

Langzeitdüngerversuch mit verschiedenen Bodenanalysemethoden

Die Ergebnisse – kurzgefasst

Im Gemüsebauversuchsbetrieb Bamberg der Bayerischen Landesanstalt für Weinbau und Gartenbau wurde von 2018 bis 2021 ein Langzeitdüngerversuch durchgeführt. Es wurden vier verschiedene Bodenanalysemethoden (VDLUFA, EUF, Unterfrauner und Kinsey) miteinander verglichen. Dazu wurden 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 und 2021 Hokkaido-Kürbis. Bei den Erträgen wurde in keinem der Jahre ein Unterschied zwischen den Varianten festgestellt. Der Versuch wird weitergeführt.

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.

Ergebnisse im Detail

Erste Bodenanalysen wurden bereits Ende 2016 durchgeführt, der eigentliche Langzeitversuch begann im Frühjahr 2018. Vor jeder Kultur im jeweiligen Frühjahr wurden die Parzellen eingemessen, Bodenproben bis 30 cm genommen und nach der jeweiligen Methode analysiert (VDLUFA, EUF, Unterfrauner, Kinsey/Albrecht). Die VDLUFA-Analysen wurden im Analytiklabor der LWG durchgeführt, die EUF-Analysen vom Bodengesundheitsdienst GmbH in Ochsenfurt, die Unterfrauner-Analysen bei der TB Unterfrauner GmbH in Wien und die Kinsey-Analysen bei der Bayer Handelsvertretung in Berlin. Die Kosten für die Analysen beliefen sich, je nach Labor, auf ca. 50-60 € für Analysen nach VDLUFA (inkl. Spurennährstoffe), ca. 30-50 € für Analysen nach EUF, 365 € für Analysen nach Unterfrauner und ca. 100 € für Analysen nach Kinsey.

Die Unterfrauner Analysen wurden einmalig am 21.11.2016 durchgeführt und sind laut Angaben des Labors ca. 8-10 Jahre gültig.

Vor der Aussaat bzw. Pflanzung der jeweiligen Kultur wurden die Parzellen entsprechend den Empfehlungen gedüngt.

Cobalt wurde in jedem Jahr von der Kinsey-Analyse empfohlen, jedoch nicht gedüngt, da Cobaltchelate als Gefahrstoff gilt. Bei der Düngeempfehlung nach Kinsey werden die empfohlenen Düngemittel mit einer Prioritätenliste angegeben. Es wurden immer die wichtigsten Prioritäten gedüngt.

Langzeitdüngerversuch mit verschiedenen Bodenanalysemethoden

Düngeempfehlungen weiter unten in der Prioritätenliste wurden je nach Verfügbarkeit der Düngemittel gedüngt oder nicht gedüngt, z.B. Cobalt.

Bei der Analyse nach Unterfrauner werden Düngemittel von der Firma AKRA Karner Düngerproduktion empfohlen. Die Düngeempfehlung wurde von einem AKRA Karner Mitarbeiter gegeben und an die entsprechende Kultur angepasst.

Stickstoff wurde für alle Kulturen einheitlich gedüngt, in Abhängigkeit von Empfehlungen und Bodenproben.

1. Weißkohl 2018

Die Aussaat erfolgte am 07.05.2018 im Gewächshaus. Es wurde die Sorte 'Expect F1' verwendet. Am 22.05.2018 wurden die Parzellen entsprechend den Empfehlungen (Tab.1) gedüngt. Die Stickstoffdüngung erfolgte in Abhängigkeit vom Gehalt im Boden, der Düngeempfehlung und dem Stickstoffbedarfswert der Kultur (Weißkohl Frischmarkt 260 kgN/ha bei 700 dt/ha Ertrag laut DüV).

Tabelle 1: Empfohlene Reinnährstoffmengen [kg/ha] für Weißkohl 2018

Nährstoffe	VDLUFA	EUF	Unterfrauner	Kinsey
N	200	200	200	200
P ₂ O ₅	26	0	0	0
K ₂ O	248	250	ja	140
Mg	24	0	ja	0
S	30	30	ja	176
Ca	17	15	nein	0
B	0	0	nein	2,3
Cu	0	0	ja	0
Zn	0	0	ja	0
Mn	0	0	ja	3,1
Na	0	0	nein	15,6
Mo	0	0	ja	0
Co	0	0	nein	0,176

Stickstoff wurde jeweils über 100 kg/ha Horngrües (14+0+0) und 100 kg/ha Wollpellets (10+0,3+6) gedüngt.

