

Institut für Ökologischen Landbau  
Johann Heinrich von Thünen-Institut  
Trenthorst 32  
23847 Westerau



## **Abschlussbericht**

### **Einsatz von Kompost zur Reduzierung des Befalls mit *Rhizoctonia solani* (Wurzeltöterkrankheit)**

Projektleitung:

Dr. Herwart Böhm

Tel.: 04539 – 8880 313

FAX: 04539 – 8880 140

E-Mail: [herwart.boehm@vti.bund.de](mailto:herwart.boehm@vti.bund.de)

In Kooperation mit:

Universität Kassel-Witzenhausen  
FB 11 Ökologische Agrarwissenschaften  
FG Ökologischer Land- und Pflanzenbau  
Nordbahnhofstr. 1a  
37213 Witzenhausen

Versuchs- und Projektzeitraum: 01. April 2009 – 31. Dezember 2009

Finanzierung durch:

Vertriebsgesellschaft Kompost Nord (VKN), Tangstedt

# Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	3
2	Material und Methoden	4
2.1	Standorte und Bodenkennwerte	4
2.2	Versuchsfaktoren	4
2.3	Versuchsanlage	5
2.4	Erhebungen während der Vegetationsperiode:	7
2.5	Statistische Auswertung	8
3	Ergebnisse	9
3.1	Witterung	9
3.2	Erhebungen während der Vegetationsperiode	10
3.3	Ertrag	12
3.4	Qualitätsausprägung und vermarktungsfähige Ware	13
3.5	Zusammenfassende Diskussion	16
4	Literatur	18

# 1 Einleitung

Versuche an der Universität Kassel-Witzenhausen (Bruns et al. 2009; Schulte-Geldermann et al. 2007) haben gezeigt, dass sich der *Rhizoctonia*-Befall an Kartoffeln mit Hilfe des Einsatzes von Grüngutkompost bzw. Bioabfallkompost sehr deutlich reduzieren lässt.

*Rhizoctonia*-Befall ist ein seit Jahren zunehmendes Problem beim Anbau von Öko-Kartoffeln und verursacht deutliche, ökonomische Verluste bei den Betrieben, da stark mit *Rhizoctonia* befallene Speisekartoffeln im Handel kaum noch absetzbar sind. Dies gilt zunehmend auch für Pflanzgut, da bekannt ist, dass *Rhizoctonia*-befallenes Pflanzgut in erheblichem Maße dazu beiträgt, dass die daraus hervorgehende Ernte ebenfalls deutlich stärker mit *Rhizoctonia* befallen ist.

Die bislang vorliegenden Ergebnisse der Universität Kassel-Witzenhausen sollen in einem nächsten Schritt auf weiteren Versuchsstandorten mit unterschiedlichen Klima- und Bodenbedingungen verifiziert werden. Notwendig ist dabei auch eine Prüfung von unterschiedlichen Kompostherkünften bzw. -arten, um den Effekt in Abhängigkeit der Kompostqualität bzw. weiterer Faktoren wie Rottedauer, Ausgangsmaterial etc. möglichst gut quantifizieren zu können.

Bei dem Erreger von *Rhizoctonia solani* handelt es sich um einen saprophytisch lebenden Pilz, der sowohl im Boden als auch auf den Knollen lebt. Die Infektionszeit im Boden beginnt mit dem Knollenansatz. Die Ausprägung an den Kartoffeln verstärkt sich, je länger die Knollen nach dem Absterben des Krautes im Boden verbleiben, so dass eine rechtzeitige Ernte nach Erreichung der Schalenfestigkeit ganz wesentlich dazu beiträgt, die Ausbreitung von *R. solani* auf der Knollenoberfläche zu unterbrechen.

Das Schadbild von *R. solani* während der Vegetationsperiode beginnt bereits mit einem ungleichmäßigen Auflaufen der Kartoffeln, was in der Folge zu Fehlstellen führt. Weiter bildet sich die so genannte Weißhosisigkeit aus, d.h. der Pilz bildet am Stängelgrund (Übergang vom Boden zu den oberirdischen Pflanzenteilen) ein weißliches Mycel aus. Zudem kann es zu Schäden an den Kartoffelblättern kommen, die sich im oberen Teil der Pflanze einrollen und zum Teil austrocknen. Diese Ausprägung nennt sich „Wipfelroller“. Diese Schäden führen zu einer verzögerten Entwicklung der Kartoffelbestände mit entsprechenden Ertragsverlusten (Möller et al. 2003).

Für den Landwirt sind jedoch besonders die an den geernteten Knollen ausgeprägten Schadsymptome von Bedeutung, denn diese entscheiden darüber, in wie weit die geerntete Partie vermarktungsfähig ist. Zu diesen Schadsymptomen (Möller et al. 2003) zählen (vgl. Abbildung 1):

- deformierte und missgebildete Knollen (Grützeknollen)
- Besatz mit *Rhizoctonia*-Sklerotien (schwarzbraune Pusteln auf der Knollenoberfläche)
- „dry-core“-Symptom (schwarze Einbuchtungen in der Knolle, die mit einem Häutchen überzogen sind).

Diese Schadsymptome führen zu einer Minderung der äußeren Qualitätsausprägung mit erheblichen Sortierverlusten, die solche Ausmaße annehmen können, dass die gesamte

Partie nicht mehr vermarktet werden kann. Darüber hinaus ist der Besatz mit *R. solani* ebenfalls mit Geschmackseinbußen verbunden.



**Deformierte Knollen**



**Rhizoctonia-Sklerotien**



**„dry-core“-Symptom**

Abbildung 1: Schadsymptome von *Rhizoctonia solani* an geernteten Kartoffelknollen  
(Quelle: AID Schäden an Kartoffeln)

## 2 Material und Methoden

Die Versuchsdurchführung erfolgte in Anlehnung an die EPPO-Richtlinie PP 1/32(2) – *Rhizoctonia solani* an Kartoffeln F. 04 (Juli 2000) (Broschewitz et al. 2000)

### 2.1 Standorte und Bodenkenwerte

Der Versuch wurde auf dem nach Bioland-Richtlinien bewirtschafteten Betrieb Gut Wulksfelde im Frühjahr 2009 auf dem Schlag „Hofkoppel I Mitte“ angelegt. Bei dem Standort handelt es sich um einen Podsol mit lehmigen Sand und Bodenpunkten zwischen 25 und 30. Die Bodenuntersuchungen im Frühjahr 2009 zur Versuchsanlage ergaben, dass der Boden einen pH-Wert von 5,4 mit pflanzenverfügbaren Gehalten an Phosphor in Höhe von 11,4 mg P 100 g<sup>-1</sup> Boden (Versorgungsstufe C), an Kalium in Höhe von 18,1 mg K 100 g<sup>-1</sup> Boden (Gehaltsklasse C) und an Magnesium mit 14,4 mg Mg 100 g<sup>-1</sup> Boden (Versorgungsstufe C). Der N<sub>min</sub>-Gehalt in 0-60 cm Tiefe betrug zum Zeitpunkt des Auflaufens der Kartoffeln 112 kg N ha<sup>-1</sup> (0-30 cm 77 kg N ha<sup>-1</sup>, 30-60 cm 35 kg N ha<sup>-1</sup>).

### 2.2 Versuchsfaktoren

Folgende Versuchsfaktoren mit entsprechenden Faktorstufen wurden in der Versuchsdurchführung berücksichtigt.

- 1) Kompostherkunft
  - a) Kontrolle (ohne Kompost)
  - b) Grüngutkompost Witzenhausen (GGK-Witz)  
(Vergleichsvariante zum Versuch Witzenhausen)

2) Pflanzgut

c) Grüngutkompost Kompostwerk Hohenlockstedt (GGK-Hoh)

d) Bio-Abfallkompost Kompostwerk Bützberg (BAK-Bütz)

a) Sorte Laura, Rhizoctonia-Besatz < 1 %

b) Sorte Laura, Rhizoctonia-Besatz 1-5 %

Die Kenngrößen der in dem Versuch eingesetzten Kompostqualitäten ist in Tabelle 1 zusammenfassend dargestellt.

