



Hochschule Neubrandenburg  
University of Applied Sciences

Fachbereich Agrarwirtschaft und Lebensmittelwissenschaften

Fachgebiet Landtechnik

1. Gutachter: Prof. Dr. Sandra Rose

2. Gutachter: Johann Meierhöfer

## **Bachelorarbeit**

# **“Auswirkungen auf die Biomassebildung von Zwischenfrüchten beim Einsatz von Kurzscheibenegge und Bodenfräse im Stoppelsturz“**

urn:nbn:de:gbv:519-thesis 2021-0161-3

von

*Christoph Radöhl*

Stapel

Februar 2021

## Inhaltsverzeichnis

<b>Abbildungsverzeichnis .....</b>	<b>IV</b>
<b>Tabellenverzeichnis.....</b>	<b>VI</b>
<b>Verzeichnis der Abkürzungen .....</b>	<b>VII</b>
<b>1. Einleitung und Problemstellung .....</b>	<b>1</b>
1.1 Problemstellung .....	1
1.2 Zielsetzung.....	1
<b>2. Theoretische Grundlagen.....</b>	<b>2</b>
2.1 Ziele des Stoppelsturzes .....	2
2.2 Bearbeitungsgeräte für den Stoppelsturz .....	2
<b>3. Material und Methoden .....</b>	<b>3</b>
3.1 Standort und Versuchsanlage .....	3
3.2 Druschdaten.....	6
3.3 Bodenbearbeitungsgeräte .....	7
3.3.1 HE-VA Disc-Roller Contour 6,5m Kurzscheibenegge .....	7
3.3.1.1 Anschaffungskosten .....	7
3.3.1.2 Arbeitsweise .....	7
3.3.1.3 Verschleiß und Wartung .....	9
3.3.2 Celli Tiger 280P-600 Bodenfräse .....	10
3.3.2.1 Anschaffungskosten .....	10
3.3.2.2 Arbeitsweise .....	11
3.3.2.3 Verschleiß und Wartung .....	12
3.3.3 Vergleich der Arbeitsweisen .....	13
3.3.3.1 Voraussetzungen.....	13
3.3.3.2 Gewicht der Maschinen inkl. Schlepper .....	14
3.3.4 Datenerfassung .....	14
3.3.4.1 Probennahme und Laboruntersuchung .....	14
3.3.4.2 Statistische Analyse.....	15
<b>4. Ergebnisse.....</b>	<b>16</b>
4.1 Auflauf der Zwischenfrucht .....	16
4.2 Pflanzenwachstum/-länge .....	18
4.3 Nährstoffaufnahme.....	26
4.4 Biomasse .....	29
4.5 Maschinengewichte und Kraftstoffverbrauch .....	31
4.6 Arbeitstiefe und ganzflächiger Schnitt .....	32
4.7 Arbeitszeit und Flächenleistung.....	33

<b>5. Diskussion .....</b>	<b>34</b>
5.1 Nährstoffaufnahme.....	34
5.2 Biomasse .....	35
5.3 Anschaffungskosten/ Wartungskosten/ Nutzen .....	36
5.4 Diskussion zum aktuellen Stand der Literatur.....	39
<b>6. Fazit und Ausblick .....</b>	<b>40</b>
<b>7. Zusammenfassung .....</b>	<b>42</b>
<b>Literaturverzeichnis.....</b>	<b>VIII</b>
<b>Eidesstattliche Erklärung.....</b>	<b>X</b>
<b>A Anhang.....</b>	<b>XI</b>
A1 Maschinenangebot HE-VA Disc-Roller Contour 6,5m.....	XI
A2 Maschinenangebot Celli Tiger 280P-600 Bodenfräse.....	XII
A3 Auftragsformular: Blattanalyse zur Aufklärung von Vitalitätsstörungen .....	XIII
A4 Prüfberichte LUFA Nord-West.....	XV
A5 Pflanzenanalysen Labor Dr. Meyer-Spasche.....	XVIII

## Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Gänsefußschar, Quelle: Landstahl (Hrsg.), 2021 .....	3
Abbildung 2: Flügelschar, Quelle: FK-Soehnchen (Hrsg.), 2021 .....	3
Abbildung 3: Luftbild von den Versuchspartzen; Quelle: Eigene Aufnahme, 31.07.2020.....	5
Abbildung 4: Ertragsmengen in einzelnen Arealen, Druschtag: 29.07.2020; Quelle: Unternehmen Bauer Niederhoff – NEXT Farming LW Office .....	6
Abbildung 5: Arbeitsgeschwindigkeit, Arbeitstiefe und Leistungsbedarf bei der Bodenbearbeitung (KTBL 2006, ergänzt), Kurzscheibenegge markiert; Quelle: Kloepper, 2007, S. 24.....	8
Abbildung 6: Arbeitsgeschwindigkeit, Arbeitstiefe und Leistungsbedarf bei der Bodenbearbeitung (KTBL 2006, ergänzt), Bodenfräse markiert; Quelle: Kloepper, 2007, S. 24.....	11
Abbildung 7: Aufwuchs der Zwischenfrucht in mm am 09.08.2020; Quelle: Eigene Grafik, 2020 .....	16
Abbildung 8: Aufwuchs der Zwischenfrucht in mm am 16.08.2020; Quelle: Eigene Grafik, 2020 .....	17
Abbildung 9: Kamerabild von der Parzellengrenze der Versuchspartzen; Quelle: Eigene Aufnahme, 27.09.2020 .....	17
Abbildung 10: Niederschläge in mm/m <sup>2</sup> vom 31.07.2020 bis zum 28.09.2020; Quelle: Eigene Grafik, 2020.....	18
Abbildung 11: Wuchshöhen Ausfallraps in mm; Quelle: Eigene Grafik, 2020 .....	19
Abbildung 12: Wuchshöhen Sonnenblume in mm; Quelle: Eigene Grafik, 2020 .....	20
Abbildung 13: Wuchshöhen Öllein in mm; Quelle: Eigene Grafik, 2020 .....	21
Abbildung 14: Wuchshöhen Phacelia in mm; Quelle: Eigene Grafik, 2020 .....	22
Abbildung 15: Wuchshöhen Sudangras in mm; Quelle: Eigene Grafik. 2020 .....	23
Abbildung 16: Wuchshöhen Rauhafer in mm; Quelle: Eigene Grafik, 2020 .....	24
Abbildung 17: Wuchshöhen Ramtillkraut in mm; Quelle: Eigene Grafik, 2020 .....	25
Abbildung 18: Prüfbericht: Institut für Boden und Umwelt LUFA Nord-West; Quelle: LUFA Nord-West, 06.10.2020 .....	26
Abbildung 19: Prüfbericht: Nmin. der Kurzscheibeneggenparzelle; Quelle: LUFA Nord-West, 01.10.2020 .....	27
Abbildung 20: Prüfbericht: Nmin. der Bodenfräsenparzelle; Quelle: LUFA Nord-West, 01.10.2020 .....	27
Abbildung 21: Pflanzenanalysenergebnisse der Kurzscheibeneggenparzelle; Quelle: Labor Dr. Meyer-Spasche, 09.10.2020 .....	28
Abbildung 22: Pflanzenanalysenergebnisse der Bodenfräsenparzelle; Quelle: Labor Dr. Meyer-Spasche, 09.10.2020 .....	28

Abbildung 23: Ausfallraps aus der Bodenfräsenparzelle; Quelle: Eigene Aufnahme, 27.09.2020 .....	29
Abbildung 24: Trockenmasse in % von Pflanzen der Celli Bodenfräsenparzelle und der HE- VA Kurzscheibeneggenparzelle; Quelle: Eigene Grafik, 2020 .....	30
Abbildung 25: Biomassevergleich von Pflanzen der Celli Bodenfräsenparzelle und HE-VA Kurzscheibeneggenparzelle; Quelle: Eigene Grafik, 28.09.2020 .....	30
Abbildung 26: Bodenzustand nach einmaliger Überfahrt mit der HE-VA Disc-Roller Contour 6,5m; Quelle: Eigene Aufnahme, 31.07.2020 .....	31
Abbildung 27: Gleichmäßige Bodenbearbeitung auf der gesamten Arbeitsbreite; Quelle: HE- VA (Hrsg.), 2020 .....	32
Abbildung 28: Bearbeitungssohle der HE-VA Disc-Roller Contour 6,5m; Quelle: Eigene Aufnahme, 31.07.2020 .....	33
Abbildung 29: Bearbeitungssohle der Celli Tiger 280P-600 Bodenfräse; Quelle: Eigene Aufnahme, 31.07.2020 .....	33

## Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Anschaffungskosten und Verschleißteilpreise HE-VA Disc-Roller Contour 6,5m...	7
Tabelle 2: Wartungskosten HE-VA Disc-Roller Contour 6,5m.....	9
Tabelle 3: Linearer Abschreibungsplan und Restwertaufstellung der HE-VA Disc-Roller Contour 6,5m bei einem Anschaffungspreis von 53.000€ netto .....	10
Tabelle 4: Anschaffungskosten und Verschleißteilpreise Celli Tiger 280P-600 Bodenfräse..	10
Tabelle 5: Wartungskosten Celli Tiger 280P-600 Bodenfräse.....	12
Tabelle 6: Linearer Abschreibungsplan und Restwertaufstellung der Celli Tiger 280P-600 Bodenfräse bei einem Anschaffungspreis von 33.025 € netto .....	13
Tabelle 7: Gesamtkosten HE-VA Disc-Roller Contour 6,5m pro Hektar .....	37
Tabelle 8: Gesamtkosten Celli Tiger 280P-600 Bodenfräse pro Hektar .....	38

## Verzeichnis der Abkürzungen

AfA	Absetzung für Abnutzung
Akh	Arbeitskraft-Einheit pro Stunde
bzw.	beziehungsweise
Bh	Betriebsstunde
ca.	circa
cm	Zentimeter
CTF	Controlled Traffic Farming
DSV	Deutsche Saatveredelung AG
dt	Dezitonne
g	Gramm
GPS	Global Positioning System
ha	Hektar
h	Stunde
kg	Kilogramm
km	Kilometer
kW	Kilowatt
l	Liter
m	Meter
m <sup>2</sup>	Quadratmeter
min	Minute
mg	Milligramm
mm	Millimeter
MwSt.	Mehrwertsteuer
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	Ammonium
Nmin.	pflanzenverfügbare mineralisierter Stickstoff im Boden
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Nitrat
PS	Pferdestärke
S.	Seite
TS.	Trockensubstanz
u. a.	und andere
z. B.	zum Beispiel
zzgl.	zuzüglich

# 1. Einleitung und Problemstellung

## 1.1 Problemstellung

Der Ackerbau und die damit verbundene Herstellung von Futtermitteln, nachwachsenden Rohstoffen und Nahrungsmitteln sowie Rohstoffen für die Nahrungsmittelproduktion dient in erster Linie zur Versorgung der Bevölkerung mit Nahrung, Strom und Wärme. Dabei muss jedoch neben dem wirtschaftlichen Aspekt mehr Acht auf die Nachhaltigkeit in Bezug auf die natürlichen Ressourcen und den Anstieg der Weltbevölkerung gelegt werden. Arbeitsprozesse und Umwelteinwirkungen müssen überdacht und zum positivem verändert bzw. entwickelt werden. Der immer weiter voranschreitenden Digitalisierung ist es zu verdanken heutzutage mittels Satellitentechnik Probleme auf den Flächen frühzeitig zu erkennen und zu behandeln. Weiterhin lassen sich durch GPS Betriebsstoffe sowie Zeit im Ackerbau einsparen. Doch auch ohne das Voranschreiten der Digitalisierung lassen sich mit wenig Aufwand positive Ergebnisse in Bezug auf die Nachhaltigkeit erzielen.

Neben Nitratauswaschung, Bodenerosion durch Wind und Wasser, Fruchtfolgeproblemen, Veränderungen im Düngerecht bzw. der Düngeverordnung, Unkrautproblematiken und dem Umgang mit Trockenperioden werden heutzutage noch weitere Probleme im modernen Ackerbau diskutiert. Einige dieser Problematiken können in ihrer Auswirkung auf den Boden sowie die Ackerbaukulturen und ihre Umwelt mithilfe von Zwischenfrüchten verringert werden. Dabei stellt sich die Frage mit welchen Methoden sich eine Zwischenfruchtmischung am effizientesten etablieren lässt und wie wirtschaftlich dieser Anbau für einen landwirtschaftlichen Betrieb ist. Neben einem geeigneten Anbaufenster zwischen zwei Hauptkulturen sind Kriterien wie z. B. die Standortverhältnisse, die Zwischenfruchtbestandteile, das Anbausystem, die voraussichtlichen Wetterverhältnisse sowie die Düngung bzw. die Stickstoff- und Nährstoffaufnahme aus dem Boden relevant für die Etablierung eines erfolgreichen Zwischenfruchtbestandes.

## 1.2 Zielsetzung

Grundlage der vorgelegten Arbeit war ein Praxisversuch. Dieser stellt den Ablauf und das Wachstum und die damit einhergehende Biomassenentwicklung einer Zwischenfruchtmischung anhand von zwei unterschiedlichen Bearbeitungsvarianten (Kurzscheibenegge und Bodenfräse) dar. Ziel ist es zu erforschen in welcher der beiden Varianten mehr Biomasse gebildet wurde, bei welcher Variante die Zwischenfrüchte besser mit Nährstoffen versorgt wurden und auf welcher der Versuchsparzellen am wenigsten Stickstoff über die Wintermonate ausgewaschen werden kann. Des Weiteren wird in dieser Arbeit auf die Wirtschaftlichkeit der beiden Varianten eingegangen, um zu überprüfen ob, sich ein pflanzenbaulicher Mehrwert auch wirtschaftlich auszahlt.



## 2. Theoretische Grundlagen

### 2.1 Ziele des Stoppelsturzes

„Ziel der Stoppelbearbeitung ist es, unmittelbar nach der Ernte günstige Voraussetzungen für das Keimen von Ausfallgetreide und Unkrautsamen sowie eine optimale Strohverrottung zu schaffen“ (Köller & Hensel, 2019, S. 21). Es soll eine fein krümelige Bodenoberfläche und der Bruch von Kapillarität erzeugt werden, um Feinsämereien, wie z. B. Ausfallraps oder Leindotter, zum Auflaufen bzw. Keimen zu bringen und diese nicht zu vergraben (ebd., S. 21). Bei dieser vorgenommen Stoppelbearbeitung und einer etwas längeren Anbaupause zur nächsten Hauptkultur handelt es sich um einen optimalen Anbauzeitpunkt von Zwischenfrüchten, da hierbei die Fruchtfolge sehr vielseitig gestaltet wird und Monokulturen und Selbstfolgen vermieden werden (Lütke Entrup, 2001, S. 10).

Vor den verschiedenen Bodenbearbeitungsvarianten muss hinsichtlich der auf dem Feld verbliebenen und verteilten organischen Masse unterschieden werden. Diese Strohdüngung ist „heute in vielen Betrieben als selbstverständliche Maßnahme zur Erhaltung einer ausgeglichenen Humusbilanz des Bodens“ (Köller & Hensel, 2019, S. 21) zu erachten.

### 2.2 Bearbeitungsgeräte für den Stoppelsturz

Für den Stoppelsturz und die „Stroheinarbeitung werden überwiegend Grubber [...], vereinzelt auch Doppel-Scheibeneggen oder zapfwellengetriebene Geräte“ (Köller & Hensel, 2019, S. 24) eingesetzt. Während mit dem Pflug der Boden und die darauf enthaltenen Ernterückstände gewendet werden und somit auch durch „das Vergraben von Unkraut und Ausfallgetreide“ (ebd., S. 28) ein „reiner Tisch“ erzeugt werden soll, wird mit anderen Bodenbearbeitungsgeräten möglichst flach durchmischt bzw. konservierend gearbeitet.

Die Grubber hingegen sind je nach Hersteller meist zwei- bis fünfbalckig und verfügen über verschiedene Schare und Leitbleche, welche je nach Bearbeitungsziel anders aussehen. „Ultraflach: Das ist der Trend der letzten Jahre. Beim ersten Stoppelsturz will man den Boden in 2 bis 5 cm flach abhobeln [...] Gänsefußschare und speziell dafür konstruierte, auch neue Flügelscharkonzepte arbeiten in dieser Tiefe.“ (Höner, 2020) Dies hat zur Folge, dass der Boden über weitere Strecken durchmischt wird und somit Stroh, sowie Erntereste, optimal

eingearbeitet werden und Ausfallgetreide gleichmäßig auflaufen bzw. keimen kann (Köller & Hensel, 2019, S. 21).



Abbildung 1: Gänsefußschar; Quelle: Landstahl (Hrsg.), 2021



Abbildung 2: Flügelschar; Quelle: FK-Soehnchen (Hrsg.), 2021

Scheibeneggen und Kurzscheibeneggen unterscheiden sich nur anhand ihrer Scheibenanordnung. Während die Scheibenanordnung einer Kurzscheibenegge direkt hintereinander erfolgt sind die Scheiben der klassischen Scheibenegge oftmals größer und im V- oder im X-Muster zueinander gestellt. Für eine optimale Einmischung benötigen diese Maschinen Arbeitsgeschwindigkeiten zwischen 8 und 12 km/h, wodurch eine hohe Flächenleistung zu realisieren ist. (Köller & Hensel, 2019, S. 23 ff.)

Fräsen, Zinkenrotoren und Kreiseleggen sind zapfwellengetriebene Anbaugeräte und werden heutzutage nur noch selten in der Stoppelbearbeitung eingesetzt, da mit ihnen und durch ihre Arbeitsweise keine hohe Flächenleistung zu erwarten ist. Weiterhin erzielen diese Maschinen durch ihre Vielzahl an Arbeitswerkzeugen zwar oftmals ein sehr gutes Arbeitsergebnis, jedoch ist auch ein höherer Bedarf an Maschinenwartung, insbesondere der Verschleißteilwechsel, nötig. „Bei einem Motorleistungsbedarf von etwa 14-50 kW (19-68 PS) je Meter Arbeitsbreite“ (Kloepfer, 2007, S. 24) erreichen sie „eine Flächenleistung von etwa 0,4 ha/h je Meter Arbeitsbreite.“ (Köller & Hensel, 2019, S. 26)

### 3. Material und Methoden

#### 3.1 Standort und Versuchsanlage

Nach der Wende im Frühjahr 1990 begann Klaus Niederhoff den landwirtschaftlichen Betrieb Bauer Niederhoff wiedereinzurichten. Neben eigenen Flächen pachtet er von der Treuhand und von privaten Landeigentümern mehr als 200 zusätzliche Hektar und integriert diese in den Marktfruchtbetrieb. Die Betriebsstelle mit Büroräumen und Lagermöglichkeiten liegt auf zwölf Metern über Normalnull in 19273 Stapel, Hauptstraße 31. Die durchschnittlichen

Jahresniederschläge betragen ca. 630 mm/m<sup>2</sup>, wobei in den Jahren 2016 ca. 480 mm/m<sup>2</sup>, 2017 ca. 940 mm/m<sup>2</sup>, 2018 ca. 370 mm/m<sup>2</sup> und 2019 ca. 495 mm/m<sup>2</sup> Niederschlag zu verzeichnen waren. Weiterhin verfügt der Betrieb über einen zweiten Standort, welcher sich etwas außerhalb des Dorfes Stapel befindet. Dort ist eine Mehrzweckhalle, weitere Lagerstellen und der Maschinenpark stationiert. In direkter Nähe des Standortes befindet sich die 12,9816 ha große Ackerfläche mit den Versuchspartzellen auf zehn Metern über Normalnull. Diese Fläche besitzt im GPS-System die Koordinaten: 53°15'26.2"N 10°56'46,2"O. Die typische Fruchtfolge der Fläche lautet: Winter-Gerste, Winter-Raps, Winter-Weizen. Die Versuchspartzellen sind 0,8739 ha und 0,8169 ha groß und im Bodenbewertungssystem mit 68 Bodenpunkten angegeben. Die Bodenart zeichnet sich durch ihr toniges Lehmgefüge aus und ist somit ein typischer Elbmarschschlag.

Bevor auf dieser Fläche ein Versuch angelegt werden konnte, wurde der Winterraps auf der Fläche am 29. Juli 2020 mithilfe eines John Deere T 550 Mähdreschers mit einer Arbeitsbreite von 6 Metern im Hochschnitt gedroschen. Die im Durchschnitt 50 bis 60 cm langen Rapsstoppeln, welche größtenteils einen 1 bis 4 cm Durchmesser aufwiesen, wurden im nächsten Bearbeitungsschritt am 30. Juli 2020 mithilfe eines John Deere 7530P mit einem Kuhn BPR 305 Frontmulchers und einem Sauerburger Carat 2500 Seitenmulchers auf eine Höhe von ca. 7 cm gestutzt. Diese Maßnahme sollte eine Dichtlagerung der Maschinen in den nächsten Arbeitsgängen verhindern. Ebenfalls sollen dadurch die Erntereste aufgefasert werden, damit sich keine Schädlinge bzw. Krankheiten einnisten konnten und eine Verrottung besser geschehen konnte.

Am 31. Juli 2020 wurde die Parzelle für die Kurzscheibenegge angelegt. Dafür wurde ein John Deere 7530P und eine HE-VA Disc-Roller Contour mit 6 m Arbeitsbreite verwendet. Die Kurzscheibenegge wurde auf eine Arbeitstiefe von 4 cm eingestellt, wodurch die Fläche einmal angekratzt wurde.

Nur wenige Minuten später wurde mithilfe eines John Deere 6140R und einem Amazone-Jet Pneumatik Streuers 30 kg/ha der Zwischenfruchtmischung TerraLife AquaPro ohne Buchweizen von der DSV auf die Versuchspartzellen aufgebracht. Die Zwischenfruchtmischung zeichnet sich durch ihre sieben Komponenten (12 % Öllein, 20 % Sudangras, 8 % Phacelia, 7 % Sonnenblume, 35 % Rauhafer, 14 % Ramtillkraut und 4 % Färberdistel) sowie „die Trockenheitstoleranz, die gute Stickstoffspeicherung, ein breites Aussaatfenster aus“ (Deutsche Saatveredelung AG (Hrsg.), 2020). Es wurde bei der Auswahl der Zwischenfrüchte gezielt auf eine Saatgutmischung mit Sommerzwischenfrüchten geachtet. „Sommerzwischenfrüchte, die nach dem Ernten im Juli/ August angebaut werden, sind leistungsfähiger und produzieren mehr Biomasse, ihre Durchwurzelung ist stärker, da sie über

viel mehr Licht, Wärme und im Herbst auch Wasser für ihr Wachstum verfügen“ (Thomas, Archambeaud, & Arsène, 2018, S. 87).

„Man muss einen Kompromiss zwischen einfacher, schneller, kostengünstiger und qualitativ hoch leistungsfähigen Aussaatmethode finden“ (ebd., S.91). „Diese Aussaatmethode ist die schnellste und günstigste, da die Samen ohne jegliche Vorarbeit auf den Boden abgelegt werden“ (ebd., S. 94).

Nach dem Ausbringen der Zwischenfrüchte wurden die zuvor schon mit der Kurzscheibenegge bearbeitete Parzelle (siehe Abbildung 3) erneut mit dieser in entgegengesetzter Arbeitsrichtung bearbeitet, um eine aggressive Einmischung der Erntereste sowie der Zwischenfrüchte, auf 4 cm zu gewährleisten. Durch das im Betrieb Bauer Niederhoff angewandte Regelspurfahrssystem mittels GPS ist diese Bearbeitung sehr präzise und für den Maschinenführer eine wesentliche Erleichterung (Landerl, 2009, S. 24).

Die weitere Parzelle (siehe Abbildung 3) wurde im Anschluss mithilfe desselben John Deere 7530P und einer Celli Tiger 280P-600 Bodenfräse mit einer Arbeitsbreite von 5,6 m bearbeitet. Dafür wurde die Fräse auf ca. 4 cm Tiefe eingestellt und die Parzellen lediglich in einem Bearbeitungsgang befahren.

