

Ermittlung des atmogenen N-Eintrages aus N-Bilanzen von Dauerfeldversuchen und dessen Validierung durch direkte Messungen mit dem ITNI-System am Beispiel des Standortes Bad Lauchstädt

Weigel, A.¹⁾; Russow, R.²⁾; Körschens, M.²⁾; Schaecke, W.²⁾

1) Landesamt für Umweltschutz Sachsen-Anhalt, Reideburger Str. 47, 06116 Halle,

2) Umweltforschungszentrum Leipzig-Halle GmbH, Sektion Bodenforschung,

Theodor-Lieser-Str. 4, 06120 Halle

1. Einleitung

Landwirtschaft, Industrie und Verkehr setzen beträchtliche Mengen an Ammoniak und Stickoxiden in die Atmosphäre frei. Das emittierte NH_3 und NO_x wird überwiegend bereits nach Stunden bis Tagen als atmogener N-Eintrag wieder auf die Erdoberfläche deponiert. Über die Höhe dieses atmogenen Stickstoff-Inputs pro Flächeneinheit und dessen Verteilung herrscht noch große Unsicherheit. Vielfach wird nur der mineralische Stickstoff der Bulk-Deposition (nasse + trockene Deposition) gemessen und Werte von rd. 20 - 30 kg N/ha und Jahr angegeben. Der Anteil organischer N-Verbindungen, die gasförmige Deposition, und die Direktaufnahme von Stickstoff durch oberirdische Pflanzenteile bleiben dabei unberücksichtigt.

Vorgestellt werden 2 Wege, diesen atmogenen Gesamt-N-Input zu bestimmen:

1. indirekt: auf der Basis von Stickstoffbilanzen der Parzellen ohne N-Düngung aus Dauerfeldversuchen
2. direkt: mit einem neu entwickelten ^{15}N gestützten Messsystem, mit welchem die Stickstoff - Gesamt - Deposition in ein Boden - Pflanze System ermittelt werden kann.

2. Ergebnisse

2.1. Indirekte Quantifizierung der atmogenen N-Gesamtdeposition

Dauerdüngungsversuche erlauben die Ableitung von Stoffbilanzen durch Gegenüberstellung von Input in Form von Dünger und Output in Form der Ernteprodukte. Grundlage dafür ist, dass der C_t - und N_t -Gehalt im Boden sich in einem Fließgleichgewicht befinden oder Veränderungen durch langjährige Messreihen sehr gut dokumentiert und quantifiziert sind. Da die N-Nachlieferung aus dem Boden genau quantifiziert und berücksichtigt werden kann, können die N-Entzüge durch die Pflanzen von den ungedüngten Parzellen als Maß für den atmogenen Stickstoffeintrag verwendet werden.

Vom Statischen Düngungsversuch Bad Lauchstädt, welcher 1902 auf Lössschwarzerde angelegt wurde, belegen langjährige Messreihen des C und N-Gehaltes im Boden, dass sich die einzelnen Düngungsvarianten im Fließgleichgewicht befinden. Abb. 1 zeigt die N-Entzüge von der Nullparzelle über einen Zeitraum von 32 Jahren. Dargestellt sind jeweils 4jährige Mittelwerte, die einer Rotation der Fruchtfolge Zuckerrüben - Sommergerste-Kartoffeln-Winterweizen entsprechen. Von der seit nunmehr 97 Jahren ungedüngten Parzelle wurden im Durchschnitt der letzten 32 Jahre rd. 50 kg N/ha und Jahr entzogen. Die höchsten Werte mit fast 75 kg/ha wurden Anfang der 80iger Jahre ermittelt. Es besteht sicherlich ein Zusammenhang mit den im Zuge der zunehmenden Intensivierung der Landwirtschaft sehr hohen Düngermengen dieser Jahre. Ob die mit Beginn der 90iger Jahre einsetzende Abnahme schon einen Rückgang der N-Deposition anzeigt, kann nicht zweifelsfrei behauptet werden, da bis 1994 aufgrund sehr trockener Witterungsbedingungen die Erträge und damit die Nährstoffentzüge vergleichsweise niedrig waren. Auch Ergebnisse anderer europäischer Dauerversuche bestätigen die Größenordnung von rd. 50 kg N/ha und Jahr. So wurden

in den Dauerversuchen in Askov (Dänemark) 46 kg/ha und Jahr (Christensen, 1989), in Prag-Ruzyne 61 kg/ha und Jahr (Klir et al., 1995) und in Rothamsted 43 kg/ha und Jahr (Körschens et al., 1998) ermittelt.