Die VDLUFA-Variante wurde zusätzlich noch mit 108 kg/ha Dolophos 26, 200 kg/ha Kalisop fein, 330 kg/ha Patentkali und 30 dt/ha kohlen-sauren Kalk gedüngt.

Die EUF-Variante wurde mit 400 kg/ha Kalisop fein und 30 dt/ha kohlen-saurer Kalk gedüngt.

Die Unterfrauner-Variante wurde mit 200 kg/ha Kalisop fein und 330 kg/ha Patentkali gedüngt. Die Spurennährstoffe wurden über 2,5 kg/ha Tribocare M und 1,29 l/ha Phytogreen Molybdän abgedeckt.

Die Kinsey-Variante wurde zusätzlich mit 200 kg/ha Kalisop, 155 kg/ha DüKa-Sgran 90, 13 kg/ha Bor 17,4 %, 17,1 l/ha Phytogreen Mangan27 und 39 kg/ha

Steinsalz gedüngt.

Am 28.05.2018 wurden die vorgezogen Pflanzen ausgepflanzt. Die Ernte erfolgte am 10.10.2018. Die Erträge wurden erfasst.

Langzeitdüngerversuch mit verschiedenen Bodenanalysemethoden

2. Sellerie 2019

Die Aussaat erfolgte am 26.03.2019 im Gewächshaus. Es wurde die Sorte 'Yara F1' verwendet. Am 13.05.2019 wurden die Parzellen nach den jeweiligen Empfehlungen (Tab. 2) gedüngt. Die Stickstoffdüngung erfolgte in Abhängigkeit vom Gehalt im Boden, der Düngeempfehlung und dem Stickstoffbedarfswert der Kultur (Knollensellerie 220 kgN/ha bei 650 dt/ha Ertrag laut DüV).

Tabelle 2: Empfohlene Reinnährstoffmengen [kg/ha] für Sellerie 2019

Nährstoffe	VDLUFA	EUf	Unterfrauner	Kinsey
N	200	200	200	200
P ₂ O ₅	50	60	0	0
K ₂ O	350	270	350	140
Mg	20	0	20	0
S	30	30	ja	170
Ca	0	0	nein	472
B	0	0	nein	2,44
Cu	0	0	ja	2,99
Zn	0	0	ja	0
Mo	0	0	ja	0
Co	0	0	nein	0,176

Stickstoff wurde bei allen Varianten über 80 kg N/ha Horngries (14+0+0) und 80 kg N/ha Wollpellets (10+0,3+6) gegeben.

Die VDLUFA-Variante wurde zusätzlich mit 192 kg/ha Dolophos 26, 500 kg/ha Kalisulfat und 200 kg/ha Patentkali gedüngt.

Die EUf-Variante wurde mit 230 kg/ha Dolophos 26 und 460 kg/ha Kalisulfat gedüngt.

Die Unterfrauner-Variante wurde mit 250 kg/ha AKRA Kombi, 500 kg/ha Kalisulfat und 200 kg/ha Patentkali gedüngt. Außerdem gab es drei

Blattspritzungen mit 200 l Wasser und 0,5 l AKRA Stroh je Hektar (1. und 2. Spritzung, 13.05.2019, bzw. 09.07.2019) und 200 l Wasser, 0,5 l AKRA Stroh und 0,8 l AKRA Plus 9 je Hektar (3. Blattspritzung am 11.09.2019). Die Zusammensetzung der Düngemittel von AKRA Karner ist unter dem Punkt Kultur- und Versuchshinweise zu finden.

Über die AKRA Karner Produkte wurden Schwefel, Kupfer, Zink und Molybdän mitgedüngt.

Die Kinsey-Variante wurde zusätzlich mit 280 kg/ha Kalisulfat, 50 kg/ha Schwefel 90 %, 800 kg Gips und 14 kg/ha Bor 17,4 % gedüngt. Kupfer und Cobalt wurden aufgrund der niedrigen Priorisierung und der schlechten Verfügbarkeit nicht gedüngt.

Die Pflanzung erfolgte am 16.05.2019 und die Ernte am 14.10. und 15.10.2019. Die Erträge wurden erfasst.

3. Kartoffel 2020

Am 23.04.2020 wurden die Parzellen nach den jeweiligen Empfehlungen (Tab. 3) gedüngt. Die Stickstoffdüngung erfolgte in Abhängigkeit vom Gehalt im Boden, der Düngeempfehlung und dem Stickstoffbedarfswert der Kultur (Kartoffel 180 kgN/ha bei 450 dt/ha Ertrag laut DüV, wurde reduziert auf 300 dt/ha Ertragserwartung, 150 kgN/ha Stickstoffbedarf).

