

# Strategien zum nachhaltigen Umgang mit dem Lebensmittel Phosphor am Beispiel des P-Recyclings aus Biomasseaschen

Stefan A. Gäth, Carsten Gellermann, Daniel Frank, Philipp Steverding und Lars Zeggel

1.	Potenziale der Biomasseaschen.....	367
2.	Die Rückgewinnung von Phosphor aus Aschen.....	368
3.	Strategie für ein nachhaltiges Phosphormanagement.....	369
4.	Die Deutsche Phosphor-Plattform .....	370
5.	Literatur.....	371

## 1. Potenziale der Biomasseaschen

Die Brandrodung, einst verbreitet in vielen Kulturen der Erde, stellte die früheste Form der Nutzung von Biomasseaschen dar. Sie reicht zurück bis in die Jungsteinzeit und wird teilweise bis heute praktiziert. Schon sehr früh war dem Menschen damit die Düngewirksamkeit der Aschen bekannt. In den letzten 25 Jahren wurde vor allem das energetische Potenzial biogener Reststoffe entdeckt und fortwährend ausgebaut, so dass heute Grünschnitt aus der Garten- und Landschaftspflege, häusliche Bioabfälle sowie Reststoffe aus der Lebensmittelproduktion vor allem thermisch verwertet werden, wenngleich diese Aschen auch in jüngerer Zeit auf ihre Düngewirkung hin untersucht wurden.

Ein Element, das für die Düngewirkung der Biomasseaschen verantwortlich ist, ist Phosphor. Er ist als Baustein der DNA und Bestandteil des Energieträgers Adenosin-triphosphat (ATP) in den Zellen essentiell für jeden lebenden Organismus und durch kein anderes Element zu ersetzen. In den letzten Jahren rückte der Phosphor in den Mittelpunkt einer Diskussion über die langfristige Versorgungssicherheit mit diesem *Lebensmittel*, das zu neunzig Prozent als Düngemittel Verwendung findet und somit die Grundlage für die Ernährung der stetig wachsenden Weltbevölkerung bildet.

Bisher war die Schließung des Phosphorkreislaufs schwerpunktmäßig im Bereich der kommunalen Abwasserbehandlung angesiedelt. Kommunaler Klärschlamm war für Phosphor die wesentliche Senke, da Pflanzen in der Vergangenheit fast ausschließlich zur Nahrungs- und Futtermittelproduktion angebaut wurden, oder der Nährstoff über Wirtschaftsdünger wieder auf den Acker gelangte. In jüngster Zeit werden Pflanzen jedoch vermehrt zur Erzeugung von technologisch genutzten Rohstoffen wie Treibstoffen, biobasierten Kunststoffen, etc. angebaut. In Abhängigkeit der jeweiligen

Herstellungsprozesse und Verwertungswege für anfallende Reststoffe ist mit der Entstehung neuer Phosphorsenken und neuen Lücken im Phosphorkreislauf zu rechnen. Finden die biogenen Materialien zunehmend Eingang in die thermische Verwertung, steigt dadurch das Aufkommen von Biomasseaschen. Damit wird die stoffliche Nutzung der Aschen im Hinblick auf Phosphor zunehmend wichtig. Ein erster Schritt in Richtung einer stofflichen Nutzung des enthaltenen Phosphors ist die Betrachtung der Möglichkeiten einer Wiederverwertung oder Rückgewinnung.

## 2. Die Rückgewinnung von Phosphor aus Aschen

Grundsätzlich konnte in zahlreichen Untersuchungen gezeigt werden, dass Biomasseaschen, eingesetzt als Düngemittel, ohne weitere Behandlung eine positive Wirkung auf das Pflanzenwachstum besitzen. Die Düngewirkung ist dabei nicht allein auf den Phosphor sondern auch auf weitere Nährelemente wie Calcium und Kalium oder generelle bodenverbessernde Eigenschaften zurückzuführen.

Soll der Phosphor getrennt zurückgewonnen werden, sind spezielle Verfahren anzuwenden. Im Hinblick auf eine Phosphorrückgewinnung sind vor allem die für die Behandlung von Klärschlammaschen entwickelten Technologien interessant. Unabhängig bei der Behandlung ist hier ein chemischer Aufschluss der Phosphate, wie er auch bei der Düngemittelherstellung aus Rohphosphaten eingesetzt wird. Als Aufschlussmittel hat sich in den meisten Fällen Schwefelsäure als wirtschaftlichstes Agens herausgestellt. In wenigen Fällen kommt Salzsäure zur Anwendung, was allerdings wegen ihrer korrosiven Eigenschaft besondere Anforderungen an die Anlagentechnik (Edelstahlausführung) mit sich bringt und damit erhöhte Kosten verursacht. In einem Verfahren wird die Schwefelsäure auf mikrobiologischem Wege durch schwefeloxidierende Bakterien erzeugt. Neueste Entwicklungen nutzen zur Rücklösung des Phosphors Kohlenstoffdioxid unter Druck. Darüber hinaus werden auch Verfahren verfolgt, die analog zur klassischen Düngemittelproduktion Klärschlammasche mit Phosphorsäure aufschließen.

