

Steigerung von Düngermengen an organischen Düngern zu Kartoffeln in Ackerbaufruchtfolgen 2023

Einleitung

Es strömen immer mehr organische Mehrnährstoffdünger auf die Betriebe ein, wie z.B. Gärsubstrate aus Biogasanlagen, PPL (Potato Protein Liquid; Kartoffelfruchtwasser), Hühnertrockenkot (HTK) u.ä.. Auch geht es darum regional größere Kreisläufe zu schließen. Die Zulassung im Ökolandbau ist das eine. Wie aber wirken diese Stoffe im Boden? Wann ist mit der Stickstofflieferung an die Kulturpflanze zu rechnen? Wird etwas ausgewaschen? Muss ggf. zuge düngt werden? Welche weiteren Nährstofffrachten bringt man damit aus? Und sind diese dann noch im Gleichgewicht? Im vorliegenden Versuch geht es konkret noch einmal um die Düngerrhöhe und ab wann auf verschiedenen Böden mit Auswaschung zu rechnen ist. Dieser Versuch ist ergänzt um Varianten um „Terra Preta“-Substrate. Terra Preta bezeichnet eine sehr fruchtbare Erde aus dem Amazonasgebiet. Eingeboren hatten durch Kompostierung und Fermentierung diesen schwarzen Boden erzeugt. Neben Pflanzenresten, Dung, menschlichen Fäkalien wurde dort auch Kohle aus den Herdstellen eingebracht. Hierzulande bildet man das nun nach und einige Hersteller gehen damit an den Markt. Diese pflanzenkohlehaltigen Produkte sollen zum Humusaufbau und deutlich höherer Bodenfruchtbarkeit beitragen. Durch ihre poröse Struktur verfügt die Kohle über eine große Oberfläche und soll so zur Speicherung von Mikroorganismen, Wasser und Nährstoffe beitragen. Besonders gut entfalte die Kohle diese Eigenschaften, wenn sie beim Kompostieren hinzufügen wird. Wir haben ein fertiges Produkt „Texas Biogold“ verwendet, welches auch FiBL-gelistet ist.

Material und Methoden

Es wurde eine zweifaktorielle vollständig randomisierte Blockanlage mit vier Wiederholungen in 2023 in Köln-Auweiler P18 angelegt.

1 Faktor Dünger:

1. ohne Düngung / Kontrolle
2. Terra Preta (T) Substrat („Texas Biogold“)
3. Haarmehlpellets (H)
4. Haarmehlpellets und Terra Preta (H+T)
5. Gärsubstrat (flüssig, G)

LEITBETRIEBE ÖKOLOGISCHER LANDBAU NORDRHEIN-WESTFALEN**2. Faktor Düngerhöhe:**

1. ohne Dünger / Kontrolle
2. 50 kg N/ha
3. 100 kg N/ha
4. 150 kg N/ha

Die Dünger wurden für die Beispielkultur Kartoffel zur Sorte Allians gedüngt. Mit dem Gärsubstrat wurden auch gleichzeitig höhere Mengen an Phosphor (Terra Preta), Kalium (Terra Preta, Gärsubstrat), Schwefel, Magnesium und Calcium (Terra Preta) ausgebracht (Tab. 1). Terra Preta wurde mit 1,53 % N in der TS im 1. Jahr wie ein Kompost mit 10 % beim Stickstoff angerechnet.

Die Untersuchungen auf der P32d nach Kartoffeln 2022 erfolgten in der Nachfrucht Winterweizen 2022/2023. Es erfolgte hier keine weitere Düngung.

Die gleiche zweifaktorielle vollständig randomisierte Blockanlage mit vier Wiederholungen wurden in 2023 ebenfalls mit der Kartoffelsorte Allians auf dem Leitbetrieb Kiebitzhof in Gütersloh angelegt.

Tab. 1: ausgebrachte Düngermengen in den Varianten

Dünger	Abkürzung	N kg/t FM	t FM/ha	kg N/ha	N-Anrechnung im 1. Jahr*	P2O5 kg/t FM	kg P2O5/ha	K2O kg/t FM	kg K2O/ha	C/N Verhältnis	S kg/t FM	kg S/ha	MgO kg/t FM	kg MgO/ha	CaO kg/t FM	kg CaO/ha
1 Kontrolle	K	0	0	0		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2 TerraPreta 2,5 l/m²	T	5,75	25	143,8	14	7,9	198,5	9,3	231,8	17	4,8	119,5	10,7	268,5	23,6	589,8
3 Haarmehlpellets 50 kg N/ha	H50	136	0,4	50		7,4	2,7	2,0	0,8	4	17,4	6,4	0,9	0,3	6,5	2,4
4 Haarmehlpellets 100 kg N/ha	H100	136	0,7	100		7,4	5,5	2,0	1,5	4	17,4	12,8	0,9	0,7	6,5	4,8
5 Haarmehlpellets 150 kg N/ha	H150	136	1,1	150		7,4	8,2	2,0	2,3	4	17,4	19,2	0,9	1,0	6,5	7,1
6 Haarmehlpellets 50 kg N/ha + TerraPreta 2,5 l/m²	H50+T	136	0,4	50		7,4	2,7	2,0	0,8	4	17,4	6,4	0,9	0,3	6,5	2,4
		5,75	25	143,8	14	7,9	198,5	9,3	231,8	17	4,8	119,5	10,7	268,5	23,6	589,8
7 Haarmehlpellets 100 kg N/ha + TerraPreta 2,5 l/m²	H100+T	136	0,7	100		7,4	5,5	2,0	1,5	4	17,4	12,8	0,9	0,7	6,5	4,8
		5,75	25	143,8	14	7,9	198,5	9,3	231,8	17	4,8	119,5	10,7	268,5	23,6	589,8
8 Haarmehlpellets 150 kg N/ha + TerraPreta 2,5 l/m²	H150+T	136	1,1	150		7,4	8,2	2,0	2,3	4	17,4	19,2	0,9	1,0	6,5	7,1
		5,75	25	143,8	14	7,9	198,5	9,3	231,8	17	4,8	119,5	10,7	268,5	23,6	589,8
9 Gärsubstrate aus Biogasanlage 50 kgN/ha	G50	4,25	11,8	50		2,4	28,6	6,1	72,1	6	0,4	4,9	0,8	9,5	3,1	36,9
10 Gärsubstrate aus Biogasanlage 100 kgN/ha	G100	4,25	23,5	100		2,4	57,3	6,13	144,2	6	0,42	9,9	0,81	19,1	3,14	73,9
11 Gärsubstrate aus Biogasanlage 150 kgN/ha	G150	4,25	35,3	150		2,4	85,9	6,13	216,4	6	0,42	14,8	0,81	28,6	3,14	110,8
*Anrechnung 1,53 %N in TS, davon 10 % angerechnet wie Kompost																

