

Rückgewinnung von Phosphor aus der Asche von Biomasseverbrennungsanlagen in Hessen

11

CELINE TIEMANN, URSULA DEISTER, THOMAS SCHMID & VOLKER KUMMER

Die Phosphorrückgewinnung ist notwendig, um Phosphatressourcen zu schonen und die Abhängigkeit von Exportländern zu minimieren. Als mögliches

Rückgewinnungspotential gelten Biomasseaschen. Ergebnisse einer chemischen Analyse und Erhebung von Daten in Hessen werden vorgestellt.

1 Hintergrund

Phosphor (P) ist ein limitierter und endlicher Rohstoff, der für alle Lebewesen von essentieller Bedeutung ist. Als Bestandteil der Nahrungskette und von biologischen Prozessen wie z. B. der Photosynthese oder dem Aufbau von DNA/RNA ist Phosphor durch nichts zu ersetzen. Die Reichweite der Ressourcen beträgt nach Schätzungen des US Geological Survey noch etwa 300 Jahre, der Phosphor-Peak (Punkt, an dem der weltweite Phosphorverbrauch die Phosphorproduktion übersteigt) kann jedoch schon 2035 erreicht sein (1). Deutschland besitzt selbst kein abbauwürdiges Phosphat und ist von Importen abhängig. Die größten Rohphosphatlagerstätten liegen jedoch in z. T. politisch instabilen Ländern wie Marokko. Da die abbauwürdigen Rohphosphate zudem immer stärker mit Schadstoffen wie Schwermetallen verunreinigt sind, kommt es zu erhöhten Umweltbelastungen und Energie- und Wasserverbrauch, was zu einem allgemeinen Preisanstieg führt (2).

Der größte Teil (ca. 60 %) der Rohphosphate wird in Deutschland in der Düngemittelindustrie eingesetzt, danach folgt die Futtermittelherstellung (20 %). In geringerem Maße wird Phosphor in der Lebensmittelindustrie, bei der Trinkwasserversorgung, in Flammschutzmitteln und bei der Herstellung von Reinigungs-, Wasch- und Pflegemitteln eingesetzt (2). In einigen Bereichen, wie in Reinigungs- und Waschmitteln, kann Phosphor durch andere Stoffe ersetzt werden, in der Düngemittelindustrie ist Phosphor jedoch nicht ersetzbar. Ohne Phosphor ist ein Wachstum von Lebewesen und Pflanzen nicht möglich.

Es ist daher notwendig, Phosphor aus verschiedenen Sekundärrohstoffen zurückzugewinnen und so die ungenutzten Stoffkreisläufe zu schließen. Dadurch werden die natürlichen Ressourcen geschont und die Abhängigkeit von den wenigen Exportländern vermindert.

2 Zielsetzung

In Kooperation mit dem Hessischen Landesamt für Umwelt und Geologie (HLUG) verfolgte die Bachelorarbeit „Rückgewinnung von Phosphor aus der Asche von Biomasseverbrennungsanlagen in Hessen“ daher das Ziel, das Phosphorpotential der Biomasseverbrennungsaschen in Hessen zu ermitteln und

den aktuellen Stand der Entsorgungswege darzustellen. Hierzu wurde eine Befragung der hessischen Biomasseverbrennungsanlagen durchgeführt. Neben der Befragung wurden ausgewählte Biomasseaschen chemisch analysiert und die Phosphorgehalte ausgewählter Aschen ermittelt. (3)



Abb. 1: Biomasseverbrennungsanlage (Quelle: ESWE Versorgungs AG, Wiesbaden).

