

Tagungsbeitrag zu: Jahrestagung der DGB, Kom. IV

Titel der Tagung: Böden verstehen – Böden nutzen – Böden fit machen

Veranstalter: DBG, September 2011, Berlin

Berichte der DBG  
(nicht begutachtete online Publikation)

### Nährstoffeffizienzsteigerung organischer Nährstoffträger durch regionales Stoffstrommanagement

Sylvia Warnecke<sup>1</sup>, Markus Biberacher<sup>2</sup>, Hans-Jörg Brauckmann<sup>1</sup>, Gabriele Broll<sup>1</sup>

**Schlüsselworte:** Stoffstrommanagement, Gülle, Wirtschaftsdünger, lineare Optimierung

#### EINFÜHRUNG UND ZIEL

Die zunehmende regionale Entkopplung der tierischen und pflanzlichen Erzeugung bedeutet eine Herausforderung für an ökologische und ökonomische Bedingungen angepasste Düngungsstrategien. In Veredelungsregionen fallen hohe, lokal nicht zur Düngung nutzbare Nährstoffmengen in tierischen Exkrementen an, die in Regionen mit geringeren Viehdichten transportiert werden müssen (KLOHN und WINDHORST 2001). Dagegen wird in Ackerbauregionen der Düngbedarf primär aus Mineraldüngern gedeckt. Aspekte wie Endlichkeit und abnehmende Qualität der P-Reserven (CORDELL 2009), energieintensive Mineral-N-Produktion und negative Auswirkungen einer unangemessenen Düngung (z.B. LEINWEBER et al. 1993) erfordern ein erweitertes Umdenken in der Verwendung organischer Nährstoffträger wie Wirtschaftsdünger tierischer Herkunft. In diesem Zusammenhang und dem der stark schwankenden Agrarmarktbewingungen der vergangenen Jahre stellen sich die Fragen, unter welchem Transportaufwand ein regionales Konzept zum Stoffstrommanagement von Wirtschaftsdüngern

<sup>1</sup> Universität Osnabrück, Institut für Geographie, Arbeitsgruppe Agrarökologie und Bodenforschung, [sylvia.warnecke@uni-osnabrueck.de](mailto:sylvia.warnecke@uni-osnabrueck.de)

<sup>2</sup> Research Studios Austria Forschungsgesellschaft mbH, Research Studio iSPACE, Salzburg

die Subsysteme Pflanzenproduktion und Tierproduktion verbinden kann und welchen zusätzlichen Transportaufwand die Anwendung von nährstoffeffizienzsteigernden Maßnahmen zum Boden- und Grundwasserschutz nach sich zieht. Zur Beantwortung wird das Modell von BIBERACHER et al. (2009) angewendet.

#### MATERIAL UND METHODEN

Das Untersuchungsgebiet ist das Bundesland Niedersachsen, simuliert wird für die räumliche Einheit der 1047 Städte und Gemeinden im Jahr 2010. Auf den 2,6 Mio. Hektar landwirtschaftlich genutzter Fläche dominieren intensive Milchproduktion im Nordwesten, Hochverdichtungs- und Verdichtungsräume der tierischen Produktion im Westen und intensiver Ackerbau im Südosten und Osten.

Das dieser Studie zugrunde liegende Modell (Detailbeschreibung BIBERACHER et al. 2009; WARNECKE et al. 2011) nutzt die lineare Optimierung, um das räumliche Verteilungsproblem von Wirtschaftsdüngern unterschiedlicher Nährstoffzusammensetzung (N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, K<sub>2</sub>O) auf Flächen mit unterschiedlichem Nährstoffbedarf bei minimalem Transportaufwand zu lösen. Das Modell geht in zwei Schritten vor:

- Analyse: Pro Gemeinde Ermittlung von Anfall tierischer Exkremente und enthaltener Nährstoffe (25 Tierklassen, 4 Haltungsklassen (Gülle, Mist, Jauche, Weide)); Nährstoff-, Düngbedarf (13 Flächenklassen) in 12 Bodenklimaräumen mit homogenen Standortbedingungen (nach ROßBERG et al. 2007) gemäß Empfehlungen der Officialberatung; Modell-Nährstoff-Bilanz aus Anfall tierischer Exkremente abzüglich maximaler Bedarfsdeckung aus tierischen Exkrementen (Abb. 1).
- Optimierung: Verteilung und Transport tierischer Exkremente nach Distanz und Nährstoffgehalt (im Überschussfall verbleibt transportunwürdige Gülle möglichst im Nahbereich, während Mist weiter weg transportiert wird) unter der Prämisse der Vermeidung von Überschüssen und Nutzbarmachung des Düngewertes.

Zur Beantwortung der Forschungsfragen wurden zwei Szenarien simuliert (Annahmen siehe Abb. 1):

Szenario A: N-Düngebedarfsdeckung bis zu 100 % aus tierischen Exkrementen. Damit kann in Überschussgemeinden oder in Gemeinden, in die viele Wirtschaftsdünger transportiert werden, der gesamte N-Düngebedarf der Flächenklassen über Wirtschaftsdünger gedeckt werden kann, wenn nicht andere Nährstoffe bzw. die Ausbringungsgrenze der Düngeverordnung (DüV 2007) von  $170 \text{ kg N ha}^{-1}$  limitierend wirkt.

Szenario B: Begrenzung der N-Düngebedarfsdeckung aus tierischen Exkrementen auf maximal 70 % auf Acker. So wird auch in Überschussgemeinden eine kombinierte organische und mineralische Düngung erzwungen und im Vergleich zu ausschließlich organischer Düngung eine für Boden- und Grundwasserschutz entscheidende Erhöhung der N-Effizienz simuliert.

Max. N-Bedarfsdeckung aus tierischen Exkrementen	Max. $\text{P}_2\text{O}_5$ -Bedarfsdeckung aus tierischen Exkrementen
<ul style="list-style-type: none"> <li>Ermittlung N-Bedarf pro Flächenklasse (Sollwert in den BKR)</li> <li>N-Düngung unter Berücksichtigung von               <ul style="list-style-type: none"> <li>Frühjahrs-<math>\text{N}_{\text{min}}</math></li> <li>langjährig hohen Viehdichten: Abzug von <math>20 \text{ kg N ha}^{-1}</math> aus zusätzlicher Mineralisierung der organischen Bodensubstanz.</li> </ul> </li> <li>Deckung des so ermittelten Düngebedarfs durch tierische Exkremente               <ul style="list-style-type: none"> <li>auf Ackerland bis zu 100 % (Sz. A) bzw. bis zu 70 % (Sz. B),</li> <li>auf Grünland bis zu 100 % (Sz. A u. B),</li> <li>unter Einhaltung von § 4 DüV (2007) (Sz. A u. B).</li> </ul> </li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Ermittlung <math>\text{P}_2\text{O}_5</math>-Bedarf pro Flächenklasse (Sollwert nach Gehaltsklasse der Böden in den BKR)</li> <li>In Abhängigkeit von langjährigen Viehdichten Düngung nach Gehaltsklasse               <ul style="list-style-type: none"> <li>B (<math>\leq 0,5 \text{ GV ha}^{-1}</math>): erhöhte Düngung,</li> <li>C (<math>&gt; 0,5 \text{ bis } \leq 2,0 \text{ GV ha}^{-1}</math>): Erhaltungsdüngung,</li> <li>D (<math>&gt; 2,0 \text{ GV ha}^{-1}</math>): verringerte Düngung.</li> </ul> </li> <li>Deckung des so ermittelten Düngebedarfs durch tierische Exkremente               <ul style="list-style-type: none"> <li>auf Acker- und Grünland bis zu 100 % (Sz. A u. B).</li> </ul> </li> </ul>

**Abb. 1:** Ermittlung der maximalen Nährstoffbedarfsdeckung aus tierischen Exkrementen in Abhängigkeit von den Szenarioannahmen.

