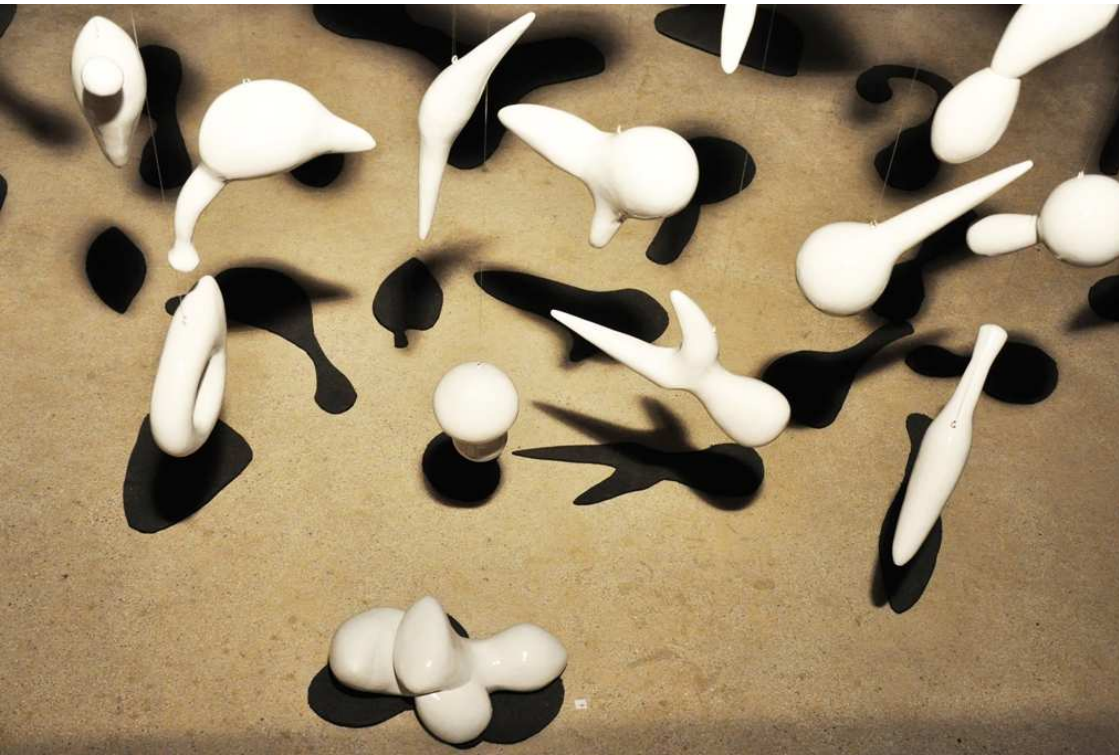




lebensministerium.at

RICHTLINIE FÜR DEN SACH- GERECHTEN EINSATZ VON PFLANZE- NASCHEN ZUR VERWERTUNG AUF LAND- UND FORSTWIRTSCHAFTLICH GENUTZTEN FLÄCHEN

Fachbeirat für Bodenfruchtbarkeit und Bodenschutz



I M P R E S S U M

Medieninhaber, Herausgeber:

Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und
Wasserwirtschaft, Stubenring 1, 1010 Wien

Erarbeitet vom Fachbeirat für Bodenfruchtbarkeit und Bodenschutz
des BMLFUW unter dem Vorsitz von Dipl.-Ing. Monika Stangl

Foto:

Helene Keller

www.helenekeller.com

Grafische Gestaltung:

BMLFUW / III/9 Busra Durmus

Die Empfehlungen entsprechen den Beschlüssen des Fachbeirates für Bodenfruchtbarkeit und Bodenschutz und gelten ab 1.1.2011.

1. Auflage 2011

VORWORT



Die energetische Nutzung von Biomasse hat in den letzten Jahren zunehmend an Bedeutung gewonnen. Besonders in waldreichen Gebieten wie Österreich leistet dieser Bereich einen wesentlichen Beitrag für eine nachhaltige regionale Energieversorgung. Während früher die Asche oft als „lästiges Abfallprodukt“ angesehen wurde, konnte bereits in den späten 1990er Jahren vom Fachbeirat für Bodenfruchtbarkeit der besondere Wert dieses Sekundärrohstoffes erkannt werden. Eine Rückführung der Mineralstoffe entspricht dem ökologischen Prinzip der geschlossenen Stoffkreisläufe und hilft, die knapper werdenden natürlichen Mineralstoffressourcen zu schonen.

In zwei Broschüren wurden die Empfehlungen für eine sachgerechte Anwendung im Wald und auf landwirtschaftlich genutzten Flächen festgelegt, die sowohl den Nähr- als auch einen potenziellen Schadstoffgehalt berücksichtigten. Eine Überarbeitung dieser Broschüren war einerseits aufgrund geänderter rechtlicher Rahmenbedingungen, andererseits aber auch durch den enormen technischen Fortschritt bei der Verbrennungstechnik und der Staubabscheidung erforderlich.

In die Erstellung der neuen Richtlinie wurden nicht nur die Expertinnen und Experten des Fachbeirates, sondern auch Vertreter der Heizwerkbetreiber sowie Experten für Verbrennungstechnik und Aschecharakterisierung mit eingebunden.

Dadurch kann eine ökologisch sinnvolle und für die Umwelt unbedenkliche Anwendung von Pflanzenaschen in der Land- und Forstwirtschaft bei gleichzeitiger hoher Akzeptanz durch die Ascheproduzenten sichergestellt werden.

A handwritten signature in blue ink, consisting of stylized, cursive letters.

DI Nikolaus Berlakovich
Landwirtschaftsminister

Leiter der Arbeitsgruppe „Pflanzenasche“:

Klaus Katzensteiner, BOKU Wien

Autoren:

Heinrich Holzner, LK Steiermark, Ingwald Obernberger, Technische Universität Graz

Redaktion:

Andreas Baumgarten, AGES

unter der Mitarbeit von (in alphabetischer Reihenfolge):

Torsten Berger, Mathilde Danzer, Johann Humer, Peter Jurik, Heribert Insam, Georg Juritsch, Klaus Katzensteiner, Alexander Knapp, Heinz Lick, Peter Liebhard, Christoph Majer, Nora Mitterböck, Franz Mutsch, Andreas Oberhammer, Erwin Pfundtner, Erich Poetsch, Josef Pusterhofer, Volker Schnäbele, Erika Schubert, Karl Schuster, Christian Schwaninger, Nina Spatny, Josef Springer, Gerhard Stockinger, Dieter Stöhr, Klaus Supancic, Hermann Unsinn, Peter Weiss, Claudia Winkowitsch, Gerhard Wischenbarth, Martin Wresowar, Gerhard Zethner

Gender-Hinweis

Im Sinne einer besseren Lesbarkeit der Texte wurde entweder die männliche oder weibliche Form von Personen bezogenen Hauptwörtern gewählt. Dies impliziert keinesfalls eine Benachteiligung des jeweils anderen Geschlechts. Frauen und Männer mögen sich von den Inhalten dieser Richtlinie gleichermaßen angesprochen fühlen.

INHALTSVERZEICHNIS

1 Einleitung und Anwendungsbereich	2
2 Begriffsbestimmungen	3
3 Rechtlicher Status.....	4
3.1 Bundesrecht	4
3.1.1 Abfallwirtschaftsgesetz	4
3.1.1.1 Kompostverordnung	5
3.1.1.2 Abfallverzeichnisverordnung	6
3.1.1.3 Abfallbilanzverordnung.....	7
3.1.1.4 Altlastensanierungsgesetz	9
3.1.2 Düngemittelgesetz	10
3.1.3 Forstgesetz	10
3.1.4 Wasserrechtsgesetz	11
3.2 Länderrecht	11
3.3 EU-Recht, Internationale Abkommen.....	12
3.3.1 EU-BIO-Verordnung	12
3.4 Zusammenfassung zum rechtlichen Status der Pflanzenaschen und praktische Vorgangsweise.....	12
4 Anforderungen für die Verwertung	14
4.1 Aschenfraktionen.....	14
4.2 Korngrößen, Störstoffe.....	15
4.3 Chemische Eigenschaften und Untersuchungen	15
4.3.1 Probenahme	16
4.3.2 Untersuchungsparameter	17
4.3.3 Anzahl der jährlichen Untersuchungen.....	18

4.3.4	<i>Schadstoff-Grenzwerte und Qualitätsklassen für Pflanzenaschen</i>	19
4.4	<i>Richtwerte für Ascheanfall</i>	21
4.4.1	<i>Aschegehalt verschiedener Brennstoffe</i>	21
4.4.2	<i>Durchschnittlicher Ascheanfall</i>	22
5	<i>Beschaffenheit der Ausbringungsflächen</i>	23
5.1	<i>Landwirtschaftlich genutzte Böden</i>	23
5.2	<i>Waldböden</i>	26
6	<i>Ausbringung</i>	27
6.1	<i>Aufbereitung und Logistik</i>	27
6.2	<i>Acker- und Grünland</i>	28
6.2.1	<i>Maximale Schadstofffrachten</i>	28
6.2.2	<i>Nährstofffrachten</i>	29
6.2.3	<i>Beispiele für die Berechnung sachgerechter Ausbringungsmengen</i>	30
6.2.4	<i>Ausbringung</i>	38
6.2.5	<i>Aufzeichnungen</i>	41
6.3	<i>Wald</i>	42
6.3.1	<i>Frachten</i>	42
6.3.2	<i>Ausbringungstechnik</i>	43
6.3.3	<i>Aufzeichnungs- und Meldepflicht</i>	43
7	<i>Literatur</i>	44
7.1	<i>Zitate</i>	44
7.2	<i>Literaturverzeichnis</i>	44
8	<i>Anhänge</i>	56

1 Einleitung und Anwendungsbereich

Pflanzenaschen aus Biomassefeuerungen sind unter Einhaltung bestimmter Voraussetzungen wertvolle Sekundärrohstoffe für die Land- und Forstwirtschaft. Aufgrund ihres Nährstoffgehalts, der möglichen Boden verbessernden Wirkungen und im Sinne des ökologischen Prinzips geschlossener Produktionskreisläufe können und sollen Pflanzenaschen bei Einhaltung aller gesetzlichen Bestimmungen zum Schutz der Böden und der Umwelt, unter Beachtung der Empfehlungen für die sachgerechte Ausbringung, kontrolliert in die natürlichen Kreisläufe rückgeführt werden. Die Rückführung der Nährstoffe hat in den letzten Jahren umso mehr an Bedeutung gewonnen, als zum einen immer größere Aschenmengen anfallen und zum anderen die natürlichen Ressourcen für die Düngemittelproduktion ständig knapper werden.

Schwermetalle, die sowohl aus geogenen als auch anthropogenen Quellen in die Pflanzen gelangen können, sind schon während des Verbrennungsprozesses dem Stand der Technik entsprechend nach dem Prinzip der Schwermetallfraktionierung bestmöglich abzuscheiden ^{1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8}.

Die vorliegende Empfehlung beschreibt die Voraussetzungen für den sachgerechten Einsatz von Pflanzenaschen auf land- oder forstwirtschaftlich genutzten Flächen sowohl in Hinblick auf die enthaltenen Nährstoffe als auch die Schadstoffe in Pflanzenaschen. Sinngemäß kann diese Richtlinie auch für den Garten- und Landschaftsbau angewendet werden.

Es wird ausdrücklich darauf hingewiesen, dass sich diese Richtlinie ausschließlich auf Pflanzenaschen im Sinn der folgenden Begriffsbestimmungen bezieht.

2 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.

In Biomassefeuerungen können folgende **Aschefractionen** anfallen:

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.

Kesselasche: als Kesselasche 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. Bei Feuerungsanlagen ohne eine derartige Abgasreinigung wird die Feinstflugasche als Reststaub in die Atmosphäre abgegeben.

3 Rechtlicher Status

3.1 Bundesrecht

3.1.1 Abfallwirtschaftsgesetz

Gemäß Abfallwirtschaftsgesetz 2002⁹ sind Pflanzenaschen Abfall (§ 2 Abs. 1). Abfälle, welche getrennt von anderen Abfällen gesammelt werden, um diese Abfälle nachweislich einer zulässigen Verwertung zuzuführen, sind Altstoffe (§ 2 Abs. 4 Z 1).

Nach § 5 Abs. 1 gelten Altstoffe so lange als Abfälle, bis sie oder die aus ihnen gewonnenen Stoffe unmittelbar als Substitution von Rohstoffen oder von aus Primärrohstoffen erzeugten Produkten verwendet werden. **Bei einem sachgerechten Einsatz von Pflanzenaschen in land- oder forstwirtschaftlichen Kulturen wird also das Abfallende erreicht.**

§ 17 enthält die Aufzeichnungspflichten für Abfallbesitzer. Gemäß Abs. 1 haben Abfallbesitzer (Abfallersterzeuger, -sammler und -behandler), sofern sie nicht unter die Ausnahme in Abs. 2 fallen, getrennt für jedes Kalenderjahr fortlaufende Aufzeichnungen über Art, Menge, Herkunft und Verbleib von Abfällen zu führen. Die Aufzeichnungspflichten der Abfallbesitzer sind in der Abfallnachweisverordnung 2003¹⁰ bzw. in der Abfallbilanzverordnung¹¹ (Spezialbestimmung für aufzeichnungspflichtige Abfallsammler und -behandler) näher geregelt. Nicht buchführungspflichtige land- und forstwirtschaftliche Betriebe unterliegen hinsichtlich der **bei ihnen anfallenden** nicht gefährlichen Abfälle (z.B. Pflanzenaschen) und Problemstoffe sowie hinsichtlich der bei ihnen anfallenden gefährlichen Abfälle - sofern diese einem rücknahmeberechtigten Abfallsammler oder -behandler im Sinne des § 25 Abs. 2 Z 2 übergeben werden - nicht der Aufzeichnungspflicht (vgl. § 17 Abs. 2 Z 2; diese Ausnahmeregelung trifft daher nicht zu, wenn Abfälle einer anderen Rechtsperson übernommen werden).

Aufzeichnungspflichtige Abfallsammler und –behandler unterliegen der Abfallbilanzverordnung. Diese Verordnung beinhaltet insbesondere die Verpflichtungen zur Stammdateneintragung in das Register gemäß § 22 AWG 2002, zur elektronischen Aufzeichnungsführung und zur jährlichen Erstellung und Meldung von Abfallbilanzen. Die Verordnung ist mit 1. Jänner 2009 in Kraft getreten. Eine stufenweise Einführung der Verpflichtungen dieser Verordnung ist durch Erleichterungen hinsichtlich der Verpflichtung zur elektronischen Aufzeichnungsführung und hinsichtlich der Meldung von Jahresabfallbilanzen in den ersten Berichtsjahren vorgesehen. Die jährlichen Meldungen von Abfallbilanzen sind bis zum 15. März des Folgejahres abzugeben.

Für die Sammlung oder Behandlung von nicht gefährlichen Abfällen bedarf es einer Berechtigung gemäß AWG 2002 durch den Landeshauptmann, sofern keine Ausnahme zur Anwendung kommt. Von dem Erfordernis einer Berechtigung sind zum Beispiel Aschenaufbereitungsanlagen betroffen. Land- und Forstwirte, die Aschen zum Nutzen der Ökologie auf den Boden aufbringen, unterliegen nicht dieser Verpflichtung.

Im Fall einer unsachgemäßen Ausbringung von Pflanzenaschen hat die Behörde nach § 73 AWG 2002 dem Verpflichteten die erforderlichen Maßnahmen mit Bescheid aufzutragen oder das rechtswidrige Handeln zu untersagen. Für Wald gelten diesbezüglich separate Bestimmungen (siehe Kapitel 3.1.3).

Gemäß Art. 2 Abs. 2 der REACH-Verordnung¹² sind Abfälle vom Anwendungsbereich dieser Verordnung ausgenommen, so dass sich für diese keine unmittelbaren Verpflichtungen aus REACH ergeben. Ob ein Gegenstand, Stoff oder Material Abfall ist bzw. seine Abfalleigenschaft verloren hat, ist dabei ausschließlich vom Abfallrecht zu beurteilen.

3.1.1.1 Kompostverordnung¹³

Im Fall der Verwendung von Pflanzenaschen als Zuschlagsstoff in der Kompostierung sind die Bestimmungen der Kompostverordnung anzuwenden.

3.1.1.2 Abfallverzeichnisverordnung¹⁴

Für gemäß dieser Richtlinie relevante Pflanzenaschen sind in Aufzeichnungen gemäß §17 AWG 2002 folgende spezifizierten Abfallarten gemäß Abfallverzeichnisverordnung und ÖNORM S 2100¹⁵ zu verwenden:

Abbildung 1: **Abfallverzeichnisverordnung 1**

Schlüsselnummer		Bezeichnung der Spezifizierung
31306	Holzasche, Strohasche	
31306 70	Holzasche, Strohasche	Rostasche
31306 72	Holzasche, Strohasche	Flugasche *)
31306 74	Holzasche, Strohasche	Feinstflugasche

*) alle Flugaschenfraktionen, die nicht der Feinstflugasche zuzuordnen sind, dazu gehört auch Kesselasche

Werden Pflanzenaschen als Zuschlagstoff zur Kompostierung eingesetzt, sind folgende Schlüsselnummern zu verwenden:

Abbildung 2: **Abfallverzeichnisverordnung 2**

Schlüsselnummer		Bezeichnung der Spezifizierung
92303	Pflanzenasche	
92303 71	Pflanzenasche	Pflanzen-Rostaschen
92303 73	Pflanzenasche	Pflanzen-Flugaschen

3.1.1.3 Abfallbilanzverordnung¹¹

Aufzeichnungspflicht und Jahresabfallbilanzen

Werden Pflanzenaschen von einem Land- oder Forstwirt zur Verwertung von einer anderen Rechtsperson übernommen und auf land- oder forstwirtschaftlich genutzten Flächen ausgebracht, so handelt es sich um die Behandlung eines Abfalls. Für diese Land- oder Forstwirte greift die Ausnahmebestimmung des § 17 AWG 2002 nicht, weshalb sie rechtlich gesehen aufzeichnungspflichtige Abfallsammler und -behandler sind. Sie unterliegen daher insbesondere hinsichtlich der von anderen Rechtspersonen übernommenen Pflanzenaschen der Abfallbilanzverordnung. Nach dieser Verordnung haben sie Menge, Herkunft und Verbleib der übernommenen Aschen jährlich elektronisch an den zuständigen Landeshauptmann zu melden. Diese Meldung muss im Wege des **Elektronischen Daten Management-systems (EDM)** erfolgen.

