

Nährstoffversuch in viehlosen Ackerbau-Fruchtfolgen des Ökologischen Landbaus 2022

Einleitung

Flächen die von den Nährstoffen her recht ausgeschöpft sind und /oder auch niedrige Humusgehalte aufweisen, können im Ökologischen Landbau die Pflanzen nicht mehr gut ernähren. Ökobetriebe, die langjährig ökologisch gewirtschaftet haben und in dieser Zeit wenig Input an Nährstoffen gebracht haben, könnten hier Schwierigkeiten bekommen. Gerade in viehlosen / viehschwachen Betrieben gehen auch Nährstoffe verstärkt aus dem Kreislauf heraus, die zurückgeführt werden müssen. Frage ist, ob man mit den Mitteln des Ökologischen Landbaus also Fruchtfolge und organische Dünger, die uns zur Verfügung stehen, in der Lage ist, hier die Ertragshöhe für den Boden angemessen anzuheben.

Material und Methoden

Der Versuch ist seit 2020/21 als zweifaktorielle Spaltanlage mit vier Wiederholungen angelegt. Die Parzellen wurden in ihrer Ausrichtung im Vergleich zu dem vorherigen Versuch auch noch um 90 °gedreht. 1. Faktor Fruchtfolge: zwei jeweils siebenfeldrige viehlose Fruchtfolgen (FF1 mit Klee gras vs. FF2 eher für leichtere Böden), wobei immer nur ein Fruchtfolgefeld pro Jahr realisiert werden kann. In 2022 standen im Jahr 2 in beiden Fruchtfolgen nur der Sommerweizen auf der Fläche.

2. Faktor Düngung: acht verschiedene Varianten (Kontrolle, Haarmehlpellets, Biogassubstrat, Hühnertrockenkot HTK, Grünschnittkompost, Bioabfallkompost, Rindermist und Biogassubstrat plus Bioabfallkompost).

Die Faktoren Fruchtfolge und Düngung umfassen die folgenden Prüfglieder:

Tab. 1: Fruchtfolge 1 (FF1) mit den entsprechenden Düngungsvarianten

FFF	Auweiler 1 neu	Grunddünger kgN/ha	Düngungsvarianten																
			1		2		3		4		5		6		7		8		plus Bioabfall-Kompost
			Kontrolle	Haarmehlpellets	Biogassubstrat	HTK	Grünschnittkompost	Bioabfallkompost	Rindermist	Biogassubstrat									
t FM/ha	kgN/ha	t FM/ha	kgN/ha	t FM/ha	kgN/ha	t FM/ha	kgN/ha	t FM/ha	kgN/ha	t FM/ha	kgN/ha	t FM/ha	kgN/ha	t FM/ha	kgN/ha	t FM/ha			
1	Klee gras (anwelken, abfahren, als Bio gasgülle auf die andern Kulturen)	300						15	140										
2	Sommerweizen LBG Zfr.	60	-	0,23 30	6 30	1,175 30										3	15		
3	Körnermais US Gras (Rotschwinge l)	60	-	0,9 120	24 120	4,7 120				9,523 93,33	16,66 93,33	12	60	4,762 46,67					
4	Ackerbohne																		
5	Winterweizen W eißklee bsl Sept + Ölrettich Zfr.	60	-	0,23 30	6 30	1,175 30		15	140						3	15			
6	Kartoffeln	60		0,38 50	10 50	1,96 50				9,523 93,33	16,66 93,33	5	25	4,762 46,67					
7	Dinkel Klee gras als Untersaat	60	-	0,38 50	10 50	1,96 50				9,523 93,33	16,66 93,33	5	25	4,762 46,67					
		300			280	280	280	280	280	280	280	280	140	140				280	

LEITBETRIEBE ÖKOLOGISCHER LANDBAU NORDRHEIN-WESTFALEN

In der Fruchtfolge 1 wird das Klee gras gemulcht, abgefahren und als N-Dünger in den Folgekulturen wieder verteilt. Wir nehmen hierfür als Referenz Gärsubstrat, da ein Landwirt im System dieser Fruchtfolge das Klee gras in eine Biogasanlage geben könnte.

Tab. 2: Fruchtfolge 2 (FF 2) mit den entsprechenden Düngungsvarianten

FFF	Auweiler 2 neu	Düngungsvarianten																
		1	2		3		4		5		6		7		8		plus Bioabfallkompost	
		Kontroll	Haarmehlpellets		Biogassubstrat		HTK		Grünschnittkompost		Bioabfallkompost		Rindermist		Biogassubstrat			
			t FM/ha	kgN/ha	t FM/ha	kgN/ha	t FM/ha		t FM/ha	kgN/ha	t FM/ha		t FM/ha		t FM/ha		t FM/ha	
1	Raps (Doppelreihe)	-	0,75	100	20	100	3,95	100	15	140	9,523	93,33	16,66	93,33	10	50	4,762	46,67
	US Sommerwicke (Doppelreihe)																	
	Zfr. Welsches Weidelgras																	
2	Sommerweizen	-	0,188	25	5	25	0,97	25							2,5	12,5		
3	Winterroggen / Dt. Weidelgras + Weißklee (Doppelreihen)	-																
4	Hafer																	
	LBG Zfr. (oder Winterwicke, Phacelia...)								15	140								
5	Körnermais	-	0,56	75	15	75	2,93	75			9,523	93,33	16,66	93,33	7,5	37,5	4,762	46,67
	US Welsches Weidelgras																	
6	Kartoffeln	-	0,376	50	10	50	1,96	50			9,523	93,33	16,66	93,33	5	25	4,762	46,67
	Grünroggen																	
7	Sommergerste	-	0,23	30	6	30	1,175	30							3	15		
				280		280		280		280		280		280		140		140
																		280

In der zweiten Fruchtfolge soll ohne Klee gras aber mit Untersaaten gearbeitet werden, um den nötigen Stickstoff über Leguminosen in die Fruchtfolge zu bekommen. Da diese nicht immer so gut gelingen (Wassermangel), werden sie in die Zwischenräume einer weiteren Reihe der Hauptkultur eingebracht. Dadurch soll der Untersaat Platz verschafft werden, damit diese auch weniger Konkurrenz auf die Hauptfrucht ausübt.

