

Die Nullparzellen des Statischen Düngungsversuches Bad Lauchstädt als Indikator für den atmogenen N-Eintrag

Ines Merbach,

UFZ –Umweltforschungszentrum Leipzig-Halle, Sektion Bodenforschung

Martin Körschens,

MLU Halle-Wittenberg

1. Einleitung

Der atmogene N-Eintrag stellt eine Belastung und Gefährdung naturnaher Ökosysteme dar. In der Landwirtschaft ist er zwar eine Gratisdüngung. Da der N-Eintrag unkontrolliert erfolgt, vermindert er jedoch den steuerbaren Anteil der N-Versorgung der Kulturpflanzen. Zur Vermeidung von N-Verlusten müsste er bei der Bemessung der N-Düngung berücksichtigt werden. Dazu muß die Höhe des atmogenen N-Eintrages hinreichend genau bekannt sein. Mit den herkömmlichen Bestimmungsmethoden – Wet Only- und Bulk-Sammlern - erhält man im allgemeinen Werte um 30 kg/ha, lässt aber hier die gasförmige Deposition und die direkte Aufnahme durch die Pflanze außer Acht. Im Folgenden wird die indirekte Bestimmung des N-Eintrages mit Hilfe der Nullparzellen des Statischen Düngungsversuches und seine Abhängigkeit von einigen Einflußfaktoren untersucht.

2. Material und Methoden

Der Statische Düngungsversuch wurde 1902 von SCHNEIDEWIND und GRÖBLER in Bad Lauchstädt auf einer Löß-Schwarzerde mit 44 % Feinanteil, 484 mm Jahresniederschlag und einer Jahresdurchschnittstemperatur von 8,7°C angelegt. Anlage und Bewirtschaftung des Versuches sind unter Körschens et al. (1994) beschrieben. Alle Fruchtarten der Fruchtfolge Zuckerrüben – Sommergerste – Kartoffeln – Winterweizen stehen jährlich nebeneinander. In die Auswertung gehen die Nullparzellen und die PK-Parzellen der Schlaghälften 2, 3, 6 und 7 mit unveränderter Bewirtschaftung, dass heißt ohne N-Düngung seit 1902, ein.

Der Erweiterte Statische Düngungsversuch wurde 1978 auf zwei Schlaghälften des Statischen Düngungsversuches angelegt (Körschens et al. 1994). Ausgehend von den unterschiedlichen C_t - und N_t -Gehalten im Boden im Jahre 1978 kann hier unter anderem nach Unterlassen

jeglicher Düngung der Rückgang der N-Entzüge durch die Kulturpflanzen bis zur Gegenwart beobachtet werden.

3. Ergebnisse

Die Höhe des N-Eintrages aus der Atmosphäre lässt sich indirekt anhand der Nullparzellen des Statischen Düngungsversuches bestimmen. Langjährige Meßreihen belegen, daß sich der Boden in diesen Parzellen seit Jahrzehnten im Gleichgewicht befindet, die N_t-Gehalte bleiben weitgehend unverändert (Körschens et al. 1994, Körschens et al. 1998). Das bedeutet, daß keine N-Nachlieferung aus dem Boden mehr stattfindet. Der N-Entzug der Kulturpflanzen auf den Nullparzellen ist so ein indirekter Nachweis für den atmosphärischen N-Eintrag. Abb. 5 zeigt einen allmählichen Anstieg der Werte bis 1983 und danach ein Einpegeln auf einem niedrigeren Niveau. Im Mittel der Jahre 1991-2000 betrug der N-Entzug genau 50 kg/ha*a.

