



OG Rhizofrei

Hochwertige Technik und Ökologischer Landbau

Ein innovatives Verfahren zur Kontrolle von
Rhizoctonia solani im Kartoffelbau

Abschlussbericht

Dr. Christian Bruns und Dr. Christian Höing

Witzenhausen, im Mai 2022



Europäischer Landwirtschaftsfonds für
die Entwicklung des ländlichen Raums:
Hier investiert Europa
in die ländlichen Gebiete.



Hessen nimmt an der
Europäischen Innovations-
partnerschaft (EIP) teil.



Impressum

Hauptverantwortlicher der OG

Universität Kassel, Fachbereich Ökologische Agrarwissenschaften, Fachgebiet Ökologischer Land- und Pflanzenbau

Dr. Christian Bruns

Nordbahnhofstraße 1A

37213 Witzenhausen

Tel.: ++ 49 5542 981543

E-Mail: ch.bruns@uni-kassel.de

Für die Förderung zuständige ELER-Verwaltungsbehörde:

Hessisches Ministerium für Umwelt, Klimaschutz,

Landwirtschaft und Verbraucherschutz

- ELER-Verwaltungsbehörde -

Referat VII 6

Mainzer Straße 80

65189 Wiesbaden

E-Mail: eler@umwelt.hessen.de

Internet: www.eler.hessen.de

Bildnachweise Titelblatt

Ines Reinisch

Inhalt

1	Vorhabenplanung.....	1
1.1	Erläuterung der Situation zu Vorhabenbeginn.....	1
1.2	Aufgabenstellung und Zielformulierung des Vorhabens.....	2
1.3	Arbeitsplan	2
2	Verlauf des Vorhabens	5
3	Ergebnisse und Zielerreichung	9
3.1	Arbeitspaket 1 - Kompostierung und Kompostherstellung.....	9
3.2	Arbeitspaket 2 Maschinen Entwicklung	14
3.2.1	Stand der Technik.....	14
3.2.2	Entwicklungen zu Prototypen kombinierter Kompostapplikations- Kartoffelpflanzmaschinen - Vorarbeiten	14
3.2.3	Material und Methoden – Prototyp kombinierter Kompostapplikations- Kartoffelpflanzmaschinen mit Kratzbodenbunker – Entwicklung im Projekt „Rhizofrei“	18
3.2.4	Ergebnisse und Diskussion Prototyp kombinierter Kompostapplikations- Kartoffelpflanzmaschinen mit Kratzbodenbunker – Projekt „Rhizofrei“	21
3.2.5	Ausblick und Fazit	29
3.3	Arbeitspaket 2 Feldversuche	29
3.3.1	Material und Methoden	29
3.3.2	Ergebnisse und Diskussion	30
3.3.3	Ausblick und Fazit	49
3.4	Arbeitspaket 3, 4 und 5	49
3.5	Beitrag der Ergebnisse zu den förderpolitischen Zielen.....	50
3.6	Erreichung der Ziele des Vorhabens.....	51
4	Ergebnisverwertung, Kommunikation und Verstetigung.....	53
4.1	Nutzen der Ergebnisse für die Praxis.....	53
4.2	(Geplante) Verwertung/Verbreitung und Nutzung der Ergebnisse	53
4.3	Wirtschaftliche und wissenschaftliche Anschlussfähigkeit	54
5	Zusammenarbeit in der Operationellen Gruppe (OG)	54
5.1	Zusammensetzung und Gestaltung der Zusammenarbeit	54
5.2	Mehrwert des Formats einer OG	56
5.3	Weitere Zusammenarbeit	56
6	Verwendung der Zuwendung.....	57
7	Schlussfolgerungen und Ausblick	57
8	Literaturverzeichnis.....	58

Abbildungs- und Tabellenverzeichnis

Abbildung 1: Temperaturverläufe der Kompostierungsphase 2018 für Komposte, die für die Versuche 2019 hergestellt worden sind.....	10
Abbildung 2: Erster Prototyp einer kombinierten Kompostapplikations-Kartoffelpflanzmaschine der Universität Kassel aus dem Jahr 2009. (Bohne et al, 2011)	15
Abbildung 3: Modifikation des ersten Prototyps durch die Firma Grimme. Der Kompostbunker wurde vergrößert und die Maschine wurde auf vier reihige Arbeitsweise erweitert (Van Woudenberg, 2019).	16
Abbildung 4: Modifikation des Furchenziehers durch die Firma Grimme. Links: der Furchenzieher des ersten Prototyp der Universität Kassel (Bohne et al., 2011). Rechts: Der Furchenzieher mit verlängerten Leitblechen nach der Modifikation durch die Firma Grimme (Block, 2014).	16
Abbildung 5: Die veränderten Rührwellen im von Firma Grimme modifizierten Prototyps können die Brückenbildung des Kompostes nicht verhindern. (Block 2014)	17
Abbildung 6: Der zweite Prototyp einer kombinierten Kompostapplikations-Kartoffelpflanzmaschine mit einem Kippbunker. Die Maschine wurde von Firma Grimme konstruiert und gebaut. Firma Grimme stellte diesen Prototypen auf der Agritechnica 2013 unter dem Namen „CompoStar“ vor. (Block, 2014)	18
Abbildung 7: Die sieben Schritte des Konstruktionsprozesses (eigene Grafik nach VDI Richtlinie 2221).	19
Abbildung 8: Befüllen der Maschine mit Kompost durch einen Teleskoplader. (van Woudenberg 2019).....	20
Abbildung 9: Auffangen des Kompostes bei der Messung der Querverteilung. (van Woudenberg, 2019).....	20
Abbildung 10: Stichproben, Längsverteilungsmessung (van Woudenberg, 2019).	21
Abbildung 11: Linke Seite: Der dritte Prototyp der kombinierten Kompostapplikations-Kartoffelpflanzmaschine. Rechte Seite: Detailansicht des Kratzbodens mit Kettengeführten Kratzbodenleisten zum Transport des Materials zur Dosiereinheit.....	22
Abbildung 12: linke Seite – Dosiersystem mit Förderschnecke (Van Woudenberg, 2019). Rechte Seite – Auslaufrutschen zur Positionierung des Kompost in der Furche (Van Woudenberg, 2019).	22
Abbildung 13: Grafische Darstellung der Messung der Querverteilung des vom Prototyp mit Kratzbodenbunker applizierten Kompost.	23
Abbildung 14: Mit Langlöchern auf die Auslassdreh Schnecke verschraubte Leitbleche zur Lenkung des Kompoststroms (Van Woudenberg 2019).....	24
Abbildung 15: Grafische Darstellung der Messung der Querverteilung des applizierten Kompostes nach den Umbauten am Prototyp.	25
Abbildung 16: Messung der Längsverteilung des applizierten Kompostes durch den umgebauten Prototyp mit Kratzbodenbunker.	26
Abbildung 17: Neue Lenkbleche zur Korrektur des Kompost-Volumenstroms zu Verbesserung der Querverteilung.	27
Abbildung 18: Grafische Darstellung der Querverteilung nach erneuter Verbesserung der Leitbleche.....	28
Abbildung 19: Grafische Darstellung der Querverteilung bei Verwendung verschiedener Kompostarten.....	28

Tabelle 1: Erster Zeitplan des Aktionsplans zur Antragstellung aus dem Jahr 2016 (GANTT Chart)	3
Tabelle 2: Zeit - und Arbeitsplan sowie Meilensteinplanung des aktualisierten Aktionsplanes aus dem August 2017 (rot gefärbte Balken zeigen die absolvierten Abschnitte, in blau gekennzeichnete sind nicht erfolgt bzw. abgeändert).....	7
Tabelle 3: Qualität der erzeugten Komposte aus den Kompostierungsphasen 2016 und 2017 nach dem RAL Gütezeichen 251 (Bundesgütegemeinschaft Kompost) im Vergleich zu den Richtwerten der Bioabfall Verordnung bzw. der Anbauverbände Bioland und Naturland -Teil 1 (in rot Richtwertüberschreitungen)	11
Tabelle 4: Qualität der erzeugten Komposte aus den Kompostierungsphasen 2016 und 2017 nach dem RAL Gütezeichen 251 (Bundesgütegemeinschaft Kompost) im Vergleich zu den Richtwerten der Bioabfall Verordnung bzw. der Anbauverbände Bioland und Naturland -Teil 2.....	12
Tabelle 5: Qualität der erzeugten Komposte aus den Kompostierungsphasen 2018 nach dem RAL Gütezeichen 251 (Bundesgütegemeinschaft Kompost) im Vergleich zu den Richtwerten der Bioabfall Verordnung bzw. der Anbauverbände Bioland und Naturland	13
Tabelle 6: Ergebnis der Messung der Querverteilung.....	23
Tabelle 7: Veränderungen an Prototyp 4 nach Status-Quo-Analyse.	24
Tabelle 8: Ergebnis der Messung der Querverteilung nach Umbau des Prototyps mit Kratzbodenbunker.....	25
Tabelle 9: Ergebnis der Messung der Querverteilung nach erneuter Verbesserung der Leitbleche....	28
Tabelle 10: Ergebnis der Messung der Querverteilung bei Applikation verschiedener Kompostarten	28
Tabelle 11: Überblick zu den verwendeten Kartoffel-Sorten, Infektionsstufen von <i>R. solani</i> (Prozent Oberflächenbefall mit Sklerotien), Anzahl der Komposte und der Feldreplikate in den Feldversuchen der Jahre 2016, 2018 und 2019, die auf den drei landwirtschaftlichen Betrieben verwendet worden sind.	30
Tabelle 12: Anteil des Befalls mit <i>R. solani</i> (% Oberflächenbefall Sclerotien) auf Erntegut (Sorten Nicola) in Abhängigkeit von Infektionsstärke, Kompostapplikation und Standort (DFH = Domäne Frankenhausen) (arith. Mittel; n = 6) im Jahr 2016.....	31
Tabelle 13: Anteil des Erntegutes mit Befall von $\leq 1\%$ Oberflächenbesatz an Sclerotien von <i>R. solani</i> in Abhängigkeit von Infektionsstärke, Kompostapplikation und Standort (DFH = Domäne Frankenhausen) (arith. Mittel; n = 6) im Jahr 2016.....	31
Tabelle 14: Anteil des Erntegutes mit deformierten Knollen in Abhängigkeit von Infektionsstärke, Kompostapplikation und Standort (DFH = Domäne Frankenhausen) (arith. Mittel; n = 6) im Jahr 2016.	32
Tabelle 15: Anteil des Erntegutes mit DryCore-Symptomen in Abhängigkeit von Infektionsstärke, Kompostapplikation und Standort (DFH = Domäne Frankenhausen) (arith. Mittel; n = 6) im Jahr 2016.	32
Tabelle 16: Kartoffel Erträge (dt/ha) in Abhängigkeit von Infektionsstufe und Komposteinsatz auf der Domäne Frankenhausen im Jahr 2016 (n = 6).....	33
Tabelle 17: Kartoffel Erträge (dt/ha) in Abhängigkeit von Infektion Stufe und Komposteinsatz auf der Domäne Marienborn im Jahr 2016 (n = 6)	33
Tabelle 18: Kartoffel Erträge (dt/ha) in Abhängigkeit von Infektion Stufe und Komposteinsatz auf dem Betrieb Rudert im Jahr 2016 (n = 6)	34
Tabelle 19: Anteil des Befalls mit <i>R. solani</i> (% Oberflächenbefall Sclerotien) auf Erntegut (Sorte Nicola) in Abhängigkeit von Infektionsstärke, Kompostapplikation (Kompostart und Rottealter; G = GrünGut-Kompost, B = BioGut-Kompost, B/G = Mischungen aus BioGut-und GrünGut-Kompost 1:1) und	

Standort (DFH = Domäne Frankenhausen) (arith. Mittel; n = 4) im Jahr 2018. (Jahreszahlen zeigen das Jahr des Kompostierungsbeginn; Ziffern bezeichnen die Kompostierungsphase im jeweiligen Jahr bzw. das Rottealter bei Versuchseinsatz: 2016-2 18 Monate alt, 2017-1 9 Monate alt, 2017-2 6 Monate alt) 35

Tabelle 20: Anteil des Erntegutes mit Befall von $\leq 1\%$ Oberflächenbesatz an Sclerotien von *R. solani* (Sorte Nicola) in Abhängigkeit von Infektionsstärke, Kompostapplikation (Kompostart und Rottealter; G = GrünGut-Kompost, B = BioGut-Kompost, B/G = Mischungen aus BioGut-und GrünGut-Kompost 1:1) und Standort (DFH = Domäne Frankenhausen) (arith. Mittel; n = 4) im Jahr 2018. (Jahreszahlen zeigen das Jahr des Kompostierungsbeginn; Ziffern bezeichnen die Kompostierungsphase im jeweiligen Jahr bzw. das Rottealter bei Versuchseinsatz: 2016-2 18 Monate alt, 2017-1 9 Monate alt, 2017-2 6 Monate alt)..... 35

Tabelle 21: Anteil des Erntegutes mit Befall DryCore Symptomen von *R. solani* (Sorte Nicola) in Abhängigkeit von Infektionsstärke, Kompostapplikation (Kompostart und Rottealter; G = GrünGut-Kompost, B = BioGut-Kompost, B/G = Mischungen aus BioGut-und GrünGut-Kompost 1:1) und Standort (DFH = Domäne Frankenhausen) (arith. Mittel; n = 4) im Jahr 2018. (Jahreszahlen zeigen das Jahr des Kompostierungsbeginn; Ziffern bezeichnen die Kompostierungsphase im jeweiligen Jahr bzw. das Rottealter bei Versuchseinsatz: 2016-2 18 Monate alt, 2017-1 9 Monate alt, 2017-2 6 Monate alt) 36

Tabelle 22: Anteil des Erntegutes mit deformierten Knollen aufgrund von Befall mit *R. solani* (Sorte Nicola) in Abhängigkeit von Infektionsstärke, Kompostapplikation (Kompostart und Rottealter; G = GrünGut-Kompost, B = BioGut-Kompost, B/G = Mischungen aus BioGut- und GrünGut-Kompost 1:1) und Standort (DFH = Domäne Frankenhausen) (arith. Mittel; n = 4) im Jahr 2018. (Jahreszahlen zeigen das Jahr des Kompostierungsbeginn; Ziffern bezeichnen die Kompostierungsphase im jeweiligen Jahr bzw. das Rottealter bei Versuchseinsatz: 2016-2 18 Monate alt, 2017-1 9 Monate alt, 2017-2 6 Monate alt)..... 37

Tabelle 23: Anteil des Befalls mit *R. solani* (% Oberflächenbefall Sclerotien) auf Erntegut (Sorte Nicola) in Abhängigkeit von Infektionsstärke, Kompostapplikation (Kompostart und Rottealter; G = GrünGut-Kompost, B = BioGut-Kompost, B/G = Mischungen aus BioGut- und GrünGut-Kompost 1:1) und Standort (Domäne Marienborn) (arith. Mittel; n = 4) im Jahr 2018. ((Jahreszahlen zeigen das Jahr des Kompostierungsbeginn; Ziffern bezeichnen die Kompostierungsphase im jeweiligen Jahr bzw. das Rottealter bei Versuchseinsatz: 2016-2 18 Monate alt, 2017-1 9 Monate alt, 2017-2 6 Monate alt).. 37

Tabelle 24: Anteil des Befalls mit *R. solani* (% Oberflächenbefall Sclerotien) auf Erntegut (Sorte Nicola) in Abhängigkeit von Infektionsstärke, Kompostapplikation (Kompostart und Rottealter; G = GrünGut-Kompost, B = BioGut-Kompost, B/G = Mischungen aus BioGut- und GrünGut-Kompost 1:1) und Standort (Betrieb Rudert) (arith. Mittel; n = 4) im Jahr 2018. (Jahreszahlen zeigen das Jahr des Kompostierungsbeginn; Ziffern bezeichnen die Kompostierungsphase im jeweiligen Jahr bzw. das Rottealter bei Versuchseinsatz: 2016-2 18 Monate alt, 2017-1 9 Monate alt, 2017-2 6 Monate alt).. 38

Tabelle 25: Kartoffel-Roh-Erträge (dt/ha) in Abhängigkeit von Infektionsstärke, Kompostapplikation (Kompostart und Rottealter; G = GrünGut-Kompost, B = BioGut-Kompost, B/G = Mischungen aus BioGut-und GrünGut-Kompost 1:1) und Standort (DFH = Domäne Frankenhausen) (arith. Mittel; n = 4) im Jahr 2018. Linke Spalten: in dt/ha rechte Spalten: Relativerträge - Kontrolle = 100. (Jahreszahlen zeigen das Jahr des Kompostierungsbeginn; Ziffern bezeichnen die Kompostierungsphase im jeweiligen Jahr bzw. das Rottealter bei Versuchseinsatz: 2016-2 18 Monate alt, 2017-1 9 Monate alt, 2017-2 6 Monate alt)..... 39

Tabelle 26: Kartoffel-Markt-Erträge (dt/ha) in Abhängigkeit von Infektionsstärke, Kompostapplikation (Kompostart und Rottealter; G = GrünGut-Kompost, B = BioGut-Kompost, B/G = Mischungen aus BioGut-und GrünGut-Kompost 1:1) und Standort (DFH = Domäne Frankenhausen) (arith. Mittel; n =

4) im Jahr 2018. (Jahreszahlen zeigen das Jahr des Kompostierungsbeginn; Ziffern bezeichnen die Kompostierungsphase im jeweiligen Jahr bzw. das Rottealter bei Versuchseinsatz: 2016-2 18 Monate alt, 2017-1 9 Monate alt, 2017-2 6 Monate alt).....	39
Tabelle 27: Bereinigte Kartoffel-Markt-Erträge (dt/ha) in Abhängigkeit von Infektionsstärke, Kompostapplikation (Kompostart und Rottealter; G = GrünGut-Kompost, B = BioGut-Kompost, B/G = Mischungen aus BioGut-und GrünGut-Kompost 1:1) und Standort (DFH = Domäne Frankenhausen) (arith. Mittel; n = 4) im Jahr 2018. (Jahreszahlen zeigen das Jahr des Kompostierungsbeginn; Ziffern bezeichnen die Kompostierungsphase im jeweiligen Jahr bzw. das Rottealter bei Versuchseinsatz: 2016-2 18 Monate alt, 2017-1 9 Monate alt, 2017-2 6 Monate alt).....	40
Tabelle 28: Kartoffel-Roh-Erträge (dt/ha) in Abhängigkeit von Infektionsstärke, Kompostapplikation (Kompostart und Rottealter; G = GrünGut-Kompost, B = BioGut-Kompost, B/G = Mischungen aus BioGut-und GrünGut-Kompost 1:1) und Standort (Gut Marienborn) (arith. Mittel; n = 4) im Jahr 2018. (Jahreszahlen zeigen das Jahr des Kompostierungsbeginn; Ziffern bezeichnen die Kompostierungsphase im jeweiligen Jahr bzw. das Rottealter bei Versuchseinsatz: 2016-2 18 Monate alt, 2017-1 9 Monate alt, 2017-2 6 Monate alt).....	40
Tabelle 29: Bereinigte Kartoffel-Markt-Erträge (dt/ha) in Abhängigkeit von Infektionsstärke, Kompostapplikation (Kompostart und Rottealter; G = GrünGut-Kompost, B = BioGut-Kompost, B/G = Mischungen aus BioGut-und GrünGut-Kompost 1:1) und Standort (Betrieb Rudert) (arith. Mittel; n = 4) im Jahr 2018. (Jahreszahlen zeigen das Jahr des Kompostierungsbeginn; Ziffern bezeichnen die Kompostierungsphase im jeweiligen Jahr bzw. das Rottealter bei Versuchseinsatz: 2016-2 18 Monate alt, 2017-1 9 Monate alt, 2017-2 6 Monate alt).....	41
Tabelle 30: Anteil des Befalls mit <i>R. solani</i> (% Oberflächenbefall Sclerotien) auf Erntegut (Sorte Carolus) in Abhängigkeit von Infektionsstärke, Kompostapplikation (Kompostart: GG = GrünGut-Kompost, BG = BioGut-Kompost, BGG = Mischungen aus BioGut-und GrünGut-Kompost 1:1; GWIZ = Grüngut_Kompost Praxisanlage) und Standort (DFH = Domäne Frankenhausen) (arith. Mittel; n = 4) im Jahr 2019.....	42
Tabelle 31: Anteil des Erntegutes mit Befall von $\leq 1\%$ Oberflächenbesatz an Sclerotien von <i>R. solani</i> (Sorte Carolus) in Abhängigkeit von Infektionsstärke, Kompostapplikation (Kompostart: GG = GrünGut-Kompost, BG = BioGut-Kompost, BGG = Mischungen aus BioGut-und GrünGut-Kompost 1:1; GWIZ = Grüngut_Kompost Praxisanlage) und Standort (DFH = Domäne Frankenhausen) (arith. Mittel; n = 4) im Jahr 2019	42
Tabelle 32: Anteil des Erntegutes mit Befall von DryCore Symptomen von <i>R. solani</i> (Sorte Carolus) in Abhängigkeit von Infektionsstärke, Kompostapplikation (Kompostart: GG = GrünGut-Kompost, BG = BioGut-Kompost, BGG = Mischungen aus BioGut-und GrünGut-Kompost 1:1; GWIZ = Grüngut_Kompost Praxisanlage) und Standort (DFH = Domäne Frankenhausen) (arith. Mittel; n = 4) im Jahr 2019.....	42
Tabelle 33: Anteil des Erntegutes mit deformierten Knollen aufgrund von Befall mit <i>R. solani</i> (Sorte Carolus) in Abhängigkeit von Infektionsstärke, Kompostapplikation (Kompostart: GG = GrünGut-Kompost, BG = BioGut-Kompost, BGG = Mischungen aus BioGut-und GrünGut-Kompost 1:1; GWIZ = Grüngut_Kompost Praxisanlage) und Standort (DFH = Domäne Frankenhausen) (arith. Mittel; n = 4) im Jahr 2019	43
Tabelle 34: Anteil des Befalls mit <i>R. solani</i> (% Oberflächenbefall Sclerotien) auf Erntegut (Sorte Carolus) in Abhängigkeit von Infektionsstärke, Kompostapplikation (Kompostart: GG = GrünGut-Kompost, BG = BioGut-Kompost, BGG = Mischungen aus BioGut-und GrünGut-Kompost 1:1; GWIZ = Grüngut_Kompost Praxisanlage) und Standort (Domäne Marienborn) (arith. Mittel; n = 4) im Jahr 2019.....	43
Tabelle 35: Anteil des Erntegutes mit Befall von $\leq 1\%$ Oberflächenbesatz an Sclerotien von <i>R. solani</i> (Sorte Carolus) in Abhängigkeit von Infektionsstärke, Kompostapplikation (Kompostart: GG = GrünGut-Kompost, BG = BioGut-Kompost, BGG = Mischungen aus BioGut-und GrünGut-Kompost 1:1; GWIZ =	

Grüngut_Kompost Praxisanlage) und Standort (Domäne Marienborn) (arith. Mittel; n = 4) im Jahr 2019	44
Tabelle 36 Anteil des Erntegutes mit Befall von DryCore Symptomen von <i>R. solani</i> (Sorte Carolus) in Abhängigkeit von Infektionsstärke, Kompostapplikation (Kompostart: GG = GrünGut-Kompost, BG = BioGut-Kompost, BGG = Mischungen aus BioGut-und GrünGut-Kompost 1:1; GWIZ = Grüngut_Kompost Praxisanlage) und Standort (Domäne Marienborn) (arith. Mittel; n = 4) im Jahr 2019.....	44
Tabelle 37: Anteil des Erntegutes mit deformierten Knollen aufgrund von Befall mit <i>R. solani</i> (Sorte Carolus) in Abhängigkeit von Infektionsstärke, Kompostapplikation (Kompostart: GG = GrünGut-Kompost, BG = BioGut-Kompost, BGG = Mischungen aus BioGut-und GrünGut-Kompost 1:1; GWIZ = Grüngut_Kompost Praxisanlage) und Standort (Domäne Marienborn) (arith. Mittel; n = 4) im Jahr 2019	44
Tabelle 38: Anteil des Befalls mit <i>R. solani</i> (% Oberflächenbefall Sclerotien) auf Erntegut (Sorte Carolus) in Abhängigkeit von Infektionsstärke, Kompostapplikation (Kompostart: GG = GrünGut-Kompost, BG = BioGut-Kompost, BGG = Mischungen aus BioGut-und GrünGut-Kompost 1:1; GWIZ = Grüngut_Kompost Praxisanlage) und Standort (Betrieb Rudert) (arith. Mittel; n = 4) im Jahr 2019	45
Tabelle 39: Anteil des Erntegutes mit Befall von $\leq 1\%$ Oberflächenbesatz an Sclerotien von <i>R. solani</i> (Sorte Carolus) in Abhängigkeit von Infektionsstärke, Kompostapplikation (Kompostart: GG = GrünGut-Kompost, BG = BioGut-Kompost, BGG = Mischungen aus BioGut-und GrünGut-Kompost 1:1; GWIZ = Grüngut_Kompost Praxisanlage) und Standort (Betrieb Rudert) (arith. Mittel; n = 4) im Jahr 2019 ...	45
Tabelle 40: Anteil des Erntegutes mit Befall von DryCore Symptomen von <i>R. solani</i> (Sorte Carolus) in Abhängigkeit von Infektionsstärke, Kompostapplikation (Kompostart: GG = GrünGut-Kompost, BG = BioGut-Kompost, BGG = Mischungen aus BioGut-und GrünGut-Kompost 1:1; GWIZ = Grüngut_Kompost Praxisanlage) und Standort (Betrieb Rudert) (arith. Mittel; n = 4) im Jahr 2019	45
Tabelle 41: Anteil des Erntegutes mit deformierten Knollen aufgrund von Befall mit <i>R. solani</i> (Sorte Carolus) in Abhängigkeit von Infektionsstärke, Kompostapplikation (Kompostart: GG = GrünGut-Kompost, BG = BioGut-Kompost, BGG = Mischungen aus BioGut-und GrünGut-Kompost 1:1; GWIZ = Grüngut_Kompost Praxisanlage) und Standort (Betrieb Rudert) (arith. Mittel; n = 4) im Jahr 2019 ...	46
Tabelle 42: Kartoffel-Roh-Erträge (dt/ha)) in Abhängigkeit von Infektionsstärke, Kompostapplikation (Kompostart: GG = GrünGut-Kompost, BG = BioGut-Kompost, BGG = Mischungen aus BioGut-und GrünGut-Kompost 1:1; GWIZ = Grüngut_Kompost Praxisanlage) und Standort (DFH = Domäne Frankenhausen) (arith. Mittel; n = 4) im Jahr 2019. Linke Spalten: in dt/ha rechte Spalten: Relativerträge - Kontrolle = 100	46
Tabelle 43: Marktfähige Erträge von Kartoffeln (dt/ha)) in Abhängigkeit von Infektionsstärke, Kompostapplikation (Kompostart: GG = GrünGut-Kompost, BG = BioGut-Kompost, BGG = Mischungen aus BioGut-und GrünGut-Kompost 1:1; GWIZ = Grüngut_Kompost Praxisanlage) und Standort (DFH = Domäne Frankenhausen) (arith. Mittel; n = 4) im Jahr 2019. Linke Spalten: in dt/ha rechte Spalten: Relativerträge - Kontrolle = 100	47
Tabelle 44: Bereinigte Marktware von Kartoffeln (dt/ha)) in Abhängigkeit von Infektionsstärke, Kompostapplikation (Kompostart: GG = GrünGut-Kompost, BG = BioGut-Kompost, BGG = Mischungen aus BioGut-und GrünGut-Kompost 1:1; GWIZ = Grüngut_Kompost Praxisanlage) und Standort (DFH = Domäne Frankenhausen) (arith. Mittel; n = 4) im Jahr 2019. Linke Spalten: in dt/ha rechte Spalten: Relativerträge - Kontrolle = 100	47
Tabelle 45: Kartoffel-Roh-Erträge (dt/ha)) in Abhängigkeit von Infektionsstärke, Kompostapplikation (Kompostart: GG = GrünGut-Kompost, BG = BioGut-Kompost, BGG = Mischungen aus BioGut-und GrünGut-Kompost 1:1; GWIZ = Grüngut_Kompost Praxisanlage) und Standort (Domäne Marienborn) (arith. Mittel; n = 4) im Jahr 2019. Linke Spalten: in dt/ha rechte Spalten: Relativerträge - Kontrolle = 100.....	47

Tabelle 46: Marktfähige Ware von Kartoffeln (dt/ha) in Abhängigkeit von Infektionsstärke, Kompostapplikation (Kompostart: GG = GrünGut-Kompost, BG = BioGut-Kompost, BGG = Mischungen aus BioGut-und GrünGut-Kompost 1:1; GWIZ = Grüngut_Kompost Praxisanlage) und Standort (Domäne Marienborn) (arith. Mittel; n = 4) im Jahr 2019. Linke Spalten: in dt/ha rechte Spalten: Relativerträge - Kontrolle = 100	48
Tabelle 47: Bereinigte Marktware von Kartoffeln (dt/ha) in Abhängigkeit von Infektionsstärke, Kompostapplikation (Kompostart: GG = GrünGut-Kompost, BG = BioGut-Kompost, BGG = Mischungen aus BioGut-und GrünGut-Kompost 1:1; GWIZ = Grüngut_Kompost Praxisanlage) und Standort (Domäne Marienborn) (arith. Mittel; n = 4) im Jahr 2019. Linke Spalten: in dt/ha rechte Spalten: Relativerträge - Kontrolle = 100	48
Tabelle 48: Kartoffel-Roh-Erträge (dt/ha) in Abhängigkeit von Infektionsstärke, Kompostapplikation (Kompostart: GG = GrünGut-Kompost, BG = BioGut-Kompost, BGG = Mischungen aus BioGut-und GrünGut-Kompost 1:1; GWIZ = Grüngut_Kompost Praxisanlage) und Standort (Betrieb Rudert) (arith. Mittel; n = 4) im Jahr 2019. Linke Spalten: in dt/ha rechte Spalten: Relativerträge - Kontrolle = 100	48
Tabelle 49: Marktfähige Ware (dt/ha) in Abhängigkeit von Infektionsstärke, Kompostapplikation (Kompostart: GG = GrünGut-Kompost, BG = BioGut-Kompost, BGG = Mischungen aus BioGut-und GrünGut-Kompost 1:1; GWIZ = Grüngut_Kompost Praxisanlage) und Standort (Betrieb Rudert) (arith. Mittel; n = 4) im Jahr 2019. Linke Spalten: in dt/ha rechte Spalten: Relativerträge - Kontrolle = 100	49
Tabelle 50: Bereinigte Marktware (dt/ha) in Abhängigkeit von Infektionsstärke, Kompostapplikation (Kompostart: GG = GrünGut-Kompost, BG = BioGut-Kompost, BGG = Mischungen aus BioGut-und GrünGut-Kompost 1:1; GWIZ = Grüngut_Kompost Praxisanlage) und Standort (Betrieb Rudert) (arith. Mittel; n = 4) im Jahr 2019. Linke Spalten: in dt/ha rechte Spalten: Relativerträge - Kontrolle = 100	49

Zusammenfassung / Abstract

Für die Pflanzgutproduktion im ökologischen Kartoffelanbau stellt die Wurzeltöterkrankheit, die durch *Rhizoctonia solani* verursacht wird, ein gravierendes Problem dar. Eine direkte Kontrollmöglichkeit der Krankheit ist nicht vorhanden. Die Operationelle Gruppe „Rhizofrei“ (offizieller Name: OG Kompost gegen *Rhizoctonia*) hatte sich das Ziel gesetzt, ein Innovationsverfahren für die Praxis aus der Kombination simultaner Kompostapplikation und Kartoffelpflanzung zu entwickeln. Dabei sollten die sogenannten suppressiven Effekte der Komposte dazu beitragen, den Krankheitserreger zu kontrollieren.

