

BMBF Verbundprojekt ELaN



*Entwicklung eines integrierten **Landmanagements** durch nachhaltige Wasser- und Stoffnutzung in **Nordostdeutschland***

Schlussbericht



Leibniz-Institut für Agrartechnik Potsdam-Bornim e.V.

Dr. Jürgen Kern
Dr. Philipp Grundmann
Tim Theobald
Oliver Maaß

Potsdam, 26.6.2015

Das diesem Bericht zugrunde liegende Vorhaben wurde mit Mittel des Bundesministeriums für Bildung und Forschung unter dem Förderkennzeichen 033 L 025B gefördert. Die Verantwortung für den Inhalt liegt beim Autor.

Schlussbericht zu Nr. 3.2. BNBest-BMBF 98

- Schlussbericht ELaN-ATB -

Zuwendungsempfänger:

Leibniz-Institut für Agrartechnik Potsdam-Bornim e.V.
(ATB)

Förderkennzeichen:

033 L 025B

Vorhabenbezeichnung:

ELaN- Entwicklung eines integrierten Landmanagements durch nachhaltige Wasser- und Stoffnutzung in Nordostdeutschland

Der Bericht für das ZALF umfasst die Darstellung der Teilprojekte:

TP 04 Nährstoff-Recycling

TP 08 Alternative Wertschöpfungsnetze

Laufzeit des Vorhabens:

01.01.2011 – 31.12.2014

I. Kurzdarstellung

1. Aufgabenstellung

Das übergeordnete Ziel der Arbeiten in den Teilprojekten TP 04 und TP 08 war es, in Abstimmung mit Vertretern der Umwelt- und Landwirtschaftsämter sowie mit Landwirten ein neues mineralisches P-Düngemittel in der Modellregion Berlin - Uckermark/Barnim vorzustellen und Möglichkeiten der Etablierung zu sondieren.

Im TP 04 sollten die durch neuartige Verfahrensweisen bei der kommunalen Abwasserreinigung zur Verfügung stehenden Stoffe wie z.B. Magnesium-Ammonium-Phosphat (MAP) aus dem Abwasserstrom abgetrennt und als Pflanzendünger im ländlichen Raum wieder eingesetzt werden. Im Sinne eines nachhaltigen Landmanagements war damit eine Grundlage zu schaffen, die bestehenden Phosphor-Pfade mit den Flüssen und Meeren als Phosphor-Senken zu unterbrechen und regionale Nährstoffkreisläufe zu schließen.

Das übergeordnete Ziel des TP 08 war es, aufzuzeigen wie und unter welchen Bedingungen regionale Wertschöpfungsnetze von Produzenten, Zulieferern, Forschungseinrichtungen, Dienstleistern, Handwerkern und verbundenen Institutionen (z. B. Handelskammern) von Abwasserwirtschaft, Landwirtschaft, Gewerbe und Energieerzeugung geschaffen und ausgebaut werden können, die eine stoffliche und energetische Nutzung von Abwasser und Klärschlämmen, Landnutzung und Biomasse mit Energieerzeugung, aber auch Tourismus und Lebensmittelproduktion verbinden.

In dem Arbeitspaket A „Ökonomische Bewertung alternativer Wertschöpfungsnetze“ sollten die möglichen Treiber, Lücken (z.B. mangelndes Know-How und Kommunikation zwischen wirtschaftlichen Akteure in der Region), Flaschenhalse (z.B. fehlende Märkte für anvisierte Produkte) und konkurrierende Nutzungen bzw. Synergieeffekte (z.B. Nutzung von Biomasse in Verbindung mit Tourismus und Lebensmittelproduktion) in den Wertschöpfungsnetzen analysiert werden. Auf dieser Grundlage sollten die Möglichkeiten, Grenzen und Anforderungen der Ausweitung bzw. Implementierung von Innovationen und neuen Wertschöpfungsnetzen abgeleitet werden. Das Arbeitspaket sollte im Ergebnis aufzeigen, welche alternativen Wertschöpfungsketten denkbar sind, welches ökonomische Potenzial sie haben und wo institutionelle oder marktbedingte Hemmnisse liegen.

2. Voraussetzungen, unter denen das Vorhaben durchgeführt wurde

Seit dem Jahr 2001 kooperiert das ATB mit den Berliner Wasserbetrieben an der Schnittstelle zwischen Abwasserreinigung und Nährstoffrückführung in die Landwirtschaft. Intensive Diskussionen mit dem Landesamt für Verbraucherschutz, Landwirtschaft und Flurneuordnung – Amtliche Düngemittelkontrolle - des Landes Brandenburg gingen dem Antrag auf Zulassung des in der Kläranlage Waßmannsdorf anfallenden MAP als Düngemittel voraus. Nach gezielten chemischen Analysen und Gefäßversuchen konnte nachgewiesen werden, dass Magnesium-Ammonium-Phosphat (MAP), das bei der Schlammbehandlung entsteht, eine sehr gute Pflanzenverfügbarkeit besitzt. Damit war seit 2008 die Voraussetzung geschaffen, MAP als Düngemittel in den Verkehr zu bringen. Diese Vorarbeiten stellten eine wichtige Grundlage für die Zusammenarbeit mit anderen Teilnehmern des ELaN-Projekts sowie mit Praxispartnern dar.

