

22.04.2022

Internationaler Organischer Stickstoffdauerversuch (IOSDV; LfL-Versuch 520)

Versuchsergebnisse zur Wirkung von Stallmist

In einem ortsfesten Dauerversuch im Landkreis Fürstfeldbruck werden seit 1984 die Wirkungen unterschiedlicher Arten organischer Dünger zu einer Fruchtfolge mit Silomais, Winterweizen und Wintergerste getestet. Dieser erste von mehreren Beiträgen einer Auswertung über einen Zeitraum von 36 Jahren geht auf die Wirkung der Stallmistdüngung hinsichtlich der erzielten Erträge und N-Effizienz ein.

Autoren:

David Schubert, Lorenz Heigl, Konrad Offenberger, Dr. Michael Diepolder

Institut für Agrarökologie – Düngung, Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft, Freising

Beitrag im Bayerischen Landwirtschaftlichen Wochenblatt, Ausgabe 16/2022, S. 26-28

Stark gestiegene Mineraldüngerpreise rücken den Wert der organischen Düngung wieder stärker in den Vordergrund. Doch wieviel mineralischer Stickstoff lässt sich durch den Einsatz von organischen Düngern überhaupt einsparen und welche Rolle spielt dabei die Anwendungsdauer?

Antworten auf diese Fragen können Langzeitversuche geben. Diese sind sehr gut geeignet, die Entwicklung des Ertragsgeschehens und der Stickstoffeffizienz in Fruchtfolgen als Reaktion auf verschiedene Düngungsmaßnahmen zu verfolgen. Gerade wenn es um die Beurteilung der Stickstoffwirkung von organischen Düngern geht. Denn bei Wirtschaftsdüngern wie Gülle und insbesondere Stallmist wird nur ein Teil des enthaltenen Stickstoffs im Anwendungsjahr verfügbar. Sind bei ausschließlich mineralischer Düngung Versuche mit drei bis vier Jahren Laufzeit in der Regel Aussagen über die N-Effizienz bestimmter Düngerarten und -mengen möglich, so trifft dies für Fragen der organischen Düngung nur eingeschränkt zu. Die Anlage und Auswertung von (häufig) komplexen Langzeitversuchen ist in diesem Fall die bessere Wahl.

Ein solcher Versuch wurde Mitte der 1980er Jahre auf dem Versuchsgut Puch bei Fürstfeldbruck begonnen. Das gesamte Versuchskonzept ist im Infokasten kurz zusammengefasst, wichtige Standortdaten enthält **Tabelle 1**.

In diesem Beitrag steht speziell die N-Wirkung von Stallmist im Zentrum. Folgebeiträge im Bayerischen Landwirtschaftlichen Wochenblatt werden sich mit der N-Wirkung von Gülle sowie Stroh und Zwischenfrüchten beschäftigen. Insgesamt wurden für die Auswertungen ein Untersuchungszeitraum von 36 Jahren (1984-2019) bzw. zwölf komplette Rotationen einer dreigliedrigen Fruchtfolge (Rotation) mit den Hauptfrüchten Silomais, Winterweizen und Wintergerste ausgewertet.

In **Tabelle 2** ist die für die Fruchtfolge ausgebrachte organische (Stallmist) und mineralische N-Düngung (als Kalkammonsalpeter) aufgeführt. Als „Stallmist“ wurde im Versuch Rinderfestmist verwendet. Dieser war in der Regel nicht strohreich, was bei der Interpretation der Ergebnisse beachtet werden muss. Unter der Annahme, den Optimalertrag zu erzielen, wurde der Stallmist zu Silomais gedüngt. Der Mist wurde

deshalb nach Wintergerste auf die Stoppel ausgebracht und eingearbeitet. Im Mittel des gesamten Untersuchungszeitraumes wurden bei den Stallmistvarianten mit den in Tabelle 2 genannten Mengen rund 175 Kilogramm Gesamtstickstoff pro Hektar und Rotation ausgebracht.

Ab dem 15. Versuchsjahr wurde die Düngung den allgemeinen Ertragsteigerungen angepasst. Bei Silomais betraf dies ausschließlich die Stallmistmenge. Bei den beiden Getreidefrüchten wurde die mineralische Düngung bei den N-Stufen 2 bis 5 ab 1999 erhöht (Tabelle 2). Die mineralische N-Düngung zu den einzelnen Varianten umfasste eine große Spannweite. Dabei entspricht, über eine Rotation betrachtet, Stufe 5 einer N-Menge, die bewusst hoch angesetzt wurde und in der Rotation insgesamt über der heute in der Praxis nach Düngeverordnung möglichen Maximalmenge liegt.