3 Biomasse und die Asche aus Biomasseverbrennungsanlagen

Durch die Verbrennung von Biomasse werden in Kraftwerken Strom und Wärme gewonnen. Als Biomasse gelten Energieträger aus lebender und abgestorbener Phyto- und Zoomasse sowie deren Neben- und Folgeprodukte, Rückstände und Abfälle. Auch Abfälle und Nebenprodukte pflanzlicher und tierischer Herkunft aus Land-, Forst- und Fischwirtschaft sowie Bioabfälle werden zur Biomasse gezählt. (4)

Die Asche als Reststoff dieser Verbrennung enthält alle im Brennstoff vorhandenen Nähr- und Schadstoffe, somit auch Phosphor. Asche aus Biomasseverbrennungsanlagen lässt sich in drei Fraktionen aufteilen: Die Grobasche aus dem Feuerungsraum, die Zyklonasche aus den Fliehkraftabscheidern der Abgasreinigung und die Feinstflugasche aus den filternden Abscheidern der Abgasreinigung. Bei kleineren Anlagen

entfällt diese Einheit auch, die Asche wird als Reststaub in die Atmosphäre ausgestoßen. (4)

Die Nähr- und Schadstoffgehalte der Aschen hängen wesentlich von dem eingesetzten Brennstoff ab. In der folgenden Tabelle 1 sind die Nährstoffgehalte verschiedener Aschen zu sehen. Es ist deutlich erkennbar, dass Holzasche die höchsten Nährstoffgehalte aufweist. Da die Zyklon- und Feinstflugaschen hohe Schwermetallgehalte aufweisen, ist die Phosphorrückgewinnung nur mit erhöhtem Aufwand möglich. (5)

Aschen sind nach § 3 des KrWG Abfälle, derer sich ihr Besitzer entledigt, entledigen will oder entledigen muss. Jeder Aschefraktion wird ein Abfallschlüssel zugeordnet, über den auch die Verwertung/Beseiti-

Tab. 1: Nährstoffgehalte verschiedener Aschen (entnommen aus (5)).

Nährstoffe [% der TM]	Grobasche			Zyklonasche			Feinstflugasche		
	Holz	Altholz	Stroh	Holz	Altholz	Stroh	Holz	Altholz	Stroh
CaO	41,4	31,1	7,8	35,2	28,5	5,9	32,2	16,7	1,2
MgO	6	2,8	4,3	4,4	3	3,4	3,6	0,5	0,7
K ₂ O	6,4	2,3	14,3	6,8	2,7	11,6	14,8	7,7	48
P ₂ O ₅	2,6	0,9	2,2	2,5	1,4	1,9	2,8	0,4	1,1
Na ₂ O	0,7	1,1	0,4	0,6	1,1	0,3	0,8	3,3	0,5

gung geregelt wird. Der Ascheerzeuger ist verpflichtet, die Aschen getrennt voneinander zu erfassen. (6) Für die Verwertung der Aschen gibt es derzeit verschiedene Möglichkeiten. Zum einen kann sie industriell als Zuschlagstoff, zum Bergeversatz oder im Straßen- und Wegebau verwendet werden. Im Landschaftsbau kann die Asche durch den hohen Calciumgehalt als Kalkersatz bei der Bodenverdichtung oder zur Rekultivierung von Deponien und Bergbauminen verwertet werden. Eine weitere Verwertungsmöglichkeit der Aschen ist die Verwendung als Düngemittel in Land- und Forstwirtschaft (4). Hier muss die Asche einem Düngemitteltyp nach der

Düngemittelverordnung entsprechen und die Grenzwerte der Düngemittelverordnung müssen eingehalten werden. Eine Verwendung der Feinstflugasche ist jedoch nach DüMV in keinem Fall zulässig. Es darf zudem nur Asche von unbehandeltem, naturbelassenem Holz als Düngemittel verwendet werden. Treffen die genannten Anforderungen nicht zu, erfolgt eine Beseitigung der Aschen auf Deponien.

Daneben können die Aschen auch zu Bioabfällen beziehungsweise Kompost zugegeben werden, solange die Zugabe während oder nach der Behandlung erfolgt. (7)

4 Ergebnisse

4.1 Befragung der Biomasseverbrennungsanlagen

Befragt wurden 17 Anlagenbetreiber mit insgesamt 20 betriebenen Biomasseverbrennungsanlagen in Hessen, die mit Hilfe einer Onlinerecherche und des „LänderInformationSystems für Anlagen“ (LIS-A) ermittelt werden konnten.

