

Fachinformationen Landwirtschaft

Effizienter Nährstoffeinsatz beim Silomais in einem tierhaltenden Betrieb

Bericht zur Praxisdemonstration 2023
im Auftragsgebiet Südsachsen zum Thema Nitrat

1 Versuchsfrage

Mais kann aufgrund der langen Vegetationszeit über Sommer beachtliche Anteile seines Nährstoffbedarfes durch die Stickstoffnachlieferung aus der organischen Substanz des Bodens decken. Dieser Umstand wird bei der Düngebedarfsermittlung nach Düngeverordnung (DüV) nicht angemessen berücksichtigt, ist jedoch insbesondere auf tiefgründigen, regelmäßig organisch gedüngten Böden von Bedeutung. Weiterhin ist zu beachten, dass im Mais bei Einsatz flüssiger organischer Dünger eine höhere N-Ausnutzung – als nach DüV vorgesehen – erreicht werden kann. Voraussetzung hierfür ist die Minimierung gasförmiger N-Verluste bei der Ausbringung. Anliegen der Praxisdemonstration ist es, die genannten Zusammenhänge in einem viehhaltenden Betrieb zu veranschaulichen. Mit Blick auf die Vermeidung hoher Rest-N_{min}-Gehalte im Herbst sollen weiterhin verschiedene Verfahren zur Überprüfung des aktuellen N-Ernährungszustandes im Bestand Anwendung finden.

2 Ausgangsbedingungen

Betrieb:	Markersdorfer Agrar GmbH
Ort:	Friedersdorf
Oberflächengewässerkörper:	Weißer Schöps 1
Grundwasserkörper:	Reichenbach
Bodentyp:	Pseudogley-Parabraunerde aus periglaziärem Grus führendem Schluff über tiefem periglaziärem Grus führendem Sand
Bodenart:	mittel toniger Schluff (Ut3), 59 Bodenpunkte

Fruchtart:

Mais

nach

Gründungszwischenfrucht

Der Versuchsschlag ist durch eine optimale Grundnährstoffversorgung gekennzeichnet. Zusätzlich zum Gehalt an P_{CAL}-löslichem Phosphor wurde die P-Freisetzungsrates (Methode nach Floßmann und Richter, 1982¹) im Labor bestimmt. Demnach kann am Standort mit einer hohen Nachlieferung aus der festen Phase des Bodens in die Bodenlösung gerechnet werden, sodass insgesamt von einer guten P-Bereitstellung aus dem Boden auszugehen ist.

Die N_{min}-Werte unter dem über Winter abgefrorenen Zwischenfruchtbestand (Abbildung 1) lagen im standorttypischen Bereich (Tabelle 1). Im Oberboden des mittel tonigen Schluffs sind sehr hohe Mengen an Gesamtstickstoff (über 7000 kg N/ha) gespeichert. Das enge C/N-Verhältnis lässt auf eine potentiell hohe N-Freisetzung aus der Ackerkrume bei entsprechender Erwärmung und ausreichender Bodenfeuchte schließen. Darüber hinaus dürfte unter günstigen Bedingungen auch die N-Mineralisation aus den Ernte- und Wurzelrückständen der Zwischenfrucht potentiell zur N-Ernährung des Mais beitragen.

Tabelle 1: Grundnährstoffversorgung auf dem Demonstrationsschlag (Ergebnisse der Bodenbeprobung vor Versuchsanlage im Frühjahr 2023 in der Bodenschicht 0-30 cm) (Einstufung der Gehaltsklasse nach der vorherrschenden Bodenart Lehm)

pH-Wert	P _{CAL}	K _{CAL}	Mg _{CaCl2}	C _t	N _t	C/N
	mg/100 g Boden			%	%	-
7,2 (D)	3,91 (C*)	11,8 (C)	10,8 (E)	1,3	0,17	7,6

* aufgrund der hohen Freisetzungsrates eingestuft als C

Tabelle 2: N_{min}- Gehalte im Frühjahr (Probenahme am 19.04.)

Probe	Bodentiefe	N _{min} kg/ha	Wasser, l/m ²
Mischprobe	0 - 30 cm	19	85
	30 - 60 cm	15	84
	0 - 60 cm	34	169



Abbildung 1: kräftig entwickelter und vollständig über Winter abgefrorener Zwischenfruchtbestand (Senf, Öllein und Ramtillkraut)

¹ FLOSSMANN, R.; RICHTER, D. (1982): Extraktionsmethode zur Charakterisierung der Kinetik der Freisetzung von P aus der festen Phase des Bodens in die Bodenlösung.

3 Anlageplan

Im Demonstrationsbetrieb ist der effiziente Einsatz der in der Milchviehhaltung anfallenden Rindergülle von Bedeutung. Diese ist jedoch durch geringe Nährstoffkonzentrationen gekennzeichnet. Im betriebsüblichen Verfahren kommt nach dem Umbruch der Zwischenfrucht und flachen Einarbeitung der Rindergülle daher zusätzlich vor der tiefen Bodenbearbeitung noch Gärrest aus der benachbarten Biogasanlage zum Einsatz. Dank der günstigen Nährstoffzusammensetzung und guten Fließeigenschaften bietet es sich an, den Gärrest im Frühjahr auch im stehenden Getreide oder im Grünland und Feldgras (zum 1. Schnitt) einzusetzen. Dies setzt jedoch eine entsprechende Befahrbarkeit der Flächen voraus und ist zudem an die Verfügbarkeit bodenschonender Gülleausbringtechnik gebunden.

