

# 1. Entstehung und Begleitung der Förderinitiative P-Recycling

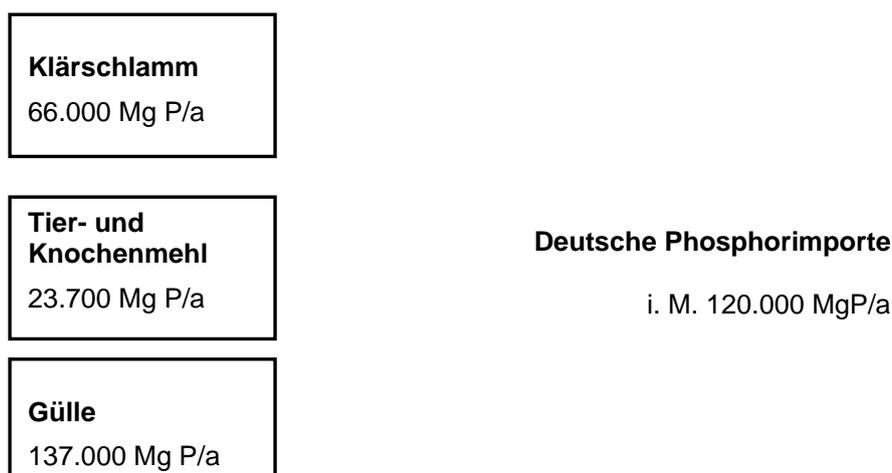
Max Dohmann, Aachen

## 1 Einleitung

Seit fast 20 Jahren wird von der Nachhaltigkeit als einem regulativen Ansatz zum langfristigen Umgang mit natürlichem Kapital gesprochen. Die entsprechende Grundidee einer intergenerationellen Gerechtigkeit bezieht sich in hohem Maße auf langfristig begrenzt verfügbare natürliche Ressourcen.

Die Bundesregierung verabschiedete im Jahr 2002 ihre Nachhaltigkeitsstrategie (N.N, 2002). Darin ist von der Herausforderung vor allem für die Industrieländer die Rede, den Verbrauch endlicher natürlicher Ressourcen zurückzufahren und solche Rohstoffe effizienter zu nutzen. Mit dem Thema der Ressourcenschonung beschäftigte sich auch der deutsche Sachverständigenrat für Umweltfragen in seinem Umweltgutachten 2002 (SRU, 2002). Erstmals nahm sich dabei dieses politikberatende Gremium des Recyclings von Phosphor aus Abwässern und Klärschlämmen und des Einsatzes des recycelten Materials als Düngemittel an. Der Umweltrat schloss seine Aussagen mit der dringenden Empfehlung, wegen der unzureichend geklärten technischen und wirtschaftlichen Aspekte des Phosphorrecyclings einschließlich aller biologischen und vermarktungstechnischen Fragen entsprechende Untersuchungen zu veranlassen.

Einen ersten Eindruck über die relevanten deutschen Ressourcen für ein Phosphorrecycling vermittelt Abb. 1. Die genannten drei Ressourcen sind allerdings nicht gleichrangig zu sehen, weil ein Großteil des landwirtschaftlichen Potentials in Form von Gülle und Mist seit langem im Sinne der Kreislaufwirtschaft als Dünger recycelt wird. Hier sind künftig nur in Regionen mit Massentierhaltung und massivem Düngerüberschuss weitergehende Recyclingmaßnahmen zu erwarten. Eine besondere Stellung im Bereich des Recyclings von Phosphor nimmt zweifellos das Abwasser bzw. der Klärschlamm ein. In Abb. 1 wurde dafür stellvertretend der Klärschlamm genannt, weil er ein größeres Rückgewinnungspotential als das Abwasser bietet (MONTAG et al., 2010). Mit den Phosphorressourcen Klärschlamm, Tiermehl und Knochenmehl ließen sich bei einem vollständigen Recycling etwa 75% der deutschen Mineraldünger Importe einsparen. Alle sonstigen in Abb. 1 nicht berücksichtigten phosphorhaltigen Stofffraktionen wie Bioabfall oder Abfälle aus dem Papier- und Pappbereich erscheinen mit Blick auf ein Nährstoffrecycling vorerst nicht von Bedeutung.



