

Langzeitdüngerversuch mit verschiedenen Bodenanalysemethoden 2018 bis 2025 - Zwischenfazit

Die Ergebnisse – kurzgefasst

Im Gemüsebauversuchsbetrieb Bamberg der Bayerischen Landesanstalt für Weinbau und Gartenbau wird seit 2018 ein Langzeitdüngerversuch durchgeführt. In diesem Versuch werden vier verschiedene Bodenanalysemethoden (VDLUFA, EUF, Unterfrauner und Kinsey) miteinander verglichen. Dazu werden je drei Wiederholungen je Variante mit der entsprechenden Bodenanalysemethode Anfang jeden Jahres untersucht und entsprechend den Empfehlungen gedüngt. Die Kultur war 2018 Weißkraut, 2019 Sellerie, 2020 Kartoffel, 2021 Hokkaido-Kürbis, 2022 Zuckermais, 2023 Klee gras, 2024 Weißkraut und 2025 Sellerie. Bei den Erträgen wurde in keinem der Jahre ein Unterschied zwischen den Varianten festgestellt.

Versuchsfrage und Versuchshintergrund

Es gibt verschiedene Bodenanalysemethoden, die zur Bestimmung der Nährstoffgehalte im Boden verwendet werden können. Offiziell anerkannte Methoden sind die Methoden nach VDLUFA und EUF. Vor allem im Ökolandbau sind auch die Methoden nach Unterfrauner und Kinsey/Albrecht verbreitet, die auf die richtigen Nährstoffverhältnisse im Boden achten und demnach ihre Düngeempfehlungen aussprechen. Sie unterscheiden sich häufig in der Gabe von Mikronährstoffen von der VDLUFA- und EUF-Methode. Ziel dieses Versuchs war es herauszufinden, ob sich die Düngung aufgrund der unterschiedlichen Bodenanalysemethoden auf den Ertrag auswirkt. Der erste Teil der Ergebnisse (2018 bis 2021) wurde bereits auf Hortigate veröffentlicht ([Langzeitdüngerversuch 2018 bis 2021](#)). In diesem Bericht sollen die Ergebnisse von 2022 bis 2025 vorgestellt und ein weiteres Zwischenfazit gezogen werden.

Ergebnisse im Detail

1. Kulturen

2022 Zuckermais

Der Zuckermais wurde am 27.04.2022 im Gewächshaus ausgesät und am 11.05.2022 ins Freiland gepflanzt. Es wurde die Sorte 'GSS3951' verwendet.

Am 10.05.2022 wurden die Parzellen entsprechend den Empfehlungen (Tabelle 1) gedüngt. Die Stickstoffdüngung erfolgte in Abhängigkeit vom Gehalt im Boden, der Düngeempfehlung und dem Stickstoffbedarfswert der Kultur (DüV-Empfehlung).

Langzeitdüngerversuch mit verschiedenen Bodenanalysemethoden 2018 bis 2025 - Zwischenfazit

Tabelle 1: Empfohlene Reinnährstoffmengen [kg/ha] für Zuckermais 2022

Zuckermais 2022	empfohlene Reinnährstoffmenge [kg/ha]				
	Nährstoffe	VDLUFA	EUf	Unterfrauner	Kinsey
N	55,9	55,9	55,9	55,9	55,9
P	13	20	empfohlene Dünger siehe Text	0	
K ₂ O	21	40		112	
Mg	10 MgO	20 MgO		0	
S	30	0		141	
CaO	0	1500 CaO		0	
B	0	0		1	
Cu	0	0		0	
Zn	0	0		0	
Mn	0	0		0	
Na	0	0		0	
Fe	0	0		0	
Mo	0	0		0,195	
Si	0	0		0	
Co	0	0		0,026	

Die Stickstoffdüngung erfolgte mit 430 kg/ha Horngrües. Die VDLUFA-Variante wurde außerdem mit 50 kg/ha Dolophos 26, 100 kg/ha Patentkali und 15 kg/ha Sgran 90 gedüngt. Die Düngung der EUf-Variante erfolgte mit 77 kg/ha Dolophos 26, 180 kg/ha Patentkali und 2950 kg/ha kohlenstoffsaurem Kalk 91. Die Unterfrauner-Variante erhielt ebenfalls zur Pflanzung des Zuckermais eine Grunddüngung mit 300 kg/ha AKRA Kombi und 1300 kg/ha AKRA DGC. Zusätzlich erfolgte am 18.05.2022 eine erste Blattdüngung (100 l/ha Wasser, 0,5 l/ha AKRA Plus 9, 2 l/ha AKRA Blatt, 0,5 l/ha AKRA MSB, 0,25 l/ha AKRA Azobacter, 0,25 l/ha Azo+, 1 l/ha AKRA Sulfur+, 10 l/ha AKRA org. Flüssigdünger). Die zweite Blattdüngung erfolgte in doppelter Aufwands- und Wassermenge nach fortgeschrittenem Wachstum am 28.06.2022. Die Zusammensetzung der Dünger kann dem Kapitel „Kultur- und Versuchshinweise“ entnommen werden. Die Düngung der Kinsey-Variante erfolgte vor der Pflanzung mit 224 kg/ha Kalisop, 112 kg/ha Sgran 90, 6 kg/ha Bor (17,4 %) und 0,91 l/ha Phytogreen Molybdän.

Langzeitdüngerversuch mit verschiedenen Bodenanalysemethoden 2018 bis 2025 - Zwischenfazit



Bild 1: Zuckermais am 28.07.2022

2023 Klee gras

In diesem Jahr erfolgte keine Düngung des Klee grasses.



Bild 2: Klee gras im Mai 2023

Langzeitdüngerversuch mit verschiedenen Bodenanalysemethoden 2018 bis 2025 - Zwischenfazit

2024 Weißkohl

Die empfohlenen Reinstoffnährstoffmengen laut Bodenanalysen sind in Tabelle 2 zu sehen.

Tabelle 2: Empfohlene Reinnährstoffmengen [kg/ha] für Weißkohl 2024

Weißkohl 2024	Empfohlene Reinnährstoffmenge [kg/ha]				
	Nährstoffe	VDLUFA	EUf	Unterfrauner	Kinsey
N	90	90	90	90	90
P ₂ O ₅	24,5	40			50
K ₂ O	217	230			140
Mg	21	0	31,72 (aus AKRA DGC)		0
S	30	30			145,8
Ca	28,3	45,9	82,15		57,7
B	0	0	empfohlene Dünger siehe Text		0
Cu	0	0			0
Zn	0	0			0
Mn	0	0			26,88
Na	0	0			34
Fe	0	0			0
Mo	0	0			0,0585
Si	0	0			0
Co	0	0			0,2
Se	0	0			0
Cl	0	0			0

Im Dezember 2023 (12.12.2023) erfolgte auf allen Parzellen eine Kalkung von 2,5 t/ha mit kohlenstoffreichem Kalk.

Am 21.12.2023 wurden die Bodenproben für die Bodenanalysen genommen und verschickt. Am 11.01.2024 wurde die Parzelle gepflügt.

Die Stickstoff-Düngung erfolgte im Schnitt mit 130 kg N/ha mit Horngrieß (Düngebedarf 240 kg N/ha). Die Parzellen wurden individuell gedüngt, die Abweichung der Parzellen betrug +/-27 kg N/ha.

