

Tagungsbeitrag zu:

Jahrestagung der DBG, Kommission IV

Titel der Tagung:

Böden –

Lebensgrundlage und Verantwortung

Veranstalter:

DBG

Termin und Ort der Tagung:

September 2013, Rostock

Berichte der DBG (nicht begutachtete online Publikation)<http://www.dbges.de/>**Strategien zur Verbesserung der Nährstoffsituation in den stadtnahen Randgebieten Beijings mit Intensiv-Tierhaltung**Marco Roelcke¹, Lisa Heimann¹, Yong Hou², Wenqi Ma², Rolf Nieder¹**Zusammenfassung**

In den Jahren 2009 bis 2011 wurden auf 26 landwirtschaftlichen Schlägen in den Bezirken Shunyi und Huairou der Stadt Beijing die Gehalte an organischem Kohlenstoff (C_{org}), Gesamtstickstoff (N_{tot}), mineralischem N (N_{min} , = NO_3^- -N + NH_4^+ -N), verfügbarem Phosphor (P), verfügbarem Kalium (K), Gesamtschwefel (S_{tot}), Sulfat (SO_4^{2-}), $CaCO_3$ sowie die pH-Werte bestimmt und mit Bodengehalten von 1981 verglichen. Auf Basis der Befragungen von Landwirten wurden schlagbasierte Nährstoffbilanzen erstellt. Schließlich wurden für die fünf Haupt-Anbausysteme aktualisierte Düngeempfehlungen ausgearbeitet.

Schlüsselworte

Boden-Screening, Haushaltsbefragungen, Nährstoffbilanzen, Düngeempfehlungen, China

Einleitung

Die Intensivierung der Landwirtschaft in China mit einhergehender Trennung von Tierhaltung und Pflanzenbau führt seit ge-

raumer Zeit zu massiven Umweltproblemen, insbesondere in stadtnahen Randgebieten. So betragen die Viehbesatzdichten im Bezirk Shunyi der Stadt Beijing durchschnittlich 11 GVE ha^{-1} (Heimann, 2013). Doppel- und Mehrfachfruchtfolgen sind vorherrschend. Es werden sehr hohe Mengen organischer Reststoffe (im Mittel $33 \pm 62 \text{ t TM ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$; $n=26$) und gleichzeitig überhöhte Mengen an Mineraldüngern von bis zu 306 kg N , 86 kg P und $29 \text{ kg K ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$ ausgebracht (Heimann, 2013). Gleichzeitig betragen die atmosphärischen N-Depositionen 60 bis $70 \text{ kg N ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$ (Liu et al., 2006; Shen et al., 2009). Dies führt zu einer drastischen Überversorgung der landwirtschaftlichen Flächen.

Ziele

Die aktuellen Nährstoffgehalte der Böden wurden bestimmt und mit den Bodengehalten von 1981 (2. nationale chinesische Bodenkartierung) verglichen. Hierauf aufbauend wurden aktualisierte Düngeempfehlungen ausgearbeitet.

Material und Methoden

Die Bezirke Shunyi und Huairou im NO stadtnahen Randgebiet von Beijing gehören geographisch und klimatisch zur Nordchinesischen Tiefebene (NCP). Die vorherrschenden Anbausysteme sind neben der traditionellen Winterweizen (WW)-Sommermais (SM)-Doppelfruchtfolge, Chinakohl-Frühjahrsmais-Doppelfruchtfolgen, Obstplantagen, Feldgemüsebau und Pappel-Kurzumtriebsplantagen.