Die originären oder durch Aufschluss in Lösung gebrachten Phosphate werden durch chemische Fällungsreaktionen von der Flüssigphase abgetrennt. Gebräuchliche Fällmittel sind Magnesiumsalze oder Kalkmilch ( $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ). Die Fällung wird gegebenenfalls durch eine Anhebung des pH-Wertes über die Zugabe von Natronlauge oder durch Strippung (Ausblasen) des Kohlenstoffdioxids unterstützt. Bei einigen thermischen Verfahren findet durch Zugabe von Magnesiumchlorid oder Natriumcarbonat eine Schwermetallabreicherung und Umwandlung der Mineralphasen statt, die dazu beiträgt, dass die Sekundärphosphordünger mit primärrohstoffbasierten Mineraldüngern wie Superphosphat oder Triple Superphosphat konkurrieren können.

Mit Lösung (Aufschluss) und anschließender Fällung der phosphorhaltigen Verbindungen geht eine Aufkonzentration von Schadstoffen (vor allem Schwermetallen, aber auch Eisen und Aluminium) einher. Eine Abtrennung wird entweder durch eine gezielte Steuerung des pH-Wertes, oder durch Zugabe weiterer Chemikalien

(Natriumsulfid, Zitronensäure oder organische Lösungsmittel) erreicht. Bei den thermischen Verfahren gehen etliche Schwermetalle (Quecksilber, Cadmium, Blei, Zink) mindestens teilweise in die Gasphase über oder werden über die Auftrennung einer phosphorhaltigen, mineralischen Phase und einer metallischen Phase abgetrennt.

Zu beachten ist, dass sich die Biomassen hinsichtlich ihrer Verbrennungscharakteristik, ihrer chemischen Zusammensetzung sowie auch hinsichtlich ihres Phosphorgehaltes stark unterscheiden können und somit in unterschiedlicher Weise als Düngemittel geeignet sind. Die Phosphorgehalte von Biomasseaschen bewegen sich, bezogen auf das reine Element, je nach Ausgangsmaterial zwischen 0,2 Prozent (Reisspelzen) und 18 Prozent (Rapskuchen). Holzige und krautige Grünschnittabfälle liegen im Bereich ein bis drei Prozent. Additive und die Steuerung der Verbrennungsparameter erlauben die weitere Optimierung der Eigenschaften der Asche hinsichtlich Pflanzenverfügbarkeit der Nährstoffe, Granulierung etc.

Mit der Erschließung derartiger sekundärer Phosphorressourcen ergibt sich auch die Möglichkeit zur Entwicklung neuartiger Düngemittel.

### 3. Strategie für ein nachhaltiges Phosphormanagement

In der Vergangenheit wurde eine Vielzahl innovativer Verfahren entwickelt. Selten wurden jedoch die Verfahren im Hinblick auf ihren Einsatz im Rahmen einer flächendeckenden P-Rückgewinnung und unter Berücksichtigung weiterer Elemente eines Phosphormanagements insgesamt entwickelt.

Die zukünftige Herausforderung bei der Planung einer zukünftigen Phosphorstrategie ist somit, dass aus einem weiten Umfeld fachlich geeignete Partner gefunden werden müssen, um zu einer möglichst effizienten Rückgewinnung zu gelangen. Wichtige Akteure finden sich unter anderem bei den Produzenten der Biomasse, den thermischen Verwertern, den Düngemittelproduzenten und Landwirten.

Wenngleich die Wirtschaftlichkeit ein wichtiger Aspekt ist und darauf hingearbeitet werden sollte, ist ein Phosphorrecycling bzw. Phosphormanagement immer auch in die Zukunft und auf die dann geltenden Bedingungen hin ausgerichtet. Es bleiben trotz der unkritischen statischen Reichweite genügend Faktoren erhalten, die Versorgungsengpässe oder langfristige Preissteigerungen für Phosphor herbeiführen können. Somit sollte die Wirtschaftlichkeit zum jetzigen Zeitpunkt nicht das alleinige Entscheidungsmerkmal sein.

