

Qualität und Verwertungsmöglichkeiten von Holzaschen aus naturbelassenen Hölzern

Esther Stahl · Peter Doetsch

Erhalten: 27. Juni 2007/Akzeptiert: 22. Februar 2008/Online veröffentlicht: 16. Mai 2008
© Springer-Verlag 2008

Zusammenfassung *Hintergrund und Ziel* Der steigende Einsatz von Holz zur Erzeugung von Energie in Form von Wärme oder Strom erfordert einen immer höheren Brennstoffbedarf, der direkt oder indirekt aus dem Wald gedeckt werden muss.

Im Sinne einer Kreislaufwirtschaft bietet es sich an, die durch die Verbrennung entstehenden Holzaschen zurück in den Wald zu bringen und so die enthaltenen Nährstoffe zu nutzen. Die Verwertung auf anderen Flächen zu Düngezwecken ist ebenfalls denkbar. Dabei muss jedoch eine Schadstoffanreicherung im Nährstoffkreislauf unbedingt ausgeschlossen werden, sodass durch externe Quellen belastete Holzaschen nicht für eine Verwertung in Betracht kommen.

Im Rahmen des Forschungsprojekts, das vom Ministerium für Umwelt und Naturschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westfalen (MUNLV) in Auftrag gegeben wurde, wurden flächendeckend die Verbrennungsaschen von insgesamt 209 Holzfeuerungsanlagen zwischen 10 und 4000 kW Feuerungswärmeleistung in NRW beprobt.

Material und Methoden Die Anlagen wurden ausschließlich mit naturbelassenen Wald-, Rest- und/oder Althölzern befeuert. Die entnommenen Grob- und Flugaschen wurden auf ihre Elementgehalte im Feststoff analysiert (Makronährele-

mente, Schwermetalle und die Elemente Fe, Cl, Si, Al und Na). Ziel war die Bewertung der Aschen hinsichtlich ihrer Verwertbarkeit als Düngemittel im Wald oder auf anderen landwirtschaftlichen oder gärtnerisch genutzten Böden.

Ergebnisse Ein Großteil der untersuchten Holzaschen enthielt ausreichend hohe Nährstoffgehalte, um einem selbstständigen Düngemittel (PK-Dünger, Kalkdünger) zu entsprechen. Die Schadstoffgehalte wiesen starke Schwankungen auf und waren im Mittel so beträchtlich, dass eine Deklaration als Kalk- bzw. PK-Dünger zur Verwertung auf landwirtschaftlichen Böden nicht möglich ist. Die Ausbringung von Holzaschen im Garten ist aufgrund durchweg hoher Cadmiumgehalte nur sehr eingeschränkt möglich und nicht zu empfehlen.

Diskussion Auf Waldböden ist eine Beimischung der Holzgrobaschen zu Düngekalken mit einem Anteil von bis zu 30 Gew.-% rechtlich zulässig. Aufgrund der spezifisch hohen Konzentrationen der Schwermetalle Cadmium und Kupfer in Waldholzaschen können diese zu maximal 28% zu den üblicherweise verwendeten Naturkalken nach der Düngemittelverordnung (DüMV) beigemischt werden.

Schlussfolgerungen Der Einsatz von Holzaschen in der Landwirtschaft und im Privatgarten ist rechtlich eindeutig geregelt. Bei einer alleinigen Verwertung der Aschen im Wald ist die Rechtslage jedoch unkonkret. Die in der DüMV formulierten Grenzwerte sind auf Holzaschen aufgrund spezifisch hoher und natürlich stark schwankender Schwermetallbelastungen nicht übertragbar.

Empfehlungen und Perspektiven Derzeit wird ein alternatives Bewertungskonzept zur Einordnung des ökologischen Risikos einer Holzascheausbringung entwickelt.

Schlüsselwörter Düngemittel · Forst · Garten · Holzaschen · Holzfeuerungsanlagen · Kalkdünger · Landwirtschaft · Nährstoffkreisläufe · Naturbelassenes Holz · Pelletheizanlagen · Pottasche · Wald

Herausgeber: Martin Pehnt · Eckard Helmers

Esther Stahl (✉)
Fraunhofer-Institut für Umwelt-, Sicherheits- und Energietechnik
UMSICHT
Osterfelder Str. 3, 46047 Oberhausen
E-Mail: esther.stahl@umsicht.fraunhofer.de

Peter Doetsch
RWTH-Aachen, Lehr- und Forschungsgebiet Abfallwirtschaft
Mies-van-der-Rohe Str. 1, 52074 Aachen
E-Mail: peter.doetsch@lfa.rwth-aachen.de

Suitability of untreated wood ash for recycling

Abstract *Background, aim and scope* The increasing use of wood for generating heat and electricity requires that more and more fuels be obtained directly or indirectly from the forest. Sound, sustainable recycling management calls for the return of any generated wood ash back to the forest to make use of the nutrients it contains. Similarly, recycling this ash in other locations such as agricultural land or private gardens can serve equally well as fertilizer. At the same time, it is critical that no accumulated pollutants be introduced into the nutrient loop. Wood ash that is heavily laden with such pollutants must not be considered for recycling.

As part of this research project, commissioned by the Ministry for the Environment and Conservation, Agriculture and Consumer Protection of the State of North Rhine-Westphalia in Germany (MUNLV), ash samples of 209 wood-fired appliances generating between 10 and 4000 kW of heat performance were taken from throughout the federal state of North Rhine-Westphalia. Untreated wood, either forested or scrap, was used as the sole fuel for these appliances.

Materials and methods All coarse ash and fly ash samples were analyzed to determine their composition of main nutrients, heavy metals, and the elements Fe, Cl, Si, Al and Na. The purpose of this analysis was to evaluate the suitability of this wood ash for reintroduction to forest soils or as fertilizer in other types of soil.

Results The majority of the wood ash samples in this study contained sufficiently high amounts of nutrients to match the requirement for stand-alone fertilizers (PK-fertilizer, potash fertilizer). However, the heavy metal content was highly variable, with a mean content high enough to prohibit them from being classified per se as PK- or potash fertilizer for agricultural land. Due to the high quantities of cadmium, application of this ash to garden soils would likewise be ill-advised.