Die Herstellung der Komposte (Biogut-/Grüngutkomposte) wurde auf Modell- und Praxislevel konzipiert und überprüft. Die Verfahren können, mit wenigen Abstrichen, unter Praxisbedingungen auf Kompostanlagen durchgeführt werden. Einzuhalten sind Materialauswahl, Rottezeiten sowie Temperatur- und Feuchtigkeitsverhältnisse, damit die positiv wirkenden mikrobiellen Bedingungen sichergestellt sind.

Das Monitoring der Kompost-Wirkungen mit qualitativ hochwertigen Komposten ergab in Feld- und Demonstrationsversuchen positive Ergebnisse. Insgesamt wurde in den meisten Fällen der Sklerotienbesatz im Erntegut reduziert. Damit ergab sich eine deutliche Steigerung im Anteil gesunder Knollen (bis zu einem Besatz von Sklerotien < 1% der Knollen Oberfläche). Beide Effekte bedingen vielfach eine Steigerung des Marktertrags um durchschnittlich etwa 10-15 %.

Als technische Lösung wurde ein Maschinen-Prototyp für eine Kombination aus Pflanzmaschine und Kratzbodenbunker mit entsprechenden Ausbringungsaggregaten für den Kompost konstruiert, die eine gleichmäßige Quer- und Längsverteilung der Komposte zulassen.

Damit konnten zwar wesentliche Lücken für die Realisation des Gesamtverfahren geschlossen werden, eine vollständige Integration in die Praxis aber ließ sich im Rahmen der Projektlaufzeit nicht verwirklichen, da sich der Landmaschinenhersteller aus wirtschaftlichen Erwägungen entschlossen hat, die Maschine nicht in ein Serienmodell zu überführen. An einer Fortsetzung der Entwicklungen und damit weiteren Verwertung der Projektergebnisse wird aber gearbeitet.

For seedling production in organic potato production, root-killing disease caused by *Rhizoctonia solani* is a serious problem. There is no direct control option for the disease. The Operational Group "Rhizofrei" (official name: OG Kompost gegen *Rhizoctonia*) had set itself the goal of developing an innovative method for practical application from the combination of simultaneous compost application and potato planting. The so-called suppressive effects of the composts should help to control the pathogen.

The production of the composts (biosolids/green manure composts) was designed and tested on a model and practical level. The procedures can, with a few exceptions, be carried out under practical conditions on composting plants. Material selection, rotting times as well as temperature and moisture conditions have to be observed in order to ensure the positive microbial conditions.

Monitoring of compost effects with high quality composts showed positive results in field and demonstration trials. Overall, the sclerotia incidence in the crop was reduced in most cases. This resulted in a significant increase in the proportion of healthy tubers (down to a stocking of sclerotia < 1% of the tuber surface). In many cases, both effects result in an increase in market yield of about 10-15% on average.

As a technical solution, a machine prototype was constructed for a combination of a planter and a scraper-bunker with corresponding spreading aggregates for the compost, which allow a uniform transverse and longitudinal distribution of the compost.

Although this allowed essential gaps to be closed for the realization of the overall process, complete integration into practice could not be realized within the framework of the project duration, since the agricultural machinery manufacturer decided not to transfer the machine to a series model for economic reasons. However, work is underway to continue the developments and thus further exploit the project results.

1 Vorhabenplanung

1.1 Erläuterung der Situation zu Vorhabenbeginn

Ausgangssituation und Problembeschreibung

Für die Pflanzgutproduktion im ökologischen Kartoffelanbau stellt die Wurzeltöterkrankheit, die durch den Pilz *Rhizoctonia solani* verursacht wird, ein gravierendes Problem dar. Für einen optimalen Kartoffelanbau im ökologischen Landbau, bei dem ohne chemische Substanzen zur Kontrolle der Pflanzenkrankheiten gearbeitet wird, ist die beste Pflanzgutqualität daher von großer Bedeutung. Eine direkte Kontrollmöglichkeit der Krankheit ist im ökologischen Landbau nicht vorhanden, sondern nur ein Zusammenspiel von Pflanzenbau und vorsorgendem systemimmanentem Pflanzenschutz ist erfolgversprechend. In vorangegangenen Forschungen an der Universität Kassel ist in Zusammenarbeit mit der Industrie ein innovatives Verfahren konzipiert worden, das durch die Kombination von gleichzeitiger Kompostapplikation und Kartoffelpflanzung einen hohen Schutz für die Mutter- und Tochterknollen gewährleistet, da komposteigene, sogenannte suppressive Effekte den Krankheitserreger kontrollieren können.

Seit 2006 sind an der Universität Kassel dazu eine Vielzahl von Untersuchungen durchgeführt worden, die als Lösungsansatz die Kontrolle von *Rhizoctonia solani* mittels einer Reihenapplikation von Komposten zum Inhalt hatte (Schulte-Geldermann 2008, Bruns et al. 2009, Bohne et al. 2011, Bruns et al., unveröffentlichte Daten 2009 - 2015). Modell- und Praxiskomposte aus Grüngut bzw. aus Mischungen von Grüngut und Biogut wurden in Feldversuchen erfolgreich getestet. Der Kompost wird als Reihenapplikation gleichzeitig zum Pflanzen in die Furche eingebracht, so dass die Mutterknolle und das sich entwickelnde Wurzelsystem im Kompost eingebettet sind. Insbesondere die Weiterverbreitung von Infektionen, die auf der Mutterknolle bestehen, konnten damit sehr gut eingeschränkt werden. Unter Feldbedingungen führte die Maßnahme zu signifikanten Ergebnissen in Bezug auf alle Symptome mit Wirkungsgraden von 30-50 %. Im Mittel über die Versuche wurden zu 20 % höhere Anteil an Marktware mit Modellkomposten erzielt, mit reinen Praxiskomposten etwas geringere Werte (10 %). In nur 2 von 15 Versuchen kam es zu keinen positiven Wirkungen der Komposte, wobei dies auf Jahreseffekte und auf starke bodenbürtige Belastungen zurückzuführen sein dürfte (Schulte-Geldermann, et al., 2009; Bruns, unveröffentlichte Daten 2009 - 2015).

Diese Ergebnisse führten in einer intensiven Zusammenarbeit mit der Fa. Grimme (Damme) zum Bau eines ersten Versuchsmusters für eine Kartoffellegemaschine mit Kompostbunker und Applikationsaggregaten. Seit 2009 sind 3 Prototypen erprobt und optimiert worden (Siehe Kapitel 3.2). Die Fachpresse hatte dazu berichtet und das Interesse in der Praxis ist hoch (Bohne et al., 2011, Bohne et al., 2013). Die Versuche wurden auch vom niedersächsischen Landwirtschaftsministerium sowie durch Züchterfirmen und den Handel unterstützt.

Zur optimalen Umsetzung und Einführung des Verfahrens und der erforderlichen Technik und Logistik zwischen Kompostwirtschaft und Landwirtschaft war ein systematisches, verfahren-begleitendes Vorhaben notwendig, was idealerweise im Rahmen eines EIP-Agri Projektes mit hoher Breitenwirkung verwirklicht werden kann. Als wesentliches Problem stellte sich für die Einführung des Gesamtverfahrens eine reibungslose Verknüpfung aller Einzelkomponenten dar. Während gewissermaßen die „software“ (Kompostwirkungen) und „hardware“ (Maschine zur Ausbringung) prinzipiell vorhanden war und nur noch eine vergleichsweise geringe Optimierung erforderte, war die „orgware“ als Kette „vom Kompostrohmaterial zum geeigneten Endprodukt bis zum Feldrand“ sowie „vom Feldrand über die Einbringung großer, praxisrelevanter Kompostmengen bei der Pflanzung bis zur Ernte gesunder Knollen“ und

das Zusammenspiel der verschiedenen Funktionsträger bisher nicht detailliert erprobt und bewertet. Das Vorhaben „Rhizofrei“ hatte daher zum Ziel, diese Lücken zu schließen und sich insbesondere der Frage nach ausreichenden Qualitäten auf dem Level kommerzieller Kompostanlagen zu widmen, die gesamte Logistikkette zu überprüfen und der Praxis damit ein umfassenderes Bild zur Funktionstüchtigkeit des Gesamtverfahrens zu vermitteln und entscheidende Anstöße zur Implementierung zu geben.

1.2 Aufgabenstellung und Zielformulierung des Vorhabens

Auf Basis der positiven Ergebnisse, die sich in den Vorarbeiten ergeben hatten, wurde es als realistisch angesehen, dass der 2-geteilte Lösungsansatz „Kompost-Reihenapplikation zur Kontrolle von *R. solani*“ und „kombiniertes Ausbringungs- und Pflanzverfahren“ auf dem Weg in die landwirtschaftliche Praxis entscheidend vorangebracht werden könne. Eine Etablierung des Verfahrens zur Kontrolle von *R. solani* und Sicherstellung der Funktionsfähigkeit der Verfahrensschritte sollte durch folgende Teilziele umgesetzt werden:

- Kompostherstellung auf Modell- und Praxislevel in Abhängigkeit von örtlichen Gegebenheiten und Anforderungen; Etablierung einer Kompostkette (z. B. Rottealter der Komposte, Mengen und spezifischen Qualitätsanforderungen)
- Monitoring der Wirkungen mittels Feld- und Demonstrationsversuchen
- Optimierung der Logistikkette und Ausbringungstechnologie
- Demonstration des Gesamtverfahrens (Öffentlichkeitsarbeit)

Die spezifischen technischen Ziele wurden als komplementär zur Zielsetzung einer OG in Hinsicht auf die Steigerung der Wertschöpfung im ökologischen Kartoffelanbau durch die Einführung eines Kontrollverfahrens gegenüber *R. solani* angesehen.

1.3 Arbeitsplan

Die im ersten Aktionsplan ursprünglich geplante und bewilligte Laufzeit des Projektes erstreckte sich von Anfang des Jahres 2016 bis Ende Ende März 2018. Das Arbeitsprogramm gliederte sich in 5 Arbeitspakete. Während im 1. Jahr der Vergleich zwischen Modellkomposten und Praxiskomposten einen hohen Stellenwert einnehmen und die Verfahren ggf. angepasst werden sollten, war für das 2. Jahr eine Optimierung und Validierung des Verfahrens vorgesehen. Eingerahmt werden sollte dies mit Aktivitäten zum Wissenstransfer werden, um alle Gruppenmitglieder in dem Diskussionsprozess aktiv zu beteiligen (siehe GANTT Chart in Tabelle 1 und Meilensteinliste).

Tabelle 1: Erster Zeitplan des Aktionsplans zur Antragstellung aus dem Jahr 2016 (GANTT Chart)

Jahr	2016												2017												2018																		
Monat	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3																
Arbeitspaket/Aufgabe																																											
AP 1. Herstellung Komposte																																											
Kompostierung Praxisanlagen	■																■																										
Kompostierung Modell	■																■																										
Monitoring																																											
Analysen																																											
Meilensteine/Feedback					M1								M2								M3																						
AP 2. Feldversuche					■																				■																		
Dokumentation der Wachstums- und Krankheitsentwicklung													■																				■										
Technisches Monitoring des kombinierten Pflanz- und Ausbringungsverfahrens					■												■																										
Analysen/Bonituren /Ernten																																											
Meilensteine/Feedback					M1								M2								M3				M4				M5				M6										
AP3. Demonstrations- und Feldtage																																											
Feldtage													■																■														
Meilensteine/Feedback													M1																M2														
AP4. Wintertagungen/Abschlusstagung																	■																■										
Meilensteine/Feedback																					M1																M2						
AP 5. Dokumentation, Daten																																											
Analysen, Berichte, Austausch zwischen den Beteiligten																																											
OG Gruppentreffen																																											
Datenanalyse													■																				■										
Zwischenbericht																	■																										
Bericht																													■														
Meilensteine	M1								M2				M3				M4								M5				M6				M7										

 entscheidende Meilensteine/Feedbackpunkte

Meilensteinliste des ersten Aktionsplans für die operationelle Gruppe

- AP1-M1: Komposte hergestellt und ausgeliefert (April 2016);
- AP1-M2: Feedback wird erhalten zur weiteren Spezifizierung des Verfahrens und zur Materialauswahl (Oktober 2016), Verknüpfung zu AP2-M2.
- AP1-M3: Komposte hergestellt und ausgeliefert (April 2017)

AP2-M1: Anlage von Feldversuchen für Vegetation 2016 erfolgt (April 2016), Datenerfassung zur Funktionsfähigkeit Pflanzmaschine abgeschlossen.

AP2-M2: Feldversuche abgeschlossen, Feedbackschleife zu AP1-M2: Kompostwirkungen verifiziert, Infos bzgl. möglicher Modifikation von Materialauswahl und ggf. Verfahrens-Modifikation für die Kompostierung erfolgt.

AP2-M3: Daten-Analyse und Auswertung Vegetation 2016 abgeschlossen

AP2-M4: Anlage von Feldversuchen erfolgt,

AP2-M5: Ökonomische Analyse begonnen,

AP2-M6 Daten-Analyse und Auswertung Vegetation 2017 abgeschlossen

AP3-M1: Feldtag 2016 erfolgt;

AP3-M2: Feldtag 2017 erfolgt (Integration DLG Öko Feldtag)

AP4-M1: Wintertagung o.ä. 2017 erfolgt;

AP4-M2: Abschlusstagung 2018 erfolgt

AP5-M1 : Auftakttreffen erfolgt,

AP5-M2: Gruppentreffen erfolgt, Feedback zw. AP1-M2 und AP2-M2 erfolgt,

AP5-M3: Datenanalyse Vegetation 2016 abgeschlossen,

AP5-M4: Daten 2016 in Gruppentreffen diskutiert und in Zwischenbericht eingebunden,

AP5-M5: Gruppentreffen erfolgt, Revue Saison 2017,

AP5-M6: Datenanalyse Vegetation 2017 abgeschlossen, Vorbereitung Abschlusstagung eingeleitet,

AP5-M7: Abschlussbericht verfasst.

In der nachfolgenden Kurzfassung der Arbeitspakete sind deren wesentliche Ziele und Arbeitsschritte zusammengefasst.

Arbeitspaket 1: Herstellung der Komposte

Ziel des Arbeitspaketes war

- a) die Identifizierung eines oder mehrerer erfolgreicher, gut wirksamer Kompostmaterialien, die in den kommerziellen Kompostierungsanlagen ohne große Probleme bzgl. des Betriebsablaufes hergestellt werden können und damit verbunden
- b) die Erstellung von Rezepturen für Materialzusammensetzung und Verfahrensspezifika sowie
- c) die Ermittlung der ökonomischen Rahmenbedingungen und Eckdaten für die Herstellung der Komposte.

Das Arbeitspaket sollte auf der Kompost Anlage der Domäne Frankenhausen (Modellkompostierung), in Zusammenarbeit mit den Vogteier-Kompostwerken sowie der WEAG durchgeführt werden (Pilotkompostierung).

Arbeitspaket 2: Feldversuche

Ziele des Arbeitspaketes waren

- a) Nachweis und Einordnung der Kompostwirkungen zur Kontrolle von *Rhizoctonia solani* in den Feldversuchen,
- b) Demonstration der Logistikkette,
- c) Nachweis der Funktionsfähigkeit der Pflanzmaschine mit Kompost-Aggregaten, und
- d) der Generierung von ökonomischen Rahmendaten.

Die Durchführung der Feldversuche sollte in der Verantwortung der Universität Kassel mit Beteiligung der landwirtschaftlichen Betriebe Hessische Staatsdomänen Frankenhausen und Hofgut Marienborn sowie Betrieb Ottmar Rudert in Liebenau durchgeführt werden.

Arbeitspaket 3: Demonstrations- und Feldtage

Ziel dieses Arbeitspaketes war die Information der Fachöffentlichkeit mit Demonstrationen der Maschine bzw. des Gesamtverfahrens bei Veranstaltungen.

Arbeitspaket 4: Wintertagungen

In Form von Wintertagungen in Zusammenarbeit mit den Ökoanbauverbänden sollten zusammenfassend die Ergebnisse aus dem Projekt Landwirt*innen präsentiert und mit ihnen diskutiert werden.

Arbeitspaket 5: Dokumentation, Daten-Analysen, Berichte, Austausch zwischen den Beteiligten

Der Austausch zwischen den Beteiligten in Form von Gruppentreffen oder Videokonferenzen sowie die Abfassung der Datenanalysen und fälligen Berichte war Inhalt des Arbeitspakets.

2 Verlauf des Vorhabens

Entsprechend der Aufgabenstellung aus den Arbeitspaketen ergaben sich die Methoden und Arbeitsbeiträge der OG Mitglieder. Insgesamt konnte der Arbeitsplan in seinen sachlichen Zielen und Schritten zu ganz großen Teilen ausgeführt werden wie bei der Antragstellung erhofft, wenn auch mit einer Reihe von Verzögerungen. Gleich zu Beginn des Projektes ergab sich im Februar 2016 durch den Rückzug der Firma Grimme von ihren Aufgaben für die Konstruktion der Maschine aber eine enorme Belastung für die weitere Durchführung des Projektes, da entgegen der Planung nun die gesamte Verantwortung für die Planung und Ausführung der Konstruktion in den Händen der OG bzw. des Lead-Partners lag. Die Begründung für den Rückzug lag laut Firma Grimme in der Überlastung der Konstruktionsabteilung und damit bei einer Güterabwägung, welche Projekte und Entwicklungsarbeiten die hauseigenen Konstrukteure übernehmen sollten. Dabei entschied die Geschäftsführung der Fa. Grimme entgegen der Antragstellung, sich nicht mit Input aus ihrer Konstruktionsabteilung am Projekt zu beteiligen. Durch die Integration der Abteilung Agrartechnik der Georg August Universität Göttingen konnte zwar die Konstruktion der Pflanzmaschine mit integrierten Kompostaggregaten im Laufe des Projektes sichergestellt werden, aber insgesamt war der Zeitplan und der Verlauf des gesamten Projektes durch den Rückzug eines zentralen Partners extrem erschwert.

Daher konnten die Konstruktion und der Umbau des vorhandenen Prototyps erst Anfang des Jahres 2017 erfolgen, sodass die ursprünglich vorgesehenen Feldversuche für das Jahr 2017 entfallen mussten. Die Firma Grimme hat sich als assoziierter Partner an der Diskussion zur Planung der Maschine weiterhin beteiligt bzw. die Konstruktion durch die bereitwillige Überlassung der Grund-Maschine wie auch von wichtigen Konstruktionsteilen (z. B. Hydraulik-Motoren) während des gesamten Projektes unterstützt. Aufgrund der Verzögerungen und Änderungen folgte eine Anpassung der Zeitpläne, die schließlich in einen Änderungsantrag aus dem August 2017 mit einer kostenneutralen Laufzeitverlängerung des Projektes bis Ende 2019 mündete (Aktionsplan mit dem Stand der genehmigten Änderung vom 16.08.2017). Daher erfolgte auch eine Anpassung im Arbeitspaket 2. Neben den Feldversuchen wurde die Entwicklung des neuen in das Arbeitsprogramm aufgenommen (Vgl. auch Meilensteine des geänderten Aktionsplanes aus 2017 –Tabelle 2, Seite 7).

Durch die Verlängerung des Projektes im Jahr 2017 wurden in den Vegetationsperioden 2018 und 2019 die Feldversuche dann wie vorgesehen mit der Integration der Maschine auf den landwirtschaftlichen Betrieben Rudert, Marienborn und der Domäne Frankenhausen durchgeführt. Ende 2019 kurz vor Projektabschluss teilte zudem die Firma Grimme mit, dass sie sich auch aus weiteren Konstruktionsvorhaben an der Maschine zur Entwicklung eines Serienmodells zurückziehen wolle, da die Geschäftsführung aus wirtschaftlichen Gründen entschieden hatte, sich nicht mit der Weiterführung des Projektes befassen zu wollen. Die Maschine wurde der Gruppe zur Verfügung gestellt, und befindet sich als unverkäufliches Muster auf der Domäne Frankenhausen. Nach Gesprächen konnte jedoch die Firma Heiß für eine Zusammenarbeit gefunden werden, so dass eine Verwertung der Ergebnisse und Planungen aus dem Projekt in Hinblick auf die Konstruktion eines Serienmodells weiterhin angestrebt wird. Der Schlusspunkt in der Reihe der Schwierigkeiten im Projektverlauf bildete letztlich dann die Corona Pandemie. Darunter litten insbesondere die geplanten Vorhaben in der Öffentlichkeitsarbeit und der Austausch auf Gruppenebene. Eine gewisse Kompensation wurde durch die Erstellung des Fachinformativfilms geschaffen.

Im Folgenden sind nun auf Basis des 2017 angepassten Zeit- und Meilensteinplans die Arbeitspakete in ihren durchgeführten Schwerpunkten und Arbeitsschritten skizziert

Arbeitspaket 1: Herstellung der Komposte

Wie vorgesehen wurden drei Kompostierungsphasen im Rahmen des Projektes durchgeführt und diese Komposte in den Feldversuchen im Arbeitspaket 2 auf ihre Wirkung überprüft. Grüngut und Biogutkomposte wurden jeweils in den Jahren 2016, 2017 und 2018 auf der Kompostanlage der Domäne Frankenhausen hergestellt (vgl. Kapitel 3.1, Seite 9ff) Im Jahr 2017 und 2019 wurden zudem Komposte aus den beteiligten Kompostanlagen getestet.

Arbeitspaket 2: Feldversuche

Die Feldversuche wurden in den Jahren 2016, 2018 und 2019 durch die Universität Kassel (auf den landwirtschaftlichen Betrieben Hessische Staatsdomäne Frankenhausen), Hessische Staatsdomäne Hofgut Marienborn und auf dem Betrieb Ottmar Rudert, Liebenau zum Nachweis und der Einordnung der Kompostwirkungen, b) Demonstration der Logistikkette, c) Nachweis der Funktionsfähigkeit der Pflanzmaschine mit Kompost-Aggregaten, und d) der Generierung von ökonomischen Rahmendaten durchgeführt. Während die Feldversuche alle bereits Inhalt in der ersten Version des Antrages gewesen sind, wurde zusätzlich mit dem Änderungsantrag aus dem Jahr 2017 in dieses Arbeitspaket auch die Konstruktion der Pflanzmaschine mit Kompost-Aggregaten in Zusammenarbeit mit der Abteilung Agrartechnik der Georg August Universität Göttingen aufgenommen (Demonstration der Applikationstechnik, Technisches Monitoring des kombinierten Ausbringungs- und Pflanzverfahrens und der Verfahrensschritte (ab Feldrand) sowie ökonomisches Monitoring).

Arbeitspaket 3: Demonstrations- und Feldtage

Die Maschine wurde an einem Feldtag für Kartoffel Anbauer auf der Domäne Frankenhausen in Zusammenarbeit mit dem LLH und den Beratern aus den Anbauverbänden im Juni 2018 präsentiert. Zu den ersten bundesweiten Ökofeldtagen im Jahr 2017 wurde der Prototyp mit Kratzboden ausgestellt sowie zu den zweiten bundesweiten Ökofeldtagen 2019 mehrmals im Feldeinsatz demonstriert (beide Veranstaltungen auf der Hessischen Staatsdomäne Frankenhausen). Eine Anfrage seitens des Kompetenzzentrum ökologischer Landbau in Niedersachsen für das 4. Bio-Fachforum Gemüse und Kartoffeln

am 5. November 2019 in Visselhövede wurde aus Kostengründen für den Transport in Absprache mit der Firma Grimme sowie aufgrund der ungünstigen Jahreszeit negativ beschieden. Zudem war schon die Zusage für eine Präsentation des Projektes im Rahmen des Bioland/Naturland Kartoffel Wintertagung für den 4.12.2019 erfolgt (Hannover). Es sollten auf Wunsch der Verbände Doppellungen vermieden werden.

Arbeitspaket 4: Wintertagungen

Präsentationen durch den Leadpartner fanden auf der Bioland Wintertagung (Kartoffeln) am 4.12.2019 in Hannover statt. Im Rahmen der landwirtschaftlichen Woche Hessen für das Jahr 2021 wurde seitens des Leadpartners in einem Vortrag in der Onlineveranstaltung des Fachausschusses Ökologischer Landbau in Zusammenarbeit mit dem Kuratorium für das landwirtschaftliche und gartenbauliche Beratungswesen in Hessen, dem Saatbauverband West e. V. und dem Landesbetrieb Landwirtschaft Hessen Teile des Projektes präsentiert (10.1.2021). Im landwirtschaftlichen Wochenblatt „Hessenbauer“ wurden die Ergebnisse in einem Bericht aufgegriffen.

Arbeitspaket 5: Dokumentation, Daten-Analysen, Berichte, Austausch zwischen den Beteiligten

Der abschließende Austausch zwischen den Beteiligten war neben den Gruppentreffen ursprünglich mit einem Workshop am Ende des Projektes geplant. Insbesondere aufgrund der Corona Pandemie hat dieser Abschnitt des Projektes sehr gelitten. So musste der Abschlussworkshop, der für den 23. März 2020 geplant war, abgesagt werden.