Vor dem Hintergrund der im Nitratgebiet zu reduzierenden N-Mengen war es im Betrieb zunächst von Interesse, ob der mineralische Unterfußdünger bei betriebsüblicher organischer Düngung in Gänze eingespart werden kann bzw. ob es sinnvoll ist, diesen ggfs. durch einen „nährstofffreien“ Unterfußdünger auf Biostimulantienbasis (Profi Terra Explorer 20) zu ersetzen. Weiterhin wurde die ausschließliche Düngung mit der im Betrieb anfallenden Rindergülle bei abgestuften Unterfußdüngereinsatz geprüft. Dieses Vorgehen ist vor allem dann interessant, wenn der flüssige Gärrest sinnvoll auf den Getreideflächen im Betrieb eingesetzt werden kann und Teile des betrieblichen N-Düngerkontingents für den Weizen auf den ertragreichen Flächen „aufgespart“ werden sollen. Auf dem lehmigen, regelmäßig organisch gedüngten Standort war zudem die Abschätzung der Nährstoffnachlieferung aus dem organischen Pool des Bodens sowie aus der gut entwickelten Zwischenfrucht von Bedeutung. Daher blieb im Frühjahr ein Streifen ungedüngt (Tabelle 3, Abbildung 2).

Abbildung 3 zeigt die für den Schlag erstellte Potenzialkarte. Diese beruht auf Satellitenbildern der Jahre 2019 und 2022, welche den auf der Fläche angebauten Getreidebestand in der Phase der Abreife Ende Juni zeigen. Deutlich wird hieraus, dass der Versuch auf einer schwächeren Teilfläche des Schlages platziert war. Die Lage an der weitgehend verkehrsberuhigten Straße war jedoch mit Blick auf die Durchführung des landesweiten Feldtages alternativlos.

Tabelle 3: Prüfvarianten in der Praxisdemonstration

Variante	organische Düngung	Unterfußdüngung
1	ungedüngte Kontrolle (zur Beurteilung der Nährstoffnachlieferung am Standort)	
2	20 m ³ /ha Rindergülle	ohne Unterfußdüngung
3	20 m ³ /ha Rindergülle	„Profi Terra Explorer 20“ (150 kg/ha)
4	20 m ³ /ha Rindergülle	Harnstoff (75 kg/ha)
5	20 m ³ /ha Rindergülle + 20 m ³ /ha Gärrest	„Profi Terra Explorer 20“ (150 kg/ha)
6	20 m ³ /ha Rindergülle + 20 m ³ /ha Gärrest	Harnstoff (75 kg/ha)

