

Yves Reckleben und Sönke Schulz

Teilflächenspezifisches Kartoffelpflanzen durch eine GPS-gestützte Pflanzgutablage

Die teilflächenspezifische Bewirtschaftung bietet die Möglichkeit, die Bewirtschaftungsintensität an dem Bedarf auszurichten und damit den Aufwand auf das notwendige Maß anzupassen. So kann auch im Kartoffelbau der Anteil der vermarktungsfähigen Ware in der Normalsortierung – also die Größensortierung 40 bis 60 mm – erhöht werden. An die Bodeneigenschaften angepasste Ablageweiten scheinen zur Erreichung dieses Zieles das Mittel der Wahl. Besonders in den intensiven Kartoffelregionen, wo Bewässerung und Düngung bereits zu einem gleichmäßig hohen Ertragspotenzial der eher leichten Flächen beitragen, könnten die Erträge verbessert werden. In eigenen Versuchen wurden verschiedene Ablageweiten auf einzelnen Bodenteilflächen getestet. Dabei wurden mit Ablageweiten von 31,50 cm auf den leichten, 24,50 cm auf den mittleren und 27,50 cm auf den schweren Teilflächen die besten Ergebnisse erzielt. Sowohl der Gesamtertrag als auch der Anteil der vermarktungsfähigen Ware konnte verbessert werden.

eingereicht 20. April 2014

akzeptiert 14. Juli 2014

Schlüsselwörter

Teilflächenspezifisches Kartoffelpflanzen,
Ablageweite, GPS, Ertragsoptimierung

Keywords

Precision potato planting, planting width, GPS,
yield optimization

Abstract

Reckleben, Yves and Schulz, Sönke

Precision potato planting using GPS-based cultivation

Landtechnik 69(4), 2014, pp. 190–195, 4 figures, 2 tables,
9 references

Precision management makes it possible to align cultivation intensity with demand and thus adjust expenses to the necessary level. The proportion of normal-sized, marketable commodity – i. e. size grade 40 to 60 mm – can thus be increased

in potato growing too. Planting distances adapted to the soil properties seem to achieve this objective. Yields could be improved further, especially in intensive potato-growing regions where irrigation and fertilizing already contribute to a consistently high yield potential in the rather light soils.

Different planting distances on individual soil plots were tested in the authors' own trials. Planting distances of 31.50 cm in light soils, 24.50 cm in medium soils and 27.50 cm in heavy soils produced the best results. Both the overall yield and the proportion of marketable goods were improved.

■ Bei der Vermarktung von Kartoffeln ist die Form und die Größe der Knollen für die Bewertung der Qualität entscheidend. Dabei ist die Knollengröße sogar häufig neben dem Kochtyp und der allgemeinen Unversehrtheit ein Hauptmerkmal für den Handel [1]. Vermarktet ein kartoffelproduzierender Betrieb seine Knollen beispielsweise an einen Abpackbetrieb, sind zum Teil Vorgaben bezüglich der anzuliefernden Knollensortierung einzuhalten. Derzeit liegen die geforderten Kalibrierungen zwischen 35 und 65 mm Quadratmaß. Doch zukünftig wird die Sortierung sich in Richtung 40 bis 60 mm verschieben, da dies der Knollengröße entspricht, die die deutschen Verbraucher bevorzugen [2]. Dabei muss der Landwirt beachten, dass im Falle einer solchen Verschiebung alle Knollen, die nicht den Anforderungen der „Normalsortierung“ entsprechen, gesondert

vermarktet werden müssen und auf dem Markt tendenziell geringere Erlöse erzielen.

Eine gezielte Beeinflussung des Ertrages und der wertbestimmenden Eigenschaften im Kartoffelbau könnte durch eine veränderte Ablageweite beim Pflanzen erreicht werden. Erkenntnisse aus dem Zuckerrübenbereich zeigen hier das Potenzial auf [3]. Daher soll im eigenen Versuch der Einfluss der Ablageweite auf den Ertrag und den Anteil der vermarktungsfähigen Ware untersucht werden.