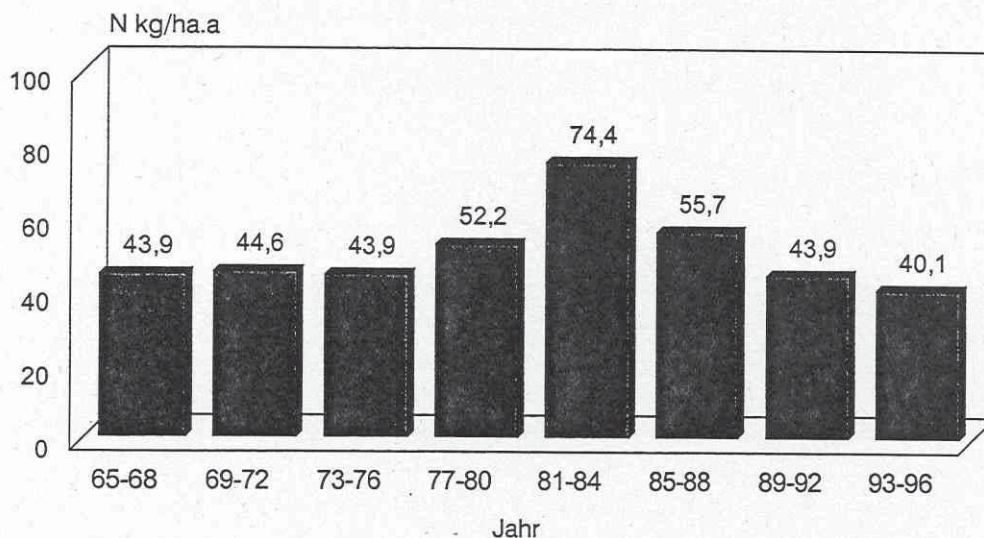


Abb. 1: N - Entzug von der Nullvariante des Statischen Düngungsversuches Bad Lauchstädt (4jährige Mittelwerte einer Fruchtfolge)

2.2. Direkte Messungen der atmosphären N-Deposition

Die bilanzierte Größenordnung wurde bisher durch direkte Messungen nicht bestätigt, da meist nur ein Teil der Gesamtdosition, nämlich der mineralische Stickstoff der Bulkdeposition bestimmt wurde. Mit der neu konzipierten ITNI (Integral-Total-Nitrogen-Input) - Messanlage wird der atmosphäre N-Eintrag in ein Boden - Pflanze System ermittelt und somit die Pflanze in die Messungen einbezogen. Erste Messungen von MEHLERT et al., 1996 und RUSSOW et al., 1997 ergaben für den Standort Bad Lauchstädt Werte zwischen 65 - 70 kg ha und Jahr, das sind ca. 40 % mehr als am gleichen Standort mit den Bulksammlern ermittelt worden ist. Dieser Anteil ist der gasförmigen Deposition und der Direktaufnahme durch die Pflanze zuzurechnen.

Methodische Grundlage der Meßanlage bildet das Isotopenverdünnungsprinzip. Die Pflanzen werden auf stickstofffreiem Quarzsand kultiviert und über eine ^{15}N markierte Nährlösung versorgt. Nach der Ernte wird die ^{15}N Häufigkeit in den Fraktionen Pflanze, Sand, Nährlösung bestimmt. Anhand der Verdünnung des Tracers kann dann der zusätzlich ins System eingetragene atmosphäre Stickstoff berechnet werden.