**Abb. 1: Wesentliche deutsche Ressourcen für ein Phosphorrecycling (nach MONTAG und PINNEKAMP, 2005; GETHKE et al., 2007; PINNEKAMP et al., 2008)**

Den Bemühungen des Umweltbundesamtes und hier der besonderen Aktivität von Herrn Professor Hahn war zu verdanken, dass nach Vorliegen des erwähnten SRU-Gutachtens Phosphorrecycling zum Thema in mehreren Ressorts der Bundesregierung wurde. Die Bundesregierung machte daraufhin im Oktober 2004 durch die gemeinsame Förderinitiative des BMU und des BMBF unter dem Titel „Kreislaufwirtschaft für Pflanzennährstoffe, insbesondere Phosphor“ bekannt. Diese Initiative startete im Jahr 2005. Die Finanzierung erfolgte für Forschungsprojekte durch das BMBF und für Investitionsvorhaben zur Demonstration des Einsatzes von Verfahren in großtechnischem Maßstab durch das BMU. Mit dem BMELV und dem BMWi begleiteten zwei weitere Bundesministerien die Initiative. Das Management der Förderinitiative wurde für den Bereich des BMBF vom Projektträger Karlsruhe (KIT) und für den Bereich des BMU vom Umweltbundesamt (UBA) übernommen. Wegen der Komplexität und der fachlich- wissenschaftlichen Breite, wurde ein interdisziplinärer Gutachterkreis beauftragt. Dieser wirkte nicht nur bei der Auswahl geeigneter Forschungs- und Demonstrationsprojekte mit, sondern übernahm auch während der mehr als 5-jährigen Laufzeit der Initiative die Begleitung und fachliche Beurteilung der Projekte.

Der am 3. und 4. Mai 2005 erstmals zusammen getretene Gutachterkreis bestand aus folgenden Personen:

Prof. Dr.-Ing. Norbert Dichtl, TU Braunschweig

Prof. Dr.-Ing. Max Dohmann, RWTH Aachen (Vorsitzender)

Prof. Dr. Hartmut Frank, Universität Bayreuth

Dr.-Ing. Markus Heering, VDMA Frankfurt (tätig bis 2008)

Prof. Dr.-Ing. Norbert Jardin, Ruhrverband Essen

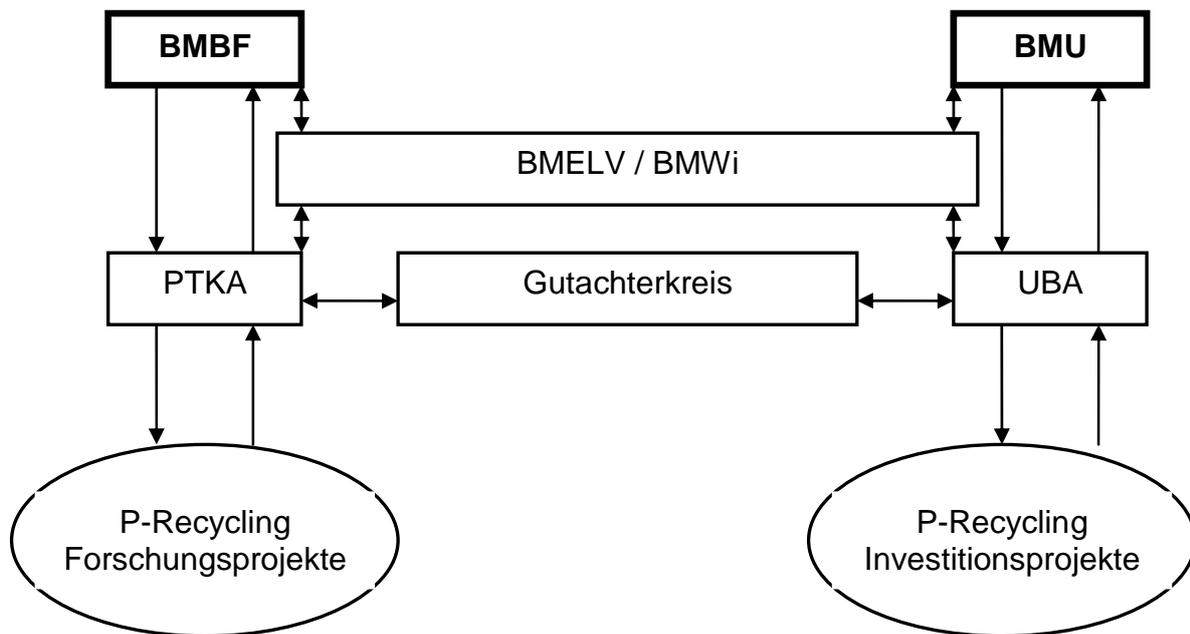
Prof. Dr. Friedrich Kuhlmann, Universität Gießen

Dr. Michael Mauß, BASF AG Ludwigshafen (tätig bis 2006)

Prof. Dr. Wilhelm Römer, Universität Göttingen

Nach dem Ausscheiden von Herrn Dr. Mauß und Herrn Dr. Heering aus dem Gutachterkreis wurden ihre Aufgaben von Herrn Dr. Johan Ebenhöch, BASF SE, Ludwigshafen (seit 2006) und Herrn Dr. Frank Wohnsland, VDMA Frankfurt (seit 2008) übernommen.