Im Rahmen des Vorhabens wurde die Zusammenarbeit mit den Berliner Wasserbetrieben auf dem Gebiet der ökonomischen Bewertung von Nährstoff-Recyclingverfahren in der Abwasserbehandlung und in der Landwirtschaft initiiert. Des Weiteren wurde die Zusammenarbeit mit dem Abwasserverband Braunschweig auf dem Gebiet der ökonomischen Analyse und Optimierung von Verfahren zur landwirtschaftlichen Nutzung von Klärschlämmen und gereinigtem Abwasser etabliert.

3. Planung und Ablauf des Vorhabens

In TP 04 wurden in zwei Phasen zunächst auf verschiedenen Ebenen regionale Phosphor-Kreisläufe analysiert und im weiteren Verlauf Düngeversuche auf nährstoffarmen Böden durchgeführt und bewertet. Anhand der Ergebnisse lässt sich das Potenzial von MAP als Düngemittel abschätzen.

In TP 08 wurden zunächst Referenz-Wertschöpfungsnetze beschrieben und in der Folge bewertet. Darüber hinaus wurden anhand verschiedener Fallbeispiele die aus der landwirtschaftlichen Nutzung von Abwasserprodukten resultierenden Vernetzungspotenziale sowie die damit verbundenen Kosten und Wertschöpfungspotenziale abgeschätzt. Hierbei wurde auch die Wirkungsweise unterschiedlicher institutioneller Arrangements

überprüft. In der letzten Phase wurden die Analyseergebnisse mit Partnern aus Wissenschaft und Praxis diskutiert und Handlungsempfehlungen abgeleitet.

Wichtige Meilensteine im TP 04, die zu Projektbeginn formuliert worden waren:

- Ökobilanz für verschiedene Verfahren der P-Elimination in der Abwasserreinigung von Berlin (Koop. mit Berliner Wasserbetrieben)
- Flächenkataster für Phosphor-Versorgung im Boden der Modellregion
- Überprüfung der Wirtschaftlichkeit und Übertragbarkeit des MAP-Verfahrens auf weitere Kläranlagen im Land Brandenburg (Koop. mit P.C.S.)
- Düngewirksamkeit von MAP auf phosphorarmen Standorten als Grundlage für die Optimierung der weiteren Düngung (Koop. mit FIB)
- Regionale Stoffstromanalyse für den Nährstoff Phosphor

Wichtige Meilensteine im Teilprojekt 08 A waren:

- Wertschöpfungs- und Transaktionskostenanalyse zur MAP-Produktion:
Fallbeispiel Kläranlage Waßmannsdorf (Berlin-Brandenburg)
 - Beschreibung der Wertschöpfungsketten und Erfassung der Geldströme innerhalb der Wertschöpfungsketten der Abwasserbehandlung und der Pflanzenproduktion
 - Ermittlung der Kosteneinsparungspotenziale sowie der monetären Wertschöpfung in den jeweiligen Wertschöpfungsketten
 - Beschreibung von Vernetzungspotenzialen zwischen den einzelnen Wertschöpfungsketten
 - Modellierung von Wertschöpfungsnetzen
- Wertschöpfungs- und Transaktionskostenanalyse zur Klarwasserbereinigung:
Fallbeispiel Abwasserverband Braunschweig e.V. (Niedersachsen)
 - Erfassung der Ausgaben und Einnahmen in Wertschöpfungsnetzen der Abwasserverwertung, der Pflanzen- und der Bioenergieproduktion
 - Bestimmung der Kosteneinsparungspotenziale (Nutzen), der Kosten sowie der monetären Wertschöpfung und deren Verteilung auf die beteiligten Akteure
 - Bestimmung des mit der Vernetzung erzielbaren monetären Mehrwertes
 - Bewertung der aus der Vernetzung resultierenden regionalökonomischen Effekte
 - Beschreibung der Eigenschaften und Bestimmungsfaktoren der Transaktionen und den damit verbundenen Transaktionskosten
- Institutionenanalyse biogener Wertschöpfungsnetze
Fallbeispiele der Bioenergiedorf-Initiativen in den Gemeinden Kerkow und Feldheim (Brandenburg)

- Beschreibung von Regeln und Kooperationsbeziehungen in biomassebasierten Wertschöpfungsnetzen
- Analysen zur institutionellen Vernetzung von biomassebasierten Innovationen und zur Wirkungsweise von biogenen Wertschöpfungsnetzwerken

4. Wissenschaftlicher und technischer Stand, an den angeknüpft wurde

Mit Projektbeginn lagen einige Publikationen vor, die verschiedene Verfahrensweisen zum Recycling von Nährstoffen aus Klärschlamm beschreiben. Die in diesem Projekt untersuchte Ausnutzung des im Struvit-MAP enthaltenen Phosphors war bereits für Gefäßversuche von Römer (2006) und Kern et al. (2008) beschrieben worden.

Balmer P (2004) P recovery - an overview of potentials and possibilities. *Water Sci Technol* 49: 185-190.

Heinzmann B (2005) Phosphorus recycling in sewage treatment plants with biological phosphorus removal. *Water Sci Technol* 52: 543-548.