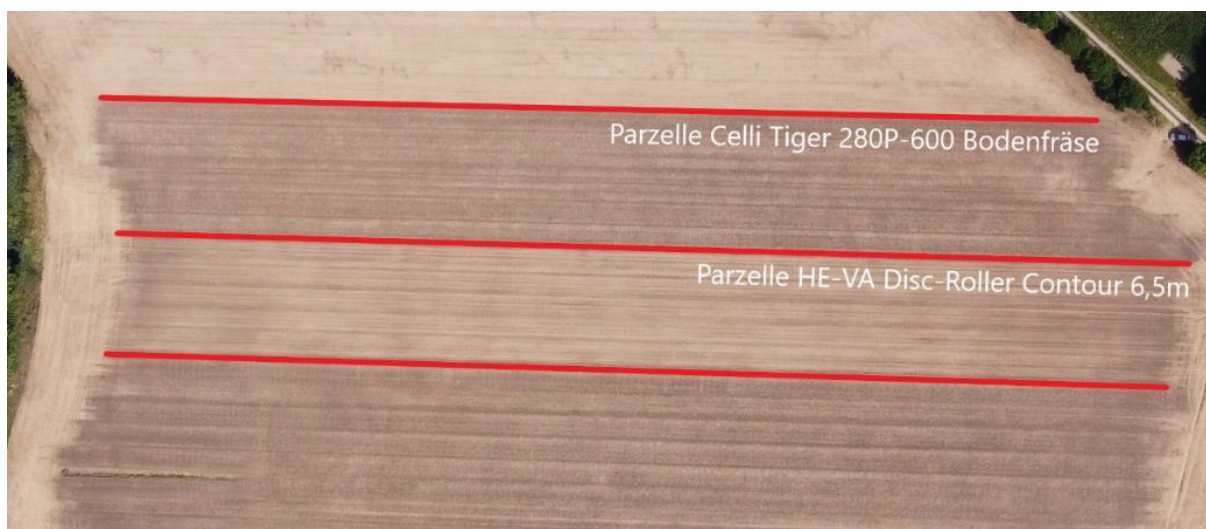


Abbildung 3: Luftbild von den Versuchspartzen; Quelle: Eigene Aufnahme, 31.07.2020



### 3.2 Druschdaten

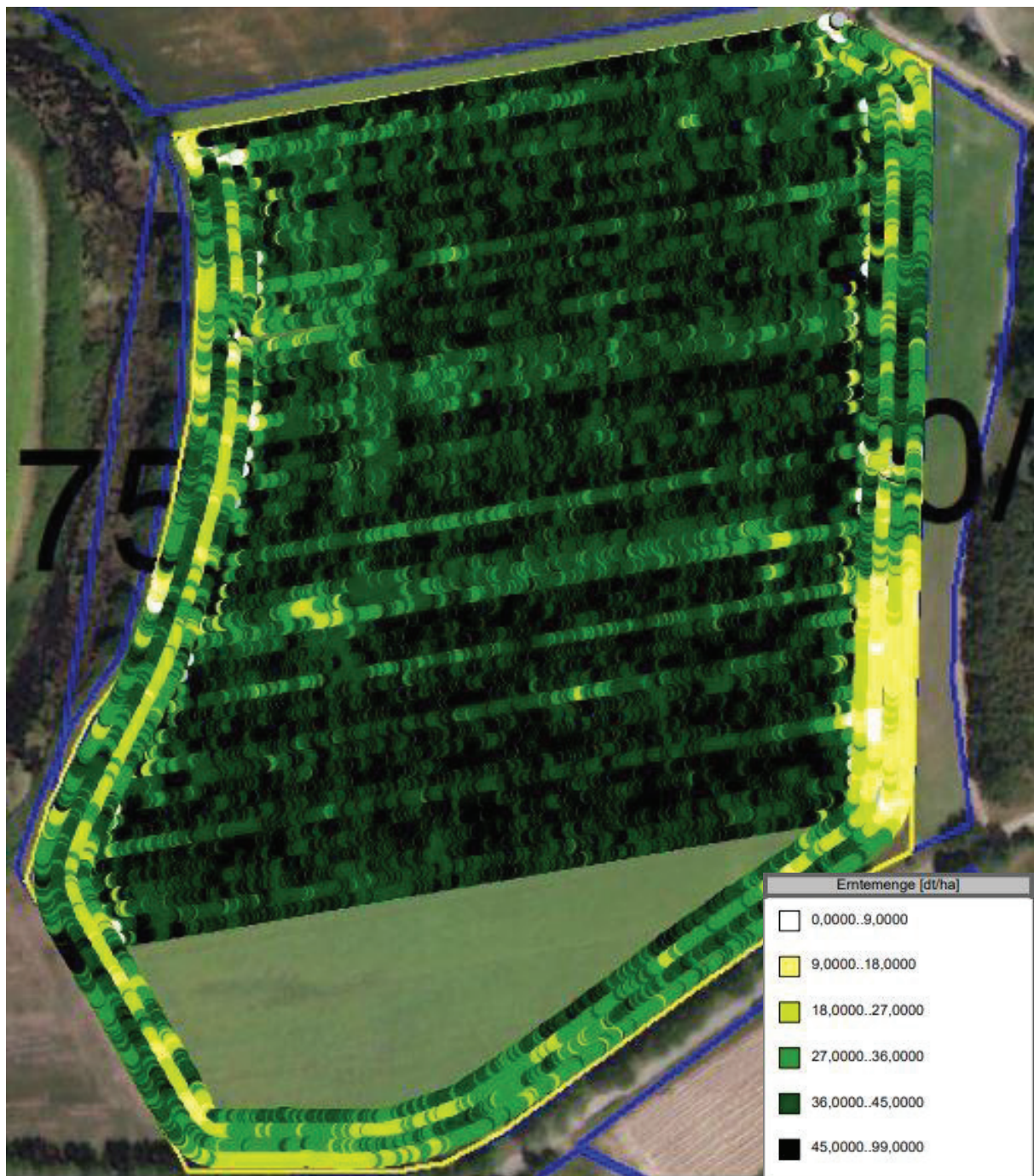


Abbildung 4: Ertragsmengen in einzelnen Arealen, Druschtag: 29.07.2020; Quelle: Unternehmen Bauer Niederhoff – NEXT Farming LW Office

Die Fläche wurde am 29. Juli 2020 mit einem Durchschnittsertrag von 40,41 dt/ha Raps gedroschen, wobei die Erntemenge der einzelnen Areale in Abbildung 4 zu sehen sind. Zur Versuchsanlage wurden zwei nebeneinander liegende Parzellen am oberen Rand des Schlags festgelegt, um ein möglichst homogenes Versuchsergebnis zu erzielen (Parzelleneinteilung siehe Abbildung 3).

### 3.3 Bodenbearbeitungsgeräte

In dieser Arbeit wird eine Kurzscheibenegge der Firma HE-VA und eine Bodenfräse der Firma Celli verglichen, welche im Folgenden anhand ihrer Anschaffungskosten, Arbeitsweise sowie Verschleiß und Wartung vorgestellt werden. Beide Maschinen wurden mit einer Nutzungsdauer von zwölf Jahren entsprechend der öffentlichen AfA-Tabelle für den Wirtschaftszweig „Landwirtschaft und Tierzucht“ (Bundesfinanzministerium (Hrsg.), 2021) berechnet.

#### 3.3.1 HE-VA Disc-Roller Contour 6,5m Kurzscheibenegge

Die HE-VA Disc-Roller Contour ist eine klassische Kurzscheibenegge, welche sich durch ihre vorne liegenden Stützräder, ihr Eigengewicht und spezielle Zusatzextras auszeichnet. Durch ihre schwere V-Profilwalze und das dadurch erhöhte Eigengewicht ist sie sehr gut an Marschstandorte angepasst und sorgt somit für eine optimale Rückverfestigung des Bodens.

##### 3.3.1.1 Anschaffungskosten

Tabelle 1: Anschaffungskosten und Verschleißteilpreise HE-VA Disc-Roller Contour 6,5m

<b>Anschaffungskosten:</b>		
	<u>Listenpreis:</u>	62.441 € zzgl. Fracht & MwSt.
	<u>Marktpreis:</u>	53.000 € zzgl. Fracht & MwSt.
<b>Kosten Verschleißteile:</b>		
	<u>Sabre-Disc 510x4mm:</u>	47 €/Stück zzgl. MwSt.
	<u>Austauschlager:</u>	82 €/Stück zzgl. MwSt.

Die im Betrieb Bauer Niederhoff vorhandene HE-VA Disc-Roller Contour 6,5m Kurzscheibenegge mit den dazugehörigen Extras (siehe Anhang 1) besitzt einen Listenpreis von 62.441 € und einen Marktpreis von 53.000 € zuzüglich Fracht und Mehrwertsteuer (siehe Tabelle 1).

Im Folgenden wird für diese Maschine der Marktpreis von 53.000 € angenommen. Des Weiteren wurden bei dem Angebot von Herrn Heinemann (siehe Anhang 1) weitere Preise für die üblichen Verschleißteile dieser Maschine eingeholt.

##### 3.3.1.2 Arbeitsweise

Kurzscheibeneggen wurden aus den ursprünglichen Scheibeneggen entwickelt. Durch ihre oftmals kleineren Scheibenelemente und die andere Anordnung dieser ist eine flachere Bearbeitungstiefe möglich, wodurch jedoch das Einsatzfeld nicht so vielseitig ist (Köller & Hensel, 2019, S. 23 ff.). „Kurzscheibeneggen [...] werden in den letzten Jahren verstärkt zur Stoppelbearbeitung eingesetzt. Sie sind gut für eine flache Bearbeitung bei hohen Arbeits-

geschwindigkeiten geeignet“ (Kloepfer, 2007, S. 18). Für diese optimale Arbeitsweise sind je nach Bodengefüge ca. „10 bis 30 kW pro Meter Arbeitsbreite“ (ebd., S. 24) notwendig. Die im Feldversuch verwendete Kurzscheibenegge zeichnet sich durch eine Arbeitsbreite von sechs Metern aus und müsste je nach Bodengefüge von einem Schlepper mit 60 bis 180 kW Nennleistung gezogen werden. „Der Scheibendurchmesser liegt zwischen ca. 40 und 60 cm bei einem Scheibenabstand von ca. 25 cm. In der Regel sind zwei Balken mit Scheiben im Abstand von 60-100 cm mit einer Packerwalze zur Rückverfestigung des Bodens kombiniert“ (ebd., S. 18).

Die Kurzscheibeneggen zeichnen sich ebenfalls durch ihre aggressiven Anstellwinkel der Schneidscheiben aus (HE-VA (Hrsg.), 2020). Hierbei schneidet sich die erste Reihe der Scheibenelemente in den Boden und die zweite Reihe entgegengesetzt, wodurch bei einer hohen Fahrgeschwindigkeit selbst grobklutige Böden auch mithilfe der nachfolgenden Walze eingeebnet werden können (ebd.).

Arbeitsgerät	Arbeitsge- schwindigkeit km/h	Arbeits- tiefe cm	Bodenbearbeitungswiderstand		
			niedrig	mittel	hoch
			Leistungsbedarf [kW/m Arbeitsbreite]		
Grundbodenbearbeitung					
Pflug	5–9	20–30	18–30	27–55	50–110
Zweischichtenpflug	6–10	20–30	–	25–40	–
Dammkulturgerät					
Aufhäufeln	6–8	10–15	–	–	–
Grubber	5–7	15–25	10–23	18–42	32–73
Stoppelbearbeitung					
Scheibenegge	7–9	7–10	4–9	8–18	17–37
Kurzscheibenegge	7–15	7–12	–	10–30	–
Schälppflug	7–15	10–15	12–25	20–38	40–75
Ringschneide	8–20	3–10	–	7–26	–
Bodenfräse	5–7	7–11	14–21	19–33	32–50
Kreiselegge	5–7	7–11	10–17	15–27	26–44
Zinkenrotor	4,5–7	7–11	8–15	12–25	23–43
Dammkulturgerät					
Nachhäufeln	8–11	10–15	–	–	–
Stoppelbearbeitung	7–12	10–15	–	–	–

– = keine Messungen vorhanden oder Einsatz nicht praktikabel

Abbildung 5: Arbeitsgeschwindigkeit, Arbeitstiefe und Leistungsbedarf bei der Bodenbearbeitung (KTBL 2006, ergänzt), Kurzscheibenegge markiert; Quelle: Kloepfer, 2007, S. 24

Anhand der in Abbildung 5 dargestellten Arbeitsgeschwindigkeit, Arbeitstiefe und Leistungsbedarf bei der Bodenbearbeitung kann errechnet werden, wie hoch der Bodenbearbeitungswiderstand in kW/m Arbeitsbreite ist, wobei diese Maßeinheiten im Folgendem in PS/m Arbeitsbreite bzw. auf die Gesamtarbeitsbreite der Maschine bezogen werden (siehe Kapitel 3.3.3.1).



### 3.3.1.3 Verschleiß und Wartung

Die im Betrieb Bauer Niederhoff vorhandene HE-VA Disc-Roller Contour 6,5m wird vor der Benutzung täglich an den wesentlichen Schmierpunkten abgeschmiert und gewartet. Dieser Vorgang dauert ca. 20 Min. und wird hauptsächlich für eine längere und wartungsärmere Nutzungsdauer der Maschine durchgeführt. Durch eine regelmäßige Kontrolle der Maschine lassen sich schon frühzeitig Probleme bzw. ein größerer Wartungsbedarf einschätzen. Der Verschleiß der 510 mm Sabre-Disc-Scheiben beläuft sich unter den betrieblichen Gegebenheiten auf eine Gesamtleistung von ca. 1800 ha Bearbeitungsfläche. Die Lager dieser Scheiben, welche wartungsfrei sind, müssen bei einem Service, welcher ca. alle vier Jahre vorgesehen ist, gewechselt werden. Somit wird auf eine Nutzungsdauer von zwölf Jahren im folgendem mit zwei kompletten Verschleißintervallen der Sabre-Disc-Scheiben und der Lager gerechnet.

Die entsprechenden Lager kosten 82 € zzgl. MwSt. pro Stück und die Scheiben 47 € zzgl. MwSt. pro Stück. Die HE-VA Disc-Roller Contour besitzt insgesamt 46 Scheibenelemente, welche ca. zwei Arbeitstage benötigen, um getauscht zu werden. Die Kosten für einen kompletten Austausch aller Sabre-Disc-Scheiben belaufen sich auf 2.162 € zzgl. MwSt., sowie für die Lager von 3.772 € zzgl. MwSt. Bei angenommenen Arbeitskosten von 25 € pro Stunde (Arbeitskraft und Maschineneinsatz) und 16 Arbeitsstunden beläuft sich dieser Maschinenservice auf Kosten von 6.334 € zzgl. MwSt.

Tabelle 2: Wartungskosten HE-VA Disc-Roller Contour 6,5m

Kosten Austauschlager zzgl. MwSt.	Kosten Scheiben zzgl. MwSt.	x46	Arbeitszeit	Servicekosten	Gesamtkosten	jährliche Kosten
82 €	47 €	5.934 €	16h	6.334 €	12.668 €	1.055,67 €

Somit werden bei einer Nutzungsdauer von zwölf Jahren jährliche Instandhaltungskosten von 1.055,67 € zzgl. MwSt. für die HE-VA Disc-Roller Contour 6,5m angenommen. Die voraussichtlichen Kosten belaufen sich auf insgesamt 65.668 € zzgl. MwSt. und abzüglich des Restwertes.

Bei einer Gesamtnutzung von ca. 5.400 Hektar über zwölf Jahre ergeben sich Kosten von 12,16 €/ha, wobei noch Schlepper-, Dieselkosten, Abschreibung und sonstige Reparaturen berücksichtigt werden müssen.

Die Abschreibung ist in dieser Beispielrechnung mit zwölf Jahren angesetzt, wobei sie sich zu anderen Betrieben, je nach Investitionsvolumen und Nutzungsdauer, unterscheiden könnte. In Tabelle 3 wurde ein linearer Abschreibungsplan erstellt und der jährliche Restwert ermittelt,



wobei der Zins für die Anschaffung aufgrund von starken Zinsschwankungen vernachlässigt wurde.

Tabelle 3: Linearer Abschreibungsplan und Restwertaufstellung der HE-VA Disc-Roller Contour 6,5m bei einem Anschaffungspreis von 53.000€ netto

Jahr:	1	2	3	4	5	6
<b>Abschreibung:</b>	4.416,67 €	4.416,67 €	4.416,67 €	4.416,67 €	4.416,67 €	4.416,67 €
<b>Restwert:</b>	48.583,33 €	44.166,66 €	39.749,99 €	35.333,32 €	30.916,65 €	26.499,98 €
Jahr:	7	8	9	10	11	12
<b>Abschreibung:</b>	4.416,67 €	4.416,67 €	4.416,67 €	4.416,67 €	4.416,67 €	4.415,63 €
<b>Restwert:</b>	22.083,31 €	17.666,64 €	13.249,97 €	8.833,30 €	4.416,63 €	1,00 €

Am Ende der Nutzungsdauer wird der Restwert der Maschine mit 1 € in der Bilanz angegeben und die jährlichen Kosten müssen aufgrund der erhöhten Abnutzung angehoben werden.

### 3.3.2 Celli Tiger 280P-600 Bodenfräse

Die Celli Bodenfräse wird mit vorne liegenden Stützrädern geliefert, welche mithilfe der Oberlenkereinstellung die Arbeitstiefe der Maschine bestimmen. Diese Bodenfräse arbeitet im Gegensatz zu herkömmlichen Acker- bzw. Beetfräsen in einer optimalen Arbeitstiefe von 1 bis 5 cm. Das Arbeitsergebnis lässt sich durch Änderungen der Zapfwellendrehzahl und Vorfahrtgeschwindigkeit leicht verändern.

#### 3.3.2.1 Anschaffungskosten

Tabelle 4: Anschaffungskosten und Verschleißteilpreise Celli Tiger 280P-600 Bodenfräse

<b>Anschaffungskosten:</b>		
	<u>Marktpreis:</u>	33.025 € zzgl. Fracht & MwSt.
<b>Kosten Verschleißteile:</b>		
	<u>Winkelmesser 10 mm:</u>	6,50 €/Stück zzgl. MwSt.

Die im Betrieb Bauer Niederhoff vorhandene Celli Tiger 280P-600 Bodenfräse mit den dazugehörigen Extras (siehe Anhang 2) besitzt einen Marktpreis von 33.0025 € zzgl. Fracht und Mehrwertsteuer (siehe Tabelle 4).

Bei dieser Maschine wird vom Werk ein zusätzlicher Satz Winkelmesser im Wert von 897 € zzgl. Mehrwertsteuer mitgeliefert (siehe Anhang 2). Ein Winkelmesser kostet 6,50 € zzgl. MwSt., jedoch ist bei dieser Maschine eine relativ gleichmäßige Abnutzung der Winkelmesser vorhanden, sodass selten ein einzelnes Winkelmesser ersetzt werden muss.

### 3.3.2.2 Arbeitsweise

„Bei der Fräse [...] sind die Bearbeitungswerkzeuge auf einer horizontalen, quer zur Fahrtrichtung angeordneten Welle angebracht, die über die Zapfwelle angetrieben wird. Die Bearbeitungswerkzeuge sind Sichel- oder Winkelmesser“ (Kloepfer, 2007, S. 21).

Die Firma Celli setzt bei ihren Bodenfräsen auf Winkelmesser, wobei „der Zerkleinerungs- und Mischeffekt einer Fräse [...] durch das Verhältnis zwischen Vorfahrt- und Werkzeuggeschwindigkeit [bestimmt wird]. Je kleiner das Verhältnis, umso intensiver der Arbeitseffekt, [...] die sogenannte „Bissenlänge“, d. h. die Größe eines von einem Fräsmesser aus dem festen Boden herausgeschnittenen „Bissen“ bestimmen“ (Köller & Hensel, 2019, S. 26). Je kleiner die „Bissen“ bzw. die „Bissenlänge“, um so feiner werden die Bodenaggregate nach einer Fräsüberfahrt (ebd.).

Nach jedem „Bissen“ befindet sich die Erde im Rotor der Fräse und wird bei optimaler Werkzeuggeschwindigkeit sofort wieder hinten ausgeworfen. Bei zu hoher und nicht angepasster Werkzeug- sowie Vorfahrtgeschwindigkeit dauert der Vorgang des Erdauswurfes länger und somit befindet sich die Erde mehrere Umdrehungen im Rotor. Dies macht sich durch einen höheren Kraftstoffverbrauch und eine höhere kW-Auslastung des Schleppers bemerkbar. Ebenfalls entsteht durch mehrere „Bissen“ auf einer Stelle im Boden eine Schmierschicht, anhand welcher es zu Beeinträchtigungen der nächsten Kultur kommen kann.

Arbeitsgerät	Arbeitsge- schwindigkeit km/h	Arbeits- tiefe cm	Bodenbearbeitungswiderstand		
			niedrig	mittel	hoch
Leistungsbedarf [kW/m Arbeitsbreite]					
Grundbodenbearbeitung					
Pflug	5–9	20–30	18–30	27–55	50–110
Zweischichtenpflug	6–10	20–30	–	25–40	–
Dammkulturgerät					
Aufhäufeln	6–8	10–15	–	–	–
Grubber	5–7	15–25	10–23	18–42	32–73
Stoppelbearbeitung					
Scheibenegge	7–9	7–10	4–9	8–18	17–37
Kurzscheibenegge	7–15	7–12	–	10–30	–
Schälplflug	7–15	10–15	12–25	20–38	40–75
Ringschneide	8–20	3–10	–	7–26	–
Bodenfräse	5–7	7–11	14–21	19–33	32–50
Kreiselegge	5–7	7–11	10–17	15–27	26–44
Zinkenrotor	4,5–7	7–11	8–15	12–25	23–43
Dammkulturgerät					
Nachhäufeln	8–11	10–15	–	–	–
Stoppelbearbeitung	7–12	10–15	–	–	–

– = keine Messungen vorhanden oder Einsatz nicht praktikabel

Abbildung 6: Arbeitsgeschwindigkeit, Arbeitstiefe und Leistungsbedarf bei der Bodenbearbeitung (KTBL 2006, ergänzt), Bodenfräse markiert; Quelle: Kloepfer, 2007, S. 24

Bei zu niedriger und nicht angepasster Werkzeug- sowie Vorfahrtgeschwindigkeit arbeitet die Fräse nicht ganzflächig, was sich anhand des grobklotigen und nicht gleichmäßigen Arbeitsergebnisses erkennen lässt. Der Kraftbedarf eines erforderlichen Schleppers lässt sich auf „14 bis 50 kW /m Arbeitsbreite“ (Kloepfer, 2007, S. 24) festlegen. Bei einer Arbeitsbreite von 5,6 m benötigt der Schlepper je nach Bodenverhältnissen ca. 78,4 bis 280 kW-Nennleistung.

Anhand der Abbildung 6 sind die Arbeitsgeschwindigkeit, Arbeitstiefe und Leistungsbedarf in kW/m Arbeitsbreite kenntlich gemacht, wobei diese Maßeinheiten im folgendem in PS/m Arbeitsbreite bzw. auf die Gesamtarbeitsbreite der Maschine bezogen werden (siehe Kapitel 3.3.3.1).

### 3.3.2.3 Verschleiß und Wartung

Die im Betrieb Bauer Niederhoff vorhandene Celli Tiger 280P-600 Bodenfräse wird beim Einsatz täglich an allen Schmierstellen abgeschmiert, wobei dieser Vorgang ca. 10 Min. in Anspruch nimmt. Der direkte Verschleiß der Winkelmesser der Bodenfräse beläuft sich unter betrieblichen Gegebenheiten auf ca. 850 ha Arbeitsfläche und somit müssen die Winkelmesser alle zwei Nutzungsjahre erneuert werden. Bei einer Nutzungsdauer von zwölf Jahren wird somit im Folgenden mit 5 Messerwechseln als Service gerechnet, wobei die 897 € zzgl. MwSt. bei den beim Kauf mitgeliefertem Satz Winkelmesser für den ersten Service entfallen. Insgesamt müssen 69 links-winklige und 69 rechts-winklige Messer getauscht werden, wobei ein Winkelmesser 6,50 € zzgl. MwSt. kostet. Ein kompletter Austausch dieser Messer wird mit einem Arbeitstag und mit 25 € pro Arbeitsstunde (Arbeitskraft und Maschineneinsatz) veranschlagt. Bei angenommenen Arbeitskosten von 25 € pro Stunde und 8 Arbeitsstunden sowie dem Materialeinsatz in Höhe von 897 € zzgl. MwSt. beläuft sich der Maschinenservice auf Kosten in Höhe von 1.097 € zzgl. MwSt.

Tabelle 5: Wartungskosten Celli Tiger 280P-600 Bodenfräse

<b>Kosten Winkelmesser zzgl. MwSt.</b>	<b>x138</b>	<b>Arbeitszeit</b>	<b>Servicekosten</b>	<b>Gesamtkosten</b>	<b>jährliche Kosten</b>
6,50 €	897 €	8h	1.097 €	4.588 €	382,33 €

Durch den schon mitgelieferten Winkelmessersatz beim Kauf der Maschine muss beim ersten Tausch der Winkelmesser nur die Arbeitszeit berücksichtigt werden und somit werden bei zwölfjähriger Nutzung jährliche Instandhaltungskosten von 382,33 € für die Celli Tiger 280P-600 Bodenfräse angenommen. Weiterhin sollte bei jedem kompletten Messerwechsel ein Ölwechsel vorgenommen werden damit die Maschine langlebig bleibt. Bei einer angenommenen Nutzung von zwölf Jahren belaufen sich die voraussichtlichen Kosten auf 37.613 € zzgl. MwSt. abzüglich des Restwertes.