Bei der Auswahl der Dünger sind die Stoffe herangezogen worden, die wohl zukünftig am Meisten verfügbar sein werden (Var. 2 Haarmehlpellets auch als derzeit in der Praxis übliche Variante, Var. 3 Biogassubstrat, Var. 5 Hühnertrockenkot, Var.5 Grünschnittkompost und Var. 6 Bioabfallkompost) und es ist unter anderem eine Futter-Mist-Kooperation (Var. 7 Rindermist) als Vergleich mit dabei.

Die Verteilung der Dünger erfolgte anhand des Bedarfs der Kulturen und der Zulässigkeit laut Biolandverbandsrichtlinien. Der unterstellte Ertrag für die Berechnung der Düngehöhe zu den einzelnen Kulturen ist anhand des recht niedrigen Ertrags am Ende der vorherigen Fruchtfolgen plus 20 % Mehrertrag durch die Düngung angesetzt worden.

Es soll direkt am Anfang der neuen Versuchsreihe möglichst viel gedüngt werden, um die Wirkung auf die Fruchtfolgen zu beobachten. Daher sind von den max. möglichen 40 kg N/ha Zukaufsdünger pro Jahr (insgesamt 7 x 40 = 280 kg N/ha für die gesamte Fruchtfolge) möglichst hohe Mengen in der FF1 direkt zu Klee gras (Var. 7 Grünschnittkompost) oder Körnermais im 1. bzw. 3 Jahr und in der FF 2 zum Raps im 1. Jahr gedüngt worden. Die weiteren N-Mengen sollen dann zu den zehrenden Kulturen gedüngt werden.

Parameter

Folgende Parameter sollen erhoben werden: Ertrag, Qualität, Unkrautbesatz, Krankheiten, Schädlinge, N_{min}-Gehalt, Bodennährstoffe, Humusgehalt, C:N Verhältnis und Bewertung der Wirtschaftlichkeit.

Standort und pflanzenbauliche Daten

Folgende Der Versuch wurde im Zentrum für Ökologischen Landbau in Köln-Auweiler im Herbst 2020 neu angelegt (sandiger Schluff, AZ 70).

Die Daten zu den ackerbaulichen Maßnahmen in 2022 den beiden Fruchtfolgen waren:

Fruchtfolge 1

Als Grunddüngung wurde am 24.03.2022 nach Bedarf Kalk ausgebracht in Form von kohlsaurem Kalk 95 % CaCO₃ in Höhe von 3.500 kg/ha. Als weitere Grunddüngung zum Ausgleich von Kalium und Schwefel wurde nach Bedarf 73,5 kg/ha Kalisop Gran 52 % ausgestreut. Die entsprechende Düngung laut Plan der Varianten mit Haarmehlpellets, Biogassubstrat oder Hühnertrockenkot erfolgte am 12.04.2022.

Im Herbst wurde nach dem letzten Grubbergang am 23.09.2022 als Zwischenfrucht 55 kg/ha Landsberger Gemenge von Camena Samen ausgesät.

Fruchtfolge 2

Als Grunddüngung wurde am 24.03.2022 nach Bedarf Kalk ausgebracht in Form von kohlsaurem Kalk 95 % CaCO₃ in Höhe von 830 kg/ha. Als weitere Grunddüngung zum Ausgleich von Kalium und Schwefel wurde nach Bedarf 49,0 kg/ha Kalisop Gran 52 % ausgestreut. Die entsprechende Düngung laut Plan der Varianten mit Haarmehlpellets, Biogassubstrat oder Hühnertrockenkot erfolgte am 12.04.2022.

Nach dem letzten Grubbergang im Herbst erfolgt noch eine Bearbeitung mit der Spatenmaschine am 05.10.2022. Im Anschluss daran wurde am 06.10.2022 Winterroggen Sorte „Dukato“ mit 180 kg/ha (140 K/m²) in 4 Reihen mit 33 cm Abstand ausgesät. In einer weiteren Überfahrt wurde gleichzeitig Welches Weidelgras (Sorte „Sherlock“ 5 kg/ha) mit Weißklee (Sorte „Jura“ 6 kg/ha) 10-reihig mit 12,5 cm Abstand darüber eingesät, um die Zwischenräume zwischen dem Winterroggen zu füllen.

In beiden Fruchtfolgen wurden überdies folgende Arbeitsschritte durchgeführt:

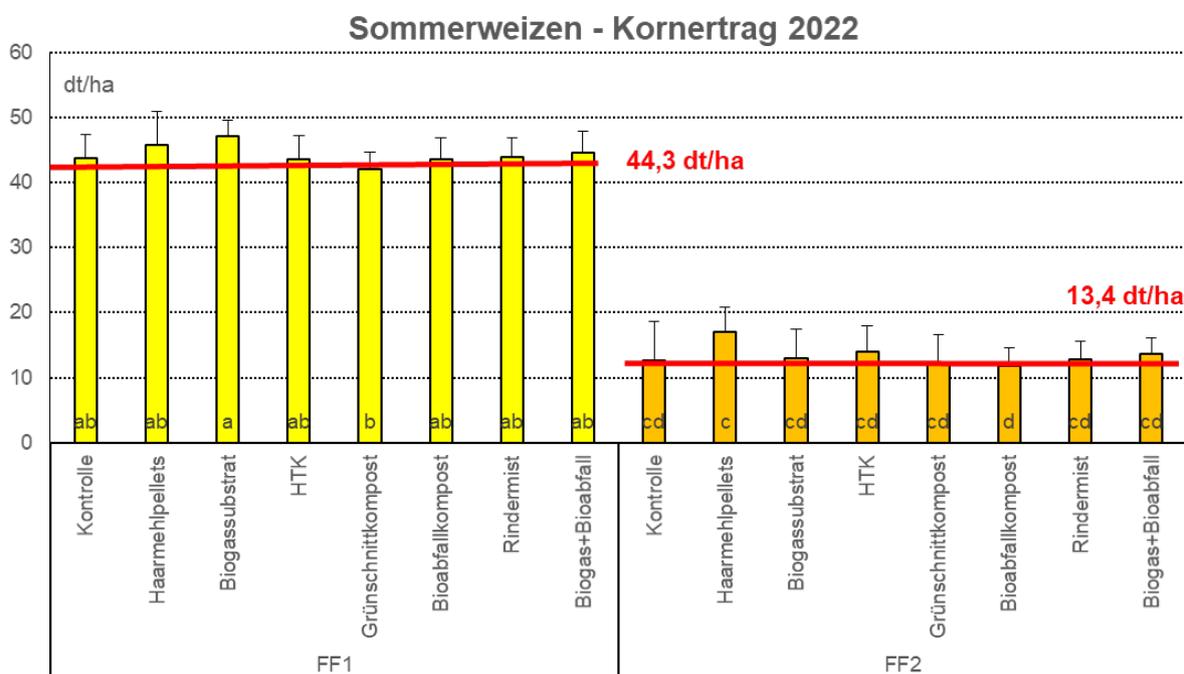
Am 16.03. erfolgte die Bodenprobenahme zur N_{min}- & S_{min}-Bestimmung in 0-30, 30-60 und 60-90 cm Tiefe. Beide Fruchtfolgen wurden am 21.03.2022 mit einem Schlegelmulcher gemulcht und am 28.03.2022 mit der Spatenmaschine ca. 15 cm tief