Parameter

Folgende Parameter in der Hauptkultur Kartoffel sollten untersucht werden: Kartoffelertrag, Sortierung, N_{min}-Gehalte, N-Gehalte, Ökonomie mit Terra Preta

Folgende Parameter in der Nachfrucht sollten untersucht werden: Ertrag des Winterweizens, N_{min}-Gehalte, TS- & N-Gehalte

Standort / Pflanzenbauliche Parameter

Der Versuch wurde 2023 im Versuchszentrum Gartenbau in Köln-Auweiler (sandiger Schluff, AZ 70) auf der Parzelle P18 durchgeführt. Die Kartoffeln standen nach Klee gras (2022). Die Fläche wurde am 20.04.2023 gemulcht, das Klee gras in den Betriebskompost abgefahren und die Fläche mit dem EUM-Grubber gegrubbert. Im Anschluss wurde gepflügt. Die Ausbringung und Einarbeitung der variantenspezifischen Dünger erfolgte am 03.05.2023 mit einer Kreiselegge. Die Kartoffeln wurden dann am 09.05.2023 gepflanzt. Zur Unkrautregulierung erfolgte das Häufeln und wieder Runterstriegeln des Dammes und erneutem Anhäufeln jeweils am 19.05., 24.05. und 06.06.2023. Gegen Kartoffelkäfer wurde einmal am 17.06.2023 mit 2,5 l/ha Neemazal TS und zweimal am 26.06. und 06.07.2023 jeweils mit 5,0 l/ha Novodor FC behandelt. Eine Beregnung erfolgte am 12.06.2023 mit 20 mm und am 20.07.2023 mit 20 mm. Die Ernte fand dann am 14.09.2023 statt.

N_{min}-Proben auf Parzelle P18 werden vom 30.04.2023 (vor Kartoffeln), und am 18.12.2023 (zur Sickerwasserperiode) dargestellt.

Zur Nachfrucht auf Parzelle P32d wurde nur zweimal gegrubbert (26.09. & 10.10.2022). Die Nachfrucht Winterweizen Sorte Elixer wurde mit 400 K/m² (180 kg/ha) am 11.10.2022 gesät und am 12.07.2023 gedroschen. Die N_{min}-Probenahme auf Parzelle P32d erfolgte am 24.04., 04.08. und 25.10.2023.

Am Kiebitzhof wurde das Pflügen und die Saatbettbereitung vom Betrieb aus vorgenommen, sodass die Pflanzung der Kartoffeln Sorte Allians bei gleichzeitiger Ausbringung des Düngers kurz vorher am 27.04.2023 erfolgen konnte. Geerntet wurden die Kartoffeln variantenweise am 05.09.2023. Die N_{min}-Probenahme erfolgte am 27.04.2023 und am 09.09.2023.

Auf der Kartoffelversuchsfläche von 2022 wurde vom Betrieb Winterroggen eingesät. Auch hier wurden N_{min}-Proben am 09.09.2023 genommen.

Die Standort Kiebitzhof hat sandige Böden mit Ackerzahlen von 18 bis 25. Der pH-Wert auf der neuen Kartoffelfläche lag am 27.04.2023 bei 6,0 P₂O₅ 25 mg/100 g Boden, K₂O 9 mg/100 g Boden und Mg 4 mg/100 g Boden.

Ergebnisse

Kartoffel-Ertrag

Der Rohertrag der Kartoffelsorte Allians lag in diesem Jahr 2023 mit 419 dt/ha in der Variante mit einer Düngerkhöhe von 150 kg N/ha aus Haarmehlpellets plus Terra Preta signifikant am Höchsten, während die Kontrolle mit 289 dt/ha Rohertrag signifikant den geringsten Ertrag erbrachte (Abb. 1). Allerdings waren auch die anderen Düngungsvarianten ab H100 statistisch gleich hoch im Rohertrag wie die Variante H150+T. Terra Preta alleine erzielte einen nur unwesentlichen nicht signifikanten Mehrertrag gegenüber der Kontrolle.

Die zweifaktorielle Auswertung zeigt signifikant höhere Roherträge bei Düngung mit Haarmehlpellets plus Terra Preta und Gärsubstrat als nur Haarmehlpellets, die aber wiederum statistisch besser waren als nur Terra Preta und die Kontrolle (Abb. 2). Alle Düngerkhöhen 50, 100 oder 150 kg N/ha erzielten statistisch gesehen gleich hohe Roherträge der Kartoffeln und waren signifikant besser als die Kontrolle.

