

Ökobilanz von alternativen Phosphordüngemitteln

Life cycle assessments of recycling phosphorus fertilisers

Stefan J. Hörtenhuber^{1*}, Michaela C. Theurl¹ und Kurt Möller²

Einleitung

Geschlossene Stoffkreisläufe sind ein Grundprinzip des Biolandbaus. Durch den ständigen Export von Nährstoffen wie z.B. Phosphor (P) über Ernteprodukte, und den nur begrenzten Möglichkeiten des Zukaufs von P-Düngemitteln, laufen Böden in Biobetrieben Gefahr, langfristig an P zu verarmen. Aufgrund begrenzter globaler P-Ressourcen empfiehlt sich ein Schließen des betrieblichen P-Kreislaufs mit der Rückführung organischen Reststoffen aus dem Siedlungsbereich (z.B. organische Haushaltsabfälle, Klärschlämme und deren Aufbereitungsprodukte). Im CORE Organic Projekt „IM-PROVE-P“ werden Strategien für nachhaltiges P-Management speziell für den Biolandbau entwickelt. Der vorliegende Beitrag beleuchtet wichtige Umweltwirkungen der Herstellung ausgesuchter alternativer Recycling-P-Düngemittel mittels einer Ökobilanz (Life Cycle Assessment, LCA). Das Ziel des Projekts ist die beim LCA erzielten Ergebnisse anderen Wirkungen, wie z.B. der Düngewirkung oder der Gefahr einer Schadstoffakkumulation im Boden, gegenüberzustellen, um eine umfassende Bewertung der verschiedenen Ansätze des P-Recyclings zu ermöglichen.

Material und Methoden

Analysierte P-Dünger und Datenherkunft: Für die LCAs wurden P-Dünger aus Klärschlamm und Klärschlammasche, Struvit, und traditionelle Dünger wie Fleischknochenmehl, Biogasgülle oder Kompost im Vergleich zu den Kontrollen Rohphosphat und Super-Triplephosphat betrachtet. Die Grunddaten u.a. zu P-Konzentrationen oder Trockenmassegehalten in Substraten sowie zu den benötigten Produktionsmitteln, d.h. Energie oder chemische Hilfsstoffe, stammen von unterschiedlichen Quellen (z.B. MÖLLER & SCHULTHEISS 2014, MÖLLER 2015, REMY & JOSSA 2015, ECOINVENT 2014).

Betrachtete Umweltwirkungsindikatoren und Systemgrenzen: Die LCAs untersuchen Wirkungen der Herstellung der P-Dünger je kg P auf den *Verbrauch an Abiotischen Ressourcen* (abiotic resources depletion potential, ADP; Sb-eq), auf *Primärenergieverbrauch nicht erneuerbarer Energieträger* (PEV-fossil; MJ), auf das *Treibhauspotenzial* (THP, CO₂-eq), das *Versauerungspotenzial* (VP; SO₂-eq) und das *Eutrophierungspotenzial* (EP; PO₄⁻). Das ADP berücksichtigt den Abbau von v.a. Mineralien und inkludiert energetisch genutzte Rohstoffe; letztere sind auch im PEV-fossil abgebildet. Das EP bewertet potenzielle Verluste an Phosphat (PO₄) und Stickstoffverbindungen (NO₃, NH₃, NO_x) während der Herstellungsprozesse mit deren potenziellen negativen Einflüssen auf aquatische und terrestrische Ökosysteme. Das VP nimmt auf versauernde Schadgasemissionen (SO₂, NH₃ und NO_x) während der Düngerherstellung und relevanter Vorleistungen Bezug. Das THP bilanziert klimarelevante Emissionen: Methan (CH₄), Lachgas/Distickstoffmonoxid (N₂O) und Kohlendioxid (CO₂). Infrastrukturprozesse wie z.B. Gebäude wurden nicht bewertet, andere Vorleistungen (bspw. Energie oder chemische Hilfsstoffe) für die Düngerherstellung allerdings schon. Die Sammlung der Rohstoffe wurde nur dann angerechnet, wenn sie ausschließlich für die Produktion oder Aufbereitung des P-Düngemittels erfolgt und nicht wenn sie ohnehin erfolgen muss (bspw. der Abtransport von Siedlungsabfall). Ab der Weiterverarbeitung des Rohstoffs, z.B. Speisereste in einer Kompostierungs- oder einer Biogasanlage, wurden Umweltwirkungen berechnet. Die Systemgrenze endet mit dem Energiebedarf für die Ausbringung des (P-) Düngers; weitere Emissionen mit und nach der Ausbringung, z.B. aus dem Boden, liegen aufgrund der schwierigen Vergleichbarkeit und hohen Abhängigkeit der vorhandenen Technik und eingesetzten Verfahren außerhalb der Systemgrenze.

