

19.08.2022

Wirkung einer Strohdüngung

In einem ortsfesten Dauerversuch im Landkreis Fürstenfeldbruck werden von der Bayerischen Landesanstalt für Landwirtschaft in enger Zusammenarbeit mit den Bayerischen Staatsgütern seit 1984 die Wirkungen unterschiedlicher Arten organischer Dünger zu einer Fruchtfolge mit Silomais, Winterweizen und Wintergerste geprüft. Dieser dritte von mehreren Beiträgen einer Auswertung über einen Zeitraum von 36 Jahren geht auf die Wirkung von Stroh hinsichtlich der erzielten Erträge und N-Effizienz ein.

Autoren:

David Schubert*, Lorenz Heigl*, Johanna Mießl*, Ulrich Dörfel**, Dr. Michael Diepolder*

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

**Versuchsstation Puch, Bayerische Staatsgüter, Fürstenfeldbruck

Beitrag im Bayerischen Landwirtschaftlichen Wochenblatt, Ausgabe 33/2022, S. 36-38

Stark gestiegene Mineraldüngerpreise rücken den Wert organischer Dünger wieder stärker in den Vordergrund. Doch lässt sich durch den Einsatz von organischen Düngern überhaupt mineralischer Stickstoff einsparen und wenn ja, wie viel und welche Rolle spielt dabei die Anwendungsdauer? Das betrifft auch die Frage, ob Getreidestroh nach der Ernte auf dem Acker belassen oder vielleicht doch lieber verkauft werden sollte.

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 Düngemaßnahmen zu verfolgen. Gerade wenn es um die Beurteilung der Stickstoffwirkung von organischen Düngern geht. Denn bei organischen Düngern wird der enthaltene Stickstoff erst im Laufe der Zeit 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 komplexen ortsfesten Langzeitversuchen ist in diesem Fall die bessere Wahl. Die dabei gewonnenen Ergebnisse können bereits bekanntes Wissen bestätigen. Gerade durch die teilweise jahrzehntelange Versuchsdauer besteht jedoch auch die Chance, neue Erkenntnisse zu Tage zu fördern. Dies besonders, wenn es beispielsweise um Fragen der Entwicklung von Kohlenstoff- bzw. Humusgehalten sowie der Humusqualität von Böden geht.

Ein solcher Langzeitversuch wurde Mitte der 1980er Jahre auf dem Versuchsgut Puch (Bayerische Staatsgüter) bei Fürstenfeldbruck begonnen. Er ist einer der letzten noch verbliebenen Versuche einer im gleichen Zeitraum begonnenen europaweiten Serie, welche Standorte mit unterschiedlichen Boden- und Klimaverhältnissen umfasste. Das gesamte Versuchskonzept am Standort Puch ist im Infokasten kurz zusammengefasst, wichtige Standortdaten enthält **Tabelle 1**.

Während Beiträge zur Wirkung von Stallmist und Rindergülle bereits in den Ausgaben 16 und 17 veröffentlicht sind, steht in diesem Beitrag die Düngewirkung von Stroh im Zentrum. Insgesamt wurde für die Auswertung ein Untersuchungszeitraum von 36 Jahren (1984-2019) bzw. zwölf kompletten Rotationen

einer dreigliedrigen Fruchtfolge (Rotation) mit den Früchten Silomais, Winterweizen und Wintergerste ausgewählt.

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. in der Fruchtfolge 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 mit Gülle oder Stallmist gedüngten Parzellen erhalten eine P/K-Ausgleichsdüngung mit Triple Superphosphat und Kornkali, im Frühjahr erhält der gesamte Versuch zudem eine Schwefel- und Magnesiumdüngung. Der pH-Wert des Bodens wird durch periodische Erhaltungskalkungen im optimalen Bereich gehalten.

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 Reißmoräne
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)



Abbildung 1: Das Stroh verbleibt nach der Gerstenernte auf der Versuchsparzelle (Bildquelle: LfL)

Die Strohdüngung erfolgt jeweils nach der Weizen- und Gerstenernte (**Abbildung 1**). Dabei wird das pro Versuchsparzelle anfallende Stroh gehäckselt und gleichmäßig auf die gesamte Parzelle verteilt.