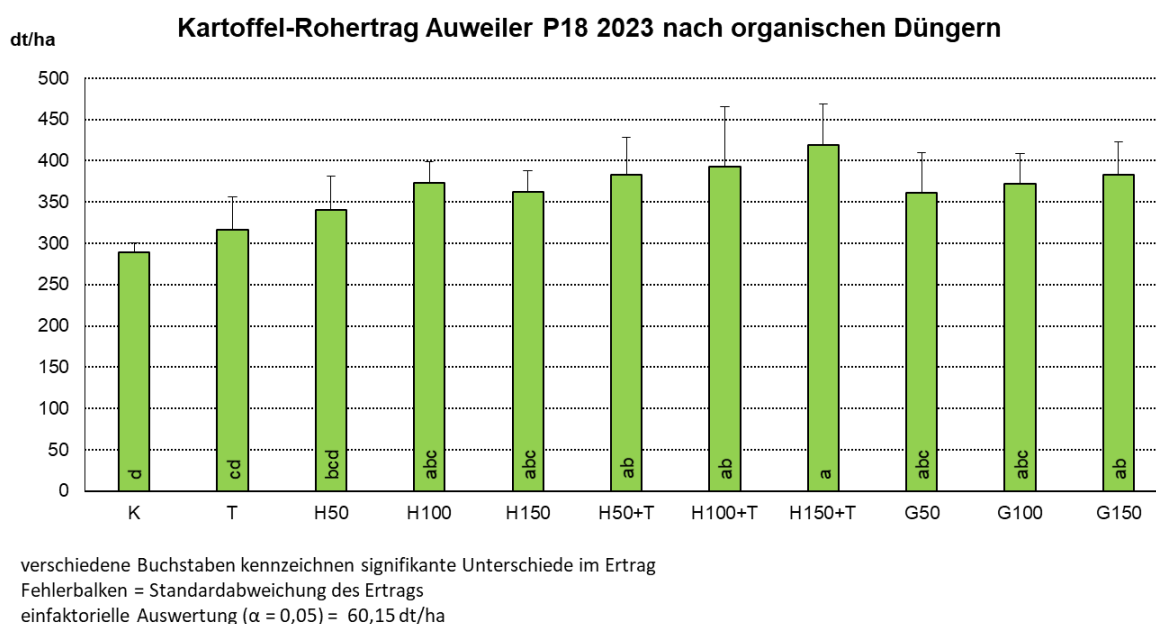


Abb. 1: Kartoffelrohertrag (dt/ha) 2023 der Sorte Allians nach organischer Düngung mit zwei Düngern in unterschiedlichen Aufwandmengen in Auweiler P18

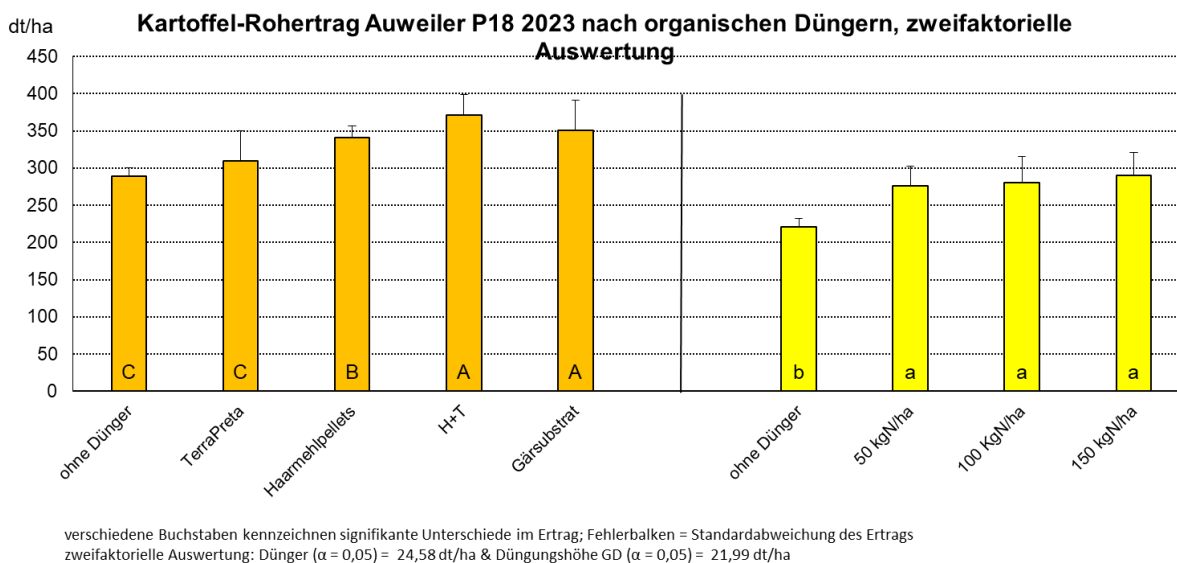


Abb. 2: Kartoffelrohertrag (dt/ha) 2023 der Sorte Allians nach organischer Düngung mit zwei Düngern in unterschiedlichen Aufwandsmengen bei zweifaktorieller Auswertung in Auweiler P18

Es gab kaum Untergrößen bei der Sortierung, im Mittel waren es 0,36 % Untergrößen (Tab. 2). Bei der Düngungsvariante mit 150 kg N/ha als Haarmehlpellets waren mehr Übergrößen vorhanden.

Tab. 2: Sortierung in Untergrößen (<350 mm), normale Größe (30-60 mm) und Übergrößen (>60 mm) der Sorte Allians in den Düngungsvarianten in 2023 in Auweiler P18 (nicht signifikant)

Varianten	Rohhertrag	Normal %	Über %	Unter %
K	289,30	94,44	4,80	0,78
T	315,84	96,95	2,50	0,54
H50	340,49	92,93	6,40	0,70
H100	373,05	93,22	6,50	0,24
H150	362,37	88,92	10,90	0,21
H50+T	383,43	94,13	5,70	0,19
H100+T	392,82	94,84	4,90	0,29
H150+T	418,57	89,84	9,70	0,45
G50	360,53	91,32	8,40	0,25
G100	371,62	97,09	2,70	0,25
G150	382,43	95,15	4,80	0,09
Mittel	362,77	93,53	6,12	0,36

N-Gehalte in der Knolle

Bei den N-Gehalten in der Knolle zeigte sich, dass die Varianten mit nur 150 kg N/ha als Haarmehlpellets etwas mehr N aufwiesen (Abb. 3).

