

Verwertung von Aushubmaterialien

M. Wellacher, R. Pomberger & D. Vollprecht

Montanuniversität Leoben, Lehrstuhl für Abfallverwertungstechnik und Abfallwirtschaft, Leoben, Österreich

F. Poschacher

Poschacher Kompost, Kraubath/M, Österreich

P. Liebhard & A. Jelecevic

Universität für Bodenkultur, Department für Nutzpflanzenwissenschaften, Abteilung Pflanzenbau, Wien, Österreich

KURZFASSUNG: Aushubmaterialien waren mit 33 Mio. t 2015 die anteilmäßig größte Abfallfraktion in Österreich. Eine Verwertung als Rekultivierungsmaterial würde bei sorgsamer Anwendung den negativen Auswirkungen der Bodenzerstörung durch Versiegelung entgegenwirken, die gerade in Österreich einen besorgniserregenden Umfang angenommen hat. Abfallwirtschaftlich sollte der Verwertung gegenüber der Deponierung der Vorzug gegeben werden, jedoch ist festzustellen, dass in den vergangenen Jahren die Verwertungsrate sinkt und die Deponierungsrate steigt. Daher wird angenommen, dass die derzeitigen Marktgegebenheiten das Deponieren gegenüber der Verwertung bevorzugen. In diesem Artikel wird die Verwertung von Bodenaushub zur Rekultivierung beschrieben, und es werden Möglichkeiten aufgezeigt, auch geogen mit Metallen belasteten, aber unbedenklichen Bodenaushub zu verwerten. Dabei wird auf das Projekt ReSoil Bezug genommen, welches sich mit der Verwertung von Bodenaushub mit geogenen Metallbelastungen beschäftigt. Insbesondere wird ein Vorschlag zur Unterscheidung geogener von anthropogener Belastung mit Metallen in Bodenaushub unterbreitet.

1 EINLEITUNG

Die Verwertung von Aushubmaterialien in Österreich ist eine wichtige aber noch zu wenig entwickelte abfallwirtschaftliche Maßnahme für diesen größten aller Abfallströme. Sie wird durch fachliche, wirtschaftliche und gesetzliche Rahmenbedingungen ermöglicht.

Das Aufkommen an Aushubmaterialien und Böden in Österreich im Jahr 2015 betrug 32,8 Mio. t, wovon nur 29 % verwertet, der Rest aber deponiert wurde (BMLFUW 2017). Die Verwertungsquote in Österreich sinkt in den letzten Jahren (Brechlmacher und Wellacher 2018). Das Aufkommen an Aushubmaterialien im Bundesland Steiermark betrug 2015 2,4 Mio. t, die Verwertungsquote ist nicht bekannt.

Es wird angenommen, dass die derzeitigen Marktgegebenheiten das Deponieren von Aushubmaterialien gegenüber der Verwertung bevorzugen.

Bei einer Verwertung werden die Funktionen des ursprünglichen Bodens größtenteils erhalten, während sie bei der Deponierung in überwiegendem Maß dauerhaft verloren sind.

In Österreich betrug die auf Aushubtätigkeiten folgende Bodenversiegelung 2016 2.200 km². Dies ist ein Umweltproblem, für das eine Lösung zu finden ist. Im Zuge

von Nutzungsänderungen wurden weitere 3.347 km² in Anspruch genommen (Umweltbundesamt 2017). Nach Abschluss der Bautätigkeiten stellen sie den Markt für Rekultivierungsmaßnahmen dar. Die negativen Auswirkungen der Bodenzerstörung können durch die Verwertung von Bodenaushub gemildert werden.

Das Projekt ReSoil bearbeitet die Möglichkeiten einer Verwertung von Bodenaushub mit geogenen Metallbelastungen und prüft die Unbedenklichkeit, Zulässigkeit und Sinnhaftigkeit solcher Verwertungsmaßnahmen.

In diesem Artikel wird die Verwertung von Bodenaushub als Teil einer Komposterde der Bodenaushub-Deponierung gegenübergestellt, um Unterschiede aufzuzeigen. Es sind auch andere Verwertungsmaßnahmen neben der Rekultivierung mit Komposterden möglich, z.B. durch Untergrundverfüllung, auf diese wird hier aber nicht eingegangen.