In **Tabelle 2** ist die in der Fruchtfolge ausgebrachte organische (Stroh) und mineralische N-Düngung (Kalkammonsalpeter) aufgeführt. Ab dem 15. Versuchsjahr wurde die Düngung den allgemeinen Ertragsteigerungen angepasst. Folglich wurde bei den beiden Getreidefrüchten die mineralische Düngung bei den N-Stufen 2 bis 5 ab 1999 erhöht (Tabelle 2).

Die mineralische N-Düngung zu den einzelnen Varianten hatte eine große Spannweite. Dabei entspricht, über eine Rotation betrachtet, Stufe 5 einer N-Menge, die bewusst hoch angesetzt wurde. Bei Mais wurde bei der Saat eine Unterfußdüngung mit Kalkammonsalpeter (KAS) in Höhe von 30 kg N/ha durchgeführt.

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

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

Um Aussagen über die Wirkung von Düngemaßnahmen 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.

Kaum Ertragseffekte durch Strohdüngung

In **Tabelle 3** sind die mittleren jährlichen Erträge der drei einzelnen Fruchtarten sowie der mittlere Jahresertrag einer Rotation jeweils mit und ohne Strohdüngung bei unterschiedlichen Mengen an Mineraldünger für die zwei Zeiträume 1984-1998 und 1999-2019 dargestellt. Bei allen drei Fruchtarten führte, im Mittel der Jahre und N-Stufen, das Belassen von Stroh auf der Fläche zu keiner signifikanten Ertragsänderung. Eine Ausnahme stellt die Wintergerste im Zeitraum 1984-1998 dar. Hier wurden signifikant etwas niedrigere Erträge durch eine Strohdüngung erzielt.

Im Durchschnitt einer dreijährigen Fruchtfolge wurden durch die Strohdüngung trotz einer ergänzenden mineralischen N-Düngung (Mittel Stufe 2-5) im ersten Zeitraum (1984-1998) jährlich 2,7 GE pro Hektar weniger erzielt. Im zweiten Zeitraum (1999-2019) bestand praktisch kein Ertragsunterschied gegenüber strohfreier Düngung.

Tabelle 3: Erträge in Getreideeinheiten (GE) einzelner Fruchtarten und der Fruchtfolge bei unterschiedlicher mineralischer Düngung und Strohdüngung (Mittel der Untersuchungszeiträume 1984-1998 bzw. 1999-2019)

		1984-1998			1999-2019		
		Faktor 1 (organische Düngung)					
Faktor 2* (mineralische N-Düngung)		Ohne Stroh (Stufe 1)	Mit Stroh (Stufe 2)	Differenz mit/ohne	Ohne Stroh (Stufe 1)	Mit Stroh (Stufe 2)	Differenz mit/ohne
Stufe	Mittlere N-Menge (kg N/ha u. Jahr)	Erträge in GE (dt/ha)					
Silomais (SM)							
1	0	54,1	51,5	-2,6	52,0	54,0	+2,0
Mittel 2-5	125	71,2	70,8	-0,4	83,4	82,6	-0,8
Winterweizen (WW)							
1	0	32,6	34,4	+1,7	25,6	24,9	-0,7
Mittel 2-5	115	73,6	70,7	-2,9	73,5	74,4	+0,9
Wintergerste (WG)							
1	0	20,8	18,7	-2,1	18,8	18,3	-0,5
Mittel 2-5	90	42,2	37,5	-4,7	52,4	52,4	+0,0
Mittel Rotation SM-WW-WG							
1	0	35,8	34,9	-1,0	32,1	32,4	+0,3
Mittel 2-5	110	62,4	59,7	-2,7	69,7	69,8	+0,1

*alle Parzellen erhalten eine P/K-Ausgleichsdüngung mit Triple Superphosphat und Kornkali

Versuchsdauer entscheidend

Keine Frage: Langzeitversuche sind aufwändig! Wenn es aber um die Frage zur Wirkung von organischen Düngern, insbesondere von solchen mit geringem Anteil an schnell verfügbarem Stickstoff (Stallmist, Stroh) 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 2** 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.