Versuchsanlage

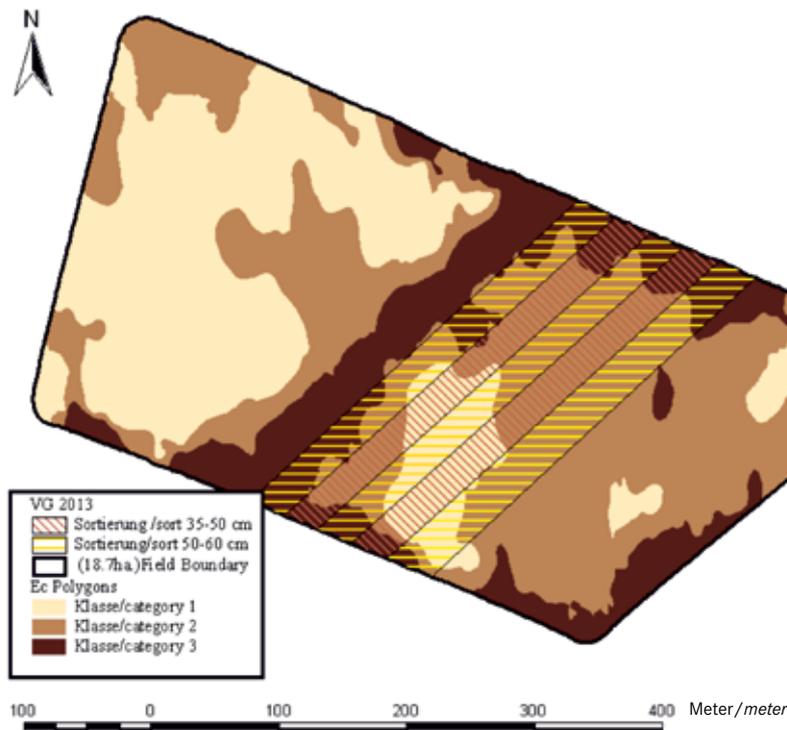
In dem folgenden Versuch wurde der Pflanzabstand in Abhängigkeit von der Bodengüte variiert und unter Praxisbedingungen wissenschaftlich untersucht [4]. Da die Kartoffellegemaschine des Versuchsbetriebs, die für dieses On-Farm-Experiment genutzt wurde, noch mechanisch eingestellt werden musste, wurden 5 Streifen je 3 m mit zweifacher Wiederholung und verschiedenen Ablageweiten über die gesamte Fahrspurlänge konstant angelegt. Langfristig ist es das Ziel, dass die Kartoffellegemaschine die Ablageweite innerhalb der Reihe je nach Bodengüte automatisch anpasst. Hierfür muss ein Algorithmus zur Erstellung der Applikationskarte und eine Pflanztechnik, die hydraulisch und stufenlos die Ablageweite einstellt, entwickelt werden [5].

Für diesen Versuch wurden die Bodeneigenschaften mithilfe der elektrischen Leitfähigkeit erfasst. Die elektrische Leitfähigkeit als Messwert ist ein Summenparameter aus verschiede-

nen Eigenschaften. Der Tongehalt, der Wassergehalt, der Nährstoffgehalt und die organische Substanz beeinflussen den Messwert wesentlich [6]. Die Methode ist in der Wissenschaft und in der Praxis eingeführt und wird von Landwirten, Dienstleistern und Versuchsanstalten gleichermaßen genutzt, um die Heterogenität des Standortes zu beschreiben [7] (**Abbildung 1**). Korrelationen von gemessenen Erträgen und Bodenleitfähigkeiten zeigen besonders in trockeneren Jahren hohe Bestimmtheitsmaße auch bei der Ertragspotenzialabschätzung [7; 8].