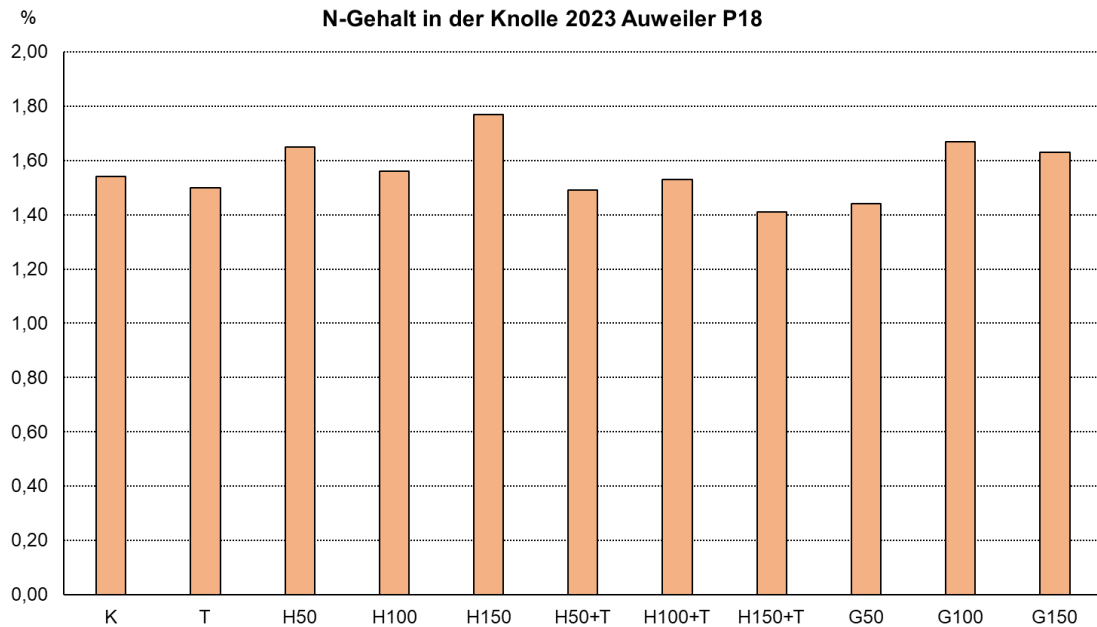


Abb. 3: N-Gehalte (%) in der Knolle 2023 der Sorte Allians nach organischer Düngung mit zwei Düngern in unterschiedlichen Aufwandmengen in Auweiler P18

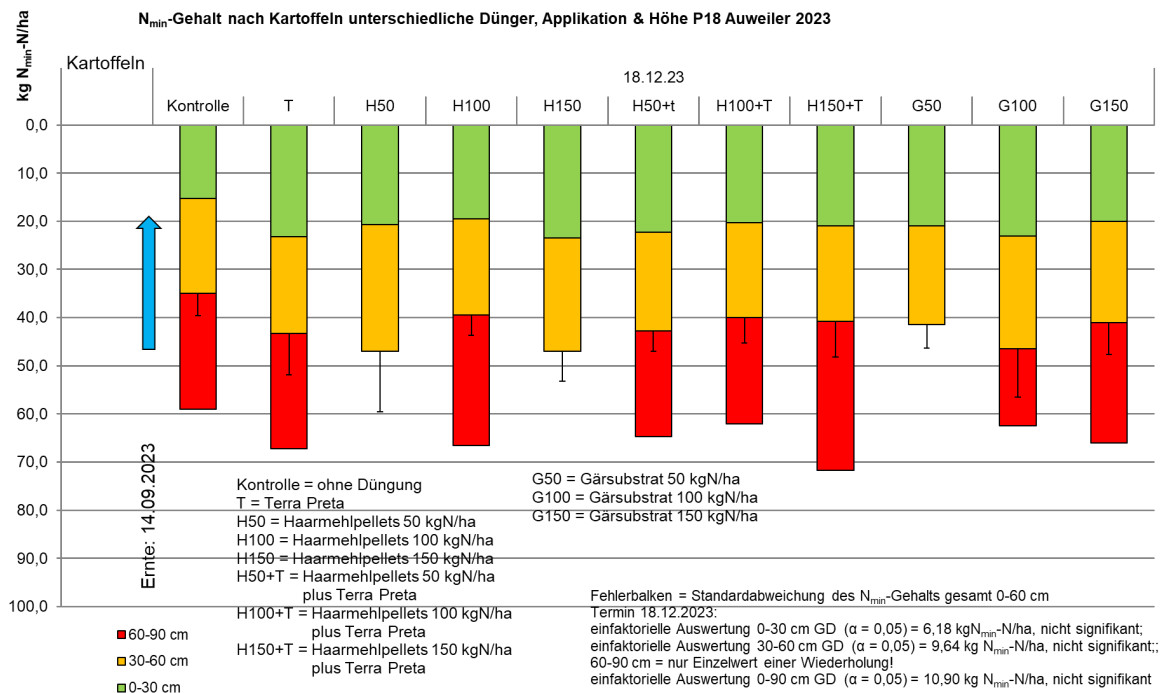


Abb. 4: N_{min}-Werte nach Kartoffeln mit unterschiedlicher Düngung in Auweiler P18 in 2023

N_{min}-Gehalte über die Zeit vor und nach gedüngten Kartoffeln

Die N_{min}-Werte waren in den Varianten nach den Kartoffeln in 2023 nicht signifikant voneinander zu unterscheiden (Abb. 4). Aufgrund des nassen Herbsts konnte erst sehr spät und nur von Hand beprobt werden. Es lagen dann Mitte Dezember 2023 im Mittel 20,89 kg N_{min}-N/ha in 0-30 cm und 21,32 kg N_{min}-N/ha in 30-60 cm vor. In der Tiefenstufe 60-90 cm liegen nur Einzelwerte um ca. 24 kg N_{min}-N/ha.