Wesentliche Bedingungen für eine Wirtschaftlichkeit sind ein Markt für Produkte aus der P-Rückgewinnung, eine Akzeptanz dafür beim Anwender und Qualitätskriterien, die eine sichere und praktikable Handhabung erlauben. Diese Bedingungen können sich aber nur einstellen, wenn die gesetzlichen Bestimmungen einen definierten Rahmen vorgeben. Diese betreffen sowohl das Abfallrecht wie auch das Emissionsrecht oder das Düngemittelrecht. Letztlich handelt es sich beim Thema nachhaltiges Phosphormanagement um ein gesamtgesellschaftliches Anliegen.

Es ist davon auszugehen, dass das Inkrafttreten einer Phosphorrückgewinnungsverordnung den Handlungsdruck erhöht und die weitere Umsetzung des Phosphorrecyclings erheblich beschleunigen wird. Eine Intensivierung führt im Allgemeinen bei der Rückgewinnung zu einer Verbesserung der Verfahrenstechnik und durch höhere Präsenz der Produkte in der Öffentlichkeit zu einem höheren Absatz. Letztlich darf sich ein nachhaltiges Phosphormanagement nicht nur auf eine Rückgewinnung beschränken. Vielmehr muss der gesamte Weg der Phosphornutzung betrachtet, bewertet und gegebenenfalls korrigiert werden.

## 4. Die Deutsche Phosphor-Plattform

Im Deutschen Ressourceneffizienzprogramm (ProgRes) hat die Bundesregierung bereits im Jahr 2012 die besondere Bedeutung von Phosphor für die Ernährungssicherung hervorgehoben und sich nachdrücklich dafür ausgesprochen, die Anstrengungen bei der Nutzung sekundärer Phosphorquellen zu intensivieren.

Mit Beschluss der 80. Umweltministerkonferenz im Jahr 2013 und auf Drängen zahlreicher Akteure aus den Bereichen Industrie und Kommune wurde die Deutsche Phosphor-Plattform DPP eingerichtet, zur *Vernetzung der Akteure in Deutschland und zur Koordination von Vorhaben zur nachhaltigen Phosphornutzung*. Für die Aufbauphase wurde die DPP an die Fraunhofer-Projektgruppe Wertstoffkreisläufe und Ressourcenstrategie IWKS als Partner angebunden. Seit dem Frühjahr dieses Jahres ist die *Deutsche Phosphor-Plattform DPP* in einen eigenständigen, unabhängigen Verein überführt.

Die Ziele des Deutsche Phosphor-Plattform DPP e.V. sind laut Satzung:

- Unterstützendes Netzwerken für Vertreter aus Industrie, Landwirtschaft, Wissenschaft, Politik und Kommunen im Bereich des nachhaltigen Phosphormanagements,
- Schaffen von interdisziplinärem Systemverständnis, Entwicklung von Richtlinien und Empfehlungen für Entscheidungsträger,
- Organisation von Treffen, Seminaren und Workshops zu phosphor-fokussierten Themen,
- Initiierung und Koordinierung von Projekten der Mitglieder,
- Verbreitung von Wissen zum Thema nachhaltiges Phosphormanagement in der Öffentlichkeit.

Die aus den hier vorgestellten Maßnahmen resultierenden Ziele sollen in eine *Nationale Phosphorstrategie* Eingang finden, die der DPP e.V. mit seinen Mitgliedern entwickeln wird.

Im Rahmen der Tätigkeiten des DPP e.V. fand im November 2014 ein erstes Forum in der Bayerischen Landesvertretung in Berlin statt. Die Veranstaltung hatte großen Zuspruch von Seiten der Mitglieder. Es ist geplant, das Forum jährlich im Herbst stattfinden zu lassen. Zudem wurde im März dieses Jahres zusammen mit der Europäischen

Phosphor-Plattform in Berlin die 2. Europäische Phosphorkonferenz ausgerichtet. An der Konferenz nahmen etwa 330 Teilnehmer aus 34 Ländern teil. Es wurden 37 Fachvorträge zum nachhaltigen Umgang mit Phosphor gehalten sowie 72 themenbezogene Poster vorgestellt. An 9 Messeständen präsentierten sich Dienstleister und Unternehmen aus dem Bereich des Phosphormanagements.