Discussion On forest soils German law permits application of a mixture of potash fertilizer containing, at most, 30% wood ash (course ash). Because of the high amounts of cadmium and copper, wood ash from our samples can only comprise a maximum of 28% when added to typically used potash fertilizers. Higher percentage of wood ash would exceed the cut-off value established by the German Fertilizer Ordinance (Düngemittelverordnung – DüMV).

Conclusions The application of wood ash on agricultural land and in private gardens is, rightfully so, highly regulated by law. However, the rules governing application of wood ash in the forest are much more lax. Determination of heavy metal content in wood ash cannot be used to determine compliance with DüMV standards because of the high content and fluctuating nature of heavy metals found.

Recommendations and perspectives Presently an alternative approach for classifying the ecologic risk of wood ash recycling is being developed.

Keywords Agriculture · Fertilizer · Forest · Garden · Nutrient loops · Potash fertilizer · Wood · Wood ashes · Wood-fired heating appliance · Wood pellet heating appliance

1 Problemstellung

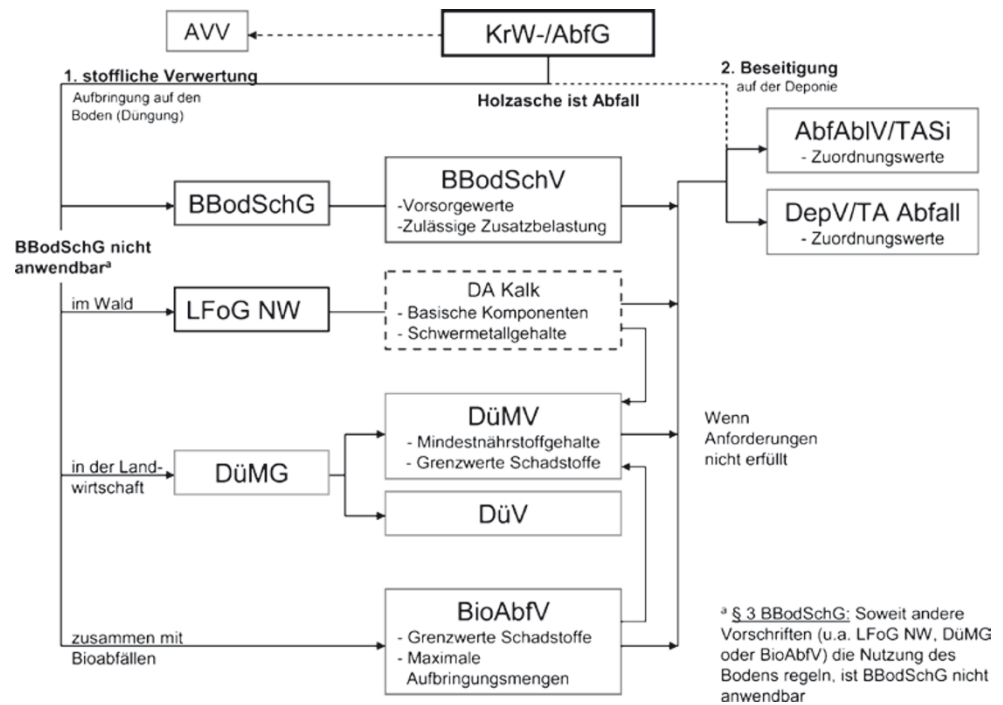
Aufgrund steigender Preise für fossile Brennstoffe und nicht zuletzt durch Förderprogramme hat die Nutzung von Holz zur Wärme- und Stromerzeugung in den letzten Jahren einen massiven Aufschwung erlebt. In Nordrhein-Westfalen (NRW) wurden im Zeitraum von 1998 bis 2006 über 6.000 Feuerungsanlagen für die energetische Verwertung von Waldholz und naturbelassenen Rest- und Althölzern finanziell gefördert. Hierbei handelt es sich in der Regel um Zentralheizungskessel bis 1 MW Leistung, die Pellets (P) oder naturbelassene Holzhackschnitzel (HHS) verbrennen (Landesinitiative Zukunftsenergien NRW 2003).

Die daraus resultierende vermehrte Energieholznutzung führt zu einem immer größeren Holzbedarf, der direkt oder indirekt aus dem Wald gedeckt werden muss. In Zukunft könnte eine zunehmend intensivere Energieholznutzung jedoch einen vermehrten Nährstoffexport und damit einen Entzug von basisch wirksamen Elementen zur Folge haben, der die schon heute massiven Säurebelastungen der Waldböden aufgrund früherer intensiver Waldnutzung und in jüngerer Zeit atmogenen Schadstoff- und Säurebelastungen verschärfen kann (Hallenbarter 2002). Ein Großteil der Bundesländer führt daher Bodenschutzkalkungen zur Kompensation der depositions- und nutzungsbedingten Säureinträge durch. Holzaschen enthalten alle Nährstoffe bis auf Stickstoff in mineralisierter Form, die dem Wald vorher in Form von Energieholz entzogen wurden. Die Rückführung von Aschen in den Wald sorgt so für eine Schließung des Nährstoffkreislaufes und ist damit ein wichtiger Schritt in Richtung einer Kreislaufwirtschaft. In zahlreichen Studien konnten positive Auswirkungen auf den Säure-/Basenzustand und die Nährelementversorgung des Bodens durch die Holzascheaufbringung festgestellt werden, unter anderem in Hallenbarter (2002), Landolt et al. (2001) und Schäffer (2002). Eine nachhaltige Energieversorgung durch Holz und eine ganzheitliche Waldbewirtschaftung könnten so auch in Zukunft gewährleistet werden.