## ERGEBNISSE

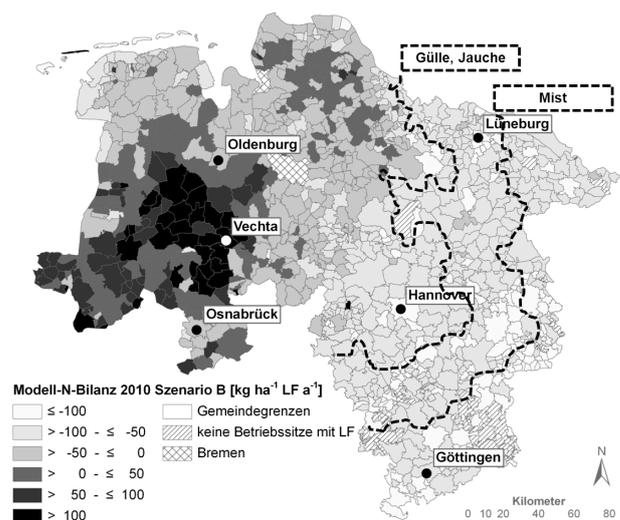
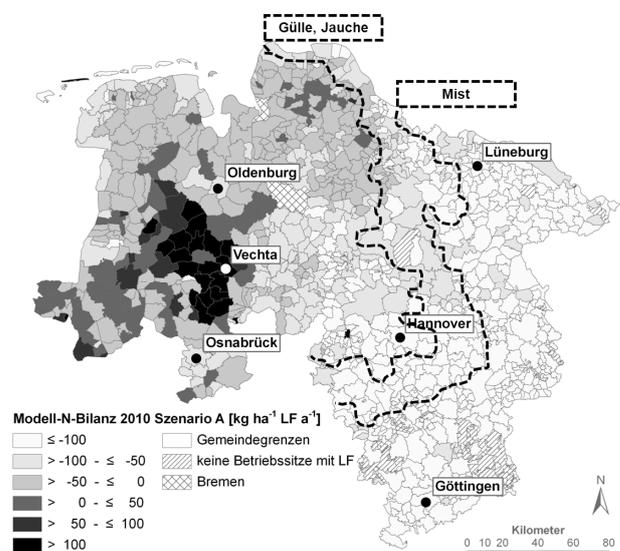
Aus dem ersten Schritt der Szenarioberechnung, der Analyse, ergeben sich hohe Modell-N- und Modell- $\text{P}_2\text{O}_5$ -Bilanz-Überschüsse im Westen (beispielhaft dargestellt für N in Abb. 2), während in Übereinstimmung mit den landwirtschaftlichen Strukturen Defizite im Osten herrschen. Im Osten muss ohne Wirtschaftsdüngerimporte aus dem Westen also der Düngebedarf der Kulturen über Mineraldünger gedeckt werden. Die N-Überschüsse aus tierischen Exkrementen sind in Szenario B analog zu den verschärften Ausbringungsbeschränkungen für Wirtschaftsdünger-N höher als in Szenario A.

Aus dem zweiten Schritt, der Transport- und Verteilungsoptimierung, ergibt sich:

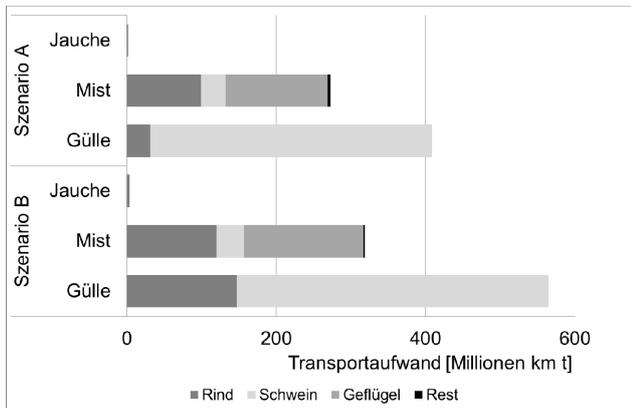
- Die dominante Transportrichtung ist Osten. Der Radius der Stoffströme um das Zent-

rum der Überschüsse ist in Szenario B weiter als in Szenario A (Abb. 2).