Langzeitdüngerversuch mit verschiedenen Bodenanalysemethoden

Tabelle 3: Empfohlene Reinnährstoffmengen [kg/ha] für Kartoffel 2020

Nährstoffe	VDLUFA	EUf	Unterfrauner	Kinsey
N	80	80	80	80
P ₂ O ₅	60	45	0	0
K ₂ O	201	175	201	154,2
Mg	18	0	ja	0
S	30	0	ja	52
B	0	0	nein	2,44
Cu	0	0	ja	0
Zn	0	0	ja	0
Mo	0	0	ja	0
Co	0	0	nein	0,176

Jede Variante wurde mit Stickstoff über 80 kg N/ha als Provita Phytoperls (12+1+3) gedüngt.

Die Variante VDLUFA wurde zusätzlich mit 207 kg/ha Dolophos 26, 257 kg/ha Kalisulfat und 180 kg/ha Patentkali gedüngt.

Die Variante EUf wurde mit 150 kg/ha Dolophos 26, und 313 kg/ha Kalisulfat gedüngt.

Die Variante Unterfrauner wurde mit 300 kg/ha AKRA Kombi, 365 kg/ha Kalisulfat und 1330 kg/ha AKRA DGC gedüngt.

Außerdem gab es zwei Blattspritzungen mit weiteren Düngeprodukten von der Firma AKRA Karner. Die erste Blattspritzung

erfolgte am 03.06.2020 mit 200 l Wasser, 0,5 l AKRA Plus 9, 2 l AKRA Blatt, 1 l AKRA SB, 0,25 l AKRA Azobacter, 0,25 l AKRA Azo+, 1 l AKRA Sulphur und 0,5 l AKRA WD je Hektar. Die zweite Blattspritzung erfolgte am 22.06.2020 mit der gleichen Mischung und zusätzlich 10 l AKRA organischer Flüssigdünger je Hektar. Die Zusammensetzung der Düngemittel von AKRA Karner ist unter dem Punkt Kultur- und Versuchshinweise zu finden.

Über die AKRA Karner Produkte wurden Magnesium, Schwefel, Kupfer, Zink und Molybdän mitgedüngt. Die Kinsey-Variante wurde zusätzlich mit 280 kg/ha Kalisulfat, 58 kg/ha Schwefel 90 % und 14 kg/ha Bor 17,4 % gedüngt. Cobalt wurde, aufgrund der niedrigen Priorisierung und schweren Verfügbarkeit, nicht gegeben.

Die Pflanzung erfolgte am 20.05.2020 und die Ernte am 16.09.2020. Es wurde die Sorte 'Mariola' verwendet. Die Erträge wurden erfasst.

4. Kürbis 2021

Am 11.05.2021 wurden die Parzellen nach den jeweiligen Empfehlungen (Tab. 4) gedüngt. Die Stickstoffdüngung erfolgte in Abhängigkeit vom Gehalt im Boden und dem Stickstoffbedarfswert der Kultur (Hokkaido Kürbis: 140 kgN/ha bei 300 dt/ha Ertrag laut Düngebasisdaten LfL).

Langzeitdüngerversuch mit verschiedenen Bodenanalysemethoden

Tabelle 4: Empfohlene Reinnährstoffmengen [kg/ha] für Kürbis 2021

Nährstoffe	VDLUFA	EUf	Unterfrauner	Kinsey
N	70	70	70	70
P ₂ O ₅	41,2	62,5	nein	0
K ₂ O	220	225	ja	220
Mg	32	0	ja	0
S	30	0	ja	51,3
Ca	0	6,2 t/ha CaO	nein	0
B	0	2,04	nein	2,436
Cu	0	0	ja	0
Zn	0	0	ja	0
Mo	0	0	ja	0
Co	0	0	nein	0,105

Die Stickstoffdüngung der Varianten erfolgte jeweils über 500 kg/ha Horngrieß (14+0+0).

Die VDLUFA-Variante wurde zusätzlich gedüngt mit 156 kg/ha Dolophos 26, 280 kg/ha Patentkali und 272 kg/ha Kalisop.

Die EUf-Variante wurde mit 240 kg/ha Dolophos 26, 450 kg/ha Kalisop, 12,8 t/ha kohlen-sauren Kalk und 11,7 kg/ha 17,4 % gedüngt.

Die Unterfrauner-Variante wurde mit 350 kg/ha AKR Kombi gedüngt.