2 Analyse der rechtlichen Rahmenbedingungen

Die Verwertbarkeit der Holzaschen richtet sich nach den Anforderungen, die an das jeweilige Verwertungsziel gestellt werden. Für die Aufbringung der Aschen im Wald gelten andere Anforderungen als bei der Verwertung im eigenen Garten oder in der Landwirtschaft. Das zentrale Gesetz

Abb. 1 Übersicht und Zusammenhang geltender Vorschriften bei der Verwertung und Beseitigung von Holzaschen in Nordrhein-Westfalen



hinsichtlich möglicher Verwertungs- und Beseitigungswege von Holzaschen ist in Deutschland das Kreislaufwirtschafts- und Abfallgesetz (KrW-/AbfG). Holzaschen können insbesondere durch die Nutzung ihrer stofflichen Eigenschaften, d. h. ihrer enthaltenden Nährstoffe verwertet werden. Es liegt allerdings nur dann eine (stoffliche) Verwertung vor, wenn Düngemittel bzw. Pflanzennährstoffe ersetzt werden und wenn die Maßnahme wirtschaftlich und ohne jedes Risiko von Schadstoffanreicherungen im Boden durchgeführt wird. Der allgemeine Schutz des Bodens ist im Bodenschutzrecht, d. h. im Bundes-Bodenschutzgesetz (BBodSchG) und in der Bundes-Bodenschutz- und Altlastenverordnung (BBodSchV) geregelt. Wenn andere Vorschriften die Nutzung des Bodens oder die bodenrelevante wirtschaftliche Tätigkeit regeln, tritt das BBodSchG hinter diesen Regelungen zurück. In dieser Arbeit untersuchte Anwendungsfälle sind die Verwertung der Aschen im Wald, die Verwertung als Düngemittel auf landwirtschaftlich oder gärtnerisch genutzten Böden sowie die Zugabe der Aschen zu behandeltem Bioabfall, die jeweils durch Fachgesetze einzeln geregelt sind. Der Zusammenhang zwischen den entsprechenden Rechtsvorschriften und den darin formulierten Anforderungen und Grenzwerten an die auf den Boden aufzubringenden Materialien ist in Abb. 1 dargestellt.

Können die in den oben genannten Rechtsvorschriften formulierten Anforderungen für den speziellen Anwendungsfall nicht eingehalten werden, sind Holzaschen zu beseitigen.

Bei der Verwendung von Holzaschen als Pflanzennährstoff im Wald finden das Landesforstgesetz für das Land

Nordrhein-Westfalen (LFG NW) und indirekt die Anforderungen an Dünger der Düngemittelverordnung (DüMV) Anwendung. Wird eine Verwertung in der Landwirtschaft oder im Landbau angestrebt, gilt neben dem DüMG und der DüMV auch die Düngerverordnung (DüV). Sollen Holzaschen Kompost oder anderem behandelten Bioabfall gewerblich beigemischt werden, sind die Bioabfallverordnung (BioAbfV) und die DüMV anzuwenden. Bei einer privaten Verwertung der Aschen im Garten oder im eigenen Kompost findet das Bodenschutzrecht Anwendung.

2.1 Düngemittelverordnung als zentrale Vorschrift

Seit ihrer Novellierung am 26. November 2003 sind Feerraumaschen (Grobaschen) aus der Monoverbrennung von naturbelassenen pflanzlichen Ausgangsstoffen in der DüMV aufgeführt. Die Verwertung von Zyklonflugaschen und Feinstflugaschen als Düngemittel ist nicht gestattet.

Holzaschen können entweder als selbstständiges Düngemittel (Kalkdünger bzw. PK-Dünger aus Aschen aus der Verbrennung pflanzlicher Stoffe) oder als Zuschlag zu anderen Düngemitteln bzw. als deren Ausgangsstoff (Kohlensaurer Kalk, PK-Dünger und NPK-Dünger unter Verwendung von Aschen aus der Verbrennung pflanzlicher Stoffe) verwendet werden. Bei der Beimischung von Holzaschen zu NPK-Düngern oder organisch-mineralischen PK-Düngern (Zweinährstoffdünger) oder organisch-mineralischen P- bzw. K-Düngern (Einnährstoffdünger) dürfen Holzaschen und andere zugesetzte Stoffe in ihrer Summe im Produkt nicht überwiegen. Düngemittel aus Holzasche

Tabelle 1 Nährstoffgehalte der untersuchten Grob- und Flugaschen in %

In [%]	Ca	Mg	K	P	S
Anforderungen DüMV					
Kalkdünger ^a	21,43				
PK-Dünger ^b			2,5	1,31	
Alle Grobaschen (n = 207)					
Median	22,43	3,13	7,29	1,10	0,53
MIN	5,67	0,63	1,53	0,12	0,04
MAX	41,91	6,93	15,80	2,95	5,55
Holz hackschnitzelgrobaschen (n = 144)					
Median	22,49	2,62	6,40	1,03	0,55
MIN	9,63	0,85	1,53	0,23	0,08
MAX	41,91	6,93	15,80	2,95	5,55
Pelletgrobaschen (n = 63)					
Median	22,42	4,04	8,40	1,26	0,47
MIN	5,67	0,63	1,76	0,12	0,04
MAX	36,27	6,41	12,81	2,12	2,25
Flugaschen (Mediane)					
ZFA (n = 43)	21,46	2,46	6,81	1,05	1,83
FA (n = 9)	22,56	3,22	8,62	0,88	2,06
FFA (n = 10)	22,51	3,28	7,42	1,44	1,81

^a entspricht 30% CaO, Ca und Mg gerechnet als CaO; Umrechnung: CaO*0,715 = Ca, MgO*0,6 = Mg, Mg*1,2 = Ca

^b entspricht 3% K₂O, 3% P₂O₅, K₂O*0,83 = K, P₂O₅*0,436 = P

bzw. mit Holzasche als Bestandteil müssen die in Tabelle 1 aufgeführten Nährstoffgehalte aufweisen und dürfen die in Tabelle 2 aufgeführten Schwermetallgrenzwerte nicht überschreiten.

Eine Ausnahme bilden Aschen, die ausschließlich auf forstliche Standorte aufgebracht werden – hier müssen keine Schwermetallgrenzwerte eingehalten werden.

2.2 Verwertung von Holzaschen im Wald

Das Düngemittelrecht ist allerdings nicht unmittelbar auf den Wald bzw. die Forstwirtschaft anwendbar, da die forstwirtschaftliche Düngung nicht den allgemeinen Anforderungen des § 1a Abs. 1, 2 DüMG unterliegt. Das Düngemittelrecht regelt schwerpunktmäßig die in der Landwirtschaft bedeutsame Düngung zur Ertragssteigerung, die in der Forstwirtschaft nicht gebräuchlich ist und ist daher auf die landwirtschaftliche Produktion ausgerichtet. Alleiniger Maßstab für das Ausbringen von Holzaschen im Wald ist daher das LFoG NW.