Der Rücklauf der Befragung betrug 47 %. Bei der Auswertung erfolgte keine Hochrechnung auf die in Hessen bekannten Anlagen. Als Ergebnis wurde festgestellt, dass derzeit lediglich 20 % der anfallenden Rostaschen im Sinne der Kreislaufschließung als Beimischung zu Kompost oder als Düngemittelzusatz verwertet werden. In Abbildung 2 sind die verschiedenen Entsorgungswege der hessischen Rostaschen aufgeführt.

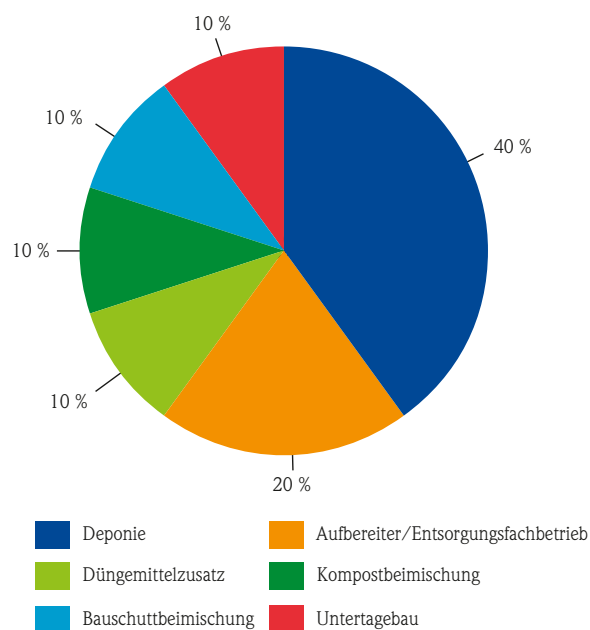


Abb. 2: Entsorgungswege der Rostaschen in Hessen.

Nach Auskunft der Betreiber liegt der durchschnittliche Phosphorgehalt der Rostaschen der befragten Anlagen bei 1,26 % P_2O_5 , bei einem Schwankungsbereich zwischen 1 % P_2O_5 und 1,6 % P_2O_5 . Im Wesentlichen konnten nur Anlagenbetreiber Auskunft zum Phosphorgehalt geben, die NaWaRo-Hölzer als Brennstoff verwenden.

4.2 Ermittlung des Phosphorgehalts von Biomasseverbrennungsaschen

Um das Phosphorpotential zu erfassen, wurden Aschen ausgewählter Biomasseverbrennungsanlagen sowie die Asche einer Hausfeuerung chemisch untersucht. Als Brennstoff dient in einer Anlage Altholz der Kategorien AII-III nach AltholzV, in einer anderen Anlage Waldrestholz, Landschaftspflegeholz und Grünschnitt. Die Hausfeuerung wird mit Scheitholz aus hessischen Wäldern befeuert.

Die Phosphorbestimmung der Aschen brachte sehr unterschiedliche Ergebnisse. In der Probe der Altholzverbrennung waren lediglich 0,042 % P nachzuweisen. In der Probe der Anlage, die unter anderem Landschaftspflegeholz sowie Waldrestholz verbrennt, konnten 0,285 % P nachgewiesen werden. Mit 2,09 % P lag der Phosphorgehalt der Hausfeuerung deutlich über den Werten der Kraftwerke. Ursache hierfür können die Inhaltsstoffe der Asche sein. Die Phosphorbestimmung erfolgte mit Schnelltests von Hach-Lange, deren Ergebnisse durch Begleitstoffe ab einem gewissen Gehalt verfälscht werden. Da davon auszugehen ist, dass in den Aschen größere Mengen an beispielsweise Calcium enthalten, ist mit einer Störung der Schnelltests und einem Minderbefund an Phosphor zu rechnen.