Für den Versuch wurden die Messwertdaten, die auf dem Feld in einer Spanne von 11 bis 29 mS/m schwankten, im GIS mithilfe der Kriging-Methode [9] interpoliert und anschließend in drei Bodenklassen mit gleicher Weite eingeteilt. Dabei steht die Klasse 1 für die leichteste und die Klasse 3 für die schwerste Bodenart auf dem Versuchsfeld. Für den Versuch wurde die betriebsübliche Ablageweite von 27,5 cm variiert: bis zu 8 cm nach unten und bis zu 9 cm oben (**Tabelle 1**). Die Ablageweiten wurden nach den Erfahrungen des Betriebsleiters gewählt und zunächst in Streifen über die Bodenteilflächen gelegt. Alle weiteren Maßnahmen wie Bewässerung, Düngung und Pflanzenschutz wurden immer konstant auf allen Teilflächen durchgeführt. Die Ernte der Teilflächen erfolgte in mehreren Teilschritten. Am 20. und 21. September 2013 wurden jeweils die Bereiche vor und hinter den 30 Parzellen per Hand freigelegt, um die Knollen anschließend mit einem zweireihigen Reihenleger aus dem Damm zu roden. Nachfolgend wurden die Knollen

Abb. 1



EM-38-Karte (Kriging-Polygone) mit den Versuchsgliedern auf dem Schlag Fuchsberg 2013
 Fig. 1: EM-38 map (Kriging polygon) with trial layout on the field Fuchsberg 2013

Tab. 1

Pflanzgutsortierung und Ablageweite im Versuch

Table 1: Seed potato size and planting width in field trial

Pflanzgutsortierung Seed potato size [mm]	35–50					50–60				
Ablageweite Planting width [cm]	19,5	24,5	27,5	31,5	36,5	19,5	24,5	27,5	31,5	36,5

per Hand verlesen und abgesackt. Zwei Wochen später erfolgte die Sortierung mit anschließender Verwiegung der Kartoffeln. Dabei wurden die Ertragsanteile der Sortierungen < 40 mm, 40–60 mm und > 60 mm ermittelt.

Ergebnisse

Die Ablageweiten wurden nach der Pflanzung nochmals kontrolliert. Dabei zeigte sich, dass eine Ablageweite von 19,5 cm bei beiden Pflanzgutsortierungen nicht erreicht werden konnte (**Abbildung 2**) – im geringsten Fall waren es 24,5 cm und im höchsten 25,5, was auf eine zu hohe Pflanzgeschwindigkeit für diese Pflanzstärke zurückzuführen ist. Die Ablageweite von 19,5 cm wurde daher nicht weiter betrachtet.

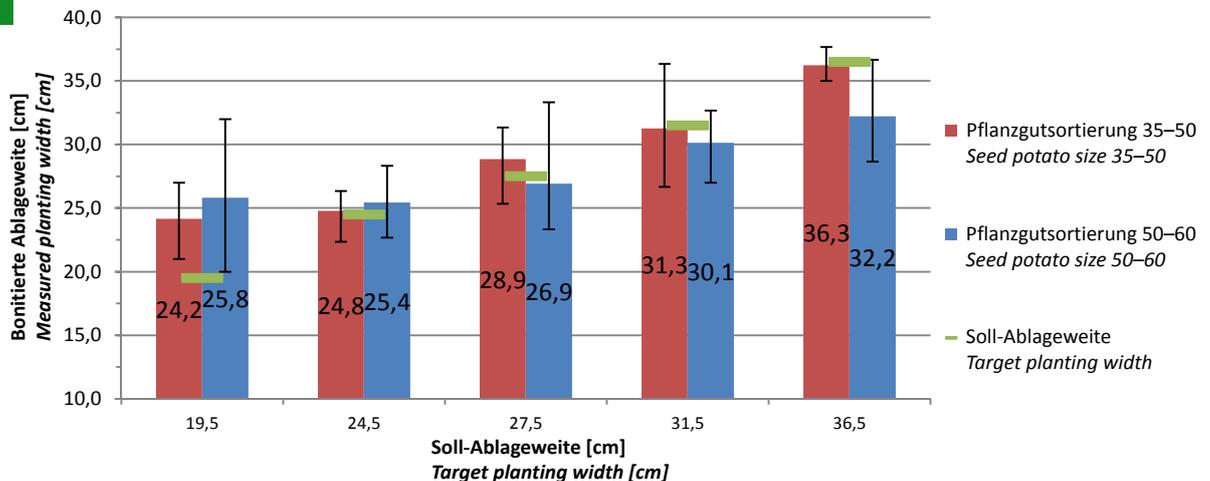
Der Standort zeichnet sich durch eine mittlere Bodengüte aus und wird zusätzlich bewässert. Im Vegetationszeitraum von Mai bis August sind auf dem Schlag 227 mm Niederschlag gefallen, zusätzlich wurde im Juli und August noch mit 200 mm beregnet. Die Temperaturen lagen in diesem Zeitraum im Durchschnitt bei 16,2 °C.