Registrierung

Voraussetzung für die Meldung ist die Registrierung der meldepflichtigen Person im elektronischen Stammdatenregister gemäß § 22 AWG 2002. Der Vorgang der Registrierung erfolgt in zwei Schritten:

1. Registrierungsantrag:

Zunächst ist ein Registrierungsantrag wie folgt zu stellen: Aufrufen der Seite www.edm.gv.at, Anklicken des Links „Registrierung“, Ausfüllen des Registrierungsantrages und Übermittlung online an die Registrierungsstelle (Umweltbundesamt GmbH). Diese prüft den Antrag auf mögliche Doppeleinträge und stellt der zu registrierenden Person die Zugangsdaten (Benutzername und Passwort) zu. Wird im Registrierungsantrag eine e-Mail-Adresse angegeben, kann der Benutzername per e-Mail übermittelt werden. Das Passwort wird jedenfalls postalisch übermittelt. Jede registrierte Person erhält eine Identifikationsnummer (Personen-GLN).

2. Ergänzung der Stammdaten:

Mit den so erhaltenen Zugangsdaten (Benutzernamen und Passwort) meldet sich der Benutzer durch Anklicken des Links „Anmelden“ auf www.edm.gv.at als Hauptbenutzer an und ergänzt die Stammdaten. Die Stammdaten sind immer aktuell zu halten und erforderlichenfalls anzupassen.

Hinweis: Jeder Hauptbenutzer kann im EDM-System beliebig viele (namentlich genannte) „Nebenbenutzer“ anlegen. Haupt- und Nebenbenutzer können unterschiedslos auf alle Stammdaten und Meldungen der registrierten Person zugreifen und diese ändern bzw. die Pflege von Daten vornehmen. Das Anlegen eines Nebenbenutzers kann beispielsweise dann genutzt werden, wenn ein Dienstleister mit der Datenpflege beauftragt wurde. Der Hauptbenutzer kann Nebenbenutzerzugänge jederzeit sperren. Die Weitergabe der Hauptbenutzer-Zugangsdaten an andere Personen ist zumindest aus datenschutzrechtlichem Eigeninteresse zu unterlassen.

Elektronische Aufzeichnungen

Die fortlaufenden Aufzeichnungen über Art, Menge, Herkunft und Verbleib der übernommenen Abfälle sind elektronisch zu führen. Im Falle der Verwertung von Pflanzenaschen sind die Übergangsbestimmungen des § 9 Abs. 5 anwendbar, sodass die Aufzeichnungen in der Regel bis einschließlich zum Berichtszeitraum 2013 in Papierform geführt werden können.

Für Kleinbetriebe gibt es eine elektronische Hilfestellung für Aufzeichnungen und für die Meldung der Jahresabfallbilanz. Diese elektronische Hilfestellung ist am EDM-Portal (edm.gv.at) unter „Informationen zu Anwendungen/Downloads“ > „Hilfestellung eADok“ zu finden.

Jahresabfallbilanz

Die Jahresabfallbilanz ist eine Zusammenfassung der Aufzeichnungen über das vorangegangene Kalenderjahr (1. Jänner bis 31. Dezember). Diese ist bis spätestens 15. März jeden Jahres als XML-Datei im Wege des Registers (Anwendung eBilanzen) an den Landeshauptmann zu melden.

Hinweis: Wenn er als Nebenbenutzer angelegt wird, kann z.B. auch der Heizwerkbetreiber diese Meldung durchführen.

Nähere Informationen

Am EDM-Portal unter www.edm.gv.at ist eine detaillierte Anleitung zur Erstellung eines Registrierungsantrages, zur Ergänzung der Stammdaten und zur Erstellung der Jahresabfallbilanz unter „Benutzerinformationen“ abrufbar.

Für weitere Informationen steht der EDM-Helpdesk unter +43 (1) 31304 – 8000 oder edm-helpdesk@umweltbundesamt.at zur Verfügung.

3.1.1.4 Altlastensanierungsgesetz¹⁶

Der sachgerechte Einsatz von Pflanzenaschen ist kein beitragspflichtiger Tatbestand des Altlastensanierungsgesetzes. Ein unsachgemäßes Ausbringen, einschließlich ein Ausbringen über das erforderliche Ausmaß hinaus, ist jedoch als Beseitigung von Abfällen anzusehen, welches den Tatbestand der Ablagerung erfüllt (§ 3 Abs. 1 Z 1). Das mehr als einjährige Lagern von Abfällen zur Beseitigung oder das mehr als dreijährige Lagern von Abfällen zur Verwertung ist beitragspflichtig.

3.1.2 Düngemittelgesetz¹⁷

Für das Inverkehrbringen von Düngemittelprodukten mit Aschen als Ausgangsstoff ist eine Einzelzulassung gemäß Düngemittelgesetz 1994 notwendig. Diese Einzelgenehmigung ist beim Bundesamt für Ernährungssicherheit (BAES) zu beantragen. Nähere Informationen dazu unter:

<http://www.baes.gv.at/duengemittel/zulassung/>

3.1.3 Forstgesetz¹⁸

Bei einer sachgerechten Verwendung von Pflanzenaschen im Wald mit dem Zweck einer Boden verbessernden Wirkung trifft weder der subjektive noch der objektive Abfallbegriff für die Aschen zu. Auch wenn die Asche nicht unter der Bezeichnung „Düngemittel“ in Verkehr gebracht werden darf (siehe Kapitel 3.1.2), so ist eine Ausbringung im Wald möglich. Voraussetzung ist jedoch, dass durch entsprechende Fachexpertisen nachgewiesen wird, dass der sachgerechte Einsatz gemäß der Vorgaben des Fachbeirates für Bodenfruchtbarkeit und Bodenschutz eine Boden verbessernde Wirkung hat¹⁹.

Somit erfüllt die sachgemäße Ausbringung von Holzasche grundsätzlich nicht den Tatbestand der Waldverwüstung (§ 16). Dieser wäre nur im Fall einer Ablagerung oder einer unsachgemäßen Ausbringung gegeben und nach §174 Abs 1 a) Z 4 strafbar. Eine sachgemäße Ausbringung im Wald unterliegt einer Mengenbeschränkung, die vom Nährstoffgehalt und pH-Wert des Bodens, sowie den Inhaltsstoffen der Asche (Nährstoffe, aber auch Gehalt an Schwermetallen und bestimmten organischen Schadstoffen) abhängig ist.

Energieholz-Kurzumtriebsflächen gelten nicht als Wald, solange sie auf landwirtschaftlichen Nutzflächen angelegt werden und ihre Inhaber die beabsichtigte Betriebsform der Behörde binnen zehn Jahren nach Durchführung der Aufforstung oder Errichtung dieser Anlagen gemeldet haben. Eine Ausbringung von Aschen auf diesen Flächen ist daher unter Einhaltung der allgemein gültigen Regelungen für die Düngung auf Acker- und Grünland, der Bodenschutzgesetze der einzelnen Bundesländer sowie bestimmter Empfehlungen (Fachbeirat für Bodenfruchtbarkeit und Bodenschutz) möglich.

Für Energieholz-Kurzumtriebsflächen, die auf Waldflächen angelegt werden, gelten sinngemäß die Bestimmungen des Forstgesetzes.

3.1.4 Wasserrechtsgesetz²⁰

Die „ordnungsgemäße“ land- und forstwirtschaftliche Bodennutzung gilt (bis zum Beweis des Gegenteils) nicht als Beeinträchtigung der Beschaffenheit von Gewässern und ist damit von der Bewilligungspflicht grundsätzlich ausgenommen (§32 Abs 1).

Als „ordnungsgemäß“ gilt die land- und forstwirtschaftliche Bodennutzung, wenn sie unter Einhaltung der bezughabenden Rechtsvorschriften, insbesondere betreffend Chemikalien, Pflanzenschutz- und Düngemittel, Klärschlamm, Bodenschutz und Waldbehandlung, sowie besonderer wasserrechtlicher Anordnungen erfolgt (§32 Abs 8).

Hinsichtlich der Aschenanwendung besteht damit so lange keine Bewilligungspflicht, so lange sie im Einklang mit den Vorschriften aller anderen – auf die Aschenanwendung zutreffenden – Rechtsbestimmungen erfolgt.

Im Wasserrecht selbst beinhalten vor allem Schon- und Schutzgebietsverordnungen nicht den Stickstoff betreffende, düngerelevante Bestimmungen. Die Verordnungen zu den wasserrechtlich schützenswerten Gebieten können sehr unterschiedliche Bestimmungen enthalten und sind daher im Einzelfall gesondert zu prüfen.

3.2 Länderrecht

Länderspezifische gesetzliche Regelungen nach dem Abfallrecht, die über die bundesrechtlichen Bestimmungen des Abfallwirtschaftsgesetzes (AWG) hinausgehen, sind nicht bekannt.

Im Rahmen der Naturschutzgesetze der Länder können Düngeverbote (darin ist idR auch die Ausbringung von Aschen inkludiert) für bestimmte Gebiete verordnet sein. Im Zweifelsfall sind daher vor der Ausbringung von Pflanzenasche auf land- oder forstwirtschaftlich genutzten Böden die jeweiligen naturschutzrechtlichen Bestimmungen auf allfällige Verbote oder Beschränkungen zu prüfen.

In den Bodenschutzgesetzen einiger Bundesländer^{21, 22, 23, 24, 25} finden sich keine direkten Bestimmungen hinsichtlich der Ascheverwertung auf Böden.

Einzelne Bundesländer haben allerdings zur Konkretisierung der Abfall- und Bodenschutzrechtlichen Bestimmungen entsprechende Richtlinien, Erlässe oder Empfehlungen für die Anwendung von Aschen auf Böden erarbeitet^{26, 27, 28, 29, 30}.

3.3 EU-Recht, Internationale Abkommen

3.3.1 EU-BIO-Verordnung

Im Anhang I der Durchführungsverordnung zur EU-BIO-Verordnung³¹ sind Düngemittel und Bodenverbesserer angeführt, die grundsätzlich im biologischen Landbau verwendet werden dürfen. Unter anderem ist in dieser Liste auch „Holzasche“ mit der Auflage „Von Holz, das nach dem Einschlag nicht chemisch behandelt wurde“ enthalten. Zusätzlich gilt die Einschränkung, dass die allgemein geltenden, nationalen Rechtsvorschriften über das Inverkehrbringen und die Verwendung der betreffenden Erzeugnisse im betreffenden Mitgliedsstaat einzuhalten sind.

3.4 Zusammenfassung zum rechtlichen Status der Pflanzenaschen und praktische Vorgangsweise

Pflanzenaschen gelten grundsätzlich als Abfall. Erst durch eine sachgerechte Verwertung endet die Abfalleigenschaft.

Die sachgerechte Verwertung auf land- oder forstwirtschaftlichen Nutzflächen kann zum Beispiel – ähnlich wie für Kompost – durch gesetzliche Regelungen definiert sein. Auf Bundesebene gibt es für Aschen jedoch weder auf der Basis des Düngemittelrechts noch auf der Basis des Abfallrechts definitive Rechtsvorschriften für das Inverkehrbringen oder die Anwendung.

Die verschiedenen Bundesländer haben bislang ihre Regelungskompetenz im Bereich des Bodenschutzrechts oder des Landes-Abfallrechts bezüglich der Aufbringung der Pflanzenaschen in unterschiedlicher Intensität wahrgenommen. Verordnungen mit detaillierten Vorschriften über erforderliche Analysen, Grenzwerte und Grenzfrachten und Detailvorschriften zur Ausbringung und über ein Monitoring der Stoffströme sind jedoch bezüglich Pflanzenaschen in keinem Bundesland vorhanden.

Sofern nicht eine Ausnahmebestimmung (z.B. für nicht buchführungspflichtige land- und forstwirtschaftliche Betriebe unter den Voraussetzungen des § 17 Abs. 2 Z 2 AWG 2002) zutrifft, müssen Aufzeichnungen über Art, Menge, Herkunft und Verbleib von als Abfall angefallenen Pflanzenaschen gemäß der Abfallnachweisverordnung 2003 geführt werden. Gemäß der Abfallbilanzverordnung sind diese Aufzeichnungen künftig elektronisch zu führen und jährliche Meldungen von Abfallbilanzen bis zum 15. März des Folgejahres zu erstatten.

In Bezug auf die Ausbringung im Wald ist das Forstgesetz heranzuziehen. Auch hier ist die Asche nicht direkt genannt, der Kommentar zum Forstgesetz (siehe Kapitel 3.1.3) lässt jedoch einen Interpretationsspielraum für die Nährstoffrückführung aus Asche offen.

Auf EU-Ebene ist eine land- oder forstwirtschaftliche Verwertung der Pflanzenaschen ebenfalls nicht geregelt. Die EU-BIO-Verordnung lässt zwar grundsätzlich „Holzasche“ als Bodenverbesserungsmittel im Bio-Landbau zu, weist aber gleichzeitig darauf hin, dass die Anwendung im Einklang mit der jeweiligen nationalen Gesetzgebung stehen muss.

Die vorliegende Richtlinie soll daher nicht nur eine Empfehlung für eine sachgerechte Aschenverwertung für Heiz(kraft)werksbetreiber und interessierte Land- und Forstwirte, sondern auch eine Grundlage für behördliche Verfahren und Entscheidungen (z.B. Bewilligungsverfahren für Heizwerke oder Heizkraftwerke) sein. Hinsichtlich der praktischen Durchführung sind die Ablaufdiagramme der Anhänge E und F zu beachten, die die erforderlichen Schritte sowohl aus der Sicht des Heiz(kraft)werksbetreibers als auch aus der Sicht des Land- und Forstwirts beschreiben.

4 Anforderungen für die Verwertung

4.1 Aschenfraktionen

Für die Verwertung ist der Einsatz von allen Aschefraktionen von Pflanzenaschen aus Biomassefeuerungen mit Ausnahme der Feinstflugaschen gemäß den Definitionen von Kapitel 2 zulässig. Zur Erreichung bzw. Erhaltung möglichst hochwertiger Aschenqualitäten ist eine nachfolgende Vermischung von getrennt anfallenden und in der Folge auch getrennt gesammelten Aschen nur dann zulässig, wenn die einzelnen zu vermischenden Aschefraktionen die Grenzwerte für die Qualitätsklasse B gemäß Kapitel 4.3.4 einhalten.

4.2 Korngrößen, Störstoffe

Die Grundvoraussetzung für eine problemlose Aschenausbringung ist die Bereitstellung in einem streufähigen Zustand (d.h. frei von Schlacken- und Steinanteilen mit Korngrößen über 1,5 bis 2 cm sowie möglichst frei von Störstoffen). Für die direkte Ausbringung ist es somit fast immer erforderlich, dass die Asche einer Siebung oder Vermahlung unterzogen wird. Wenn Asche im Zuge der Kompostierung weiterverarbeitet wird, spielt die Korngröße keine Rolle, da die Partikel während des Kompostierungsvorgangs entweder durch Wasseraufnahme von selbst zerfallen oder durch die mehrmalige Umsetzung ohnehin zerkleinert werden. Magnetische Metallteile lassen sich über einen Magnetabscheider entfernen, größere nichtmagnetische Teile können auch über ein Sieb ausgeschieden werden.

4.3 Chemische Eigenschaften und Untersuchungen

Die Zusammensetzung der Pflanzenaschen kann je nach Art des Brennmaterials (Pflanzenart und Pflanzenteile) sehr verschieden sein. Die folgende Tabelle gibt eine Übersicht über durchschnittliche Gehalte an Hauptnährstoffen von österreichischen Pflanzenaschen (Mittelwerte \pm Standardabweichung für die Mischung aus Grob- und Zyklonflugasche nach heizwerksspezifischem Anfall)^{32, 33, 34}.

Tabelle 1: **Durchschnittliche Hauptnährstoffgehalte von österreichischen Pflanzenaschen**

Nährstoff	Einheit	Asche von				
		Rinden n = 12	Hackgut n = 12	Sägespänen n = 12	Stroh ³⁵ n = 4	Ganzpflanzen ³⁶ N = 6
P ₂ O ₅		1,7 (\pm 0,7)	3,6 (\pm 1,1)	2,5 (\pm 0,6)	2,7 (\pm 0,7)	12 (\pm 2)
K ₂ O	TM]	5,1 (\pm 0,9)	6,7 (\pm 0,9)	7,1 (\pm 1,4)	11,5 (\pm 4)	18,4 (\pm 4,1)
CaO	[%	42,2 (\pm 8,2)	44,7 (\pm 7,8)	35,5 (\pm 6,2)	7,4 (\pm 0,5)	5,9 (\pm 1,1)
MgO		6,5 (\pm 2,6)	4,8 (\pm 1,2)	5,7 (\pm 1)	3,8 (\pm 0,7)	4,5 (\pm 0,2)

Ein detaillierter Überblick über die durchschnittliche Zusammensetzung unterschiedlicher Pflanzenaschen ist in ANHANG D enthalten.

4.3.1 Probenahme

Die Probenahme ist sinngemäß laut ÖNORM S 2123-1³⁷, ÖNORM S 2123-2³⁸, ÖNORM S 2123-3³⁹, die Probenteilung und Probenvorbereitung (Probenhomogenisierung) sinngemäß laut ÖNORM L 1060⁴⁰, Abschnitt 6 durchzuführen. Eine Ascheprobe für die Untersuchung muss eine repräsentative Mischprobe über einen Zeitraum von mindestens 2 Wochen Normalbetrieb der Feuerungsanlage darstellen (eine vorherige Rücksprache mit der Untersuchungsstelle ist erforderlich). Die repräsentative Mischprobe muss aus mindestens 5 Teilproben zu je einem halben bis einem Kilogramm bestehen, die im Probenahmezeitraum in regelmäßigen Abständen gezogen werden. Es ist zulässig, Grobanteile in Rostaschen vor der Probenahme abzusieben.

Die Beprobung hat, wenn möglich, direkt von einem Fördergerät, z.B. beim Abwurf in den Aschecontainer, und auf jeden Fall nach einer etwaigen Ascheaufbereitung zu erfolgen. Die Beprobung und Analyse kann auch im Zuge der Übernahme durch einen Abfallsammler oder –verwerter erfolgen, wobei allerdings die eindeutige Zuordnung der Asche hinsichtlich Heizwerk und Fraktionen gewährleistet und dokumentiert werden muss.