Daher wurde alternativ mit dem RP Gießen die Idee entwickelt, einen Fachinformationsfilm anzufertigen, der die Hauptergebnisse präsentieren und die Informationslücken schließen sollte, die aufgrund der Corona Pandemie entstanden sind.

In Tabelle 2 und in der nachfolgenden Aufstellung sind der aktuelle Zeitplan und die Meilensteine, die erreicht wurden, zusammengestellt.

Tabelle 2: Zeit - und Arbeitsplan sowie Meilensteinplanung des aktualisierten Aktionsplanes aus dem August 2017 (rot gefärbte Balken zeigen die absolvierten Abschnitte, in blau gekennzeichnete sind nicht erfolgt bzw. abgeändert).

Jahr	2016												2017												2018												2019												2020		
Monat	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3
Arbeitspaket/Aufgabe																																																			
AP 1. Herstellung Komposte																																																			
Kompostierung Praxisanlagen	■			■									■									■																													
Kompostierung Modell							■						■						■																																
Meilensteine/Feedback	M1			M2									M3			M4			M5			M6																													
AP 2. Feldversuche	■			■						■						■			■																																
Dokumentation der Wachstums- und Krankheitsentwicklung	■						■						■						■																																
Technisches Monitoring des kombinierten Pflanz- und Ausbringungsverfahrens							■						■			■																																			
Meilensteine/Feedback	M1			M2						M3			M4			M5			M6			M7			M8			M9																							
AP3. Demonstrations- und Feldtage																																																			
Feldtage																																																			
Meilensteine/Feedback													M1						M2																																
AP4. Wintertagungen/Abschlussstagung																																																			
Meilensteine/Feedback																M1												M2																							
AP 5. Dokumentation, Daten Analysen, Berichte, Austausch zwischen den Beteiligten																																																			
OG Gruppentreffen	■									■									■						■																										
Datenanalyse							■						■						■			■																													
Zwischenbericht													■																																						
Bericht																																																			
Meilensteine	M1			M2									M3			M4			M5			M6						M7																							

- AP1-M1: Komposte hergestellt und ausgeliefert (April 2016)
- AP1-M2: Feedback aus Kompostierungsphase 2016 zur weiteren Spezifizierung des Verfahrens und zur Materialauswahl (März 2017)
- AP1-M3: Kompostierungsphase 2017/18 beginnt (Aug 2017)
- AP1-M4: Komposte hergestellt und ausgeliefert (April 2018)
- AP1-M5: Kompostierungsphase 2018/19 beginnt (Aug 2018)
- AP1-M6: Komposte hergestellt und ausgeliefert (April 2019)
- AP2-M1: Anlage von Feldversuchen für Vegetation 2016 erfolgt (April 2016)
- AP2-M2: Auswertung Feldversuche abgeschlossen, Feedbackschleife zu AP1-M2: Kompostwirkungen verifiziert, Infos bzgl. möglicher Modifikation von Materialauswahl und ggf. Verfahrens-Modifikation für die Kompostierung erfolgt. Maschinenbau begonnen (März 2017)
- AP2-M3: Maschinenbau abgeschlossen; Prototyp steht bereit (Okt 2017)
- AP2-M4: Anlage von Feldversuchen erfolgt (April 2018)
- AP2-M5: Monitoring Pflanzmaschine und Ökonomische Analyse 2018 abgeschlossen (Juli 2018)
- AP2-M6: Daten-Analyse und Auswertung Vegetation 2018 abgeschlossen (Nov 2018)
- AP2-M7: Anlage von Feldversuchen erfolgt (April 2019)
- AP2-M8: Monitoring Pflanzmaschine und Ökonomische Analyse 2019 abgeschlossen (Juli 2019)
- AP2-M9: Daten-Analyse und Auswertung Vegetation 2019 abgeschlossen (Nov 2019)
- AP3-M1: Feldtag 2017 erfolgt (Integration Öko Feldtag) (Juni 2017)
- AP3-M2: Feldtag 2018 erfolgt (Juni 2018)
- AP4-M1: Wintertagung 2018 erfolgt (Feb. 2018) – **Tagung nicht durchgeführt**
- AP4-M2: Abschlusstagung 2019 erfolgt (Nov. 2019) – **verschoben auf März 2020, wg Corona ausgefallen, stattdessen im Laufe des Sommers 2020 Fachinformationsfilm fertiggestellt.**
- AP5-M1: Auftakttreffen erfolgt (März 2016)
- AP5-M2: Gruppentreffen erfolgt (März 2017)
- AP5-M3: Zwischenbericht (Dez 2017)
- AP5-M4: Gruppentreffen erfolgt (Feb 2018)
- AP5-M5: Datenanalyse Vegetation 2018 abgeschlossen (Dez 2018)
- AP5-M6: Gruppentreffen erfolgt (Feb. 2019)
- AP5-M7: Abschlussbericht verfasst (**Mai 2022**)

3 Ergebnisse und Zielerreichung

Um das Hauptziel des Projektes zu erreichen, **eine Innovation in Form der Etablierung eines Verfahrens zur Kontrolle von *R. solani* durch die Reihenapplikation von Komposten** einzuführen, wurden umfangreiche technische und wissenschaftliche Untersuchungen während des Projektablaufes durchgeführt. Schwerpunktmäßig sind in den folgenden Kapiteln entlang der Teilziele die Ergebnisse zu den Kompostierungsverfahren und der Kompostqualität (Kapitel 3.1) zusammengestellt, zur Konstruktion einer Kombinationsmaschine zur Pflanzung von Kartoffeln und Reihenapplikation von Komposten (Kapitel 0) sowie zur Wirkung der Komposte in Feld- und Demonstrationsversuchen (Kapitel 3.3). Abschließend wird im Kapitel 3.4 zu den Ergebnissen und Arbeiten zur Demonstration und Verbreitung des Gesamtverfahrens berichtet.

3.1 Arbeitspaket 1 - Kompostierung und Kompostherstellung

In den Jahren 2016, 2017 und 2018 wurden Kompostierungsversuche zur Herstellung von Komposten mit hoher Eignung für den Kartoffelbau bzw. hohem suppressiven Potenzial für die Unterdrückung von *R. solani* durchgeführt.

Dabei stand neben der Auswahl des geeigneten Rohmaterials die Steuerung des Kompostierungsprozesses im Vordergrund. Als Ausgangsmaterialien wurden jeweils Grüngut (G) aus Baum und Strauchschnitt gewählt, Biogut (B) aus der getrennten Sammlung organischer Haus- und Gartenabfälle sowie Mischungen im Verhältnis 1:1 aus Biogut und Grüngut (BG)¹.

In den Versuchen konnten grundsätzlich Komposte mit sehr hoher Qualität erzeugt werden. Bis auf einen Kompost (B 2016-1) konnten die hohen Qualitätsanforderungen des RAL Gütezeichen 251 mit den spezifischen Erweiterungen für den Öko-Anbau auf Basis der Regulierungen und Richtwerte der Verbände Bioland und Naturland erreicht werden. In Tabelle 3 bis Tabelle 5 sind die Ergebnisse für alle drei Kompostmaterialien aus den Jahren 2016-2018 aufgeführt

Zu den Temperaturverhältnissen und Temperatursteuerungen sind folgende Aspekte wichtig zu beachten: während des Rotteprozesses erhitzt sich eine Kompostmiete selbst. In dem aeroben Prozess wird Kohlenstoff mineralisiert (veratmet), dabei entsteht CO₂ und Wasser bzw. Energie, die nicht unmittelbar aus dem Rottekörper entweichen kann, sodass es zur charakteristischen Selbsterhitzung kommt. In der Rottesteuerung der Mieten wurde zum einen angestrebt, die notwendigen Temperaturen für die Hygienisierung zu gewährleisten und zum anderen einen möglichst langen Prozessabschnitt mit mesophilen Temperaturen (kleiner als 45 °C) einzuhalten. Unter diesen Temperaturbedingungen kommt es zu einer guten Etablierung von Pilzen und damit einhergehend zum Beispiel zu einer vollständigen Mineralisierung des organisch gebundenen Stickstoffs bis zum Nitratstickstoff. Unter diesen Bedingungen etablieren sich neben den Pilzen auch wichtige mikrobielle Gemeinschaften, die ein hohes suppressives Potenzial zur Einschränkung von bodenbürtigen pflanzenpathogenen Pilzen entwickeln können. Beispielhaft dafür steht die Abbildung 1, die den Verlauf der Temperaturkurve in den Komposten aus dem Jahr 2018 zeigen.

¹ Im Folgenden werden die jeweiligen Komposte mit ihren Kürzeln für die Rohmaterial angegeben und zusätzlich mit Jahreszahlen bezeichnet, die sich auf den Ansatz der Komposte und die Kompostierungsphase im jeweiligen Jahr beziehen. Beispiel: B-2016-1 = Rohmaterial Biogut-Ansatz Kompost im Jahr 2016- Kompostierungsphase 1

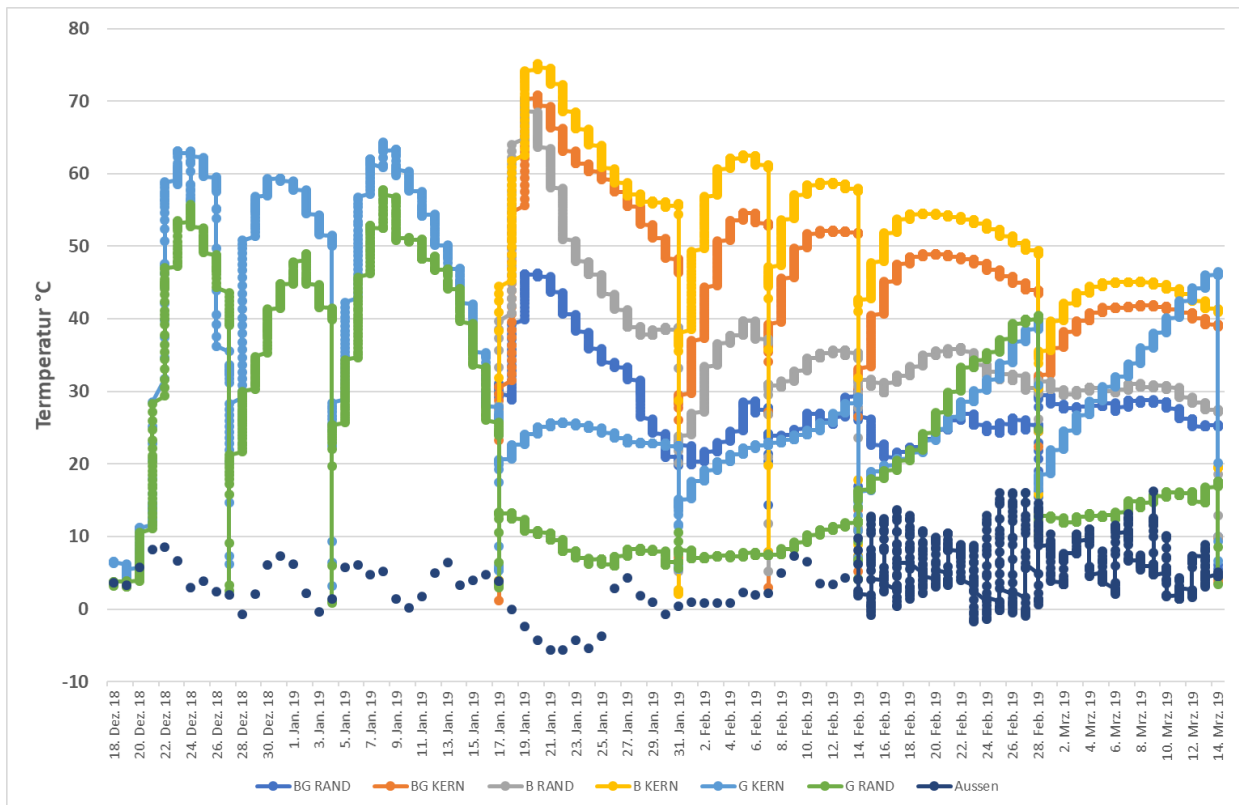


Abbildung 1: Temperaturverläufe der Kompostierungsphase 2018 für Komposte, die für die Versuche 2019 hergestellt worden sind.

Tabelle 3: Qualität der erzeugten Komposte aus den Kompostierungsphasen 2016 und 2017 nach dem RAL Gütezeichen 251 (Bundesgütegemeinschaft Kompost) im Vergleich zu den Richtwerten der Bioabfall Verordnung bzw. der Anbauverbände Bioland und Naturland -Teil 1 (in rot Richtwertüberschreitungen)

Parameter	Einheit	G-2016-2	G-2017-1	G-2017-2	B-2016-2	B-2017-1	B-2017-2	B/G-2016-2	B/G-2017-1	B/G-2017-2	Grenzwerte BioAbfV		Grenzwerte Bioland Naturland	
											Kat I	Kat II		
Trockensubstanz	% FM	53,3	61,2	44,8	57,4	57,7	46	55,3	69,3	46,1				
Wassergehalt	% FM	46,7	38,8	55,2	42,6	42,3	54	44,7	30,7	53,9				
Glühverlust	% TM	37,6	41	39,9	39,5	28,7	37,1	39,1	33,1	38,3				
Fremdstoffe >2mm	% TM	0,02	0	0	0,17	0,02	0,1	0,08	0,01	0,04	≤0,5		≤0,3	
Fremdstoffflächensumme	cm ³ /l	1	0	0	6	0,3	3	7	0,2	1			10	
Steine >10mm	% TM	0	0	0	0	0	0	0	0	0	≤5			
Salzgehalt	g KCL/l FM	4,54	2,9	1,5	10,4	6,18	5,7	7,29	4,64	3				
pH-Wert		8,6	8,8	8,9	8,6	8	8,2	8,6	8,4	9				
Volumengewicht	g/l FM	660	514	623	744	663	634	716	549	640				
Schwermetalle:											Kat I	Kat II		
Blei (Pb)	mg/kg TM	22	23	15,6	36,3	24,4	21,6	30	21,8	20,1	100	150	45	
Cadmium (Cd)	mg/kg TM	0,42	0,38	0,39	0,6	0,32	0,37	0,47	0,33	0,39	1	1,5	0,7	
Chrom (Cr)	mg/kg TM	23,9	17,2	25	23,3	12,7	18	21,6	14,5	21,3	70	100	70	
Kupfer (Cu)	mg/kg TM	29,7	26	20,8	56,1	35,8	52,2	42,5	28,2	36,6	70	100	70	
Nickel (Ni)	mg/kg TM	12,7	12,9	14,5	16,4	6,35	9,47	15,4	9,48	13,2	35	50	25	
Quecksilber (Hg)	mg/kg TM	0,09	0,09	0,08	0,1	0,06	0,1	0,09	0,07	0,1	0,7	1	0,4	
Zink (Zn)	mg/kg TM	188	149	143	240	140	169	198	149	150	300	400	200	
Nährstoff, gesamt														
Stickstoff gesamt (N)	% TM	1,78	1,77	1,47	2,24	1,54	1,84	2	1,61	1,64				
Phosphat gesamt (P ₂ O ₅)	% TM	0,87	0,85	0,63	1,06	0,8	0,75	0,96	0,79	0,69				
Kalium gesamt (K ₂ O)	% TM	1,74	1,69	1,26	2,15	1,2	1,22	1,83	1,37	1,26				
Magnesium gesamt (MgO)	% TM	0,87	0,83	0,63	1,01	0,58	0,6	0,94	0,66	0,6				
bas. wirksame Stoffe (CaO)	% TM	5,47	4,3	3,81	7,32	3,83	4,62	6,17	3,53	4,33				
C/N Verhältnis		12	13	16	10	11	12	11	12	14				

Tabelle 4: Qualität der erzeugten Komposte aus den Kompostierungsphasen 2016 und 2017 nach dem RAL Gütezeichen 251 (Bundesgütegemeinschaft Kompost) im Vergleich zu den Richtwerten der Bioabfall Verordnung bzw. der Anbauverbände Bioland und Naturland -Teil 2

Parameter	Einheit	G-2016-2	G-2017-1	G-2017-2	B-2016-2	B-2017-1	B-2017-2	B/G-2016-2	B/G-2017-1	B/G-2017-2	Grenzwerte BioAbfV	Grenzwerte Bioland Naturland
Nährstoffe, löslich												
Stickstoff CaCl ₂ -löslich	mg/l FM	309	56	6	555	431	265	438	197	42		
davon Ammonium (NH ₄ -N)	mg/l FM	3	16	3	4	3	3	4	20	3		
davon Nitrat (NO ₃ -N)	mg/l FM	306	40	3	551	428	262	434	177	39		
Phosphat CAL-löslich (P ₂ O ₅)	mg/l FM	1470	1330	706	1710	1400	933	1570	1410	849		
Kalium CAL-löslich (K ₂ O)	mg/l FM	4880	4290	2450	7890	3900	2910	6140	4270	2740		
Magnesium CaCl ₂ -löslich	mg/l FM	273	178	178	334	280	253	312	222	201		
Biologische Parameter												
Rottegrad		5	5	5	5	5	5	5	5	5		
Maximaltemperatur	°C	23	21	21	21	21	21	21	22	23		
Pflanzenverträglichkeit (Relativertrag)												
bei 25 % Prüfsubstratanteil	% FM	111	112	105	92	103	111	100	111	115		
bei 50 % Prüfsubstratanteil	% FM	94	112	109	68	79	91	84	107	104		
Hygieneparameter												
Keimfähige Samen und Pflanzl	Pflanzen/l	0,5	0	0	0	0	0	0,5	0	0	≤2	0
Salmonellen	KBE/g	negativ	negativ	negativ	negative	negativ	negativ	negativ	negativ	negativ	negativ	
Zusätzliche Parameter												
Chrom VI	mg/kg TS	n. geprü.	n. geprü.	n. geprü.	n. geprü.	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1		<0,1

Tabelle 5: Qualität der erzeugten Komposte aus den Kompostierungsphasen 2018 nach dem RAL Gütezeichen 251 (Bundesgütegemeinschaft Kompost) im Vergleich zu den Richtwerten der Bioabfall Verordnung bzw. der Anbauverbände Bioland und Naturland

Parameter	Einheit	GK-DFH- 12_2018	BK-DFH- 12_2018	BGK-DFH- 12_2018	Grenzwerte	
					BioAbfV	Bioland Naturland
Trockensubstanz	% FM	47,2	50,8	47,2		
Wassergehalt	% FM	52,8	49,2	52,8		
Glühverlust	% TM	48,8	42,2	39,9		
Fremdstoffe >2mm	% TM	0,02	0,05	0,04	≤0,5	≤0,3
Fremdstoffflächensumme	cm ³ /l	0,3	5	1	15	10
Steine >10mm	% TM	0	0	0	≤5	
Salzgehalt	g KCL/l FM	1,88	6,2	4,24		
pH-Wert		8,8	7,7	8,7		
Volumengewicht	g/l FM	550	640	652		
Schwermetalle:					Kat I	Kat II
Blei (Pb)	mg/kg TM	24	30,8	22,6	100	150 45
Cadmium (Cd)	mg/kg TM	0,41	0,66	0,48	1	1,5 0,7
Chrom (Cr)	mg/kg TM	17,5	16,3	22	70	100 70
Kupfer (Cu)	mg/kg TM	27,6	41,6	39,2	70	100 70
Nickel (Ni)	mg/kg TM	12	7,51	10,1	35	50 25
Quecksilber (Hg)	mg/kg TM	0,13	0,11	0,11	0,7	1 0,4
Zink (Zn)	mg/kg TM	142	166	162	300	400 200
Nährstoff, gesamt						
Stickstoff gesamt (N)	% TM	1,4	1,51	1,51		
Phosphat gesamt (P ₂ O ₅)	% TM	0,76	0,78	0,72		
Kalium gesamt (K ₂ O)	% TM	1,33	1,45	1,27		
Magnesium gesamt (MgO)	% TM	0,77	0,62	0,64		
bas. wirksame Stoffe (CaO)	% TM	3,66	4,49	4,13		
C/N Verhältnis		20	16	15		
Nährstoffe, löslich						
Stickstoff CaCl ₂ -löslich	mg/l FM	6	218	52		
davon Ammonium (NH ₄ -N)	mg/l FM	3	3	3		
davon Nitrat (NO ₃ -N)	mg/l FM	3	215	49		
Phosphat CAL-löslich (P ₂ O ₅)	mg/l FM	621	1060	947		
Kalium CAL-löslich (K ₂ O)	mg/l FM	2310	3950	3540		
Magnesium CaCl ₂ -löslich	mg/l FM	160	236	206		
Biologische Parameter						
Rottegrad		5	5	5		
Maximaltemperatur	°C	23	23	23		
Pflanzenverträglichkeit (Relativertrag)						
bei 25 % Prüfsubstratanteil	% FM	115	108	108		
bei 50 % Prüfsubstratanteil	% FM	117	90	97		
Hygieneparameter						
Keimfähige Samen und Pflanz	Pflanzen/l	0	0	0	≤2	0
Salmonellen	KBE/g	negativ	negativ	negativ	negativ	
Zusätzliche Parameter						
Chrom VI	mg/kg TS	<0,1	<0,1	<0,1	nn	

3.2 Arbeitspaket 2 Maschinen Entwicklung

3.2.1 Stand der Technik

Nach dem Stand der Technik wird Kompost mit Kompoststreuern flächig ausgebracht (Phillips, 2019; Souček et al., 2017). Bislang besteht keine technische Lösung zur präzisen Ausbringung von Kompost in Streifen oder Reihen (Buse, 2017). Um die phytosanitäre Wirkung von Komposten nutzen zu können, ist und war daher die Entwicklungsarbeit der Universität Kassel und ihrer Partner von höchster Bedeutung. Im Folgenden werden zunächst die Vorarbeiten, die dem EIP Projekt „Rhizofrei“ vorangegangen sind bezüglich der Entwicklung der kombinierten Kompostapplikations- Kartoffelpflanzmaschinen ausführlicher erläutert, da dies für das Gesamtverständnis der Entwicklungsschritte, die im Projektverlauf eingeschlagen wurden, wesentlich ist.

3.2.2 Entwicklungen zu Prototypen kombinierter Kompostapplikations-Kartoffelpflanzmaschinen - Vorarbeiten

Die Erforschung der Befallsreduktion von *Rhizoctonia solani* im ökologischen Kartoffelbau durch die Verwendung von Kompost begann an der Universität Kassel im Jahr 2006. Um den Kompost in diesen Versuchen zu applizieren, wurden die Zudeckscheiben der verwendeten Kartoffelpflanzmaschine demontiert und die Furchen vorgezogen. Anschließend wurde händisch per Eimer Kompost appliziert und die Pflanzung erfolgte in einer weiteren Überfahrt mit einer Pflanzmaschine ohne Furchenzieher, allerdings wieder mit montierten den Zudeckscheiben. Die vielversprechenden Ergebnisse dieses Versuchs ermutigten zum Aufbau einer modifizierten Kartoffelpflanzmaschine mit integrierter Kompostapplikation (Bruns et al., 2009). In ersten Versuchen wurde mit in Front und Heck kombiniert an den Traktor angebauten Geräten experimentiert. Ein modifizierter Düngerstreuer im Frontanbau zog die Furchen und applizierte den Kompost. Am Heck des Traktors folgte dann eine herkömmliche Kartoffelpflanzmaschine, die die Pflanzkartoffel in das Kompostbett legte und beide, Kompost und Kartoffel zudeckte (Bohne, 2007).

3.2.2.1 Prototyp 1: Trichterbunker

Der umständliche Aufbau, die unzureichende Verteilgenauigkeit, diverse Probleme im Umgang mit den beiden Schüttgütern Pflanzkartoffeln und Kompost und Schwierigkeiten die Pflanzkartoffel, insbesondere bei Kurvenfahrten in das vorbereitete Kompostbett abzulegen, mündeten schließlich im Aufbau einer kombinierten Kompostapplikations-Kartoffelpflanzmaschine (Bohne et al. 2011). Ein funktionsfähiger zwei reihiger Prototyp wurde 2009 durch die Universität Kassel vorgestellt. In Abbildung 2 ist dieser Prototyp zu sehen.



Abbildung 2: Erster Prototyp einer kombinierten Kompostapplikations-Kartoffelpflanzmaschine der Universität Kassel aus dem Jahr 2009. (Bohne et al, 2011)

Die Universität Kassel verwendete als Grundmaschine eine von der Fa. Grimme zur Verfügung gestellten gezogenen Pflanzmaschine (GL34 T) und ergänzte sie mit einem trichterförmigen Kompostvorratsbehälter sowie einer Dosiereinheit. Vorausgegangen waren Versuchsreihen zum Rieserverhalten von Komposten (Bohne, 2007). Die in den Versuchen verwendete GL34 T ist eine handelsübliche, angehängte Becherlegemaschine ohne Dammaufbau. In dem trichterförmigen Vorratsbehälter für den Kompost waren 2 Rührwellen angebracht, die den Kompost in Bewegung hielten, um Brückenbildung vorzubeugen. Als Dosiereinheit unterhalb des Vorratsbehälters fungierte eine horizontal angebrachte geteilte Schneckeneinheit, die jeweils gegenläufig das Kompostgut zum Auslauf über den Reihen transportierte. Der Kompost lief danach über ein Gleitblech und fiel in eine mit einem Furchenkörper geöffnete Reihe, so dass der Kompost unmittelbar vor der Pflanzkartoffel als Band abgelegt war. Der erste Prototyp realisierte die Ausbringung von Kompost zunächst in zwei Furchen. Die Funktion der Maschine wurde 2010 im praktischen Einsatz getestet und für verbesserungswürdig eingestuft. Um die Funktionsfähigkeit der Maschine weiter zu verbessern, wurde die Zusammenarbeit mit der Landmaschinenfabrik Grimme im Herbst 2010 intensiviert. In Absprache mit der Universität Kassel nahm die Firma Grimme an der Maschine leichte Veränderungen vor. Sie vergrößerte den Kompostbunker und erweiterten die Kompostausbringung auf vier Reihen wie in **Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.** zu sehen. Zudem wurden die Furchenzieher verändert, dargestellt in Abbildung 4, sowie die Rührwellen in Kompostbunker verändert.



Abbildung 3: Modifikation des ersten Prototyps durch die Firma Grimme. Der Kompostbunker wurde vergrößert und die Maschine wurde auf vier reihige Arbeitsweise erweitert (Van Woudenberg, 2019).



Abbildung 4: Modifikation des Furchenziehers durch die Firma Grimme. Links: der Furchenzieher des ersten Prototyp der Universität Kassel (Bohne et al., 2011). Rechts: Der Furchenzieher mit verlängerten Leitblechen nach der Modifikation durch die Firma Grimme (Block, 2014).

Der Prototyp wurde nach den Modifikationen durch die Firma Grimme erneut im Feldeinsatz getestet. Wieder wurden Mängel festgestellt, die eine weitere Veränderung bzw. den Aufbau eines neuen Prototyps erforderten. Das größte Problem, das bei den Feldversuchen auftrat, war die Brückenbildung des Kompostmaterials im Bunker, die trotz sehr steiler Schüttwinkel ($> 60^\circ$) eintrat. (Block, 2014) Auch die veränderten Rührwellen konnte die Brückenbildung im von Firma Grimme modifizierten Prototyp nicht verhindern, was in Abbildung 5 gut zu erkennen ist.



Abbildung 5: Die veränderten Rührwellen im von Firma Grimme modifizierten Prototyps können die Brückenbildung des Kompostes nicht verhindern. (Block 2014)

Die Brückenbildung verhinderte eine vollständige Entleerung des Bunkers. In Extremfällen führt Sie sogar zu einem Erliegen des Materialflusses. Die Brückenbildung wurde auch als Ursache für Ungenauigkeiten bei der Verteilung des Substrats in den Furchen ausgemacht. Im Einvernehmen entschieden sich die Firma Grimme und die Universität Kassel von dem trichterförmigen Vorratsbehälter Abstand zu nehmen und sich neu zu orientieren (Block, 2014).