LEITBETRIEBE ÖKOLOGISCHER LANDBAU NORDRHEIN-WESTFALEN

bearbeitet. Um die Parzellen nicht zu verschieben, erfolgt die Bodenbearbeitung nicht mit einem Pflug. Am 12.04.2022 wurde nach Ausbringung der entsprechenden Varianten-Dünger diese jeweils mit einer Fräse eingearbeitet. Der Sommerweizen Sorte „Alicia“ wurde im Anschluss am 14.04.2023 mit einer Aussaatstärke von jeweils 163 kg/ha (400 K/m²) in beiden Fruchtfolgen ausgesät. In beiden Fruchtfolgen musste der Sommerweizen zweimal gestriegelt werden. Dies erfolgte quer zur Drillrichtung am 06.05. und 30.05.2022. Am 27.05.2022 wurde erneut eine Probenahme auf N_{min} & S_{min} gezogen. Bereits Ende Juli am 27.07.2022 konnte der Sommerweizen gedroschen werden. Aufgrund der anhaltenden Hitze und Trockenheit musste mehrfach beregnet werden (22.07.2022: 22 mm; 10.08.2022: 22 mm; 26.08.2022: 15 mm; 05.09.2022: 20 mm), um auch die weitere Bodenbearbeitung zu gewährleisten. Am 16.08. und am 22.09.2022 erfolgte je ein Grubbergang mit dem EUM-Grubber bis 15 cm Tiefe jeweils in beiden Fruchtfolgen.

Ergebnisse

Kornertrag des Sommerweizens



Fehlerbalken = Standardabweichung des Kornertrags; unterschiedliche Buchstaben kennzeichnen signifikanten Unterschiede: einfaktorielles Auswertung GD ($\alpha = 0,05$) = 4,90 dt/ha; **ROT = Mittelwerte in FF1 & FF2**

Abb. 1: Kornertrag des Sommerweizens in den beiden Fruchtfolgen 2022

Der Ertrag des Sommerweizens lag in Fruchtfolge 1 nach dem Klee gras mit im Mittel der Düngungsvarianten mit 44,3 dt/ha deutlich über dem Ertrag der Fruchtfolge 2 mit im Mittel 13,4 dt/ha (Abb. 1). Dabei scheint der Grünschnittkompost in FF1 etwas festzulegen, hier gab es signifikant weniger Kornertrag als beim Biogassubstrat. In FF2 lag der Bioabfallkompost signifikant unter der Variante Haarmehlpellets.

Tausendkornmassen in den Fruchtfolgen und Düngungsvarianten

Auch die Qualität des Weizens war in der Fruchtfolge 2 geringer. So lagen die Tausendkornmassen im Mittel in FF2 bei 34,4 g und in FF1 bei 36,6 g (Abb. 2).