Zielstellung der 1998 durchgeführten Versuche war die Validierung der Messergebnisse am Standort Bad Lauchstädt unter Einbeziehung eines weiteren Standortes. Am Standort Bad Lauchstädt wurden für die Erfassung eines kompletten Jahresgangs 4 Messperioden (Winterroggen, Sommergerste, Mais, Grünkohl) durchgeführt. Eine weitere Messanlage (Sommergerste) wurde in Etzdorf eingerichtet. Dieser Standort, der sich ca. 10 km nordwestlich von Bad Lauchstädt befindet, wurde gewählt, weil ähnliche Witterungsbedingungen vorliegen aber die Entfernung zum Emittenten - Industriegebiet Buna-Leuna größer ist, denn häufig werden die hohen Depositionswerte am Standort Bad Lauchstädt der Emittentennähe zugeschrieben.

In einem parallelen Gefäßversuchsexperiment analoger Methodik, wurde außerdem untersucht, ob in Abhängigkeit von bestimmten Pflanzeigenschaften (Blattfläche, Stickstoffbedarf) Unterschiede bezüglich der Größenordnung der gemessenen Depositionen zu erwarten sind. Folgende Pflanzenarten wurden für den Gefäßversuch ausgewählt: Sommergerste (Referenzpflanze), Mais, Sonnenblume, Raps und Zuckerrübe.

Tabl. Ergebnisse der Messungen der atmogenen N-Deposition mit dem ITNI-System und im Gefäßversuch, 1998

ITNI-Feldmessung				Gefäßversuch		
Standort	Fruchtart	mg N/Tag und Gefäß	SD	Fruchtart	mg N/Tag und Gefäß	SD
BL	Winterroggen	0,41	0,08	Sommerraps	0,63	0,08
BL	Sommergerste	0,93	0,11	Sommergerste	1,17	0,08
ETZ	Sommergerste	1,06	0,21	Sommergerste	0,81	0,11
BL	Mais	1,45	0,28	Sonnenblume	1,17	0,21
BL	Grünkohl	0,60	0,06	Mais	1,37	0,28
				Zuckerrübe	0,71	0,09
				Grünkohl	0,49	0,08
BL	Hochrechnung für 1 Jahr	65,1 kg/ha		Hochrechnung für 1 Jahr	59,5 kg/ha	

BL - Bad Lauchstädt, ETZ – Etzdorf

Tab. 1 enthält die Ergebnisse der Messungen mit dem ITNI-System an den Standorten Bad Lauchstädt und Etzdorf und die Ergebnisse des Gefäßversuches, dargestellt als Netto-N-Aufnahme pro Tag und Gefäß. An beiden Standorten wurde der Sommergerste - Versuch zeitgleich durchgeführt. Ein Vergleich der Ergebnisse ergibt für Etzdorf, welches in größerer Entfernung vom Emittenten Buna/Leuna liegt, sogar einen höheren Wert.

Eine Betrachtung der täglichen Netto - Aufnahme pro Gefäß für die am Standort Bad Lauchstädt durchgeführten Versuche ergibt die höchsten Werte für Mais und die niedrigsten für Roggen. Hier ist eine enge Beziehung zur Niederschlagshöhe offensichtlich. Schon in früheren Versuchen waren in Korrelation zu den höheren Sommerniederschlägen die höchsten Stickstoffeinträge im Sommer ermittelt worden. Der für den Standort Bad Lauchstädt ermittelte Wert von 65,1 kg/ha stimmt sehr gut mit den Ergebnissen früherer Messungen überein.

Die höchste Netto-N-Aufnahmerate pro Tag und Gefäß im Gefäßversuch weist wiederum der Mais auf, gefolgt von der Sonnenblume. Dies könnte auf den hohen Blattflächenindex dieser Kulturen zurückzuführen sein und lässt vermuten, dass bei diesen Kulturen der Anteil der direkten Aufnahme des atmogenen Stickstoffs durch die Pflanze noch höher ist als bei Getreide. Die Sommergerste weist zu den ITNI-Messungen im Feld vergleichbare Werte auf. Niedriger als erwartet liegen die Tagesdepositionsraten für Zuckerrüben und Sommerraps. Hier waren aufgrund des relativ hohen Stickstoffbedarfs dieser Pflanzen höhere Werte erwartet worden.

Die Hochrechnung auf ein Jahr anhand der für die einzelnen Fruchtarten berechneten monatlichen Depositionswerte ergibt für den Gefäßversuch 59,5 kg/ha.