Heinzmann B, Engel G (2005) Stand der Phosphorrückgewinnung bei Kläranlagen mit biologischer Phosphorelimination der Berliner Wasserbetriebe, 75. Darmstädter Seminar, Schriftenreihe WAR 167, Darmstadt 2005.

Jaffer Y, Clark TA, Pearce P, Parsons SA (2002) Potential P recovery by struvite formation. *Water Res* 36: 1834-1842.

Kern J, Heinzmann B, Markus B, Kaufmann AC, Soethe N, Engels C (2008) Recycling and assessment of struvite phosphorus from upgraded sewage sludge. *Agricultural Engineering International: The CIGR Ejournal* 10: CE 12 01.

Muskolus, A. (2008) Anthropogenic Plant Nutrients as Fertiliser. Dissertation. HU Berlin.

Parsons SA, Wall F, Doyle J, Oldring K, Churchley J (2001) Assessing the potential for struvite recovery at sewage treatment works. *Environ Technol* 22: 1279-1286.

Römer W (2006) Plant availability of P from recycling products and phosphate fertilizers in a growth-chamber trial with rye seedlings. *J Plant Nutr Soil Sc* 169: 826-832.

Stumpf D (2008) Phosphorrecycling durch MAP-Fällung im kommunalen Faulschlamm. Bericht für das Umweltbundesamt, 2007. Publikationen des Umweltbundesamtes.

UBA - Umweltbundesamt Berlin und Institut für Siedlungswasserwirtschaft RWTH Aachen (2003) Rückgewinnung von Phosphor in der Landwirtschaft und aus Abwasser und Abfall. Symposium in Berlin, 6.-7.2. 2003.

Der für das TP 8 A relevante Stand der bisher durchgeführten Studien zeichnet sich dadurch aus, dass gerade auf theoretischer Ebene das Feld der Analyse von Wertschöpfungsnetzen sehr heterogen ist. Dazu tragen unter anderem die variierenden Schwerpunkte und Fragestellungen bei, angefangen bei Einkommenseffekten, über regionale komparative Vorteile durch Cluster bis hin zu regionalen Finanzierungs-

konzepten. Bei einem Vergleich fällt die zum Teil sehr unterschiedliche Herangehensweise in den Studien auf. Dabei wird immer nur eine Auswahl an Effekten berücksichtigt. Die am häufigsten untersuchten Effekte sind Wertschöpfungseffekte, Investitionseffekte, Betriebseffekte, Budgeteffekte, Verdrängungseffekte, Außenhandelseffekte und dynamische Effekte. Parallelen lassen sich zu regionalen Wertschöpfungsnetzen der Lebensmittelproduktion ziehen. Auch hier gibt es vereinzelte Untersuchungen, die eine Abschätzung der regionalwirtschaftlichen Effekte zum Gegenstand haben (Mardsen et al. 2000; Münchhausen et al. 2006). Es fehlen jedoch Untersuchungen in denen diese Effekte in Verbindung mit der Performance und Kompatibilität von Innovationen und Institutionen in Wertschöpfungsnetzen analysiert werden.

5. Zusammenarbeit mit anderen Stellen

Die Zusammenarbeit der Teilprojekte am ATB erfolgte auf verschiedenen Ebenen.

- Innerhalb des TP 04 liefen Auftragsarbeiten über:
 - Pollution Control Service GmbH (P.C.S.), 22143 Hamburg, Merkurring 46
Aufgabe: Überprüfung der Übertragbarkeit des MAP-Verfahrens auf Kläranlagen der Modellregion Uckermark-Barnim
 - Forschungsinstitut für Bergbaufolgelandschaften e.V. (FIB), 03238 Finsterwalde, Brauhausweg 2. Aufgabe: Anlage von Parzellenversuchen (10 m x 3 m) mit unterschiedlichen Düngungsstufen auf P-armen Versuchsstandorten der Lausitz
- a) Innerhalb des ELaN-Projektverbunds fand eine besonders enge Zusammenarbeit zwischen folgenden Teilprojekten statt:
- TP 04 und TP 03: Von der Firma ECT durchgeführte Tests zu ökotoxikologischen Effekten von MAP auf Regenwürmer
 - TP 04 und TP 08 A: Wirtschaftlichkeitsbetrachtung des in der Kläranlage Waßmannsdorf produzierten MAP und seine Einsetzbarkeit als Düngemittel
 - TP 04, TP 08 A, TP 09: Akteursbefragung mit Bewertung der Betriebsformen auf die P-Verfügbarkeit im Boden (Theobald et al., *SUM* im Druck)
- b) Außerhalb des ELaN-Projektverbunds:
- Abwasserverband Braunschweig
 - Landwirtschaftskammer Niedersachsen
 - Landwirtschaftliche Betriebsleiter
 - Landesamt für Ländliche Entwicklung, Landwirtschaft und Flurneuordnung des Landes Brandenburg (LELF, Güterfelde)
 - Humboldt-Universität zu Berlin mit den Fachgebieten: Pflanzenernährung und Düngung, Ressourcenökonomie und Ökonomik der Gärtnerischen Produktion

II. Eingehende Darstellung

Verwendung der Zuwendung und des erzielten Ergebnisses im Einzelnen, mit Gegenüberstellung der vorgegebenen Ziele

TP 04: Nährstoff-Recycling

Die Voraussetzungen für die Einführung von MAP als Düngemittel erschienen im Vorfeld bereits recht gut, da es im Routinebetrieb anfällt und bereits an Düngemittelproduzenten vereinzelt abgesetzt worden war. Die Hamburger Firma P.C.S., denen die MAP-Lizenzrechte seitens der Berliner Wasserbetriebe übertragen worden waren, ermittelte für ausgewählte, kleinere Kläranlagen der Modellregion die Einführungschancen des MAP-Verfahrens.