Zur Bestimmung des Ist-Zustands der Böden hinsichtlich Nährstoffgehalten wurde ein Boden-Screening auf 19 Schlägen im Bezirk Shunyi (ca. $40^\circ 07' \text{ N}$, $116^\circ 39' \text{ O}$) und 7 Schlägen im Bezirk Huairou (ca. $40^\circ 18' \text{ N}$, $116^\circ 14' \text{ O}$), unter den o.g. fünf Anbausystemen, durchgeführt. Die untersuchten Bodentypen sind als "chong ji wu chao tu" 冲积物潮土 (fluvo-aquic soil on alluvial deposits) und "chong ji wu he chao tu" 冲积物褐潮土 (cinnamon fluvo-aquic soil on alluvial deposits) klassifiziert (2. nationale chinesische Bodenkartierung, 1981). Nach dem World Reference Base (WRB) System lassen sich "chao tu" und

¹ Institut für Geoökologie, TU Braunschweig, 38106 Braunschweig, Germany m.roelcke@tu-bs.de

² College of Resources and Environmental Sciences, Agricultural University of Hebei. Baoding 071000, P.R. China

“he chao tu” als Eutric Cambisols beschreiben. Es handelt sich um Böden auf alluvialen Ablagerungen, mit reliktschen hydromorphen Eigenschaften.

Im Zeitraum 2009 bis 2011 wurden über sechs aufeinanderfolgende Vegetationsperioden Böden der 26 ausgewählten Schläge in 0 bis 200 cm Tiefe unterteilt in 6 Tiefenabschnitte beprobt und folgende bodenchemischen Parameter analysiert: C_{org} , N_{tot} , N_{min} , verfügbares P, verfügbares K, S_{tot} und SO_4^{2-} , pH (H_2O) und $CaCO_3$ (Heimann, 2013). Zusätzlich erfolgten Befragungen von Landwirten und Kalkulationen von schlagbasierten Nährstoffbilanzen. Daraus wurden aktualisierte Düngeempfehlungen nach Nährstoffbilanzen, Ertragsniveau, optimalen Bodennährstoffgehalten sowie für verschiedene Arten organischer Reststoffe ausgearbeitet.

Ergebnisse

Die Boden-pH-Werte betragen $7,7 \pm 0,5$ in 0-20 cm und $8,2-8,3$ in 90-200 cm. Die mittleren $CaCO_3$ -Gehalte waren $0,8 \pm 0,7\%$ in 0-20 cm und $3,3-5,0\%$ in 90-200 cm (Heimann, 2013). Dies deutet auf eine fortschreitende Entkalkung im Oberboden hin.

Die jährlichen Ausbringungsmengen an N, P und K aus mineralischen und organischen Quellen in den fünf untersuchten Anbausystemen sind in Abb. 1a, 2a und 3a dargestellt. Aus diesen sehr hohen Zufuhren resultierte eine extreme Überversorgung der Böden, insbesondere an N_{min} in 2009-2011 (Abb. 1b). Verfügbares P und K waren im März 2009, außer in den WW-SM-Doppelfruchtfolgen und Pappelplantagen, ebenfalls im Überschuss vorhanden (Abb. 2b und 3b).

Im Jahre 1981 waren im Distrikt Shunyi fast ausschließlich Getreidefruchtfolgen (WW-SM) vorherrschend. Im Vergleich mit 1981 ergab sich 2009 in den Böden der untersuchten Schläge von Shunyi bei allen Fruchtfolgen eine signifikante Zunahme der Gehalte an C_{org} (im Mittel von 0.71% auf 0.95%), N_{tot} sowie an verfügbarem P und K (Tabellen 1-3). Nur die WW-SM-Flächen zeigten eine geringe Abnahme des mittleren Gehalts an verfügbarem K.

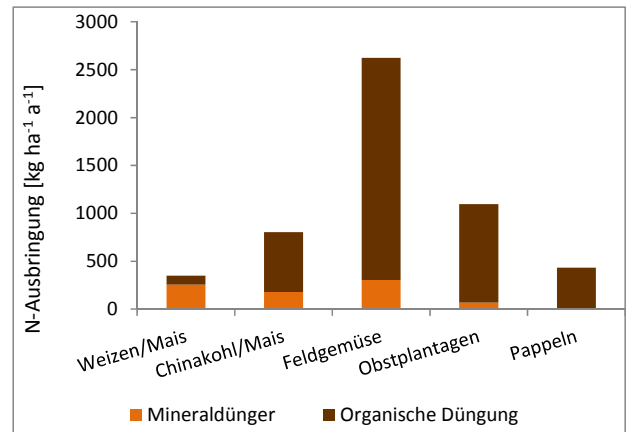


Abb. 1a: Jährliche N-Ausbringungsmengen aus organischen und mineralischen Quellen (Jahr 2008/09) in den 5 Anbausystemen.

