

Über die Winterauswaschung von Nitrat bei unterschiedlichen Düngungsarten in Kleinlysimetern

Autor(en): **Ott, Pierre / Vogtmann, Hardi / Rihs, Freddy**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Jahrbuch der Schweizerischen Naturforschenden Gesellschaft. Wissenschaftlicher und administrativer Teil = Annuaire de la Société Helvétique des Sciences Naturelles. Partie scientifique et administrative**

Band (Jahr): **160 (1980)**

PDF erstellt am: **18.09.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-90782>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern. Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

Über die Winterauswaschung von Nitrat bei unterschiedlichen Düngungsarten in Kleinlysometern

Pierre Ott, Hardi Vogtmann, Freddy Rihs

Zusammenfassung

Es werden erste Ergebnisse aus einer Kleinlysimeteranlage (Blechzylinder, Durchmesser 37,5 cm, Höhe: 60 cm) vorgestellt. Die Lysimeter wurden nach einer Herbstdüngung mit Markstammkohl bepflanzt. Die Nitratauswaschung während des Winters war bei mineralischer NPK-Düngung ungefähr doppelt so hoch wie bei organischer Düngung (Stapelmist, kompostierter Stallmist). Die Düngung mit Stapelmist führte zu höheren Erträgen als bei mineralischer NPK- oder Kompostdüngung.

Résumé

Il s'agit de la présentation des premiers résultats de cases lysimétriques de petit gabarit (diamètre: 37,5 cm, hauteur: 60 cm). Des choux fourragers ont été mis en place après une fumure d'automne dont le lessivage en nitrate a été étudié pendant la période hivernale. La fumure minérale NPK a engendré un lessivage des nitrates double par rapport à celui des fumures organiques (fumier, fumier composté). La fumure au fumier a donné les meilleurs rendements.

Einleitung und Problemstellung

Nitrate und daraus in vivo gebildete Nitrite haben wiederholt zur akuten Toxizität beim Säugling geführt. Die Bildung von Methämoglobin, welche den Austausch von Sauerstoff im Blut hemmt, war die Ursache für diese Erscheinung, die unter dem Begriff «blue babies» bekannt ist. Heute, mit der ausgeglichenen Ernährung, sind solche Fälle leicht vermeidbar und auch selten geworden. In neuester Zeit haben Nitrate bzw. Nitrite in der Nahrung wieder an Aktualität gewon-

nen, weil sie in Verbindung mit sekundären Aminen in Form von Nitrosaminen bei der Bildung von Magen- und auch Speiseröhrenkrebs beteiligt sind. In welchem Ausmass dies stattfindet, ist noch nicht mit absoluter Sicherheit festgestellt worden, immerhin ist die Gefahr doch genügend gross, um eine Warnung der neu ins Leben gerufenen Nitratkommision zu rechtfertigen. Von dieser Kommission werden Anregungen gegeben, um Massnahmen einzusetzen bzw. neu zu entwickeln, die eine möglichst geringe Nitrataufnahme bei normaler Ernährung garantieren.

Die Aufnahme von Nitraten geschieht primär durch den Konsum von Gemüse (Trempe 1980). Die Konzentration von Nitraten in Blattgemüsen wird neben Faktoren wie Temperatur, Lichtintensität, Sorte, auch ganz wesentlich durch die Düngung beeinflusst. Verschiedene Untersuchungen (Schudel et al. 1979; Eichenberger et al. 1980) haben gezeigt, dass die Düngung mit kompostiertem Stallmist die Nitratakkumulation in der Pflanze verhindern kann. Die zweite wichtige Quelle von Nitrat in der menschlichen Ernährung dürfte das Trinkwasser darstellen. Eine Anreicherung von Nitrat im Trinkwasser dürfte ebenfalls ganz wesentlich durch landwirtschaftliche Massnahmen, insbesondere die Düngung, beeinflusst werden. Um der Frage nachzugehen, ob eventuell kompostierter Stallmist neben einer geringeren Nitratakkumulation in der Pflanze auch zu geringeren Nitratauswaschungen führen könnte, wurde ein Lysimeterversuch angelegt. Zwar ist die Nährstoffauswaschung schon von verschiedenen Autoren (Pfaff 1963; Maschaupt 1941; Hendrick et al. 1938) untersucht worden, wobei die Düngungsvarianten aus unterschiedlichen mineralischen N-Formen bestanden. Zu einem geringeren Teil sind auch organische Dünger einbezogen worden, aber nie als einzige Stickstoff-

quelle. Im vorliegenden Versuch wurden daher unterschiedlich aufbereitete Hofdünger ohne Ergänzung mit löslichem Stickstoff eingesetzt. Hierbei handelte es sich um frischen und kompostierten Stallmist im Vergleich zu einer mineralischen Düngung (NPK).