Im TP 04 wurden in Abstimmung mit landwirtschaftlichen Betrieben Düngungsversuche im Freiland durchgeführt. Auf zwei phosphorarmen Standorten in der Lausitz wurden in Zusammenarbeit mit dem Forschungsinstitut für Bergbaufolgelandschaften e.V. Feldversuche angelegt, in denen die Düngewirksamkeit des klärschlambürtigen MAP untersucht und bestätigt wurde (FIB 2015).

Die Erarbeitung eines Flächenkatasters sowie die Erstellung einer Stoffstromanalyse für Phosphor in Berlin/Brandenburg liefen gemäß den gesteckten Zielen und Erwartungen.

Darüber hinaus erfolgte zusammen mit den TP 08 und 09 eine Akteursanalyse, in der mit einer Umfrage an alle Brandenburgischen Ackerbaubetriebe der Status quo der Phosphor-Versorgung bewirtschafteter Flächen sowie des Einsatzes von Phosphordüngemitteln erhoben wurde. Dabei stellte sich heraus, dass Ackerböden kleiner und mittlerer Privatbetriebe besser mit Phosphor versorgt waren als große Betriebe und Genossenschaften. Eine Publikation von Theobald et al. zu dem Thema wurde von der Zeitschrift *Soil Use and Management* angenommen und wird in Kürze erscheinen.

TP 08: Alternative Wertschöpfungsnetze

Entsprechend der übergeordneten Zielstellung des Teilprojekts war die Verwendung der Zuwendung in den nachfolgenden Arbeitspaketen für die Erreichung der folgenden vorgegebenen Ziele notwendig:

- Beschreibung der Eigenschaften und Bestimmungsfaktoren von Transaktionen in bestehenden und innovativen Wertschöpfungsketten in den Bereichen Abwassernutzung und Landmanagement.
- Abschätzung der veränderten (Transaktions-)Kosten und Wertschöpfung, die sich bei einer Implementierung von Innovationen ergeben.
- Abschätzung der regionalökonomischen Effekte der untersuchten Innovationen
- Bewertung der Treiber und der Hemmnisse für alternative Wertschöpfungsnetze
- Konzeption von verbesserten und neuen Wertschöpfungsnetzen, mit denen die Modell- und Systemlösung des Gesamtverbunds ökonomisch untersetzt wird.

- Bewertung der Kompatibilität und Performance von Wertschöpfungsnetzen (einschließlich der Bewertung von Marktpotenzialen und der Analyse fehlender Glieder in Wertschöpfungsnetzen).
- Analyse und Bewertung des institutionellen Rahmens von Innovationen und Wertschöpfungsnetzen
- Formulierung von Handlungsempfehlungen für eine erfolgreiche Etablierung von Wertschöpfungsnetzen auf der Grundlage der Anforderungen an die Innovationen.

Wichtigste Positionen des zahlenmäßigen Nachweises

Zu den wesentlichen Kostenfaktoren zählte die Beschäftigung von Doktoranden für beide Teilprojekte sowie für einen technischen Assistenten, der sowohl Feld- als auch Laborversuche im Rahmen der Arbeiten des TP 04 durchführte. Die über die gesamte Projektlaufzeit angefallenen Personalkosten sind dem Verwendungsnachweis zu entnehmen.

Notwendigkeit und Angemessenheit der geleisteten Arbeit

Mit fortschreitender Verringerung der Phosphor-Vorräte aus den traditionellen Lagerstätten – verschiedenen Schätzungen zufolge werden die wirtschaftlich erschließbaren Vorkommen bei gegenwärtigem Verbrauch in spätestens 400 Jahren erschöpft sein (Ebert 2014) – stellt sich immer mehr die Frage nach neuen Phosphor-Quellen. Die Wirtschaftsdünger (Gülle, Mist, Gärreste) machen einen Anteil von 73 % an der gesamten Phosphor-Zufuhr auf die Ackerflächen des Landes Brandenburg aus, gefolgt von mineralischen Düngemitteln (24 %) und Klärschlämmen der Abwasserreinigung (3 %). Insgesamt fallen in Berlin und Brandenburg allerdings sehr viel mehr phosphorhaltige Klärschlämme an, wovon mehr als zwei Drittel energetisch genutzt werden (Kern 2014). Eine stoffliche Nutzung phosphorhaltiger Aschen aus der Klärschlammverbrennung ist in der Landwirtschaft bisher allerdings noch nicht möglich, denn ohne kostenaufwendige Aufbereitung gelten Klärschlammaschen als entsorgungspflichtiger Abfall. Daher ist, um die Phosphor-Gehalte in Klärschlämmen unabhängig vom Entsorgungspfad nutzen zu können, vom Bundesministerium für Umwelt eine „Phosphatrecyclingverordnung“ in Erarbeitung.