Somit ergeben sich bei einer Gesamtnutzung von 5.100 Hektar über zwölf Jahre Kosten in Höhe von 7,38 €/ha, wobei noch Schlepper-, Dieselskosten, Abschreibung, weitere Reparaturen und Arbeitslohn für eine echte Investition in eine Maschine berücksichtigt werden müssen.

Die Abschreibung wird in dieser Beispielrechnung mit zwölf Jahren angenommen, wobei sie sich zu anderen Betrieben, je nach Investitionsvolumen und Nutzungsdauer, unterscheiden könnte. In der Tabelle 6 wurde ein linearer Abschreibungsplan erstellt und der jährliche Restwert ermittelt, wobei der Zins für die Anschaffung aufgrund von starken Zinsschwankungen vernachlässigt wurde.

Tabelle 6: Linearer Abschreibungsplan und Restwertaufstellung der Celli Tiger 280P-600 Bodenfräse bei einem Anschaffungspreis von 33.025 € netto

<b>Jahr:</b>	1	2	3	4	5	6
<b>Abschreibung:</b>	2.752,08 €	2.752,08 €	2.752,08 €	2.752,08 €	2.752,08 €	2.752,08 €
<b>Restwert:</b>	30.272,92 €	27.520,84 €	24.768,76 €	22.016,68 €	19.264,60 €	16.512,52 €
<b>Jahr:</b>	7	8	9	10	11	12
<b>Abschreibung:</b>	2.752,08 €	2.752,08 €	2.752,08 €	2.752,08 €	2.752,08 €	2.751,12 €
<b>Restwert:</b>	13.760,44 €	11.008,36 €	8.256,28 €	5.504,20 €	2.752,12 €	1,00 €

Am Ende der Nutzungsdauer wird der Restwert der Maschine mit 1 € in der Bilanz angegeben und die jährlichen Kosten müssen aufgrund der erhöhten Abnutzung erhöht werden.

### 3.3.3 Vergleich der Arbeitsweisen

Für einen Vergleich der Arbeitsweisen wurden beide Maschinen möglichst gleichen Bedingungen und Voraussetzungen ausgesetzt, wodurch im folgendem auf die Voraussetzungen und die Gewichte der jeweiligen Maschinen eingegangen wird.

#### 3.3.3.1 Voraussetzungen

Um mit der HE-VA Disc-Roller Contour 6,5m eine Fläche mit der Arbeitsbreite von 6 m optimal bearbeitet werden kann, wird je nach Bodentyp eine Zugmaschine mit ca. 81,5 bis 245 PS benötigt (10 bis 30 kW Leistungsbedarf je Meter Arbeitsbreite) (Kloepfer, 2007, S. 24). Ebenfalls muss diese Zugmaschine penibel ausballastiert sein, um nicht zu viel Schlupf bzw. zu viel Bodendruck auszuüben. Weiterhin benötigt die Zugmaschine für die HE-VA Disc-Roller Contour vier hydraulische Steuerkreise: einen Steuerkreis für die Klappung, einen für das Fahrwerk, einen für die Tiefeneinstellung/-führung und einen Steuerkreis für das Spring-Board. Eine stabile Verbindung mit der Zugmaschine wird mithilfe einer K80 Kugelkuppelung geschaffen, wodurch ein sehr gutes Kurvenfahrverhalten geschaffen wird. Bei dieser Verbindungsart muss jedoch auf die Höhenstellung der Unterlenker an der Zugmaschine geachtet werden, um diese beim Umkehren bzw. bei Kurvenfahrten nicht zu beschädigen.

Die Celli Tiger 280P-600 Bodenfräse hingegen wird mithilfe einer Dreipunktanhängung der Kategorie 3 mit der Zugmaschine verbunden, wodurch ein erhöhtes Schleppergewicht für eine richtige Ausbalancierung und Achsbelastung notwendig ist. Dies kann auch durch eine höhere Belastung der Vorderachse mit einem Frontgewicht erreicht werden. Hierfür benötigt die Zugmaschine sehr stabile Unterlenker, welche in der Höhe leicht pendeln können, um kleinere Unebenheiten überwinden zu können. Ebenfalls wird ein hydraulischer Oberlenker benötigt, womit die Arbeitstiefe während der Fahrt sehr genau eingestellt werden kann. Je nach Bodentyp wird vor der Celli Tiger 280P-600 Bodenfräse eine Zugmaschine mit ca. 106 bis 380 PS benötigt (14 bis 50 kW Leistungsbedarf je Meter Arbeitsbreite) (Kloepfer, 2007, S. 24). Diese Zugmaschine muss mit einer 1000er Umdrehungszapfwelle ausgestattet sein, um die Bodenfräse mit ca. 830 Umdrehungen pro Minute anzutreiben. Ebenfalls benötigt diese Zugmaschine drei hydraulische Steuerkreise, wobei ein Steuerkreis für die Klappung, einer für die Auswurfklappen und ein Steuerkreis für den Oberlenker benötigt wird. Des Weiteren muss die Zugmaschine je nach Bodenfeuchte bzw. Bodentyp meistens mit Allrad während der Bodenbearbeitung bewegt werden, damit die Celli Bodenfräse diese Zugmaschine nicht vorwärts schiebt und ein optimales Arbeitsergebnis erzielt wird.

Auch auf leicht unebenen bzw. kupierten Flächen erzeugt die HE-VA Kurzscheibenegge bei einer optimalen Geräteeinstellung ein gutes sowie ebenes Arbeitsergebnis, während die Celli Bodenfräse aufgrund der speziellen Klappung eine ebene Fläche und kaum kupiertes Gelände voraussetzt, um ein perfektes Arbeitsergebnis zu erzeugen.

### 3.3.3.2 Gewicht der Maschinen inkl. Schlepper

Die Zugmaschine der beiden Bodenbearbeitungsgeräte (John Deere 7530 P) besitzt ein Eigengewicht von 7.730 kg. Weiterhin ist dieser Ackerschlepper bei beiden Bodenbearbeitungsmaschinen mit einem 1.210 kg schweren Frontgewicht ausgerüstet. Die Kurzscheibenegge besitzt ein Eigengewicht von 5.420 kg, wobei dies von einem einachsigen Fahrgestell und der Zugmaschine getragen wird und sich auf eine Arbeitsbreite von 6 m verteilt. Die Celli 280P-600 Bodenfräse hingegen hat ein Eigengewicht von 4.270 kg, welches sich auf eine Arbeitsbreite von 5,6 m verteilt. Weiterhin wird diese Maschine nur mit einer Dreipunkt-Anhängerankupplung der Kategorie 3 ohne eigenes Fahrgestell produziert.

### 3.3.4 Datenerfassung

Die Datenerfassung des Versuchs wurde anhand von Laboruntersuchungen und eigenen Bonituren auf den Versuchsflächen erhoben.

#### 3.3.4.1 Probennahme und Laboruntersuchung

Die Probennahme wurde sowohl bei den Pflanzenanalysen als auch bei den Bodenbeprobungen anhand des W-Musters (Christophel, 2020) durchgeführt. Hierbei wurden die



Parzellen systematisch beprobt, damit ein Leuchtturmprinzip ausgeschlossen werden konnte. Ebenfalls befanden sich auf den Versuchsparzellen keine ehemaligen Lagerplätze noch Vorgewende oder Auffüllungen.

Die Bodenproben wurden in der Tiefe 0 bis 30 cm gezogen und an das Institut für Boden und Umwelt der LUFA Nord-West in Hameln gesandt. Dort wurden die Bodenproben auf den verfügbaren Gehalt an mineralisierten Stickstoff (Nmin.), den pH-Wert, den Phosphorgehalt, den Kaliumgehalt und den Magnesiumgehalt untersucht.

Die Biomasse wurde auf einem zufällig ausgewählten Quadratmeter der jeweiligen Versuchsparzelle so bodennah wie möglich geschnitten und zur Hochschule Neubrandenburg gesandt, an der diese Proben getrocknet und gewogen wurden.

Die Pflanzenanalysen wurden, wie die Bodenproben, anhand des W-Musters (Christophel, 2020) gesammelt. Für eine genaue Untersuchung waren 300 bis 500 g (Meyer-Spasche, 2017, S. 2) frische Pflanzenmasse nötig. Diese wurde zum Speziallabor für Pflanzenernährung von Dr. Meyer-Spasche nach Gerdau gesandt. Dort wurden die Pflanzen auf ihren aktuellen Gesamtgehalt an Stickstoff, Phosphor, Kalium, Calcium, Magnesium und Schwefel, sowie den Gewichtsanteil an Bor, Kupfer, Mangan, Zink, Eisen, Natrium und Aluminium untersucht.

#### 3.3.4.2 Statistische Analyse

Der Versuch wurde am 31. Juli 2020 als „On-Farm-Experiment“ angelegt. Hierbei wurden methodische Mindestanforderungen wie Wiederholungen, Gleichbehandlungen und Randomisierung nicht betrachtet bzw. beachtet. Für eine einheitliche Versuchsbetrachtung wurden dennoch möglichst gleichmäßige Parzellen, welche sich nur durch sehr geringe Bodenunterschiede und keine Bewirtschaftungsunterschiede in den letzten Jahren auszeichnen, angelegt.

Über die Gesamtvegetation von 59 Tagen wurden 8 Bonituren vorgenommen. Die erste Bonitur erfolgte am 09. August 2020 neun Tage nach der Versuchsanlage, die letzte am 27. September 2020 einen Tag vor dem Versuchsende. Eine solche Bonitur wurde immer im wöchentlichen Rhythmus anhand von fünf Einzelpflanzen jeder Zwischenfruchtkomponente von jeder Parzelle durchgeführt. Niederschläge wurden direkt bzw. nach wenigen Stunden notiert. Durch eine flache Bearbeitung sind neben den sieben Einzelkomponenten (12 % Öllein, 8 % Phacelia, 7 % Sonnenblume, 20 % Sudangras, 35 % Rauhafer, 14 % Ramtillkraut, 4 % Färberdistel) der Zwischenfruchtmischung von der Deutschen Saatveredelung AG auch Rapskörner aufgelaufen, welche später zu einem wesentlichen Bestandteil der Zwischenfrucht wurden.

Anhand von Box-and-Whisker-Plots wurden die Wachstumsergebnisse in Zusammenhang mit dem Median, den Quartilen, dem kleinsten und größten Wert sowie der Spannweite und dem Quartilsabstand zusammengefügt. Weiterhin wurde bei diesem Versuch und durch die beiden unterschiedlichen Bearbeitungsmethoden eine einfache Varianzanalyse durchgeführt. Diese Varianzanalyse zeichnet sich durch ihre Untersuchungen anhand des Einflusses einer unabhängigen Variablen auf mehrere (in diesem Versuch zwei) Gruppen aus. Aus dieser Analyse geht der Fisher-Test (F-Test) hervor, welcher die Fehlervarianzen der einzelnen Varianten zueinander darstellt. Wenn bei diesem vorgenommenen Test die Prüfgröße F größer als der kritische F-Wert ist, so gilt ein Ergebnis als signifikant (Sachs, 1993, S. 73 ff.). In dieser Arbeit wurden die durchschnittlichen oberirdischen Pflanzenlängen eines Messzeitpunktes in den beiden Varianten miteinander verglichen.

## 4. Ergebnisse

### 4.1 Auflauf der Zwischenfrucht

Bei der Versuchsanlage am 31. Juli 2020 betrug die Niederschlagsmenge der vorherigen sechs Tage 0 mm/m<sup>2</sup>. Bei der ersten Bonitur am 09. August 2020 zeichneten sich der aufgelaufene Ausfallraps auf der Celli Bodenfräsparzelle durch eine Durchschnittslänge von 21,6 mm und bei der HE-VA Kurzscheibeneggenparzelle durch eine Durchschnittslänge von 8,4 mm aus. Weiterhin fanden sich auf der Celli Bodenfräsparzelle Sonnenblumenkeimlinge mit einer Durchschnittslänge von 24,4 mm.

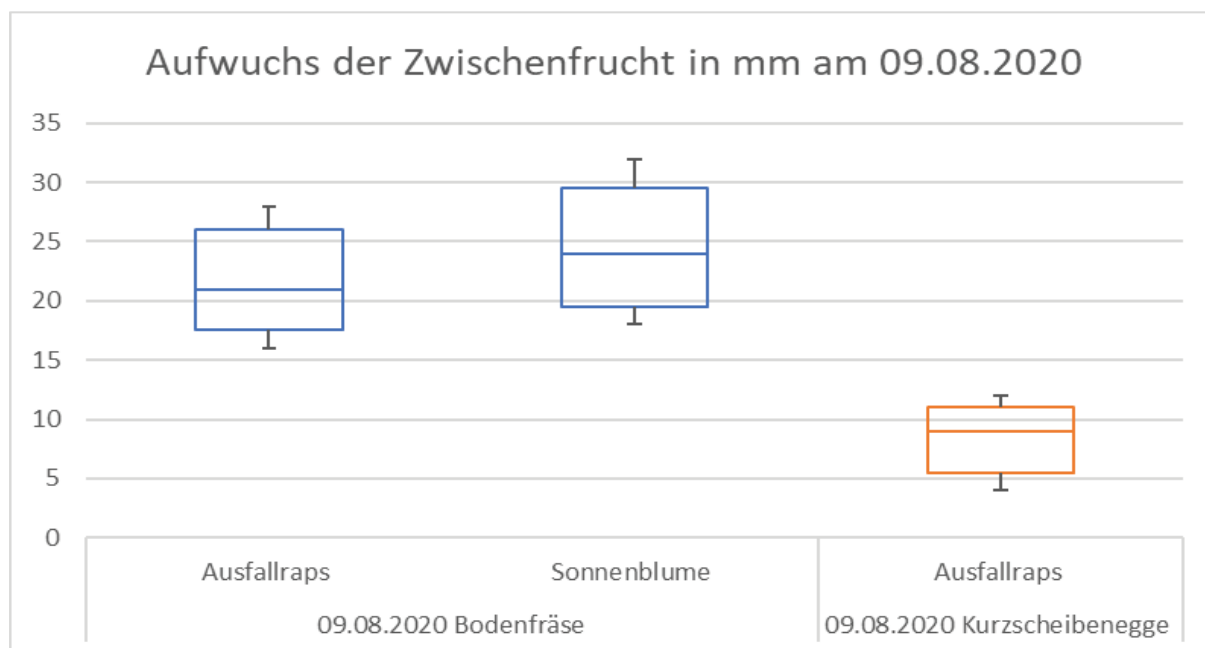


Abbildung 7: Aufwuchs der Zwischenfrucht in mm am 09.08.2020; Quelle: Eigene Grafik, 2020

Bei der zweiten Bonitur am 16. August 2020 waren alle Komponenten der Zwischenfrucht, bis auf die Färberdistel, auf beiden Parzellen aufgelaufen (siehe Abbildung 8).

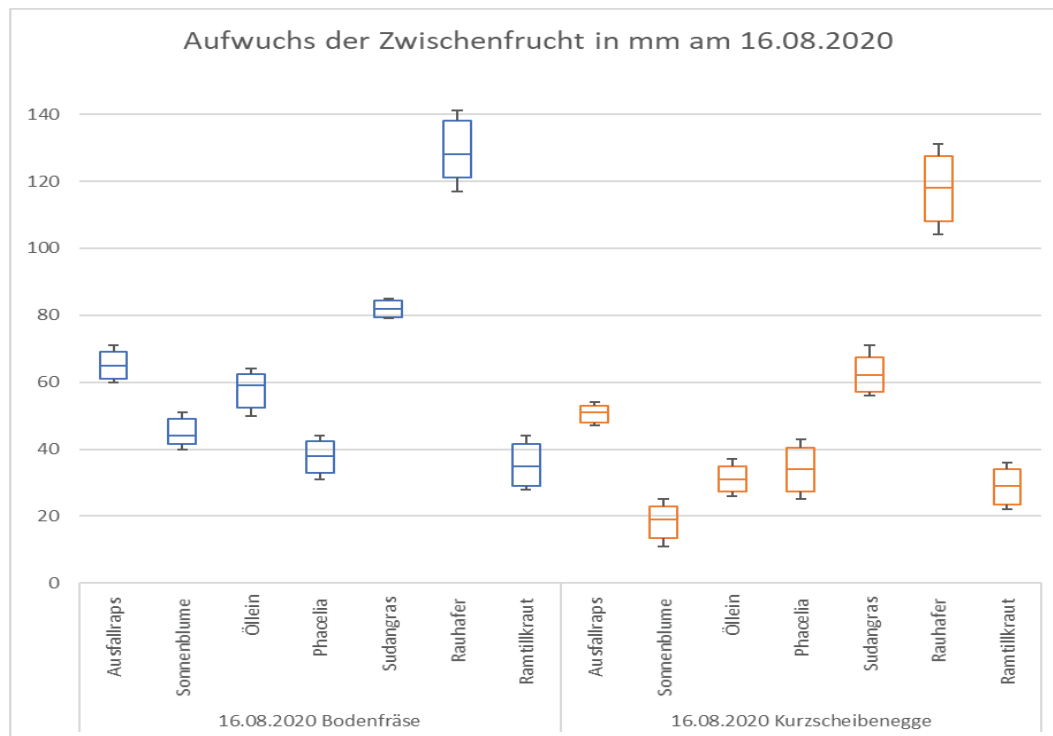


Abbildung 8: Aufwuchs der Zwischenfrucht in mm am 16.08.2020; Quelle: Eigene Grafik, 2020

Zum Ende des Versuchs ließen sich die Wachstums- und Vitalitätsunterschiede anhand von Bildaufnahmen etwas verdeutlichen. Hierbei ließ sich im hinteren Teil der Abbildung 9 erkennen, dass die Pflanzen auf der Celli Bodenfräsenparzelle neben ihrem gleichmäßigeren Aufwuchs eine wesentlich frischere Grünfärbung als auf der HE-VA Disc-Roller Kurzscheibeneggenparzelle hatten.

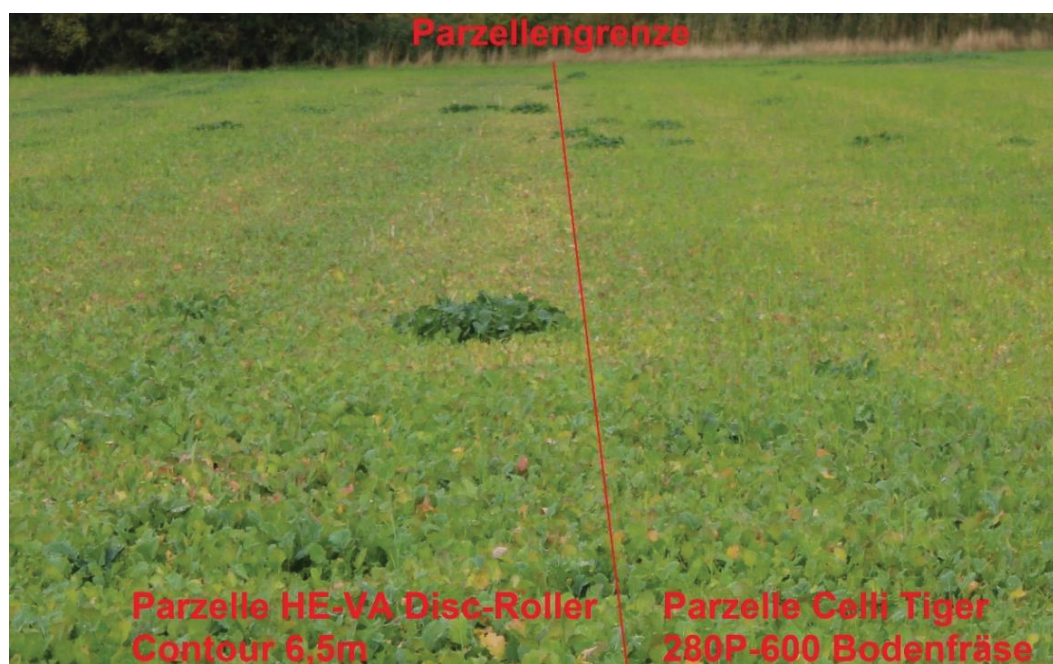


Abbildung 9: Kamerabild von der Parzellengrenze der Versuchspartzen; Quelle: Eigene Aufnahme, 27.09.2020



## 4.2 Pflanzenwachstum/-länge

Im Folgenden können anhand der aufgezeigten Diagramme die durchschnittlichen Pflanzenlängen abgelesen werden, wobei genau zu erkennen ist, dass jede Einzelkomponente der Zwischenfruchtmischung ein eigenes spezielles Wachstum zeigt. Weiterhin müssen die klimatischen Bedingungen bzw. die Anpassung jeder Pflanze beachtet werden. Eine Betrachtung der Niederschlagsmengen ist somit unabsehbar. Der Standortdurchschnitt liegt bei ca. 630 mm/m<sup>2</sup> pro Jahr, wobei sich die Niederschläge in den letzten Jahren immer ungleichmäßiger verteilt haben. In der Vegetationsperiode vom 31. Juli 2020 bis zum 28. September 2020 wurden Gesamtniederschläge von 106 mm/m<sup>2</sup> direkt am Versuchsstandort gemessen.

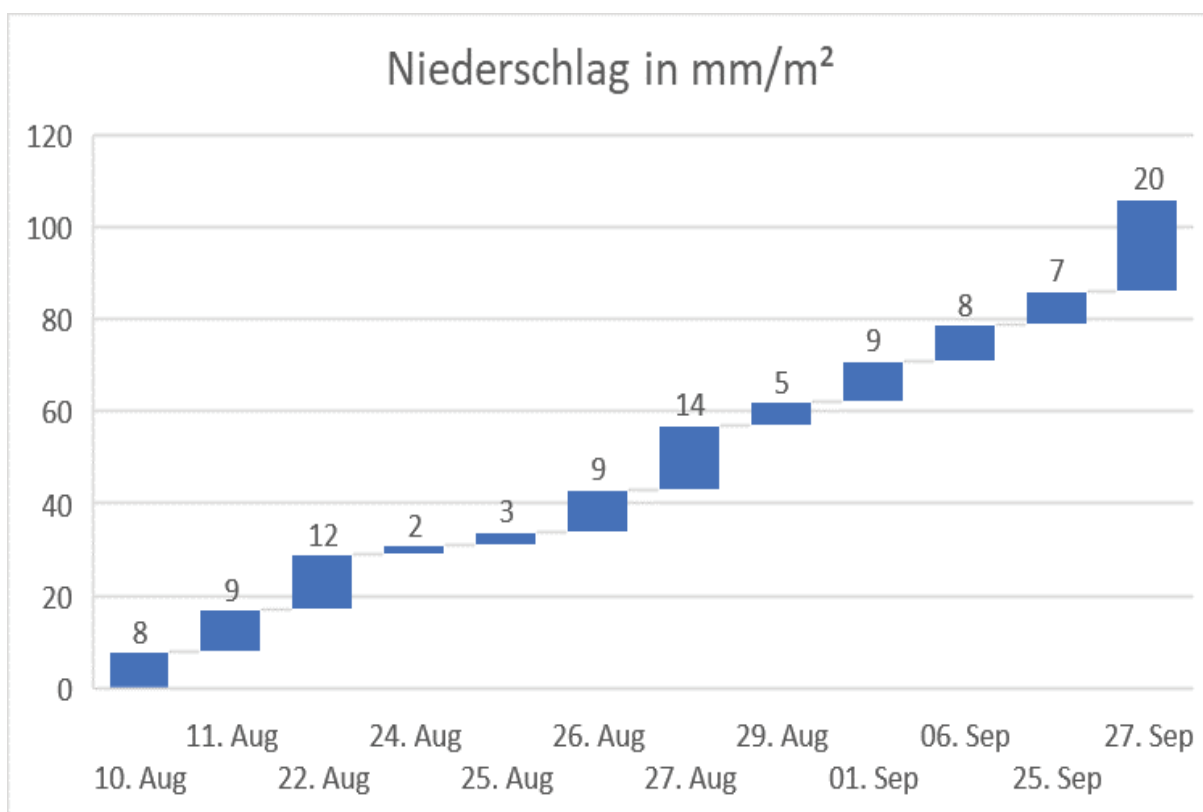


Abbildung 10: Niederschläge in mm/m<sup>2</sup> vom 31.07.2020 bis zum 28.09.2020; Quelle: Eigene Grafik, 2020

Der erste Niederschlag ereignete sich 10 Tage nach Versuchsanlage am 10. August 2020 mit 8 mm/m<sup>2</sup>. Im August 2020 lag der Gesamtniederschlag bei 62 mm/m<sup>2</sup> und im September bei 44 mm/m<sup>2</sup>, wobei die letzten 27 mm/m<sup>2</sup> Niederschlag vom 25. und 27. September 2020 möglicherweise nicht vollkommen pflanzenverfügbar waren