Abbildung 1: Der internationale organische Stickstoffdauerversuch (IOSDV) in Puch (Bildquelle: LfL)

Kurzbeschreibung des internationalen organischen Dauerdüngungsversuchs (IOSDV) in Puch

Bei diesem ortsfesten Dauerfeldversuch mit insgesamt 150 Parzellen werden seit 1984 in einer dreigliedrigen Fruchtfolge (Rotation) Silomais bzw. Zuckerrübe, gefolgt von Winterweizen und Wintergerste angebaut. Dabei werden 50 verschiedene Kombinationen von organischer und anorganischer Stickstoffdüngung in dreifacher Wiederholung getestet.

Der Versuch ist als zweifaktorielle Streifenanlage angelegt. Faktor 1 umfasst insgesamt zehn Stufen unterschiedlicher Arten von organischer Düngung. Dabei werden Rindergülle und Stallmist eingesetzt. In weiteren Prüfgliedern erfolgt die organische Düngung als Strohdüngung nach Getreide oder als Leguminosen- bzw. Nicht-Leguminosen-Zwischenfrucht nach Winterweizen und/oder Wintergerste. Über jede der organisch gedüngten Parzellen ist als Faktor 2 eine mineralische N-Ergänzung gelegt. Diese wird als Kalkammonsalpeter (KAS) in jeweils 5 festen N-Stufen gegeben (siehe auch Tabelle 2). Dadurch ist es möglich, die Wirkung unterschiedlicher Düngungskombinationen auf die Entwicklung der Bodenfruchtbarkeit (Ertrag, Qualität, Humusgehalt, N-Mineralisation) zu einzelnen Kulturen bzw. zu der Rotation zu erfassen. Ebenfalls kann mit diesem Versuchsansatz die Wirkung der organischen Düngung im Vergleich zur mineralischen Düngung abgeleitet werden. Die Bodenbearbeitung, die Saat und der Pflanzenschutz wird ortsüblich optimal über alle Varianten gleich durchgeführt. Alle nicht organisch gedüngten Parzellen erhalten eine P/K-Ausgleichsdüngung mit Triple Superphosphat und Kornkali; Im Frühjahr erhält der gesamte Versuch zudem eine Schwefel- und Magnesiumdüngung.

Hinweis: Die dargestellten Erträge sind in Getreideeinheiten (GE) umgerechnet, um die Ertragsergebnisse der einzelnen Fruchtarten Silomais (Frischmasseertrag), Winterweizen (Kornertrag) und Wintergerste (Kornertrag) für eine Rotation bzw. über die Jahre miteinander verrechnen zu können. Dabei wurde für die Berechnung unter Berücksichtigung der Erzeugerpreise für Verkaufsware (netto) für die einzelnen Fruchtarten im Mittel von drei Jahren (2018-2020) Folgendes zugrunde gelegt:

1 Doppelzentner (dt) Kornertrag Winterweizen = 1,00 GE (entsprechend 16,27 Euro netto Verkaufserlös),
1 dt Kornertrag Wintergerste = 0,92 GE, 1 dt Frischmasse Silomais mit 32 % TS = 0,172 GE

Tabelle 1: Standort- und Profilbeschreibung des Versuchs

Standortbeschreibung:

Ort:	Puch
Landkreis:	Fürstenfeldbruck
Landschaft:	Altmoräne des Loisach-Ammergletschers
Ø Jahresniederschläge:	875 mm
Ø Jahrestemperatur:	8,8°C
Bodentyp:	Tiefgründige Parabraunerde
Bodenart:	uL
Gestein:	Lößlehm über Rißmoräne
Durchwurzelungstiefe:	ca. 100 cm
Ackerzahl:	66

Profilbeschreibung:

Horizont	Tiefe	Bodenart
A _p	0 - 25 cm	schluffiger Lehm (uL)
A _i B _v	25 - 50 cm	schluffiger Lehm (uL)
B _{vt}	50 - 100 cm	schluffig-toniger Lehm (utL)

Tabelle 2: Organische und mineralische Düngung zu den einzelnen Kulturen in der Fruchtfolge