Langzeitdüngerversuch mit verschiedenen Bodenanalysemethoden 2018 bis 2025 - Zwischenfazit

Die Düngung der VDLUFA-Variante erfolgte mit 94,23 kg/ha weicherdigem Rohphosphat (26 %), 210 kg/ha Patentkali und 256 kg/ha KCl (60 %). Die EUF-Variante wurde mit 153 kg/ha weicherdigem Rohphosphat (26 %), 383,3 kg/ha KCl (60 %) und 33,33 kg/ha Schwefel (90 %) gedüngt. Die Kinsey-Variante wurde mit 192 kg/ha weicherdigem Rohphosphat, 233 kg/ha KCl (60 %), 162 kg/ha Schwefel (90 %), 84 kg/ha Mangansulfat (32 %), 56 kg/ha Natursalz (39 %), 0,27 l/ha Phytogreen Molybdän (15,6 %) und 1,54 kg/ha Cobalt EDTA (13 %) gedüngt.

Bei der Unterfrauner-Variante erfolgte zunächst eine Basisdüngung mit 500 kg/ha AKRA Kombi und 500 kg/ha AKRA DGC. Als Bodenvorbereitung wurde außerdem ein Flüssigdünger bestehend aus 200 l/ha Wasser, 1 l/ha AKRA Stro R+P+K, 1 l/ha AKRA WD, 1 l/ha AKRA MSB und 3 l/ha Sulpur+ auf den Boden mit einer Rückenspritze aufgetragen.

Die Düngung der Feststoffdünger erfolgte am 27.05.2024 und die der Flüssigdünger am 28.05.2025 mit einer Rückenspritze. Die Parzelle wurde nach den erfolgten Düngungen gestriegelt.

Für die Unterfrauner-Variante erfolgte außerdem noch eine Blattdüngung ab dem 8-Blatt-Stadium (24.06.2024) mit 300 l/ha Wasser, 0,5 l/ha AKRA Plus 9, 2 l/ha AKRA Blatt, 0,5 l/ha AKRA Azobacter, 0,5 l/ha AKRA Azo+, 1 l/ha AKRA MSB, 4 l/ha AKRA Sulpur+, 2 l/ha AKRA WD, 10 l/ha AKRA organischer Flüssigdünger.

Ab Kopfbildung erfolgte eine weitere Blattdüngung (01.08.2024) mit 500 l/ha Wasser, 1 l/ha AKRA Plus 9,4 l/ha AKRA Blatt, 1 l/ha AKRA Azobacter, 1 l/ha AKRA Azo+, 1 l/ha AKRA Sulpur+, 2 l/ha AKRA WD, 20 l/ha AKRA organischer Flüssigdünger.

Die Ernte erfolgte am 26.11.2024, anschließend wurden noch N_{min}-Proben gezogen.



Bild 3: Weißkohl im November 2024 zur Ernte

Langzeitdüngerversuch mit verschiedenen Bodenanalysemethoden 2018 bis 2025 - Zwischenfazit

2025 Sellerie

Der Sellerie wurde am 26.03.2025 in 4er-Erdpresstöpfen ausgesät und dünn mit Erde abgeseibt. Am 27.03.2025 wurden Nematoden gegen Trauermücken gegossen. Es wurden für die Parzellen entsprechende Bodenanalysen durchgeführt und nach den Empfehlungen gedüngt.

Die empfohlenen Reinnährstoffmengen laut Bodenanalysen für 2025 sind der folgenden Tabelle 3 zu entnehmen.

Tabelle 3: Empfohlene Reinnährstoffmengen [kg/ha] für Sellerie 2025

Sellerie 2025 Nährstoffe	Empfohlene Reinnährstoffmenge [kg/ha]			
	VDLUFA	EUF	Unterfrauner	Kinsey
N	0	0	0	0
P ₂ O ₅	49	70		0
K ₂ O	0	230	241	280
Mg	0	0	empfohlene Dünger siehe Text	0
S	30	0		151
Ca	0	0		0
B	0	0		1,02
Cu	0	0		0
Zn	0	0		0
Mn	0	0		26,88
Na	0	0		48
Fe	0	0		0
Mo	0	0		0,06
Si	0	0		0
Co	0	0		0,1
Se	0	0		0
Cl	0	0		0

Die Düngung erfolgte am 19.05.2025: Die VDLUFA-Variante wurde mit 188 kg/ha Rohphosphat (26 %) und 33,3 kg/ha Schwefel 90 % gedüngt. Die EUF-Variante wurde mit 269 kg/ha Rohphosphat (26 %) und 383 kg/ha KCl (60 %) gedüngt. Die Unterfrauner-Variante wurde mit 402 kg/ha KCl (60 %), 400 kg/ha AKRA Kombi und 500 kg/ha AKRA DGC gedüngt. Es erfolgte zusätzlich eine

Langzeitdüngerversuch mit verschiedenen Bodenanalysemethoden 2018 bis 2025 - Zwischenfazit

Bodenvorbereitung mit 200 l/ha Wasser (pH auf 5,5 mit Zitronensäure einstellen), 1 l/ha AKRA Stroh R+P+K, 1 l/ha AKRA WD, 1 l/ha AKRA MSB und 3 l/ha AKRA Sulpur. Die Kinsey-Variante wurde mit 466 kg/ha KCl (60 %), 56 kg/ha Schwefel (90 %), 6 kg/ha Borsäure (17 %), 84 kg/ha Mangansulfat (32 %), 38 kg/ha Natursalz und 0,77 kg/ha Cobalt EDTA (13 %) gedüngt.

Am 08.07.2025 erfolgte eine Blattdüngung für die Unterfrauner-Variante mit 200 l/ha Wasser, 1 l/ha AKRA Plus 9, 4 l/ha AKRA Blatt, 1 l/ha AKRA Azobacter, 2 l/ha AKRA MSB, 2 l/ha AKRA Sulpur+, 1 l/ha AKRA WD und 10 l/ha AKRA org. Flüssigdünger. Für die Kinsey-Variante erfolgte ebenfalls eine Blattdüngung mit 0,279 l/ha Phytogreen Molybdän.

Am 22.08.2025 erfolgte noch eine letzte Blattdüngung der Unterfrauner-Variante mit 300 l/ha Wasser, 0,5 l/ha AKRA Plus, 2,5 l/ha AKRA Blatt, 2 l/ha AKRA MSB, 1 l/ha AKRA Azobacter, 1 l/ha AKRA Azo+, 2 l/ha AKRA Sulpur+, 1 l/ha AKRA WD und 10 l/ha AKRA org. Flüssigdünger.

Stickstoff wurde 2025 nicht gedüngt, weil der durchschnittliche N_{\min} -Gehalt im Boden zu Beginn (05.05.2025) bei 167 kg N/ha lag (Düngebedarf Sellerie 210 kg N/ha).

Der N_{\min} -Gehalt wurde erneut am 04.07.2025 (Durchschnitt: 133 kg N/ha) und am 02.09.2025 (Durchschnitt: 69,2 kg N/ha) kontrolliert. Da ausreichend Stickstoff im Boden vorhanden war und die Pflanzen gesund und zeitgerecht entwickelt waren, wurde entschieden, kein Stickstoff zu geben. Der durchschnittliche N_{\min} -Gehalt nach der Ernte (21.10.2025) betrug 17 kg N/ha.

Die Ernte der Sellerieknollen erfolgte am 20.10.2025. Es wurden die Knollen mit den Blättern geerntet und die Knollen und Blätter einzeln gewogen.