Die Struktur der Förderinitiative des Bundes ist aus Abb. 2 ablesbar.



**Abb. 2:** Struktur der BMBF/BMU –Förderinitiative zum Phosphorrecycling (nach RUDEK, (2009) und KABBE, (2009))

## 2 Verlauf der Förderinitiative

Das große Interesse an der Förderinitiative zum Phosphorrecycling drückte sich nach ihrer Bekanntmachung in zahlreichen Projektskizzen von Forschungsinstitutionen und Unternehmen aus.

Mehr als 100 Projektskizzen zu Forschungs- und Entwicklungsvorhaben wurden eingereicht. Die allermeisten dieser Skizzen betrafen ein Phosphorrecycling aus Abwässern oder Klärschlämmen. Der Gutachterkreis empfahl 17 Projekte mit einer Gesamtfördersumme von rd. 4,1 Millionen Euro für eine Förderung. Es handelte sich dabei um 2 Einzelprojekte und 5 Projekte mit zwei oder mehreren beteiligten Forschungsinstitutionen. Alle zwischen 2006 und 2008 bewilligten F&E-Projekte beziehen sich auf die Medien Abwasser oder Klärschlamm. Lediglich in einem als

Begleitprojekt bezeichneten Vorhaben werden auch die gesamten deutschen Phosphorrecyclingpotentiale betrachtet. Die Laufzeit der Projekte endete im Jahr 2011.

Beim Umweltbundesamt wurden 19 Projektskizzen zu Investitions- bzw. Demonstrationsprojekten eingereicht. Anders als bei den F&E-Projekten waren diese Skizzen auch auf die phosphorhaltigen Medien Tiermehl, Knochenmehl und Gülle bezogen. Wenige der Projektskizzen betrafen den Klärschlamm. Die Gutachter befanden aus technischer und ökonomischer Sicht etwa die Hälfte der Vorhaben für weiter verfolgenswert. Aus vielerlei Gründen kam es bisher aber im Rahmen der Förderinitiative nicht zu einer Umsetzung des Phosphorrecyclings in einer großtechnischen Anlage. Wesentliche Gründe dafür waren schwierige genehmigungsrechtliche Bedingungen, unzureichende Finanzmittel der Antragsteller zur Übernahme der Vorlaufkosten, trotz finanzieller Förderung seitens des Bundes nicht gewährleistete Wirtschaftlichkeit der Anlagen und unsichere Vermarktungsbedingungen.

In den Jahren 2007 bis 2009 fanden in Verbindung mit der Förderinitiative drei Statusseminare statt. Diese boten Möglichkeiten zur Präsentation der Projektabläufe und der erzielten Ergebnisse. Daraus ergaben sich eingehende Diskussionen mit Vertretern der beteiligten Bundesministerien und den Gutachtern u.a. zum weiteren Vorgehen bei den Projekten.

### **3 Im Rahmen der Förderinitiative bearbeitete Forschungs- und Entwicklungsprojekte**

Die nachstehend genannten F&E-Projekte wurden im Rahmen der Förderinitiative vom BMBF gefördert. Es handelt sich dabei ausschließlich um technisch dominierte Ansätze zum Phosphorrecycling im Bereich von Kläranlagen und Klärschlammbehandlungsanlagen. Die dabei möglichen Rückgewinnungspotentiale unterscheiden sich je nach Einsatzstelle. Gegenüber einer Rückgewinnung aus den flüssigen Medien Abwasser oder Schlammwasser versprach ein Phosphorrecycling aus entwässertem Klärschlamm oder aus Klärschlammmasche deutlich höhere Potentiale (MONTAG et al., 2010).

