

Optimierte Kompostierung von Mist im biologisch-dynamischen System

Bericht über einen Kompostierungsversuch und
Feldversuch mit Kartoffeln 2020-2021



**Jacques G. Fuchs, Tobias Gelencsér, Anton Kuhn, Andrea Wiget,
David Vetterli, Jeremias Niggli und Paul Mäder, FiBL**

Die Versuche wurden in Zusammenarbeit mit BDFR durchgeführt.

25.11.2022

Inhaltsverzeichnis

1. Einleitung	1
2. Material und Methoden	1
2.1 Aufbau des Kompostierversuches.....	1
2.2 Unterhalt des Kompostierungsversuches.....	3
2.3 Datenerhebungen im Kompostierversuch.....	5
2.4 Design des Feldversuches	6
2.5 Implementierung des Feldversuches.....	7
2.6 Datenerhebung im Feldversuch	9
2.7 Statistik.....	9
3. Ergebnisse und Diskussion	12
3.1 Temperaturentwicklung in den Mieten	12
3.2 Entwicklung der Gaszusammensetzung	14
3.4 Entwicklung der chemischen und biologischen Parameter	16
3.4.1 Entwicklung der Stickstoffformen.....	16
3.4.2 Entwicklung weiterer chemisch-biologischer Parameter	18
3.4.4 Trockensubstanz, organische Substanz und Phosphorgehalt	20
3.4.5 Krankheitsunterdrückungspotential der Komposte	20
3.5 Erhebungen bei Kartoffelpflanzen.....	22
3.6 Bodenuntersuchungen.....	24
3.7 Ertrag und Qualität von Kartoffeln	28
4. Zusammenfassung und Schlussfolgerungen	30
5. Anhang 1. Daten Kompostierungsversuch	33
6. Anhang 2. Daten Feldversuch	39

1. Einleitung

Die Verlebung des Mistes während des Kompostierungsprozesses ist ein wichtiges Ziel im biologisch-dynamischen Landbau als Massnahme zur Steigerung der Bodenfruchtbarkeit.

Mit der Intension, die Rotte zu lenken, werden im biologisch-dynamischen Landbau pflanzliche Präparate zugegeben. Zudem wird postuliert, dass die Form des Rottehaufens ebenfalls eine Rolle für die Kompostqualität spielt. Wenn der Mist in Kegeln statt in Walmmieten kompostiert wird, könne die Dynamik der Lebenskräfte im biologisch-dynamischen Sinne positiv beeinflusst werden.

In diesem Projekt wurden Versuche zur Optimierung der Form (traditionelle Walmmiete versus Kompostierung in Kegelform) und der Umsetzungsintensität bei der Mistkompostierung durchgeführt. Dafür wurden vom FiBL Messungen an den Komposthaufen und später im Feld durchgeführt, um relevante Aussagen der Kompostierungssysteme zu machen. In einem ersten Schritt wurde im Jahr 2020 auf dem Gutsbetrieb von Gut Rheinau ein Kompostierungsversuch gestartet. Er wurde im März 2021 abgeschlossen. Dieser Bericht beschreibt die Kompostierungsverfahren und Messungen, und präsentiert deren Ergebnisse.

In einem zweiten Schritt wurden 2021 die verschiedenen Komposte aus dem Kompostiersversuch in einem Feldversuch mit Kartoffeln eingesetzt. Die Hypothesen dabei sind, dass die unterschiedliche Qualität der Komposte auch Unterschiede in der Kultur hervorrufen. Konkret wird postuliert, dass Komposte aus den Kegelhaufen zu stärkeren, gesünderen Pflanzen führen, die wiederum qualitativ und quantitativ bessere Erträge liefern. Dasselbe wird für die höhere Umsetzungsintensität erwartet, denn es ist gerade bei Kartoffeln bekannt, dass wenig abgebaute Organische Substanz Krankheiten wie die Wurzeltöterkrankheit *Rhizoctonia solani* fördern kann.

2. Material und Methoden

2.1 Aufbau des Kompostiersversuches

Auf dem Gutsbetrieb der Stiftung Rheinau wurden in Zusammenarbeit mit Biodynamische Forschung Rheinau (BDFR) im ersten Versuchsjahr Mistkomposte in Walm- und Kegelform aufgesetzt und dabei fünf Verfahren miteinander verglichen (Tabelle 1).

Die Startmischung des Kompostiersversuches enthielt 85% Tiefstreumist, 10% Sieüberwurf und 5% Erde. Diese Mischung wurde am Tag vor Versuchsansatz vorbereitet. Circa 2 t Startmischung wurden pro Komposthaufen genau gewogen und zu einer Walmmiete beziehungsweise einem Kegel aufgesetzt (entspricht circa 3 m³). Die Haufen wurden mit Kompostvlies abgedeckt (Abbildung 1, Abbildung 2).

Die Walmmieten und Kegel wurden entlang eines Feldrands aufgesetzt (Koordinaten: 47°38.6770 N, 8°38.8520 O).

Tabelle I. Verfahren, die im Kompostiersversuch zur Optimierung der Mistkompostierung verglichen wurden.

Verfahren	Form des Komposthaufens ¹	Wendeintensität ²	biologisch-dynamische Präparate
K1	Walmmiete	Tief	Mit
K2	Walmmiete	Hoch	Mit
K3	Kegel	Tief	Mit
K4	Kegel	Hoch	Mit
K5	Walmmiete	Tief	Ohne

¹Walmmiete: circa 2 m breit, 0.8 m hoch und 3.5 m lang; Kegel: Basisdurchmesser circa 2.6 m, Höhe 1.4 m. ²Tief: Umsetzung nach 4 und 14 Wochen; Hoch: Umsetzung nach 1, 2, 4, 7, 10 und 14 Wochen.





Abbildung 1. Aufsetzung des Kompostierungsversuches. A) Vorbereitete Startmischung mit 85% Mist (Tiefstreu), 10% Siebüberwurf und 5% Erde. B) Vorbereitung des Feldrandes für das Aufsetzen des Versuches. C) Aufsetzen der Komposthaufen. D) Ausbringung der biologisch-dynamischen Präparate.



Abbildung 2. Sicht auf den Versuch nach Aufsetzen der Komposthaufen.

2.2 Unterhalt des Kompostierungsversuches

Die Kompostmieten und -kegel wurden am 18. August 2020 aufgesetzt. Neben der Registrierung der Temperatur in der Mitte der Haufen mittels Dataloggern wurde ihre Temperatur auch regelmässig manuell gemessen. Dabei erfolgte zeitgleich eine Bestimmung der Gehalte an Sauerstoff (O_2), Kohlendioxid (CO_2) und Methan (CH_4) in der Mitte der Haufen mit einem Gasmessgerät «Dräger X-am 7000» (Abbildung 3). Diese Messungen wurden während den ersten 14 Tagen des Versuches dreimal pro Woche,

bis Ende der siebten Woche zweimal pro Woche und anschliessend einmal wöchentlich durchgeführt.

Die Umsetzung der Haufen erfolgte mit Hilfe eines Mistkranes. Dabei wurde die Feuchtigkeit des Materials kontrolliert und bei Bedarf Wasser dazu gegeben. Die biodynamischen Präparate wurden den Komposten dreimal zugegeben.

Das Journal der Versuchsdurchführung ist in Tabelle 2 präsentiert.

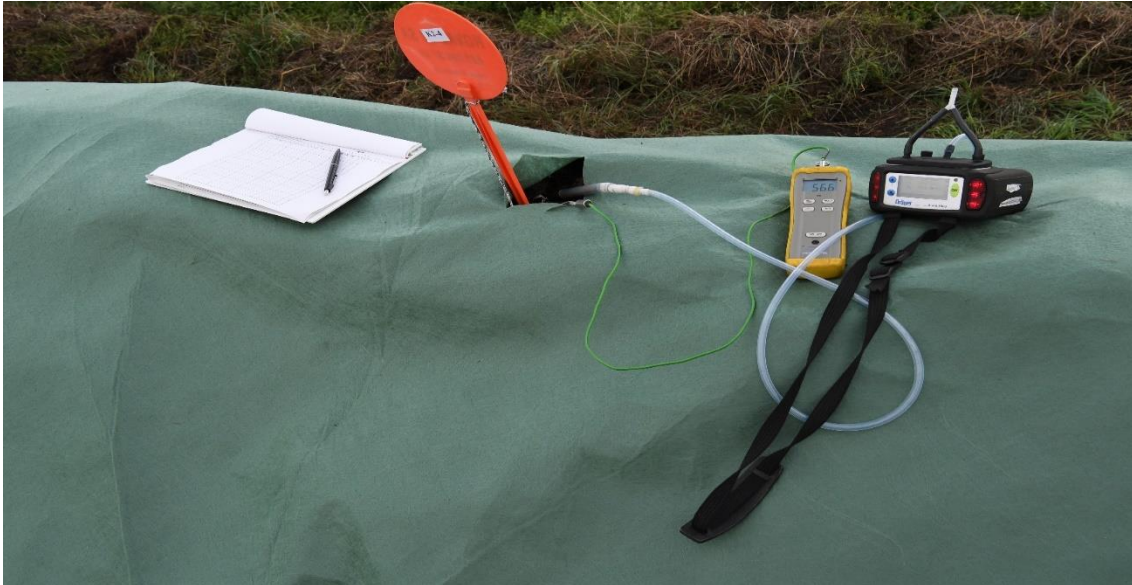


Abbildung 3. Manuelle Messung der Temperatur und der Gaszusammensetzung in den Haufen.

Tabelle 2. Journal der Durchführung des Kompostierungsversuches 2020.

Datum	Tage nach Start	Durchgeführte Arbeiten
12.08.2020	-1	Herstellung der Grundmischung für Kompostierungsversuch+ <i>P</i>
13.08.2020	0	Aufsetzung des Versuches Probenahme
20.08.2020	7	1. Umsetzung der Haufen «Wendeintensität hoch» (K1, K3, K5)
27.08.2020	14	2. Umsetzung der Haufen «Wendeintensität hoch» (K1, K3, K5)
10.09.2020	28	3. Umsetzung der Haufen «Wendeintensität hoch» (K1, K3, K5) 1. Umsetzung der Haufen «Wendeintensität tief» (K2, K4)+ <i>P</i> Probenahme
01.10.2020	49	4. Umsetzung der Haufen «Wendeintensität hoch» (K1, K3, K5)
22.10.2020	70	5. Umsetzung der Haufen «Wendeintensität hoch» (K1, K3, K5)
19.11.2020	98	6. Umsetzung der Haufen «Wendeintensität hoch» (K1, K3, K5) 2. Umsetzung der Haufen «Wendeintensität tief» (K2, K4)+ <i>P</i> Probenahme
04.03.2021	203	Versuchsende

P = Anwendung der Präparate

2.3 Datenerhebungen im Kompostierversuch

Neben der Temperatur- und den Gasmessungen im Innern der Haufen wurden verschiedene Analysen durchgeführt. Einige Analysen erfolgten mehrmals während des Kompostierungsprozesses, andere nur am fertigen Produkt.

Zu Beginn des Versuches, nach dem Umsetzen aller Verfahren des ganzen Versuches (nach Woche 4 und 14) sowie am Ende des Versuches (nach circa 6 Monaten) wurden folgende Analysen durchgeführt:

- Trockensubstanz und organische Substanz
- Salzgehalt
- Gehalt an NH₄-N, NO₂-N, NO₃-N
- C_{tot}, C_{org}, N_{tot}
- Gesamtnährstoffgehalte

Bei den Kompostproben am Ende des Versuches wurden folgende Untersuchungen durchgeführt:

- Dehydrogenaseaktivität (DHA)
- Krankheitsunterdrückungstests *Pythium* (mit einer Mischprobe pro Verfahren)

2.4 Design des Feldversuches

Im zweiten Versuchsjahr (2021) wurde mit den Komposten aus dem Kompostierversuch ein Feldversuch in der Kultur Kartoffeln angelegt. Es wurde eine möglichst homogene und für den Versuch geeignete Fläche in der Fruchtfolge des Gutes gesucht. Die selektierte Fläche (Koordinaten: 47°37'54.4"N, 8°36'29.2"O) hatte als Vorkultur Karotten und lag über Winter brach, was eine Belastung für den Boden darstellt und den Effekt des Kompostes noch fördern sollte. In Tabelle 3 sind die Verfahren des Versuches aufgezeigt. Die Kompostverfahren wurden analog zum betriebsüblichen Vorgehen mit 40 kg/ha Gesamtstickstoff aus Handelsdünger ergänzt. Als Kontrollverfahren wurden einerseits ein komplett ungedüngtes Verfahren miteinbezogen, um die Nachlieferungseffekte des Bodens einschätzen zu können. Zudem wurde ein Verfahren mit Nährstoffäquivalentdüngung mittels eines Handelsdüngers eingebaut, welches zur Abschätzung des belebenden Effektes des Kompostes abseits der Nährstofflieferung dient. Diese neun Verfahren wurden in einem randomisierten Design mit vier vollständigen Wiederholungen angeordnet. Aus Praktikabilitätsgründen wurden die Parzellen in drei Steifen hintereinander angelegt. Die Wiederholungen wurden in Längsrichtung der Parzelle hintereinander angeordnet. Die 36 Parzellen mit 5.25 m Breite und 16 m Länge wurden gemäss dem Plan in Abbildung 4 angeordnet.

Tabelle 3. Versuchsverfahren bei der Feldanwendung von Kompost in Kartoffeln.

Verfahren	Form des Komposthaufens ¹	Wendeintensität ²	Biodyn. Präparate	Gesang	Kompostbezeichnung ³
Mt	Walmmiete	Tief	Mit	Ohne	K1
Mh	Walmmiete	Hoch	Mit	Ohne	K2
Kt	Kegel	Tief	Mit	Ohne	K3-1 und K3-3
KtS	Kegel	Tief	Mit	Mit	K3-2 und K3-4
Kh	Kegel	Hoch	Mit	Ohne	K4-1 und K4-3
KhS	Kegel	Hoch	Mit	Mit	K4-2 und K4-4
Mt-Pr	Walmmiete	Tief	Ohne	Ohne	K5
Ung	Ungedüngte Kontrolle				
HD	Kontrolle mit Stickstoff- und Kaliumäquivalent				

¹Walmmiete: circa 2 m breit, 0.8 m hoch und 3.5 m lang; Kegel: Basisdurchmesser circa 2.6 m, Höhe 1.4 m. ²Tief: Umsetzung nach 4 und 14 Wochen; Hoch: Umsetzung nach 1, 2, 4, 7, 10 und 14 Wochen. ³Kompostbezeichnung: siehe Tabelle 1. K3 und K4 wurden unterteilt in Kegel mit Gesang (Endungen -2 und -4) und ohne (Endungen -1 und -3).

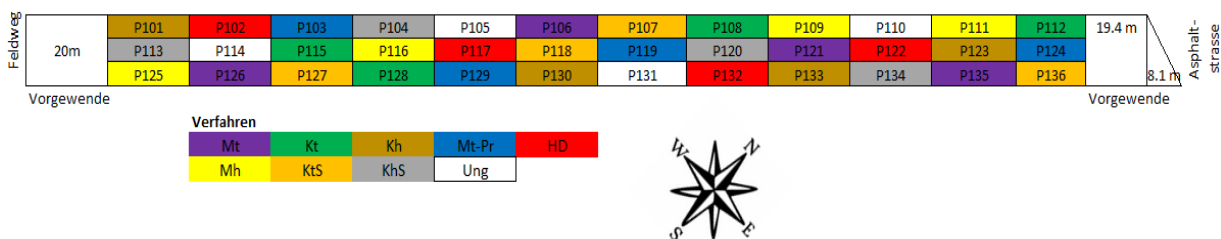


Abbildung 4. Versuchsplan des Feldversuches in Kartoffeln. Links grenzt ein Feldweg und rechts ein asphaltiertes Strässchen an die Parzelle.

Tabelle 4. Kulturführung der Versuchspartzen mit Kartoffeln.

Datum	Tage nach Pflanzung	Arbeit
November 2021		Ernte Karotten
26.02.2021		Stechen Bodenproben
09.04.2021	-10	Ausbringung Kompost und Handelsdünger
15.04.2021	-4	Grubber, Kreiselegge
19.04.2021	0	Pflanzung
23.04.2021	4	Nachpflanzung Ditta, Streuen Patentkali
28.05.2021	39	Spritzung 3l Novodor FC gegen Kartoffelkäfer
31.05.2021	42	Anhäufeln
10.06.2021	52	Spritzung 3l Novodor FC gegen Kartoffelkäfer
16.06.2021	58	Anhäufeln
22.06.2021	64	Spritzung 5l Novodor FC gegen Kartoffelkäfer
26.08.2021	129	Ernte

2.5 Implementierung des Feldversuches

Die Kulturführung der Versuchsfläche wurde vom Gut Rheinau übernommen. In Tabelle 4 sind die Kulturmassnahmen aufgeführt.

Die Kompostmengen in den verschiedenen Verfahren wurden über den Stickstoffgehalt berechnet, so dass in allen Kompostverfahren die gleich hohe Menge an Gesamtstickstoff von 80 kg N_{tot}/ha ausgebracht wurde. Durch die unterschiedlichen Kompostierverfahren wiesen die Komposte unterschiedliche Nährstoffkonzentrationen und Wassergehalte

auf, sodass ein Ausgleich nötig war. Um möglichst nahe bei der landwirtschaftlichen Praxis zu sein, wurde nicht übermässig viel Kompost ausgebracht, sondern als Richtgrösse 10 t FS/ha (Abbildung 5). Die Kompostmenge wurde so angepasst, dass exakt 80 kg N/ha ausgebracht wurden. In allen Kompostverfahren wurden zusätzliche 40 kg N_{tot}/ha in Form von gut mineralisierendem Handelsdünger eingesetzt. Im Verfahren mit Nährstoffäquivalentdüngung in Form von organischem Handelsdünger (Labinor N10) wurden 120 kg N/ha und 288 kg/ha Patentkali ausgebracht. Diese Menge Patentkali entspricht 71.7 kg K/ha und liegt im Mittel der ausgebrachten Kaliummenge der Kompostverfahren.