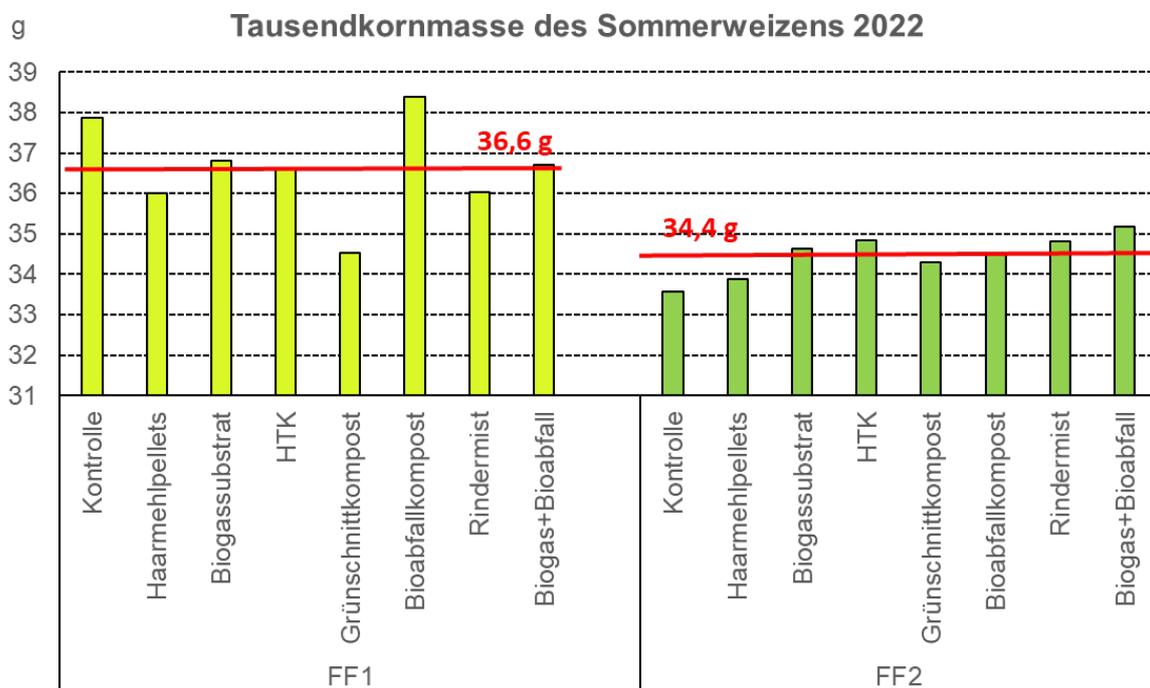


Abb. 2: Tausendkornmassen (g) des Sommerweizens in den beiden Fruchtfolgen 2022

Proteingehalte im Korn des Sommerweizens

Die Unterschiede waren beim Proteingehalt im Korn des Sommerweizens nicht ganz so deutlich. Dennoch wies der Sommerweizen im Mittel der Fruchtfolge 1 mit 13,0 % Rohproteingehalt in der TM etwas höhere Werte in den Düngungsvarianten auf als in der Fruchtfolge 2 mit im Mittel 11,95 % (Abb. 3).

N_{min}-Gehalte in den Fruchtfolgen und Düngungsvarianten

LEITBETRIEBE ÖKOLOGISCHER LANDBAU NORDRHEIN-WESTFALEN

Im zeitigen Frühjahr lagen die N_{min}-Werte vor dem Sommerweizen in der FF1 unter dem noch stehenden Klee gras mit um die 25 kg N_{min}-N/ha in 0-90 cm Tiefe etwas höher als in der FF2 nach dem einjährigen Weidelgras (Winterraps hatte aufgrund von Schädlingsbefall nicht funktioniert) mit ca. 8-10 kg N_{min}-N/ha (Abb. 4). Zwischen den Düngungsvarianten konnten keine Unterschiede festgestellt werden.

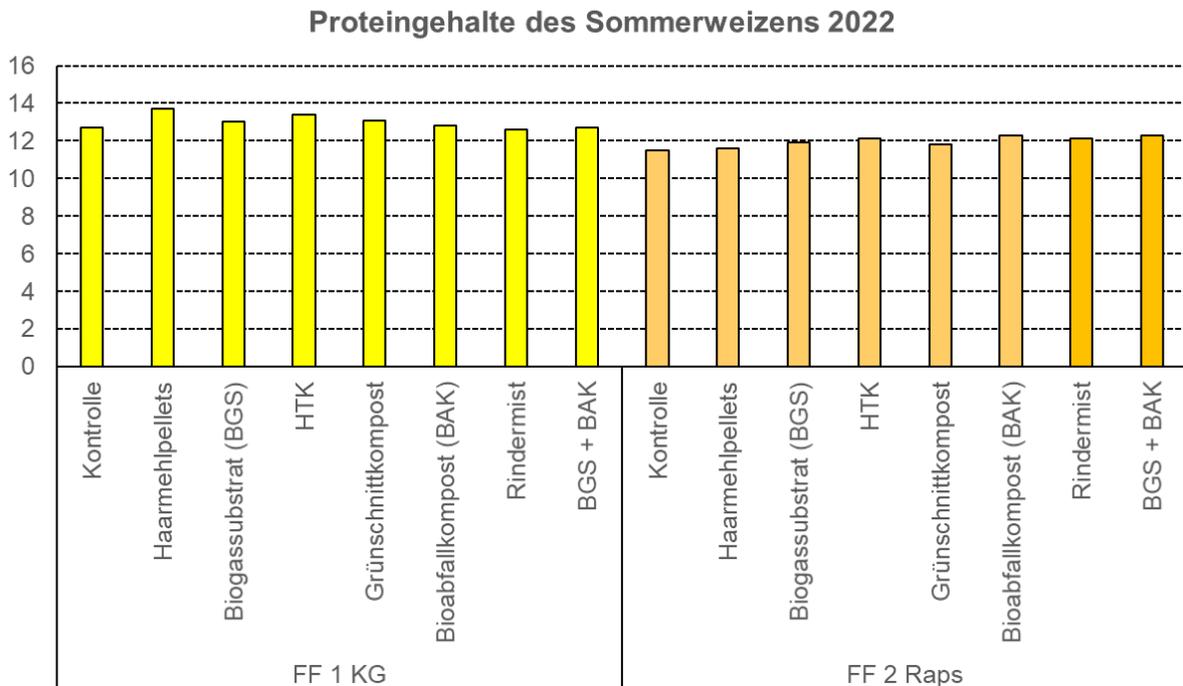


Abb. 3: Rohproteingehalte in der TM (%) des Sommerweizens in den beiden Fruchtfolgen 2022

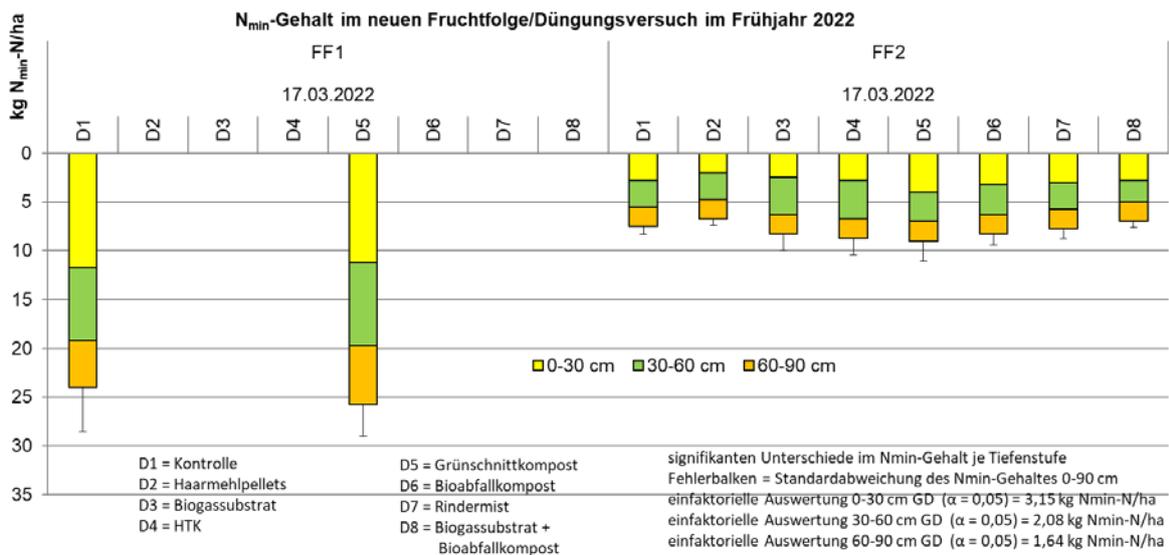


Abb. 4: N_{min}-Gehalte vor dem Sommerweizen in den beiden Fruchtfolgen und den verschiedenen Düngungsvarianten im zeitigen Frühjahr 2022