	Silomais (SM)		Winterweizen (WW)		Wintergerste (WG)	
	1984-1996	1999-2017	1985-1997	2000-2018	1986-1998	2001-2019
Faktor 1: organische Düngung (hier: Stallmist in dt/ha)						
Stufe 1	ohne	ohne	ohne	ohne	ohne	ohne
Stufe 2	300 dt/ha nach WG	400 dt/ha nach WG	ohne	ohne	ohne	Ohne
Faktor 2: mineralische N-Düngung in fünf Stufen (in kg N pro Hektar und Jahr)						
Stufe 1	0	0	0	0	0	0
Stufe 2	50	50	40	50	30	40
Stufe 3	100	100	80	100	60	80
Stufe 4	150	150	120	150	90	120
Stufe 5	200	200	160	200	120	160

Um Aussagen über die N-Effizienz von Düngungsmaßnahmen im Rahmen einer Fruchtfolge treffen zu können, mussten die jeweiligen Korn- und Frischmasseerträge in sogenannte Getreideeinheiten (GE) umgerechnet werden. Die Vorgehensweise und die entsprechenden Umrechnungsfaktoren sind im Infokasten unter Hinweise aufgeführt.

Positive Ertragseffekte durch Stallmist

In **Tabelle 3** sind die mittleren jährlichen Erträge der drei einzelnen Fruchtarten sowie der mittlere Jahresertrag einer Rotation bei unterschiedlicher organischer und mineralischer Düngung dargestellt. Bei allen drei Fruchtarten führte die Stallmistgabe zu signifikant höheren Erträgen. Dies sowohl bei fehlender als auch bei gegebener mineralischer N-Ergänzung. Letztere ist in Tabelle 3 als Mittel über die vier mineralisch gedüngten N-Stufen (2-5) aufgeführt. Der positive Ertragseffekt von Stallmist war jedoch bei jeder Fruchtart in allen fünf N-Stufen (nicht eigens dargestellt) signifikant.

Erwartungsgemäß profitierte Silomais am stärksten von der im Herbst zuvor gegebenen Stallmistdüngung. Von der Nachwirkung profitierte auch wesentlich der nach Silomais folgende Winterweizen. Deutlich abgeschwächt, aber dennoch signifikant traf dies auch auf die darauffolgende Wintergerste zu.

Im Durchschnitt einer dreijährigen Fruchtfolge wurden durch die Stallmistdüngung bei einer ergänzenden mineralischen N-Düngung (Mittel 2-5) jährlich 4,4 Getreideeinheiten (GE) pro Hektar mehr gegenüber stallmistfreier Düngung erzielt.

Tabelle 3: Erträge in Getreideeinheiten (GE) einzelner Fruchtarten und der Fruchtfolge bei unterschiedlicher mineralischer und organischer Düngung (Mittel des Untersuchungszeitraums 1984-2019)

Faktor 2 (mineralische N-Düngung)		Faktor 1 (organische Düngung)		
		Ohne Stallmist (Stufe 1)	Mit Stallmist (Stufe 2) ¹⁾	Differenz mit/ohne
Stufe	Mittlere N-Menge (kg N/ha u. Jahr)	Erträge in GE (dt/ha)		
Silomais (SM)				
1	0	52,9	61,0	8,1
Mittel 2-5	125	78,3	84,7	6,4
Winterweizen (WW)				
1	0	28,5	33,6	5,1
Mittel 2-5	115	73,5	78,1	4,6
Wintergerste (WG)				
1	0	19,6	21,7	2,1
Mittel 2-5	90	48,2	50,5	2,3
Mittel Rotation SM-WW-WG				
1	0	33,7	38,8	5,1
Mittel 2-5	110	66,7	71,1	4,4

1) Mit Stallmist wurden pro Rotation im Versuchsmittel 175 kg Gesamt-N pro Hektar ausgebracht

Was brachte mineralische N-Düngung?

Die Ertragswirkung der mineralischen N-Düngung (vergleiche Faktor 2, Mittel Stufe 2-5 minus Stufe 1 in Tabelle 3) unterschied sich zwischen den drei Fruchtarten deutlich. Sie war bei Winterweizen mit Abstand am höchsten und bei Silomais, trotz der im Versuch höheren mineralischen N-Gabe, am geringsten.

Im Falle gänzlich fehlender Düngung sowie bei ausschließlicher Stallmistdüngung, das heißt ohne mineralische N-Ergänzung (Faktor 2 Stufe 1), erreichte Silomais weit höhere Erträge (in Getreideeinheiten) als die beiden Kornfrüchte. Damit wurde auch in diesem Versuch bestätigt, dass die Nährstoffversorgung von Silomais zu einem hohen Anteil aus der Nachlieferung des Bodens kommt.

Die Ertragswirkung ansteigender mineralischer N-Düngung auf den mittleren Jahresertrag einer Rotation (SM-WW-WG) zeigt **Abbildung 2**.

