

**Biomasse-Aschenströme
in Österreich**



BIOMASSE-ASCHENSTRÖME IN ÖSTERREICH

Birgit Walter
Peter Mostbauer
Brigitte Karigl

REPORT
REP-0561

Wien, 2016

Projektleitung

Birgit Walter, Umweltbundesamt

AutorInnen

Birgit Walter, Umweltbundesamt

Peter Mostbauer, Universität für Bodenkultur Wien

Brigitte Karigl, Umweltbundesamt

Übersetzung

Brigitte Read, Umweltbundesamt

Lektorat

Maria Deweis, Umweltbundesamt

Satz/Layout

Elisabeth Riss, Umweltbundesamt

Umschlagphoto

© Birgit Walter

Diese Publikation wurde im Auftrag von Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft erstellt.

Weitere Informationen zu Umweltbundesamt-Publikationen unter: <http://www.umweltbundesamt.at/>

Impressum

Medieninhaber und Herausgeber: Umweltbundesamt GmbH
Spittelauer Lände 5, 1090 Wien/Österreich

Das Umweltbundesamt druckt seine Publikationen auf klimafreundlichem Papier.

© Umweltbundesamt GmbH, Wien, 2009

Alle Rechte vorbehalten

ISBN 978-3-99004-373-8

INHALT

ZUSAMMENFASSUNG	5
SUMMARY	9
1 EINLEITUNG	13
2 BIOMASSE-ASCHENSTRÖME IN ÖSTERREICH	16
2.1 Auswertungen aus eBilanzen	16
2.1.1 Aufkommen	16
2.1.2 Endgültiger Verbleib – Behandlungsanlagen.....	17
2.1.3 Import – Export.....	17
2.1.4 Bilanz Biomasse-Aschen aus eBilanzen.....	18
2.2 Auswertungen aus Emissionserklärungen (eVerbrennung)	18
2.3 Abschätzung des österreichischen Biomasse- Ascheaufkommens 2013	18
2.3.1 Abschätzung auf Basis der verbrannten Biomasse mittels brennstoffspezifischer Aschefaktoren (Methode 1).....	19
2.3.2 Abschätzung auf Basis der verbrannten Biomasse mittels durchschnittlichem Aschefaktor (Methode 2).....	21
2.3.3 Abschätzung auf Basis der installierten Brennstoffwärmeleistungen (Methode 3)	21
2.3.1 Vergleich der drei Methoden	22
2.4 Informationen aus der Primärdatenerhebung	23
3 QUALITÄTEN DER BIOMASSE-ASCHEN IN ÖSTERREICH	24
3.1 Aschetypen und Mengenverhältnis	24
3.2 Wassergehalt, Trockensubstanz	26
3.3 Vergleichs- und Referenzwerte zur Zusammensetzung	26
3.4 Nährstoffgehalt	29
3.5 Auslaugbarkeit	30
4 AKTUELLE VERWERTUNGSWEGE UND BRANCHENINFORMATIONEN	35
4.1 Zementindustrie	35
4.1.1 Generelles zum Einsatz von Abfällen in Zementwerken	35
4.1.2 Derzeitige Praxis und Grenzen der Verwertung von Biomasse-Aschen in Österreich.....	36
4.1.3 Asche als Zumahlstoff bei der Klinkermahlung.....	38
4.2 Kompostwerke	39
4.3 Bitumendachbahnen und Bitumenschindeln	42
4.4 Landwirtschaftliche Verwertung ohne vorgeschaltete Kompostierung	42

4.5	Weitere Pilotprojekte	43
5	SITUATION IN DEN BUNDESLÄNDERN	45
5.1	Strategien zur Beseitigung bzw. Verwertung von Biomasse-Aschen	45
5.2	Menge der jährlich im Bundesland anfallenden Biomasse-Aschen	45
5.3	Biomasse-Feuerungsanlagen im Bundesland	45
5.4	Informationen über den Verbleib der im Land anfallenden Biomasse-Aschen	46
5.5	Qualitäten der anfallenden Biomasse-Aschen	46
6	LITERATURVERZEICHNIS	48

ZUSAMMENFASSUNG

Ziel dieser Studie ist es, die Biomasse-Aschenströme in Österreich abzubilden, d. h. das Aufkommen der Biomasse-Aschen, deren Behandlungswege und deren endgültigen Verbleib exemplarisch für das Jahr 2013 darzustellen.

Zu diesem Zweck erfolgte eine Auswertung von Biomasse-Ascheströmen, die als separat gesammelter Abfallstrom im Elektronischen Datenmanagement (EDM) erfasst sind (Basisjahr 2013).

Dabei konnte ein Aufkommen von rd. 133.000 Tonnen ausgewertet werden:

Abfall-schlüssel nummer	Bezeichnung	Aufkommen 2013 (in t)
31306	Holzasche, Strohasche*	85.388
31306 70	Holzasche, Strohasche (Rostaschen)	32.213
31306 72	Holzasche, Strohasche (Flugaschen)	4.254
31306 74	Holzasche, Strohasche (Feinstflugaschen)	3.100
31306 77	Holzasche, Strohasche (gefährlich kontaminiert)	2.243
92303	Pflanzenasche	5.116
92303 71	Pflanzenasche (Pflanzen-Rostaschen)	1.147
Summe		133.461

* Es ist davon auszugehen, dass in dieser Schlüsselnummer auch Gemische der unten angegebenen Aschen (z. B. Gemische aus Rost- und Flugaschen) enthalten sind.

Die höchsten Mengen an Biomasse-Aschen wurden demnach als SN 31306 (Holzasche, Strohasche) gemeldet (64 %), gefolgt von SN 31306 70 (Rostaschen) mit 24 %. Lediglich 5 % des gemeldeten Biomasse-Ascheaufkommens wird als Zuschlagstoff zur Kompostierung entsprechend der Qualitätsanforderungen gemäß Anlage 1, Teil 4 der Kompostverordnung (SN 92303 und SN 92303 71) gemeldet.

Neben dem Aufkommen wurde auch der endgültige Verbleib der Biomasse-Aschen erhoben; er lässt sich für 126.053 Tonnen belegen. Fast die Hälfte davon wird deponiert, ca. ein Drittel wird in Zementwerken und ca. 11 % in Baustoffwerken eingesetzt. Alle anderen Sparten spielen eine untergeordnete Rolle, die Prozentsätze liegen jeweils im einstelligen Bereich.

Die Auswertung der eBilanz-Daten zum Aufkommen sowie zum endgültigen Verbleib (unter Berücksichtigung der Exporte und Importe) zeigt, dass für 97 % des gemeldeten Aufkommens von Biomasse-Aschen der Verbleib lückenlos dokumentiert werden kann.

Es kann allerdings davon ausgegangen werden, dass die aus eBilanzen ermittelte Menge von rd. 133.000 Tonnen Biomasse-Asche, die als separater Abfallstrom beseitigt oder verwertet wurde, nicht das gesamte Aufkommen an Biomasse-Asche wiedergibt. So wird z. B. Biomasse-Asche aus Feuerungsanlagen in Haushalten nicht getrennt entsorgt, sondern dem Restmüll bzw. dem eigenen Kompost beigemischt, womit diese Mengen nicht in den gemeldeten Daten des Biomasse-Ascheaufkommens aufscheinen.

Auswertung im EDM

*Tabelle A:
Aufkommen an
Biomasse-Aschen im
Jahr 2013, gemeldet in
eBilanzen.*

Aufkommen von Biomasse-Aschen

nicht erfasste Mengen

Des Weiteren werden unbekannte Mengen an Biomasse-Asche auf Böden aufgebracht, ohne dass dies mittels eBilanzen gemeldet wird. Werden Pflanzensachen von einer anderen Rechtsperson übernommen und auf land- oder forstwirtschaftlich genutzten Flächen ausgebracht, so unterliegt der/die Land- oder ForstwirtIn der Abfallbilanzverordnung. Menge, Herkunft und Verbleib der übernommenen Aschen müssen jährlich elektronisch im Wege des EDMs an den zuständigen Landeshauptmann gemeldet werden. Betrifft dies allerdings eigene Biomasse-Aschen des Land- oder Forstwirts bzw. der Land- oder Forstwirtin so erfolgt keine eBilanzmeldung.

Biomasse wird fallweise gemeinsam mit Abfällen (z. B. Altholz) in Abfallverbrennungsanlagen verbrannt. Die daraus resultierende Asche wäre dann nicht als Biomasse-Asche, sondern etwa als „Asche aus Abfallverbrennungsanlagen“ zu melden.

Methoden zur Mengenabschätzung

Das gesamte Aufkommen von Biomasse-Asche wurde daher zusätzlich mit drei verschiedenen Methoden abgeschätzt – basierend auf den Massen der verbrannten Biomasse (Methode 1 und 2) und der installierten Brennstoffwärmeleistung der entsprechenden Feuerungsanlagen (Methode 3).

*Tabelle B:
Vergleich der drei
Methoden zur
Abschätzung des
Biomasse-Ascheanfalls
im Jahr 2013.*

	Ascheanfall 2013 (in t)		
	Methode 1	Methode 2	Methode 3
Brennholz	32.000	69.000	13.000
Pellets	4.000	16.000	7.000
Holzabfall	159.000	112.000	141.000
Summe	195.000	197.000	161.000

Bei der Abschätzung der anfallenden Biomasse-Aschemenge über die installierte Leistung (Methode 3) zeigt sich ein niedriger Wert, wobei diese Methode mit den meisten Unsicherheiten behaftet ist.

Auf Basis der abgeschätzten Werte nach Methode 1 und 2 kann davon ausgegangen werden, dass der Biomasse-Ascheanfall in Österreich im Jahr 2013 mit ca. 200.000 Tonnen abzuschätzen ist. Damit würden sich in eBilanzen der Verbleib von 66 % (ca. 132.000 Tonnen) des abgeschätzten Gesamtaufkommens nachweisen lassen.

Qualität der Aschen

Biomasse-Aschen können sehr unterschiedliche Zusammensetzungen und Qualitäten aufweisen, was ausschlaggebend für deren weitere Verwertung bzw. Beseitigung ist.

Die Ascheeigenschaften (Qualitäten) stehen in unmittelbarem Zusammenhang mit der Verbrennungstechnik und den Massebilanzen der Heizkraftwerke. Die unterschiedlichen Technologien, Betriebsweisen und Brennstoffe führen dazu, dass die Massenbilanzen insbesondere bei der Wirbelschichtfeuerung in jedem Einzelfall gesondert zu betrachten sind. Bei Rostfeuerungsanlagen überwiegt Rostasche (ca. 60–90 % der Asche), gefolgt von Zyklonasche und Feinststaubasche (= Feinstfilterasche). Angaben über den Masseanteil der „Filterasche“ (hier kann fallweise auch Kesselasche gemeint sein, die mit Feinstfilterasche gemeinsam ausgetragen wird) reichen von ca. 2–20 %, bezogen auf die gesamte Trockenmasse. In der Feinstfilterasche und Kesselasche kommt es im

Allgemein zu einer starken Anreicherung von Schadstoffen und von Salzen. Die Schwermetall-Anreicherungs-faktoren sind bei Wirbelschichtfeuerungsanlagen gewöhnlich geringer. Bei Wirbelschichtfeuerungsanlagen beträgt der Masseanteil von Zyklon- und Filterasche in Summe meistens mehr als zwei Drittel der Aschemasse. Des Weiteren können erhebliche Mengen an Gewebefilteraschen auftreten.

Die Grenzwerte für den Schwermetall-Gesamtgehalt der „Österreichischen Richtlinie für einen sachgerechten Einsatz von Pflanzenaschen zur Verwertung auf land- und forstwirtschaftlich genutzten Flächen“ (Pflanzenaschen-Richtlinie 2011; BMLFUW 2011; Klasse A, Klasse B) werden von Rostaschen, Wirbelschicht-Bettasche und Zyklonasche sowie von aufkommens-äquivalenten Mischungen ohne Filterasche meistens eingehalten, wenn unbehandelte (naturbelassene) Holzbrennstoffe eingesetzt werden. Einzelne Überschreitungen zeigen auf, dass Qualitätssicherungsprogramme bei der Ausbringung auf Böden und bei den anderen Verwertungswegen (Kompostierung, Zementwerke etc.) weiterhin anzuwenden sind.

Feinstfilteraschen weisen vor allem bei den Elementen S, Zn, Pb und Cd eine starke bis sehr starke Anreicherung auf. Die genannten Elemente können dabei in Form von leicht löslichen Salzen vorliegen. Diese Aschen sind für Düngezwecke nicht geeignet. Der lösliche Anteil kann ein Ausmaß erreichen, das eine obertägige Ablagerung nicht zulässt.

Bezüglich der Ablagerung von Abfällen auf Deponien ergaben eine neue Auswertung von Daten aus der Branchenstudie von OBERNBERGER et al. (2014) und ein Vergleich mit verfügbaren Eluatanalysen (BOKU, BMLFUW), dass Rost-, Bett- und Zyklonaschen nicht immer die Eluatkriterien der Baurestmassendepotie erfüllen. Kritische Parameter sind hierbei vor allem der pH-Wert, die elektrische Leitfähigkeit, der Abdampfdruckstand (löslicher Anteil), lösliches Sulfat und das Element Barium. Demnach ist oft eine Ablagerung auf Reststoff- oder Massenabfalldeponien erforderlich.

Für die Betreiber von Heizkraftwerken (HKW) stellt sich oft die Frage, ob ein trockener oder nasser Ascheaustrag vorteilhafter ist. Mehrere größere HKW haben ein nasses Austragssystem installiert, um die Asche für den baldigen Transport zu kühlen und die Staubemissionen zu verringern. Staubentwicklung führt auch teilweise zu einer ablehnenden Haltung bei der Verwertung als Kompostzuschlag oder in der Zementindustrie. Insofern ist einem nassen Ascheaustrag der Vorzug zu geben. Auch befeuchtete Asche wird von der Zementindustrie übernommen. Wenn dagegen eine Verwertung für die Bodenstabilisierung oder als latent hydraulisches Bindemittel für die Verfüllung von Hohlräumen im Bergbau erfolgt, dann ist ein Trockenaustrag erforderlich.

Vier Zementwerke in Österreich übernahmen im Jahr 2013 Biomasse-Aschen und wendeten dabei ein standortspezifisches Qualitätssicherungs- und Kontrollsystem an. Aus verfahrenstechnischen Gründen ist der Alkaligehalt (vor allem Kaliumgehalt) der limitierende Faktor für die Annahme von Biomasse-Asche.

Die Befragung von Produzenten von Bitumendachbahnen und Bitumenschindeln in Österreich ergab, dass derzeit keine Asche übernommen wird. Labortests bei einem der Produzenten haben jedoch gezeigt, dass aufbereitete Asche (ohne Feinfraktion) technisch geeignet ist.

Schwermetallgehalte

Deponierungskriterien

Ascheaustrag bei HKW

Verwertung in Zementwerken

**Verwertung in
Kompostwerken**

Eine telefonische Umfrage in 50 der insgesamt 408 Kompostwerke in Österreich ergab, dass vor allem kleinere und mittelgroße Kompostwerke keine Asche übernehmen (gemäß den Rückmeldungen von 42 Anlagen). Die Bedenken der Betreiber der Kompostwerke sind hierbei vor allem:

1. Verschlechterung der Kompostqualität
2. Zusätzlicher Kontroll- und Verwaltungsaufwand und
3. Auswirkungen von Staub auf den Betrieb der Anlage, inklusive ArbeitnehmerInnenschutz.

Nur wenige Kompostwerke übernehmen derzeit Biomasse-Asche und setzen bis zu ca. 2 Masse% bei der Kompostierung ein. Mehrere Betreiber bzw. Betriebsleiter von Kompostwerken und einige ExpertInnen kritisieren derzeit (Stand: Oktober 2015) den 2 % Grenzwert (Inputmasse) in der Österreichischen Kompostverordnung. Eine weitere Diskussion dieses Grenzwertes steht unmittelbar bevor.

SUMMARY

The aim of this study is to map biomass ash flows in Austria, i.e. to describe the volume of biomass ashes, their treatment paths and final destination, using the year 2013 as an example.

To this end, an evaluation of the biomass ash flows in Austria was carried out. Biomass ash flows are shown as a separately collected waste flow in the eBalance Sheets of the EDM system (base year 2013).

A volume of about 133,000 tonnes was evaluated:

Waste type	Description	Volume (in tonnes)
31306	wood ash, straw ash*	85,388
31306 70	wood ash, straw ash (bottom ash)	32,213
31306 72	wood ash, straw ash (fly ash)	4,254
31306 74	wood ash, straw ash (micro fly ash)	3,100
31306 77	wood ash, straw ash (hazardous contamination)	2,243
92303	vegetable ash	5,116
92303 71	vegetable ash (vegetable - bottom ash)	1,147
Total		133,461

*Table A:
Volume of biomass ashes in 2013 (in tonnes), reported in eBalance Sheets.*

* It can be assumed that this key number also contains mixtures of the ashes mentioned below (eg mixtures of bottom and fly ash).

The highest amounts of biomass ashes were reported under key number 31306 (wood ash, straw ash, 64%), followed by key number 31306 70 (bottom ash, 24%). Only 5% of the reported volume of biomass ashes is reported as aggregate for composting according to the quality requirements of the Compost Ordinance (key number 92303 and 92303 71).

The final destination can be documented for a total of 126,053 t. Almost half of this amount is landfilled; about one third ends up in cement plants and approximately 11% in building material facilities. All other lines play a subordinate role, with single-digit percentages in each case.

A comparison of the evaluated data on the volumes of biomass ashes from the eBalance Sheets and their final destination that takes exports and imports into account shows that the final destination can be documented for 97% of the reported volume.

However, it can be assumed that the 133,000 t of biomass ashes which the eBalance Sheets show as a separate waste flow that has been disposed of or recovered, do not reflect the entire volume of biomass ashes.

For example, the biomass ashes from furnaces in households are not disposed of separately, but mixed with household waste or with the households' own compost. In these cases the biomass ashes do not appear as part of the reported data on biomass ash arisings.

Furthermore unknown amounts of biomass ashes are spread on to land, without this being reported by eBalance Sheets.

When farmers receive vegetable ashes for recovery from another legal entity and spread these ashes onto farm or forestry land, they have to comply with the regulations of the Waste Balance Ordinance: The quantity, origin and final destination of the received ashes must be reported electronically via EDM (Electronic Data Management) to the competent State Governor in Austria every year. If, however, the farmer's own biomass ashes are used, no data have to be reported via the eBalance Sheets.