Das Wissen über die Eigenschaften und Bestimmungsfaktoren von Transaktionen in den untersuchten Wertschöpfungsketten bildet die Grundlage für die Weiterentwicklung bestehender sowie die Etablierung und Steuerung alternativer Wertschöpfungsketten und -netze.

Voraussichtlicher Nutzen, insbesondere der Verwertbarkeit des Ergebnisses im Sinne des fortgeschriebenen Verwertungsplans

- Die Ergebnisse von TP 04 liefern Akteuren aus den Bereichen Abwasserentsorgung, Düngemittelwirtschaft und Landwirtschaft Handlungsempfehlungen und Entscheidungshilfen und geben Impulse zur Etablierung des MAP-Verfahrens sowie zur Einführung und Anwendung des schadstoffarmen Recyclingprodukts MAP als mineralisches Phosphor-Düngemittel. Auf phosphorarmen Standorten lässt sich im Stadt-Land-Verbund mit der MAP-Düngung exemplarisch zeigen, wie regionale Nährstoffkreisläufe geschlossen werden können. Darüber hinaus kann ein künftiger Multiplikatoreffekt des exportfähigen, von der Berlinwasser Holding AG vermarkteten Verfahrens beim Betrieb von Kläranlagen im In- und Ausland (Betreiberverträge) erwartet werden. Neben der Vermarktung von MAP als Düngemittel wirkt sich die mit der MAP-Fällung verbundene Schlammentwässerung als wesentlicher ökonomischer Vorteil bei der Abwasser- und Schlammbehandlung in großen Kläranlagen aus (Meinel 2011). Landwirtschaftliche Betriebe werden mittelfristig vom Einsatz des schadstoffarmen MAP als Alternative zu den sich vertuernden mineralischen P-Düngemitteln wirtschaftlich profitieren können.
- Die Ergebnisse des TP 08 A stellen für regionale Akteure (Regionalmanager, Landwirte, Bioenergieproduzenten und Kläranlagenbetreiber u.a.) entscheidungsrelevantes Wissen und Informationen zu Kosten und Nutzen der beforschten Maßnahmen dar. Investoren, Wirtschaftsakteure und politische Entscheidungsträger erhalten zudem Wissen über Chancen und Risiken der untersuchten Innovationen und Wertschöpfungsketten.

Während der Durchführung des Vorhabens dem Zuwendungsempfänger bekannt gewordener Fortschritt auf dem Gebiet des Vorhabens bei anderen Stellen

Fachgespräche:

- 18.02.2014: Teilnahme an der Diskussionsrunde „(Wo) Ist Stoffstromtrennung in Deutschland sinnvoll?“ veranstaltet von der HafenCity Universität Hamburg im Rahmen des EUDYSÉ-Projekts in Berlin.
- 20.05.2014: Vorstellung des im ELaN-Verbund untersuchten Phosphor-Recyclings im Berliner Abgeordnetenhaus im Rahmen von „Science Meets Parliament“. Diskussionspartner waren die Bundestagsabgeordneten Peter Bleser und Matern von Marschall.
- 15.10.2014: Fachgespräch zum Thema „Bewertung konkreter Maßnahmen einer weitergehenden Phosphorrückgewinnung aus relevanten Stoffströmen sowie zum effizienten Phosphoreinsatz“ im BMUB in Bonn.
- 06.03.2015: Teilnahme an einer Themendiskussion im Rahmen der in Berlin tagenden European Sustainable Phosphorus Conference zur Legalisierung von MAP-Struvit im europäischen Düngemittelrecht.

Erfolgte oder geplante Veröffentlichungen des Ergebnisses

TP 04: Nährstoff-Recycling

- Ebert G. (2014) Wie kann Phosphor aus Rückgewinnungsprozessen in der Mineraldüngerproduktion verwendet werden? Bornimer Agrartechnische Berichte 86: 73-80.
- FIB - Forschungsinstitut für Bergbaufolgelandschaften e.V. (2015) Feldversuche zum Einsatz von MAP im Energiepflanzenanbau auf Rekultivierungsflächen. Abschlussbericht, 31 S.
- Kampe H. (2012) Abfall war gestern. Vortrag von J. Kern im Rahmen des 16. Leibniz-Kollegs Learning from Nature: Towards a Circular Economy. Potsdamer Neueste Nachrichten, 9.5.2012.
- Kern J (2014) Phosphor für die Landwirtschaft – Strategien für eine endliche Ressource. Bornimer Agrartechnische Berichte 86: 7-14.
- Meinel F (2011) Ökobilanz und wirtschaftlicher Vergleich verschiedener Phosphoreliminationsverfahren in Kläranlagen. Diplomarbeit, TU Dresden, 79 Seiten.
- Theobald T (2012) Recycling of urban Phosphorus in the form of MAP– From the sewage to the field. Poster anlässlich der EUROSIL-Tagung, 2.-6.7.2012, Bari.
- Theobald T, Richter E, Coors A, Kern J (2013) Neue Wege im regionalen Phosphor-Management. Forschungsreport 2/2013: 12-15.
- Theobald T, Rühmland S, Richter E, Coors A, Kern J (2014) Phosphorrecycling aus dem Abwasserstrom. wwt 4/2014: 59-62.
- Theobald T, Schipper M, Kern J, Engels C (2014) Regional P Flow Analysis Berlin-Brandenburg. Poster anlässlich des Sustainable Phosphorus Summit (SPS 2014), Montpellier, 1.-3. September 2014.
- Theobald T, Kern J (2015) The Role of Struvite from Sewage Sludge in regional Phosphorus Flows. Poster anlässlich der European Sustainable Phosphorus Conference, 5.-6.3.2015, Berlin. www.phosphorusplatform.eu/espc2/.
- Theobald T, Daedlow K, Kern J (2015) Assessing agricultural factors for phosphorous availability in soil in Northeast Germany. Soil Use and Management (im Druck).
- Theobald T, Schipper M, Kern J (in Vorb.) Phosphorus flows in Berlin-Brandenburg, a regional flow analysis.