3.2.2.2 Prototyp 2: Kippbunker

Im Jahr 2013 wurde ein neuer Prototyp mit einem Kippbunker vorgestellt. Die GL34T als Grundmaschine blieb erhalten, ebenso die verlängerten Furchenzieher und der Dosierkasten mit Dosierschnecke. Neu war ein mittels Hydraulikzylinder anzuhebender, kippbarer Kompostbunker mit zwei massiven Vordosierwellen. In Abbildung 6 ist der neue Prototyp abgebildet. Um diese Entwicklung auf der Agritechnica 2013, der weltweit größten Landtechnik Messe in Hannover, vorstellen zu können gab Firma Grimme diesem Prototyp den Namen „CompoStar“.



Abbildung 6: Der zweite Prototyp einer kombinierten Kompostapplikations-Kartoffelpflanzmaschine mit einem Kippbunker. Die Maschine wurde von Firma Grimme konstruiert und gebaut. Firma Grimme stellte diesen Prototypen auf der Agritechnica 2013 unter dem Namen „CompoStar“ vor. (Block, 2014)

Dieser Prototyp wurde in der Pflanzsaison 2013 intensiv auf vier Standorten in Norddeutschland getestet. Außer mit Kompost wurden auch noch Versuche mit getrocknetem Gärrest aus einer Biogasanlage gemacht. Zwar verbesserte sich die Situation bei der Ausbringung, aber auch diese Konstruktion führte nicht zum gewünschten Erfolg. Die Problemfelder blieben die selben: Trotz eines maximalen Kippwinkels von über 60° konnte der Bunker nicht vollständig entleert werden. Die Zuführung des Kompostmaterials durch das Schütten aus dem Bunker erfolgte teils sehr schwallartig und dadurch sehr ungleichmäßig. Außerdem kam es zu teils erheblichen Brückenbildungen im Bereich vor und unter der Dosierwelle.

3.2.2.3 Weiterentwicklung: Vorbereitung eines Prototyps mit Kratzbodenbunker

Um die Probleme mit der Brückenbildung des Substrates zu überwinden, wurden mehrere theoretische Konzepte für einen weiteren Prototypen entwickelt. Hierbei wurden die einzelnen Baugruppen eigenständig betrachtet und verschiedene Lösungsmöglichkeiten für jede Baugruppe aufgestellt. In einem so genannten „morphologischen Kasten“ wurden die jeweils besten Möglichkeiten miteinander kombiniert, um daraus weitere Vorgehensweisen abzuleiten. Diese Analyse empfiehlt den Aufbau eines Kratzbodenbunkers zur Vermeidung von Brückenbildung und zur Steigerung der Applikationsgenauigkeit (Block 2014).

3.2.3 Material und Methoden – Prototyp kombinierter Kompostapplikations-Kartoffelpflanzmaschinen mit Kratzbodenbunker – Entwicklung im Projekt „Rhizofrei“

Im Projekt Rhizofrei wurden technische Verbesserungen und Leistungsprüfungen am Prototyp der kombinierten Kompostapplikations- und Kartoffelpflanzmaschine als iterativer Konstruktionsprozess durchgeführt. Der Konstruktionsprozess wurde entsprechend der VDI Richtlinie 2221 (1993) in sieben Schritten umgesetzt. In Abbildung 7 werden das iterative Verfahren sowie die Schritte dieses Prozesses

dargestellt. Es ist allgemein üblich, den Konstruktionsprozess in die vier Hauptphasen: Planen und Klären (Schritt 1 nach VDI), Konzipieren (Schritt 2 bis 4 nach VDI), Entwerfen (Schritt 5 und 6 nach VDI) und Ausarbeiten (Schritt 7 nach VDI) zu teilen (Pahl et al., 2006).

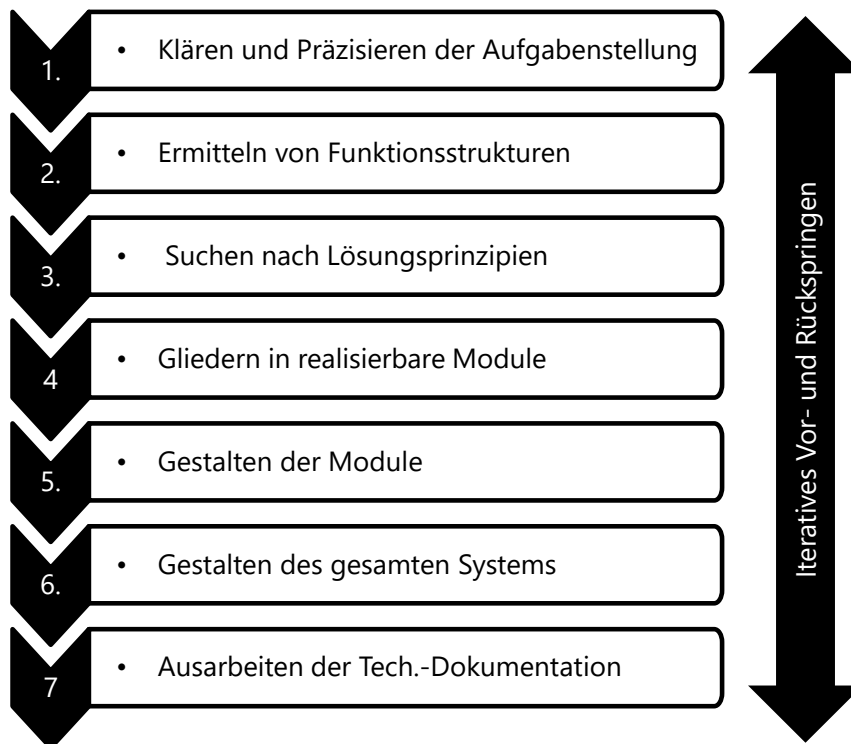


Abbildung 7: Die sieben Schritte des Konstruktionsprozesses (eigene Grafik nach VDI Richtlinie 2221).

Auf die Phasen des Konstruierens folgt jeweils eine Leistungsprüfung. Bei diesen Prüfungen wurde der Erfolg der technischen Veränderung durch Messen der Quer- und Längsverteilung der Kompostapplikation bestimmt. Verfahren zur Messung von Verteilgenauigkeiten in der Kompostapplikation sind durch die Arbeit von Hanna et al. (2004) oder Cabot et al. (2006) bekannt. Aufgrund der Einzigartigkeit des kombinierten Verfahrens der streifenförmigen Kompostapplikation bei gleichzeitiger Kartoffelpflanzung waren die Verfahren zur Messung der Kompostverteilung aus voran gegangenen Arbeiten im Projekt Rhizofrei nicht nutzbar. Es mussten eigene im folgenden beschriebene Verfahren entwickelt werden.

Um die Quer- und Längsverteilung zu messen, wird die kombinierte Kompostapplikations- und Kartoffelpflanzmaschine an einen Traktor (hier Fendt 312 Vario, 120PS) angehängt und der Kompostbunker wurde mit Kompost Material befüllt. Zum Befüllen wurde ein Teleskoplader genutzt, der mit seinem ausfahrbaren Arm eine Beladung der Maschine von hinten erlaubt (Siehe Abbildung 8). Die Beladung von hinten kommt einem realistischen Einsatz Szenario auf dem Acker am nächsten und stellt zudem eine gleichmäßige Verteilung der Kompostfüllung quer zur Fahrtrichtung der Maschine sicher.



Abbildung 8: Befüllen der Maschine mit Kompost durch einen Teleskopklader. (van Woudenberg 2019)

Vor Beginn der Messung der Querverteilung wurde die Maschine für 60 Sekunden gleichmäßig laufen gelassen. Dadurch konnte sichergestellt werden, dass der Dosierkasten bei Beginn der Messung voll ist. Zur Messung der Querverteilung werden vier 90-Liter-Gefäße, wie in Abbildung 9 zu sehen, unter die Furchenformer gestellt, sodass der dosierte Kompost in die Gefäße fällt. Die Behälter wurden nummeriert und je einem Furchenformer fest zugeordnet. Der nach 30 Sekunden Betrieb in den Auffanggefäßen gesammelte Kompost wurde zusammen mit den Gefäßen gewogen. Die Kompostmenge wurde durch die Subtraktion des Leergewichts der Gefäße von den gewogenen Massen bestimmt. Dieser Test wurde in jedem Iterationsschritt des Konstruktionsprozesses mehrfach wiederholt.



Abbildung 9: Auffangen des Kompostes bei der Messung der Querverteilung. (van Woudenberg, 2019)

Um die Ausbringgenauigkeit entlang der Reihe, die sogenannte Längsverteilung, zu bestimmen wurde die Maschine auf einer Strecke von 40 m mit 5 km/h gezogen, während die Maschine Kompost dosierte und applizierte. Die auf diese Weise entstandenen vier Kompoststreifen auf dem Betonboden der Halle wurden in 0,5 m Teilstücken aufgelegt in Eimer gefüllt und gewogen. Die Kompostmenge wurde per Subtraktion des Leergewichtes der Eimer von der gewogenen Masse berechnet. Die ersten und letzten fünf Meter wurden zur Vermeidung von Messfehlern aufgrund von Beschleunigung und Abbremsen aus der Wertung genommen.



Abbildung 10: Stichproben, Längsverteilungsmessung (van Woudenberg, 2019).

3.2.4 Ergebnisse und Diskussion Prototyp kombinierter Kompostapplikations-Kartoffelpflanzmaschinen mit Kratzbodenbunker – Projekt „Rhizofrei“

3.2.4.1 Aufbau des Prototyps

Die bekannten Schwächen der oben vorgestellten vorangegangenen Prototypen sowie die ebenfalls oben vorgestellte Schwachstellenanalyse und die daraus abgeleiteten Konzepte wurden in den Jahren 2016 und 2017 in einem dritten Prototyp realisiert. In einer Kooperation der Universitäten Kassel und Göttingen, sowie der Firma Grimme und den am Projekt beteiligten Landwirten wurde ein Kompostbunker mit Kratzboden und einem verstellbaren Schieber als neue Lösung für die Ausbringung des Kompostes gebaut. Die Grundmaschine, der Dosierkasten mit der Ausbringschnecke sowie die verlängerten Furchenzieher blieben auch bei diesem dritten Prototypen erhalten. In Abbildung 11 ist der dritte Prototyp mit Kratzbodenbunker sowie eine Detailansicht des Kratzbodens zu sehen.



Abbildung 11: Linke Seite: Der dritte Prototyp der kombinierten Kompostapplikations- Kartoffelpflanzmaschine. Rechte Seite: Detailansicht des Kratzbodens mit Kettengeführten Kratzbodenleisten zum Transport des Materials zur Dosiereinheit.

Der Kompostbunker besteht aus 6 mm starken, verschweißten Stahlblechwandungen. Er hat ein Volumen von gut 4 m³. Wie in Abbildung 11 auf der rechten Seite zu erkennen ist, verläuft am Boden des Kompostbunkers ein mittig geteilter Kratzboden. Der Kratzboden besteht aus Stahlprofilstäben, die von Kettengezogen, ähnlich wie ein Förderband, das Material zum Dosiertrichter bewegen. Das Material wird dabei unter dem Schieber hindurch zum Dosierkasten geschoben. Der Kratzboden wird von einem Hydraulikmotor mit einer Leistung von 32 KW angetrieben.

Der Schieber befindet sich am hinteren Ende des Kompostbunkers und besteht aus einer 45 mm starken Holz-Komposit-Platte mit Stahlblech verstärkter Unterseite. Über eine Lochung in der Führungsschiene des Schiebers ist dieser in der Höhe verstellbar.

Der Dosierkasten mit der Schnecke und den Auslasslöchern (siehe Abbildung 12, linke Seite) wurde vom Vorgänger-Prototypen übernommen. Der Kratzboden endet über dem Dosierkasten, sodass das Kompostmaterial direkt hineinfällt (Fallhöhe ca. 30 cm). Im Dosierkasten fördert die gegenläufige Schnecke das Material zu den Auslasslöchern. Über den Auslasslöchern ist jeweils ein satteldachförmiges Dreiecksblech (Auslaufdreieck) montiert, welches verhindern soll, dass das Kompostmaterial beim Fall von der Bunkerante in den Kasten direkt durch die Auslasslöcher fällt. Im Sinne einer exakten Dosierung soll der Kompost nur von der Schnecke zum Auslassloch gefördert werden.

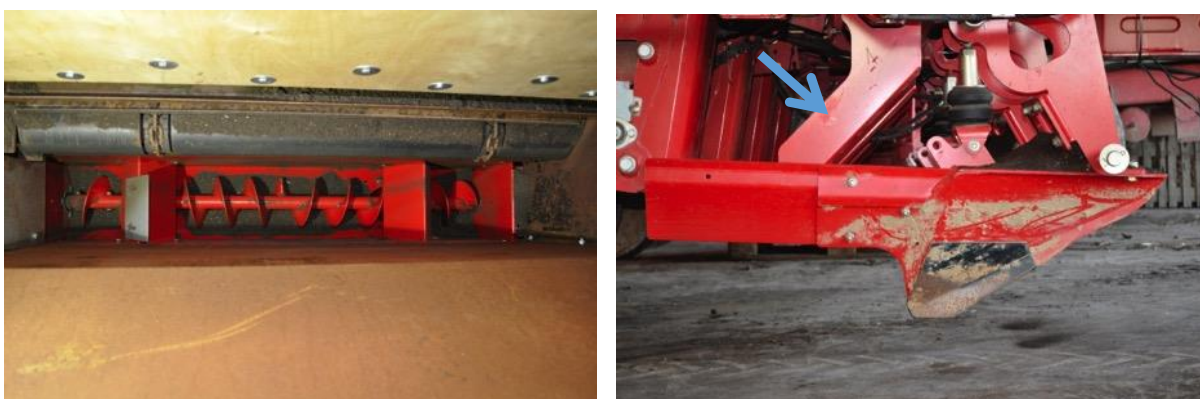


Abbildung 12: linke Seite – Dosiersystem mit Förderschnecke (Van Woudenberg, 2019). Rechte Seite – Auslaufrutschen zur Positionierung des Kompost in der Furche (Van Woudenberg, 2019).

Die Auslaufrutschen wurden ebenso vom Vorgänger-Prototypen übernommen. Sie befinden sich unter den Auslauföffnungen und leiten den Kompost so, dass er direkt hinter dem Furchenzieher in die geöffnete Furche fällt (blauer Pfeil in Abbildung 12, rechte Seite).

3.2.4.2 Messung der Querverteilung

Die Querverteilung der Kompostapplikation des neuen Prototyps mit Kratzbodenbunker wurde wie im Kapitel Material und Methoden beschrieben ermittelt. Die Ergebnisse dieser Messung sind in Tabelle 6 zusammengefasst und werden in Abbildung 13 grafisch in einem Säulendiagramm dargestellt.

Tabelle 6: Ergebnis der Messung der Querverteilung

	links	Mitte links	Mitte rechts	rechts	Mittelwert	Staabw.	Var.-Koeff.
KB 3/4 und S 3/4	15,5 kg	18,5 kg	20,0 kg	15,0 kg	17,3 kg	2,8 kg	16,1%
KB 1 und S 1/2	23,0 kg	27,6 kg	31,7 kg	16,1 kg	24,6 kg	6,7 kg	27,3%
KB 1 und S 1/4	24,0 kg	29,5 kg	33,2 kg	24,8 kg	27,9 kg	4,3 kg	15,3%
KB 1 und S 1/8	25,1 kg	30,4 kg	27,6 kg	21,5 kg	26,1 kg	3,7 kg	14,3%

In der ersten Spalte von Tabelle 6 werden die zur jeweiligen Messung vorgenommenen Einstellungen der Drosselventile zur Steuerung von Kratzbodenantrieb (KB) und Dosierschneckenantrieb (S) angegeben. In der zweiten bis fünften Spalte sind die gewogenen Nettomassen des gewogenen Komposts aufgelistet. In der sechsten bis achten Spalte folgen schließlich die aus den gewogenen Massen errechneten Mittelwerte, die Standardabweichung (Staabw.) und der Variationskoeffizient (Var.-Koeff.). Die Werte der Variationskoeffizienten der einzelnen Messreihen zeigen, dass die Querverteilung unzufriedenstellend war. Eine Betrachtung der Säulen aus dem Diagramm in Abbildung 13 bestätigen diese Einschätzung. Unabhängig von der Einstellung der Drosselventile wird in den Mittleren Reihen mehr Kompost ausgegeben als an den äußeren Reihen.

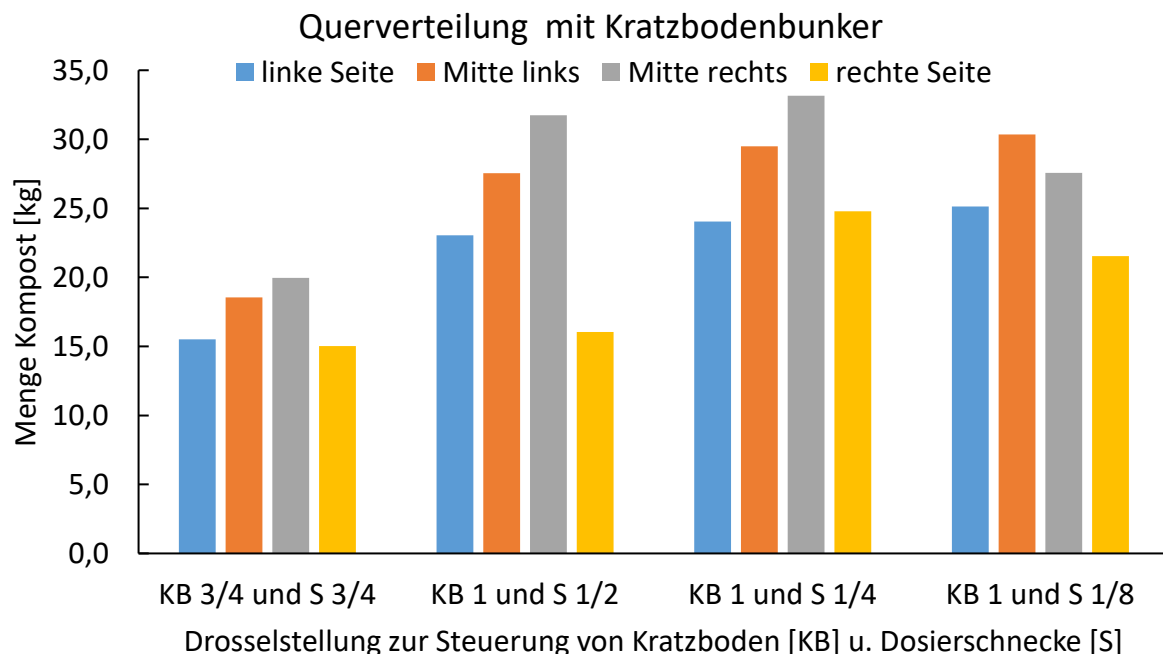


Abbildung 13: Grafische Darstellung der Messung der Querverteilung des vom Prototyp mit Kratzbodenbunker applizierten Kompost.

3.2.4.3 Erste iterative Verbesserung der Konstruktion

Ausgehend von den Ergebnissen, die auf bestimmte Probleme der Maschine hinwiesen, wurden bauliche Veränderungen an der Maschine vorgenommen. Diese sind in Tabelle 7 aufgeführt.

Tabelle 7: Veränderungen an Prototyp 4 nach Status-Quo-Analyse.

	Veränderung	Ziel der Maßnahme
Schieber	Ganz nach vorne versetzt	Kompostaustrag in einem „Schwall“ vermeiden
Leitbleche	Schräge Leitbleche im Dosierkasten	Mehr Kompost soll aus der Mitte nach außen gefördert werden
Hydraulikanlage	Getrennte Druckleitungen von Kratzboden und Schnecke	Bessere Einstellmöglichkeit der Aggregate



Abbildung 14: Mit Langlöchern auf die Auslassdrehsehnecke verschraubte Leitbleche zur Lenkung des Kompoststroms (Van Woudenberg 2019).

Der Schieber wurde nach vorne versetzt, sodass er besser im Druckfeld des Kratzbodens steht. Durch diese Maßnahme soll verhindert werden, dass Kompostaustrag in einem Schwall erfolgt. Als weitere Maßnahme wurden an den Auslassdreiecken über der Dosierwellen schräge Leitbleche angebracht, um mehr Kompost von innen nach außen zu lenken. Zudem wurde die Druckleitung von Kratzboden und Schnecke getrennt, damit Kratzboden und Dosierschnecke über zwei unterschiedliche Steuergeräte am Traktor laufen können. Nach diesen Veränderungen wurden die Querverteilungstests wiederholt.

3.2.4.4 Messung der Längsverteilung und erneute Messung der Querverteilung

Die Ergebnisse der erneuten Messung der Querverteilung nach den genannten Umbauten mit der oben beschriebenen Methoden sind in Tabelle 8 aufgelistet. Die Tabelle ist dabei wie oben strukturiert. Da die Hydraulikantriebe von Kratzboden (KB) und Dosierschnecke (S) nicht mehr über Drosselventile gesteuert wird, sondern über getrennte Regelkreise vom Traktor sind in der ersten Spalte nun nicht mehr die Drosseleinstellungen, sondern die gewählten Laststufen der Regelkreise des Traktors aufgelistet. Die Variationskoeffizienten haben sich gegenüber der ersten Messung deutlich verbessert. Daher sind die durchgeführten technischen Änderungen an der Maschine als erfolgreich zu bewerten.

Nichtsdestotrotz ist nach wie vor eine Konzentration der ausgebrachten Kompostmengen auf die mittleren Reihen zu beobachten.

Tabelle 8: Ergebnis der Messung der Querverteilung nach Umbau des Prototyps mit Kratzbodenbunker.

	linke Seite	Mitte links	Mitte rechts	rechte Seite	Mittelwert	Staabw.	Var.-Koeff.
KB 5 und S 5	23,7 kg	28,8 kg	27,3 kg	23,4 kg	25,8 kg	2,7 kg	10,3%
KB 4 und S 7	23,7 kg	28,8 kg	27,3 kg	23,4 kg	25,8 kg	2,7 kg	10,3%
KB 2 und S 5	15,0 kg	16,0 kg	13,9 kg	15,6 kg	15,1 kg	0,9 kg	6,1%
KB 3 und S 6	19,4 kg	22,4 kg	20,6 kg	19,5 kg	20,5 kg	1,4 kg	6,8%

Ein Blick auf die Säulen in Abbildung 15 verdeutlicht diese Beobachtung. Die Unterschiede in den Säulenhöhen sind weniger ausgeprägt. Gerade bei geringeren applizierten Mengen ist die Querverteilung deutlich besser als vor den Umbauten.

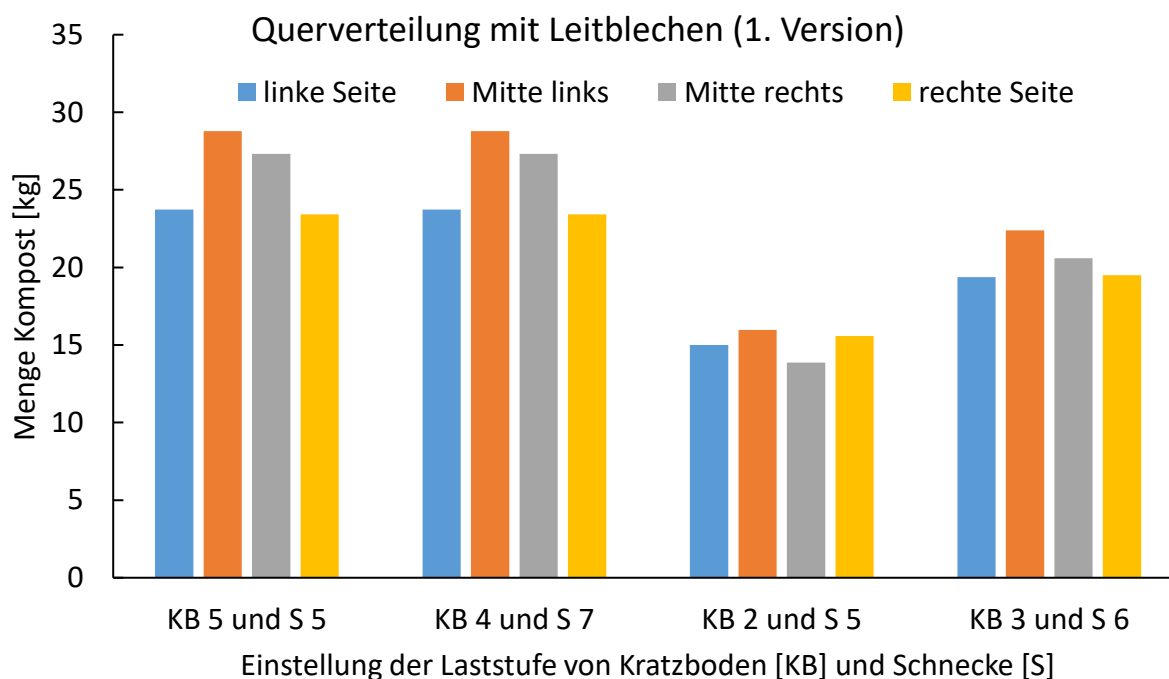


Abbildung 15: Grafische Darstellung der Messung der Querverteilung des applizierten Kompostes nach den Umbauten am Prototyp.

Das Ergebnis der Messung der Längsverteilung ist in Abbildung 16 dargestellt. Die Linien zeigen eine Verstärkung der unterschiedlichen Schüttmenge entlang der Reihe. Bei bloßer Betrachtung wirkten die applizierten Reihen des Komposts gleichmäßig hoch und weit, wie es auch in Abbildung 10 zu sehen ist. Die Schwankungen in den Reihen zeigen aber, dass trotz des versetzten Schiebers ein gewisses Maß an schwallartiger Förderung des Komposts durch den Kratzboden weiter stattfindet. Mögliche technische Anpassungen wurden nicht mehr vorgenommen (z. B. Einbau weitere Kratzbodenleisten bzw. in Höhe und Form veränderter Kratzbodenleisten u.a.), weil sie nur mit sehr hohem Aufwand möglich gewesen wären; dies erschien angesichts des Variationskoeffizienten von <10% tolerabel.

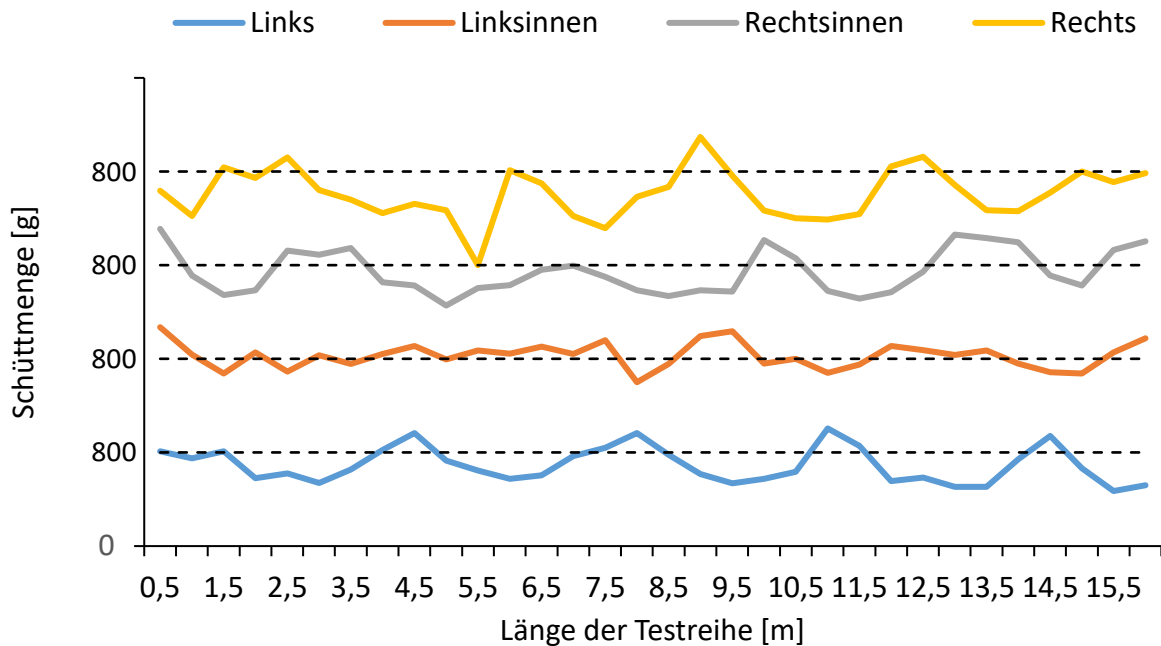


Abbildung 16: Messung der Längsverteilung des applizierten Kompostes durch den umgebauten Prototyp mit Kratzbodenbunker.