Bild 4: Sellerie im September 2025

Langzeitdüngerversuch mit verschiedenen Bodenanalysemethoden 2018 bis 2025 - Zwischenfazit

2. Zusammenfassung Erträge 2018-2025

Bei den Erträgen gab es innerhalb der Kulturen in den einzelnen Jahren seit 2018 keine signifikanten Unterschiede zwischen den verschiedenen Düngevarianten (Abbildung 1). Ab 2024 wurde die Fruchtfolge wiederholt und mit Weißkohl gestartet. Zwischen den Weißkohlerträgen 2018 und 2024 konnte ebenfalls kein wesentlicher Unterschied festgestellt werden. Die Erträge für Sellerie 2019 und 2025 unterscheiden sich jedoch wesentlich zwischen den Jahren in allen Düngevarianten, aber nicht zwischen den Düngevarianten: es gab auch hier keine Unterschiede (Abbildung 1). 2025 musste aufgrund von hohen N_{\min} -Werten kein Stickstoff gedüngt werden. Das heißt der gesteigerte Ertrag 2025 im Vergleich zu 2019 könnte durch bessere N_{\min} -Bodenmineralisation oder bessere Wetterverhältnisse erklärbar sein. Die intensive Beschäftigung mit dem Boden, unabhängig von der Düngevariante, könnte auch allgemein zu einer verbesserten Ernte beigetragen haben. Der erwartete Ertrag laut DüV von 650 dt/ha für Sellerie konnte jedoch in keinem Jahr erreicht werden (Tabelle 4).

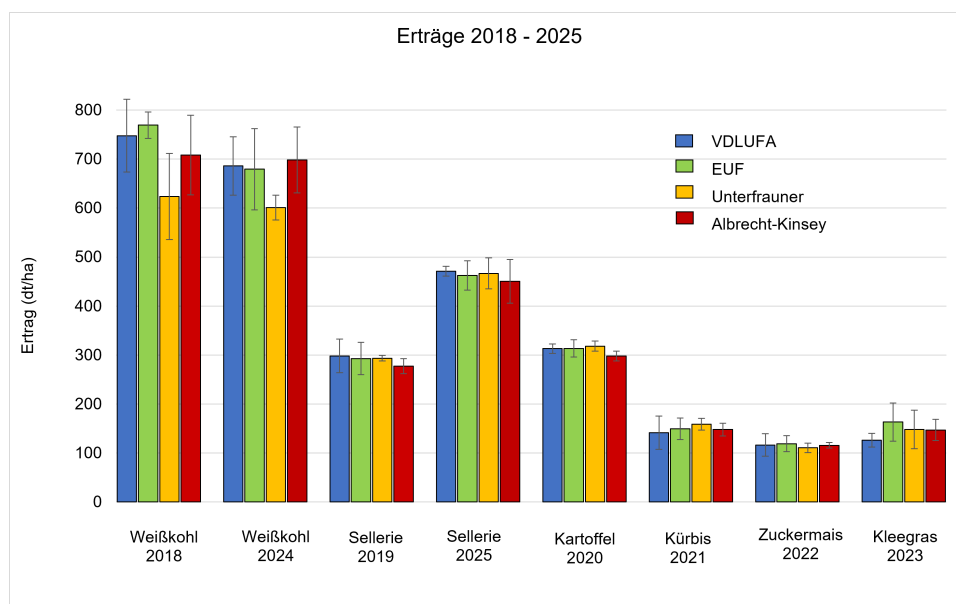


Abbildung 1: Erträge 2018–2025, keine signifikanten Unterschiede innerhalb der Jahre, 2018: Weißkohl, 2019: Sellerie, 2020: Kartoffel, 2021: Kürbis, 2022: Zuckermais, 2023: Klee gras, 2024 Weißkohl, 2025 Sellerie; Weißkohl 2018 und 2024 und Sellerie 2019 und 2025 wurden nebeneinander dargestellt, um einen besseren Vergleich der Kultur zu ermöglichen, zwischen den Jahren 2018 und 2024 gab es ebenfalls keinen Unterschied zwischen den Weißkohl Erträgen, 2019 und 2025 gab es für jede Variante wesentliche Unterschiede zwischen den Jahren.

Langzeitdüngerversuch mit verschiedenen Bodenanalysemethoden 2018 bis 2025 - Zwischenfazit

Tabelle 4: Mittlere Erträge [dt/ha] der Kulturen in den einzelnen Jahren je nach Bodenanalysemethode und der erwartete Ertrag laut DüV [dt/ha]

Kultur	Jahr	Bodenanalysemethode	Mittelwert [dt/ha]	erwarteter Ertrag laut DüV [dt/ha]
Weißkohl	2018	VDLUFA	747,90 ± 74,38	700
		EUf	769,42 ± 26,85	
		Unterfrauner	623,74 ± 87,90	
		Albrecht-Kinsey	708,16 ± 81,34	
Weißkohl	2024	VDLUFA	685,98 ± 59,43	700
		EUf	679,55 ± 82,91	
		Unterfrauner	600,79 ± 25,25	
		Kinsey	698,33 ± 67,25	
Sellerie	2019	VDLUFA	297,92 ± 34,32	650
		EUf	292,89 ± 32,88	
		Unterfrauner	293,47 ± 5,87	
		Albrecht-Kinsey	277,21 ± 15,44	
Sellerie	2025	VDLUFA	471,08 ± 9,94	650
		EUf	462,26 ± 30,07	
		Unterfrauner	466,67 ± 31,65	
		Albrecht-Kinsey	450,50 ± 44,71	
Kartoffel	2020	VDLUFA	313,13 ± 9,72	450
		EUf	313,50 ± 17,46	
		Unterfrauner	318,13 ± 10,09	
		Albrecht-Kinsey	297,73 ± 10,08	
Kürbis	2021	VDLUFA	141,19 ± 33,85	300
		EUf	149,46 ± 21,89	
		Unterfrauner	158,35 ± 11,98	
		Albrecht-Kinsey	147,73 ± 13,07	
Zuckermais	2022	VDLUFA	116,31 ± 22,79	200
		EUf	118,83 ± 16,27	
		Unterfrauner	110,60 ± 9,57	

Langzeitdüngerversuch mit verschiedenen Bodenanalysemethoden

2018 bis 2025 - Zwischenfazit

		Albrecht-Kinsey	115,67 ± 5,66	
Kleegras	2023	VDLUFA	126,00 ± 14,27	250
		EUf	163,00 ± 38,89	
		Unterfrauner	148,00 ± 39,29	
		Albrecht-Kinsey	147,00 ± 21,73	

3. Nährstoffanalysen in den Pflanzen

In den Jahren 2018 bis 2025 wurden die Nährstoffgehalte in den Pflanzen immer zur Ernte bestimmt und die Nährstoffgehalte mit den gedüngten Nährstoffen verglichen. Dabei kam jedes Jahr heraus, dass die Nährstoffgehalte sich in den verschiedenen Varianten nicht unterschieden, unabhängig davon, was vorher gedüngt wurde.

2024 wurden die Nährstoffe im Weißkohl ausführlicher betrachtet und nicht nur zum Erntezeitpunkt Proben genommen, sondern zu drei verschiedenen Zeitpunkten während der Vegetationsperiode. Außerdem wurden alte und neue Blätter untersucht, da Nährstoffe unterschiedlich mobil sind und dementsprechend eher in jungen oder eher in alten Blättern vorkommen. Ziel war es, die Nährstoffverteilung näher zu beleuchten und eventuelle Unterschiede zwischen den Varianten während der Vegetationsperiode zu detektieren.

Es wurden zu drei verschiedenen Zeitpunkten von allen Varianten und Wiederholungen Blattproben im Weißkohl 2024 gesammelt. 1. Zeitpunkt: 02.08.2024, 2. Zeitpunkt: 24.09.2024, 3. Zeitpunkt: 20.11.2024. Es wurden jeweils alte (äußere) Blätter und junge Blätter (innere) Blätter gesammelt, mit destilliertem Wasser abgespült, mit Tüchern abgetrocknet, in Plastiktüten verpackt und ans Labor per Expressversand versendet. Die Analysen erfolgten in der Trockenmasse nach VDLUFA.