Biomass is occasionally burned together with wastes (e.g. waste wood) in waste incineration plants. The resulting ashes are not reported as biomass ash, but as "ash from waste incineration plants".

The total volume of biomass ashes has therefore been estimated additionally, using three different methods based on the mass of incinerated biomass (methods 1 and 2) and on the rated thermal input of the corresponding incineration plants (method 3).

*Table B:
Comparison of the three
methods used for
estimating the volume of
biomass ashes in 2013
(in tonnes).*

	Volumes of ashes (t) by:		
	Method 1	Method 2	Method 3
Firewood	32,000	69,000	13,000
Pellets	4,000	16,000	7,000
Wood waste	159,000	112,000	141,000
Total	195,000	197,000	161,000

The estimation of the amount of the biomass ashes based on the installed fuel heat capacity (Method 3) shows a lower value. This method is fraught with the highest level of uncertainty.

On the basis of the values estimated with the methods 1 and 2, it can be assumed that the volume of biomass ashes in Austria was about 200,000 tonnes in 2013. Thus, the final destination of 66% (about 132,000 tonnes) of the estimated total volume can be accounted for in the eBalance Sheets.

The composition and characteristics of biomass ashes can vary considerably, which is relevant for their further recovery or disposal.

The characteristics (qualities) of ashes are directly related to the combustion technology and the mass balances of combined heat and power plants. Given the different technologies, modes of operation and fuels, the mass balance should be considered separately in each individual case, in particular with fluidized bed firing. In grate firing plants bottom ash dominates (ca. 60-90% of the ashes), followed by cyclone ash and micro fly ash. According to the reported data, the mass fraction of fly ash (in some cases this may also mean boiler ash, which is discharged in conjunction with micro flu ash) ranges from about 2% to 20%, based on the total amount of dry matter. In the micro fly ash and boiler ash a strong accumulation of contaminants and salts generally occurs. Heavy metal enrichment factors are usually lower in fluidized bed combustion plants. In fluidized bed combustion plants the mass fraction of cyclone and fly ash usually amounts to more than two thirds of the ash mass in total. Furthermore, significant amounts of fabric fly ash may occur.

Bottom ash, bed ash, cyclone ash and volume-equivalent mixtures without fly ash mostly comply with the limit values for the total heavy metal content of the Austrian Vegetable Ash Guideline 2011 (Class A, Class B), if untreated (natural) wood fuels are used. The fact that exceedances occur occasionally demonstrates that one should continue to apply quality assurance programmes in cases where these ashes are spread onto land and recycled via other routes (composting, cement plants etc.).

Strong enrichment, especially of S, Zn, Pb and Cd, occurs in micro fly ashes. These elements may be present in the form of readily soluble salts. The ashes are not suitable for fertilization purposes. The soluble fraction can increase to levels that do not permit surface landfilling.

With regard to depositing waste on landfills, a new evaluation of data from a study carried out by OBERNBERGER et al (2014) and a comparison with available eluate analyses (BOKU, BMLFUW) has revealed that bottom, bed and cyclone ashes do not always comply with the eluate criteria of demolition-waste landfills. In these cases, critical parameters include mainly the pH value, electrical conductivity, dry residue (soluble component), soluble sulphate and barium. Thus, these ashes often have to be deposited on residual-waste landfills or mass-waste landfills.

For operators of combined heat and power stations the question often is whether a dry or wet ash discharge system is more advantageous. Several larger combined heat and power stations have installed a wet discharge system to cool the ashes for prompt transport and to reduce dust emissions. The formation of dust sometimes also leads to a negative attitude towards the recovery of ashes as aggregate for composting or in the cement industry. Therefore, a wet ash discharge system should be preferred. Wet ashes are also accepted in the cement industry. However, when recovering ashes for soil stabilization or as a latent hydraulic binder for filling cavities in mining, a dry discharge system is required.

In Austria, four cement plants accepted biomass ashes in 2013 and applied a site-specific quality assurance and control system. For process-related reasons, the alkali content (mainly potassium) is a limiting factor for the acceptance of biomass ash.

A survey among producers of bituminous roofing sheets and bitumen shingles in Austria shows that ash is not accepted by them at present. However, laboratory tests at the site of one of the producers have shown that recycled ash (without the fine fraction) is technically suitable.

A telephone survey conducted among 50 of the 408 composting plants in Austria showed that especially the small and medium-sized composting plants do not accept ashes (according to feedback received from 42 plants). The concerns of the operators of the composting plants are mainly: 1) compost quality degradation 2) additional inspections and administrative burdens and 3) the effects of dust on the operation of the plant, including the protection of workers and employees. Only a few composting plants currently accept biomass ashes and use it for composting (up to about 2 wt%). Several operators or managers of the composting plants and some experts are currently (as of October 2015) criticizing the limit value of 2% (input mass) which is specified in the Austrian Compost Ordinance. Further discussions about this limit value are pending.

1 EINLEITUNG

Biomasse-Aschen fallen bei der Verbrennung von Biomasse in Feuerungsanlagen an und stellen einen mengenmäßig bedeutenden Abfall-Strom in Österreich dar. Informationen über Aufkommen der Biomasse-Aschen, deren Behandlungswege und deren endgültigem Verbleib waren bislang nur fragmentarisch vorhanden.

Gemäß § 3 Z 8 Abfallverbrennungsverordnung sind unter Biomasse „Produkte land- oder forstwirtschaftlichen Ursprungs aus pflanzlichem Material oder Teilen davon, die zur energetischen Rückgewinnung verwendet werden können, sowie die im § 2 Abs. 2 Z 1 lit. a bis e genannten Abfälle“ zu verstehen. Holzabfälle aus Bau- und Abbruchabfällen sind keine Biomasse im Sinne dieser Verordnung. Die im § 2 Abs. 2 Z 1 lit. a bis e genannten Abfälle sind:

- a) Pflanzliche Abfälle aus der Land und Forstwirtschaft;
- b) pflanzliche Abfälle aus der Nahrungsmittelindustrie, falls die erzeugte Wärme genutzt wird;
- c) faserige pflanzliche Abfälle aus der Herstellung von natürlichem Zellstoff und aus der Herstellung von Papier aus Zellstoff, falls sie am Herstellungsort verbrannt werden und die erzeugte Wärme genutzt wird;
- d) Holzabfälle mit Ausnahme solcher, die infolge einer
 - Behandlung mit Holzschutzmitteln oder
 - Beschichtung halogenorganische Verbindungen oder Schwermetalle enthalten können und zu denen insbesondere solche Holzabfälle aus Bau- und Abbruchabfällen gehören;
- e) Korkabfälle.

Gleiche Definitionen von Biomasse sind etwa auch in der Deponieverordnung 2008 und im Emissionsschutzgesetz für Kesselanlagen zu finden.

Bezüglich der Aschetypen enthält die „Richtlinie für den sachgerechten Einsatz von Pflanzenaschen zur Verwertung auf land- und forstwirtschaftlich genutzten Flächen“ (BMLFUW 2011) folgende Begriffsbestimmungen:

Pflanzenaschen aus Biomassefeuerungen sind die bei der Verbrennung von nach der Ernte chemisch unbehandelter Biomasse (z. B. Rinde, Hackgut, Sägespäne, Stückholz, Ganzpflanzen, Pflanzenteile, Stroh, Gräser, sonstige biogene Reststoffe aus der Land- und Forstwirtschaft, dem Garten- und Grünflächenbereich beziehungsweise aus der Nahrungsmittelproduktion) zurückbleibenden Bestandteile.

Grob- oder Rostasche: Darunter wird der im Verbrennungsteil der Feuerungsanlage anfallende überwiegend mineralische Rückstand der eingesetzten Biomasse verstanden. Hier finden sich auch die im Brennstoff enthaltenen Verunreinigungen (z. B. Sand, Erde, Steine) sowie bei Wirbelschichtfeuerungen Teile des Bettmaterials (meistens Quarzsand) wieder. Außerdem können – speziell beim Einsatz von Rinde und Stroh – gesinterte Aschenteile und Schlackebrocken in der Grobasche enthalten sein.

Definition von Biomasse

Definitionen von Aschen

Kesselasche: Als solche wird jene Flugaschenfraktion bezeichnet, die als Staub im Kessel abgeschieden wird. Kesselasche wird entweder getrennt gesammelt oder mit der Grob- oder Zyklonflugaschenfraktion vermischt. Bezüglich der Zusammensetzung ist die Kesselasche der Zyklonflugasche ähnlich.

Zyklonflugasche: Hierunter werden die als feine Partikel in den Abgasen mitgeführten festen, überwiegend anorganischen Brennstoffbestandteile verstanden, die als Stäube in den dem Kessel nachgeschalteten Fliehkraftabscheidern (Zyklonen) anfallen.

Feinstflugasche: Darunter wird die in Gewebe- oder Elektrofiltern bzw. als Kondensatschlamm in Abgaskondensationsanlagen anfallende Aschefraktion verstanden.

Feinstflugaschen (auch „Feinstfilterstaub“ genannt) weisen einen hohen Anteil toxischer und/oder löslicher Stoffe auf und sind daher meist nicht deponiefähig.

Die Bezeichnung von Feinstflugasche oder Feinstfilterstaub mit dem Namen „Filterstaub“ sollte in Zukunft vermieden werden, weil sie eine Zuordnung zur Schlüsselnummer SN 31306 72 nahelegt, mit der andererseits auch Kessel- und Zyklonflugaschen belegt werden.

Abfallschlüsselnummern von Biomasse-Aschen

Die Aschen, die aus der Verbrennung von Biomasse resultieren, sind einer der folgenden Abfallschlüsselnummern zuzuordnen:

Tabelle 1:
Abfallschlüsselnummern für Biomasse-Aschen.

Abfallschlüsselnummer	Bezeichnung
SN 31306	Holzasche, Strohasche
SN 31306 70	Holzasche, Strohasche (Rostaschen)
SN 31306 72	Holzasche, Strohasche (Flugaschen)
SN31306 74	Holzasche, Strohasche (Feinstflugaschen)
SN31306 77 g	Holzasche, Strohasche (gefährlich kontaminiert)
SN 31306 91	Holzasche, Strohasche (verfestigt)
SN 92303	Pflanzenasche
SN 92303 71	Pflanzenasche (Pflanzen-Rostaschen)
SN 92303 73	Pflanzenasche (Pflanzen-Flugaschen)

Grundsätzlich erfolgt die Zuordnung der angeführten Aschen zur Schlüsselnummer 31306 „Holzasche, Strohasche“ mit den jeweiligen Spezifizierungs-codes. Eine Zuordnung zur Abfallschlüsselnummer 92303 „Pflanzenaschen“ kann nur erfolgen, wenn die Qualitätsanforderungen der Kompostverordnung (Anlage 1, Teil 4) erfüllt sind.

Erfolgt die Verbrennung von Biomasse gemeinsam mit Abfällen, so werden die aus dieser Verbrennung resultierenden Aschen zu den Schlüsselnummern 31308 „Schlacken und Aschen aus Abfallverbrennungsanlagen“ und 31309 „Flugaschen und -stäube aus Abfallverbrennungsanlagen“ mit den jeweiligen Spezifizierungs-codes zugeordnet.

Die in dieser Studie als „Biomasse-Feuerungsanlage“ bezeichneten Anlagen sind solche, die ausschließlich Biomasse verfeuern und deren Aschen den o. a. Biomasse-Aschen zugeordnet werden. Dies schließt etwa auch eine Verbren-

nungsanlage mit ein, der grundsätzlich auch die Erlaubnis zur Verbrennung von Abfällen nach Abfallverbrennungsverordnung erteilt wurde, welche aber trotzdem ausschließlich Biomasse verbrennt.

In der vorliegenden Studie wurden mittels Recherchen und Auswertung von EDM-Daten die Stoffströme der Biomasse-Aschen ermittelt, um eine gesamthafte Darstellung des Aufkommens der Biomasse-Aschen in Österreich, deren Behandlungswege und deren endgültigem Verbleib zu erstellen. Diese Bestandsaufnahme wird durch eine Darstellung der Qualitäten von Biomasse-Aschen in Österreich ergänzt.

2 BIOMASSE-ASCHENSTRÖME IN ÖSTERREICH

Um die Ströme der separat gesammelten Biomasse-Aschen für das Jahr 2013 in Österreich abschätzen zu können, wurden EDM-Daten (eBilanzen, eVerbrennung) ausgewertet. Zusätzlich wurden verschiedene Ansätze zum Abschätzen des gesamten Biomasse-Ascheaufkommens in Österreich angewendet. Ebenso wurden Informationen aus Primärdatenerhebungen verwendet.

2.1 Auswertungen aus eBilanzen

Aufkommen & Verbleib der Biomasse-Asche

Als Basis erfolgte eine Auswertung von getrennt gesammelten Biomasse-Aschenströmen, die in EDM erfasst sind (Basisjahr 2013). Dabei wurden eBilanzdaten dahingehend ausgewertet, welches Biomasse-Ascheaufkommen bei den einzelnen Anlagen anfällt bzw. welche Wege diese Biomasse-Aschenströme, beginnend bei der Biomasse-Feuerungsanlage bis zum endgültigen Verbleib, nehmen.

2.1.1 Aufkommen

Die Auswertungen der Daten in eBilanzen ergaben ein Aufkommen von getrennt gesammelten Biomasse-Aschen im Jahr 2013 in Österreich von rd. 133.000 Tonnen.

Tabelle 2:
Aufkommen an
Biomasse-Aschen im
Jahr 2013, gemeldet in
eBilanzen.

Abfallart	Bezeichnung	Aufkommen 2013 (in t)
31306	Holzasche, Strohasche*	85.388
31306 70	Holzasche, Strohasche (Rostaschen)	32.213
31306 72	Holzasche, Strohasche (Flugaschen)	4.254
31306 74	Holzasche, Strohasche (Feinstflugaschen)	3.100
31306 77	Holzasche, Strohasche (gefährlich kontaminiert)	2.243
92303	Pflanzenasche	5.116
92303 71	Pflanzenasche (Pflanzen-Rostaschen)	1.147
Summe		133.461

* Es ist davon auszugehen, dass in dieser Schlüsselnummer auch Gemische der u.a. Aschen (z. B. Gemische aus Rost- und Flugaschen) enthalten sind.

Die höchsten Mengen an Biomasse-Aschen wurden demnach als SN 31306 (Holzaschen, Strohasche) gemeldet (64 %), gefolgt von SN 31306 70 (Rostaschen) mit 24 %. Lediglich 5 % des gemeldeten Biomasse-Ascheaufkommens wird als Zuschlagstoff zur Kompostierung entsprechend der Qualitätsanforderungen gemäß Anlage 1, Teil 4 Kompostverordnung (SN 92303 und SN 92303 71) gemeldet.

2.1.2 Endgültiger Verbleib – Behandlungsanlagen

Des Weiteren wurde in eBilanzen der endgültige Verbleib der Biomasse-Aschen in Österreich im Jahr 2013 ausgewertet. Im Detail wurden die folgenden Massen erhalten.

Tabelle 3: Endgültiger Verbleib an Biomasse-Aschen im Jahr 2013, gemeldet in eBilanzen.

Abfallart	Deponie	Kompostierung	CP	Sortierung Aufbereitung	Verfüllung	Zement	Baustoff	Vererdung
in t								
31306	42.904	374	2.340	373*	5.722	27.432	14.250**	279
31306 70	4.996	90	0	0	0	10.084	0	0
31306 72	7.770	0	28	0	0	1.388	160	0
31306 74	609	0	0	0	0	494	0	0
31306 77	0	0	92	0	0	0	0	0
31306 91	2.014	0	0	0	0	0	0	0
92303	0	3.401	0	0	0	0	0	0
92303 71	0	1.252	0	0	0	0	0	0
Summe	58.293	5.117	2.460	373	5.722	39.398	14.411	279
%	46	4	2	< 1	5	31	11	< 1

* Zusätzliche 29 t wurden behandelt und anschließend weitergereicht (an Sammler und CP-Behandler)

** Zusätzliche 5.722 t werden in der Baustoffindustrie behandelt und anschließend verfüllt (endgültiger Verbleib: siehe Spalte „Verfüllung“)

In Summe lässt sich der endgültige Verbleib von 126.053 Tonnen belegen. Fast die Hälfte davon wird deponiert, ca. ein Drittel gelangt in Zementwerke und ca. 11 % in Baustoffwerke. Alle anderen Sparten spielen eher eine untergeordnete Rolle, die Prozentsätze liegen jeweils im einstelligen Bereich.

2.1.3 Import – Export

Die in der folgenden Tabelle angegebenen Mengen an Biomasse-Aschen wurden im Jahr 2013 importiert bzw. exportiert.

Abfallart	Bezeichnung	Import (in t)	Export (in t)
31306	Holzasche, Strohasche	2.546	–
31306 72	Holzasche, Strohasche, Flugaschen	–	34
92303 71	Pflanzenasche, Pflanzen-Rostaschen	–	5.612
Summe		2.546	5.645

Tabelle 4:
Import und Export an
Biomasse-Aschen im
Jahr 2013.

2.1.4 Bilanz Biomasse-Aschen aus eBilanzen

Die Auswertung der eBilanz-Daten zum Aufkommen von Biomasse-Aschen sowie zum endgültigen Verbleib (unter Berücksichtigung der Exporte und Importe) zeigt, dass für 97 % des gemeldeten Aufkommens der Verbleib lückenlos dokumentiert werden kann.

Tabelle 5:
Bilanz der Biomasse-Aschen aus eBilanzen im Jahr 2013.

	Massen (in t)
Aufkommen plus Import	136.007
Endgültiger Verbleib in Behandlungsanlagen plus Export	131.698
Differenz	4.309

Die Differenz von etwa 3 % der gemeldeten Masse ist auf Vorbehandlung, aus der eine andere Abfallart resultiert, auf Lagerstandshaltungen oder auch auf falsche Bilanzmeldungen bzw. Fehlbuchungen zurückzuführen.