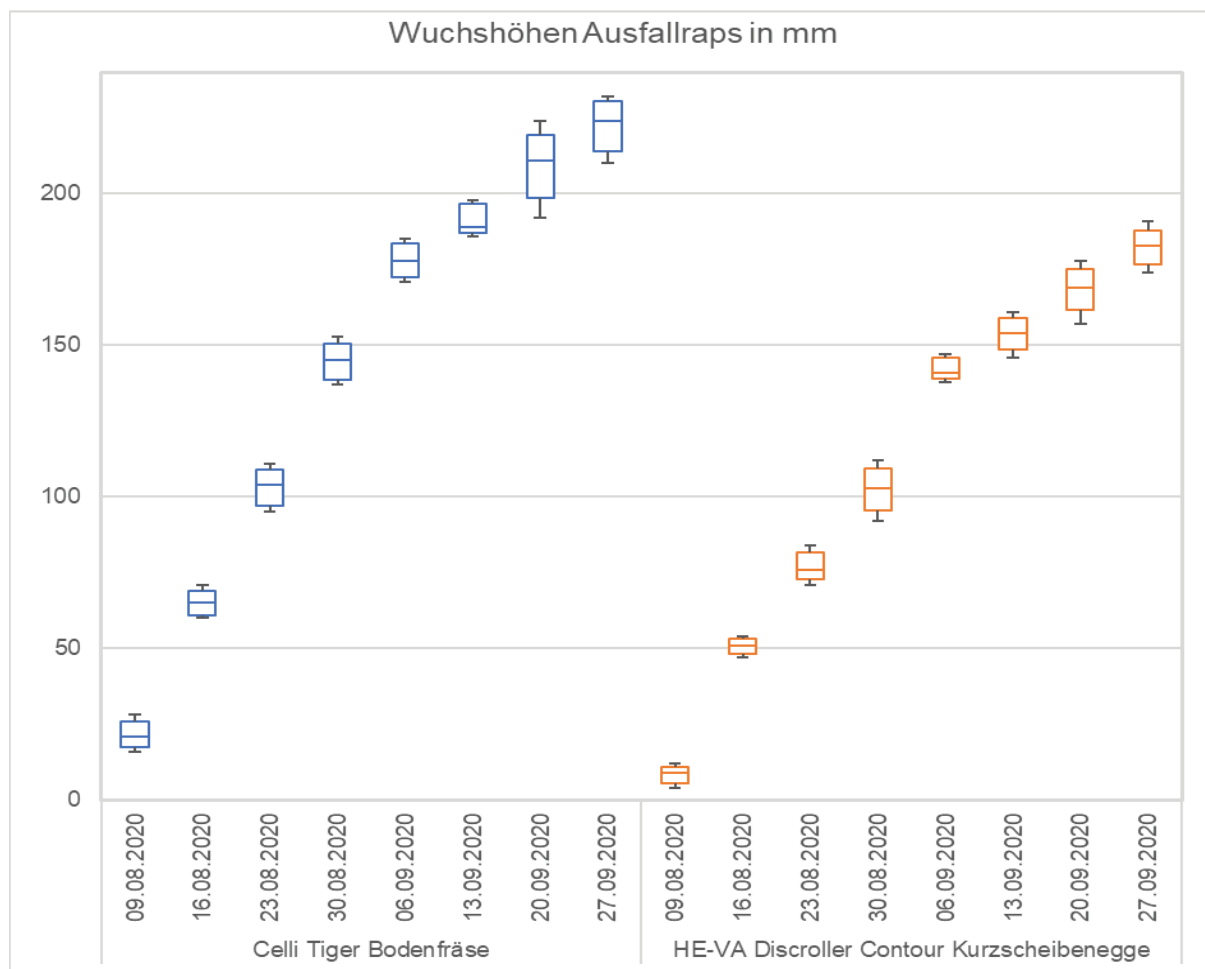


Abbildung 11: Wuchshöhen Ausfallraps in mm; Quelle: Eigene Grafik, 2020

Die Bonitur des Ausfallrapses (siehe Abbildung 11) zeigt deutlich, dass zum Anfang der Vegetation ein sehr schnelles Längenwachstum vorhanden war. Zwar bei der Celli Bodenfräse stärker ausgeprägt als bei der HE-VA Kurzscheibenegge, jedoch lässt sich in beiden Wachstumskurven ein ähnlicher Trend erkennen. Zum Versuchsende unterscheiden sich beide Parzellen durch ihre Gesamtlängen von durchschnittlich 222,6 mm bzw. 182,4 mm mit einem durchschnittlichem Wachstums-längenunterschied von 40,2 mm. Weiterhin waren an einigen Einzelpflanzen Fräßschäden, welche vermutlich durch Schnecken hervorgerufen wurden, sowie eine violette Färbung der Blätter zu erkennen.

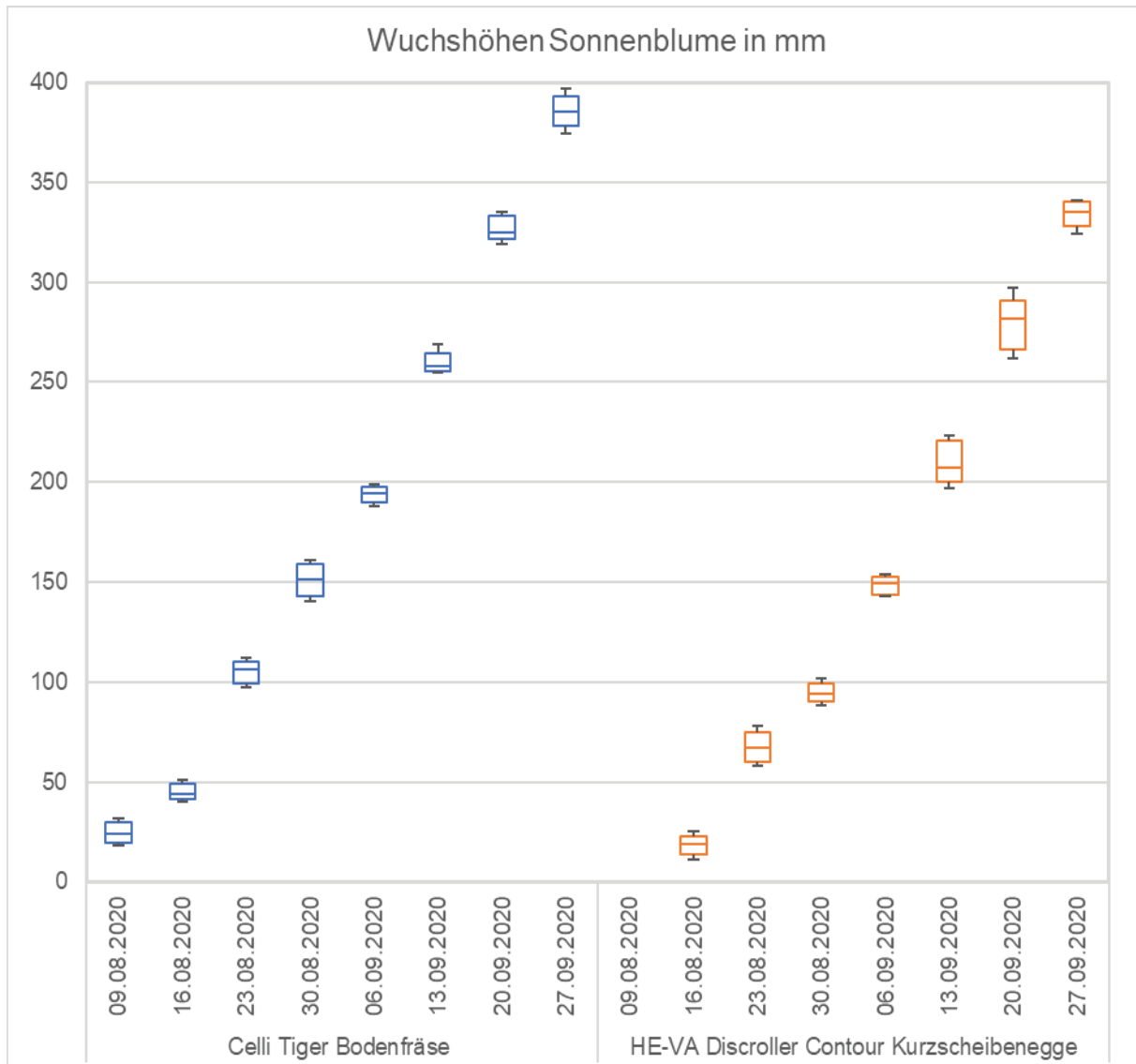


Abbildung 12: Wuchshöhen Sonnenblume in mm; Quelle Eigene Grafik, 2020

Bei der Wuchshöhenbonitur der Sonnenblume (siehe Abbildung 12) hingegen macht sich die spätere Keimung der Sonnenblume auf der HE-VA Kurzscheibeneggenparzelle bemerkbar. Hierbei lässt sich eine Wachstumsverzögerung von ca. ein bis zwei Wochen anhand des Box-Whisker-Plot erkennen, welche sich auf die Gesamtlänge der Sonnenblume auswirkt. Die Sonnenblumen auf der Celli Bodenfräsenparzelle weisen zum Versuchsende eine Durchschnittslänge von 385,4 mm und auf der HE-VA Kurzscheibenegge eine Durchschnittslänge von 334,2 mm vor, wodurch sich ein Wachstums-längenunterschied von 51,2 mm verzeichnen lässt.

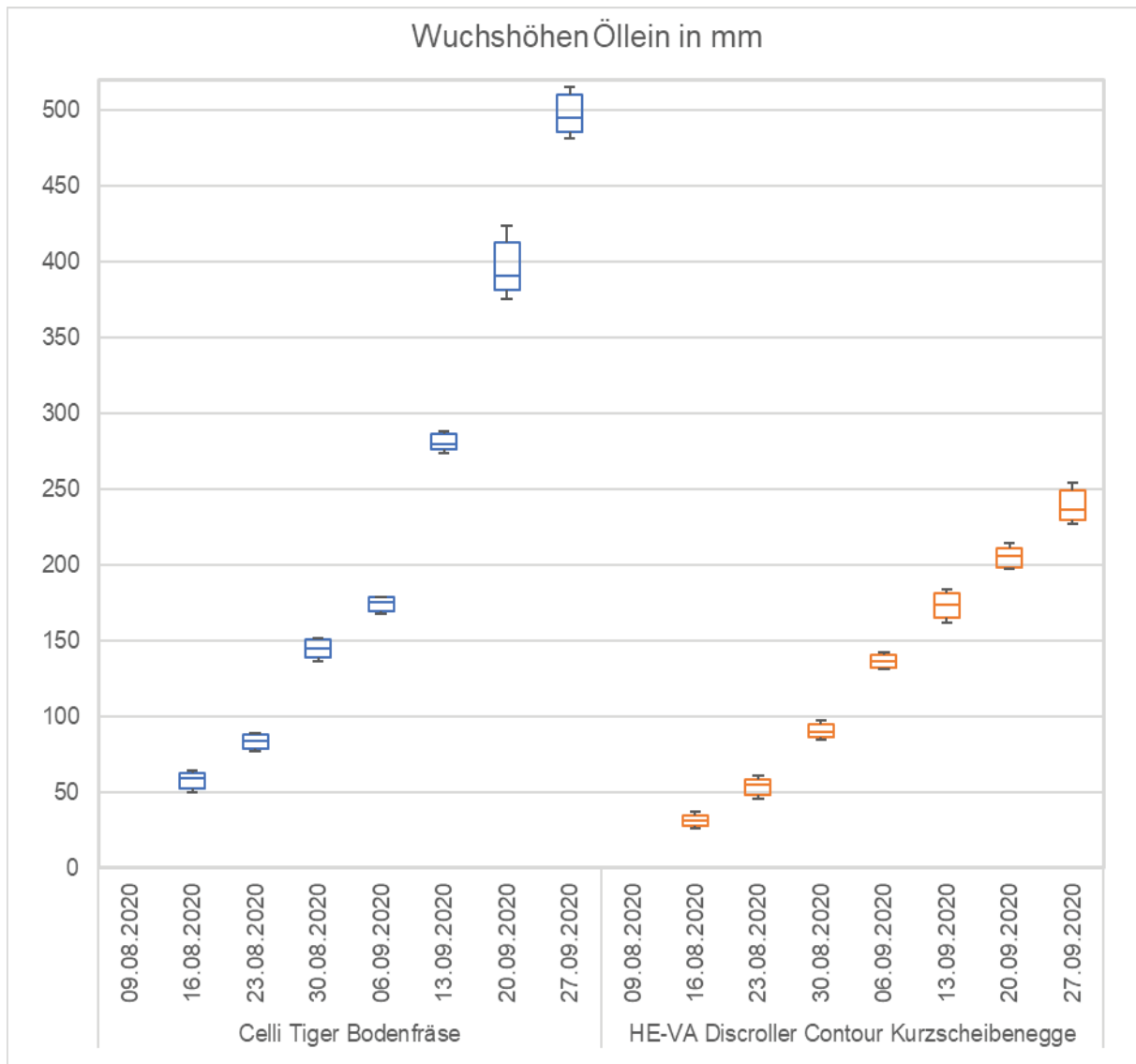


Abbildung 13: Wuchshöhen Öllein in mm; Quelle: Eigene Grafik, 2020

Der Öllein (siehe Abbildung 13) macht sich in beiden Versuchspartzen zum Anfang seiner Vegetationsperiode durch sein gleichmäßiges Wachstum bemerkbar. Ab dem 13. September 2020 verzeichnet der Öllein in der Celli Bodenfräseparzelle ein exponentielles Wachstum, obwohl ab diesem Datum keine wesentlichen Niederschläge fielen. Weiterhin begann die Blüte des Ölleins auf der Celli Bodenfräseparzelle am 20. September 2020, während auf der HE-VA Kurzscheibeneggenparzelle im beobachteten Zeitraum keine Blüte eintrat. Ebenfalls war der Öllein im Versuch die Pflanze mit der höchsten Durchschnittslänge am Versuchsende. Während auf der HE-VA Kurzscheibeneggenparzelle eine Durchschnittslänge von 238,8 mm gemessen wurde war die Durchschnittslänge auf der Celli Bodenfräseparzelle mit 497,4 mm mehr als doppelt so hoch.

Ebenfalls ist der Öllein auf der Celli Bodenfräseparzelle im Vergleich zur Sonnenblume im Durchschnitt am Versuchsende 112 mm länger, während der Öllein auf der HE-VA Kurzscheibeneggenparzelle im Durchschnitt 95,4 mm kürzer ist.

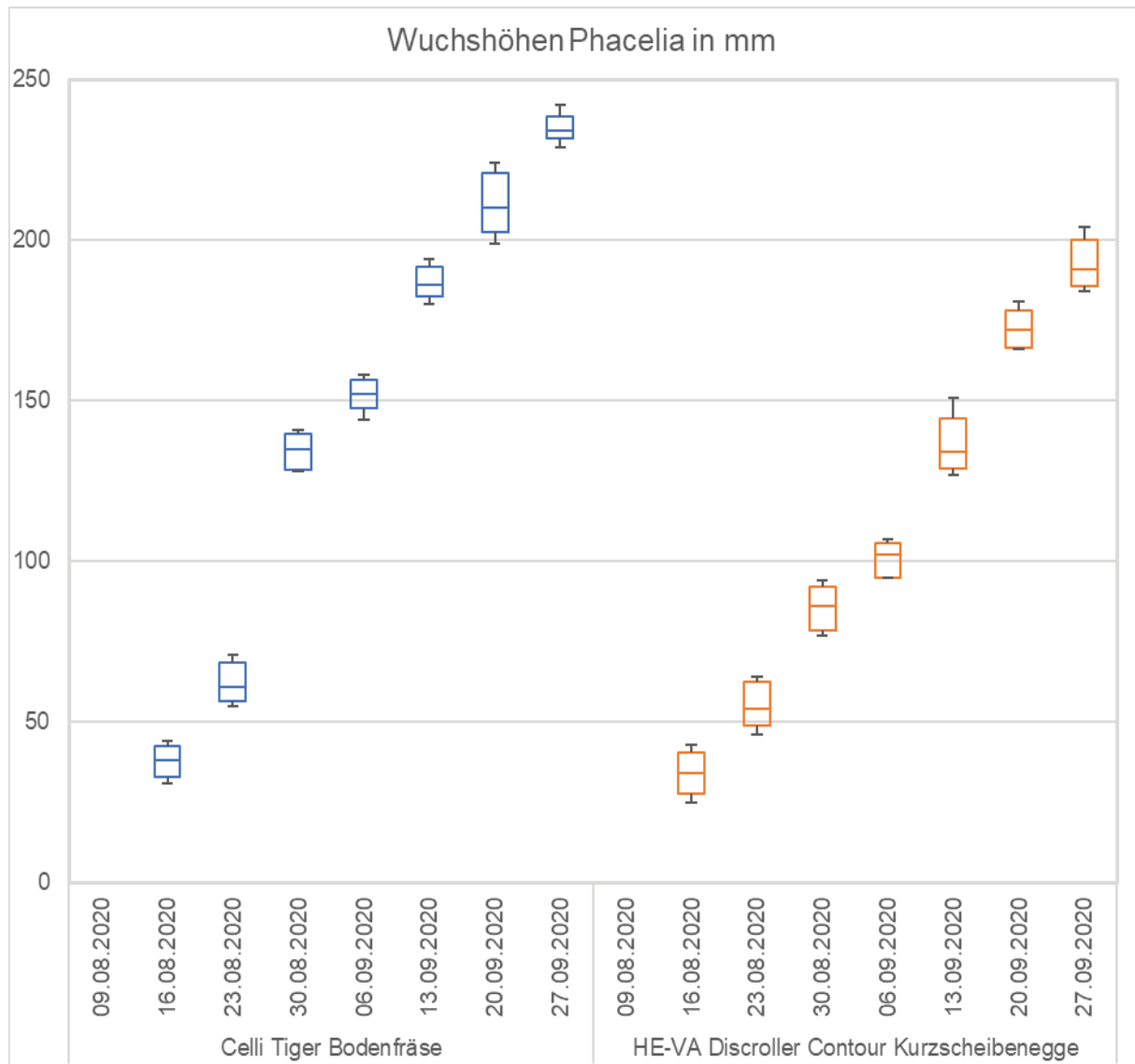


Abbildung 14: Wuchshöhen Phacelia in mm; Quelle: Eigene Grafik, 2020

Bei der Wuchshöhenbonitur der Phacelia (siehe Abbildung 14) ist ein sprunghaftes Wachstum bei der Celli Bodenfräse vom 23. bis zum 30. August 2020 sehr prägnant. Dies lässt sich möglicherweise auf ca. 33 mm/m<sup>2</sup> Niederschlag in diesem Zeitraum zurückverfolgen. Bei der HE-VA Kurzscheibeneggenparzelle tritt solch ein exponentielles Wachstum nicht so stark ausgeprägt auf, wobei die einzelnen Wachstumslängen in diesem Zeitraum etwas weiter vom Durchschnittswert verteilt sind. Die beiden Versuchspartzen unterscheiden sich zum Versuchsende anhand ihrer Durchschnittslängen um 42,4 mm. Die Phacelia auf der HE-VA Kurzscheibeneggenparzelle besitzt dabei eine Durchschnittslänge von 192,4 mm, während die Phacelia auf der Celli Bodenfräsenparzelle eine Durchschnittslänge von 234,8 mm besitzt.

Bei einer Betrachtung aller Zwischenfrucht Komponenten lässt sich feststellen, dass sich die Phacelia auf den Versuchspartzen in Hinblick auf die Biomassebildung und der Durchschnittspflanzenlänge durch ihre nicht allzu hohe Pflanzenlänge aber durch ihr erhöhtes Wurzelwachstum auszeichnet.

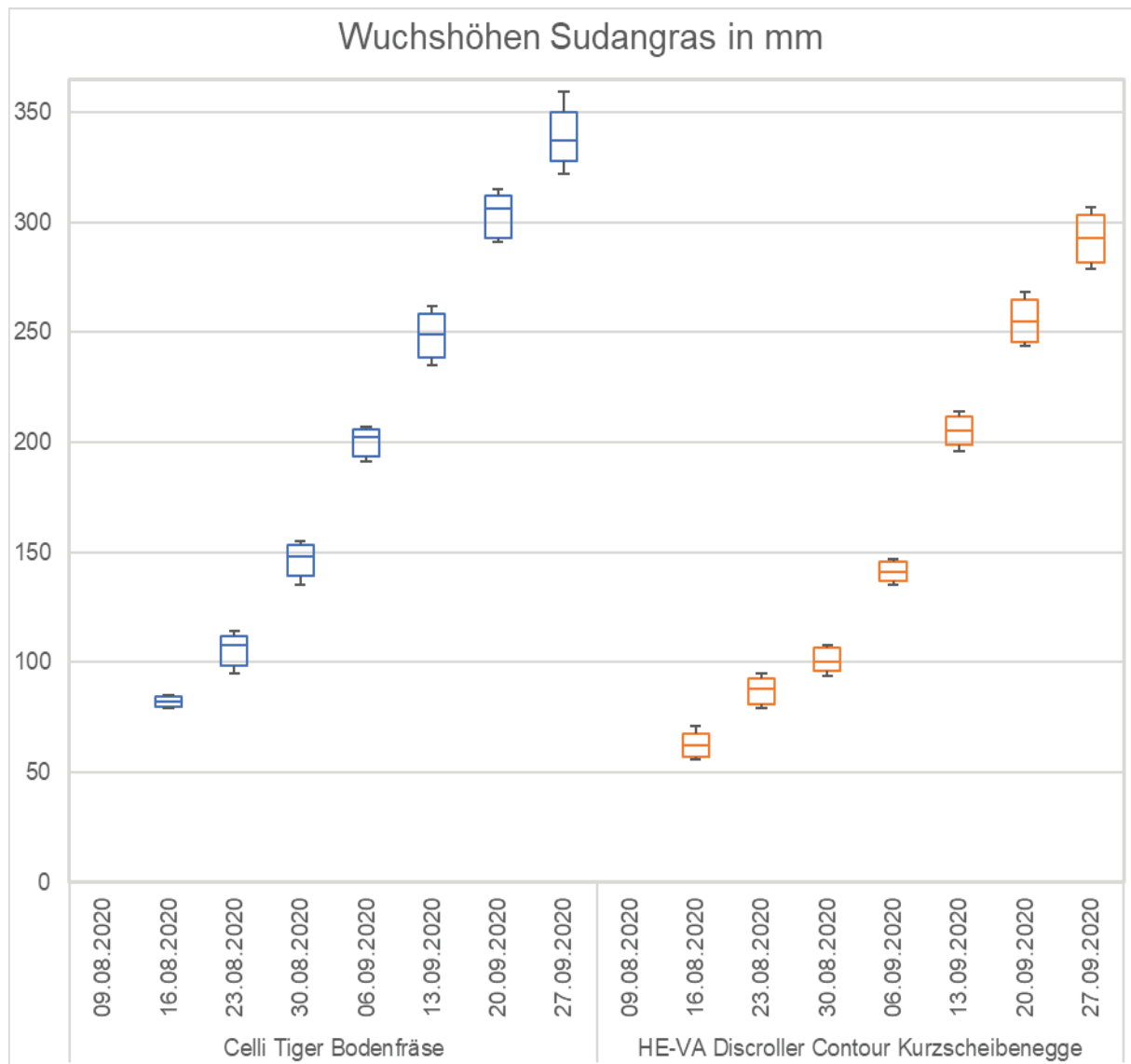


Abbildung 15: Wuchshöhen Sudangras in mm; Quelle: Eigene Grafik. 2020

Das Sudangras (siehe Abbildung 15) zeichnet sich durch sein mehrheitliches lineares Wachstum aus. Hierbei zeigt sich eine kleine Wachstumsverzögerung bei der HE-VA Kurzscheibeneggenparzelle, welche jedoch anhand der Wuchshöhen zum Versuchsende von 338,6 mm bzw. 292,4 mm nicht hervorzuheben ist. Aber dennoch bereits zum Anfang der Vegetation einen Wachstumsvorsprung der Celli Bodenfräsenparzelle anzeigt.

Zum Versuchsende ließ sich ein durchschnittlicher Wachstumslängenunterschied von 46,2 mm bestimmen. Auf beiden Parzellen waren die Wachstumslängen der Einzelpflanzen durch eine geringe Streuung um den Durchschnittswert gekennzeichnet.