TP 08: Alternative Wertschöpfungsnetze

- Maaß, O., Grundmann, P., Bock und Polach v., C. (2014). Added-value from innovative value chains by establishing nutrient cycles via struvite. In: Resources, Conservation and Recycling 87 (2014) 126–136.
- Maaß, O., Grundmann, P., Bock und Polach v., C. (2014). Added-value analysis of the reuse of phosphorus (P) from wastewater to establish nutrient cycles. In: Gesellschaft für Wirtschafts- und Sozialwissenschaften des Landbaues e.V. (2014). Neuere

Theorien und Methoden in den Wirtschafts- und Sozialwissenschaften des Landbaus. Poster anlässlich der 54. Jahrestagung, Göttingen, 17.-19. September 2014.

- Maaß, O. (2014). Added-value from the emergence of innovative added-value nets for a bio-based economy: A case study on wastewater irrigation in energy crop production in Braunschweig (Germany). Oral presentation. In: VIth International Conference of the European-Latin American Center of Logistics and Ecological Projects (CELALE) within the 17th Convention of Engineering and Architecture of the CUJAE: Innovations for a Bio-Economy. Investigation – Transfer –Application; November 25-27. 2014, Havana, Cuba.
- Bock und Polach, von, C.; Kunze, C.; Maaß, O.; Grundmann, P. (2014): Social Capital and Cooperation in the Development of Commons - The Case of Bioenergy Villages in Brandenburg (Germany). In: Proceedings IASC 3rd European Meeting "From generation to generation - the use of commons in a changing society" (16-19 September 2014, Umeå, Sweden). IASC 3rd European Meeting. p. 1-12.
- Bock und Polach, von, C.; Kunze, C.; Maaß, O.; Grundmann, P.: Bioenergy as a Socio-technical System: the Nexus of Rules, Social Capital and Cooperation in the Development of Bioenergy Villages in Germany. Energy Research & Social Science 6: 128–135.
- Bock und Polach, von, C.; Kunze, C., Maaß, O.; Grundmann, P. (2014): Nexus of Rules, Social Capital and Cooperation in the Development of Bioenergy Villages in Brandenburg – Germany. In: Gesellschaft für Wirtschafts- und Sozialwissenschaften des Landbaus e.V. (2014). Neuere Theorien und Methoden in den Wirtschafts- und Sozialwissenschaften des Landbaus. Poster anlässlich der 54. Jahrestagung, Göttingen, 17.-19. September 2014.
- Bock und Polach, von, C.; Maaß, O.; Grundmann, P. (2014): Zugang zu Informationen und Partizipationsmöglichkeiten als institutionelle Bedingungen innovativer Wertschöpfungsketten. In: Moss, T.; Nölting, B.(eds.): ELaN-Discussion Paper - Mehrschichtige Institutionenanalyse zum nachhaltigen Landmanagement. Leibniz-Zentrum für Agrarlandschaftsforschung (ZALF) e.V., Müncheberg, (ISBN 978-3-943679-13-7), p. 33-41.
http://www.elan-bb.de/media/pdf/Publikationen/EDP7_978-3-943679-13-7.pdf
- Maaß O.; Grundmann P.; Rauchenecker K.; Busch H.; Theobald T. (2011): Added-value of analyzing value nets for bioenergy production and fertilizers from wastewater residues. Posterpresentation. Renewable Energy Self-Sufficiency (RESS) – Conference, 2011 September 14-16; Freiburg, Germany.

Gemeinsame Aktivität beider ATB-Teilprojekte TP 04 und TP 08:

Am 11.6.2014 wurde ein Workshop zum Thema „Phosphor für die Landwirtschaft – Strategien für eine endliche Ressource“ organisiert und am ATB in Potsdam durchgeführt. Die Beiträge der Referenten wurden gesammelt und in der Reihe *Bornimer Agrartechnische Berichte* (Heft 86) veröffentlicht

(http://www.atb-potsdam.de/fileadmin/docs/Publikationen/Heft_86.pdf)

mit Einzelbeiträgen von ELaN-Teilnehmern:

- Kern J (2014) Phosphor für die Landwirtschaft – Strategien für eine endliche Ressource. *Bornimer Agrartechnische Berichte* 86: 7-14.
- Barjenbruch M (2014) Stand der Phosphor-Elimination in Deutschland und Potential für die Rückgewinnung. *Bornimer Agrartechnische Berichte* 86: 15-25.
- Heinzmann B, Lengemann A (2014) Vom Betriebsproblem zum marktfähigen Produkt „Berliner Pflanze“ – Phosphorrückgewinnung in der Kläranlage Waßmannsdorf. *Bornimer Agrartechnische Berichte* 86: 26-39.
- Theobald T, Schipper M (2014) Regionale Phosphorströme in Berlin-Brandenburg. *Bornimer Agrartechnische Berichte* 86: 88-100.
- Maaß O, Daedlow K, Grundmann P (2014) Ökonomische Handlungsspielräume für die MAP-Struvit-Produktion und Anwendung in Berlin-Brandenburg. *Bornimer Agrartechnische Berichte* 86: 101-117.