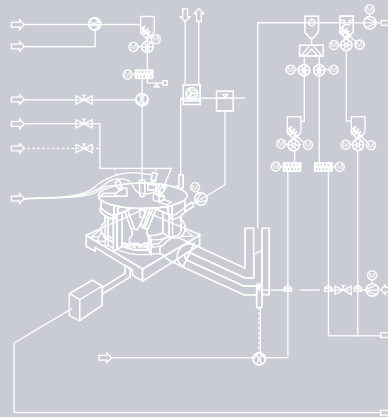
Im Oktober dieses Jahres wird das 2. Forum des DPP e.V. stattfinden. Das Forum wird sich den derzeitigen und zukünftigen rechtlichen Rahmenbedingungen widmen, denen die Rückgewinnung und Nutzung von Sekundärphosphaten unterliegt.

Der Deutsche Phosphor-Plattform DPP e.V. unterstützt Initiativen zur Rückgewinnung von Phosphor aus Biomasseaschen ausdrücklich.

## 5. Literatur

- [1] Fraunhofer Institut für Umwelt-, Sicherheits- und Energietechnik UMSICHT (Hrsg.): Phosphorstrategie für Bayern – Erarbeitung von Entscheidungsgrundlagen und Empfehlungen. Initialstudie im Auftrag des Bayerischen Staatsministeriums für Umwelt und Gesundheit. Sulzbach-Rosenberg, 2012
- [2] Hiltunen, M.; Barisic, V.; Zabetta, E.C.: Combustion of different types of biomass in CFB boilers. 16th European Biomass Conference & Exhibition, 2–6 June 2008, Valencia, Spain. 1-7
- [3] Institut für Siedlungswasserwirtschaft (ISA) der RWTH Aachen: BMBF/BMU Förderinitiative Kreislaufwirtschaft für Pflanzennährstoffe, insbesondere Phosphor.PhoBe. Phosphorrecycling – ökologische und wirtschaftliche Bewertung verschiedener Verfahren und Entwicklung eines strategischen Verwertungskonzeptes für Deutschland (PhoBe), 2011
- [4] Schoumans, O. F.; Bouraoui, F.; Kabbe, C.; Oenema, O.; van Dijk, K. C.: Phosphorus management in Europe in a changing world. *Ambio* 44, 2015, 180-92
- [5] Skoglund, N.; Grimm, A.; Ohman, M.; Bostro, D.: Combustion of Biosolids in a Bubbling Fluidized Bed, Part 1: Main Ash-Forming Elements and Ash Distribution with a Focus on Phosphorus. *Energy Fuels*, 28, 2014, 1183-1190

# Aschen • Schlacken • Stäube



## Aschen • Schlacken • Stäube – aus Abfallverbrennung und Metallurgie –

ISBN: 978-3-935317-99-3  
 Erschienen: September 2013  
 Gebundene Ausgabe: 724 Seiten  
 mit zahlreichen farbigen Abbildungen  
 Preis: 50,00 EUR

Herausgeber: Karl J. Thomé-Kozmiensky • Verlag: TK Verlag Karl Thomé-Kozmiensky

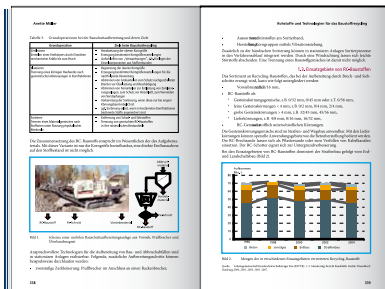
Der Umgang mit mineralischen Abfällen soll seit einem Jahrzehnt neu geregelt werden. Das Bundesumweltministerium hat die Verordnungsentwürfe zum Schutz des Grundwassers, zum Umgang mit Ersatzbaustoffen und zum Bodenschutz zur Mantelverordnung zusammengefasst. Inzwischen liegt die zweite Fassung des Arbeitsentwurfs vor. Die Verordnung wurde in der zu Ende gehenden Legislaturperiode nicht verabschiedet und wird daher eines der zentralen und weiterhin kontrovers diskutierten Vorhaben der Rechtssetzung für die Abfallwirtschaft in der kommenden Legislaturperiode sein. Die Reaktionen auf die vom Bundesumweltministerium vorgelegten Arbeitsentwürfe waren bei den wirtschaftlich Betroffenen überwiegend ablehnend. Die Argumente der Wirtschaft sind nachvollziehbar, wird doch die Mantelverordnung große Massen mineralischer Abfälle in Deutschland lenken – entweder in die Verwertung oder auf Deponien.

Weil die Entsorgung mineralischer Abfälle voraussichtlich nach rund zwei Wahlperioden andauernden Diskussionen endgültig geregelt werden soll, soll dieses Buch unmittelbar nach der Bundestagswahl den aktuellen Erkenntnis- und Diskussionsstand zur Mantelverordnung für die Aschen aus der Abfallverbrennung und die Schlacken aus metallurgischen Prozessen wiedergeben.