5 Gesamtposphorpotential in Hessen

Zur Abschätzung des gesamten hessischen Phosphorpotentials aus phosphorhaltigen Abfallströmen werden die in einer vorangegangenen Masterarbeit abgeschätzten Potentiale hinzugezogen (8). In der folgenden Tabelle 2 sind die Potentiale der Abfallströme und das hessische Gesamtpotential aufgeführt.

Im Rahmen der Bachelorarbeit war es jedoch nicht möglich, eine auf die Besonderheiten der Aschenproben angepasste Analysenmethode, die alle möglichen Störeffekte der Aschematrix ausschließt, zu entwickeln. Daher können die erhaltenen Werte nur Anhaltspunkte zu den Phosphorgehalten und Aschen aus der Biomasseverbrennung geben. Die DIN EN ISO 6878 „Bestimmung von Phosphor – Photometrisches Verfahren mittels Ammoniummolybdat“ gibt einige Anhaltspunkte wie zum Beispiel einen Peroxodisulfataufschluss anstelle eines Schwefelsäureaufschlusses, mit denen die Störeffekte minimiert werden könnten.

4.3 Potentialabschätzung

Um das hessische Phosphorpotential abzuschätzen, wird ein Phosphorgehalt von etwa 1,3 % P als realistisch angesehen. Um die Anteile der eingesetzten Brennstoffe und die daraus resultierenden unterschiedlichen Phosphorgehalte in den Aschen zu berücksichtigen, wird dieser Wert unter Einbeziehung der im Labor bestimmten Phosphorgehalte, einer Literaturrecherche und der Ergebnisse aus der Befragung als realistisch angesehen.

Pro Jahr werden in Hessen etwa 900 000 t Holz in Biomasseverbrennungsanlagen verbrannt. Basierend auf den Ergebnissen der Befragung ergibt sich im Mittel, dass etwa 10 % des eingesetzten Brennstoffes als Rostasche verbleiben. Somit fallen in Hessen pro Jahr etwa 90 000 t Rostasche an. Das Phosphorpotential der hessischen Biomasseverbrennungsaschen kann damit unter den oben genannten Annahmen auf etwa 2 680 t P_2O_5 pro Jahr geschätzt werden.

Der hessische Phosphorbedarf liegt bei etwa 31 000 t P_2O_5 pro Jahr. Bei einer vollständigen Rückgewinnung der ermittelten Phosphorpotentiale in Hessen von etwa 22 000 t P_2O_5 /a könnten theoretisch etwa 70 % des gesamten hessischen Phosphorbedarfs aus Sekundärrohstoffen gedeckt werden.

Tab. 2: Phosphorpotentiale aus hessischen Abfallströmen.

Stoffstrom	Phosphorpotential [t P ₂ O ₅ /a]
Bio- und Grünabfälle	4000
Abwasser	2521–4010
Klärschlamm	7562
Klärschlammasche	5041
Biomasseasche	2680
Summe	ca. 22000

6 Diskussion und Ausblick

Das Ziel dieser Arbeit war, das Phosphorpotential in Biomasseverbrennungsaschen aus Hessen zu ermitteln und den aktuellen Stand der Entsorgungswege darzustellen. Dazu wurden Betreiber von Biomasseverbrennungsanlagen befragt und der Phosphorgehalt ausgewählter Biomasseverbrennungsaschen analysiert.

Die Befragung der Betreiber von Biomasseverbrennungsanlagen ergab, dass lediglich 20 % der anfallenden Rostaschen im Sinne der Kreislaufschließung als Kompost- oder Düngemittelbeimischung verwendet werden.

Zur Abschätzung des Phosphorpotentials der Biomasseaschen wurde ein Phosphorgehalt von 1,3 % P angenommen. Die Potentialabschätzung ergab, dass in Biomasseverbrennungsaschen ein Potential von etwa 2680 t P₂O₅ pro Jahr enthalten ist. Unter Hinzuziehung des Potentials weiterer phosphorhaltiger Abfallströme aus Hessen ergibt sich ein Phosphorpotential

von etwa 22000 t P₂O₅ pro Jahr. Somit könnten etwa 70 % des gesamten hessischen Phosphorbedarfs aus Sekundärrohstoffen rückgewonnen werden.