Bei den Probenahmen ist darauf zu achten, dass die Proben hinsichtlich Korngrößenverteilung repräsentativ sind, das heißt, dass eventuell auftretende Entmischungen im Zuge der Aschelagerung auf Halde bzw. in Containern berücksichtigt werden müssen. Bei den Probenahmen aus Schüttungen sind zunächst Teilproben aus mehreren Stellen des Aschenschüttkegels bzw. des Aschecontainers zu entnehmen. Dabei dürfen die Teilproben nicht nur von der Oberfläche entnommen werden, sondern sind auch von verschiedenen tiefer liegenden Bereichen zu ziehen. Die Teilproben sind in einem luft- und wasserdicht verschließbaren Behälter zu sammeln und eindeutig zu kennzeichnen (Datum, Heizwerk, Fraktion, Probennehmer).

Die aus den Teilproben resultierende Mischprobe stellt dann die zu untersuchende Probe dar. Die Mischprobe ist bis zur Übergabe an ein befugtes Labor in einem luft- und wasserdicht verschließbaren Behälter zu lagern.

Die Probenahme hat direkt durch die Untersuchungsstelle oder durch ein entsprechend geschultes Personal unter Einhaltung der ÖNORM S 2123-1, ÖNORM S 2123-2 oder ÖNORM 2123-3 zu erfolgen. Konservierung, Aufbewahrung, Transport und Übergabe sind mit dem Labor abzustimmen.

4.3.2 Untersuchungsparameter

Pflanzenaschen, die zur Rückführung auf geeignete land- oder forstwirtschaftliche Nutzflächen verwendet werden, sind auf die Parameter pH-Wert, Trockensubstanz, gesamter organisch gebundener Kohlenstoff, Gesamtgehalte an Phosphor, Kalium, Kalzium, Magnesium, Kupfer, Zink, Arsen, Blei, Cadmium, Chrom, Nickel zu untersuchen. Diese Auflistung berücksichtigt auch die ökologisch relevanten anorganischen Schadstoffe in Pflanzenaschen. Die für Pflanzenasche geeigneten und empfohlenen Analysenmethoden sind hinsichtlich dieser Elemente in ANHANG A angeführt.

Verwertbare Aschen, deren Anteil an gesamt organisch gebundenem Kohlenstoff über 5 Gew.% der Trockensubstanz liegt, sind zusätzlich auf folgende organische Schadstoffe zu untersuchen:

Polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAK), polychlorierte Dibenzodioxine (PCDD) und polychlorierte Dibenzofurane (PCDF) anhand von ausgesuchten Leitsubstanzen (die empfohlenen Analysenmethoden sind in ANHANG B angeführt).

Sind die Gehalte an Inhaltsstoffen der Einzelfractionen sowie das Mengenverhältnis der einzelnen Fractionen eines Aschengemisches nach Anfall bekannt, so können für dieses Gemisch die Gehalte an Inhaltsstoffen auch rechnerisch ermittelt werden.

4.3.3 Anzahl der jährlichen Untersuchungen

Die Anzahl der Untersuchungen pro Jahr richtet sich nach der Kesselnenleistung und ist folgender Tabelle zu entnehmen:

Tabelle 2: Anzahl der Untersuchungen

Kesselnenleistung (MW)	Beabsichtigte Verwendung	
	Landwirtschaft	Wald
Bis 0,5 nicht gewerblich	1x in 10 Jahren ⁴¹	1x in 3 Jahren ⁴¹
Bis 0,5 gewerblich	1x in 3 Jahren	1x in 3 Jahren
0,5 bis 1	1x in 3 Jahren	1x in 3 Jahren
1 bis 5	1x pro Jahr	1x pro Jahr
5 bis 10	2x pro Jahr	2x pro Jahr
Über 10	3x pro Jahr	3x pro Jahr

Die Befunde zu den Untersuchungsergebnissen sind bei landwirtschaftlicher Verwertung mindestens 10 Jahre und bei forstwirtschaftlicher Verwertung mindestens 20 Jahre aufzubewahren.

4.3.4 Schadstoff-Grenzwerte und Qualitätsklassen für Pflanzenaschen

In Abhängigkeit vom Schadstoffgehalt sind folgende Qualitätsklassen für Pflanzenaschen zu unterscheiden:

Tabelle 3a: Qualitätsklassen für Elemente

Elemente	Grenzwert [mg / kg TS] im			
	Flusssäureaufschluss für die Qualitätsklasse		Königswasser-Extrakt für die Qualitätsklasse	
	A	B	A	B
Zn	1200	1500	1000	1250
Cu	200	250	140	180
Cr	150	250	65	105
Pb	100	200	55	110
Ni	150	200	80	110
Cd	5	8	3,5	5,5
As	20	20	20	20

Tabelle 3b: Grenzwerte für Cr (VI) und organische Inhaltsstoffe

Inhaltsstoffe	Gesamtgehalte
Cr (VI)*	2 mg / kg TS
PCDD/F	20 ng TE / kg TS
PAK (Summe 6 WHO-PAH) ⁴²	6,0 mg / kg TS

*...Bestimmung gemäß ÖNORM EN 16318

Beispiele zur Frachtenberechnung sind in Kapitel 6.2.3 enthalten.

Konsequenzen bei Über- beziehungsweise Unterschreiten der Grenzwerte:

Die Parameterwerte in Aschen für die land- oder forstwirtschaftliche Verwertung dürfen maximal den Grenzwert der Qualitätsklasse B erreichen. Bei Überschreiten eines oder mehrerer Grenzwerte der Klasse B ist eine land- oder forstwirtschaftliche Verwertung der Asche nicht zulässig.

Aschen, in denen kein Parameterwert den Grenzwert der Qualitätsklasse A überschreitet, dürfen ohne Bodenuntersuchung auf Schwermetalle ausgebracht werden, wobei gleichzeitig die Vorgaben der sachgerechten Düngung bezüglich der ausgebrachten Nährstofffracht (siehe Kapitel 6.2) sowie die Grenzfrachten gemäß Kapitel 6.2.1 einzuhalten sind.

Liegt der Wert für einen oder mehrere Parameter im Bereich zwischen den Grenzwerten für die Qualitätsklassen A und B, dann darf die betreffende Asche auf landwirtschaftlich genutzten Flächen nur nach einer Bodenuntersuchung auf Schwermetalle und einer entsprechenden Eignung des Bodens (siehe Kapitel 5.1) aufgebracht werden. Auch hier sind die Vorgaben der sachgerechten Düngung, sowie die Grenzfrachten gemäß Kapitel 6.2.1 einzuhalten. Auf landwirtschaftlichen Flächen für die Energiepflanzenproduktion im Kurzumtrieb ist keine Bodenuntersuchung erforderlich, solange die Aschen-Aufwandmenge die durch die Pflanzen-ernte entzogene Aschenmenge (= Aschegehalt des Erntegutes [kg Asche / t Erntegut] x geernteter Trockensubstanz [t]) nicht übersteigt. (siehe Kapitel 5.1).

Für die Radioaktivität im Allgemeinen und für Cs 137, dem Hauptbestandteil des Fallouts aus dem Reaktorunfall in Tschernobyl im Speziellen, ist kein Grenzwert vorgesehen, da verschiedene in Österreich durchgeführte Studien zeigen, dass Rost- oder Grobasche sowie Zyklonflug- oder Kesselaschen die Grenzwerte für radioaktive Stoffe gemäß Strahlenschutzgesetz nicht überschreiten^{45, 46, 47}. Bei Einhaltung der in dieser Richtlinie festgelegten maximalen Ausbringungsmengen ist die zusätzlich durch die Ausbringung von Pflanzenaschen auf Acker-, Grünland oder Waldböden in den Boden eingetragene Radioaktivität im Vergleich zu den üblichen Konzentrationen im Boden gering^{46, 48}. Daher ist eine Untersuchung der Cs 137-Konzentration in den Aschen nicht nötig. Im Fall einer neuerlichen Kontamination oder einer Herkunft des Brennmaterials aus kontaminierten Gebieten ist dieser Aspekt neu zu prüfen und zu bewerten.

4.4 Richtwerte für Ascheanfall

4.4.1 Aschegehalt verschiedener Brennstoffe

Abhängig vom Brennstoff fallen unterschiedliche Aschemengen bei der Verbrennung an. Die nachfolgende Tabelle gibt einen Überblick über den Aschegehalt verschiedener Brennstoffe⁴⁹:

Tabelle 4: **Aschegehalt verschiedener Brennstoffe**

Brennstoff	Aschegehalt [Gew.-% TS]
Rinde	5 – 8
Hackgut mit Rinde	1 – 2,5
Hackgut ohne Rinde	0,8 – 1,4
Späne	0,5 – 1,1
Stroh- und Ganzpflanzen	5 – 12

4.4.2 Durchschnittlicher Ascheanfall

Der Ascheanfall einer Biomassefeuerungsanlage hängt neben der Art des eingesetzten Brennstoffes vor allem von der Betriebsweise der Feuerungsanlage ab. So weisen Anlagen für die Prozesswärmeversorgung deutlich mehr Volllaststunden auf als Biomassefernheizwerke. Aus diesem Grund wird in der folgenden Tabelle der Gesamtascheanfall (Summe aller Aschefraktionen) sowohl für Prozesswärme- als auch für Fernheizwerke dargestellt.

Tabelle 5: **Gesamtascheanfall**

Brennstoff	Gesamtascheanfall pro MW Kesselnennleistung¹⁾ bei Prozesswärmeversorgung²⁾ [t/a]	Gesamtascheanfall pro MW Kesselnennleistung¹⁾ bei Fernwärmeversorgung³⁾ [t/a]
Rinde (w50) ⁴⁾	105 – 167	52 – 83
Hackgut mit Rinde (w50)	21 – 52	10 – 26
Hackgut ohne Rinde (w50)	17 – 29	8 – 15
Späne (w50)	10 – 23	5 – 11
Stroh- und Ganzpflanzen (w15)	99 – 237	49 – 119

1) = Nutzenergieleistung

2) Annahme: 8.000 Volllaststunden pro Jahr, 85% Jahresnutzungsgrad

3) Annahme: 4.000 Volllaststunden pro Jahr, 85% Jahresnutzungsgrad

4) Wassergehalt in Gew.-%

Die gezeigten Aschenanfallsmengen beziehen sich auf die genannten Volllaststunden. Bei weniger Volllaststunden ist eine adäquate Verringerung des Aschenanfalls gegeben.

Der Anteil der verschiedenen Aschefractionen bei der anfallenden Asche ist neben dem Brennstoff hauptsächlich von der eingesetzten Anlagentechnologie abhängig. Bei Festbettfeuerungen liegt der Anteil der Grobasche zwischen 60 und 90%, der Anteil der Zyklonflugasche beträgt zwischen 2 und 30% des Gesamtascheanfalls. In Wirbelschichtfeuerungen entsteht deutlich mehr Zyklonflugasche als Grobasche. Die Grobaschenfraktion macht bei Wirbelschichtfeuerungen üblicherweise nur bis zu 30% der gesamten Aschemenge aus, der Anteil der Zyklonflugasche beträgt normalerweise zwischen 50 und 80%.

Der Anteil an Feinstflugasche ist bei Einsatz entsprechender Staubabscheidungs-technologien weniger von der Anlagentechnologie abhängig und liegt normalerweise zwischen 2 und 20% des Gesamtascheanfalls.

5 Beschaffenheit der Ausbringungsflächen

Pflanzenasche soll vorwiegend dort eingesetzt werden, wo eine Erhöhung des pH-Wertes im Boden erwünscht ist. Hinweise über anzustrebende pH-Werte geben die Broschüren „Richtlinien für die sachgerechte Düngung“⁵⁰ sowie „Wald(boden)sanierung“⁵¹ des Fachbeirates für Bodenfruchtbarkeit und Bodenschutz.

5.1 Landwirtschaftlich genutzte Böden

Grundsätzlich soll im Sinn der sachgerechten Düngung die Berechnung der Aschenaufwandmengen auf Basis einer Bodenuntersuchung vorgenommen werden. Die Probenahme soll dabei gemäß den entsprechenden ÖNORMEN^{52, 53} vorgenommen werden.

Es wird eine Analyse auf folgende Parameter empfohlen:

pH-Wert mit Kalkbedarfsermittlung⁵⁴, pflanzenverfügbares Phosphat und pflanzenverfügbares Kalium^{55, 56}.

Eine Bodenuntersuchung auf Schwermetallgehalte ist nur dann erforderlich, wenn die auszubringende Asche der Qualitätsklasse B (siehe Kapitel 4.3.4) zuzuordnen ist. Auf landwirtschaftlich genutzte Böden, in denen der Schadstoffgehalt einen der nachfolgenden Richtwerte (nach ÖNORM L 1075⁵⁷) überschreitet, darf Pflanzenasche der Qualitätsklasse B nicht aufgebracht werden:

Tabelle 6: **Schadstoffrichtwerte**

Schadstoff	Richtwert in [mg/kg Feinboden] gemäß ÖNORM L 1075					
	Acker, Garten		Wein, Obst, Hopfen		Dauergrünland	
	pH < 6	pH ≥ 6	pH < 6	pH ≥ 6	pH < 6	pH ≥ 6
As		20		20		30
Cd	0,5	1 ^{a)}	0,5	1		1
Cr		100		100		100
Cu	60	100		150	60	100 ^{b)}
Ni	60	100	60	100		60
Pb		100		100		100
Zn	150	300	150	300	150	300

a) Auf Flächen mit Brotweizenanbau oder beim Anbau Cd-anreichernder Gemüsearten gilt 0,5 [mg / kg]

b) Bei Beweidung durch Schafe gilt 60 [mg / kg]

Die Bodenuntersuchung auf Schwermetalle hat für die Fläche, die sie repräsentiert, eine Gültigkeitsdauer von 10 Jahren.

Für landwirtschaftliche Böden, die zur Energiepflanzenproduktion im Kurzumtrieb für die thermische Verwertung (z.B. Pappel, Weide, Miscanthus und dgl.) genutzt werden, entfällt auch bei der Verwendung von Aschen der Qualitätsklasse B die Verpflichtung zur Bodenuntersuchung, solange die Aschen-Aufwandmenge die durch die Pflanzenernte entzogene Aschenmenge (= Aschegehalt des Erntegutes [kg Asche / t Erntegut] x geernteter Trockensubstanz [t]) nicht übersteigt.

Grundsätzliche Beschaffenheit landwirtschaftlicher Böden:

- Eine Aufbringung der Asche auf wassergesättigte, überschwemmte, schneebedeckte oder durchgefrorene Böden ist zu vermeiden.

Der Einsatz von Pflanzenasche hat auf jenen Flächen zu unterbleiben, wo bundes- oder landesrechtliche Vorschriften, Gutachten der Behörden oder vertragliche Übereinkommen dem Vorhaben entgegenstehen. Unter anderem hat das Aufbringen von Pflanzenasche auf Flächen zu unterbleiben, wo aufgrund gesetzlicher Bestimmungen eine Düngung generell verboten oder stark eingeschränkt ist. Dazu können unter anderem folgende Flächen gehören:

- Moore, Sümpfe
- Naturschutzgebiete und Naturdenkmäler
- Wasserschutzgebiete (Zone I)
- Ufernähe von Randzonen neben Oberflächengewässern im Sinn des Aktionsprogramms Nitrat 2008
- Almen, mit Ausnahme von Almflächen wo eine Ausbringung durch eine bodenkundliche Beurteilung gerechtfertigt ist,
- Gemüse-, Heilkräuter- und Beerenobstkulturen, ausgenommen, die Asche wird als Zuschlagstoff zu Kompost dafür verwendet

5.2 Waldböden

Auf Waldböden sollen im Sinn einer funktionierenden Kreislaufwirtschaft vorwiegend Aschen aus forstlicher Biomasse zur Anwendung kommen.

Aufgrund des hohen Anteiles an Ca und Mg in Holz- und Rindenaschen sind ähnliche Wirkungen wie bei Kalkungen zu erwarten. Für die Aufbringung gelten daher ähnliche Kriterien. Holz- und Rindenaschen können daher überall dort eingesetzt werden, wo gemäß den Empfehlungen „Düngung im Wald“ und „Wald(boden)sanierung“ des Fachbeirates für Bodenfruchtbarkeit und Bodenschutz^{58, 59} eine Verbesserung der Basenversorgung und Erhöhung des pH-Wertes erwünscht ist. Dabei sind Standorts- oder Waldtypenkarten hilfreiche Grundlagen zur Beurteilung einer eventuellen Aschenausbringung.

Der Einsatz von Pflanzenasche hat auf jenen Flächen zu unterbleiben, wo bundes- oder landesrechtliche Vorschriften, Gutachten der Behörden oder vertragliche Übereinkommen dem Vorhaben entgegenstehen.

Dazu können unter anderem folgende Flächen gehören:

- Moore, magere Primärstandorte, Felsfluren und andere schutzwürdige Sonderbiotopie
- Naturschutzgebiete und Naturdenkmäler
- Wasserschutzgebiete (Zone I)
- Ufer von Oberflächengewässern
- Naturwaldreservate
- Versuchs- und Beobachtungsflächen (ausgenommen Düngeversuche)

Darüber hinaus sind von einer Ausbringung von Pflanzenaschen auszuschließen:

- Seichtgründige, trockene, sehr durchlässige Böden (z.B. Rendzinen)
- Schotter ohne Feinbodendecke, insbesondere Kalkschotter, Kalkschutt, Dolomitgrus
- Steilhänge, extreme Sonnhänge, Kuppen
- Grundwasserbeeinflusste und staunasse Böden
- Eutrophe, nitratreiche Waldböden
- Stark aufgelichtete Bestände mit unzulänglicher Vegetationsdecke
- Wildwintergatter

6 Ausbringung

6.1 Aufbereitung und Logistik

Aschen können direkt oder als Zuschlagsstoff in Kompost aufgebracht werden.

Für die direkte Ausbringung ist eine Metallabscheidung (zum Beispiel mit einem Magneten) sowie eine Aufbereitung durch Siebung oder/und Mahlung im trockenen Zustand erforderlich, um Schlackenteile und Störstoffe abzuscheiden (siehe Kapitel 4.2).