Abbildung 5. Exaktes Streubild nach händischer Ausbringung des Kompostes auf die Parzellen.

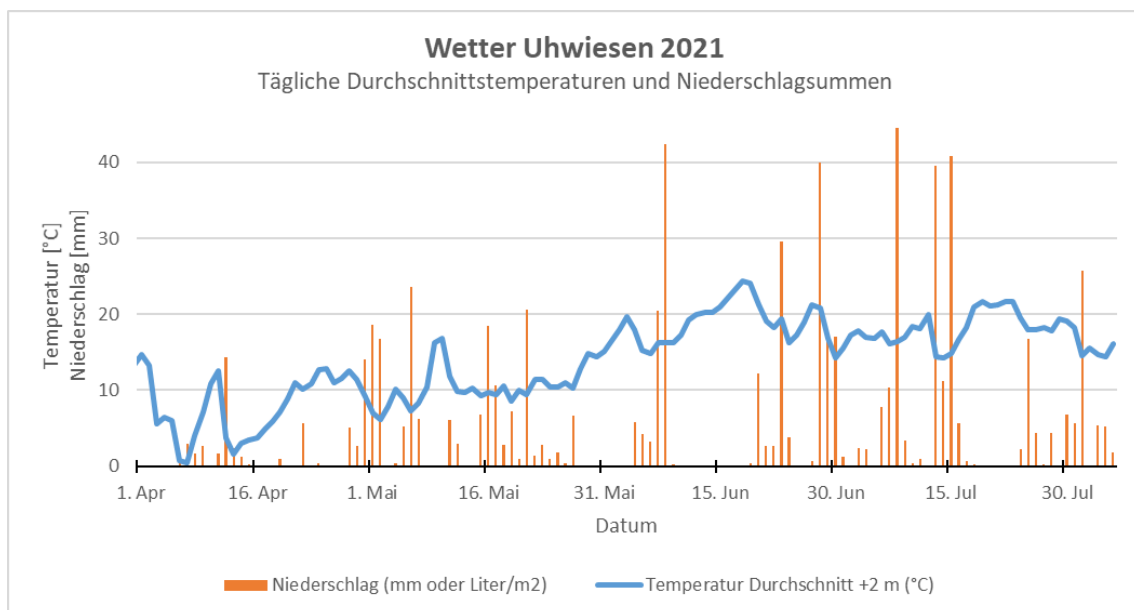


Abbildung 6. Wetterdaten während der Kulturzeit der Kartoffel vom Standort Uhwiesen, 4'600 m Luftlinie zur Versuchsfläche.

Als Kartoffelsorte wurde Ditta ausgesucht, weil sie eine bekannte Standardsorte ist und auf dem Betrieb in grösserem Umfang angebaut wird. Sie gilt als anfällig auf die Wurzeltöterkrankheit *Rhizoctonia solani* und ist daher gut geeignet für die Untersuchung der Suppressivität durch Komposte. Die Pflanzkartoffeln wiesen einen Rhizoctonia-Befall von 8% auf, es waren jeweils nur wenige Pusteln auf den Knollen sichtbar.

Die Pflanzung konnte im April unter guten Bedingungen in trockenen, aber noch etwas kühlem Boden vorgenommen werden. Die Pflanzkartoffeln wurden vorgängig gut vorgekeimt und mit einer Becherlegmaschine gepflanzt. Da bei der Pflanzung ein technischer Fehler unterlaufen ist, in dem zu früh von der Sorte Ditta auf Goldmarie gewechselt wurde, wurde in 12 der insgesamt 36 Parzellen die falsche Sorte gepflanzt. Dies wurde schnell bemerkt und die gepflanzten Knollen wieder ausgegraben, um anschliessend durch vorgekeimte Kartoffeln der Sorte Ditta ersetzt zu werden. Diese Charge hatte einen Rhizoctonia-Befall von 29 %, was in der statistischen Auswertung berücksichtigt wurde.

Das Auflaufen der Stauden war stark verzögert, weil das Wetter nach der Pflanzung (23.4.21) lange kühl und nass war, wie in Abbildung 6 ersichtlich ist. Diese Bedingungen haben die Entwicklung von *Rhizoctonia solani* begünstigt. Das Auflaufen war deshalb trotz Vorkeimung verzögert und die Triebspitzen waren erst im letzten Drittel des Monats Mai sichtbar. Ab Juni blieb es sehr nass, zudem stiegen die Temperaturen in einen Bereich, der optimal für die Entwicklung der Kraut- und Knollenfäule (*Phytophthora infestans*) war. Wegen der häufigen Niederschläge breitete sich die Krautfäule ab dem 20. Juni rasch aus, innert der folgenden zwei Wochen starb das Kraut in der Versuchsfläche völlig ab (Abbildung 7). Dementsprechend war der Ertrag tief und die Knollen blieben klein (Abbildung 8).

2.6 Datenerhebung im Feldversuch

Im Feldversuch wurde eine Vielzahl von Daten erfasst. Tabelle 5 zeigt die Erhebungszeitpunkte und die Analysemethoden.

2.7 Statistik

Die Daten wurden mittels Varianzanalyse im Statistik Programm «R» unter Nutzung des package «nlme» ausgewertet. Im Falle einer Nichtlinearität und Varianzheterogenität der Modellresiduen wurden die Rohdaten entweder log- oder Wurzel-transformiert. Verfahrens-, Wendeintensitäts- und Kompostformunterschiede wurden mit einem post-hoc Tukey Test ($p < 0.05$) ermittelt.



Abbildung 7. Abgestorbene Blätter durch extremen Befall mit *Phytophthora infestans* (Kraut- und Knollenfäule) am 14. Juli 2021.



Abbildung 8. Sortieren der Erntemuster in verschiedene Befallsklassen von *Rhizoctonia solani*. Gut sichtbar ist der erhöhte Befall an den Knollen in den Kistchen rechts im Bild.

Tabelle 5. Zeitpunkte und Messmethoden der Untersuchungen im Feldversuch.

Erhobener Parameter	Methode	Datum
Chlorophyllmessung	SPAD	31.05.2021
Pflanzenmasse, Homogenität des Bestandes	Visuelle Bonitur	01.06.2021
Nmin	Bodenprobe 0-30 cm,	01.06.2021
Anzahl Stängel	Auszählung auf 4 x 2 Laufmetern	11.06.2021
Nmin	Bodenprobe 0-30 cm	17.06.2021
Befall Blattkrankheiten, Reihenschluss, Pflanzenmasse	Visuelle Bonitur	05.07.2021
Blattanalysen: Ntot, Ca, Cu, K, Mg, P, S, Zn, B, Fe, Mg	Massenspektrometrie mit induktiv gekoppeltem Plasma, N nach Kjehldahl	17.06.2021
Bodenanalysen: pH, P & K (CO ₂), Mg (CC), P & K & Mg & Cu, Fe, Mn, B (EDTA)	Extraktionsmittel je nach Nährstoff	17.06.2021
Mikrobielle Biomasse Cmic, Nmic	Chloroform Fumigation (CFE)	17.06.2021
Aggregatstabilität	Nasssiebverfahren	17.06.2021
Spatenprobe	Methode nach NIGGLI, siehe Erläuterungen	17.06.2021
Chlorophyllmessung	SPAD	21.&29.06.2021
Ertrag	Schüttelgraber, manuelles Aufsammeln	26.08.2021
Nährstoffe in Kartoffeln	Massenspektrometrie mit induktiv gekoppeltem Plasma, N nach Kjehldahl	10.09.2021
Vitamin C in Kartoffelknollen	Reflektrometrie	07.09.2021
Stärke	Unterwassergewicht, Formel nach SCHEELE	21.09.2021
Knollenbonitur Krankheiten	Visuelle Bonitur nach Waschen	21.09.2021

3. Ergebnisse und Diskussion

3.1 Temperaturentwicklung in den Mieten

Wie erwartet stieg die Temperatur in den Haufen nach jeder Umsetzung (Umsetzungszeitpunkte als Kreuz respektive X in **Abbildung 9** und **Abbildung 10** dargestellt). Die Temperatur in den Kegeln stieg jeweils höher als in den Walmmieten. Dies kann damit erklärt werden, dass die Oberfläche der Kegel bezogen auf deren Volumen kleiner ist als bei der Walmmiete.

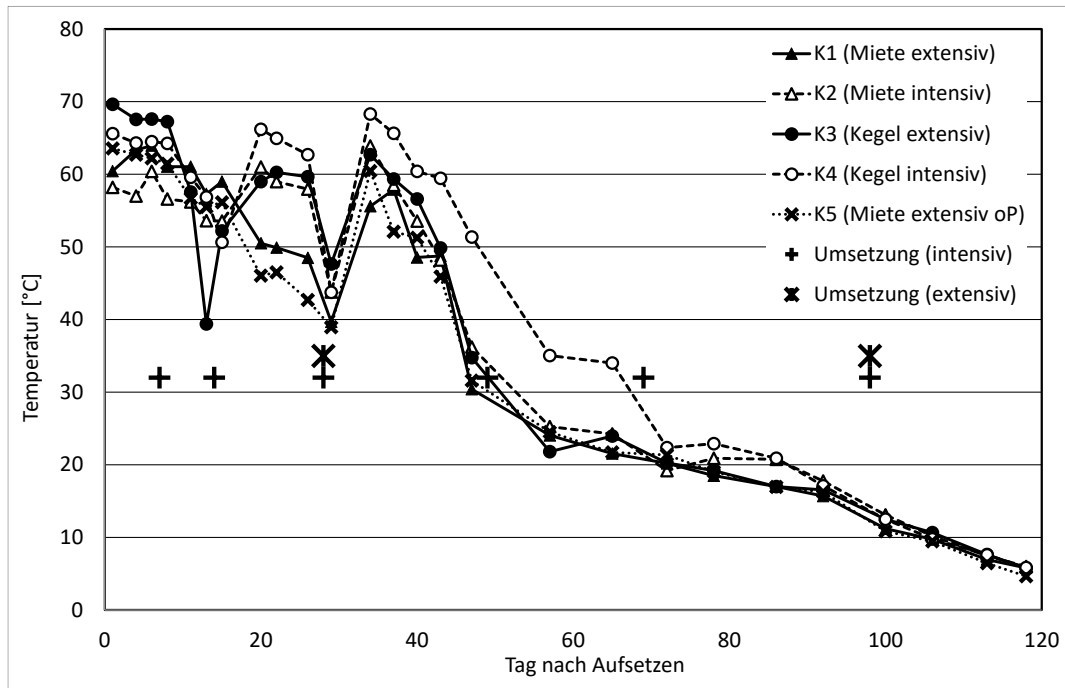


Abbildung 9. Manuelle Messungen der Temperatur. Einfluss der Mietenform und der Umsetzungsintensität auf die Temperaturentwicklung in den Haufen während des Kompostierungsprozesses. Die Umsetzungsstermine sind mit einem Plus (intensive Umsetzung) und X (extensive Umsetzung) gekennzeichnet.

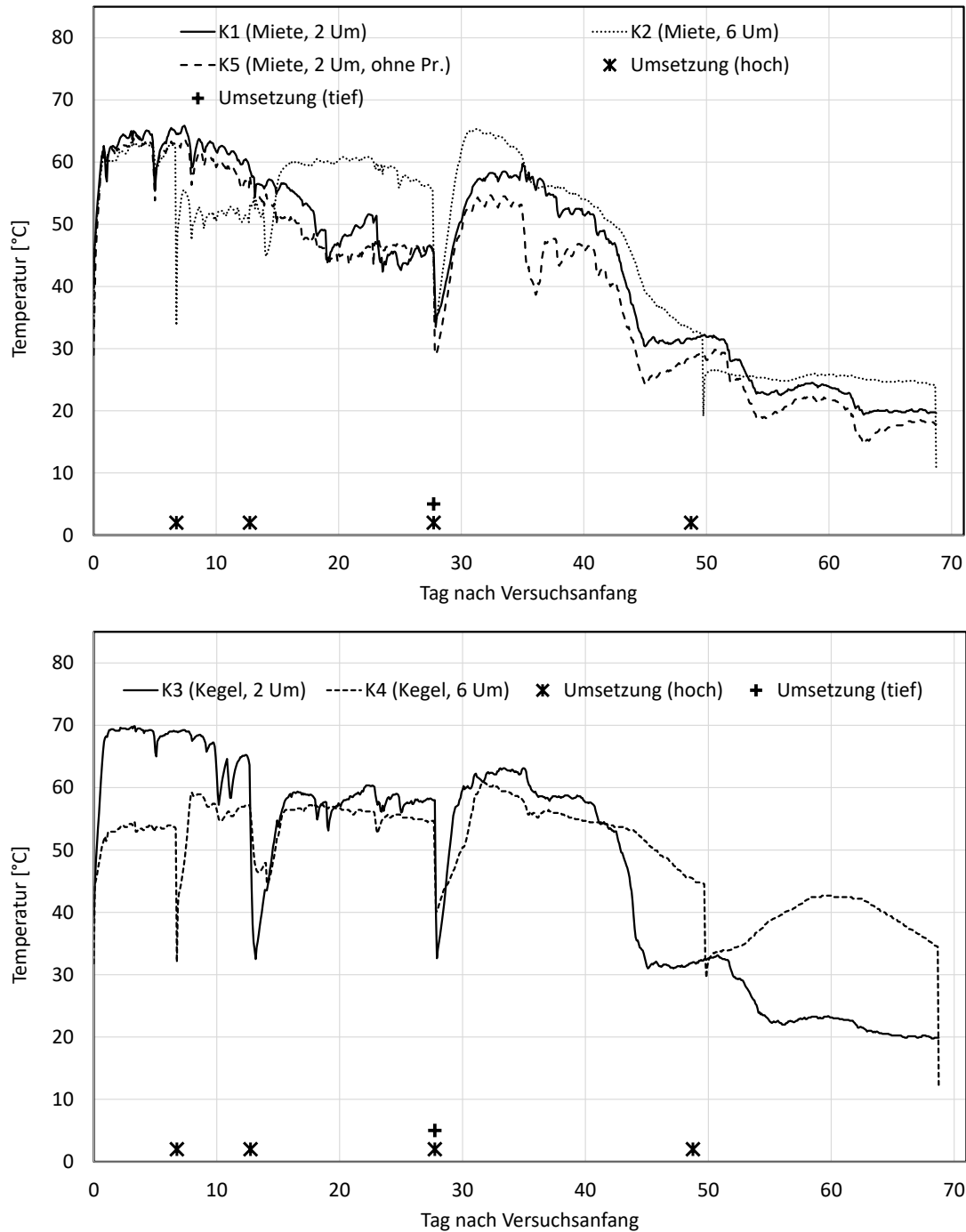


Abbildung 10. Messungen der Temperatur mit Datalogger. Einfluss der Mietenform und der Umsetzungsintensität auf die Temperaturentwicklung in den Haufen während den ersten 11 Wochen des Versuches. Die Umsetzungstermine sind mit einem Plus (intensive Umsetzung) und X (extensive Umsetzung) gekennzeichnet.

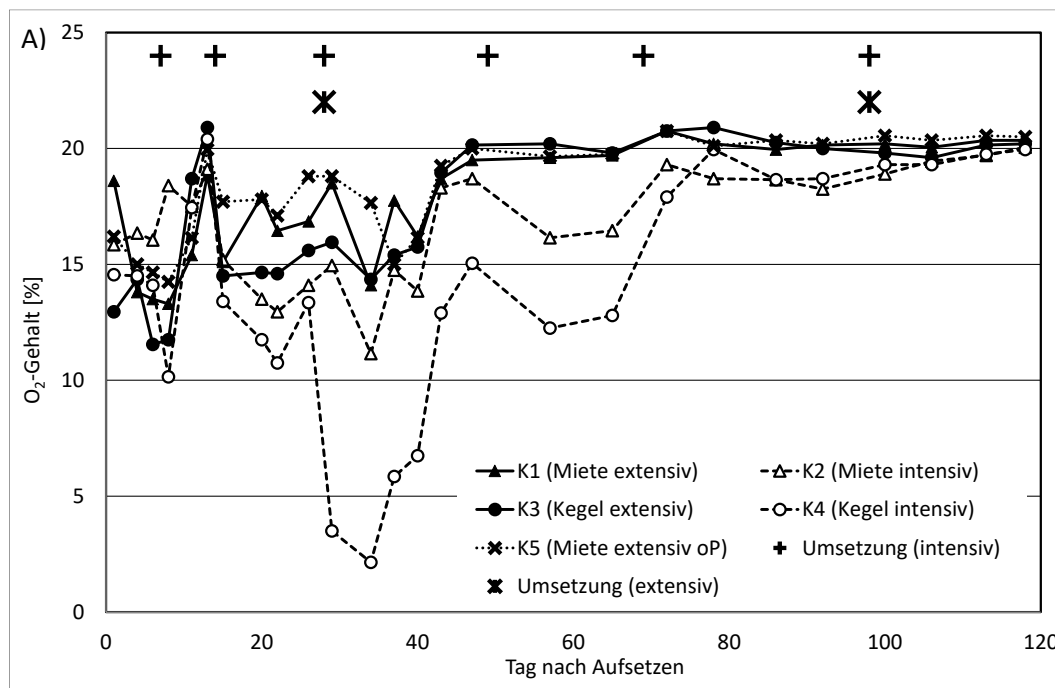
3.2 Entwicklung der Gaszusammensetzung

Generell war der Sauerstoffgehalt in den Walmmieten höher als in den Kegeln (Abbildung 11A). Dabei könnte das Verhältnis Oberfläche/Volumen eine Rolle spielen. Beim CO₂-Gehalt ist es genau umgekehrt (Abbildung 11B), was sich damit erklärt, dass die Summe von O₂+CO₂ praktisch konstant bleibt, solange Sauerstoff vorhanden ist. Dies deutet zusammen mit der höheren Temperatur auf eine höhere Umsetzungsrate in den Kegelmieten hin.

Bei den Kegeln mit kurzem Umsetzungsintervall (intensive Umsetzung) stieg die Aktivität nach der dritten Umsetzung (28 Tage nach Aufsetzen der Komposte) stark an, die O₂ Konzentration sank und die CO₂ Konzentration stieg (Abbildung 11). Der Grund dafür ist, dass diese Kegel vor dieser Umsetzung trocken waren und die Zugabe von Wasser bei der Umsetzung die Mikroorganismen stimulierte.