Gleichzeitig wurden auf die gleiche Art und Weise Proben von alten und neuen Blättern gesammelt und ein Teil an das LWG-Labor, der andere Teil an ein Labor in Holland (Novacrop) verschickt und dort jeweils die Nährstoffe im Pflanzensaft analysiert. Da Novacrop jedoch seine Labormethode nicht offenlegt hat, konnte im LWG-Labor die Methode nur auf Mutmaßungen basierend nachgebaut werden. Ein ursprüngliches Ziel war es, einen Methodenvergleich zu machen, um abschätzen zu können, wie zuverlässig die Werte von Novacrop sind. Aufgrund der unterschiedlichen Methoden war jedoch kein Vergleich möglich und die Daten konnten nicht weiterverwendet werden. Deshalb wird sich im Folgenden nur auf die Trockenmasse-Analysen beschränkt und versucht, einen Zusammenhang zwischen Düngung und Nährstoffgehalt in den Pflanzen herzustellen. Die statistische Auswertung erfolgte mit dem Programm R. Es wurde auf Varianzhomogenität und Normalverteilung getestet und dementsprechend anschließend eine Anova (bei Normalverteilung) bzw. ein Wilcoxon Test (bei nicht Normalverteilung) durchgeführt.

Langzeitdüngerversuch mit verschiedenen Bodenanalysemethoden 2018 bis 2025 - Zwischenfazit

Nährstoffanalysen im Weißkohl in der Trockenmasse

Es wurden folgende Nährstoffe untersucht: Stickstoff, Kohlenstoff, Phosphor, Kalium, Magnesium, Calcium, Schwefel, Mangan, Molybdän, Eisen, Kupfer, Zink und Bor.

Gemessen in der Trockenmasse waren bei allen Nährstoffen die Gehalte in den neuen Blättern tendenziell geringer als in den alten Blättern. Außerdem nahmen die Gehalte tendenziell im Verlauf der Zeit ab (Phosphor, Kalium, Mo) oder blieben auf einem ähnlichen Niveau (Ca, Mn, Mg, S).

Nur bei Molybdän, Kalium und Mangan konnten signifikante Unterschiede zwischen den Varianten festgestellt werden (Abbildung 2). Bei Molybdän waren in der EUF-Variante in den alten Blättern zum ersten und dritten Zeitpunkt bedeutend mehr Molybdän enthalten als in den anderen Varianten, obwohl bei dieser Variante kein Molybdän gedüngt wurde. Es gibt hier auch keine Bodenwerte im Frühjahr, weil dieses Spurenelement bei der EUF-Analyse nicht erfasst wird. Es wurde nur bei der Kinsey-Variante Molybdän gedüngt, da hier ein Mangel bei der Analyse im Frühjahr festgestellt wurde. Es könnte sein, dass dieser Mangel auch auf den EUF-Parzellen bestand und nicht ersichtlich war, da der Nährstoff nicht getestet wurde. Allerdings hätte sich dann auch ein Mangel bei den anderen Parzellen zeigen müssen.

In den neuen Blättern war in der EUF-Variante beim ersten Zeitpunkt ebenfalls mehr Molybdän enthalten als in den anderen Varianten. Zu Zeitpunkt 2 und 3 war in der EUF-Variante im Vergleich zur VDLUFA-Variante mehr Molybdän enthalten. Bei Mangan war tendenziell in der Kinsey-Variante, aber nur in den alten Blättern zum 3. Zeitpunkt mehr Mangan enthalten. Das deckt sich auch mit der Düngung, da nur bei dieser Variante Mangan gedüngt wurde. Bei Kalium war zum ersten Zeitpunkt in der Unterfrauner-Variante bedeutend weniger Kalium enthalten als in den anderen Varianten. Zu den späteren Zeitpunkten gab es jedoch keinen Unterschied mehr. Zur Unterfrauner-Variante wurde auch kein Kalium gegeben, im Gegensatz zu den anderen Varianten.

Bei den Trockenmasseanalysen konnte kein Zusammenhang zwischen der Düngung und den in der Pflanze enthaltenen Nährstoffen festgestellt werden.

Langzeitdüngerversuch mit verschiedenen Bodenanalysemethoden 2018 bis 2025 - Zwischenfazit

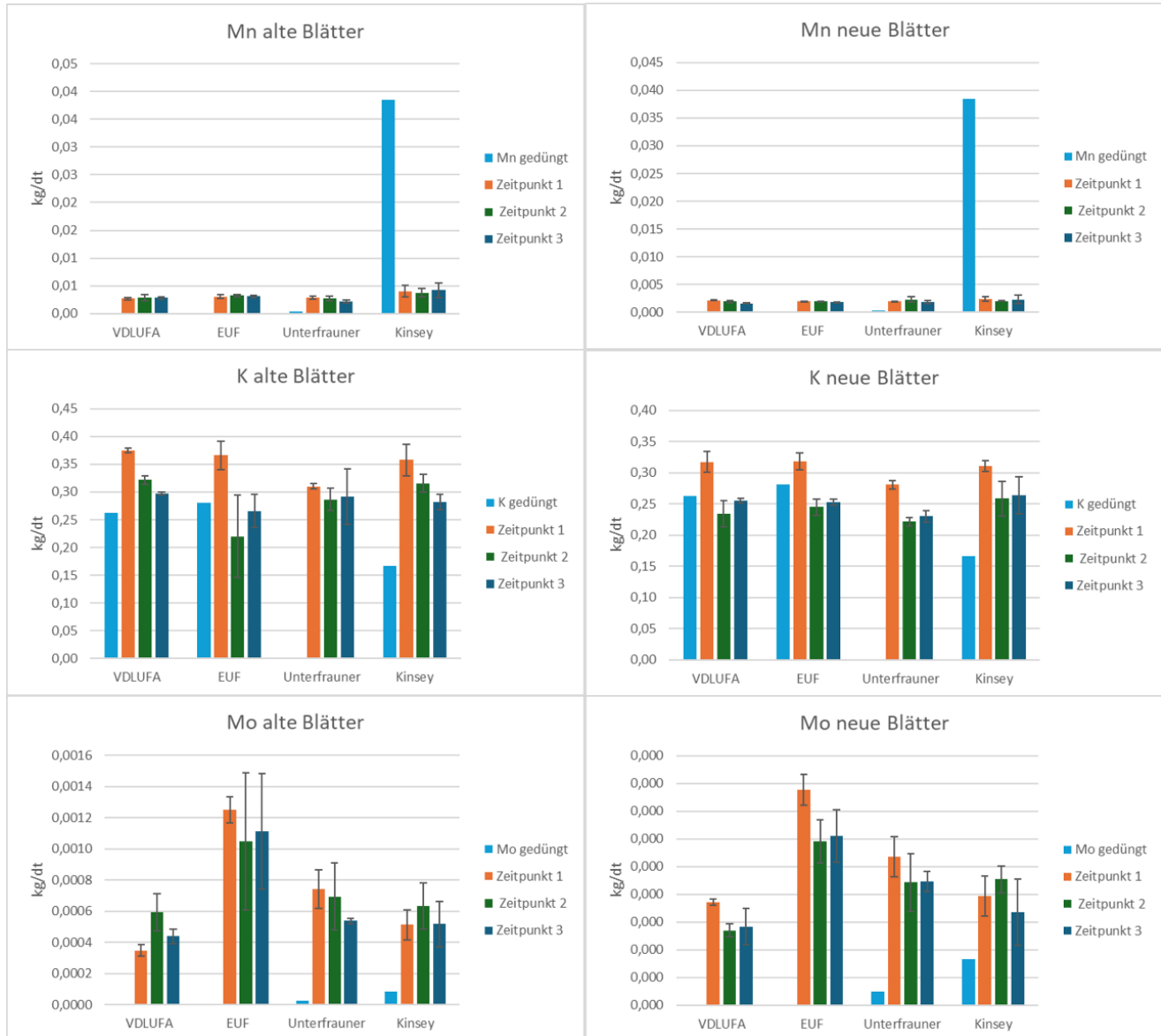


Abbildung 2: Nährstoffanalysen in Weißkohl 2024 in der Trockenmasse in $[kg \cdot dt^{-1}]$ zu drei verschiedenen Zeitpunkten (Zeitpunkt 1: 02.08.2024, Zeitpunkt 2: 24.09.2024, Zeitpunkt 3: 20.11.2024) in alten (äußeren) Blättern und neuen (inneren) Blättern. Hier werden drei Nährstoffe (Mangan (Mn), Kalium (K) und Molybdän (Mo)) gezeigt, bei denen ein Unterschied zwischen den Varianten sichtbar war. In den anderen untersuchten Nährstoffen waren keine Unterschiede feststellbar.