2 VERWERTUNG

Bei entsprechender technischer Eignung und bei Einhaltung der jeweiligen Qualitätskriterien darf Aushubmaterial als Rohstoff für die Bodenrekultivierung, die Untergrundverfüllung, zur Herstellung von Komposterden oder sonstiger Erden, als Recycling-Baustoff, zur Kompostierung oder für industrielle Anwendungen verwendet werden.

Die Verwertung von Bodenaushub als Abfall muss wie bei allen Abfällen in umweltgerechter Weise, zulässig und zu einem sinnvollen Zweck erfolgen. Damit sollen andere Materialien, die zur Erfüllung dieser Funktion verwendet worden wären, ersetzt werden.

Wenn keine umweltgerechte Weise, keine Zulässigkeit oder kein sinnvoller Zweck vorliegt, ist von einer Ablagerung auszugehen. Diese kann Gebühren nach dem Altlastensanierungsgesetz (ALSAG) (Bundesgesetz 1989), aber auch Strafen, in erster Linie nach dem Abfallwirtschaftsgesetz (AWG) (Bundesgesetz 2002), und in Folge den Rückbau der Maßnahme mit sich bringen, wodurch Lieferanten und Ausführende in substantielle wirtschaftliche Schwierigkeiten geraten können.

2.1 Vorgangsweise und Prozesse bei der Verwertung von Aushubmaterialien

Am Beginn einer Verwertung steht die Entscheidung, ob der vorliegende Bodenaushub für eine solche geeignet oder ungeeignet ist, d.h. gegebenenfalls doch deponiert werden sollte. Dazu erfolgt eine Analyse und Bewertung. Einerseits wird dabei die Eignung für die beabsichtigte Anwendung beurteilt und andererseits die Einhaltung von Grenzwerten, die der Gesetzgeber vorgibt. Die Beprobung dazu erfolgt üblicherweise in-situ vor Ort im Zuge einer Begehung und Probeschürfung. In manchen Fällen kann die Probenahme auch ex-situ erfolgen. Die grundlegende Charakterisierung zum Nachweis der Einhaltung von Grenzwerten ist durch eine externe befugte Fachperson oder Fachanstalt durchzuführen.

Aufgrund der meist begrenzten Lagermöglichkeiten auf Baustellen wird das Bodenaushubmaterial im Normalfall zeitnah zum Aushub abtransportiert. Der Transport hat durch einen befugten Abfallsammler und -behandler zu erfolgen. Sobald es den Ort der Entstehung verlässt, wird es zu Abfall und verliert seine Abfalleigenschaft erst, wenn es zulässig verwertet wird. Bis zur Verwertung wird es normalerweise beim Abfallbehandler gelagert.

Die Aufbereitung der Aushubmaterialien erfolgt anlassbezogen, wenn ein Bedarf am Markt vorhanden ist, und meist mit mobilen Anlagen durch die Schritte Sortieren, Mischen, Reifen und Sieben (Abbildung 1). Bestimmte Aushubmaterialien können durch Sieben alleine zu einem verkaufsfähigen Rekultivierungssubstrat oder einem anderen Produkt aufbereitet werden (Abbildung 2). Dabei anfallende Nebenfraktionen, z.B. Überkorn, gelten als Bodenbestandteile und können wiederum verwertet oder deponiert werden. Auch eine direkte Verwertung von nicht aufbereitetem Bodenaushub ist denkbar.

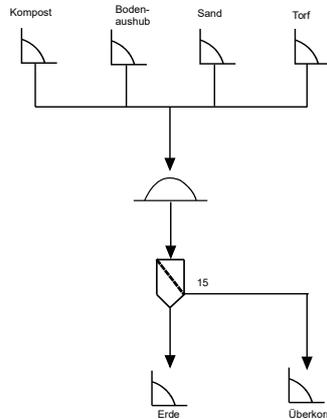


Abbildung 1: Verfahren zur Herstellung von Komposterden



Abbildung 2: Abschließendes Sieben bei der Aufbereitung von Bodenaushub zur Komposterde

Mit der Anwendung passiert auch das Abfallende.

Der Verwerter von Rekultivierungsmaterial hat neben den gesetzlichen Rahmenbedingungen vor allem die Kundenbedürfnisse zu beachten, d.h.

- guter Aufwuchs der beabsichtigten Bepflanzung,
- gute Stabilität der Schüttung, insbesondere bei Anwendung auf geneigten Flächen,
- geringe Verdichtungsgefahr, falls eine Befahrbarkeit vorgesehen ist, und
- funktionierender Wasserhaushalt, d.h. kein Vernässen bzw. ausreichende Wasserhaltekraft in Trockenperioden.