In naher Zukunft ist es daher sinnvoll, eine verpflichtende Rückgewinnung von Phosphor einzuführen. Weiterhin sollten Aschen schon jetzt als Beimischung zu Kompost oder Düngemitteln verwendet oder rückholbar gelagert werden. Die Wertschöpfung und die Dringlichkeit der Ressourcenschonung und der Rückgewinnung von Phosphor aus Sekundärrohstoffen muss mehr in den Fokus der Erzeuger dieser phosphorhaltigen Abfälle rücken. Ein zentrales Konzept zur Rückgewinnung von Phosphor aus verschiedenen Stoffströmen wie Klärschlammasche, Tier- und Knochenmehl sowie Biomasseasche sollte angestrebt werden, um alle vorhandenen Potentiale zu nutzen. Es muss verhindert werden, dass Phosphor als limitierter, aber essentieller Nährstoff durch unzureichende Potentialnutzung verloren geht.

Literaturverzeichnis

1. SCHAUM, C. & CORNEL, P. (2012): Klärschlamm: Phosphorressource der Zukunft? Vortrag auf dem BWK-Bundeskongress 2012. [Online] 20.-22. 09. 2012. [Zitat vom: 06. 03. 2015.] <http://www.bwk-bund.de/fileadmin/Dokumente/Veranstaltungen/Kongresse/2012/BWK-FF-1-Schaum-Kl%E4rschlamm.pdf>.
2. GRÜNES, J., XU, A. & NELLES, M. (2014): Verwertung von Phosphor aus organischen Abfällen und Reststoffen. Müll und Abfall - Fachzeitschrift für Abfall- und Ressourcenwirtschaft. Bd. 6.
3. TIEMANN, C. (2015): Bachelorarbeit "Rückgewinnung von Phosphor aus der Asche von Biomasseverbrennungsanlagen in Hessen".

4. KALTSCHMITT, M., HARTMANN, H. & UND HOFBAUER, H. (2009): Energie aus Biomasse: Grundlagen, Techniken und Verfahren. 2. korr. Nachdruck; Berlin Heidelberg : Springer-Verlag.
5. OBERNBERGER, I. (1997): Aschen aus Biomassefeuerungen - Zusammensetzung und Verwertung. VDI Bericht 1319, pp. 199-222, "Thermische Biomassenutzung - Technik und Realisierung". [Online-Zitat vom: 06. 03. 2015.] <http://www.bios-bioenergy.at/uploads/media/Paper-Obernberger-BiomasseaschenVerwertung-1997-05-20.pdf>.
6. Bundesministerium der Justiz und für Verbraucherschutz. Gesetz zur Förderung der Kreislaufwirtschaft und Sicherung der umweltverträglichen Bewirtschaftung von Abfällen (Kreislaufwirtschaftsgesetz - KrWG). 2012.
7. Verordnung über das Inverkehrbringen von Düngemitteln, Bodenhilfsstoffen, Kultursubstraten und Pflanzenhilfsmitteln (Düngemittelverordnung - DüMV). 2012.
8. HÖHNE, A. (2014): Ressourcenschutz in der hessischen Abfallwirtschaft - Am Beispiel Phosphor. Masterarbeit.

Autoren

Celine Tiemann (B. Eng.)
Fischbacher Weg 4
65307 Bad Schwalbach

Prof. Dr. Ursula Deister
Hochschule RheinMain
Fachbereich Ingenieurwesen
Studienbereich Umwelttechnik
Am Brückweg 26
65428 Rüsselheim

Prof. Dr. Thomas Schmid
Präsident des Hessischen Landesamts für Umwelt
und Geologie
Rheingaustraße 186
65203 Wiesbaden

Dipl.-Ing. (FH) Umweltschutz Volker Kummer
Hessisches Landesamt für Umwelt und Geologie
Dezernat I1 Luftreinhaltung, Kataster, Planungen,
Abfall
Rheingaustraße 186
65203 Wiesbaden
E-Mail: volker.kummer@hlnug.hessen.de