III. Erfolgskontrollbericht

- separate Anlage beim Projekträger -

IV. Kurzfassung (Berichtsblatt-dt)

1. ISBN oder ISSN	2. Berichtsart (Schlussbericht oder Veröffentlichung) Schlussbericht	
3. Titel Nährstoff-Recycling (TP 04) und Alternative Wertschöpfungsnetze (TP 08)		
4. Autor(en) [Name(n), Vorname(n)] Kern, Jürgen Grundmann, Philipp Theobald, Tim Maaß, Oliver	5. Abschlussdatum des Vorhabens 31.12.2014	6. Veröffentlichungsdatum
	7. Form der Publikation Bericht	
	8. Durchführende Institution(en) (Name, Adresse) Leibniz-Institut für Agrartechnik Potsdam-Bornim e.V. Max-Eyth-Allee 100 14469 Potsdam	
12. Fördernde Institution (Name, Adresse) Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) 53170 Bonn	9. Ber. Nr. Durchführende Institution	
	10. Förderkennzeichen 033 L 025B	
	11. Seitenzahl 11	
16. Zusätzliche Angaben -	13. Literaturangaben	
	14. Tabellen	
	15. Abbildungen	
17. Vorgelegt bei (Titel, Ort, Datum) -		

18. Kurzfassung

TP 04 Nährstoff-Recycling

Vor dem Hintergrund eines zunehmenden Bedarfs bei gleichzeitiger Begrenztheit natürlicher Nährstoffressourcen auf der Erde gewinnen Verfahren des Nährstoff-Recyclings zunehmend an Bedeutung. Dies betrifft in erster Linie das Nährelement Phosphor, das aus dem Abwasserstrom gewonnen und als Düngemittel eingesetzt werden kann. Ziel des Teilprojekts war es, das Verfahren der Herstellung von Magnesium-Ammonium-Phosphat (MAP-Struvit) auf seine Wirtschaftlichkeit und seine Übertragbarkeit auf kleinere Kläranlagen zu überprüfen und seine Düngewirksamkeit unter Praxisbedingungen zu ermitteln. Nach einer Datenerhebung zum Nährstoffmanagement und zur Phosphorversorgung der Böden in der Modellregion Uckermark und Barnim wurden auf phosphorarmen Standorten Düngungsversuche im Freiland angelegt. Dabei konnte gezeigt werden, dass der Einsatz von MAP zur Phosphordüngung von Winterweizen und Hirse mindestens die gleiche Ertragswirkung wie die konventionelle Anwendung von Superphosphat aufwies. Zusätzlich wurden in einer Stoffstromanalyse für Berlin-Brandenburg die wichtigsten Phosphorströme abgebildet, um daraus Handlungsempfehlungen ableiten zu können. Die Stoffstromanalyse zeigte, dass die wichtigsten phosphorhaltigen Düngemittel für die Pflanzenproduktion Wirtschaftsdünger wie Gülle, Mist oder auch Gärreste sind. Im Land Brandenburg stellen sie 73 % der gesamten Phosphorzufuhr (18 344 t im Jahr 2011) auf die Ackerflächen. Mineralische Düngemittel haben einen Anteil von 24 %. Etwa 3 % des Phosphors, der auf brandenburgischen Ackerflächen eingesetzt wird, stammen aus Klärschlämmen der Abwasserreinigung, wovon das hier untersuchte MAP-Struvit seinerseits einen Anteil von 3,2 % hat. Obwohl die Ausbeute von Phosphor aus dem Abwasserstrom sich in absehbarer Zeit nicht wesentlich steigern lassen, können sowohl Düngemittelhersteller als auch landwirtschaftliche Betriebe mittelfristig von dem Einsatz von MAP als schadstoffarme Alternative zu den sich verteuernenden mineralischen Phosphor-Düngemitteln wirtschaftlich profitieren.