Langzeitdüngerversuch mit verschiedenen Bodenanalysemethoden 2018 bis 2025 - Zwischenfazit

Nährstoffanalysen in Weißkohl im Pflanzensaft

Bei den Pflanzensaftanalysen, das heißt den Analysen aus dem Frischsaft der Pflanzen, konnte kein Methodenvergleich erstellt werden. Allerdings haben wir die Ergebnisse von Novacrop genauer betrachtet: Bei den neuen Blättern gab es nur bei Molybdän Unterschiede (Abbildung 3). Hier war bei Zeitpunkt 1 in den Kinsey-Proben weniger Molybdän enthalten als in den EUF-Proben. In den VDLUFA-Proben war signifikant weniger Molybdän als in den EUF- und Unterfrauner-Proben enthalten. Zum Zeitpunkt 2 war in den VDLUFA-Proben wesentlich weniger Molybdän enthalten als in den EUF-, Kinsey- und Unterfrauner-Proben. Zum Zeitpunkt 3 waren in den VDLUFA- und Kinsey -Proben bedeutend weniger Molybdän, als in den EUF- und Unterfrauner-Proben enthalten. Gedüngt wurden nur die Kinsey-Parzellen mit Molybdän. Das heißt der Unterschied lässt sich hier nicht durch die Düngung erklären.

In den alten Blättern gab es Unterschiede für Chlorid bei allen Zeitpunkten (Abbildung 3). Zum ersten Zeitpunkt waren in den Unterfrauner-Proben signifikant weniger Chlorid enthalten als in den EUF-, Kinsey- und VDLUFA-Proben. Zum Zeitpunkt 2 war weniger Chlorid in den Unterfrauner-Proben enthalten, als in den EUF-Proben und zum dritten Zeitpunkt war bedeutend weniger Chlorid in den Unterfrauner-Proben im Vergleich zu den VDLUFA-Proben enthalten. Die Unterfrauner-Pflanzen wurden als einzige nicht mit Kaliumchlorid gedüngt. Es ist möglich, dass dadurch der Unterschied zustande kam.

In den alten Blättern war Zink zum 3. Zeitpunkt in den Unterfrauner-Proben bedeutend weniger enthalten als in den EUF- und Kinsey-Proben.

Zucker war in den EUF-Proben signifikant weniger enthalten als in Unterfrauner- und VDLUFA-Proben zum Zeitpunkt 2.

Kalium war zum Zeitpunkt 1 in der Unterfrauner-Variante erheblich weniger enthalten als in der EUF- und der Kinsey-Variante. Kalium wurde nicht extra zur Unterfrauner-Variante über KCl gedüngt, ist aber in geringen Mengen im Dünger AKRA Kombi enthalten.

Natrium war zum Zeitpunkt 1 in der EUF-Variante weniger enthalten als in der Kinsey-Variante und in der VDLUFA-Variante weniger als in der Kinsey- und der Unterfrauner-Variante. Bei der Kinsey-Variante wurde mit Natursalz gedüngt, was den etwas höheren Natrium-Wert erklären könnte.

Die teils unterschiedlichen Gehalte im Frischsaft der Pflanze könnten teilweise mit der Düngung erklärt werden, allerdings gab es schlussendlich keinen Einfluss auf den Ertrag durch die unterschiedlichen Düngungen.

Langzeitdüngerversuch mit verschiedenen Bodenanalysemethoden
2018 bis 2025 - Zwischenfazit