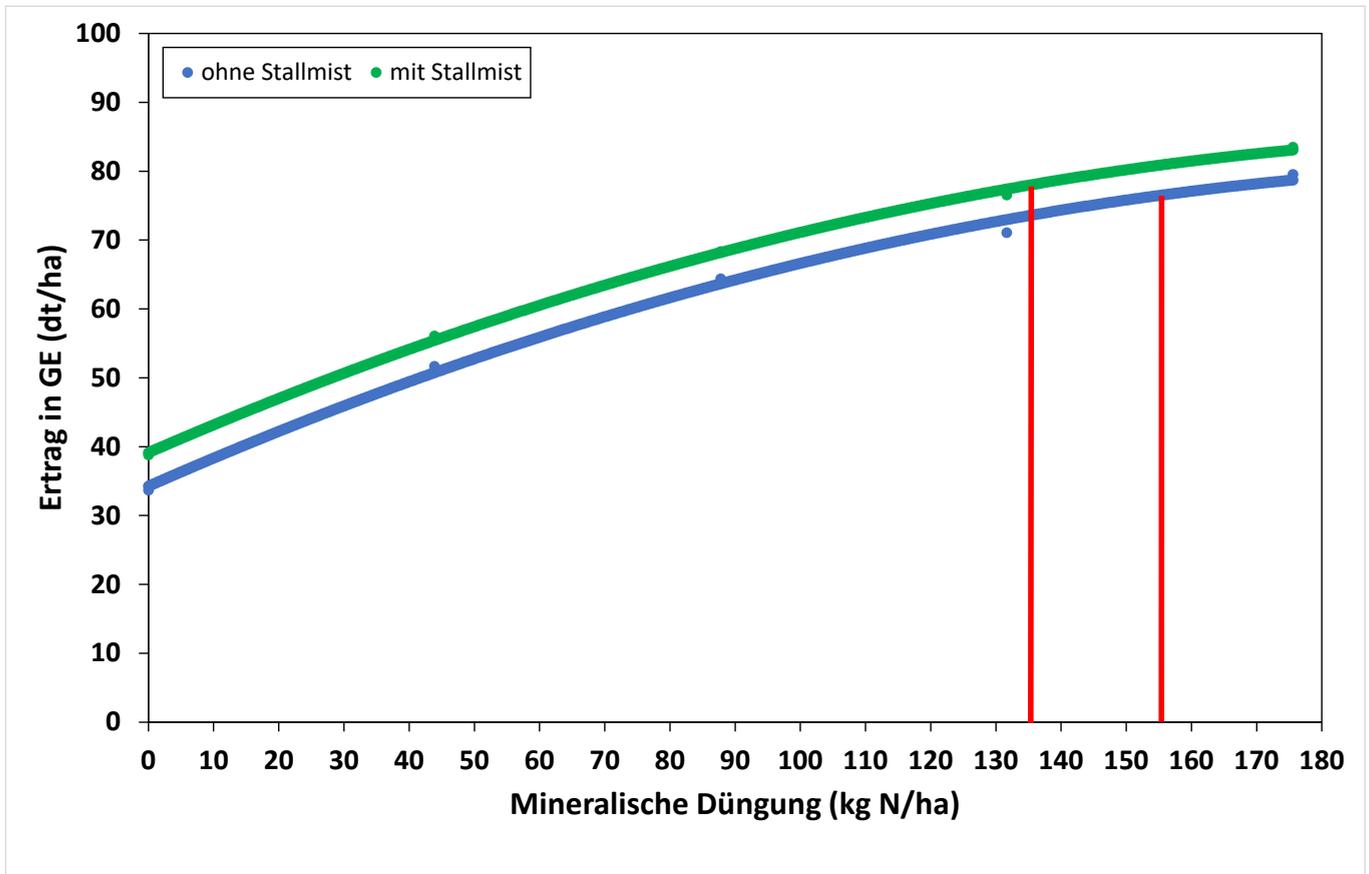


Abbildung 2: Mittlere Jahreserträge einer Rotation in Abhängigkeit von der Höhe der mineralischen N-Düngung (Mittel des Untersuchungszeitraums 1984-2019). Die Punkte sind die im Versuch ermittelten Werte, daraus wurden die dargestellten Trendlinien (blau, grün) berechnet. Rote senkrechte Linien: siehe Text.