#### **3.1 Verbundvorhaben**

PHOXNAN - „Optimierte Phosphorrückgewinnung aus Klärschlämmen durch ein Hybridverfahren aus Niederdruck-Nassoxidation und Nanofiltration“

Laufzeit: Oktober 2006 bis Dezember 2008

PASCH - „Rückgewinnung von Pflanzennährstoffen, insbesondere von Phosphor aus der Asche von Klärschlamm“

Laufzeit: September 2006 bis September 2009

PROPHOS - „Rückgewinnung von Phosphor aus Abwasser, Klärschlamm und Rückständen thermischer Klärschlammbehandlung“

Laufzeit: Oktober 2006 bis März 2010

RECYPHOS - „Recycling von Phosphor - Beitrag zur Nachhaltigkeit in der dezentralen Abwasserbehandlung“

Laufzeit: September 2008 bis August 2010

PHOBE - „Phosphorrecycling - ökologische und wirtschaftliche Bewertung verschiedener Verfahren und Entwicklung eines strategischen Verwertungskonzepts für Deutschland

Laufzeit: Dezember 2006 bis Januar 2011

### **3.2 Einzelvorhaben**

Charakterisierung der Düngewirkung recycelter Phosphatdünger in Feld- und Gefäßversuchen

Laufzeit: Januar 2008 bis Dezember 2009

Phosphorrückgewinnung mittels Ionenaustausch und Elektrodialyse

Laufzeit: Oktober 2008 bis September 2010

Die vorstehende Auflistung der Vorhaben lässt erkennen, dass mit dem Recycling der genannten phosphorhaltigen Medien verschiedenste verfahrenstechnische Ansätze verfolgt wurden. Dazu gehörten Prozesse der Fällung, Adsorption, Kristallisation, Nanofiltration, Elektrodialyse, Elution, Nassoxydation und Pyrolyse sowie des Ionenaustausches und des Bioleachings.

Aus den bearbeiteten Vorhaben haben sich viele neue Erkenntnisse zum Phosphorrecycling ergeben. Darauf kann hier nicht im Einzelnen eingegangen werden. Es wird dazu auf eine Veröffentlichung von HUBER (HUBER 2008) und auf entsprechende Berichte bei dieser Veranstaltung verwiesen. Aufgrund der Vielfalt der parallel durchgeführten Untersuchungen liegen nach Abschluss der Projekte verlässliche Hinweise zu den Randbedingungen bzw. den Grenzen eines erfolgreichen Phosphorrecyclings vor. Das betrifft beispielsweise den Eisengehalt der Klärschlämme, die Rolle einer Fällung mit Eisensalzen bei der Abwasserbehandlung und die Pflanzenverfügbarkeit der Phosphate in den verschiedenen Recyclingmaterialien.

## **4 Perspektiven für Maßnahmen zum Phosphorrecycling**

Die technologischen Voraussetzungen für den Einsatz eines Phosphorrecyclings in der Praxis wurden in den vergangenen Jahren nicht zuletzt durch die Erkenntnisse aus den Projekten der Förderinitiative des Bundes geschaffen. Wenn keine entsprechenden rechtlichen Vorgaben ein solches Recycling erzwingen, müssen bei

Unternehmen bzw. Betreibern von Kläranlagen, die derartige Maßnahmen beabsichtigen, betriebswirtschaftliche Gründe dafür sprechen. Dies bedeutet, dass unter der Voraussetzung einer qualitativen Gleichwertigkeit der Produkte die mit der Herstellung und Vermarktung von phosphorhaltigen Recyclingprodukten verbundenen Kosten nicht die Kosten für entsprechende aus primären Rohstoffen resultierende Produkte übersteigen dürfen.

Die Endlichkeit der natürlichen Phosphorressourcen und künftig massiv ansteigende Aufbereitungskosten für natürliche Rohstoffe ist unstrittig. Ebenso wird nicht an einer weltweit zunehmenden Nachfrage nach Phosphordüngern gezweifelt. Beide Entwicklungen werden deutliche Verteuerungen der Phosphorprimärprodukte auslösen.

Eine Gegenüberstellung der in Deutschland erwarteten Kosten für Phosphordünger aus Recyclingmaßnahmen im Abwasser- und Klärschlambereich und der Kosten für mineralischen Phosphorhandelsdünger wurde von DOHMANN (DOHMANN, 2010) vorgenommen. Daraus ergab sich, dass selbst der extreme Preisanstieg für Phosphorhandelsdünger zu Beginn der weltweiten Wirtschafts- und Finanzkrise keine Wirtschaftlichkeit entsprechender Recyclinganlagen gewährleistet hätte.

Ein sinnvolles Phosphorrecycling lässt sich allerdings nicht nur durch ökonomische Bedingungen der Vermarktung der Recyclingprodukte rechtfertigen. Es können sich durch Recyclinganlagen auch anders gelagerte Vorteile ergeben. Ein Beispiel dafür ist die Vermeidung von betrieblichen Problemen in Kläranlagen infolge ungewollter Bildung von Magnesium-Ammonium-Phosphat (HEINZMANN, 2009).