Im Sinne des standortangepassten Einsatzes von Pflanzennährstoffen, wie es das LFoG NW fordert, wurden die Dienst-anweisung (DA) und das Handbuch zur Dienst-anweisung über die Bodenschutzkalkung in den Wäldern Nordrhein-Westfalens (MUNLV 24.9.2001) vom MUNLV erlassen, die die Durchführung der Bodenschutzkalkung regeln. Für die Bodenschutzkalkung können verschiedene nach der Düngemittelverordnung zugelassene Materialien (Naturkalk, Ge-

Tabelle 2 Schwermetallgehalte der untersuchten Grob- und Flugaschen in mg/kg

In [mg/kg]	Pb	Cd	Cr	Cu	Ni	Zn	As
Grenzwerte							
DüMV	150	1,5	–	70	80	1000	40
DA Kalk	120	1,5	100	35	20	200	20
Alle Grobaschen (n = 207)							
Median	53,0	7,3	45,0	233,8	54,6	559,6	1,2
MIN	4,0	0,5	2,0	36,0	1,9	0,9	0,4
MAX	8270,0	304,8	12650,0	6843,0	4279,0	10290,0	195,0
HHS-Grobaschen (n = 144)							
Median	58,5	5,2	70,0	210,3	51,3	591,9	2,0
MIN	4,0	0,5	2,0	36,0	1,9	0,9	0,4
MAX	8270,0	304,8	12650,0	6843,0	4279,0	10290,0	195,0
Pelletgrobaschen (n = 63)							
Median	46,0	13,9	2,0	257,7	66,1	543,2	0,4
MIN	4,0	0,5	2,0	62,1	1,9	52,5	0,4
MAX	450,0	175,9	3108,0	5167,0	1812,0	3065,0	11,0
Flugaschen (Mediane)							
ZFA (n = 43)	245,0	33,7	82,0	196,1	32,9	1.695,0	5,1
FA (n = 9)	697,0	88,8	47,0	359,4	45,6	2.785,0	27,8
FFA (n = 10)	186,5	30,1	104,0	304,5	24,4	1.949,5	4,1

steinsmehle, Industriekalke) eingesetzt werden. Die DA Kalk greift insofern auf die DüMV zurück, da Düngemittel zum Zweck der Neutralisation deponierter Säuren in Wäldern und dem Schutz der Waldböden vor einer weiteren Versauerung (Waldkalkung) angewendet werden. Für den Einsatz von Düngemitteln zu einem anderen Zweck als dem der Waldkalkung sind keine konkreten Anforderungen gegeben.

Die in der DüMV für alle Düngemittel festgelegten Schwermetallgrenzwerte (Tabelle 2) müssen für Feuer-raumaschen aus der Verbrennung von naturbelassenem Rohholz nicht eingehalten werden, wenn durch deutliche Kennzeichnung auf ihre ausschließliche Rückführung auf forstliche Standorte hingewiesen wird (s. o.).

Erfüllen Aschen also direkt die Mindestnährstoffgehalte von Kalk- oder PK-Dünger, können sie nach dem Düngemittelrecht als selbstständiges Düngemittel ohne Beachtung der Schwermetallgehalte als Düngemittel im Wald angewendet werden. Zur Herstellung von PK-Dünger aus Holzaschen müssen diese im Vorfeld vermischt und granuliert werden.

Im Zuge der Waldkalkung können Holzaschen aus der Verbrennung von unbehandeltem Waldholz zusammen mit kohlen-saurem Kalk aufgebracht werden. Die maximale Bei-mischung von Holzaschen zu Kalk wurde auf 30 Gew.-% begrenzt. Das Produkt darf nicht erneut mit anderen Ma-terialien gemischt werden und muss die Anforderungen an Nähr- und Schadstoffgehalte der DüMV einhalten. Bei Be-achtung der DA Kalk muss das Kalk-Holzasche-Gemisch den Anforderungen der DA Kalk entsprechen.

2.3 Verwertung von Holzaschen im Garten

Die BBodSchV gibt Vorsorgewerte vor, bei deren Überschreitung eine schädliche Bodenveränderung stattfindet (Anh. 2 Nr. 4 BBodSchV). Bei einer Überschreitung der Vorsorgewerte ist eine Zusatzbelastung je Schadstoff bis zur Höhe der in Anh. 2 Nr. 5 BBodSchV festgesetzten jährlichen Frachten, unter Beachtung von Einwirkungen auf den Boden über Luft und Gewässer sowie durch unmittelbare Einträge, zulässig. Folglich ist die Aufbringung von Holzaschen beispielsweise im Garten bis zu der Menge zulässig, bei der die jährlichen Frachten überschritten werden. Weitere Schwermetalleinträge müssen ebenfalls berücksichtigt werden.

2.4 Verwertung zusammen mit Bioabfällen

Prinzipiell können Holzaschen direkt als selbstständiges Düngemittel oder indirekt als Zuschlagsstoff zu als Dünger behandelten Bioabfällen (z. B. Kompost) zugegeben werden (§ 2 Abs. 5 BioAbfV), wenn sie einem zugelassenen Düngemittel nach DüMV entsprechen.

3 Analyseergebnisse und Verwertungsmöglichkeiten

Im Rahmen dieses Projekts (Stahl 2006) wurden Kleinfeuerungsanlagen von 10 bis 4.000 kW Feuerungswärmeleistung beprobt und die Aschen hinsichtlich ihrer Feststoffgehalte mittels Röntgenfluoreszenzanalyse analysiert. Um eine möglichst repräsentative Abbildung der tatsächlichen Verhältnisse zu erhalten, wurde eine möglichst gleichmäßige Verteilung der Anlagen über das Land NRW angestrebt. Dabei wurden bevorzugt größere Anlagen ausgewählt, deren Aschen aufgrund der anfallenden Mengen für eine Verwertung im Wald relevanter sind als die Aschen kleiner Anlagen. Zudem war von kleinen Pelletanlagen mit einem genormten Brennstoff eine relativ gleichmäßige Aschequalität zu erwarten. Die Probenahmen wurden von den Forstämtern des Landes NRW durchgeführt, wobei die Probenahme durch genaue Vorgaben und durch ein Probenahmeprotokoll nachvollziehbar war. Die Anlagenbetreiber mussten einen Fragebogen zur Art und Größe ihrer Anlage, dem verwendeten Brennstoff und der Aschen ausfüllen, der in die Auswertung eingeflossen ist (vgl. Abb. 1).