Kombinierte Düngung

Die im Versuch in Stufe 5 (Tabelle 2) gegebenen mineralischen N-Mengen liegen höher als dies heute in der Praxis fachrechtlich möglich wäre. Die maximal mögliche mineralische N-Düngung (mit/ohne Stallmist) wurde für das Mittel einer Rotation unter Berücksichtigung landkreisbezogener Daten (Ertrag, Nmin-Gehalt) abgeschätzt und ist als senkrechte Linien in Abbildung 2 eingetragen. Nach den Vorgaben der Düngebedarfsermittlung kann bei organischer Düngung natürlich weniger mineralischer Stickstoff (Linie links) als bei ausschließlich mineralischer Düngung (Linie rechts) eingesetzt werden. Die Frage war, ob sich unter diesen Bedingungen die kombinierte Düngung mit Stallmist weniger Ertrag brachte als eine rein mineralische N-Düngung. Dies war nicht der Fall, vielmehr erreichte die kombinierte Düngung mit Stallmist tendenziell etwas höhere Erträge als die rein mineralisch höher gedüngte, jedoch stallmistfreie Variante.

Versuchsdauer entscheidend

Keine Frage: Langzeitversuche sind aufwändig! Wenn es aber um die Frage zur Wirkung von Düngern mit einem hohen Anteil an organisch gebundenem Stickstoff geht, sind für Beratungsaussagen lange Versuchslaufzeiten ein großer Gewinn, da sich daraus Trends ableiten lassen. Am Beispiel des Pucher Dauerdüngungsversuchs wird dies anhand von **Abbildung 3** ersichtlich, bei der die Entwicklung der mittleren Jahreserträge einer Fruchtfolge mit unterschiedlicher Düngung über einen Zeitraum von 12 Rotationen, das heißt 36 Versuchsjahren dargestellt ist.