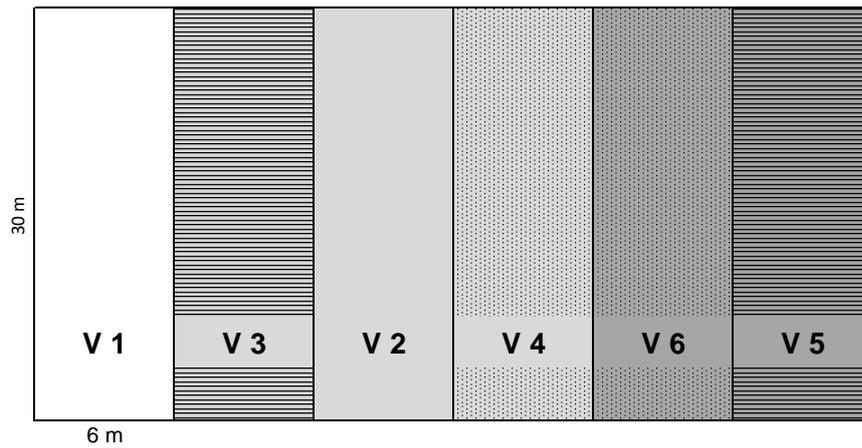


Abbildung 2: Anlageplan der Praxisdemonstration

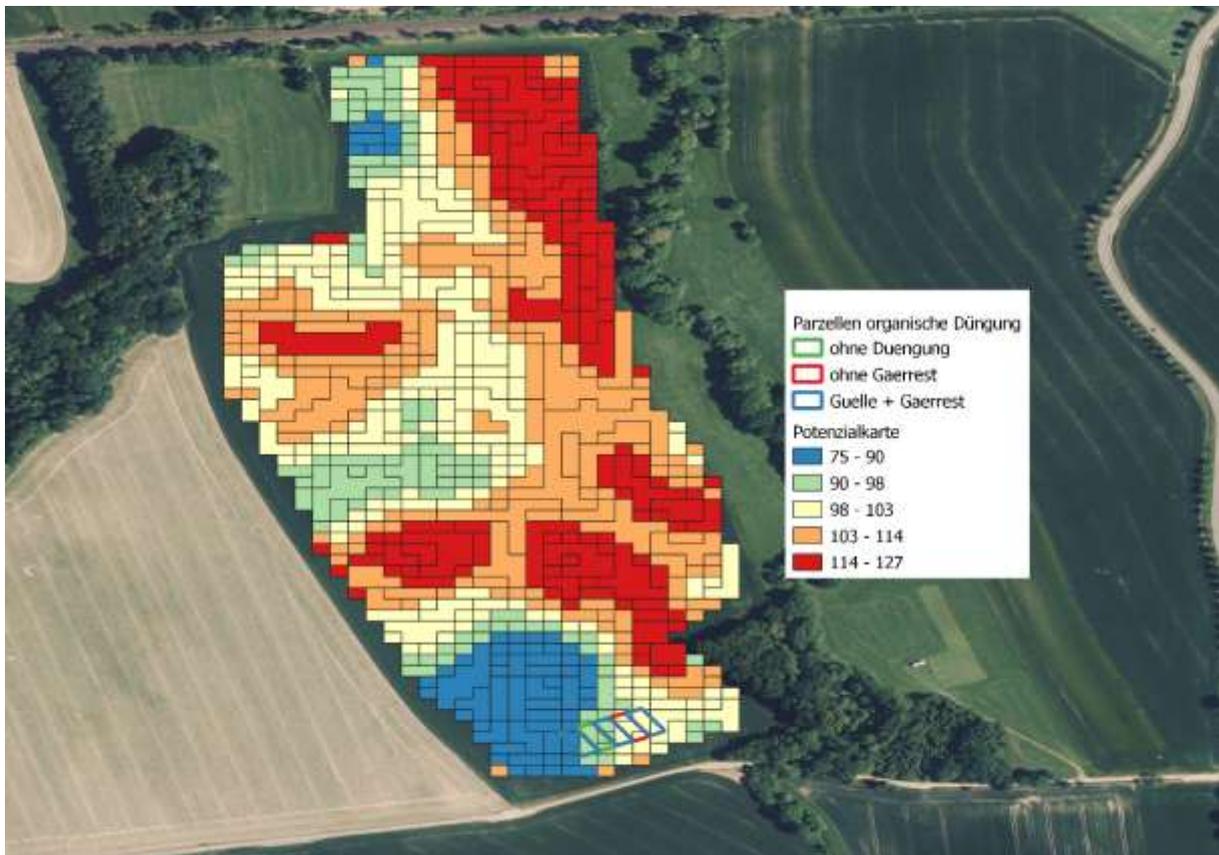


Abbildung 3: Potenzialkarte für den Demonstrationsschlag

4 Material und Methoden

4.1 Einschätzung der Witterungssituation im Untersuchungszeitraum

Die Wetterstation Görlitz des DWD liegt rd. 10 km nordöstlich vom Versuchsschlag entfernt. Die durchschnittlichen Niederschlagswerte und Lufttemperaturen (jeweils Monatsmittel) für den Berichtszeitraum finden sich in Abbildung 4 und 5.

Die Witterungssituation im Versuchsverlauf war zunächst durch ergiebige Niederschläge im Spätsommer 2022 sowie einen überdurchschnittlich warmen Oktober gekennzeichnet. Die frühzeitig nach der Getreideernte gedrillte Zwischenfrucht konnte somit noch einen kräftigen Bestand ausbilden. Die Frühjahrsarbeiten erfolgten bei ungewöhnlich kühlen und niederschlagsreichen Bedingungen. Insbesondere auf den lehmigen Böden in der Region verzögerte sich die Maisaussaat spürbar.

Angesichts der komfortablen Bodenfeuchtesituation lief der Bestand Ende Mai zügig und gleichmäßig auf. Die Jugendentwicklung verlief aufgrund der kühlen Temperaturen im Mai zunächst noch verhalten mäßig. Die gleichzeitige Trockenheit hatte zu diesem Zeitpunkt noch keine Auswirkungen auf die Jungpflanzen. Mit Einsetzen der Niederschläge im Juni und bei gleichzeitigem Anstieg der Temperaturen fand der Bestand optimale Bedingungen für das Längenwachstum vor. Die nach dem zu trockenen Juli im August wieder einsetzenden Niederschläge konnte der Mais noch für die Ertragsbildung, v. a. zur Ausbildung der Kolben, gut nutzen. Weiterhin ermöglichten diese eine harmonische Restpflanzenabreife im trockenen und überdurchschnittlich warmen September.