Ertrag Nachfrucht Winterweizen

Auf der Parzelle P32d stand in 2022 der mit den zwei verschiedenen organischen Düngern in den unterschiedlichen Aufwandmengen gedüngte Versuch mit Kartoffeln. Der Winterweizen erzielt hier als Nachfrucht in 2023 keine signifikant unterschiedlich hohen Kornerträge zwischen den Düngungsvarianten (Abb. 5).

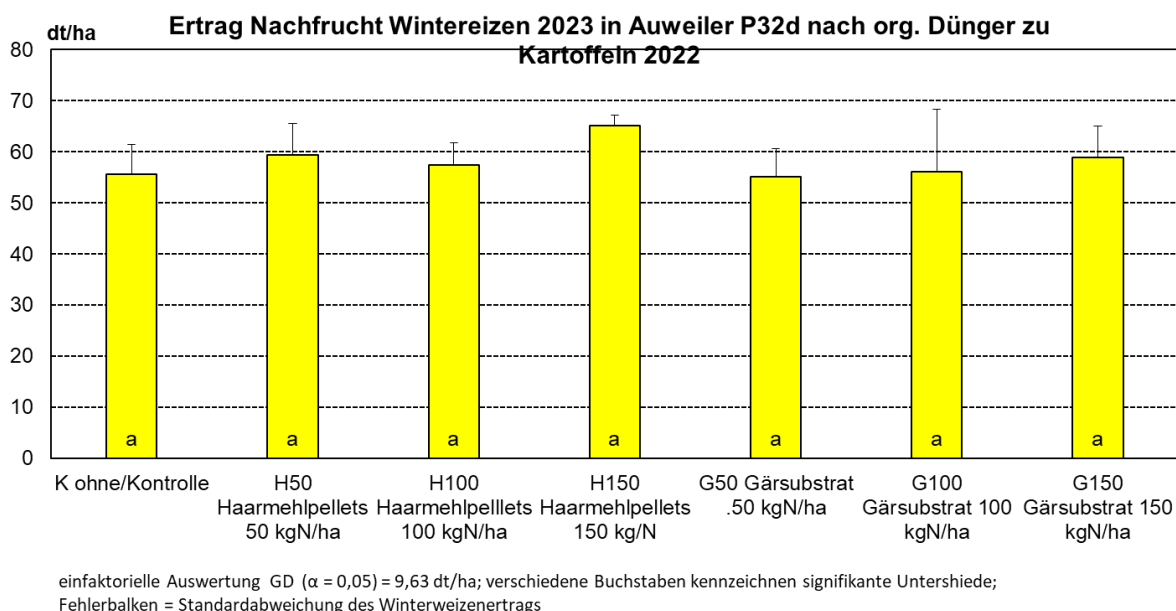


Abb. 5: Ertrag des Winterweizens (dt/ha) 2023 in Auweiler P32d nach Kartoffeln mit unterschiedlicher Düngung 2022

N_{min}-Gehalte unter Winterweizen Nachfrucht

Die N_{min}-Werte lagen auch noch Anfang Mai 2023 unter dem Winterweizen nach Kartoffeln in der höher gedüngten Variante mit Haarmehlpellets (150 kg N/ha) etwas höher (Abb. 6) wobei es keine signifikanten Unterschiede zwischen den Varianten gab und die Werte insgesamt sehr niedrig lagen (≥ 10 kg N_{min}-N/ha in 0-90 cm Tiefe). Im August nach dem Drusch des Weizens waren insgesamt etwas mehr N_{min}-Gehalt vorhanden, die sich zwischen den Varianten in den einzelnen Tiefenstufen nicht

statistisch unterschieden. Maximal lag aber auch nur 25,8 kg N_{min}-N/ha bei G 150 in 0-90 cm Tiefe vor.

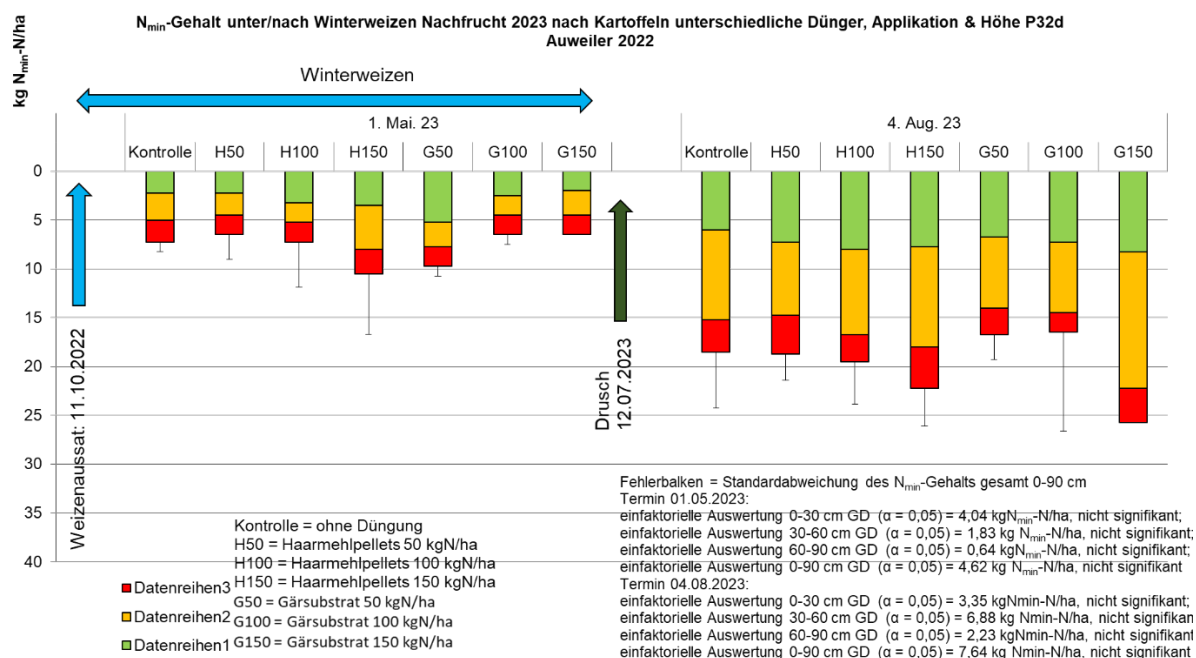


Abb. 6: N_{min}-Werte über die Zeit: unter & nach Winterweizen Nachfrucht 2023 nach Kartoffeln mit unterschiedlicher Düngung 2022 in Auweiler P32d

