

Originalarbeiten

(Aus dem Institut für Bodenforschung und Baugeologie, Vorstand: o. Univ.-Prof. Dr. W. E. H. Blum)

Reduktion der Bodennitratgehalte bei Körnermais auf zwei Standorten der Steiermark

Von M. KUDERNA, B. FREIMÜLLER, A. DEUTSCH und W. E. H. BLUM

(Mit 2 Abbildungen)

Zusammenfassung

Auf zwei Standorten der Steiermark wurden die Wirkungen pflanzenbaulicher Maßnahmen (N-Düngung, Bodenbearbeitung, Zwischenfruchteinsaat) auf den Bodennitratgehalt nach Körnermais über die vegetationsfreie Zeit (November bis Mai) sowie die Trockenkornträge verglichen.

Im Vergleich zu einer einmaligen Mineraldüngergabe vor dem Anbau reduzierte eine Aufteilung der ersten Düngergabe die Bodennitratgehalte im Mai auf rund die Hälfte, eine nennenswerte Auswirkung auf die Erträge konnte nicht festgestellt werden.

Bei den Güllevarianten konnte durch eine Graseinsaat, die anschließend eine winterharte Gründedecke bildete, eine signifikante Reduktion der Bodennitratgehalte für den Zeitraum November bis April gegenüber einer im Herbst gepflügten Variante erzielt werden. Auf dem Standort mit lehmigem Boden hatte diese Maßnahme jedoch zum Teil signifikante Ertragsrückgänge mit bis zu 2500 kg/ha zur Folge, während beim sandigen Boden keine Ertragsrückgänge zu verzeichnen waren. Durch eine seichte Bodenbearbeitung im Herbst und im Frühjahr konnten die Bodennitratgehalte gegenüber der im Herbst gepflügten Variante nicht signifikant gesenkt werden.

Schlüsselworte: Bodennitratgehalte, Körnermais, Düngergabenteilung, reduzierte Bodenbearbeitung, winterharte Gründedecke.

Reduction of soil nitrate contents under maize cropping on two sites in Styria

Summary

Plant cropping techniques (N-fertilizer application, soil tillage, catch crop planting) with maize were compared for reduction of soil nitrate contents from November until May on two sites of Styria. The effects on yields were measured.

Splitting of the first mineral fertilizer application resulted in a reduction of the soil nitrate contents in May by half without significant impact on yields, as compared to a single application.

A reduction of soil nitrate contents from November until April after slurry application was achieved by planting a catch crop. This caused a significant

reduction of the yields on a loamy soil by up to 2500 kg/ha compared to a variant ploughed in autumn, whereas on a sandy soil no impact on the yield was observed. Reduced tillage in autumn and spring had no significant influence on soil nitrate contents compared to the variant ploughed in autumn.

Key-words: N-fertilizer, maize, splitting, reduced tillage, catch crop.

1. Einleitung

Hohe Bodennitratgehalte stellen in Perioden ohne Pflanzenentzug ein Auswaschungsrisiko dar (GÖLZ-HUWE et al. 1989, WANTULLA et al. 1988), insbesondere bei Pflanzen mit spät einsetzenden Nitratentzügen, wie beispielsweise Mais (WOHLRAB 1984). Da Mais in der Südsteiermark in Kombination mit Schweinemast Produktionsgrundlage für einen großen Teil der landwirtschaftlichen Betriebe ist, wurden im Rahmen der Versuchstätigkeit der Abteilung für landwirtschaftliches Schulwesen der steiermärkischen Landesregierung 1987 mehrjährige Versuchsserien mit Körnermais angelegt, um die Auswirkung verschiedener pflanzenbaulicher Maßnahmen auf die Bodennitratgehalte von November bis Mai und auf die Kornerträge zu untersuchen. Ziel war, eine Absenkung der Bodennitratgehalte ohne Ertragseinbußen zu erreichen. Dazu wurde einerseits eine stärkere Aufteilung der Mineraldüngermenge, andererseits (bei Güllevarianten) eine Graseinsaat als winterharte Gründecke bzw. eine seichte Bodenbearbeitung gegenüber der landesüblichen Herbstfurche untersucht (DOWDELL und CANNEL 1975, DOWDELL et al. 1983, KOHL 1989).