2.2 Auswertungen aus Emissionserklärungen (eVerbrennung)

Für Biomasse-Feuerungsanlagen mit einer Brennstoffwärmeleistung von größer als 2 MW sind Emissionserklärungen zu legen. Die Emissionserklärungen dieser Biomasse-Feuerungsanlagen wurden für das Jahr 2013 aus eVerbrennung ausgewertet. Die Auswertung ergab eine Liste von 51 Anlagen, in welchen feste Biomasse verbrannt wird. In Summe setzten diese Anlagen im Jahr 2013 ca. 2,2 Mio. Tonnen feste Biomasse ein.

2.3 Abschätzung des österreichischen Biomasse-Ascheaufkommens 2013

Es kann davon ausgegangen werden, dass die aus eBilanzen ermittelte Menge von rd. 133.000 Tonnen Biomasse-Asche (siehe Kapitel 2.1.1), die als separater Abfallstrom beseitigt oder verwertet wurde, nicht das gesamte Aufkommen an Biomasse-Asche wiedergibt.

Haushalte So wird z. B. Biomasse-Asche aus Feuerungsanlagen in Haushalten nicht getrennt entsorgt, sondern dem Restmüll bzw. dem eigenen Kompost beigemischt, womit diese Biomasse-Aschen nicht in den gemeldeten Daten des Biomasse-Aufkommens aufscheinen.

Land- und Forstwirtschaft Des Weiteren werden unbekannte Mengen an Biomasse-Asche auf Böden aufgebracht, ohne dass dies mittels eBilanzen gemeldet wird. Werden Pflanzensachen von einer anderen Rechtsperson übernommen und auf land- oder forstwirtschaftlich genutzten Flächen ausgebracht, so unterliegt der/die Land- oder ForstwirtIn der Abfallbilanzverordnung. Menge, Herkunft und Verbleib der übernommenen Aschen müssen jährlich elektronisch im Wege des EDMs an den

zuständigen Landeshauptmann gemeldet werden. Betrifft dies allerdings eigene Biomasse-Aschen des Land- oder Forstwirts bzw. der Land- oder Forstwirtin so erfolgt keine eBilanzmeldung.

Biomasse wird fallweise gemeinsam mit Abfällen (z. B. Altholz) in Abfallverbrennungsanlagen verbrannt. Die daraus resultierende Asche wäre dann nicht als Biomasse-Asche, sondern etwa als „Asche aus Abfallverbrennungsanlagen“ zu melden.

Das gesamte Aufkommen von Biomasse-Asche wurde daher zusätzlich mit drei verschiedenen Methoden abgeschätzt – basierend auf den Massen der verbrannten Biomasse (Methode 1 und 2) und der installierten Brennstoffwärmeleistung der entsprechenden Feuerungsanlagen (Methode 3).

Methoden zur Mengenabschätzung

2.3.1 Abschätzung auf Basis der verbrannten Biomasse mittels brennstoffspezifischer Aschefaktoren (Methode 1)

Statistik Austria veröffentlicht jährlich Energiebilanzen für Österreich (STATISTIK AUSTRIA 2014). Die Bilanz ist nach Energieträgern gegliedert, die zu verschiedenen Gruppen aggregiert werden. Im Fall der forstlichen Biomasse sind die Energieträger Brennholz, Pellets + Holzbriketts und Holzabfälle getrennt aufgelistet. Aus den Dokumentationen (STATISTIK AUSTRIA 2011) geht hervor, dass unter „Holzabfällen“ vor allem Rinde und Hackschnitzel zu verstehen sind, die Benennung ist somit vom rechtlichen Abfall-Begriff entkoppelt.

Energiebilanz

Für die Abschätzung der im Jahr 2013 angefallenen Biomasse-Asche ist der sog. Bruttoinlandsverbrauch der entsprechenden Energieträger relevant. Dieser gibt an, wie hoch der Gesamteinsatz eines Energieträgers in Österreich ist. Grundsätzlich kommen für die Abdeckung dieses Inlandsverbrauchs vier Quellen in Betracht: inländische Erzeugung, Importe, Lagerabbau, recycelte Mengen. Bei den angeführten Energieträgern wurden im Jahr 2013 keine recycelten Mengen eingesetzt, der Lagerstand änderte sich nur im Falle der Pellets. Hier wurden zusätzlich Lagerbestände aufgebaut (393.646 Tonnen). Im Fall von Brennholz und Pellets erfolgten zusätzlich Importe und Exporte.

Tabelle 6: Mengen an holzartiger Biomasse im Jahr 2013 in den Energiebilanzen der STATISTIK AUSTRIA (2014).

Energieträger	inländ. Erzeugung	Importe	Lager	Exporte	Bruttoinlandsverbrauch
in t					
Brennholz	3.590.845	789.138	–	48.422	4.331.561
Pellets + Holzbriketts	961.981	1.037.396	393.646	717.707	888.024
Holzabfall	8.612.644	–	–	–	8.612.644

Da in den Bilanzen der Statistik Austria nicht nur Mengenangaben in Tonnen, sondern auch die jeweils daraus erzeugte Menge an Energie in TJ angeführt werden, lassen sich Rückschlüsse auf die den Berechnungen zugrundeliegenden Heizwerte ziehen.

Tabelle 7:
Bruttoinlandsverbrauch
der vier Energieträger im
Jahr 2013 in den
Energiebilanzen der
STATISTIK AUSTRIA (2014)
sowie der daraus
errechnete Heizwert.

Energieträger	Bruttoinlands- verbrauch (in t)	Bruttoinlands- verbrauch (in TJ)	Heizwert (in MJ/kg)
Brennholz	4.331.561	51.389	14,31
Pellets + Holzbriketts	888.024	16.627	17,28
Holzabfall	8.612.644	89.274	10,37

Aschefaktoren

Um die bei der Verbrennung der angeführten Biomassen anfallende Biomasse-Asche abschätzen zu können, sind für die einzelnen Energieträger charakteristische Aschefaktoren notwendig. Die Abschätzung der Aschefaktoren erfolgte anhand der Datenbank der GKS-Gemeinschaftskraftwerk Schweinfurt GmbH (GKS 03.04.2015). Da für die einzelnen Energieträger mehrere Werte in Frage kamen, wurden jeweils auf Basis der o. a. Heizwerte die konkreten Aschefaktoren durch Interpolation ermittelt.

Tabelle 8:
Abgeschätzter
Biomasse-Ascheanfall
im Jahr 2013 sowie die
für die Abschätzung
herangezogenen
Aschefaktoren.

Energieträger	Bruttoinlands- verbrauch (in t)	Aschefaktor (in %)	abgeschätzter Ascheanfall (in t)
Brennholz	4.331.561	0,74	32.054
Pellets + Holzbriketts	888.024	0,40	3.552
Holzabfall	8.612.644	1,85	159.334
Summe			194.940

Es ist davon auszugehen, dass der Wert von rd. 195.000 t Biomasse-Ascheanfall in Österreich im Jahr 2013 eher die Mindestmenge darstellt, da der tatsächliche Ascheanfall aufgrund des nicht vollständigen Ausbrandes in der Praxis etwas höher liegen sollte. Mit Hilfe dieser Methode kann nicht nur der gewerbliche und industrielle Sektor abgedeckt, sondern auch der Anfall an Biomasse-Asche im privaten Bereich abgeschätzt werden.

Verfeuerung von Stroh

In dieser Abschätzung ist die Verbrennung von Stroh nicht berücksichtigt. Dies hat aber nur einen geringen Einfluss auf das Ergebnis. Die verfügbaren Statistiken liefern keine Informationen über die Menge an verbranntem Stroh im Jahr 2013. Die Menge wurde daher wie folgt abgeschätzt:

Laut Berechnungen des Amtes der Niederösterreichischen Landesregierung wurden in Niederösterreich im Jahr 2013 ca. 17.000 Tonnen Stroh verfeuert, wobei mit ca. 840 Tonnen Strohasche zu rechnen ist.

Daten für das Jahr 1998 belegen, dass Niederösterreich mit einer Strohernte von ca. 1,2 Mio. Tonnen (56 % der Gesamtmenge Österreichs) der weitaus größte Strohproduzent Österreichs ist. Die anderen Bundesländer weisen eine geringere Strohproduktion auf. Aufgrund der Nutztierhaltung herrscht zum Teil ein Strohangel, der Importe bzw. Anlieferungen aus dem Osten Österreichs notwendig macht (STEIBELBERGER 2003). Auch die österreichische Energieagentur weist der energetischen Nutzung von Stroh in Österreich eine vernachlässigbare Rolle zu (ÖSTERREICHISCHE ENERGIEAGENTUR 2014). Aus diesem Grund kann davon ausgegangen werden, dass in Österreich außerhalb von Niederösterreich kaum Stroh verbrannt wird, sodass die von Niederösterreich abgeschätzte Menge an Strohasche näherungsweise für Gesamtösterreich herangezogen werden kann.

2.3.2 Abschätzung auf Basis der verbrannten Biomasse mittels durchschnittlichem Aschefaktor (Methode 2)

Im Merkblatt „Verwertung und Beseitigung von Holzaschen“ des Bayerischen Landesamtes für Umwelt werden für das Jahr 2005 die in Bayern angefallenen Holzaschen auf Basis der in Feuerungsanlagen in Bayern eingesetzten Holz-mengen abgeschätzt (BAYRISCHES LANDESAMT FÜR UMWELT 2009). Es wird in diesem Merkblatt darauf hingewiesen, dass die bei der Verbrennung von Holz anfallende Aschemenge stark von der Holzart, dem Rinden- und Grüngutanteil sowie der Korngröße des eingesetzten Brennmaterials abhängig ist. Man geht bei allen angeführten Brennstoffen auf Holzbasis von einem durchschnittlichen Ascheanfall von 2 % (bezogen auf absolut trockene Holz-mengen) aus. Um diese Berechnungen auf das österreichische Aufkommen an Holzaschemengen umzulegen, müssen die in Kapitel 2.3.1 angeführten verfeuerten Brennstoff-mengen des Jahres 2013 auf Trockensubstanz umgerechnet werden. Mit einem angenommenen durchschnittlichen Ascheanfall von 2 % wird daher analog zu den bayrischen Abschätzungen ein jährlicher Holzascheanfall in Österreich von ca. 197.000 Tonnen erhalten:

Energie-träger	Bruttoinlands-verbrauch (in t)	Wasser (in Mas.%)	Bruttoinlands-verbrauch (in t) trocken	abgeschätzter Ascheanfall (in t)
Brennholz	4.331.561	20	3.465.249	69.000
Pellets + Holz-briketts	888.024	8	816.982	16.000
Holzabfall	8.612.644	35	5.598.219	112.000
Summe				197.000

Tabelle 9: Abgeschätzter Bio-masse-Ascheanfall im Jahr 2013 auf Basis eines durchschnittlichen Aschefaktors von 2 %, analog zu: BAYRISCHES LANDESAMT FÜR UMWELT (2009).

2.3.3 Abschätzung auf Basis der installierten Brennstoffwärmeleistungen (Methode 3)

Basierend auf der Biomasse-Heizungserhebung 2014 der Landwirtschaftskammer Niederösterreich (LANDWIRTSCHAFTSKAMMER NIEDERÖSTERREICH 2015) wurden die im Jahr 2013 in Österreich in Betrieb befindlichen Biomasse-Feuerungsanlagen (Anzahl und installierte Leistung von Pelletsfeuerungen, Stückholzkessel und Hackgutfeuerungen) abgeschätzt. Die Landwirtschaftskammer Niederösterreich erhebt in Zusammenarbeit mit den Hersteller- und Vertriebsfirmen die jährlich neu errichteten Anlagen. Für die vorliegende Berechnung wurde nach Absprache mit der Landwirtschaftskammer Niederösterreich von einer durchschnittlichen Lebensdauer der Anlagen von 20 Jahren ausgegangen; d. h. sämtliche seit dem Jahr 1993 neu errichteten Anlagen wurden als noch installiert betrachtet. Da die Erhebung für Stückholzkessel erst mit dem Jahr 2001 bzw. jene für Pelletsfeuerungen erst mit dem Jahr 1997 begann, wurden die Jahre davor anhand der Regressionsgeraden extrapoliert. Für Stückholzkessel lieferte die Regressionsgerade geringere jährlich installierte Leistungen für den Zeitraum 1994–2001 als für die Folgejahre. Anders stellte sich die Lage bei den Pelletsfeuerungen dar: Die Regression ergab, dass es vor 1997 keine bzw. kaum Pelletsanlagen gab, ein Trend der auch mit den Verkaufszahlen von Pellets vor 1997 übereinstimmt (ÖSTERREICHISCHER KACHEL-OFENVERBAND 2010).

*Tabelle 10:
Abschätzung der
installierten Leistung von
Holzfeuerungsanlagen
in Österreich im Jahr
2013 als Summe der in
den Jahren 1993 bis
2012 installierten
Anlagen.*

Feuerungsanlagen	Leistung (in MW)
Pelletsfeuerungen bis 100 kW	2.030
Pelletsfeuerungen über 100 kW	60
Stückholzkessel bis 100 kW	3.060
Hackgutfeuerungen bis 100 kW	2.560
Hackgutfeuerungen bis 1.000 kW	2.300
Hackgutfeuerungen über 1.000kW	2.540
Summe	12.550

**eingesetzte
Aschefaktoren**

Um das Ascheaufkommen dieser Feuerungsanlagen im Jahr 2013 abschätzen zu können, wurden als Aschefaktoren die Richtwerte der Pflanzenaschen-Richtlinie 2011 herangezogen, wobei für Pellets die Faktoren für Sägespäne, für Stückgut jene für „Hackgut ohne Rinde“ und für Hackgutfeuerungen jene für „Hackgut mit Rinde“ angesetzt wurden. Bei Bandbreiten von Aschefaktoren wurde jeweils der Mittelwert angenommen.

**angenommene
Volllaststunden**

Des Weiteren wurden für alle Feuerungen bis 100 kW, in Absprache mit der Landwirtschaftskammer für Niederösterreich, Volllaststunden von 1.500 h/Jahr angenommen. Für Anlagen von 100 kW bis 1.000 kW wurden Volllaststunden von 4.000 h/Jahr auf Basis von Angaben in der Pflanzenaschen-Richtlinie 2011 über Volllaststunden in Fernwärmanlagen angesetzt. Für Anlagen über 1.000 kW wurden Volllaststunden von 7.000 h/Jahr angenommen. Basis dafür ist eine eigene Auswertung von eVerbrennungs-Anlagen, die durchschnittlich ca. 7.200 Volllaststunden ergaben.

Somit konnte für das Jahr 2013 ein Holzasche-Aufkommen von näherungsweise 161.000 Tonnen abgeschätzt werden:

*Tabelle 11:
Abgeschätzter
Biomasse-Ascheanfall
im Jahr 2013 auf Basis
der installierten
Brennstoffwärme-
leistungen.*

Feuerungsanlagen	Leistung (in MW)	Asche (in t/a MW)	Asche (in t)
Pelletsfeuerungen bis 100 kW	2.030	3	6.000
Pelletsfeuerungen über 100 kW	60	14	1.000
Stückholzkessel bis 100 kW	3.060	4	13.000
Hackgutfeuerungen bis 100 kW	2.560	7	18.000
Hackgutfeuerungen bis 1.000 kW	2.300	18	42.000
Hackgutfeuerungen über 1.000 kW	2.540	32	81.000
Summe	12.550		161.000

2.3.4 Vergleich der drei Methoden

Die drei Methoden der Abschätzung der angefallenen Biomasse-Aschenmenge im Jahr 2013 in Österreich zeigen nur bedingt eine Übereinstimmung (siehe Tabelle 12).

	Ascheanfall (in t)		
	Methode 1	Methode 2	Methode 3
Brennholz	32.000	69.000	13.000
Pellets	4.000	16.000	7.000
Holzabfall	159.000	112.000	141.000
Summe	195.000	197.000	161.000

Tabelle 12:
Vergleich der drei
Methoden zur
Abschätzung des
Biomasse-Ascheanfalls
im Jahr 2013.

Bei der Abschätzung der anfallenden Biomasse-Aschenmenge über die installierte Leistung (Methode 3) zeigt sich ein niedriger Wert, wobei diese Methode mit den meisten Unsicherheiten behaftet ist. So konnte der Wert der installierten Leistung nur abgeschätzt werden und die für die Abschätzung der Aschemengen herangezogenen Aschefaktoren sind mit Unsicherheiten behaftet. So würde etwa bei der Verwendung von Maximalwerten anstelle von Mittelwerten bei den Aschefaktoren ein Ascheaufkommen von 227.000 Tonnen pro Jahr abgeschätzt werden. Zudem ist die Erhebung der installierten Leistungen laut Aussagen der Landwirtschaftskammer für Niederösterreich zwar bei den kleineren Anlagen weitgehend vollständig, es ist aber davon auszugehen, dass einige größeren Anlagen in der Erhebung fehlen.

Auf Basis der abgeschätzten Werte nach Methode 1 und 2 kann davon ausgegangen werden, dass der Biomasse-Ascheanfall in Österreich im Jahr 2013 mit rd. 200.000 Tonnen anzusetzen ist. Diese Menge beinhaltet auch die Mengen an Strohaschen von ca. 800 Tonnen.

**rd. 200.000 t
Biomasse-Asche**

2.4 Informationen aus der Primärdatenerhebung

Um die Annahmen für die Abschätzung des gesamten Aufkommens von Biomasse-Asche (siehe Kapitel 2.3) besser abzusichern, wurde versucht, zusätzliche Informationen durch eine Primärdatenerhebung bei 50 Betreibern von Biomasse-Feuerungsanlagen zu erheben. Die Betreiber wurden mittels elektronisch verschickter Fragebögen befragt – insbesondere bezüglich Output (Massen und Aschetypen) aus der Anlage, weiterer Verbleib der Aschen (Verwertung, Beseitigung), Input (Biomasse) in die Anlage und Typ der Ausbringung (nass/trocken).

**Befragung von
Anlagenbetreibern**

Da die Rücklaufquote der ausgesendeten Fragebögen nur bei 20 % lag, konnten die Annahmen für die Abschätzung nicht verbessert werden.

Durch die Befragung wurde der Verbleib von 1.200 Tonnen Biomasse-Asche abgedeckt, was lediglich 0,6 % der in Österreich angefallenen Biomasse-Asche entspricht.

Mit 41.000 Tonnen verbrannter Biomasse, die die ausgewerteten Fragebögen umfassen, wird ein Prozentsatz von 0,3 % der in Österreich gesamt verbrannten Biomasse erfasst.