Versuchsordnung

Versuchsanlage

Die Lysimeter bestehen aus Blechzylindern mit einem Durchmesser von 37,5 cm und einer Höhe von 60 cm, die senkrecht auf einer schräg stehenden verzinkten Wanne stehen. Darin sammelt sich das Sickerwasser und wird über einen Plasticschlauch in einer Flasche gesammelt. Diese Lysimeter entsprechen im Prinzip denjenigen, die schon früher

in der Literatur beschrieben worden sind (Voemel 1965).

Die Lysimeteranlage wurde 1978 von der EAWAG (Herr von Hirschheydt) übernommen. Bei der Inbetriebnahme wurden die Lysimeter zuerst mit gewaschenem Kies auf 15 cm Höhe gefüllt, anschliessend mit einem neutralen bzw. einem sauren Boden, dessen Zusammensetzung in Tabelle 1 angegeben ist, gefüllt (Bodenschicht = 45 cm). Nach dem Absetzen des Bodens wurde italienisches Raygras angesät (25.5.78), damit eine Durchwurzelung und Strukturierung des eingefüllten Bodens stattfinden konnte. Diese Anfangsperiode betrug 18 Monate. Die Lysimeter wurden während dieser Zeit oberirdisch in einem offenen Plasticschlauch aufbewahrt.

Im Sommer 1979 wurde die gesamte Anlage an den neuen Standort des Forschungsinstitutes für biologischen Landbau verlegt, ohne den Boden in den Gefässen zu stören. Am neuen Standort wurden die Gefässe eingegraben, der Raygrasbestand umgebrochen und Markstammkohl eingesät. Seit November 1979 liefert die Anlage regelmässige und zuverlässige Daten.

Düngung

Die erste Düngung (20.5.1978) betrug 6 g N/Gefäss, 8 g P/Gefäss und 24 g K/Gefäss (Tabelle 2). Die mineralische N-Düngung erfolgte in vier Gaben: 50% der gesamten N-Düngung beim Einsäen, der Rest in drei gleich grossen Gaben jeweils nach den drei ersten Schnitten. Die relativ hohe P- und K-

Tab. 1. Boden-Charakteristika

	Boden N Aushub BKW Liebefeld	Boden S
Ton	14.6%	16.3%
Schluff	19.0%	16.3%
Sand	63.3%	64.5%
Org. Sub.	3.1%	2.9%
pH	7.1	4.8
p-Test	8.0	2.0
K-Test	4.4	1.1
Mg	41.6 ppm	26.8 ppm
Ca	2750 ppm	804 ppm
Bodenart	Schwach humoser sandiger Lehm	Schwach humoser sandiger Lehm

Tab. 2. Düngung (g/Lysimeter)

		Vorversuch - Italienisches Ray-Gras				Versuch - Markstammkohl											
		Menge	N	P	K	Datum	Menge	N	P	K	Datum						
Mineralisch	Ammon-Salpeter	11.6	3	-	-	20/05/78	1979 - Umzug	7.7	2	-	-	20/09/79					
		3.8	1	-	-	13/07/78											
		3.8	1	-	-	08/08/78											
		3.8	1	-	-	27/11/78											
	Superphos. Kalisalz	100	-	8	-	20/05/78		11.25	-	0.9	-	20/09/79					
48		-	-	24	20/05/78	5.18	-	-	2.6	20/09/79							
Organisch	Mist	1640	6	7	24	20/05/78	April 1979 - Oktober	560	2	0.8	2.6	20/09/79					
	+ Superphos.	12	-	1	-	20/05/78											
	+ Kalisalz	-	-	-	-	-											
	+ Kompost	1260	6	11	17	20/05/78							500	2	1.2	2.8	20/09/79
	+ Superphos. Kalisalz	14	-	-	7	20/05/78							-	-	-	-	-

Düngung ist mit den niedrigen Gehalten dieser Nährstoffe im Boden zu erklären. Es wurden folgende mineralische Dünger eingesetzt: Ammonsalpeter (N), Superphosphat (P) und Kalisalz (K). Stapelmist und Mistkompost (Kompostdauer 10 Monate) stammen aus Kuhmist mit einem normalen Strohanteil (Einstreumenge = 2,5 kg Stroh pro GVE und Tag). Die Düngung erfolgte gesamthaft N-äquivalent. Bei beiden organischen Düngern wurde Superphosphat und Kalisalz zugegeben, um ein ähnliches P- und K-Niveau wie bei der mineralischen Düngung zu erreichen.