Wird die Asche als Zuschlagsstoff in der Kompostierung verwendet, können die Siebung bzw. Mahlung entfallen, da im Zuge der Kompostierung ohnehin eine Zerkleinerung der Schlackenteile erfolgt und eine Abscheidung von Störstoffen vorgenommen wird. Weitere Vorteile dabei liegen in der staubfreien und durch die Absenkung des pH-Werts bedingten, schonenderen Wirkung. Erhöhte Stickstoffverluste sind gegenüber einer Kompostierung ohne Aschenzusatz nicht zu erwarten⁶⁰. Die Bestimmungen der Kompostverordnung¹³ sind zu beachten (siehe Kapitel 3.1.1.1).

Es hat sich für die weitere Manipulation bewährt, die Asche durch Besprühen leicht anzuweichen und damit die Staubentwicklung einzudämmen.

Zur Regulierung der Nährstoffverfügbarkeit und des pH-Wertes und zur Verminderung der Staubbelastung (vor allem erwünscht für die Anwendung im Wald) sind Verfahren wie Pelletierung, Granulierung oder Verfahren zur Aschenbefeuchtung mit nachfolgender Karbonatisierung in Entwicklung und Bewertung^{61, 62}.

Um potentielle Belastungen durch Verwehungen bzw. Schadstoffauswaschungen in den Boden, in das Grundwasser bzw. in Oberflächengewässer zu vermeiden, ist bei der Lagerung ein Schutz vor Verwehung und Abschwemmung sicherzustellen (zum Beispiel Lagerung unter Dach oder in Containern, Abdeckung mit Folie, Befeuchtung zur Staubminderung). Im Freien zwischengelagerte Aschen sind innerhalb eines Jahres auszubringen. Im Wald ist eine Zwischenlagerung verboten!

6.2 Acker- und Grünland

6.2.1 Maximale Schadstofffrachten

Generell darf die Ausbringungsmenge maximal 1.000 kg je Hektar Ackerland und Jahr sowie maximal 500 kg je Hektar Grünland und Jahr betragen (mit Ausnahme von Energiepflanzenflächen im Kurzumtrieb, siehe Kapitel 5.1).

Die maximalen Schadstofffrachten ergeben sich aus der Multiplikation der Grenzwerte gemäß Kapitel 4.3.4 mit der maximalen Ausbringungsmenge. Eine Ausnahme bildet Cadmium, das aufgrund seiner speziellen ökologischen Problematik eine zusätzliche Einschränkung erfordert.

Für **Cadmium (Cd)** gilt daher bei Verwendung von Pflanzenaschen der **Qualitätsklasse A** eine Grenzfracht von **3 Gramm je Hektar und Jahr** und - der **Qualitätsklasse B** eine Grenzfracht von **6 Gramm je Hektar und Jahr**.

Die empfohlenen Maximalfrachten können verdoppelt werden, wenn im Folgejahr bzw. in den Folgejahren (siehe Kapitel 6.2.2) eine Aschenausbringung unterbleibt.

6.2.2 Nährstofffrachten

Grundlage für die Berechnung der auszubringenden Aschemenge ist die Ermittlung der notwendigen Nährstofffracht im Sinne der „Richtlinien für die sachgerechte Düngung“⁶³, soweit nicht die Grenzfrachten bei den Schadstoffen gemäß Kapitel 6.2.1 eine zusätzliche Limitierung erfordern. Berechnungsbeispiele sind im nachfolgenden Kapitel angeführt. Gegebenenfalls sind auch darüber hinausgehende rechtliche Einschränkungen oder die in Förderungsvoraussetzungen definierten Düngebegrenzungen zu beachten.

Neben der Erhöhung des pH-Wertes ist auch die Nährstoff(rück)lieferung durch die Aschen zu beachten. Besonders Kalzium und Kalium sind sehr gut verfügbar, während die Magnesiumverfügbarkeit als „mittel“ und die Phosphatwirkung als „gering“ (weniger als 10% des Gesamtphosphats im Anwendungsjahr) einzustufen sind.

Gemäß den „Richtlinien für die sachgerechte Düngung“ gilt für die P- und K-Düngung, dass die Empfehlungen im Mittel von 5 Jahren einzuhalten sind. Auch für Magnesium räumen die genannten Richtlinien die Möglichkeit ein, zur Erreichung praxisgerechter Düngergaben mehrere Jahresgaben zusammenzufassen. Da Pflanzenaschen keinen Stickstoff enthalten, gelten diese Grundsätze unter Rücksichtnahme auf die Maximalfrachten (Kapitel 6.2.1) auch für die Aschenanwendung.

6.2.3 Beispiele für die Berechnung sachgerechter Ausbringungsmengen

Die Nährstoffversorgung landwirtschaftlicher Flächen erfolgt am besten vorwiegend über die hofeigenen Dünger. Besteht jedoch ein Bedarf, der über die betriebsinterne Nährstoffrückführung hinausgeht, dann ist die Verwendung anderer Nährstoffquellen, zum Beispiel von Pflanzenaschen, überlegenswert. Die folgenden Beispiele sollen zeigen, in welchem Ausmaß die Verwendung von Pflanzenaschen in Acker- und Grünlandbetrieben unter verschiedenen Voraussetzungen sinnvoll ist.

Die mögliche Ausbringungsmenge – bezogen auf einen Hektar für einen Zeitraum von einem Jahr – wird folgendermaßen berechnet:

- 1) Ermittlung des Nährstoff-Ergänzungsbedarfs für P_2O_5 , K_2O und CaO unter Berücksichtigung der Nährstoffempfehlung für die Kultur, des Bodenzustands, der Ernterückstände und des Wirtschaftsdüngereinsatzes
- 2) Für jeden berücksichtigten Nährstoff: Division des Bedarfs durch den Gehalt in der zu verwendenden Asche
- 3) Vergleich der drei Ergebnisse – die Ausbringungsmenge soll im Schnitt der Jahre dem niedrigsten Wert entsprechen (in den Beispielen: eingerahmte Werte)

Beispiel 1: Viehlos wirtschaftender Ackerbaubetrieb mit folgender Fruchtfolge: 50% Körnermais, 25% Wintergetreide, 15% Körnererbsen, 10% Ackerbohne. Die Erträge sind als „hoch1“ eingestuft. Das Getreidestroh wird verkauft, die Ernterückstände der anderen Kulturen verbleiben am Feld. Der Aufwuchs etwaiger Winterzwischenfrüchte wird geschlägelt und eingearbeitet. Die Böden sind ausreichend mit P und K versorgt, der pH-Wert liegt bei 6,3. Die Bodenschwere ist als „mittelschwer“ einzustufen.

Tabelle 7: Nährstoffempfehlung und Nährstoffrücklieferung

Nährstoffempfehlung [kg je Hektar und Jahr]				Fruchtfolgeanteil			Nährstoffrücklieferung [kg je Hektar und Jahr]			Ernterückstände				
Kultur	Nährstoffbedarf der Kultur			Fruchtfolgeanteil	Nährstoffbedarf in der Fruchtfolge			Nährstoffrücklieferung der Kultur			Fruchtfolgeanteil	Nährstoffrücklieferung in der Fruchtfolge		
	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO		P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO		P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO
Körnermais	98	230	250	50%	49	115	125	20	150	-	50%	10	75	-
Getreide	63	92	250	25%	16	23	63	0	0	-	25%	0	0	-
Körnerraps	86	230	250	15%	13	35	38	20	150	-	15%	3	23	-
Ackerbohne	75	138	250	10%	7	14	25	10	50	-	10%	1	5	-
Summe					85	186	250					14	103	-

Nährstoffrücklieferung aus der Tierhaltung [kg je Hektar und Jahr]

Tierart	Nährstoffrücklieferung je Platz			Plätze	Nährstoffrücklieferung gesamt				
	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO		P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO		
Summe							0	0	0

Berechnung des Ergänzungsbedarfs über die Fruchtfolge [kg je Hektar und Jahr]

	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO
Nährstoffbedarf (Korn + Stroh)	85	186	250
Nährstoffrücklieferung durch Ernterückstände	-14	-103	-
Nährstoffrücklieferung aus der Tierhaltung	0	0	0
zu ergänzen	71	84	250

Gehalte in verschiedenen Aschen	[% TM]			[mg / kg TM]							
	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	As	Cd	Cr	Cu	Ni	Pb	Zn	
Rindenasche	1,7	5,1	42,2	11,4	3,9	133	88	94	25	619	
Hackgutasche	3,6	6,7	44,7	8,2	4,8	54	127	62	25	376	
Sägespäneasche	2,5	7,1	35,5	7,8	16,8	137	178	72	36	1430	
Strohasche	2,7	11,5	7,4	2,9	0,7	12	23	4	8	233	
Ganzpflanzenasche	12,0	18,4	5,9	1,7	0,6	14	52	7	12	466	

Tabelle 8: **Mögliche Ausbringungsmengen**

Mögliche Ausbringungsmengen [kg je Hektar und Jahr]	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	Fracht in [g / ha] bei möglicher Ausbringungsmenge						
				As	Cd	Cr	Cu	Ni	Pb	Zn
Rindenasche	4.182	1.643	592	6,8	2,3	79	52	56	15	366
Hackgutasche	1.975	1.251	559	4,6	2,7	30	71	34	14	210
Sägespäneasche	2.844	1.180	704	5,5	11,8	97	125	51	25	1007
Strohasche	2.633	729	3.378	2,1	0,5	9	17	3	6	170
Ganzpflanzenasche	593	455	4.237	0,8	0,3	6	24	3	5	212

An diesem Beispiel ist erkennbar, dass bei ausgeglichenen Nährstoffverhältnissen im Boden die Ausbringungsmengen von Aschen aus holzartiger Biomasse (Rinden, Hackgut, Sägespäne) durch den Kalziumgehalt und von Aschen aus Getreidestroh oder Getreide-Ganzpflanzen durch den Kaligehalt (eventuell auch den Phosphatgehalt) limitiert werden, solange die Grenzwerte eingehalten werden. Da die maximale Ausbringungsmenge von 1.000 kg Asche je Hektar und Jahr (siehe Kapitel 6.2.1) unter den gegebenen Voraussetzungen deutlich unterschritten wird, besteht hier auch keine Gefahr einer Überschreitung der möglichen Grenzfrachten für Schwermetalle. Erst im Fall eines höheren Kalziumbedarfs würde für manche Aschen die Grenzfracht für Cadmium zum limitierenden Faktor werden (in diesem Beispiel ab 769 kg Rinden- bzw. 625 kg Hackgut asche je Hektar).

Die Sägespäneasche aus diesem Beispiel wäre allerdings aufgrund der Überschreitung des Klasse-B-Grenzwerts für Cadmium nicht mehr land- oder forstwirtschaftlich verwertbar. Selbst eine hinsichtlich der Nährstoffe ordnungsgemäße Aschengabe würde dadurch schon zu einer Überfrachtung mit Cadmium führen.

Beispiel 2: Ackerbaulich gleich gestaltet wie in Beispiel 1, jedoch mit einer Tierhaltung im Ausmaß von 1,8 GVE Mastschweinen je Hektar (dies entspricht einem Durchschnittsbestand von 12 Mastplätzen je Hektar). Das Fütterungssystem ist eine „Standardfütterung“ (das heißt ohne Phosphorreduktion im Futter)

Tabelle 9: Nährstoffempfehlung und Nährstoffrücklieferung

Nährstoffempfehlung [kg je Hektar und Jahr]				Nährstoffrücklieferung Ernterückstände [kg je Hektar und Jahr]										
Kultur	Nährstoffbedarf der Kultur			Frucht- folgeanteil	Nährstoffbedarf in der Fruchtfolge			Nährstoffrücklieferung der Kultur			Frucht- folgeanteil	Nährstoffrücklieferung in der Fruchtfolge		
	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO		P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO		P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO
Körnermais	98	230	250	50%	49	115	125	20	150	-	50%	10	75	-
Getreide	63	92	250	25%	16	23	63	0	0	-	25%	0	0	-
Körnerraps	86	230	250	15%	13	35	38	20	150	-	15%	3	23	-
Ackerbohne	75	138	250	10%	7	14	25	10	50	-	10%	1	5	-
Summe					85	186	250					14	103	-

Nährstoffrücklieferung aus der Tierhaltung [kg je Hektar und Jahr]

Tierart	Nährstoffrücklie- ferung je Platz			Plätze	Nährstoffrücklie- ferung gesamt		
	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO		P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO
Mast- schweine	5,5	6,3	-	12	66,5	75,6	-
Summe					66	76	-

Berechnung des Ergänzungsbedarfs über die Fruchtfolge [kg je Hektar und Jahr]

	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO
Nährstoffbedarf (Korn + Stroh)	85	186	250
Nährstoffrücklieferung durch Ernterück- stände	-	-	-
	14	103	-
Nährstoffrücklieferung aus der Tierhaltung	-	-76	-
	66		
zu ergänzen	5	8	250

Tabelle 10: Gehalte in verschiedenen Aschen und mögliche Ausbringungsmengen

Gehalte in verschiedenen Aschen	[% TM]			[mg / kg TM]						
	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	As	Cd	Cr	Cu	Ni	Pb	Zn
Rindenasche	1,7	5,1	42,2	11,4	3,9	133	88	94	25	619
Hackgut-asche	3,6	6,7	44,7	8,2	4,8	54	127	62	25	376
Sägespäne-asche	2,5	7,1	35,5	7,8	16,8	137	178	72	36	1430
Strohasche	2,7	11,5	7,4	2,9	0,7	12	23	4	8	233
Ganzpflanzenasche	12,0	18,4	5,9	1,7	0,6	14	52	7	12	466

Mögliche Ausbringungsmengen [kg je Hektar und Jahr]	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	Fracht in [g / ha] bei möglicher Ausbringungsmenge						
				As	Cd	Cr	Cu	Ni	Pb	Zn
Rindenasche	272	161	592	1,8	0,6	21	14	15	4	99
Hackgut-asche	128	122	559	1,0	0,6	7	16	8	3	46
Sägespäne-asche	185	115	704	0,9	1,9	16	21	8	4	165
Strohasche	171	71	3.378	0,2	0,0	1	2	0	1	17
Ganzpflanzenasche	38	45	4.237	0,1	0,0	1	2	0	0	18

Im Gegensatz zum Beispiel 1 ist hier durch die Nährstoffrücklieferung aus der Tierhaltung nur noch wenig Platz für eine sinnvolle Aschenverwertung. Der Weg der Aschenverwertung über die Kompostierung ist hier nur im Ausmaß der berechneten Aschenmengen und unter Verwendung der anfallenden Wirtschaftsdünger für die Kompostbereitung (was die Entmistung in Form eines Mist-Jauche- oder Tiefstallmist-Systems voraussetzt) möglich. Der Einsatz weiterer Rohstoffe (z.B. Biotonne) würde zusammen mit der Asche und den vorhandenen Wirtschaftsdüngern sehr schnell zu Überbilanzen führen. Bei Einhaltung der berechneten Werte sind in diesem Beispiel selbst mit Aschen der Qualitätsklasse B keine Schwermetallüberfrachtungen zu befürchten.

Da bei jährlicher direkter Verwertung (ohne Kompostierung) der Pflanzenasche in diesem Beispiel die Mengen für eine wirtschaftliche Ausbringung zu gering sind, ist ein „Zusammensparen“ über mehrere Jahre denkbar. Gemäß Kapitel 6.2.1 ist es möglich, die maximal möglichen Schwermetallfrachten bei einer einmaligen Ausbringung zu verdoppeln, wenn im Folgejahr (oder in den Folgejahren) eine Ausbringung unterbleibt. Die Nährstofffrachten kann man sogar über einen Zeitraum von fünf Jahren berechnen (Kapitel 6.2.2). Geht man von den obigen Angaben zur Fruchtfolge und Tierhaltung aus, so wären damit folgende maximale Ausbringungsmengen möglich:

Tabelle 11: **Maximale Ausbringungsmengen**

Mögliche Ausbringungsmengen [kg je Hektar und 5 Jahre]	Mögliche Menge bis zur Erreichung	
	der max. Cd-Fracht für 2 Jahre	der max . K-Fracht für 5 Jahre
Rindenasche	1.538	804
Hackgutasche	1.250	612
Sägespäneasche	357	577
Strohasche	8.571	357
Ganzpflanzenasche	10.000	223

Somit wäre es – mit Ausnahme für die hier ohnehin nicht verwendbare Sägespäneasche – für diesen Betrieb kein Problem, „sinnvolle“ Aschenmengen einmalig in fünf Jahren auszubringen. Im Fall einer weitergehenden Abdeckung eines zusätzlichen Nährstoffbedarfs (z.B. bei Kaliumunterversorgung oder im Fall der Abstockung des Tierbestands etc.) über Pflanzenaschen müsste man allerdings die Cd-Frachten erneut überprüfen.

Beispiel 3: Grünland und Feldfutter

Eine Grünlandbewirtschaftung ist in den meisten Fällen mit der Haltung von Wiederkäuern gekoppelt. Eine Nährstoffrücklieferung in Form von Wirtschaftsdüngern ist hier deshalb grundsätzlich anzunehmen. Dabei ist zu beachten, dass aufgrund der geschichtlichen Entwicklung im Grünland die Intensität der Tierhaltung meist sehr gut dem Futterangebot angepasst ist und hier somit sehr enge Nährstoffkreisläufe vorausgesetzt werden können. Es wäre aus diesem Grund nicht seriös, einer extensiven Haltungsform (z.B. Mutterkuhhaltung) eine intensive Nutzung (z.B. gesamtbetrieblich fünfmähdiges Grünland in hoher Ertragslage) gegenüberzustellen. Umgekehrt wird eine auf Hochleistungen orientierte Milchviehhaltung auch eine intensive Nutzung voraussetzen. Die folgende Tabelle stellt eine Orientierung über den Zusammenhang zwischen „Leistung im Stall“ und „Leistung am Feld“ dar:

Tabelle 12: **Grünlandbewirtschaftung**

Nährstoffanfall Kühe + 20% Nachzucht Basis Gülle				Düngeempfehlung gemäß ÖPUL 2007 abgeleitet von BMLFUW (2006) in [kg je Hektar und Jahr]		
Milchleistung [kg / Jahr]	Tierbestand [GVE / ha]	P ₂ O ₅ - Anfall [kg / Jahr]	K ₂ O- Anfall [kg / Jahr]	Nutzungen / Ertrag	P ₂ O ₅	K ₂ O
3000	1,10	23	125	2 Nutzungen mittel	45	120
4000	1,40	34	175	3 Nutzungen mittel	65	170
5000	1,60	45	218	3 Nutzungen hoch	80	215
6000	1,60	50	237	4 Nutzungen mittel	80	205
7000	1,80	63	288	4 Nutzungen hoch	90	260
8000	1,89 ^{a)}	73	324			
9000	1,77 ^{a)}	75	324	5 Nutzungen hoch	105	300
10000 +	1,67 ^{a)}	76	325			

a) ab einer Milchleistung von 8.000 kg pro Jahr scheiden Milchkühe (inklusive Nachzucht) mit den Exkrementen so viel Stickstoff aus, dass die Ausbringung des Wirtschaftsdüngers bereits bei dem hier angegebenen Tierbestand an die Grenzen des Aktionsprogramms Nitrat⁶⁴ stößt (max. 170 kg Stickstoff ab Lager pro Hektar und Jahr im Betriebsdurchschnitt).