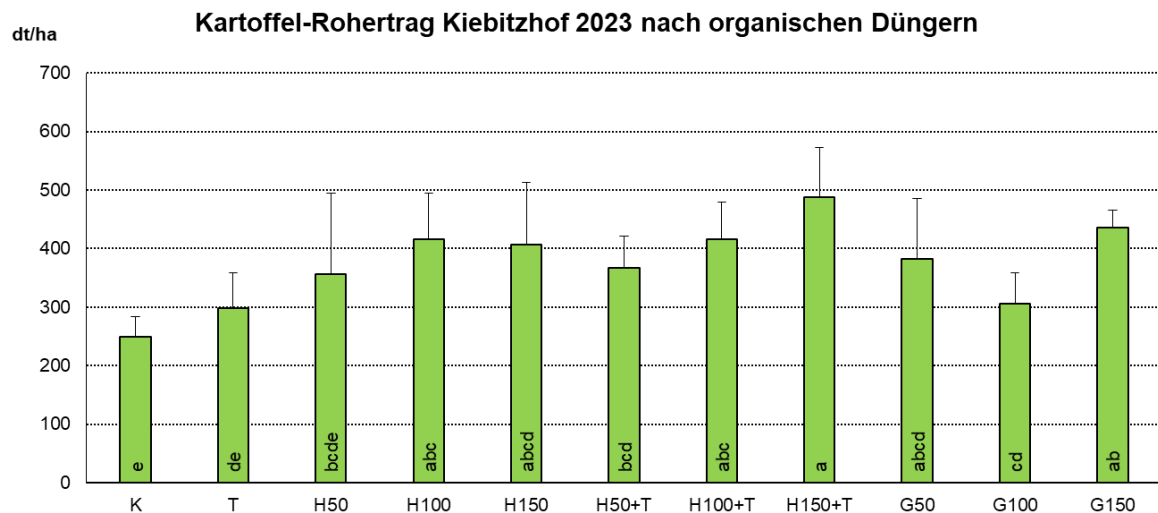
Kiebitzhof

Ertrag der Kartoffeln

Der Rohertrag der Kartoffeln unterschied sich am Kiebitzhof signifikant voneinander (Abb. 7). So war der geringste Ertrag mit 249 dt/ha in der Kontrolle signifikant unter allen gedüngten Varianten. Die Variante mit einer Düngung von 150 kg N/ha in Form von Haarmehlpellets plus Terra Preta lag dann mit 488 dt/ha signifikant am Höchsten, gleich auf mit den Düngungsvarianten H100, H 150, H100+T, G50 und G150. Warum die Variante G100 etwas niedriger liegt, ist nicht ganz nachzuvollziehen.

Bei zweifaktorieller Auswertung ergab sich, dass die Dünger Haarmehlpellets, Haarmehlpellets plus Terra Preta und Gärsubstrat gleich gut wirken und signifikant über der reinen Terra Preta und der Kontrolle lagen (Abb. 8). Eine Düngung mit 100 oder 150 kg N/ha erbrachte signifikant höhere Roherträge als die Kontrolle.

LEITBETRIEBE ÖKOLOGISCHER LANDBAU NORDRHEIN-WESTFALEN

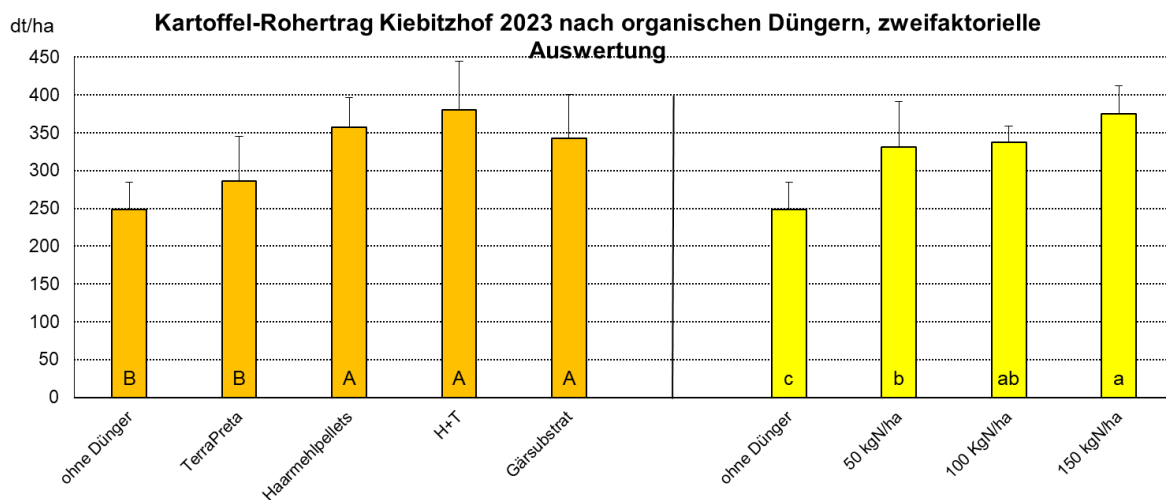


verschiedene Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede im Ertrag

Fehlerbalken = Standardabweichung des Ertrags

einfaktorielle Auswertung ($\alpha = 0,05$) = 116,09 dt/ha

Abb. 7: Kartoffelrohertrag (dt/ha) 2023 der Sorte Allians nach organischer Düngung mit zwei Düngern in unterschiedlichen Aufwandmengen am Kiebitzhof



verschiedene Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede im Ertrag; Fehlerbalken = Standardabweichung des Ertrags

zweifaktorielle Auswertung: Dünger ($\alpha = 0,05$) = 20,82 dt/ha & Düngungshöhe GD ($\alpha = 0,05$) = 24,04 dt/ha