2. Beschreibung der Versuchsstandorte

Die Versuchsstandorte liegen in Wagna (Bezirk Leibnitz) und Oberstorcha (Bezirk Feldbach). Klimadaten für Leibnitz (2 km von Wagna entfernt) und Gleisdorf (15 km von Oberstorcha entfernt) sind in Tabelle 1 aufgelistet. Beide Versuchsjahre hatten einen sehr ähnlichen Witterungsverlauf und waren durch ungewöhnlich niederschlagsarme Winter gekennzeichnet, so daß Nitratenauswaschung während dieser Zeiträume nur eine untergeordnete Rolle gespielt haben dürfte.

Tabelle 1

Klimadaten (Beobachtungszeitraum jeweils Oktober bis September)

	Leitnitz		Gleisdorf	
	1988/89	1989/90	1988/89	1989/90
Niederschlagssumme	932 mm	778 mm	749 mm	834 mm
Durchschnittstemperatur	9,3 °C	10,2 °C	8,9 °C	9,4 °C

Der Boden in Wagna ist eine Braunerde über Schotter, Bodenart lehmiger Sand, in Oberstorcha ein trockengefallener Gley, Bodenart sandiger Lehm.

3. Versuchsanlage und Methodik

3.1 Versuchsanlage

Der Versuch wurde auf beiden Standorten als Blockanlage mit vier Wiederholungen durchgeführt, die Parzellengrößen betragen brutto 269 m² und netto 168 m². Die Maissaat erfolgte in Wagna am 27. April, in Oberstorcha am 5. (1989) bzw. 3. (1990) Mai mit einer Saatstärke von 85 000 Körnern/ha bzw. 90 000 Körnern/ha (Wagna, 1990).

Tabelle 2
Bodenbearbeitung, Graseinsaat und N-Düngung

Variante	Bodenbearbeitung	Graseinsaat	Herbst	N-Düngung (kg/ha)			
				Aussaat	1. Hacken	2. Hacken	
N-0	2 × seicht	ohne	0	0	0	0	
Min2	2 × seicht	ohne	0	120 ^a	80 ^b	80	
Min3	2 × seicht	ohne	0	60	60	80	
Org-s (Wagna)	2 × seicht	ohne	50 ^a	48 ^b	83 ^a	86 ^b	0
(Oberstorcha)		ohne	51 ^a	42 ^b	73 ^a	97 ^b	0
Org-p (Wagna)	Pflug Herbst	ohne	50 ^a	48 ^b	83 ^a	86 ^b	0
(Oberstorcha)		ohne	51 ^a	42 ^b	73 ^a	97 ^b	0
Org-g (Wagna)	Pflug Frühjahr	mit	50 ^a	48 ^b	83 ^a	86 ^b	0
(Oberstorcha)		mit	51 ^a	42 ^b	72 ^a	97 ^b	0

^a Versuchsjahr 1988/89

^b Versuchsjahr 1989/90

Die Varianten Min2 und Min3 erhielten Kalkammonsalpeter (28 % N-Gehalt) als N-Dünger, die erste Düngergabe wurde bei Min2 als Flächendüngung kurz vor dem Anbau, bei Min3 als Unterfußdüngung zum Anbau gegeben. Bei den Varianten Org-s, Org-p und Org-g kam nur Schweinegülle (15 m³ im Herbst, 30 m³ im Frühjahr) als N-Dünger zur Anwendung, für die in Tabelle 2 angegebenen Werte wurden N_{Kjeldahl}-gehalte aufgrund von Messungen zahlreicher anderer Gülleproben aus dem Untersuchungsgebiet mit dem Faktor 0,75 auf Ammoniumstickstoffgehalte umgerechnet.

Die seichte Bodenbearbeitung bei N-0, Min2, Min3 und Org-s erfolgte mit einer zapfwellengetriebenen Scheibenegge im Herbst und im Frühjahr, wobei 12 cm tief bearbeitet wurde. Die Pflugtiefe von Org-p und Org-g betrug ca. 25 cm, der Pflug hatte einen Vorschäler.