Hinsichtlich des Bruttoertrags der geernteten Kartoffeln auf den unterschiedlichen Bodenklassen lassen sich sowohl für die Pflanzgutsortierung 35–50 mm als auch für die Sortierung 50–60 mm Unterschiede feststellen. Da im Kartoffelbau allerdings nicht nur der Gesamtertrag von Bedeutung ist, muss auch die Ertragszusammensetzung aus den verschie-

denen Sortiergrößen genauer betrachtet werden. Dazu sind in **Abbildung 3** zunächst die Ergebnisse der Pflanzgutpartie 35–50 mm in Abhängigkeit von der jeweiligen Ablageweite und Bodenklasse dargestellt. Das Ergebnis zeigt, dass der Anteil an Knollen < 40 mm bei der Pflanzgutsortierung 35–50 mm zwischen 0,9 und 2,8 t/ha schwankt. Auch die Erträge innerhalb der Kalibrierung 40–60 mm variieren stark: abhängig von der Bodenklasse und der Ablageweite zwischen 24,2 und 42 t/ha. Ebenso sind erhebliche Unterschiede in den Erträgen bei der Sortiergröße > 60 mm zu erkennen. In einigen Teilflächen wurden lediglich 8,8 t/ha Übergrößen und in anderen bis zu 33,4 t/ha geerntet.

Auch für die Pflanzgutsortierung 50–60 mm lassen sich auf den unterschiedlichen Bodenklassen und Ablageweiten Unterschiede in den Ertragszusammensetzungen erkennen (**Abbildung 4**). Die Erntemengen an Untergrößen für diese Pflanzgutsortierung lagen zwischen 1,6 und 2,4 t/ha. Mit einer Standardabweichung von 0,31 t/ha liegt diese deutlich unter der der kleineren Pflanzgutsortierung mit 0,54 t/ha. Auch die Standardabweichung der Normalsortierung liegt bei dieser Pflanzgutsortierung unterhalb der Standardabweichung für die Normalsortierung der kleineren Pflanzgutsortierung: Mit Erträgen zwischen 34,3 und 41,9 t/ha liegt die Standardabweichung für diese Sortierung bei 2,44 t/ha, während die der kleineren Pflanzgutsortierung bei 4,69 t/ha lag. Für die Erträge der Übergrößen