Außerdem erfolgte eine Saatgutbehandlung am 01.06.2021

kurz vor der Aussaat mit 0,15 l destilliertem Wasser und je 0,1 l AKRA MSB, AKRA Azobacter und AKRA Azo+ je 100 kg Saatgut. Es folgte noch eine Blattspritzung am 21.07.2021 mit 200 l Wasser, 0,5 l AKRA Plus 9, 2 l AKRA Blatt, 1 l AKRA MSB, 0,25 l AKRA Azobacter, 0,25 l AKRA Azo+, 2 l AKRA Sulpur+ und 10 l AKRA organischer Flüssigdünger je Hektar. Eine zweite Blattdüngung erfolgte am 05.08.2021 mit der gleichen Rezeptur, nur dass vom AKRA Sulpur+ nur 1 l je Hektar eingesetzt wurde. Durch die Gabe der AKRA Düngemittel wurden Kalium, Magnesium, Schwefel, Kupfer, Zink und Molybdän mitgedüngt. Die Zusammensetzung der Düngemittel von AKRA Karner ist unter dem Punkt Kultur- und Versuchshinweise zu finden.

Die Kinsey-Variante wurde zusätzlich mit 440 kg/ha Kalisop, 57 kg/ha Schwefel 90 % und 14 kg/ha Bor 17,4 % gedüngt. Cobalt wurde aufgrund der niedrigen Priorisierung nicht gegeben.

Die Aussaat erfolgte am 02.06.2021 im Freiland. Es wurde die Sorte 'Hokkaido Orange Summer' verwendet. Der Bestand wurde bis zum 11.06.2021 mit einem Vlies abgedeckt. Es kam zu einem hohen Ausfall, wahrscheinlich aufgrund von Mäusen, weshalb der Versuch am 15.06.2021 neu angelegt wurde und am 16.06.2021 neu ausgesät wurde. Am 24.06.2021 wurden nicht aufgegangene Pflanzen mit im Gewächshaus vorgezogenen Pflanzen ersetzt. Die Ernte erfolgte am 23.09.2021 und die Erträge wurden erfasst.

Die Kürbispflanzen zeigten im Juli 2021 gelbe Blätter und einen schwachen Wuchs, was auf einen Stickstoffmangel schließen ließ. Eine Kontrolle des N_{min} Wertes am 27.07.2021 zeigte im Durchschnitt 35 kgN/ha in 0-60 cm Bodentiefe. Es wurde entschieden, die Kultur nicht nachträglich zu düngen, um zu sehen, ob Unterschiede im Ertrag zwischen den Varianten sichtbar werden, die auf andere Nährstoffe zurückzuführen sind als auf Stickstoff. Nach der Ernte im September wurde erneut N_{min} bestimmt. Im Durchschnitt waren hier ca. 25 kgN/ha in 0-60 cm nach der Ernte noch auffindbar.

Langzeitdüngerversuch mit verschiedenen Bodenanalysemethoden

5. Erträge

Die Erträge in dt/ha in den einzelnen Jahren unterschieden sich nicht zwischen den Methoden (Tab. 5 und Abb. 1). Die Erträge lagen, außer beim Weißkohl, immer unter den zu erwartenden Durchschnittserträgen laut Düngerverordnung (Tab. 5).

Tabelle 5: Erträge in dt/ha (Mittelwert aus drei Wiederholungen) der verschiedenen Kulturen in den unterschiedlichen Jahren in Abhängigkeit von der Bodenanalysemethode und durchschnittliche Ertragserwartung (laut Düngerverordnung) der Kultur in dt/ha

Jahr	Kultur	Erträge VDLUFA [dt/ha]	Erträge EUF [dt/ha]	Erträge Unterfrauner [dt/ha]	Erträge Kinsey [dt/ha]	Durchschnittliche Ertragserwartung (laut DüV) [dt/ha]
2018	Weißkohl	747,90 ± 74,38	769,42 ± 26,85	623,74 ± 87,90	708,16 ± 81,34	700
2019	Sellerie	297,92 ± 34,32	292,89 ± 32,88	293,47 ± 5,87	277,21 ± 15,44	650
2020	Kartoffel	313,13 ± 9,72	313,50 ± 17,46	318,13 ± 10,09	297,73 ± 10,08	450
2021	Kürbis	141,19 ± 33,85	149,46 ± 21,89	158,35 ± 11,98	147,73 ± 13,07	300