Die Tabelle zeigt, dass der Kaliumbedarf des Grünlands durch die Rückführung der Wirtschaftsdünger **mit steigender Produktionsleistung bereits mehr als abgedeckt ist**. Somit ist eine Aschenanwendung zur Nährstoffergänzung im Grünland meist nicht notwendig.

Eine moderate Aschenanwendung ist jedoch möglich, wenn der Boden von Natur aus schlecht mit Kalium versorgt ist oder wenn die Fläche tatsächlich nicht mit Wirtschaftsdüngern versorgt wird. In den „Richtlinien für die sachgerechte Düngung“ wird für die Erhaltungskalkung im Grünland eine einmalige CaO-Menge zwischen 500 und 1.000 kg je Hektar für einen Zeitraum von vier bis sechs Jahren vorgeschlagen, das entspricht einem jährlichen CaO-Bedarf von durchschnittlich 150 kg je Hektar.

Tabelle 13: **Kalkbedarf Grünland**

Kalkbedarf Grünland
[kg CaO je Hektar und Jahr] 150

Mögliche Ausbringungsmengen [kg je Hektar und Jahr]	Fracht bei der auf den CaO-Bedarf abgestimmten Ausbringungsmenge										
	[kg / ha]					[g / ha]					
	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	As	Cd	Cr	Cu	Ni	Pb	Zn	
Rindenasche	355	6,0	18,1	150,0	4,1	1,4	47	31	33	9	220
Hackgutasche	336	12,1	22,5	150,0	2,8	1,6	18	43	21	9	126
Sägespäneasche	423	10,6	30,0	150,0	3,3	7,1	58	75	30	15	604
Strohasche	2.027	54,7	233,1	150,0	5,9	1,4	25	47	8	16	473
Ganzpflanzenasche	2.542	305,1	467,8	150,0	4,3	1,5	36	133	18	30	1184

Die Tabelle zeigt, dass mit einer regelmäßigen Verwendung von Aschen aus holzartiger Biomasse zur Abdeckung des Kalkbedarfs zusätzliche jährliche Kalifrachten zwischen 15 und 30 kg je Hektar verbunden sind. Die zusätzlichen Phosphatfrachten sind noch geringer und haben aufgrund der bekannt schlechten Löslichkeit des Phosphors aus Aschen keine pflanzenbauliche Bedeutung.

Aschen aus Stroh und Ganzpflanzen würden jedoch zusätzliche Kalifrachten von mehr als 200 kg je Hektar und Jahr verursachen, wenn man mit ihnen den Kalkbedarf des Grünlands abdecken wollte. Bei Ganzpflanzenaschen wären außerdem erhebliche zusätzliche Phosphatfrachten zu berücksichtigen. Aus praktischer Sicht hat die Anwendung von Stroh- oder Ganzpflanzenaschen im Grünland allerdings ohnehin keine Bedeutung.

6.2.4 Ausbringung

Allgemeine Grundsätze

Trockene Aschen neigen zur Staubentwicklung. Folgende Maßnahmen können helfen, das Stauben und die damit verbundene Abtrift möglichst gering zu halten:

- Die Ausbringung soll bei Windstille oder möglichst niedrigen Windgeschwindigkeiten erfolgen.
- Die Anlieferung beziehungsweise die Übernahme der Aschen soll am besten in geschlossenen Behältern erfolgen (Container, Silos – ähnlich wie bei vermahlenem Kalk). Je weniger Umfüllvorgänge benötigt werden, umso geringer ist die Staubbelastung.
- Verwendung geeigneter Düngerstreuer, wie sie auch für die Kalkung verwendet werden. Wichtig ist, dass die Asche beim Ausbringungsvorgang eine möglichst geringe Wurfstrecke hat.
- Ein leichtes oberflächliches Befeuchten der Asche direkt vor der Ausbringung wirkt ebenfalls Staub bindend.
- Stabilisierung (Verfestigung durch feuchte Lagerung und Karbonatisierung)

- Das Aufschlännen der Aschen mit Wasser ist ebenfalls möglich, setzt aber eine entsprechende Aufbereitung der Aschen sowie eine gesonderte technische Ausstattung (Grube und Rührwerke zum Mischen, Fässer mit Rührwerken und geeigneten Pumpen) voraus. Aufgrund des zusätzlichen Transportgewichts ist außerdem auf besonders kurze Entfernungen zwischen Heizwerk und Feldern zu achten.
- Eine ideale Verwertungsschiene wäre auch, die Asche gemäß Kompostverordnung¹³ als Zuschlagsstoff für die Kompostierung zu verwenden und zusammen mit dem Kompost auszubringen. Da es sich bei Kompost (im Gegensatz zu reiner Asche) um ein stickstoffhaltiges Produkt handelt, gelten für dessen Ausbringung sämtliche Einschränkungen, die generell bei der Verwendung stickstoffhaltiger Dünger zu beachten sind, im Besonderen sind das die Bestimmungen des Wasserrechts inklusive jener des Aktionsprogramms Nitrat⁶⁴.

Bei der Ausbringung in der Nähe von Oberflächengewässern ist zu beachten, dass es zu keinen Nährstoffeinträgen kommen darf. Folgende Mindestabstände (in Metern ab Böschungoberkante⁶⁵) sind in Abhängigkeit von verschiedenen Einflussfaktoren (Nutzungsart, Ausbringungstechnik, Art des Gewässers, Hangneigung) einzuhalten:

Tabelle 13: **Mindestabstände**

Nutzung	Ausbringungs-technik	Kleinschlag ⁶⁶ oder Entwässerungs-Graben	Fließgewässer		stehende Gewässer	
			Hangneigung			
			Größer 10%	kleiner 10%	Größer 10%	kleiner 10%
Ackerland	Exakt ⁶⁷	Ja	5	1,5	10	
		nein		2,5		
	Normal	ja	10	3	20	
		nein		5		
Grünland	Exakt	ja	3	1,5	10	
		nein		5		2,5
	Normal	ja	3	3	20	
		nein		5		5

Darüber hinaus ist darauf zu achten, dass Aschen nicht mit Ammonstickstoff enthaltenden Düngern, insbesondere Gülle oder Jauche vermischt werden, da durch den hohen pH-Wert der Aschen hohe gasförmige Stickstoffverluste auftreten. Aus diesem Grund sind zwischen einer Aschen- und einer Ausbringung flüssiger Wirtschaftsdünger mindestens folgende zeitliche Abstände zu berücksichtigen:

Wirtschaftsdünger nach Asche: eine Woche

Asche nach Wirtschaftsdüngern: drei Wochen oder ausreichend Niederschlag (20 mm)

Da die in Asche enthaltenen Nährstoffe im Boden nur mäßig beweglich sind, ist der Anwender bei alleiniger Verwendung von Asche hinsichtlich des Ausbringungszeitpunkts sehr flexibel und kann sich nach arbeitswirtschaftlichen Rahmenbedingungen richten. Aufgrund der Zusammensetzung der Aschen ist es in der Regel am besten, sie zu einem Zeitpunkt auszubringen, der auch für eine Kalkung sinnvoll ist. Es ist dabei der Bodenzustand zu beachten, ein Befahren von wassergesättigten, durchgefrorenen oder überschwemmten Böden ist auf jeden Fall zu vermeiden. Auf geschlossene Schneedecken von mehr als 5 cm soll Asche wegen der Abschwemmungsgefahr im Fall einer zu raschen Schneeschmelze nicht ausgebracht werden.

Besonderheiten bei der Ausbringung auf Grünland

Bei einer Ausbringung auf Grünland ist darauf zu achten,

- dass die Blätter abgetrocknet sind, so dass Ätزشäden vermieden werden und
- dass wegen der Gefahr der Futtermittelschmutzung ein möglichst großer zeitlicher Abstand zwischen der Ausbringung und der Ernte eingehalten wird.

Als günstigste Zeitpunkte für eine Ausbringung auf Grünland sind daher entweder der Spätherbst (nach der letzten Ernte) oder der Beginn der Vegetationsperiode anzusehen.

6.2.5 Aufzeichnungen

Anlagenbetreiber:

- Original der Aschenanalyse
- Lieferscheine (vom Übernehmer)
- Brennstoffnachweise

Aschenanwender:

Der Anwender hat Aufzeichnungen gemäß Kapitel 0 (EDM) zu führen. Diese enthalten:

- Genaue Ortsangabe und Größe der Aufbringungsfläche(n)
- Ausbringungsmenge(n)
- Zeitpunkt der Ausbringung(en)

Als Abfallverwerter muss er die Übernahme der Asche durch unterzeichnete Lieferscheine an den Abgeber bestätigen, die genau diese Angaben enthalten.

Darüber hinaus hat der Ascheanwender folgende Unterlagen aufzubewahren (Mindestdauer):

- Bodenuntersuchungsergebnis(se) falls erforderlich (10 Jahre)
- Kopie der Aschenanalyse (10 Jahre)

6.3 WALD

6.3.1 Frachten

Grundlage für die Ausbringung ist die Ableitung eines Kalkungsbedarfs für die zu behandelnden Waldflächen (siehe „Wald(boden)sanierung“ des Fachbeirates für Bodenfruchtbarkeit und Bodenschutz).⁵¹ Ausgehend von Bilanzierungsüberlegungen empfiehlt der Fachbeirat den Einsatz von Pflanzenaschen auf solchen Waldflächen im Umfang von maximal 2 t/ha in 20 Jahren.

Diese Mengempfehlung ist auf der Basis des am ehesten limitierenden Schwermetalls Cadmium errechnet, entspricht aber auch empfohlenen Ausbringungsmengen für die Kalkdüngung. Somit wird gewährleistet, dass der Schwermetalleintrag in das Ökosystem Wald durch die Aschenverwertung den Entzug durch die Holzernte für Cadmium nicht übersteigt und für alle anderen Schwermetalle unerheblich bleibt bzw. diesen sogar unterschreitet^{68, 69, 70, 71, 72, 73}.

Bei Einhaltung der Schadstoffgrenzwerte der Qualitätsklasse B (siehe Kapitel 4.3.4) und der oben genannten Aufbringungsmengen für Pflanzenaschen liegen die durch die Aschenaufbringung in den Boden eingetragenen Schwermetallmengen unter dem analytisch differenzierbaren Schwankungsbereich der Gehalte in Waldböden. Eine Bodenanalyse auf Schwermetalle ist daher nicht erforderlich.

6.3.2 Ausbringungstechnik

Die Ausbringung von Pflanzenaschen erfolgt nach einer entsprechenden Konditionierung mit geeigneter maschineller Ausstattung (z.B. Verblasegeräte, Helikopter, konventionelle Düngerstreuer)^{58, 74, 75}.

Bei allen Ausbringungsarten ist auf ein möglichst gleichmäßiges Streubild zu achten. Der Zeitpunkt der Ausbringung ist so zu wählen, dass die Boden- bzw. Wegeverhältnisse ein Befahren zulassen.

Zum Schutz der Oberflächengewässer vor einem unzulässigen Nährstoffeintrag sind in Analogie zu Kapitel 6.2.4 die den Vorgaben für Grünland entsprechenden Abstände einzuhalten.

6.3.3 Aufzeichnungs- und Meldepflicht

Zur Abklärung der Notwendigkeit einer Düngung ist vier Wochen vor Ausbringung eine Meldung an die zuständige Bezirksverwaltungsbehörde abzugeben. Die Meldung hat zu enthalten:

- Genaue Ortsangabe und Größe der Aufbringungsfläche(n) mit Gst.Nr. und KG inkl. Kartendarstellung im Maßstab 1:10.000
- Angabe der Aschenqualität (A,B)
- Ausbringungsmenge(n) gesamt und pro ha
- Zeitpunkt der Ausbringung(en)
- Bestätigung oder Nachweis, dass keine von der Düngung ausgeschlossene Waldstandorte (siehe Kapitel 5.2) behandelt werden

Nach der Ausbringung sind die von Anlagenbetreiber und Grundstücksbesitzer unterzeichneten Lieferscheine an die Bezirksverwaltungsbehörde zu übermitteln. Alle bei der Bezirksverwaltungsbehörde eingegangenen Informationen sind zumindest 20 Jahre aufzubewahren.

In der Folge sind bei der Ausbringung dieselben Aufzeichnungen gemäß Abfallrecht zu führen wie im Fall der Aufbringung auf landwirtschaftliche Flächen (siehe Kapitel 6.2.5)

7 Literatur

7.1 Zitate

Seite 2:

- 1) [P.RUCKENBAUER et al., 1993]
- 2) [I.OBERNBERGER et al., 1994a]
- 3) [I.OBERNBERGER, 1995d]
- 4) [P.RUCKENBAUER et al. 1996]
- 5) [I.OBERNBERGER et al., 1997a]
- 6) [I.OBERNBERGER et al, 1998]
- 7) [J.DAHL et al., 2002]
- 8) [M.JOHANNESSON et al., 2002]

Seite 4:

- 9) [BMLFUW, 2002]
- 10) [BMLFUW, 2003b]
- 11) [BMLFUW, 2008a]

Seite 5:

- 12) [EU-PARLAMENT, 2006]
- 13) [BMLFUW, 2001a]

Seite 6:

- 14) [BMLFUW, 2003a]
- 15) [Austrian Standards plus GmbH, 2005b]

Seite 7:

- 11) [BMLFUW, 2008a]

Seite 9:

- 16) [BMLFUW, 1989]

Seite 10:

- 17) [BMLFUW, 1994]

18) [BMLFUW, 1975]

19) [JÄGER F., 2003] verweist in seinem Kommentar zum Forstgesetz auf die Richtlinie „Der sachgerechte Einsatz von Pflanzenaschen im Wald“ aus dem Jahr 1997. Es ist davon auszugehen, dass mit Einhaltung der hier vorliegenden Richtlinie ebenfalls der Tatbestand einer sachgerechten Verwendung erfüllt wird.

Seite 11:

20) [BMLFUW, 1959]

Seite 12:

21) [AMT DER BURGENLÄNDISCHEN LANDESREGIERUNG, 1990]

22) [AMT DER NIEDERÖSTERREICHISCHEN LANDESREGIERUNG, 1988]

23) [AMT DER OBERÖSTERREICHISCHEN LANDESREGIERUNG, 1991]

24) [AMT DER SALZBURGER LANDESREGIERUNG, 2001]

25) [AMT DER STEIERMÄRKISCHEN LANDESREGIERUNG, 1987]

26) [AMT DER SALZBURGER LANDESREGIERUNG, 2006]

27) [AMT DER TIROLER LANDESREGIERUNG, 2004]

28) [AMT DER VORARLBERGER LANDESREGIERUNG, 2002]

29) [AMT DER KÄRNTNER LANDESREGIERUNG, 2001]

30) [AMT DER OBERÖSTERREICHISCHEN LANDESREGIERUNG, 2009]

31) [DIE KOMMISSION DER EUROPÄISCHEN GEMEINSCHAFTEN, 2008]

Seite 15:

32) [P.RUCKENBAUER et al., 1996]

33) [I.OBERNBERGER et al., 1995]

34) [I.OBERNBERGER et al. 1997]

35) Asche von Winterweizenstroh

Seite 16:

36) Asche von Triticale-Ganzpflanzen

37) [Austrian Standards plus GmbH, 2003b]

38) [Austrian Standards plus GmbH,2003c]

39) [Austrian Standards plus GmbH,2003d]

40) [Austrian Standards plus GmbH, 2004d]

Seite 18:

41) Aschen von Heizwerken bis einschließlich 500 kW Kesselnennleistung, die Einzelpersonen oder Personengemeinschaften gehören, brauchen nach dem Abfallrecht eigentlich keine Aufzeichnungen zu führen, so lange die Asche innerhalb der Gemeinschaft entsprechend der Brennstofflieferung an die beteiligten Personen aufgeteilt und von diesen selbst land- oder forstwirtschaftlich verwertet wird.

Dennoch ist es im Sinn einer ordnungsgemäßen Düngeplanung mit plausiblen Daten erforderlich, bei einer landwirtschaftlichen Verwertung zumindest alle zehn Jahre eine Analyse auf Nähr- und Schadstoffgehalt durchführen zu lassen.

Im Fall der forstwirtschaftlichen Verwertung sind neben dem AWG die besonders strengen Bestimmungen des Forstgesetzes zu berücksichtigen. Daher gilt hier ein kürzeres Intervall mit maximal drei Jahren.

Generell gilt, dass die erste Untersuchung auf jeden Fall vor der ersten Anwendung durchzuführen ist.

Seite 19:

42) [BMLFUW, 2004]

Seite 20:

43) [J. NIEDERBERGER, 2002]

44) [S. BRILL, 2002]

45) [GTI, 1996]

46) [F.STEINHÄUSLER et al, 2006]

47) [H.LETTNER, 2009]

48) [I.OBERNBERGER et al., 2010]

Seite 21:

49) [I. OBERNBERGER, 1997]

Seite 23:

50) [BMLFUW, 2006]

51) [BMLFUW, 2001b]

52) [Austrian Standards plus GmbH, 2004a]

53) [Austrian Standards plus GmbH, 2004b]

54) [Austrian Standards plus GmbH, 2006a]

- 55) [Austrian Standards plus GmbH, 2006b]
- 56) [Austrian Standards plus GmbH, 2005a]
- 57) [Austrian Standards plus GmbH, 2004c]

Seite 25:

- 58) [BMLFUW, 2010]
- 59) [BMLFUW, 2001b]

Seite 27:

- 60) [M.NARODOSLAWSKY et al., 1994]
- 61) [E.ROTHENEDER, 2005]
- 62) [S.EMILSSON, 2006]
- 13) [BMLFUW, 2001a]

Seite 28:

- 63) [BMLFUW, 2006]

Seite 36:

- 64) [BMLFUW, 2008b]

Seite 38:

65) In den Erläuterungen zum Aktionsprogramm Nitrat 2008 [BMLFUW, 2008c] ist die Böschungsoberkante folgendermaßen definiert: „Die Böschungsoberkante des Flussbettes stellt die erste Geländekante oberhalb des Wasserspiegels dar. Wenn eine natürliche Böschungsoberkante nicht eindeutig erkennbar ist, so ist der einzuhaltende Abstand zuzüglich weiterer drei Meter ab der Anschlaglinie des Wasserspiegels bei Mittelwasser zu berechnen.“

- 13) [BMLFUW, 2001a]
- 64) [BMLFUW, 2008b]

Seite 39:

66) Als „Kleinschlag“ gilt eine Fläche im Ausmaß von weniger als einem Hektar, deren Hanglänge hin zum Gewässer weniger als 50 Meter beträgt. Entwässerungsgräben dienen der Ableitung von Drainagewasser bis zum nächsten Vorfluter. Straßengräben, die das Abfließen von Oberflächenwasser vom Feld auf die Straße (und umgekehrt) verhindern sollen, sind nicht als Entwässerungsgräben im Sinn dieser Richtlinie zu verstehen.