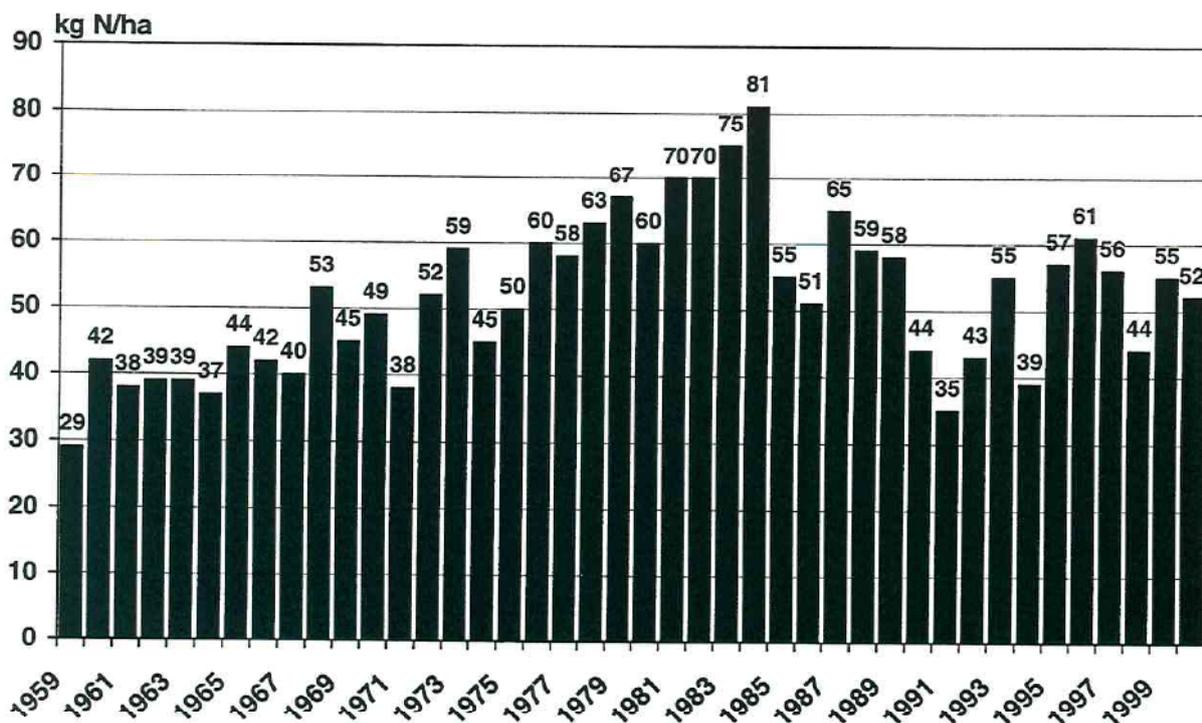


Abb. 1: N-Entzüge mit den Erträgen auf den Nullparzellen im Statischen Düngungsversuch Bad Lauchstädt im Mittel der Fruchtarten (1959-2000)

Im Erweiterten Statischen Düngungsversuch gingen die N-Entzüge auf der Nullparzelle erwartungsgemäß ebenfalls auf Werte um 50 kg/ha zurück (Abb. 2). Auf den bis 1978 gedüngten Parzellen sanken die N-Entzüge innerhalb von 20 Jahren auf Werte um 60 kg/ha.

Die N-Entzüge werden den atmosphärischen N-Eintrag jedoch erst widerspiegeln, wenn sich der Versuch im Gleichgewicht befindet und sich die N_t -Gehalte des Bodens nicht mehr verändern.