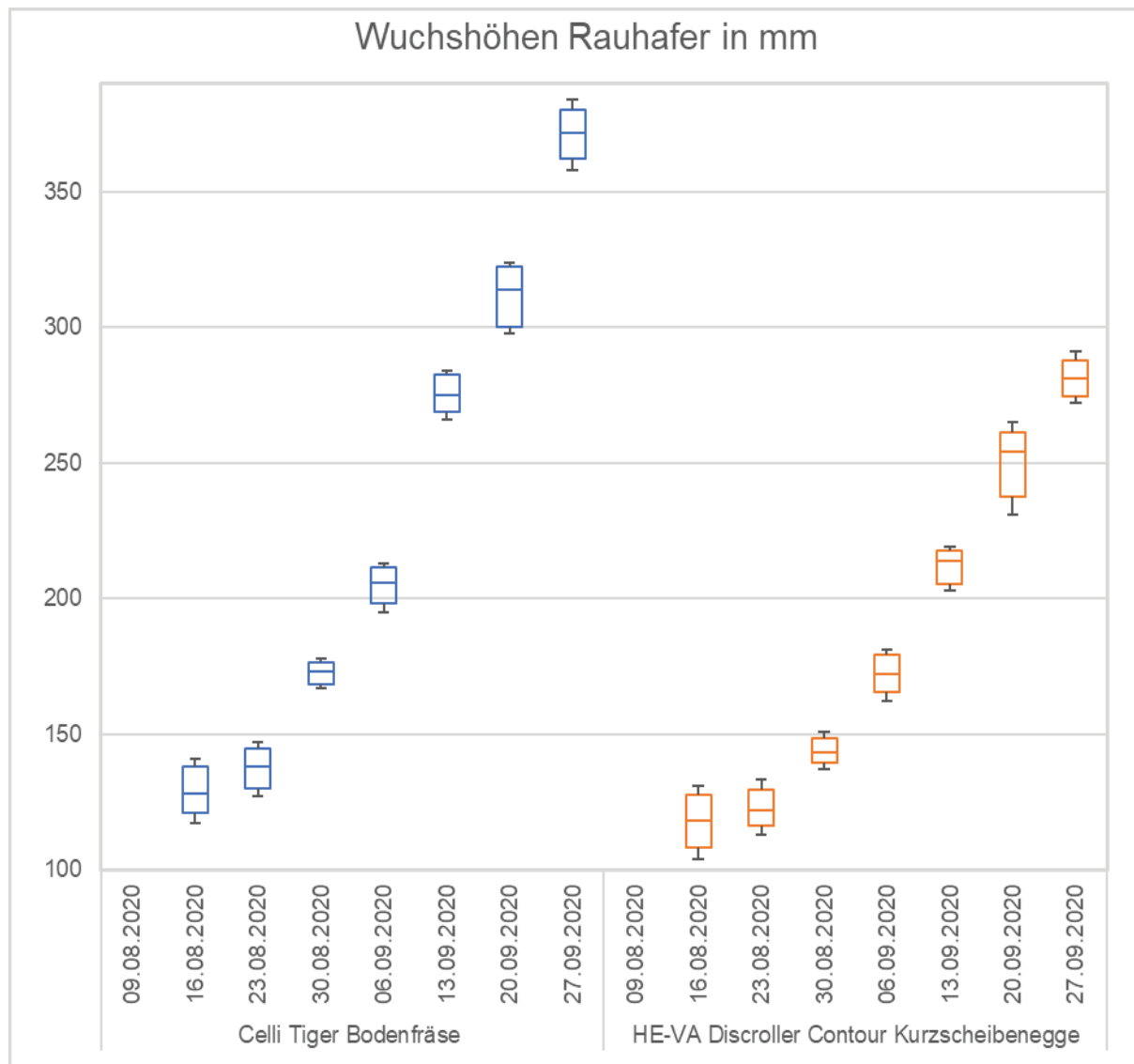


Abbildung 16: Wuchshöhen Rauhafer in mm; Quelle: Eigene Grafik, 2020

Das Wachstum des Rauhafer (siehe Abbildung 16) beginnt mit einem sehr starken Keimwuchs, wodurch er in den ersten zwei Boniturwochen schon eine Wuchshöhe von über 100 mm erreicht hat. Auf beiden Versuchspartzen ist somit ein mehrheitlich lineares Wachstum zu erkennen, dennoch ist dieses Wachstum auf in der Celli Bodenfräsepartzen mit einer größeren Steigerung mehr ausgeprägt.

Die Einzelpflanzen waren auf der Celli Bodenfräsepartzen am Versuchsende im Durchschnitt 371,6 mm lang, während sie auf der HE-VA Kurzscheibeneggenpartzen im Durchschnitt 281,2 mm lang waren. Dadurch ergibt sich ein durchschnittlicher Längenunterschied von 90,4 mm.

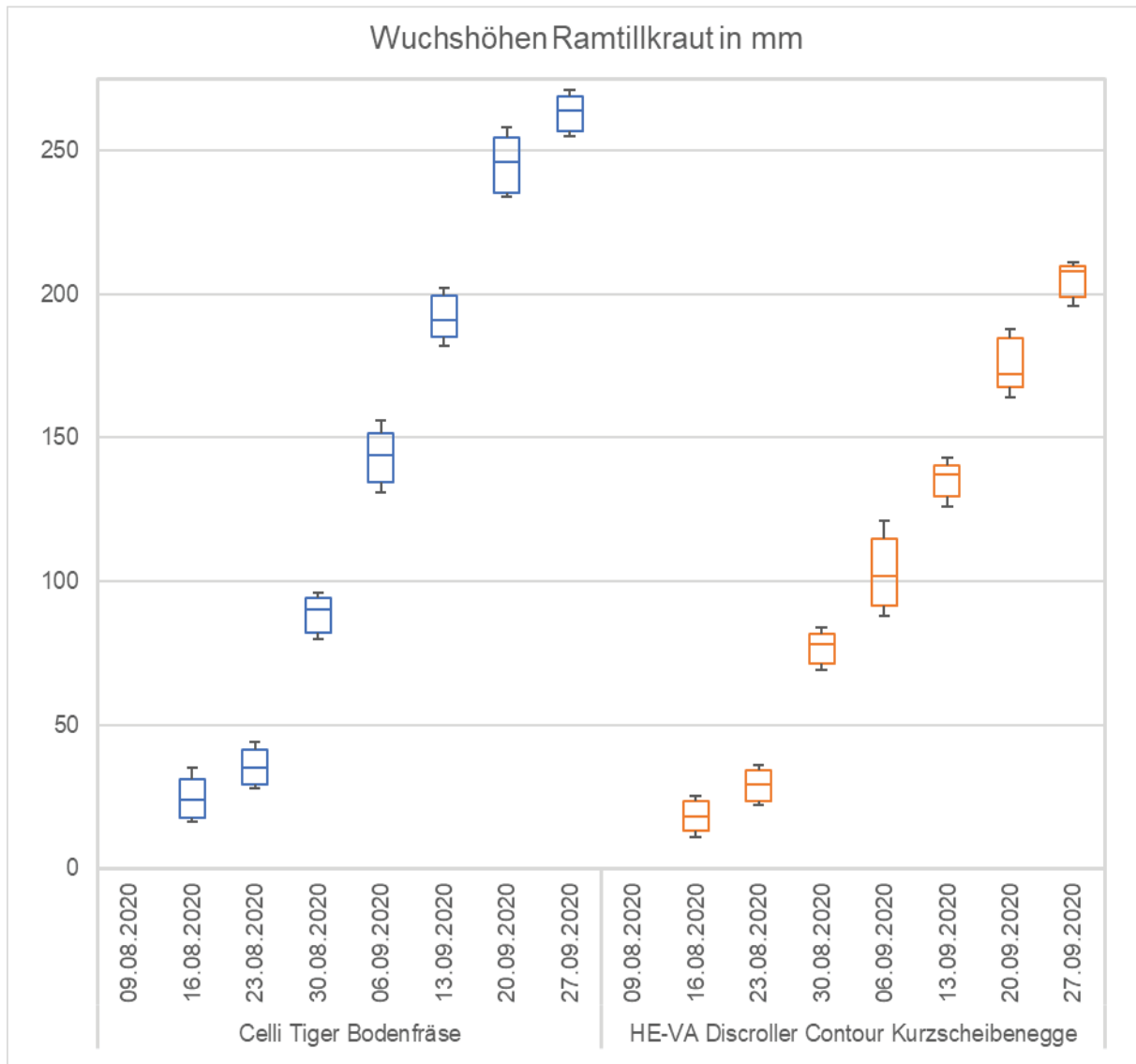


Abbildung 17: Wuchshöhen Ramtillkraut in mm; Quelle: Eigene Grafik, 2020

Das Ramtillkraut (siehe Abbildung 17) erreichte im Versuch nicht die höchste Wachstums-  
länge, jedoch entwickelten sich die Pflanzen auf beiden Versuchsparzellen am ähnlichsten,  
obwohl das Ramtillkraut auf der Celli Bodenfräseparzelle einen wesentlichen Wachstums-  
vorsprung von 58 mm zum Versuchsende ausgebaut hat. Im Vergleich zum August ist  
zwischen dem 06. und dem 24. September ein nennenswertes Niederschlagsdefizit  
aufgetreten, wobei sich das Ramtillkraut linear weiterentwickelte. Dies lässt darauf schließen,  
dass das Ramtillkraut sich auch bei geringen Bodenwassermengen weiter gut entwickelt.



### 4.3 Nährstoffaufnahme

Für eine Beurteilung der Nährstoffaufnahme wurden Bodenproben von 0 bis 30 cm von beiden Versuchspartzen gezogen und, und wie bereits erwähnt, zur LUFA Nord-West ins Labor Hameln gesandt. Bei dieser Untersuchung wurde der pH-Wert des Bodens bestimmt, welcher bei beiden Proben bei 6,7 lag und somit in Gehaltsklasse C (anzustrebender Zustand) einzuordnen ist. Des Weiteren wurden die Gehalte an Phosphor, Kalium und Magnesium in mg/100g Boden bestimmt.

Herrn Christoph Radöhl Hauptstraße 68 19273 Stapel		<b>Prüfbericht</b>		Datum: 06.10.2020 Seite 1 von 1		Berichts-Version: 1	
		Kunden-Nr.: 50186484		Probenart: Boden		<b>Nutzungsarten:</b>	
		Auftrags-Nr.: 2285516		Anzahl Proben: 2		<b>Gehaltsklassen:</b>	
		Beginn der Prüfung: 30.09.2020		Probenahme am: 28.09.2020		A = Acker	
		Ende der Prüfung: 06.10.2020				W = Grünland	
		Probenehmer: Auftraggeber				G = Garten	
						F = Forst	
						O = Obstbau	
						X = Sonstige	
						A = sehr niedrig	
						B = niedrig	
						<b>C = anzustreben</b>	
						D = hoch	
						E = sehr hoch	
						F = extrem hoch	

Proben-Nr.	Schlagbezeichnung	Nut- zung	Bodenart (Gruppe)	Kalk pH-Wert	Phosphor (P)	Kalium (K)	Magnesium (Mg)	Weitere Untersuchungen	
				anzu- stre- ben	festge- stellt	mg in 100g, bei Moor in 100 ml Boden	mg in 100g, bei Moor in 100 ml Boden		
				CaCl <sub>2</sub>	CaCl <sub>2</sub>	CAL	CAL	CaCl <sub>2</sub>	
20BN034914	1. Probe Kassel-Biofräse	A	(h) t'L	6,4-7,2	6,7 C	7,1 C	16,3 C	10,4 D	Kohlenstoff (Corg.) 1,67 % Gesamt-Stickstoff (N) 0,19 % C/N-Verhältnis 9 Humusgehalt 2,9 %
20BN034915	2. Probe Kassel-Karzscheib.	A	(h) t'L	6,4-7,2	6,7 C	6,3 C	12,4 C	14,0 D	Kohlenstoff (Corg.) 1,96 % Gesamt-Stickstoff (N) 0,22 % C/N-Verhältnis 9 Humusgehalt 3,4 %

Abbildung 18: Prüfbericht: Institut für Boden und Umwelt LUFA Nord-West; Quelle: LUFA Nord-West, 06.10.2020

Bei dieser Analyse ergaben sich 6,3 mg/100g Phosphor bei der HE-VA Kurzscheibeneggenparzelle im Vergleich zu 7,1 mg/100g bei der Celli Bodenfräsenparzelle. Dies stellt einen geringen Unterschied von lediglich 0,8 mg/100g dar, weshalb sich beide Proben in Gehaltsstufe C vergleichen lassen. Kalium wurde bei der HE-VA Kurzscheibeneggenparzelle mit 12,4 mg/100g nachgewiesen im Vergleich zu 16,3 mg/100g bei der Celli Bodenfräsenparzelle. Daraus ergibt sich ebenfalls ein geringer Unterschied von 3,9 mg/100g und beide Proben befinden sich in Gehaltsstufe C. Magnesium wurde im Gegensatz zu den vorher genannten Nährstoffen bei der HE-VA Kurzscheibeneggenparzelle mit 14 mg/100g und bei der Celli Bodenfräsenparzelle mit 10,4 mg/100g analysiert. Dies ergibt einen Unterschied von 3,6 mg/100g und ist bei beiden Proben in der Gehaltsklasse D (hoch) einzustufen.

Eine Nmin. Untersuchung ergab bei der HE-VA Kurzscheibeneggenparzelle (siehe Abbildung 19) einen summierten Gesamtwert von 24 kg/ha Nmin., welcher sich aus einem kg/ha  $\text{NH}_4^+$  und 23 kg/ha  $\text{NO}_3^-$  zusammensetzt.

Ergebnisse der Bodenuntersuchung auf Nmin / Smin									
Labor-Nr. 20BN...	Schicht (cm)	TS %	Roh- dichte kg/l	$\text{NO}_3\text{-N}$ mg/kg TS	$\text{NH}_4\text{-N}$ mg/kg TS	$\text{SO}_4\text{-S}$ mg/kg TS	$\text{NO}_3\text{-N}$ kg/ha	$\text{NH}_4\text{-N}$ kg/ha	
Schlagbezeichnung: Haupt-/Vorfrucht:	2. Probe Kasel-Karzscheib. Raps/Gerste								
034915	0 - 30	80,75	1,4	5,58	< 0,25	-	23	1	
<b>Summe Nmin / Smin</b>								<b>24</b>	

Abbildung 19: Prüfbericht: Nmin. der Kurzscheibeneggenparzelle; Quelle: LUFA Nord-West, 01.10.2020

„Ammonium ( $\text{NH}_4^+$ ) wird im Boden von nitrifizierenden Bakterien zunächst zu Nitrit ( $\text{NO}_2^-$ ) und anschließend zu Nitrat ( $\text{NO}_3^-$ ) umgewandelt. Dieser Vorgang nennt sich Nitrifikation und ist der Grund dafür, dass die Pflanzen Stickstoff vor allem als Nitrat aufnehmen“ (Dienstleistungszentrum Ländlicher Raum (DLR) Rheinpfalz (Hrsg.), 2021). Bei der Celli Bodenfräse hingegen ergab eine Untersuchung der Bodenproben ein Gesamtwert von 10 kg/ha Nmin. Dies setzt sich aus 1 kg/ha  $\text{NH}_4^+$  und 9 kg/ha  $\text{NO}_3^-$  zusammen (siehe Abbildung 20).

Ergebnisse der Bodenuntersuchung auf Nmin / Smin									
Labor-Nr. 20BN...	Schicht (cm)	TS %	Roh- dichte kg/l	$\text{NO}_3\text{-N}$ mg/kg TS	$\text{NH}_4\text{-N}$ mg/kg TS	$\text{SO}_4\text{-S}$ mg/kg TS	$\text{NO}_3\text{-N}$ kg/ha	$\text{NH}_4\text{-N}$ kg/ha	
Schlagbezeichnung: Haupt-/Vorfrucht:	1. Probe Kasel-Biofräse Raps/Gerste								
034914	0 - 30	82,74	1,4	2,09	< 0,25	-	9	1	
<b>Summe Nmin / Smin</b>								<b>10</b>	

Abbildung 20: Prüfbericht: Nmin. der Bodenfräsenparzelle; Quelle: LUFA Nord-West, 01.10.2020

Die Analyseergebnisse erklären das Längenwachstum der Einzelpflanzen, wobei man von einer weiteren Nährstoffmineralisierung im Boden während der Vegetationsperiode ausgehen muss.

Ebenfalls kann an den Ergebnissen eine Nährstoffverwertung der Pflanzen erkannt werden, wobei die Celli Bodenfräseparzelle ca. 14 kg/ha mehr Nitrat aufgenommen und verwertet hat. Durch einen Anbau einer Zwischenfruchtmischung kann somit eine Stickstoffauswaschung und der damit folgende Stickstoffeintrag ins Grundwasser, durch die Speicherung in den Pflanzen, verringert werden.

Probenbezeichnung	Kasel-Kurzscheibenegge, Raps und Zwischenfrucht				
Pflanze und EC	Raps, EC 15				
Probenherkunft	angeliefert				
Probenehmer	C. Radóhl 28.09.2020		Mangel oder Überschuß im Grenzbereich +/- 20 % optimal		
Probeneingang	01.10.2020				
Labor Nr	15160				
Nährstoffgehalte	TM	Messwert		Bedeutung für Ertrag	Referenzwerte EC 53-54
Gesamtstickstoff N	%	2.0		**	4.200 - 5.500
Phosphor P	%	0.36		**	0.40 - 0.74
Kalium K	%	1.5		**	2.30 - 4.80
Calcium Ca	%	2.4		**	1.30 - 3.20
Magnesium Mg	%	0.24		**	0.18 - 0.36
Schwefel S	%	0.72		**	0.45 - 0.90
Bor B	mg/kg	22		**	15.0 - 50.0
Kupfer Cu	mg/kg	7.0		-	10.0 - 20.0
Mangan Mn	mg/kg	29		*	30.0 - 150.0
Zink Zn	mg/kg	24		-	20.0 - 80.0

Abbildung 21: Pflanzenanalysergebnisse der Kurzscheibeneggenparzelle; Quelle: Labor Dr. Meyer-Spasche, 09.10.2020

Weiterhin wurde am Versuchsende eine Pflanzenanalyse vom Labor Dr. Meyer-Spasche in Gerdau vorgenommen. Die Analyseergebnisse für die HE-VA Kurzscheibeneggenparzelle sind in der Abbildung 21 kenntlich gemacht.

Die Nährstoffe Calcium, Magnesium, Schwefel, Bor, sowie Zink sind im optimalen Verhältnis vorhanden. Es liegt eine leichte Unterversorgung von Phosphor, sowie Mangan vor. Weiterhin spiegelt dieses Analyseergebnis eine starke Unterversorgung an Kalium und Kupfer wider. Obwohl der Gesamtstickstoff der Bodenanalysen bei 24 kg/ha Nmin lag, ist in den Pflanzen ein Stickstoffmangel von mehr als 20 % des Grenzbereichs festzustellen. Diese Nährstoffmangelkombination hat somit laut Labor einen großen Einfluss auf den Ertrag.

Probenbezeichnung	Kasel- Biofräse, Raps und Zwischenfrucht				
Pflanze und EC	Raps, EC 15				
Probenherkunft	angeliefert				
Probenehmer	C. Radóhl 28.09.2020		Mangel oder Überschuß im Grenzbereich +/- 20 % optimal		
Probeneingang	01.10.2020				
Labor Nr	15159				
Nährstoffgehalte	TM	Messwert		Bedeutung für Ertrag	Referenzwert EC 53-54
Gesamtstickstoff N	%	3.7		**	4.200 - 5.500
Phosphor P	%	0.48		**	0.40 - 0.74
Kalium K	%	3.0		**	2.30 - 4.80
Calcium Ca	%	1.9		**	1.30 - 3.20
Magnesium Mg	%	0.31		**	0.18 - 0.36
Schwefel S	%	0.80		**	0.45 - 0.90
Bor B	mg/kg	21		**	15.0 - 50.0
Kupfer Cu	mg/kg	11		-	10.0 - 20.0
Mangan Mn	mg/kg	43		*	30.0 - 150.0
Zink Zn	mg/kg	40		-	20.0 - 80.0

Abbildung 22: Pflanzenanalysergebnisse der Bodenfräsenparzelle; Quelle: Labor Dr. Meyer-Spasche, 09.10.2020



Diese Analyse wurde ebenfalls für dieselbe Zwischenfruchtmischung auf der Celli Bodenfräsenparzelle durchgeführt. Diese Pflanzenanalyse zeigt deutlich, dass der Gesamtstickstoff im Grenzbereich von 20 % zwar im Mangel liegt, aber alle anderen Nährstoffe im Optimum vorhanden sind. Diese nahezu optimale Versorgung konnte zum Versuchsende direkt an den Pflanzen erkannt werden, welche an den Blättern weder Chlorosen, Nekrosen noch Interkostalchlorosen vorwiesen.



Abbildung 23: Ausfallraps aus der Bodenfräsenparzelle; Quelle: Eigene Aufnahme, 27.09.2020

#### 4.4 Biomasse

Um den Versuch beurteilen zu können wurde zum Versuchsende am 28. September 2020 auf beiden Parzellen die aufgewachsene Biomasse bestimmt. Hierfür wurde jeweils ein Quadratmeter geschnitten und zur Hochschule Neubrandenburg geschickt. Dort wurden die Proben für eine Trockensubstanzbestimmung erst gewogen und dann in Crispac-Beuteln bei 105°C für 48 Stunden getrocknet. Die erste Wägung (Wägung der Frischmasse) ergab 1143,040 g/m<sup>2</sup> von der Bodenfräseparzelle und 678,246 g/m<sup>2</sup> von der Kurzscheibeneggenparzelle. Nach der Trocknung von 48 Stunden ergab eine Rückwägung bei der Bodenfräseparzelle 172,89 g/m<sup>2</sup> Trockenmasse (15,126 % TS.) und bei der Kurzscheibeneggenparzelle von 127,08 g/m<sup>2</sup> (18,737 % TS.), was in Abbildung 24 verdeutlicht wird.

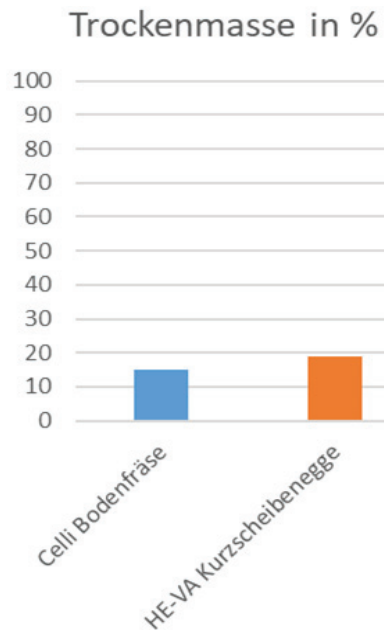


Abbildung 24: Trockenmasse in % von Pflanzen der Celli Bodenfräsenparzelle und der HE-VA Kurzscheibeneggenparzelle; Quelle: Eigene Grafik, 2020

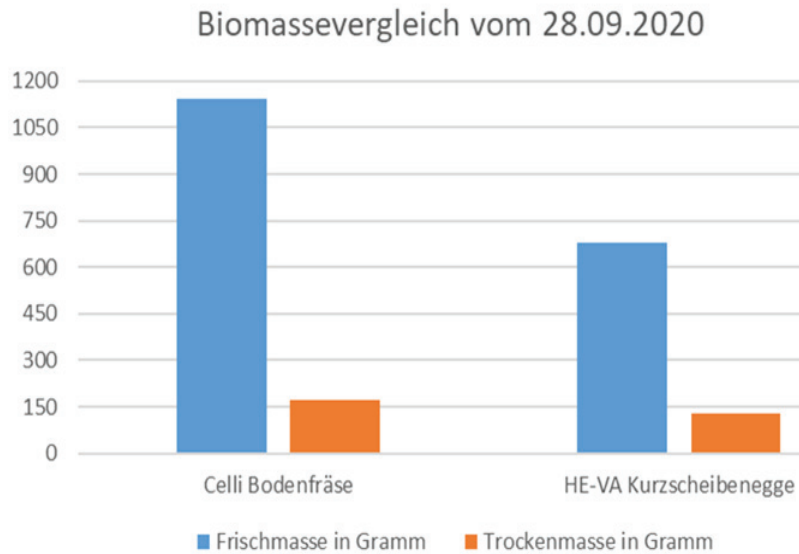


Abbildung 25: Biomassevergleich von Pflanzen der Celli Bodenfräsenparzelle und HE-VA Kurzscheibeneggenparzelle; Quelle: Eigene Grafik, 2020

Bei den statistischen Auswertungen in Kapitel 4.2 Pflanzenwachstum/-länge ließen sich erste Tendenzen erkennen. Dennoch ergab sich hierdurch, dass auf der Celli Bodenfräseparzelle ca. 68,52 % mehr Frischmasse gebildet wurde (siehe Abbildung 25). Durch eine Umrechnung der Trockenmasse in Prozent ergab sich jedoch, dass die Pflanzen auf der HE-VA Kurzscheibeneggenparzelle 3,611 % mehr Trockenmasse gebildet (siehe Abbildung 24) haben und somit im Wachstum der anderen Parzelle etwas voraus sein sollten.