Tabelle 3
Graseinsaat der Variante Org-g

1988: 27 kg <i>Lolium perenne</i> + 1 kg <i>Trifolium repens</i> (Ende April)
1989: 13,5 kg <i>Lolium perenne</i> + 13,5 kg <i>Lolium multiflorum</i> + 1 kg <i>Trifolium repens</i> (Mitte Juni)
1990: 12 kg <i>Lolium perenne</i> + 6 kg <i>Lolium multiflorum</i> + 8 kg <i>Dactylis glomerata</i> (Anfang Juni)

Für alle Varianten gilt:

- Fruchtfolge Körnermais auf Körnermais
- Maisstroh wurde beim oder nach dem Drusch gehäckselt und eingearbeitet
- PK-Grunddüngung bei den Varianten ohne Schweinegülle
- zweimaliges Maishacken im Mai/Juni.

3.2 Bodennitratbestimmung

Die monatlich in drei Tiefenstufen (0–30, 30–60, 60–90 cm) gezogenen Bodenproben wurden gekühlt transportiert und bis zur Analyse bei –20 °C tiefgefroren. Nitrat wurde nach Extraktion mit 0,0125 M CaCl₂ photometrisch bei 210 nm bestimmt, wobei ein Bodenblindwert (nach Reduktion des Nitrates) in Abzug gebracht wurde (THUN et al. 1991).

3.3 Auswertung

Für die Varianzanalysen wurde das EDV-Programm SPSS verwendet (Programmteil MANOVA). Die BONFERRONI-HOLM-Tests wurden mit einem EDV-Programm des Institutes für angewandte Statistik an der Universität für Bodenkultur durchgeführt. Für die statistische Auswertung der Kornerträge wurden zusätzlich zu den sechs besprochenen Varianten vier weitere im selben Versuch angelegte Varianten mitverrechnet. Für die Varianzanalyse der Bodennitratgehalte wurden die Werte November bis April der Versuchsjahre 1988/89 und 1989/90 herangezogen, da während dieses Zeitraumes bei keiner der Varianten eine Düngung oder Bodenbearbeitung durchgeführt wurde. Für alle Berechnungen wurde eine Signifikanzschranke von 0,05 festgelegt.

Die Effizienz der eingesetzten Stickstoffmenge wurde nach der Formel $(\text{Ertrag}_{\text{Variante}} - \text{Ertrag}_{\text{N-0}}) \times \text{N-Gehalt}_{\text{Mais Korn}} / \text{Düngermenge}$ errechnet, wobei als N-Gehalt für Maiskorn bei 14 % Wassergehalt 9,7 g/kg eingesetzt wurde. Da das Erntegut aus der vorliegenden Untersuchung nicht chemisch analysiert wurde, wurde ein Mittelwert aus N-Analysen von Maiskörnern aus anderen Untersuchungen desselben Untersuchungsgebietes verwendet.

4. Ergebnisse und Diskussion

4.1 Auswirkung der Maßnahmen auf die Bodennitratgehalte

Die durchschnittlichen Bodennitratgehalte der Monate November bis April lagen bei der im Herbst gepflügten Güllevariante (Org-p) an beiden Versuchsorten am höchsten (Tab. 4). Mit Ausnahme der Güllevariante mit Graseinsaat (Org-g) und jener mit seichter Bodenbearbeitung (Org-s) in Oberstorcha sowie der Variante Min2 in Wagna waren die Werte aller Varianten signifikant höher als jene der Kontrolle (N-0). Gleichzeitig bewirkte die Graseinsaat an beiden Orten eine signifikante Reduktion der Bodennitratgehalte gegenüber Org-p und Org-s (Tab. 4, Abb. 1 und 2). Eine seichte Bodenbearbeitung brachte keine signifikante Reduktion gegenüber Org-p (RICE und SMITH 1983, KNITTEL et al. 1986).