Bei den Walmmieten ist es interessant zu beobachten, dass diejenigen ohne biologisch-dynamische Präparate weniger aktiv waren, worauf ein stetig höherer Sauerstoffgehalt im Material hindeutet.

Es wurde in allen Verfahren kaum Methan gemessen (Abbildung 11C). Dies zeigt, dass in den Haufen immer aerobe Verhältnisse herrschten.



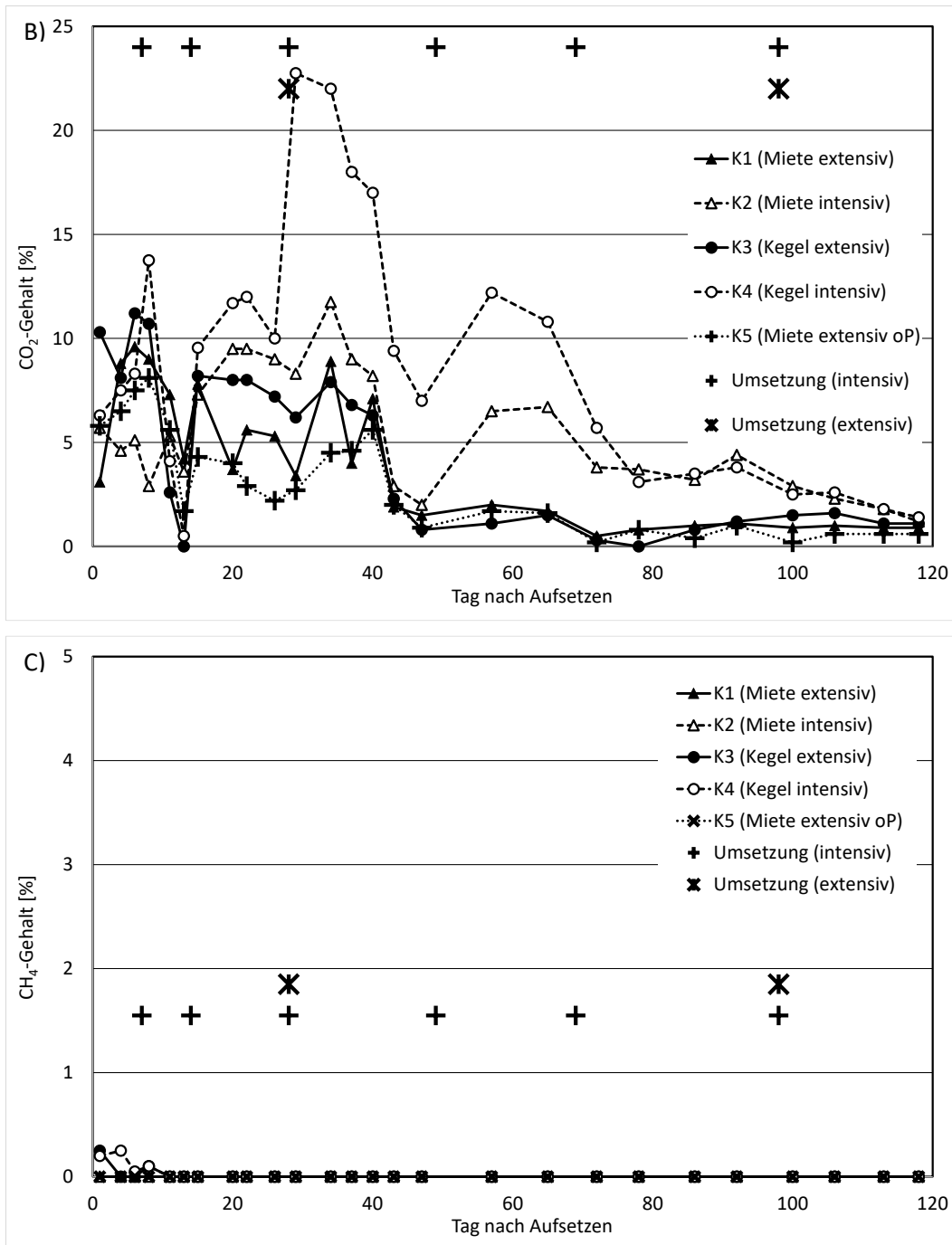


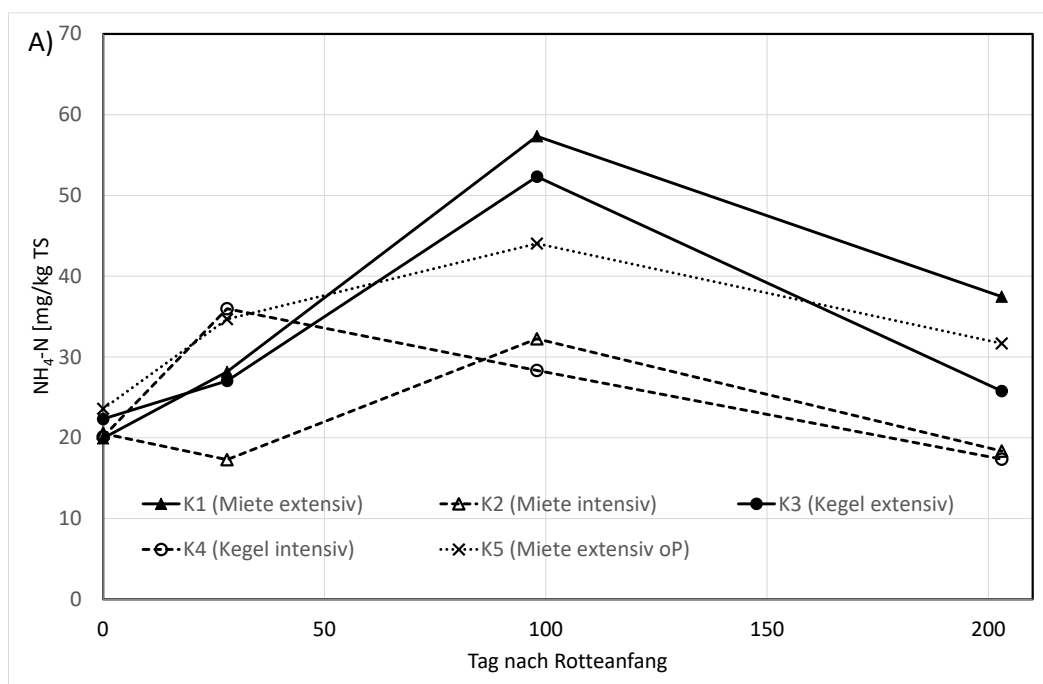
Abbildung 11. Einfluss der Mietenform und der Umsetzungsintensität auf die Entwicklung der Gaszusammensetzung in den Kompostmieten während des Kompostierungsprozesses. A) Sauerstoff, B) Kohlendioxid, C) Methan. Die Umsetzungstermine sind mit einem Plus (intensive Umsetzung) und X (extensive Umsetzung) gekennzeichnet.

3.4 Entwicklung der chemischen und biologischen Parameter

3.4.1 Entwicklung der Stickstoffformen

Die Menge an Gesamtstickstoff im Verhältnis zur Trockenmasse blieb während des gesamten Prozesses stabil (Anhang Abbildung 23E, Anhang Tabelle 7). Mit Ausnahme der extensiv bearbeiteten Mieten nahm er während der Kompostierung leicht zu, was auf eine Konzentration infolge der Volumenabnahme des Materials zurückzuführen ist.

Der Gehalt an mineralischem Stickstoff in den Komposten war gering und entsprach weniger als 5 % des Gesamtstickstoffs. Bei der Entwicklung der mineralischen Stickstoffformen war ein Unterschied zwischen intensiv und extensiv bearbeiteten Komposten zu beobachten (Abbildung 12). Die Nitrifikation verlief bei den extensiven Verfahren etwas effizienter, und diese Komposte enthielten am Ende des Versuchs etwas mehr mineralischen Stickstoff (Anhang Tabelle 7). Die Variante mit extensiven Walmen ohne Zufuhr von Präparaten liegt zwischen der intensiven und der extensiven Variante mit Präparaten. Ein konsistenter Einfluss der Form der Komposthaufen (Walm versus Kegel) auf die Entwicklung der mineralischen Stickstoffformen ist nicht zu erkennen, da sich die Ergebnisse zwischen der intensiven und der extensiven Variante widersprechen.



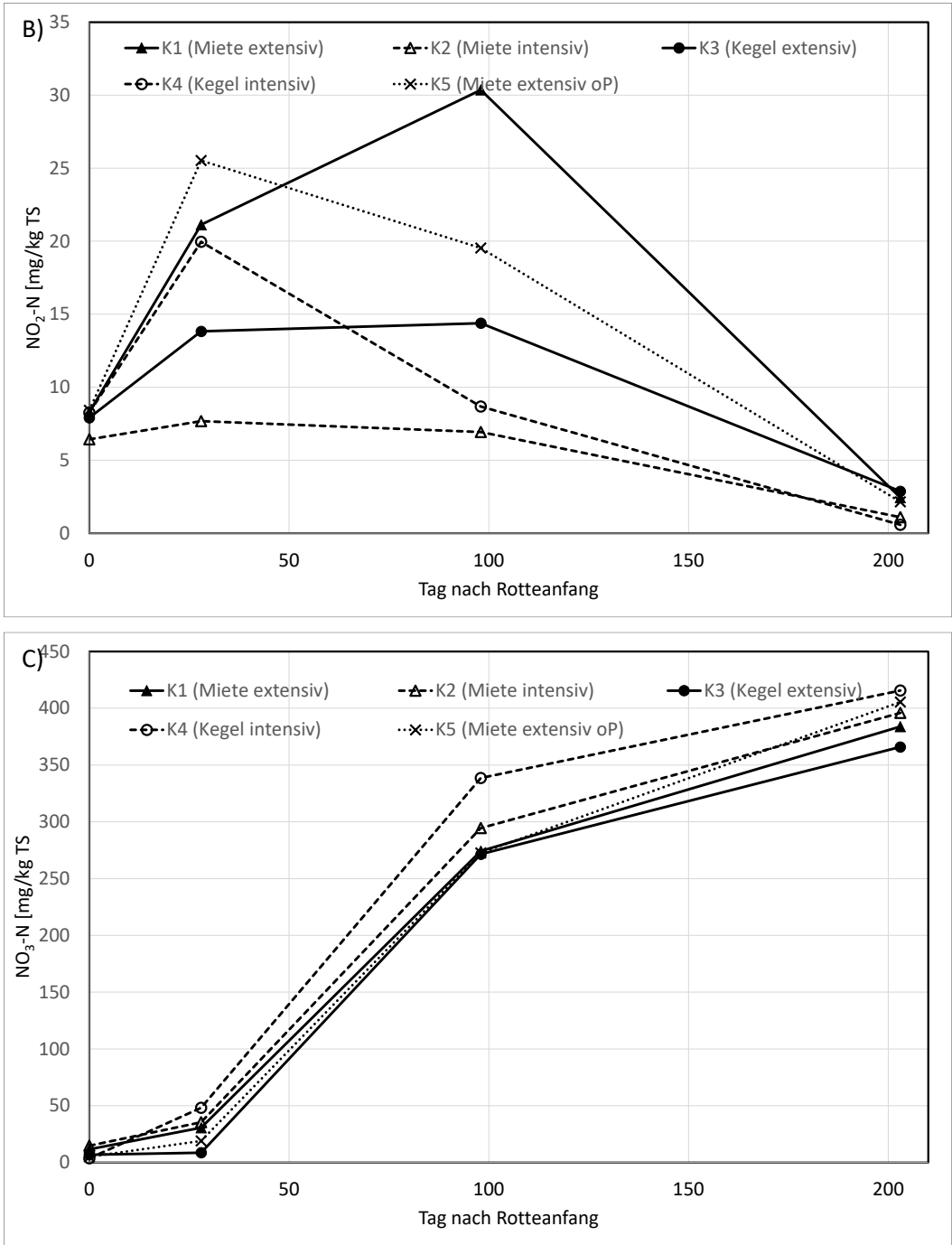


Abbildung 12. Einfluss der Mietenform und der Umsetzungsintensität auf die Entwicklung der mineralischen Stickstoffformen (in mg kg⁻¹ TS) im Kompost während des Kompostierungsprozesses: A) Ammonium, B) Nitrit und C) Nitrat. Jeder Wert ist der Durchschnitt von vier Wiederholungen.

3.4.2 Entwicklung weiterer chemisch-biologischer Parameter

pH-Wert

Der pH-Wert des Komposts war zu Beginn des Prozesses hoch (über 8.5) und sank im Laufe des Prozesses, bis er sich unter 7.8 stabilisierte (Anhang Abbildung 23A, Tabelle 7). Dies spiegelt die beobachteten Nitrifikationsprozesse wider. Der pH-Wert sank in den intensiv bearbeiteten Varianten schneller, was auf einen schnelleren Umwandlungsprozess hindeutet. Weder die Form der Haufen noch die Zufuhr der Präparate hatten einen Einfluss auf diese Entwicklung.

Makro- und Mikronährstoffe

Die Entwicklung verschiedener Nährstoffe sind in Tabelle 6 und Anhang Tabelle 8 dargestellt. Zahlreiche Elemente in der Trockenmasse nahmen während des Kompostierungsprozesses deutlich zu: Kalzium, Eisen, Magnesium, Mangan und Schwefel. Dies ist grösstenteils auf einen Konzentrationseffekt zurückzuführen, da das Volumen der Mieten aufgrund der Mineralisierung der organischen Substanz im Kompost abnahm. Die Abnahme der organischen Substanz spiegelte sich auch in der Reduktion des Glühverlustes über die Zeit wider. Das Ausmaß der Zunahme einiger Elemente (mehr als eine Verdreifachung des Wertes für Kalzium und Eisen) ist unerwartet, und deutet auf grosse Rotteverluste hin. Der Phosphorgehalt blieb relativ konstant während des Versuches.

Zwei Elemente reagierten anders: Natrium und vor allem Kali nahmen während des Kompostierungsprozesses deutlich ab. Dies kann auf einen Auswaschungseffekt dieser Elemente zurückzuführen sein, da sie als einwertige Ionen sehr mobil sind.

Weder die Intensität der Umsetzung noch die Form der Haufen scheinen die Entwicklung dieser Elemente während des Kompostierungsprozesses zu beeinflussen.

Salzgehalt

Der Salzgehalt von Kompost nahm während der Kompostierung stark ab, und zwar am stärksten in intensiv bearbeiteten Haufen (Anhang Abbildung 23B). Dies ist überraschend, vor allem in Anbetracht des Volumenschwundes des Materials, das eher zu einer Konzentration der Salze führen sollte. Es ist daher wahrscheinlich, dass ein Teil der Salze während der Kompostierung ausgewaschen wurde, worauf die Analyse von Kalium hindeutet (Tabelle 6). Es ist auch möglich, dass ein Teil der Salze in das organische Material integriert wurde und nicht mehr in die wässrigen Extrakte gelangte.

Farbe des Kompostextraktes

Auch die Farbintensität des Kompostextraktes nahm während des Prozesses stark ab (Anhang Abbildung 23C, Tabelle 7), was zeigt, dass die Humusbildung einsetzte. Auch hier ist diese Entwicklung bei einer intensiveren Wendung des Materials stärker ausgeprägt. Die Form der Haufen hat keinen Einfluss auf diesen Prozess.

Tabelle 6. Einfluss der Mietenform und der Umsetzungsintensität auf die Entwicklung der Nährstoffgehalte in den Komposten.

	K1				K2				K3				K4				K5			
Tag nach Aufsetzen	0	28	98	203	0	28	98	203	0	28	98	203	0	28	98	203	0	28	98	203
Gühverlust [%]	62.9	42.8	36.4	33.8	57.1	44.8	41.3	34.5	51.5	44.6	39.6	31.6	59.3	42.3	39.3	34.6	62.9	43.0	49.1	34.8
Phosphor [g P/kg TS]	3.0	2.4	1.9	2.4	2.4	2.5	2.0	2.1	2.2	2.4	2.0	2.4	2.4	2.4	2.1	2.0	2.7	2.4	2.4	2.4
Kalium [g K/kg TS]	26.0	17.5	12.9	17.5	20.7	16.0	9.3	14.8	18.0	17.2	14.9	17.3	20.4	16.6	8.7	15.1	21.5	18.0	15.4	17.4
Calcium [g Ca/kg TS]	12.5	12.5	16.1	36.3	10.9	14.2	23.0	44.8	10.9	16.3	16.2	37.6	10.6	14.6	23.0	38.6	10.6	13.4	17.4	35.5
Eisen [g Fe/kg TS]	4.8	11.4	11.0	20.3	5.5	12.4	16.2	30.5	6.7	10.7	11.2	27.6	6.2	12.6	15.1	29.7	7.3	9.6	6.4	20.9
Magnesium [g Mg/kg TS]	4.3	4.8	4.7	7.6	4.1	4.6	4.7	7.8	4.4	5.0	4.9	7.5	4.0	5.1	4.6	7.1	3.8	5.1	4.7	7.6
Mangan [g Mn/kg TS]	0.3	0.6	0.5	0.8	0.3	0.6	0.7	1.1	0.3	0.5	0.5	1.1	0.3	0.6	0.6	1.0	0.4	0.5	0.3	0.8
Natrium [g Na/kg TS]	1.2	1.0	0.7	0.9	0.9	0.9	0.6	0.9	0.8	0.9	0.8	0.9	1.1	0.9	0.5	0.9	1.3	0.9	0.7	0.9
Schwefel [g S/mg TS]	1.3	1.5	1.2	2.1	1.1	1.7	1.7	3.0	1.0	1.4	1.5	2.5	1.1	1.7	1.6	2.8	1.6	1.4	1.2	2.0

K1: Miete extensiv; K2: Miete intensiv; K3: Kegel extensiv; K4: Kegel intensiv; K5: Miete extensiv ohne Präparate. Analysen: Glühverlust: FiBL; Nährstoffe: Ibu

Biologische Aktivität

Die biologische Aktivität (Dehydrogenase-Aktivität) nahm während des Prozesses leicht ab (Anhang Abbildung 23D, Anhang Tabelle 7), was zeigt, dass die Mikroorganismen, nachdem sie einen großen Teil der leicht verfügbaren organischen Substanz abgebaut hatten, weniger aktiv waren. Da die Analysen nur zu Beginn und am Ende des Versuchs durchgeführt wurden, kann die Entwicklung dieser Aktivität während des Prozesses selbst nicht kommentiert werden. Die Verfahrenseffekte waren zu Beginn und Ende gleich. Vermutlich sind die gemessenen Verfahrensunterschiede daher auf die Heterogenität des Ausgangsmaterials und die ungleiche Verteilung mikrobieller Hotspots, denn auf die Wirkung der Verfahren selbst zurückzuführen.