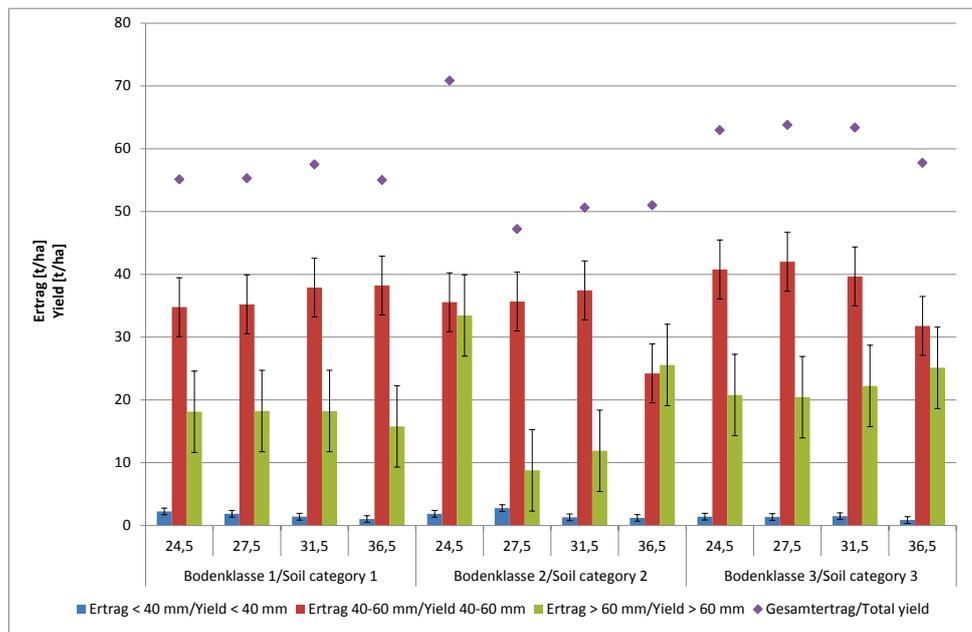
Abb. 2



Soll-Ablageweite und bonitierte Ablageweite im Versuch

Fig. 2: Target planting width and measured width in field trial

Abb. 3

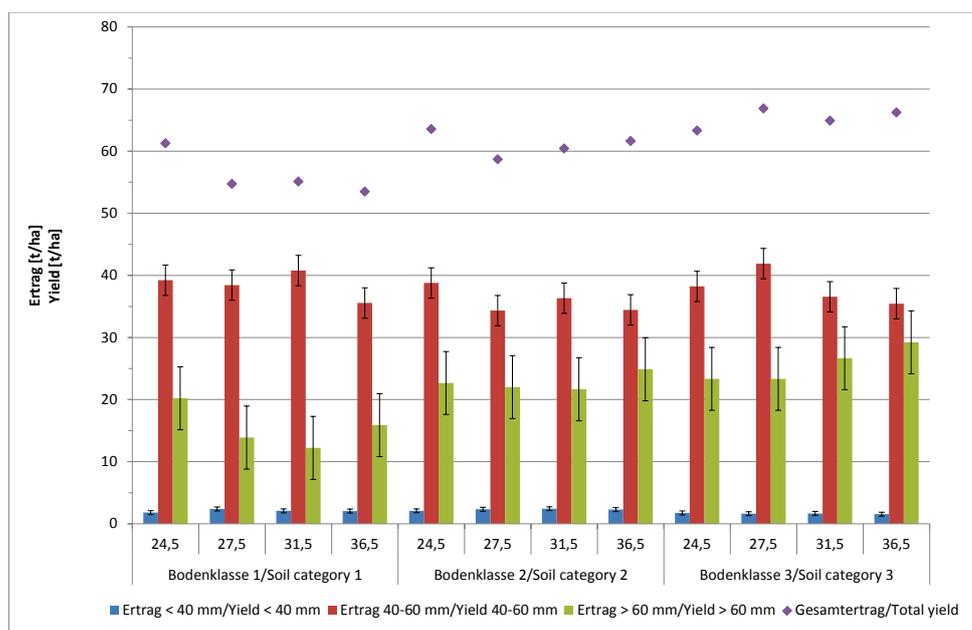


Ertragszusammensetzungen der Pflanzgutsortierung 35–50 mm
 Fig. 3: Yield compositions of planting material size 35–50 mm

ist die Standardabweichung der Pflanzgutsortierung 50–60 mm ebenso deutlich kleiner als die der kleineren Pflanzgutsortierung: Mit Übergrößenenerträgen zwischen 12,2 und 29,2 t/ha liegt die Standardabweichung bei 5,07 t/ha, im Vergleich lag die der Übergrößenenerträge der kleineren Pflanzgutsortierung bei 6,49 t/ha. Als optimale Ablageweiten auf den drei Bodenklassen haben sich auf den leichten Standorten 31,5 cm, auf den mittleren 24,5 cm und auf den schweren 27,5 cm erwiesen.