Bei der HE-VA Disc-Roller Contour Kurzscheibeneggenparzelle ergaben die Pflanzenanalysen (siehe Abbildung 21), dass der Gesamtstickstoffanteil der Trockenmasse 2 % betrug. Die Messung des Labors wurde anhand der Trockenmasse durchgeführt, welche bei dieser Variante 127,08g/m<sup>2</sup> betrug. Dadurch ergibt sich ein aufgenommener Stickstoffgehalt in den Pflanzen 2,5416 g/m<sup>2</sup>. Hochgerechnet wurden 25,416 kg/ha Stickstoff aufgenommen und von den Pflanzen der Zwischenfruchtmischung und dem Ausfallraps in der oberirdischen Trockenmasse gespeichert. Die Pflanzenanalysen der Celli Tiger 280P-600 Bodenfräseparzelle ergaben (siehe Abbildung 22) hingegen, dass der Gesamtstickstoffanteil der Trockenmasse 3,7 % betrug. Der somit aufgenommene Stickstoff in den Pflanzen lässt sich, durch die Trockenmasse von 172,9 g/m<sup>2</sup>, auf 6,3973 g/m<sup>2</sup> beziffern. Dies bedeutet, dass hochgerechnet 63,973 kg/ha Stickstoff aufgenommen und von den Pflanzen der Zwischenfruchtmischung und dem Ausfallraps in der oberirdischen Trockenmasse konserviert wurden.

Die Gegenüberstellung beider Varianten verdeutlicht, dass von der Celli Bodenfräsenparzelle ca. 2,5-mal so viel Stickstoff wie von der HE-VA Kurzscheibeneggenparzelle verwertet wurde.

#### 4.5 Maschinengewichte und Kraftstoffverbrauch

Als Zugmaschine der beiden Bodenbearbeitungsgeräte wurde ein John Deere 7530 Premium vom Baujahr 2010 mit einer Nennleistung von 215 PS verwendet. Dieser Ackerschlepper verfügt über ein Eigengewicht von 7.730 kg und wurde zusätzlich bei beiden Maschinen mit einem 1.210 kg schwerem Frontgewicht ausgestattet. Dieses Frontgewicht ist bei der Bodenbearbeitung mit der HE-VA Disc-Roller Contour 6,5m Kurzscheibenegge notwendig, um so wenig Schlupf wie möglich zu erzeugen. Bei der Bodenbearbeitung mit der Celli Tiger 280P-600 Bodenfräse wird das Frontgewicht benötigt, damit die Hinterachse der Zugmaschine entlastet wird und die Maschine somit auf Straßenfahrten und bei Wendevorgängen auf den Ackerschlägen besser kontrolliert werden kann bzw. damit durch die Mitnahme des Frontgewichtes die Vorderachse der Zugmaschine nicht ausgehebelt wird.

Die HE-VA Kurzscheibenegge hat ein Eigengewicht von 5.420 kg, welches sich auf eine Arbeitsbreite von sechs Metern verteilt. Weiterhin verfügt die HE-VA Disc-Roller über ein eigenes Fahrgestell und eine höhenverstellbare Deichsel, weshalb sich das Maschinengewicht bei Straßenfahrten auf das Fahrgestell und die Zugmaschine verteilt. Das Gesamtgewicht des Zuges beträgt somit 14.360 kg und ist auf drei Achsen belastet, wobei das Fahrergewicht und das Gewicht für weitere Ausrüstung noch dazu addiert werden müssen.



Abbildung 26: Bodenzustand nach einmaliger Überfahrt mit der HE-VA Disc-Roller Contour 6,5m; Quelle: Eigene Aufnahme, 31.07.2020

Bei einer einfachen Feldüberfahrt benötigt die Zugmaschine im Durchschnitt 5,6 l/ha Diesel, wobei das Arbeitsergebnis (besonders im Raps durch die hohe organische Masse) durch eine zweite Überfahrt verbessert werden kann. In der Abbildung 26 ist die Fläche außerhalb der Versuchsparzelle zu sehen, wobei deutlich wird, dass eine zu geringe Durchmischung des



Bodens stattgefunden hat und die Erntereste mit zu wenig Erde bedeckt wurden. Im Versuchsaufbau wurde die Versuchsparzelle zweimal mit der HE-VA Disc-Roller Contour bearbeitet, um einen ebenen und gut durchmischten Stoppelsturz zu erzeugen. Aufgrund der doppelten Überfahrt wurden 11,2 l/ha Diesel benötigt.

Bei der Celli Tiger 280P-600 Bodenfräse benötigt die Zugmaschine im Stoppelsturz beim Raps 8,32 l/ha Diesel und zeichnet sich durch ein Zug Gesamtgewicht von 13.210 kg. aus, wobei noch das Fahrergewicht und das Gewicht für weitere Ausrüstung dazu addiert werden müssen. Dieses Gewicht verteilt sich auf die beiden Achsen der Zugmaschine und die 5,6 m Arbeitsbreite. Bei einer Bodenbearbeitung ist auf ebenen und kaum kupiertem Gelände nur eine Überfahrt nötig.

#### 4.6 Arbeitstiefe und ganzflächiger Schnitt

Für eine gleiche Betrachtung des Versuchs wurden beide Maschinen auf eine maximale Arbeitstiefe von 4 cm eingestellt. Hierbei muss erwähnt werden, dass die HE-VA Disc-Roller Contour Kurzscheibenegge walzenweise pendeln kann (siehe Abbildung 27), die Celli Bodenfräse sich hingegen auf einer Geraden stabilisiert.

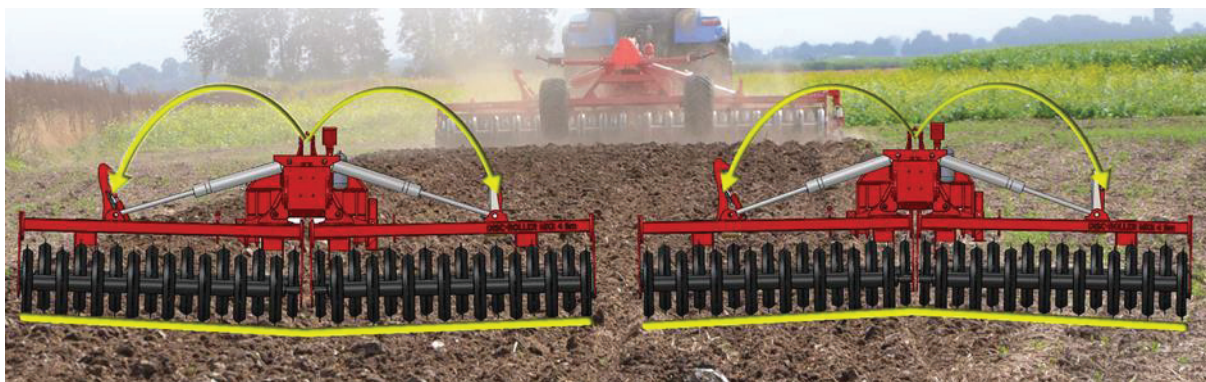


Abbildung 27: Gleichmäßige Bodenbearbeitung auf der gesamten Arbeitsbreite; Quelle: HE-VA (Hrsg.), 2020

Somit können bei der Disc-Roller Contour Bearbeitungstiefenunterschiede auf drei Metern auftreten und bei der Celli Bodenfräse höhere Bearbeitungstiefenunterschiede auf ihrer Arbeitsbreite von 5,6 m. Diese Unterschiede in der Bearbeitungstiefe werden wesentlich deutlicher in kupiertem Gelände. In den Versuchsparzellen lag jedoch bis auf die Fahrgassen keine Kupierung vor. Diese Höhenunterschiede lassen sich jedoch vernachlässigen, da der Stoppelsturz mit der Fahrgassenrichtung durchgeführt wurde.

Nach dem Einstellen und dem Überfahren mit den Maschinen konnte nun der Bearbeitungshorizont sowie der ganzflächige Schnitt betrachtet werden.



Abbildung 28: Bearbeitungssohle der HE-VA Disc-Roller Contour 6,5m; Quelle: Eigene Aufnahme, 31.07.2020



Abbildung 29: Bearbeitungssohle der Celli Tiger 280P-600 Bodenfräse; Quelle: Eigene Aufnahme, 31.07.2020

Einen ganzflächigen Schnitt hat nur die Celli Bodenfräse erreicht, wobei dies in einer Arbeitstiefe von 4 cm nur bei einer exakt ebenen Fläche und einer sehr präzisen Maschineneinstellung funktionieren kann. Auf diese Problematik geht der Landwirt und Hauptimporteur Josef Hägler in seinen Maschinenvorstellungen gezielt ein. Ein ganzflächiges Bearbeitungsergebnis ist besonders wichtig für ökologisch wirtschaftende Betriebe, da diese nur die Möglichkeit einer mechanischen Unkrautbekämpfung besitzen. Im konventionellen Ackerbau lassen sich durch ein solches Arbeitsergebnis Pflanzenschutzmittelaufwandmengen im Vor- und Nachauflauf der Folgekultur reduzieren, da die meisten Unkräuter und Ausfallkulturen von ihrer Wurzel abgeschnitten wurden.

#### 4.7 Arbeitszeit und Flächenleistung

Mit der HE-VA Disc-Roller Contour 6,5m wird je nach Fläche mit einer Geschwindigkeit von 12 bis 15 km/h gearbeitet. Zum Ebnen der Fläche steht ihr als Vorwerkzeug ein Spring-Board zur Verfügung, wodurch unter den betrieblichen Gegebenheiten im Durchschnitt 3,9 ha/h bearbeitet werden können.

Die Celli Tiger 280P-600 Bodenfräse hingegen ist zapfwellenangetrieben und wird mithilfe der 1000er Zapfwelleneinstellung mit ca. 830 Umdrehungen pro Minute gefahren. Bei einer Bodenfräse mit 3 m Arbeitsbreite und 540er Zapfwellengeschwindigkeit wären es ca. 380 Umdrehungen pro Minute. Durch eine Fahrgeschwindigkeit von 8 km/h (Näser, 2020, S. 59) wird somit ein Rotorvorlauf von ca. 15 bis 35% geschaffen, wodurch im betrieblichen Durchschnitt 1,3 ha/h bearbeitet werden können.



## 5. Diskussion

### 5.1 Nährstoffaufnahme

Bei den Bodenanalysen der LUFA Nord-West wurde auf beiden Versuchsparzellen ein pH-Wert von 6,7 bestimmt. Dieser gibt Aufschluss über das Verhältnis zwischen  $H^+$  und  $OH^-$  Ionen. Bei den tonigen Lehmböden der Versuchsparzellen ist ein pH-Wert von 6,5 bis 7 anzustreben (Lorenz, 2020), um einer langfristigen Versauerung des Bodens entgegenzuwirken wird jährlich eine Erhaltungskalkung durchgeführt. Der pH-Wert ist somit ein wesentlicher Bestandteil eines hohen Ertragspotenzials und liegt auf den Versuchsflächen im optimalen Bereich. Bei den weiteren Bodenanalysen wurden weitere Gehalte an Phosphor, Kalium und Magnesium festgestellt, welche sich auf beiden Versuchsparzellen in Gehaltsstufe C (anzustrebender Zustand) bzw. D (hoher Zustand) befanden (siehe Abbildung 18). Dies bedeutet, dass auf beiden Parzellen eine gute bzw. eine Überversorgung an Nährstoffen vorhanden ist, was aber in der Düngeplanung bzw. Düngeempfehlung für die nächste Kultur berücksichtigt werden muss.

In einem Versuch der Landwirtschaftskammer Niedersachsen im Jahr 2016 zeichnete sich ab, dass die Nmin. Werte nach Winterraps am Standort Astrup zwischen 21 kg Nmin. /ha und 39 kg Nmin. /ha und am Standort Otterham zwischen 70 kg Nmin. /ha und über 100 kg Nmin. /ha lagen (Landwirtschaftskammer Niedersachsen (Hrsg.), 2017). Auf den beiden Versuchsflächen in der Elbmarschregion wurden hingegen 24 kg/ha und 10 kg/ha Gesamtstickstoff nach Vegetationsende der Zwischenfrüchte festgestellt. Weiterhin wurde hochgerechnet, dass der Ausfallraps und die Zwischenfruchtmischungen 25,416 kg/ha bzw. 63,973 kg/ha Gesamtstickstoff in der Biomasse konserviert haben. Außerdem ergaben die Nmin. Untersuchungen, dass in beiden Versuchsparzellen ein Gehalt von jeweils 1 kg/ha  $NH_4^+$  vorzufinden war (siehe Abbildung 19 und Abbildung 20). Der Ammoniumstickstoff wurde somit auf beiden Parzellen nahezu vollkommen von den Pflanzen absorbiert. Darüber hinaus wird der restliche im Boden vorhandene Ammoniumstickstoff an die im Boden enthaltenen „Bodenpartikel[n] gebunden, sodass Verluste durch Auswaschung normalerweise sehr gering sind“ (Industrieverband Agrar e.V. (IVA) (Hrsg.), 2021). Hingegen sind bei der HE-VA Kurzscheibeneggenparzelle 23 kg/ha  $NO_3^-$  vorhanden. Im Vergleich zur Celli Bodenfräseparzelle sind dies 14 kg/ha mehr. „Nitrat wird von Pflanzen gegenüber Ammonium bevorzugt verwertet“ (Pflanzenforschung.de c/o Genius GmbH (Hrsg.), 2021), was entweder auf einen von Anfang des Versuchs und über die gesamte Vegetationsperiode niedrigen Gehalt an  $NH_4^+$  im Boden schließen lässt oder dass durch die Bodenbearbeitung eine starke Nitrifikation ausgelöst wurde. Die Pflanzen der beiden Versuchsparzellen haben verschiedene Mengen an  $NO_3^-$  absorbiert, was sich auch in den Pflanzenlängen und dem Gesundheitszustand der Einzelpflanzen widerspiegelte.

Um eine Einschätzung über die Nährstoffüberschüsse und Nährstoffdefizite vorzunehmen, wurden im Labor Dr. Meyer-Spasche Pflanzen analysiert. Neben den Nährstoffgehalten wurden von dem Labor gleichzeitig Referenzwerte ermittelt und ein optimaler Bereich für die Nährstoffe Stickstoff, Phosphor, Kalium, Calcium, Magnesium, Schwefel, Bor, Kupfer, Mangan und Zink angegeben. Bei der Versorgung von Calcium, Magnesium, Schwefel, Bor und Zink lagen die Pflanzen beider Versuchspartzen im Optimalbereich (siehe Abbildung 21 und Abbildung 22). Lediglich beim Gesamtstickstoff lag die Celli Bodenfräse mit 3,7 % (optimal wären 4,2 % bis 5,5 %) im 20 % Grenzbereich (siehe Abbildung 22) und die HE-VA Disc-Roller Kurzscheibenegge mit 2 % im starken Mangelbereich. Dadurch spiegelt sich eine Unterversorgung der Pflanzen wider. Beim Gehalt an Phosphor und Mangan lässt sich bei der HE-VA Kurzscheibeneggenparzelle ein ganz leichter Mangel im Grenzbereich erkennen. Ebenfalls liegen bei dieser Versuchspartze eindeutige Mangelercheinungen beim Kalium und Kupfer, welche den Grenzbereich von 20 % deutlich überschreiten, vor.

Mit dieser Analyse und dem Aussehen der Pflanzen der Versuchspartzen lässt sich erkennen, dass die Pflanzen auf der HE-VA Kurzscheibeneggenparzelle wesentlich an der Unterversorgung der oben genannten Nährstoffe leiden. Die Pflanzen auf der Celli Bodenfräsenparzelle hingegen weisen lediglich, wie bereits beschrieben, einen kleinen Mangel in der Stickstoffversorgung vor, welcher sich im Erscheinungsbild der Einzelpflanzen optisch nicht bemerken lässt (siehe Abbildung 23).

## 5.2 Biomasse

Die Versuchsdauer betrug 59 Tage, wobei über die gesamte Vegetationsperiode der Zwischenfrucht 106 mm/m<sup>2</sup> Gesamtniederschlag vorlag, hierbei verteilten sich in den letzten drei Tagen des Versuchszeitraumes 27 mm/m<sup>2</sup>. Diese Niederschlagsmengen können aufgrund der Wasseraufnahme der Pflanzen nur anteilig einbezogen werden.

Bei der Trockensubstanzermittlung ergab sich, dass die Pflanzenmasse der HE-VA Kurzscheibeneggenparzelle zwar eine wesentlich geringere Frischmasseausbeute von 678,246 g/m<sup>2</sup> vorwies, dennoch ergab sich ein Gehalt von 18,737 % an Trockensubstanz (127,08 g/m<sup>2</sup> Trockenmasse). Bei der Celli Bodenfräsenparzelle belief sich die Frischmasseausbeute auf 1.143,04 g/m<sup>2</sup>, woraus eine Trockensubstanz von 15,126 % errechnen ließ (172,9 g/m<sup>2</sup> Trockenmasse). Während auf der Celli Bodenfräsenparzelle ca. 68,52 % mehr Frischmasse als auf der HE-VA Kurscheibeneggenparzelle aufwuchs, deutet der Trockensubstanzunterschied von ca. 3,611 % auf eine unterschiedliche Pflanzenfeuchte bzw. auf ein weiter vorangeschrittenes Wachstum der Pflanzen auf der HE-VA Kurzscheibeneggenparzelle hin. Weiterhin ließ sich durch die Pflanzenanalysen im Labor Dr. Meyer-Spasche und die Bodenanalysen bei der LUFA Nord-West Rückschlüsse auf die Gesamtstickstoffgehalte in den Pflanzen und die Stickstoffgehalte des Bodens der jeweiligen

Parzellen schließen. Während auf der HE-VA Kurzscheibeneggenparzelle ein Gesamtstickstoffanteil von 2 % TS und 2,5416 g/m<sup>2</sup> in den Pflanzen vorlag war dieser auf der anderen Parzelle bei 3,7 % TS und 6,3973 g/m<sup>2</sup> wesentlich höher. Diese Unterschiede stimmen jedoch nicht mit einer Umrechnung auf die N<sub>min</sub>. Analysen der LUFA Nord-West überein. Bei der Beprobung nach Versuchsende wurden lediglich die ersten 30 cm analysiert, welche für die kurze Vegetationszeit als Hauptwurzelraum vorgesehen waren. „Die meisten Nährstoffe werden von den Kulturpflanzen in einer Bodentiefe von 0-10 cm über die Feinwurzeln aufgenommen“ (Näser, 2020, S. 131). Durch das große Wachstum bzw. die Pflanzenlängen wäre es besser gewesen auch tiefere Bodenschichten zu berücksichtigen. Ebenfalls muss durch die verschiedenen Bearbeitungsmethoden auf den jeweiligen Versuchspartzen unterschiedlich viel Stickstoff über die Vegetationsperiode mineralisiert worden sein.

### 5.3 Anschaffungskosten/ Wartungskosten/ Nutzen

Bei der HE-VA Disc-Roller Contour 6,5m handelt es sich um eine schwere Kurzscheibenegge, welche ihr Eigengewicht von 5.420 kg auf eine Arbeitsbreite von 6 m verteilt. Dadurch ergibt sich ein Gewicht von ca. 903 kg pro Meter Arbeitsbreite. Die Anschaffungskosten liegen bei einem Marktpreis von 53.000 € und sind somit knapp 20.000 € höher als die der Celli Bodenfräse. Diese verfügt über kein eigenes Fahrwerk, weshalb sie gleichzeitig 1.150 kg leichter ist, jedoch durch ihre Dreipunkthanhängung die Zugmaschine mehr belastet. Bei einer Arbeitsbreite von 5,6 m beläuft sich das Gewicht auf 762,5 kg pro Meter Arbeitsbreite.

Die jährlichen Instandhaltungskosten der HE-VA Disc-Roller Contour belaufen sich unter den betrieblichen Gegebenheiten auf 1.055,70 €. Bei einer voraussichtlichen Nutzung von zwölf Jahren belaufen sich reinen Maschinenkosten auf 65.668 € zzgl. MwSt., Zinsen, unvorhergesehenen Reparaturen und abzüglich des Restwertes. Aus den Kalkulationen im Kapitel 3.3.1.3 lassen sich für die folgenden Berechnungen Kosten von 12,16 €/ha für die Maschine ermitteln.

Im Betrieb Bauer Niederhoff wird die Maschine im Stoppelsturz (je nach organischer Masse) auf einer Fläche ein- bis zweimal eingesetzt, um ein optimales Arbeitsergebnis zu erzielen. Auf den Versuchsflächen und allgemein im Betrieb wird im Rapsstoppelsturz die doppelte Variante angewandt. Im betrieblichen Durchschnitt und bei einer Überfahrt werden ca. 3,9 ha pro Stunde bearbeitet, was bedeutet, dass bei einer doppelten Bearbeitung mit 1,95 ha pro Stunde gerechnet werden muss. Genauso muss der Hektarpreis verdoppelt werden und der Schlepper benötigt bei der doppelten Bearbeitung insgesamt 11,2 l/ha Diesel (Dieselpreis von 1,197 € pro Liter) (Fritz, 2018) und 0,5128 Bh/ha. Somit lässt sich ebenfalls mit einer Arbeitszeit von 0,5128 h/ha für eine Arbeitskraft rechnen. Die folgenden Preise wurden anhand eigener Berechnungen und aus den Verrechnungssätzen ab 2020 vom MR Landshut-Rottenburg e. V. entnommen:

Tabelle 7: Gesamtkosten HE-VA Disc-Roller Contour 6,5m pro Hektar

	<b>Kostenaufstellung:</b>	<b>Bei 3,9ha/h:</b>	<b>Bei doppelter Bearbeitung:</b>
<u>HE-VA Disc-Roller Contour:</u>	12,16 €/ha	47,424 €	24,32 €
<u>Schlepperkosten:</u>	30 €/h	30,0 €	15,38 €
<u>Schlepperzeitbedarf:</u>		1 Bh	0,5128 Bh
<u>Dieselskosten:</u>	1,197 €/l	26,14 €	13,406 €
<u>Dieslverbrauch:</u>	5,6 l/ha	21,84 l	11,2 l
<u>Arbeitskosten:</u>	16 €/h	16,00 €	8,2 €
<u>Arbeitszeit:</u>		1 Akh	0,5128 Akh
<b>Gesamtkosten (ohne Schlepperverschleiß):</b>		<b>30,66 €/ha</b>	<b><u>61,32 €/ha</u></b>

Anhand der Berechnungen in Tabelle 7 lässt sich ein Hektarpreis von 30,66 €/ha für den betrieblichen Durchschnitt festlegen. Bei der doppelten Bearbeitung, welche im Folgenden weiter betrachtet wird, sind es hingegen 61,32 €/ha. Dabei sind die Kosten für Saatgut und die Ausbringmethode der Zwischenfrucht, Zinsen sowie das Mulchen der Flächen nicht beachtet bzw. einberechnet. Bei einer Hochrechnung auf eine voraussichtliche Nutzungsdauer von zwölf Jahren und einer Gesamtnutzung von 5.400 ha (siehe Kapitel 3.3.1.3) ergeben sich Gesamtkosten von 165.564 €, welche sich pro Jahr auf etwa 13.797 € bei 450 ha bearbeiteter Fläche verteilen würden. Der lineare Abschreibungssatz liegt bei 8,33 % und beträgt 4.416,67 € jährlich.

Die Celli Bodenfräse hingegen benötigt nur eine Überfahrt im Stoppelsturz sämtlicher Kulturen bei optimalen Maschineneinstellungen. Hierbei liegt die durchschnittliche Flächenleistung unter betrieblichen Gegebenheiten bei 1,3 ha/h, wobei 8,32 l/ha Diesel (Dieselpreis von 1,197 € pro Liter) (Fritz, 2018) benötigt werden. Durch diese Hektarleistung braucht eine Arbeitskraft 0,76923 Akh für einen ha sowie 0,76923 Bh für den Schlepper. Die folgenden Preise wurden anhand eigener Berechnungen und aus den Verrechnungssätzen ab 2020 vom MR Landshut-Rottenburg e. V. entnommen:

Tabelle 8: Gesamtkosten Celli Tiger 280P-600 Bodenfräse pro Hektar

	<b>Kostenaufstellung:</b>	<b>Bei 1,3 ha/h:</b>	<b>Bei 1ha:</b>
<u>Celli Tiger 280-600 Bodenfräse:</u>	7,38 €/ha	9,59 €	7,38 €
<u>Schlepperkosten:</u>	30 €/h	30,00 €	23,08 €
<u>Schlepperzeitbedarf:</u>		1 Bh	0,76923 Bh
<u>Dieselskosten:</u>	1,197 €/l	12,95 €	9,959 €
<u>Dieselsverbrauch:</u>	8,32 l/ha	10,816 l	8,32 l
<u>Arbeitskosten:</u>	16 €/h	16,00 €	12 €
<u>Arbeitszeit:</u>		1 Akh	0,76923 Akh
<b>Gesamtkosten (ohne Schlepperverschleiß):</b>		<b>68,54 €</b>	<b><u>52,72 €/ha</u></b>

Anhand der obenstehenden Berechnungen in Tabelle 8 lässt sich ein Hektarpreis von 52,72 €/ha für den betrieblichen Durchschnitt festlegen. Hierbei sind die Kosten für Saatgut und die Ausbringmethode der Zwischenfrucht, Zinsen sowie das Mulchen der Flächen nicht beachtet bzw. einberechnet. Bei einer Hochrechnung auf eine voraussichtliche Nutzungsdauer von zwölf Jahren und einer Gesamtnutzung von 5.100 ha (siehe Kapitel 3.3.2.3) bzw. 425 ha jährlich ergeben sich Gesamtkosten von 268.872 €, welche sich pro Jahr auf etwa 22.406 € verteilen würden. Der lineare Abschreibungssatz liegt bei 8,33 % und beträgt 2.752,08 € jährlich.