Im weitere Verlauf des Frühjahrs mineralisierte der Stickstoff stärker in der FF1 und erreichte im Mai 2022 Werte bis zu 60 kg N_{min}-N/ha (Abb. 5). In der FF2 kam kaum etwas nach und so lagen die Werte bei max. 23 kg N_{min}-N/ha. Zwischen den einzelnen Düngungsvarianten konnten keine Unterschiede in den jeweiligen Fruchtfolgen ermittelt werden.

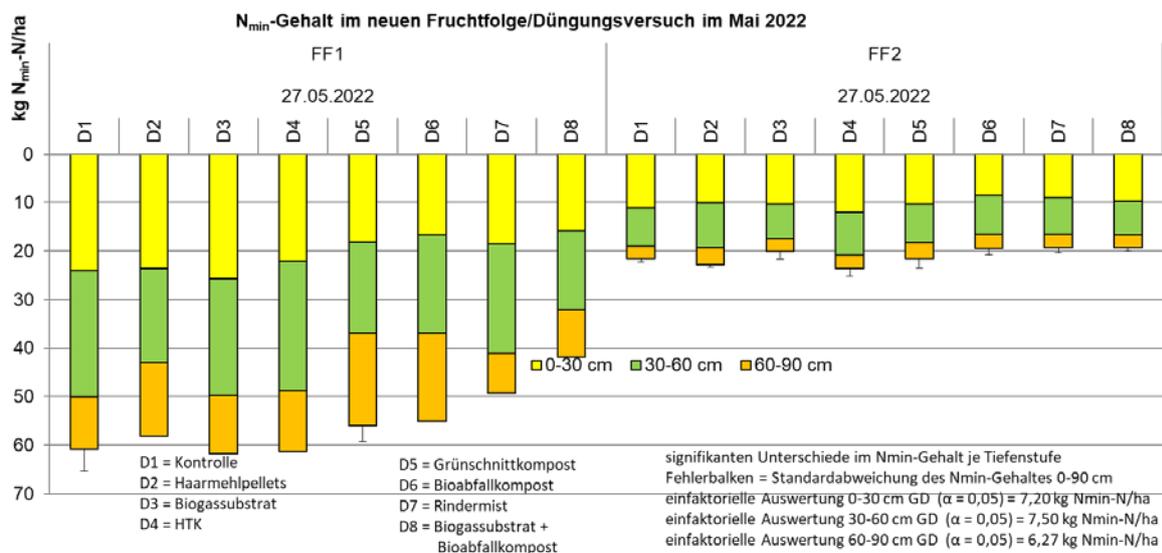


Abb. 5: N_{min}-Gehalte unter dem Sommerweizen in den beiden Fruchtfolgen und den verschiedenen Düngungsvarianten im späteren Frühjahr 2022

S_{min}-Gehalte in den Fruchtfolgen und Düngungsvarianten

Die S_{min}-Gehalte lagen im zeitigen Frühjahr in den unteren Bodenschichten 60-90 cm vergleichsweise höher, wobei es keine Unterschiede zwischen den Fruchtfolgen oder Düngungsvarianten gab (Abb. 6).

LEITBETRIEBE ÖKOLOGISCHER LANDBAU NORDRHEIN-WESTFALEN

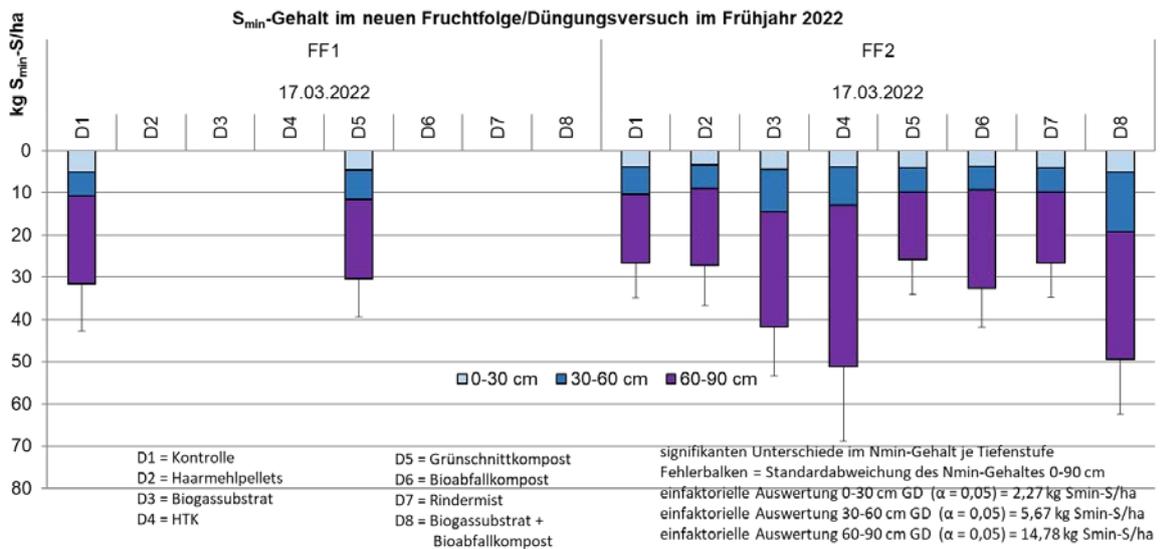


Abb. 6: S_{min}-Gehalte vor dem Sommerweizen in den beiden Fruchtfolgen und den verschiedenen Düngungsvarianten im zeitigen Frühjahr 2022