Für Abbildung 2 wurde auch die Rotation 1-5 mit einbezogen (grau hinterlegt), obwohl in diesem Zeitraum die mineralische Düngung nicht identisch mit Rotation 6-12 war. Es handelt sich somit bei den dargestellten Trendlinien um eine eher schematische Darstellung, aus der jedoch die langfristige Ertragsentwicklung der Strohdüngung im Versuch ersichtlich wird.

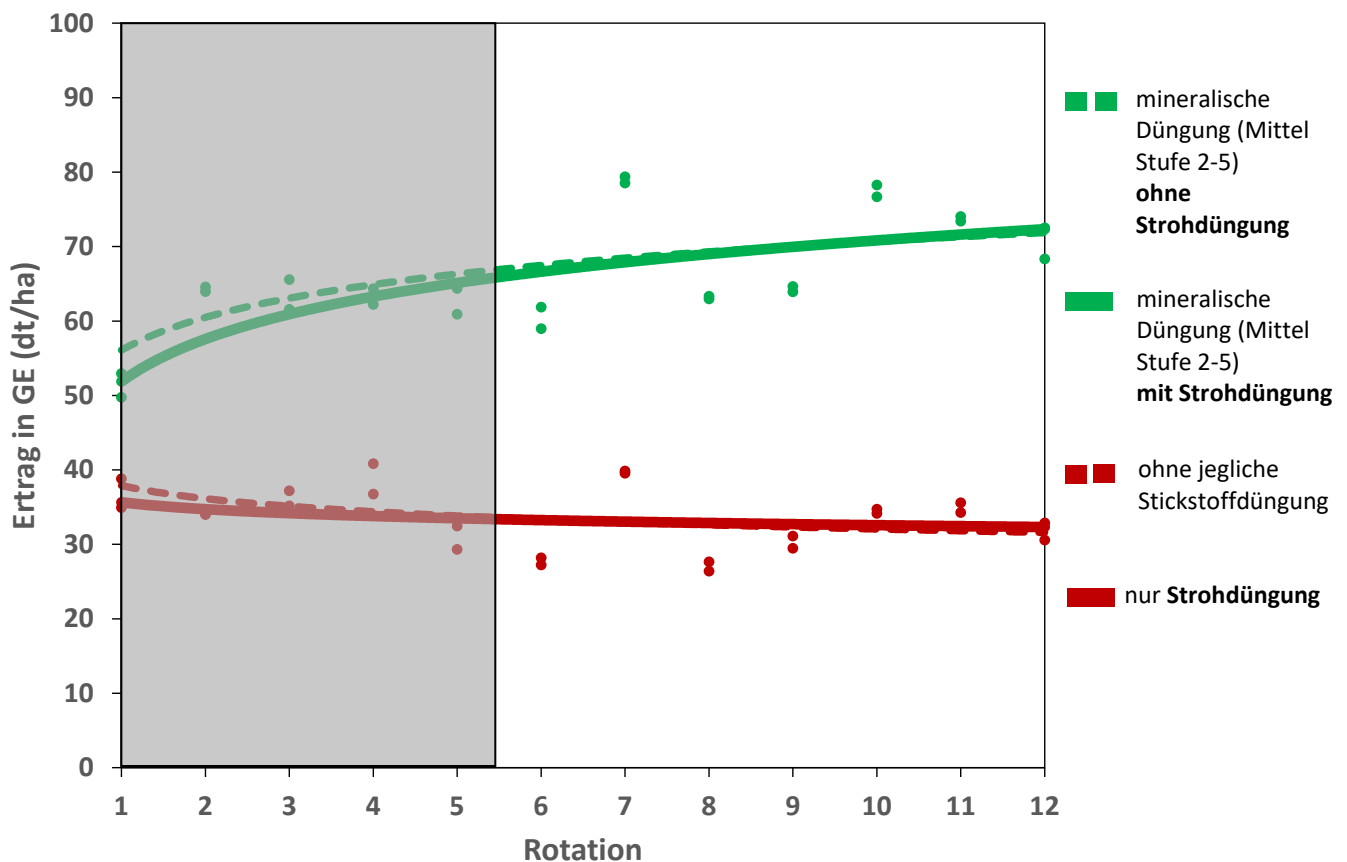


Abbildung 2: Entwicklung der mittleren Jahreserträge bei unterschiedlicher Stickstoffdüngung. Die Punkte sind die im Versuch ermittelten Werte, daraus wurden die dargestellten Trendlinien (grün, rot) berechnet.