Verwendete Ökobilanzmethode: Die Analyse der Datensammlungen/Inventaren für P-Dünger erfolgte mit der Ökobilanz-Software SimaPro (PRÉ CONSULTANTS, 2011) nach der Charakterisierungsmethode „CML“ (GUINÉE et al., 2002; mit dem Letztstand der Charakterisierungsfaktoren).

Ergebnisse und Diskussion

Umweltwirkungen der Dünger je kg P: Herkömmliche Dünger auf Basis von phosphathaltigem Gestein (Triple-Superphosphat und Rohphosphat) zeigen generell ein sehr hohes ADP (Abb. 1), im Fall von Triple-Superphosphat auch relativ hohes VP). Daher weist der Einsatz von Alternativen und das Schließen von gesellschaftlichen (regionalen) Kreisläufen zwischen Siedlungen und der Landwirtschaft große Dringlichkeit auf. Bei anderen Wirkungsindikatoren zeigen die beiden herkömmlichen P-Dünger allerdings gute bis sehr gute Resultate.

Die Herstellung von Struvit bewirkt abhängig vom Gewinnungsverfahren, teilweise sehr hohen PEV-fossil und auch relativ hohes VP. Regional produzierter Kompost resultiert bei üblichen Verfahren in sehr hohen gasförmigen Emissionen, wodurch sich schlechteste Ergebnisse beim VP, THP und EP ergeben. Wird der Kompostierungsprozess allerdings z.B. teilweise eingehaust und unter speziellen Folien geführt, ergeben sich deutlich geringere Umweltwirkungen. Im Vergleich dazu zeigen regional produzierter Biogasgärreste und überregional erzeugtes Fleischknochenmehl günstigere Umweltwirkungen für die betrachteten Indikatoren. Allerdings kann der Transport der flüssigen Gärrückstände über längere Distanzen negative Wirkungen bewirken.

(Unbehandelter) Klärschlamm schneidet hinsichtlich der betrachteten LCA-Indikatoren am günstigsten ab. Die Gründe dafür liegen u.a. in vergleichsweise hohen P-Gehalten des Klärschlammes bei unterstellten (eher geringen) Distanzen, womit Transportemissionen je kg P stark zurückgehen. P-Recyclingdünger aus Klärschlammmasche können, abhängig vom Herstellungsverfahren im Vergleich zu unbehandeltem Klärschlamm, einen großen Teil der Schadstoffe ausschließen und zeigen – für das analysierte Verfahren – dennoch relativ geringe negative Umweltwirkungen. Die LCA- Ergebnisse der betrachteten Klärschlammmasche liegen im Bereich jener für Holzasche und Thomasphosphat.

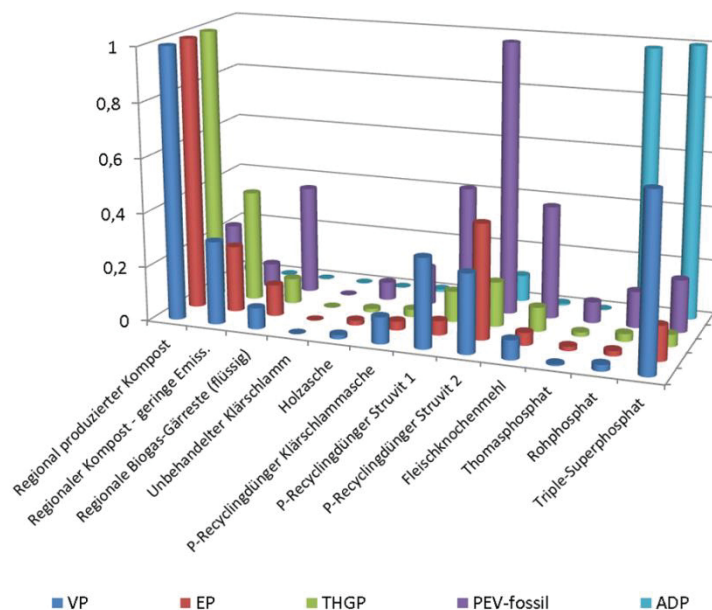


Abbildung 1: **Relative Ergebnisse für die hierin betrachteten LCA-Indikatoren Verbrauch an Abiotischen Ressourcen, Primärenergieverbrauch nicht erneuerbarer Energieträger, Treibhauspotenzial, Versauerungspotenzial und Eutrophierungspotenzial der Herstellung alternativer P-Dünger zwischen dem jeweils besten Ergebnis (mit „0“ = geringe Umweltwirkungen) und dem schlechtesten (mit „1“ = hohe Umweltwirkungen).**