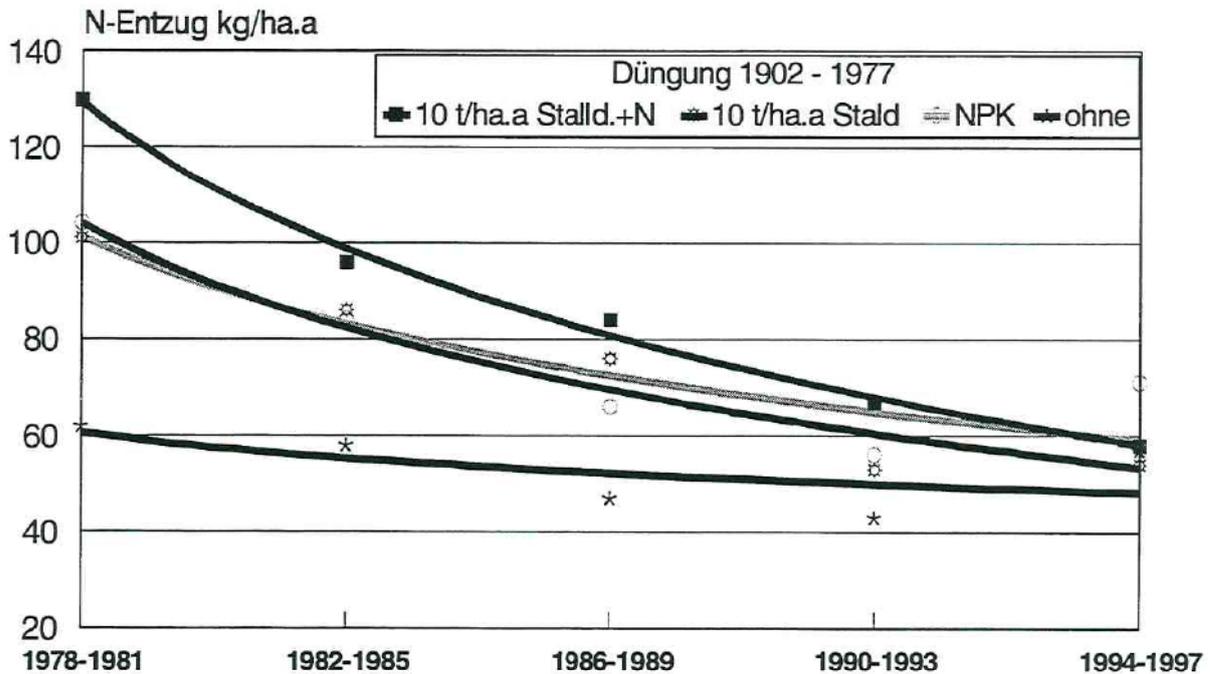


Abb. 2: N-Entzug im Statischen Düngungsversuch Bad Lauchstädt nach Erweiterung der Versuchsfrage im Jahre 1978 in Abhängigkeit von den Ausgangsgehalten – ohne Düngung

Die Ergebnisse aus dem Statischen und dem Erweiterten Statischen Versuch stimmen sehr gut überein mit denen anderer europäischer Dauerversuche mit einem N-Entzug auf den Nullparzellen zwischen 42 und 90 kg/ha. Sie bestätigen sich ebenfalls in Ascov (Dänemark) mit 46 kg/ha (Christensen 1989) und in Rothamsted (Großbritannien) mit 43 kg/ha (Poulton 1996).

Tabelle 1

N-Entzüge auf den Nullparzellen ausgewählter Dauerversuche

Ort Anlagejahr	Bodenart	Jahresnieder- schlag, mm	Untersuchungs- jahr	N-Entzug kg/ha	Quelle
Bad Lauchstädt 1902	Lehm	484	1959-2002	52	Körschens et al. 2002
Seehausen 1967	Sandiger Lehm	551	1989-1998	74	Hülsbergen et al. 2001
Methau 1966	Anlehmiger Sand	600	1966-1997	90	Albert 2001
Spröda 1966	Lehm	540	1966-1997	60	Albert 2001
Halle 1949	Lehm	500	1980-1987	65	Stumpe et al. 1990
Reckenholz 1949	Lehm	1000	1949-1996	42	Walther et al. 2001
Pohorelice 1957	Lehm	502	1993-1996	75	Baier et al. 2001
Ivanovice 1957	Lehm	556	1993-1996	72	Baier et al. 2001
Caslav 1957	Lehm	590	1993-1996	79	Baier et al. 2001
Viglas 1957	Lehm	669	1993-1996	41	Baier et al. 2001
Prag-Ruzyne 1955	Lehmiger Ton	450	1966-1993	60	Klir et al. 1995

Überraschenderweise liegen die ermittelten Werte auch im Bereich der mit dem System ITNI (ITNI = Integral Total Nitrogen Input) gemessenen Werte – einem System, daß auf der Basis der Isotopenverdünnungsmethode (Mehlert et al. 1995) den Gesamt-N-Eintrag aus der Luft in ein Boden-Pflanze-System bestimmt. Messungen an vier Standorten in Sachsen-Anhalt (Bad