Die Aufteilung der Biomasse-Asche auf die einzelnen Wege der Verwertung/Beseitigung entspricht tendenziell den auf Basis der eBilanzen ermittelten Werten. Der ermittelte mittlere Aschefaktor von 2,9 % ist etwas höher als in der Literatur angegeben.

3 QUALITÄTEN DER BIOMASSE-ASCHEN IN ÖSTERREICH

3.1 Aschetypen und Mengenverhältnis

Die entstehenden Aschetypen und deren Mengenverhältnisse sind stark von der Verbrennungstechnik, vom Anlagenbetrieb und von den Brennstoffeigenschaften – insbesondere der Korngröße und Dichte des Brennstoffs – abhängig.

Tabelle 13: Aschetypen, Mengenverhältnisse für unterschiedliche Verbrennungstechnik.

Technik	Brennstoff	Bodenasche bzw. Rostasche (in % TM)	grobe Flugasche (in % TM) (z. B. Zyklon)	Feinstflugasche (in % TM) ⁴⁾	Datenquelle
Rostfeuerung, Unterschub-feuerung	Rinde	65–85	10–25	2–10	1) 2)
	Hackschnitzel	60–90	10–30	2–10	
	Stroh	80–90	2–5	5–10	
Rostfeuerung	Hackschnitzel	16	81	3	3)
Zirkulierende Wirbelschicht-feuerung	Rinde + Schlamm	5	9	86	5)
	Hackschnitzel, Rinde	ca. 70	–	30	6)
Mittel über 40 Anlagen in Bayern, vorwiegend Hackgut		nicht aufgeschlüsselt		8–13	7)

Datenquellen und Anmerkungen:

¹⁾ OBERNBERGER & SUPANCIC (2009)

²⁾ STETTNER & ZORMAIER (2010)

³⁾ INGERSLEV et al. (2011)

⁴⁾ bei INGERSLEV et al. (2011): Abgasreinigungsprodukt (Schlamm), bei LATVA-SOMPPPI et al. (1998) ist Elektrofilterasche gemeint.

⁵⁾ LATVA-SOMPPPI et al. (1998): Brennstoffe waren 30 % Papierrecyclingschlamm (bezogen auf TM) und 70 % Rinde. Man erkennt an diesem Beispiel dass der Begriff „Feinstflugasche“ unterschiedlich verstanden wird und somit im Einzelfall ein höherer Anteil an „Feinstflugasche“ auftritt.

⁶⁾ WIEN ENERGIE GMBH (2015): www.wienenergie.at/eportal2 (Simmering)

⁷⁾ EBERHARDINGER et al. (2009)

Gut dokumentierte Massen- und Stoffbilanzen von insgesamt 12 Anlagen in Österreich sind bei OBERNBERGER et al. (2014) verfügbar. Es handelt sich hierbei um

- 7 Rostfeuerungsanlagen,
- 1 Rostfeuerungsanlage mit kombinierter Einblasfeuerung,
- 2 stationäre Wirbelschichtfeuerungsanlagen,
- 2 zirkulierende Wirbelschichtfeuerungsanlagen.

Die Brennstoffwärmeleistung der untersuchten Anlagen liegt zwischen 6 MW und 63 MW, wobei Wirbelschichtfeuerungen den oberen Leistungsbereich (30–63 MW) und Rostfeuerungen den unteren Leistungsbereich (6–32 MW) abdecken.

Folgende Brennstoffe werden in diesen Anlagen eingesetzt:

- 3 Anlagen mit reinem Hackgut,
- 4 Anlagen mit einer Mischung aus Hackgut und Rinde,
- 2 Anlagen mit einer Mischung aus Hackgut, Rinde und Sägespänen,
- 1 Anlage mit Rinde (Zumischung von Kohle möglich),
- 1 Anlage mit einer Mischung aus Hackgut, Rejekten und Klärschlamm,
- 1 Anlage mit einer Mischung aus Hackgut, Schleifstaub und aufbereitetem Altholz.

Die im Rahmen des Projektes untersuchten Anlagen geben laut OBERNBERGER et al. (2014) „einen guten Überblick über die in Österreich eingesetzten Anlagentechnologien.“

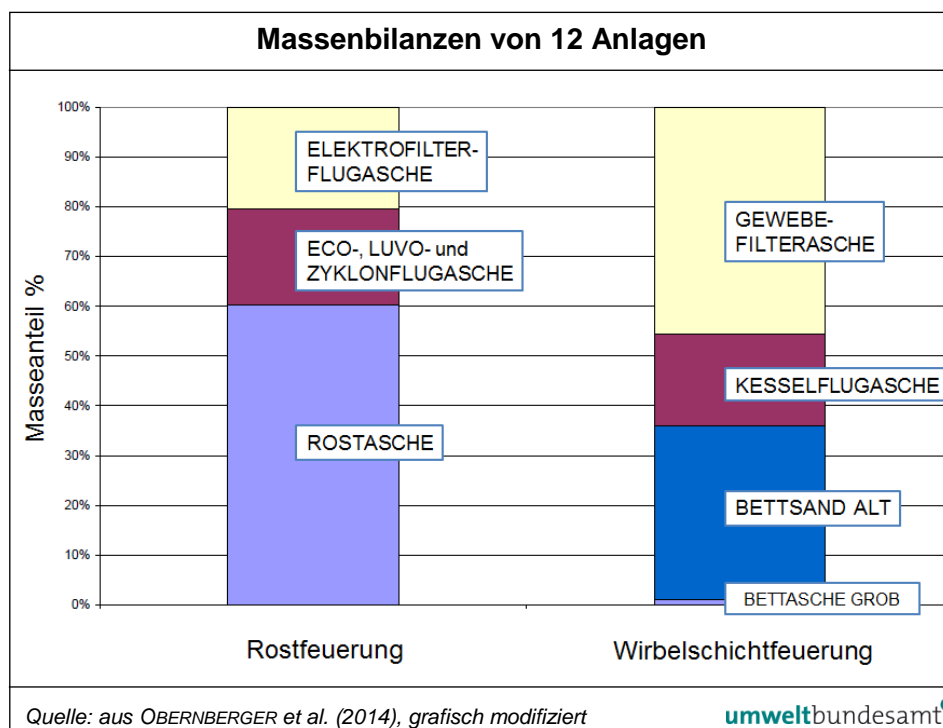


Abbildung 1:
Massenbilanzen von
insgesamt 12 Anlagen in
Österreich.

Ein unmittelbarer Vergleich dieser Massenverhältnisse (siehe Abbildung 1, Tabelle 13) mit den Massenverhältnissen der Abfallarten gemäß EDM-Auswertung war nicht möglich, da

- die insgesamt sechs 7-stelligen Schlüsselnummern für den Abfallerzeuger und -sammler die Zuordnung erschweren;
- in der Literatur (z. B. in Studien) und in den Verbrennungsanlagen unterschiedliche und häufig vom Abfallkatalog abweichende Bezeichnungen für Aschetypen verwendet werden;
- die Massenbilanzen von Wirbelschichtanlagen stark von der Anlagentechnik abhängen und
- keine österreichweite Statistik über die Kapazität oder den Durchsatz von Biomasse-HKW, gegliedert nach Verbrennungstechnik und Brennstoff existiert.

Man erkennt jedoch an den EDM-Auswertungen (siehe Tabelle 2), dass Rostaschen dominieren. Dies stimmt mit den bei OBERNBERGER & SUPANCIC (2009) sowie OBERNBERGER et al. (2014) genannten Werten für den Masseanteil von Rostasche (ca. 60–90 % TM, siehe Tabelle 13) an der Gesamt-Aschenmasse gut überein.

3.2 Wassergehalt, Trockensubstanz

geringer Wassergehalt

Da die Aschen sehr häufig trocken ausgetragen werden, ist der Wassergehalt meistens sehr gering (häufig 0–3 %) und die Trockenmasse aller Aschen bewegt sich fast immer zwischen 97 % und 100 %, solange sie trocken (z. B. in einer Halle) aufbewahrt werden. Wenige größere Rostfeuerungsanlagen in Österreich (mindestens 3) verwenden ein nasses Ascheaustragssystem für die Rostasche, um die Asche für den Transport zu kühlen und Staubemissionen zu reduzieren. Der Wassergehalt der feuchten Rostasche beträgt in diesen Fällen zwischen 13 % und ca. 30 % (BOKU 2014, Trockenmasse ca. 70–87 %).

3.3 Vergleichs- und Referenzwerte zur Zusammensetzung

In der folgenden Tabelle werden Referenzwerte für Asche aus unbehandeltem, naturbelassenem Holz aus Deutschland und Österreich gegenübergestellt. GRAS (2006) entwickelte zur Unterscheidung von „Asche aus belastetem Holz“ und Asche aus unbehandeltem, naturbelassenem Holz aus einem breiten Datenpool von Ascheanalysen einen Referenzbereich, der in Spalte 2 der Tabelle dargestellt wird. Man kann erkennen, dass sich die Zusammensetzung von Aschen aus österreichischen Anlagen im Referenzbereich befindet, wenn nur Aschen aus Anlagen betrachtet werden, die ausschließlich (bzw. fast ausschließlich) unbehandeltes, naturbelassenes Holz als Brennstoff verwenden.

Schwermetalle

Andererseits lassen Aschen aus einzelnen Anlagen vor allem bei den Parametern Pb, Cr, Zn und Cd erkennen, dass im Fall der Mitverbrennung von Altholz und/oder anderen Brennstoffen eine Qualitätseinbuße eintritt (siehe Tabelle 15). Neben den in Tabelle 14 genannten Mittelwerten liegen auch aus anderen Bundesländern Österreichs Analysenergebnisse von Rost- und Zyklonaschen vor, die vereinzelt stark erhöhte Schwermetallgehalte aufzeigen. Im Allgemeinen sind die Rost- und Zyklonaschen in Österreich nur gering belastet bzw. der Schwermetallgehalt entspricht der unvermeidlichen Anreicherung, der durch den Aschefaktor (ca. 2 % Asche, bezogen auf den Brennstoff) eintritt.

Tabelle 14: Referenzwerte für Asche aus unbehandeltem, naturbelassenem Holz.

Parameter	Ref. 1)	Ref. 2)	Ref. 3)	Ref. 4)	Ref. 4)
in mg/kg TM bzw. % TM	Referenz Brennholz	Bereich Brennholz	Mittelwert	Mittelwert Rinde	Mittelwert Hackgut
As (mg/kg)	< 1–35	< 5–22		11,4	8,2
Pb (mg/kg)	< 1–450*	< 10–47	37	25	25
B (mg/kg)	335	268–675			
Cd (mg/kg)	0,1–20	< 0,5–3,2	1,0	3,9	4,8
Cr (mg/kg)	< 10–600	4–173	41	133	54
Co (mg/kg)			29	24	15
Cu (mg/kg)	90–500*	113–346	93	88	127
MnO (%)				1,5	1,7
Mo (mg/kg)			3,9	4,8	1,7
Ni (mg/kg)	20–110*	6–39	42	94	62
Hg (mg/kg)	< NWG	< 0,2	0,03		
Ti (mg/kg)		28–273			
V (mg/kg)				58	42
Zn (mg/kg)	9–1.900*	133–1.760		619	376
Chlorid (%)	bis 0,45	0,012–0,44			

Ref. 1) Vorschlag für Referenzwerte für Aschen aus unbehandeltem, naturbelassenem Holz nach GRAS (2006), entwickelt unter Verwendung von Daten aus LFU BAYERN (1998), STOLZ et al. (1999), STMLU BAYERN (2000), EMPA (2000), GRAS (2002) und Messungen aus dem Jahr 2005 (siehe Ref.2).

Ein Sternchen (*) bedeutet, dass geogen bedingt vereinzelt höhere Werte auftreten können, sodass die sichere Identifizierung einer belasteten Ascheprobe gemäß GRAS (2006) die Bewertung mehrerer Elemente erfordert.

Ref. 2) 12 Aschen aus privaten Kaminöfen, Hamburg und Umgebung

Ref. 3) 9 Aschen aus HKW in Tirol, fast ausschließlich naturbelassenes Holz

Ref. 4) 12 Hackgutaschen und 12 Rindenaschen, unbehandelt, Mittelwerte aus Anhang D der Österreichischen Pflanzenasche-Richtlinie (BMLFUW 2011). Mischung aus Grob- und Zyklonasche, berechnet nach heizwerkspezifischem Aufkommen. Verwendet wurden hierbei Analysendaten aus RUCKENBAUER et al. (1996) und Obernberger (1995, 1997a).

Die Tabelle 15 stellt den Schwermetallgehalt in Grobaschen (inklusive Rostaschen) und Zyklonaschen sowie Grobasche/Zyklonasche-Mischungen dar (keine Feinstfilteraschen). Brennstoffe waren Waldhackgut, Rinde und im Einzelfall auch Sägespäne. Der Aufschluss für die Schwermetallanalyse erfolgte mit Königswasser. Der Vergleich mit den Grenzwerten der Österreichischen Pflanzenasche-Richtlinie (BMLFUW 2011) wurde bereits von MAYER et al. (2013) durchgeführt.

Parameter	Blei	Chrom	Nickel	Kupfer	Zink	Arsen	Cadmium
	mg/kgTM						
Minimum	0,5	14,4	19,8	53,1	28,1	0,9	0,01
Maximum	451	422	202	326	11288	71,5	64,8
Median (n = 70)	6,3	61,7	49,4	137	164	4,0	0,66
Grenzwert Klasse A	100	150	150	200	1200	20	5
Grenzwert Klasse B	200	250	200	250	1500	20	8

Tabelle 15: Schwermetallgehalt in Ascheproben in Kärnten (MAYER et al. 2013) im Vergleich zur österreichischen Pflanzenasche-Richtlinie (BMLFUW 2011).

unterschiedliche Aschequalität

Die Qualitäten von Aschen aus Wirbelschichtfeuerungsanlagen sind auch bei ähnlicher Brennstoffzusammensetzung stark unterschiedlich, weil ein anlagenspezifischer Transport der Asche-Staubpartikel und eine anlagenspezifische Fraktionierung der chemischen Elemente vorliegen. Tendenziell kann bei Unterschub- und Rostfeuerung aufgrund der Strömungsdynamik und der höheren Temperaturen eine bessere Abreicherung von flüchtigen Schwermetallen (z. B. Pb, Cd) in Kessel- bzw. Rostaschen, ebenso eine höhere Aufkonzentrierung in Feinstflug- bzw. Feinstfilteraschen erreicht werden als bei der Wirbelschichtfeuerung. Damit verbunden ist auch eine Qualitätsverbesserung der Rostaschen in Unterschub- und Rostfeuerungsanlagen, sofern kein Eintrag nicht flüchtiger „lithophiler“ Schwermetalle wie zum Beispiel Chrom oder Nickel erfolgt.

Diese Tendenz wird auch durch Analysen von OBERNBERGER et al. (2014) bestätigt. Bezüglich der Stoffbilanzen der 12 bilanzierten Anlagen halten OBERNBERGER et al. (2014) fest (wörtlich zitiert):

„Bei Rostfeuerungen fällt ein Großteil der nach österreichischer Pflanzenaschenrichtlinie verwertbaren Asche als Grobasche an, eine Abreicherung von leicht flüchtigen Schwermetallen in der verwertbaren Asche ist durch Schwermetallfraktionierung möglich.“

Bei Wirbelschichtfeuerungen fällt ein Großteil der verwertbaren Asche als Flugasche an, eine Abreicherung von leicht flüchtigen Schwermetallen in der verwertbaren Asche ist dadurch nur in einem geringeren Ausmaß möglich. Darüber hinaus herrschen in Wirbelschichtfeuerungen generell etwas niedrigere Feuerraumtemperaturen (ca. 100 °C niedriger im Vergleich zu Rostfeuerungen), wodurch auch der Anteil an Schwermetallen, die im Feuerraum in die Gasphase übergehen, geringer ist.“

Feinstflug- und Feinstfilteraschen

Feinstflug- und Feinstfilteraschen weisen vor allem bei den Elementen S, Zn, Pb und Cd eine starke Anreicherung auf. Diese Elemente können dabei in Form von leicht löslichen Salzen vorliegen bzw. (bei Zn und Pb) als amphotere Elemente durch den hohen Alkalihydroxidgehalt der Aschen beim Kontakt mit Wasser in Lösung gehen. Des Weiteren können diese Aschen je nach der Herkunft des Brennholzes das radioaktive Isotop ¹³⁷Cs enthalten, welches aus dem Fallout des Reaktorunfalles in Tschernobyl stammt. Dessen Aktivität wird jedoch durch diejenige des natürlichen Isotops ⁴⁰K überlagert, weil sich auch Kaliumoxid stark in den Feinstflugaschen anreichern kann.

organische Schadstoffe

Der organische Schadstoffgehalt von Biomasse-Aschen in Österreich wurde im Jahr 2015 durch Untersuchungen des BMLFUW dokumentiert. Die Analysenergebnisse betreffend polyzyklischer aromatischer Kohlenwasserstoffe und PCDD/F werden in der folgenden Tabelle zusammengefasst.

Tabelle 16:
PAK und PCDD/F in
Biomasse-Aschen.

Aschetyp	Rostasche	Feinstflugasche	Mischfraktion bzw. nicht näher spezifiziert
Summe PAK (EPA) (mg/kg TM)	0,01–0,05	0,06–0,09	0,05–0,12
PCDD/F (ngTE/kg TM)	0,01–9,6 meist jedoch < 2	1,1– 370 häufig ≥ 10	0,15–4,2 (neuere Anlagen) 51 bzw. 59 bei einer Altanlage

fett geschrieben: Grenzwertüberschreitungen

Die Summe der 16-PAK-Verbindungen nach EPA können nur bedingt mit dem Grenzwert der Pflanzenaschen-Richtlinie 2011 (6 mg/kg TM PAK nach WHO) verglichen werden. Da die PAK nach WHO (6 Parameter) jedoch eine Teilmenge der 16 EPA-Verbindungen sind, ist der Grenzwert, der sowohl für Klasse A als auch für Klasse B gilt, für alle Aschen mit großem Sicherheitsabstand eingehalten. Bei Aschen mit schlechtem Ausbrand, welche vereinzelt auftreten, können dagegen Überschreitungen der PAK-Grenzwerte eintreten.