Rekultivierungssubstrate erfüllen zahlreiche Bodenfunktionen, die mittel- und langfristig eine lebenserhaltende Wirkung auf Mensch und Umwelt bedeuten. Diese sind insbesondere bei Betrachtung der besorgniserregenden fortschreitenden Versiegelung von Böden in Österreich, aber auch darüber hinaus, von großer Bedeutung:

- Lebensraumfunktionen,
- Regelungsfunktionen (Böden sind Speicher-, Filter-, Puffer- und Transformationssysteme) und
- Nutzungsfunktionen (u.a. die Eignung für land- und forstwirtschaftliche Nutzung, Wald- und Waldfunktionsstandorte in urbanen Bereichen, Parks, Gärten, Spiel- und Sportplätze).

Diesen Anforderungen wird entsprochen durch die Auswahl der jeweiligen Komposterde und ihrer Komponenten, durch einen mehrschichtigen Aufbau des Rekultivierungsmaterials, durch die Art des Einbaus und durch die nachfolgende Bepflanzung und Pflege der Rekultivierungsfläche.

2.2 Abfallrechtliche Rahmenbedingungen bei der Verwertung

Die abfallrechtliche grundlegende Charakterisierung kann vor Beginn der Aushub- oder Abraamtätigkeiten durchgeführt werden. Der maximale Beurteilungsmaßstab liegt dann bei 7.500 t. Bei einer Charakterisierung nach Beginn der Aushub- oder Abraamtätigkeiten gilt ein maximaler Beurteilungsmaßstab von 2.000 t.

Eine „Erstanalyse Boden“ hat nach den Vorgaben des Bundesabfallwirtschaftsplans (BAWP) (BMLFUW 2017) zu erfolgen. Alternativ dazu können auch, für eine Verwertung als Recycling-Baustoff für gebundene Anwendungen, die Parameter für Inertabfalldeponien untersucht werden. Für spezielle Verwertungen, z.B. Qualitätsklasse A2-G, oder bei Verdacht auf eine erhöhte Belastung sind zusätzliche Untersuchungen durchzuführen.

Die Kleinmengenregelung ohne grundlegende Charakterisierung für Bodenaushubmengen unter 2.000 t pro Baustelle ist bei einer Verwertung nicht anwendbar, d.h. eine grundlegende Charakterisierung ist jedenfalls durchzuführen, ganz im Gegensatz zur Ablagerung auf einer Bodenaushubdeponie.

Die zeitweilige Lagerung auf Baustellen ist kein Behandlungsverfahren und ist ohne Genehmigung möglich, wenn u.a. die Höchstdauer auf die Baustellentätigkeit beschränkt ist. Als Deponierung gilt eine Zwischenlagerung von Abfällen von mehr als drei Jahren vor der Verwertung.

Alle Transporte sind von einem befugten Abfallsammler und -behandler durchzuführen, vom Ort der Aushub- oder Abraamtätigkeit zum Aufbereiter oder zur Deponie und auch vom Aufbereiter zum Ort der Verwertung. Ausgenommen sind Kleinmengen für die nicht-gewerbliche Anwendung.

Die rechtlichen Anforderungen der Komposterdenherstellung sind im Arbeitsbehelf 44 des ÖWAV zusammengefasst (ÖWAV 2014). Der Einsatz von Bodenaushubmaterial der Qualitätsklasse BA (Bodenaushubmaterial mit Hintergrundbelastung) als Mischkomponente wird dort als nicht zulässig beschrieben. Das ist damit begründet, dass im Regelfall eine bestimmungsgemäße Verwertung auf Flächen vergleichbarer Belastung nicht vorhersehbar ist. Dem muss hier widersprochen werden. Eine Anwendung kann im Abstimmungsverfahren mit der Behörde sehr wohl erfolgen, wie das auch im BAWP vorgesehen ist.

Der Vertrieb über Akteure, die über keine entsprechende Befugnis verfügen, z.B. Internetplattformen, ist nicht zulässig.