Lauchstädt, Etzdorf – bei Halle, Siptenfelde – Harz, Falkenberg – Altmark) ergaben Werte zwischen 50-66 kg/ha (Böhme et al. 2002)

Diese indirekt ermittelten Werte aus den Dauerversuchen bilden einen Anhaltspunkt. Die Schwankungsbreite muß jedoch nicht von tatsächlich unterschiedlichen N-Einträgen herrühren. Vielmehr zeichnen sich eine Vielzahl von Einflußfaktoren auf den atmosphärischen N-Eintrag ab, zwischen denen teilweise Wechselwirkungen bestehen. Dazu gehören zum Beispiel:

- Pflanzenart
- Pflanzentyp (C3-/C4-Pflanze)
- Vegetationsdauer
- Entwicklungsstadium
- Ertrag bzw. Trockenmassebildung
- N-Düngung
- Allgemeiner Ernährungszustand der Pflanze
- Blattflächenindex
- Wasserstatus

Davon werden einige anhand des Statischen Düngungsversuches näher betrachtet .

Kulturpflanzenart:

Im Statischen Versuch bestehen zwischen den N-Entzügen der einzelnen Kulturpflanzenarten auf den Nullparzellen enorme Unterschiede (Abb. 3, Tab. 2). Winterweizen und Zuckerrüben – die Kulturpflanzen mit einer langen Vegetationsperiode – weisen die höchsten N-Entzüge, aber auch die stärksten Schwankungen auf. Sommergerste und Kartoffeln liegen mit ihrer relativ kurzen Vegetationsperiode auf einem niedrigeren Niveau.