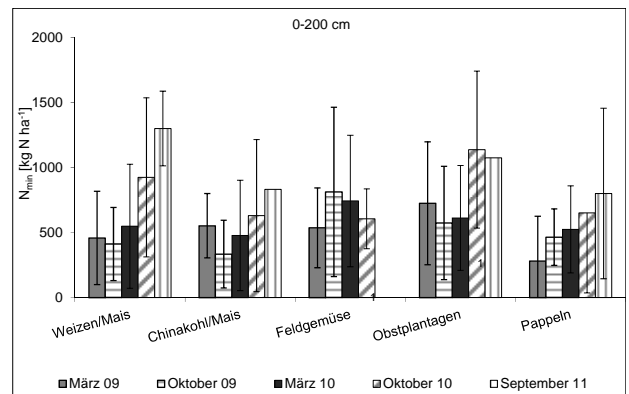


Abb. 1b: Boden- N_{min} -Gehalte in 0-200 cm auf den Untersuchungsschlägen, gemittelt nach den 5 Anbausystemen, zu 5 Zeitpunkten zwischen März 2009 und September 2011.

Tabelle 1: Gehalte an Gesamt-N in Oberböden der untersuchten Schläge in Shunyi 1981 (2. nationale chinesische Bodenkartierung) und 2009.

N_{tot} [%] 0-20 cm	1981	2009
Weizen-Mais	0.07 - 0.1	0.13 ± 0.02
Chinakohl-Mais	keine Angaben	0.14 ± 0.01
Feldgemüse	keine Angaben	0.14 ± 0.05
Obstplantagen	keine Angaben	0.13 ± 0.02
Pappeln	keine Angaben	0.12

Aus der Befragung der Landwirte in einer Parallelstudie (2009 bis 2010) ergaben sich sehr hohe N-Bilanzüberschüsse für drei typische Anbausysteme im Distrikt Shunyi. Der höchste mittlere jährliche N-Überschuss wurde im Feldgemüsebau ermittelt ($1,575 \text{ kg N ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$, $n=21$), gefolgt von Getreide (WW-SM) ($531 \text{ kg N ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$, $n=21$) und Obstplantagen ($519 \text{ kg N ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$, $n=23$) (Hou et al., 2012). Die entsprechenden jährlichen P-Bilanzüberschüsse betragen $492 \text{ kg P ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$ für Feldgemüse, $83 \text{ kg P ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$ für Getreide und $130 \text{ kg P ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$ für Obstplantagen (Hou et al., 2011).

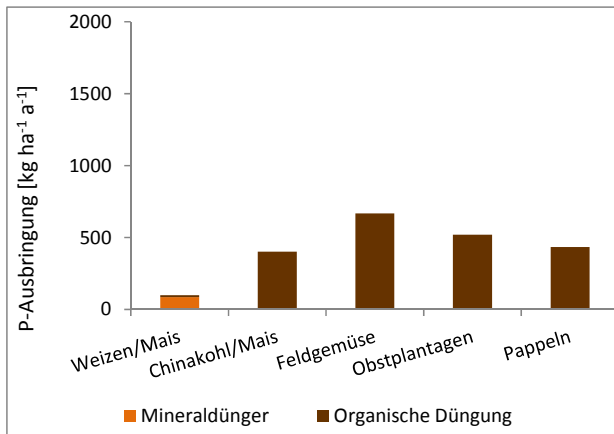


Abb. 2a: Jährliche Ausbringungsmengen an Phosphor aus organischen und mineralischen Quellen (Jahr 2008/09) in den 5 Anbausystemen.