Die zweite Düngung (20.9.1979) vor Markstammkohl betrug 2 g N, 0,9 g P und 2,6 g K pro Gefäß. Es wurden ähnliche Düngemittel wie bei der ersten Düngung eingesetzt. Eine mineralische Ergänzungsdüngung für P und K bei den Varianten mit organischer Düngung hat sich aufgrund der Versuchsfrage erübrigt.

Erhebungen

Die Untersuchung beschränkte sich auf die Stickstoffauswaschung bzw. Stickstoffbilanz. In den organischen Düngemitteln sowie im Pflanzenmaterial wurde der Gesamtstickstoff, im Sickerwasser wurde Nitrat bestimmt. Nach Angaben aus der Literatur (Hendrick et al. 1938; Low et al. 1970) sind andere Formen der N-Auswaschung unbedeutend.

Das Sickerwasser wurde zweimal pro Woche aus der Anlage entfernt, mit 1 ml H₂SO₄, 10 N pro Liter stabilisiert (pH-Wert um 1) und im Kühlschrank bis zur Durchführung der Nitratanalyse (jeweils Ende eines Monats) gelagert. Der Gesamtstickstoff wurde

nach Kjeldhal bestimmt (Bradstreet 1965). Der Nitratgehalt wurde colorimetrisch nach der Salicylat-Methode erfasst (Liebefeld 1964).

Jede Variante (Düngungsart und Bodentyp) wurde in dreifacher Wiederholung geführt. Alle Daten wurden dementsprechend statistisch behandelt (Linder 1964).

Ergebnisse und Diskussion

Die angefallenen Mengen an Sickerwasser sind in Tabelle 3 zusammengestellt worden. Die durchschnittlichen Werte, in mm umgerechnet, liegen unterhalb der jeweiligen Niederschlagsmenge (Evaporation, Wasserverbrauch durch die Pflanze). Die abgeschätzte Retentionszeit liegt bei 2–7 Tagen, je nach Intensität der Niederschläge. Da die zwei Bodentypen in ihrer Textur sehr ähnlich sind, unterscheiden sie sich auch nicht in ihren Perkolationsseigenschaften und/oder der Retentionszeit. Die Menge des Sickersaftes wurde auch nicht durch die Art der Düngung beeinflusst, zumindest nicht während des Winters, wo die Bodensättigung erreicht war.

Die Nitratgehalte des Sickerwassers sowie die umgerechnete Menge von ausgewaschenem Nitrat sind in Tabelle 4 zusammengestellt worden. Da die Menge an Sickerwasser bei unterschiedlichen Boden- und Düngungsarten nicht unterschiedlich waren, ergibt sich bei den Nitratkonzentrationen und der ausgewaschenen Nitratmenge dasselbe Bild. Die beobachtete hohe Nitratauswaschung im Herbst entspricht weitgehend Literaturangaben (Voemel 1965), da es sich hierbei um eine Verlängerung der Nitrifikation

Tab. 3. Sickerwasser und Niederschläge

	-----Wassermenge (l/Monat)-----						Wasser- Menge (mm/ Monat)	Nieder- schlags- Menge (mm/ Monat)
	N Boden	S Boden	Mist Kompost	Mist	NPK	\bar{x}		
November	4.6	4.6	4.6	4.6	4.7	4.6	41.7	61.5
Dezember	2.4	2.4	2.4	2.4	2.4	2.4	21.7	47.4
Januar	5.9	6.2	6.2	6.2	5.8	6.0	54.3	63.8
Februar	8.2	8.0	8.1	7.8	8.3	8.0	72.5	77.8
März	1.7	1.8	1.7	1.7	1.9	1.8	16.3	22.4
April	2.1	2.3	2.2	2.2	2.3	2.2	20.0	56.1
Winter	24.9	25.3	25.3	24.9	25.4	25.2	228.3	312.31

Tab. 4. Nitrat auswaschung (November 1979 bis April 1980)