Im Rahmen der Förderinitiative wurde im Jahr 2005 von der Emschergenossenschaft eine interessante Projektskizze vorgelegt. Diese betraf einen ganzheitlichen Ansatz zum Recycling von Phosphor und Fällmitteln aus Klärschlamm-Asche. Im Wesentlichen ging es dabei um eine Langzeitlagerung der Asche mit einer nach Vorliegen technischer und ökonomischer Voraussetzungen stattfindenden Rückgewinnung der genannten Wertstoffe. Dies erscheint auch weiterhin ein interessanter Projektansatz zu sein, wenn entsprechende genehmigungsrechtliche Voraussetzungen für eine Zwischenlagerung der Klärschlamm-Aschen vorliegen.

## **5 Zusammenfassung**

Der zur nachhaltigen Entwicklung gehörende Ansatz zur Schonung begrenzter natürlicher Ressourcen bzw. zur verstärkten Nutzung von Sekundärrohstoffen war der Hintergrund für die im Jahr 2004 bekanntgegebene Förderinitiative des BMBF und BMU. Dabei wurde neben anderen Pflanzennährstoffen primär die Kreislaufwirtschaft für den Phosphor angestrebt.

In sieben zum Teil groß angelegten Forschungs- und Entwicklungsprojekten wurden seit dem Jahr 2005 vom BMBF finanziert und vom Projektträger PTKA/KIT organisiert, wichtige Erkenntnisse zum Phosphorrecycling gewonnen, die für künftige Maßnahmen von Bedeutung sein werden. Die bisher durchgeführten Unter-

suchungen bezogen sich ausschließlich auf Abwässer und Klärschlämme. Ursprünglich beabsichtigte vom BMU mit zu finanzierende und vom UBA betreute Demonstrations- und Investitionsprojekte wurden bisher noch nicht umgesetzt. Ursache dafür waren vor allem die nicht befriedigenden ökonomischen Anreize angesichts niedriger Preise für primäre Rohstoffe.

Die in der Förderinitiative durchgeführten Forschungs- und Entwicklungsprojekte können nur als sinnvoll und ergebnisreich bezeichnet werden, auch wenn in Deutschland Maßnahmen zum großtechnischen Phosphorrecycling erst in einigen Jahren zustande kommen.

## **Literatur**

- DOHMANN, M. (2010): Gewinnung von Phosphaten aus Abwasser, Klärschlamm und tierischen Reststoffen. GWA Band 220, Aachen, 2010
- GETHKE, K., HERBST, H., MONTAG, D., PINNEKAMP, J. (2007): Potentiale und Technologien zum Schließen von Nährstoffkreisläufen in Deutschland. GWA Band 207, Aachen, 2007
- HEINZMANN, B. (2009): P- Recovery in Berlin- from Pilot Scale Experiments to large Scale Application. BALTIC 21- Phosphorus Recycling and Good Agricultural Management Practice, 28.-30.09.2009, Berlin
- HUBER, I. (2008): Forschungs- und Entwicklungsaktivitäten beim Phosphor- Recycling. Wasser + Abfall, 1-2/2008, S. 11-13
- KABBE, C. (2009): Phosphorrecycling in Deutschland. ENTSORGA-ENTECO 29.10.2009 in Köln
- MONTAG, D., PINNEKAMP, J. (2005): Möglichkeiten und Grenzen der Phosphorrückgewinnung aus Klärschlamm. EVS-Abwasserforum, 2. Nov. 2005 in Nonweiler.
- MONTAG, D., EVERDING, W., PINNEKAMP, J. (2010): Stand und Perspektiven der Rückgewinnung von Phosphat aus Abwasser und Klärschlamm. GWA Band 220, Aachen, 2010
- PINNEKAMP, J., GETHKE, K., MONTAG, D. (2008): Möglichkeiten und Grenzen der Phosphorrückgewinnung bei der Abwasser- und Abfallentsorgung. Int. Klärschlamm- Symposium, Oldenbourg Industrieverlag, München, 2008
- RUDEK, R. (2009): Research and development activities of „Phosphorus Recycling“ in Germany by view of the German Ministry of Education and Research (BMBF). Int. Conference on Nutrient Recovery from waste water streams, 10.-13. 05.2009 in Vancouver
- SRU (2002): Umweltgutachten 2002. Verlag Metzler- Poerschel, Stuttgart, Juli 2002
- N:N: (2002): Perspektiven für Deutschland- Strategie für eine Nachhaltige Entwicklung. Deutsche Bundesregierung, April 2002

### Anschrift des Verfassers:

Prof. Max Dohmann  
Forschungsinstitut für Wasser- und Abfallwirtschaft  
an der RWTH Aachen (FiW e.V.)  
Kackertstraße 15  
D- 52072 Aachen  
E-Mail: dohmann@fiw.rwth-aachen.de