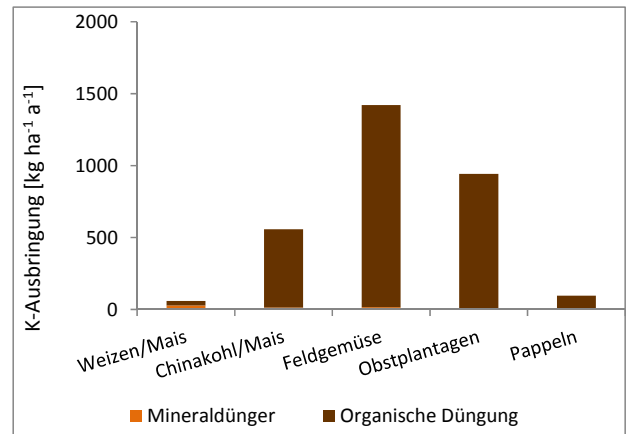


Abb. 3a: Jährliche Ausbringungsmengen an Kalium aus organischen und mineralischen Quellen (Jahr 2008/09) in den 5 Anbausystemen.

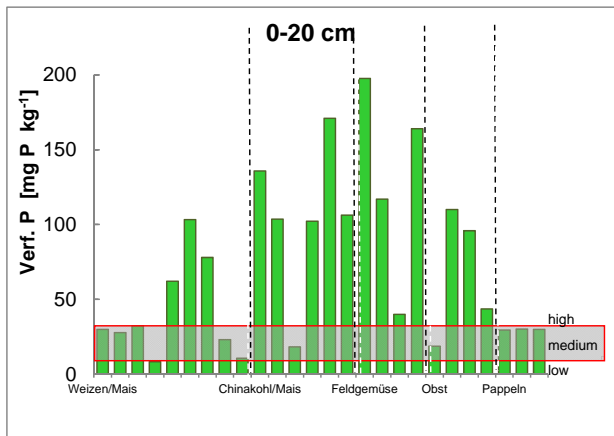


Abb. 2b: Gehalte an pflanzenverfügbarem P (Olsen-P) in 0-20 cm auf 26 Untersuchungsschlägen mit 5 Anbausystemen im März 2009. Einstufung in Gehaltsklassen nach Sun et al. (2009).

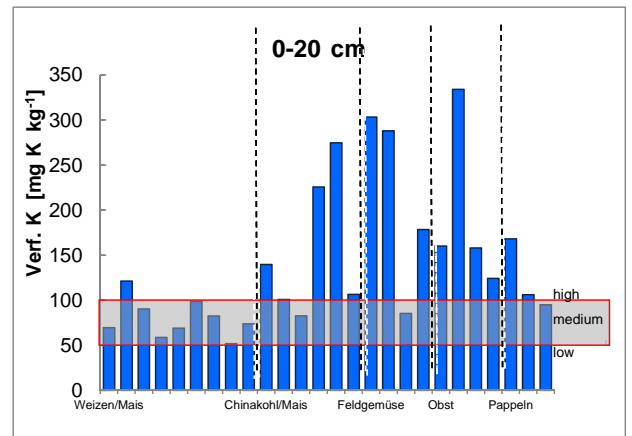


Abb. 3b: Gehalte an pflanzenverfügbarem K (NH₄Oac-K) in 0-20 cm auf 26 Untersuchungsschlägen mit 5 Anbausystemen im März 2009. Gehaltsklassen nach Sun et al. (2009).

Tabelle 2: Gehalte an pflanzenverfügbarem P (Olsen-P) in Oberböden der untersuchten Schläge in Shunyi 1981 (2. nationale chinesische Bodenkartierung) und 2009.