Auf den ersten Blick ist erkennbar, dass die Erträge bei mineralischer und mineralisch-organischer Düngung im Trend zunehmen und dass sich die Ertragsabstände zwischen den Varianten mit und ohne Strohdüngung mit zunehmender Versuchsdauer verkleinert haben. Dabei konnte bei Verzicht auf eine mineralische N-Düngung durch den Strohverbleib das niedrige Ertragsniveau nach anfänglichen Ertragsrückgang, langfristig tendenziell gehalten werden. Ohne jegliche Stickstoffdüngung (nur P-, K-, Mg-Düngung) fiel der Ertrag, wie erwartet, im Trend leicht ab.

Anzumerken ist, dass mit der Steigerung der Düngermengen ab der sechsten Rotation auch eine Optimierung weiterer Produktionsbedingungen (Bodenbearbeitung, Pflanzenschutz) einher ging. Daher sind die oben genannten Ertragszuwächse nicht allein auf die Düngung zurückzuführen.

In den ersten Jahren nach Versuchsbeginn zeigt sich vor allem ein negativer Ertragseffekt durch die Strohdüngung. Dies ist auf das weite Kohlenstoff/Stickstoff-Verhältnis (C/N-Verhältnis) von Stroh zurück zu führen. Dadurch wird mineralisierter bzw. mineralischer Stickstoff im Boden gebunden und steht den Pflanzen nicht mehr zu Verfügung. Die mit der Zeit zunehmende Annäherung der Kurven der zusätzlich mit Stroh gedüngten zu den rein mineralisch gedüngten Varianten lässt sich darauf zurückführen, dass sich im Laufe der Zeit immer mehr organischer Stickstoff im Boden ansammelt und mineralisiert wird. Auch bei ausschließlich mineralischer Düngung waren im Trend ansteigende Ertragseffekte zu verzeichnen. Dies kann dadurch erklärt werden, dass eine Düngung auch die unterirdische Biomasse fördert und damit im Laufe der Zeit mehr Stickstoff für die Mineralisation zur Verfügung steht.

Welche Düngewirkung hat Stroh?

Eine zentrale Frage der Versuchsauswertung war, ob und wieviel mineralischer Stickstoff durch eine langfristige Strohdüngung eingespart werden konnte (Wirkung der organischen Düngung, siehe Kasten).

Wichtig zu erwähnen ist, dass bei dem hier dargestellten Vergleich nur die Düngewirkung von Stickstoff betrachtet wird. Sonstige Hauptnährstoffe sind auf den einzelnen Versuchspartzellen durch Ausgleichsdüngung nicht im Mangel und damit nicht ertragsrelevant.

Wie wird die Wirkung der organischen Düngung im Versuch bestimmt?

Die Wirkung der organischen Düngung ist eine besonders interessante Kennzahl der Stickstoffeffizienz von organischen Düngern im Vergleich zu mineralischen N-Düngern. Daraus lässt sich unter anderem ableiten, wieviel mineralischer Stickstoff (Mineraldünger) durch eine organische Düngung eingespart werden kann bzw. zusätzlich aufgewendet werden muss, um gleiche Erträge wie bei rein mineralischer Düngung zu erzielen.

Hierfür werden die Ertragskurven (z.B. in Getreideeinheiten) bei rein mineralischer Düngung mit den Ertragskurven bei zusätzlicher organischer Düngung (hier Stroh) miteinander verglichen. Bei gleichem Ertragsniveau kann aus der Differenz der hierfür jeweils (ohne Stroh, mit Stroh) erforderlichen Höhe der mineralischen N-Düngung die N-Wirkung der organischen Düngung ermittelt werden.

Wenn beispielsweise bei der kombinierten organischen und mineralischen Düngung mit 25 kg N/ha über mineralischen Dünger derselbe Ertrag erzielt wird wie bei rein mineralischer Düngung mit 50 kg N/ha, dann ergibt sich aus der Differenz eine Wirkung der organischen Düngung von 25 kg N/ha.