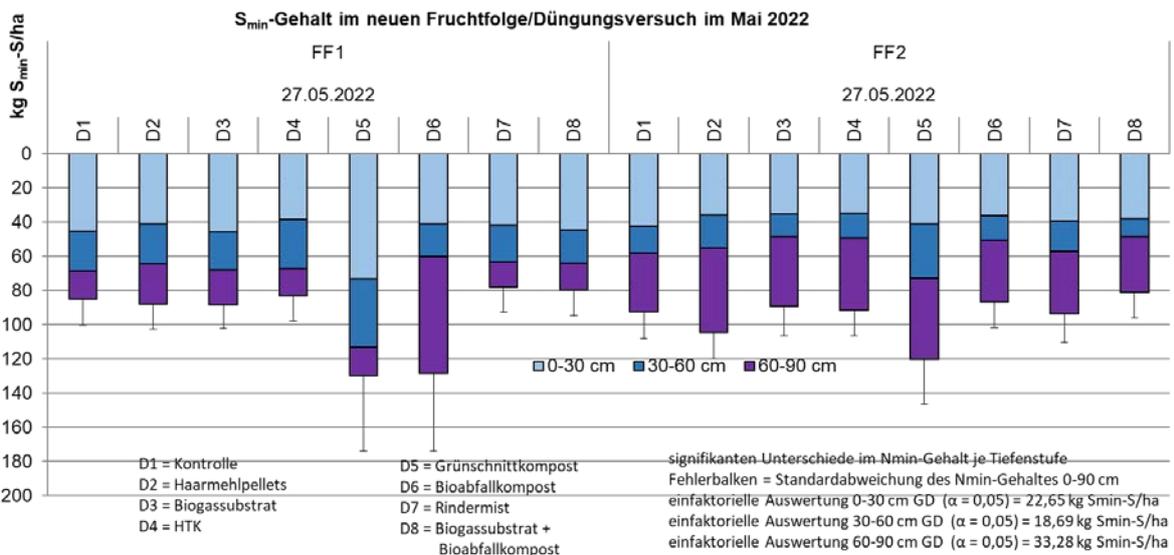


Abb. 7: S_{min}-Gehalte unter dem Sommerweizen in den beiden Fruchtfolgen und den verschiedenen Düngungsvarianten im späteren Frühjahr 2022

Auch im weiteren Verlauf des Frühjahrs konnten keine Unterschiede zwischen den beiden Fruchtfolgen oder den verschiedenen Düngungsvarianten im S_{min}-Gehalt festgestellt werden (Abb. 7). Die S_{min}-Mengen lagen in der Summe von 0-90 cm bei bis zu 130 kg S_{min}-S/ha.

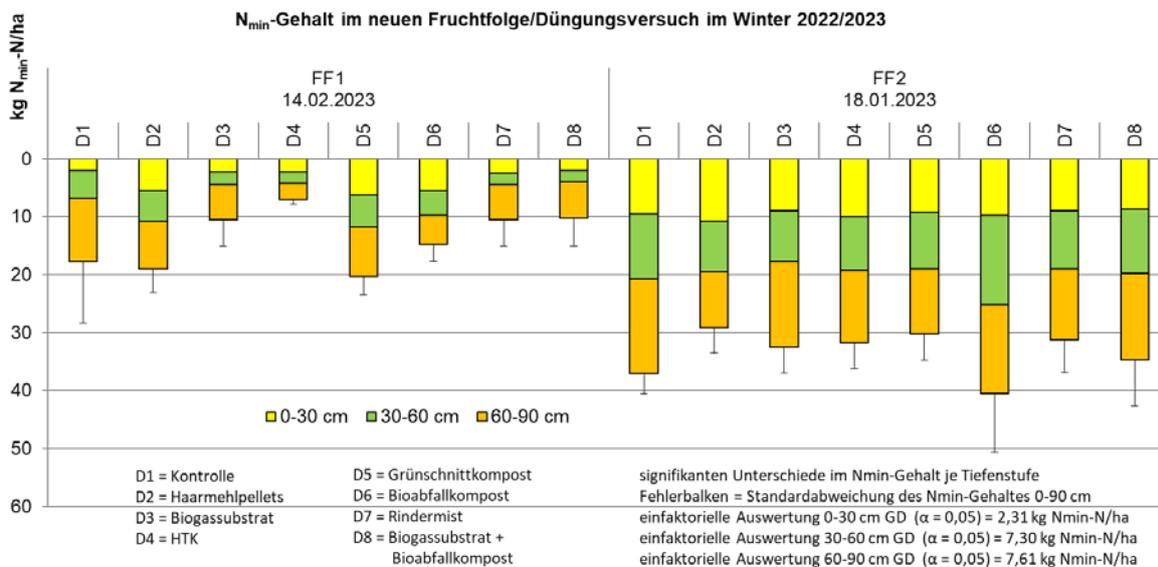


Abb. 8: N_{min}-Gehalte nach dem Sommerweizen in den beiden Fruchtfolgen und den verschiedenen Düngungsvarianten im Winter 2022/2023