PAK-Verbindungen

PCDD/F-Gehalte sind vor allem bei Flugaschen und bei der Asche einer Altanlage überschritten (Grenzwert in der Pflanzenaschen-Richtlinie 2011: 20 ngTE/kg TM). Die Ausbringung von Flugaschen (Feinstflugaschen) auf Böden ist in Österreich aufgrund dieser Belastung mit persistenten organischen Schadstoffen und auch aufgrund der Salz- und Schwermetallbelastung nicht zulässig und auch die Zumischung von Feinstflugaschen zu Kompost ist strikt verboten. Der derzeit in der Kompostverordnung festgelegte Grenzwert für PCDD/F (100 ng TE/kg TM) könnte in Anbetracht der neuesten Messwerte für Rostaschen (siehe Tabelle 16) und Asche-Mischfraktionen überdacht werden.

PCDD/F-Gehalte

3.4 Nährstoffgehalt

Der Nährstoffgehalt von Holzbrennstoffen ist von der Holzart bzw. der Art des Brennstoffes stark abhängig (JACOBSEN et al. 2004, WITTKOPF 2005, STAHL 2006). Die Nährstoffe sind außerdem nicht homogen auf alle Kompartimente eines Baumes verteilt. Reisig, Rinde und Nadeln speichern den überwiegenden Teil der Nährstoffe (WITTKOPF 2005). Der Nährstoff-Entzug im Waldboden und der Nährstoff-Fluss zu den Heizkraftwerken sind damit stark von der Methode der Holzernte abhängig (siehe Tabelle 17).

Art der Holzernte wesentlich

Tabelle 17: Biomassertrag und Nährstoffgehalte von Kompartimenten unterschiedlicher Baumarten (WITTKOPF 2005).

Baumart	Baumkompartimente	Biomasse	N	P	K	Ca	Mg
		(in t/ha)	(in kg/t atro)				
Fichte	Derbholz mit Rinde	172	1,2	0,2	0,8	1,4	0,18
	Reisig, Äste (< 7 cm)	28,4	5,2	0,7	2,4	3,3	0,53
	Nadeln/Blätter	14,7	13,4	1,3	5,7	6,0	0,79
Kiefer	Derbholz mit Rinde	91,2	1,1	0,1	0,7	1,1	0,24
	Reisig, Äste (< 7 cm)	17,1	3,6	0,3	1,7	2,1	0,43
	Nadeln/Blätter	4,5	14,5	1,3	5,0	4,1	0,87
Buche	Derbholz mit Rinde	231,0	1,5	0,1	1,0	1,8	0,26
	Reisig, Äste (< 7 cm)	54,2	4,3	0,5	1,5	4,0	0,36
	Nadeln/Blätter	4,0	26,0	1,5	8,7	8,9	1,25
Eiche	Derbholz mit Rinde	150,1	2,1	0,1	1,1	2,5	0,18
	Reisig, Äste (< 7 cm)	37,8	6,2	0,4	2,0	1,4	0,44
	Nadeln/Blätter	4,5	26,2	1,7	7,4	11,4	2,27
Pappel	Derbholz mit Rinde	84,6	1,2	0,1	0,6	1,0	0,22
	Reisig, Äste (< 7 cm)	14,8	2,9	0,4	1,9	3,8	0,67
	Nadeln/Blätter	5,3	10,0	1,3	6,2	4,5	0,99

Tabelle 18: Nährstoffgehalte von Holzaschen – Österreich und international.

Brennstoff, Aschetyp	Quelle, Median oder Mittelwert (MW)	P ₂ O ₅ (in %)	K ₂ O (in %)	CaO (in %)	MgO (in %)
Holz, Grobasche	OBERNBERGER (1997a), MW	0,9	6,6	32,6	3,0
Altholz, Grobasche		0,9	2,3	31,1	2,8
Holz, Zyklonasche		0,3	7,5	32,3	3,2
Altholz, Zyklonasche		0,4	2,7	28,5	3,0
Naturl belassenes Holz, Rostasche	EBERHARD et al. (2002), MW	2,0	5,0	n. b.	4,0
Naturl belassenes Holz, Zyklonasche		1,9	5,7	n. b.	4,2
Holz, Grob- und Zyklonaschen	MAYER et al. (2013), Median	2,5	8,3	33,1	5,8
Holz, Rostaschen	WILPERT (2010), MW	1,2	6,2	27,2	2,6
Fichte, Rostasche	ZIMMERMANN et al. (2010), Median	2,5	7,3	46,1	4,2
Pappelholzasche	VAMUVKA & KAKARAS (2011), MW	5	20	47,2	4,4
Kiefernholzasche		0,3	2,5	49,2	0,4
Holzaschen (diverse)	AUGUSTO et al. (2008), Median	ca. 0,3	ca. 3,0	ca. 20	ca. 1,5
Hackschnitzel, Grobasche	STAHL (2006)	2,4	7,9	31,8	4,7
Pellets, Grobasche		2,8	10,3	31,9	6,9
Holz, Zyklonasche		2,4	8,3	31,7	4,2

Hinweise: Stark unterschiedliche Angaben zum Phosphor- bzw. P₂O₅-Gehalt beruhen unter anderem auf unterschiedlichen Analysemethoden (XRF oder Analyse nach Aufschluss). Bei Aufschlussmethoden sind Minderbefunde möglich.

Die Tabelle 18 stellt Mittelwerte von Analyseserien aus Österreich und international dar. Ausschließlich Ascheproben aus Österreich wurde von EBERHARD et al. (2002) und MAYER et al. (2003) berücksichtigt, überwiegend Ascheproben aus Österreich und der Schweiz wurden von OBERNBERGER (1997a) ausgewertet. In den weiteren Zeilen folgen internationale Vergleichswerte, die sich z. B. bei STAHL (2006) sowie WILPERT (2010) auf eine große Analysenanzahl stützen. Da der N- und S-Gehalt der Aschen oft gering ist und für diese Nährstoffe oftmals Analysen fehlen, werden sie in Tabelle 18 nicht dargestellt.

Auf den Nährstoffgehalt weiterer Biomasse-Aschen – z. B. Getreidestroh-Aschen, Miscanthus-Aschen wird hier nicht näher eingegangen. Gewöhnlich weist halmartige Biomasse einen höheren Nährstoffgehalt (z. B. höheren K₂O-Gehalt) auf als Holzhackgut/Holz.

3.5 Auslaugbarkeit

kritische Parameter

Die Auslaugbarkeit von Biomasse-Asche soll in jedem Einzelfall der Verwertung oder Entsorgung beurteilt werden. Gemäß den vorliegenden Analysen aus Österreich und Deutschland sind vor allem die folgenden „kritischen Parameter“ zu beachten und jedenfalls in die Beurteilung miteinzubeziehen:

- **pH-Wert:** Der pH-Wert der Eluate erreicht oftmals pH = 13, fallweise auch mehr. Der Medianwert von 70 Aschen in Kärnten beträgt pH = 13,1 (MAYER et al. 2013).

- Löslicher Anteil** (gemessen als elektrische Leitfähigkeit und/oder Abdampf-rückstand des Eluates sowie Chlorid und/oder Sulfat): Ein besonders hoher löslicher Anteil kann bei Feinstflugaschen/Feinstfilteraschen auftreten. Die beiden in dieser Studie dargestellten Werte für den Abdampfrückstand (177.000 mg/kg TM und 330.200 mg/kg TM) zeigen, dass der Grenzwert für die obertägige Ablagerung in Österreich (100.000 mg/kg TM für Massenabfalldeponie) überschritten werden kann. Drei weitere Feinstflugaschen aus Österreich erreichten sogar 488.000 mg/kg TM, 532.000 mg/kg TM und 868.000 mg/kg TM. Dies bedeutet, dass der Anteil an löslichen Stoffen in diesen Aschen bzw. diesen „Filter-Salzen“ mehr als 50 % beträgt. Bett- und Rostaschen unterscheiden sich in diesem Merkmal deutlich von Flug- und Feinstflugaschen.
- Chrom, insbesondere sechswertiges Chrom (Cr-VI)**: Der Verbrennungsvorgang führt – in Kombination mit der Alkalität der Aschen – zur teilweisen Oxidation von Chrom, unabhängig davon, ob der Ursprung des Chromgehaltes im Brennstoff selbst, anhaftendem Ton- bzw. Erdmaterial oder mitverbrannten Abfällen liegt. Damit verbunden ist ein Anstieg der Auslaugbarkeit und Toxizität von Cr.
- Zn und Pb im Eluat**: Diese beiden Elemente können vor allem im Fall der Mitverbrennung von Abfällen sowie generell in Feinstflugaschen/Feinstfilteraschen problematische Werte erreichen.
- Ba im Eluat**: Das Element Barium überschreitet auch bei Rostaschen aus Rostfeuerungsanlagen häufig den Grenzwert der Baurestmassendeponie.
- Nitrit und Nitrat im Eluat**: Es treten bei Rostaschen vereinzelt Überschreitungen von Eluatgrenzwerten der Baurestmassendeponie auf, bei Feinstflugaschen wurden mehrmals stark erhöhte Werte bei Nitrit beobachtet.

Parameter ^{a)}	BOKU-Messwerte bei Rost- und Unterschubaschen				Flugaschen aus der Rostfeuerung		Grenzwert BRMD ^{b)}
	Asche 1	Asche 2	Asche 3	Asche 4	Asche 5	Asche 6	
pH-Wert	12,6	9,0	12,7	13,0	12,7	13,1	6 bis 13
LF mS/m	820	296	1.215	1.260	6.177	4.260	300
ADR ^{b)}	22.000	23.000			330.200	177.000	25.000
TOC	270	597			150	137	500
KW-Index					< 2		50
NH ₄ -N	1,2	1,2			3,5	1,1	40
Chlorid	720	1.910			11.590	9.650	5.000
Nitrit-N	< 5	< 5			49	1.370	10
Nitrat-N	< 10	< 10			65	352	500
PO ₄ -P	< 10	< 10			< 2	< 0,5	50
Sulfat	< 50	8.620			115.700	29.300	6.000
Fluorid	< 10	< 10			< 2	7	50
Cyanid	< 0,5	< 0,5			0,18	< 0,05	1
As	< 0,013	0,3	< 0,016	< 0,016	< 0,02	< 0,05	0,75
Ag	< 0,16	< 0,16			< 0,2		1
Ba	20,5	0,7	46,2	2,0	3,1	5,4	20

Tabelle 19:
Beispiele zur
Auslaugbarkeit von
Biomasse-Aschen.

Parameter ^{a)}	BOKU-Messwerte bei Rost- und Unterschubaschen				Flugaschen aus der Rostfeuerung		Grenzwert BRMD ^{b)}
	Asche 1	Asche 2	Asche 3	Asche 4	Asche 5	Asche 6	
Pb	0,032	< 0,015	0,02	0,59	0,75	0,64	2
Cd	< 0,015	< 0,015	< 0,015	< 0,015	< 0,02	< 0,01	0,5
Co	< 0,4	< 0,5			< 0,6	< 0,03	2
Cr	0,265	0,3	0,4	15,2	20,6	2,5	2
Cr-VI					18,6	2,6	0,5
Cu	< 0,4	0,6	< 0,5	< 0,5	< 0,6	< 0,05	10
Hg	< 0,002	0,0	0,003	0,008	< 0,004	< 0,001	0,05
Ni	< 0,4	< 0,4	< 0,5	< 0,5	< 0,6	< 0,05	2
Se					2,0	0,43	n. f.
Zn	1,81	1,9	0,8	25,7	< 0,6	41,7	20
Na	1.195	1.612	703	2.981			c)
K	10.791	11.868	15.867	55.506			c)
Mg	< 15	2.033	< 15	< 15	< 20	< 5	c)
Ca	4.111	351	7.871	10.179	14.370	2.960	c)

^{a)} Dimension jeweils mg/kg TM, bei elektrischer Leitfähigkeit (LF) mS/m

^{b)} BRMD = Baurestmassendeponie, ADR = Abdampfrückstand

^{c)} Abdampfrückstand und elektrische Leitfähigkeit sind begrenzt

fett dargestellt: Grenzwertüberschreitungen

n. f.: nicht festgelegt

In Tabelle 19 werden Beispiele zur Auslaugbarkeit von Rostaschen, Unterschub-Aschen und Feinstflugaschen (sämtlich: naturbelassene Holzbrennstoffe) aus Österreich dargestellt, bei denen sowohl die Anlagentechnik als auch der Brennstoffeinsatz gut dokumentiert und nachvollziehbar sind. Auslaugmethode war jeweils die standardisierte Methode EN 12457-Teil 4 (01.01.2003), auf die auch die Österreichische Deponieverordnung 2008 in Anhang 4 Teil 1 Punkt 5 Bezug nimmt. Eine Überschreitung der Grenzwerte der Baurestmassendeponie wird jeweils durch Hervorhebung angezeigt. (Ausnahme: Der TOC-Wert bei Probe 2 ist ein Sonderfall – es erfolgte ein Eintrag leicht abbaubarer organischer Stoffe durch das Biogas).

Informationen zu den Aschenproben in Tabelle 19:

- Asche 1: Rostasche aus einem Hackschnitzel-Heizkraftwerk, nasser Ascheaustrag
- Asche 2: Asche 1, behandelt mit Biogas zur Verringerung des pH-Wertes und zur Eliminierung von H₂S aus dem Biogas
- Asche 3: Asche aus einer Unterschubfeuerung (ohne Filterasche), nur naturbelassenes Holz als Brennstoff
- Asche 4: Rostasche, trockener Ascheaustrag. Brennstoffe sind naturbelassenes Holz und Altholz
- Asche 5: Feinstflugasche aus der Verbrennung von Waldhackgut
- Asche 6: Feinstflugasche aus städtischem Fernheizwerk, Brennstoffe sind Waldhackgut, Rinde und Sägespäne

Die bei OBERNBERGER et al. (2014) im Annex zur Branchenstudie dargestellten Daten zur Auslaugbarkeit von insgesamt 18 Rostascheproben und von 10 Aschen aus der Wirbelschichtfeuerung wurden neu ausgewertet (siehe Tabelle 20). Diese Tabelle enthält die Anzahl der verfügbaren Analysenwerte („n“) und die Anzahl der Überschreitungen der Grenzwerte der Baurestmassendeponie (BRMD), Reststoffdeponie (RSD) und Massenabfalldeponie (MD). Es erfolgte grundsätzlich ein direkter Vergleich der Analysenwerte von OBERNBERGER et al. (2014) mit den Grenzwerten aus Anhang 1 der Österreichischen Deponieverordnung 2008. Ausnahmen bei diesem Grenzwertevergleich stellen der Abdampfrückstand (ADR) und der Cr-VI-Gehalt dar. Der ADR wurde rechnerisch durch die Summe der eluierten Alkali- und Erdalkalimetallverbindungen ermittelt, sofern zumindest Na, K, Ca, Cl und Sulfat als Analysenwerte verfügbar waren. Bei zwei Eluaten von Rostaschen, in denen nur Cr-gesamt, jedoch nicht Chromat bestimmt wurde, sind Cr-VI Überschreitungen höchstwahrscheinlich, weil der Cr-III Anteil in alkalischen Biomasse-Asche-Eluaten sehr gering ist und damit davon auszugehen ist, dass Cr-VI annähernd die gemessene Cr-gesamt-Konzentration im Eluat erreicht.

Aschentyp	Eluate von Rostaschen aus Rostfeuerungsanlagen				Eluate von Aschen aus Wirbelschichtfeuerungsanlagen (keine Filterflugaschen)				
	Deponietyp	n	BMRD	RSD	MD	n	BMRD	RSD	MD
pH-Wert		17	11	a)	11	16	7	a)	7
elektr. LF		17	17			16	9		
ADR ^{b)}		7	0	0	0	4	0	0	0
Al		9		0		7		0	
B		13	0			8	0		
Ba		14	14	5	0	10	0	0	0
Fe		7		0		5	0	0	0
Ag		8	0	0	0	5	0	0	0
As		14	0	0	0	10	0	0	0
Cd		14	0	0	0	10	0	0	0
Co		14	0	0	0	10	0	0	0
Cr-gesamt		14	2	0	0	10	0	0	0
Cr (VI)		11	3 ^{c)}	0	0	7	1	0	0
Cu		14	0	0	0	10	0	0	0
Hg		8	0	0	0	5	0	0	0
Mo		7		0	0	5		0	0
Ni		14	0	0	0	8	0	0	0
Pb		14	0	0	0	8	0	0	0
Sb		2		0		2		0	
Se		2		0		2		0	
Zn		14	0	0	0	10	0	0	0
Chlorid		11	0			7	0		
Sulfat		10	0		0	5	0		0
Nitrit		10	1	1	0	5	1	0	0

Tabelle 20:
Häufigkeit von
Grenzwertüber-
schreitungen bei
Biomasse-Aschen
(Auswertung der Daten
aus OBERNBERGER
et al. 2014).

Aschentyp	Eluate von Rostaschen aus Rostfeuerungsanlagen				Eluate von Aschen aus Wirbelschichtfeuerungsanlagen (keine Filterflugaschen)				
	Deponietyp	n	BMRD	RSD	MD	n	BMRD	RSD	MD
Nitrat		10	0			5	1	0	0
Phosphat		10	0	0	0	5	0	0	0
Fluorid		10	0	0	0	5	0	0	0
Ammonium		8	0	0	0	5	0	0	0
Cyanid		7	0	0	0	5	0	0	0
EOX		7	0	0	0	4	0	0	0
KW-Index		3	0	0	0	2	0	0	0
Phenolindex		4			0	3	0	0	0

BRMD Baurestmassen-, RSD Reststoff-, MD Massenabfalldponie

^{a)} Der §9 der Deponieverordnung ist anzuwenden

^{b)} Abdampfrückstand, abgeschätzt aus Summe Na+K+Ca+Mg+Cl+SO₄+Sr+Ba

^{c)} Inklusive 2 Proben bei denen Cr-gesamt den Grenzwert mehrfach überschreitet

Tabelle 20 erweckt den Anschein, dass die Auslaugbarkeit von Barium (Ba) und Chrom gesamt (Cr) bei Rostaschen aus Rostfeuerungsanlagen generell größer ist als bei Wirbelschichtaschen, weil keine der Wirbelschichtasche-Eluate die Grenzwerte für die Baurestmassendeponie überschreitet. Es ist jedoch zu beachten, dass auch Wirbelschichtaschen bezüglich der Auslaugbarkeit von Ba und Cr in mehreren Fällen den grenzwertnahen Bereich erreichten. Insgesamt ergibt der Grenzwertevergleich unter Berücksichtigung von Tabelle 19, dass:

- Die Grenzwerte für die obertägige Ablagerung von Rostaschen und von Wirbelschichtaschen, nicht jedoch von Feinststaubaschen eingehalten werden können (wenn geringfügige pH-Überschreitungen zulässig sind).
- Feinststaubaschen zu hohe lösliche Anteile aufweisen.
- Die bereits genannten „kritischen Parameter“ zu beachten sind.