67) Als Geräte, die eine Reduktion der Abstände bei der Gewässerranddüngung zulassen, kommen für lose Aschen insbesondere Mineraldüngerstreuer in der Form von Kasten- und Reihenstreuern oder Kalkstreuer mit Staubschürzen in Betracht.

Seite 41:

51) [BMLFUW, 2001b]

68) [I.OBERNBERGER, 1994a]

69) [I.OBERNBERGER, 1995a]

70) [I.OBERNBERGER, 1995b]

71) [I.OBERNBERGER, 1995c]

72) [M.NARODOSLAWSKY et al., 1996]

73) [G.WANKER et al., 1995]

Seite 42:

58) [BMLFUW, 2010]

74) [I.OBERNBERGER et al. 1993]

75) [I.OBERNBERGER, 1994b]

Seite 56:

54) [Austrian Standards plus GmbH, 2006a]

76) [Deutsches Institut für Normung e. V., 2006]

77) [Austrian Standards plus GmbH, 2009a]

78) [Deutsches Institut für Normung e. V., 1999]

79) [Deutsches Institut für Normung e. V., 2007]

80) [Austrian Standards plus GmbH, 2010a]

81) [Austrian Standards plus GmbH, 2008]

82) [Austrian Standards plus GmbH, 2006c]

83) [Austrian Standards plus GmbH, 2001]

84) [Austrian Standards plus GmbH, 2010b]

- 85) [I.OBERNBERGER et al., 1994b]
- 86) [Austrian Standards plus GmbH, 2006f]
- 87) [Austrian Standards plus GmbH, 2006g]

Seite 57:

- 88) [Austrian Standards plus GmbH, 2006d]
- 89) [Austrian Standards plus GmbH, 2006e]
- 90) [Deutsches Institut für Normung e. V., 2000]

Seite 58:

- 40) [Austrian Standards plus GmbH, 2004d]
- 54) [Austrian Standards plus GmbH, 2006a]
- 55) [Austrian Standards plus GmbH, 2006b]
- 56) [Austrian Standards plus GmbH, 2005a]
- 91) [AUSTRIAN STANDARDS PLUS GMBH, 2009b]

Seite 59:

- 32) [P.RUCKENBAUER et al., 1996]
- 33) [I.OBERNBERGER et al., 1995]
- 34) [I.OBERNBERGER et al. 1997]

7.2 Literaturverzeichnis

- AMT DER BURGENLÄNDISCHEN LANDESREGIERUNG, 1990: Gesetz vom 18. Juni 1990 über den Schutz landwirtschaftlicher Böden (Bgl. Bodenschutzgesetz., LGBl. Nr. 87/1990, zuletzt geändert durch LGBl. Nr. 32/2001.
- AMT DER KÄRNTNER LANDESREGIERUNG, Umweltschutzabteilung, 2001: Information für Betreiber von Biomassefeuerungsanlagen, April 2001
- AMT DER NIEDERÖSTERREICHISCHEN LANDESREGIERUNG, 1988: Niederösterreichisches Bodenschutzgesetz. LGBl. Nr., 58/1988, zuletzt geändert durch LGBl. Nr. 25/2005.
- AMT DER OBERÖSTERREICHISCHEN LANDESREGIERUNG, 1991: Landesgesetz vom 3. Juli 1991 über die Erhaltung und den Schutz des Bodens vor schädlichen Einflüssen sowie über die Verwendung von Pflanzenschutzmitteln (Oö. Bodenschutzgesetz 1991). LGBl. Nr., 63/1997, zuletzt geändert durch LGBl. Nr. 89/2009.
- AMT DER OBERÖSTERREICHISCHEN LANDESREGIERUNG, Direktion Umwelt und Wasserwirtschaft, Abteilung Umweltschutz/Geschäftsstelle Fachbeirat für Bodenschutz, 2009: Empfehlung an die Sachverständigen zur Vermeidung von Beeinträchtigung der Bodengesundheit bei der Ascheverwertung (interne Auskunft 2009)
- AMT DER SALZBURGER LANDESREGIERUNG, 2001: Gesetz vom 4. Juli 2001 zum Schutz der Böden vor schädlichen Einflüssen (Bodenschutzgesetz). LGBl. Nr. 80/2001.
- AMT DER SALZBURGER LANDESREGIERUNG, Abteilung Land und Forstwirtschaft und Abteilung für Umweltschutz, 2006: Richtlinie für die Aufbringung von Asche aus Holzfeuerungsanlagen auf landwirtschaftlich genutzte Böden "Asche-Richtlinie 2006"; Salzburg 2006
- AMT DER STEIERMÄRKISCHEN LANDESREGIERUNG, 1987: Gesetz vom 2. Juni 1987 zum Schutz landwirtschaftlicher Böden (Steiermärkisches landwirtschaftliches Bodenschutzgesetz). LGBl. Nr. 66/1987, zuletzt geändert durch LGBl. Nr. 8/2004.
- AMT DER TIROLER LANDESREGIERUNG, Abteilung Umweltschutz / Referat Abfallwirtschaft, 2004: Aschen aus Biomassefeuerungsanlagen – Leitfaden. 2. Auflage, Feber 2004
- AMT DER VORARLBERGER LANDESREGIERUNG, 2002: Abfallverwertung – Verwertungsmöglichkeiten von Holzaschen aus Biomasseheizwerken zu Düngezwecken; Kurzbbericht Ul/Vle-01/2002, Vorarlberg 2002, <http://www.vorarlberg.at/pdf/holzaschen1.pdf>
- AUSTRIAN STANDARDS PLUS GMBH (Hrsg.), 2001: ÖNORM EN 13137: 2001 12 01. Charakterisierung von Abfall - Bestimmung des gesamten organischen Kohlenstoffs (TOC) in Abfall, Schlämmen und Sedimenten.
- AUSTRIAN STANDARDS PLUS GMBH (Hrsg.), 2003a: ÖNORM L 1062: 2003 01 01. Physikalische Bodenuntersuchungen - Bestimmung des Wassergehaltes und des Wasseranteils.
- AUSTRIAN STANDARDS PLUS GMBH (Hrsg.), 2003b: ÖNORM S 2123-1: 2003 11 01. Probenahmepläne für Abfälle, Teil 1: Beprobung von Haufen.
- AUSTRIAN STANDARDS PLUS GMBH (Hrsg.), 2003c: ÖNORM S 2123-2: 2003 11 01. Probenahmepläne für Abfälle, Teil 2: Beprobung fester Abfälle aus Behältnissen und Transportfahrzeugen.
- AUSTRIAN STANDARDS PLUS GMBH (Hrsg.), 2003d: ÖNORM S 2123-3: 2003 11 01. Probenahmepläne für Abfälle, Teil 3: Beprobung fester Abfälle aus Stoffströmen.
- AUSTRIAN STANDARDS PLUS GMBH (Hrsg.), 2004a: ÖNORM L 1055: 2004 07 01. Probenahme von ackerbaulich genutzten Böden.
- AUSTRIAN STANDARDS PLUS GMBH (Hrsg.), 2004b: ÖNORM L 1056: 2004 07 01: Probenahme von Dauergrünland (inklusive Parkanlagen sowie Zier- und Sportrasen).

- AUSTRIAN STANDARDS PLUS GMBH (Hrsg.), 2004c: ÖNORM L 1075: 2004 07 01. Grundlagen für die Bewertung der Gehalte ausgewählter Elemente in Böden.
- AUSTRIAN STANDARDS PLUS GMBH (Hrsg.), 2004d: ÖNORM L 1060: 2007 07 01. Bodenuntersuchungen - Probenvorbereitung, Probenkonservierung und Probenlagerung
- AUSTRIAN STANDARDS PLUS GMBH (Hrsg.), 2005a: ÖNORM L 1088: 2005 03 01. Chemische Bodenuntersuchungen - Bestimmung von „pflanzenverfügbarem“ Phosphor und Kalium nach der Doppel-Lactat-Methode (DL-Methode).
- AUSTRIAN STANDARDS PLUS GMBH (Hrsg.), 2005b: ÖNORM S 2100: 2005 10 01. Abfallverzeichnis. Herausgeber: Austrian Standards plus GmbH.
- AUSTRIAN STANDARDS PLUS GMBH (Hrsg.), 2006a: ÖNORM L 1083: 2006 04 01. Chemische Bodenuntersuchungen - Bestimmung der Acidität (pH-Wert).
- AUSTRIAN STANDARDS PLUS GMBH (Hrsg.), 2006b: ÖNORM L 1087: 2006 01 01. Chemische Bodenuntersuchungen - Bestimmung von „pflanzenverfügbarem“ Phosphor und Kalium nach der Calcium-Lactat-Methode (CAL-Methode).
- AUSTRIAN STANDARDS PLUS GMBH (Hrsg.), 2006c: ÖNORM L 1084: 2006 04 01. Chemische Bodenuntersuchungen - Bestimmung von Carbonat.
- AUSTRIAN STANDARDS PLUS GMBH (Hrsg.), 2006d: ÖNORM EN 1948-2: 2006 05 01. Emissionen aus stationären Quellen - Bestimmung der Massenkonzentration von PCDD/PCDF und dioxin-ähnlichen PCB - Teil 2: Extraktion und Reinigung von PCDD/PCDF.
- AUSTRIAN STANDARDS PLUS GMBH (Hrsg.), 2006e: ÖNORM EN 1948-3, 2006 05 01: Emissionen aus stationären Quellen - Bestimmung der Massenkonzentration von PCDD/PCDF und dioxin-ähnlichen PCB - Teil 3: Identifizierung und Quantifizierung von PCDD/PCDF.
- AUSTRIAN STANDARDS PLUS GMBH (Hrsg.), 2006f: Vornorm ÖNORM CEN/TS 15290: 2006 05 01: Feste Biobrennstoffe - Bestimmung von Hauptelementen
- AUSTRIAN STANDARDS PLUS GMBH (Hrsg.), 2006g: Vornorm ÖNORM CEN/TS 15297: 2006 05 01: Feste Biobrennstoffe - Bestimmung von Spurenelementen.
- AUSTRIAN STANDARDS PLUS GMBH (Hrsg.), 2008: ÖNORM EN 459-2 - Normentwurf: 2008 10 01. Baukalk Teil 2; Prüfverfahren.
- AUSTRIAN STANDARDS PLUS GMBH (Hrsg.), 2009a: ÖNORM EN 14774-1: 2009 12 01. Feste Biobrennstoffe - Verfahren zur Bestimmung des Wassergehaltes - Verfahren der Ofentrocknung - Teil 1: Gehalt an Gesamtwasser - Referenzverfahren.
- AUSTRIAN STANDARDS PLUS GMBH (Hrsg.), 2009b: ÖNORM L 1085: 2009 03 01. Chemische Bodenuntersuchungen - Extraktion von Elementen mit Königswasser oder Salpetersäure-Perchlorsäure-Gemisch
- AUSTRIAN STANDARDS PLUS GMBH (Hrsg.), 2010a: ÖNORM L 1080: 2010 03 01. Chemische Bodenuntersuchungen – Bestimmung des organischen Kohlenstoffs durch trockene Verbrennung.
- AUSTRIAN STANDARDS PLUS GMBH (Hrsg.), 2010b: ÖNORM L 1081: 2010 03 01. Chemische Bodenuntersuchungen - Bestimmung des organischen Kohlenstoffs durch Nassoxidation.
- BRILL, S., 2002: Technische Möglichkeiten der Chrom(VI)-Minderung in Holzaschen. Holzasche-Ausbringung im Wald, ein Kreislaufkonzept, FVA Heft 43; Freiburg, Deutschland
- BUNDESMINISTERIUM FÜR LAND- UND FORSTWIRTSCHAFT, UMWELT UND WASSERWIRTSCHAFT (BMLFUW), 1959: Wasserrechtsgesetz 1959 - WRG 1959. BGBl. Nr. 215/1959, zuletzt geändert durch BGBl. I Nr. 123/2006.
- BUNDESMINISTERIUM FÜR LAND- UND FORSTWIRTSCHAFT, UMWELT UND WASSERWIRTSCHAFT (BMLFUW), 1975: Bundesgesetz vom 3. Juli 1975, mit dem das Forstwesen geregelt wird (Forstgesetz 1975). BGBl. Nr. 440/1975, zuletzt geändert durch BGBl. I Nr. 55/2007.

- BUNDESMINISTERIUM FÜR LAND- UND FORSTWIRTSCHAFT, UMWELT UND WASSERWIRTSCHAFT (BMLFUW), 1989: Bundesgesetz vom 7. Juni 1989 zur Finanzierung und Durchführung der Altlastensanierung, mit dem das Umwelt- und Wasserwirtschaftsfondsgesetz, BGBl. Nr. 79/1987, das Wasserbautenförderungsgesetz, BGBl. Nr. 148/1985, das Umweltfondsgesetz, BGBl. Nr. 567/1983, und das Bundesgesetz vom 20. März 1985 über die Umweltkontrolle, BGBl. Nr. 127/1985, geändert werden (Altlastensanierungsgesetz). BGBl. Nr. 299/1989, zuletzt geändert durch BGBl. I Nr. 52/2009.
- BUNDESMINISTERIUM FÜR LAND- UND FORSTWIRTSCHAFT, UMWELT UND WASSERWIRTSCHAFT (BMLFUW), 1994: Bundesgesetz über den Verkehr mit Düngemitteln, Bodenhilfsstoffen, Kultursubstraten und Pflanzenhilfsmitteln (Düngemittelgesetz 1994 - DMG 1994), BGBl. Nr. 299/1989, zuletzt geändert durch BGBl. I Nr. 87/2009.
- BUNDESMINISTERIUM FÜR LAND- UND FORSTWIRTSCHAFT, UMWELT UND WASSERWIRTSCHAFT (BMLFUW), 2001a: Verordnung des Bundesministers für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft über Qualitätsanforderungen an Komposte aus Abfällen (Kompostverordnung). BGBl. II Nr. 292/2001.
- BUNDESMINISTERIUM FÜR LAND- UND FORSTWIRTSCHAFT, UMWELT UND WASSERWIRTSCHAFT (BMLFUW), Fachbeirat für Bodenfruchtbarkeit und Bodenschutz, 2001b: Wald(boden)sanierung. Geschäftsstelle: Institut für Bodenwirtschaft der Agentur für Gesundheit und Ernährungssicherheit.
- BUNDESMINISTERIUM FÜR LAND- UND FORSTWIRTSCHAFT, UMWELT UND WASSERWIRTSCHAFT (BMLFUW), 2002: Bundesgesetz über eine nachhaltige Abfallwirtschaft (Abfallwirtschaftsgesetz 2002 - AWG 2002), BGBl. I Nr. 102/2002 zuletzt geändert durch BGBl. I Nr. 54/2008.
- BUNDESMINISTERIUM FÜR LAND- UND FORSTWIRTSCHAFT, UMWELT UND WASSERWIRTSCHAFT (BMLFUW), 2003a: Verordnung des Bundesministers für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft über ein Abfallverzeichnis (Abfallverzeichnisverordnung). BGBl. II Nr. 570/2003 zuletzt geändert durch BGBl. II Nr. 489/2008.
- BUNDESMINISTERIUM FÜR LAND- UND FORSTWIRTSCHAFT, UMWELT UND WASSERWIRTSCHAFT (BMLFUW), 2003b: Verordnung des Bundesministers für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft über die Nachweispflicht für Abfälle (Abfallnachweisverordnung 2003), BGBl. II Nr. 618/2003.
- BUNDESMINISTERIUM FÜR LAND- UND FORSTWIRTSCHAFT, UMWELT UND WASSERWIRTSCHAFT (BMLFUW), 2004: Verordnung des Bundesministers für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft, mit der Bestimmungen zur Durchführung des Düngemittelgesetzes 1994 erlassen werden (Düngemittelverordnung 2004). BGBl. II Nr. 100/2004, zuletzt geändert durch BGBl. II Nr. 53/2007.
- BUNDESMINISTERIUM FÜR LAND- UND FORSTWIRTSCHAFT, UMWELT UND WASSERWIRTSCHAFT (BMLFUW), Fachbeirat für Bodenfruchtbarkeit und Bodenschutz, 2006: Richtlinien für die sachgerechte Düngung. 6. Auflage. Geschäftsstelle: Institut für Bodenwirtschaft der Agentur für Gesundheit und Ernährungssicherheit.
- BUNDESMINISTERIUM FÜR LAND- UND FORSTWIRTSCHAFT, UMWELT UND WASSERWIRTSCHAFT (BMLFUW), 2008a: Verordnung des Bundesministers für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft über Jahreatfallbilanzen (AbfallbilanzV), BGBl. II 497/2008.
- BUNDESMINISTERIUM FÜR LAND- UND FORSTWIRTSCHAFT, UMWELT UND WASSERWIRTSCHAFT (BMLFUW), 2008b: Verordnung des Bundesministers für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft über das Aktionsprogramm 2008 zum Schutz der Gewässer vor Verunreinigung durch Nitrat aus landwirtschaftlichen Quellen – Aktionsprogramm 2008. CELEX Nr. 391L0676