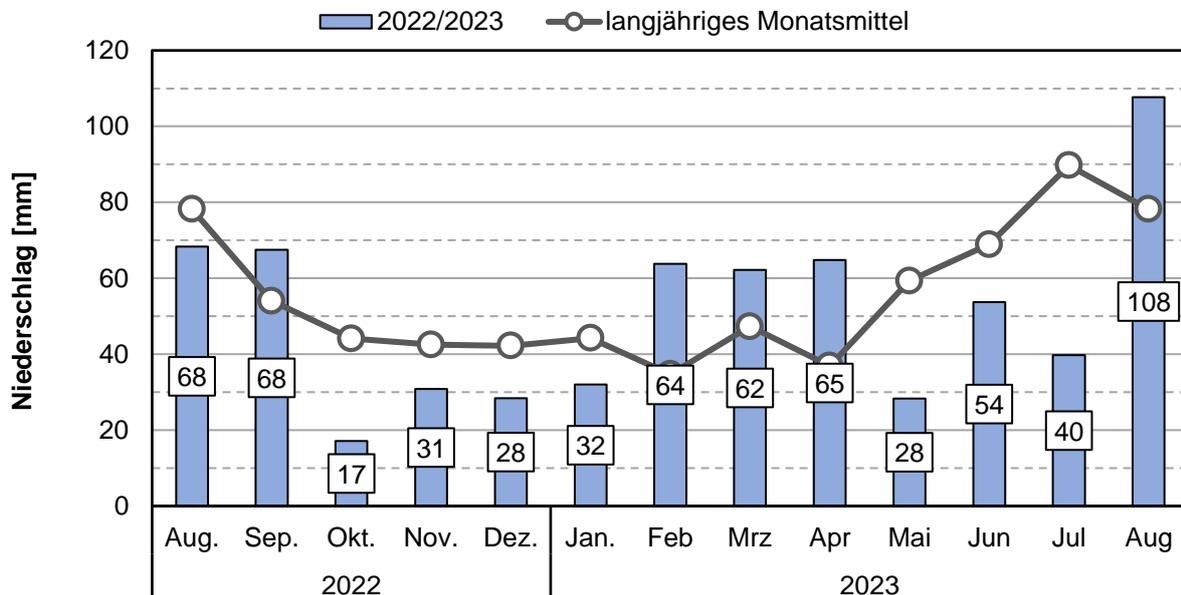


Abbildung 4: monatlicher Niederschlag im Zeitabschnitt August 2022 bis August 2023 im Vergleich zum langjährigen Mittel (Quelle: DWD-Station Görlitz)

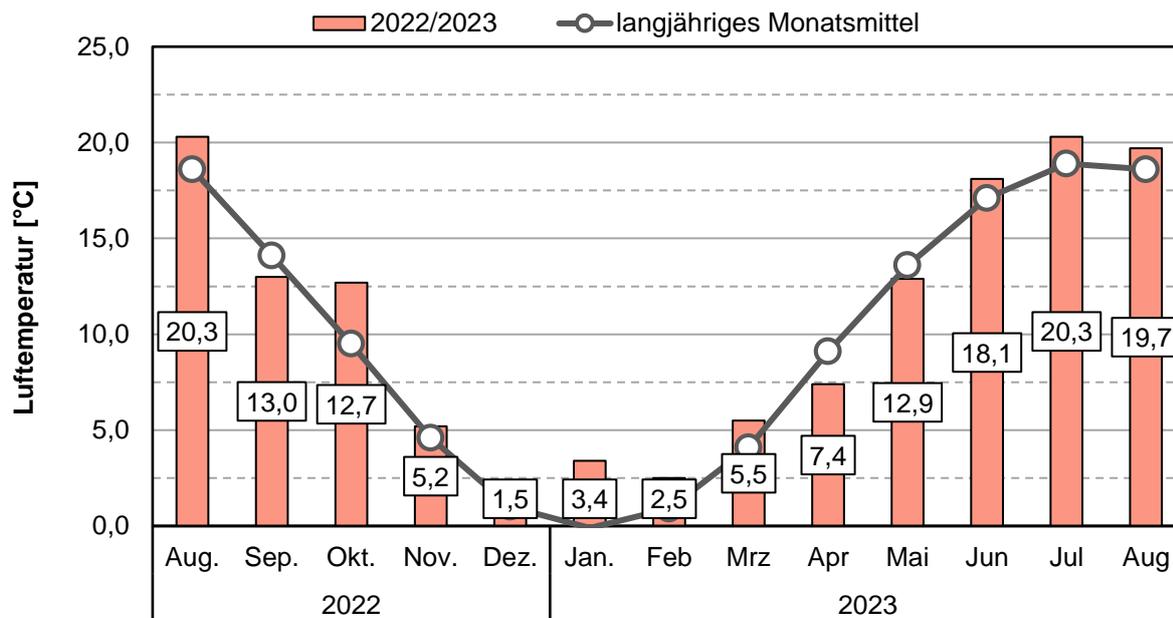


Abbildung 5: Monatsmitteltemperaturen im Zeitabschnitt August 2022 bis August 2023 im Vergleich zum langjährigen Mittel (Quelle: DWD-Station Görlitz)

4.2 Versuchsdurchführung

Die im Frühjahr nach DüV ermittelte N-Obergrenze für den Maisbestand auf der Fläche lag bei 140 kg N/ha bzw. die für das Nitratgebiet zu orientierende N-Obergrenze (80 % des N-Düngebedarfs) bei 112 kg N/ha. Eingang in die Bedarfsermittlung fanden das mehrjährige betriebliche Ertragsniveau (565 dt FM/ha bei 28 % TS), der im Frühjahr in der Bodenschicht bis 90 cm anzurechnende N_{\min} (83 kg N/ha) des Betriebes sowie die N-Nachlieferung aus der organischen Düngung zur Zwischenfrucht (-5 kg N/ha) im Vorjahr.