- Der Transportaufwand in Szenario B ist größer als in Szenario A, wobei der Gülleanteil überproportional größer ist als der Mistanteil. Der Anteil der besonders transportunwürdigen Schweinegülle ist am höchsten (Abb. 3).
- Die Transportmengen sind in Szenario B größer als in Szenario A. In beiden Szenarien werden in Mist mehr Nährstoffe transportiert als in Gülle – trotz geringerer Mist-Transportmengen und geringerem Mist-Transportaufwand (Tab. 1).



**Abb. 2:** Modell-N-Bilanzen (N-Anfall in tierischen Exkrementen abzüglich der maximalen Bedarfsdeckung aus Wirtschaftsdünger-N) in Szenario A und B und die sich aus der Optimierung ergebenden Linien der östlichsten Transporte für flüssige (Gülle, Jauche) und feste (Mist) Wirtschaftsdünger. Datenbasis Tierzahlen: LSKN (2008), TSK (2009), Datenbasis Flächennutzung: HOLLMANN-HESPOS (2010).



**Abb. 3:** Transportaufwand in den Szenarien A und B nach Wirtschaftsdüngerarten (Gülle, Mist, Jauche) und Tierartgruppen (Rinder, Schweine, Geflügel, Rest: Schafe, Pferde). Der Transportaufwand ergibt sich aus den über alle Gemeinden aufsummierten Distanzen, über die die Wirtschaftsdünger transportiert werden müssen, multipliziert mit ihrer Masse.

**Tab. 1:** Mengen der in Szenario A und B transportierten Wirtschaftsdüngerarten und die in ihnen enthaltenen Nährstoffe.

		Szenario A [t a <sup>-1</sup> ]	Szenario B [t a <sup>-1</sup> ]
Gülle	gesamt	6.920.177	8.658.602
	N	35.855	45.019
	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	20.201	23.679
	K <sub>2</sub> O	30.945	43.149
Mist	gesamt	3.535.488	3.624.710
	N	39.831	41.014
	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	30.721	31.090
	K <sub>2</sub> O	38.006	40.186
Jauche	gesamt	191.490	274.751
	N	599	890
	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	46	76
	K <sub>2</sub> O	1.867	2.581

## DISKUSSION UND SCHLUSSFOLGERUNGEN

In Niedersachsen fallen pro Jahr im Durchschnitt 98 kg ha<sup>-1</sup> LF Netto-N, 51 kg ha<sup>-1</sup> LF P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> und 118 kg ha<sup>-1</sup> LF K<sub>2</sub>O in tierischen Exkrementen an. Der landesweite mittlere Bedarf beträgt 202 kg ha<sup>-1</sup> LF N, 68 kg ha<sup>-1</sup> LF P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> und 150 kg ha<sup>-1</sup> LF K<sub>2</sub>O, somit ist die Nutzung der Nährstoffe innerhalb Niedersachsens möglich. Regional zeigen sich jedoch große Unterschiede insbesondere im Nährstoffanfall. Durch die hohe Verdichtung in Niedersachsens Westen ergeben sich schon in Szenario A unter relativ geringen Ausbringungsbegrenzungen für Wirtschaftsdüngernährstoffe hohe Überschüsse. Mit