In die Auswertung flossen die Analyseergebnisse von insgesamt 209 Anlagen (146 Holzhackschnitzelanlagen und 63 Pelletkessel) und 273 Aschen ein, davon:

- 207 Grobaschen (GA, Abb. 2)
- 43 Zyklonflugaschen (ZFA)
- 4 Gemische aus Grobasche und Zyklonflugasche (GA + ZFA)
- 9 Filteraschen (FA)
- 10 Feinstflugaschen von Wärmetauscherflächen (FFA)

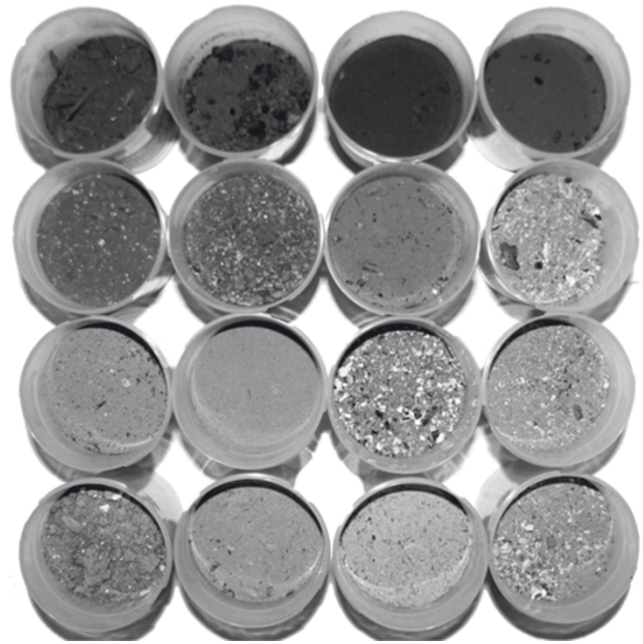


Abb. 2 Farbspektrum der untersuchten Grobaschen

3.1 Nährstoffgehalte

Das wesentliche Kriterium für den möglichen Einsatz der Holzaschen als Düngemittel sind die enthaltenen Nährstoffe. Betrachtet werden die Makronährelemente Calcium (Ca), Magnesium (Mg), Kalium (K), Phosphor (P) und Schwefel (S).

In der DüMV werden konkrete Anforderungen an die Oxid- bzw. Carbonatformen der Hauptnährelemente Ca, K und P gestellt. Mg kann bei Kalkdüngern als Ca gerechnet werden und findet somit ebenfalls Beachtung.

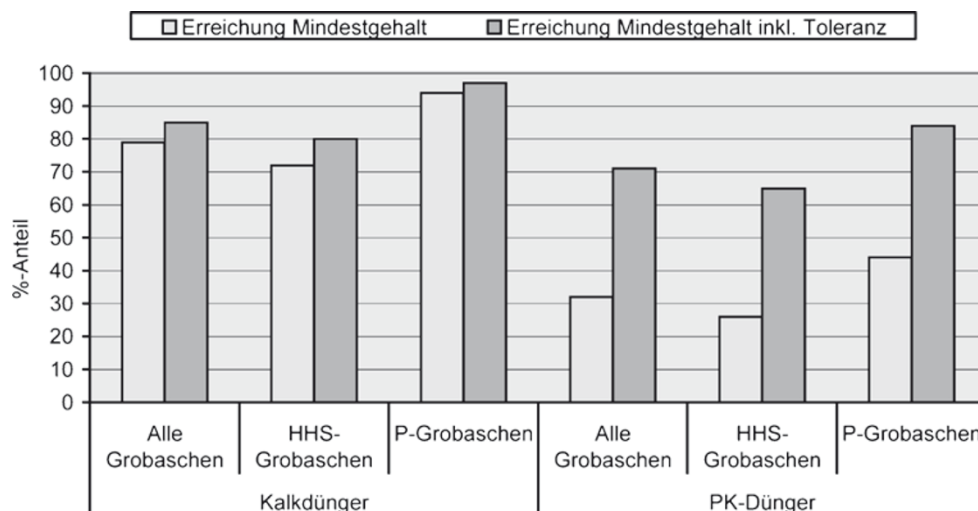
Der überwiegende Teil der untersuchten Aschen weist hohe Gehalte der relevanten Nährelemente auf (Tabelle 1).

81 % aller Grobaschen halten direkt die Anforderungen an den Düngemitteltyp „Kalkdünger aus Asche aus der Verbrennung pflanzlicher Stoffe“ (30 % CaO) ein. In der DüMV ist eine Toleranz von 2 % CaO gestattet, sodass insgesamt 87 % der untersuchten Grobaschen die Anforderungen einhalten.

Eine weitere Möglichkeit ist die Deklaration von Holzaschen als selbstständiges Düngemittel des Typs „PK-Dünger aus der Verbrennung pflanzlicher Stoffe“. Hier können 32 % aller Grobaschen die Anforderungen (3 % K₂O, 3 % P₂O₅) einhalten. Unter Berücksichtigung der Toleranzen von 1,1 % je Element entsprechen 71 % der Aschen PK-Düngern. Holzhackschnitzelgrobaschen (HHS-GA) können die jeweiligen Anforderungen weniger oft einhalten als Pelletaschen (P-GA) (Abb. 3).

Unterschiede in der Aschequalität lassen sich auch je nach verwendetem Brennstoffsoriment erkennen. Nied-

Abb. 3 Anteil der Grobaschen, die die Mindestanforderungen für Kalk- bzw. PK-Dünger erfüllen (mit und ohne Toleranzen)



rigste Gehalte an Ca und P haben Grobaschen mit Altholzanteilen, während die Schwefelgehalte in diesen Aschen höher sind als in den anderen Kategorien. Aschen aus der Verbrennung von Waldholz halten prozentual häufiger die Anforderungen an PK-Dünger ein. Altholzaschen können auch unter Berücksichtigung der Toleranzen in keinem Fall die Anforderungen an PK-Dünger einhalten. Da Zyklonflug- und Filteraschen nicht als Zuschlagsstoff zu Düngemitteln verwendet werden können, wurden sie nicht berücksichtigt.