Erwähnenswert ist, dass der Mitte April im Bereich des Versuches gemessene N_{\min} -Wert sichtbar unterhalb des Betriebswertes lag, was zu einer sichtbar höheren Düngeempfehlung führen würde, beim Mais jedoch nicht als zweckmäßig anzusehen ist. Vermutlich wurden bei der N_{\min} -Probe des Betriebes im Februar bereits Teile des aus dem abgefrorenen Senfbestand mineralisierten Stickstoffs miterfasst. Die Ausbringung der flüssigen organischen Dünger erfolgte am Vortag der Aussaat bei noch kühlen Bedingungen, weshalb nur von geringen gasförmigen Verlusten auszugehen war. Die Mengen an Gärrest und Gülle beliefen sich auf jeweils 20 m³/ha. Die zweite Bodenbearbeitung erfolgte auf 15 cm Tiefe.

Tabelle 4 zeigt die Nährstoffzusammensetzung der ausgebrachten flüssigen organischen Dünger. Weiterhin sind in Tabelle 5 die mit den organischen und mineralischen Düngern in den jeweiligen Varianten ausgebrachten Mengen an Gesamt- und Ammoniumstickstoff dargestellt. Im Profi Terra Explorer sind keine anzurechnenden N-Mengen enthalten.

Tabelle 4: Nährstoffzusammensetzung des im Versuch ausgebrachten flüssigen Gärproduktes

analytischer Befund	Einheit	Rindergülle	Gärrest
		In der Originalsubstanz	In der Originalsubstanz
Trockensubstanz (TS)	kg/t	40	51
organische Substanz	kg/t	32,8	32,3
Stickstoff gesamt	kg/t	2,2	4,2
Ammonium-Stickstoff	kg/t	1,1	2,9
pH-Wert	-	7,0	7,8
Calcium	kg/t	1,33	1,8
Phosphor	kg/t	0,49	0,8
Kalium	kg/t	1,92	3,8
Magnesium	kg/t	0,41	1,0
Schwefel	kg/t	0,33	0,3

Tabelle 5: ausgebrachte Nährstoffmengen in der Praxisdemonstration

(verfügbare N aus organischen Düngern entspricht dem Ammonium-N)

Parameter	EH	Variante			
		2/3 Rindergülle ohne UFD / Xplorer	4 Rindergülle + HD	5 Rindergülle + Gärrest +Xplorer	6 Rindergülle + Gärrest + HD
Gesamt-N aus Rindergülle	kg/ha	44	44	44	44
verfügbare N aus Rindergülle	kg/ha	22	22	22	22
Gesamt-N aus Gärrest	kg/ha	0	0	84	84
verfügbare N aus Gärrest	kg/ha	0	0	58	58
verfügbare N aus Mineraldünger	kg/ha	0	35	0	35
Gesamt-N aus Organik	kg/ha	44	44	128	128
Gesamt-N aus Organik und MD	kg/ha	44	79	128	163
verfügbare N aus Organik und MD	kg/ha	22	57	80	115

HD = Harnstoff

Mit Ausnahme der N-Düngung wurden alle übrigen Maßnahmen auf dem Schlag einheitlich durchgeführt (Tabelle 6). Die Pflanzenschutzmaßnahme Mitte Juni kam aus betriebsorganisatorischen Gründen etwas spät. Daher musste der starke Windhalmndruck in den Ernteparzellen mechanisch von Hand reguliert werden.

Tabelle 6: anbautechnische Daten zur Praxisdemonstration im Jahr 2022

Parameter	Beschreibung
Vorrüchte	Weizen, anschließend gut entwickelter Zwischenfruchtbestand (Senf, Öllein und Ramtillkraut), etabliert in Direktsaat
Bodenbearbeitung	1 x flach eingescheibt (Einarbeitung Organik) 1 x gegrubbert auf 15 cm Arbeitstiefe
Gülleausbringung	10.05.2023
Saattermin	11.05.2023
Saatstärke	8,5 kf. Köner/m ²
Pflanzenschutz	betriebsüblich
Ernte	19.09.2023

5 Ergebnisse

5.1 Entwicklung des N_{\min} am Standort bis zum Einsetzen des Längenwachstums

Um die in hohem Maße vom Standort, aber auch von den jahresspezifischen Witterungsbedingungen, abhängige N-Nachlieferung aus der organischen Bodensubstanz einschätzen zu können, wurden bis Mitte Juni in der ungedüngten Maisparzelle kontinuierlich und ortstreu Bodenproben realisiert.

Abbildung 6 zeigt die Entwicklung des N_{\min} im Oberboden ausgangs des Winters bis zum einsetzenden Längenwachstum des Mais. Bis Mitte Juni zeigte sich nur ein vergleichsweise geringer Anstieg des N_{\min} . Die mikrobielle Umsetzung im Boden bei kühlen Bodentemperaturen und vergleichsweise extensiver Bearbeitung verlief nur sehr zögerlich.