Tabelle 1: Kenngrößen der eingesetzten Kompostqualitäten

Kompost Kenngrößen	Grüngutkompost Witzenhausen	Grüngutkompost Hohenlockstedt	Bioabfallkompost Bützberg
TM (%)	68,72	59,06	76,53
OM (%) [Glühverlust]	n.b.	20,05	50,78
N <sub>t</sub> (%)	1,61	0,81	2,03
C <sub>t</sub> (%)	27,83	13,8	33,13
C/N	17,29	17,03	16,32
S <sub>t</sub> (%)	n.b.	0,11	0,25
pH (CaCl <sub>2</sub> )	7,50	6,74	7,66
N <sub>min</sub> (mg kg <sup>-1</sup> )	131,8	22,74	191,31
P [CAL] (mg 100g <sup>-1</sup> )	117,8	47,35	110,12
K [CAL] (mg 100g <sup>-1</sup> )	870,4	222,40	616,96

n.b. = nicht bestimmt

Das Z-Pflanzgut der Sorte Laura wurde von der Fa. Europlant für die Versuche zur Verfügung gestellt. Für den Versuch wurde das Pflanzgut am 31. März gewaschen und in Abhängigkeit des Befalls mit *R. solani* von Hand in die Befallsklassen < 1% *R. solani* und 1-5% Pustelbesatz mit *R. solani* auf der Knollenoberfläche sortiert und anschließend an der Luft rückgetrocknet. Stärker befallenes Pflanzgut wurde verworfen.

Anschließend wurde das Pflanzgut in Vorkeimkästen bis zum Pflanztermin am 23. April 2009 vorgekeimt.

## 2.3 Versuchsanlage

Der Versuch wurde in einem betrieblichen Kartoffelschlag integriert, um Randeffekte, die z.B. von einem Befall mit der Kraut- und Knollenfäule (*Phytophthora infestans*) ausgehen können, zu minimieren. Umgeben war der Versuch mit Kartoffeln der Sorte Princess - eine Sorte, die wie die Sorte Laura ebenfalls zu der mittelfrühen Reifegruppe gehört. Angelegt wurde der Versuch als vollständig randomisierte Blockanlage mit 4 Feldwiederholungen.

Die Parzellengröße betrug 3,0 x 6,7 m, entsprechend 20 m<sup>2</sup>, wobei die Parzellen aus 4 nebeneinander angeordneten Reihen mit einem Reihenabstand von 75 cm bestanden und in jeder Reihe 20 der vorgekeimten Kartoffelknollen mit einem Abstand in der Reihe von 33,3 cm gepflanzt wurden.

Die Versuchsanlage erfolgte mit betriebsüblicher Technik. Zuerst wurden mit der Pflanzmaschine die Pflanzreihen vorgezogen. In die Pflanzreihen wurde von Hand die entsprechende Menge an Kompost verteilt, d.h. entsprechend dem Trockenmassegehalt waren dies bei dem GGK-Hohenlockstedt 4,3 kg/Reihe, beim GGK-Witzenhausen 3,7 kg/Reihe und beim BAK-Bützberg 3,3 kg/Reihe. Diese Mengen entsprachen damit einer Ausbringungsmenge von 5 t Kompost-TM/ha. Die gleiche Menge wurde auch in den bisherigen Versuchen der Universität Kassel-Witzenhausen eingesetzt (Bruns et al. 2009).

Da mit den Komposten auch Nährstoffe zugeführt wurden, erhielt die nicht mit Kompost gedüngte Variante (Kontrolle) eine Ausgleichsdüngung an Kalium, Phosphor und Stickstoff. Zur Berechnung der Ausgleichsdüngung wurden die in den Komposten pflanzenverfügbaren Nährstoffgehalte zu Grunde gelegt. Da in diesem Versuch mit 3 unterschiedlichen Komposten gearbeitet wurde, wurden als Referenzwerte für die Ausgleichsdüngung die Nährstoffgehalte des Grüngutkompostes aus Witzenhausen gewählt. Als Ausgleichsdünger kamen die im Ökologischen Landbau zugelassenen Dünger Kaliumsulfat (50% K<sub>2</sub>O), Dolophos 15 (15% P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) sowie als N-Dünger Hornmehl der Fa. Oscorna zur Anwendung.

Nach der Ausbringung des Kompostes wurden die Knollen von Hand mit dem definierten Abstand von 33,3 cm innerhalb der Reihe abgelegt und anschließend mit der betriebsüblichen Pflanzmaschine zugehäufelt (s. Abbildung 2).

Die weiteren Pflegemaßnahmen wurden betriebsüblich durchgeführt und sind in Tabelle 2 dargestellt.

Tabelle 2: Kenndaten zur Versuchsdurchführung

Datum	Maßnahme
23. April	Anlage des Versuches mit Kompostausbringung und Pflanzen
20. April	Düngung Haarmehlpellets: 110 kg N / ha Düngung: Physiolith: 22,3 kg MgO / ha, 222 kg CaO / ha
25. April	Häufeln mit Köckerling
28. April	Düngung Kalimagnesia (30/10): 180 kg K <sub>2</sub> O / ha, 60 kg MgO / ha
03. Mai	Häufeln mit Köckerling
23. Mai	Häufeln mit Köckerling
02. Juni	Beregnung: 25 mm
10. Juni	Pflanzenschutz: Cuprozin WP flüssig (1,25 l/ha) + Haftmittel Nu-Film-P (0,3 l/ha)
15. Juni	Pflanzenschutz: Cuprozin WP flüssig (2,0 l/ha) + Haftmittel Nu-Film-P (0,3 l/ha)
25. Juni	Pflanzenschutz: Cuprozin WP flüssig (1,5 l/ha) + Haftmittel Nu-Film-P (0,3 l/ha)
03. Juli	Beregnung: 35 mm
04. Juli	Pflanzenschutz: Cuprozin WP flüssig (1,0 l/ha) + Haftmittel Nu-Film-P (0,3 l/ha)
17. September	Ernte mit Vollernter EURO-Jabelmann (UNIA-Kartoffelvollernter „Bolko R“)



Abbildung 2: Anlage des Feldversuches auf Gut Wulksfelde am 23. April 2009 mit Ausbringung der Komposte, Legen der vorgekeimten Pflanzkartoffeln sowie das Zuhäufeln der Kartoffelreihen

## 2.4 Erhebungen während der Vegetationsperiode:

In Anlehnung an die EPPO-Richtlinie PP 1/32(2) – *Rhizoctonia solani* an Kartoffeln F. 04 (Juli 2000) wurden folgende Erhebungen durchgeführt:

### Meteorologische Daten

Für die nach EPPO-Richtlinie notwendigen Aufzeichnungen liegen die meteorologischen Daten der Wetterstation des DWD „Hamburg-Fuhlsbüttel“ vor, für dessen Bereitstellung durch den DWD an dieser Stelle herzlich gedankt sei.

### Bonituren

1. Bonitur: Bonitur des Pflanzgutes auf den Befall mit *R. solani* unmittelbar vor der Behandlung bzw. der Pflanzung (s. Punkt 2.2 – Bonitur des Versuchspflanzgutes)
2. Bonitur: Erhebung der Anzahl aufgelaufener Pflanzen (Feldaufgang), wenn 90% der Pflanzen beim Vergleichsmittel und/oder in der unbehandelten Kontrolle aufgelaufen sind. In dem vorliegenden Versuch wurde eine zweimalige Bonitur des Feldaufganges am 29. Mai und am 05. Juni 2009 durchgeführt.
3. und 4. Bonitur: Bonitur der Pflanzenentwicklung anhand der Boniturnoten 1-10 sowie Ausgraben von 10 Pflanzen pro Parzelle für die Bonitur des Stängelbefalls mit *R. solani* am Stängelgrund zur Erfassung der durch *R. solani* verursachten Läsionen an dem unterirdischen Stängelbereich kurz nach dem Auflaufen und bei Reihenschluss. Von diesen beiden Bonituren wurde nur eine Bonitur zum Zeitpunkt des Reihenschlusses am 07.07.2009 zur Erhebung des Stängelbefalls durchgeführt. Ergänzend zur EPPO-Richtlinie wurden dabei die Anzahl Stängel und die Anzahl der angesetzten Knollen pro Kartoffelstaude erhoben.
5. Bonitur: Von jeder Parzelle wurden 100 Knollen zur bzw. nach der Ernte (Größe 35 - 45 mm) zufällig entnommen. Entgegen der EPPO-Richtlinie wurden diese aus der

Marktware-Fraktion (30 – 60 mm) und nicht aus der Fraktion 35 – 45 mm entnommen. Der Besatz mit Pocken wurde nach der Skala im Anhang I der EPPO-Richtlinie bonitiert. Darüber hinaus wurde die Anzahl deformierter und missgebildeter Knollen bestimmt sowie die Anzahl der dry-core-Symptome pro Knolle erhoben.