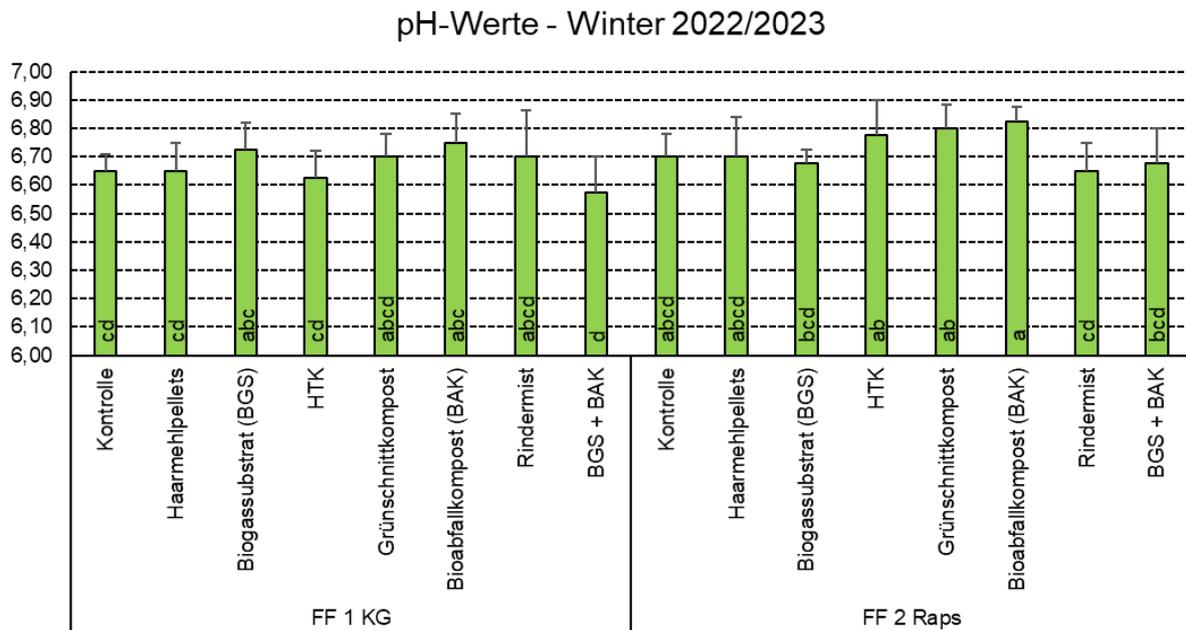
Bodenwerte im Winter 2022/2023

In der Fruchtfolge 1 nach dem Sommerweizen unter dem Landsberger Gemenge lagen zum Zeitpunkt der Bodenprobenahme Anfang Februar 2023 sehr niedrig bei max. 20 kg N_{min}-N/ha in 0-90 cm Tiefe (Abb. 8). In FF2 unter dem Winterroggen wurde grundsätzlich mehr mineralisiert und hier wurden Werte bis ca. 40 kg N_{min}-N/ha in 0-90 cm Tiefe ermittelt. Zwischen den Düngungsvarianten gab es kaum Unterschiede.

Die pH-Wert schwankten zwischen den beiden Fruchtfolgen und den unterschiedlichen Düngungsvarianten bei einfaktorieller Auswertung statistisch signifikant (Abb. 9). Höhere Werte lagen in FF2 beim Bioabfallkompost vor.

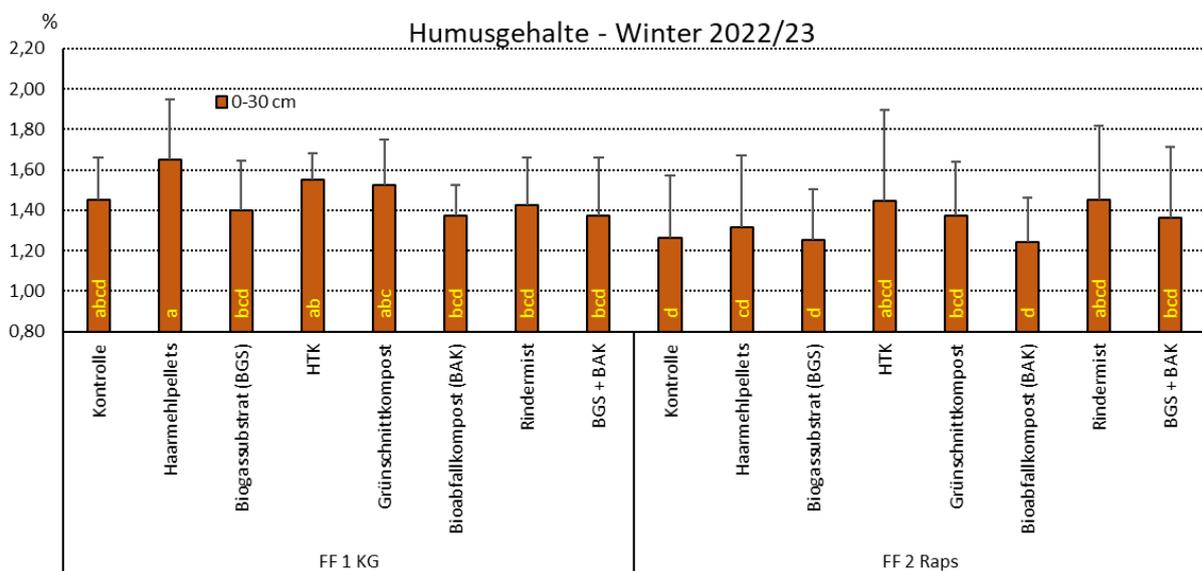
Die Humusgehalte zeigten ebenso signifikante Unterschiede auf (Abb. 10). Hier wird aber bei hohen Abweichungen von üblichen Schwankungen ausgegangen. Hinlängliche Meinung ist, dass Veränderungen erst nach längerer Zeit (nach ca. 8-10 Jahren) zu erkennen seien (Kolbe, persönliche Mitteilungen).

LEITBETRIEBE ÖKOLOGISCHER LANDBAU NORDRHEIN-WESTFALEN



verschiedene Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede im pH-Wert
 einfaktorielle Auswertung 0-30 cm GD ($\alpha = 0,05$) = 0,1348; Fehlerbalken = Standardabweichung der pH-Werte

Abb. 9: pH-Werte nach dem Sommerweizen in den beiden Fruchtfolgen und den verschiedenen Düngungsvarianten im Winter 2022/2023



verschiedene Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede im Humusgehalt
 einfaktorielle Auswertung 0-30 cm GD ($\alpha = 0,05$) = 0,2201 %; Fehlerbalken = Standardabweichung des Humusgehalts

Abb. 10: Humusgehalte (%) nach dem Sommerweizen in den beiden Fruchtfolgen und den verschiedenen Düngungsvarianten im Winter 2022/2023

LEITBETRIEBE ÖKOLOGISCHER LANDBAU NORDRHEIN-WESTFALEN

Der Phosphorgehalt verändert sich im Boden ebenso nicht so schnell. Die Werte aus dem Winter 2022/2023 zeigen eine Versorgung in Versorgungsstufe B nach Öko-Einschätzung (Kolbe 2019) an (Abb. 11).