Kohlenstoffgehalt und C/N-Verhältnis

Der Kohlenstoffgehalt und das C/N-Verhältnis der Produkte nahmen während des Prozesses ab (Anhang Abbildung 23F und G), was typisch ist, da es sich bei der Kompostierung um eine Mineralisierung des Materials handelt. Die Entwicklung dieser Parameter war bei allen Verfahren ähnlich.

3.4.4 Trockensubstanz, organische Substanz und Phosphorgehalt am Ende des Kompostierungsversuchs

Der Gehalt an organischer Substanz (OS, Glühverlust) nahm während des ganzen Kompostierungsprozesses ab (Tabelle 6), was zu erwarten war, da die Kompostierung eine Mineralisierung des organischen Materials zur Folge hat. Der TS-Gehalt und der OS-Gehalt waren bei reifen Komposten nicht signifikant unterschiedlich zwischen den Verfahren (Abbildung 13). Die minimalen Unterschiede im TS-Gehalt zwischen den Haufen weisen auf eine gute Versuchsdurchführung hin.

Der Phosphorgehalt am Ende des Kompostierungsversuches war ebenfalls relativ homogen zwischen den Verfahren (Abbildung 13).

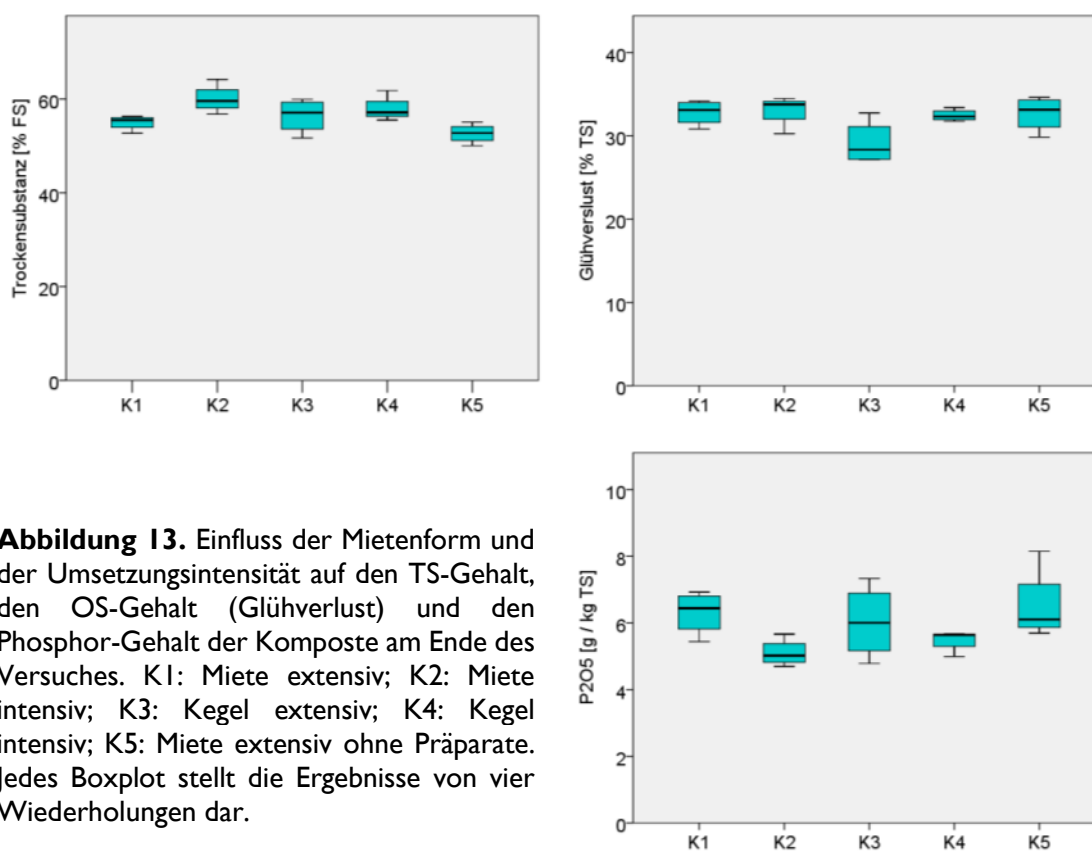


Abbildung 13. Einfluss der Mietenform und der Umsetzungsintensität auf den TS-Gehalt, den OS-Gehalt (Glühverlust) und den Phosphor-Gehalt der Komposte am Ende des Versuches. K1: Miete extensiv; K2: Miete intensiv; K3: Kegel extensiv; K4: Kegel intensiv; K5: Miete extensiv ohne Präparate. Jedes Boxplot stellt die Ergebnisse von vier Wiederholungen dar.

3.4.5 Krankheitsunterdrückungspotential der Komposte

In diesem Biotest wurde der Einfluss der verschiedenen Komposte auf die von *Pythium ultimum* verursachte Auflaufkrankheit der Kresse untersucht. In „Einheitserde® Typ 0“ wurde 10% von jeder Kompostvariante zugegeben. Zunehmende Mengen an *P. ultimum* wurden dann diesen Mischungen beigelegt, und die Krankheitsentwicklung auf die frisch gesäte Kresse beobachtet.

Keiner der Komposte konnte die Krankheitsinzidenz beeinflussen (Abbildung 14). Dies kann auf den Typ der Komposte zurückgeführt werden, da bei Mistkomposten die Nährstoffwirkung in Vordergrund steht, während bei Grüngutkompost das Krankheitsunterdrückungspotential oft wichtiger ist.

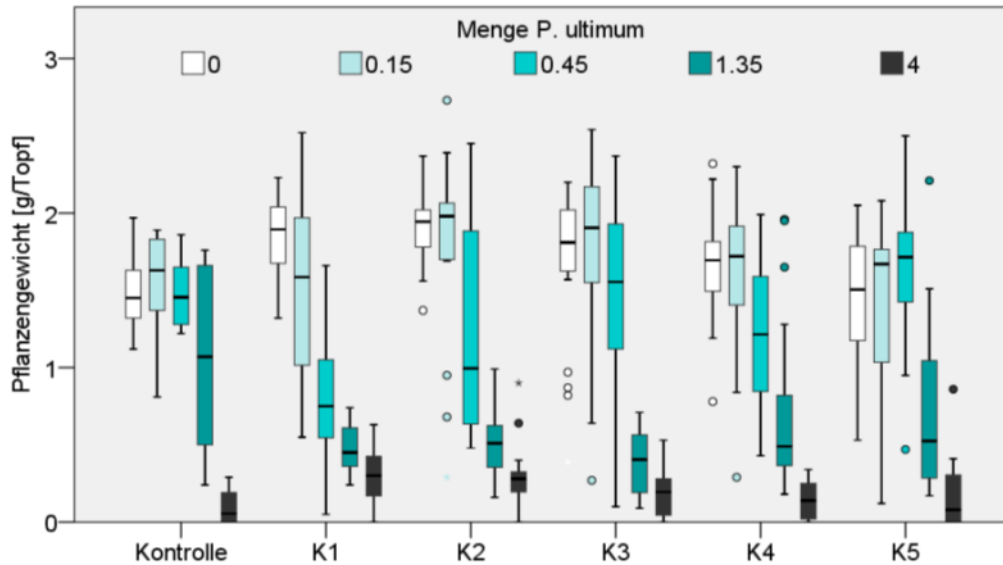


Abbildung 14. Einfluss der Mietenform und der Umsetzungsintensität der Komposte auf das Krankheitsunterdrückungspotential gegen die Auflaufkrankheit der Kresse, verursacht durch *Pythium ultimum*, am Ende des Versuches. Kontrolle: „Einheitserde® Typ 0“ (Einheitserde Werkverband, D-36391 Sinntal-Jossa) mit 2 g Tardit / l l bis 5: 90% „Einheitserde® Typ 0“ + 10% Kompost. K1: Miete extensiv; K2: Miete intensiv; K3: Kegel extensiv; K4: Kegel intensiv; K5: Miete extensiv ohne Präparate.

3.4.6 Einfluss von Gesang bei der Baldriangabe

Bei den Kegelvarianten wurde in der Hälfte der Haufen während der Baldriangabe (eines der Kompostpräparate) gesungen. Diese Massnahme führte bei den untersuchten Parametern zu keinen Unterschieden (Daten nicht gezeigt).



Abbildung 15. Links junge Triebe vor dem Auflaufen am 5. Mai, rechts ein Luftbild des Versuchsschlages (rot eingerahmt) am 28. Juni 2021.

3.5 Erhebungen bei Kartoffelpflanzen

Im Folgenden werden aus der Vielzahl an erhobenen Parametern ausgewählte Resultate gezeigt, die entweder grössere Unterschiede zeigen oder wichtig für das Verständnis des Versuches sind. Die vollständigen Ergebnisse der statistischen Analysen aller Parameter befinden sich im Anhang 2. Daten Feldversuch).

Nach dem Auflaufen wurden am 1. Juni 2021 die Pflanzenmasse und die Regelmässigkeit des Bestandes bonitiert (Abbildung 15). Die Regelmässigkeit des Bestandes wird generell stark von der Wurzeltöterkrankheit, *Rhizoctonia solani*, beeinflusst. Der Pilz befällt bis zum Auflaufen die Keime und Triebe und kann diese stark schwächen oder zum Absterben bringen. Die Verfahren Handelsdünger und Miete mit tiefer Umsetzungsintensität hatten bereits mehr Laubmasse ausgebildet als das Verfahren ohne Düngung (Abbildung 16). Offenbar kam es in den erst genannten Verfahren bereits zu wachstumsfördernden Effekten. Obwohl die Stauden noch klein waren und die Mutterknollen wohl noch Nährstoffe lieferten, spielte der verfügbare Stickstoff im Boden bereits eine Rolle. Der mineralische Stickstoff im Boden unterschied sich zu diesem Zeitpunkt bereits stark zwischen den Parzellen mit höheren Werten im Verfahren Handelsdünger und tieferen Werten im ungedüngten Verfahren als bei den Kompostverfahren (Abbildung 18).

Die Pflanzenmasse wurde zusätzlich am 5. Juli 2021 bonitiert, zusammen mit dem Krautfäulebefall (*Phytophthora infestans*) (Abbildung 16). Während die Kompostform und -wendeintensität zwischen den ausgebrachten Komposten keine Rolle spielte, bildeten die Kompost- und das Handelsdüngerverfahren eine grössere Pflanzenmasse und einen höheren Krautfäulebefall im Vergleich zur ungedüngten Kontrolle. Dies ist zu erwarten, da das Mikroklima in krautigen Beständen dem Schaderreger förderlich ist und bei hoher Stickstoffversorgung zudem die Zellwände dünner und leichter durchdringbar sind für *Phytophthora infestans*.

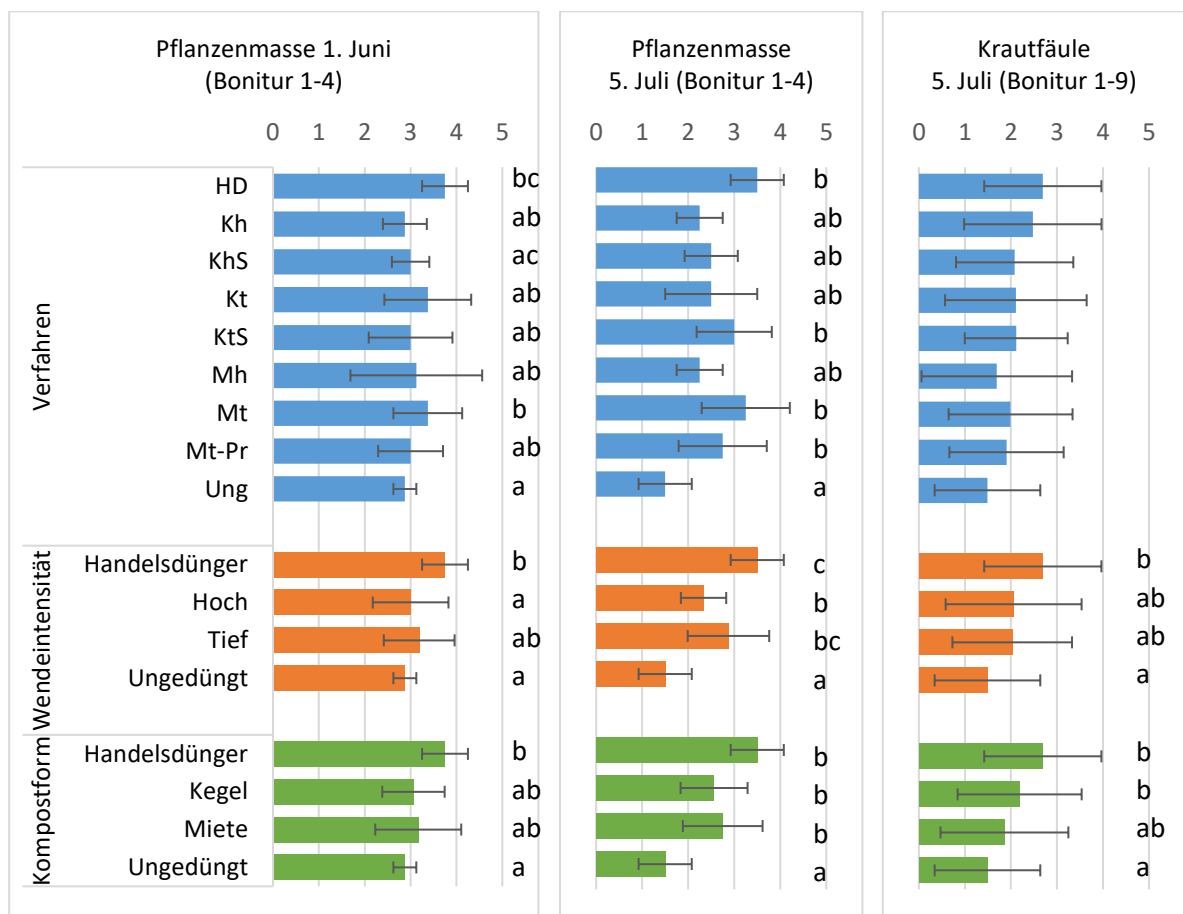


Abbildung 16. Visuelle Bonitur der Pflanzenmasse am 1. Juni und 5. Juli 2021, sowie der Krautfäule (*Phytophthora infestans*) am 5. Juli. Balken repräsentieren Mittelwerte und Fehlerbalken Standardabweichungen. Unterschiedliche Kleinbuchstaben zeigen signifikante Unterschiede getrennt zwischen den Verfahren, Wendeintensitäten oder Kompostformen (Tukey Test, $p < 0.05$). Fehlen die Buchstaben, sind die Effekte nicht signifikant verschieden.

Zu Beginn der Blüte wurden gleichaltrige Blätter gesammelt und auf ihre Nährstoffzusammensetzung hin untersucht (Anhang Tabelle 10). In Abbildung 17 sind die Schwefel- und der Zinkgehalt dargestellt, da diese als einzige statistisch signifikante Unterschiede zeigten. Der Schwefelgehalt war im Handelsdüngerverfahren signifikant höher als in den anderen Verfahren. Der Schwefel bei Handelsdünger stammt sowohl aus dem Patenkali (Kalisulfat) als auch aus dem organischen N-Handelsdünger, der zu einem grossen Teil aus Federmehl besteht, mit den schwefelhaltigen Aminosäuren Cystein und Methionin. Beim Zinkgehalt waren die Trends ähnlich, jedoch weniger ausgeprägt.

Zur Interpretation des Versorgungsstatus wird beim Schwefel das Verhältnis des Stickstoff zu Schwefel (N/S) und beim Zink das Verhältnis von Phosphor zu Zink (P/Zn) betrachtet. Ein N/S-Wert unterhalb von 11 wird bereits als kritisch eingestuft. Beim P/Zn-Verhältnis wird allgemein für Pflanzen ein Wert um 65 als ideal betrachtet. Mit N/S Verhältnissen zwischen 9.6 und 10.8 und P/Zn Verhältnissen zwischen 173 und 195 wird ersichtlich, dass bei allen Verfahren Schwefel und Zink eher im Mangel waren.