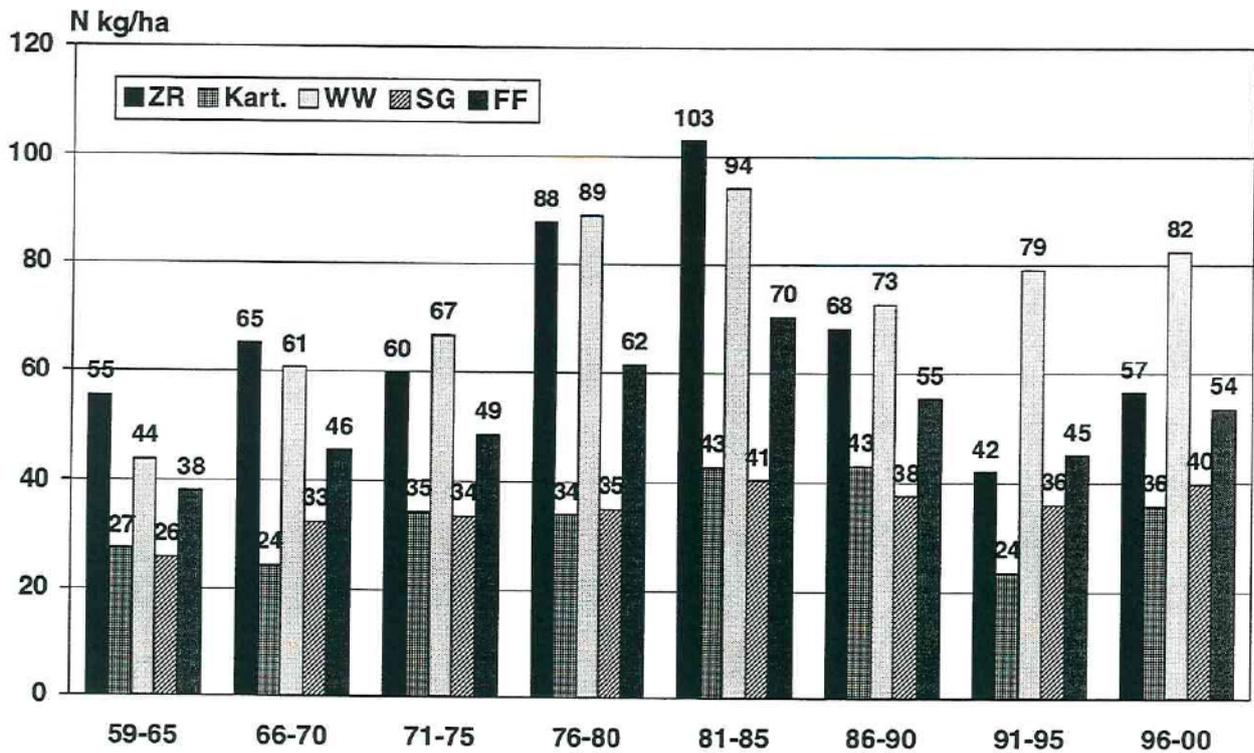


Abb. 3: Fünfjahresmittel der N-Entzüge auf den Nullparzellen im Statischen Düngungsversuch Bad Lauchstädt

Tabelle 2

N-Entzug im Mittel der Jahre 1959-2000 auf den Nullparzellen des Statischen Düngungsversuches Bad Lauchstädt pro Vegetationsperiode und daraus berechnet pro Tag Vegetationsperiode (Aufgang bis Ernte)

	N kg/ha	N kg/ha*d
Kartoffeln	33	0,268
Sommergerste	35	0,327
Winterweizen	72	0,244
Zuckerrüben	67	0,385

Vegetationsdauer

Werden die N-Entzüge auf die Vegetationsdauer (Aufgang bis Ernte) bezogen – gleichen sich die Werte zwischen den Kulturpflanzen an – abgesehen von den Peaks bei den Zuckerrüben (Abb. 4). Sie betragen im Mittel der Jahre 1959-2000 bei Winterweizen 0,24 kg/ha*d, bei Kartoffeln 0,27 kg/ha*d, bei Sommergerste 0,33 kg/ha*d und bei Zuckerrüben 0,38 kg/ha*d.

In dieser Größenordnung erzielten auch Böhme et al. (2002) mit dem ITNI-System Ergebnisse für Winterroggen, Sommergerste, Mais und Grünkohl.