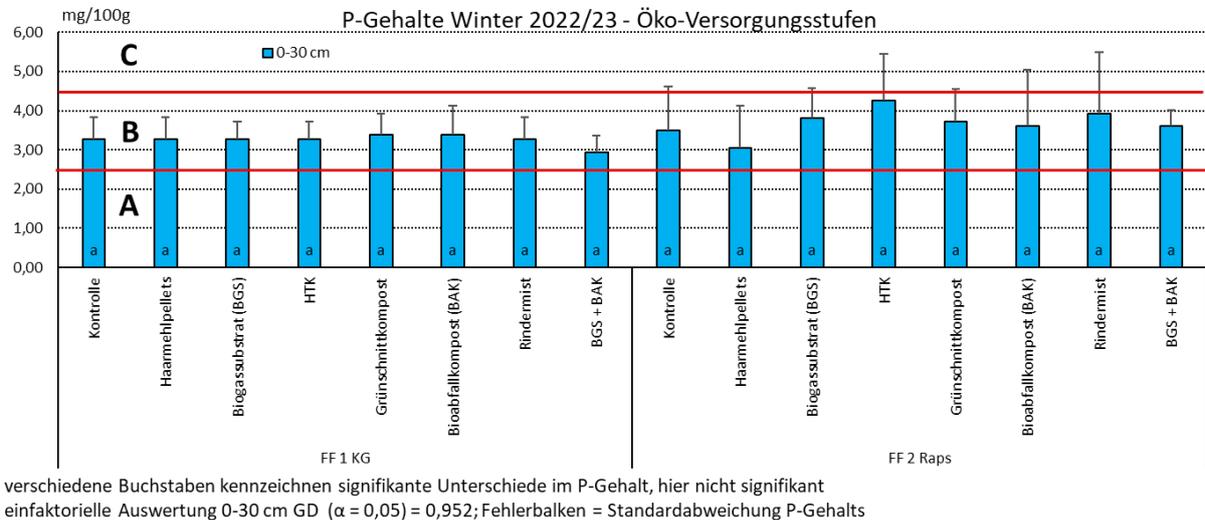


Abb. 11: P-Gehalte (mg/100 g) nach dem Sommerweizen in den beiden Fruchtfolgen und den verschiedenen Düngungsvarianten im Winter 2022/2023

Die Kalium-Gehalte haben sich in FF2 stabilisiert im Vergleich zu 2020 (Ausgangswerte) und liegen derzeit in Öko-Versorgungsstufe B (Abb. 12). In FF1 sind die Werte insgesamt etwas niedriger und teilweise tendieren die Werte in Richtung Öko-Versorgungsstufe A. Daher soll weiterhin mit Kalium aufgedüngt werden, um hier nicht in einen starken Mangel zu geraten. Kalium ist nicht Teil dieser Untersuchungen.

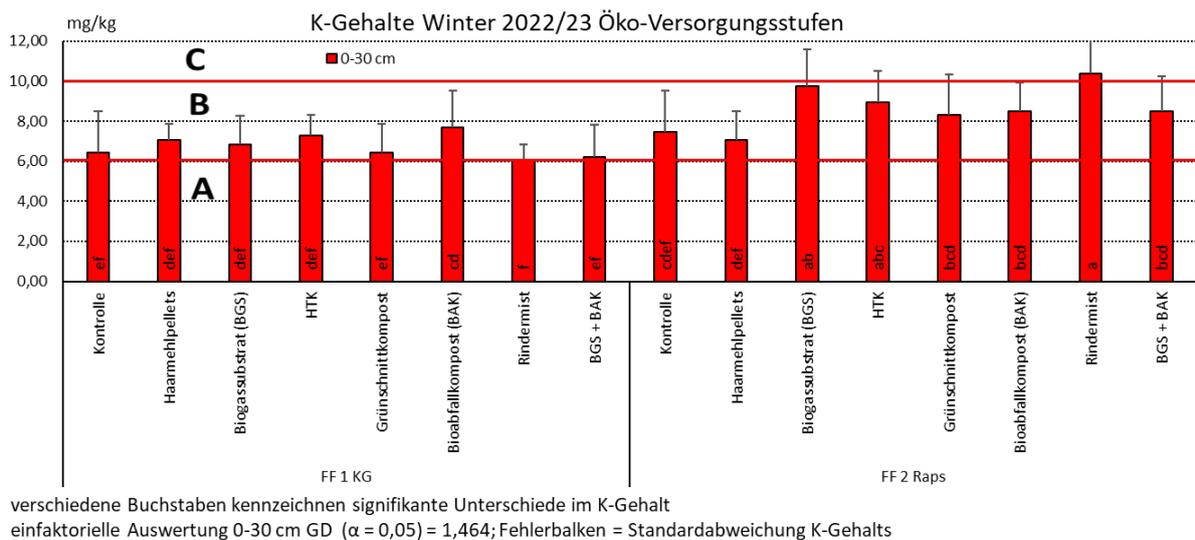


Abb. 12: K-Gehalte (mg/100 g) nach dem Sommerweizen in den beiden Fruchtfolgen und den verschiedenen Düngungsvarianten im Winter 2022/2023

Fazit

Die Fruchtfolge 1 gestaltet sich sehr gut, während die Fruchtfolge 2 immer wieder Schwierigkeiten bringt und schwerer umsetzbar ist. Dadurch das der Raps am Anfang dieser Fruchtfolge nicht geklappt hat, fehlen hier weiterhin die Nährstoffe v.a. Stickstoff. Im weiteren Verlauf sollen nun die gleichzeitig in abwechselnden Reihen beigesäten legumen Zwischenfrüchte N in die Fruchtfolge bringen. Zwischen den Düngungsvarianten können bisher keine bis nur geringe Unterschiede festgestellt werden.

Literatur

Kolbe, H. (2019): Einfluss mineralischer P- und K-Düngung auf die Ertragsreaktion der Fruchtarten in Abhängigkeit von der Nährstoffversorgung des Bodens unter den Anbaubedingungen des ökologischen Landbaus in Deutschland. Journal für Kulturpflanzen, 71 (6). S. 161–181, 2019, ISSN 1867-0911, DOI: 10.5073/JfK.2019.06.02 Verlag Eugen Ulmer KG, Stuttgart

Bilder und Eindrücke 2022