Vom Altlastenbeitrag nach dem ALSAG ausgenommen sind Abfälle, die mit den Vorgaben des BAWP für Aushubmaterialien im Einklang sind und für das zugelassene und sinnvolle Verfüllen von Geländeunebenheiten (u.a. das Verfüllen von Baugruben oder Künetten) oder das Vornehmen von Geländeanpassungen (u.a. die Errichtung von Dämmen oder Unterbauten von Straßen, Gleisanlagen oder Fundamenten) oder den Bergversatz mit Abfällen verwendet werden.

Alle anderen Anwendungen gelten als Ablagerung und werden mit € 9,20 pro Tonne ALSAG-Gebühr beaufschlagt. Das ist der Fall, wenn eine nicht umweltgerechte, nicht zulässige oder nicht sinnvolle Maßnahme erfolgt, z.B. bei Nichteinhaltung der Grenzwerte des BAWP. Ebenso handelt es sich bei einer illegalen Aufbringung um eine Entledigung, die keine Verwertung darstellt.

Liegen Grenzwertüberschreitungen durch geogene Belastungen vor, sind diese zu begründen und zu bestätigen. Eine Anwendung darf nur auf Flächen vergleichbarer Belastungssituation erfolgen (BMLFUW 2017). Wenn Grenzwerte nicht eingehalten werden, kann in Abstimmung mit der Behörde eine konkrete Verwertungsmaßnahme erfolgen, wenn diese umweltgerecht, zulässig und zu einem sinnvollen Zweck passiert.

Entstehen Zweifel an der Zulässigkeit der Verwertungsmaßnahme, ist eine nachträgliche Überprüfung von abgelagerten Materialien einfach möglich, da die Materialien in der Regel zugänglich sind.

Das Projekt ReSoil zeigt für Materialien (Böden) mit geogenen Belastungen die auch unbedenklich sind Verwertungsmöglichkeiten auf.

2.3 Marktsituation für die Verwertung

Der Transportradius für Aushubmaterialien beträgt im Allgemeinen 20 bis 30 km. Kriterien, welche die Entscheidung für eine Verwertung gegenüber einer Deponierung beeinflussen sind

- der Übernahmepreis,
- die Transportentfernung und -kosten,
- Information über die Alternative der Deponierung,
- die Notwendigkeit einer grundlegenden Charakterisierung auch bei Kleinmengen unter 2.000 t,
- Partnerschaften mit Verwertern oder Deponiebetreibern, bzw. innerbetriebliche Lösungen hierzu,
- die Reaktionsgeschwindigkeit des Übernehmers, wenn größere Mengen kurzfristig angeboten werden und
- die Risikobereitschaft des Übernehmers, gegebenenfalls Materialien zu übernehmen, bevor eine grundlegende Charakterisierung oder eine Feststellung der Unbedenklichkeit vorliegt.

Es ist zu bemerken, dass auch bei Vorliegen einer grundlegenden Charakterisierung Zweifel an der Repräsentativität einer Einzelprobe bei einer Grundgesamtheit von bis zu 2.000 t berechtigt sind.

Der Zeitbedarf für Beauftragung, Probenahme und Analyse bis zum Vorliegen der Ergebnisse einer grundlegenden Charakterisierung liegt bei mindestens zwölf Werktagen, im Regelfall muss mit 15 bis 20 Werktagen gerechnet werden. Die Kosten einer Standardanalyse liegen derzeit etwa bei € 1.000,- exklusive der Probenahme.

3 DEPONIERUNG

Im Gegensatz zur Verwertung ist die Deponierung der einfachere Weg für Bauherren, Bodenaushubmaterial zu entsorgen. Bei Einhaltung der Vorgaben des BAWP gibt es keine ALSAG-Pflicht und eine klare Vorgehensweise zur Ablagerung auf Bodenaushubdeponien. Einige Baufirmen unterhalten auch eigene Deponien, wodurch die Ablagerung für sie ein innerbetriebliches Geschäft darstellt.

Bei Kleinmengen unter 2.000 t pro Anfallsort besteht die Möglichkeit der Deponierung ohne grundlegende Charakterisierung, wodurch entsprechend Kosten, Zeit und Aufwand wegfallen.

Bei einer Deponierung gibt es bei Einhaltung der Vorgaben des BAWP keine rechtlichen Unsicherheiten.

Sollten Zweifel an der Zulässigkeit der Deponierung auftauchen, ist eine nachträgliche Überprüfung von abgelagerten Materialien praktisch unmöglich, da die Materialien dann schon von anderen überdeckt wurden und kaum mehr identifizierbar wären.