Der Unterschied in den Hektarpreisen bei einer normalen Bearbeitung liegt bei 22,06 €/ha. Da aber durch den Verbleib von Ernteresten, besonders im Raps, in den meisten Fällen eine doppelte Bearbeitung mit der HE-VA Kurzscheibenegge nötig ist, ergibt sich für den Versuch Kostenunterschied von 8,60 €/ha. Ebenfalls unterscheiden sich die beiden Maschinen hinsichtlich Ihrer Auslastung um 300 ha auf ihre Gesamtauslastung, da einige Flächen durch die HE-VA Disc-Roller Contour 6,5m doppelt bearbeitet werden bzw. auf verschiedene Pflanzenbau- und Bodenbearbeitungsstrategien zur Absicherung gesetzt wird.

„Betrachtet man das Verhältnis von Kosten und Nutzen und berücksichtigt man gleichzeitig die Flächenleistung, dann ergibt es nur selten eine wirtschaftliche Alternative zu gezogenen Geräten“ (Köller & Hensel, 2019, S. 21). Hinsichtlich der Flächenleistung zeigt sich, dass die Kurzscheibenegge neben höherer Flächenleistung auch einen Kostenvorteil von 22,06 €/ha bei einer normalen Bearbeitung gegenüber der Bodenfräse erzielt, wobei mit der Kurzscheibenegge jährlich im Durchschnitt 25 ha mehr bewirtschaftet werden und sie zugleich ca. 20.000 € teurer in den Anschaffungskosten ist. Weiterhin zeigt sich durch eine Berechnung der jährlichen Gesamtkosten, dass bei einer Vernachlässigung der pflanzenbaulichen Aspekte und der Kostenersparnis durch Nährstoffkonservierung der Zwischenfrüchte die HE-VA Disc-Roller Contour die wirtschaftlichere Maschine ist.

## 5.4 Diskussion zum aktuellen Stand der Literatur

Im Stoppelsturz wird im Betrieb Bauer Niederhoff gezielt auf den Einsatz eines Pfluges und somit auf eine wendende Bodenbearbeitung verzichtet. Dennoch wird immer wieder vom sinnvollen Einsatz des Pfluges gesprochen. „Das Pflügen ist nach wie vor eine der wichtigsten Möglichkeiten, hartnäckige Unkräuter wie Quecke und Ackerkratzdistel zu bekämpfen und ein unkrautfreies Saatbett zu erhalten“ (Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung (BLE), 2020). Ebenfalls wird aber auch auf andere Weisen gegen den Einsatz des Pfluges im Ackerbau diskutiert, was sich gezielt auf den Aufbau von Humus und die Vermehrung von Bodenlebewesen bezieht: „Auf konventionellen, regelmäßig gepflügten Feldern seien oft keine aktiven Mykorrhiza zu finden [...]. Einige pfluglosen Biobetriebe erreichten hingegen sogar 30 Prozent“ (Fry, 2020). „Die sichere Beurteilung pflugloser, nicht wendender Grundbodenbearbeitung [...] [lässt] sich nur mit Ergebnissen aus Dauerversuchen vornehmen, da sich die Auswirkungen unterschiedlicher Bodenbearbeitungen erst nach mehreren Jahren nachweisen lassen“ (Kloepfer, 2002, S. 8).

Um eine Scheinbestellung durchzuführen und gleichzeitig die Flächenleistung zu erhöhen wird gezielt auf den Einsatz einer Kurzscheibenegge gesetzt (Scheit, 2021). Die Bedienung einer Kurzscheibenegge von einer Arbeitskraft gestaltet sich sehr einfach, während eine Bodenfräse durch eine Anpassung von Vorfahrtgeschwindigkeit zur Wellendrehzahl nur mit geschultem Personal bedient werden sollte. „Je höher die Vorfahrtgeschwindigkeit im Verhältnis zur Wellendrehzahl ist, desto größer ist die sogenannte „Bissenlänge; es ergeben sich größere Bodenaggregate“ (Kloepfer, 2007, S. 21).

Seit einigen Jahren versucht der Betrieb Zwischenfrüchte in den Fruchtfolgen zu etablieren. Aufgrund von einer hohen Anzahl von Winterungen in den Fruchtfolgen wird gezielt auf den Anbau von Sommerzwischenfrüchten gesetzt. „Zwischenfrüchte konservieren nicht direkt verwertbare Nährstoffe – insbesondere Stickstoff - in der pflanzlichen Trockenmasse und verringern so den Eintragspfad für Nitrat über die Bodenpassage in das Grundwasser“ (Lütke Entrup, 2001, S. 12). Die Konservierung der Nährstoffe wurde in Kapitel 4.3 und 5.1 genauer erläutert. Ebenfalls wurde für die Anlage des Versuchs mit dem 31. Juli 2020 ein früher Saattermin gewählt und mit einer Vegetationszeit von 59 Tagen ein durchschnittlicher Vegetationszeitraum für Sommerzwischenfrüchte gegeben. „Wachstum und Ertrag der Zwischenfruchtkultur sind abhängig von der Länge der Vegetationszeit, der Witterung, vom Saattermin der Zwischenfrucht und der Saat der Folgekultur (Herbst/Frühjahr). Frühe Saattermine (Juli/Anfang August) bringen – bei Verwendung fotoperiodisch angepasster Arten und Sorten – hohe Erträge an qualitativ wertvoller Futtertrockenmasse. Eine frühe Aussaat führt außerdem zu dichten Beständen und dient damit dem Boden- und Gewässerschutz“ (Lütke Entrup, Bodner, Hotte, Kivelitz, & Laser, 2018). Durch den in den Fruchtfolgen



vorhandenen Winterraps wird bei einer Auswahl einer Zwischenfruchtmischung gezielt auf Bestandteile von Kreuzblütlern verzichtet, um z. B. einer Kohlhernie oder weiteren Fruchtfolgekrankheiten vorzubeugen. Ebenfalls vermeiden Zwischenfrüchte größtenteils, wie in vielen Literaturwerken schon genannt unter anderem Erosionsschäden, Auswaschungsverluste, Strukturschäden, Aufwuchs von Unkräutern und Nährstoffausgasungen zwischen dem Anbau zweier Hauptkulturen.

## 6. Fazit und Ausblick

Der Praxisversuch bzw. das „On-Farm-Experiment“ wurde zwischen den Hauptkulturen Winterraps und Winterweizen auf einem Ackerschlag in der niedersächsischen Elbmarsch angelegt. Für die Etablierung eines Sommerzwischenfruchtbestandes war eine Vegetationszeit von 59 Tagen gegeben. Beim Stoppelsturz wurde auf eine flache und ganzflächige Bodenbearbeitung Wert gelegt, um Ausfallraps bzw. Unkrautsamen zum Keimen anzuregen. Diese Methode zeigte anhand des Ausfallrapsaufwuchses hohe Wirkung. In dem Versuch war es wichtig bei beiden Bodenbearbeitungsmaschinen dieselbe Zugmaschine und denselben Fahrer einzusetzen, um externe Faktoren sowie verschiedene Schlepperkosten bzw. Schlepperleistungen und Bearbeitungstiefen auszuschließen. Im Versuch wurde deutlich, dass Zwischenfrüchte speziell dem Standort angepasst werden sollten. Ebenfalls sollte mit besten zur Verfügung stehenden Bearbeitungsmethoden gewirtschaftet werden, um eine Konservierung von überschüssigen Nährstoffen der Vorfrucht sowie eine Verringerung von Bodenerosionen, Nitratauswaschung (besonders über die folgenden Wintermonate), Wasserverdunstung u. a. hervorzurufen. Dabei darf die betriebswirtschaftliche Seite nicht außer Acht gelassen werden. Der Stoppelsturz wurde unter den Versuchs- und den betrieblichen Gegebenheiten mit Kosten von 52,72 €/ha bzw. 61,32 €/ha berechnet, wobei die Zinsen aufgrund von starken Schwankungen für eine Maschinenanschaffung vernachlässigt wurden. Hinsichtlich ihrer Arbeitsweisen und Aufbauten sowie Antriebe unterscheiden sich beide Maschinen enorm, dennoch haben beide das grundsätzliche Ziel des Stoppelsturzes erfüllt.

Bei der Kurzscheibeneggenvariante waren zwar einige Nachteile in der Bearbeitungsintensität, im Wachstum und der damit verbundenen Nährstoffspeicherung in der oberirdischen Trockenmasse der Pflanzen zu erkennen, jedoch ist sie durch eine höhere jährliche Auslastung, eine höhere Flächenleistung sowie einen geringeren Hektarpreis bei guten Bedingungen für einen Betrieb anhand der berechneten jährlichen bzw. der Gesamtkosten und den jährlichen Restwerten bei frühzeitiger Abschreibung wirtschaftlicher.

Die Celli Bodenfräse hingegen besitzt neben ihrem geringeren Anschaffungspreis und der geringeren jährlichen Abschreibung im Vergleich zur HE-VA Kurzscheibenegge einen



wesentlichen Vorteil anhand ihrer Nährstoffkonservierung in der oberirdischen Trockensubstanz der Versuchspflanzen. Auch im Bereich des ökologischen Landbaus sind durch solch eine Maschine in Hinblick auf den Verzicht der wendenden Bodenbearbeitung und der chemischen Unkrautbekämpfung gute Bodenbearbeitungsergebnisse und eine bessere Unkrautunterdrückung zu erwarten. Auf der anderen Seite lässt sich die Bodenfräse mit ihrer Arbeitsbreite von 5,6 m schlecht in ein CTF-Verfahren, welches meist im 3 m Raster angelegt wird, integrieren. Ebenfalls sind einige Flächen sowie einige neu in den Betrieb integrierte Flächen uneben, wodurch eine Bearbeitung mit der Celli Bodenfräse nicht den vollen Erfolg verspricht.

Beide Maschinen zeichnen sich durch ihre genannten Vor- und Nachteile im Stoppelsturz aus. Durch diesen Versuch wurde deutlich, dass auf der einen Seite der pflanzenbauliche Aspekt steht, welcher mit dem wirtschaftlichen Aspekt vereinbart werden muss, wodurch gleichzeitig und in Zukunft viel Wert auf Nachhaltigkeit und Ressourcenschonung gelegt werden sollte. Ebenfalls werden in Zukunft neben der Nitratauswaschung aus dem Boden bzw. der Nitratbelastung des Grundwassers auch der chemische Pflanzenschutzmitteleinsatz und die Düngung in der Gesellschaft weitere diskutierbare Themen sein.

Dem Betrieb Bauer Niederhoff empfehle ich weiterhin gezielt auf den Anbau von Zwischenfrüchten und Untersaaten zu setzen. Ebenfalls wäre es aufgrund der tonhaltigen Lehmböden in der Elbmarschregion, den meist engen Bodenbearbeitungszeitfenstern und dem erhöhten Leistungsbedarf der jeweiligen Bodenbearbeitungsmaschinen sinnvoll, eine kW/PS stärkere Zugmaschine, die sparsamer im Dieserverbrauch ist, für die vorhergesehenen Arbeiten zu benutzen. Bei der Auswahl einer geeigneten Bodenbearbeitungsmaschine würde ich dem Betrieb die Celli Tiger 280P-600 Bodenfräse im Rapsstoppelsturz aufgrund der geringeren Hektarkosten und der erhöhten Biomassebildung im Versuch empfehlen. Dennoch sollte sich nicht nur auf diese Maschine verlassen werden, sondern weitere Maschinen zur Absicherung insbesondere bei anderen Boden- und Witterungsverhältnissen in Betracht gezogen werden.

Abschließend lässt sich hervorheben, dass dieser Praxisversuch aufgrund von Witterungs-, Boden-, Bearbeitungs- und weiteren Umwelteinflüssen nicht standardisierbar ist.

## 7. Zusammenfassung

In dieser Bachelorarbeit wurden die Auswirkungen auf die Biomassebildung von Zwischenfrüchten beim Einsatz von Kurzscheibenegge und Bodenfräse untersucht. Dafür wurde ein „On-Farm-Experiment“ zwischen den Hauptkulturen Winterraps und Winterweizen auf zwei Versuchsparzellen angelegt. Des Weiteren wurden neben den Bearbeitungseigenschaften und Maschinenangeboten auch Ergebnisse aus den Wuchshöhen, Frisch- und Trockenmassen, Nmin. Untersuchungen sowie Pflanzen- und Bodenanalysen in die Gesamtbetrachtung mit einbezogen.

Neben den theoretischen Grundlagen und den Grundsätzen des Stoppelsturzes wurde gezielt auf die verschiedenen Bearbeitungsmethoden der beiden Maschinen und deren Auswirkungen auf die Etablierung eines Zwischenfruchtbestandes auf einem Standort in der niedersächsischen Elbmarsch eingegangen. In wöchentlichen Bonituren der Versuchsparzellen wurde die Wuchshöhe der Einzelpflanzen bestimmt und Besonderheiten notiert. Bei 106 mm/m<sup>2</sup> Niederschlag über eine Vegetationszeit von 59 Tagen wurden in diesem Versuch an diesem Standort umgerechnet ca. 25,415 kg/ha bzw. 63,973 kg/ha Gesamtstickstoff in der oberirdischen Trockensubstanz der ausgewählten Zwischenfruchtmischung und dem Ausfallraps konserviert. Ebenfalls wurde der Stoppelsturz in diesem Versuch und unter betrieblichen Gegebenheiten mit Kosten von 52,72 €/ha bzw. 61,32€/ha berechnet, wodurch sich ein Kostenvorteil von 8,60 €/ha für die Bodenfräse ergab.

Der Versuch zeigte, dass durch den Anbau von Zwischenfrüchten eine Konservierung von Nährstoffen stattfand und dadurch in Bezug auf die Nachhaltigkeit und die erhöhte Durchwurzelungstiefe weniger Nitrat aus dem Boden in das Grundwasser, über die folgenden Wintermonate, ausgewaschen werden kann. Ebenfalls konnte durch die ganzflächige Bodenbedeckung des Zwischenfruchtbestandes und des Ausfallrapses eine Bodenerosion durch Wind und Wasser verhindert werden. Weiterhin wurde die wirtschaftliche und maschinentypische Seite des Stoppelsturzes betrachtet, wobei die Celli Bodenfräse in diesem Versuch durch ihre Arbeitsweise und Arbeitsintensität unter den gegebenen Voraussetzungen einen wesentlichen Vorteil erlangen konnte. Die HE-VA Kurzscheibenegge hingegen hat zwar ein hohes Eigengewicht und ist somit gut an den Standort angepasst, aber mit der erhöhten organischen Masse nach dem Rapsdrusch kam selbst diese Maschine an die Grenze ihrer Bearbeitungsintensität. Trotzdem ließ sich mit beiden Maschinen bei einer längeren Anbaupause zwischen zwei Kulturen ein guter Zwischenfruchtbestand etablieren.

## Literaturverzeichnis

- Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung (BLE). (03. 01 2020). *Vorbeugende Maßnahmen zur Unkrautregulierung*. Von Mit Pflug und Hacke: <https://www.oekolandbau.de/landwirtschaft/pflanze/grundlagen-pflanzenbau/pflanzenschutz/beikrautregulierung/vorbeugende-massnahmen/abgerufen>
- Bundesfinanzministerium (Hrsg.). (15. 01 2021). *AfA-Tabelle für den Wirtschaftszweig "Landwirtschaft und Tierzucht"*. Von [https://www.bundesfinanzministerium.de/Content/DE/Standardartikel/Themen/Steuer\\_n/Weitere\\_Steuertemen/Betriebspruefung/AfA-Tabellen/AfA-Tabelle\\_Landwirtschaft-und-Tierzucht.html](https://www.bundesfinanzministerium.de/Content/DE/Standardartikel/Themen/Steuer_n/Weitere_Steuertemen/Betriebspruefung/AfA-Tabellen/AfA-Tabelle_Landwirtschaft-und-Tierzucht.html) abgerufen
- Christophel, D. (15. 12 2020). *Fachgerechte Probenahme für Bodenuntersuchungen*. Von Probenahme: <https://www.gb-christophel.de/agrar/probenahme/> abgerufen
- Deutsche Saatveredelung AG (Hrsg.). (15. 12 2020). *TERRALIFE® - AQUAPRO OHNE BUCHWEIZEN*. Von <https://www.dsv-saaten.de/sorte/1386> abgerufen
- Dienstleistungszentrum Ländlicher Raum (DLR) Rheinpfalz (Hrsg.). (15. 01 2021). *Stickstoff*. Von Nitrifikation: [http://www.hortipendium.de/Stickstoff#:~:text=Ammonium%20\(NH4%2B\)%20wird,die ser%20als%20Ammonium%20ged%C3%BCngt%20wird.](http://www.hortipendium.de/Stickstoff#:~:text=Ammonium%20(NH4%2B)%20wird,die ser%20als%20Ammonium%20ged%C3%BCngt%20wird.) abgerufen
- FK-Soehnchen (Hrsg.). (15. 01 2021). *www.fk-soehnchen.de*. Von FL 35 D (337 4416) rechts Flügelschar Lemken: <https://www.fk-soehnchen.de/landmaschinenteile/bodenbearbeitung/verschleissteile/fluegelschar/Fluegelschare-passend-zu-Lemken-Smaragd.html> abgerufen
- Fritz, A. (17. 01 2018). *Dieselpreise: Soviel kostet der Liter Diesel*. Von Aktuelle Dieselpreise nach Regionen: <https://www.agrarheute.com/management/finanzen/dieselpreise-soviel-kostet-liter-diesel-535240#:~:text=Die%20AMI%20ermittelt%20die%20Preise,f%C3%BCr%20mineralischen%20Diesel%20ab%20Zapfs%20A4ule.> abgerufen
- Fry, J. (04. 11 2020). *Versuch: Bodenleben ohne Pflug und Glyphosat*. Von Pfluglos hilft Mykorrhizapilzen: <https://www.agrarheute.com/pflanze/versuch-bodenleben-ohne-pflug-glyphosat-574649> abgerufen
- HE-VA (Hrsg.). (15. 12 2020). *www.he-va.com*. Von HE-VA Disc-Roller Contour: Folgt den Konturen des Feldes - Gleichmäßige Bodenbearbeitung auf der gesamten Arbeitsbreite: <https://www.he-va.com/de/produkte/stoppelbearbeitung/disc-roller-contour/> abgerufen
- Höner, G. (14. 07 2020). *Top Agrar Online*. Von Ein Grubber kann nur so viel wie sein Schar: <https://www.topagrar.com/technik/news/ein-grubber-kann-nur-so-viel-wie-sein-schar-12107354.html?test=direktbuchung> abgerufen

- Industrieverband Agrar e.V. (IVA) (Hrsg.). (17. 01 2021). *Werden Düngemittel in das Grundwasser ausgewaschen?* Von <https://www.iva.de/verband/pflanzenernaehrung/faq-haeufig-gestellte-fragen/naehrstoffverluste-durch-auswaschung/werden-duengemittel-das> abgerufen
- Kloepfer, F. (2002). *Bodenbearbeitung und Unkrautregulierung im Ökologischen Landbau - KTBL-Schrift 416*. Kassel: Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft e. V. (KTBL) Darmstadt.
- Kloepfer, F. (2007). *Grundboden- und Stoppelbearbeitung im ökologischen Landbau - KTBL-Heft 73*. Darmstadt: Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft e.V. (KTBL).
- Köller, K., & Hensel, O. (2019). *Verfahrenstechnik in der Pflanzenproduktion*. Stuttgart: Eugen Ulmer KG.
- Landerl, G. (2009). *Untersuchungen zum Nutzen und zu Genauigkeiten von GPS-gestützten Parallelfahrssystemen (Lenkhilfe, Lenkassistent und Lenkautomat) bei Traktoren*. Wien : Universität für Bodenkultur Wien. Von 2.3 Nutzen von Parallelfahrssystemen . abgerufen
- Landstahl (Hrsg.). (15. 01 2021). [www.landstahl.de](http://www.landstahl.de). Von Gänsefußschar 200 mm - Köckerling vgl. 504032: <https://www.landstahl.de/de/Grubber/Koeckerling/koeckerling-allrounder/Gaensefusschar210.html> abgerufen
- Landwirtschaftskammer Niedersachsen (Hrsg.). (15. 06 2017). *Mineralischer Stickstoffgehalt im Boden - Ernte-Nmin-Werte und Herbst-Nmin-Werte 2016*. Von Ernte-Nmin-Werte nach Raps: <https://www.lwk-niedersachsen.de/index.cfm/portal/77/nav/1667/article/29809.html> abgerufen
- Lorenz, F. (14. 04 2020). *Grundlage der Bodenfruchtbarkeit - die Kalkung*. Von Wo liegen optimale pH-Werte?: <https://www.bmel.de/DE/themen/landwirtschaft/pflanzenbau/bodenschutz/bodenfruchtbarkeit-kalkung-grundlagen.html> abgerufen
- Lütke Entrup, N. (2001). *Zwischenfrüchte im umweltgerechten Pflanzenbau*. Bonn: Auswertungs- und Informationsdienst für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten (aid) e.V.
- Lütke Entrup, N., Bodner, G., Hotte, S., Kivelitz, H., & Laser, H. (2018). *Zwischen- und Zweitfrüchte im Pflanzenbau*. Bonn: Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung.
- Meyer-Spasche, H. (2017). *Blattanalyse zur Aufklärung von Vitalitätstörungen*. Gerdau-Bohlsen.
- MR Landshut-Rottenburg e.V. (Hrsg.). (19. 01 2020). *Verrechnungssätze ab 2020*. Von [https://www.maschinenring.de/fileadmin/media/Lokale\\_Ringe/MR\\_Landshut-Rottenburg/MR\\_VSKZ-Liste\\_ab\\_2020.pdf](https://www.maschinenring.de/fileadmin/media/Lokale_Ringe/MR_Landshut-Rottenburg/MR_VSKZ-Liste_ab_2020.pdf) abgerufen
- Näser, D. (2020). *Regenerative Landwirtschaft*. Stuttgart: Eugen Ulmer KG.

Pflanzenforschung.de c/o Genius GmbH (Hrsg.). (17. 01 2021). *Stickstoffkreislauf*. Von <https://www.pflanzenforschung.de/de/pflanzenwissen/lexikon-a-z/stickstoffkreislauf-291> abgerufen

Sachs, L. (1993). *Statistische Methoden: Planung und Auswertung*. Berlin : Springer-Verlag.

Scheit, S. (28. 01 2021). *Falsche Einstellung und ihre Konsequenzen bei der Kurzscheibenegge*. Von <http://media.repro-mayr.de/85/151185.pdf> abgerufen

Thomas, F., Archambeaud, M., & Arsène, A. (2018). *Zwischenfrüchte in der Praxis: eine Anleitung zur Bewirtschaftung*. Berlin: Bayer Handelsvertretung.

## Eidesstattliche Erklärung

Ich, Christoph Radöhl, erkläre hiermit an Eides Statt, dass ich die vorliegende Bachelorarbeit mit dem Thema „Auswirkungen auf die Biomassebildung von Zwischenfrüchten beim Einsatz von Kurzscheibenegge und Bodenfräse im Stoppelsturz“ selbstständig und ohne Benutzung anderer als angegebenen Hilfsmittel angefertigt habe; die aus fremden Quellen direkt oder indirekt übernommenen Gedanken sind als solche kenntlich gemacht.

Die Arbeit wurde bisher in gleicher und ähnlicher Form keiner anderen Prüfungsbehörde vorgelegt und auch noch nicht veröffentlicht.

Name, Ort, Datum, Unterschrift

## A Anhang

### A1 Maschinenangebot HE-VA Disc-Roller Contour 6,5m

Hallo Herr Radöhl,

hier die von Ihnen angefragten Preise.

HE-VA Disc-Roller Contour 6,5m

- 510mm Sabre-Disc Scheiben
- 600mm V-Profilwalze
- Spring-Board
- Pendelstützräder 300/65-12
- Fahrwerk mit Bereifung 500/50-17
- Druckluftbremse
- LED-Beleuchtung
- Unterlenkeranhängung Kat 3

Listenpreis €62.441,- zzgl. Fracht & MwSt

(Marktpreis: €53.000,- zzgl. Fracht & MwSt)

Kosten Verschleissteile:

- Sabre-Disc 510x4mm €47,-/Stck. zzgl. MwSt
- Austauschlager €82,-/Stck. zzgl. MwSt

Bzgl. der Standzeiten der Sabre-Disc-Scheiben lassen sich keine allgemeingültigen Aussagen treffen, da diese von zu vielen Faktoren abhängen (Bodenverhältnisse, Häufigkeit von z.B. Steinen, Grad der Arbeitsaggressivität u.v.m.).