Zusätzlich wurden zu mehreren Terminen Bonituren zur Pflanzenentwicklung (EC-Stadien nach BBCH-Skala (Stauß et al. 1994) und zum Befall mit *Phytophthora infestans* (Krautfäule) (BBA 1988) durchgeführt.

### **Ertragsermittlung**

Die Beerntung erfolgte drei Wochen nach dem Krautschlagen. Von jeder Parzelle wurden die 40 Pflanzen der beiden mittleren Reihen aus jeder Parzelle mit dem Kartoffelroder der Landwirtschaftskammer Schleswig-Holstein (EURO-Jabelmann, Typ UNIA-Kartoffelvollernter „Bolko R“), der mit einer eingebauten Waage zur Ermittlung des Ertrages direkt auf dem Roder umgerüstet ist. Auf dem Roder wurden an dem Verleseband Steine sowie andere Beimengungen durch 2 Mitarbeiterinnen aussortiert, so dass der Parzellenertrag direkt auf dem Roder ermittelt werden konnte. Da die Sklerotien-Entwicklung nach der Krautabtötung weiter voranschreitet, wurden alle Parzellen – wie in der EPPO-Richtlinie vorgegeben – zur gleichen Zeit, d.h. an einem Tag geerntet.

### **Sortierung**

Nach der Ernte und einer Abtrocknungs- und Wundheilungsphase von 3 Wochen wurden die Kartoffeln auf die Kalibrierung 30 - 60 mm sortiert (Fa. Skals, Schocksortierer) und das Gewicht der 3 Fraktionen (< 30mm = Untergrößen, 30 - 60 mm = Marktware, > 60 mm = Übergrößen) ermittelt.

## **2.5 Statistische Auswertung**

Die statistische Auswertung erfolgte mit dem Programm SAS 9.2 mit der Prozedur PROC MIXED mit den fixen Effekten „Sklerotienbesatz am Pflanzgut“ und „Kompostart bzw. –herkunft“ sowie dem „Block“.

Die Normalverteilung der Residuen und die Homogenität der Varianzen wurden mittels der Prozedur PROC UNIVARIATE und PROC GPLOT geprüft. Bei nicht gegebener Normalverteilung wurden die Daten transformiert.

Dennoch konnten für einige Parameter die Voraussetzungen für die Varianzanalyse durch Transformation nicht erreicht werden, so dass die Auswertungen der Parameter „Fraktion < 60 in dt ha<sup>-1</sup>“, „vermarktungsfähige Ware“, „Aufgang 29. Mai“, „Aufgang 05. Juni“ sowie „Deformierte Knollen“ und „Knollen mit Sklerotienbesatz“ unter diesem Vorbehalt zu betrachten sind. Die ausgewiesenen Signifikanzen basieren auf dem Niveau p=0,05.

### 3 Ergebnisse

#### 3.1 Witterung

Die Witterungsdaten für die Vegetationsperiode wurden von der Wetterstation Hamburg-Fuhlsbüttel übernommen, die vom DWD zur Verfügung gestellt wurden.

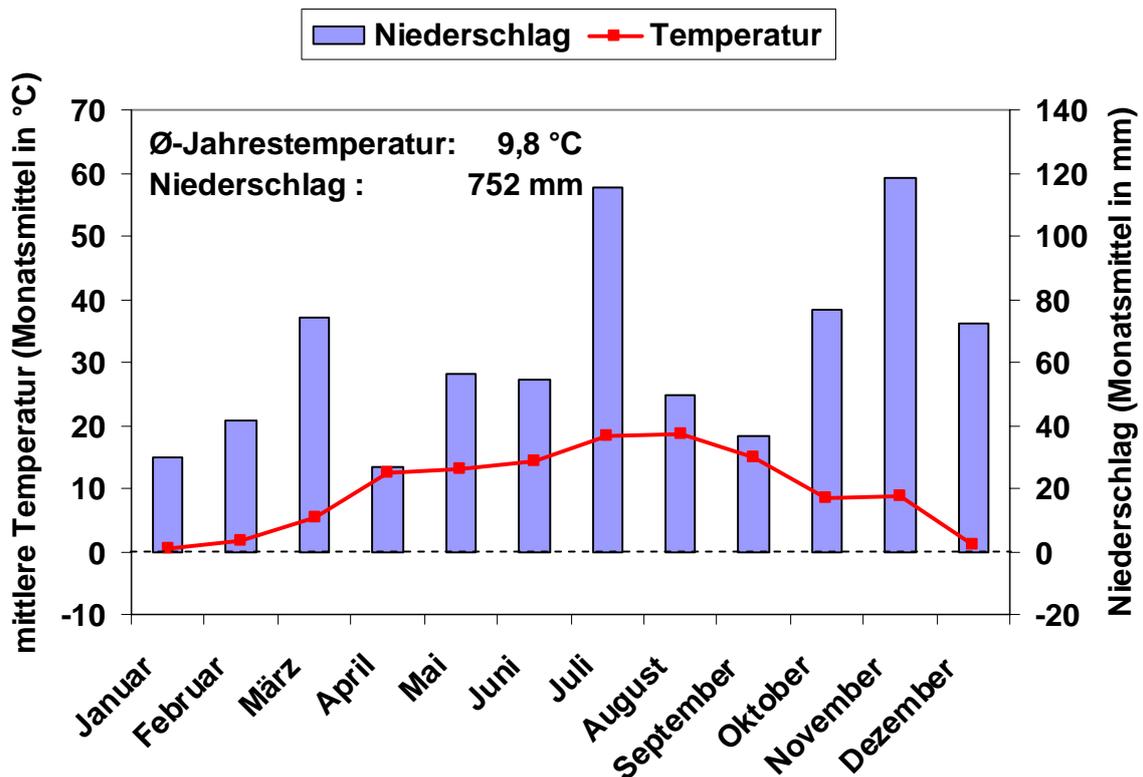


Abbildung 3: Witterungsverlauf im Jahr 2009 für den Standort Wulksfelde (Daten der Wetterstation Hamburg-Fuhlsbüttel des DWD (Darstellungsweise nach (Walther 1955))

Im Vergleich zum langjährigen Mittel (Bezugszeitraum 1978-2007) mit 8,8 °C und 706 mm Niederschlag lagen sowohl die Jahresdurchschnittstemperatur in 2009 um 1,0 °C und der Niederschlag mit fast 50 mm im Jahr 2009 etwas über den langjährigen Mittelwerten. Durch die Niederschläge in den Monaten Januar bis März war eine ausreichende Bodenfeuchte zu Beginn der Vegetationszeit gegeben. Zum Zeitpunkt der Pflanzung im April war der Niederschlag recht gering, so dass gute Pflanzbedingungen herrschten. Ebenfalls stieg in dieser Zeit die Luft- aber auch die Bodentemperatur an, so dass nach dem Pflanzen der Kartoffeln weitestgehend optimale Bedingungen zum Auflaufen herrschten. Im Mai und Juni lag der Niederschlag deutlich unterhalb der langjährig durchschnittlichen Niederschläge, die bei 52 mm im Mai und 71 mm im Juni liegen. Dies machte eine Beregnung der Kartoffeln erforderlich, die der Betrieb am 02. Juni und 03. Juli mit 25 bzw. 35 mm durchführte. Im weiteren Verlauf des Monats Juli war eine ausreichende Niederschlagsmenge gegeben, so

dass ein weiteres gutes Wachstum der Kartoffeln gewährleistet war. Zur Abreife und in der Erntezeit im September herrschten weitestgehend trockene und gute Rodebedingungen.