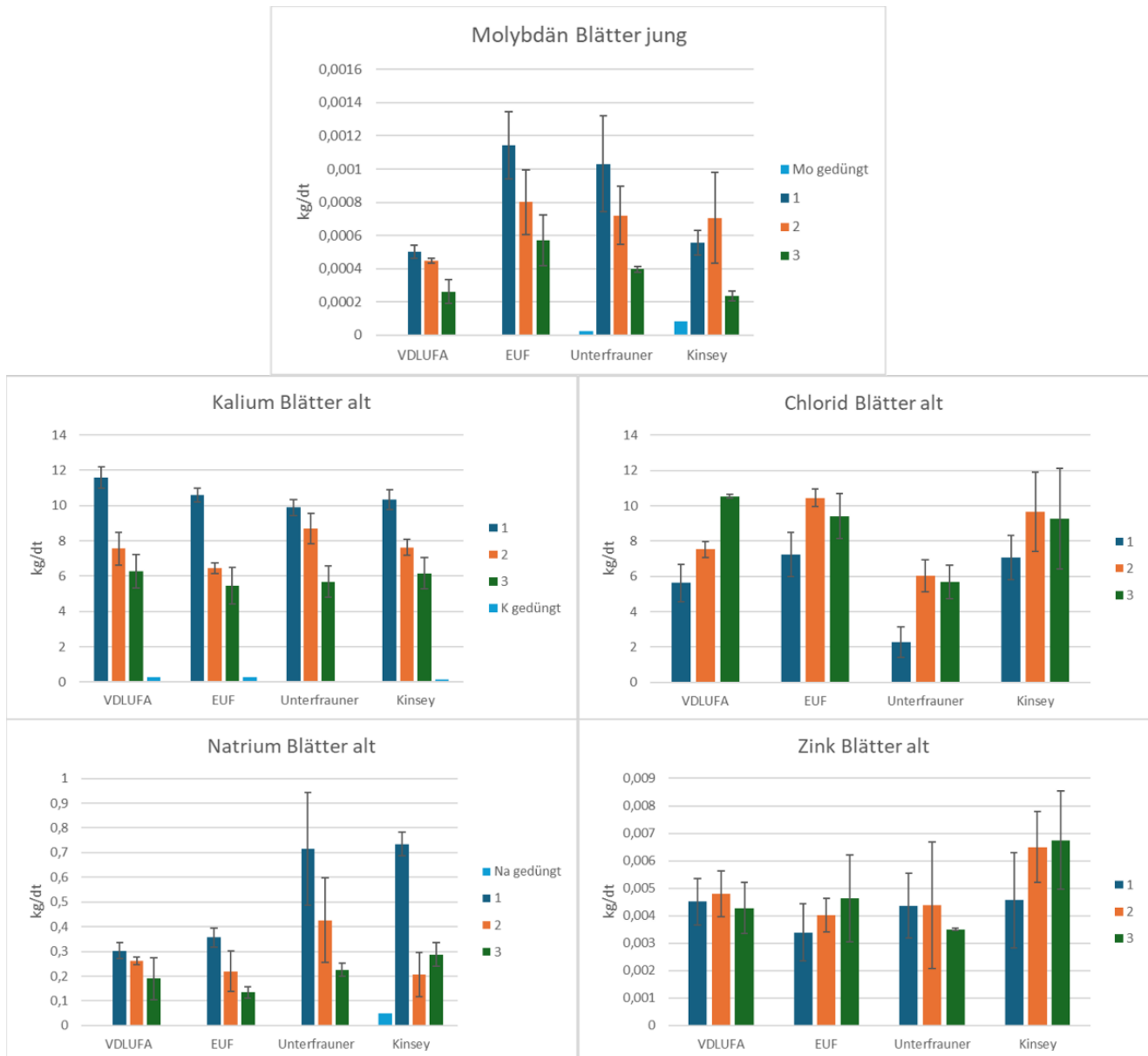


Abbildung 3: Nährstoffanalysen in Weißkohl 2024 im Pflanzensaft in [kg*dt-1] zu drei verschiedenen Zeitpunkten (Zeitpunkt 1: 02.08.2024, Zeitpunkt 2: 24.09.2024, Zeitpunkt 3: 20.11.2024) in alten (äußeren) Blättern und neuen (inneren) Blättern. Hier werden vier Nährstoffe (Molybdän (Mo), Kalium (K), Chlorid (Cl), Natrium (Na) und Zink (Zn)) gezeigt, bei denen ein Unterschied zwischen den Varianten sichtbar war. In den anderen untersuchten Nährstoffen waren keine Unterschiede feststellbar. Wo möglich, wurden die gedüngten Nährstoffe mit blauen Balken angezeigt.

Langzeitdüngerversuch mit verschiedenen Bodenanalysemethoden 2018 bis 2025 - Zwischenfazit

Betrachtet man die Minimum- und Maximum-Werte, die von Novacrop für die jeweiligen Nährstoffe im Pflanzensaft angegeben sind, liegen die Werte für Molybdän bei der VDLUFA-Variante zu niedrig, bei den anderen Varianten liegen die Werte innerhalb der Grenzwerte (Abbildung 4). Bei Kalium liegen die Werte für alle Varianten zu niedrig, bei Chlorid bei allen Varianten, außer Unterfrauner, zu hoch. Für Natrium liegen die Werte im Bereich oder knapp darunter und bei Zink knapp unter dem Minimumwert, außer bei der Kinsey-Variante.

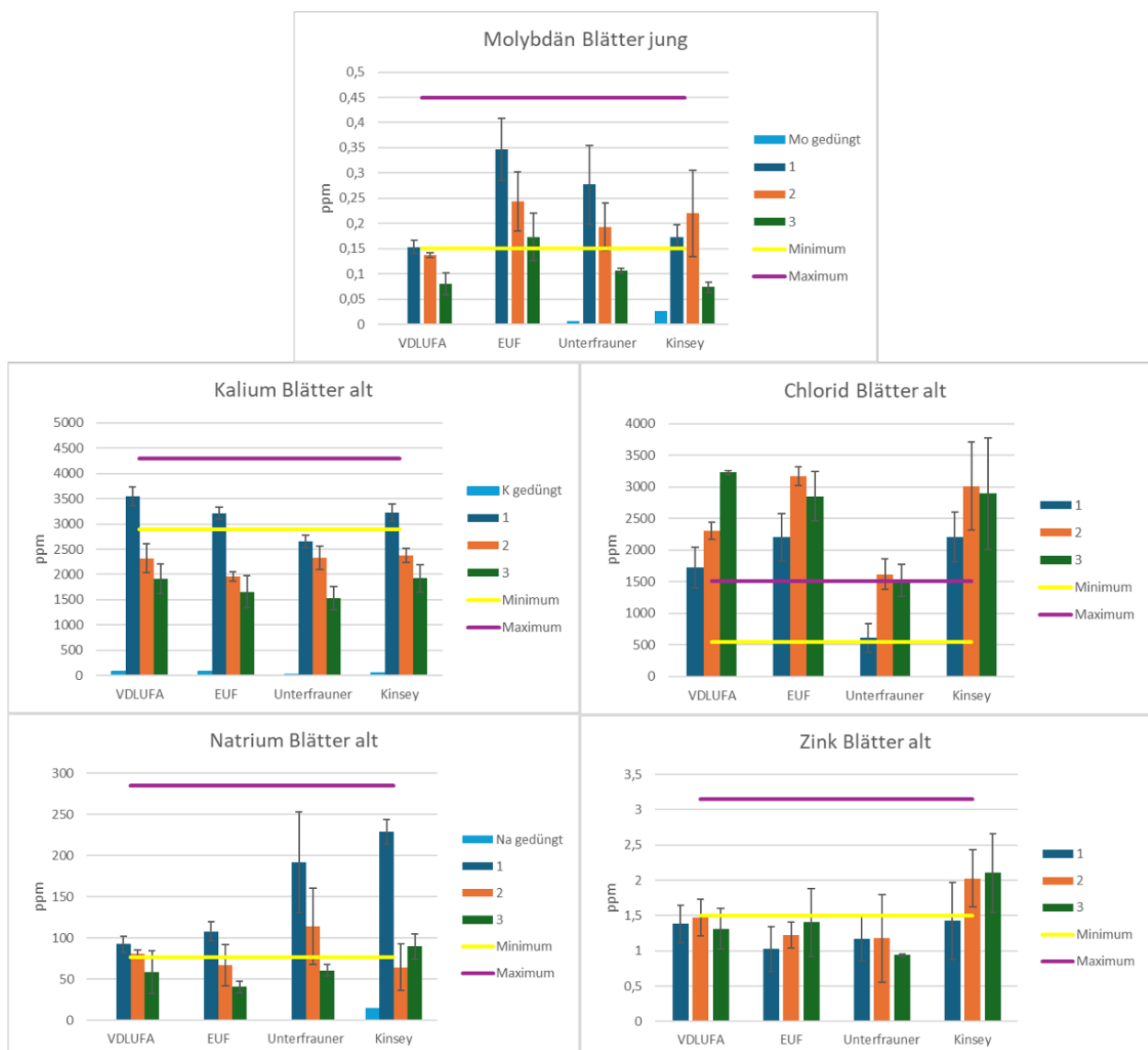


Abbildung 4: Hier werden vier Nährstoffe (Molybdän (Mo), Kalium (K), Chlorid (Cl), Natrium (Na) und Zink (Zn)) gezeigt, bei denen ein Unterschied zwischen den Varianten sichtbar war. In den anderen untersuchten Nährstoffen waren keine Unterschiede feststellbar. Die pinke Linie zeigt das von Novacrop definierte Maximum an, die gelbe Linie das von Novacrop definierte Minimum. Wo möglich, wurden die gedüngten Nährstoffe mit blauen Balken angezeigt.

Langzeitdüngerversuch mit verschiedenen Bodenanalysemethoden 2018 bis 2025 - Zwischenfazit

Ziel der Grenzwerte von Novacrop ist es, eine Düngeempfehlung für die jeweiligen Nährstoffe zu geben, die dann während der Vegetationsperiode durchgeführt werden kann. In diesem Versuch wurden die Nährstoffe nicht entsprechend nachgedüngt. Die Daten wurden nur genutzt, um zu sehen, wie sich die anfängliche Düngung des Versuchs in den Pflanzen widerspiegelt.

Nährstoffanalysen im Sellerie in der Trockenmasse

Zum Zeitpunkt der Ernte wurden folgende Nährstoffe sowohl in den Blättern als auch in den Knollen untersucht: Stickstoff, Kohlenstoff, Phosphor, Kalium, Magnesium, Calcium, Schwefel, Mangan, Molybdän, Eisen, Kupfer, Zink und Bor.