Mit freundlichen Grüßen / Venlig Hilsen / Best regards

**Tim Heinemann**  
Vertrieb

Mobil: +49 176 700 21 895

Mail: [th@he-va.com](mailto:th@he-va.com)





## A2 Maschinenangebot Celli Tiger 280P-600 Bodenfräse



Deindorf 1  
92533 Wernberg-Köblitz  
Tel: 09604-1086  
Fax: 09604-931653  
E-Mail: [info@agrarservice-haegler.de](mailto:info@agrarservice-haegler.de)  
[www.agrarservice-haegler.de](http://www.agrarservice-haegler.de)

Agrarservice Josef Hägler, Deindorf 1, 92533 Wernberg-Köblitz

Herr  
Christoph Radöhl  
Hauptstraße 68

19273 Stapel

Seite: 1  
Kunden Nr.: 11910  
Bearbeiter: Marion Hägler  
Steuernr.: 248 191 21490  
USt-IdNr.: DE199406947  
Datum: 18.11.2020

### Angebot Nr. 20438

Sehr geehrter Herr Radöhl,  
vielen Dank für Ihre Anfrage. Gerne unterbreiten wir Ihnen folgendes Angebot:

Pos	Menge	Text	Einzelpreis EUR	USt. %	Gesamtpreis EUR
1	1,00 Stück	Celli Tiger 280P-600 Bodenfräse, Arbeitsbreite 591cm, Maschinenbreite 616 cm -max. 280PS Schlepperleistung -Zapfwelle: 1000U/min mit 2 Stufen -seitlicher Zahnradantrieb -3 Punkt Anhängung Kat. 3 -Pendelnde Anhängung -Mittelspurlockerer -Heckklappe hydraulisch verstellbar -Winkelmesser 80x10mm  INKLUSIVE ZUSATZAUSSTATTUNG: -2 Paar vorderer Zwillingsstützräder (gesamt 8 Räder) Höhe: 58,5cm, Breite 26 cm pro Rad mit genauer Tiefeneinstellung mittels Kurbel -Gegenmesserträger -Verlängerter Dreipunktbau	32.545,00	16,00	32.545,00
2	1,00 Stück	Vordere Räumscheiben komplett	480,00	16,00	480,00
3	69,00 Stück	Winkelmesser 10mm RECHTS			
4	69,00 Stück	Winkelmesser 10mm LINKS			
Der zusätzliche Satz Winkelmesser hat einen Warenwert von 897,00€ netto zzgl. MwSt.					
Gesamt Netto					33.025,00
zzgl. 16,00 % USt. auf					5.284,00
<b>Gesamtbetrag</b>					<b>38.309,00</b>

zahlbar sofort, ohne Abzug

FRACHTKOSTEN WERDEN EXTRA VERRECHNET !

Angebot freibleibend

Ich würde mich freuen, wenn Ihnen das Angebot zusagt. Bei Fragen können Sie sich jederzeit melden.

Mit freundlichen Grüßen

Bankverbindungen: Raiffeisen im Naabtal  
IBAN: DE09750691710007129017  
BIC: GENODEF1SWD

Santander Bank Frankfurt  
IBAN: DE66500333001056597800  
BIC: SCFBDE33XXX

ÖKO-Kontrollnr.:  
DE-ÖKO-006



## A3 Auftragsformular: Blattanalyse zur Aufklärung von Vitalitätsstörungen

	<b>Landwirtschaftliche Pflanzenanalyse</b> <b>Labor Dr. Meyer-Spasche Boden Pflanze Wasser</b>	
Probenzugang	Labor Nr. von	bis
AuftragsNr.		

Labor Dr. Meyer-Spasche, 29581 Gerdau

..beauftragt das Labor Dr. Meyer-Spasche hiermit, die nachstehend aufgeführten Proben entsprechend den u.a. Angaben zu untersuchen.

Datum

Unterschrift Auftraggeber

### Blattanalyse zur Aufklärung von Vitalitätsstörungen.

#### Auftrag und Probenahme-Protokoll

Probenahme: .....		Probenehmer: .....		e-mail: .....	
.....		Kopie an e-mail: .....			
Nr.	Probenbezeichnung	EC-Stadium + Pflanzenart	G	Bemerkungen / Problem	
1					
2					
3					
4					
5					
6					
7					

#### Analysenumfang und Kosten

**G:** Grundpaket Pflanzenanalyse: N, P, K, Ca, Mg, S, B, Cu, Mn, Zn, Fe, Na, Al : 43,-€

**Z:** Zusatzuntersuchungen falls gewünscht: z. B. Nitrat 12,-€ oder auf Anfrage

Bitte in der Tabelle G oder G+Z eintragen; das EC-Entwicklungsstadium ist wichtig für die Bewertung.

#### Analysendauer: wöchentlicher Rhythmus; Ergebnislieferung + Rechnung Freitags per mail

Der Analysenreport enthält Vergleichswerte zur Bewertung und Einstufung.

Hinweise zur Probenahme siehe Rückseite.

**Abgabe der Proben** direkt beim **Labor Dr. Meyer-Spasche** in Bohlsen zu jeder Tageszeit möglich; Probenkisten am Büroeingang vorhanden.

Zahlungsbedingungen: zuzügl. MwSt und 14 Tage nach Rechnungseingang

© **Labor Dr. Meyer-Spasche** Boden Pflanze Wasser, Am Teeberg 5, 29581 Gerdau-Bohlsen

Tel. 05808 / 605 email: [labor@meyer-spasche.de](mailto:labor@meyer-spasche.de)

FBBlatt2017S12.doc 17.05.2017

Labor Dr. Meyer-Spasche

Boden Wasser Pflanze



Speziallabor für  
Pflanzenernährung

Am Teeberg 5

D 29581 Gerdau

[labor@meyer-spasche.de](mailto:labor@meyer-spasche.de)

### Hinweise zur Blattprobennahme

#### Mais

Je nach Entwicklungsstadium werden die mittleren Blätter oder die Kolbenblätter beprobt.

BBCH 28-59: ab ca. 50cm Wuchshöhe bis zur Blüte: mittlere Blätter

BBCH 61-69: ab der Blüte: Kolbenblätter

#### Kartoffeln

Knospenstadium bis Knollenbildung: junge, gerade vollentwickelte, ganze

Fiederblätter

#### Zuckerrübe

Ende Juni bis Ende August: Spreiten junger, gerade vollentwickelter Blätter

#### Getreide

bis Ährenschieben BBCH 28-45: gesamter Spross, 5 cm über dem Boden geschnitten

#### Raps

junge, gerade vollentwickelte Blätter

#### Beprobungsvarianten

a) eine Probe: repräsentativ für den ganzen Schlag: an ca. 10 Stellen über den Schlag verteilt

b) zwei Proben: gezielt ausgewählte gute und schlechte Stellen zum Vergleich untereinander

**Menge:** ca. 300 bis 500 g frische Blätter (eine gute Hand voll)

Zur Beachtung: nicht direkt nach einer Spritzung Proben entnehmen und die

Blätter nicht mit Erde verunreinigen.

#### Lagerung und Versand

Die Blätter in Papiertüten (nicht Kunststoffbeutel) füllen z. B. große Briefumschläge.

Der Versand kann dann direkt in diesen Briefumschlägen oder bei mehreren im Karton erfolgen.

Falls die Blätter regennass sein sollten, bitte mit Papiertüchern trockentupfen.

Wenn Proben von verschiedenen Terminen gesammelt werden sollen,

ist das möglich, wenn sie dabei trocknen können und nicht schimmeln.

## A4 Prüfberichte LUFA Nord-West

## Institut für Boden und Umwelt

Finkenbörner Weg 1A  
31787 Hameln  
http://www.lufa-nord-west.de

Dr. Christina Neuhaus  
Telefon: (05151) 987124  
Telefax: (05151) 987111  
christina.neuhaus@lufa-nord-west.de



Herrn

Christoph Radöhl  
Hauptstraße 68  
19273 Stapel

## Prüfbericht

Kunden-Nr.: 50186484  
Auftrags-Nr.: 2285516  
Beginn der Prüfung: 30.09.2020  
Ende der Prüfung: 06.10.2020  
Probenehmer: Auftraggeber

Datum: 06.10.2020

Seite 1 von 1

Probenart: Boden  
Anzahl Proben: 2

Probenahme am: 28.09.2020

Berichts-Version: 1

**Nutzungsarten:**  
A = Acker  
W = Grünland  
G = Garten  
F = Forst  
O = Obstbau  
X = Sonstige

**Gehaltsklassen:**  
A = sehr niedrig  
B = niedrig  
C = **anzustreben**  
D = hoch  
E = sehr hoch  
F = extrem hoch

Proben-Nr.	Schlagbezeichnung	Nutzungsart	Bodenart (Gruppe)	Kalk pH-Wert		Phosphor (P) mg in 100g, bei Moor in 100 ml Boden CAL	Kalium (K) mg in 100g, bei Moor in 100 ml Boden CAL	Magnesium (Mg) mg in 100g, bei Moor in 100 ml Boden CaCl <sub>2</sub>	Weitere Untersuchungen	
				anzustreben	festgestellt					
20BN034914	1. Probe Kasel-Biofräse	A	(h) t'L	6,4-7,2	6,7 C	7,1 C	16,3 C	10,4 D	Kohlenstoff (Corg.)	1,67 %
									Gesamt-Stickstoff (N)	0,19 %
									C/N-Verhältnis	9
									Humusgehalt	2,9 %
20BN034915	2. Probe Kasel-Karzscheib.	A	(h) t'L	6,4-7,2	6,7 C	6,3 C	12,4 C	14,0 D	Kohlenstoff (Corg.)	1,96 %
									Gesamt-Stickstoff (N)	0,22 %
									C/N-Verhältnis	9
									Humusgehalt	3,4 %

Durchschrift an:

Rechnungsempfänger: Christoph Radöhl, 19273 Stapel

Dr. Christina Neuhaus  
Laborleiterin

Dieser Prüfbericht wurde maschinell erstellt und ist ohne Unterschrift gültig.

Bemerkungen: Folgeauftrag zu Auftrag-Nr.: 2285505

Die Untersuchungsergebnisse beziehen sich auf das uns vorliegende Probenmaterial. Dieser Prüfbericht darf nur vollständig ohne unsere schriftliche Genehmigung vervielfältigt bzw. weitergegeben werden.

Gehaltsklassen gemäß Richtlinie der LUFA Niedersachsen.

Methoden: Bodenart = VOLLUFA I 0 2.1, 1997 (Fingerprobe) bzw. C 2.2.1, 2012 (MS); pH = VOLLUFA I A 5.1.1, 2016 (CaCl<sub>2</sub>) bzw. DIN ISO 10390: 2005 (pH<sub>25</sub>); P und K = VOLLUFA I A 6.2.1.1, 2012 (CAL) bzw. A 6.2.1.2, 1991 (DL); Mg = VOLLUFA I A 6.2.4.1, 1991 (CaCl<sub>2</sub>); Na, Cu, Mn, B, Zn und S = VOLLUFA I A 6.4.1, 2002 (CAT); C org. und Humus = VOLLUFA I A 4.1.3.2, 2016; N gas. = DIN EN 15168: 2012-11; Kaliboden = VOLLUFA I A 5.2.1, 1991 bzw. A 5.2.2, 2002;  $\rho_b$  = Untersuchung erfolgt in Feldlabor;  $\rho_b$  = unterliegt nicht der Akkreditierung. Die Akkreditierung gilt für den in der Urkunde angegebene D-PL 14152-01-00 festgelegten Umfang.

LUFA NORD-WEST: Ein Unternehmen der Landwirtschaftskammer Niedersachsen • Sitz: 26121 Oldenburg • Jägerstraße 23-27

# Institut für Boden und Umwelt

Finkenborner Weg 1A  
31787 Hameln  
<http://www.lufa-nord-west.de>



LUFA Nord-West • Finkenborner Weg 1A • 31787 Hameln

Herrn  
Christoph Radöhl  
Hauptstraße 68  
19273 Stapel

## Ihre Ansprechpartnerin:

Dr. Christina Neuhaus  
Telefon: (05151) 987124  
Telefax: (05151) 987111  
E-Mail: [christina.neuhaus@lufa-nord-west.de](mailto:christina.neuhaus@lufa-nord-west.de)

## Prüfbericht

Hameln, 01.10.2020

Seite 1 von 1

Kunden-Nr.: 50186484  
Auftrags-Nr.: 2285505  
Berichts-Version: 1  
Einsender:

Eingangsdatum: 30.09.2020  
Untersuchungsbeginn: 30.09.2020  
Untersuchungsende: 01.10.2020

Probenart: Boden

Probenehmer: Auftraggeber

Probenahmedatum: 28.09.2020

Probenahmeort:

Durchschrift an:

## Ergebnisse der Bodenuntersuchung auf Nmin / Smin

Labor-Nr.	Schicht	TS	Roh-	NO <sub>3</sub> -N	NH <sub>4</sub> -N	SO <sub>4</sub> -S	NO <sub>3</sub> -N	NH <sub>4</sub> -N	SO <sub>4</sub> -S
20BN...	(cm)	%	dichte	mg/kg	mg/kg	mg/kg	kg/ha	kg/ha	kg/ha
			kg/l	TS	TS	TS			
Schlagbezeichnung:	1. Probe Kasel-Biofräse								
Haupt-/Vorfrucht:	Raps/Gerste								
034914	0 - 30	82,74	1,4	2,09	< 0,25	-	9	1	-
Summe Nmin / Smin							10		

Dr. Christina Neuhaus  
Laborleiterin

Dieser Prüfbericht wurde maschinell erstellt und ist ohne Unterschrift gültig.

In den Proben 20BN034914 und 20BN034915 sind weitere Untersuchungen in Arbeit. Diese Ergebnisse werden Ihnen in einem gesonderten Prüfbericht mitgeteilt.

„<...“ = Der Wert ist kleiner als die nebenstehende untere Grenze des Arbeitsbereichs.

Die Untersuchungsergebnisse beziehen sich auf das uns vorliegende Probenmaterial. Dieser Prüfbericht darf nur vollständig und unverändert weiterverbreitet werden. Abweichende Vorgehensweisen bedürfen der schriftlichen Genehmigung der LUFA Nord-West. Die Akkreditierung gilt für den in der Urkundenanlage D-PL-14165-01-00 festgelegten Umfang. Die Bodenproben wurden feucht extrahiert. Mikrowellengetrocknete Rückstellmuster werden 2 Monate lang aufbewahrt.  
Methoden: Trockensubstanz = VDLUFA I, A 2.1.1; 1991 (nicht akkreditiert). Rohdichte, NO<sub>3</sub>-N, NH<sub>4</sub>-N = VDLUFA I, A 6.1.4.1; 2002. SO<sub>4</sub>-S = VDLUFA I, A 6.3.1; 2016.

LUFA NORD-WEST: Ein Unternehmen der Landwirtschaftskammer Niedersachsen • Sitz: 26121 Oldenburg • Jägerstraße 23-27



# Institut für Boden und Umwelt

Finkenborner Weg 1A  
31787 Hameln  
<http://www.lufa-nord-west.de>



LUFA Nord-West • Finkenborner Weg 1A • 31787 Hameln

Herrn  
Christoph Radöhl  
Hauptstraße 68  
19273 Stapel

## Ihre Ansprechpartnerin:

Dr. Christina Neuhaus  
Telefon: (05151) 987124  
Telefax: (05151) 987111  
E-Mail: [christina.neuhaus@lufa-nord-west.de](mailto:christina.neuhaus@lufa-nord-west.de)

## Prüfbericht

Hameln, 01.10.2020

Seite 1 von 1

Kunden-Nr.: 50186484  
Auftrags-Nr.: 2285505  
Berichts-Version: 1  
Einsender:

Eingangsdatum: 30.09.2020  
Untersuchungsbeginn: 30.09.2020  
Untersuchungsende: 01.10.2020

Probenart: Boden

Probenehmer: Auftraggeber

Probenahmedatum: 28.09.2020

Probenahmeort:

Durchschrift an:

Ergebnisse der Bodenuntersuchung auf Nmin / Smin										
Labor-Nr.	Schicht	TS	Roh-	NO <sub>3</sub> -N	NH <sub>4</sub> -N	SO <sub>4</sub> -S	NO <sub>3</sub> -N	NH <sub>4</sub> -N	SO <sub>4</sub> -S	
20BN...	(cm)	%	dichte	mg/kg	mg/kg	mg/kg	kg/ha	kg/ha	kg/ha	
			kg/l	TS	TS	TS				
Schlagbezeichnung:	2. Probe Kasel-Karzscheib.									
Haupt-/Vorfrucht:	Raps/Gerste									
034915	0 - 30	80,75	1,4	5,58	< 0,25	-	23	1	-	
Summe Nmin / Smin								24		

Dr. Christina Neuhaus  
Laborleiterin

Dieser Prüfbericht wurde maschinell erstellt und ist ohne Unterschrift gültig.


In den Proben 20BN034914 und 20BN034915 sind weitere Untersuchungen in Arbeit. Diese Ergebnisse werden Ihnen in einem gesonderten Prüfbericht mitgeteilt.

„<...“ = Der Wert ist kleiner als die nebenstehende untere Grenze des Arbeitsbereichs.


Die Untersuchungsergebnisse beziehen sich auf das uns vorliegende Probenmaterial. Dieser Prüfbericht darf nur vollständig und unverändert weiterverbreitet werden. Abweichende Vorgehensweisen bedürfen der schriftlichen Genehmigung der LUFA Nord-West. Die Akkreditierung gilt für den in der Urkundenanlage D-PL-14165-01-00 festgelegten Umfang. Die Bodenproben wurden feidfeucht extrahiert. Mikrowellengeetrocknete Rückstellmuster werden 2 Monate lang aufbewahrt.  
Methoden: Trockensubstanz = VDLUFA I, A 2.1.1; 1991 (nicht akkreditiert). Rohdichte, NO<sub>3</sub>-N, NH<sub>4</sub>-N = VDLUFA I, A 6.1.4.1; 2002. SO<sub>4</sub>-S = VDLUFA I, A 6.3.1; 2016.

LUFA NORD-WEST: Ein Unternehmen der Landwirtschaftskammer Niedersachsen • Sitz: 26121 Oldenburg • Jägerstraße 23-27

## A5 Pflanzenanalysen Labor Dr. Meyer-Spasche

Prüfbericht Nr. 32727					
	Auftrag			Speziallabor für Pflanzenernährung	
	Pflanzenanalyse zur Diagnose der Ernährung			Labor Dr. Meyer-Spasche <a href="mailto:labor@meyer-spasche.de">labor@meyer-spasche.de</a>	
Auftraggeber	Klaus Niederhoff Landwirtschaft Hauptstr. 31 19273 Stapel				
Probenbezeichnung	Kasel-Kurzscheibenegge, Raps und Zwischenfrucht				
Pflanze und EC	Raps, EC 15				
Probenherkunft	angeliefert				
Probenehmer	C. Radóhl 28.09.2020	Bearbeiter	IM, MB, BM, MS		
Probeneingang	01.10.2020	Bearbeitungsstelle	09.10.2020		
Labor Nr.	15160	Bearbeitungsort	Labor Bohlßen		
Nährstoffgehalte	TM	Messwert		Bedeutung für Ertrag	Referenzwerte EC 53-54
Gesamtstickstoff N	%	2.0		**	4.200 - 5.500
Phosphor P	%	0.36		**	0.40 - 0.74
Kalium K	%	1.5		**	2.30 - 4.80
Calcium Ca	%	2.4		**	1.30 - 3.20
Magnesium Mg	%	0.24		**	0.18 - 0.36
Schwefel S	%	0.72		**	0.45 - 0.90
Bor B	mg/kg	22		**	15.0 - 50.0
Kupfer Cu	mg/kg	7.0		-	10.0 - 20.0
Mangan Mn	mg/kg	29		*	30.0 - 150.0
Zink Zn	mg/kg	24		-	20.0 - 80.0
Eisen Fe	mg/kg	74			
Natrium Na	mg/kg	325			
Aluminium	mg/kg	25			
Trockensubstanz TS	%				
Chlorid Cl	mg/kg				
Nitrat NO <sub>3</sub>	mg/kg				
N/S		2.8			< 15
Cu/N		3.5			> 1.4
Methoden nach DIN, EN, ISO und VdLFA, Gesamtgehalte HNO <sub>3</sub> /H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> -Hochdruckaufschluß, N-Elementaranalyse DIN EN ISO 11885 VdLFA Methodenbuch. Konzentrationsangaben bezogen auf die Trockenprobe, TM					
Quellen Referenzwerte für Optimalbereich:					
1. König, Zorn et al., Die Pflanzenanalyse zur Diagnose des Ernährungszustandes von Kulturpflanzen, 2003					
2. Bergmann, Ernährungsstörungen bei Kulturpflanzen, 1993					
Bedeutung für Ertrag bzw. Bedarf an Dünger: ** hoch, * mittel, - weniger wichtig					
Erläuterung Markierung: (Ampelfarben)		Mangel oder Überschuß			
im Vergleich zu Referenzwerten		im Grenzbereich +/- 20 %			
ohne Markierung: Bewertung noch nicht gesichert		optimal			
Verhältniszahlen (N/S): zusätzliche wichtige Beurteilung, unabhängig von der absoluten Gehaltshöhe					
Referenz: Raps, Blatt, Stadium: Knospe klein					
EC hier außerhalb der Referenzwerte; ein Vergleich ist eingeschränkt.					
Bewertung:					
Empfehlung:					

Prüfbericht Nr. 32727

	Auftrag		Speziallabor für Pflanzenernährung	
	Pflanzenanalyse		Labor Dr. Meyer-Spasche	
		zur Diagnose der Ernährung		<a href="mailto:labor@meyer-spasche.de">labor@meyer-spasche.de</a>
Auftraggeber	Klaus Niederhoff Landwirtschaft Hauptstr. 31 19273 Stapel			
Probenbezeichnung	Kasel- Biofräse, Raps und Zwischenfrucht			
Pflanze und EC	Raps, EC 15			
Probenherkunft	angeliefert			
Probenehmer	C. Radöhl 28.09.2020	Bearbeiter	IM, MB, BM, MS	
Probeneingang	01.10.2020	Bearbeitungsende	09.10.2020	
Labor Nr.	15159	Bearbeitungsort	Labor Bohlsen	
Nährstoffgehalte	TM	Messwert	Bedeutung für Ertrag	Referenzwerte EC 53-54
Gesamtstickstoff N	%	3.7	**	4.200 - 5.500
Phosphor P	%	0.48	**	0.40 - 0.74
Kalium K	%	3.0	**	2.30 - 4.80
Calcium Ca	%	1.9	**	1.30 - 3.20
Magnesium Mg	%	0.31	**	0.18 - 0.36
Schwefel S	%	0.80	**	0.45 - 0.90
Bor B	mg/kg	21	**	15.0 - 50.0
Kupfer Cu	mg/kg	11	-	10.0 - 20.0
Mangan Mn	mg/kg	43	*	30.0 - 150.0
Zink Zn	mg/kg	40	-	20.0 - 80.0
Eisen Fe	mg/kg	102		
Natrium Na	mg/kg	1465		
Aluminium	mg/kg	24		
Trockensubstanz TS	%			
Chlorid Cl	mg/kg			
Nitrat NO <sub>3</sub>	mg/kg			
N/S		4.6		< 15
Cu/N		3.0		> 1.4
Methoden nach DIN, EN, ISO und VdLFA, Gesamtgehalte HNO <sub>3</sub> /H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> -Hochdruckaufschluß, N-Elementaranalyse DIN EN ISO 11885 VdLFA Methodenbuch, Konzentrationsangaben bezogen auf die Trockenprobe, TM				
Quellen Referenzwerte für Optimalbereich:				
1. König, Zorn et al., Die Pflanzenanalyse zur Diagnose des Ernährungszustandes von Kulturpflanzen, 2003				
2. Bergmann, Ernährungsstörungen bei Kulturpflanzen, 1993				
Bedeutung für Ertrag bzw. Bedarf an Dünger: ** hoch, * mittel, - weniger wichtig				
Erläuterung Markierung: (Ampelfarben)		Mangel oder Überschuß		
im Vergleich zu Referenzwerten		im Grenzbereich +/- 20 %		
ohne Markierung: Bewertung noch nicht gesichert		optimal		
Verhältniszahlen (N/S): zusätzliche wichtige Beurteilung, unabhängig von der absoluten Gehaltshöhe				
Referenz: Raps, Blatt, Stadium: Knospe klein				
EC hier außerhalb der Referenzwerte; ein Vergleich ist eingeschränkt.				
Bewertung:				
Empfehlung:				