Aufbauend auf diesen Daten wurden verschiedene Ablagealgorithmen entwickelt, um die Wirtschaftlichkeit dieses Arbeitsverfahrens in verschiedenen Marktsituationen zu vergleichen. Bei Algorithmus 1 wurden die Vorgaben des Betriebsleiters berücksichtigt, der die Ablage maximal zwischen 27 und 34 cm variieren würde, da bei einer engeren Ablage die Pflanzgutkosten stark steigen und bei einer weiteren die Gefahr von Ausfällen oder Unkrautkonkurrenzen zunimmt. Algorithmus 2

Abb. 4



Ertragszusammensetzungen der Pflanzgutsortierung 50–60 mm
 Fig. 4: Yield compositions of planting material size 50–60 mm

richtet sich nach den Erträgen der Sortierung 40+ (> 40 mm) und Algorithmus 3 nach den Erträgen der Normalsortierung.

Für die ökonomische Bewertung des teilflächenspezifischen Verfahrens wurden alle Algorithmen mit den Kosten und Leistungen (Betriebsdaten), die anhand des Versuches ermittelt worden sind, in Beziehung gesetzt. Daraus konnten aus allen Varianten die Direkt- und arbeitserledigungskostenfreien Leistungen (DAKfL) ermittelt und mit denen einer Bewirtschaftung ohne teilflächenspezifische Bearbeitung verglichen werden (**Tabelle 2**).

Die Direkt- und arbeitserledigungskostenfreie Leistung errechnet sich aus der Marktleistung, von der die Direktkosten, die variablen und fixen Arbeitserledigungskosten und die Personalkosten abgezogen werden. Die Arbeitserledigungs- und Personalkosten der teilflächenspezifischen Varianten variieren bei einigen Positionen im Vergleich zu den betriebsüblichen Varianten. Folgende Kosten wurden ergänzt bzw. angepasst: die EM-38-Kartierung, die Erstellung einer Applikationskarte, eine GIS-Software, eine GPS-Antenne, die Maschinenkosten für eine hydraulisch angetriebene Pflanzmaschine und einen Kartoffelroder mit Ertragserfassung für die Erfolgskontrolle. Da diese Kosten zum Teil auch auf andere Produktionsverfahren umgelegt werden können, machen sie je Hektar nur etwa 50 € zusätzlich aus. Höhere zusätzliche Kosten entstehen hingegen durch einen höheren Pflanzgutbedarf bei Ablageweiten, die geringer sind als die betriebsüblichen 31,5 cm am Standort. Dies macht exemplarisch für den Ablagealgorithmus 3 der Pflanzgutkalibrierung 50–60 mm 150 €/ha zusätzlich aus, sofern die Ablage auf leichten Teilflächen bei 31,5 cm, auf mittleren bei 24,5 cm und auf schweren bei 27,5 cm erfolgt. Somit müssten für diese Variante insgesamt etwa 200 €/ha zusätzlich erwirtschaftet

werden, um die gleichen DAKfL wie ohne teilflächenspezifische Bewirtschaftung zu erzielen. In diesem ersten Versuch konnten diese Mehrkosten gedeckt und weitere 50 €/ha an DAKfL erzielt werden. Da der Kartoffelmarkt einen großen Einfluss auf die Preise und somit auch die DAKfL hat, können die Ergebnisse erheblich variieren, wenn sich die Preise sowohl auf der Kosten- als auch auf der Leistungsseite verändern. Daher wurden alle Algorithmen einer Stabilitätsprüfung unterzogen, um die Auswirkungen von veränderten Erzeuger- oder Pflanzgutpreisen zu simulieren. Ebenso wurden darin die Auswirkungen von erschwerten Vermarktungschancen verschiedener Knollensortierungen untersucht. Dabei wurden zum Beispiel auch Jahre, in denen Übergrößen zu höheren Preisen auf dem freien Markt verkauft werden können, erfasst. In dieser Stabilitätsanalyse übertreffen vier der sechs überprüften teilflächenspezifischen Varianten die Varianten der Bewirtschaftung ohne teilflächenspezifische Bewirtschaftung. Vor allem die Pflanzgutsortierung 50–60 mm schneidet in allen Varianten besser ab als die betriebsübliche Variante. Daraus wird deutlich, dass dieses Arbeitsverfahren ein großes Potenzial hat, um den Anteil der Normalsortierung und damit den wirtschaftlichen Erfolg aufrechtzuerhalten oder gar zu steigern.