- BUNDESMINISTERIUM FÜR LAND- UND FORSTWIRTSCHAFT, UMWELT UND WASSERWIRTSCHAFT (BMLFUW), 2008c: Erläuterungen zur Verordnung des Bundesministers für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft über das Aktionsprogramm 2008 zum Schutz der Gewässer vor Verunreinigung durch Nitrat aus landwirtschaftlichen Quellen.
- BUNDESMINISTERIUM FÜR LAND- UND FORSTWIRTSCHAFT, UMWELT UND WASSERWIRTSCHAFT (BMLFUW), 2009: Förderungsrichtlinien 2009 für die Umweltförderung im Inland.
- BUNDESMINISTERIUM FÜR LAND- UND FORSTWIRTSCHAFT, UMWELT UND WASSERWIRTSCHAFT (BMLFUW), Fachbeirat für Bodenfruchtbarkeit und Bodenschutz, 2010: Düngung im Wald, zweiter Teil. 2. Auflage, Wien 2010. Geschäftsstelle: Institut für Bodenwirtschaft der Agentur für Gesundheit und Ernährungssicherheit.
- DAHL Jonas, OBERNBERGER Ingwald, BRUNNER Thomas, BIEDERMANN Fritz, 2002: Results and Evaluation of a new Heavy Metal Fractionation Technology in Grate-Fired Biomass Combustion Plants as a Basis for an improved Ash Utilisation, 12th European Conference and Technology Exhibition on Biomass for Energy, Industry and Climate Protection, 17-21 June 2002, Amsterdam, Niederlande
- DEUTSCHES INSTITUT FÜR NORMUNG e. V. (Hrsg.), 1999: DIN 51724-1, Norm 1999-06: Prüfung fester Brennstoffe – Bestimmung des Schwefelgehaltes – Teil 1: Gesamtschwefel. Beuth Verlag Berlin – Wien – Zürich.
- DEUTSCHES INSTITUT FÜR NORMUNG e. V. (Hrsg.), 2000: DIN ISO 13877, Norm 2000-01: Bodenbeschaffenheit - Bestimmung von polycyclischen aromatischen Kohlenwasserstoffen - Hochleistungs-Flüssigkeitschromatographie-(HPLC-)Verfahren. Herausgeber: Deutsches Institut für Normung, Berlin. Beuth Verlag Berlin – Wien – Zürich.
- DEUTSCHES INSTITUT FÜR NORMUNG e. V. (Hrsg.), 2006: DIN 51718, Norm 2006-06: Prüfung fester Brennstoffe. Bestimmung des Wassergehaltes und der Analysenfeuchtigkeit. Beuth Verlag Berlin – Wien – Zürich..
- DEUTSCHES INSTITUT FÜR NORMUNG e. V. (Hrsg.), 2007: DIN 51732, Norm 2007-08: Prüfung fester Brennstoffe – Bestimmung des Gesamtgehaltes an Kohlenstoff, Wasserstoff und Stickstoff – Instrumentelle Methoden. Beuth Verlag Berlin – Wien – Zürich.
- DIE KOMMISSION DER EUROPÄISCHEN GEMEINSCHAFTEN, 2008: Verordnung (EG) Nr. 889/2008 der Kommission vom 5. September 2008 mit Durchführungsvorschriften zur Verordnung (EG) Nr. 834/2007 des Rates über die ökologische/ biologische Produktion und die Kennzeichnung von ökologischen/biologischen Erzeugnissen hinsichtlich der ökologischen/biologischen Produktion, Kennzeichnung und Kontrolle. Amtsblatt der Europäischen Union L 250 vom 18.9.2008.
- EMILSSON, Stig, 2006: International Handbook – From Extraction of Forest Fuels to Ash Recycling; Swedish Forest Agency, Stockholm, Schweden
- EUROPÄISCHES PARLAMENT und RAT DER EUROPÄISCHEN GEMEINSCHAFTEN (EU-PARLAMENT), 2006: Verordnung (EG) Nr. 1907/2006 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 18. Dezember 2006 zur Registrierung, Bewertung, Zulassung und Beschränkung chemischer Stoffe (REACH), zur Schaffung einer Europäischen Chemikalienagentur, zur Änderung der Richtlinie 1999/45/EG und zur Aufhebung der Verordnung (EWG) Nr. 793/93 des Rates, der Verordnung (EG) Nr. 1488/94 der Kommission, der Richtlinie 76/769/EWG des Rates sowie der Richtlinien 91/155/EWG, 93/67/EWG, 93/105/EG und 2000/21/EG der Kommission (Text von Bedeutung für den EWR).
- GTI, 1996: Radiometrische Analysen an Ascheproben aus Biomasseheizanlagen. Endbericht einer Studie im Auftrag des Amt der OÖ Landesregierung. A.Nr. G4852/96.05 (unveröffentlicht), Linz, Österreich
- JÄGER, Franz, 2003: Forstrecht mit Kommentar, Verlag Österreich, Wien, 2003, ISBN 3-7046-3933-8.

- JOHANNESSON Mikael, ANHEDEN Marie, ARRHENIUS Erik, DAHL Jonas, ERICSON Sven-Olov, HINDERSON Anna, NIELSEN Birgit, OBERNBERGER Ingwald, RIDDEL-BLACK Drusilla, 2002: The Market Implementation of Integrated Management for Heavy Metals Flows for Bioenergy use in the European Union, Endbericht zum gleichnamigen Forschungsprojekt, Department of Biology and Environmental Science, Kalmar University, Kalmar, Schweden
- LETTNER, H., 2009: Schriftliche Bekanntgabe der Ergebnisse der radiologischen Untersuchung von Ascheproben aus unterschiedlichen Heizungsanlagen vom 19.02.2009 durch die Abteilung Physik und Biophysik, FB Materialforschung und Physik der Universität Salzburg an Herrn DI Georg Juritsch, Amt der Lds.Reg. Salzburg
- NARODOSLAWSKY Michael, OBERNBERGER Ingwald, 1994: Die Kompostierung von Holzasche: Erfahrungen und Möglichkeiten. In: Tagungsband zum internat. Symposium "Sekundärrohstoff Holzasche - Nachhaltiges Wirtschaften im Zuge der Energiegewinnung aus Biomasse", Sept. 1994, Graz; Institut für Verfahrenstechnik (Hrsg.), Technische Universität Graz
- NARODOSLAWSKY Michael, OBERNBERGER Ingwald, 1996: From Waste to raw material – the route from biomass to wood ash for cadmium and other heavy metals, Journal of Hazardous Materials 50 (1995) pp. 157-168
- NIEDERBERGER, J., 2002: Chrom(VI)-Belastung von Holzaschen – Säulenversuche zur Ermittlung der Chrom(VI)-Verlagerung im Boden nach Holzascheausbringung. Holzasche-Ausbringung im Wald, ein Kreislaufkonzept, FVA Heft 43; Freiburg, Deutschland
- OBERNBERGER Ingwald, 1994a: Sekundärrohstoff Holzasche - Nachhaltiges Wirtschaften im Zuge der Energiegewinnung aus Biomasse, Dissertation, Institut für Verfahrenstechnik, Technische Universität Graz
- OBERNBERGER Ingwald, 1994b: Die Bindeglieder Biomasseheizwerk - Bauer - Boden: Verfahrenstechnik der Aschenaustragung, Aufbereitung und Ausbringung; in: Tagungsband zum internat. Symposium "Sekundärrohstoff Holzasche - Nachhaltiges Wirtschaften im Zuge der Energiegewinnung aus Biomasse", Sept. 1994, Graz; Institut für Verfahrenstechnik (Hrsg.), Technische Universität Graz
- OBERNBERGER Ingwald, 1995a: Concentrations of inorganic elements in biomass fuels and recovery in the different ash fractions; in: Proceedings of the IEA Workshop of TASK XII, Activity 3.2 on "Agricultural Energy Crops and Residues", Sept. 1995, Foulum, Denmark; Biomass and Bioenergy (special issue)
- OBERNBERGER Ingwald, 1995b: Aschen aus Biomassefeuerungen - Schwermetallfraktionierung und Recyklingstechnologien; in: Tagungsband zum 4. Symposium "Bibrennstoffe und umweltfreundliche Heizanlagen", Sept. 1995, Regensburg; OTTI-Technologiekolleg (Hrsg.), Regensburg, Deutschland
- OBERNBERGER Ingwald, 1995c: Asche- und Stoffbilanz der Ganzpflanzenverbrennung; in: Tagungsband zur Enquete "Nutzung von Einjahresganzpflanzen zur thermischen Verwertung", Sept. 1995, Wien; Agrar Plus GmbH (Hrsg.), St. Pölten
- OBERNBERGER Ingwald, 1995d: Logistik der Aschenaufbereitung und Aschenverwertung; in: Tagungsband zum internat. Tagung "Logistik bei der Nutzung biogener Festbrennstoffe", Mai 1995, Stuttgart; Schriftenreihe "Nachwachsende Rohstoffe", Band 5, Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten (Hrsg.), Bonn, Deutschland
- OBERNBERGER Ingwald, 1997: 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 Ingwald, BIEDERMANN Friedrich, 1997a: Fractionated Heavy Metal Separation in Biomass Combustion Plants – Possibilities, Technological Approach, Experiences, Proceedings of the international Conference "The impact of mineral impurities in solid fuel combustion", Kona, Hawaii, USA
- OBERNBERGER Ingwald, DAHL Jonas, 1998: Fractionated Heavy Metal Separation and Ash Utilization in Biomass Combustion and Gasification Plants, Endbericht zum Forschungsprojekt Sustainable Ash Utilization, Institut für Verfahrenstechnik (Hrsg.), Technische Universität Graz, Österreich
- OBERNBERGER Ingwald, NARODOSLAWSKY Michael, 1993: Aschenaustrags- und Aufbereitungsanlagen für Biomasseheizwerke, Endbericht zum gleichnamigen Forschungsprojekt des Landesenergievereins des Landes Steiermark, Institut für Verfahrenstechnik (Hrsg.), Technische Universität Graz
- OBERNBERGER Ingwald, NARODOSLAWSKY Michael, 1994a: Verbrennungsbedingte Stoffflüsse Biomasse - Asche und deren Beeinflussung; in: Tagungsband zur int. Tagung "Thermische Nutzung von Biomasse, April 1994, Stuttgart; Schriftenreihe "Nachwachsende Rohstoffe", Band 2, Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten (Hrsg.), Bonn, Deutschland
- OBERNBERGER Ingwald, PÖLT Peter, PANHOLZER Franz, 1994b: Charakterisierung von Holzasche aus Biomasseheizwerken, Teil I: Zur chemischen Analytik der Aschefraktionen, Umweltwissenschaften und Schadstoff-Forschung - Zeitschrift für Umweltchemie und Ökotoxikologie, Heft 6 (1994)
- OBERNBERGER Ingwald, WIDMANN Walter, WURST Friedrich, WÖRGETTER Manfred, 1995: Beurteilung der Umweltverträglichkeit des Einsatzes von Einjahresganzpflanzen und Stroh zur Fernwärmeerzeugung, Jahresbericht 1995 zum gleichnamigen Forschungsprojekt, Institut für Verfahrenstechnik (Hrsg.), Technische Universität Graz, Österreich
- OBERNBERGER Ingwald, WIDMANN Walter, WURST Friedrich, WÖRGETTER Manfred, 1997b: Beurteilung der Umweltverträglichkeit des Einsatzes von Einjahresganzpflanzen und Stroh zur Fernwärmeerzeugung, Endbericht zum gleichnamigen Forschungsprojekt, Institut für Verfahrenstechnik (Hrsg.), Technische Universität Graz, Österreich
- OBERNBERGER Ingwald, THEK Gerold, 2010: The Pellet Handbook - The Production and Utilisation of Pellets. Earthscan, London, UK (in print)
- ROTHENEDER, E., 2005: Land- und forstwirtschaftliche Nutzung von Biomasseaschen, Pro Cinis II – Endbericht., Austrian Bioenergy Centre Graz, Austria
- RUCKENBAUER Peter, OBERNBERGER Ingwald, HOLZNER Heinrich, 1993: Erforschung der Verwendungsmöglichkeiten von Aschen aus Hackgut- und Rindenfeuerungen, Endbericht der Projektphase I, Forschungsprojekt StU 48 der Bund-Bundesländerkooperation; Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung (Hrsg.), Universität für Bodenkultur Wien
- RUCKENBAUER Peter, OBERNBERGER Ingwald, HOLZNER Heinrich, 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
- STEINHÄUSLER, F. et al, 2006: Mess- und Tätigkeitsbereich des radiologischen Messlabors des Landes Salzburg, Berichtszeitraum 01. Oktober 2005 – 31. März 2006, Salzburg, Österreich
- WANKER Gerfried, STELZER Eliza, RUSSEGGER Barbara, STURM Maria, 1995: Untersuchungen zur Umweltverträglichkeit von Holzasche aus Biomasseheizwerken und deren Anwendbarkeit auf Ackerland, Grünland und Forstflächen, Projektarbeit im Rahmen des Aufbaustudiums Technischer Umweltschutz, Institut für Verfahrenstechnik, Technische Universität Graz

8 Anhänge

Anhang A:Empfohlene Analysenmethoden für Pflanzenaschen – pH-Wert, C_{org} , Nährstoffe und anorganische Schadstoffe

Anhang B:Empfohlene Analysenmethoden für Pflanzenaschen – organische Schadstoffe

Anhang C:Empfohlene Analysenmethoden für Böden

Anhang D:Chemische Charakterisierung von österreichischen Pflanzenaschen

Anhang E:Leitfaden für Heizwerksbetreiber: erforderliche Anträge und Aufzeichnungen, Formulare

Anhang F:Leitfaden für Land- und Forstwirte: erforderliche Aufzeichnungen, Formulare

ANHANG A

EMPFOHLENE ANALYSEMETHODEN FÜR PFLANZENASCHEN – PH-WERT-, C_{ORG.}-, NÄHRSTOFF- UND SCHWERMETALLUNTERSUCHUNGEN

Tabelle 14: **Empfohlene Analysemethoden für Pflanzenaschen – Nährstoff- und Schwermetalluntersuchungen**

Parameter	Aufschluss/Extrakt	Messung
pH-Wert in CaCl ₂	ÖNORM EN 17933	
Wassergehalt	DIN 51718 ⁷⁶ (bei 105°C) oder ÖNORM EN 14774-1 ⁷⁷	
C _{gesamt}	DIN 51724-1 ⁷⁸ , DIN 51732 ⁷⁹ oder ÖNORM L 1080 ⁸⁰	
CCO ₂ (als Karbonat gebundener Kohlenstoff)	ÖNORM EN 459-2 ⁸¹ (Punkt 4.4.2) oder ÖNORM L 1084 ⁸² bzw. ÖNORM EN 13137 ⁸³	
C _{org}	Differenz aus C _{gesamt} - CCO ₂ bzw. laut ÖNORM L 1081 ⁸⁴ bzw. EN 13137 ⁸³	
Gehalte an Ca, Mg, K, P, As, Cd, Cr, Cu, Ni, Pb, Zn	mehrstufiger Säureaufschluss mit HNO ₃ /HF/H ₃ BO ₃ ⁸⁵ oder Königswasser-Extrakt (z.B. ÖNORM EN 16174)	Messung z.B. in Anlehnung an ÖNORM CEN/TS 15290 ⁸⁶ , 15297 ⁸⁷ , CEN TS 16170 oder CEN TS 16188. Plasmaemissionsspektrometrie (ICP), Flammenatomabsorptionspektrometrie (FAAS) oder Graphitrohrena-tomabsorptionspektrometrie (GAAS). Bei Unterschreiten der Nachweisgrenzen im ICP oder in der FAAS ist die empfindlichere GAAS einzusetzen. Eine Überprüfung der Messdaten mit begleitenden Blindwertmessungen und Standardreferenzmaterialien wird empfohlen.

ANHANG B

EMPFOHLENE ANALYSEMETHODEN FÜR PFLANZENASCHEN – UNTERSUCHUNG AUF AUSGEWÄHLTE ORGANISCHE SCHADSTOFFE

Tabelle 15: **Empfohlene Analysemethoden für Pflanzenaschen – organische Schadstoffe**

Parameter	Methode
PCDD und PCDF	Bestimmung der 17 toxischen 2,3,7,8-substituierten DD/DF Kongeneren nach Extraktion der Feststoffprobe. Zusatz der 13C 2,3,7,8-substituierten Kongenere der Chlorierungsgrade 4-8 der PCDD/F als interne Standards gemäß EN 1948-2 ⁸⁸ . Identifizierung und Quantifizierung durch HRGC-HRMS-Kopplung gemäß EN 1948-3 ⁸⁹ sowie Berechnung der Summe der Toxizitätsäquivalente (TE).
PAK mit Benzo[a]pyren als Leitsubstanz	Die Bestimmung basiert in Anlehnung an Norm DIN ISO 13877 ⁹⁰ Dotation: Surrogatstandards Extraktion: Soxhlet mit vorzugsweise Toluol Reinigung: falls notwendig säulenchromatographisch qualitative und quantitative Bestimmung: gaschromatographische Endbestimmung mit GC-MS (EI+Mode, single ion recording) Quantifizierung nach der externen Standardmethode unter Zugabe eines Injektionsstandards und Wiederfindungskorrektur über die zugesetzten Surrogatstandards.