3. Zusammenfassung

Die Ableitung der atmogenen Stickstoffdeposition aus Stickstoffbilanzen des Statischen Düngungsversuches in Bad Lauchstädt ergaben Werte von mehr als 50 kg/ha und Jahr. Diese Größenordnung wird durch andere Dauerfeldversuche in Deutschland und Europa bestätigt.

Mit dem neu entwickelten, ¹⁵N gestützten ITNI-Messsystem kann der atmogene Gesamt-N-Input in ein Boden - Pflanze System direkt bestimmt werden. Für den Standort Bad Lauchstädt wurde 1998 analog zu den Ergebnissen aus den Vorjahren (Mehlert et al., 1996; Russow et al., 1997) eine Gesamt - Deposition von 65 kg/ha und Jahr atmogenes N gemessen, die damit noch über den bilanzierten Werten liegt. Für landwirtschaftliche Flächen muß dieser Input bei der Bemessung der Düngergaben berücksichtigt werden. Durch Einbeziehung der atmogenen Gesamt-N-Deposition in die Düngungsempfehlung kann langfristig ein Rückgang der N-Austräge und damit rückgekoppelt auch der N-Depositionen erreicht werden, was für den Schutz naturnaher Ökosysteme unabdingbar ist.

Literatur

CHRISTENSEN, P. T.

Askov 1894 - 1989. Research on Animal Manure and Mineral Fertilizers. Proceedings of the Sanborn Field Centennial, Papers presented June 27, 1989 at Jesse Wrench Auditorium University of Missouri-Columbia SR- 415(1989), S. 28-48

KLIR, J.; KUBAT, J.;POVA, D.

Stickstoffbilanzen der Dauerfeldversuche in Prag. Mitteilungen der Deutschen Bodenkundlichen Gesellschaft, 67 (1995), S. 831-834

KÖRSCHENS,M.; WEIGEL,A.; SCHULZ, E.

Turnover of Soil Organic Matter (SOM) and Long-Term Balances – Tools for Evaluating Sustainable Productivity of Soils. Z. Pflanzenernähr. Bodenk., 161 (1998), S. 409-424

MEHLERT, S.

Untersuchungen zur atmosphärischen Stickstoffdeposition und zur Nitratverlagerung. Dissertation 1996, UFZ-Bericht 22/1996

MEHLERT, S.; SCHMIDT, G.; RUSSOW, R.

Measuring of the Integral Airborne Nitrogen-Input into a soil-plant system by the ¹⁵N-Isotope dilution method. Isotopes Environ. Health Stud. 1995, Vol. 31, S. 377-383

RUSSOW, R.; MEHLERT, S.; SCHULZ, E.; KÖRSCHENS, M.

Untersuchungen zur atmosphärischen N-Deposition im Mitteldeutschen Trockengebiet. VDLUFA-Schriftenreihe 46/1997, S. 695-698



INTERNATIONALES SYMPOSIUM

Dauerdüngungsversuche als Grundlage für nachhaltige Landnutzung und Quantifizierung von Stoffkreisläufen

Vom 3. bis 5. Juni 1999 in Halle/Saale

120 Jahre „Ewiger Roggenbau“
50 Jahre Hallenser Dauerdüngungsversuche

Veranstalter:

Landwirtschaftliche Fakultät der Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg
Deutsche Gesellschaft für Pflanzenernährung
Umweltforschungszentrum Leipzig-Halle GmbH, Sektion Bodenforschung
International Society for Sustainable Agriculture & Ressource Management, Hisar (Indien)
Deutsche Bodenkundliche Gesellschaft

Schirmherr:

Der Minister für Landwirtschaft, Ernährung und Forsten des Landes Sachsen-Anhalt,
Herr **Johann Konrad Keller**

Sponsoren:

- Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG) Bonn
- Stadt Halle, Amt für Wirtschaftsförderung
- Gesellschaft der Freunde der Landwirtschaftlichen Fakultät der Martin-Luther-Universität
- Kali und Salz GmbH Kassel
- Kultusministerium des Landes Sachsen-Anhalt
- Stiftungsfonds der Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg

Hrsg.: Wolfgang Merbach und Martin Körschens