1 kg Zink, 1 kg Messing und 466 kg heizwertreiche Fraktion ausgeschleust. Die 466 kg heizwertreiche Fraktion ersetzt Steinkohle mit einem Energieinhalt von 6257 MJ. Für die mechanische Aufbereitung werden 61,9 kWh elektrischer Strom und Diesel mit einem Energieinhalt von 69 MJ verbraucht.

Für die ausgekoppelten Metalle und den sekundären Brennstoff wurden Gutschriften im Ausmaß der Herstellung dieser Materialien vergeben. Bei den sekundären Brennstoffen wurde angenommen, dass diese Steinkohle ersetzt.

Die heizwertarme Fraktion aus der mechanischen Aufbereitung wird der biologischen Behandlung zugeführt. Für 534 $kg_{tr}$ werden bei der biologischen Behandlung 69 MJ Diesel und 138 kg Wasser benötigt. Bei der biologischen Stabilisierung werden 396 kg $CO_2$, 0,53 kg $NH_3$, 0,35 kg $CH_4$ und 0,07 kg Lachgas freigesetzt. Durch die biologische Stabilisierung verringert sich die Masse auf 333 kg. Diese werden einer Inertstoffdeponie zugeführt.

Bei der Müllverbrennung wurde die Situation der Müllverbrennungsanlagen der Slowakei verwendet. Die Daten stammen aus der Datenbank Ecoinvent 3.5. Die dabei ausgekoppelte elektrische Energie betrug 1,39 MJ/kg und die Wärmeenergie 2,85 MJ/kg. Das entspricht einen elektrischen Nutzungsgrad von ca. 0,12 und einen thermischen Nutzungsgrad von ca. 0,24.

Für die Deponierung des Restmülls in der Slowakei wurde der Datensatz Restmülldeponie aus der Datenbank ecoinvent 3.5 verwendet.

Bei der Variante mechanische Aufbereitung und thermochemischer Vorbehandlung wird für die mechanische Aufbereitung derselbe Datensatz wie bei der MBA verwendet. Die Sachbilanzdaten für thermochemischen Vorbehandlung stammen aus eigenen Versuchen im Rahmen des Projektes Waste-2-Material.

Für 534 kg trockenen niederkalorischen Restmüll aus der mechanischen Aufbereitung werden für die thermochemische Vorbehandlung 53,4 kWh elektrischer Strom, 267 kg Wasser und 1,6 kg Kalk benötigt. Durch die thermochemische Vorbehandlung wird die Masse an Feststoffen, welche einer Deponierung zugeführt werden müssen auf 209 kg reduziert. Zusätzlich konnte 3,7 kg Aluminium und 12,3 kg Glas aus dem Feststoff abgetrennt werden.

Bei der thermochemischen Vorbehandlung von 534 kg Input, werden unter anderen 261 kg $CO_2$, 34 g CO und 454 g NO freigesetzt. Alle Emissionen liegen aber unter den Grenzwerten der Abfallverbrennungsverordnung. Die 209 kg Feststoff, die einer Inertstoffdeponie zugeführt werden, beinhalten rund 25 m- % elementaren Kohlenstoff und stellen somit eine Kohlenstoffsenke dar.

### 2.3 WIRKUNGSBILANZ

Für die Berechnung der Umweltauswirkungen wurde die Methode CML (baseline) [v4.4, January 2015] verwendet. Diese Methode wurde entwickelt durch das "Zentrum für Umweltwissenschaften (Centrum voor Milieukunde Leiden, CML) an der Universität Leiden in den Niederlanden. Die Diagramme in Abb. 3 zeigen die Ergebnisse der Wirkungsbilanz nach CML für ausgewählte Wirkungskategorien. Ersichtlich ist, dass die Umweltauswirkungen für die Abfallentsorgung in den Regionen Bratislava und Trnava deutlich größer sind als die Umweltauswirkungen des Systems MBA im Burgenland. Das liegt einerseits daran, dass deutlich höhere Mengen des Siedlungsabfalls unbehandelt entsorgt werden und andererseits daran, dass die verwendeten Entsorgungsprozesse Müllverbrennung und Deponierung deutlich mehr Umweltauswirkungen aufweisen als die MBA im Burgenland. Die negativen Zahlenwerte bei der Berechnung der Umweltauswirkungen ergeben sich aus den entsprechenden Gutschriften für die ausgekoppelten Wertstoffe. Ersichtlich ist auch, dass die von der FH Burenland im Projekt Waste-2-Material entwickelte thermochemische Vorbehandlung, welche den biologischen Prozess in der MBA ersetzen könnte, eine Verbesserung der Umweltauswirkungen im Bereich Versauerungspotential, Treibhauspotential, bewirkt. In den anderen Kategorien schneidet die Methode etwas schlechter ab, als die derzeitig angewendete Methode.