Im Vergleich mit den Analyseergebnissen in UMBW (2003), Noger et al. (1996) und Niederberger (2002) sind im Mittel höhere Magnesium- und Kaliumgehalte und deutlich niedrigere Calciumgehalte in den in dieser Arbeit untersuchten Grobaschen enthalten. Altholzaschen weisen in Noger et al. (1996) und UMBW (2003) einen deutlich niedrigeren Nährstoffgehalt auf als Holzaschen aus der Verbrennung von Wald- und Resthölzern, was mit einem höheren Fremdstoffanteil im Brennstoff begründet werden kann. Diese Beobachtung wurde auch mit den in dieser Arbeit untersuchten Altholzaschen gemacht.

3.2 Schwermetallgehalte

Nur drei der insgesamt 274 analysierten Ascheproben halten die Anforderungen der DüMV in allen Punkten ein. Die untersuchten Grobaschen weisen stark variierende Schwermetallgehalte auf. Dies gilt insbesondere für Holzhackschnitzelgrobaschen. Bei Pelletgrobaschen wird dieser Effekt aufgrund des deutlich homogeneren und genormten Brennstoffs weniger deutlich. Die erreichten Schwermetallhöchstwerte der Holzhackschnitzelgrobaschen liegen folglich deutlich über den Höchstwerten der Pelletaschen. Die Mittelwerte sind bei allen Elementen – außer bei Nickel und Cadmium – niedriger als die entsprechenden Mittelwerte

der Holzhackschnitzelaschen. Die häufigsten Überschreitungen der Grobaschen treten bei den Elementen Cadmium (Cd) und Kupfer (Cu) auf. Blei (Pb) wird ebenfalls häufiger, Chrom (Cr) wird z. T. deutlich überschritten. Flugaschen (Zyklonflug-, Filter- und Feinflugaschen) sind höher mit den leichter flüchtigen Metallen Pb, Cd, Zn und Arsen (As) belastet. Cr, Cu und Nickel (Ni) als schwerflüchtige Metalle werden hauptsächlich in den Grobaschen angereichert und nur zu geringeren Anteilen in die Zyklonflug- und Filteraschen transferiert. Des Weiteren finden sich große Unterschiede zwischen Grob- und Flugaschen (Tabelle 2).

Eine wesentliche Einflussgröße ist der eingesetzte Brennstoff. Obwohl alle eingesetzten Brennstoffe naturbelassen sein sollen, sind Waldholzaschen (WH) deutlich geringer belastet als Rest- (RH) und Altholzaschen (AH). Je höher der Gebrauchsgrad des Brennstoffs ist, umso stärker ist auch die Belastung – unabhängig davon, ob mutwillig belastetes Holz verbrannt wurde oder ob die Altholzqualität nicht A I-Hölzern (naturbelassene Althölzer) entspricht. Eine Ausnahme bilden die beiden untersuchten Aschen aus der Verbrennung von Straßenbegleitgrün (SBG). Hier wurden recht geringe Belastungen nachgewiesen (Tabelle 3).

Eine Analyse des Einflusses der Anlagengröße auf die Aschequalität brachte keine eindeutigen Ergebnisse. Tendenziell wiesen kleinere Anlagen mit weniger als 15 kW (Pellets) bzw. 50 kW (HHS) und große Anlagen mit mehr als 500 kW (Pellets) bzw. 1.000 kW (HHS) im Schnitt geringere Schwermetallkonzentrationen auf als Anlagen mittlerer Größe. Höhere Mittelwerte und eine größere Standardabweichung lassen sich hier durch z. T. extrem hohe „Ausreißerwerte“ in diesen Kategorien erklären. Mit zunehmendem Alter der Anlage kann es zu Korrosionen an Anlagenteilen im Brennraum kommen, was einen erheblichen Einfluss auf die Aschezusammensetzung haben kann (Uckert 2004). Eine Abhängigkeit der Aschequalität vom Alter der Anlage

Tabelle 3 Schwermetallgehalte der untersuchten Holzhackschnitzelgrobaschen, unterteilt nach Brennstoffart (Mediane)

In [mg/kg]	Pb	Cd	Cr	Cu	Ni	Zn	As
Grenzwerte							
DüMV	150	1,5	–	70	80	1000	40
DA Kalk	120	1,5	100	35	20	200	20
100% WH <i>n</i> = 47	37	3,1	47	158	50	391	1,5
> 50% WH <i>n</i> = 24	37	5,1	31	179	40	415	1,0
100% SBG <i>n</i> = 2	47	4,1	69	167	43	269	2,1
≥ 50% RH <i>n</i> = 23	61	4,8	99	267	46	560	3,2
100% RH <i>n</i> = 36	98	6,8	164	306	77	712	3,6
> 10% AH <i>n</i> = 8	291	6,3	386	327	67	1460	17,1
100% AH <i>n</i> = 3	876	26,3	507	693	76	3302	36,0

WH: Waldholz; SBG: Straßenbegleitgrün; RH: Restholz; AH: Altholz

ist jedoch nicht zu erkennen, sodass die Aussage nicht bestätigt werden kann.

Ein Vergleich mit den in EMPA (2000), Noger et al. (1996) und Niederberger (2002) angegebenen Schwermetallgehalten von Holzaschen zeigt, dass die Mediane der in dieser Arbeit untersuchten Waldholzaschen mit den Mittelwerten der untersuchten Wald- und Restholzaschen in Niederberger (2002) gute Übereinstimmungen zeigen, während die Werte in UMBW (2003) z. T. deutlich überschritten werden. Eine Ausnahme stellen die Elemente Chrom, Kupfer und Nickel dar. Die untersuchten Altholzaschen sind, obwohl sie aus der Verbrennung von Althölzern der Altholzklasse I stammen müssten, vergleichbar mit den in UMBW (2003) untersuchten Aschen aus A II-Hölzern. Pelletaschen fallen im Vergleich mit anderen Analyseergebnissen durch im Median deutlich höhere Cadmium- und geringere Chrom-Gehalte auf.