Die Bodennitratgehalte des lehmigen Standortes (Oberstorcha) waren bei allen drei Güllevarianten signifikant niedriger als jene des sandigen Standortes (Wagna). Dies dürfte einerseits auf eine verzögerte Nitrifikation aufgrund niedrigerer Bodentemperaturen zurückzuführen sein, zusätzlich könnten aber auch Denitrifikation oder verstärkte Assimilierung des Güllestickstoffes durch Bodenmikroorganismen eine Rolle gespielt haben.

Tabelle 4

Durchschnittliche Bodennitratgehalte der 12 Werte, Orte und Varianten (kg Nitratstickstoff/ha in 0 bis 90 cm) der Monate November bis April der Versuchsjahre 1988/89 und 1989/90

Differenzen zwischen Werten mit gleichen Indizes (a–f) konnten statistisch nicht nachgewiesen werden

Variante	Wagna	Oberstorcha
N-0	33 a b c	27 a b
Min2	50 c d e	51 d e
Min3	51 d e	47 c d e
Org-s	62 e f	44 b c d
Org-p	72 f	54 d e
Org-g	44 b c d	25 a

Im Monat Mai, einem Zeitraum, zu dem keine nennenswerten Nitratentzüge durch den Mais erwartet werden können (ZSCHEISCHLER 1990, WANTULLA et al. 1988) und daher eine Nitratauswaschung möglich ist (FURRER und STAUFFER 1985), wurden in der Variante Min3 Bodennitratgehalte erreicht, die um rund 100 kg niedriger und somit nur halb so hoch waren als bei Variante Min2. Lediglich in Oberstorcha betrug 1990 die Differenz nur 35 kg. Bei den Güllevarianten stiegen die Gehalte von Org-g durch das Einpflügen der Graseinsaat und erreichten im Mai in Oberstorcha das Niveau von Org-p (Abb. 2), in Wagna lagen sie im Mai 1989 höher, 1990 niedriger als bei Org-p (Abb. 1).

Die Bodennitratgehalte des Monats Juni wiesen eine hohe Korrelation mit den Erträgen auf ($r=0,897$). Durch die starken N-Entzüge des Mais fielen die Werte ab diesem Monat stark ab (vgl. für Org-p und Org-g Abb. 1 und 2).

Abb. 1: Bodennitratgehalte von Org-p und Org-g in Wagna

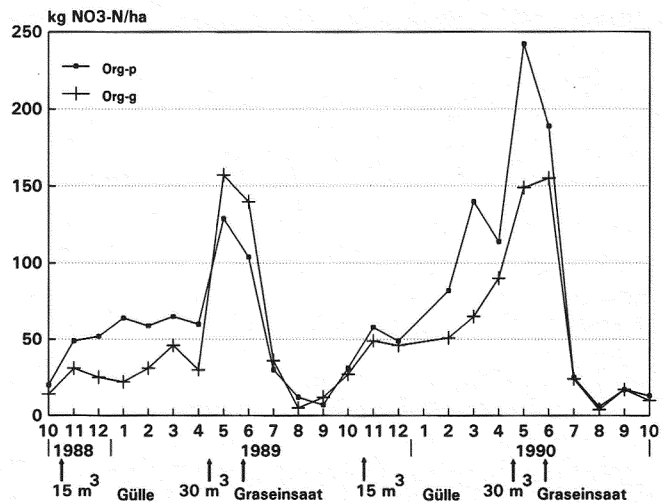
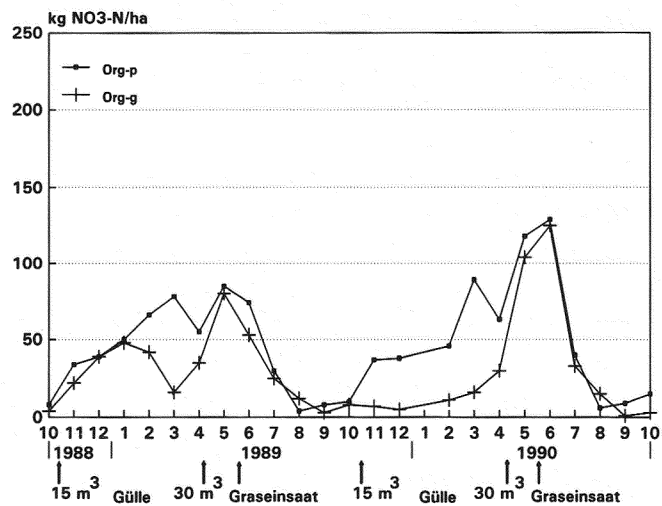