Bei einer Deponierung gehen die Funktionen des ursprünglichen Bodens in überwiegenderem Maß dauerhaft verloren.

4 GEOGENE ODER ANTHROPOGENE BELASTUNG

Der BAWP definiert zur Verwertung von Bodenaushub die Qualitätsklasse „Bodenaushub mit geogener Belastung“ (oder BA mit der Fußnote 6) ohne für den Begriff „geogen“ eine Methodik zur Unterscheidung von einer anthropogenen Belastung anzubieten. Es handelt sich dabei um die Bodenaushubklasse mit den höchsten Grenzwerten, die nur in Gebieten vergleichbarer Belastungssituation verwertet werden darf. Die Unterscheidung von geogen und anthropogen ist daher bedeutsam, da fachlich postuliert wird, dass Metalle aus geogenen Quellen weniger mobil sind. Im Projekt ReSoil wurde eine Methodik erarbeitet, mittels der eine solche Unterscheidung getroffen werden kann.

Der BAWP geht davon aus, dass die Analyse von Metallen in Böden durch Königswasseraufschluss ausreichende Informationen zur Schadwirkung ergibt. Die in Königswasser gelösten Metalle sind aber keineswegs zur Gänze pflanzenverfügbar (Jelecevic et al. 2018).

Es gilt fachlich festzustellen, ob ein vorliegender Bodenaushub trotz Metallgehalten der Qualitätsklasse „Bodenaushub mit geogener Belastung“ hinsichtlich seiner Belastung einerseits tatsächlich geogen belastet ist und andererseits als unbedenklich für eine beabsichtigte Verwertung beurteilt werden kann. Es ist nämlich zu beachten, dass die Ursache einer Belastung, d.h. geogen oder anthropogen, nichts über die Schadwirkung aussagt.

Die vorgeschlagene Methode geht davon aus, dass geogene Belastungen von anliegenden Untergrund hervorgehen und zur Bodenoberfläche hin ansteigen. Daher sollte

eine Untersuchung des Unterbodens, z.B. in 75 bis 100 cm Tiefe, sowie des Oberbodens, z.B. in 5 bis 30 cm Tiefe, darüber Aufschluss geben können (Abbildung 3). Dazu muss eine in-situ-Beprobung stattfinden, eine nachträgliche Probenahme von Aushubmaterial gibt darüber keine Informationen.



Abbildung 3: In-situ-Probenahme mittels eines Pürckhauer-Bohrstockes mit der Möglichkeit, den Boden in zwei unterschiedlichen Tiefen zu untersuchen.

Des Weiteren gehen geogene Belastungen von Grobpartikeln aus und werden erst durch Verwitterung in Feinpartikel übertragen. Eine Untersuchung der Fraktion <2 mm sowie >2 mm kann darüber Aufschluss geben.

Nur wenn beide Untersuchungen auf eine geogene Belastung hinweisen, ist von einer solchen auszugehen.

Da auch geogene Belastungen für Mensch und Umwelt bedenklich sein können, muss zusätzlich der Nachweis der Unbedenklichkeit geführt werden. In der ReSoil-Methode wird für Metalle die Prüfung der Mobilität von Bodenaushub in Pflanzen und Sickerwasser vorgeschlagen. Ein Vergleich der Gehalte umweltrelevanter Elemente von Lebensmittelpflanzen mit Grenzwerten der Lebens- und Futtermittelverordnung (Europäische Union 2002 und 2006) und der Konzentrationen dieser Elemente in Sickerwässern mit Grenzwerten der Trinkwasserverordnung (Bundesgesetz 2001) ergibt die Unbedenklichkeit oder nicht. Entsprechende Testverfahren wurden entwickelt (Wellacher et al. 2017).

Eine unbedenkliche Verwertung von Aushubmaterialien der Qualitätsklasse „Bodenaushub mit geogener Belastung“ kann demgemäß nur erfolgen, wenn

- 1) die Gehalte des Unterbodens höher oder gleich hoch wie jene des Oberbodens sind,
- 2) die Gehalte der Fraktion >2 mm höher oder gleich hoch wie jene der Fraktion <2 mm sind, wobei durch diese ersten beiden Untersuchungen ein Hinweis auf geogene Herkunft der betroffenen Metalle gegeben wird, sowie
- 3) Lebensmittelpflanzen, die auf dem Aushubmaterial gewachsen sind, in ihren Gesamtgehalten keine Überschreitung von Grenzwerten für Lebensmittel zeigen und
- 4) Sickerwasser, das aus dem Aushubmaterial austritt, keine Überschreitung der Grenzwerte für Trinkwasser zeigt.