Ein weiterer Unterschied ist in den höheren Maximalwerten der in dieser Arbeit untersuchten Aschen im Vergleich zu anderen Ergebnissen zu sehen. In reinen Waldholzaschen konnten deutlich höhere Maximalwerte fast aller Elemente, außer bei den schwerer flüchtigen Elementen Chrom, Kupfer und Nickel, als die in anderen Arbeiten untersuchten Aschen aus naturbelassenen Hölzern nachgewiesen werden.

3.3 Verwertungsmöglichkeiten

Die jeweils sinnvollste Verwertungsoption richtet sich in erster Linie nach der Qualität und der Menge der anfallenden Aschen. So ist der Einsatz der Holzaschen im Wald nur dann wirtschaftlich, wenn ausreichende Mengen, wie sie in großen Anlagen anfallen, verfügbar sind. Bei kleineren Anlagen bietet sich die private Verwertung im Garten bzw. als Zuschlag zum Kompost an. Die Auswertung der Analyseergebnisse ergab, dass eine Deklaration der Grobaschen als selbstständiges Düngemittel (PK-Dünger, Kalkdünger) zur Verwertung auf landwirtschaftlichen Böden trotz aus-

reichender Nährstoffmengen aufgrund der Schwermetallgehalte nicht möglich ist.

Bei einer Verwertung im Garten werden die maximalen Aufbringungsmengen durch die in der BBodSchV vorgeschriebenen zulässigen Frachten für Schwermetalle begrenzt. Durch die durchweg hohen Cd-Gehalte könnten nur 40 g/m²*a der Holzhackschnitzelaschen, 20 g/m²*a der Pelletaschen und 10 g/m²*a der Zyklonflugaschen im Garten ausgestreut werden. Aufgrund weiterer zu berücksichtigender Hintergrundbelastungen ist die Verwertung im Garten nicht zu empfehlen.

Auf Waldböden ist eine Beimischung der Holzgrobaschen zu Düngekalken mit einem Anteil von bis zu 30 Gew.-% rechtlich möglich. Auf Basis der Grenzwerte der DüMV für Kalkdünger kann ein optimales (maximales) Mischungsverhältnis von Asche zu realen Kalken bestimmt werden. Die kritischsten Elemente sind dabei Cd und Cu, aufgrund der spezifisch hohen Gehalte in Holzaschen. Daher sind Naturkalk mit hohen geogenen Hintergrundbelastungen an Cd (Kornelimünster und Belgien) eher ungeeignet. Bei Verwendung von reinen Waldholzaschen aus Anlagen mit einer höheren Leistung als 500 kW_{th} können die Anforderungen der DüMV und der DA Kalk mit einem Anteil von 28 bzw. 19% Asche eingehalten werden (14% inkl. Kornelimünster und Belgien) (MUNLV 2003). Zur sicheren Beurteilung der Verwertungsmöglichkeiten wurde jeweils der 95. Perzentilwert der mittleren Schwermetallbelastung der untersuchten Aschefractionen verwendet.

4 Die Düngemittelverordnung: Geeignet zur qualitativen Einordnung von Holzaschen?

Die direkte Aufbringung von Holzaschen als Pflanzennährstoff auf Waldböden ohne Beimischung zu Kalk ist rechtlich nicht ausgeschlossen. Weder das Forstrecht noch das Düngemittelrecht schreiben hier jedoch konkrete Anforderungen vor. Die Schwermetallgrenzwerte der DüMV werden von einem Großteil der reinen Waldholzaschen überschritten, sodass sich keine Aussage über die Qualität der Holzaschen ableiten lässt. Aufgrund einer Kreislauf-führung der Nähr- und Schadstoffe sollte jedoch nur naturbelassenes Holz als Düngemittel verwertet werden. Daher wurde auf Basis natürlicher Schwermetallbelastungen von Waldholz (Jacobsen et al. 2003) sowie Schwermetallgrenzwerten für Pellets (vorgeschrieben in der DIN 51731 und der DINplus für Holzpellets) und A I-Hölzern (LUA 2004; Marutzky 1997) zu erwartende Schwermetallbelastungen in Brennumschichten abgeschätzt. Zur Bestimmung der durch die Verbrennung erfolgenden Aufkonzentrierung wurde von durchschnittlichen Aschegehalten im Holz (Oberberger 1997) ausgegangen. Die Verlagerung von Schwermetallen in Grob- und Flugaschen wurde mit-

hilfe der in EMPA (2000) publizierten Transferkoeffizienten bestimmt.

Die realen Belastungen von reinen Waldholzaschen liegen durchaus innerhalb des ermittelten Erwartungsbereichs. Eine Zusatzbelastung der verwendeten Brennstoffe ist demnach, trotz einer Überschreitung der Schwermetallgrenzwerte der DüMV, bei einem Großteil der untersuchten Aschen nicht anzunehmen. Die Anforderungen der DüMV bezüglich maximaler Schwermetallgehalte sind daher ungeeignet, um Aussagen über die Qualität der Holzaschen zu treffen.

Es zeigt sich weiter, dass der Anteil der Aschen, die oberhalb des ermittelten Erwartungsbereichs liegen, von Waldhölzern bis hin zu Althölzern deutlich ansteigt. Die Wahrscheinlichkeit einer Zusatzbelastung durch die Behandlung oder Benutzung des Brennstoffs oder dem Zusatz anderer Materialien ist daher gegeben. Die rein optische Sortierung der Althölzer scheint folglich nicht optimal geeignet, mögliche Schadstoffquellen mit absoluter Sicherheit zu erkennen.

4.1 Rückführung in den Wald

Aschen aus der Verbrennung naturbelassener Hölzer, die zur ausschließlichen Rückführung auf forstliche Standorte bestimmt sind, müssen die in der DüMV festgesetzten Grenzwerte nicht einhalten. Aufgrund der ermittelten Schwermetallgehalte ist die generelle Unbedenklichkeit solcher Aschen, wie in FNR (2005) beschrieben, jedoch zu überdenken. Die Aufbringung von Holzaschen im Wald muss laut Forstrecht bedarfsgerecht erfolgen und darf die Funktionen des Waldes nicht beeinträchtigen. Folglich können Forstbehörden eigene Anforderungen an die aufzubringenden Materialien festlegen. Hier bietet sich die Möglichkeit, alternative Aufbringungskonzepte zu etablieren, die jenseits der Grenzwerte der DüMV eine Verwertung im Wald zulassen, ohne dass eine Gefährdung des Ökosystems zu befürchten ist. Ein schlüssiges Aufbringungskonzept wird derzeit vom Landesbetrieb Wald und Holz NRW entwickelt (Asche u. Stahl 2006). Ergänzend werden Praxisversuche auf einem zunächst begrenzten Areal, unter kontrollierten Bedingungen, durchgeführt.