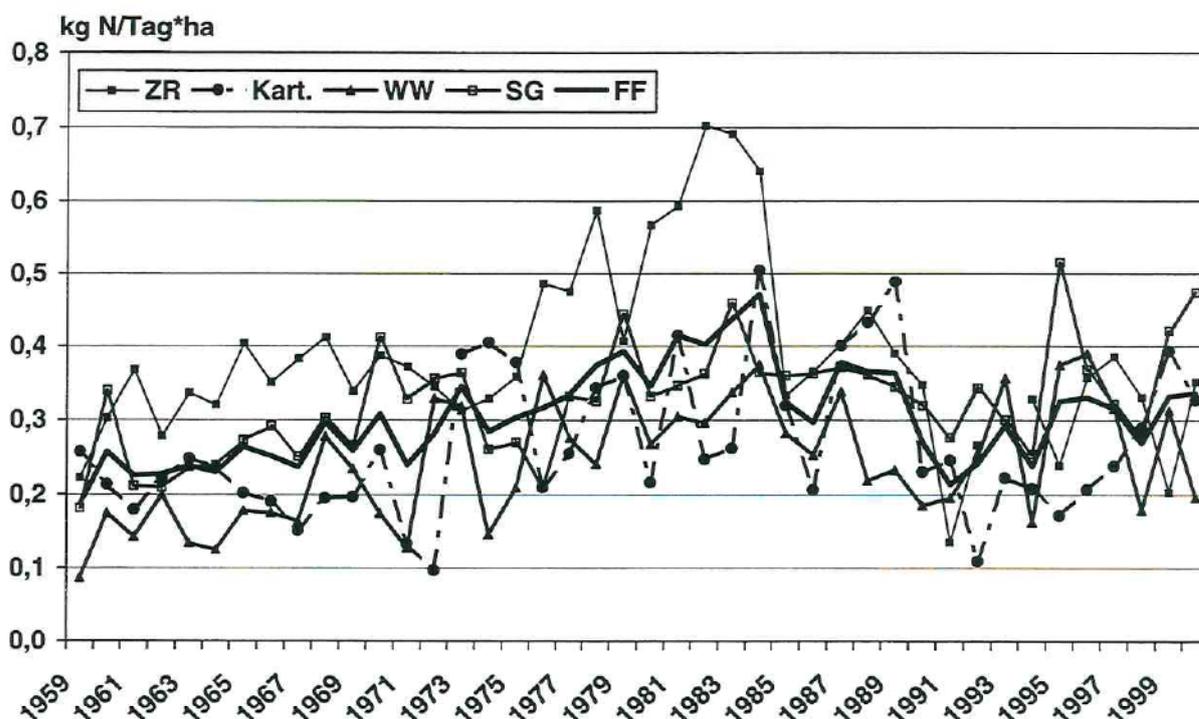


Abb. 4: N-Entzug pro Tag Vegetationsdauer (Aufgang bis Ernte) auf der Nullparzelle im Statischen Düngungsversuch Bad Lauchstädt

Ernährungszustand

Weder auf den Nullparzellen noch im ITNI-System sind die Pflanzen optimal ernährt. Im allgemeinen sind sogar optisch Merkmale einer Mangelernährung wahrzunehmen. Pflanzen mit einer höheren Biomasse bzw. einer günstigeren Stickstoffversorgung scheinen jedoch mehr Stickstoff aus der Atmosphäre aufzunehmen (Russow, Weigel 2000). Unterschiede sind auch durch den höheren Blattflächenindex optimal ernährter Pflanzen zu erwarten. Wenn Kalium die Öffnung der Stomata beeinflusst (Libbert 1974), ist bei Kaliummangel durch Stomataschluß mit einer verminderten Aufnahme von gasförmigen N-Verbindungen zu rechnen, die über die Stomata aufgenommen werden, wie NO , NO_2 und NH^3 (Van Hove et al. 1987, Saxe 1986, Okano et al. 1988).

Obwohl die PK-Parzelle des Statischen Düngungsversuches (seit 1902 ohne N-Düngung) auch keine optimale ausgewogene Nährstoffversorgung bietet, weist sie doch mit 13 mg P(DL)/100 g Boden sowie 23 mg K(DL)/100 g Boden eine wesentlich günstigere PK-Versorgung auf als die Nullparzelle mit 5 mg P(DL)/100 g Boden und 6 mg K(DL)/100 g

Boden (Körschens et al. 2002). Der Boden befindet sich hier ebenfalls im Gleichgewicht, der N-Entzug kann nur über den atmosphärischen N-Eintrag realisiert werden. Im Mittel der Fruchtarten und der Jahre 1959-2000 entzogen die Pflanzen auf den PK-Parzellen 6 kg Stickstoff mehr als auf den Nullparzellen (Abb. 5). Zwischen den Fruchtarten bestehen große Unterschiede. Insbesondere bei der Kartoffel zieht die bessere Kaliumernährung auf der PK-Parzelle einen um 18 kg/ha höheren N-Entzug nach sich. Bei Winterweizen wirkt sich die bessere PK-Ernährung auf der PK-Parzelle möglicherweise aufgrund der tiefen Durchwurzelung und Erschließung tieferer PK-Vorräte nicht auf den N-Entzug aus.