Abb. 8: Kartoffelrohertrag (dt/ha) 2023 der Sorte Allians nach organischer Düngung mit zwei Düngern in unterschiedlichen Aufwandmengen bei zweifaktorieller Auswertung am Kiebitzhof

Auch am Kiebitzhof gab es in 2023 nur wenig Untergrößen, im Mittel waren es 0,63 % (Tab. 3). Etwas mehr Übergrößen mit 15,1 % waren in der Variante Haarmehlpellets 150 plus Terra Preta zu verzeichnen.

Tab. 3: Größensortierung des Ertrags (dt/ha) 2023 der Sorte Allians nach organischer Düngung mit zwei Düngern in unterschiedlichen Aufwandmengen am Kiebitzhof (Signifikanz in der mittleren Fraktion 30-60 mm)

Varianten	Rohertrag	Normal %	Über %	Unter %
K	248,97	95,35	3,50	1,14
T	298,58	97,26	1,70	1,05
H50	356,50	96,55	2,70	0,76
H100	416,30	96,85	2,90	0,20
H150	406,92	90,54	8,90	0,51
H50+T	367,37	95,71	3,90	0,41
H100+T	416,24	93,22	6,20	0,58
H150+T	487,30	84,68	15,10	0,26
G50	381,65	96,25	3,20	0,59
G100	305,90	97,77	1,40	0,86
G150	435,42	92,37	7,10	0,56
Mittel	374,65	94,23	5,15	0,63

N-Gehalte in der Knolle

In der Knolle zeigten sich höhere N-Gehalte bei Düngung v.a. mit 150 kg N/ha in Form von Haarmehlpellets oder 100 bzw. 150 kg N/ha Haarmehlpellets + Terra Preta (Abb. 9). Die Variante mit 50 kg N/ha als Gärs substrat, die ungedüngte Kontrolle und die reine Terra Preta Variante hatten die geringsten N-Gehalte in der Knolle.

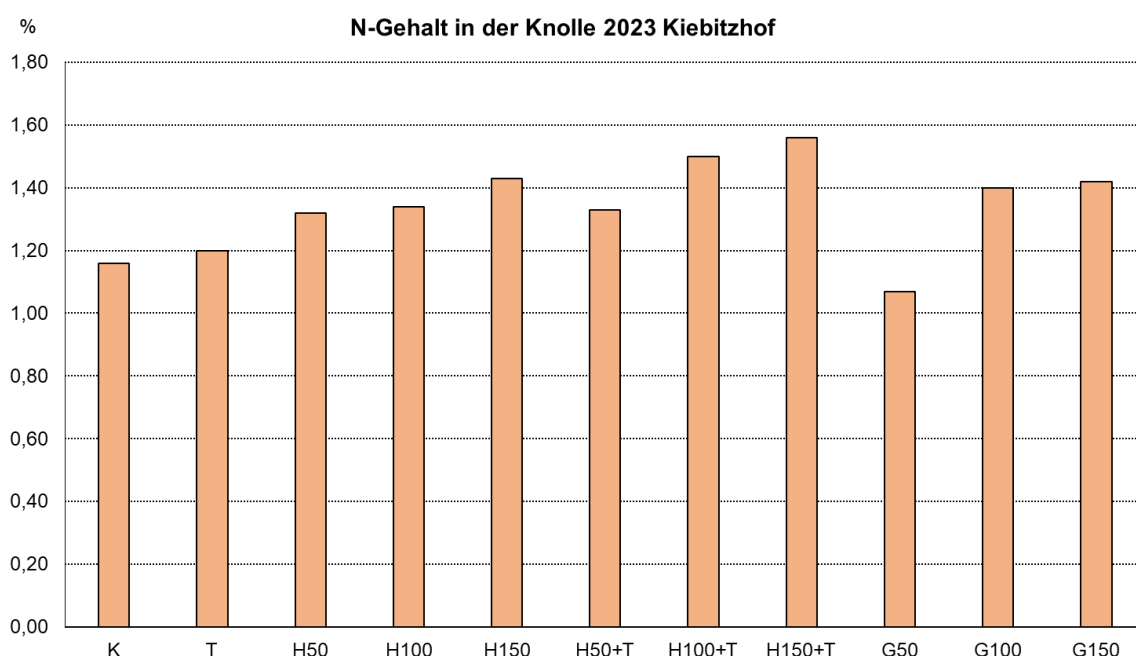


Abb. 9: N-Gehalte (%) in der Knolle 2023 der Sorte Allians nach organischer Düngung mit zwei Düngern in unterschiedlichen Aufwandmengen am Kiebitzhof

N_{min}-Gehalte über die Zeit vor und nach gedüngten Kartoffeln

Die N_{min}-Werte nach Kartoffeln am Kiebitzhof unterschieden sich in den einzelnen Tiefenstufen hinsichtlich der verschiedenen Düngungsvarianten nicht signifikant voneinander (Abb. 10). Nur in der Summe 0-90 cm Tiefe war die Variante G100 mit 77,75 kg N_{min}-N/ha signifikant am höchsten und die Kontrolle (53,0 kg N_{min}-N/ha) sowie die reine Terra Preta (51,25 kg N_{min}-N/ha) Variante am niedrigsten.