Betrachtet man die einzelnen Kulturen in Puch, so zeigte sich: Die negativste Wirkung, d.h. eine starke N-Bindung durch die Strohdüngung wurde im Mittel des ersten Versuchszeitraums innerhalb der dreijährigen Fruchtfolge zu Wintergerste festgestellt (**Tabelle 4**). Im zweiten Versuchszeitraum ist zwar keine negative, aber auch keine positive Wirkung durch Stroh festzustellen.

Nach Winterweizen verbleibt viel stickstoffbindendes Stroh auf dem Acker. Aus diesem Grund reagierte die Wintergerste in den ersten Jahren stark negativ auf die Strohdüngung. Nach ein paar Jahren der Anreicherung wird jedoch von August (nach der Weizenernte) bis September die angereicherte organische Bodensubstanz mineralisiert und steht für die Gerste zur Verfügung. Dies begründet teilweise die rasche Zunahme der Strohwirkung bei Gerste.

Unter den gegebenen Versuchsbedingungen wird der nach Wintergerste angebaute Mais nur wenig und vor allem zu Beginn durch das anfallende Gerstenstroh beeinflusst. Dies mag zum einen an der sehr guten Stickstoffausnutzung von Mais liegen, zum anderen hinterlässt die Gerste möglicherweise etwas Stickstoff im Boden, welcher vom Mais genutzt werden kann.

Obwohl der Mais viel Stickstoff aus dem Boden entzieht, nach der Silomaisernnte aber kein Stickstoff bindendes Stroh auf dem Acker zurückbleibt, wird der Winterweizen nicht so stark wie die Gerste durch das in der Rotation anfallende Stroh beeinflusst.

Tabelle 4: Stickstoffwirkung von Stroh bei den einzelnen Kulturarten.

Fruchtart	Strohwirkung in kg N/ha	
	Mittel 1984-1998	Mittel 1999-2019
Silomais	-4	0
Winterweizen	-6	0
Wintergerste	-18	0
Mittelwert Rotation	-10	0

Sieht man sich die Entwicklung der Stickstoffwirkung für die Fruchtfolge auf dem Standort Puch im Zeitverlauf an, zeigt sich ein klarer Trend: Bei regelmäßiger Anwendung steigert sich die (anfangs negative) N-Wirkung von Stroh (**Tabelle 4, Abbildung 3**). Eine minimal positive Stickstoffwirkung (durch Mineralisierung) wurde im Versuch jedoch erst nach über 24 Jahren erreicht. Daraus folgt für die Praxis: Auch bei langjähriger Anwendung lässt sich durch den Verbleib von Getreidestroh auf dem Feld quasi kein mineralischer Stickstoff einsparen. Vorher ist es eher so, dass die Strohhrotte mineralischen bzw. mineralisierten Stickstoff „verbraucht“ bzw. etwas Ertrag kostet.