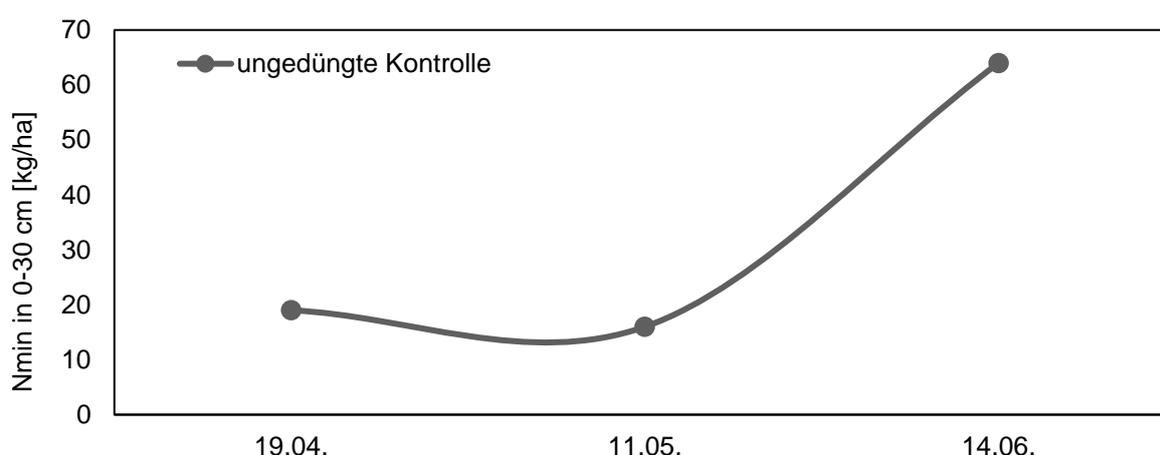


Abbildung 6: Entwicklung des N_{\min} im Oberboden (0 – 30 cm) in der ungedüngten Kontrolle von Mitte April bis zum Einsetzen des Längenwachstums

5.2 Jugendentwicklung des Mais

Der Mais lief etwa 12 Tage nach der Aussaat gleichmäßig und zügig auf. Bis Mitte Juni entwickelten sich die Pflanzen in den Prüfvarianten weitgehend einheitlich. Lediglich die ungedüngte Kontrolle sowie die Variante Rindergülle ohne Harnstoff Unterfuß zeigten anfangs einen tendenziell schwächeren Wuchs. Ein positiver Einfluss der Unterfußdüngung mit dem Profi Terra Explorer konnte nicht beobachtet werden (Tabelle 7).

Tabelle 7: Jugendentwicklung des Mais in den Prüfvarianten

Variante	14.06., EC 16			27.06., EC 18		
	Blattfarbe	Jugendentwicklung	Wuchshöhe, cm	Blattfarbe	Jugendentwicklung	Wuchshöhe, cm
1 - Kontrolle	blass	langsam	30	blass	mäßig	55 - 60
2 – Rindergülle (RG)/ohne UFD	blass	langsam	30	blass	mäßig	60
3 – Rindergülle /Explorer	blass	langsam	30	blass	mäßig	60
4 – Rindergülle/ Harnstoff	blass	langsam	30	normal	normal	60
5 – RG + Gärrest/ Explorer	blass	mäßig	30-35	normal	normal	65
6 – RG + Gärrest/ Harnstoff	blass-normal	mäßig	30-40	normal	normal	65

In Ergänzung zur Wuchsbonitur wurden Ende Juni, im 8-Blattstadium des Mais, in ausgewählten Varianten zudem Pflanzenproben im Bereich der mittleren Blätter für die komplexe Pflanzenanalyse gewonnen (Tabelle 8). In der ungedüngten Kontrolle wurde erwartungsgemäß eine deutliche Unterversorgung mit Stickstoff festgestellt, welche sich auch mit dem geringen N_{\min} -Anstieg im Oberboden (Abb. 6) deckt. In der sehr moderat gedüngten Variante, Rindergülle mit Harnstoff unterfuß, waren die N-Gehalte hingegen bereits als ausreichend anzusehen, auch wenn die Pflanzen eine etwas hellere Blattfarbe als bei betriebsüblicher Düngung zeigten (Abb. 7). Keine Unterschiede in Wuchs (Abb. 8) und Nährstoffzusammensetzung zeigten sich hingegen bei der Unterfußdüngung mit Harnstoff bzw. Xplorer bei Düngung mit Rindergülle und Gärrest. Auffällig in allen Proben waren die suboptimalen Gehalte an Phosphor und Bor. Letzteres dürfte im Zusammenhang mit den hohen Niederschlagsmengen im Frühjahr stehen, welche die Verlagerung dieses Nährstoffs begünstigt haben.

Tabelle 8: Nährstoffgehalte in den Maispflanzen (mittlere Blätter), Probenahme am 27.06.23

Parameter	Einheit	Orientierungswert	1 ungedüngte Kontrolle	4 Rindergülle/ Harnstoff	5 RG + GR/ Explorer	6 RG + GR/ Harnstoff
Stickstoff	% TS	3,5 – 5,0	2,8	3,7	3,8	3,6
Phosphor	% TS	0,3 – 0,5	0,27	0,25	0,25	0,26
Kalium	% TS	3,1 – 5,0	3,4	3,3	3,5	3,5
Magnesium	% TS	0,16 – 0,5	0,15	0,19	0,17	0,19
Calcium	% TS	0,30 – 1,00	0,44	0,51	0,45	0,49
Kupfer	mg/kg TS	6 - 17	7,7	8,9	8,8	10,2
Mangan	mg/kg TS	40 - 160	48	54	53	52
Zink	mg/kg TS	22 - 70	19	23	20	21
Bor	mg/kg TS	7 - 30	4,5	5,0	5,0	4,9
Molybdän	mg/kg TS	0,20 – 0,50	1,40	0,90	0,20	1,00