Abb. 2: Bodennitratgehalte von Org-p und Org-g in Oberstorcha



4.2 Auswirkung der Maßnahmen auf den Ertrag

Zwischen Min2 und Min3 gab es nur geringfügige Ertragsunterschiede, die statistisch nicht signifikant waren (Tab. 5). Org-s brachte mit Ausnahme in Wagna 1989 Ertragrückgänge gegenüber Org-p von über 1000 kg, die jedoch nicht statistisch abgesichert werden konnten. Die Auswirkungen der Grasein-saat waren auf beiden Standorten unterschiedlich: während in Wagna (sandiger Boden) keine signifikanten Unterschiede gegenüber Org-p auftraten, waren die Erträge in Oberstorcha (lehmiger Boden) 1990 bei Org-g um über 2500 kg/ha signifikant niedriger als bei Org-p. Dies war jedoch nicht auf eine geringere Menge pflanzenverfügbaren Stickstoffs zurückzuführen (Abb. 2). Vielmehr dürfte auf dem lehmigen Standort der Abbau der eingepflügten Pflanzenmasse zu einem Zeitpunkt noch im Gange sein, wo es durch Sauerstoffkonkurrenz oder die Bildung toxischer organischer Zwischenprodukte zu einer Hemmung der Wurzelentwicklung des Maises kommt (SCHACHTSCHABEL et al. 1989).

Tabelle 5

*Kornerträge (kg/ha; 14 % Wassergehalt)
Differenzen zwischen den 12 Werten, Orte und Varianten getrennt nach Versuchsjahren mit gleichen Indizes, können statistisch nicht nachgewiesen werden*

	Wagna		Oberstorcha 1988/89		Wagna		Oberstorcha 1989/90	
N-0	2516	a b	725	a	4329	a b	3066	a
Min 2	7508	d	7212	c d	9136	d	8697	d
Min 3	7973	d	6745	c d	9272	d	8805	d
Org-s	6128	c d	2498	a b	7496	c d	7518	c d
Org-p	6678	c d	3631	b	8765	d	8540	d
Org-g	7361	c d	1758	a b	8431	d	5973	b c

Die niedrigen Erträge der Güllevarianten in Oberstorcha 1988/89 können als Folge der niedrigen Nitratwerte im Monat Juni interpretiert werden (Abb. 2). Die Unterschiede im Verlaufe der Bodennitratgehalte beider Jahre sind jedoch nicht durch die Witterungsdaten der Meßstationen erklärbar, die für beide Jahre sehr ähnliche Verläufe ergaben.

4.3 Effizienz der gedüngten Stickstoffmenge

Hinsichtlich der Stickstoffeffizienz der Güllevarianten verhielten sich beide Standorte unterschiedlich. Während in Wagna Org-p und Org-g etwas höhere Werte als Min2 und Min3 aufwiesen, zeigten die Güllevarianten in Oberstorcha trotz geringerer Stickstoffdüngermengen einen schlechteren Ausnutzungsgrad als die Minereraldüngervarianten (Tab. 2 und 6).

Tabelle 6

Stickstoffeffizienz (%)

	Wagna		Oberstorcha	
	1988/89	1989/90	1988/89	1989/90
Min 2	24	29	32	37
Min 3	27	24	29	29
Org-s	26	25	11	22
Org-p	30	35	18	29
Org-g	35	32	7	14

5. Schlußfolgerungen

Bei den Güllevarianten konnte eine Reduktion der Bodennitratgehalte ohne Ertragseinbußen nur auf dem sandigen Standort mit Hilfe einer Graseinsaat erreicht werden. Auf dem lehmigen Standort wurden durch Graseinsaat Ertragsrückgänge bis zu 2500 kg/ha verursacht. Eine reduzierte Bodenbearbeitung brachte keinen signifikanten Rückgang der Nitratwerte.