Die statistische Auswertung der Nährstoffmengen in den Blättern zeigte keine signifikanten Unterschiede. Es wurden aber auch die Knollen untersucht. In den Knollen unterschieden sich die meisten Nährstoffgehalte zwischen den Varianten nicht voneinander. Es konnten nur für Schwefel und Kupfer wesentliche Unterschiede festgestellt werden (Abbildung 5). Der Molybdän-Gehalt der Knolle konnte aufgrund der Empfindlichkeit der Laborsysteme und der sehr geringen Gehalte (< 1 mg/kg) nicht exakt bemessen werden und ist daher nicht in die statistische Auswertung miteinbezogen worden.

Ein Vergleich zwischen der Düngegabe und dem Schwefelgehalt in der Knolle zeigte, dass die nicht mit Schwefel gedüngte EUF-Variante auch die geringste Menge aufwies. Die drei Varianten nach VDLUFA, Unterfrauner und Kinsey wurden laut Empfehlung mit Schwefel versorgt. Dass dabei die Variante nach Kinsey (151 kg/ha) mit einer höheren Menge an Schwefel als VDLUFA (30 kg/ha) gedüngt wurde, hatte auf den Schwefelgehalt der Knolle keine Auswirkung. Auch beim Kupfer zeigte die Variante nach EUF einen signifikant geringeren Nährstoffgehalt als die VDLUFA-Variante. Kupfer wurde in diesen Varianten aber nicht gedüngt, kann jedoch allgemein auch über mineralischen Dünger in den Boden eingetragen werden (Kratz *et al.* 2009). Bei weiteren Einflussfaktoren auf die Kupferverfügbarkeit und Aufnahme der Pflanze waren im Allgemeinen keine Unterschiede feststellbar. In der Düngerempfehlung nach Unterfrauner war teilweise Kupfer als Nährstoff enthalten, die Selleriepflanzen zeigten jedoch sowohl im Blatt als auch in der Knolle keine erhöhten Kupferwerte. Insgesamt konnte bei den Trockenmasseanalysen größtenteils kein Zusammenhang zwischen der Düngung und den in der Pflanze enthaltenen Nährstoffen festgestellt werden.

Langzeitdüngerversuch mit verschiedenen Bodenanalysemethoden 2018 bis 2025 - Zwischenfazit

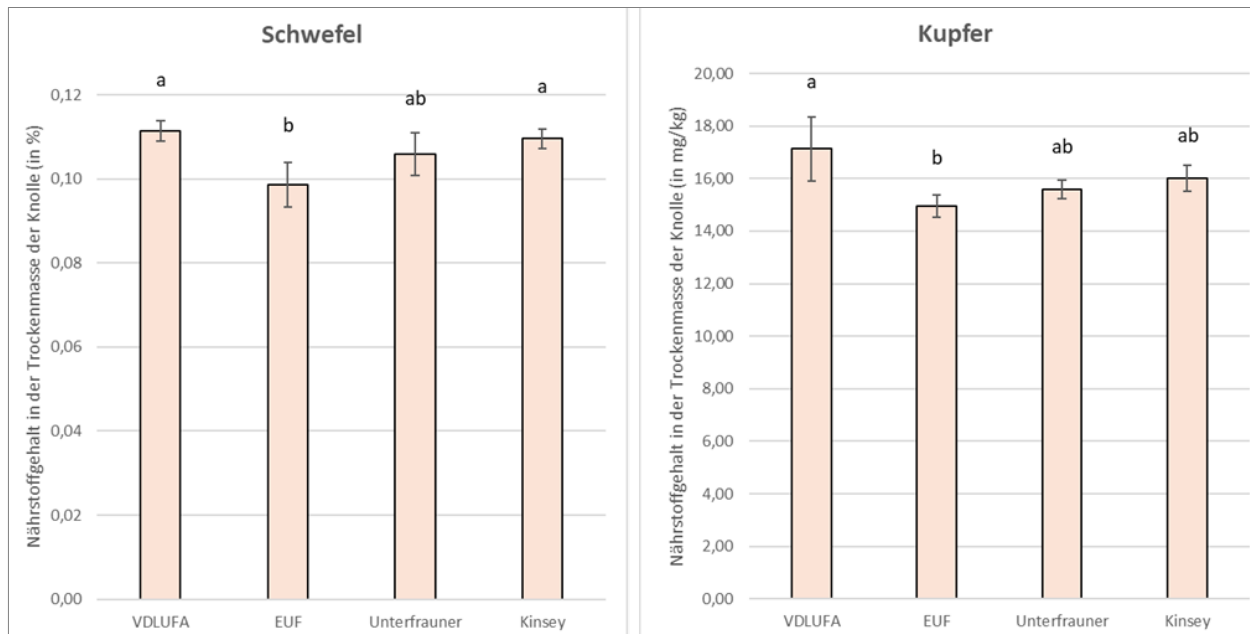


Abbildung 5: Nährstoffgehalt in Knollensellerie 2025 in der Trockenmasse der Knolle zum Zeitpunkt der Ernte. Hier werden zwei Nährstoffe (Schwefel und Kupfer) gezeigt, bei denen ein signifikanter Unterschied zwischen den Varianten festgestellt wurde (Tukey HSD, $\alpha = 0,05$). Die anderen untersuchten Nährstoffe unterschieden sich nicht wesentlich voneinander.

4. Fazit aus 7 Jahren Langzeitdüngerversuch

Bisher konnten seit 2018 keine Unterschiede in den Erträgen oder Nährstoffgehalten zwischen den verschiedenen Bodenanalysemethoden festgestellt werden. Ein möglicher Grund ist, dass der Boden an der Versuchsanstalt in Bamberg von vornherein gut und ausgewogen war. Der Boden ist tonhaltig und schwer, aber die Nährstoffzusammensetzung ist gut. Es ist möglich, dass spezielle Bodenanalysemethoden, wie Unterfrauner und Albrecht-Kinsey größere Effekte zeigen, wenn der Boden in einem sehr schlechten Zustand ist. Wenn er schon in einem guten Zustand ist, wird durch den Boden viel abgepuffert und einzelne Mikronährstoffe haben keinen größeren Effekt auf den Ertrag. Es gab kleinere Unterschiede bei den Nährstoffgehalten in den Pflanzen in Weißkohl 2024 in der Trockenmasse und im Pflanzensaft. Diese konnten jedoch nicht oder nur teilweise durch die Düngung erklärt werden und hatten keine Auswirkung auf Ertrag und Qualität der Pflanzen.

Die bisherige Erkenntnis ist demnach, dass wir keine Unterschiede auf den Ertrag zwischen den Bodenanalysemethoden feststellen konnten und demnach fraglich ist, ob der höhere zeitliche und Kostenaufwand, der z.B. bei der Unterfrauner-Methode, oder der Albrecht-Kinsey-Methode entsteht, auf normalen bzw. guten Böden gerechtfertigt ist. Es ist jedoch immer gut, sich mit seinem Boden zu beschäftigen und bei schlechteren Böden kann es durchaus einen Effekt geben. In unserer Studie an unserem Versuchsstandort konnten wir jedoch keinen Effekt nachweisen.

Langzeitdüngerversuch mit verschiedenen Bodenanalysemethoden 2018 bis 2025 - Zwischenfazit

Der Versuch soll, aus heutiger Sicht, noch weitergeführt werden, damit die Fruchtfolge des ersten Durchgangs noch einmal komplett wiederholt werden kann. Das heißt in den nächsten Jahren sind erneut Kartoffeln (2026), Kürbis (2027), Zuckermais (2028) und Klee gras (2029) als Kulturen geplant, um eine vollständige Datenreihe zu erfassen.