3.2.4.5 Zweite iterative Verbesserung der Konstruktion

Trotz der beschriebenen technischen Veränderungen der kombinierten Kompostapplikations- und Kartoffelpflanzmaschine zeigte die Messung der Querverteilung weiteren Verbesserungsbedarf. Im nächsten Iterationsschritt im Konstruktionsprozess wurde daher eine weitere Veränderung zur Lenkung des Kompoststroms konzipiert und realisiert. Eine Analyse der Messdaten ergab, dass die Lenkung des Massenstroms durch die in Abbildung 14 gezeigten Leitbleche, nicht ausreichend war, weil sie zu spät in den Kompoststrom eingriffen. Dies wurde darauf zurückgeführt, dass die Wirkung der Leitbleche gewissermaßen ins Leere gehen, da dort wo sie in den Kompoststrom eingreifen, das gemessene Ungleichgewicht in der Querverteilung bereits besteht; daher konnte der Kompoststrom gar nicht mehr ausgeglichen werden. Die Korrektur des Volumenstroms musste also weiter in der Mitte der Dosiereinheit erfolgen. Um diese Erkenntnis umzusetzen, wurden die Leitbleche etwas höher und mittiger in die Dosierkästen eingepasst. Abbildung 17 zeigt die neue Platzierung der Leitbleche.

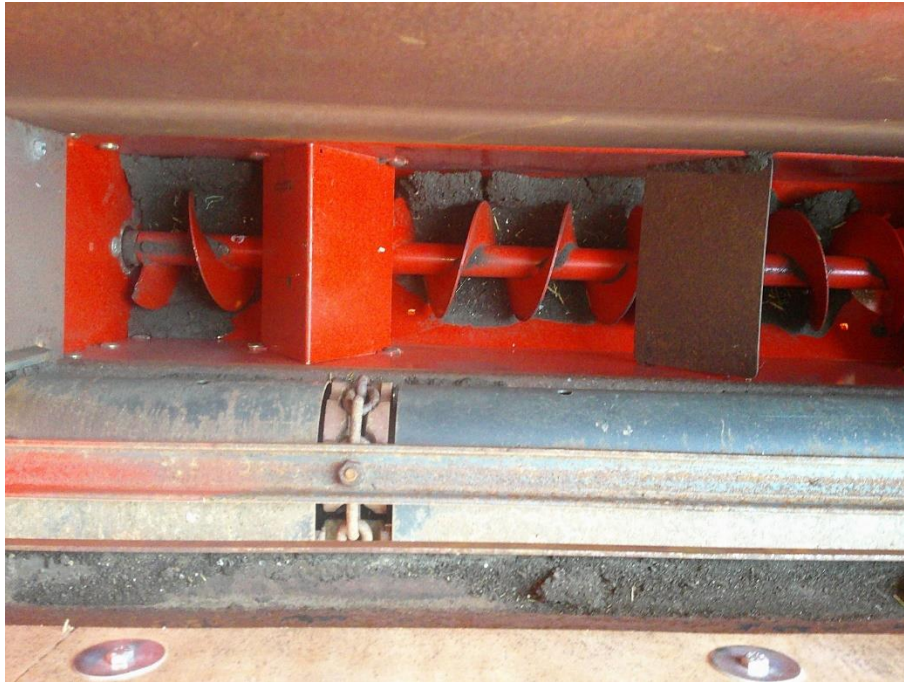


Abbildung 17: Neue Lenkbleche zur Korrektur des Kompost-Volumenstroms zu Verbesserung der Querverteilung.

3.2.4.6 Abschließende Messung der Längs und Querverteilung

Die Ergebnisse der erneuten Messung der Querverteilung nach den genannten Umbauten mit der oben beschriebenen Methoden sind in Abbildung 18 und Abbildung 18: Grafische Darstellung der Querverteilung nach erneuter Verbesserung der Leitbleche – siehe Abbildung 17 Tabelle 9 aufgeführt. Die Tabelle ist dabei wie oben strukturiert. Die Variationskoeffizienten haben sich gegenüber der vorangegangenen Messung deutlich verbessert. Daher ist die Verbesserung der Leitbleche als erfolgreich zu bewerten.

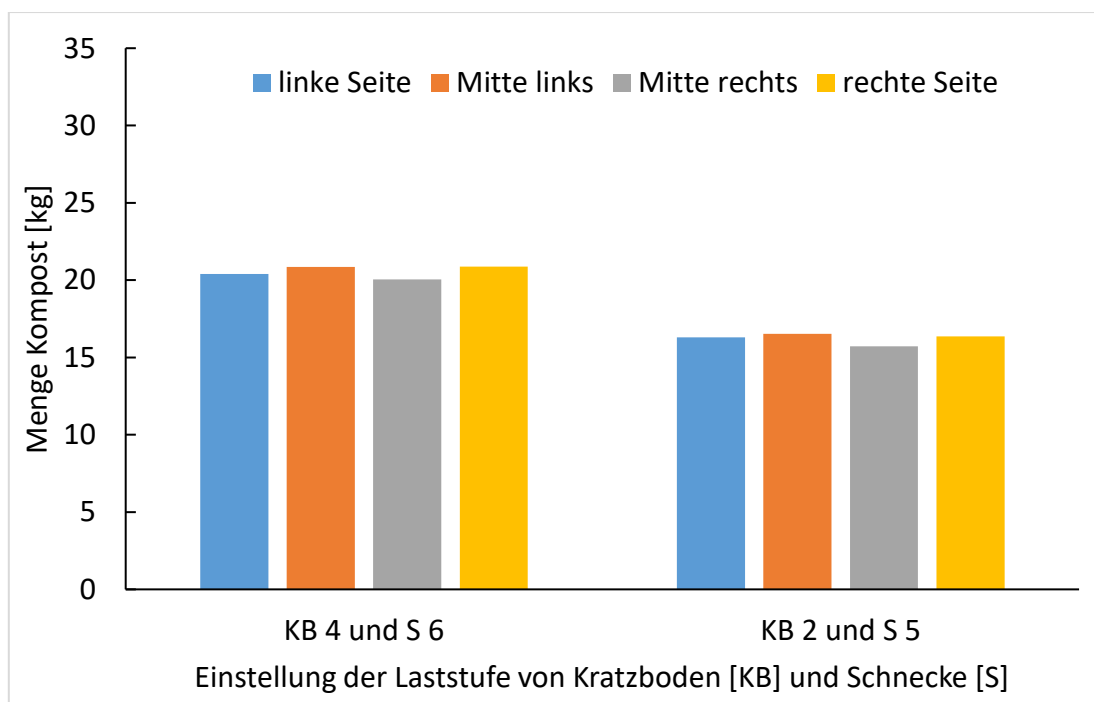


Abbildung 18: Grafische Darstellung der Querverteilung nach erneuter Verbesserung der Leitbleche – siehe Abbildung 17

Tabelle 9: Ergebnis der Messung der Querverteilung nach erneuter Verbesserung der Leitbleche.

	linke Seite	Mitte links	Mitte rechts	rechte Seite	Mittelwert	Staabw.	Var.-Koeff.
KB 4 und S 6	20,4 kg	20,9 kg	20,1 kg	20,9 kg	20,5 kg	0,4 kg	1,9%
KB 2 und S 5	16,3 kg	16,5 kg	15,7 kg	16,4 kg	16,2 kg	0,4 kg	2,2%

Ein Blick auf die Säulen in Abbildung 19 und die Tabelle 10 verdeutlicht diese Beobachtung. Die Unterschiede in den Säulenhöhen, also zwischen den vier Reihen, sind verschwunden. Auch unterschiedliche Applikationsmengen haben keinen Einfluss auf die Verteilgenauigkeit. Das gilt auch für die Kompostart. In Tabelle 10 sind die Ergebnisse einer Messung der Querverteilung bei Verwendung verschiedener Kompostarten aufgelistet. Die Variationskoeffizienten bleiben niedrig, unabhängig von der verwendeten Kompostart. Die Höhen der Säulen in Abbildung 19 bestätigen diesen Eindruck.

Tabelle 10: Ergebnis der Messung der Querverteilung bei Applikation verschiedener Kompostarten

	linke Seite	Mitte links	Mitte rechts	rechte Seite	Mittelwert	Staabw	Var Koeff
Biogut Kompost	16,1 kg	15,3 kg	16,1 kg	16,1 kg	15,9 kg	0,4 kg	2,5%
Grüngut Kompost	13,7 kg	12,0 kg	13,1 kg	13,8 kg	13,2 kg	0,9 kg	6,5%
Grüngut Kompost WIZ	11,2 kg	10,0 kg	9,9 kg	10,5 kg	10,4 kg	0,6 kg	5,5%

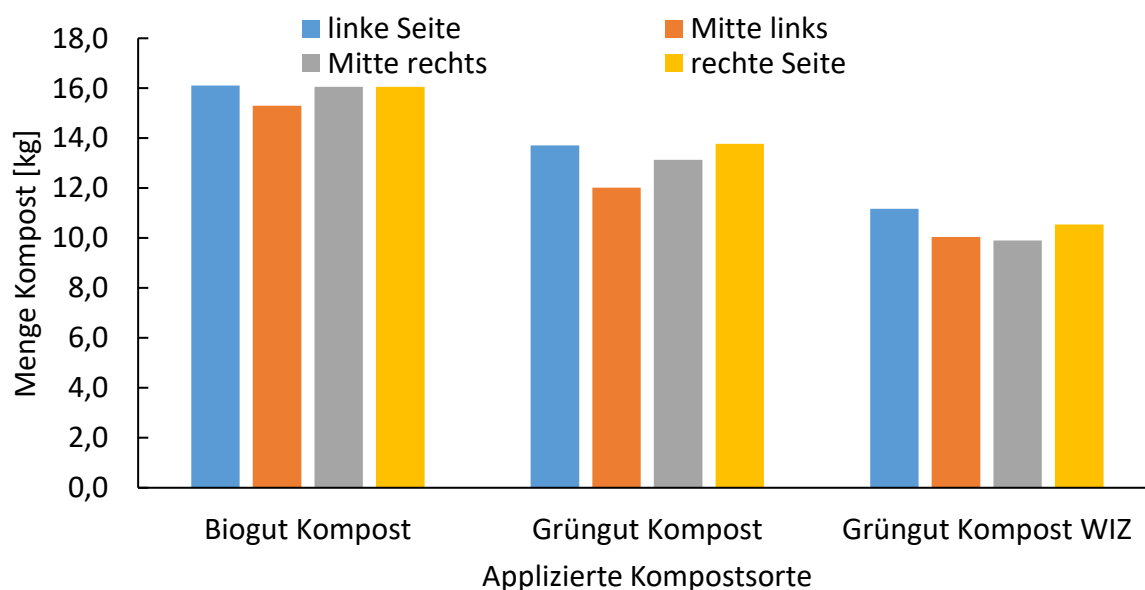


Abbildung 19: Grafische Darstellung der Querverteilung bei Verwendung verschiedener Kompostarten

3.2.5 Ausblick und Fazit

Die durchgeführten Versuche zeigen einen deutlichen Fortschritt im iterativen Konstruktionsprozess zur Entwicklung einer kombinierten Kompostapplikations- und Kartoffelpflanzmaschine. Die Probleme mit der Brückenbildung der vorangegangenen Prototypen konnten mit der Umrüstung auf einen Kratzboden behoben werden. Weitere technische Veränderungen wie die Entkopplung der Hydraulikaggregate für den Antrieb des Kratzbodens bzw. der Dosierschnecke, die Optimierung der Schieberposition und der Einbau von Leitblechen haben Quer- und Längsverteilung deutlich verbessert. Die Maschine arbeitet zudem unabhängig von Kompostart und Kompostfeuchte (im Rahmen einer Feuchtigkeit der Komposte von 30-40 Gew. %) mit gleichbleibender Applikationsqualität. Damit konnten die Ziele im Projekt bezüglich der Gewährleistung einer technischen Entwicklung für die Kombination von Kompostausbringung und Pflanzung der Kartoffeln verwirklicht werden. In weiteren Konstruktionschritten ist die Maschine allerdings auf eine Serienfertigung und den harten praktischen Alltag vorzubereiten. Anforderungen an die Produktionstechnik wurden bislang nicht berücksichtigt. Der Aufbau der Maschine muss im Sinne einer modularen Fertigung verbessert werden. Der Aufbau der Maschine ist aus Sicht des Produktionsmanagements bislang auf die Möglichkeiten und Methoden der jeweiligen Forschungs- und Entwicklungswerkstätten der Firma Grimme, der Universität Kassel und der Universität Göttingen beschränkt. Weitere Entwicklungsarbeit ist bei der Optimierung der Mensch-Maschinen-Schnittstellen, sowie bei den Maschine-Maschine-Schnittstellen notwendig. Die Maschine muss an gängige Kupplungssysteme wie Isobus angepasst werden. Bedienerfreundliche Systeme zum Beispiel zum sogenannten „Abdrehen“, also der Einstellung der zu applizierenden Kompostmenge, fehlen bislang vollständig und müssen noch nachgerüstet werden. Dies bleibt nach dem Ausscheiden der Firma Grimme anderen industriellen Kooperationspartnern vorbehalten (siehe auch Kapitel 4. Ergebniswertung)

3.3 Arbeitspaket 2 Feldversuche

Auf den beteiligten landwirtschaftlichen Betrieben (Domäne Frankenhausen, Domäne Hofgut Marienborn, Betrieb Ottmar Rudert) wurden in den Jahren 2016, 2018 und 2019 umfangreiche Feldversuche durchgeführt. Ziel war, die applizierten Komposte in ihrer Wirkung gegenüber *Rhizoctonia solani* zu überprüfen. Dazu wurde natürlich mit *R. solani* infiziertes Kartoffel-Pflanzgut in mehreren Infektionsstufen verwendet.

3.3.1 Material und Methoden

Die Durchführung der Feldversuche sowie die Erhebungen an den Kartoffeln (Bonituren und Ertrags-erhebung) erfolgten in enger Anlehnung an die Eppo Richtlinie 1-32/2. Dazu wurde natürlich mit *R. solani* infiziertes Pflanzgut der Sorten Nicola (Europlant, Lüneburg) und Carolus (Agrico, Niederlande) in mehreren Infektionsstufen verwendet.

Die Komposte wurden in einer Aufwandmenge von 5 t Trockensubstanz/ha eingesetzt. Einen detaillierteren Überblick zu den Versuchen findet sich in der Tabelle 11.

Die Versuche wurden pro Jahr als mehrfaktorielle Versuche mit den Faktoren Pflanzgutinfektion (Infektionsstufe) und Kompostapplikation (Kompostart) angelegt. Nähere Informationen zur Kompostqualität finden sich in Tabelle 3 bis Tabelle 5 sowie in Abbildung 1.

Tabelle 11: Überblick zu den verwendeten Kartoffel-Sorten, Infektionsstufen von *R. solani* (Prozent Oberflächenbefall mit Sklerotien), Anzahl der Komposte und der Feldreplika in den Feldversuchen der Jahre 2016, 2018 und 2019, die auf den drei landwirtschaftlichen Betrieben verwendet worden sind.

Jahr	Sorte	Infektionstärken	Kompostapplikation	Feldreplika
2016	Nicola	3 Stufen (ohne, 2-5%, 5-10%)	ohne, 3 Komposte	6
2018	Nicola	4 Stufen (ohne, 2-5%, 5-10%; Originalpartie)	ohne, 8 Komposte	4
2019	Carolus	4 Stufen (ohne, 2-5%, 5-10%; Originalpartie)	ohne, 4 Komposte	4

In den Versuchen in Jahr 2018 wurde zusätzlich zur Kompostart der Faktor Rottealter mit aufgenommen. Die Kompostarten Grüngut (G), Biogut (B) und die Mischungen beider Materialien (BG) zu gleichen Teilen standen im Alter von 18, 9 und 6 Monaten für die Versuche zur Verfügung; allerdings konnte aufgrund der Grenzwertüberschreitungen bei Zink für den Biogutkompost aus dem Jahr 2016 (18 Monate alt, B-2016-1 siehe auch Tabelle 3) diese Variante nicht in den Feldversuchen auf den Ökobetrieben angewendet werden.

-Statistische Analyse

Die statistische Analyse und Verrechnung der vorliegenden Rohdaten erfolgte mit dem Statistik Softwarepaket SPSS (Version 28.0.1.). Die Daten wurden auf Normalverteilung und Varianzhomogenität überprüft bevor sie varianzanalytisch (Anwendung UNIVARIATE) verrechnet wurden. Nicht normal verteilte Datensätze wurden zumeist mit Quadratwurzeltransformation angepasst.

Mittelwert Vergleichstests wurden mit dem LSD und Tukey Test vorgenommen.

3.3.2 Ergebnisse und Diskussion

Im Überblick sind die Ergebnisse aus den Jahren 2016, 2018 und 2019 zu den Auswirkungen der Komposte auf den Befall mit *R. solani* bzw. auf die Erträge und Ertragsfaktoren dargestellt. Die Ergebnisse für die einzelnen Versuchsstandorte sind gemeinsam aufgeführt, allerdings erfolgte die Analyse der Wirkungen für jeden einzelnen Standort getrennt.

3.3.2.1 Feldversuche 2016 – Auswirkungen von Kompostapplikation auf Symptome von *R solani*

Die gewählten Infektionsstufen der Mutterknollen verursachten im Mittel über den Faktor Kompostapplikation für alle hier gezeigten Parameter (Tabelle 12 bis Tabelle 15) eine signifikante Steigerung des Befalls der Tochterknollen in den entsprechenden Befallsparametern ($P = 0,01$). Insofern war die Anlage der Versuche gelungen. Der Standort hatte jedoch einen starken Einfluss auf die Ausprägung der Symptome; so steigt zwar in Abhängigkeit der Infektionsstärke der Befall auf den Tochterknollen auf allen Standorten an, aber Witterung und Boden dürften eine entsprechende Auswirkung

auf die unterschiedlichen Befallssituationen auf den Betrieben gehabt haben. Entsprechend ist er am Standort Domäne Marienborn im Vergleich zu den beiden anderen Standorten grundsätzlich relativ gering gewesen.

Die Kompostwirkung konnte mit den hier eingesetzten, aus der Praxis stammenden Komposten nur vereinzelt und tendenziell in Bezug auf die Reduktion der Symptomausprägung des Erregers gezeigt werden. So wurden zwar durch den Kompost K1² sowohl auf der Domäne Frankenhausen in den Infektionsstufen 1 und 2 als auch in Marienborn in allen Infektionsstufen zwar geringe Reduktionen des Sklerotien-Befalls an den Tochterknollen festgestellt, auf dem Betrieb Rudert aber ergaben sich keine Effekte (Tabelle 12). Ähnliche Tendenzen ließen sich für den Kompost K3 beobachten. Der Kompost K3 wies am Standort Marienborn die deutlichsten Effekte in Infektionsstufe 2 und 3 auf, weniger ausgeprägt war dies der Fall in Stufe 1 und 2 am Standort DFH.

Insgesamt zeigen sich in diesem Versuch in Bezug auf die typischen Befallssymptome am Erntegut nur geringfügige Veränderungen gegenüber den Kontrollparzellen ohne Komposte. Dies dürfte aber auch mit den teilweise recht starken Unterschieden in den Infektionsstärken auf den Betrieben bzw. in unterschiedlichen Standorten zusammenhängen.

Tabelle 12: Anteil des Befalls mit *R. solani* (% Oberflächenbefall Sclerotien) auf Erntegut (Sorten Nicola) in Abhängigkeit von Infektionsstärke, Kompostapplikation und Standort (DFH = Domäne Frankenhausen) (arith. Mittel; n = 6) im Jahr 2016.

Infektionsstufe	Inf 1			Inf 2			Inf 3		
	DFH	Förster	Rudert	DFH	Förster	Rudert	DFH	Förster	Rudert
ohne Komp	0,67	0,46	1,51	1,77	0,48	1,90	3,44	0,90	2,41
K1	0,60	0,27	1,51	1,42	0,21	1,84	3,49	0,69	2,42
K2	0,62	0,46		2,06	0,33		3,08	0,94	
K3	0,48	0,57		1,62	0,28		3,29	0,53	
Gesamtmittelwert	0,62	0,45	1,51	1,70	0,37	1,87	3,36	0,81	2,42

Tabelle 13: Anteil des Erntegutes mit Befall von ≤ 1% Oberflächenbesatz an Sclerotien von *R. solani* in Abhängigkeit von Infektionsstärke, Kompostapplikation und Standort (DFH = Domäne Frankenhausen) (arith. Mittel; n = 6) im Jahr 2016.

Infektionsstufe	Inf Null			Inf 2,5			Inf 5		
	DFH	Förster	Rudert	DFH	Förster	Rudert	DFH	Förster	Rudert
ohne Komp	91,77	95,18	78,94	77,71	95,32	73,31	51,84	89,30	67,54
K1	93,97	96,83	78,36	76,83	98,49	74,41	49,16	92,93	66,39
K2	93,25	95,17		71,50	98,33		53,15	89,48	
K3	95,16	95,00		78,01	98,49		53,49	94,67	
Gesamtmittelwert	92,95	95,43	78,68	76,58	96,88	73,86	51,89	90,88	67,02

² bei den aus der Praxis eingesetzten Komposte handelt es sich um Mischung zwischen BioGut und GrünGut in unterschiedlichen Anteilen aus den beteiligten Kompostanlagen; die Komposte sind anonymisiert und werden nur mit Nummer 1 bis 3 bezeichnet,

Tabelle 14: Anteil des Erntegutes mit deformierten Knollen in Abhängigkeit von Infektionsstärke, Kompostapplikation und Standort (DFH = Domäne Frankenhausen) (arith. Mittel; n = 6) im Jahr 2016.

Infektionsstufe	Inf Null			Inf 2,5			Inf 5		
	DFH	Förster	Rudert	DFH	Förster	Rudert	DFH	Förster	Rudert
ohne Komp	1,61	0,65	2,09	2,99	0,28	8,12	6,93	1,47	9,78
K1	2,01	0,33	2,90	4,25	0,50	5,66	10,00	2,76	10,95
K2	3,01	0,50		4,23	0,83		8,87	1,01	
K3	1,85	1,17		3,00	0,17		7,53	1,49	
Gesamtmittelwert	1,95	0,66	2,46	3,41	0,39	6,89	7,88	1,62	10,31

Tabelle 15: Anteil des Erntegutes mit DryCore-Symptomen in Abhängigkeit von Infektionsstärke, Kompostapplikation und Standort (DFH = Domäne Frankenhausen) (arith. Mittel; n = 6) im Jahr 2016.

Infektionsstufe	Inf Null			Inf 2,5			Inf 5		
	DFH	Förster	Rudert	DFH	Förster	Rudert	DFH	Förster	Rudert
ohne Komp	1,19	0,00	1,42	2,35	0,00	0,67	4,40	0,00	0,90
K1	1,42	0,00	1,10	4,58	0,00	0,90	5,17	0,00	0,90
K2	0,92	0,00		3,58	0,00		4,69	0,00	
K3	0,98	0,00		1,83	0,00		6,52	0,00	
Gesamtmittelwert	1,15	0,00	1,27	2,84	0,00	0,79	4,94	0,00	0,90

3.3.2.2 Feldversuche 2016 – Erträge

Die Ertragssituation hat sich auf den Betrieben im Vergleich zu den Befallssymptomen allerdings anders entwickelt. So zeigen sich hier eindeutige Auswirkung der Infektionen sowohl auf den Rohertrag, den Marktertrag und den bereinigten Marktertrag. Deutlich sichtbar waren die Auswirkungen der Infektionsstufen zu erkennen. In den Kontrollvarianten ergab der Vergleich zwischen den Infektionsstufen 1 (ohne Infektion) bis 3 (Infektionen mit 5-10 % Oberflächenbefall im Ausgangs Pflanzgut) einen um von 15-30 dt/ha geringeren Ertrag (signifikant bei $\leq 0,05$) auf. Dies traf für alle drei Betriebe zu (Tabelle 16 bis Tabelle 18).

Die Kompostwirkungen sind mit Ertragssteigerungen von 5-25 dt/ha auf den verschiedenen Standorten in Abhängigkeit der Infektionsstufe erkennbar. Während in der höchsten Infektionsstufe nicht in allen Fällen Ertragssteigerungen gegenüber den Parzellen ohne Kompost auftraten, sind im Fall der beiden niedrigeren Infektionsstufen insbesondere bei den Komposten 2 und 3 deutliche Ertragssteigerungen erkennbar.

Tabelle 16: Kartoffel Erträge (dt/ha) in Abhängigkeit von Infektionsstufe und Komposteinsatz auf der Domäne Frankenhausen im Jahr 2016 (n = 6)

Komposte/ Infektionsstufe	Rohertrag dt/ha	Marktertrag (30-60 mm) dt/ha	bereinigter Marktertrag dt/ha
ohne Komp - 1	196,5	179,1	174,0
ohne Komp - 2	188,1	167,4	157,4
ohne Komp - 3	168,4	149,2	129,5
Komp 1-1	192,1	172,3	165,9
Komp 1-2	213,9	195,5	177,0
Komp 1-3	164,1	143,2	120,3
Komp 2-1	217,1	196,7	189,1
Komp 2-2	206,7	185,6	169,5
Komp 2-3	180,2	158,8	135,1
Komp 3-1	209,0	188,4	183,5
Komp 3-2	193,0	175,6	164,5
Komp 3-3	183,4	165,3	139,6
Gesamt Mittelwert	192,71	173,09	158,79

Tabelle 17: Kartoffel Erträge (dt/ha) in Abhängigkeit von Infektion Stufe und Komposteinsatz auf der Domäne Marienborn im Jahr 2016 (n = 6)

Komposte/ Infektionsstufe	Rohertrag dt/ha	Marktertrag (30-60 mm) dt/ha	bereinigter Marktertrag dt/ha
ohne Komp - 1	185,4	165,5	164,9
ohne Komp - 2	175,7	158,0	157,4
ohne Komp - 3	171,7	156,1	152,3
Komp 1-1	194,7	178,3	177,8
Komp 1-2	251,7	226,4	225,5
Komp 1-3	211,1	188,9	176,3
Komp 2-1	196,2	176,9	176,2
Komp 2-2	190,8	171,6	170,7
Komp 2-3	189,7	172,4	169,4
Komp 3-1	205,0	182,4	180,4
Komp 3-2	184,5	161,6	161,2
Komp 3-3	206,5	172,7	169,5
Gesamt Mittelwert	196,92	175,91	173,46

Tabelle 18: Kartoffel Erträge (dt/ha) in Abhängigkeit von Infektion Stufe und Komposteinsatz auf dem Betrieb Rudert im Jahr 2016 (n = 6)

Komposte/ Infektionsstufe	Rohertrag dt/ha	Marktertrag (30-60 mm) dt/ha	bereinigter Marktertrag dt/ha
ohne Komp - 1	205,94	183,21	175,26
ohne Komp - 2	207,87	185,16	167,64
ohne Komp - 3	184,81	163,74	143,64
Komp 1-1	225,80	207,54	198,53
Komp 1-2	210,68	188,95	175,43
Komp 1-3	186,03	162,91	142,60
Gesamt Mittelwert	203,38	181,72	166,98

3.3.2.3 Feldversuche 2018 - Auswirkungen von Kompostapplikation auf Symptome von *R solani*

Feldversuche Domäne Frankenhausen

In den Versuchen im Jahr 2018 kamen GrünGut-Komposte, BioGut-Komposte und Mischungen der beiden Bestandteile auf allen drei Betriebsstandorten zum Einsatz. Die Komposte stammten aus den unterschiedlichen Kompostierungsphasen und hatten somit bei Einsatz in den Versuchen ein Rottealter von maximal 18 Monaten (Komposte aus dem Jahr 2016), während die jüngsten Komposte 6 Monate alt waren (Komposte mit Bezeichnung 2017-2). Auf den Standorten zeigten sich in Abhängigkeit der Infektionsstärke in den Kontrollvarianten entsprechend die Zunahme des Befalls der Tochterknollen in den verschiedenen Symptomen Sklerotien-Oberflächenbefall, Dry Core und deformierte Knollen sowie im Anteil der Knollen mit einem Oberflächenbefall von kleiner 1 % Sklerotienbefall. Am deutlichsten wurden die Effekte durch die Komposte bei der Reduktion des Oberflächenbefalls der Ernteknollen (Tabelle 19). Im Mittel über die Infektionsstufen konnten durch fast alle Komposte Befallsreduktionen zwischen 7% bis 33 % erzielt werden. Bei dem BioGut-Kompost B-2017-2 und dem Mischkompost B/G-2017-2 wurden insbesondere verursacht durch einen überproportional hohen Befall in der Infektionsstufe 2 sowie in der Originalpartie (Stufe M) im Mittel dagegen leichte Befalls-Erhöhen beobachtet.