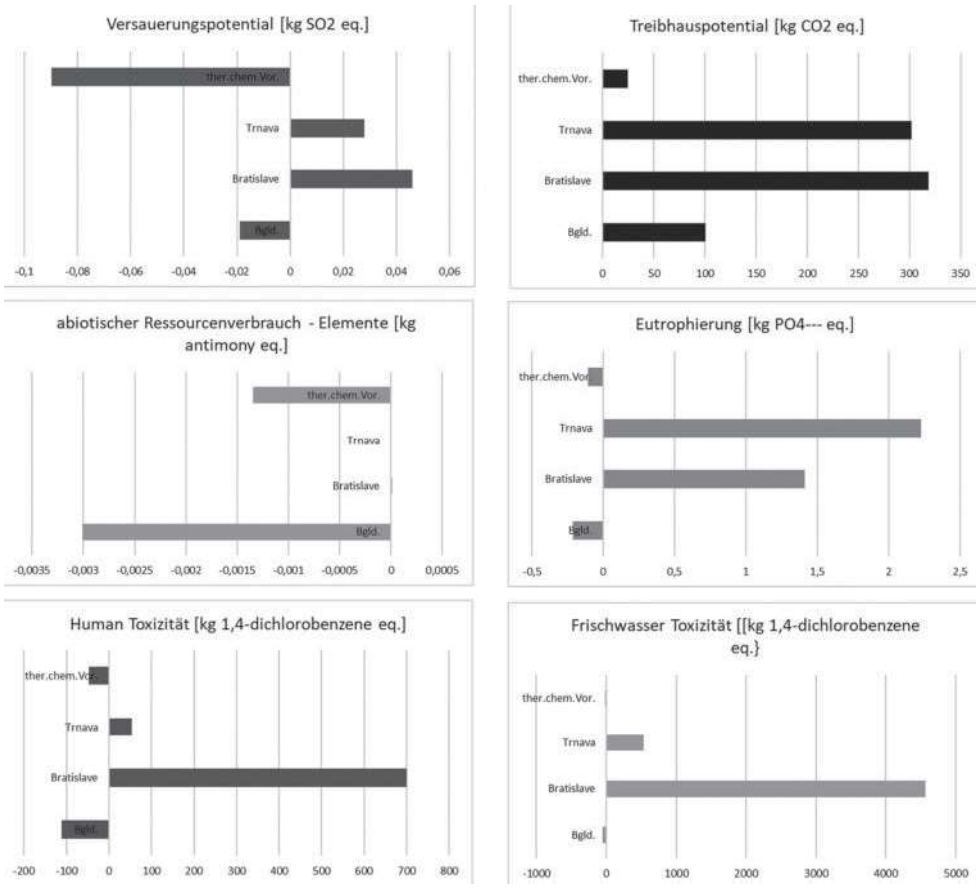


*Abb. 3: Ergebnis der Wirkungsbilanz für ausgewählte Wirkungskategorien*

### 2.4 SCHLUSSFOLGERUNG UND ZUSAMMENFASSUNG

Die Untersuchungen haben gezeigt, dass Umweltauswirkungen der Abfallwirtschaft in den betrachteten Regionen Trnava, Bratislava und Burgenland deutlich unterschiedlich sind. Um die Umweltauswirkungen in den slowakischen Regionen zu verbessern, müssten in einem ersten Schritt die Verwertungsquoten erhöht werden, um die Masse des gemischten Siedlungsabfalls zu verringern. Diesbezüglich ist eine Verbesserung der getrennten Abfallsammlung erforderlich. Die Entsorgungswege des gemischten Siedlungsabfalls insbesondere die Deponierung des gemischten Siedlungsabfalls sollte umgestellt werden. Eine Möglichkeit wäre die Entsorgung über eine mechanisch biologische Abfallbehandlung. Es konnte auch gezeigt werden, dass die thermochemische Vorbehandlung als Ersatz für die biologische Stufe der MBA in manchen Bereichen eine Verbesserung der Umweltauswirkungen ermöglicht.

## LITERATUR

BMNT (2019) Die Bestandsaufnahme der Abfallwirtschaft in Österreich – Statusbericht 2019, Wien: Bundesministerium für Nachhaltigkeit und Tourismus.

ecoinvent (2020) https://www.ecoinvent.org/database/older-versions/ecoinvent-35/ecoinvent-35.html [Zugriff am 11 01 2020].

Europäische Gemeinschaft 2008) RICHTLINIE 2008/98/EG DES EUROPÄISCHEN PARLAMENTS UND DES RATES vom 19. November 2008 über Abfälle und zur Aufhebung bestimmter Richtlinien. [Online] Available at: https://eur-lex.europa.eu/legalcontent/DE/TXT/?uri=celex:32008L0098 [Zugriff am 11 08 2020].

Pobožná, M. (2018) Odpady v Slovenskej republike za rok 2017, Bratislava: Štatistický úrad Slovenskej republiky

Slovake (2020) Slovake. [Online] Available at: https://slovake.eu/de/intro/slovakia/general [Zugriff am 14 07 2020]

Štatistický úrad SK (2020) DATAcube - Prehľad stavu a pohybu obyvateľstva - SRoblasť-kraj-okres, m-v [om7011rr]. [Online] Available at: http://datacube.statistics.sk/#!/view/sk/VBD_DEM/om7011rr/v_om7011rr_00_00_00_sk [Zugriff am 18 08 2020].

Statistik Austria (2020) Bevölkerung zu Jahresbeginn 2002-2020 nach Gemeinden (Bevölkerung zu Jahresbeginn 2002-2020 nach Gemeinden (Gebietsstand 2019) , Wien: Statistik Austria.

Dieses Projekt wird finanziert durch:

Interreg Slovakia-Austria European Regional Development Fund

*Kontaktdaten:*
*Christian Wartha*
*FH Burgenland Gmbh*
*Steinamangerstrasse 21*
*7423 Pinkafeld*
*Email: christian.wartha@fh-burgenland.at*