Abbildung 7: Rindergülle mit Harnstoff unterfuß (links) im Vergleich zu betriebsüblicher Düngung mit Rindergülle, Gärrest und Harnstoff unterfuß (rechts), Foto vom 13.07.2023



Abbildung 8: Rindergülle und Gärrest – links: Harnstoff unterfuß; rechts: Xplorer unterfuß, Foto vom 13.07.2023

Die Witterung im Juli war durch anhaltende Trockenheit geprägt. Zum Zeitpunkt des Fahrenschiebens Ende Juli zeigte sich anhand der dreifach wiederholten Betriebsvariante (Gülle und Gärrest plus Harnstoff), aber auch innerhalb des ungedüngten Maisblocks, ein deutlicher bodenbedingter Gradient in der Bestandesentwicklung von West nach Ost (Abb. 9).



Abbildung 9: Luftbild von der Praxisdemonstration am 26.07.2023 (zu diesem Zeitpunkt zeigten sich am Maisbestand sichtbar gerichtete Bodenunterschiede von West nach Ost)

Autor: AgUmenda GmbH; Homepage: www.agumenda.de; E-Mail: info@agumenda.de

Redaktion: Silke Peschke; Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie; Abteilung 7; Stabsstelle Koordinierung Landwirtschaft; Telefon: 035242 631-7014; E-Mail: Silke.Peschke@smekul.sachsen.de;

Redaktionsschluss: 04.04.2023: www.lfulg.sachsen.de

5.3 Ertrag und Qualität

Die Maisernte erfolgte Ende der zweiten Septemberdekade. Aufgrund des trockenen und überdurchschnittlich warmen Septembers war vor allem die Restpflanzenabreife zu diesem Zeitpunkt bereits recht weit vorangeschritten, was sich in insgesamt recht hohen TM-Gehalten von über 40 % zeigte. Die Ertragsfeststellung erfolgte mithilfe von Handschnitten. Je Prüfgliedwiederholung wurden Pflanzen auf einer Fläche von 6 m² (2 Maisreihen auf 4 m Länge) beerntet. Bei 10 Pflanzen jeder Ernteparzelle wurden zudem Kolben und Restpflanze separiert und getrennt voneinander gewogen. Je 5 ausgewählte Ganzpflanzen wurden dem Labor für die Qualitätsfeststellung (Trockensubstanz, Rohprotein) übergeben.

Im Vorfeld der Versuchsernte waren die äußeren Streifen der betriebsüblichen Düngestrategie mit Gülle, Gärrest und Harnstoff-Unterfußdüngung (westlich vom ungedüngten Versuchsblock sowie östlich vom Block mit alleiniger Rindergülldüngung, siehe Abb. 9) versehentlich vorzeitig vom Lohnunternehmen gehäckselt worden (siehe Abb. 10). In diesen Parzellen konnte daher leider keine Ertrags- und Qualitätsfeststellung erfolgen.



Abbildung 10: Die organische Düngung mit Gülle und Gärrest konnte nur im mittleren Teil des Schlages bei Unterfußdüngung mit Xplorer beerntet werden (die außenliegenden Streifen wurden versehentlich durch das Lohnunternehmen mit beerntet).

Aussagen vom Standort sind daher auf die Ertragswirksamkeit der unterschiedlichen Unterfußdüngewarianten bei alleiniger Düngung mit Rindergülle beschränkt (Tabelle 9). Hier deuteten sich im Vergleich zur Kontrolle ohne Unterfußdüngung bzw. Anwendung des Xplorer leichte Vorteile einer Harnstoffdüngung an. Der zusätzlich mit Gärrest gedüngte Mais (Unter-

fußdüngung Xplorer) erreichte ein vergleichbares Ertragsniveau. Über die Ertragswirksamkeit einer Unterfußdüngung mit Harnstoff anstelle des Xplorers können keine Aussagen getroffen werden. Die insgesamt guten Erträge bei durchschnittlichen Wuchshöhen (2,30 m) sind vor allem Ergebnis einer gute Kolbenausbildung (Tabelle 10). Die deutliche Ertragsabweichungen im ungedüngten Kontrollblock zwischen den Pflanzen ohne Unterfußdüngung und der Anwendung von Xplorer verdeutlichen die gerichteten Bodenunterschiede innerhalb des Versuches.

Tabelle 9: Ertragsergebnisse (Handschnitte auf 6 m² je Parzelle)

Variante	Frischmasse dt/ha	TS-Gehalt %	TM-Ertrag dt/ha
1 - Kontrolle/Harnstoff	360	45	162
Kontrolle/ohne UFD	342	41	140
Kontrolle/ Profi Terra Explorer	406	44	178
2 – RG/ohne UFD	397	42	166
3 – RG/Profi Terra Explorer	413	42	173
4 – RG/ Harnstoff	425	43	183
5 – RG + GR/ Profi Terra Explorer	407	43	175

Tabelle 10: Ertragsstruktur (separat beerntet und gewogen wurden jeweils 10 Pflanzen)