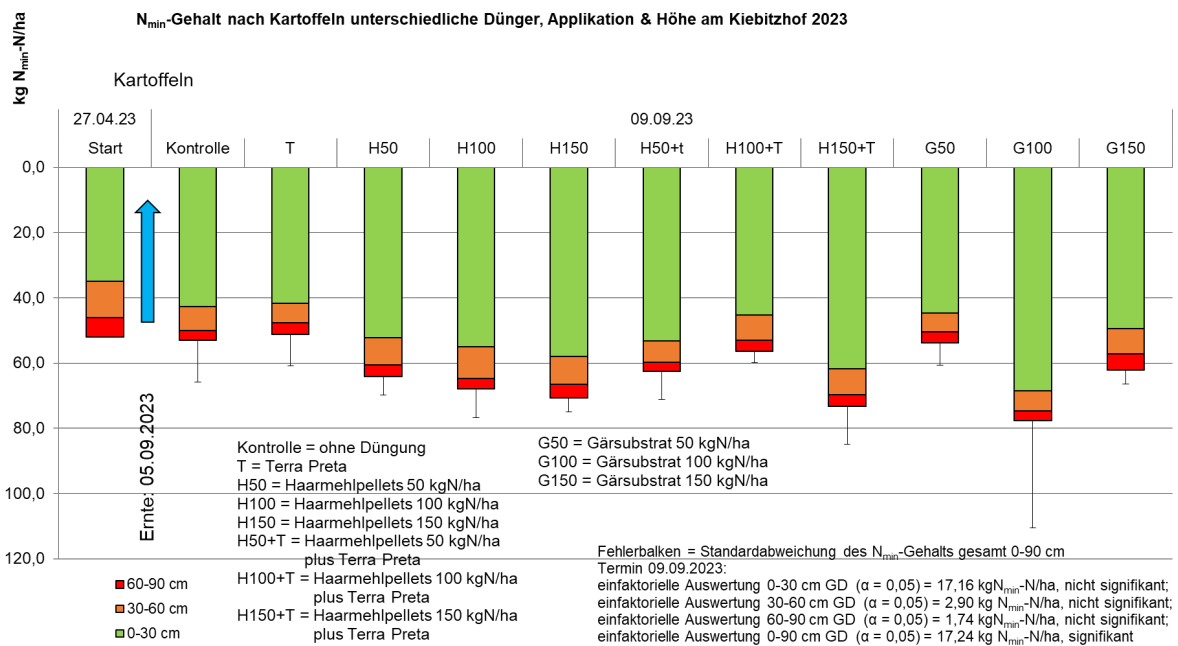


Abb. 10: N_{min}-Werte über die Zeit: vor / nach Kartoffeln mit unterschiedlicher Düngung am Kiebitzhof 2023

Ökonomie mit Terra Preta

Für eine ökonomische Betrachtung mit exakten Deckungsbeiträgen ist es derzeit noch zu früh. Es empfiehlt sich die Betrachtung der Deckungsbeiträge über eine ganze Fruchtfolge zu ermitteln. Das Terra Preta – Substrat soll langfristig bodenverbessernd wirken. Diese Effekte sind nur schwierig in ökonomische Zahlen zu übertragen. Im kommenden Jahr wird in den hier vorliegenden Versuchen zumindest das Getreide weiter beprobt. Es wird geprüft, ob danach eine Weiterführung der Versuche möglich ist, um eine längere Fruchtfolge abzubilden. Die Terra Preta – Substrate werden derzeit zu Preisen zwischen 695,95 € pro Big Bag (1.000 l) oder 7.998 € pro LWK (25.000 l, entspricht 319,80 €/ 1.000 l) angeboten. Bei einer empfohlenen Aufwandmenge von 2,5 l / m² reicht ein BigBag für 400 m². In einer telefonischen Mitteilung der Firma kann wohl dieser Preis bei großen Abnahmemenge auf bis zu ca. 100 €/ 1.000 l heruntergehen. Dies bleibt jedoch abzuwarten.

Fazit

Die beiden untersuchten Dünger (Haarmehlpellets und Biogassubstrat flüssig) wirkten in 2023 auf den Ertrag der Kartoffeln am Standort Auweiler und am Kiebitzhof. Es traten deutliche Unterschiede auf: höhere Düngung bringt mehr Ertrag der Kartoffeln, wobei in der Größensortierung 100 kg N/ha Haarmehlpellets für die mittlere Fraktion ausreichend war. Die Terra Preta verstärkte teilweise den Ertragseffekt auf die Kartoffeln mit hochgedüngten Haarmehlpellets. Es scheint auch nicht so zu sein, dass die Terra Preta Nährstoffe festhält.

Die N-Gehalte in der Knolle zeigen möglicherweise eine höhere Versorgung der Pflanzen bei Düngung, wobei zu hohe N-Gehalte auch nicht gewünscht sind.

Bei den $N_{\min}$ -Werten zeigt sich oft, dass die Dünger höhere $N_{\min}$ -Mengen hinterlassen, die sich auch in tiefere Bodenschichten verlagern. Hier könnte gerade bei Haarmehlpellets 100 kg N/ha besser sein als 150 kg N/ha zuzudüngen.

Ökonomisch sind die Terra Preta – Substrate derzeit noch schwierig einzuschätzen. Sie scheinen zunächst teuer, könnten aber günstiger bei hohen Abnahmemengen werden. Zudem muss überlegt werden, die Kosten hierfür auf eine ganze Fruchtfolge anzurechnen, da die Wirkungsweise langfristig sein soll.

Literatur:

Energiewert Cloppenburg GmbH (2024): <https://texas-bioenergie.de/products/texas-biogold-terra-preta>, besucht am 05.04.2024

NABU 2024: <https://www.nabu.de/umwelt-und-ressourcen/oekologisch-leben/balkon-und-garten/trends-service/trends/20401.html>, besucht am 05.04.2024