### 3.2 Erhebungen während der Vegetationsperiode

Die statistische Analyse wies mit Ausnahme der Knollenanzahl pro Staude stets einen signifikanten Einfluss für den Faktor „Sklerotienbesatz“ des Pflanzgutes aus. Für die Erhebung des Aufganges am 05. Juni zeigte sich eine Wechselwirkung zwischen Sklerotienbesatz und Kompost, d.h. die hiervon ausgehenden Wirkungen waren nicht immer gleichgerichtet. Wie aus Abbildung 4 zu erkennen ist, war der Unterschied zu diesem Termin beim Kompost GGK-Hoh zwischen nicht belastetem und belastetem Pflanzgut nicht signifikant, während bei den anderen Komposten ein signifikanter Effekt vorlag.

Tabelle 3: Test der fixen Effekte Sklerotienbesatz (SB) und Kompost (K) sowie deren Wechselwirkungen und dem Blockeffekt mit F-Werten und p-Werten für die in der Vegetationsperiode erhobenen Parameter Aufgang der Kartoffelpflanzen zu zwei Terminen, der Knollenanzahl pro Kartoffelstaude und dem Stängelbefall mit *Rhizoctonia solani* bonitiert als Stängelläsionen am Standort Wulksfelde im Jahr 2009

	FG	Aufgang 29.05. (%)		Aufgang 05.06. (%)		Knollenanzahl		Stängelbefall (Note)	
		F-Wert	Pr > F	F-Wert	Pr > F	F-Wert	Pr > F	F-Wert	Pr > F
Block	3	0,52	0,6789	0,61	0,6208	2,09	0,1318	0,29	0,8318
Sklerotienbesatz (SB)	1	81,26	<b>&lt; 0,0001</b>	75,37	<b>&lt; 0,0001</b>	0,57	0,4585	46,32	<b>&lt; 0,0001</b>
Kompost (K)	3	1,62	0,2337	2,85	0,0787	0,60	0,6200	1,36	0,2832
Wechselwirkung SB x K	3	1,99	0,1651	4,29	<b>0,0261</b>	1,06	0,3861	2,42	0,0947

Pr > F-Werte in Fettdruck kennzeichnen signifikante Effekte auf Basis des Signifikanzniveaus von 5%.

Aus Abbildung 4 wird jedoch der herausragende Einfluss deutlich, den die Pflanzgutqualität – hier in Form von gesundem, nicht mit *Rhizoctonia* belastetem Pflanzgut gegenüber dem stärker mit *Rhizoctonia* befallenen Pflanzgut – bereits auf den Pflanzenaufgang ausübt. Zu beiden Terminen war der Pflanzenaufgang in dem mit 1-5%-*Rhizoctonia* belasteten Pflanzgut deutlich schlechter. Die Kompostgaben wirkten sich nicht signifikant aus. Allerdings war in den Varianten mit dem höher belasteten Pflanzgut ein in der Tendenz besserer Aufgang bei den mit Kompost behandelten Knollen zu erkennen, der zudem für den Grüngutkompost aus Hohenlockstedt und dem Bioabfallkompost Bützberg vorteilhafter ausfiel als für den Grüngutkompost Witzenhausen.

Auch bei der Bonitur des Stängelbefalls am 07. Juli konnte ein deutlich signifikanter Effekt festgestellt werden, der von der Stärke des Sklerotienbesatzes am Pflanzgut abhängig ist. Der Stängelbefall war bei dem stärker mit *Rhizoctonia* befallenen Pflanzgut signifikant höher als bei dem kaum infiziertem Pflanzgut. Die gedüngten Komposte wiesen keine signifikanten Effekte auf, aber in der Tendenz wurde der Befall leicht reduziert, wobei dieser Effekt im Vergleich der 3 Komposte bei dem Bioabfallkompost Bützberg am stärksten ausgeprägt war.

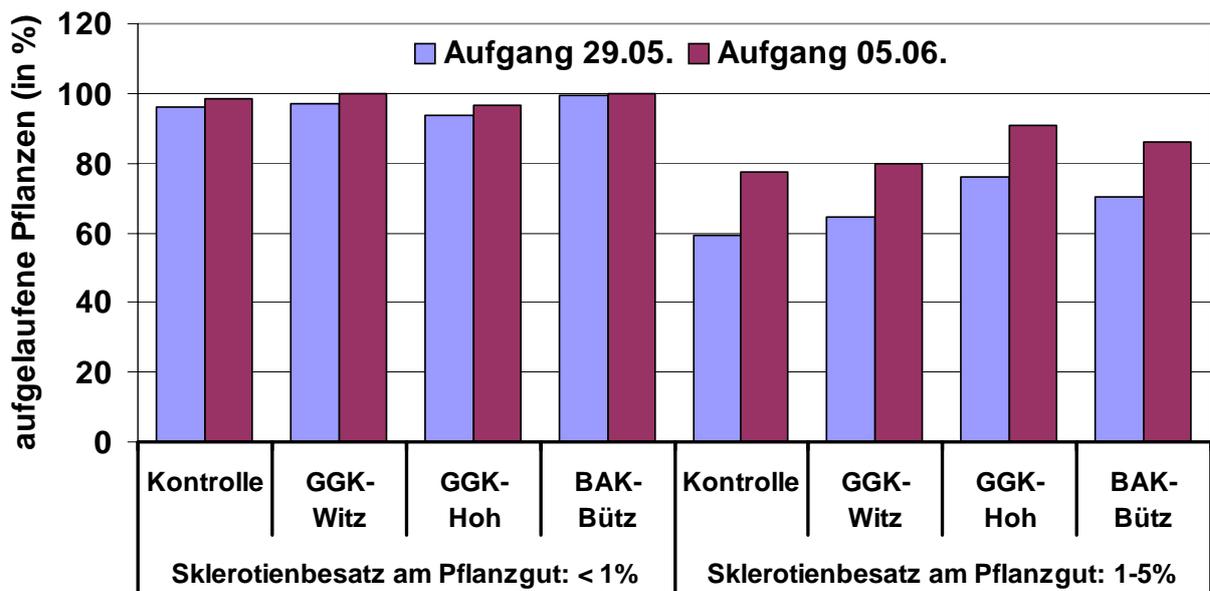


Abbildung 4: Auswirkungen des unterschiedlich mit *Rhizoctonia* belasteten Pflanzgutes und des Komposteinsatzes auf den Aufgang der Kartoffelstauden am Standort Wulksfelde im Jahr 2009