Bei den Mineraldüngervarianten wurden durch eine Aufteilung der ersten Mineraldüngergabe die Bodennitratgehalte im Mai auf rund die Hälfte reduziert. Signifikante Auswirkungen auf den Ertrag wurden dabei nicht beobachtet.

Danksagung

Für Beratung bei der statistischen Auswertung der Versuche danken wir o. Univ.-Prof. Dipl.-Ing. Dr. K. EHRENDORFER, für die sorgfältige Durchsicht des Manuskriptes o. Univ.-Prof. Dipl.-Ing. Dr. H. STÜTZEL.

Literatur

- DOWDELL, R. J. and R. Q. CANNEL, 1975: Effect of ploughing and direct drilling on soil nitrate content. *J. Soil Sci.* 26, 53—61.
- DOWDELL, R. J., R. CREES and R. Q. CANNEL, 1983: A field study of effects of contrasting methods of cultivation on soil nitrate content during autumn, winter and spring. *J. Soil Sci.* 34, 367—379.
- FURRER, O. J. und W. STAUFFER, 1985: Einfluß von Bodennutzung und Düngung auf die Nitratauswaschung im schweizerischen Mittelland. *Landwirtsch. Forsch.* 37, 398—409.
- GÖLZ-HUWE, H., W. SIMON, B. HUWE und R. VAN DER PLOEG, 1989: Zum jahreszeitlichen Nitratgehalt und zur Nitratauswaschung von landwirtschaftlich genutzten Böden in Baden-Württemberg. *Z. Pflanzenernähr. Bodenk.* 152, 273—280.
- KNITTEL, H., H. LANG und J. DRESSEL, 1986: Einfluß der N-Düngung auf Ertrag und Mineralisation einer Ackerbraunerde bei unterschiedlicher Bodenbearbeitung. *VDLUFASchriftenreihe 16, Kongreßband 1985*, 335—343.
- KOHL, R., 1989: Auswirkung unterschiedlicher Bodenbearbeitungssysteme auf die Nitratverlagerung. *Mitt. Dt. Bodenk. Ges.* 59, 1087—1088.
- RICE, C. W. and M. S. SMITH, 1983: Nitrification of fertilizer and mineralized ammonium in no-till and plowed Soil. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 47, 1125—1129.
- SCHACHTSCHABEL, P., H.-P. BLUME, G. BRÜMMER, K.-H. HARTGE und U. SCHWERTMANN, 1989: Lehrbuch der Bodenkunde. F. Enke Verlag, Stuttgart, 208—210.
- THUN, R., R. HERRMANN, E. KNICKMANN und G. HOFFMANN, 1991: Die Untersuchung von Böden. Methodenbuch Bd. 1. *VDLUFASchriftenreihe*, Darmstadt, A 6.1.4.1.
- WANTULLA, A., F. J. VOLLMER und W. KÜHBAUCH, 1988: Einfluß von Düngemaßnahmen auf die Stickstoffauswaschung bei mehrjährigem Silomaisanbau. *Z. Pflanzenernähr. Bodenk.* 151, 97—102.
- WOHLRAB, B., 1984: Nitrat, Entstehung, Ansammlung und Wirkung in der Biosphäre unter besonderer Berücksichtigung seiner Verlagerung ins Grundwasser. *Landwirtsch. Forsch.* 37, 78—91.
- ZSCHEISCHLER, J., 1990: Handbuch Mais. Umweltgerechter Anbau, wirtschaftliche Verwertung. *DLG-Verlag*, Frankfurt.

(Manuskript eingelangt am 4. September 1992, angenommen am 1. Oktober 1992)

Anschrift der Verfasser:

Dipl.-Ing. Maximilian KUDERNA, Birgit FREIMÜLLER und o. Prof. Dr. Winfried E. H. BLUM, Institut für Bodenforschung und Baugologie der Universität für Bodenkultur Wien, Gregor-Mendel-Straße 33, A-1180 Wien; Prof. Ing. Anton DEUTSCH, Versuchstätigkeit der Abteilung für landwirtschaftliches Schulwesen des Amtes der Steiermärkischen Landesregierung, Pirching 80, A-8200 Gleisdorf