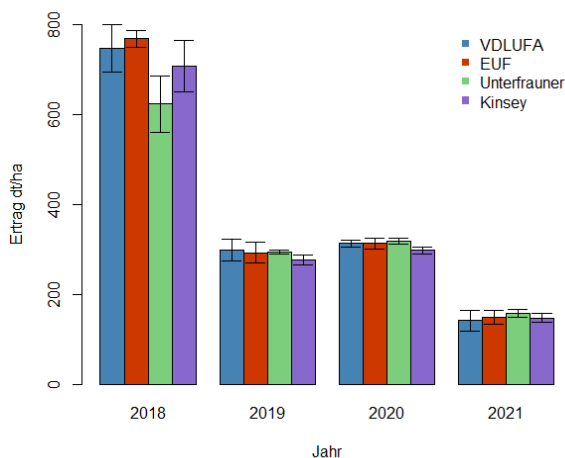


Abbildung 1: Erträge in dt/ha (Mittelwerte aus drei Wiederholungen) in den unterschiedlichen Jahren mit den jeweiligen Methoden (EUF, Kinsey, Unterfrauner, VDLUFA); Kulturen: 2018: Weißkraut, 2019: Sellerie, 2020: Kartoffel, 2021: Hokkaido-Kürbis, keine statistischen Unterschiede zwischen den Methoden, statistische Auswertung mit Anova (Bildautor: ©LWG Veitshöchheim)

Die Daten wurden auf Normalverteilung und Varianzhomogenität getestet und anschließend eine Anova durchgeführt, gefolgt von einem Tukey-Test. Es wurden keine signifikanten Unterschiede zwischen den Varianten festgestellt (Anova; F=0,0551; p=0,982).

In den bisherigen vier Versuchsjahren konnten keine Unterschiede im Ertrag zwischen den einzelnen Bodenanalysemethoden gezeigt werden, das heißt, dass keine der Methoden sich auf den Ertrag auswirkt und sie somit alle ähnlich wirksam sind. Es ist möglich, dass der Boden auf dem Versuchsgelände in Bamberg die Effekte bisher abgepuffert hat und Effekte erst nach ein paar Jahren sichtbar werden. Deshalb ist geplant den Versuch noch weiterzuführen. Es ist möglich, dass es auf anderen Böden, die mehr Mangelercheinungen aufweisen, größere Effekte geben kann.

Langzeitdüngerversuch mit verschiedenen Bodenanalysemethoden



Bild 1: Kohlfeld 08.10.2018



Bild 2: Selleriefeld 09.09.2019



Bild 3: Luftaufnahme Kartoffelfeld 04.08.2020



Bild 4: Kürbisfeld 06.09.2021

Bildnachweise: © LWG Veitshöchheim

Langzeitdüngerversuch mit verschiedenen Bodenanalysemethoden

Kultur- und Versuchshinweise

- Versuchsanlage: Randomisierte Blockanlage, 3 Wiederholungen
- Parzellengröße: 38,6 m²
- Boden: sandiger Lehm, pH=7
- Vorkultur: Blumenkohl und Brokkoli (2017)
- Sorten: 2018: Weißkraut 'Expect F1', 2019: Knollensellerie 'Yara F1', 2020: Kartoffel 'Mariola', 2021: Hokkaido-Kürbis 'Orange Summer F1'
- **Weißkohl 2018:**
Aussaat: 07.05.2018 im Gewächshaus,
Düngung: 22.05.2018, vor Pflanzung, s. 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:**
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, s. Düngetabelle
Pflanzung: 16.05.2019 (40x40 cm)
Ernte: 14.10.+15.10.2019
- **Kartoffel 2020:**
Düngung: 23.04.2020, vor Pflanzung, s. Düngetabelle
Pflanzung: 20.05.2020, 3-reihig, 50 x 30 cm, 6,25 Pflanzen/m²
Ernte: 16.09.2020
- **Hokkaido-Kürbis 2021:**
Düngung: 11.05.2021 vor Aussaat, s. 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

Langzeitdüngerversuch mit verschiedenen Bodenanalysemethoden

- **Zusammensetzung Düngemittel Firma AKRA:**

AKRA Kombi: 0,19 % P₂O₅, 0,20 % K₂O, 16,2 % CaO, 9,4 % MgO, 0,16 % NaO, 0,00013 % 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 30-60 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.

Kritische Anmerkungen

Die Methoden nach VDLUFA und EUF sind Ergebnisse langjähriger kalibrierter Feldversuche, wohingegen Unterfrauner und Kinsey/Albrecht keine kalibrierten Feldversuche zugrunde liegen. Außerdem liegen die Preise für die Bodenanalysen nach Unterfrauner (365 €) und Kinsey (ca. 100 €) deutlich höher als die Preise für Bodenanalysen nach VDLUFA (ca. 50-60 € inkl. Spurennährstoffe) und EUF (ca. 30-50 €).