Ein ähnliches Bild zeigt sich bei dem Anteil der Ernteknollen mit einem Befall $\leq 1\%$ Oberflächenbesatz (Tabelle 20). Bedingt durch den Komposteinsatz steigerte sich der Anteil gesunder Knollen, die in dem Parameter Knollenanteil mit Befall $<1\%$ Oberflächenbesatz zusammengefasst werden beträchtlich. So stiegen diese Anteile bis zu rund 23 % im Vergleich zur Kontrolle wie dies im Fall der Komposte G-2017-2 sowie B-2017-2 im Mittel über die Infektionen Stufen zu beobachten war. Bei diesen Komposten handelt es sich um Material mit jüngerem Rottealter von sechs Monaten. Allerdings konnte für den Mischkompost dieser Effekt in Abhängigkeit des Rottealters nicht beobachtet werden, sondern durch den etwas älteren Kompost mit neun Monaten Rottezeit. Statistisch betrachtet liegen signifikante Wechselwirkungen zwischen Rottealter, Kompostart und Infektionsstufe vor ($p = 0.023$). Deutlich wird

aber auch, dass keine der deutlich älteren Komposttypen zu einer Verbesserung der Oberflächenqualitäten in Bezug auf die Reduktion der Rhizoctonia Sclerotien beigetragen haben.

Tabelle 19: Anteil des Befalls mit *R. solani* (% Oberflächenbefall Sclerotien) auf Erntegut (Sorte Nicola) in Abhängigkeit von Infektionsstärke, Kompostapplikation (Kompostart und Rottealter; G = GrünGut-Kompost, B = BioGut-Kompost, B/G = Mischungen aus BioGut-und GrünGut-Kompost 1:1) und Standort (DFH = Domäne Frankenhäusen) (arith. Mittel; n = 4) im Jahr 2018. (Jahreszahlen zeigen das Jahr des Kompostierungsbeginn; Ziffern bezeichnen die Kompostierungsphase im jeweiligen Jahr bzw. das Rottealter bei Versuchseinsatz: 2016-2 18 Monate alt, 2017-1 9 Monate alt, 2017-2 6 Monate alt)

Variante	Infektionsstufe				Mittelwert	Relativ zu Kontrolle
	0	1	2	M		
Kont	2,38	3,13	2,32	2,81	2,66	100
G-2016-2	2,07	2,98	2,28	2,54	2,48	93,23
G-2017-1	2,08	2,34	2,16	1,90	2,12	79,70
G-2017-2	1,65	1,95	2,06	1,37	1,76	66,17
B-2017-1	1,93	2,44	3,31	2,92	2,65	109,77
B-2017-2	2,20	1,58	1,29	2,01	1,77	66,54
B/G-2016-2	1,20	3,07	1,98	3,25	2,40	90,23
B/G-2017-1	2,14	2,13	1,92	1,69	1,97	74,06
B/G-2017-2	2,20	1,99	2,76	3,91	2,71	101,88

Tabelle 20: Anteil des Erntegutes mit Befall von $\leq 1\%$ Oberflächenbesatz an Sclerotien von *R. solani* (Sorte Nicola) in Abhängigkeit von Infektionsstärke, Kompostapplikation (Kompostart und Rottealter; G = GrünGut-Kompost, B = BioGut-Kompost, B/G = Mischungen aus BioGut-und GrünGut-Kompost 1:1) und Standort (DFH = Domäne Frankenhäusen) (arith. Mittel; n = 4) im Jahr 2018. (Jahreszahlen zeigen das Jahr des Kompostierungsbeginn; Ziffern bezeichnen die Kompostierungsphase im jeweiligen Jahr bzw. das Rottealter bei Versuchseinsatz: 2016-2 18 Monate alt, 2017-1 9 Monate alt, 2017-2 6 Monate alt)

Variante	Infektionsstufe				Mittelwert	Relativ zu Kontrolle
	0	1	2	M		
Kont	69,3	58,0	71,4	63,9	65,7	100,0
G-2016-2	72,3	57,7	73,5	67,4	67,2	102,3
G-2017-1	71,8	68,0	73,8	76,7	72,6	110,5
G-2017-2	77,0	80,5	76,8	89,3	80,9	123,1
B-2017-1	75,0	69,3	56,6	62,7	65,9	100,3
B-2017-2	69,2	86,3	90,9	78,3	81,1	123,6
B/G-2016-2	85,2	59,1	78,2	58,7	69,8	106,3
B/G-2017-1	72,0	72,5	77,8	83,2	76,4	116,3
B/G-2017-2	73,2	78,3	64,0	47,3	65,7	100,0

Ein etwas anderes Bild ergibt sich für den Befall mit dem Dry Core Symptom und dem Anteil der durch Rhizoctonia Befall deformierten Knollen (Tabelle 21 und Tabelle 22). Insgesamt zeigt sich ein inkonsistentes Ergebnis. Nur in einem Fall (B/G-2017-2) konnte im Mittel eine Reduktion des Befalls mit

DryCore ermittelt werden, alle übrigen Komposte zeigen sogar teilweise in den niedrigen Infektionsstufen einen hohen DryCore-Befall, sodass es auf einem noch vertretbaren Niveau aber doch deutlich zu höherem Befall im Vergleich zur Kontrolle gekommen ist. Auch hier kann man erkennen, dass eine Wechselwirkung zwischen den Komposten, dem Kompostalter und Infektionsstufe aufgetreten ist.

Tabelle 21: Anteil des Erntegutes mit Befall DryCore Symptomen von *R. solani* (Sorte Nicola) in Abhängigkeit von Infektionsstärke, Kompostapplikation (Kompostart und Rottealter; G = GrünGut-Kompost, B = BioGut-Kompost, B/G = Mischungen aus BioGut-und GrünGut-Kompost 1:1) und Standort (DFH = Domäne Frankenhausen) (arith. Mittel; n = 4) im Jahr 2018. (Jahreszahlen zeigen das Jahr des Kompostierungsbeginn; Ziffern bezeichnen die Kompostierungsphase im jeweiligen Jahr bzw. das Rottealter bei Versuchseinsatz: 2016-2 18 Monate alt, 2017-1 9 Monate alt, 2017-2 6 Monate alt)

Variante	Infektionsstufe				Mittelwert	Relativ zu Kontrolle
	0	1	2	M		
Kont	5,1	4,6	10,3	9,5	7,4	100,0
G-2016-2	7,7	4,7	12,5	11,6	8,8	119,6
G-2017-1	7,5	7,8	3,5	18,8	9,4	127,4
G-2017-2	3,5	7,6	8,3	15,5	8,7	118,1
B-2017-1	13,3	15,7	7,2	13,0	12,3	166,9
B-2017-2	7,0	11,8	14,1	12,8	11,4	154,7
B/G-2016-2	8,3	3,0	18,9	6,3	8,5	115,0
B/G-2017-1	0,8	9,0	15,0	10,4	8,8	119,2
B/G-2017-2	8,5	8,3	3,5	5,9	6,5	88,8

Das Ergebnis für die beiden letztgenannten Symptome sind insofern bemerkenswert, als in vergangenen Untersuchungen relativ gleichmäßige positive Wirkungen sich auf alle Symptome von *R. solani* ausgewirkt haben, wenn ein Kompost grundsätzlich bereits den Oberflächenbefall reduziert hat. Bisher wurden die hier gemachten widersprüchlichen Beobachtungen in keiner der Untersuchung festgestellt. Allerdings mag auch ein Einfluss durch das spezifische Jahr 2018 mit der extremen Trockenheit und Hitze zu verstärkter Ausprägung von DryCore und Deformationen geführt haben, nicht auszuschließen ist auch der Einfluss der Fruchtfolgehistorie des Standortes.

Tabelle 22: Anteil des Erntegutes mit deformierten Knollen aufgrund von Befall mit *R. solani* (Sorte Nicola) in Abhängigkeit von Infektionsstärke, Kompostapplikation (Kompostart und Rottealter; G = GrünGut-Kompost, B = BioGut-Kompost, B/G = Mischungen aus BioGut- und GrünGut-Kompost 1:1) und Standort (DFH = Domäne Frankenhausen) (arith. Mittel; n = 4) im Jahr 2018. (Jahreszahlen zeigen das Jahr des Kompostierungsbeginn; Ziffern bezeichnen die Kompostierungsphase im jeweiligen Jahr bzw. das Rottealter bei Versuchseinsatz: 2016-2 18 Monate alt, 2017-1 9 Monate alt, 2017-2 6 Monate alt)

Variante	Infektionsstufe				Mittelwert	Relativ zu Kontrolle
	0	1	2	M		
Kont	0,87	2,00	4,81	2,19	2,47	100,0
G-2016-2	0,00	0,67	1,00	1,31	0,72	29,3
G-2017-1	0,25	3,75	4,00	2,43	2,61	105,6
G-2017-2	1,50	4,00	3,75	4,25	3,38	136,8
B-2017-1	0,00	1,67	2,67	1,67	1,50	60,8
B-2017-2	0,50	6,00	6,89	2,00	3,85	156,0
B/G-2016-2	0,00	0,51	4,85	3,02	1,91	77,4
B/G-2017-1	0,50	2,25	3,50	3,25	2,37	96,2
B/G-2017-2	0,00	2,00	4,50	0,73	1,81	73,2

Feldversuche Domäne Hofgut Marienborn

Exemplarisch für die Ergebnisse in Marienborn ist in Tabelle 23 der Sclerotienbesatz der Ernteknollen aufgeführt. Im Vergleich zur Domäne Frankenhausen wird deutlich sichtbar, dass nur ein extrem geringer Befall sowohl in den Kontrollen als auch in den Kompost behandelten Parzellen aufgetreten ist. Insofern haben weder die absoluten Zahlen noch die Relativwerte eine große Aussagekraft. Das gleiche gilt auch für die weiteren Symptome an den Knollen. Daher sind die hier nicht aufgeführt.

Tabelle 23: Anteil des Befalls mit *R. solani* (% Oberflächenbefall Sclerotien) auf Erntegut (Sorte Nicola) in Abhängigkeit von Infektionsstärke, Kompostapplikation (Kompostart und Rottealter; G = GrünGut-Kompost, B = BioGut-Kompost, B/G = Mischungen aus BioGut- und GrünGut-Kompost 1:1) und Standort (Domäne Marienborn) (arith. Mittel; n = 4) im Jahr 2018. ((Jahreszahlen zeigen das Jahr des Kompostierungsbeginn; Ziffern bezeichnen die Kompostierungsphase im jeweiligen Jahr bzw. das Rottealter bei Versuchseinsatz: 2016-2 18 Monate alt, 2017-1 9 Monate alt, 2017-2 6 Monate alt)

Variante	Infektionsstufe				Mittelwert	Relativ zu Kontrolle
	0	1	2	M		
Kont	0,1	0,2	0,3	0,1	0,2	100,0
G-2016-2	0,1	0,1	0,2	0,1	0,1	63,8
G-2017-1	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	103,5
G-2017-2	0,1	0,2	0,5	0,1	0,3	127,2
B-2017-1	0,2	0,2	0,3	0,2	0,2	118,0
B-2017-2	0,2	0,3	0,5	0,3	0,3	159,2
B/G-2016-2	0,2	0,2	0,3	0,2	0,2	107,3
B/G-2017-1	0,2	0,2	0,2	0,1	0,2	93,5
B/G-2017-2	0,4	0,4	0,3	0,1	0,3	149,6

Feldversuche Betrieb Rudert

Im Betrieb Rudert konnten positive Effekte der eingesetzten Komposte erzielt werden, gleichwohl auf einem relativ niedrigen Niveau des Oberflächenbefalls der Ernteknollen, das zwischen den Werten der Domäne Frankenhausen bzw. der Domäne Marienborn gelegen hat. Es wird deutlich, dass die Komposte überwiegend zur Reduktion des Oberflächenbefalls führen. Auch hier sind Werte zwischen 20-30 % Reduktion im Vergleich zur Kontrollvariante ohne Komposte zu ermitteln gewesen.

Für die weiteren Symptome gab es keine zusätzlichen Erkenntnisse, die Ergebnisse lagen allgemein auf niedrigem Niveau, es wurden keine deutlichen Unterschiede ermittelt.

Tabelle 24: Anteil des Befalls mit *R. solani* (% Oberflächenbefall Sclerotien) auf Erntegut (Sorte Nicola) in Abhängigkeit von Infektionsstärke, Kompostapplikation (Kompostart und Rottealter; G = GrünGut-Kompost, B = BioGut-Kompost, B/G = Mischungen aus BioGut- und GrünGut-Kompost 1:1) und Standort (Betrieb Rudert) (arith. Mittel; n = 4) im Jahr 2018. (Jahreszahlen zeigen das Jahr des Kompostierungsbeginns; Ziffern bezeichnen die Kompostierungsphase im jeweiligen Jahr bzw. das Rottealter bei Versuchseinsatz: 2016-2 18 Monate alt, 2017-1 9 Monate alt, 2017-2 6 Monate alt)

Variante	Infektionsstufe				Mittelwert	Relativ zu Kontrolle
	0	1	2	M		
Kont	0,73	1,54	1,52	1,48	1,31	100,0
G-2017-1	0,54	0,94	1,64	0,96	1,02	77,8
G-2017-2	0,42	1,36	1,31	1,24	1,08	82,7
B-2017-1	0,18	1,25	0,88	0,96	0,82	62,4
B-2017-2	0,54	1,39	1,14	0,92	1,00	76,0
B/G-2017-1	0,54	1,24	1,62	0,87	1,07	81,4
B/G-2017-2	0,68	1,35	1,16	1,26	1,11	84,9

3.3.2.4 Feldversuche 2018 – Erträge

Domäne Frankenhausen

Über die Standorte führen die Kompostapplikationen im Vergleich zu den Kontrollen zu großenteils gesicherten Ertragssteigerungen. Gut zu erkennen ist auf allen Standorten auch die Wirkung der Infektionsstufen. Eine klare Abstufung ergibt sich insbesondere in den Kontrollvarianten in Abhängigkeit der Infektionssteigerung, die Originalpartien liegen zumeist im mittleren Bereich zwischen Infektionsstufe 0 und 1, tendenziell in Richtung der Infektionsstufe 1. Der Einfluss der Infektionsstufen wirkt sich nicht nur auf die genannten Symptome aus, sondern auch auf den Feldaufgang und die weitere Entwicklung der Stauden sowie auf die Ertragsfaktoren Knollen je Staude, Stängel je Staude, Knollenertrag und Knollenzahl je Staude. Dies ist aus vorhergehenden Untersuchungen bekannt. In dieser Hinsicht

haben die Kompostapplikationen einen guten Effekt, denn im überwiegenden Fall können Ertragssteigerungen sowohl bei den Roh-Erträgen als auch im Marktertrag bzw. im bereinigten Marktertrag ermittelt werden.

Im Mittel über die Infektionsstufen ergaben sich Ertragssteigerungen beim Rohertrag auf der Domäne Frankenhausen zwischen 1 bis 9 %, in Einzelfällen ließen sich Werte von 11-13 % Mehrertrag im Vergleich zur Kontrolle (G-2017-1 und B-2017-1 in Infektionsstufe 2) bzw. von 27 % (B/G-2017-1 in Infektionsstufe 1) ermitteln (Tabelle 25).

Tabelle 25: Kartoffel-Roh-Erträge (dt/ha) in Abhängigkeit von Infektionsstärke, Kompostapplikation (Kompostart und Rottealter; G = GrünGut-Kompost, B = BioGut-Kompost, B/G = Mischungen aus BioGut-und GrünGut-Kompost 1:1) und Standort (DFH = Domäne Frankenhausen) (arith. Mittel; n = 4) im Jahr 2018. Linke Spalten: in dt/ha rechte Spalten: Relativerträge - Kontrolle = 100. (Jahreszahlen zeigen das Jahr des Kompostierungsbeginn; Ziffern bezeichnen die Kompostierungsphase im jeweiligen Jahr bzw. das Rottealter bei Versuchseinsatz: 2016-2 18 Monate alt, 2017-1 9 Monate alt, 2017-2 6 Monate alt)

Variante	Infektionsstufe				Mittelwert	Infektionsstufe				Mittelwert
	0	1	2	M		0	1	2	M	
Kont	374,08	331,33	277,47	337,50	330,08	100	100	100	100	100
G-2016-2	389,08	333,62	278,77	375,69	344,29	104	101	100	111	104
G-2017-1	384,00	335,49	310,53	333,74	340,94	103	101	112	99	103
G-2017-2	404,92	332,81	299,25	352,65	347,41	108	100	108	104	105
B-2017-1	383,45	345,05	313,76	352,26	348,63	103	104	113	104	106
B-2017-2	384,93	336,33	285,22	351,68	339,75	103	102	103	104	103
B/G-2016-2	380,86	361,08	299,02	351,41	348,09	102	109	108	104	105
B/G-2017-1	370,05	421,81	300,48	350,39	360,68	99	127	108	104	109
B/G-2017-2	363,06	339,58	293,10	339,53	333,82	97	102	106	101	101

Die genannten Befunde lassen sich auch beim Marktertrag (Tabelle 26) sowie beim bereinigten Marktertrag bestätigen (Tabelle 27). Hier treten besonderes die Komposte B-2017-1 sowie B/G-2017-1 und B/G-2017-2 hervor.

Tabelle 26: Kartoffel-Markt-Erträge (dt/ha) in Abhängigkeit von Infektionsstärke, Kompostapplikation (Kompostart und Rottealter; G = GrünGut-Kompost, B = BioGut-Kompost, B/G = Mischungen aus BioGut-und GrünGut-Kompost 1:1) und Standort (DFH = Domäne Frankenhausen) (arith. Mittel; n = 4) im Jahr 2018. (Jahreszahlen zeigen das Jahr des Kompostierungsbeginn; Ziffern bezeichnen die Kompostierungsphase im jeweiligen Jahr bzw. das Rottealter bei Versuchseinsatz: 2016-2 18 Monate alt, 2017-1 9 Monate alt, 2017-2 6 Monate alt)

Variante	Infektionsstufe				Mittelwert	Infektionsstufe				Mittelwert
	0	1	2	M		0	1	2	M	
Kont	289,71	239,67	189,68	221,30	235,02	100	100	100	100	100
G-2016-2	319,64	263,10	186,12	249,84	254,67	110	110	98	113	108
G-2017-1	287,82	245,53	214,67	219,66	241,92	99	102	113	99	103
G-2017-2	307,60	240,61	204,22	229,41	245,46	106	100	108	104	104
B-2017-1	298,81	266,51	234,12	256,03	263,87	103	111	123	116	112
B-2017-2	295,52	247,37	206,83	237,92	246,88	102	103	109	108	105
B/G-2016-2	294,26	264,85	210,12	223,64	248,22	102	111	111	101	106
B/G-2017-1	311,86	331,70	218,87	262,51	281,23	108	138	115	119	120
B/G-2017-2	300,56	248,50	213,10	256,23	254,60	104	104	112	116	108

Tabelle 27: Bereinigte Kartoffel-Markt-Erträge (dt/ha)) in Abhängigkeit von Infektionsstärke, Kompostapplikation (Kompostart und Rottealter; G = GrünGut-Kompost, B = BioGut-Kompost, B/G = Mischungen aus BioGut-und GrünGut-Kompost 1:1) und Standort (DFH = Domäne Frankenhausen) (arith. Mittel; n = 4) im Jahr 2018. (Jahreszahlen zeigen das Jahr des Kompostierungsbeginn; Ziffern bezeichnen die Kompostierungsphase im jeweiligen Jahr bzw. das Rottealter bei Versuchseinsatz: 2016-2 18 Monate alt, 2017-1 9 Monate alt, 2017-2 6 Monate alt)

Variante	Infektionsstufe					Infektionsstufe				
	0	1	2	M	Mittelwert	0	1	2	M	Mittelwert
Kont	274,98	224,50	162,94	197,23	214,78	100	100	100	100	100
G-2016-2	294,86	249,05	170,23	214,53	232,17	107	111	104	109	108
G-2017-1	265,81	217,61	198,26	171,52	213,30	97	97	122	87	99
G-2017-2	292,52	215,07	179,38	185,84	218,20	106	96	110	94	102
B-2017-1	259,17	220,45	211,59	218,60	227,45	94	98	130	111	106
B-2017-2	272,48	218,00	166,23	203,60	214,88	99	97	102	103	100
B/G-2016-2	270,31	255,60	171,22	203,18	225,08	98	114	105	103	105
B/G-2017-1	307,98	296,19	178,50	226,95	252,40	112	132	110	115	118
B/G-2017-2	275,24	222,38	196,97	239,73	233,58	100	99	121	122	109

Domäne Marienborn

Bei der Betrachtung der Roh-Erträge auf der Domäne Marienborn ergeben sich im Mittel nicht so deutliche Ertragsteigerungen wie auf der Domäne Frankenhausen. Der Kompost G-2017-2 ist in der Tendenz der Kompost mit den konsistentesten Wirkungen. Bei den anderen Komposten treten eher schwankende Ergebnisse auf (Tabelle 28). Die Marktware und bereinigte Marktware ergeben kein anderes Bild.

Tabelle 28: Kartoffel-Roh-Erträge (dt/ha)) in Abhängigkeit von Infektionsstärke, Kompostapplikation (Kompostart und Rottealter; G = GrünGut-Kompost, B = BioGut-Kompost, B/G = Mischungen aus BioGut-und GrünGut-Kompost 1:1) und Standort (Gut Marienborn) (arith. Mittel; n = 4) im Jahr 2018. (Jahreszahlen zeigen das Jahr des Kompostierungsbeginn; Ziffern bezeichnen die Kompostierungsphase im jeweiligen Jahr bzw. das Rottealter bei Versuchseinsatz: 2016-2 18 Monate alt, 2017-1 9 Monate alt, 2017-2 6 Monate alt)

Variante	Infektionsstufe				Mittelwert	Relativ zu Kontrolle
	0	1	2	M		
Kont	193,79	196,64	164,26	206,69	190,34	100,0
G-2016-2	189,42	196,38	180,27	202,91	192,25	101,0
G-2017-1	179,67	184,74	158,04	229,49	185,22	97,3
G-2017-2	200,25	206,41	183,94	219,65	202,56	106,4
B-2017-1	160,61	184,48	143,43	204,59	173,28	91,0
B-2017-2	183,25	189,03	174,29	209,91	189,12	99,4
B/G-2016-2	182,94	197,52	167,01	214,90	190,59	100,1
B/G-2017-1	191,36	188,16	174,40	206,97	190,22	99,9
B/G-2017-2	179,22	187,86	150,31	188,87	176,56	92,8

Betrieb Rudert

Für den Betrieb Rudert ergibt sich in gewisser Weise ein ähnliches Bild wie auf der Domäne Frankenhausen. Besonders positiv wirken sich die beiden BioGut-Komposte wie auch der Mischkompost 2017-1 auf die Erträge aus (Tabelle 29).

Tabelle 29: Bereinigte Kartoffel-Markt-Erträge (dt/ha)) in Abhängigkeit von Infektionsstärke, Kompostapplikation (Kompostart und Rottealter; G = GrünGut-Kompost, B = BioGut-Kompost, B/G = Mischungen aus BioGut-und GrünGut-Kompost 1:1) und Standort (Betrieb Rudert) (arith. Mittel; n = 4) im Jahr 2018. (Jahreszahlen zeigen das Jahr des Kompostierungsbeginn; Ziffern bezeichnen die Kompostierungsphase im jeweiligen Jahr bzw. das Rottealter bei Versuchseinsatz: 2016-2 18 Monate alt, 2017-1 9 Monate alt, 2017-2 6 Monate alt)

Variante	Infektionsstufe				Mittelwert	Relativ zu Kontrolle
	0	1	2	M		
Kont	237,53	198,43	169,77	178,91	197,03	100,0
G-2017-1	224,55	216,92	190,06	218,42	212,49	107,8
G-2017-2	223,33	202,82	182,31	193,64	200,53	101,8
B-2017-1	265,11	217,99	220,70	248,28	238,02	120,8
B-2017-2	245,90	201,25	198,90	214,51	215,14	109,2
B/G-2017-1	234,42	212,82	197,86	196,07	210,29	106,7
B/G-2017-2	224,62	187,68	185,85	187,65	196,45	99,7

3.3.2.5 Feldversuche 2019 - Auswirkungen von Kompostapplikation auf Symptome von *R solani*

Domäne Frankenhausen

Die Versuche im Jahr 2019 ergaben einige Bestätigungen der Ergebnisse der Versuche aus dem Jahr 2018. So konnten Reduktionen zwischen 2-16 % beim Oberflächenbefall mit Sklerotien ermittelt werden (Tabelle 30) und der Anteil der Ernteknollen mit einem Oberflächenbesatz von $\leq 1\%$ Sklerotien stieg insbesondere durch den BioGut- und die GrünGut Komposte bis zu 13 % an (Tabelle 31). Der Anteil an Knollen mit DryCore Symptomen verringerte sich insbesondere durch den GrünGut Kompost während für das Erntegut mit BioGut Kompost ein leichter Anstieg des Befalls nachgewiesen werden konnte. Insgesamt aber war der Anteil an Knollen mit Drycore Symptomen in den Kontrollen im Mittel mit 1,5 % gering (Tabelle 32). Leichte Reduktionen durch die GrünGut Komposte konnten auch für den Anteil der deformierten Knollen beobachtet werden, während der BioGut Komposte und die Mischung Variante zu leichten Erhöhungen des Befalls geführt haben (Tabelle 33). Die Abweichungen und Daten sind aber statistisch nicht sichern.

Tabelle 30: Anteil des Befalls mit R. solani (% Oberflächenbefall Sclerotien) auf Erntegut (Sorte Carolus) in Abhängigkeit von Infektionsstärke, Kompostapplikation (Kompostart: GG = GrünGut-Kompost, BG = BioGut-Kompost, BGG = Mischungen aus BioGut-und GrünGut-Kompost 1:1; GWIZ = Grüngut_Kompost Praxisanlage) und Standort (DFH = Domäne Frankenhausen) (arith. Mittel; n = 4) im Jahr 2019

Variante	Infektionsstufe				Mittelwert	Relativ zu Kontrolle
	0	1	2	M		
Kontrolle	1,27	3,21	2,85	2,54	2,47	100,00
BG	0,91	2,66	2,80	2,15	2,08	84,31
GG	0,95	2,78	2,96	3,09	2,44	98,96
BGG	1,12	3,14	2,53	2,89	2,42	97,98
GWIZ	1,05	3,05	2,71	1,89	2,17	87,95

Tabelle 31: Anteil des Erntegutes mit Befall von ≤ 1% Oberflächenbesatz an Sclerotien von R. solani (Sorte Carolus) in Abhängigkeit von Infektionsstärke, Kompostapplikation (Kompostart: GG = GrünGut-Kompost, BG = BioGut-Kompost, BGG = Mischungen aus BioGut-und GrünGut-Kompost 1:1; GWIZ = Grüngut_Kompost Praxisanlage) und Standort (DFH = Domäne Frankenhausen) (arith. Mittel; n = 4) im Jahr 2019

Variante	Infektionsstufe				Mittelwert	Relativ zu Kontrolle
	0	1	2	M		
Kontrolle	82,11	52,79	60,00	63,75	64,09	100,00
BG	92,75	62,75	61,00	70,81	72,55	113,20
GG	90,69	63,27	61,24	56,56	67,94	106,01
BGG	88,75	54,50	68,25	56,66	67,04	104,60
GWIZ	90,00	57,25	64,25	77,66	72,29	112,79

Tabelle 32: Anteil des Erntegutes mit Befall von DryCore Symptomen von R. solani (Sorte Carolus) in Abhängigkeit von Infektionsstärke, Kompostapplikation (Kompostart: GG = GrünGut-Kompost, BG = BioGut-Kompost, BGG = Mischungen aus BioGut-und GrünGut-Kompost 1:1; GWIZ = Grüngut_Kompost Praxisanlage) und Standort (DFH = Domäne Frankenhausen) (arith. Mittel; n = 4) im Jahr 2019

Variante	Infektionsstufe				Mittelwert	Relativ zu Kontrolle
	0	1	2	M		
Kontrolle	1,25	1,00	1,50	2,25	1,50	100,00
BG	0,75	2,25	3,00	1,01	1,67	111,20
GG	0,25	0,75	0,50	0,75	0,56	37,30
BGG	1,50	1,75	1,00	0,76	1,25	83,42
GWIZ	1,50	0,75	1,25	0,26	0,94	62,59

Tabelle 33: Anteil des Erntegutes mit deformierten Knollen aufgrund von Befall mit *R. solani* (Sorte Carolus) in Abhängigkeit von Infektionsstärke, Kompostapplikation (Kompostart: GG = GrünGut-Kompost, BG = BioGut-Kompost, BGG = Mischungen aus BioGut-und GrünGut-Kompost 1:1; GWIZ = Grüngut_Kompost Praxisanlage) und Standort (DFH = Domäne Frankenhausen) (arith. Mittel; n = 4) im Jahr 2019

Variante	Infektionsstufe				Mittelwert	Relativ zu Kontrolle
	0	1	2	M		
Kontrolle	2,00	7,54	12,25	2,75	6,13	100,00
BG	5,00	11,25	15,00	2,52	8,00	130,49
GG	3,51	7,22	8,43	3,98	5,78	94,30
BGG	2,25	13,50	14,00	4,27	8,51	138,67
GWIZ	3,00	4,25	11,75	4,05	5,76	93,95

Domäne Marienborn

In dem Versuch auf der Domäne Marienborn ergaben sich erneut sehr niedrige Infektionen durch die verschiedenen Infektionsstufen. Die Komposte zeigten keine Effekte hinsichtlich der Verringerung des Oberflächenbefalls an *R. solani* auf den Ernteknollen, sondern eine leichte Erhöhung, allerdings auf einem wiederum sehr geringen Befallsniveau. Folglich waren auch für die anderen Symptome nur sehr niedrige Werten zu bestimmen und es ergaben sich keine abzusichernden Effekte der Komposte. Lediglich beim Anteil von deformierten Knollen konnten durch die GrünGut Komposte gewisse Reduktionen des Befalls nachgewiesen werden (Tabelle 34 bis Tabelle 37).