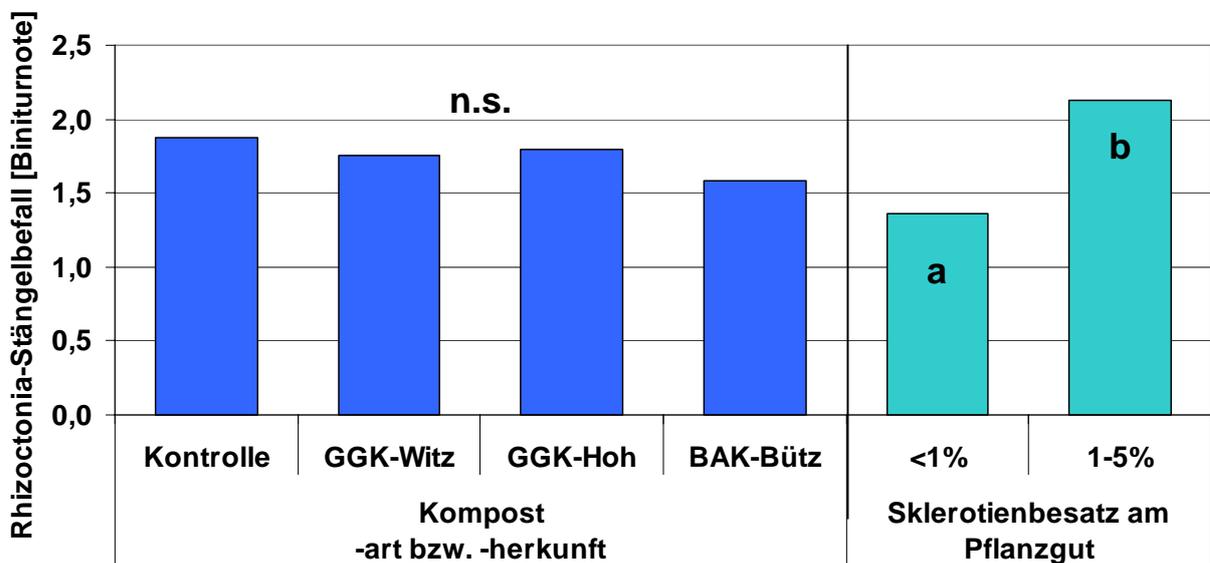


Abbildung 5: Auswirkungen der Faktoren Kompostart bzw. -herkunft sowie Sklerotienbesatz am Pflanzgut auf den Stängelbefall mit *Rhizoctonia solani* (bonitiert als Stängelläsionen mit Noten von 1-4) am Standort Wulksfelde im Jahr 2009

unterschiedliche Buchstaben kennzeichnen für den jeweiligen Hauptfaktor signifikante Unterschiede für das Signifikanzniveau  $p=0,05$ ; n.s. = nicht signifikant

### 3.3 Ertrag

In Tabelle 4 sind zunächst die p-Werte für die unterschiedlichen Ertragsparameter zusammengestellt. Signifikante Effekte sind für den Gesamtertrag und den Marktwareertrag, d.h. für die Größenfraktion 30-60 mm für das unterschiedlich mit *Rhizoctonia* befallene Pflanzgut vorhanden. Die Untergrößen (Fraktion < 30 mm) sowie noch stärker die Übergrößen (Fraktion > 60 mm) wiesen keine signifikanten Effekte auf. Dies ist unter anderem auf die sehr geringen Anteile dieser Fraktionen zurückzuführen, die bei den Untergrößen zwischen 6 und 10 % sowie bei den Übergrößen bei maximal 0,4 % des Gesamtertrages lagen. Dies wird auch aus Abbildung 6 deutlich, in der die Übergrößen am Ertrag aufgrund des geringen Umfangs nicht mehr ersichtlich sind. Bei dem prozentualen Anteil der Untergrößen zeigte die statistische Verrechnung einen signifikanten Effekt (nicht dargestellt), wobei der Anteil an Untergrößen bei dem gesunden Pflanzgut mit 6,45 % im Vergleich zu einem Anteil von 9,94 % bei dem stärker belasteten Pflanzgut signifikant geringer war.

Tabelle 4: Test der fixen Effekte Sklerotienbesatz (SB) und Kompost (K) sowie deren Wechselwirkungen und dem Blockeffekt mit F-Werten und p-Werten für den Ertrag und die 3 Sortierfraktionen am Standort Wulksfelde im Jahr 2009

	FG	Gesamtertrag (dt ha <sup>-1</sup> )		Fraktion < 30 (dt ha <sup>-1</sup> )		Fraktion 30-60 (dt ha <sup>-1</sup> )		Fraktion > 60 (dt ha <sup>-1</sup> )	
		F-Wert	Pr > F	F-Wert	Pr > F	F-Wert	Pr > F	F-Wert	Pr > F
Block	3	0,27	0,8462	0,63	0,6087	0,09	0,9648	1,21	0,3454
Sklerotienbesatz (SB)	1	57,04	<b>&lt; 0,001</b>	0,62	0,4467	50,10	<b>&lt; 0,0001</b>	1,82	0,1999
Kompost (K)	3	0,95	0,4452	0,49	0,6961	0,73	0,5526	0,83	0,5032
WW SB x K	3	1,06	0,3993	0,65	0,5986	0,95	0,4438	1,20	0,3469

Im Durchschnitt aller Versuchsvarianten lag der Gesamtertrag mit 290 dt ha<sup>-1</sup> auf hohem Niveau. Durchschnittserträge in der Praxis ökologisch wirtschaftender Betriebe liegen bei ca. 200-250 dt ha<sup>-1</sup>. Den höchsten Ertrag konnte in der Bioabfallkompostvariante beim Einsatz von gesundem Pflanzgut mit 362,7 dt ha<sup>-1</sup> erzielt werden, während der niedrigste Ertrag mit 225 dt ha<sup>-1</sup> und 235 dt ha<sup>-1</sup> in der GGK-Witz bzw. in der Kontrolle bei dem stärker mit *Rhizoctonia* belasteten Pflanzgut realisiert wurde. Hier zeigt sich das enorme Potenzial für den ökologischen Kartoffelanbau. Voraussetzung ist jedoch ein gutes und abgestimmtes Anbaumanagement.

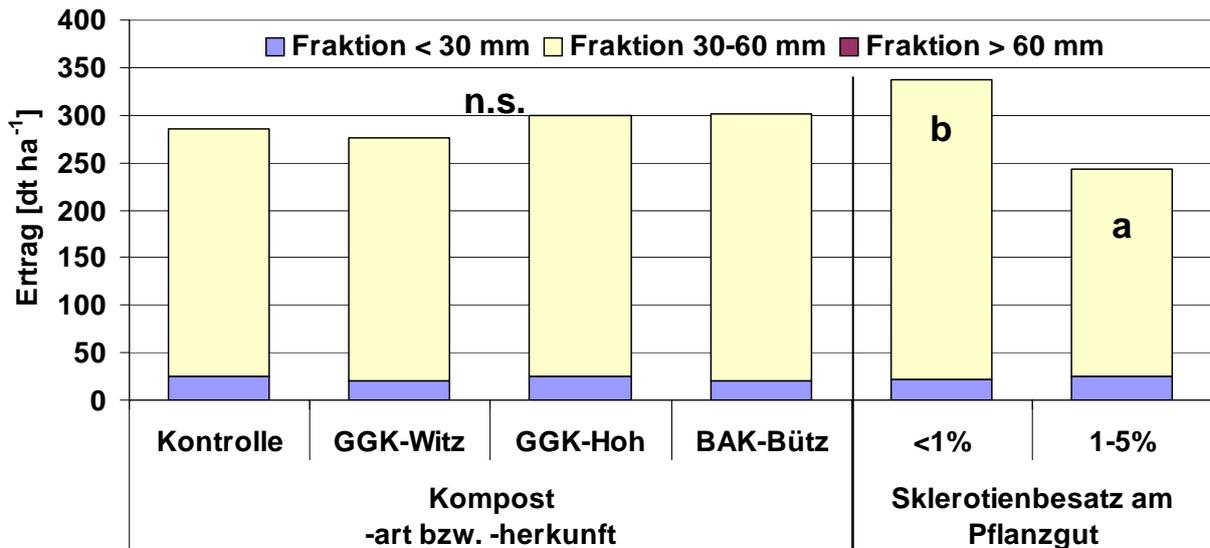


Abbildung 6: Auswirkungen der Faktoren Kompostart bzw. -herkunft sowie Sklerotienbesatz am Pflanzgut auf den Knollenertrag und deren Größenfraktionierung am Standort Wulfsfelde im Jahr 2009

unterschiedliche Buchstaben kennzeichnen für den jeweiligen Hauptfaktor signifikante Unterschiede auf dem Niveau  $p=0,05$ ; die ausgewiesenen Signifikanzen gelten sowohl für den Gesamtertrag als auch für den Ertrag der Sortierfraktion 30-60 mm; n.s. = nicht signifikant