4 AKTUELLE VERWERTUNGSWEGE UND BRANCHENINFORMATIONEN

4.1 Zementindustrie

4.1.1 Generelles zum Einsatz von Abfällen in Zementwerken

In Österreich und den österreichischen Nachbarstaaten wird in Zementwerken vor allem der Einsatz von Kohleflugasche und Biomasse-Asche als Zusatzstoff zu Rohmehl bzw. als Rohmehlersatzstoff praktiziert. Unter den Begriff Rohmehlersatzstoff fallen gemäß Schweizer BUWAL (2005) sowohl die eigentliche Substitution eines Teils des normalen Rohmaterials als auch der Einsatz als Rohmehlkorrekturstoff für eine allfällig notwendige Anpassung der Elementarzusammensetzung des Rohmehls. In Österreich verwenden mehrere Zementwerke auch den Begriff „Silikatregler“ als Synonym für den Begriff „Rohmehlersatz“.

Rohmehlersatzstoff

Die grundsätzlichen Anforderungen an den Abfalleinsatz in Zementwerken werden in den BVT-Schlussfolgerungen zur Herstellung von Zement, Kalk und Magnesiumoxid (EU Amtsblatt 2013) und in identer Form im zugehörigen BREF Referenz Dokument (SCHORCHT et al. 2013) beschrieben. Als beste verfügbare Technik bezüglich Abfalleinsatz gilt in der EU (auszugsweise aus EU Amtsblatt 2013, besonders für den Einsatz als Rohmehlersatzstoff relevant) Folgendes:

- Überwachung der Abfallqualität: Ein Qualitätssicherungssystem ist erforderlich. Als Beispiele für Kriterien bzw. Überwachungsparameter werden genannt: Chlor-, Halogen-, Schwefel-, Alkali-, Phosphorgehalt und Gehalt an relevanten Metallen (z. B. Cd, Hg, Tl);
- Zuführung von Abfällen mit organischen Bestandteilen, die sich in der Brennzonenzone verflüchtigen können, in Ofenzonen mit ausreichend hoher Temperatur;
- Abfälle kontinuierlich und gleichmäßig zuführen;
- Sicherheitsmanagement bei Verwendung gefährlicher Abfälle.

Positiv- bzw. Negativlisten von Abfallarten sowie Überwachungsparameter und Grenzwerte für den Einsatz von Rohmehlersatzstoffen und Zuschlagstoffen werden in Österreich standortspezifisch in Bescheiden und behördlichen Auflagen festgelegt. Dagegen hat die Richtlinie „Entsorgung von Abfällen in Zementwerken“ aus der Schweiz (BUWAL 2005) Grundsätze und orientierende Regeln zur Übernahme von Abfällen in Zementwerken festgelegt:

BUWAL-Richtlinie

Grundsätze der BUWAL-Richtlinie:

- Ökologisch vorteilhafter als irgendeine andere Art der Entsorgung;
- im Einklang mit der Abfallplanung der Kantone und des Bundes;
- keine Konkurrenzierung einer ökologischeren Ressourcenbewirtschaftung.

Regeln der BUWAL-Richtlinie:

- Es dürfen nur Abfälle einer Positivliste verwendet werden.
- Wenn der betreffende Abfall nicht auf dieser Positivliste aufscheint, entscheiden die Richtwerte, die den Schadstoffgehalt des Abfalls begrenzen.
- Nötigenfalls ist die Abfallmenge zu reduzieren, falls Richtwerte für Klinker oder Zement überschritten werden.

Einige Behörden in Österreich orientierten sich in Bescheiden an der BUWAL-Richtlinie.

4.1.2 Derzeitige Praxis und Grenzen der Verwertung von Biomasse-Aschen in Österreich

Um mehr über die Mengen, Kriterien und die Praxis der Verwertung von Biomasse-Aschen in Erfahrung zu bringen, wurden mehrere Zementwerke in Österreich und die Vereinigung der Österreichischen Zementindustrie (VÖZ) telefonisch kontaktiert, wie auch einschlägige Zement-Statistikberichte ausgewertet.

eingesetzte Aschemengen

Die Verwendung von „diversen Aschen“ als Rohmehlersatz erreichte im Jahr 2013 123.590 t/a, der Einsatz von „Flugasche“ betrug im gleichen Jahr 121.666 t/a (MAUSCHITZ 2014). Die Summe der übernommenen Aschemassen wäre demnach ca. 245.000 t/a. Die Flugaschen sind jedoch gemäß VÖZ „*feinkörnige Verbrennungsrückstände, die in Elektroentstaubern zur Abgasreinigung von Kohlekraftwerken abgeschieden werden*“ (zitiert aus der Umwelterklärung 2013, VÖZ 2014). Die entsprechenden zugehörigen Klinker- und Zementmassen für das Jahr 2013 belaufen sich auf 3,156 Mio. t Klinker/a sowie 4,385 Mio. t Zement/a (MAUSCHITZ 2014). Aufgrund der fehlenden Unterscheidung von Biomasse- und Kohle-Asche war die Gegenüberstellung der EDM-Daten für Biomasse-Asche und der von MAUSCHITZ (2014) erhobenen Daten nicht zweckmäßig.

Die wichtigsten Motive einzelner Zementwerke für eine grundsätzlich ablehnende Haltung zur Verwertung von Biomasse-Asche sind:

- Sorge um die Einhaltung der Grenzwerte für CO, Kohlenwasserstoffe und Schwermetalle in der Abluft und
- Sorge um die Produktqualität.

Qualitätssicherung

Zementwerke, die Biomasse-Aschen als Ersatzrohstoff bzw. „Silikatregler“ übernehmen, verstehen die Asche als einen wichtigen alternativen Rohstoffträger für CaO, SiO₂, Al₂O₃ und Fe₂O₃. Alle Betriebe verwenden ein Qualitätssicherungssystem für alternative Rohstoffe, welches technische Kriterien und Umweltkriterien enthält.

Technische Kriterien: Der Alkaligehalt der Aschen sollte nach Angaben mehrerer Zementwerke kontrolliert werden. Zumindest zwei Zementwerke geben an, dass sowohl die Übernahme trockener als auch feuchter Asche möglich ist. Eines dieser Zementwerke übernimmt jedoch ausschließlich feucht ausgetragene Rostasche, weil „*trockene Asche aus kleineren Anlagen oft mit Flugasche vermischt ist*“ und damit die Gefahr eines Schwermetall-Eintrages besteht.

Umweltkriterien: Der Inhalt von Bescheiden ist regional unterschiedlich, enthält jedoch stets Schwermetall- und Chlorgehalte als Kriterien. In einem Zementwerk wurden im Bescheid Grenzwerte für das Ofenmehl festgelegt (jedoch kein Grenzwert für den TOC). Dieses Ofenmehl ist jedoch bereits eine Mischung aus natürlichen und sekundären Rohstoffen. Ein weiteres Zementwerk gibt an, dass die Bescheidwerte sich direkt auf das Rohmehl-Ersatzmaterial (also die Asche) beziehen. Beim Einsatz von Biomasse-Asche ist zu beachten, dass die Asche so dosiert wird, dass die CO- und C_{org}-Grenzwerte in der Abluft nicht überschritten werden, denn die Aschen enthalten oft ca. 3–7 % C (TOC in % TM). Zwei Anlagen in Österreich, welche Biomasse-Aschen verwerten, sind mit Regenerativer Thermischer Oxidation (RTO) ausgestattet und können damit die abluftseitigen organischen Belastungen, die auf dem Einsatz von Biomasse-Asche beruhen, eliminieren.

Die Handhabung von trockener Asche im Zementwerk kann ein Problem darstellen. Bei Anlieferung im Container (z. B. Abrollcontainer) ist eine Umlagerung/Entnahme der Asche erforderlich, die zur Staubentwicklung in der Anlieferungs- bzw. Rohmehlhalle führt. Diese Staubentwicklung hat dazu geführt, dass ein Zementwerk seit 2014 keine Biomasse-Asche mehr übernimmt. Die Verwertung könnte nach telefonischer Mitteilung des Betreibers jedoch fortgesetzt werden, falls eine Anlieferung in geschlossenen Silos erfolgen würde.

Probleme bei trockener Asche

Generell haben Alkalien (K_2O und Na_2O) nachteilige Auswirkungen auf den Brennprozess. Wenn deren Gehalt im Rohmehl zu groß ist, verdampfen sie in der Brennzona und kondensieren anschließend wieder im Wärmetauscher. Dies führt zur Bildung von Anpackungen und Verstopfungen im Wärmetauscher, welche im schlimmsten Fall zu einem Ofenstillstand führen. Üblicherweise wird dieser Kreislauf durch die Installation eines Bypasses durchbrochen, mit welchem flüchtige Bestandteile wie Chlorid, Sulfat und Alkalien aus dem Prozess abgezogen werden. Aufgrund der hohen Ersatzbrennstoffraten in Österreich werden Bypasssysteme darauf ausgelegt, möglichst viel Chlorid aus dem System abzu ziehen. Sie sind daher nicht zwingend auf das Ausschleusen von Alkalien hin optimiert. Mit Problemen im Ofensystem ist ab einem Alkaligehalt von 1 % im Rohmehl zu rechnen (SPAUN 2015).

Auswirkung von Alkalien

Des Weiteren haben Alkalien einen Einfluss auf die Produktqualität. Kritisch hierfür ist das Verhältnis zwischen Alkalien und Schwefel (Alkali-Sulfatisierungsgrad, ASG), welches möglichst konstant gehalten werden muss. Liegt der $ASG > 1$ kommt es zur vermehrten Bildung von speziellen Klinkermineralphasen (orthorhombisches Aluminat), welches sich negativ auf die Mahlbarkeit des Klinkers auswirkt (der Mahlprozess des Klinkers wird energieintensiver). Liegt der $ASG < 1$ verbessert sich die Brennbarkeit des Klinkers, die Verarbeitungseigenschaften des Zementes verschlechtern sich hingegen. Im Optimalfall wird aus der Sicht der Produktqualität das Verhältnis zwischen Schwefel und Alkalien konstant um 1 herum gehalten.

Gemäß SPAUN (2015) wird der Alkaligehalt primär durch verschiedene prozesstechnische Rahmenbedingungen – unter anderem auch durch den Alkaligehalt des Kalkes – beeinflusst. In weiterer Folge (Zitat SPAUN 2015) *„muss auch der Chemismus des Rohmehles an den Alkaligehalt angepasst werden, um eine optimale Produktqualität bei gleichzeitig stabilem Ofenbetrieb zu erreichen. Ob der Alkaligehalt eines bestehenden Rohmehles noch erhöht werden kann, muss zwingend spezifisch für jedes Einsatzszenario evaluiert werden. Eine pauschale Aussage kann hier nicht getroffen werden.“*

Ein Vergleich der Zusammensetzung zeigt, dass die Biomasse-Aschen einige wertgebende Komponenten für die Herstellung von Portlandzement im richtigen Ausmaß enthalten (z. B. SiO_2 , Al_2O_3 , Fe_2O_3). Der zu geringe CaO -Gehalt stellt kein Problem dar, da Ca durch Kalkstein im Rohmehl erhöht werden kann. Es zeigt sich aber auch, dass bei der Verwendung als Rohmehlersatzstoff vor allem der Kaliumgehalt der Aschen ein Problem darstellen kann. Zu hohe SO_3 -Gehalte und der Eintrag von flüchtigen Schwermetallverbindungen treten primär bei Feinstflugaschen auf. Der Einsatz von Feinstflugaschen in Zementwerken wird daher in Österreich derzeit (Stand: 2015) nicht praktiziert und soll auch in Zukunft vermieden werden.

Tabelle 21: Zusammensetzung von Portlandzementklinker im Vergleich zu Aschen.

Parameter	Portlandzement-klinker (FRIEMBICHLER et al. 2011)	Österreichische Holzaschen, Mittelwerte (in %)			
		BMLFUW (2011) ^{a) b)}			Untersuchungen BMLFUW ^{c)}
		Rindenasche	Hackgutasche	Sägespanasche	
CaO % TM	60–67	42,2	44,7	35,5	35,5
SiO ₂ % TM	18–24	26	25	25	16,7
Al ₂ O ₃ % TM	4–9	7,1	4,6	2,3	6,1
Fe ₂ O ₃ % TM	1–4	3,5	2,3	3,7	2,7
MgO % TM	0,5–5	6,5	4,8	5,7	5,4
SO ₃ % TM	0,1–1,5	0,6	1,3	1,9	4,4
K ₂ O % TM	„Alkalien“:	5,1	6,7	7,1	7,9
Na ₂ O % TM	0,5–2	0,8	0,6	0,5	1,3

^{a)} Werte für SiO₂ und SO₃ aus OBERNBERGER (1997b)

^{b)} Gehalte gelten für aufkommensspezifischen Mix aus Rost- und Zyklonasche (n = 12)

^{c)} alle Aschetypen (auch Flugaschen), größere Anlagen, teilweise Mitverbrennung von Altholz (n = 34)

4.1.3 Asche als Zumahlstoff bei der Klinkermahlung

Gemäß mehrerer telefonischer Mitteilungen von Zementwerken, die Biomasse-Aschen übernehmen, werden diese bei allen vier betreffenden Zementwerken in Österreich, die eine stoffliche Verwertung durchführen, ausschließlich als Rohmehlersatzstoffe bzw. „Silikatregler“ für die Klinkerherstellung verwendet, nicht jedoch als Zumahlstoff.

Für die Verwendung als Zumahlstoff sind mehrere Normen zu beachten. Diese schließen den Einsatz von Biomasse-Asche weitestgehend aus, ermöglichen aber den Einsatz von Hüttensand (granulierte Hochofenschlacke) und Flugaschen aus Kohlekraftwerken. Die europäische Zementnorm ÖNORM EN 197-1 behandelt Zemente, die in ganz Europa zum Einsatz kommen. Von den 27 angegebenen Normalzementarten werden in Österreich – aufgrund der klimatischen Bedingungen – 11 eingesetzt (VÖZ 2015).

europäische Zementnorm

Nach EN 197-1 können die Zemente in Österreich nachfolgende Zumahlstoffe enthalten:

- S Hüttensand (granulierte Hochofenschlacke)
- V silikatische bzw. alumo-silikatische Flugasche
- L Kalkstein
- M Mixture (obige Stoffe unter Angabe der Komponenten z. B. S/V/L)

Hauptzementart	Bezeichnung	Zusammensetzung: Masseanteil in Prozent					
		Kennzeichnung	Portlandzementklinker K	Hütten-sand S	Flugasche	Kalkstein L	Nebenbestandteile
					kieselsäurereiche V		
I	Portlandzement	I	95-100	-	-	-	0-5
II	Portlandhüttenzement	II/A-S	80-94	6-20	-	-	0-5
		II/B-S	65-79	21-35	-	-	0-5
	Portlandflugaschezement	II/A-V	80-94	-	6-20	-	0-5
		II/B-V	65-79	-	21-35	-	0-5
	Portlandkalksteinzement	II/A-L	80-94	-	-	6-20	0-5
		II/B-L	65-79	-	-	21-35	0-5
	Portlandcompositzement	II/A-M	80-94	6-20			0-5
		II/B-M	65-79	21-35			0-5
III	Hochofenzement	III/A	35-64	36-65	-	-	0-5
		III/B	20-34	68-80	-	-	0-5

Tabelle 22:
Zementsorten und Zusammensetzung (FRIEMBICHLER et al. 2011).

Anmerkungen: Für Hochofenzement III/B liegt inzwischen eine geringfügig geänderte Untergrenze (66 %) für den Hütten sandanteil vor (VÖZ 2015). Neben der oben genannten Bezeichnung werden Zementtypen auch noch nach Festigkeitsklassen (nach 28 d Erhärtung, standardisierter Test) und nach deren Frühfestigkeit (Erstarrungsverhalten) unterschieden.

4.2 Kompostwerke

Zusätzlich zur EDM-Auswertung wurden die verwerteten Aschemengen und die Motive zur Annahme bzw. Ablehnung von Aschen bei Kompostwerken in einer telefonischen Umfrage ermittelt.

Von mehr als 400 Kompostwerken wurden 50 zufällig ausgewählt und im September 2015 wurden deren Betreiber telefonisch kontaktiert. Von 42 Anlagenbetreibern konnten Informationen eingeholt werden.

Die Umfrage zeigt, dass oftmals eine skeptische oder ablehnende Haltung zur Verwertung von Biomasse-Asche vorliegt. Als Gründe dieser Ablehnung werden genannt:

- Staubentwicklung in der Anlage,
- Sorge um die Kompostqualität,
- ungewisser Aufwand, Verwaltungsaufwand, Kosten für Analysen,
- die Anlage ist zu klein für die Übernahme von Aschen aus HKWs (2 Standorte),
- 2 % Limit der Österreichischen Kompostverordnung (2 Standorte),
- der Betreiber des Kompostwerkes betreibt auch eine Deponie am gleichen Standort (2 Standorte),
- keine Zeit, sich mit der Frage der Aschenannahme auseinanderzusetzen (1 Standort),
- tatsächlicher Anstieg der Schwermetallgehalte (1 Standort).

Die beiden zuerst genannten Gründe (Staubentwicklung, Sorge um Kompostqualität) überwiegen.

Probleme bei Einsatz von Biomasse-Aschen

Nur wenige Anlagen übernehmen Aschen in relevanten Mengen. Bei einer dieser Anlagen ist das Limit der österreichischen Kompostverordnung (maximal 2 % Asche-Zugabe) annähernd erreicht.

Die Details der Umfrage-Ergebnisse werden in Tabelle 23 dargestellt.