Tabelle 34: Anteil des Befalls mit *R. solani* (% Oberflächenbefall Sclerotien) auf Erntegut (Sorte Carolus) in Abhängigkeit von Infektionsstärke, Kompostapplikation (Kompostart: GG = GrünGut-Kompost, BG = BioGut-Kompost, BGG = Mischungen aus BioGut-und GrünGut-Kompost 1:1; GWIZ = Grüngut_Kompost Praxisanlage) und Standort (Domäne Marienborn) (arith. Mittel; n = 4) im Jahr 2019

Variante	Infektionsstufe				Mittelwert	Relativ zu Kontrolle
	0	1	2	M		
Kontrolle	0,65	0,71	0,65	0,73	0,69	100,0
BG	0,83	0,82	0,83	0,69	0,80	116,2
GG	0,81	0,84	0,84	0,68	0,80	116,8
GWIZ	0,45	0,74	0,86	0,75	0,70	102,1

Tabelle 35: Anteil des Erntegutes mit Befall von $\leq 1\%$ Oberflächenbesatz an Sclerotien von *R. solani* (Sorte Carolus) in Abhängigkeit von Infektionsstärke, Kompostapplikation (Kompostart: GG = GrünGut-Kompost, BG = BioGut-Kompost, BGG = Mischungen aus BioGut-und GrünGut-Kompost 1:1; GWIZ = Grüngut_Kompost Praxisanlage) und Standort (Domäne Marienborn) (arith. Mittel; n = 4) im Jahr 2019

Variante	Infektionsstufe				Mittelwert	Relativ zu Kontrolle
	0	1	2	M		
Kontrolle	100,00	100,00	99,75	100,00	99,94	100,0
BG	100,00	99,25	99,38	99,86	99,61	99,7
GG	100,00	99,75	99,75	100,00	99,87	99,9
GWIZ	100,00	100,00	99,50	99,75	99,81	99,9

Tabelle 36 Anteil des Erntegutes mit Befall von DryCore Symptomen von *R. solani* (Sorte Carolus) in Abhängigkeit von Infektionsstärke, Kompostapplikation (Kompostart: GG = GrünGut-Kompost, BG = BioGut-Kompost, BGG = Mischungen aus BioGut-und GrünGut-Kompost 1:1; GWIZ = Grüngut_Kompost Praxisanlage) und Standort (Domäne Marienborn) (arith. Mittel; n = 4) im Jahr 2019

Variante	Infektionsstufe				Mittelwert	Relativ zu Kontrolle
	0	1	2	M		
Kontrolle	0,00	0,00	0,00	0,25	0,06	100,0
BG	0,00	0,00	0,13	0,00	0,03	51,6
GG	0,00	0,00	0,30	0,00	0,08	130,1
GWIZ	0,00	0,00	0,00	0,25	0,06	101,0

Tabelle 37: Anteil des Erntegutes mit deformierten Knollen aufgrund von Befall mit *R. solani* (Sorte Carolus) in Abhängigkeit von Infektionsstärke, Kompostapplikation (Kompostart: GG = GrünGut-Kompost, BG = BioGut-Kompost, BGG = Mischungen aus BioGut-und GrünGut-Kompost 1:1; GWIZ = Grüngut_Kompost Praxisanlage) und Standort (Domäne Marienborn) (arith. Mittel; n = 4) im Jahr 2019

Variante	Infektionsstufe				Mittelwert	Relativ zu Kontrolle
	0	1	2	M		
Kontrolle	4,01	3,50	2,75	5,50	3,94	100,0
BG	6,26	3,25	3,00	3,71	4,07	103,2
GG	2,25	3,00	3,55	0,67	2,48	62,9
GWIZ	4,50	1,26	2,24	3,53	2,88	73,1

Betrieb Rudert

Auch für den Betrieb Rudert konnten nur geringe Befallsreduktionen für den Sklerotienbesatz gezeigt werden bzw. für den Anteil der Knollen mit Befall von $\leq 1\%$ Oberflächenbesatz nur geringe Änderungen im Vergleich zu den Kontroll-Varianten bestimmt werden. Ein DryCore-Befall war nahezu nicht nachzuweisen. Der Anteil deformierter Knollen nahm besondere durch den BioGut Kompost, die Mischung der Materialien und durch den Einsatz des GrünGut-Kompostes ab (Tabelle 38 bis Tabelle 41).

Tabelle 38: Anteil des Befalls mit *R. solani* (% Oberflächenbefall Sclerotien) auf Erntegut (Sorte Carolus) in Abhängigkeit von Infektionsstärke, Kompostapplikation (Kompostart: GG = GrünGut-Kompost, BG = BioGut-Kompost, BGG = Mischungen aus BioGut-und GrünGut-Kompost 1:1; GWIZ = Grüngut_Kompost Praxisanlage) und Standort (Betrieb Rudert) (arith. Mittel; n = 4) im Jahr 2019

Variante	Infektionsstufe				Mittelwert	Relativ zu Kontrolle
	0	1	2	M		
Kont	1,48	1,31	1,47	1,38	1,41	100,0
BG	0,92	1,22	1,21	1,42	1,19	84,8
BGG	1,27	1,48	2,01	1,30	1,51	107,5
GG	1,47	1,19	1,35	1,35	1,34	95,1
GWIZ	1,48	1,82	1,42	1,40	1,53	108,6

Tabelle 39: Anteil des Erntegutes mit Befall von $\leq 1\%$ Oberflächenbesatz an Sclerotien von *R. solani* (Sorte Carolus) in Abhängigkeit von Infektionsstärke, Kompostapplikation (Kompostart: GG = GrünGut-Kompost, BG = BioGut-Kompost, BGG = Mischungen aus BioGut-und GrünGut-Kompost 1:1; GWIZ = Grüngut_Kompost Praxisanlage) und Standort (Betrieb Rudert) (arith. Mittel; n = 4) im Jahr 2019

Variante	Infektionsstufe				Mittelwert	Relativ zu Kontrolle
	0	1	2	M		
Kont	87,00	92,41	88,25	89,40	89,26	100,0
BG	96,83	94,00	94,50	87,00	93,08	104,3
BGG	92,75	88,25	76,50	92,00	87,38	97,9
GG	87,00	95,00	91,00	89,75	90,69	101,6
GWIZ	88,77	80,50	91,00	88,25	87,13	97,6

Tabelle 40: Anteil des Erntegutes mit Befall von DryCore Symptomen von *R. solani* (Sorte Carolus) in Abhängigkeit von Infektionsstärke, Kompostapplikation (Kompostart: GG = GrünGut-Kompost, BG = BioGut-Kompost, BGG = Mischungen aus BioGut-und GrünGut-Kompost 1:1; GWIZ = Grüngut_Kompost Praxisanlage) und Standort (Betrieb Rudert) (arith. Mittel; n = 4) im Jahr 2019

Variante	Infektionsstufe				Mittelwert	Relativ zu Kontrolle
	0	1	2	M		
Kont	0,00	0,00	0,50	0,00	0,13	100,0
BG	0,25	0,25	0,25	0,75	0,38	300,0
BGG	0,25	0,00	0,00	0,00	0,06	50,0
GG	0,50	0,25	0,25	0,25	0,31	250,0
GWIZ	0,25	0,50	0,25	0,00	0,25	200,0

Tabelle 41: Anteil des Erntegutes mit deformierten Knollen aufgrund von Befall mit *R. solani* (Sorte Carolus) in Abhängigkeit von Infektionsstärke, Kompostapplikation (Kompostart: GG = GrünGut-Kompost, BG = BioGut-Kompost, BGG = Mischungen aus BioGut-und GrünGut-Kompost 1:1; GWIZ = Grüngut_Kompost Praxisanlage) und Standort (Betrieb Rudert) (arith. Mittel; n = 4) im Jahr 2019

Variante	Infektionsstufe				Mittelwert	Relativ zu Kontrolle
	0	1	2	M		
Kont	4,75	9,09	9,00	2,50	6,33	100,0
BG	1,50	5,50	8,25	2,75	4,50	71,0
BGG	0,50	4,75	11,75	1,00	4,50	71,0
GG	1,00	6,00	6,50	2,25	3,94	62,2
GWIZ	4,74	7,00	11,50	6,50	7,44	117,4

3.3.2.6 Feldversuche 2019 – Erträge

Domäne Frankenhausen

Durch die Komposteinsätze konnten im Versuch auf der Domäne Frankenhausen die Roh-Erträge um ca. 25 bis 33 dt im Mittel erhöht werden, die Marktware um 15 - 26 dt/ha und der bereinigte Marktertrag um 12 – 17 dt/ha gesteigert werden (Tabelle 42 bis Tabelle 44).

Tabelle 42: Kartoffel-Roh-Erträge (dt/ha) in Abhängigkeit von Infektionsstärke, Kompostapplikation (Kompostart: GG = GrünGut-Kompost, BG = BioGut-Kompost, BGG = Mischungen aus BioGut-und GrünGut-Kompost 1:1; GWIZ = Grüngut_Kompost Praxisanlage) und Standort (DFH = Domäne Frankenhausen) (arith. Mittel; n = 4) im Jahr 2019. Linke Spalten: in dt/ha rechte Spalten: Relativerträge - Kontrolle = 100

Variante	Infektionsstufe					Mittelwert	Infektionsstufe					Mittelwert
	0	1	2	M	0		1	2	M			
Kontrolle	307,52	262,93	242,24	294,75	276,86	100	100	100	100	100		
BG	360,50	285,37	251,75	326,27	305,97	117	109	104	111	110		
BGG	359,38	284,66	254,74	341,12	309,97	117	108	105	116	111		
GG	344,88	276,86	251,93	325,31	299,74	112	105	104	110	107		
GWIZ	356,40	271,68	254,18	300,08	295,58	116	103	105	102	106		

Tabelle 43: Marktfähige Erträge von Kartoffeln (dt/ha) in Abhängigkeit von Infektionsstärke, Kompostapplikation (Kompostart: GG = GrünGut-Kompost, BG = BioGut-Kompost, BGG = Mischungen aus BioGut-und GrünGut-Kompost 1:1; GWIZ = Grüngut_Kompost Praxisanlage) und Standort (DFH = Domäne Frankenhausen) (arith. Mittel; n = 4) im Jahr 2019. Linke Spalten: in dt/ha rechte Spalten: Relativerträge - Kontrolle = 100

Variante	Infektionsstufe					Mittelwert	Infektionsstufe					Mittelwert
	0	1	2	M	0		1	2	M			
Kontrolle	277,93	230,37	216,50	262,55	246,84	100	100	100	100	100		
BG	323,26	251,96	200,66	286,81	265,67	116	109	93	109	108		
BGG	320,53	243,19	217,27	307,10	272,02	115	106	100	117	110		
GG	302,05	242,61	215,24	286,63	261,63	109	105	99	109	106		
GWIZ	327,57	243,22	205,67	281,26	264,43	118	106	95	107	107		

Tabelle 44: Bereinigte Marktware von Kartoffeln (dt/ha) in Abhängigkeit von Infektionsstärke, Kompostapplikation (Kompostart: GG = GrünGut-Kompost, BG = BioGut-Kompost, BGG = Mischungen aus BioGut-und GrünGut-Kompost 1:1; GWIZ = Grüngut_Kompost Praxisanlage) und Standort (DFH = Domäne Frankenhausen) (arith. Mittel; n = 4) im Jahr 2019. Linke Spalten: in dt/ha rechte Spalten: Relativerträge - Kontrolle = 100

Variante	Infektionsstufe					Mittelwert	Infektionsstufe					Mittelwert
	0	1	2	M	0		1	2	M			
Kontrolle	281,77	206,35	176,80	257,24	230,54	100	100	100	100	100		
BG	304,51	216,67	173,45	275,76	242,60	108	105	98	107	105		
BGG	308,55	206,93	184,31	288,67	247,12	110	100	104	112	107		
GG	290,27	221,97	194,10	269,37	243,93	103	108	110	105	106		
GWIZ	312,90	228,92	179,26	267,31	247,10	111	111	101	104	107		

Domäne Marienborn

Auf der Domäne Marienborn kam es insbesondere durch den Einsatz des Grüngut-Kompostes zu einer Ertragssteigerung im Mittel von 18% (Rohertrag) bzw. von 6 % bei der Marktware oder dem bereinigten Marktertrag (Tabelle 45 bis Tabelle 47).

Tabelle 45: Kartoffel-Roh-Erträge (dt/ha) in Abhängigkeit von Infektionsstärke, Kompostapplikation (Kompostart: GG = GrünGut-Kompost, BG = BioGut-Kompost, BGG = Mischungen aus BioGut-und GrünGut-Kompost 1:1; GWIZ = Grüngut_Kompost Praxisanlage) und Standort (Domäne Marienborn) (arith. Mittel; n = 4) im Jahr 2019. Linke Spalten: in dt/ha rechte Spalten: Relativerträge - Kontrolle = 100

Variante	Infektionsstufe					Mittelwert	Infektionsstufe					Mittelwert
	0	1	2	M	0		1	2	M			
Kontrolle	304,82	254,61	269,01	343,22	292,92	100	100	100	100	100		
BG	336,21	308,84	283,51	363,42	323,00	110	121	105	106	110		
GG	371,90	369,08	334,31	307,85	345,79	122	145	124	90	118		
GWIZ	284,14	241,14	294,76	329,14	287,29	93	95	110	96	98		

Tabelle 46: Marktfähige Ware von Kartoffeln (dt/ha) in Abhängigkeit von Infektionsstärke, Kompostapplikation (Kompostart: GG = GrünGut-Kompost, BG = BioGut-Kompost, BGG = Mischungen aus BioGut-und GrünGut-Kompost 1:1; GWIZ = Grüngut_Kompost Praxisanlage) und Standort (Domäne Marienborn) (arith. Mittel; n = 4) im Jahr 2019. Linke Spalten: in dt/ha rechte Spalten: Relativerträge - Kontrolle = 100

Variante	Infektionsstufe					Mittelwert	Infektionsstufe					Mittelwert
	0	1	2	M	0		1	2	M			
Kontrolle	237,91	202,64	196,98	251,34	222,22	100	100	100	100	100		
BG	247,54	220,45	193,07	249,87	227,73	104	109	98	99	102		
GG	246,82	237,70	227,31	229,22	235,26	104	117	115	91	106		
GWIZ	220,14	177,92	205,38	242,91	211,59	93	88	104	97	95		

Tabelle 47: Bereinigte Marktware von Kartoffeln (dt/ha) in Abhängigkeit von Infektionsstärke, Kompostapplikation (Kompostart: GG = GrünGut-Kompost, BG = BioGut-Kompost, BGG = Mischungen aus BioGut-und GrünGut-Kompost 1:1; GWIZ = Grüngut_Kompost Praxisanlage) und Standort (Domäne Marienborn) (arith. Mittel; n = 4) im Jahr 2019. Linke Spalten: in dt/ha rechte Spalten: Relativerträge - Kontrolle = 100

Variante	Infektionsstufe					Mittelwert	Infektionsstufe					Mittelwert
	0	1	2	M	0		1	2	M			
Kontrolle	225,33	195,58	193,13	249,58	215,91	100	100	100	100	100		
BG	232,04	213,76	186,96	241,99	218,69	103	109	97	97	101		
GG	241,29	230,09	218,74	228,10	229,55	107	118	113	91	106		
GWIZ	209,67	175,89	200,66	233,64	204,97	93	90	104	94	95		

Betrieb Rudert

In dem auf dem Betrieb Rudert angelegten Versuch steigerte insbesondere der Mischkompost den Rohertrag, den Marktertrag und die bereinigte Marktware um 19, 16 bzw. 18% im Vergleich zu Kontrolle über das Mittel der Infektionsstufen. Dies steht in Übereinstimmung mit dem Ergebnis aus Frankenhausen (Tabelle 48 bis Tabelle 50).

Tabelle 48: Kartoffel-Roh-Erträge (dt/ha) in Abhängigkeit von Infektionsstärke, Kompostapplikation (Kompostart: GG = GrünGut-Kompost, BG = BioGut-Kompost, BGG = Mischungen aus BioGut-und GrünGut-Kompost 1:1; GWIZ = Grüngut_Kompost Praxisanlage) und Standort (Betrieb Rudert) (arith. Mittel; n = 4) im Jahr 2019. Linke Spalten: in dt/ha rechte Spalten: Relativerträge - Kontrolle = 100

Variante	Infektionsstufe					Mittelwert	Infektionsstufe					Mittelwert
	0	1	2	M	0		1	2	M			
Kont	307,60	288,54	284,55	274,46	288,79	100	100	100	100	100		
BG	327,47	291,80	292,29	263,06	293,66	106	101	103	96	102		
BGG	388,67	357,60	325,45	303,59	343,83	126	124	114	111	119		
GG	314,46	347,25	243,92	353,08	314,68	102	120	86	129	109		
GWIZ	298,98	256,64	249,92	346,81	288,09	97	89	88	126	100		

Tabelle 49: Marktfähige Ware (dt/ha) in Abhängigkeit von Infektionsstärke, Kompostapplikation (Kompostart: GG = GrünGut-Kompost, BG = BioGut-Kompost, BGG = Mischungen aus BioGut-und GrünGut-Kompost 1:1; GWIZ = Grüngut_Kompost Praxisanlage) und Standort (Betrieb Rudert) (arith. Mittel; n = 4) im Jahr 2019. Linke Spalten: in dt/ha rechte Spalten: Relativerträge - Kontrolle = 100

Variante	Infektionsstufe					Mittelwert	Infektionsstufe					Mittelwert
	0	1	2	M			0	1	2	M		
Kont	279,00	253,67	255,73	256,20	261,15		100	100	100	100	100	100
BG	301,01	257,73	257,83	239,11	263,92		108	102	101	93	101	101
BGG	342,17	304,60	281,76	279,71	302,06		123	120	110	109	116	116
GG	288,42	295,92	219,38	306,58	277,58		103	117	86	120	106	106
GWIZ	274,85	236,58	206,49	302,13	255,01		99	93	81	118	98	98

Tabelle 50: Bereinigte Marktware (dt/ha) in Abhängigkeit von Infektionsstärke, Kompostapplikation (Kompostart: GG = GrünGut-Kompost, BG = BioGut-Kompost, BGG = Mischungen aus BioGut-und GrünGut-Kompost 1:1; GWIZ = Grüngut_Kompost Praxisanlage) und Standort (Betrieb Rudert) (arith. Mittel; n = 4) im Jahr 2019. Linke Spalten: in dt/ha rechte Spalten: Relativerträge - Kontrolle = 100

Variante	Infektionsstufe					Mittelwert	Infektionsstufe					Mittelwert
	0	1	2	M			0	1	2	M		
Kont	265,22	230,45	232,39	249,14	244,30		100	100	100	100	100	100
BG	295,44	243,52	235,94	231,61	251,63		111	106	102	93	103	103
BGG	339,57	290,32	247,75	276,78	288,61		128	126	107	111	118	118
GG	285,29	277,22	204,24	299,36	266,53		108	120	88	120	109	109
GWIZ	261,87	218,05	182,36	282,75	236,26		99	95	78	113	97	97

3.3.3 Ausblick und Fazit

Die Ergebnisse bestätigen die vorangegangenen Untersuchungen. Biogut- und Grüngut-Komposte aus Modellkompostierung bzw. auch aus kommerziellen Kompostanlagen tragen zur Kontrolle des bodenbürtigen Schaderregers *Rhizoctonia solani* bzw. zu einer Kulturstabilisierung des Ökologischen Kartoffelanbaus bei. Kombinationen von Komposten mit möglichst gesundem Pflanzgut führen selbstverständlich zu den besten Ergebnissen. Die Reihenapplikation hat großes Potential, unmittelbar in die Praxis übernommen zu werden. Dazu bedarf es aber einer sehr engen Zusammenarbeit zwischen Kompostwirtschaft, Landwirtschaft und Beratung. Von großem Vorteil ist, dass die Kompostwirtschaft den Ökolandbau inzwischen wieder „entdeckt“ hat und große Anstrengung zur Verbesserung der Kompost Qualitäten unternimmt. Auf der anderen Seite nimmt die Nachfrage nach Komposten mit hoher Qualität im Ökolandbau deutlich zu. Damit wird auch das Interesse größer, sich um die Herstellung von Spezialkomposten zu bemühen.

3.4 Arbeitspaket 3, 4 und 5

Die Arbeitspakete 3, 4 und 5 betrafen im Wesentlichen die Öffentlichkeitsarbeit und den Wissenstransfer der Ergebnisse (vgl. Kapitel 2). In den meisten Fällen wurde das Gesamtpaket des Projektes mit den durchgeführten Arbeiten und den Ergebnissen dargestellt. Zielgruppen waren Fach-Besucher aus Landwirtschaft und im speziellen der ökologischen Landwirtschaft bei den Ökofeldtagen 2017 und 2019 auf

der hessischen Staatsdomäne Frankenhausen. Zu den ersten bundesweiten Ökofeldtagen im Jahr 2017 wurde der Prototyp der Maschine mit dem bereits seinerzeit eingebauten neuen Kratzboden im Rahmen einer Sonderschau Kompost und Kompostanwendung ausgestellt. Zu den 2. bundesweiten Ökofeldtagen 2019 wurde die Maschine mehrmals im Feldeinsatz demonstriert. Umrahmt waren diese Veranstaltungen mit entsprechenden Vorträgen und Diskussionen im Rahmen des Kompostforums als auch an der Maschine bzw. in der Komposthalle in Frankenhausen. Hier dürften mehrere Hundert Besucherinnen das Konzept des EIP Projektes kennengelernt haben. Grundsätzlich stieß das Konzept immer auf großes Interesse in der Fachwelt.

Die Maschine wurde an einem Feldtag für Kartoffelanbauer auf der Domäne Frankenhausen in Zusammenarbeit mit dem LLH und den Beratern aus den Anbauverbänden im Juni 2018 präsentiert.

Wesentliche Präsentationen durch den Leadpartner fanden auf der Bioland Wintertagung (Kartoffeln) (Arbeitspaket 4) am 4.12.2019 in Hannover sowie im Rahmen der Landwirtschaftlichen Woche Nordhessen für das Jahr 2021 statt. Seitens des Leadpartners wurden hier Vorträge in Präsenz bzw. online durchgeführt. Etwa 200 Zuhörer waren in Hannover anwesend. Im Rahmen der 73. Landwirtschaftlichen Woche Nordhessen wurde in einer Onlineveranstaltung des Fachausschusses Ökologischer Landbau in Zusammenarbeit mit dem Kuratorium für das landwirtschaftliche und gartenbauliche Beratungswesen in Hessen, dem Saatbauverband West e. V. und dem Landesbetrieb Landwirtschaft Hessen Teile des Projektes präsentiert. Im landwirtschaftlichen Wochenblatt „Hessenbauer“ wurden die Ergebnisse in einem Bericht aufgegriffen und veröffentlicht.

Der Austausch zwischen den Beteiligten war ursprünglich auch durch Workshops am Ende des Projektes geplant. Insbesondere aufgrund der Corona Pandemie hat dieser Abschnitt des Projektes sehr gelitten. So musste ein Abschlussworkshop, der für den 23. März 2020 geplant war, aufgrund des Lockdowns abgesagt werden. Ersatzweise wurde daher ein [Fachinformationsfilm](#) erstellt, der der Öffentlichkeit zur Verfügung steht. Darüber hinaus finden Interessierte über eine Website unter den Projekten des Fachgebiets ökologischer Land- und Pflanzenbau Informationen zu dem EIP [Projekt](#).

3.5 Beitrag der Ergebnisse zu den förderpolitischen Zielen

Das Projekt adressiert verschiedene thematische Schwerpunkte im Land Hessen, förderpolitische Ziele im Rahmen der EIP Agri Programms als auch übergeordnete Prioritäten der EU für die Entwicklung des ländlichen Raumes.

Die Implementierung des Verfahrens *Reihen-Applikation von Komposten zur Kontrolle von R. solani in Kartoffeln* fördert die Steigerung der Produktivität und Verbesserung der Anbaubedingungen im ökologischen Landbau mit der „Entwicklung effektiver, umweltgerechter und/oder ökologischer Anbau- und Nutzungsverfahren, Verbesserung der Produktivität der Pflanzenproduktion und des Gartenbaus über standortangepasste Sorten, Düngung und Bodenbearbeitung“ (Teil II A. Nr. 1 der RL-IZ)“. Durch Komposteinsatz aus der getrennten Sammlung organischer Haus- und Gartenabfälle wird über die Verbesserung der Bodenfruchtbarkeit und -gesundheit zur „Wiederherstellung, Erhaltung und Verbesserung der mit Land- und Forstwirtschaft verbundenen Ökosysteme angestrebt sowie eine verbesserte Ressourceneffizienz und Unterstützung des Agrarsektors beim Übergang zu kohlenstoffarmen und klimaresistenten Wirtschaftsweisen (EU)“ realisiert. Im Vorhaben bildete die Förderung innovativer landwirtschaftlicher Techniken eine Hauptpriorität für die „Verbesserung der Lebensfähigkeit der landwirtschaftlichen Betriebe und der Wettbewerbsfähigkeit aller Arten von Landwirtschaft in allen Regionen

und Förderung innovativer landwirtschaftlicher Techniken und nachhaltiger Waldbewirtschaftung“ (EU). Dies entspricht auch dem Ziel im EIP Agri Programm „Landwirtschaftliche Produktivität und Nachhaltigkeit“ mit dem Vorhaben einen „ressourceneffizienten, wirtschaftlich lebensfähigen, produktiven, wettbewerbsfähigen, emissionsarmen, klimafreundlichen und -resistenten Agrar- und Forstsektors mit einem Hinarbeiten auf ein agrarökologisches Produktionssystem, der in Harmonie mit den wesentlichen natürlichen Ressourcen funktioniert, von denen die Land- und Forstwirtschaft abhängt“ zu befördern.