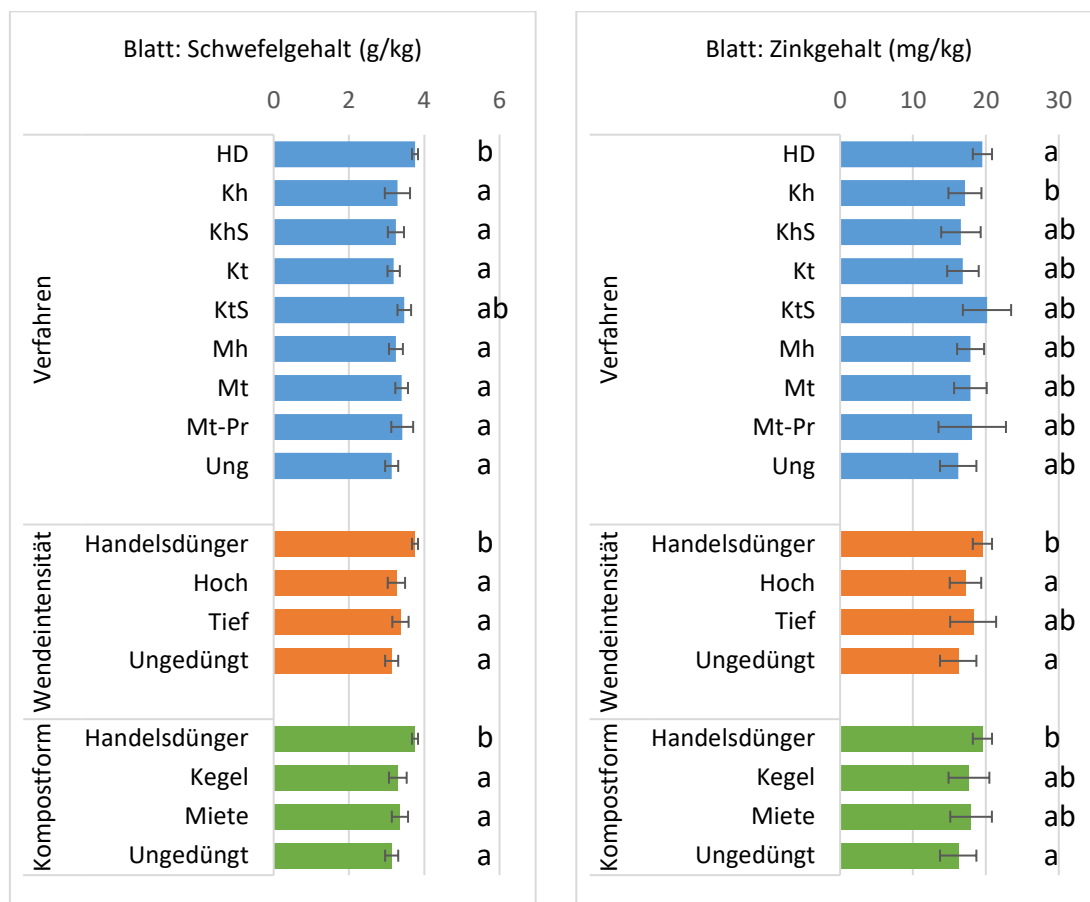


Abbildung 17. Schwefel- und Zinkgehalt der Kartoffelblätter am 17. Juni 2021. Balken repräsentieren Mittelwerte und Fehlerbalken Standardabweichungen. Unterschiedliche Kleinbuchstaben zeigen signifikante Unterschiede getrennt zwischen den Verfahren, Wendeintensitäten oder Kompostformen (Tukey Test, $p < 0.05$). Fehlen die Buchstaben, sind die Effekte nicht signifikant verschieden.

3.6 Bodenuntersuchungen

In Abbildung 18 sind die Nmin-Werte für die beiden Messzeitpunkte dargestellt. Kartoffeln nehmen den grössten Teil des Stickstoffes in der Zeit zwischen 6 und 12 Wochen nach der Pflanzung auf. Dies wurde in der Abnahme des Nmin Gehaltes zwischen den beiden Terminen bestätigt. Am 1. Juni waren noch Verfahrensunterschiede sichtbar. Das Handelsdüngerverfahren wies signifikant höhere Nmin-Werte als die Kompostverfahren und das ungedüngte Verfahren auf. Die Komposte führten unter sich zu ähnlich hohen Nmin-Gehalten, welche ihrerseits höher als in der ungedüngten Kontrolle waren. Die Erwartungen bezüglich eines Einflusses der unterschiedlichen Wendeintensität der Komposte auf den Nmin Gehalt konnten nicht bestätigt werden. Ebenso konnten zwischen Haufenform (Miete versus Kegel) und Gesangsvarianten keine Unterschiede festgestellt werden. Die niedrigen Nmin-Werte am 17. Juni, sowie die fehlenden Verfahrensunterschiede deuten darauf hin, dass die Pflanzen den Stickstoff wohl sehr gut aufgenommen haben und das Düngenniveau nicht über dem Stickstoffbedarf lag.

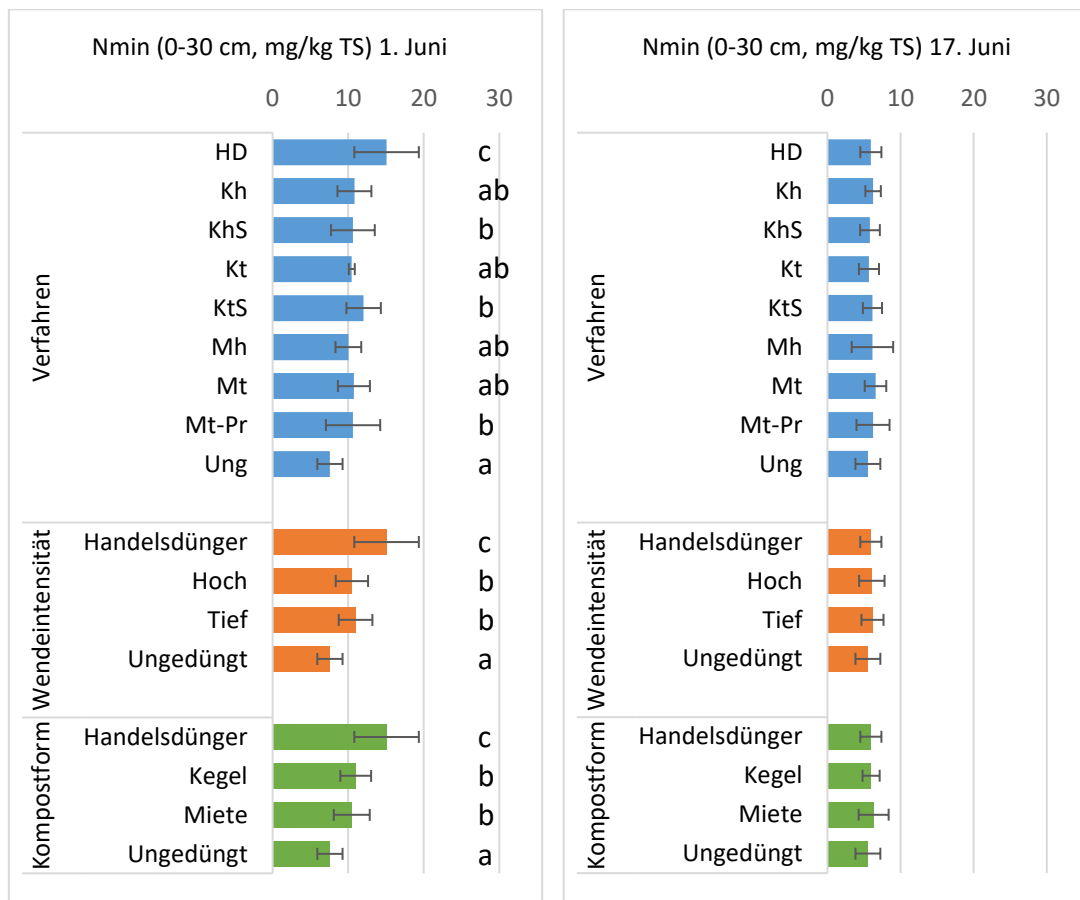


Abbildung 18. Leicht verfügbarer Stickstoffgehalt (Nmin) in der 0-30 cm Bodenschicht am 1. und 17. Juni. Balken repräsentieren Mittelwerte und Fehlerbalken Standardabweichungen. Unterschiedliche Kleinbuchstaben zeigen signifikante Unterschiede getrennt zwischen den Verfahren, Wendeintensitäten oder Kompostformen (Tukey Test, $p < 0.05$). Fehlen die Buchstaben, sind die Effekte nicht signifikant verschieden.

Ein weiterer Indikator zur Stickstoffumsetzung im Boden ist die mikrobielle Biomasse. Im vorliegenden Versuch wurde diese durch die Chloroform-Fumigation-Extraktionsmethode (CFE) gemessen (Nmic in Abbildung 19). Beim mikrobiell gebundenen Stickstoff würde man ähnliche Resultate wie für den mineralischen Stickstoff im Boden erwarten. Die Resultate zeigen aber, dass in den Verfahren mit hoher Wendeintensität der mikrobiell gebundene Stickstoff am höchsten war. Das zeigt, dass ein wesentlicher Teil des Stickstoffes aus dem Mist noch in Mikroorganismen gebunden war und nicht rechtzeitig für die Kartoffelpflanzen verfügbar war. Der mikrobielle Stickstoff ist ein Pool an labilem N, der im Verlauf der Saison auch wieder pflanzenverfügbar werden kann.

Rechts in Abbildung 19 ist die Stabilität der Bodenaggregate dargestellt. Dies ist ein wichtiger Indikator der Bodengesundheit. Stabile Aggregate schützen den Boden vor Verschlammung und helfen die Struktur zu erhalten. Es gab einzelne Verfahrenseffekte, jedoch keinen Unterschied zwischen den Wendeintensitäten und der Kegelform. Wegen

der intensiven Bodenbearbeitung in Kartoffeln sinkt der Anteil stabiler Bodenaggregate. Werte um 35 % gelten als gut, die gemessenen Werte lagen alle darüber.

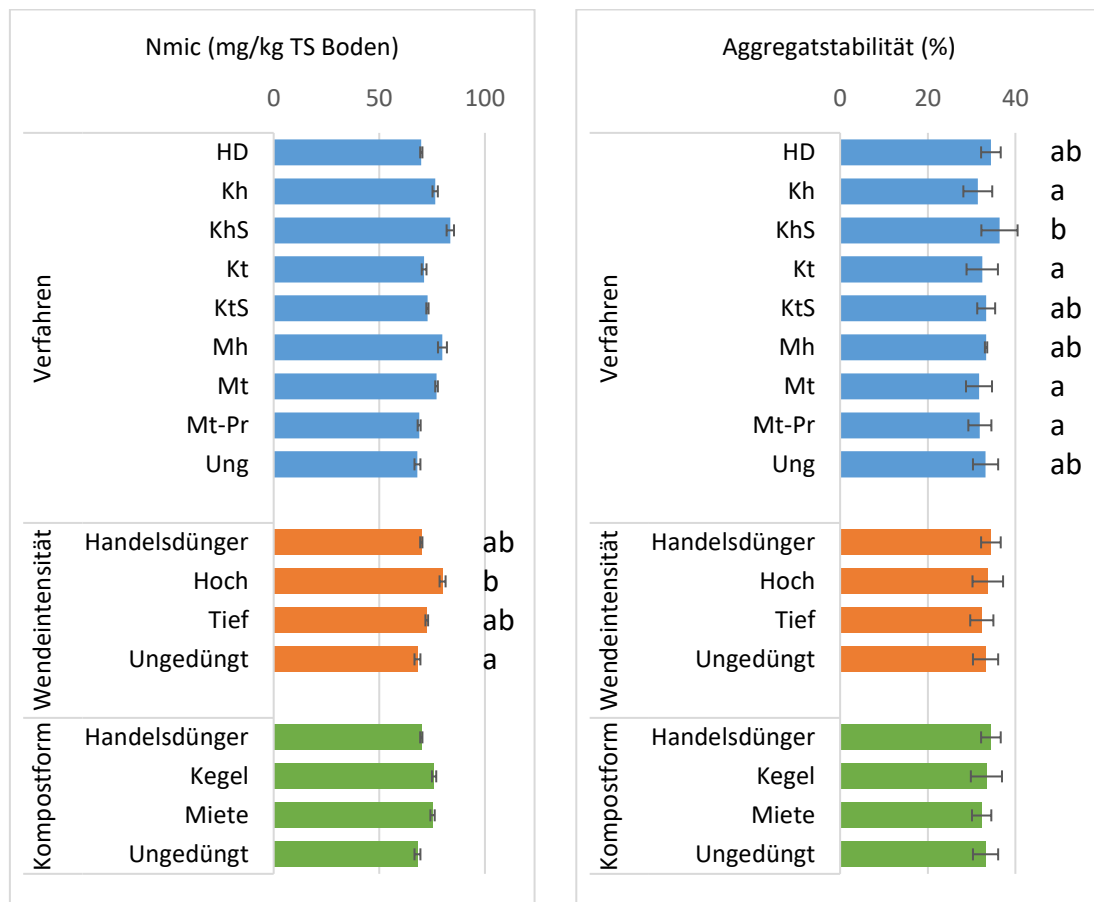


Abbildung 19. Mikrobiell gebundener Stickstoff (Nmic) und Aggregatstabilität des Bodens gemessen am 17. Juni. Balken repräsentieren Mittelwerte und Fehlerbalken Standardabweichungen. Unterschiedliche Kleinbuchstaben zeigen signifikante Unterschiede getrennt zwischen den Verfahren, Wendeintensitäten oder Kompostformen (Tukey Test, $p < 0.05$). Fehlen die Buchstaben, sind die Effekte nicht signifikant verschieden.

In Abbildung 20 ist links das adsorbierte Kalium im Boden dargestellt. Dieser Nährstoffpool gilt als nicht unmittelbar für die Pflanzen verfügbar und ist eine Reserve. Offensichtlich haben die Komposte mit tiefer Umsetzintensität zur Erhöhung dieser Reserve geführt. Beim leicht löslichen Kalium (Abbildung 20 Mitte) waren die Effekte zwischen den gedüngten Verfahren zwar weniger deutlich, aber auch hier zeigten sich wie beim leicht löslichen Magnesium (Abbildung 20 links) Anreicherungen durch die Kompostausbringung mit tieferer Umsetzungsfrequenz. Bei der Kompostierung zeigte sich bereits, dass die Komposte mit hoher Umsetzintensität einen Teil des Kaliums durch Auswaschung verloren hatten, dies ist nun auch im Boden messbar. Die Kaliumgehalte waren insgesamt auf einem guten Niveau, eine Testzahl beim löslichen Kalium von 3.5 entspricht einem genügend und Testzahl 5 deutet auf einen gut versorgten Boden hin. Beim schwerlöslichen Kalium sind Werte um 150 mg/kg im genügenden Bereich, Werte

ab 220 mg/kg gelten als Vorrat. Kartoffeln sind stark kaliumbedürftige Pflanzen und die Zeit der stärksten Aufnahme lag nach dem Datum der Bodenprobenahme.

Beim löslichen Magnesium ist der Effekt der unterschiedlichen Wendeintensität insofern überraschend, als es während des Kompostierungsversuches zu keiner Differenzierung der Komposte hinsichtlich Magnesiums kam. Die Düngungsnorm GRUD schreibt 20 kg Mg/ha für Speisekartoffeln vor. Diese Menge wurde beim Verfahren Handelsdünger mit rund 17 kg Mg/ha knapp erreicht. In den Komposten kamen ungefähr 40 kg Mg/ha aufs Feld. Daher wären bei den Komposten höhere Werte erwartet worden. Das Niveau der Magnesiumumgehalte war mit Testzahlen um 7 knapp im genügenden Bereich.

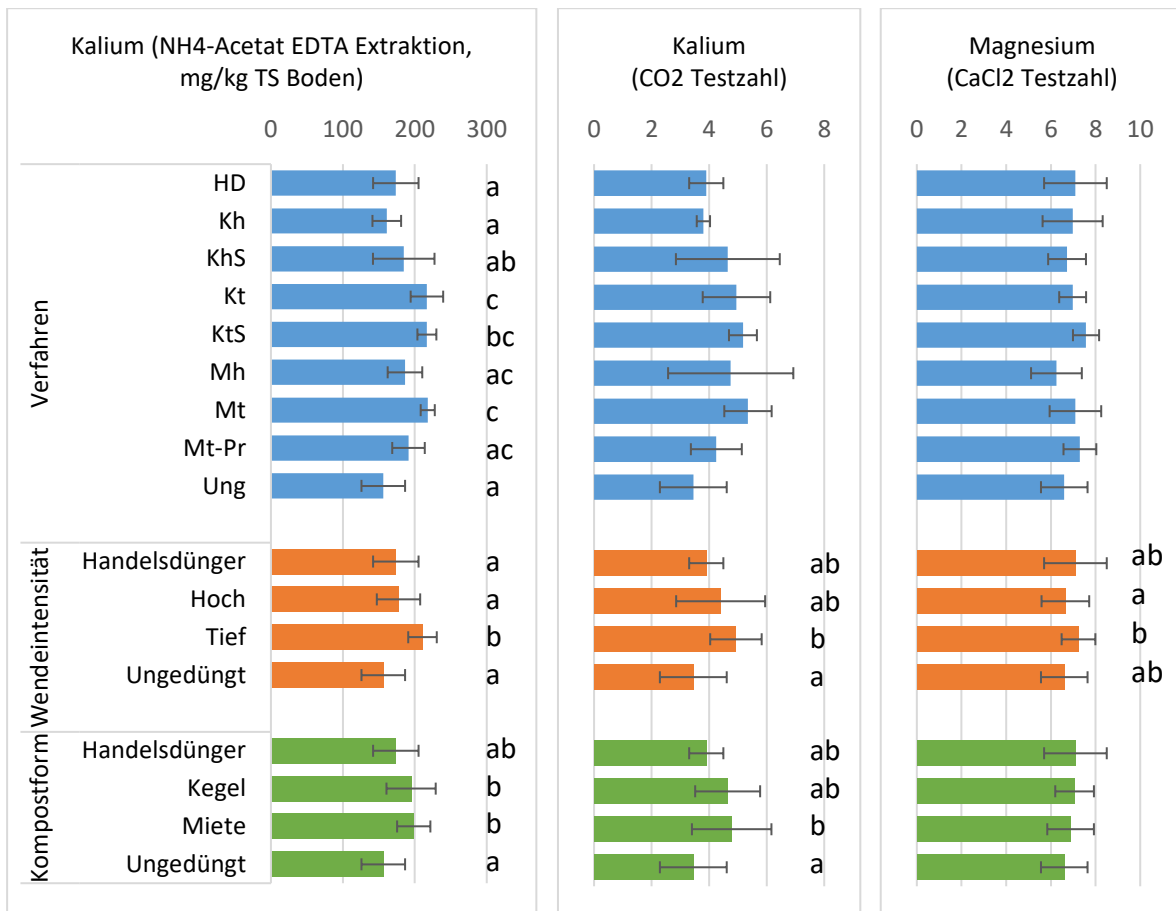


Abbildung 20. Schwerlöslicher (EDTA Extraktion) und leichtlöslicher (CO₂ Extraktion) Kaliumgehalt, sowie leichtlöslicher Magnesiumgehalt (CaCl₂-Extraktion) gemessen in Bodenproben vom 17. Juni. Balken repräsentieren Mittelwerte und Fehlerbalken Standardabweichungen. Unterschiedliche Kleinbuchstaben zeigen signifikante Unterschiede getrennt zwischen den Verfahren, Wendeintensitäten oder Kompostformen (Tukey Test, p<0.05). Fehlen die Buchstaben, sind die Effekte nicht signifikant verschieden.