Erhöhung des zulässigen Ascheanteils

Die Umfrage ergab auch, dass zumindest drei Anlagen eine flexiblere Definition des zulässigen Ascheanteils anstreben, beispielsweise eine zulässige Beimengung von bis zu 5 % Asche. Von der Universität Innsbruck wurde unlängst eine Anhebung des Limits für Zugabe von Asche bei der Kompostierung auf 10 % gefordert (INSAM 2015). Die Zugabe von bis zu 15 % Asche hatte keinen negativen Einfluss auf den Kompostierungsprozess (FERNANDEZ-DELAGO JUAREZ 2015a, b). Eine A+ Kompostqualität kann jedoch bei höheren Ascheanteilen nicht immer erreicht werden – vor allem der Cadmiumgehalt der Asche kann hierbei ein Problem darstellen (FERNANDEZ-DELAGO JUAREZ 2015a).

OBERNBERGER et al. (2014) regen an, die derzeit laut österreichischer Kompostverordnung gültigen Zuschlagsmengen für Holzasche von 2 % auf bis zu 8 % (Gew.%) anzuheben und die aktuell gültigen Grenzwerte für Schwermetalle, allen voran Cd, moderat anzupassen, mit dem Ziel die Verwertungsquoten zu erhöhen.

Tabelle 23: Umfrageergebnisse zur Verwertung von Aschen in Kompostwerken.

Land	Input = Ausgangsmaterial (t/a), (m ³ /a)	Fertig-Kompost (t/a)	Aschenmenge (% Input)	Gründe für die Nicht-Annahme von Aschen nach Angaben der Kompostwerkbetreiber und -betriebsleiter, Meinungen/ Erfahrungen im Fall der Annahme von Aschen
Bgld	ca. 3.000 t/a		0	
Ktn	7.000 t/a		0	Keine Übernahme wegen Staubeentwicklung in Anlage. Frühere Erfahrungen: Aschezugabe erhöht den Schwermetallgehalt nicht, führt aber zur Staubeentwicklung.
Ktn	5.500 t/a		0	Sorge um Kompostqualität
Ktn	2.000 t/a		0	
Ktn	1.100 m ³ /a	250 t/a	0	
NÖ	5.000-9.000 t/a		0	Sorge um Kompostqualität
NÖ		1500 t/a	0	Sorge um Kompostqualität
NÖ	5.500 t/a		ca. 0,14 %	Asche aus einem einzigen Biomasse-HKW wird übernommen. Eine Anfrage auf Übernahme einer Asche ohne Ascheuntersuchung wurde abgelehnt.
NÖ	5.000 t/a		0	Keine Anfragen. Heizkraftwerke in der Region verwerten Rost- und Zyklonaschen in Zementwerken. Falls Aschen im Kompostwerk übernommen werden wäre das 2 % Limit zu hinterfragen. Es sind "5 % vermutlich noch sinnvoll".
NÖ	3.000 t/a		0	Aufwand für Analytik zu groß
NÖ	1.000 t/a		0	
NÖ	ca. 1.000 t/a		0	Ungewisser Aufwand, Staub in der Anlage
NÖ	Kleinanlage		0	
NÖ	Kleinanlage		0	
OÖ	14.000 m ³ /a		0	Keine Asche "weil keine Zeit bleibt sich mit dieser Fragestellung auseinanderzusetzen"

Land	Input = Ausgangsmaterial (t/a), (m ³ /a)	Fertig-Kompost (t/a)	Aschenmenge (% Input)	Gründe für die Nicht-Akzeptanz von Aschen nach Angaben der Kompostwerkbetreiber und -betriebsleiter, Meinungen/ Erfahrungen im Fall der Akzeptanz von Aschen
OÖ	4.000 m ³ /a	900 m ³ /a	0	Es gab Anfragen. Doch der Verwaltungs- und Analysenaufwand lohnt sich nicht. Analysekosten für eine Ascheanalyse würde ca. 600,- bis 700,- Euro betragen
OÖ		800 t/a	0	
OÖ	ca.3.000 m ³ /a		0	
OÖ	ca.2.000 m ³ /a		0	Schwermetallgehalte bereits derzeit nur knapp eingehalten
OÖ	1.500 m ³ /a		0	
OÖ		130 t/a	0	Anlage zu klein
OÖ	Kleinstanlage		0	
OÖ	Kleinstanlage		0	
OÖ	Kleinstanlage		0	
OÖ	Kleinstanlage		0	
OÖ	Kleinstanlage		< 2 %	
OÖ	Kleinstanlage		0	
OÖ	Kleinstanlage		0	
OÖ	nicht bekannt		0	Als Grund wird angegeben: "Die Landesbehörde rät vom Einsatz von Asche in der Kompostierung ab".
OÖ	Kleinstanlage		< 2 %	
OÖ	Kleinstanlage		< 2 %	
OÖ	Kleinstanlage		0	Aufwand für Analytik zu groß, Staubemissionen
OÖ	900 t/a		0	Sorge um Kompostqualität
Sbg	17.500 t/a		0	Kein Bedarf zur Verwertung "weil Heizkraftwerke meist Grob- und Feinasche gemeinsam erfassen und entsorgen". Keine Intention zur Übernahme. Sorge um Qualität der Produkte (Kompost, Komposterde)
Sbg	1.200 m ³ /a		0	Eine Übernahme erscheint möglich. Das betreffende Heizkraftwerk verwertet aber derzeit direkt in der Landwirtschaft (mittels Kalkstreuer)
Stmk		1600 t/a	0	Sorge um Kompostqualität
Stmk	Anlage stillgelegt			
Stmk	Anlage stillgelegt			
Stmk	Kleinstanlage			Anlage zu klein für Aschenübernahme, Sorge um Kompostqualität
Stmk	Kleinstanlage		0	Es gab ein einziges Mal eine Übernahme. Der Schwermetallgehalt des Kompostes stieg an. Außerdem hatte heiße Asche den Asphaltboden beschädigt.
Stmk	Kleinstanlage		< 2 %	Dieses Gemeinde-Kompostwerk übernimmt die Asche aus einem Heizkraftwerk
Stmk	Kleinstanlage		0	
T	4.500 t/a		ca. 2 %	Die Kompostqualität leidet nicht. Luftfilter von Geräten können sich verstopfen, kurzfristig auch Staubemissionen. Nach Einarbeitung der Asche treten keine weiteren Staubemissionen auf. Limit von 2 % ist "zu eng".
V	Kleinstanlage		0	

4.3 Bitumendachbahnen und Bitumenschindeln

Aufgrund der Information eines Biomasse-Heizkraftwerkbetreibers, dass die Asche teilweise auch zur Herstellung von Bitumendachbahnen verwendet wird, wurde eine schriftliche Umfrage bei den relevanten Betrieben durchgeführt. In einem ersten Schritt wurden die Standorte und Produzenten von Bitumenbahnen und Bitumendachschindeln in Österreich ermittelt. Es handelt sich hierbei nur um drei größere Betriebe, deren Produkte auch in mehrere andere europäische Staaten exportiert werden.

kein Einsatz von Biomasse-Aschen

Von allen drei Betrieben kam die Rückmeldung, dass keine Asche für die Herstellung von Bitumendachbahnen übernommen wird. Ein Betrieb erwähnte, dass der Feinstaub der Asche die Viskosität des Bitumengemisches erhöht und damit zu unerwünschten produktionstechnischen Eigenschaften führt. Es besteht auch aus der Sicht des ArbeitnehmerInnen- und Gesundheitsschutzes keine Absicht, Asche (nicht aufbereitet) einzusetzen. Nur eine sehr geringe Menge einer speziellen Asche aus dem eigenen Betrieb (Asche aus der Verbrennung der Reststoffe der Bitumenbahnenherstellung) wird bei einem der drei Betriebe verwertet.

Einer der drei Betriebe hat im Labor bereits Versuche mit aufbereiteten Aschefraktionen durchgeführt. Diese Tests und die im Ausland praktizierte Verwertung von Aschefraktionen bei der Herstellung von Bitumenerzeugnissen (Bitumenbahnen, Schindeln, Straßenasphalt) zeigen, dass die Verwertung von aufbereiteten Aschefraktionen technisch möglich ist.

4.4 Landwirtschaftliche Verwertung ohne vorgeschaltete Kompostierung

In Österreich besteht seit 2011 eine Richtlinie zur Verwertung von Biomasse-Asche in der Landwirtschaft, die vom Fachbeirat für Bodenfruchtbarkeit und Bodenschutz erarbeitet wurde. Diese enthält neben der Darstellung der rechtlichen Voraussetzungen für die Verwertung in Österreich auch Anforderungen an die Ausbringung, Grenzwerte für den Schadstoffgehalt und ein Qualitätssicherungsprogramm (BMLFUW 2011).

landwirtschaftliche Pilotprojekte

Die Verwertung in der Landwirtschaft hat in den letzten Jahren keinen großen Zuwachs erhalten. Folgende Pilotprojekte werden exemplarisch dargestellt:

Die Aufbereitung in **Aigendorf** (Bundesland Salzburg) hat insofern Pilotcharakter, als in dieser Region erstmals eine Siebanlage für die Asche installiert wurde, welche die nachfolgende Verwertung in der Landwirtschaft mittels Streugerät ermöglicht. Gemäß telefonischer Mitteilung der Nahwärme Thalgau GmbH ist die Absiebung/Klassierung erforderlich, weil die Schlacke-Menge anteilsmäßig von Bedeutung ist. Es werden daher bereits derzeit (Stand: November 2015) Siebanlagen auch für die Reststoffe aus Fuschl, Obertrun Wagrain und Thalgau als Vorbereitungsschritt für die Ausbringung der Asche auf landwirtschaftlichen Flächen verwendet. Die Massenbilanzen der Absiebung/Klassierung sind derzeit nicht bekannt. In den beiden größten dieser Anlagen (Aigendorf und Wagrain) werden in Summe 44.000 SRM (Schüttraummeter) Waldhackgut pro Jahr eingesetzt. Aus dieser Brennstoff-Summe und aus weiteren Angaben über

den Brennstoffeinsatz und die Wärmeabgabe, die im Internet verfügbar sind, kann die Aschemenge, die in dieser Region derzeit landwirtschaftlich verwertet wird, nur grob abgeschätzt werden (man beachte auch die derzeit noch nicht vorhandene Massenbilanz der Klassierung). Sie beträgt in Summe für die Heizkraftwerke Fuschl, Obertrun, Wagrain, Thalgau und Aigendorf ca. 200–700 t/a.

Das seit Mitte 2006 in Betrieb befindliche Heizkraftwerk der **BioMa Energie AG** in Ernsthofen sowie Landwirtinnen und Landwirte aus der Region haben vertraglich die Abnahme und Verwertung der Asche festgelegt. Dazu wurde der Verein „Asche aus Ernsthofen“ gegründet, dem Landwirtinnen und Landwirte aus Ernsthofen und aus der Region angehören. Die Vereinsmitglieder verwenden seit August 2009 ca. 1.000 t/a Asche zur Düngung/Mitversorgung der Böden.

4.5 Weitere Pilotprojekte

Pilotprojekte zur innovativen Verwertung von Biomasse-Asche in Österreich wurden vor allem in der Branchenstudie von OBERNBERGER et al. (2014) dargestellt. Folgende Projekte sind darin beschrieben:

- Feldversuche zum Einsatz von Holzaschen in Kurzumtriebsplantagen im Vergleich zu anderen Varianten der mineralischen Düngung (Mineraldünger- und Nullvariante).
- Labor- und Feldversuche zum Einsatz von Holzasche im Forstwege- und Straßenbau (Bodenstabilisierung).
- Versuche zu alternativen Methoden der Ausbringung von Holzasche im Forst (Ausbringung mit Seitenstreuer, Ausbringung mittels Seilgerät).
- Untersuchung der Kompostierungsvorgänge und der Kompostqualität nach höherer Zugabe von Biomasse-Asche (> 2 %).
- Bewertung der genannten innovativen Ascheverwertungsverfahren hinsichtlich ihrer Wirtschaftlichkeit im Vergleich zur Deponierung.

Ergänzend ist das Projekt „BioGAP“ zu nennen, wobei die Universität Innsbruck in Kooperation mit dem Landwirt Armin Hofer und dem Institut für Abfallwirtschaft der BOKU Wien die Möglichkeit der Verwendung von Biomasse-Asche als „Filter“ zur Eliminierung von H₂S aus Biogas untersuchte (MOSTBAUER et al. 2015). Die Studie zeigt folgende Ergebnisse:

- Eine ausreichende Entschwefelung des Biogases konnte auch über längere Zeit hinweg (bis zu 35 Tage) erreicht werden. Es konnte gezeigt werden, dass mittels Biomasse-Rostasche H₂S aus Biogas entfernt werden kann, wenn diese vorher nass ausgetragen wurde.
- FTIR-Spektren zeigen, dass bei der Aufnahme von CO₂ Kalzit (CaCO₃) gebildet wird. Die beobachtete kumulative CO₂-Aufnahme beträgt 35 kg CO₂ bis 135 kg CO₂ pro Tonne Asche-Feuchtsubstanz.
- Die neu entwickelte Methode weist gegenüber den dominierenden etablierten Gasreinigungsverfahren ökologische Vorteile auf (LCA).
- Die Asche ist kaum noch basisch und kann damit leichter als Kompostadditiv oder Bodenverbesserungsmittel angewendet werden.

Eliminierung von H₂S aus Biogas

- Alterung von Aschen** Zur Alterung von Aschen durch Lagerung in Mieten/Flächen sei angemerkt, dass die aktive Alterung von Aschen durch Zufuhr von CO₂ um ein Vielfaches rascher verläuft und auch die inneren Bereich der Aschen erfasst. Eine deutliche und verlässliche pH-Absenkung – und damit verbunden eine nachhaltige Verringerung der Auslaugbarkeit von Zn, Pb und Ba – kann nur mittels aktiver Alterung (aktiver Karbonatisierung) erreicht werden.
- Pelletierung** Eine weitere Strategie zur Schließung von Stoffkreisläufen in Land- und Forstwirtschaft ist die Pelletierung nährstoffhaltiger Abfälle und Nebenprodukte. Verschiedene wissenschaftliche Arbeitsgruppen und Betriebe in Deutschland und Österreich bieten Know-how zur Pelletierung an (z. B. FERNANDEZ-DELAGO JUAREZ et al. 2015b). Die Pelletierung kann mit oder ohne Einbeziehung von anderen düngewirksamen Stoffen/Abfällen erfolgen.

5 SITUATION IN DEN BUNDESLÄNDERN

Um die Situation in den österreichischen Bundesländern bezüglich Biomasse-Asche abzuklären, wurden die jeweiligen Ämter der Landesregierungen kontaktiert. Dabei wurden die folgende Informationen erhalten.

5.1 Strategien zur Beseitigung bzw. Verwertung von Biomasse-Aschen

In keinem der österreichischen Bundesländer gibt es besondere bundesland-spezifische Strategien bzw. Richtlinien oder Leitfäden zur Beseitigung bzw. Verwertung von Biomasse-Aschen nach dem Abfallrecht. Zumeist wird auf die Anwendung der Pflanzenaschen-Richtlinie 2011 (BMLFUW 2011) verwiesen. Vor Veröffentlichung dieser Richtlinie erstellten einige Bundesländer Richtlinien bzw. Leitfäden:

- Kurzbericht „Abfallverwertung – Verwertungsmöglichkeiten von Holzaschen aus Biomasseheizwerken zu Düngezwecken“ (AMT DER VORARLBERGER LANDESREGIERUNG 2002).
- Richtlinie für die Aufbringung von Asche aus Holzfeuerungsanlagen auf landwirtschaftlich genutzte Böden (AMT DER SALZBURGER LANDESREGIERUNG 2006), wurde zurückgezogen.
- Leitfaden „Aschen aus Biomassefeuerungen“ (AMT DER TIROLER LANDESREGIERUNG 2004), wurde zurückgezogen.

Vom Vertreter eines Bundeslandes wurde angemerkt, dass vor allem in der Praxis der Wunsch nach Adaptierung der Pflanzenaschen-Richtlinie 2011 im Hinblick auf die Anzahl der jährlichen Untersuchungen besteht. So könnte etwa die Anzahl der jährlichen Untersuchungen für jene Fälle reduziert werden, in welchen gleich bleibende Bedingungen herrschen.

5.2 Menge der jährlich im Bundesland anfallenden Biomasse-Aschen

Genauere Daten über die im jeweiligen Bundesland anfallenden Mengen an Biomasse-Aschen liegen in keinem Bundesland vor, die meisten Ämter der Landesregierung haben allerdings Abschätzungen gemacht, die aber z. T. nicht mehr aktuell sind.

5.3 Biomasse-Feuerungsanlagen im Bundesland

Die meisten Länder verfügen über Informationen über die im Land installierten Biomasse-Feuerungsanlagen, zum Teil basierend auf Daten aus der Förderung derartiger Anlagen.

5.4 Informationen über den Verbleib der im Land anfallenden Biomasse-Aschen

Das Land **Steiermark** hat gemeinsam mit dem Landesenergieverein Steiermark den Verbleib der Biomasse-Asche im Land erhoben. Demnach werden ca. 34 % der Aschen deponiert, 19 % auf den Boden aufgebracht und 9 % kompostiert.

Von **Kärnten** wird berichtet, dass die größten Mengen an Biomasse-Aschen einer Entsorgung zugeführt werden, da der Verwaltungsaufwand für die Ausbringung auf Böden vielen Betreibern zu groß ist.

Das Amt der oberösterreichischen Landesregierung hat sich gemeinsam mit dem Biomasseverband Oberösterreich das Ziel gesetzt, die Verwertungsquote von Pflanzenaschen in **Oberösterreich** zu erhöhen. Der Biomasseverband hat dazu für seine Mitglieder (bäuerliche Biomasseheizwerke) die Kosten für die Analyse der Ascheproben bei einem Labor ausverhandelt. Zudem sollen die Heizwerkbetreiber nach einer Schulung ein Zertifikat erhalten, womit sie gemäß der Pflanzenaschen-Richtlinie 2011 zum „entsprechend geschulten Personal“ gehören und selbst Proben für Aschenanalysen ziehen dürfen.

In **Vorarlberg** wird der Großteil der Biomasse-Aschen deponiert, auch in Fällen, in denen die Qualitäten der Aschen ein Ausbringen auf den Boden erlauben würden. Den meisten Anlagenbetreibern erscheint der Aufwand für die Ausbringung auf den Boden zu groß. Nur in Fällen, in denen der Anlagenbetreiber die eigene Asche auf den eigenen Boden aufbringen kann, erfolgt diese Art der Asche-Verwertung. Privathaushalte entsorgen die Biomasse-Asche meist im Restmüll bzw. mischen sie in den eigenen Kompost.