dem verwendeten Modell können die zum Ausgleich der regionalen Unterschiede notwendigen Transportmengen und der Transportaufwand ermittelt werden. Beide waren in beiden Szenarien hoch, höher jedoch entsprechend der stärkeren Begrenzung der Ausbringung von Wirtschaftsdünger-N in Szenario B. Etwa 12 Mio. t Wirtschaftsdünger (29 % der in Niedersachsen anfallenden Gülle, 61 % des Mistes) müssen bei dieser auf N-Effizienz ausgerichteten Düngungsstrategie über Gemeindegrenzen hinweg transportiert werden. Der Transportaufwand in Szenario B liegt um 30 % höher als in Szenario A. Einen großen Anteil haben die in großen Mengen anfallenden transportwürdigen flüssigen Wirtschaftsdünger. Vor dem Hintergrund der Flächenkappheit für die Ausbringung wasserreicher Wirtschaftsdünger im Nahbereich um den Ort ihrer Entstehung sind Ansätze wie Gülle- und auch Gärrestaubbereitung zu diskutieren und unter Umständen neu zu bewerten (z.B. BURTON 2007; VAN DER STRAETEN 2010). HELMING und REINHARD (2009) schlussfolgern für die Niederlande, dass Transport und Aufbereitung von Wirtschaftsdüngern die wesentlichen Mechanismen zur Reduzierung der Nährstoffeinträge in Gewässer darstellen. In diesem Zusammenhang ist wichtig, dass auf Betrieben mit hohem Wirtschaftsdüngereinsatz der Wirtschaftsdünger-N besser ausgenutzt wird als auf Betrieben, die weniger Erfahrung mit Wirtschaftsdüngern haben (OSTERBURG und SCHMIDT 2008). Das große Potential der Verlustminimierung und Effizienzsteigerung von Wirtschaftsdüngernährstoffen ist unstrittig (OTTEN et al. 2011; SCHMIDT et al. 2007).

Die regionale Verteilung der Betriebe, die für das Jahr 2003 angaben, Wirtschaftsdünger abzugeben (7% der Betriebe Niedersachsens) bzw. aufzunehmen (6% der Betriebe), deckt sich mit den Ergebnissen zur Transportoptimierung: der Großteil der Betriebe liegt in der und rund um die Region mit dem höchsten Wirtschaftsdüngeraufkommen (OSTERBURG und SCHMIDT 2008). Für diese wurden auch die meisten Transporte simuliert. Daten über das tatsächliche Ausmaß der Wirtschaftsdüngertransporte sind nicht verfügbar. Ein Vergleich der Modellergebnisse mit Daten aus der im September 2010 in Kraft getretenen VERBRINGUNGSVER-

ORDNUNG (2010) wird zur aktuellen Bewertung der Situation und zur Planung einer optimierten Ausnutzung der Nährstoffe aus tierischen Exkrementen beitragen.

## LITERATUR

BIBERACHER, M., WARNECKE, S., BRAUCKMANN, H.-J., BROLL G. (2009): A linear optimisation model for animal farm manure transports in regions with high intensity animal farming. In: R.S. Anderssen, R.D. Braddock, L.T.H. Newham (Hrsg.): 18th World IMACS Congress and MODSIM09 International Congress on Modelling and Simulation, 470-476.

BURTON, C.H. (2007): The potential contribution of separation technologies to the management of livestock manure. In: *Livestock Science* 112, 208-216.

CORDELL, D., DRANGERT, J.-O., WHITE, S. (2009): The story of phosphorus: Global food security and food for thought. *Global Environmental Change* 19, 292-305.

DÜNGEVERORDNUNG (2007): Verordnung über die Anwendung von Düngemitteln, Bodenhilfsstoffen, Kultursubstraten und Pflanzenhilfsmitteln nach den Grundsätzen der guten fachlichen Praxis. Ausfertigungsdatum 10. Januar 2006 (BGBl. I S. 33). Düngeverordnung in der Fassung der Bekanntmachung vom 27. Februar 2007 (BGBl. I S. 221-240), zuletzt geändert durch Art. 18 G vom 31. Juli 2009 (BGBl. I S. 2585). Bonn.