	Konzentrationen (ppm)					\bar{x}	Absolute Werte (g/Monat)					\bar{x}
	N	S	Mist	Mist	NPK		N	S	Mist	Mist	NPK	
	Boden	Boden	Kom- post				Boden	Boden	Kom- post			
November	1424	1696	1240	1186	2250	1558	6.7	7.9	5.5	5.7	10.7	7.3
Dezember	734	685	480	469	1181	710	1.8	1.6	1.6	1.2	2.8	1.7
Januar	215	401	197	244	483	308	1.2	2.5	1.2	1.5	2.8	1.9
Februar	67	112	65	82	121	89	0.5	0.9	0.5	0.6	1.0	0.7
März	54	72	41	67	81	63	0.1	0.1	>0.1	0.1	0.2	0.1
April	44	46	30	46	59	45	1.0	1.1	0.6	1.1	1.5	1.1
Winter (I)	423	502	342	349	696	462	11.4	14.2	9.2	10.2	19.0	12.8

(I) Konzentration: \bar{x}

(I) Absolute Werte: \bar{x}

Unterschiede zwischen Ziffern mit denselben Buchstaben sind nicht signifikant für:

(a), (b) und (x), (y): $P \leq 0.01$

(A), (B): $P \leq 0.05$

tionsaktivität bei gleichzeitig geringer Nitrat-
aufnahme durch die Pflanze handelt.

Offensichtlich spielt der Bodentyp eine un-
tergeordnete Rolle, da statistisch gesicherte
Unterschiede zwischen den Bodenarten nur
im Januar und im Februar auftraten, als die
Niederschläge am höchsten waren (grösser
als 55 mm pro Monat). Zu diesen Zeitpunk-
ten war die Nitrat auswaschung bei dem sau-
ren Boden wesentlich grösser als beim neu-
tralen. Dies dürfte hauptsächlich auf den
pH-Wert des Bodens zurückzuführen sein,
da keine Interaktion zwischen Bodentyp und
Düngungsart festgestellt werden konnte.

Die Nitratkonzentration im Sickerwasser ist
bei Mineraldüngung während der gesamten
Winterperiode doppelt so hoch wie bei den
beiden Varianten mit Hofdüngern ($p \leq 0.01$).
Während der aktiven Nitrifikationsperiode
(November-Dezember) ist die Nitrat auswa-

schung bei Mineraldüngung sogar 2,5 mal
grösser als bei den Hofdüngern. Diese Er-
gebnisse weisen deutlich auf die positive
Wirkung hin, die Hofdünger als langsam
fliessende N-Quelle haben, da sie zu einer
wesentlich geringeren Nitrat auswaschung
führen.

Die Ergebnisse bezüglich Ertrag, Trocken-
substanzgehalt, Trockensubstanzertrag und
Stickstoffgehalt sind in Tabelle 5 angegeben.
Die aufgetretenen Unterschiede sind aller-
dings nicht statistisch signifikant, weil die
Anzahl von untersuchten Pflanzen pro Lysi-
meter sehr klein ist und weil grosse Variati-
onen innerhalb einer Variante aufgetreten
sind. Hierbei handelt es sich in ersten Linie
um zwei sehr geringe Werte bei der Kom-
postvariante, die aufgrund der vorliegenden
Ergebnisse nicht erklärt werden können.

Der grösste Ertrag an Frischmaterial, Trok-

Tab. 5. Pflanzenertrag (Markstammkohl)

	Frischertrag (g/Gefäss)	Trockensubstanz (T.S.%)	T.S. Ertrag (g/Gefäss)	N i. d. Pflanze %	N-Ertrag (mg/Gefäss)
Kompost	74.4	15.9	12.0	2.4	245 (a)
Mist	109.2	15.8	17.3	2.1	355 (b)
NPK	68.0	16.1	11.1	2.4	253 (a)
N Boden	88.9	16.0	14.4	2.2	292
S Boden	78.8	15.8	12.5	2.3	277
\bar{x}	83.8	15.9	13.5	2.3	284

(a), (b): Zahlen mit unterschiedlichen Buchstaben sind statistisch unterschiedlich
KGD (0.05) = 78

kensubstanz sowie Rohprotein wurde bei der Variante mit Stalmist erzielt. Bei Kompost- und NPK-Düngung sind die Ergebnisse annähernd gleich, wobei hier die beiden unerklärlichen Mindererträge bei der Kompostvariante einbezogen sind. Es ist anzunehmen, dass die Kompostvariante höchstwahrscheinlich besser als die Variante mit Mineraldüngung abgeschnitten hätte, bei etwas ausgeglicheneren Erträgen. Diese Resultate stimmen mit Erfahrungen bei Topfversuchen überein, wobei insbesondere zwei Wirkungen zu beobachten sind:

- Verbesserung der physikalischen Eigenschaften des Bodens durch die organische Masse,
- Nährstoffeffekt.