5.5 Qualitäten der anfallenden Biomasse-Aschen

In **Kärnten** wurden im November/Dezember 2011 rund 70 Aschenproben von Kärntner Biomasseheizwerken genommen und analysiert. Laut Information des Amtes der Kärntner Landesregierung entsprachen die Analysen zu einem sehr hohen Prozentsatz der Pflanzenaschen-Richtlinie 2011. Allerdings gab es auch Aschen, die deutlich belasteter waren; diese wurden deponiert.

Oberösterreich führte im Jahr 2000 umfangreiche Biomasse-Aschenanalysen durch, welche aber nur noch bedingt als repräsentativ angesehen werden. Seit dem Jahr 2012 wurden Untersuchungen von 14 Aschenproben aus Biomasseheizwerken im chemisch-analytischen Labor der Abteilung Umweltschutz durchgeführt. Davon wiesen 6 Proben die Qualitätsklasse A und 2 Proben die Qualitätsklasse B auf. Bei den restlichen 6 Proben (2 Proben aus E-Filterasche, 2 Proben aus Zyklonasche und 2 Mischproben) wurden die Grenzwerte überschritten.

In **Salzburg** besteht für Betreiber von Biomasseheizkraftwerken die Möglichkeit, Aschen im Landeslabor analysieren zu lassen. Dadurch liegen dem Land Salzburg Informationen über die Qualitäten der Aschen vor.

Das Land **Vorarlberg** hat im Jahr 2002 einen Kurzbericht zu den Verwertungsmöglichkeiten von Holzaschen aus Biomasseheizkraftwerken zu Düngezwecken erstellt (AMT DER VORARLBERGER LANDESREGIERUNG 2002). Dieser Bericht listet durchschnittliche Nährstoff- Schwermetall- und PAK-Gehalte von Holz-

aschen auf. Sofern in den eigenen Labors Kapazitäten frei sind, werden in regelmäßigen Abständen Biomasse-Aschen von Anlagen in Vorarlberg analysiert. Dabei stellte sich heraus, dass die Rostaschen durchwegs gute Qualitäten aufweisen und auf den Boden aufgebracht werden könnten. Dennoch erfolgte zu meist eine Deponierung.

6 LITERATURVERZEICHNIS

- AMT DER VORARLBERGER LANDESREGIERUNG (2002): Kurzbericht „Abfallverwertung – Verwertungsmöglichkeiten von Holzaschen aus Biomasseheizwerken zu Dünge Zwecken“. Bregenz.
- AUGUSTO, L.; BAKKER, M.R. & MEREDIEU, C. (2008): Wood ash applications to temperate forest ecosystems – potential benefits and drawbacks. *Plant Soil* 306: 181–198.
- BACHHIESL, M.; TAUSCHITZ, J.; ZEFFERER, H. & ZELLINGER, G. (2001): Untersuchungen zur thermischen Verwertung von Biomasse und heizwertreichen Abfallfraktionen als Sekundärbrennstoffe in Wärmekraftwerken. Schriftenreihe der Forschung im Verbund, Band 73.
- BAYRISCHES LANDESAMT FÜR UMWELT (2009): Verwertung und Beseitigung von Holzaschen. Merkblatt. Augsburg.
- BOKU (2014): Unveröffentlichte Auswertung von Ascheanalysen aus Biomasseheizkraftwerken, Institut für Abfallwirtschaft, Universität für Bodenkultur Wien.
- EBERHARD, W.; SCHEFFKNECHT, C. & SCHERER, J. (2002): Abfallverwertung – Verwertungsmöglichkeiten von Holzaschen aus Biomasseheizwerken zur Dünge Zwecken. Kurzbericht UI/Vle-01/2002. Hrsg.: Land Vorarlberg.
- EBERHARDINGER, A.; ZORMAYR, F.; SCHARDT, M. & ZIMMER, B. (2009): Prozessanalyse und Ökobilanzierung der Bereitstellung von Waldhackgut zur thermischen Verwertung. Hrsg.: Lehrstuhl für Forstliche Arbeitswissenschaft und Angewandte Informatik, TU München. Freising, DE.
- EMPA – Eidgenössische Materialprüfungs- und Forschungsanstalt (2000): Emissionen und Stoffflüsse von (Rest-)Holzfeuerungen. EMPA-Bericht Nr. 880'002/1. Dübendorf, Schweiz.
- FERNANDEZ-DELAGO JUAREZ, M.; GOMEZ-BRANDON, M. & INSAM, H. (2015a): Merging two waste streams, wood ash and biowaste, results in improved composting process and end products. *Science of the Total Environment* 511: 91–100.
- FERNANDEZ-DELAGO JUAREZ, M.; PRÄHAUSER, B.; WALTER, A.; INSAM, H. & FRANKE-WHITTLE, I.H. (2015b): Co-composting of biowaste and wood ash, influence on a microbially driven process. *Waste management xxx.2015*. (in press)
- FRIEMBICHLER, F. et al. (2011): Die Zementerzeugung in Österreich. Hrsg.: Zement + Beton Handels- und Werbeges.m.b.H., im Auftrag der Vereinigung der Österreichischen Zementindustrie. 3.Auflage.
- GRAS, B. (2002): Schadstoffe in Altholz. *Hamburger Umweltbericht* 62/02. Behörde für Umwelt- und Gesundheit, Hamburg.
- GRAS, B. (2006): Untersuchung von Holzaschen aus Kleinfeuerungsanlagen – Erkennen von Brennstoffmissbrauch. Hrsg.: Freie und Hansestadt Hamburg. Behörde für Soziales, Familie, Gesundheit und Verbraucherschutz, Institut für Hygiene und Umwelt, 20539 Hamburg.
- HOLZNER, H. (2000): Land- und Forstwirtschaftliche Verwendung von Aschen. Stmk. Landeskammer für Land- und Forstwirtschaft. Graz.

- INGERSLEV, M.; SKOV, S.; SEVEL, L. & PEDERSEN, L.B. (2011): Element budgets of forest biomass combustion and ash fertilization – A Danish case study. *Biomass and Bioenergy* 35:7: 2697–2704.
- INSAM, H. (2015): e-Mail Mitteilung an die Mitglieder des Arbeitskreises Holzascheverwertung. 25. Sept. 2015.
- JACOBSEN, S., HOGBOM, L., RING E. & NOHRSTEDT H.O.(2004): Effects of Wood Ash Dose and Formulation on Soil Chemistry at Two Coniferous Forest Sites. *Water, Air and Soil Pollution* 158:1:113-125.
- LANDWIRTSCHAFTSKAMMER NIEDERÖSTERREICH (2015): Biomasse-Heizungserhebung 2014. St. Pölten.
- LATVA-SOMPPI, J.; MOISIO, M.; KAUPPINEN, E.I.; VALMARI, T.; AHONEN, P.; TAPPER, U. & KESKINEN, J. (1998): Ash formation during fluidized-bed incineration of paper mill waste sludge. *J. Aerosol Sci.* Vol. 29 No. 4: 461–480.
- LFU BAYERN – Bayerisches Landesamt für Umweltschutz (1998): Untersuchung von Altholz aus Altholzaufbereitungsanlagen in Bayern. München.
- MAUSCHITZ, G. (2014): Emissionen aus Anlagen der österreichischen Zementindustrie. Berichtsjahr 2013. Erstellt vom Institut für Verfahrenstechnik, Umwelttechnik und Technische Biowissenschaften, TU Wien. Hrsg.: Vereinigung der Österreichischen Zementindustrie, VÖZ.
- MAYER, M.; LIENHART, T. & PALECZEK, D. (2013): Verwertung von Biomasse-Aschen als wertvoller Dünger für die Land- und Forstwirtschaft. Hrsg: Arbeitsgemeinschaft Biomasse-Nahwärme/Biomasse-Verband, Wien.
- MOSTBAUER, P.; KNAPP, A.; MÜLLER, W.; INSAM, I.; TERTSCH, S.; FERNÁNDEZ-DELGADO, M. & BOCKREIS, A. (2015): Removal of Hydrogen Sulphide from Biogas – Results of the Neustift Pilot Plant. Sardinia 2015. *International Waste Man. & Landfill Symposium*, Pula. Editor: CISA (IT).
- OBERNBERGER, I. (1995): Aschen aus Biomassefeuerungen – Schwermetallfraktionierung und Recyclingstechnologien. In: Tagungsband zum 4. Symposium "Biobrennstoffe und umweltfreundliche Heizanlagen", Sept. 1995, Regensburg.
- OBERNBERGER, I. (1997a): Aschen aus Biomassefeuerungen – Zusammensetzung und Verwertung. VDI Bericht 1319. Thermische Biomassenutzung – Technik und Realisierung, S.199-22. VDI Verlag Düsseldorf.
- OBERNBERGER, I. (1997b): Nutzung fester Biomasse in Verbrennungsanlagen unter besonderer Berücksichtigung des Verhaltens aschebildender Elemente. Schriftenreihe Thermische Biomassenutzung der Abteilung für Grundlagen am Institut für Verfahrenstechnik, Technische Universität Graz, Band 1. dbv-Verlag für die Technische Universität Graz. ISBN 3-7041-0241-5.
- OBERNBERGER, I. (1997c): Asche aus Biomassefeuerungen – Charakteristik und Aufbereitung. VDI-Bericht 1319. VDI Verlag GmbH, Düsseldorf.
- OBERNBERGER I. (1997d): Nutzung fester Biomasse in Verbrennungsanlagen. VDI-Bericht 1319. VDI Verlag GmbH, Düsseldorf.
- OBERNBERGER, I. & SUPANCIC, K. (2009): Possibilities of ash utilisation from biomass combustion plants. 17th European Biomass Conf. & Exhibition, Hamburg. Editor: ETA-Renewable Energies, IT.

- OBERNBERGER, I. et al. (2014): Entwicklung von innovativen Verfahren zur Holzascheverwertung – Wissenschaftlicher Endbericht. Branchenstudie unter Beteiligung der Österreichischen Kooperationsplattform Forst-Holz-Papier (FHP), BIOS Bioenergiesysteme GmbH, Universität für Bodenkultur, Bioenergie 2020+ GmbH und Landwirtschaftskammer Steiermark.
- ÖSTERREICHISCHE ENERGIEAGENTUR (2014): Biogene Materialflüsse in Österreich. Wien.
- ÖSTERREICHISCHER KACHELOFENVERBAND (2010): Die Entwicklung des Pelletsmarktes in Österreich. Wien.
- RUCKENBAUER, P.; OBERNBERGER, I. & HOLZNER, H. (1996): Erforschung der Verwendungsmöglichkeiten von Aschen aus Hackgut- und Rindenfeuerungen. Endbericht der Projektphase II, Forschungsprojekt StU 48 der Bund-Bundesländerkooperation, Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung (Hrsg.), Universität für Bodenkultur Wien.
- SCHORCHT, F.; KOURTI, I.; SCALET, B.M.; ROUDIER, S. & DELGADO SANCHO, L. (2013): BAT Reference Document for the Production of Cement, Lime and Magnesium Oxide. Editor: IPPC Bureau, Sevilla.
- SPAUN, S. (2015): Persönliche Mitteilung von Sebastian Spaun, VÖZ, September 2015.
- STAHL, E. (2006): Qualität und Verwertungsmöglichkeiten von Holzaschen in NRW. Diplomarbeit. RWTH Aachen, Forschungsgebiet Abfallwirtschaft.
- STATISTIK AUSTRIA (2011): Standard-Dokumentation Metainformationen zu den Energiebilanzen für Österreich und die Bundesländer. Wien.
- STATISTIK AUSTRIA (2014): Energiebilanzen Österreich 1970–2013. Stand: 3. Februar 2015. Wien.
- STEISELBERGER, J. (2003): Potentiale biogene Brennstoffe zur energetischen Nutzung. Agrarplus GmbH. St. Pölten.
- STETTNER, U. & ZORMAIER, F. (2010): Verwertung und Beseitigung von Holzaschen. LWF aktuell 74/2010. Hrsg.: Bayrisches Landesamt für Umweltschutz.
- STMLU BAYERN – Bayrisches Staatsministerium für Landesentwicklung und Umweltfragen (2000): Naturbelassene biogene Festbrennstoffe. Materialien Nr. 154. München.
- STOLZ, P.; KROOß, U.; THURMANN, U. & MÜLLER, H. (1999): Verfahren zur Holzschutzmittelbestimmung. Texte 50/99, Umweltbundesamt Berlin.
- VAMUVKA, D. & KAKARAS, E. (2011): Ash properties and environmental impact of various biomass and coal fuels and their blends. Fuel Processing Technology 92: 570–581.
- VÖZ – Vereinigung der Österreichischen Zementindustrie (2014): Umwelt-Produktdeklaration der Vereinigung der Österreichischen Zementindustrie nach ISO 14025 und EN 15804, 24.03.2014 (gültig bis 2019). Hrsg.: Institut für Bauen und Umwelt (IBU), Berlin.
- VÖZ – Vereinigung der Österreichischen Zementindustrie (2015): Homepage des Österreichischen VÖZ. www.zement.at (Download August 2015)

- WILPERT VON, K. (2010): Verwendung von Holzasche bei der Waldkalkung/Holzasche Kreislaufkonzept Baden-Württemberg. Vortragsfolien zum Workshop „Ascheverwendung bei der energetischen Biomassenutzung zur Schließung von Stoffkreisläufen“. Stuttgart, 23.06.2010.
- WITTKOPF (2005): Bereitstellung von Hackgut zur thermischen Verwertung durch Forstbetriebe in Bayern. Dissertation an der Fakultät Weihenstephan, Technische Universität München.
- ZIMMERMANN, S.; HÄSSIG, J. & LANDOLT, W.(2010): Literaturreview Holzasche-Wald. Im Auftrag des Schweizer Bundesamtes für Umwelt – BAFU.

Rechtsnormen und Leitlinien

- Abfallverbrennungsverordnung (AVV; BGBl. II Nr. 389/2002 i.d.g.F): Verordnung des Bundesministers für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft und des Bundesministers für Wirtschaft und Arbeit über die Verbrennung von Abfällen.
- AMT DER SALZBURGER LANDESREGIERUNG (2006): Richtlinie für die Aufbringung von Asche aus Holzfeuerungsanlagen auf landwirtschaftlich genutzte Böden – Asche-Richtlinie 2006. Abteilung 4 (Land- und Forstwirtschaft)/Abteilung 16 (Umweltschutz). Abteilung 4 (Land- und Forstwirtschaft)/Abteilung 16 (Umweltschutz). Salzburg.
- AMT DER TIROLER LANDESREGIERUNG (2004): Leitfaden „Aschen aus Biomassefeuerungen“. Innsbruck.
- BMLFUW – Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft (1998): Österreichische Richtlinie für einen sachgerechten Einsatz von Pflanzenaschen im Wald bzw. im Acker und Grünland.
- BMLFUW – Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft (2011): Richtlinie für den sachgerechten Einsatz von Pflanzenaschen zur Verwertung auf land- und forstwirtschaftlich genutzten Flächen.
- BUWAL – Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft (2005): Entsorgung von Abfällen in Zementwerken. Richtlinie. 2. Auflage, Okt. 2005. Hinweis: Anhang 1 „Positivliste“ datiert vom Mai 2007. Hrsg.: Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft, Schweiz.
- EU Amtsblatt (2013): Durchführungsbeschluss der Kommission vom 26. März 2013 über Schlussfolgerungen zu den besten verfügbaren Techniken (BVT) gemäß der Richtlinie 2010/75/EU des Europäischen Parlaments und des Rates über Industrieemissionen in Bezug auf die Herstellung von Zement, Kalk und Magnesiumoxid. Aktenzeichen C(2013) 1728 (2013/163/EU).
- Deponieverordnung (DeponieV; BGBl. Nr. 164/1996 i.d.g.F.): Verordnung des Bundesministers für Umwelt über die Ablagerung von Abfällen.
- Emissionsschutzgesetz für Kesselanlagen (EG-K; BGBl. I Nr. 150/2004 i.d.g.F.): Bundesgesetz, mit dem ein Bundesgesetz über die integrierte Vermeidung und Verminderung von Emissionen aus Dampfkesselanlagen erlassen wird.

Kompostverordnung (KompostVO; BGBl. II Nr. 292/2001): Verordnung des Bundesministers für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft über Qualitätsanforderungen an Komposte aus Abfällen.

Internetlinks

GKS-GEMEINSCHAFTSKRAFTWERK SCHWEINFURT GMBH: Brennstoffe-Daten. 03.04.2015.
www.gks-sw.de/index.php/de/online-apps/brennstoffe-daten.html

ÖSTERREICHISCHER BIOMASSE-VERBAND: Was ist Biomasse und Bioenergie. 17.09.2015.
<http://www.biomasseverband.at/bioenergie/was-ist-biomasse-und-bioenergie/>

UMWELTBUNDESAMT WIEN: EMAS-Datenbank. 17.09.2015. www.umweltbundesamt.at

Umweltbundesamt GmbH

Spittelauer Lände 5
1090 Wien/Österreich

Tel.: +43-(0)1-313 04

Fax: +43-(0)1-313 04/5400

office@umweltbundesamt.at

www.umweltbundesamt.at

Der Report bildet die Biomasse-Aschenströme in Österreich exemplarisch für das Jahr 2013 ab und beschäftigt sich mit Aufkommen, Behandlungswegen und Verbleib. Es wurde ein Aufkommen von rd. 200.000 Tonnen abgeschätzt. Davon sind rd. 133.000 Tonnen als separat gesammeltes Aufkommen im Electronischen Daten Management erfasst, für rd. 126.000 Tonnen lässt sich ein endgültiger Verbleib belegen. Fast die Hälfte davon wird deponiert, ca. ein Drittel wird in Zementwerken und ca. 11 % in Baustoffwerken eingesetzt. Die Ascheeigenschaften stehen in unmittelbarem Zusammenhang mit der Verbrennungstechnik und den Massebilanzen der Heizkraftwerke. Feinstfilteraschen sind vor allem mit Schwefel, Zink, Blei und Cadmium stark bis sehr stark angereichert. Diese Aschen sind für Düngezwecke nicht geeignet. Der lösliche Anteil kann so hoch sein, dass eine ober-tägige Ablagerung nicht möglich ist.