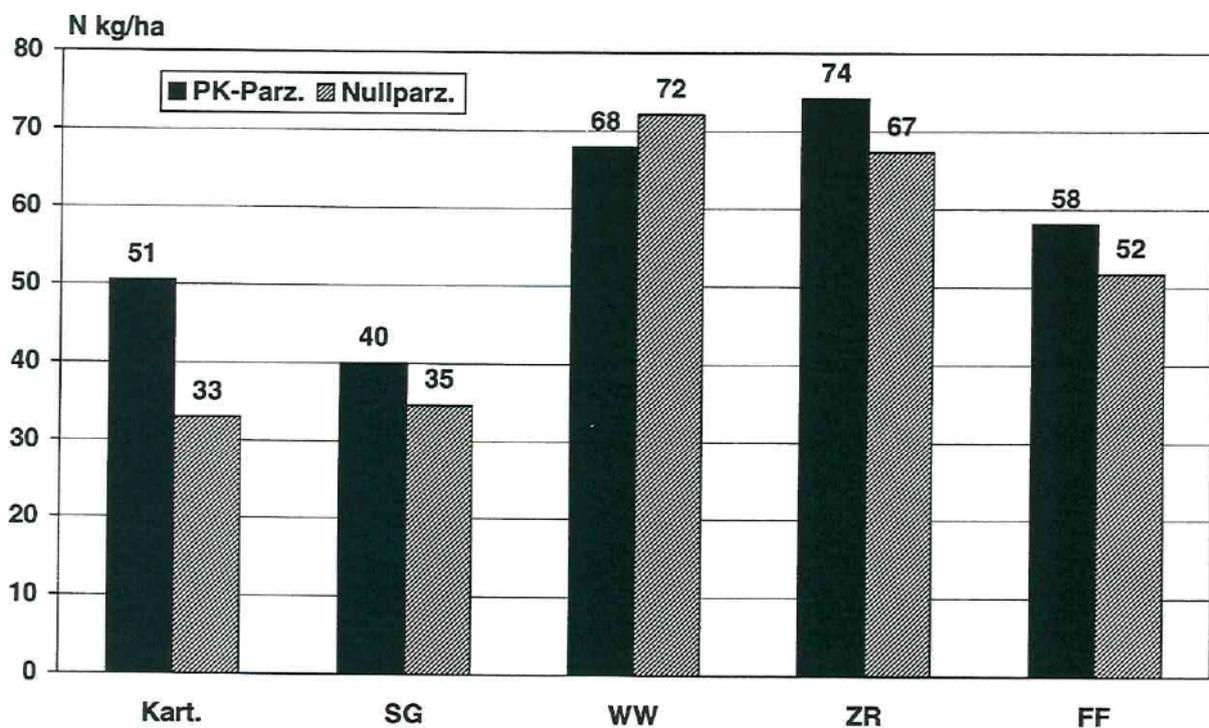


Abb. 5: N-Entzüge auf den PK-Parzellen und den Nullparzellen im Statischen Versuch Bad Lauchstädt (1959-2000)

4. Zusammenfassung

Mit Hilfe des N-Entzuges auf den Nullparzellen des Statischen Düngungsversuches wird im Mittel der Jahre 1959-2000 ein atmosphärischer N-Eintrag von 52 kg/ha nachgewiesen. Damit besteht sehr gute Übereinstimmung mit Ergebnissen anderer Dauerversuche und des ITNI-Meßsystems. Die Ergebnisse zeigen aber auch, dass diese Größe von der Pflanzenart, von der Vegetationsdauer und dem Ernährungszustand der Pflanze abhängt. Während auf den Nullparzellen durch Kartoffeln 33, Sommergerste 35, Winterweizen 72 und Zuckerrüben 67

kg/ha N aufgenommen wurden, waren es auf den PK-Parzellen 51, 40, 68 und 74 kg/ha N. Im Mittel der Fruchtarten lag der Wert hier mit 58 kg/ha N 6 kg höher als auf den Nullparzellen. Bezogen auf die Vegetationsperiode betragen die N-Entzüge für die Fruchtarten zwischen 0,24 und 0,38 kg/ha*d. Eine systematische Untersuchung der Abhängigkeit des nachweisbaren N-Eintrages von den genannten Einflussfaktoren ist dringend notwendig.