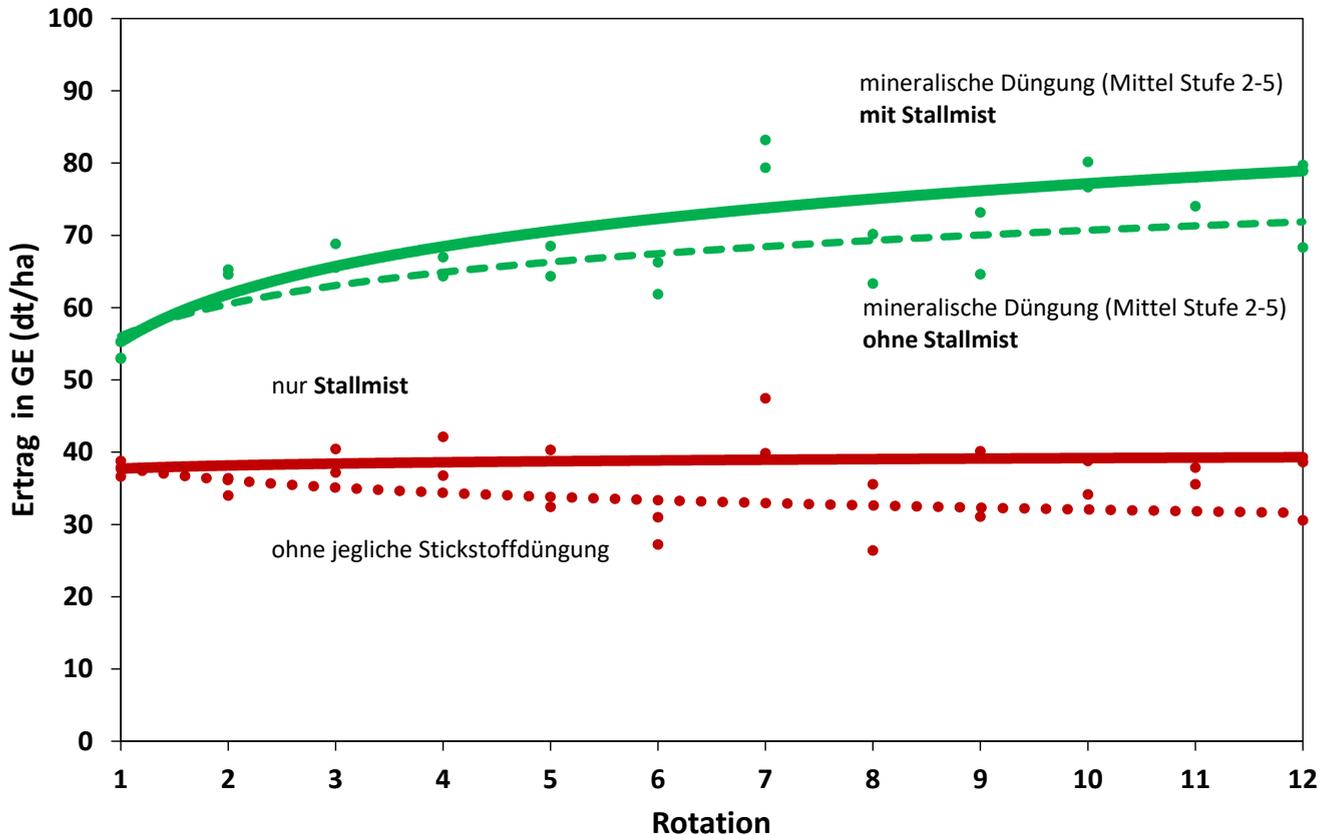


Abbildung 3: Entwicklung der mittleren Jahreserträge bei unterschiedlicher Stickstoffdüngung. Die Punkte sind die im Versuch ermittelten Werte, daraus wurden die dargestellten Trendlinien (grün, rot) berechnet.

Erkennbar ist auf den ersten Blick, dass sich im Trend die Ertragsabstände sowohl innerhalb als auch zwischen den einzelnen Düngungsvarianten mit zunehmender Versuchsdauer vergrößert haben. Dabei konnte bei Verzicht auf eine mineralische N-Düngung der gegebene Rinderfestmist zumindest ein niedriges Ertragsniveau langfristig sichern. Ohne jegliche Stickstoffdüngung (nur P-, K-, Mg-Düngung) fiel der Ertrag, wie erwartet, im Trend ab.

Deutlich wird auch, dass im ersten Viertel des Untersuchungszeitraums eine Ertragswirkung von Rindermist kaum vorhanden war und erst ab etwa der fünften Rotation deutlich sichtbar wurde. Dies liegt daran, dass sich im Laufe der Zeit immer mehr organischer Stickstoff aus dem Stallmist im Boden ansammelt und mineralisiert wird. Auch bei ausschließlich mineralischer Düngung waren im Trend ansteigende Ertragseffekte gegenüber fehlender Düngung zu verzeichnen. Dies kann dadurch erklärt werden, dass bei einer Düngung auch die unterirdische Biomasse gefördert wird und damit im Laufe der Zeit mehr Stickstoff für die Mineralisation als bei Versuchsbeginn zur Verfügung steht.

Wir halten fest: Stallmist wirkt – je länger eingesetzt, umso besser! Ableitbar ist aber auch, dass ein Versuch, welcher nach etwa 3-4 Rotationen, also 9-12 Jahren, abgebrochen worden wäre, andere Ergebnisse und damit auch andere Aussagen gebracht hätte als die vorliegende Langzeitbetrachtung.

Wieviel mineralischen Stickstoff ersetzt Stallmist?

Eine zentrale Frage der Versuchsauswertung war, wieviel mineralischer Stickstoff durch die gegebene Stallmistdüngung eingespart werden konnte. Anders gesagt: Wie effizient kann der im Stallmist enthaltene gesamte Stickstoff (organisch plus anorganisch) im Vergleich zu Kalkammonsalpeter, also schnell verfügbarem mineralischen Stickstoff, eingesetzt werden. Eine weitere Frage war, ob und inwieweit die bundeseinheitlich vorgeschriebenen Vorgaben der Düngeverordnung (DüV) zur Mindestwirksamkeit des Gesamtstickstoffs erreicht werden konnten. Eine wichtige Rolle spielt dabei das sogenannte Mineräldüngeräquivalent. (siehe Kasten)

Was bedeutet Mineräldüngeräquivalent (MDÄ) und wie wird es im Versuch bestimmt?

Das Mineräldüngeräquivalent (MDÄ) oder der Mineräldüngerwert ist eine wichtige Kennzahl der Stickstoffeffizienz von organischen Düngern im Vergleich zu mineralischen N-Düngern. Daraus lässt sich unter anderem ableiten, wieviel mineralischer Stickstoff durch eine organische Düngung eingespart werden kann, um gleiche Erträge zu erzielen.

Im Versuch wird das MDÄ ermittelt, indem man zu Varianten mit rein organischer bzw. organisch-mineralischer Düngung zusätzlich rein mineralisch gedüngte Varianten mit einer weit gespreizten N-Steigerung anlegt. Aus den dadurch gewonnenen Ertragskurven lassen sich die benötigten N-Mengen (organisch, mineralisch) ableiten und ins Verhältnis setzen. Im Versuch wurde das MDÄ bei einer mineralischen Ergänzungsdüngung im Bereich von 0-40 kg N/ha ermittelt.