Aufgrund der vorliegenden Ergebnisse ist anzunehmen, dass sich der Kompost mehr in Richtung Verbesserung der physikalischen Eigenschaften des Bodens und die NPK-Düngung stärker in Richtung Nährstoffeffekt ausgewirkt haben. Dabei dürfte eine Kompensation dieser beiden Effekte im Vergleich von Kompost zu mineralischer Düngung vorhanden sein, was sich in den annähernd gleich grossen Erträgen ausdrückt. Beim Mist hingegen dürften beide Wirkungen zur Geltung gekommen sein und haben daher zu einer höheren Umsetzungsaktivität im Boden geführt, was sich im verbesserten Ertragsniveau ausgedrückt hat.

Schlussfolgerungen

Diese ersten Ergebnisse mit einer Kleinlysimeteranlage nach einer 18-monatigen Vorperiode zeigen, dass bei einer Herbstdüngung zu Markstammkohl (eventuell auch zu Gründüngungen) eine hohe Nitratauswaschung während des Winters bei Mineraldüngung stattfinden kann, wogegen diese bei Anwendung von Hofdüngern wesentlich geringer ist. Die Auswaschung wird durch die Kompostierung des Stallmistes im Vergleich zu Stalmist nicht reduziert.

Die Beobachtungen der Herbstdüngung (1979) wurden mit einer anschliessenden Maiskultur ohne weitere Düngung (1980) weiterverfolgt. Nach einer Gründüngung im Herbst 1980 ist eine zweite Maiskultur für 1981 geplant, wobei in diesem Fall aber noch die Düngung im Frühjahr erfolgt. Die Er-

gebnisse dieser Untersuchungen in Kleinlysimetern werden mit einem parallel laufenden Feldversuch mit ähnlichen Düngungsvarianten und eingebauten Sauglysimetern verglichen.

Diese Arbeit wurde mit finanzieller Unterstützung der Kommission zur Förderung der wissenschaftlichen Forschung und der Schweiz. Stiftung zur Förderung des biologischen Landbaus durchgeführt.

Literatur

- Bradstreet, R.B., (1965): The Kjeldhal methods for organic nitrogen, Academic Press, New York and London.
- Eichenberger, M., Ott, P., Leu, D., Schudel, P., und Vogtmann, H. (1981): Über den Einfluss von Kompost- und NPK-Düngung auf Ertrag und Nitratgehalt von Spinat, Schnittmangold, Kopf- und Nüsslisalat. Mitt. Gebiete Lebensm. Hyg. 72, 31-43.
- Hendrick, J., Welsh, H.D., (1938): Further results from the Craibstone Drain Gauges. Trans. Highland Agr. Soc. 50, 184-202.
- Linder, A., (1964): Statistische Methoden, Basel.
- Low, A.J., and Armitage, E.R., (1970): The composition of the leachate through cropped and uncropped soils in lysimeter compared with that of the rain. Plant and soil 33, 393-411.
- Maschaupt, J.G., (1941): Lysimeter investigations at Groningen and elsewhere. Part II. The chemical composition of the drainage water. Versl. Landb. Onderz.'s Gravenhage.
- Methodenbuch für Bodenuntersuchungen der Eidg. Forschungsanstalt für Agrikulturchemie und Umwelthygiene, Liebefeld, 1975.
- Pfaff, C., (1963): Das Verhalten des Stickstoffs - der Phosphorsäure und Alkalien - im Boden nach langjährigen Lysimeterversuchen. Mitt. z. Acker- und Pflanzenbau 117, 77-99, 100-113, 117-128.
- Schudel, P., Eichenberger, M., Augstburger, F., Kläy, R., und Vogtmann, H., (1979): Über den Einfluss von Kompost- und NPK-Düngung auf Ertrag, Vitamin C- und Nitratgehalt von Spinat und Schnittmangold. Schweizerische Landwirtschaftliche Forschung, Band 18, Heft 4, 337-350.
- Tremp, E., (1980): Die Belastung der Schweizerischen Bevölkerung mit Nitraten in der Nahrung. Mitt. Gebiete Lebensm. Hyg. 71, 182-194.
- Voemel, A., (1965): Der Versuch einer Nährstoffbilanz am Beispiel verschiedener Lysimeterböden. I. Mitteilung: Wassersickerung und Nährstoffhaushalt. Z. Acker- und Pflanzenbau, Bd.123, Heft 2, 155-188.

Adresse der Autoren:

Dipl. Ing. Agr. Pierre Ott
Prof. Dr. Hardy Vogtmann
Freddy Rihs
Forschungsinstitut für biologischen Landbau
Bernhardsberg
CH-4104 Oberwil