5. Literatur

Albert, E. (2001) Wirkung einer langjährig differenzierten mineralisch-organischen Düngung auf Ertragsleistung, Humusgehalt, Netto-N-Mineralisierung und N-Bilanz. Arch. Acker- Pfl. Boden., **46**, S. 187-213

Baier, J., Baierova, V., Bartosova, Z., Ledvinkova, D. (2001) Yields Nutrient Intake and Soil Fertilizing in 40 Years Fertilizer Trials. Arch. Acker- Pfl. Boden., **46**, S. 313-337

Böhme, F., Russow, R., Neue, H.-U. (2002) Airborne Nitrogen Input at four Locations in the German State of Saxony-Anhalt – Measurements using the ¹⁵N-based ITNI-System. Isotopes Environ. Health Stud., **38** (in press)

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

Hove, van, L. W. A., Koops, A. J., Adema, E. H., Vredenberg, W., J., Pieters, G. A. (1987) Analysis of the uptake of atmospheric ammonia by leaves of *Phaseolus vulgaris* L., Atmos. Environ., **21**, S. 1759-1763

Hülsbergen, K.-J., Diepenbrock, W. (2001) Die Nachhaltigkeit von Düngungssystemen - dargestellt am Seehausener Düngungskombinationsversuch. Arch. Acker- Pfl. Boden., **46**, S. 215-238

Klir, J., Kubat, J., Pova, D. (1995) Stickstoffbilanzen der Dauerfeldversuche in Prag. Mitteilungen der Deutschen Bodenkundlichen Gesellschaft, **76**, S. 831-834.

Körschens, M., Stegemann, K., Pfefferkorn, A., Weise, V. und Müller, A. (1994) Der Statische Düngungsversuch Bad Lauchstädt nach 90 Jahren. B. G. Teubner Verlagsgesellschaft

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

Körschens, M., Merbach, I., Schulz, E. (2002) 100 Jahre Statischer Düngungsversuch Bad Lauchstädt, Hrsg. UFZ-Umweltforschungszentrum Leipzig-Halle GmbH anlässlich des Internationalen Symposiums vom 5.-7. Juni 2002, 63 S.

Libbert, E. (1974) Lehrbuch der Pflanzenphysiologie. Gustav Fischer Verlag Jena

Mehlert, S., Russow, R., Schmidt, G., Faust, H. (1995) Measuring of the integral airborne nitrogen-input into a soil-plant system by the ¹⁵N isotope dilution method. Isotopes Environ. Health Stud., **31**, S. 377-383

Okano, K., Machida, T., Totsuka, T. (1988) Absorption of atmospheric NO₂ by several herbaceous species: estimation by ¹⁵N delution method, New Phytol., **109**, S. 203-210

Poulton; P. R. (1996) The Rothamsted long-term experiments: Are they still relevant? Can. J. Plant Sci., **76**, S. 559-571

Russow, R., Weigel, A. (2000) Atmogener N-Eintrag in Boden und Pflanze am Standort Bad Lauchstädt: Ergebnisse aus ¹⁵N-gestützten Direktmessungen (ITNI-System) im Vergleich zur indirekten Quantifizierung aus N-Bilanzen des Statischen Dauerdüngungsversuches. Arch. Acker- Pfl. Boden., **45**, S. 399-416

Saxe, H. (1986) Stomatal-dependent and stomatal-independent uptake of Nox, New Phytol., **103**, S. 199-205

Stumpe, H., Garz, J., Hagedorn, E. (1990) Die Dauerversuche auf dem Versuchsfeld in Halle. Dauerfeldversuche, Berlin, S. 25-71

Walther, U., Weiskopf, P., Oberholzer, H.-R., Knecht, K. (2001) 50 Jahre organische und mineralische Düngung: Humusgehalte, N-Ausnutzung und N-Bilanzen. Arch. Acker- Pfl. Boden., **46**, S. 265-280



UFZ-Bericht

UFZ-UMWELTFORSCHUNGSZENTRUM LEIPZIG-HALLE GMBH

Nr. 16/2002

Stickstoff – ein Nährstoff aus dem Gleichgewicht

Ergebnisse aus dem Workshop "N-Deposition in Agrarökosystemen" vom 2. bis 3. Mai 2002

Uwe Franko (Hrsg.)

UFZ-Umweltforschungszentrum Leipzig-Halle GmbH
Sektion Bodenforschung

ISSN 0948-9452