Üblicherweise wird bei Stallmist oder Gülle das MDÄ in Prozent angegeben. So würde z.B. ein MDÄ von 25 Prozent bei Stallmist bedeuten, dass 100 kg über Stallmist ausgebrachter Gesamt-Stickstoff den gleichen Ertrag erzielen wie 25 kg mineralischer Stickstoff. Oder anders ausgedrückt: 100 kg Gesamtstickstoff im Stallmist ersetzen 25 kg mineralischen Stickstoff, um den gleichen Ertrag zu erzielen.

Naturgemäß kann die N-Effizienz der organischen Düngung zwischen den Jahren bzw. Rotationen stark schwanken. Dies war auch in Puch so (**Abbildung 4**). Dennoch lässt sich ein klarer Trend erkennen: Bei regelmäßiger Anwendung nimmt die Wirkung von Stallmist zu (**Abbildung 4, schwarze Linie**). Dies liegt unter anderem daran, dass sich zunehmend mehr organischer Stickstoff im Boden anreichert, woraus pro Jahr etwa 1-3 Prozent mineralisiert werden und dem Pflanzenwachstum zur Verfügung stehen. Daraus folgt für die Praxis, dass sich auf einer bisher nicht organisch gedüngten Fläche durch Stallmist kaum mineralischer N-Dünger einsparen lässt. Bei langjähriger Düngung jedoch schon.

So wurde im Mittel der Versuchslaufzeit in Puch ein Mineräldüngeräquivalent von 24 Prozent ermittelt (siehe auch **Tabelle 4, letzte Zeile**) welches gegen Ende der Untersuchungszeitraums im Trend auf rund 35 Prozent zunahm. Das bedeutet: Pro 100 Kilogramm mit Rindermist ausgebrachtem Gesamtstickstoff konnten gegenüber einer rein mineralischen N-Düngung 24 bzw. 35 Kilogramm mineralischer Stickstoff eingespart werden, um den gleichen Ertrag zu erzielen.

Betrachtet man die einzelnen Kulturen in Puch, so zeigte sich: Die höchste N-Ausnutzung des durch Stallmist ausgebrachten Stickstoffs (im Versuch 175 kg Gesamt-N pro Hektar) wurde innerhalb der dreijährigen Fruchtfolge zu Silomais erzielt. Also im Anwendungsjahr, das heißt im ersten Jahr nach der Ausbringung auf die Wintergerstenstoppel im Vorherbst (**Tabelle 4**).

Mindestwirksamkeit nach Düngeverordnung kaum erreicht

Nach Düngeverordnung (DüV) sind bei der Düngedarfsermittlung bei Rinderfestmist im Anwendungsjahr 25 Prozent des Gesamt-N an Mindestwirksamkeit anzurechnen. Dies wurde im Mittel der Jahre in Puch bei Silomais mit einem durchschnittlichen MDÄ von 17 Prozent nicht erreicht.

Nach Düngeverordnung sind darüber hinaus bei der Düngedarfsermittlung noch 10 Prozent des zur Vorfrucht gegebenen organischen Stickstoffs (Gesamt-N) als N-Nachlieferung anzurechnen. Damit wären in der Rotation insgesamt 35 Prozent des mit Rinderfestmistes ausgebrachten Stickstoffs als Mindestwirksamkeit (MDÄ) zu erreichen gewesen. In Puch konnte dieser Zielwert im ersten Drittel des Untersuchungszeitraum bei Weitem nicht erreicht werden (Abbildung 4). Erst im letzten Drittel der Versuchsperiode wurde in einzelnen Rotationen ein MDÄ von rund 35 Prozent gemessen, im Trend (Abbildung 4 schwarze Linie) würde dieser Werte erst nach über 36 Jahren Anwendungsdauer erreicht werden.

Beachtenswert ist zudem die negative bzw. sehr geringe Wirkung des Stallmistes in den ersten Jahren der Anwendung. Dies erklärt sich durch den zu Anfang noch strohreichen Stallmist (Bindung von Stickstoff, nicht Pflanzenverfügbar) und dadurch, dass sich die Nachlieferung von Stickstoff aus dem Dünger erst aufbauen musste.