ANHANG C

EMPFOHLENE ANALYSEMETHODEN FÜR ACKER- UND GRÜNLAND-BÖDEN

Tabelle 16: **Empfohlene Analysemethoden für Acker- und Grünlandböden**

Parameter	Methode
pH-Wert in CaCl ₂	ÖNORM L 1083 ⁵⁴
As, Cd, Cr, Cu, Ni, Pb, Zn	Königswasserauszug nach ÖNORM L 1085 ^{40, 91}
pflanzenverfügbare Anteile an P ₂ O ₅ und K ₂ O in Acker- und Grünland	ÖNORM L 1087 ⁵⁵ <i>Anmerkung: bei pH – Werten unter 6 (gem. ÖNORM L 1083) kann auch die ÖNORM L 1088⁵⁶ eingesetzt werden</i>

ANHANG D

CHEMISCHE CHARAKTERISIERUNG VON ÖSTERREICHISCHEN PFLANZENASCHEN

Durchschnittliche Zusammensetzung von österreichischen Pflanzenaschen (Mittelwerte und Standardabweichungen für die Mischung aus Grob- und Zyklonflugasche nach heizwerkspezifischem Anfall) ^{32, 33, 34}

Tabelle 1: **Chemische Charakterisierung von österreichischen Pflanzenaschen 1**

Parameter	Einheit	Rindenasche n = 12	STABW.	Hackgutasche n=12	STABW.	Sägespan- asche n=12	STABW.	Strohasche ¹⁾ n = 4	STABW.	Pflanzen- asche ²⁾ n=6	STABW.
pH-Wert	in CaCl ₂	12,7	0,3	12,8	0,4	12,5	0,8	11,2	0,3	10,7	0,2
El. Leitföh.	[mS/cm]	9,2	2,9	9,8	4,9	11,2	3,7	9,4	3,1	11,4	0,8
C _{org}	[% TM]	0,8	0,7	1,3	1,3	5,9	3,2	7,0	5,3	6,4	4,4
CO ₂	[% TM]	4,0	1,4	7,2	3,2	12,5	4,1	1,0	0,8	0,8	0,4
P ₂ O ₅	[% TM]	1,7	0,7	3,6	1,1	2,5	0,6	2,7	0,7	12,0	2,0
K ₂ O	[% TM]	5,1	0,9	6,7	0,9	7,1	1,4	11,5	4,0	18,4	4,1
CaO	[% TM]	42,2	8,2	44,7	7,8	35,5	6,2	7,4	0,5	5,9	1,1
MgO	[% TM]	6,5	2,6	4,8	1,2	5,7	1,0	3,8	0,7	4,5	0,2
Na ₂ O	[% TM]	0,8	0,2	0,6	0,2	0,5	0,1	0,3	0,2	0,2	0,2
Al ₂ O ₃	[% TM]	7,1	1,8	4,6	1,5	2,3	0,7	1,2	0,8	1,4	1,7
Fe ₂ O ₃	[% TM]	3,5	1,4	2,3	0,8	3,7	1,2	1,0	0,8	1,3	1,5
MnO	[% TM]	1,5	0,5	1,7	,4	2,6	0,5	0,1	0,0	0,1	0,0
Cu	[mg/kg TM]	87,8	27,3	126,8	32,8	177,8	36,5	23,2	8,9	52,4	5,2
Zn	[mg/kg TM]	618,6	315,8	375,7	120,7	1429,8	240,5	233,1	223,4	465,9	272,3
Co	[mg/kg TM]	23,9	6,0	15,3	3,0	16,7	3,1	³⁾ 1,5	0,8	³⁾ 1,7	1,2
Mo	[mg/kg TM]	4,8	7,1	1,7	0,9	3,4	1,2	³⁾ 7,1	4,1	³⁾ 6,8	2,8

Tabelle 1: **Chemische Charakterisierung von österreichischen Pflanzenaschen 2**

Parameter	Einheit	Rindenasche n = 12	STABW.	Hackguttasche n = 12	STABW.	Sägespanasche n = 12	STABW.	Strohasche ¹⁾ n = 4	STABW.	Pflanzenasche ²⁾ n = 6	STABW.
As	[mg/kg TM]	11,4	11,7	8,2	7,5	7,8	8,4	³⁾ 2,9	4,2	³⁾ 1,7	2,9
Ni	[mg/kg TM]	94,1	53,0	61,5	21,4	71,9	33,3	³⁾ 3,9	0,6	6,9	3,4
Cr	[mg/kg TM]	132,6	79,1	54,1	38,0	137,2	67,4	12,3	1,5	14,0	5,9
Pb	[mg/kg TM]	25,3	16,9	25,4	12,7	35,6	20,2	7,7	3,3	11,7	7,4
Cd	[mg/kg TM]	3,9	2,4	4,8	1,8	16,8	3,1	0,7	0,6	0,6	0,3
V	[mg/kg TM]	58,4	15,4	42,0	10,6	26,7	8,3	³⁾ 5,5	6,4	³⁾ 7,4	11,1

- 1) Stroh aus Winterweizen
- 2) Triticale
- 3) Einzelwerte z.T. unter der Nachweisgrenze

Die obige Tabelle gibt einen Überblick über die Zusammensetzung verschiedener Aschenarten (Gemische aus Grobaschen und Zyklonflugaschen nach Anfall) aus Biomassefeuerungen, wobei die angegebenen Mittelwerte je nach Ausgangsmaterial und Feuerungstechnologie starken Schwankungen unterliegen können.

Zusammenfassend können verschiedene Pflanzenaschen folgendermaßen charakterisiert werden:

- Pflanzenaschen enthalten keinen Stickstoff und eignen sich daher sehr gut zur ergänzenden Versorgung mit wichtigen Mengen- und Spurenelementen.

- Der Phosphatgehalt ist bei Holz- und Strohaschen im Allgemeinen niedrig und der Phosphor ist nicht oder nur zu einem geringen Anteil eluierbar [I.OBERNBERGER, 1997]. In Gefäßversuchen konnte die geringe Pflanzenverfügbarkeit des Phosphats aus Hackgutasche bestätigt werden [P.RUCKENBAUER et al., 1996]. Ganzpflanzenaschen enthalten etwas mehr Phosphat und die bessere Eluierbarkeit lässt auch auf eine höhere Pflanzenverfügbarkeit schließen.
- Kalium ist neben Kalzium der wichtigste in Pflanzenaschen enthaltene Nährstoff. Stroh- und Ganzpflanzenaschen enthalten ungefähr die doppelte Menge an Kalium wie Aschen aus Rinden, Hackgut oder Sägespänen. Wie die Ergebnisse aus Gefäßversuchen zeigen, ist das Kalium aus Pflanzenaschen sehr gut pflanzenverfügbar. Ihr Einsatz ist daher besonders zu Kulturen mit hohem Kaliumbedarf oder bei niedriger Kaliumversorgung des Bodens zu empfehlen.
- Der Magnesiumgehalt liegt in Pflanzenaschen in einem Bereich zwischen 4% und 7%. Gefäßversuche mit Hackgutasche haben im Vergleich zu Kieserit eine Mg-Verfügbarkeit im Ausmaß von 50-60% ergeben.
- Der Kalkgehalt von Holzaschen (Rinden-, Hackgut-, Sägespäneaschen) liegt in einem Bereich zwischen 35 und 45 Gew% CaO und ist damit wesentlich höher als der der silikatreichen Stroh- und Ganzpflanzenaschen. Während mit einer Holzaschenmenge von 1.000 kg je Hektar und Jahr der Kalkbedarf weitgehend gedeckt wird, kann mit derselben Menge an Stroh- und Ganzpflanzenasche die Kalkversorgung auf Ackerland auf Dauer nicht sichergestellt werden.
- Die Schwermetallgehalte sind in Stroh- und Ganzpflanzenaschen sehr niedrig. Aus dieser Sicht sind diese Aschenarten daher sehr positiv zu beurteilen. In Rinden-, Hackgut- und Sägespäneaschen treten aufgrund der längeren Umtriebszeiten beim Aufwuchs des Brennmaterials, der Luftfilterung durch den Wald und aufgrund der niedrigeren pH-Werte der Waldböden höhere Schwermetallgehalte auf.

II. KONZENTRATIONEN ORGANISCHER SCHADSTOFFE IN ÖSTERREICHISCHEN PFLANZENASCHEN (BEREICHE FÜR DIE EINZELNEN ASCHEFRAKTIONEN)

Tabelle 17: Gehalte an organischen Schadstoffen

		PCDD/PCDF	PAK ohne B[a]P	B[a]P
		ng TE/kg TS	mg/kg TS	mg/kg TS
Rinde	GA	0,3 - 11,7	1,4 - 1,8	1,4 - 39,7
	ZA	2,2 - 12,0	2,0 - 5,9	4,7 - 39,7
	FA	7,7 - 12,7	137 - 195	99 - 4900
Hackgut/Späne	GA	2,4 - 33,5	1,3 - 1,7	0,0 - 5,4
	ZA	16,3 - 23,3	27,6 - 61,0	188 - 880
	FA	n.a.	n.a.	n.a.
Stroh	GA	2,3 - 14,0	0,1 - 0,2	0
	ZA	19,0 - 70,8	0,1 - 15,8	10,0 - 17,0
	FA	101 - 353	0,2 - 26,0	10,0 - 500
GP	GA	1,0 - 22,0	0,1 - 0,3	0
	ZA	12,2 - 44,0	0,1 - 0,5	0,0 - 10,0
	FA	56,0 - 120	0,1 - 7,3	10 - 400

TE Toxizitätsäquivalent; PCDD/PCDF polychlorierte Dibenzo-p-Dioxine und Di-benzofurane; PAK polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe; B[a]P Benzo-a-Pyren; GA Grobasche; ZA Zyklonflugasche; FA Feinstflugasche; TS Trockensubstanz; n.a. Nicht analysiert; GP Ganzpflanzen

Die obige Tabelle gibt einen Überblick über Gehalte an organischen Schadstoffen repräsentativer Proben verschiedener Aschefractionen aus österreichischen Biomassefeuerungen, wobei die Einzelwerte je nach Ausgangsmaterial und Feuerungstechnologie starken Schwankungen unterliegen können.

Zusammenfassend können verschiedene Pflanzenaschen folgendermaßen charakterisiert werden:

- Die Gehalte an organischen Schadstoffen (u. a. PCDD/F, PAK) sind bei sauberem Ausbrand (weniger als 5% TOC in der Asche) in den Grob- und Zyklonaschen sehr gering und damit – nach derzeitigem Wissensstand – als ökologisch unbedenklich einzustufen. Die Maximalwerte in obiger Tabelle liegen teilweise über den Grenzwerten dieser Richtlinie, entsprechen Gehalten bei nicht ausreichendem Ausbrand (mit mehr als 5% TOC in der Asche) und rechtfertigen daher die notwendige Analyse auf diese Schadstoffe bei mehr als 5% TOC in der Asche. In Feinstflugaschen sind organische Schadstoffe jedoch deutlich angereichert; das gilt auch für die Feinaschen aus Kleinanlagen, die durch Reinigung des Wärmeübertragers oder des Kamins anfallen.
- Dabei besteht für Holz- und Rindenaschen ein statistisch signifikanter Zusammenhang zwischen dem Restkohlenstoffgehalt der Zyklonaschen und dem Gehalt an polyzyklischen aromatischen Kohlenwasserstoffverbindungen (PAK). Dieser Zusammenhang gilt auch für Feuerraumasche aus Kleinf Feuerungsanlagen. Zur Minderung der PAK-Belastung sollte somit ein möglichst guter Ausbrand der Holzaschen angestrebt werden.
- Die PAK-Konzentrationen in Holz- und Rindenaschen weichen von denen der Stroh- und Ganzpflanzenaschen – moderne und gut geregelte Heizwerke vorausgesetzt – nicht wesentlich ab. Die Toxizitätsäquivalente für PCDD/F der Flugaschefractionen liegen für Stroh- und Ganzpflanzenbrennstoffe jedoch generell höher; dies ist durch die erhöhten Chlorgehalte dieser Brennstoffe bzw. Aschen erklärbar, die die PCDD/F-Bildung fördern.

- Generell ist ein sauberer Ausbrand ($< 5 \text{ Gew\% TS Rest- } C_{\text{org}}$) anzustreben, da dadurch automatisch die Bildung organischer Schadstoffe vermindert wird. Bei höheren Restkohlenstoffgehalten in den Aschen steigt die Gefahr einer Kontamination mit organischen Schadstoffen deutlich an. Daher ist gemäß dieser Richtlinie ab einem Gehalt von $C_{\text{org}} > 5 \text{ Gew\% TS}$ eine Untersuchung auf organische Schadstoffe in den Aschen erforderlich.

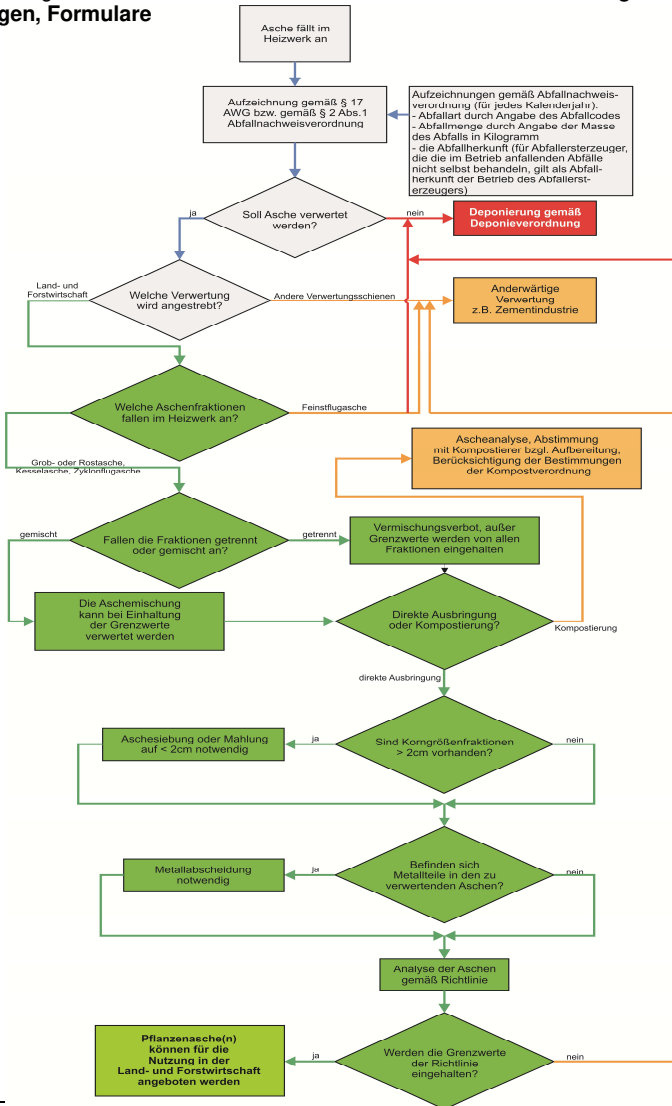
III. RADIOAKTIVITÄT VON PFLANZENASCHEN

Durch den globalen Fallout - verursacht durch die Kernwaffenversuche und den Reaktorunfall von Tschernobyl im Jahre 1986 - ist die Konzentration von künstlichen Radionukliden in der Biomasse erhöht. Besonders wichtig ist dabei das langlebige Radionuklid ^{137}Cs . In einer Erhebungsuntersuchung von 21 Hackgutaschen aus Oberösterreich durch das ÖFPZ Arsenal wurden Werte zwischen 524 und 7269 Bq $^{137}\text{Cs}/\text{kg}$ Asche gefunden (Oberösterreich wies nach dem Reaktorunfall von Tschernobyl die höchsten Flächenkontaminationen auf). Alle Messwerte lagen dabei unter dem Grenzwert der NÖ Klärschlammverordnung von 7400 Bq $^{137}\text{Cs}/\text{kg}$ Klärschlamm-TM. Der Akkumulation von ^{137}Cs im Boden stehen dessen physikalische Halbwertszeit von 30,2 Jahren und die Abnahme der ^{137}Cs -Konzentrationen in der Biomasse, die aufgrund von Fixierungs- und Verlagerungsprozessen im Boden deutlich schneller vor sich geht, als es der physikalischen Halbwertszeit entspricht, entgegen. Aus diesem Grund ist eine ^{137}Cs -Untersuchung zurzeit nicht nötig, sie wäre aber im Fall einer neuerlichen Kontamination vorzusehen.

ANHANG E

LEITFADEN FÜR HEIZWERKS BETREIBER: ERFORDERLICHE ANTRÄGE UND AUFZEICHNUNGEN, FORMULARE

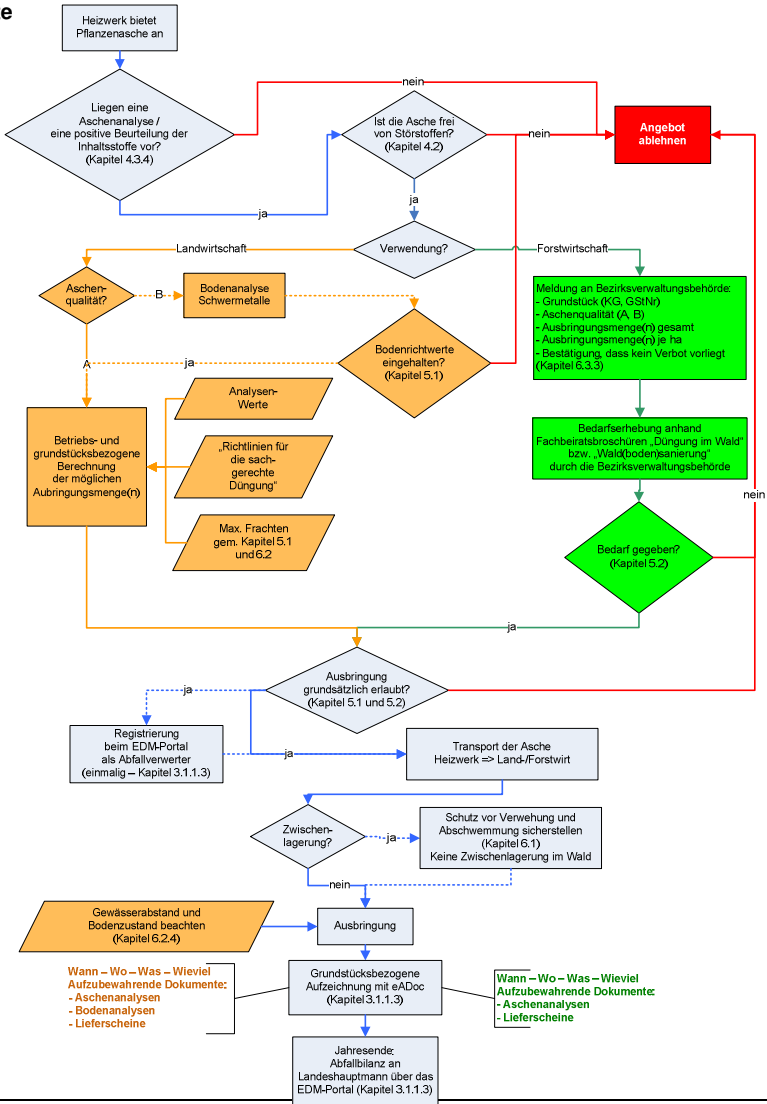
Abbildung 3: Leitfaden für Heizwerksbetreiber: erforderliche Anträge und Aufzeichnungen, Formulare



ANHANG F

LEITFADEN FÜR ASCHENANWENDER: ERFORDERLICHE ENTSCHEIDUNGEN UND SCHRITTE

Abbildung 4: Leitfaden für Aschenanwender: erforderliche Entscheidungen und Schritte





lebensministerium.at