Einfluss der Systemgrenzensetzung: Eine grundsätzliche Schwierigkeit ist der Vergleich sogenannter Universaldünger (mit hohen C- und N-Gehalten etc., z.B. Kompost) mit anderen Düngemitteln, die primär oder nur P aufweisen. Für eine einfache Betrachtung „je kg P“ (ohne Koppelprodukte) sind aufgrund von Abbauprozessen der biogenen Substrate (z.B. für Kompost oder Biogas) zwar ökosystem- und klimarelevante Emissionen (von N oder C bei der Herstellung) einzurechnen, diese wurden aber trotz der zusätzlichen Düngewirkung oder Humusaufbau nicht gutgeschrieben. Im Projekt wird dem Rechnung getragen, indem nicht nur einzelne P-Dünger sondern Modellbetriebe mit unterschiedlichen Fruchtfolgen und Düngestrategien analysiert werden.

Die Ergebnisse der LCA-Berechnungen sind anderen Aspekten wie z.B. die Pflanzenverfügbarkeit der Nährstoffe, oder die Gefahr der Anreicherung von Schadstoffen im Boden gegenüberzustellen. Dabei zeigen sich durchaus teilweise sehr gegensätzliche Vorzüglichkeiten der Rohstoffe und Verfahren.

Danksagung

Der Beitrag entstand im Rahmen des FP7 ERA-Net CORE Organic II Projektes „IMPROVE-P“ (Projekt Nr. 249667), wofür sich die AutorInnen des Beitrages ganz herzlich beim Projektteam und bei den Finanzierungsstellen – in Österreich dem BMLFUW – bedanken wollen. Für weitere Informationen: www.coreorganic2.org bzw. die Projektwebsite <https://improve-p.uni-hohenheim.de/>

Zusammenfassung

Während Dünger auf Basis von Phosphatgestein einen hohen abiotischen Ressourcenverbrauch bewirken, zeigen P-Recyclingdünger in Allgemeinen einen hohen Primärenergieverbrauch und relativ hohes Eutrophierungspotenzial. Kompost kann sehr ungünstige Ergebnisse beim Treibhaus-, dem Versauerungs- und dem Eutrophierungspotenzial aufweisen. Klärschlamm und dessen Aufbereitungsprodukte wie Asche oder Thomasphosphat-ähnliche P-Düngemittel zeigen zwar deutlich günstigere LCA-Ergebnisse, sind aber problematisch hinsichtlich der P-Pflanzenverfügbarkeit oder einer Schadstoffanreicherung.

Abstract

Whereas fertilisers based on phosphate rock show a high abiotic resource depletion potential, P-recycling fertilisers such as struvite are related to a high fossil primary energy demand and a high eutrophication potential. Compost can result in very high acidification, eutrophication and global warming potentials. Sewage sludge, P-recycling fertilisers based on its ash and wood ash provide significantly lower environmental impacts but have partially other disadvantages, e.g. P-availability or pollutant accumulation. For future P-supply in agriculture, it is important to recover P from urban sources. The LCA represents an important contribution to analyse strengths and weaknesses of P-recycling pathways.

Literatur

ECOINVENT CENTRE, 2014: Ecoinvent data v 3.1. Dübendorf, Switzerland.
MÖLLER, K., SCHULTHEISS, U., 2013: Organische Handelsdüngemittel tierischer und pflanzlicher Herkunft für den ökologischen Landbau - Charakterisierung und Empfehlungen für die Praxis. Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft (KTBL) e.V., D-Darmstadt.
MÖLLER, K., 2015: Compost and Digestates from Urban Organic Wastes. Assessment of Alternative Phosphorus Fertilizers for Organic Farming. FiBL Fact Sheet.
PRÉ CONSULTANTS, 2011: SimaPro, Life Cycle Assessment software package. Version 7.3. Amersfoort, The Netherlands.
REMY, C., JOSSA, P., 2015: Life Cycle Assessment of selected processes for P recovery from sewage sludge, sludge liquor, or ash. P-REX project.

Adressen der Autoren

¹ FiBL – Forschungsinstitut für Biologischen Landbau Österreich

² Universität Hohenheim, Institut für Kulturpflanzenwissenschaften

* Ansprechpartner: DI Dr. Stefan HÖRTENHUBER, stefan.hoertenhuber@fibl.org