5 Schlussfolgerungen

Die Verwertung von Holzaschen in der Landwirtschaft und im Garten ist aufgrund der Schwermetallbelastung der Aschen nicht oder nur sehr eingeschränkt möglich. Eine Verwertung von Holzaschen im Wald ist rechtlich nicht eindeutig geregelt. In NRW können die Anforderungen der DüMV durch die DA Kalk auf Holzaschen angewendet werden. Bei einer Beimischung von Holzaschen zu Kompen-

sationskalken konnte ein hohes Substitutionspotenzial von ca. 20% Asche zu Kalk (DA Kalk) bestimmt werden. Bei einer alleinigen Verwertung von Holzaschen im Wald müssen keine konkreten Anforderungen eingehalten werden. Die Grenzwerte der DüMV können nicht auf Holzaschen angewendet werden, da diese spezifisch hohe Gehalte an einzelnen Schwermetallen aufweisen. Des Weiteren weisen Holzaschen aufgrund der Inhomogenität des Brennstoffs stark schwankende Schwermetallbelastungen auf, die nicht unbedingt auf eine externe Verunreinigung des Brennstoffs hindeuten. Eine zunehmende Verunreinigung ist allerdings mit steigendem Gebrauchsgrad des Brennstoffs feststellbar. Um Schadstoffakkumulationen zu vermeiden, sollten für eine Verwertung von Aschen im Wald nur Waldholzaschen verwendet werden oder solche, die nachweislich naturbelassen sind. Ein Aufbringungskonzept wird derzeit entwickelt.

Literatur

- Asche N, Stahl E (2006) Extraction of wood and harvest residues for energy production and requirements for wood ash recycling in North Rhine-Westphalia, Germany. RecAsh 2nd International Seminar, EU-Life project RecAsh and Swedisch Forest Agency, Karlstad, Sweden
- EMPA (2000) Emissionen und Stoffflüsse von (Rest-)Holzfeuerungen. Messverfahren, Auswertung und Resultate, Bericht Nr. 880'002/1. Eidgenössische Materialprüfungs- und Forschungsanstalt, Dübendorf
- FNR (2005) Leitfaden Bioenergie. Planung, Betrieb und Wirtschaftlichkeit von Bioenergieanlagen. Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e. V., Gülzow
- Hallenbarter D (2002) Optimale Ernährung und Holzasche-Recycling im Wald. Untersuchungen und Wirkungszusammenhänge in Bezug auf die Ausbringung von Nährstoffen im Wald, Eidgenössische Technische Hochschule, Zürich
- Jacobsen C, Rademacher P, Meesenburg H, Meiwes K-J (2003) Gehalte chemischer Elemente in Baumkompartimenten. Literaturstudie und Datensammlung, Niedersächsische Forstliche Versuchsanstalt, Göttingen
- Landesinitiative Zukunftsenergien NRW 2003 (2003) 5 Jahre Holzabsatzförderung in Nordrhein-Westfalen. Entwicklung und Perspektiven, Düsseldorf
- Landolt W, Zimmermann S, Bundt M, Blaser P, Brunner I, Genenger M, Hallenbarter D, Gall R, Thürig E, Kienast F, Siegwolf R, Fuhrer J, Jäggi M, Eggenberg P, Strasser R (2001) Projekt HARWA: Optimale Ernährung und Holzasche-Recycling im Wald, Eidgenössische Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft, Birmensdorf
- LUA (2004) Anforderungen an das Auf- und Einbringen von Materialien auf oder in den Boden gemäß § 12 Bundes-Bodenschutz- und Altlastenverordnung. 0947-5788, Landesumweltamt Nordrhein-Westfalen (LUA), Essen
- Marutzky R (1997) Alt- und Restholz. Energetische und stoffliche Verwertung, Beseitigung, Verfahrenstechnik, Logistik, Springer-VDI-Verlag, Düsseldorf
- MUNLV (2001) Dienstanweisung über die Bodenschutzkalkung in den Wäldern Nordrhein-Westfalens (Kalk 2000), DA Kalk
- MUNLV (2003) Bodenschutzkalkung in Nordrhein-Westfalen, Düsseldorf
- Niederberger J (2002) Holzaschequalität und technische Rahmenbedingungen bei der Verbrennung – Ergebnisse einer Betreiberbe-

- fragung. In: (FVA) FV-uFB-W (Hrsg) Holzascheausbringung im Wald, ein Kreislaufkonzept. FVA-Kolloquium, in Freiburg vom 5.–6. März 2002, Berichte Freiburger Forstliche Forschung, Freiburg, S. 107–122
- Noger D, Felber H, Pletscher E (1996) Verwertung und Beseitigung von Holzaschen. Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft (BUWAL), Bern
- Obernberger I (1997) Aschen aus Biomassefeuerungen – Zusammensetzung und Verwertung, Thermische Biomassenutzung – Technik und Realisierung. VDI Verlag GmbH, Düsseldorf, S. 199–222
- Schäffer J (2002) Meliorationswirkung und ökosystemare Risiken von Holzascheausbringung auf Waldböden Südwestdeutschlands. In: (FVA) FV-uFB-W (Hrsg) Holzascheausbringung im Wald, ein Kreislaufkonzept. FVA-Kolloquium, in Freiburg vom 5.–6. März 2002, Berichte Freiburger Forstliche Forschung, Freiburg, S. 39–52
- Stahl E (2006) Qualität und Verwertungsmöglichkeiten von Holzaschen in NRW, Rheinisch-Westfälische Technische Hochschule, Aachen
- Uckert GB (2004) Versuche zur landbaulichen Verwertung von Holzaschen unter besonderer Berücksichtigung der Knickholzpotenziale Schleswig-Holsteins, Christian-Albrechts-Universität, Kiel
- UMBW (2003) Schadstoffströme bei der Entsorgung von Holzasche. Reihe Abfall Heft 76