### 3.4 Qualitätsausprägung und vermarktungsfähige Ware

Die statistische Analyse weist für die Merkmale der Qualitätsausprägung hinsichtlich der am Erntegut erhobenen Parameter sowohl signifikante Effekte im Hinblick auf die Qualität des eingesetzten Pflanzgutes als auch hinsichtlich des Komposteinsatzes auf (Tabelle 5). Dies umfasst den „Anteil deformierter Knollen“, den „Anteil an Knollen mit „dry-core“-Symptomen“, den „Anteil an Knollen mit einem Rhizoctonia-Besatz“ und den Anteil der vermarktungsfähigen Ware, d.h. den prozentualen Anteil abzüglich der Knollen mit Deformationen oder/und „dry-core“-Symptomen oder/und Knollen, die mindestens einen Sklerotienbesatz von 15 % auf der Knollenoberfläche aufwiesen. In Tabelle 5 sind zudem die p-Werte für den vermarktungsfähigen Ertrag [dt ha<sup>-1</sup>] ausgeführt. Dieser umfasst die Sortierfraktion 30-60 mm abzüglich der Knollen mit Deformationen und „dry-core“-Symptomen sowie abzüglich der Knollen, die einen Sklerotienbesatz von  $\geq 15\%$  der Knollenoberfläche aufwiesen. Hier wurde für die Pflanzgutqualität ebenfalls ein signifikanter Unterschied ausgewiesen, nicht aber für die Wirkung der Komposte.

Tabelle 5: Test der fixen Effekte Sklerotienbesatz (SB) und Kompost (K) sowie deren Wechselwirkungen und dem Blockeffekt mit F-Werten und p-Werten für den Anteil deformierter Knollen, Knollen mit „dry-core“-Symptomen und Knollen mit Rhizoctonia-Sklerotienbesatz sowie den prozentualen Anteil an vermarktungsfähiger Ware sowie den vermarktungsfähigen Ertrag nach Abzug deformierter Knollen, Knollen mit „dry-core“-Symptomen und Knollen mit mehr als 15% Rhizoctonia-Pustel-Besatz nach der Ernte am Standort Wulksfelde im Jahr 2009

	FG	Deformierte (%)		Rhizoctonia (%)		Dry-Core (%)		vermarktungsfähig (%)		vermarktungsfähig (dt ha)	
		F-Wert	Pr > F	F-Wert	Pr > F	F-Wert	Pr > F	F-Wert	Pr > F	F-Wert	Pr > F
Block	3	0,65	0,5976	0,81	0,5096	0,41	0,7519	0,89	0,4701	0,19	0,9017
Sklerotienbesatz (SB)	1	342,03	< 0,0001	114,74	< 0,0001	34,60	< 0,0001	173,51	< 0,0001	92,23	< 0,0001
Kompost (K)	3	12,41	0,0004	5,01	0,0159	4,62	0,0207	12,87	0,0003	2,08	0,1527
Wechselwirkung SB x K	3	2,36	0,1186	0,56	0,6489	0,20	0,8958	1,62	0,2325	0,79	0,5187

In Abbildung 7 sind die Ergebnisse getrennt für die Hauptfaktoren „Kompostart bzw. –herkunft“ sowie „Sklerotienbesatz am Pflanzgut“ aufgeführt. In der unbehandelten Kontrolle zeigten die drei erhobenen Parameter „Deformierte Knollen“, „Besatz mit Rhizoctoniapusteln auf der Knollenoberfläche“ und „Knollenanteil mit dry-core-Symptom“ die höchsten Werte und waren oftmals signifikant höher als die mit Kompost behandelten Knollen. Bei dem Anteil deformierter Knollen fielen die Unterschiede am deutlichsten aus. Der Anteil deformierter Knollen lag in der unbehandelten Kontrolle signifikant am höchsten und in der Bioabfallkompostvariante am niedrigsten. Am geringsten fielen die Unterschiede bei dem Besatz mit Rhizoctonia-Pusteln aus, ein signifikanter Unterschied lag nur zwischen der Kontrolle und dem Grüngutkompost Witzenhausen vor.

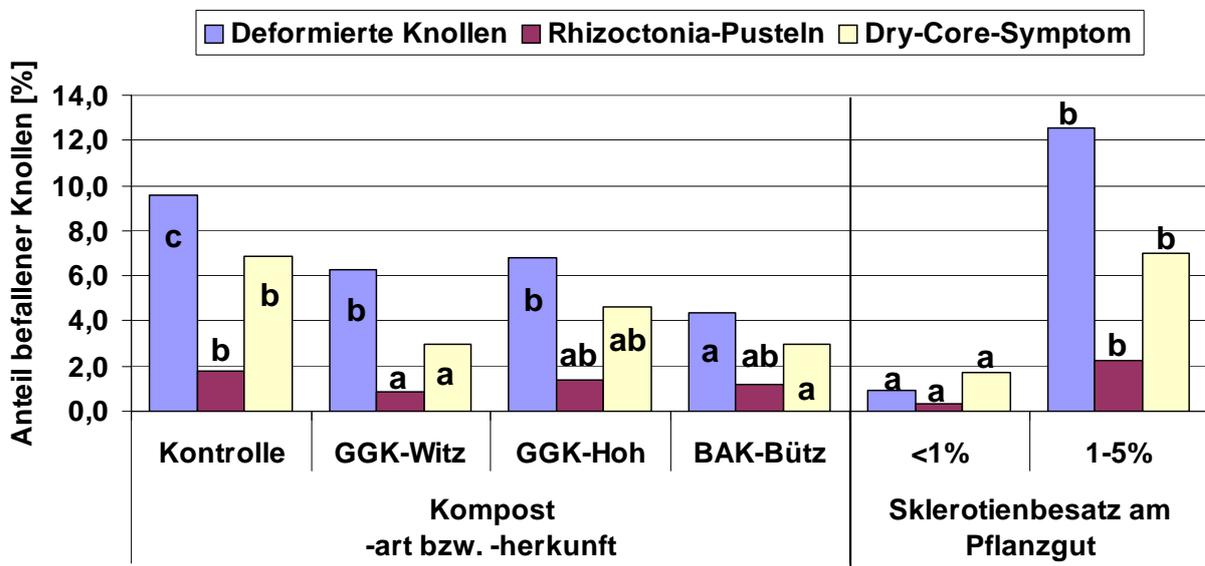


Abbildung 7: Anteile an deformierten Knollen, Knollen mit Sklerotienbesatz und Knollen mit „dry-core“-Symptomen an den Ernteknollen in Abhängigkeit der Faktoren Kompostart bzw. –herkunft sowie Sklerotienbesatz am Pflanzgut am Standort Wulksfelde im Jahr 2009

unterschiedliche Buchstaben kennzeichnen für den jeweiligen Hauptfaktor innerhalb eines Merkmals signifikante Unterschiede auf dem Niveau  $p=0,05$