Schließlich werden gemäß den Bedarfen laut Entwicklungsplan für den ländlichen Raum des Landes Hessen 2014-2020 verstärkt

- der Beratung mit den Ergebnissen des Projektes ein Innovationsverfahren zur Kontrolle der Wurzeltöterkrankheit in Kartoffeln zur Verfügung gestellt (Bedarf B01: Verbesserung von Beratungsangeboten, insbesondere im Hinblick auf die Bereiche Umwelt, Klima, Energie und Risikomanagement; Bedarf B10: Weiterentwicklung des ökologischen Landbaus),
- mit dem Verfahren die Vernetzung zwischen Kompostwirtschaft und Landwirtschaft verbessert bzw. aufgebaut (Bedarf B03: Umsetzung von Innovationen, Ausbau regionaler, interdisziplinärer Kooperationen, Förderung von Vernetzung) sowie
- indirekt, über die verbesserte Versorgung mit organischer Substanz dem Bedarf B14 „Verhinderung der Bodenerosion und Verbesserung der Bodenbewirtschaftung“ entsprochen.

3.6 Erreichung der Ziele des Vorhabens

Zusammenfassend wurden folgende Aspekte und Ziele im Vorhaben umgesetzt:

1. Kompostherstellung auf Modell- und Praxislevel

Eine der Hauptkomponenten des Vorhabens bildet das Vorhandensein von ausreichend qualitativ hochwertigen Komposten, die auf gängigen gewerblichen Kompostanlagen in Deutschland hergestellt werden können, ohne dass es zu großen logistischen Schwierigkeiten auf den Anlagen bzw. bei der Prozesssteuerung kommt. Die vorliegenden Daten aus unseren Untersuchungen machen deutlich, dass im Rahmen einer ordnungsgemäßen Mietenkompostierung Grüngut- bzw. Biogutkomposte und Mischungen aus beiden Bestandteilen gute Voraussetzungen für die Herstellung gut wirksamer Komposte liefern können. Neben einer hohen Qualität des Ausgangsmaterials für die Komposte insbesondere bezüglich der Fremdstoff Besatzes - welche per se im Rahmen einer Verbesserung der Kompostqualitäten notwendig ist bzw. auch eine wesentliche Voraussetzung für den Einsatz und der Akzeptanz von Kompost im ökologischen Landbau darstellt - nimmt für die Anwendungsqualität dieser Komposte die Prozesssteuerung eine zentrale Voraussetzung ein. Komposte, die mit dem Ziel eingesetzt werden, die Pflanzengesundheit zu steigern bzw. zu unterstützen, erfordern eine hohe Besiedlung mit antagonistischen wirksamen Mikroorganismen. Dies kann insbesondere unter entsprechenden Reifebedingungen für die Komposte erreicht werden. In unseren Versuchen wurden gesteuerte Rotteprozesse über einen Zeitraum von 12-13 Wochen unter strengen aeroben Bedingungen durchgeführt. Dazu gehören über sechs Wochen das regelmäßige wöchentliche Umsetzen und die Rückbewässerung der Mietenkörper auf einen Wassergehalt von rund 50 % während des gesamten Kompostierungsprozesses. In der zweiten Hälfte der Rotte sind Temperaturen von kleiner 45 °C eingehalten worden, was eine Voraussetzung für die Besiedlung durch Pilze und günstig wirkende Mikroorganismen darstellt. Die Komposte können dann nach 4-6 Mona-

ten Rottezeit eingesetzt werden. Werden die geschilderten günstigen Bedingungen aufrechterhalten, so sind auch bei einer länger andauernden gesteuerten Lagerung die Komposte zwischen 6-9 Monaten Rottezeit einsetzbar. Die Art der Prozesssteuerung stellt für die in Deutschland üblichen Verfahren keine außergewöhnliche Herausforderung dar und dürfte weder für die Anlagen noch für den Anwender zu einer besonderen Kostensteigerung führen.

2. Monitoring der Wirkungen mittels Feld- und Demonstrationsversuchen

Die Wirksamkeit der gezielten hergestellten Komposte war insgesamt gut. Damit konnten Ergebnisse aus vorangegangenen Untersuchungen bestätigt werden. Komposte, aus dem Normalbetrieb von Anlagen entnommen, zeigten etwas schwächere Ergebnisse als die Komposte, die unter gezielten Prozessbedingungen hergestellt wurden. Die Komposte, die im Alter zwischen 4-6 Monaten Rottezeit zum Einsatz kamen, führten zu den besten Ergebnissen. Mit zunehmendem Rottealter und damit längeren Lagerungszeiten nahmen die positive Wirkung gegenüber dem Pflanzenkrankheitserreger ab. Alle drei Kompostmaterialien zeigten in dieser Hinsicht ähnliche Wirkung. Das ist für die Anwendung von großer Bedeutung, da günstigenfalls Landwirte dann auf das Material mit dem höchsten Nährstoffgehalt zurückgreifen dürften, um in Bezug auf die Ertragswirkungen die besten Voraussetzungen zu schaffen.

Differenziert müssen allerdings die Wirkungen auf die verschiedenen Symptome des Erregers betrachtet werden. Es zeigten sich nicht immer gleichmäßige positive Wirkungen auf alle Symptome wie auf den Sklerotienbesatz, auf den Dry-Core-Besatz und auf den Anteil deformierter Knollen. Jedoch folgte insgesamt der Komposteinsatz einem positiven statistisch abzusichernden Trend auf den Ertrag, da neben der Befallsreduktion sich insgesamt der Feldaufgang verbesserte. Nach der Erfahrung von vorhergehenden Untersuchungen dürfte in Abhängigkeit vom Komposteinsatz vor allem die Anzahl an Tochterknollen je Staude und das Einzelknollengewicht gesteigert haben, was eine unmittelbare Auswirkung auf den Ertrag hat Schulte-Geldermann, 2009.

3. Optimierung der Logistikkette und Ausbringungstechnologie

Im Rahmen des Vorhabens konnte eine kombinierte Kompostapplikations- und Kartoffelpflanzmaschine entwickelt werden. Probleme mit der Brückenbildung in vorangegangenen Prototypen konnten behoben werden. Weitere technische Veränderungen wie die Entkopplung der Hydraulikaggregate, die Optimierung der Schieberposition und der Einbau von Leitblechen haben Quer- und Längsverteilung deutlich verbessert. Die Maschine arbeitet zudem unabhängig von Kompostart und weitgehend unabhängig von der Kompostfeuchte mit gleichbleibender Applikationsqualität. Insgesamt ist die Maschine in der vorliegenden Version als Prototyp und Vorlage für Serienfertigungen anzusehen.

In weiteren Konstruktionsschritten ist die Maschine aber auf die Serienfertigung und den harten praktischen Alltag vorzubereiten. Der Aufbau der Maschine muss im Sinne einer modularen Fertigung verbessert werden. Anforderungen an Produktionstechnik wurden bislang nicht berücksichtigt. Der Aufbau der Maschine aus Sicht des Produktionsmanagements ist bislang auf die Möglichkeiten und Methoden der jeweiligen Forschungs- und Entwicklungswerkstätten beschränkt. Weitere Entwicklungsarbeit ist bei der Optimierung der Mensch-Maschinen-Schnittstellen, sowie bei

den Maschine-Maschine-Schnittstellen notwendig. Die Maschine muss an gängige Kupplungssysteme wie Isobus angepasst werden. Bedienerfreundliche Systeme zum Beispiel zum sogenannten „Abdrehen“, also der Einstellung der zu applizierenden Kompostmenge, fehlen bislang. Zwar sind die aufgeführten Bestandteile für die Nachrüstung bei einer Serienfertigung notwendig, sind aber ohne Probleme anzupassen und bilden keinen zentralen Bestandteil für den Prototyp und seine Funktion.

4. Demonstration des Gesamtverfahrens (Öffentlichkeitsarbeit)

Das Gesamtverfahren wurde in Beiträgen auf Tagungen, Zeitschriften und in Form eines Fachinformationsfilmes zusammengefasst und für die Öffentlichkeit zugänglich gemacht.

Insgesamt kann das Vorhaben als innovativ bezeichnet werden, da die zum Vorhabenbeginn dargestellten Lücken, die Anlass für das Projekt gegeben haben, zum großen Teil geschlossen werden konnten. Klarheit besteht über Herstellung der Komposte, ihre Eignung und Wirksamkeit. Ebenso sind die Schwachstellen im Vergleich zu den bisherigen Prototypen für eine Kombination aus Kartoffelpflanzmaschine und Kompostapplikation in der neuen Version behoben. Den Anspruch, ein Vorserienmodell zu entwickeln, konnte im Rahmen des Projektes aufgrund des „Rückzugs“ der Firma Grimme nicht entprochen werden, allerdings konnte alternativ die Fa. ALL-IN-ONE GmbH, Pförring (Inhaber A Heiß) als Partner gewonnen werden, der bereit ist, die Erfahrungen in seinem System umzusetzen. Der Rückzug der Firma Grimme erfolgte zudem in zwei Schritten, zu Anfang des Projektes als sich die Firma aus der Konstruktion der Betreuung zurückgezogen hat, und zum Ende des Projektes, als die Entscheidung gefallen ist, sich aus wirtschaftlichen Gründen nicht weiter an der Entwicklung des Vorserienmodells zu beteiligen. Insgesamt ist damit für die Kommunikation unter den Landwirten und der Beratung, die sich vom Projekt versprochen hatten, dass sie ein Kompaktpaket als Innovation präsentiert bekämen, die Grundlage stark entzogen worden. Zum jetzigen Zeitpunkt ist für die Praxis ein unmittelbares Nutzen der weiteren Entwicklungen nach der langen Zeit des Projektes leider nicht vorhanden.

4 Ergebnisverwertung, Kommunikation und Verstetigung

4.1 Nutzen der Ergebnisse für die Praxis

Obwohl die Ergebnisse insgesamt vielversprechend sind, ergeben sich aus den Schwierigkeiten bei der Umsetzung wie oben erläutert, gewisse Begrenzung bei der Ergebnisverwertung. Während Komposte und Kompostprodukte sowie die Verfahren zur Produktion von suppressivem Kompost zur Verfügung stehen, ist die Gruppe bzw. die Praxis auf die Kooperation mit der Firma ALL-IN-ONE bei der Weiterentwicklung der Maschine angewiesen. Hier bestehen in Absprache mit dem Firmeninhaber wie auch einer Reihe von Landwirten aus Hessen und Bayern ernsthafte Bestrebungen zumindest eine Maschine als Vorserienmodell zur Verfügung zu stellen (siehe auch Kap. 4.2 und 4.3).

4.2 (Geplante) Verwertung/Verbreitung und Nutzung der Ergebnisse

Wie in den beiden vorherigen Abschnitten beschrieben, sollen die Ergebnisse aus dem Projekt weiterhin in die Praxis hineingetragen werden. Dazu werden sowohl Vorträge (wie zum Beispiel Vortrag auf

der Tagung der Regional Güte-Gemeinschaft Kompost [Südwest](#) in Neustadt am 22.2.2022) als auch weitere Veranstaltungen im Rahmen von Feldtagen genutzt werden können (z. B. Vorträge Kompostforum Öko Feldtag 2022 Gladbacher Hof). Die Firma ALL-IN-ONE (Pförring) hat in Aussicht gestellt, Patente anzumelden und die Weiterentwicklung der Maschine in ein verkaufsfähiges Produkt umzusetzen. Parallel dazu ist vorgesehen, Gruppen bestehend aus Landwirte*innen und Beratung um „erste Maschinen“ herum aufzubauen, damit sie sich selbst ein Bild machen können, inwieweit für ihre Betriebe die Entwicklungen passend sind. Dabei wird die Beratung eine wichtige Rolle spielen. Die Universität Kassel wird hier auch beratend tätig sein, insbesondere was Möglichkeiten der Auswertung und Anlage von Demonstrationsversuchen betrifft, die für die Kommunikation und auch für die Überzeugung der einzelnen Landwirte sehr notwendig sind. Zudem ist geplant, mit der oben genannten Webseite (<Link>) für Grundlagen und Grundinformationen zu sorgen, damit das vorhandene Wissen nicht in Vergessenheit gerät. Zudem haben sich inzwischen in 2 Projekten³ in Hessen weitere Vernetzungsmöglichkeiten ergeben, die zu Verbreitung der Ergebnisse beitragen und weitere Anknüpfungspunkte bilden können.

4.3 Wirtschaftliche und wissenschaftliche Anschlussfähigkeit

Die im EIP Projekt erarbeiteten Ergebnisse geben Anlass zu weiteren Fragestellungen, die unmittelbar an das Projekt **Rhizofrei** anschlussfähig sind. Von wirtschaftlicher Seite ist eine Weiterentwicklung des jetzigen Prototyps der Maschine sinnvoll. Die Ergebnisse aus den Feldversuchen in Kartoffeln zeigen sehr deutlich die wirtschaftlichen Potenziale durch den Einsatz des Verfahrens. Ob die derzeitigen Partner und Interessenten aus der Wirtschaft letztlich dazu willens und in der Lage sind, wird sich zeigen müssen. Allerdings stehen weitere Ideen im Raum, die Kompostaggregate, die derzeit für die Kartoffelpflanzmaschine entwickelt worden sind, von der Pflanzmaschine zu trennen und das Prinzip der Applikationsaggregate der Maschine so zu verwenden, dass sie auch in anderen Pflanzenkulturen verwendet werden können wie zum Beispiel in Mais, Zuckerrüben oder im Gemüsebau. Das Interesse in der Landwirtschaft am Komposteinsatz ist deutlich zunehmend, sodass es für einen kleinen bis mittleren Landmaschinenbauhersteller interessant sein sollte, in beide Richtungen zu arbeiten

Von wissenschaftlicher Seite sind insbesondere die Fragen rund um die Prognose von suppressiven Effekten von Kompost von großer Bedeutung und hohem Interesse. Hier tun sich für neue Projekte große Möglichkeiten auf, an der Ursachenforschung für die Effekte insbesondere auf mikrobiologischer Ebene zu arbeiten und damit einen weiteren Beitrag für eine gezielte Herstellung von Komposten mit hohen spezifischen Qualitäten zu leisten. Das Fachgebiet ökologischer Land- und Pflanzenbau hat hierzu in Kooperation mit der Universität Jena verschiedene Ideen entwickelt, um Indikatoren für suppressive Effekte zu identifizieren.

5 Zusammenarbeit in der Operationellen Gruppe (OG)

5.1 Zusammensetzung und Gestaltung der Zusammenarbeit

Die operationelle Gruppe setzte sich aus Partnern aus Wissenschaft, der ökologischen Landwirtschaft, von Institutionen aus der Beratung für den ökologischen Landbau sowie Vertretern aus der der Kompostwirtschaft und Industrie zusammen.

³ Projekte NÖK [Hessen](#) und [InReSS](#)

Lead Partner: Universität Kassel, Fachbereich Ökologische Agrarwissenschaften, Fachgebiet Ökologischer Land und Pflanzenbau (Leiter Prof Dr J Heß; Projektleitung Dr. C. Bruns), Nordbahnhofstr. 1a, 37213 Witzenhausen

Partner:

Landwirtschaftliche Betriebe: Hessische Staatsdomäne Frankenhausen, Frankenhausen 1, 34393 Grebenstein (Betriebsleiter Joachim Keil); Hessische Staatsdomäne, Hofgut Marienborn, 63654 Büdingen (Betriebsleiter Christoph Förster); Christian Weber, Obergasse 1, 61194 Niddatal Kaichen; Ottmar Rudert, Lamerder Str. 37, 34396 Liebenau-Ostheim.

Landwirtschaftliche Beratung/Bioanbauverbände: Naturland Fachberatung, Eichethof 1, 85411 Hohenkammer, Aussenstelle Hessen Mühlthal, (Martin Trieschmann); Gregor Koschate/Jonas Ehls, Sturmiusstrasse 5, 36037 Fulda; Bioland Hessen e.V.

Kompostwirtschaft: Wetterauer Entsorgungsanlagen GmbH (WEAG) Bismarckstr. 13, 61169 Friedberg, (Dr Jürgen Roth, Dr Thorsten Schauss, Kompostanlage Ilbenstadt); Humus -u. Erdenkontor GmbH, Karlsbrunnenstr. 11, 37149 Neu-Eichenberg, (Marion Bieker; Dienstleistung Beratung).

Wissenschaft: Georg August Universität Göttingen, Department für Nutzpflanzenwissenschaften, Abteilung Agrar-Technik, Gutenbergstraße 33, 37075 Göttingen. (Professor Dr. Ing. Frank Beneke)

Assoziierte Partner

Landmaschinenfabrik Grimme GmbH Co KG Hunteburger Str. 32, Damme 49401 (Erken Block); Vogteier Kompost GmbH, An der Oberrothe, 99986 Niederdorla (Gerd Bergmann); Landesbetrieb Landwirtschaft Hessen, Kölnische Str. 48-50, 34117 Kassel (Dr Thorsten Haase)

Die Zusammenarbeit gestaltete sich insgesamt zwischen den Partnern positiv. Insbesondere die Partner aus den landwirtschaftlichen Betrieben haben mit ihrer Bereitschaft, ihre Felder für die Versuche zur Verfügung zu stellen bzw. durch die Bereitschaft über einen recht langen Zeitraum, sich intensiv in der Diskussion mit dem Lead-Partner in den Gruppenprozess einzubringen, den Projekt-Fortschritt besonders gefördert und zu den positiven Ergebnissen beigetragen. Dies gilt auch für das Engagement seitens der Abteilung Agrartechnik der Universität Göttingen, die in dem Projekt maßgeblich dazu beigetragen hat, den Kratzboden-Bunker weiterzuentwickeln und zu bauen, nachdem die Firma Grimme sich aus dem operativen Bereich innerhalb der Gruppe zurückgezogen hatte. Gelitten haben der Diskussionsprozess und die Zusammenarbeit mit Sicherheit gleich zu Anfang des Projektes durch die Verwerfungen, die sich mit dem Rückzug der Firma Grimme aus dem Projekt ergeben haben. Wenn derart zentrale Mitglieder aus Gruppenprozessen ausscheiden, dann ergeben sich auch bei aller Bereitschaft der übrigen Beteiligten, den Prozess zu „retten“, insbesondere für den zeitlichen Verlauf enorme Schwierigkeiten, einen Gruppenprozess zu entwickeln und die Arbeiten gemeinsam erfolgreich weiter zu treiben. Damit hat insgesamt sich der Prozess deutlich verlängert, konnte aber durch die Kommunikation und das Engagement der Mitglieder getragen werden.

Allerdings vollzog sich die Beteiligung der Kompostwirtschaft und Beratung etwas weniger intensiv in das Gesamtprojekt, da viel Zeit mit der Organisation der technischen Entwicklungen wie auch der Durchführung der Feldversuche verging, was auf Kosten der Kommunikation zwischen den übrigen Beteiligten ging. Die für das Ende des Projektes vorgesehene Intensivierung des Diskussionsprozesses zwischen allen Beteiligten in einem finalen Workshop wurde durch den Beginn der Corona Pandemie besonders beeinträchtigt. Alternativ wurde daher der Fach-Informationsfilm erstellt.

Die Komplexität des gesamten Verfahrens hätten einen anderen personellen Zuschnitt für die Projektkoordination erfordert. Alleine die Organisation der Bearbeitung der umfangreichen Feldversuche und die Durchführung der Kompostierungsversuche haben zu einer hohen Auslastung der im Projekt eingestellten wissenschaftlichen Mitarbeiterin geführt. Die hohen administrativen Belastungen haben zu einer überaus starken Bindung der Projektleitung geführt, was sich auf Kosten der inhaltlichen Ausrichtung des Projektes ausgewirkt haben dürfte.

5.2 Mehrwert des Formats einer OG

EIP Projekte zeichnen sich per se durch eine hohe Interdisziplinarität aus. Der Austausch von Informationen und intensive Kommunikation zwischen den Projektbeteiligten soll zu einer besseren Implementierung der Innovationen beitragen. Dazu zielt das EIP Agri auf Gruppen ab, die sich insgesamt an der Verbreitung der Innovation beteiligen (Multi Stakeholder Approach). Prinzipiell ist die Idee zu begrüßen und wird auch in ähnlicher Weise durch andere Projektträger zumindest im bundesdeutschen Raum beschritten. Allerdings ist der Erfolg der Innovationen von einer Vielzahl von Voraussetzungen abhängig. Je komplexer ein Projekt angelegt ist desto schwieriger wird es, die Integration der Innovation in die Praxis zu vollziehen.

Zudem ist ein extrem hoher administrativer Aufwand zur Verwaltung der EIP Projekte notwendig. Hier sollte grundsätzlich seitens der Projektträger stärker auf die Möglichkeit von spezifischen Zuschüssen für die Administration bereits in der Antragsphase aufmerksam gemacht werden. Universitäre Einrichtungen sind leider teilweise mit relativ schmaler personeller Ausstattung im Bereich der Sekretariate und Verwaltungen ausgerüstet, sodass tlw. umfangreiche Teile der Administration durch das wissenschaftliche Personal erledigt werden muss. Dies führt zu einer massiven Verschiebung in den Aufgaben für das wissenschaftliche Personal. Damit trägt dieser Umstand auch zu zur geringeren Breitenwirkung für die Innovationen bei, da die Kräfte falsch gebunden werden.

5.3 Weitere Zusammenarbeit

Eine weitere Zusammenarbeit zwischen den Gruppenmitgliedern im engeren Sinne ist zunächst nicht vorgesehen, allerdings sind die Gruppenmitglieder so gut miteinander bekannt, dass insbesondere zwischen dem Leadpartner, der Beratung und den landwirtschaftlichen Betrieben weitere Informationen gestreut werden bzw. wie oben angedeutet (Kapitel 4.2/4.3) sich auch konkrete Weiterentwicklungen anbahnen. Mit der Kompostwirtschaft ist das Fachgebiet ökologischer Land- und Pflanzenbau sehr intensiv verbunden. Insbesondere ist notwendig, die Idee Komposte für gezielte Anwendungsbereiche wie in diesem Projekt bearbeitet stärker in der Kompostwirtschaft zu verankern und in Netzwerken zwischen Kompostanlagen und landwirtschaftlichen Betrieben zu verbessern. In dieser Hinsicht bieten sich auch weitere Projekte an, die bereits im Ökoaktionsplan des Landes Hessen in der Form eines „Netzwerk Kompost und Ökologischer Landbau (NÖK)“ gefördert werden. Sowohl zu diesem Projekt als auch zu dem Praxisforschungsnetzwerk für den ökologischen Landbau in Hessen bestehen enge Verbindungen, teilweise auch durch Betriebe die in der operationellen Gruppe beteiligt waren. Was die Entwicklung der Maschinen als auch wissenschaftliche Fragestellungen bezüglich der Kompostanwendung betrifft, ist in Kapitel 4.3 bereits angedeutet und es sollten sich aus dem Projekt heraus auch neue Kooperationen mit interessierten Institutionen bzw. Firmen ergeben können.

6 Verwendung der Zuwendung

Auflistung der wichtigsten Positionen (Gesamtausgaben, förderfähige Ausgaben und Zuwendung)

Beantragt wurden insgesamt 267.111,75 € netto, davon 200.000 € für das Innovationsvorhaben und 67.111,75 € für die laufende Zusammenarbeit.

Ausgaben in Höhe von 247.083,73€ netto wurden abgerechnet, was für das Innovationsvorhaben (vor allem für Arbeitspaket 2, Feldversuche) 195.422,61 € und für die laufende Zusammenarbeit 51.661,12 € betrug.

Inklusive Mehrwertsteuer in Höhe von 1.303,21 € beliefen sich die Bruttoausgaben auf 250.149,49 €.

Der ELER-Anteil betrug 197.666,98 €, die Mittel des Landes Hessen auf 49.416,75 € (Stand Änderungsbescheid vom 01.12.2021).

7 Schlussfolgerungen und Ausblick

Das EIP Projekt Rhizofrei war von einer spannenden Idee gekennzeichnet, allerdings ergaben sich für die Durchführung nicht unerhebliche Schwierigkeiten, da der industrielle Partner nach ursprünglicher Zusage sich anfangs des Projektes aus der aktiven Teilnahme zurückzog. Allerdings wurde uns die Maschine weiterhin zur Verfügung gestellt und schließlich auch überlassen. So konnte mithilfe der Abteilung Agrartechnik der Georg August Universität Göttingen das Ziel realisiert werden, einen Prototyp für die simultane Pflanzung der Kartoffeln und Ausbringung von Komposten als Reihenapplikation zu entwickeln. Die maschinelle Entwicklung bildet eine Grundlage, auf der interessierte Firmen anknüpfen können. Die Herstellung und Anwendung der Komposte konnte umfangreich dargestellt werden und lässt sich für die kommerzielle Kompostierung ohne große Probleme umsetzen. Sowohl die Prozesssteuerung als auch notwendige Materialeigenschaften sowie die Qualität der Komposte konnten charakterisiert werden. Die suppressiven Effekte der Komposte zur Kontrolle von *Rhizoctonia solani*, die Anlass zu dem Projekt gegeben hatten, konnten in den Versuchen, die auf verschiedenen landwirtschaftlichen Partnerbetrieben angelegt wurden, mit den gezielt hergestellten, qualitativ hochwertigen Komposte überwiegend bestätigt und weitere Erkenntnisse gewonnen werden. Das interdisziplinäre Projektformat der EIP Projekte bietet die Möglichkeit, Lücken zwischen Wissenschaft und Praxis schließen, allerdings sind dazu die Hürden nicht unbeträchtlich hoch, wenn es um relativ komplexe Fragestellungen geht. Hier ist ein sehr hoher Einsatz aller Beteiligten gefordert, sollen die Projekte von Erfolg gekrönt sein.

8 Literaturverzeichnis

Block, Erken (2014): Beurteilung und Verbesserung eines Prototyps zur direkten Applikation von Kompost in den Kartoffeldamm. Bachelorarbeit. Kiel / Damme: Universität Kiel.

Bohne, Björn (2007): Rieselverhalten von Komposten beim Einsatz in der modernen Kartoffellegetechnik. Diplomarbeit. Witzenhausen: Universität Kassel.

Bohne, Björn; Hensel, Oliver; Bruns, Christian (2011): Reihenapplikation von Komposten im Kartoffelbau. In: Kartoffelbau 62, S. 42–45.

Bruns, Christian; Heß, Jürgen; Finckh, Maria R.; Hensel, Oliver; Schulte-Geldermann, Elmar (2009): Komposteinsatz gegen *Rhizoctonia solani* im ökologischen Kartoffelbau. In: Kartoffelbau 60, S. 84-88

Buse, Jakob (2017): Leguminosenmüdigkeit — Phytosanitäre Wechselwirkungen in Körnerleguminosen betonten Fruchtfolgen im Hinblick auf die Stickstoffversorgung im viehlosen ökologischen Ackerbau. Studienprojekt. Gut Wilmersdorf: Humboldt Universität zu Berlin.

Cabot, P.E., Pierce, F.J., Nowak, P., Karthikeyan, K.G., (2006). Monitoring and predicting manure application rates using precision conservation technology. *J. Soil Water Conserv.*, vol. 61(5), S. 282–292.

Eppo Richtlinie 1/32 (2000). Eppo-Richtlinie PP 1/32 (2) *Rhizoctonia solani* an Kartoffeln. Herausgegeben von der Biologischen Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft, Braunschweig -Vorgänger Institution des Julius Kühn Instituts Braunschweig, Deutsche Fassung mit Erläuterungen im Anhang

Hanna, H. Mark; Richard, Thomas L.; Quick, Graeme R. (2004): Optimizing solid manure application by improving distribution. In: *Leopold Center Progress Report, Iowa State University*, vol., S. 55-58.

Pahl, G.; Beitz, W.; Feldhusen, J.; Grote, K.-H.(2006); *Konstruktionslehre, Grundlagen erfolgreicher Produktentwicklung Methoden und Anwendung*, 7. Auflage. Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg.

Phillips, Loyd (2019): Large-scale composting turns waste into healthy soil: crops-compost. In: *Farmer's weekly*, vol. 19049, S. 52-55.

Schulte-Geldermann, E. 2009: Management approaches in organic potato and tomato production, Dissertation. Universität Kassel <https://kobra.uni-kassel.de/handle/123456789/2009100830476>

Souček, Jiří; Pražan, Radek; Roy, Amitava; Plíva, Petr; Jelínek, Antonín; Vegrícht, Jiří (2017): Comparison of logistic, energy and exploitative parameters of compost and manure application by spreaders. In: *Research in Agricultural Engineering*, vol. 63, S. 33-39.

Van Woudenberg, Georg (2019): Komposteinsatz im Kartoffelbau – Untersuchung eines Prototyps für das kombinierte Pflanz- und Applikationsverfahren. Bachelorarbeit. Witzenhausen: Universität Kassel