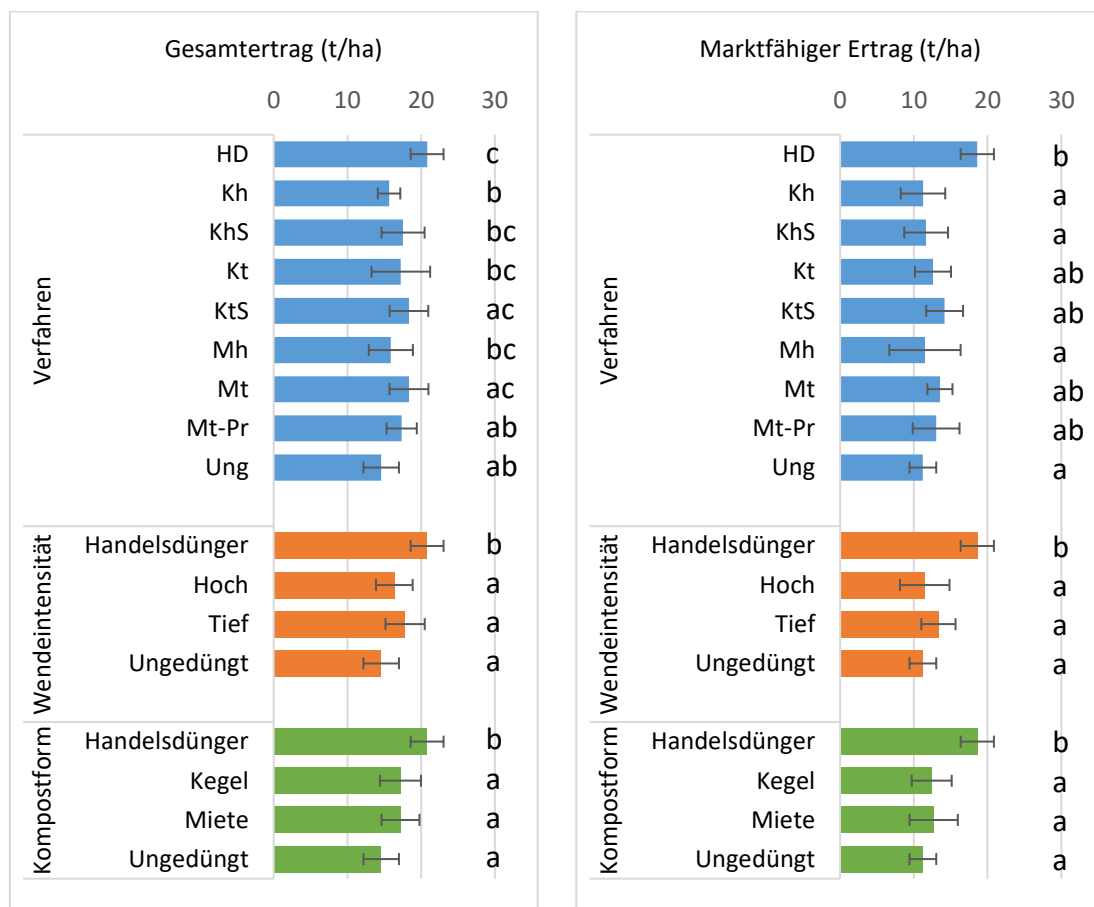


Abbildung 21. Gesamt- und marktfähiger Ertrag der Kartoffeln. Balken repräsentieren Mittelwerte und Fehlerbalken Standardabweichungen. Unterschiedliche Kleinbuchstaben zeigen signifikante Unterschiede getrennt zwischen den Verfahren, Wendeintensitäten oder Kompostformen (Tukey Test, $p < 0.05$). Fehlen die Buchstaben, sind die Effekte nicht signifikant verschieden.

3.7 Ertrag und Qualität von Kartoffeln

Abbildung 21 zeigt den Gesamtertrag und marktfähigen Ertrag zwischen den Verfahren. Nach Wendeintensität und Kompostform gruppiert, ist ein höherer Ertrag durch den Handelsdünger gegenüber den Kompostverfahren und der ungedüngten Kontrolle ersichtlich. Die Komposte lieferten einen in der Tendenz höheren Ertrag, wobei Wendeintensität und Kompostform keine Rolle spielten. Der Rohrertrag spiegelt gut die Blattmasse wieder (Abbildung 16). Bei mehr Blattmasse ist die Photosyntheseleistung erhöht und entsprechend auch die Einlagerung von Assimilaten in die Knolle. Die Erträge waren generell tief, was der verfrühten Zerstörung der Blätter durch die Kraut- und Knollenfäule geschuldet ist. Die Krautfäule breitete sich so rasch aus, dass der erhöhte Befall im Handelsdüngerverfahren sich trotzdem nicht in einem tieferen Ertrag niederschlug.

Der marktfähige Ertrag ist jener Teil des Gesamtertrages, der im definierten Kaliber von 30 bis 60 mm Quadratmass liegt und zudem keine schwerwiegenden Mängel wie

Ergrünen, Frassstellen, Deformationen oder starken Krankheitsbefall aufweisen. Für Landwirte, die ihre Kartoffeln an den Grosshandel abliefern, ist diese Grösse entscheidend für den Erlös und damit die Wirtschaftlichkeit der Kultur. Die meisten Mängel waren durch Symptome von *Rhizoctonia solani* ausgelöst, wie übermässiger Pockenbesatz, Deformationen oder Risse. Es zeigte sich das gleiche Bild wie beim Gesamtertrag. Der Vorsprung des Handelsdüngers hinsichtlich der Ertragsleistung wurde jedoch noch deutlicher. In Anbetracht dieser Ergebnisse muss von einem Einsatz von Mistkomposten zu Kartoffeln abgeraten werden. Von der Wirtschaftlichkeit her wären die Verfahren Handelsdünger, gefolgt vom ungedüngten Verfahren den Kompostverfahren klar vorzuziehen. Sollten sich diese Ergebnisse in weiteren Versuchen bestätigen, und statistisch signifikant sein, sollte Kompost als zweifellos sehr wertvoller Dünger eher an einer anderen Stelle in der Fruchtfolge, zum Beispiel auf Getreidestoppeln oder eine Gründüngung ausgebracht werden.

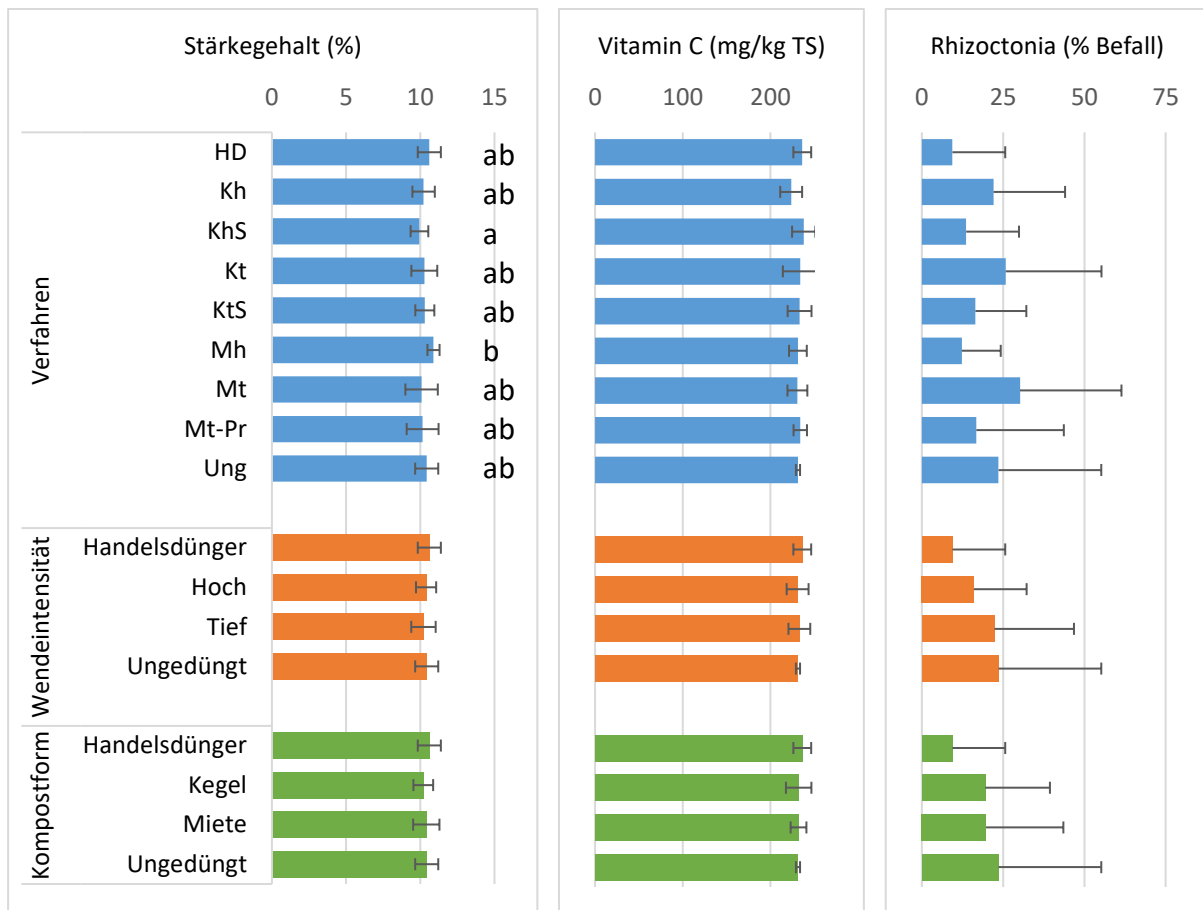


Abbildung 22. Stärke- und Vitamingehalt der geernteten Kartoffeln, sowie deren Befall mit Rhizoctoniapocken. Balken repräsentieren Mittelwerte und Fehlerbalken Standardabweichungen. Unterschiedliche Kleinbuchstaben zeigen signifikante Unterschiede getrennt zwischen den Verfahren, Wendeintensitäten oder Kompostformen (Tukey Test, $p < 0.05$). Fehlen die Buchstaben, sind die Effekte nicht signifikant verschieden.

Parameter für die Qualität von Kartoffelknollen sind ihr Stärkegehalt und der Gehalt an weiteren wertgebenden Inhaltsstoffen. Kartoffeln sind reich an Ascorbinsäure (Vitamin

C). In Abbildung 22 sind Stärkegehalt und Vitamin C Gehalt dargestellt. Beim Stärkegehalt traten statistisch signifikante Unterschiede auf. Beim Verfahren Mh war der Stärkegehalt höher als bei KhS, die anderen Verfahren lagen dazwischen. Betrachtet man aber generell die Wendeintensivität und die Kompostform, lässt sich kein Zusammenhang nachweisen. Obwohl der Ertrag beim Handelsdünger signifikant höher war, war der Stärkegehalt nicht tiefer. Es erfolgte also kein Verdünnungseffekt in den Kartoffelknollen.

Abbildung 22 (rechts) zeigt den Befallsgrad mit Sklerotien von *Rhizoctonia*. Der Befall war insgesamt moderat bis hoch, was vor allem bei den nachgepflanzten Kartoffeln auf den Pflanzgutbefall und insgesamt dem kühlen Frühling mit langsamem Auflaufen geschuldet war. Ideale Voraussetzungen also, um den möglichen fördernden oder suppressiven Effekt des Kompostes zu untersuchen. Bei gut verrotteten Grüngutkomposten konnten in anderen Versuchen suppressive Effekte gegenüber *Rhizoctonia solani* nachgewiesen werden. Schlecht verrottete, strohige Materialien fördern hingegen generell den Befall bei Kartoffeln, weil auf den strohigen Materialien *Rhizoctonia* sich vermehrt und das Inokulum weiter aufbaut. Da vor Beginn der Experimente erwartet wurde, dass die Komposte in der Kegelform und diejenigen mit hoher Wendenintensität besser verrotten, war die Erwartung auch, dass diese Komposte zu weniger Sklerotien-Befall auf dem Erntegut führen. Die Verfahren mit tiefer Wendeintensität könnten hingegen zu mehr Befall führen. Die Schwankungen waren zwischen den Wiederholungen sehr hoch, so dass keine statistisch signifikanten Unterschiede festgestellt werden konnten. Betrachtet man jedoch die Mittelwerte, zeigt sich in der Tendenz, dass im Handelsdüngerverfahren am wenigsten Befall zu verzeichnen war und die Komposte mit tiefer Umsetzintensität eher mehr Befall provozierten als jene mit hoher Umsetzintensität. Die Kompostform spielte dagegen keine Rolle. Ein Ausbleiben von krankheitsunterdrückenden Effekten bei den eingesetzten Komposten könnte daran liegen, dass die sich dafür bekannten Pilze wie *Trichoderma spp.* auf holzigen Materialien vermehren, die in den Komposten dieses Versuches nur in geringem Umfang enthalten waren. Holziges Material wurde in Form von Siebüberwurf aus Grüngutkompost zu einem Zehntel des Ausgangsmaterials beigefügt. In Grüngutkomposten ist der Anteil an holzigem Material idealerweise bei rund 50 %. Allerdings wurde in früheren Versuchen gezeigt, dass auch Mistkomposte einen unterdrückenden Effekt auf *Rhizoctonia solani* haben können.

4. Zusammenfassung und Schlussfolgerungen

In einem Kompostierungsversuch auf dem Gut Rheinau mit Mistkompost zeigte sich ein deutlicher Einfluss der Umsetzungsintensität von Komposten auf den Ammonium-, den Nitrit- und den Nitratgehalt. Intensiv umgesetzte Komposte bildeten gegenüber weniger intensiv umgesetzten höhere Konzentrationen an Ammonium, und es kam vorübergehend auch zu deutlich höheren Nitritkonzentrationen. Bei Beendigung des Kompostierungsversuches nach 205 Tagen waren die Verfahrensunterschiede weitgehend nivelliert, ausser beim Ammonium. Intensivere Umsetzung führte auch zu tieferen pH-Werten und Salzgehalten, was sich mit der Ammoniumbildung und der Auswaschung erklären lässt.

Die Form der Haufen, Walmmiete versus Kegelform zeigte lediglich beim Temperaturverlauf und der Gaszusammensetzung im Komposttinnern einen Einfluss: Kegel, die intensiv umgesetzt wurden, waren gegenüber Mieten ärmer an Sauerstoff, und produzierten mehr Kohlendioxid. Und sie erwärmten sich gegenüber Mieten stärker, wohl wegen ihres geringeren Oberflächen-zu-Volumen-Verhältnis.

Unabhängig von der Umsetzungsintensität und der Form der Haufen reicherte sich die Konzentration der Elemente Kalzium, Magnesium, Schwefel und Mangan im Endprodukt an, was auf grosse Rotteverluste der organischen Substanz schliessen lässt. Warum dies beim Phosphor, der im zeitlichen Verlauf der Rotte stabil blieb, nicht der Fall war bleibt unklar. Die Kalium- und Natriumkonzentrationen nahmen während der Rotte deutlich ab, was auf eine hohe Auswaschung hinweist.

Da bei Abschluss des Kompostversuches die meisten Unterschiede zwischen den Verfahren ausglich waren, kann nicht auf eine unterschiedliche Qualität der Komposte in Abhängigkeit der Kompostform oder Umsetzungsintensität geschlossen werden. Die grossen Verluste an Kalium bei der Kompostierung trotz Abdeckung mit Vlies lassen den Schluss zu, dass weitere Abdeckmassnahmen nötig sind, z.B. mit langhalmigem Stroh. Zudem ist zu klären, ob die Kaliverluste auch bei Walmmieten in Praxisgrösse in diesem Ausmass auftreten. Einschränkend muss angefügt werden, dass die unbeabsichtigte Einbringung von Erde aus dem Bodenuntergrund beim Umsetzen mit dem Kran verhinderte, eine exakte Massenbilanz der organischen Substanz und der einzelnen Nährstoffe zu berechnen. Entsprechend wurden im nachfolgenden Kartoffelanbauversuch mit den produzierten Komposten gleiche totale Stickstoffmengen ausgebracht. Dies schien uns gerechtfertigt, da sich die Komposte nicht im Kohlenstoff- zu Stickstoff-Verhältnis unterschieden.

Der Feldversuch mit Kartoffeln fand unter schwierigen Wetterbedingungen, mit schlechten Wachstumsbedingungen durch Kälte und Nässe. Zudem gab es eine sehr starke Epidemie der Kraut- und Knollenfäule, was zum raschen, verfrühten Absterben des Krautes und geringer Produktivität führte.

Das Wachstum der Stauden und der Knollengesamtertrag war bei Handeldüngereinsatz gegenüber Kompostdüngung, insbesondere bei hoher Umsetzintensität höher. Dies ist mit den signifikant höheren Gehalten an mineralischem Stickstoff im Boden bei Handeldüngergaben zu erklären. Diese Unterschiede akzentuierten sich bei der marktfähigen Ware. Einhergehend mit den erhöhten N_{min} Gehalten und der grösseren Laubmasse trat die Krautfäule bei Handeldüngergaben etwas stärker auf als bei den mit Kompost gedüngten Verfahren (nicht signifikant). Offenbar war der raschere Aufbau der Laubmasse bei der Handeldüngervariante für den Ertrag bedeutsamer als die früher eingetretene Krautfäule.

Keine Unterschiede traten bei den gemessenen Inhaltstoffen der Kartoffelknollen auf. So wurden beispielsweise der Stärkegehalt und der Gehalt an Vitamin C durch die Düngung nicht beeinflusst. Makro- und Mikroelemente in den Knollen unterschieden sich ebenfalls nicht in Abhängigkeit der Düngung. Die Blattanalysen zeigten einzig

Unterschiede im Schwefel- und Zinkgehalt: Handelsdünger führte zu höheren Schwefel- und Zinkgehalten, ohne dass sich diese Differenzierung in den Knollen manifestierte.