Variante	Wuchshöhe	Kolben	Restpflanze	Verhältnis Kolben zu Ganzpflanze
	cm	kg	kg	%
1 - Kontrolle ohne UFD	220	2,2	2,58	46
2 – RG/ohne UFD	230	2,72	2,84	49
3 – RG/Profi Terra Explorer	230	3,03	2,83	52
4 – RG/ Harnstoff	230	2,80	2,89	49
5 – RG + GR/ Profi Terra Explorer	230	2,60	2,40	52

Die in der Trockensubstanz der geernteten Maispflanzen festgestellten Rohproteingehalte liegen auf einem vergleichsweise geringen Niveau und belegen somit eine angemessene N-Ernährung. Die zusätzlich in der Düngevariante mit Rindergülle und Harnstoff-Unterfußdüngung exemplarisch ermittelten wertgebenden Inhaltsstoffe zeugen zudem von einer guten Futterqualität (Tabelle 11 und 12).

Tabelle 11: Rohproteingehalte des Silomais in den Düngevarianten

Variante	Rohprotein g/kg TS
1 - Kontrolle ohne UFD	47
2 – RG/ohne UFD	60
3 – RG/Profi Terra Explorer	55
4 – RG/ Harnstoff	62
5 – RG + GR/ Profi Terra Explorer	55

Tabelle 12: ausgewählte Qualitätsparameter der geernteten Maispflanzen in Prüfvariante 4 (Rindergülle mit Harnstoff unterfuß)

Prüfglied	ELOS %	ADFom g/kg TS	Stärke g/kg TS	NEL MJ/kg TS
4 – RG/ Harnstoff	71	205	347	6,7

5.4 N-Ausnutzung und N-Nachlieferung

Die restriktive Düngung mit der betriebseigenen Rindergülle hatte deutlich negative N-Salden zur Folge, was sich auch in geringen Rest-N_{min}-Werten vor Winter widerspiegelte. Die zusätzlich mit dem Gärrest ausgebrachten N-Mengen gingen nicht mit höheren N-Entzügen einher. Jedoch liegen auch hier die N-Salden noch im deutlich negativen Bereich.

Abgeleitet aus dem N-Entzug des ungedüngten Maises und dem Saldo aus N_{min} zu Vegetationsbeginn (39 kg/ha in 0-60 cm) und nach der Ernte, kann nach zunächst verhaltener N-Freisetzung bis Mitte Juni, letztlich noch auf eine beachtliche N-Nachlieferung aus dem Bodenvorrat in Höhe von rd. 100 kg N/ha geschlossen werden. Diese wurde nach anfänglich kühlem Frühjahr vor allem durch die warmen und feuchten Bedingungen im August begünstigt.

Tabelle 13: N-Bilanzsaldo und N_{min} nach der Ernte in den Parzellen (*Gesamtstickstoff)

Prüfglied	N-Düngung* kg/ha	N-Entzug kg/ha	N-Bilanzsaldo kg/ha	N _{min} 0-60 kg/ha	N-Nachlieferung kg/ha
1 - Kontrolle	0	105	-105	24	95
2 – RG/ohne UFD	44/22	160	-116	29	133
3 – RG/Profi Terra Explorer	44/22	152	-108	29	125
4 – RG/ Harnstoff	79/57	182	-103	29	120
5 – RG + GR/ Profi Terra Explorer	128/80	154	-26	26	66
6 – RG + GR/ Harnstoff	163/115	-	-	34	-

6 Fazit

Der Mais kam durch das nasse und kühle Frühjahr zunächst nur zögerlich in Gang. Die gut aufgefüllten Wasservorräte (rd. 150 Wasser/m²) und der im Anschluss überwiegend günstige Witterungsverlauf (rd. 200 l/m² Niederschlag von Juni bis zur Ernte) ermöglichten im ertragschwächeren Teilbereich des Schrages noch gute Maiserträge.

Bedingt durch die kühlen Temperaturen im April und die vergleichsweise extensive Bodenbearbeitung verlief die N-Freisetzung aus der organischen Bodensubstanz und der vor der Saat ausgebrachten organischen Dünger zunächst nur sehr zögerlich. Auch die Umsetzung der sehr strohigen Ernterückstände der Senfzwischenfrucht im Frühjahr dürfte zeitweilig die N-Mineralisation im Boden gebremst haben. Erst nach entsprechender Durchfeuchtung der Ackerkrume infolge ausreichender Sommerniederschläge, konnte der Mais auch bedeutsam von der Nährstofffreisetzung aus der organischen Substanz des Bodens zehren.

Unter den zunächst schwierigen Ausgangsbedingungen konnten durch eine platzierte mineralische N-Gabe (35 kg N/ha) mit Harnstoff gute Startbedingungen geschaffen werden und somit die Jugendentwicklung der Pflanzen gesichert werden. Dies wurde im Juni vor allem bei moderater organischer Düngung (45 kg N_{ges}/ha) mit der betriebseigenen Rindergülle ersichtlich. In dieser Variante wurden hohe Maiserträge (rd. 180 dt TM/ha) in guter Qualität (6,7 MJ NEL) erzielt. Die organische Düngung mit Rindergülle und Gärrest in Kombination mit einer Unterfußdüngung mit Xplorer erbrachte keine Ertragsvorteile und hatte auch keine höheren N-Entzüge zur Folge.