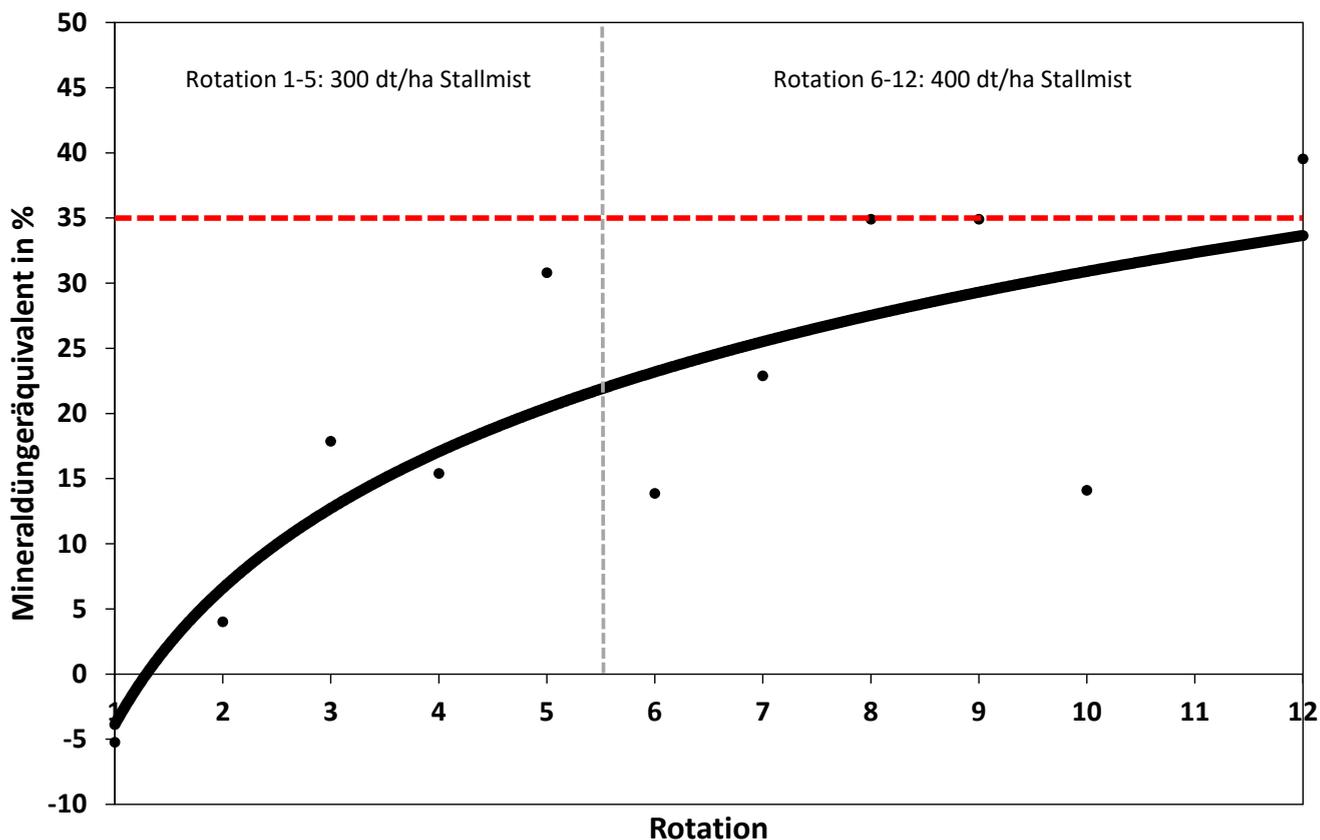


Abbildung 4: Wirkung des Gesamtstickstoffs von Stallmist im Vergleich zur mineralischen Düngung (Mineraldüngeräquivalent) im Verlauf von 12 Rotationen bei IOSDN-Versuch in Puch. schwarze Kurve: Trend; rote gestrichelte Linie: Zielwert Mindestwirksamkeit nach DüV.

Tabelle 4: Stickstoffwirkung (Mineraldüngeräquivalent) von nach Wintergerste ausgebrachtem Stallmist bei den einzelnen Kulturarten und in der Rotation (Mittel von 36 Versuchsjahren)

Fruchtart	Mineraldüngeräquivalent (MDÄ)
Silomais (1. Jahr nach der Ausbringung)	17 %
Winterweizen (2. Jahr nach der Ausbringung)	5 %
Wintergerste (3. Jahr nach der Ausbringung)	2 %
Gesamtwirkung Rotation (SM-WW-WG)	24 %

Fazit: Durch Stallmisteinsatz in der Fruchtfolge kann der Ertrag signifikant gesteigert bzw. der Aufwand an mineralischem N-Dünger deutlich reduziert werden. Dies jedoch erst bei langjährigem Einsatz. Die nach Düngeverordnung bei der Düngebedarfsermittlung anzusetzende Mindestwirksamkeit von Rinderfestmist wurden im Versuch jedoch nicht bzw. erst nach sehr langer Anwendungsdauer erreicht.