Die starke Abnahme des Kaliums bei intensiv umgesetzten Komposten widerspiegelte sich in den löslichen Kaligehalten im Boden. Dass in Blatt- und Knollen keine Differenzierung stattfand, hängt wahrscheinlich mit dem vorzeitigen Absterben in Folge der Krautfäule zusammen.

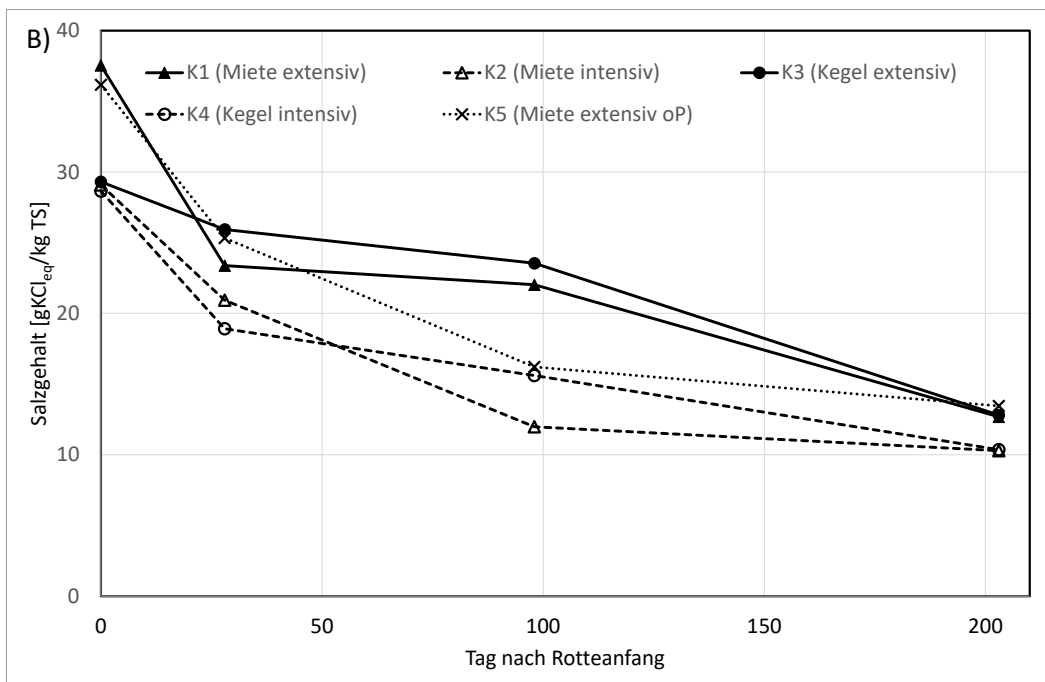
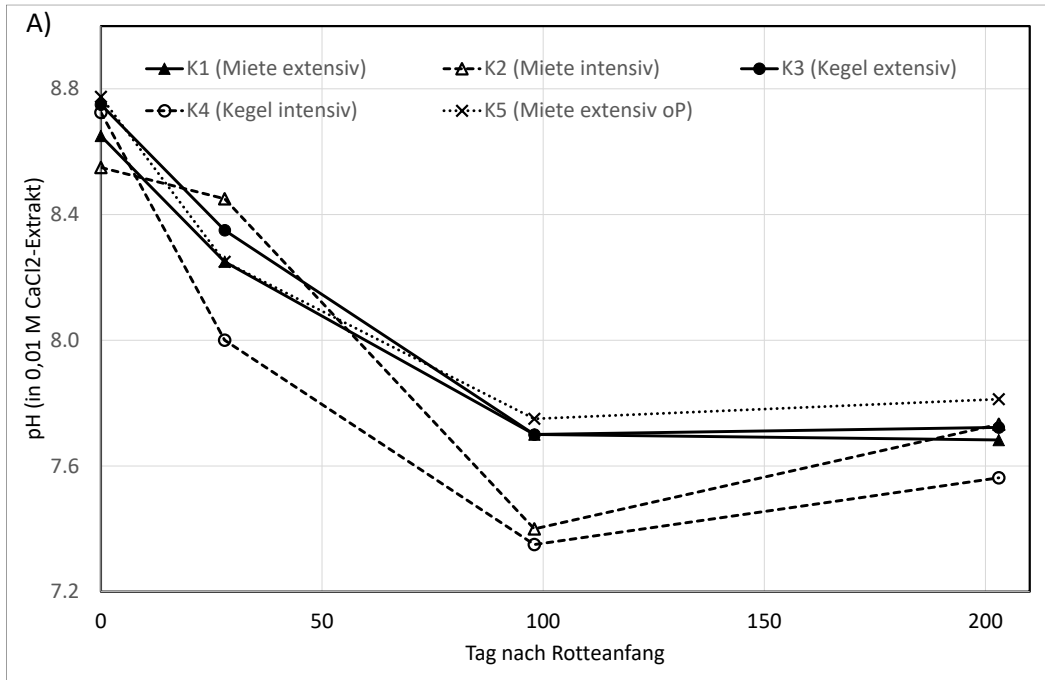
Entgegen den ursprünglichen Erwartungen zeigten die Komposte keine suppressiven Eigenschaften auf Rhizoctonia: mit Handelsdünger gedüngte Knollen wiesen im Mittel etwas weniger Rhizoctonia auf, wenngleich die Resultate aufgrund der Schwankungen nicht statistisch signifikant waren.

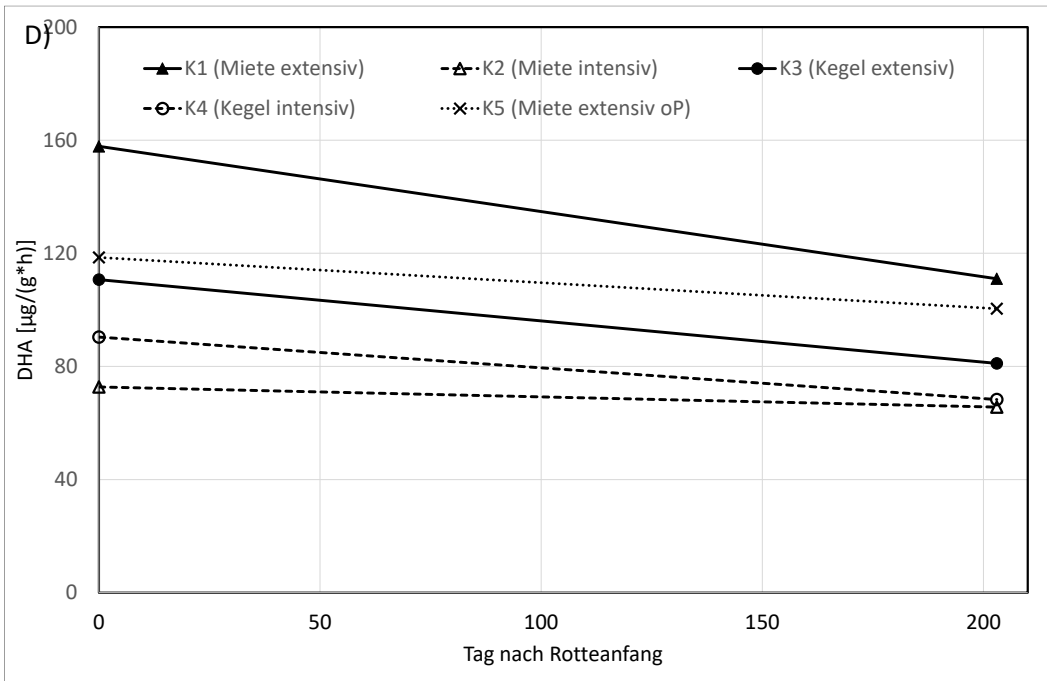
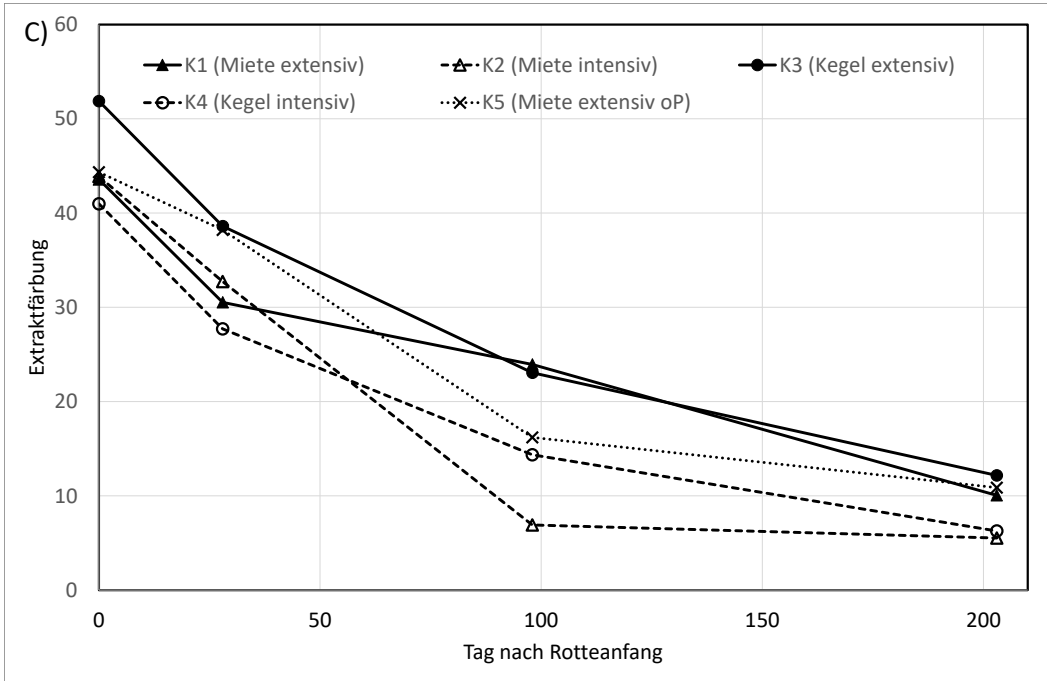
Zusammengefasst sollte der Mistkompost eher weniger intensiv gewendet, oder früher ausgebracht werden. Die Kompostform, Walm oder Miete wirkte sich kaum auf den Boden, den Ertrag und die Kartoffelqualität aus. Eine bessere Abdeckung der Komposte wird empfohlen, um die Nährstoffverluste während der Rotte zu reduzieren. Der Einsatz von Mistkompost zu Kartoffeln kann aufgrund dieses einjährigen Versuches unter extremen Wetterbedingungen nicht empfohlen werden.

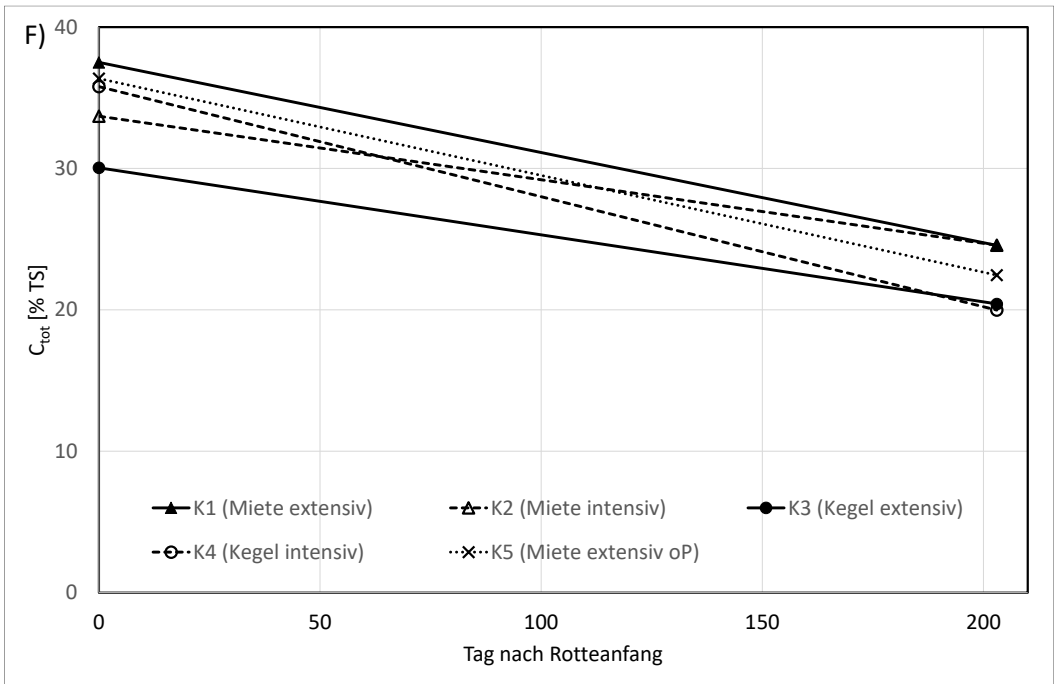
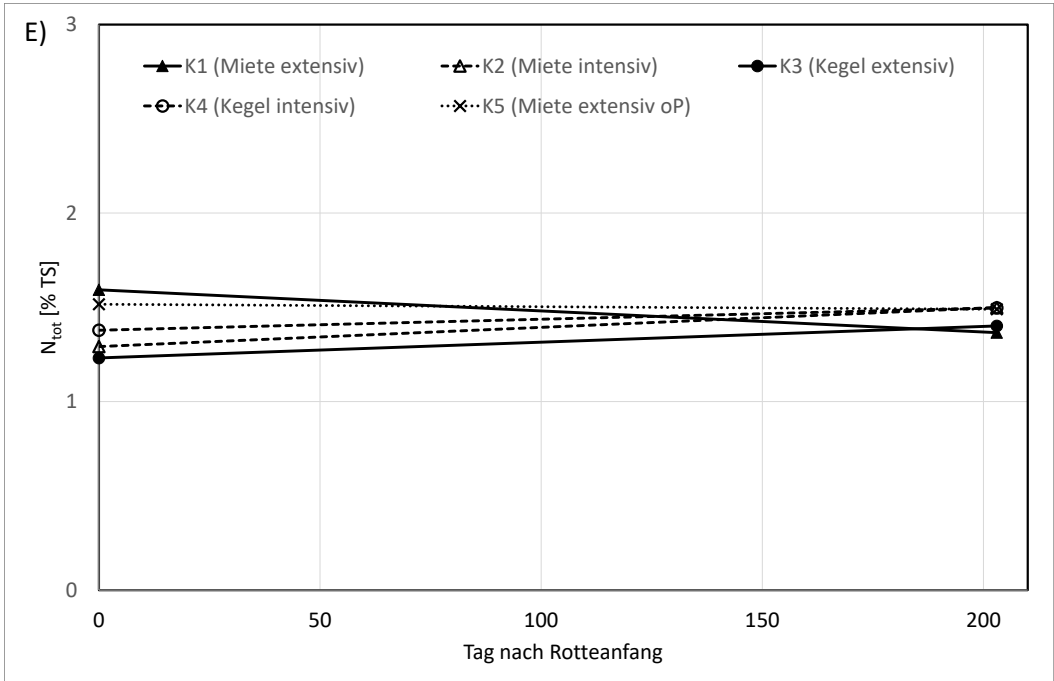
Anhang 1: Daten und Auswertungen Kompostierungsversuch

Anhang 2: Daten und Auswertungen Kartoffelversuch mit Komposten

5. Anhang I. Daten Kompostierungsversuch







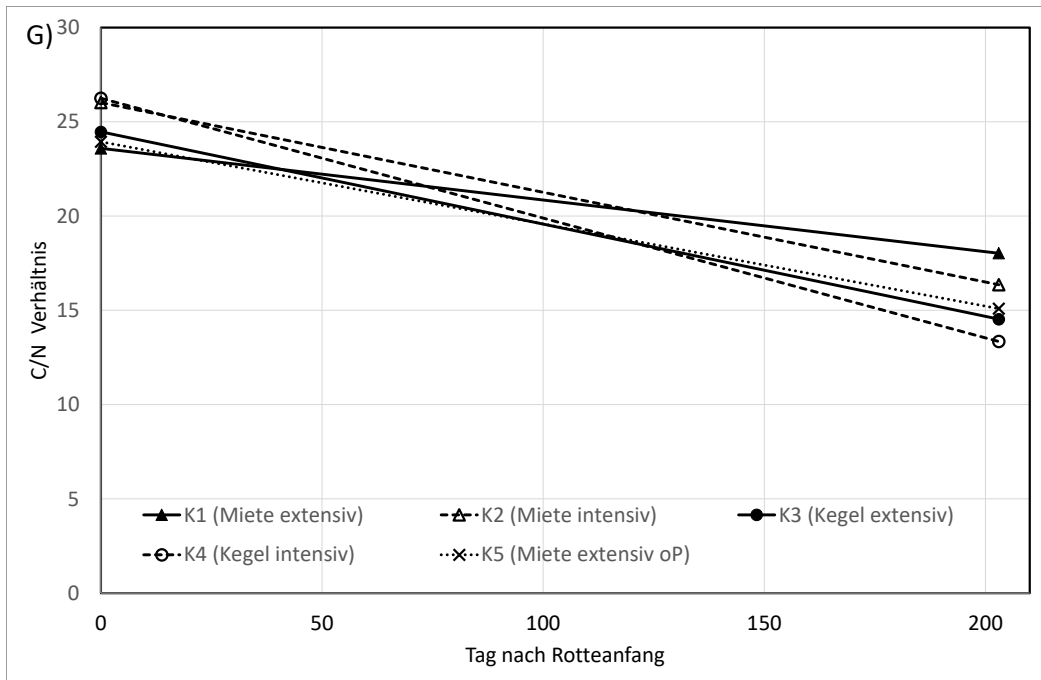


Abbildung 23. Einfluss der Mietenform und der Umsetzungsintensität auf die Entwicklung: A) des pH-Wertes, B) des Salzgehaltes, C) der Kompostextraktfärbung, D) der DHA-Aktivität, E) des Ntot, F) des Ctot und G) des C/N-Verhältnisses im Kompost während des Kompostierungsprozesses. Jeder Wert ist der Durchschnitt von vier Wiederholungen.