TP 08 Alternative Wertschöpfungsnetze

Das Wissen über ökonomische Effekte zwischen verknüpften Wertschöpfungsketten und der Bedeutung des institutionellen Rahmens für die Entwicklung von Wertschöpfungsnetzen ist bislang unzureichend. Ziel des Teilprojekts TP 8a war es zu beantworten wie und unter welchen Bedingungen regionale Wertschöpfungsnetze von Abwasserwirtschaft, Landwirtschaft, Gewerbe und Energieerzeugung geschaffen und ausgebaut werden können. Zur Beantwortung der Forschungsfrage wurden u.a. Methoden der Kosten-Nutzen-Analyse, der Wertschöpfungs- und Transaktionskostenanalyse sowie der empirischen Sozialforschung und Neuen Institutionenökonomie verwendet. Die Methoden wurden hierbei in einzelnen Fallbeispieluntersuchungen angewandt. Die Forschungsergebnisse zeigen, dass eine Vernetzung der Wertschöpfungsketten der Abwasserbehandlung und der Pflanzenproduktion zu signifikanten Kosteneinsparungen und einer höheren Wertschöpfung führen kann. Die zukünftigen Kosteneinsparungs- und Wertschöpfungspotenziale werden maßgeblich von Änderungen des institutionellen Rahmens für die Abwassernutzung und Pflanzenproduktion beeinflusst. Weiterhin sind das Maß an sozialen Beziehungen unter den beteiligten Akteuren, der Zugang zu Informationen und damit die Bereitschaft zur Partizipation und Kooperation aller beteiligten Akteure für die Entwicklung von Wertschöpfungsnetzen wichtig. Die gewonnenen Erkenntnisse können für die Gestaltung von Kooperationsmodellen, Vertragsoptionen, Förderprogrammen und sonstigen institutionellen Strukturen genutzt werden und somit einen Beitrag zur Entwicklung von alternativen Wertschöpfungsketten leisten.

19. Schlagwörter

Abwasser, Bewässerung, Bioenergie, Bodenchemie, Kooperation, Ländliche Entwicklung, Nährstoffkreislauf, Nexus, Phosphor, Rückgewinnung, Sozialkapital, Struvit, Wertschöpfung, Wertschöpfungsketten

20. Verlag

-

21. Preis

-

BMBF-Vordr. 3831/03.07_2

IV. Kurzfassung (Document Control Sheet –eng)

1. ISBN or ISSN	2. type of document (e.g. report, publication) Report	
3. title Nutrient Recycling (TP 04) and Innovative linked value chains (TP 08)		
4. author(s) (family name, first name(s)) Kern, Jürgen Grundmann, Philipp Theobald, Tim Maaß, Oliver	5. end of project 31.12.2014	
	6. publication date	
	7. form of publication Report	
8. performing organization(s) (name, address) Leibniz Institute for Agricultural Engineering Potsdam-Bornim e.V. Max-Eyth-Allee 100 14469 Potsdam	9. originator's report no.	
	10. reference no. 033 L 025B	
	11. no. of pages 11	
12. sponsoring agency (name, address) Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) 53170 Bonn	13. no. of references	
	14. no. of tables	
	15. no. of figures	
16. supplementary notes -		
17. presented at (title, place, date) -		

18. abstract

TP 04 Nutrient recycling

The recycling of nutrients is gaining increased attention due to a rising demand for nutrients coupled with the limited resources worldwide. This is particularly the case for the nutrient phosphorus, which may be recovered from wastewater through precipitation as struvite and used as a fertiliser. The objective of this sub-project was to verify the production process for struvite in terms of economy and transferability to small wastewater treatment plants, as well as to ascertain struvite's potential as a fertiliser under field conditions. A survey on the nutrient management and the phosphorus supply of soils was made in the case study areas of the counties Uckermark and Barnim to identify phosphorus-poor locations for fertiliser experiments in the field. These studies with winter wheat and sorghum showed that the fertilisation with struvite resulted in the same or even higher biomass yields compared to the conventional use of superphosphate. Additionally, the most important phosphorus fluxes in Berlin-Brandenburg were analysed using material flow analysis methodology in order to identify recommendations for actions. The results from the analysis indicate that farm fertilisers such as manure and biogas digestate currently play the greatest role in plant production. In the state of Brandenburg these sources accounted for 73 % of the total phosphorus input (18 344 t in 2011) to arable land. Mineral fertiliser contributed 24 % and sewage sludge about 3 % to the total phosphorus applied on the arable land. Of the phosphorus from sewage sludge, 3.2 % was in the form of the crystalline struvite under study. Although the quantity of phosphorus recovered from wastewater is not expected to increase significantly in the coming years, our results show that both the fertiliser industry and the farmers can benefit at present from the marketing and the use of struvite in agriculture. Struvite may in the future become a low-pollutant alternative to mineral phosphorus fertilisers as their prices rise.

TP 08 Innovative linked value chains

Knowledge about the economic effects of linking value chains to form value nets and the role of institutions in their development is currently insufficient. Therefore, the aim of this project was to determine the value-added effects of regional value nets encompassing the value chains of wastewater treatment, agriculture production and energy provisioning, and to understand what conditions are conducive to bring about innovations in the studied value nets. We used a combination of methods to answer the research questions, including cost-benefit-analysis, added value analysis and transaction cost analysis, as well as methods from empirical social science research and institutional analysis. The chosen methods were applied within a case study approach. The results indicate that the linkage of value chains of wastewater treatment and agricultural production can contribute to significant cost savings and bring about a higher added value generation. Future profitability of the studied value chains depends to a great extent on the institutional arrangements regulating wastewater use in agriculture. Social capital, participation in benefits, access to information and readiness to cooperate of all concerned actors are important features for the success of innovations in value nets. The results obtained from this research can be used for designing and implementing innovative models of cooperation, contractual options, support programs and complementary institutional arrangements that contribute to the development of innovative value chains.

19. keywords

added-value, bioenergy, cooperation, fertilization, irrigation, nexus, nutrient cycle, phosphorus recovery, rural community, social capital, soil chemistry, struvite, value chains, wastewater reuse

20. publisher

-

21. price

-