HELMING, J., REINHARD, S. (2009): Modelling the economic consequences of the EU Water Framework Directive for Dutch agriculture. *Journal of Environmental Management* 91, 114-123.

HOLLMANN-HESPOS, T. (2010): Landnutzungsdaten Niedersachsens 2010 (InVeKoS). Schriftliche Mitteilung September 2010.

KLOHN, W., WINDHORST, H.-W. (2001): Das agrarische Intensivgebiet Südoldenburg – Entwicklung, Strukturen, Probleme, Perspektiven. VMG (H. 2), 3. Auflage, Vechta.

LEINWEBER, P., Geyer-Wedell, K., Jordan, E. (1993): Phosphorversorgung der Böden im agrarischen Intensivgebiet Südoldenburg. Vechta.

LSKN, LANDESBETRIEB FÜR STATISTIK UND KOMMUNIKATIONSTECHNOLOGIE NIEDERSACH-

SEN (2008): Agrarstrukturerhebung 2007. Viehhaltung. Hannover.

OTTEN, D., STYPEREK, P., ANNAS, E., VAN DEN WEGHE, H. F. A. (2011): Die Nachhaltigkeit der intensiven Nutztierhaltung in Hochverdichtungsräumen – ausgewählte Chancen und Risiken der Produktionsbedingungen für die Primärproduktion. In: Windhorst, H.-W., Veauthier, A. (Hrsg.) Nachhaltige Tierproduktion in agrarischen Intensivgebieten Niedersachsens. Weiße Reihe, Band 35, Vechta.

ROßBERG, D., MICHEL, V., GRAF, R., NEUKAMPF, R. (2007): Definition von Bodenklima-Räumen für die Bundesrepublik Deutschland. In: Nachrichtendienst des Deutschen Pflanzenschutzdienstes 59 (7). Stuttgart, 155-161.

SCHMIDT, T.G., RUNGE, T., SEIDEL, K., OSTERBURG, B. (2007): Bewertung der ökologischen Wirksamkeit und Eignung von technisch-organisatorischen Wasserschutzmaßnahmen in der Landwirtschaft. In: Osterburg, B., T. Runge (Hrsg.): Maßnahmen zur Reduzierung von Stickstoffeinträgen in Gewässer – eine wasserschutzorientierte Landwirtschaft zur Umsetzung der Wasserrahmenrichtlinie. In: *Landbauforschung Völkenrode, Sonderheft 307*. Braunschweig.

TSK, NIEDERSÄCHSISCHE TIERSEUCHENKASSE (2009): Anzahl der Nutztiere in Niedersachsen auf Kreisebene. Unveröffentlicht, schriftliche Mitteilung Dezember 2009.

VAN DER STRAETEN, B., BUYSSE, J., NOLTE, S., LAUWERS, L., CLAEYS, D., VAN HUYLENBROECK, G. (2010): A multi-agent simulation model for spatial optimisation of manure allocation. *Journal of Environmental Planning and Management* 53 (8), 1011-1030.

VERBRINGUNGSVERORDNUNG (2010): Verordnung über das Inverkehrbringen und Befördern von Wirtschaftsdünger vom 21. Juli 2010 (BGBl. I S. 1062-1063). Bonn.

WARNECKE, S., BIBERACHER, M., BRAUCKMANN, H.-J. UND BROLL, G. (2011): Nachhaltige Verwertung von Nebenprodukten aus der Erzeugung tierischer Nahrungsmittel durch Initiierung eines regionalen Stoffstrommanagements. In: Windhorst, H.-W., Veauthier, A. (Hrsg.) Nachhaltige Tierproduktion in agrarischen Intensivgebieten Niedersachsens. Weiße Reihe, Band 35, Vechta.