Verfügbares P [mg kg ⁻¹]	1981	2009
Weizen-Mais	2-13	37 ± 31
Chinakohl-Mais	keine Angaben	115 ± 18
Feldgemüse	keine Angaben	118 ± 79
Obstplantagen	keine Angaben	75 ± 49
Pappeln	keine Angaben	30

Tabelle 3: Gehalte an pflanzenverfügbarem K (NH₄Oac-K) in Oberböden der untersuchten Schläge in Shunyi 1981 (2. nationale chinesische Bodenkartierung) und 2009.

Verfügbares K [mg kg ⁻¹]	1981	2009
Weizen-Mais	83-125	79 ± 23
Chinakohl-Mais	keine Angaben	116 ± 21
Feldgemüse	keine Angaben	226 ± 122
Obstplantagen	keine Angaben	217 ± 101
Pappeln	keine Angaben	137

Tabelle 4: Nährstoffaufnahme und verbleibender Nährstoffbedarf der Hauptfrüchte in den 5 untersuchten Anbausystemen, berechnet nach Pflanzenbedarf (Ertragsniveau), OBS-Gehalten sowie aktuellen Bodengehalten an verfügbaren Pflanzennährstoffen (N_{min}, verf. P und K) nach Zhang et al. (2009); (N-Werte in Klammern: abzüglich atmosphärischer N-Deposition, 64 kg N ha⁻¹ a⁻¹) (Heimann, 2013; modifiziert).

Fruchtart	Nährstoffaufnahme [kg ha ⁻¹ Frucht ⁻¹]			N-Grunddüngung [kg N ha ⁻¹ Frucht ⁻¹]	N-Kopfdüngung [kg N ha ⁻¹ Frucht ⁻¹]	P [kg P ha ⁻¹ Frucht ⁻¹]	K [kg K ha ⁻¹ Frucht ⁻¹]
	N	P	K				
Winterweizen	145	20	97	28 (1)	43 (27)	18	42
Sommermais	193	36	166	19 (8)	44 (33)	11	54
Chinakohl	185	25	249	64 (53)	165 (154)	0	332
Frühjahrsmais (glutinous maize)	161	27	123	8 (0)	32 (27)	2	31
Feldgemüse	195	207	135	48 (37)	150 (139)	0	212
Obstplantagen [a⁻¹]	113	34	133	71 (7)	0 (0)	12	81
Pappeln [a⁻¹]	92	15	87	0 (0)	0 (0)	0	0

Düngeempfehlungen

Tabelle 4 zeigt beispielhaft die Herleitung aktualisierter Düngeempfehlungen nach Pflanzenbedarf (Ertragsniveau), Gehalten an organischer Bodensubstanz (OBS), aktuellen Bodengehalten an N_{\min} sowie verfügbarem P und K nach Zhang et al. (2009). Darüber hinaus wurde die atmosphärische N-Deposition im Raum Beijing berücksichtigt. Alternativ könnte in den ersten 4 Jahren zur Abreicherung der sehr hohen N_{\min} -Gehalte nach halbem N-Entzug gedüngt werden, was zu ähnlichen Düngeempfehlungen führen würde. Phosphor und K zu WW-SM könnten ebenfalls nach halbem Entzug gedüngt werden, anschließend wären neue Bodenanalysen erforderlich. Mineraldünger-Äquivalente organischer Dünger sollten auf P-Basis berechnet und eine N-Verfügbarkeit von 70%, bei P und K von 100% angesetzt werden.

Es ist vor allem eine starke Reduzierung der N-Düngung (mineralisch und organisch) notwendig. Diese sollte streng nach Pflanzenbedarf sowie nach der N_{\min} -Methode erfolgen und die N-Deposition miteinbeziehen. Stehen im Getreidebau Wirtschaftsdünger zur Verfügung, sollten diese zur Grunddüngung verwendet werden. Mineralisches N sollte nur als Kopfdünger zu Getreide, Chinakohl und Feldgemüse appliziert werden.