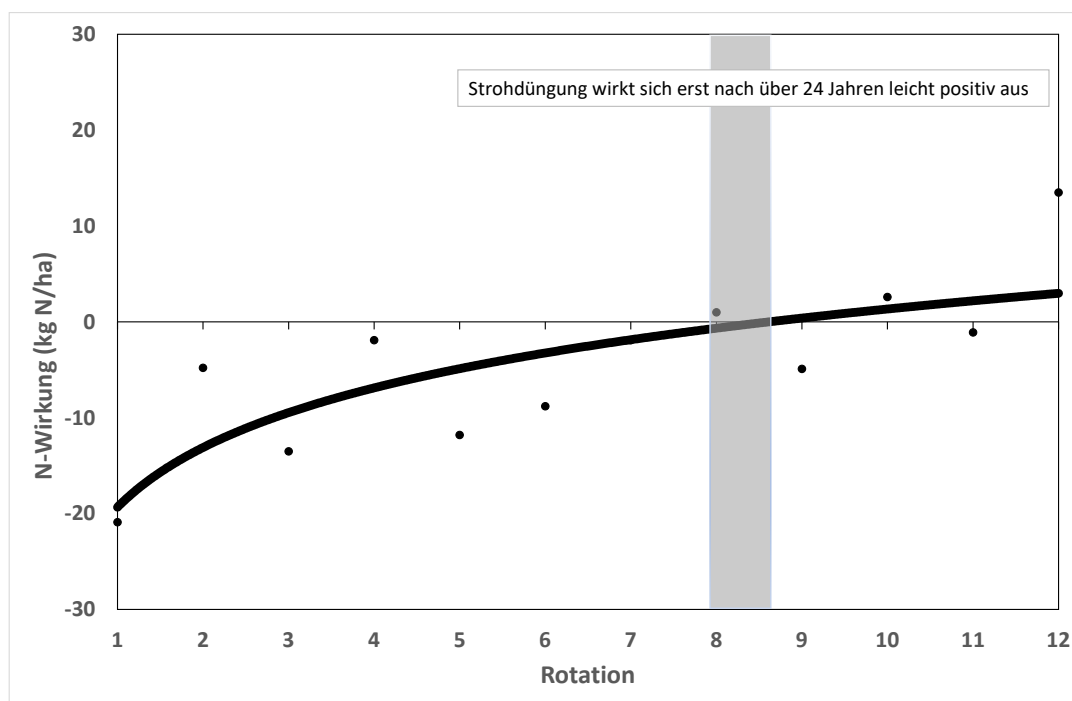


Abbildung 3: Wirkung einer Strohdüngung im Vergleich zu einer rein mineralischen Düngung im Verlauf von 12 Rotationen beim IOSDN-Versuch in Puch. Die Punkte sind die im Versuch ermittelten Werte, daraus wurde die dargestellte Trendlinie (schwarz) berechnet.

Fazit und Ausblick: Durch das Belassen von Stroh auf dem Acker kann der Ertrag in den ersten Jahren etwas sinken, dies zeigen die in Puch gewonnenen Ergebnisse eindeutig. Ein leichter, positiver Trend durch eine Strohdüngung konnte hier im 36-jährigen Versuchszeitraum erst nach über 24 Jahren erreicht

werden. Es ist zu erwarten, dass sich in den kommenden Jahren tendenziell eine leichte Überlegenheit der strohgedüngten Parzellen ergibt. Bislang profitierte im Mittel keine der angebauten Kulturen von einer Strohdüngung.

Unter diesem Aspekt wäre es sinnvoll, das Getreidestroh nicht auf dem Feld zu belassen, sondern zu verkaufen. Zudem kann bei entsprechenden Marktpreisen ein Strohverkauf lukrativ sein.

Andererseits ist der Verbleib von Stroh auf dem Feld positiv für die Humusbilanz, gerade bei Fruchtfolgen mit hohen Anteilen an Kartoffeln, Zuckerrüben und Silomais. Das Belassen von Stroh auf dem Acker trägt bekanntermaßen zum Humuserhalt und den damit verbundenen positiven Wirkungen auf Bodenleben, biologische Aktivität, Durchwurzelbarkeit, Porenvolumen und Wasserhaltefähigkeit bei. Dies ist vor allem bei strukturschwachen bzw. zur Verschlämmung neigenden Böden wichtig. Regelmäßiger Strohverkauf schmälert diese positiven Effekte. Auch ist es einzelbetrieblich zu erwägen, ob es sinnvoll ist, regelmäßig (teure) Nährstoffe aus dem Betriebskreislauf zu entfernen, gerade bei Ackerbaubetrieben bzw. bei Flächen mit niedrigen Gehalten an Phosphat und Kali. Ebenfalls ist Stroh die Basis für Stallmist, einem Dünger mit durchaus positiver N-Wirkung, wie der Beitrag in Ausgabe 15 zeigte.

Letztendlich gilt es, den Verkauf von Stroh einzelbetrieblich genau abzuwägen. Eine einfache, pauschale Empfehlung kann aus den Versuchsergebnissen nicht abgeleitet werden. Die ausschließliche Betrachtung der Stickstoffwirkung greift bei diesem organischen Dünger zu kurz.

Ein weiterer Artikel zur N-Düngewirkung des Zwischenfruchtanbaus folgt im Herbst.