5 DISKUSSION

Die zunehmende Versiegelung österreichischer Böden ist mit Maßnahmen zu bekämpfen. Die Abfallwirtschaft kann auf der Seite der entstehenden Aushubmaterialien gegensteuern. Die sorgsame Verwertung dieser enormen Mengen ist ein Gebot der Situation. Dazu zählt eine fachliche, umweltgerechte und sinnvolle Rekultivierung mit Komposterden auch auf nicht-landwirtschaftlichen Böden, wie sie beispielsweise BMLFUW für landwirtschaftliche Böden vorgeschlagen hat (BMLFUW 2012). Im Projekt ReSoil wird als eine mögliche Maßnahme aufgezeigt, auch mit Metallen geogen belasteten aber unbedenklichen Bodenaushub zu verwerten. Die hier vorgeschlagene Methodik ist ein alternativer Ansatz zum BAWP zur Beurteilung der Schadwirkung, der allerdings mit einem höheren Aufwand verbunden ist.

DANKSAGUNG

Die Autoren danken der Österreichischen Forschungsförderungsgesellschaft (FFG) für die finanzielle Unterstützung der Arbeiten im Rahmen des Projektes ReSoil.

LITERATUR

- Brechlmacher, M. & Wellacher, M. (2018) *Katalog zu Bodenproben aus der Steiermark mit geogener Metallbelastung*. In: Recy & DepoTech 2018. Tagungsband zur 14. Recy & DepoTech-Konferenz 6. - 9.11.2016 Leoben, Österreich (in press)
- Bundesgesetz (1989) *Bundesgesetz vom 7. Juni 1989 zur Finanzierung und Durchführung der Altlastensanierung (Altlastensanierungsgesetz)*. BGBl. II Nr. 299/1989 zuletzt geändert BGBl. II Nr. 58/2017
- Bundesgesetz (2001) *Verordnung des Bundesministers für soziale Sicherheit und Generationen über die Qualität von Wasser für den menschlichen Gebrauch (Trinkwasserverordnung - TWV)*. BGBl. II Nr. 304/2001 zuletzt geändert BGBl. II Nr. 208/2015
- Bundesgesetz (2002) *Bundesgesetz über eine nachhaltige Abfallwirtschaft (Abfallwirtschaftsgesetz 2002 – AWG 2002)*. BGBl. II Nr. 102/2002 zuletzt geändert BGBl. II Nr. 70/2017
- Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft (BMLFUW) (2017) *Bundesabfallwirtschaftsplan 2017 Teil 1*. BMLFUW, Stubenring 1, 1010 Wien
- Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft (BMLFUW) (2012) *Richtlinien für die sachgerechte Bodenrekultivierung land- und forstwirtschaftlich genutzter Flächen*. BMLFUW, Stubenring 1, 1010 Wien
- Europäische Union (2002) *Richtlinie 2002/32/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 7. Mai 2002 über unerwünschte Stoffe in der Tierernährung*.
- Europäische Union (2006) *Verordnung Nr. 1881/2006 der Kommission vom 19. Dezember 2006 zur Festsetzung der Höchstgehalte für bestimmte Kontaminanten in Lebensmitteln*.
- Jelecevic, A., Wellacher, M., Sager, M. & Liebhard, P. (2018): *Schwermetalle in Böden von ausgewählten Standorten in der Steiermark*. Wasser und Abfall, 20, 25-31; ISSN 1436-9095
- Österreichischer Wasser- und Abfallwirtschaftsverband (ÖWAV) (2014) *ÖWAV-Arbeitsbehelf 44 – Herstellung von Komposterden (Mischungen aus Kompost und Bodenaushubmaterial)*. ÖWAV, Wien, Österreich
- Umweltbundesamt (2017) *Flächeninanspruchnahme in Österreich 2016*. www.umweltbundesamt.at, abgerufen am 29.09.2017
- Wellacher, M., Kunodi, H. & Pomberger, R. (2017) *Mobilität und Toxizität von geogenen Schwermetallen in Boden und Bodenaushub in der Steiermark*. Berichte der Deutschen Bodenkundlichen Gesellschaft, Jahrestagung Horizonte des Bodens, 2. - 7.9.2017, Göttingen, Deutschland