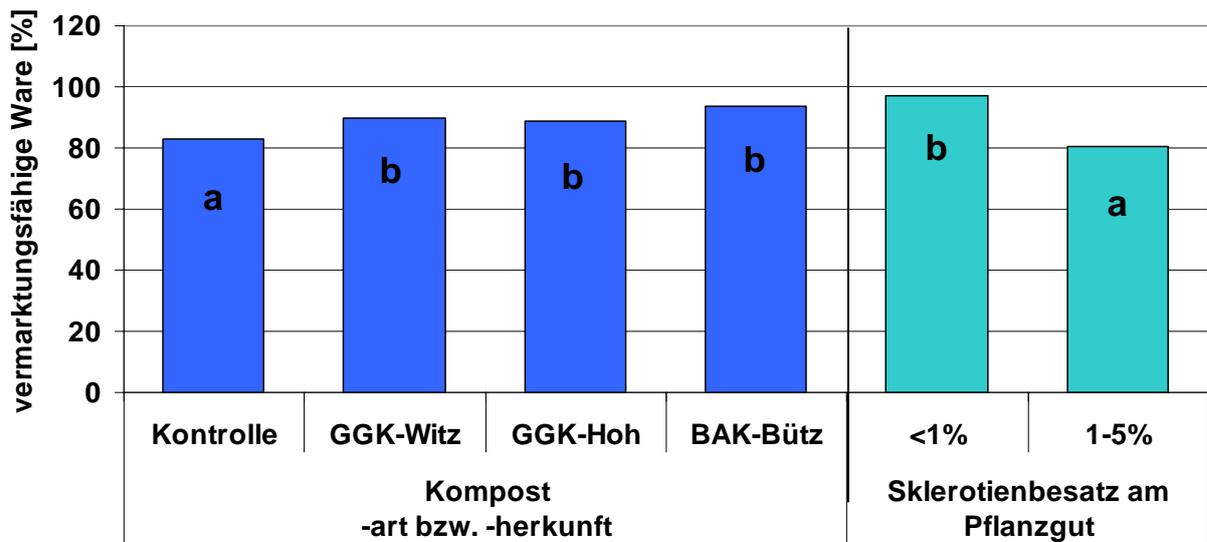


Abbildung 8: Auswirkungen der Faktoren Kompostart bzw. -herkunft sowie Sklerotienbesatz am Pflanzgut auf den prozentualen Anteil an vermarktungsfähiger Ware (Fraktion 30-60 mm abzüglich deformierter Knollen, Knollen mit „dry-core“-Symptomen und Knollen mit mehr als 15% Rhizoctonia-Pustel-Besatz) am Standort Wulksfelde im Jahr 2009

unterschiedliche Buchstaben kennzeichnen für den jeweiligen Hauptfaktor signifikante Unterschiede auf dem Niveau  $p=0,05$

In einem weiteren Schritt wurde berechnet, welcher Anteil der Knollen frei von Beanstandungen war, d.h. weder deformiert noch mit „dry-core“-Symptomen und einen Besatz mit Rhizoctoniapusteln von weniger als 15% der Knollenoberfläche aufwies. Diese Knollen wurden als „vermarktungsfähige Ware“ definiert. Das Ergebnis in Abbildung 8 zeigt, dass alle Kompostvarianten einen signifikant höheren vermarktungsfähigen Anteil an Knollen aufwiesen als die Kontrolle. Ebenfalls war der Anteil der vermarktungsfähigen Knollen bei dem gering mit Rhizoctonia befallenen Knollen signifikant niedriger.

Zu vergleichbaren Ergebnissen kommt es bei der für den Landwirt wichtigsten Größe, d.h. dem vermarktungsfähigen Ertrag, der in Abbildung 9 dargestellt ist. Die Kompostvarianten schneiden hier allesamt mit einem höheren vermarktungsfähigen Ertrag ab, der aber gegenüber der Kontrollvariante statistisch nicht abzusichern ist. Am deutlichsten wiederum ist der Effekt des eingesetzten Pflanzgutes. Das gering mit Rhizoctonia belastete Pflanzgut wies den signifikant höchsten vermarktungsfähigen Ertrag auf.

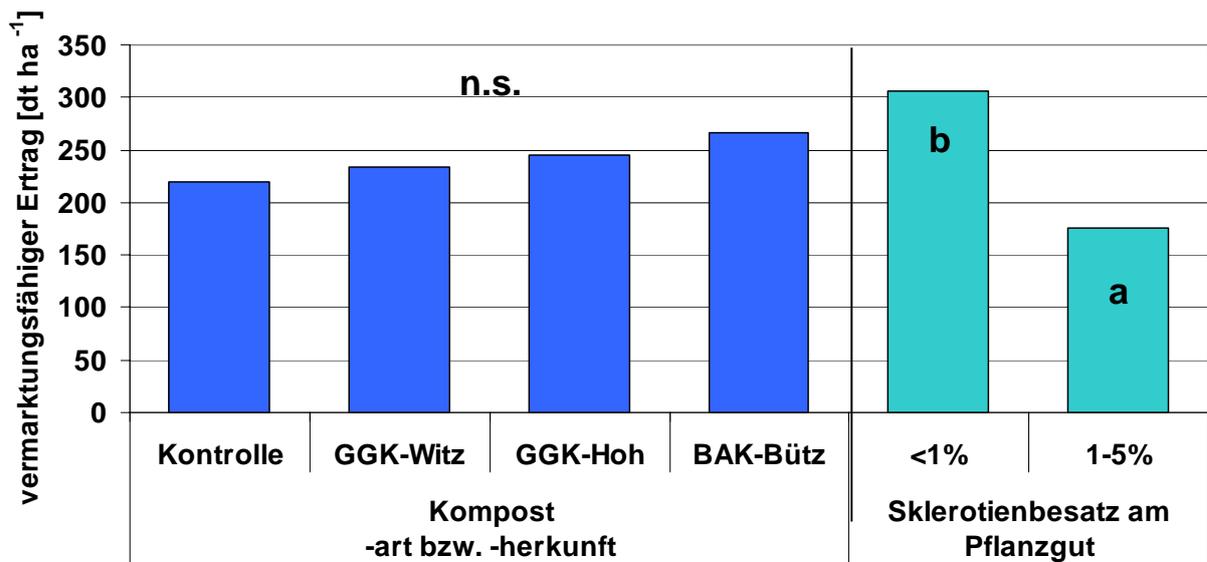


Abbildung 9: Auswirkungen der Faktoren Kompostart bzw. -herkunft sowie Sklerotienbesatz am Pflanzgut auf die vermarktungsfähigen Ertrag [dt ha<sup>-1</sup>] (Fraktion 30-60 mm abzüglich deformierter Knollen, Knollen mit „dry-core“-Symptomen und Knollen mit mehr als 15% Rhizoctonia-Pustel-Besatz) am Standort Wulksfelde im Jahr 2009

unterschiedliche Buchstaben kennzeichnen für den jeweiligen Hauptfaktor signifikante Unterschiede auf dem Niveau  $p=0,05$

### 3.5 Zusammenfassende Diskussion

Der im Jahr 2009 auf einem leichten Standort (Podsol, IS, 20-25 BP) durchgeführte Versuch zur Kompostdüngung zu Kartoffeln konnte erfolgreich durchgeführt werden. Die Witterungsbedingungen im Versuchsjahr waren im Vergleich zum langjährigen Mittel etwas wärmer und niederschlagsreicher. In den Monaten April bis Juni fiel nur wenig Niederschlag. Dies ermöglichte eine sehr gute Frühjahrsbestellung mit besten Bedingungen zur Pflanzung der Kartoffeln. Die im weiteren Verlauf des Frühsommers fehlenden Niederschläge konnten am Versuchsstandort durch zwei Beregnungsdurchgänge weitestgehend ausgeglichen werden. Aufgrund der Vorfrucht Klee gras und der ergänzenden Düngung mit organischem Handelsdünger konnte eine gute N-Versorgung sichergestellt werden, die sich auch im  $N_{\min}$ -Gehalt zum Zeitpunkt des Auflaufens Kartoffeln widerspiegelte. Die recht geringen Niederschläge bis Anfang Juli führten auch zu keinem frühzeitigen Befall mit *Phytophthora infestans*, dem Erreger der Kraut- und Knollenfäule. Dies ist insbesondere für die Ertragsbildung der Kartoffeln von Vorteil und im Falle der Versuchsdurchführung waren somit die durch diese Krankheit überlagerten Effekte weitestgehend ausgeschlossen. Eine zu starke Ausbreitung von *P. infestans* wurde zudem durch den Einsatz von kupferhaltigen Fungiziden deutlich reduziert. Somit konnten überdurchschnittliche Erträge in Höhe von 290 dt ha<sup>-1</sup> im Mittel aller Versuchsvarianten geerntet werden. Damit wurden im Versuch vergleichbare Erträge zum umliegenden Betriebsschlag, auf dem die Sorte Princess angebaut wurde, geerntet.