Die Praxis des Umgangs mit mineralischen Abfällen ist in den Bundesländern unterschiedlich. Bayern gehört zu den Bundesländern, die sich offensichtlich nicht abwartend verhalten. Der Einsatz von Ersatzbaustoffen in Bayern wird ebenso wie die Sicht der Industrie vorgestellt.

Auch in den deutschsprachigen Nachbarländern werden die rechtlichen Einsatzbedingungen für mineralische Ersatzbaustoffe diskutiert. In Österreich – hier liegt der Entwurf einer Recyclingbaustoff-Verordnung vor – ist die Frage der Verwertung von Aschen und Schlacken Thema kontroverser Auseinandersetzungen. In der Schweiz ist die Schlackenentsorgung in der Technischen Verordnung für Abfälle (TVA) geregelt, die strenge Anforderungen bezüglich der Schadstoffkonzentrationen im Feststoff und im Eluat stellt, so dass dies einem Einsatzverbot für die meisten Schlacken gleichkommt. Die Verordnung wird derzeit revidiert.

In diesem Buch stehen insbesondere wirtschaftliche und technische Aspekte der Entsorgung von Aschen aus der Abfallverbrennung und der Schlacken aus der Metallurgie im Vordergrund.



Bestellungen unter [www.vivis.de](http://www.vivis.de)  
 oder

Dorfstraße 51  
 D-16816 Nietwerder-Neuruppin  
 Tel. +49.3391-45.45-0 • Fax +49.3391-45.45-10  
 E-Mail: [tkverlag@vivis.de](mailto:tkverlag@vivis.de)

**vivis**  
 TK Verlag Karl Thomé-Kozmiensky

Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek

Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <http://dnb.dnb.de> abrufbar

Thomé-Kozmiensky, K. J. (Hrsg.): **Mineralische Nebenprodukte und Abfälle 2**  
– Aschen, Schlacken, Stäube und Baurestmassen –  
ISBN 978-3-944310-21-3 TK Verlag Karl Thomé-Kozmiensky

Copyright: Professor Dr.-Ing. habil. Dr. h. c. Karl J. Thomé-Kozmiensky  
Alle Rechte vorbehalten

Verlag: TK Verlag Karl Thomé-Kozmiensky • Neuruppin 2015  
Redaktion und Lektorat: Professor Dr.-Ing. habil. Dr. h. c. Karl J. Thomé-Kozmiensky,  
Dr.-Ing. Stephanie Thiel, Elisabeth Thomé-Kozmiensky, M.Sc.  
Erfassung und Layout: Ginette Teske, Sandra Peters, Janin Burbott,  
Claudia Naumann-Deppe, Anne Kuhlo

Druck: Mediengruppe Universal Grafische Betriebe München GmbH, München

Dieses Werk ist urheberrechtlich geschützt. Die dadurch begründeten Rechte, insbesondere die der Übersetzung, des Nachdrucks, des Vortrags, der Entnahme von Abbildungen und Tabellen, der Funksendung, der Mikroverfilmung oder der Vervielfältigung auf anderen Wegen und der Speicherung in Datenverarbeitungsanlagen, bleiben, auch bei nur auszugsweiser Verwertung, vorbehalten. Eine Vervielfältigung dieses Werkes oder von Teilen dieses Werkes ist auch im Einzelfall nur in den Grenzen der gesetzlichen Bestimmungen des Urheberrechtsgesetzes der Bundesrepublik Deutschland vom 9. September 1965 in der jeweils geltenden Fassung zulässig. Sie ist grundsätzlich vergütungspflichtig. Zuwiderhandlungen unterliegen den Strafbestimmungen des Urheberrechtsgesetzes.

Die Wiedergabe von Gebrauchsnamen, Handelsnamen, Warenbezeichnungen usw. in diesem Werk berechtigt auch ohne besondere Kennzeichnung nicht zu der Annahme, dass solche Namen im Sinne der Warenzeichen- und Markenschutz-Gesetzgebung als frei zu betrachten wären und daher von jedermann benutzt werden dürfen.

Sollte in diesem Werk direkt oder indirekt auf Gesetze, Vorschriften oder Richtlinien, z.B. DIN, VDI, VDE, VGB Bezug genommen oder aus ihnen zitiert worden sein, so kann der Verlag keine Gewähr für Richtigkeit, Vollständigkeit oder Aktualität übernehmen. Es empfiehlt sich, gegebenenfalls für die eigenen Arbeiten die vollständigen Vorschriften oder Richtlinien in der jeweils gültigen Fassung hinzuzuziehen.