Es sollten optimale verfügbare P- (10-30 mg kg⁻¹ Olsen-P) und K- (50-100 mg kg⁻¹) Gehalte angestrebt werden. P und K aus Wirtschaftsdüngern sind meistens ausreichend, allerdings muss die überschüssige Anwendung von Wirtschaftsdüngern zu Marktfrüchten vermieden werden. Zu Getreide sollte eine mineralische P- und K-Düngung nur erfolgen, wenn keine Wirtschaftsdünger erhältlich sind.

Zusammenfassung

Zur Erhaltung der OBS sollte die Nährstoffzufuhr bevorzugt aus organischen Quellen erfolgen. Durch Separierung von festen und flüssigen Exkrementen in der Tierhaltung und Kompostierung der Feststoffe lassen sich organische Düngemittel produzieren (in Beijing subventioniert).

Dies ermöglicht die Ausschleusung von Nährstoffen aus den stadtnahen Randgebieten in Gebiete mit niedrigen OBS-Gehalten und weniger Viehhaltung. Jedoch besteht hier ein Zielkonflikt mit der Förderung der Biogasproduktion zur Energiegewinnung in China, welche höhere Gehalte an organischer TS im Substrat benötigt und nachfolgend Probleme bei der Verwendung der nährstoffreichen flüssigen Gärreste mit sich bringen kann.

Falls sich der pH-Abfall im Oberboden fortsetzt, besteht das Risiko einer Mobilisierung von Schwermetallen, insbes. in Verbindung mit hohen Stallmistgaben. Langfristig könnte daher eine Erhaltungskalkung erforderlich werden. Zur nachhaltigen Lösung der Umweltprobleme ist eine Reduzierung der Viehbesatzdichten von 11 GV ha⁻¹ auf 3-4 GV ha⁻¹ a⁻¹ (2 GV ha⁻¹ pro Frucht) unabdingbar.

Danksagungen

Untersuchungen gefördert durch BMBF (FKZ: 0330847B) und Chinese MOST (grant no. 2009DFA32710) im Rahmen des Verbundprojektes: „Recycling organischer Reststoffe aus der Landwirtschaft und dem städtischen Bereich in China“, sowie DAAD (Projektkennziffer 50117102).

Literatur

- Heimann, L. (2013): Optimization of nutrient and carbon management of agricultural land in the peri-urban region of Beijing with intensive animal husbandry. Dissertation. Technische Universität Braunschweig, 145 S.
- Hou, Y., Gao, Z.L., Ma, W.Q. (2011): Evaluation on the phosphorus balance in the production systems of main crops in the suburb of Beijing — Case in Shunyi District. *Journal of Anhui Agricultural Sciences* 39: 14693-14695 (*in Chinese with English abstract*)
- Hou, Y., Gao, Z., Heimann, L., Roelcke, M., Ma, W., Nieder, R. (2012): Nitrogen balances of smallholder farms in major cropping systems in a peri-urban area of Beijing, China. *Nutrient Cycling in Agroecosystems* 92, 347–361
- Liu, X. Ju, X., Zhang, Y., He, C., Kopsch, J., Zhang, F.S. (2006): Nitrogen deposition in agroecosystems in the Beijing area. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 113, p. 370–377
- Second Chinese National Soil Survey (1981): Shunyi District Agricultural Science Institute, Soil Fertility Division (*in Chinese*).
- Shen, J.L., Tang, A.H., Liu, X.J., Fangmeier, A., Goulding, K.T.W., Zhang, F.S. (2009) High concentrations and dry deposition of reactive nitrogen species at two sites in the North China Plain. *Environ Pollut* 157: 3106–3113
- Sun, Y.X., Guo, Y.S., Yu, S.Z., Jiang, Q.G., Cheng, L.L., Cui, Z.L., Chen, X.P., Jiang, R.F., Zhang, F.S. (2009): Establishing phosphorus and potassium fertilization recommendation index based on the '3414' field experiments. *Plant Nutrition and Fertilizer Science* 15: 197–203 (*in Chinese*).
- Zhang, F.S., Chen, X.P., Chen, Q. (2009): The guide of fertilization for major crops in China. In: China Agricultural University Press, Beijing (*in Chinese*), 164 pp.