Tabelle 7. Mittelwerte der Stickstoff- und Kohlenstoffformen, sowie weiterer chemisch-biologischer Indikatoren zu Beginn (13.08.2020) und Ende (04.03.2021) der Kompostierung. Unterschiedliche Kleinbuchstaben zeigen signifikante Unterschiede zwischen den Verfahren, Wendeintensitäten oder Kompostformen (Tukey Test, $p < 0.05$). Fehlen die Buchstaben, sind die Effekte nicht signifikant verschieden.

Verfahren		Ammonium			Ntot	Ctot	C/N	Glühverlust	pH (CaCl ₂)	Salzgehalt	Extraktfärbung	Dehydrogenase-Aktivität					
		mg/kg TS											%	%	g/kg TS	µg/(g*h)	
Versuchsstart (13.08.2020)	K1 (Miete extensiv)	19.9	8.30	11.6	1.59	b	37.5	23.6	62.9	8.65	37.4	43.1	148.2	b			
	K2 (Miete intensiv)	20.5	6.45	14.8	1.29	ab	33.7	26.0	57.1	8.55	29.0	43.7	72.6	a			
	K3 (Kegel extensiv)	22.4	7.90	6.85	1.23	a	30.1	24.5	51.5	8.75	28.7	50.2	107.3	ab			
	K4 (Kegel intensiv)	20.1	8.28	3.70	1.38	ab	35.8	26.3	59.3	8.73	28.5	40.8	88.1	ab			
	K5 (Miete extensiv oP)	23.6	8.43	4.98	1.52	ab	36.4	23.9	62.9	8.78	33.3	44.3	113.4	ab			
Versuchsende (04.03.2021)	K1 (Miete extensiv)	36.4	b	2.36	c	383.8	1.37	24.6	18.0	b	33.8	7.68	12.7	9.99	bc	108.2	b
	K2 (Miete intensiv)	18.2	a	1.07	ab	395.8	1.50	24.6	16.4	ab	34.5	7.73	10.3	5.46	a	65.2	a
	K3 (Kegel extensiv)	25.3	ab	2.68	c	365.9	1.40	20.4	14.5	ab	31.6	7.72	12.8	11.2	c	80.4	ab
	K4 (Kegel intensiv)	17.3	a	0.56	a	415.6	1.50	20.0	13.4	a	34.7	7.56	10.4	6.18	ab	67.2	ab
	K5 (Miete extensiv oP)	30.8	b	2.06	bc	405.4	1.49	22.5	15.1	ab	34.7	7.81	13.5	10.8	bc	96.3	ab

Tabelle 8. Mittelwerte von Makro- und Mikronährstoffen zu Beginn (13.08.2020) und Ende (04.03.2021) der Kompostierung. Unterschiedliche Kleinbuchstaben zeigen signifikante Unterschiede zwischen den Verfahren, Wendeintensitäten oder Kompostformen (Tukey Test, p<0.05). Fehlen die Buchstaben, sind die Effekte nicht signifikant verschieden.

Verfahren		Phosphor	Kalium	Calcium	Magnesium	Natrium	Schwefel	Eisen	Bor	Kupfer	Mangan
		g/kg TS									
Versuchsstart (13.08.2020)	K1 (Miete extensiv)	2.96	26.0 b	12.5	7.60	1.20	1.26 ab	4.82	0.02 ab	0.01	0.27 a
	K2 (Miete intensiv)	2.42	20.7 ab	10.9	7.77	0.94	1.09 a	5.52	0.01 a	0.01	0.29 ab
	K3 (Kegel extensiv)	2.22	18.0 a	10.9	7.46	0.82	0.98 a	6.73	0.01 a	0.01	0.35 ab
	K4 (Kegel intensiv)	2.37	20.4 ab	10.6	7.11	1.05	1.14 ab	6.17	0.02 ab	0.01	0.33 ab
	K5 (Miete extensiv oP)	2.67	21.5 ab	10.6	7.64	1.28	1.64 b	7.29	0.02 b	0.01	0.41 b
Versuchsende (04.03.2021)	K1 (Miete extensiv)	2.36	17.5	36.3	4.28	0.88	2.11 a	20.3 a	0.03	0.05	0.79
	K2 (Miete intensiv)	2.09	14.8	44.8	4.08	0.86	3.01 b	30.5 b	0.04	0.05	1.06
	K3 (Kegel extensiv)	2.36	17.3	37.6	4.43	0.94	2.50 ab	27.6 ab	0.04	0.05	1.06
	K4 (Kegel intensiv)	2.01	14.8	38.1	3.96	0.85	2.61 ab	29.0 ab	0.04	0.05	0.99
	K5 (Miete extensiv oP)	2.42	17.7	35.9	3.83	0.95	2.20 a	21.6 ab	0.04	0.04	0.88

6. Anhang 2. Daten Feldversuch

Tabelle 9. Mittelwerte der Boniturdaten im Feld. Unterschiedliche Kleinbuchstaben zeigen signifikante Unterschiede zwischen den Verfahren, Wendeintensitäten oder Kompostformen (Tukey Test, $p < 0.05$). Fehlen die Buchstaben, sind die Effekte nicht signifikant verschieden.

	Pflanzenmasse 1. Juni (Bonitur 1-4)	Homogenität 1. Juni (Bonitur 1-4)	Anzahl Stängel 1. Juni (n/m ²)	Pflanzenmasse 5. Juli (Bonitur 1-4)	Reihenschluss 5. Juli (Bonitur 1-4)	Alternaria 5. Juli (Bonitur 1-9)	Krautfäule 5. Juli (Bonitur 1-9)	Kartoffelkäfer 5. Juli (Bonitur 1-9)	SPAD 31. Mai	SPAD 21. Juni	SPAD 29. Juni
Verfahren											
Handelsdünger	3.8 bc	3.1	31.5	3.5 b	4.0 b	1.1	2.7 a	1.8	47.1	41.8 a	31.0
Kh	2.9 ab	2.9	30.8	2.3 ab	2.3 ab	1.3	2.5 a	2.1	47.2	41.4 ab	30.1
KhS	3.0 ac	3.0	32.4	2.5 ab	3.0 ab	1.3	2.1 a	2.1	45.8	41.2 ab	30.4
Kt	3.4 ab	3.3	31.1	2.5 ab	3.0 ab	1.3	2.1 a	2.0	45.9	40.3 ab	29.4
KtS	3.0 ab	2.6	30.4	3.0 b	2.6 ab	1.5	2.1 a	2.3	47.1	41.2 ab	29.6
Mh	3.1 ab	3.4	29.8	2.3 ab	2.5 ab	1.4	1.7 a	1.5	46.8	39.8 ab	29.1
Mt	3.4 b	3.0	32.2	3.3 b	2.8 ab	1.5	2.0 a	1.9	47.8	41.4 ab	29.8
Mt-Pr	3.0 ab	3.3	32.6	2.8 b	3.3 ab	1.3	1.9 a	2.3	45.7	40.2 b	31.0
Ungedüngt	2.9 a	2.8	27.9	1.5 a	1.5 a	1.3	1.5 a	1.6	45.7	40.7 ab	29.8
Wendeintensität											
Handelsdünger	3.8 b	3.1	31.5 ab	3.5 c	4.0 c	1.1	2.7 b	1.8	47.1	41.8	31.0
Hoch	3.0 a	3.1	31.0 ab	2.3 b	2.6 ab	1.3	2.1 ab	1.9	46.6	40.8	29.9
Tief	3.2 ab	3.0	31.6 b	2.9 bc	2.9 bc	1.4	2.0 ab	2.1	46.6	40.8	30.0
Ungedüngt	2.9 a	2.8	27.9 a	1.5 a	1.5 a	1.3	1.5 a	1.6	45.7	40.7	29.8
Kompostform											
Handelsdünger	3.8 b	3.1	31.5 ab	3.5 b	4.0 c	1.1	2.7 b	1.8	47.1	41.8 b	31.0
Kegel	3.1 ab	2.9	31.2 b	2.6 b	2.7 b	1.3	2.2 b	2.1	46.5	41.0 ab	29.9
Miete	3.2 ab	3.2	31.5 b	2.8 b	2.8 bc	1.4	1.9 ab	1.9	46.8	40.5 a	30.0
Ungedüngt	2.9 a	2.8	27.9 a	1.5 a	1.5 a	1.3	1.5 a	1.6	45.7	40.7 ab	29.8

Tabelle 10. Mittelwerte der Nährstoffe in Kartoffelblättern beprobt am 17.06.2021. Unterschiedliche Kleinbuchstaben zeigen signifikante Unterschiede zwischen den Verfahren, Wendeintensitäten oder Kompostformen (Tukey Test, $p < 0.05$). Fehlen die Buchstaben, sind die Effekte nicht signifikant verschieden.

	Ntot	P	K	Mg	Ca	S		Zn	Cu	B	Fe	Mn	
	g/kg TS							mg/kg TS					
Verfahren													
HD	36.3	3.38	33.7	2.61	4.96	3.76	b	19.5	a	8.59	25.1	145.4	34.4
Kh	35.2	3.34	32.3	2.59	5.01	3.29	a	17.1	b	7.06	25.6	189.3	32.4
KhS	35.1	3.03	28.7	2.37	4.87	3.25	a	16.6	ab	6.44	25.5	152.0	30.2
Kt	31.8	3.14	32.9	2.34	4.55	3.19	a	16.9	ab	5.64	26.0	160.2	32.9
KtS	35.1	3.61	34.6	2.60	4.67	3.47	ab	20.2	ab	7.90	26.1	179.9	31.3
Mh	31.2	3.11	33.0	2.47	5.01	3.25	a	17.9	ab	5.51	28.3	164.1	32.1
Mt	35.4	3.36	31.3	2.69	4.73	3.40	a	17.9	ab	7.69	26.8	166.8	33.5
Mt-Pr	37.3	3.43	33.3	2.63	4.93	3.42	a	18.1	ab	8.92	26.5	156.9	31.0
Ungedüngt	31.1	2.97	29.7	2.43	4.77	3.14	a	16.2	ab	5.10	27.7	174.9	31.6
Wendeintensität													
HD	36.3	3.38	33.7	2.61	4.96	3.76	b	19.5	b	8.59	25.1	145.4	34.4
Hoch	33.8	3.16	31.3	2.48	4.97	3.26	a	17.2	a	6.34	26.5	167.7	31.6
Tief	34.9	3.39	33.1	2.57	4.72	3.37	a	18.3	ab	7.54	26.3	165.7	32.1
Ungedüngt	31.1	2.97	29.7	2.43	4.77	3.14	a	16.2	a	5.10	27.7	174.9	31.6
Kompostform													
HD	36.3	3.38	33.7	2.61	4.96	3.76	b	19.5	b	8.59	25.1	145.4	34.4
Kegel	34.3	3.28	32.1	2.47	4.77	3.30	a	17.7	ab	6.76	25.8	169.7	31.7
Miete	34.6	3.30	32.6	2.60	4.89	3.35	a	18.0	ab	7.37	27.2	162.6	32.2
Ungedüngt	31.1	2.97	29.7	2.43	4.77	3.14	a	16.2	a	5.10	27.7	174.9	31.6

HD = Handelsdünger

Tabelle 11. Mittelwerte verschiedener Bodenparameter. Unterschiedliche Kleinbuchstaben zeigen signifikante Unterschiede zwischen den Verfahren, Wendeintensitäten oder Kompostformen (Tukey Test, p<0.05). Fehlen die Buchstaben, sind die Effekte nicht signifikant verschieden.

	Nmin 1. Juni	Nmin 17. Juni	pH (H ₂ O)	P (CO ₂)	K (CO ₂) Testzahl	Mg (CC)	P	K	Mg	Cu	Fe	Mn	B	Cmic	Nmic	Aggregat- stabilität %
Verfahren	mg/kg TS Boden						NH ₄ -Acetat EDTA Extraktion, mg/kg TS Boden						mg/kg TS Boden			
Handelsdünger	15.1 c	5.94	6.38	17.3	3.90	7.10	64.2	173.6 a	91.7	7.76	242.5 ab	341.5	0.33	351.7	69.9	34.4 ab
Kh	10.8 ab	6.25	6.50	16.0	3.80	6.98	68.0	161.1 a	98.0	7.21	256.7 ab	345.4	0.39	381.0	76.5	31.4 a
KhS	10.6 b	5.82	6.57	21.3	4.65	6.73	87.4	184.6 ab	99.2	8.89	270.3 b	352.8	0.39	409.0	83.6	36.4 b
Kt	10.5 ab	5.68	6.32	18.5	4.95	6.98	57.2	216.9 c	94.2	8.35	248.7 ab	338.9	0.27	363.9	71.2	32.4 a
KtS	12.0 b	6.16	6.37	16.0	5.18	7.58	54.0	216.8 bc	97.9	6.68	236.7 a	321.3	0.31	373.1	72.8	33.3 ab
Mh	10.0 ab	6.15	6.59	20.5	4.75	6.25	64.0	186.3 ac	98.5	8.16	252.1 ab	329.2	0.36	391.2	79.9	33.3 ab
Mt	10.8 ab	6.57	6.62	17.8	5.35	7.10	67.7	218.0 c	92.5	6.85	252.8 ab	342.2	0.33	383.3	77.1	31.7 a
Mt-Pr	10.6 b	6.23	6.36	15.0	4.25	7.30	56.2	191.2 ac	95.4	7.79	244.0 ab	328.2	0.32	353.8	68.9	31.9 a
Ungedüngt	7.6 a	5.53	6.43	16.3	3.45	6.60	58.2	156.2 a	85.1	8.77	256.3 ab	368.0	0.35	332.4	68.1	33.2 ab
Wendeintensität																
Handelsdünger	15.1 c	5.94	6.38	17.3	3.90 ab	7.10 ab	64.2	173.6 a	91.7	7.76	242.5 ab	341.5 ab	0.33	351.7 ab	69.9 ab	34.4
Hoch	10.5 b	6.07	6.55	19.2	4.40 ab	6.65 a	72.4	177.3 a	98.6	8.06	259.7 a	342.5 ab	0.38	393.6 b	80.0 b	33.7
Tief	11.0 b	6.16	6.42	16.8	4.93 b	7.24 b	58.5	210.7 b	95.0	7.39	245.6 b	332.6 a	0.31	368.4 ab	72.5 ab	32.3
Ungedüngt	7.6 a	5.53	6.43	16.3	3.45 a	6.60 ab	58.2	156.2 a	85.1	8.77	256.3 ab	368.0 b	0.35	332.4 a	68.1 a	33.2
Kompostform																
Handelsdünger	15.1 c	5.94	6.38	17.3	3.90 ab	7.10	64.2	173.6 ab	91.7	7.76	242.5	341.5	0.33	351.7	69.9	34.4
Kegel	11.0 b	5.97	6.44	17.9	4.64 ab	7.06	65.4	194.8 b	97.3	7.73	253.1	339.6	0.34	381.6	75.9	33.4
Miete	10.5 b	6.32	6.52	17.8	4.78 b	6.88	62.4	198.5 b	95.4	7.58	249.6	333.2	0.34	375.9	75.2	32.3
Ungedüngt	7.6 a	5.53	6.43	16.3	3.45 a	6.60	58.2	156.2 a	85.1	8.77	256.3	368.0	0.35	332.4	68.1	33.2

Tabelle 12. Mittelwerte verschiedener Ernteparameter von Kartoffeln. Unterschiedliche Kleinbuchstaben zeigen signifikante Unterschiede zwischen den Verfahren, Wendeintensitäten oder Kompostformen (Tukey Test, $p < 0.05$). Fehlen die Buchstaben, sind die Effekte nicht signifikant verschieden.

	Gesamtertrag	Marktfähiger Ertrag	Knollengewicht	Anteil <30 mm	Anteil marktfähiger Kaliber (30-60 mm)	Vitamin C	Stärkegehalt	Rhizoctonia	Colletotrichum/Silberschorf	Schorf
	t/ha		g/Knolle	%	%	mg/kg TS	%	%	Bonitur (1-9)	
Verfahren										
Handelsdünger	20.8 c	18.6 b	35.7	18.1	89.3	236.4	10.6 ab	9.4	4.13	1.65
Kh	15.6 b	11.2 a	29.1	30.3	70.7	223.7	10.2 ab	22.1	4.25	1.83
KhS	17.5 bc	11.7 a	33.8	18.3	65.8	238.0	9.9 a	13.6	4.00	1.65
Kt	17.2 bc	12.6 ab	28.5	27.3	74.3	234.0	10.3 ab	25.8	4.50	1.87
KtS	18.3 ac	14.2 ab	32.7	23.3	77.0	233.3	10.3 ab	16.5	4.25	1.65
Mh	15.9 bc	11.5 a	27.4	28.2	70.3	231.4	10.9 b	12.3	3.75	1.70
Mt	18.3 ac	13.5 ab	32.0	23.8	74.3	230.8	10.1 ab	30.2	3.38	1.68
Mt-Pr	17.4 ab	13.0 ab	31.3	25.0	74.7	234.1	10.2 ab	16.8	2.88	1.49
Ungedüngt	14.6 ab	11.2 a	27.5	39.0	77.1	231.5	10.4 ab	23.6	3.75	1.54
Wendeintensität										
Handelsdünger	20.8 b	18.6 b	35.7 b	18.1 a	89.3	236.4	10.6	9.4	4.13	1.65
Hoch	16.4 a	11.5 a	30.1 a	25.3 ab	68.9	231.1	10.4	16.0	4.00	1.73
Tief	17.8 a	13.3 a	31.1 a	24.8 ab	75.1	233.0	10.2	22.3	3.75	1.67
Ungedüngt	14.6 a	11.2 a	27.5 a	39.0 b	77.1	231.5	10.4	23.6	3.75	1.54
Kompostform										
Handelsdünger	20.8 b	18.6 b	35.7 b	18.1 a	89.3	236.4	10.6	9.4	4.13	2.72
Kegel	17.2 a	12.4 a	31.0 a	24.6 ab	71.9	232.3	10.2	19.5	4.25	3.06
Miete	17.2 a	12.7 a	30.2 a	25.6 ab	73.1	232.1	10.4	19.8	3.33	2.64
Ungedüngt	14.6 a	11.2 a	27.5 a	39.0 b	77.1	231.5	10.4	23.6	3.75	2.36