Durch die fehlenden Möglichkeiten der direkten Bekämpfung von *R. solani* im Ökologischen Landbau können bislang nur vorbeugende und anbautechnische Maßnahmen wie Vorkeimen, Fruchtfolgegestaltung und lange Anbaupausen genutzt werden. Trotzdem oder auch, weil diese nicht immer ausreichend umgesetzt werden, nimmt der Befall der Kartoffelknollen mit *R. solani* seit Jahren im Ökologischen Landbau, aber auch im konventionellen Kartoffelanbau zu. Erschwerend kommt hinzu, dass durch das mittlerweile obligatorische Waschen der Kartoffeln für die Vermarktung im LEH und den Discountern die geringsten Beeinträchtigungen der äußeren Qualität an der Knollenoberfläche augenscheinlich werden. Diese sind heute oftmals ein Weigerungsgrund bei der Vermarktung bzw. es werden entsprechende Abzüge für den zu erzielenden Preis in Anrechnung gebracht. Somit sind die ökologisch wirtschaftenden Kartoffelanbauer darauf angewiesen, den Befall mit *R. solani* möglichst deutlich zu reduzieren.

Versuche, die an der Universität Kassel-Witzenhausen in den Jahren 2006 bis 2008 mit dem Einsatz von Grüngutkompost durchgeführt wurden, zeigten, dass sich der Befall mit *R. solani* hierdurch deutlich reduzieren lässt (Bruns et al. 2009). Um diese Ergebnisse, die ausschließlich mit Grüngutkompost aus dem Kompostwerk Witzenhausen durchgeführt wurden, sollten in einem Versuch in Norddeutschland nun überprüft werden, ob mit Komposten anderer Herkünfte bzw. anderer Kompostarten gleiche Effekte erzielt werden können. Hierzu wurden ein Grüngutkompost aus der Kompostanlage Hohenlockstedt und ein Bioabfallkompost aus dem Kompostwerk Bützberg (Tangstedt) eingesetzt. Nach der EG-Verordnung Ökologischer Landbau (VO 8347/2007) dürfen sowohl Grüngut- als auch Bioabfallkomposte zur Düngung eingesetzt werden. Bioabfallkomposte sind aber nach einigen Verbandsrichtlinien, so auch bei Bioland nicht zugelassen. Da der Versuch auf dem Bioland-Verbandsbetrieb Gut Wulksfelde durchgeführt wurde, wurde für die Ausbringung des Bioabfallkompostes im Rahmen des durchzuführenden Versuches eine Ausnahmegenehmigung beantragt, der seitens der Kontrollstelle zugestimmt wurde.

Die Ergebnisse zeigten oftmals einen positiven Effekt des Komposteinsatzes, die jedoch nicht immer signifikant waren. So wurde bereits das Auflaufen der Kartoffelpflanzen durch den Kompost leicht verbessert. Ebenfalls konnten ein etwas höherer Knollenansatz und eine höhere Anzahl an Stängel pro Staude festgestellt werden. Der Stängelbefall wurde, wenn auch nicht signifikant, leicht reduziert. Besonders deutlich wurden die positiven Auswirkungen der Komposte bei der Bonitur der Ernteknollen. Hier zeigten sich bei allen erhobenen Parametern deutlich Unterschiede, die oftmals signifikant waren. Auch der Ertrag war tendenziell nach Kompostanwendung höher. Hinsichtlich der drei unterschiedlichen Komposte zeigten sich zwar einige Unterschiede, die jedoch selten signifikant und nicht gleichgerichtet waren. Hieraus lässt sich folgern, dass die Kompostqualität durchaus einen Einfluss haben kann, dass aber unterschiedliche Herkünfte nicht grundsätzlich zu anderen Ergebnissen führen müssen. Eine allgemein gültige Aussage kann aber aus diesem einjährigen Versuch nicht abgeleitet werden. Systematische Untersuchungen mit unterschiedlichen Kompostherkünften und –arten sowie unterschiedlichen Rottegraden wären hierfür notwendig und wünschenswert.

Die hier vorgestellten Ergebnisse zeigen keine so deutlichen Effekte wie die Untersuchungen von Bruns et al. (2009). Auch die Kompostversuche, die im Jahr 2009 von der Universität

Kassel-Witzenhausen an mehreren Standorten durchgeführt wurden, wiesen keine so deutlichen Effekte auf wie in den Jahren zuvor. Eine mögliche Erklärung könnte sein, dass der Reifegrad des Kompostes sich deutlich von dem der Vorjahre unterschieden hat. So lag das C/N-Verhältnis der von Bruns et al. (2009) eingesetzten Komposte bei 13,8 während das C/N-Verhältnis der diesjährigen Komposte zwischen 16,3 und 17,5 lagen. Bruns (2010) sieht hierin eine mögliche Ursache für den geringeren Effekt im Jahr 2009.

Ein deutlicher und signifikanter Effekt ging von dem unterschiedlich mit *Rhizoctonia* belasteten Pflanzgut aus. Vor dem Vorkeimen der Pflanzkartoffeln wurde das Pflanzgut in zwei unterschiedliche Befallsklassen sortiert. Gering mit *Rhizoctonia* befallenes Pflanzgut durfte nicht mehr als 1 % *Rhizoctonia*pusteln auf der Knollenoberfläche aufweisen, stärker befallenes Pflanzgut wurde mit einem Befall von 1 bis 5 % in die zweite Befallsklasse sortiert. Aus diesen Ergebnissen lässt sich eindeutig ableiten, dass gering mit *Rhizoctonia* belastetes Pflanzgut eine wesentliche Voraussetzung für einen erfolgreichen Kartoffelanbau ist, wenn Kartoffeln mit guter äußerer Qualität produziert werden sollen. Dies bedeutet für den ökologischen Kartoffelanbau, dass verstärkt auf die Pflanzgutqualität geachtet werden muss. Wie auch ein zu hoher Virusbefall ein Grund für die Aberkennung von Pflanzgut ist, sollte eine entsprechende Regelung auch für den Befall mit *R. solani* in das Gesetz zur Pflanzgut-erkennung aufgenommen werden. Ebenfalls ist ein Qualitätsmanagement für die Erzeugung von ökologisch erzeugtem Pflanzgut notwendig, um alle vorbeugenden und pflanzenbaulichen Maßnahmen für die Erzeugung von gesundem Pflanzgut sicherzustellen.

## 4 Literatur

- BBA (1988) Richtlinien für die amtliche Prüfung von Pflanzenschutzmitteln. Teil II.4-3.1.1 Fungizide gegen *Phytophthora infestans* (Kraut- und Braunfäule) an Kartoffeln. Braunschweig : Biologische Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft
- Broschewitz B, Frahm J, Kröcher Cv, Laermann HTh, Saur R, Schöber-Butin B, Stachewicz H, Steck U (2000) EPPO-Richtlinie PP 1/32 (2) *Rhizoctonia solani* an Kartoffeln F.04. In. Biologische Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft Braunschweig
- Bruns C, Heß J, Finckh MR, Hensel O, Schulte-Geldermann E (2009) Komposteinsatz gegen *Rhizoctonia solani* im ökologischen Kartoffelbau. Kartoffelbau 60(3):84-88
- Bruns C (2010) Mündliche Mitteilung
- Möller K, Kolbe H, Böhm H (2003) Handbuch Ökologischer Kartoffelbau. Leopoldsdorf : Österreichischer Agrarverlag, -182 p
- Schulte-Geldermann E, Schüler C, Hensel O, Heß J, Finckh MR, Bruns C (2007) Kontrolle von *Rhizoctonia solani* in Kartoffeln mit einer neu entwickelten Reihenapplikationstechnik von suppressiven Komposten. Zikeli S, Claupein W, Dabbert S et al (eds). Zwischen Tradition und Globalisierung. Beiträge zur 9. Wissenschaftstagung Ökologischer Landbau 1, pp 341-344. Berlin:Verlag Dr. Köster. 2007.03.20, 978-3-89574-640-6
- Stauß R, Bleiholder H, van den Boom T, Buhr L, Hack H, Heß M, Klose R, Meier U, Weber E (1994) Einheitliche Codierung der phänologischen Entwicklungsstadien mono- und dikotyler Pflanzen.
- Walther H (1955) Die Klimadiagramme als Mittel zur Beurteilung der Klimaverhältnisse für ökologische, vegetationskundliche und landwirtschaftliche Zwecke. Ber Dt Bot Ges 68:331-344