Kultur- und Versuchshinweise

Versuchsanlage: Randomisierte Blockanlage, 3 Wiederholungen

- Parzellengröße: 38,6 m²
- Boden: sandiger Ton, pH = 7
- Vorkultur: Blumenkohl und Brokkoli (2017)
- Weißkohl 2018:

Sorte: 'Expect F1'

Aussaat: 07.05.2018 im Gewächshaus

Düngung: 22.05.2018, vor Pflanzung, siehe Düngetabelle

Pflanzung: 28.05.2018, zweireihig in der Reihe 30 cm, Reihenabstand 75 cm, mit Kulturschutznetz abgedeckt, 07.06.2018: Weißkohl nachgepflanzt, maschinell gehackt

Ernte: 10.10.2018

- Sellerie 2019:

Sorte: 'Yara F1'

Aussaat: 26.03.2019 im Gewächshaus, gepresste Aussaatpillen, 1 Pille/EPT (4,2 cm),

T: 19 °C/19 °C (T/N), L: 21 °C

Düngung: 13.05.2019 vor Pflanzung, siehe Düngetabelle

Pflanzung: 16.05.2019 (40 x 40 cm)

Ernte: 14.10. und 15.10.2019

Langzeitdüngerversuch mit verschiedenen Bodenanalysemethoden 2018 bis 2025 - Zwischenfazit

- Kartoffel 2020:

Sorte: 'Mariola'

Düngung: 23.04.2020, vor Pflanzung, siehe Düngetabelle

Pflanzung: 20.05.2020, 3-reihig, 50 x 30 cm, 6,25 Pflanzen/m²

Ernte: 16.09.2020

- Hokkaido-Kürbis 2021:

Sorte: 'Orange Summer F1'

Düngung: 11.05.2021 vor Aussaat, siehe Düngetabelle

Aussaat (Freiland): Aussaat 16.06.2021, 20.06.2021 Aufgang,

24.06.2021 Nachpflanzung von nichtaufgegangenen Pflanzen mit vorgezogenen Pflanzen

Ernte: 23.09.2021

- Zuckermais 2022:

Sorte: 'GSS3951'

Düngung: 10.05.2022

Aussaat: 27.04.2022 im Gewächshaus, T: 21 °C, L: 23 °C

Pflanzung: 11.05.2022, zweireihig, 20 cm in der Reihe, 5,98 Pflanzen/m², 80 x 21 cm

Ernte: 05.08.2022

- Klee gras 2023:

Düngung: keine

Aussaat: 06.09.2022 Luzerne gesät, 25 kg/ha

Ernte: 24.05.2023

- Weißkohl 2024:

Sorte: 'Expect F1'

Aussaat im Gewächshaus: 11.03.2024

Düngung: 12.12.2024: Kalkung 2,5 t/ha kohlenaurer Kalk, restliche Düngung: 27.05. bis 29.05.2024,

Blattdüngung: 24.06.2024 (Unterfrauner), 01.08.2024 (Unterfrauner)

Pflanzung: 31.05.2024, zweireihig, 30 x 75 cm, mit Kulturschutznetz abgedeckt

Ernte: 26.11.2024

Langzeitdüngerversuch mit verschiedenen Bodenanalysemethoden 2018 bis 2025 - Zwischenfazit

- Sellerie 2025:

Sorte: 'Yara F1'

Aussaat im Gewächshaus: 26.03.2025

Düngung: 19.05.2025 Düngung siehe Text, Blattdüngung: 08.07.2025 (Unterfrauner, Kinsey), 22.08.2025 (Unterfrauner)

Pflanzung: 20.05.2025, dreireihig, 40 x 40 cm

Ernte: 20.10.2025

- Zusammensetzung Düngemittel Firma AKRA:

AKRA Kombi: 0,19 % P₂O₅, 0,20 % K₂O, 16,2 % CaO, 9,4 % MgO, 0,16 % NaO, 000013 % B, 4,40 % Fe, 0,0014 % Co, 0,00322 % Cu, 0,0377 % Mn, 0,0003 % Mo, 0,0072 % Zn, 2 % organische Substanz

AKRA Stroh: 0,3 % Cu, 0,4 % Fe, 0,5 % Mn, 0,1 % Mo, 0,6 % Zn

AKRA Plus9: 0,5 % Cu, 1,5 % Fe, 0,5 % Mn, 0,2 % Mo, 0,6 % Zn, 3,5 % S

AKRA DGC: 60 % Dolomit (40 % MgCO₃, 60 % CaCO₃), 15 % Gips (CaSO₄*2H₂O), 25 % CaCO₃

AKRA Blatt: 6 % MgO, 0,8 % Cu, 1,2 % Fe, 0,7 % Mn, 0,4 % Zn

AKRA MSB, AKRA Azobacter und AKRA Azo+: enthalten Mikroorganismen, aber keine nennenswerten Nährstoffe, sollen aber, laut Hersteller, durch Stickstoffbindung aus der Luft 30 bis 60 kg N/ha und Jahr der Pflanze zur Verfügung stellen

AKRA Sulphur+: 51,3 % elementarer Schwefel

AKRA WD: 0,02 % Cu, 0,04 % Zn.

AKRA organischer Flüssigdünger: 25 % organische Substanz, 1,5 % N, 0,6 % P₂O₅, 4,1 % K₂O, 4,4 % MgO

- Behandlungen:

– Zuckermais: Trichogramma Schlupfwespen (15.06., 07.07. und 25.07.2022)

– Weißkohl: Spintor gespritzt (07.06.2024, 0,2 l/ha, 600 l/ha Wasser), Schneckenkorn gestreut (SluXX, 31.05., 01.06. und 05.07.2024, 175 g auf 25 m² Ackerrand, 05.06.2024, 525 g auf 750 m²), Neemazal (19.07., 01.08.2024, Wasser 600 l/ha, Mittel 3 l/ha)

Langzeitdüngerversuch mit verschiedenen Bodenanalysemethoden 2018 bis 2025 - Zwischenfazit

Kritische Anmerkungen

Bisher konnten keine Unterschiede zwischen den unterschiedlichen Düngewarianten festgestellt werden. Da der Boden an der LWG in Bamberg allgemein in einem guten Zustand ist, puffert er wahrscheinlich die Düngung mit verschiedenen Nährstoffen und Spurenelementen gut ab, so dass kein Effekt im Ertrag festgestellt werden kann. Möglicherweise würde es größere Unterschiede geben, wenn der Versuch auf einem Boden in einem schlechten Zustand durchgeführt werden würde.

Angesichts dieser Tatsachen, sollte jedoch vor einer Anwendung „alternativer“ Bodenanalysemethoden gut abgewägt werden, ob sich der zeitliche und auch finanzielle Aufwand lohnt. Zum einen unterscheiden sich die Kosten für die Bodenanalysen (Unterfrauner: ca. 430 Euro (alle 5-10 Jahre), Kinsey: ca. 139 Euro netto, EUF: 33,90 Euro netto (Hauptanalyse) plus 19,50 Euro netto (Spurennährstoffe), VDLUFA: ca. 50 bis 60 Euro inklusive Spurennährstoffe). Zum anderen müssen aber auch für z.B. die Kinsey oder Unterfraunermethode zusätzliche Düngemittel erworben und ausgebracht werden, was finanziell, aber auch von der Arbeitszeit einen höheren Aufwand bedeutet.

Literatur:

<https://www.bodenoekologie.com/analysen/bodenproben/#erstbeprobung>

<https://www.bodengesundheitsdienst.de/home/bodenuntersuchung/>

<https://www.gb-christophel.de/boden/>

<https://www.akra.at/>

Kratz, S., Haneklaus, S., Schnug, E. (2009): Kupfergehalte in Acker- und Grünlandböden und das Verhältnis dieser Gehalte zu den durch Pflanzenschutz ausgebrachten Kupfermengen. Journal für Kulturpflanzen, 61, 4, S. 112-116