Schlussfolgerungen

Nach einem Versuchsjahr haben sich für beide Pflanzgutpartien die Ablageweiten 31,5 cm auf den leichten, 24,5 cm auf den mittleren und 27,5 cm auf den schweren Teilflächen als optimal erwiesen. Sowohl der Gesamtertrag als auch der Anteil der vermarktungsfähigen Ware konnte verbessert werden. Je nach verwendeter Strategie können Differenzen zum bisher üblichen Ergebnis von bis zu 153 € je Hektar mehr Ertrag in der Pflanz-

Tab. 2

Direkt- und arbeitserledigungskostenfreie Leistung der verschiedenen Varianten DAKfL [€/ha]

Table 2: Earnings less direct and operating costs of the different variants [€/ha]

	Algorithmus Algorithm	Marktleistung Total output	Direktkosten Direct costs	Arbeitserledigungskosten/Operating costs		DAKfL ¹⁾	Δ zu betriebs- üblichem Ergebnis Δ to customary result	
				Maschinenkosten Machinery costs variabel/variable	Personalkosten Labour costs fix/fixed			
35–50 mm	betriebsüblich ²⁾ customary	5.335,76	1.934,92	678,66	633,36	362,66	1.726,16	0
	1	5.393,28	1.985,71	681,24	677,00	365,99	1.683,33	-42,83
	2	5.693,77	2.085,49	686,00	677,00	365,99	1.879,29	153,12
	3	5.360,19	1.937,88	680,22	677,00	366,38	1.698,71	-27,46
50–60 mm	betriebsüblich customary	5.447,46	1.937,04	681,25	633,36	362,66	1.833,16	0
	1	5.594,42	1.987,93	684,15	677,00	365,99	1.879,34	46,18
	2	5.774,49	2.187,88	688,39	677,00	365,99	1.855,22	22,07
	3	5.701,14	2.087,91	686,00	677,00	366,38	1.883,85	50,69

¹⁾ DAKfL: Direkt- und arbeitserledigungskostenfreie Leistung/Performance after deducting direct and operating costs.

²⁾ nicht teilflächenspezifisch/not site-specific.

gutsortierung 35 bis 50 mm erzielt werden. In der Pflanzgutsortierung 50 bis 60 mm konnten durch die teilflächenspezifische Anpassung der Ablageweite höhere DAKfL von 50 € je Hektar erzielt werden.

Um diese Ergebnisse in weiteren Versuchen abzusichern, wurden die Applikationskarten im Jahr 2014 auf allen Schlägen des Betriebes für die Sortierung 35–50 mm nach Algorithmus 2 geplant. Zusätzlich werden diese in Großparzellen auf ihre Eignung geprüft.

Literatur

- [1] Gröschl, K. (2012): Ertrags- und Qualitätsbeeinflussung bei der Pflanzgutvorbereitung und Saatbettbereitung. Kartoffelbau 63, DLG AgroFood Medien GmbH, Bonn, S. 19-23
- [2] AMI (2012): AMI Markt Bilanz Kartoffeln 2012/2013, Daten | Fakten | Entwicklung | Deutschland | EU | Welt. Agrarmarkt Informations-Gesellschaft mbH, Bonn
- [3] Isensee, E.; Reckleben, Y. (2008): Teilflächenspezifische Aussaat von Zuckerrüben. Rendsburg, Professor-Udo-Riemann-Stiftung, Nr. 35, S. 420–442
- [4] Heege, H.J. (2013): Precision in Crop Farming. Dordrecht, Heidelberg, New York, London, Springer Verlag
- [5] Schulz, S. (2013): Teilflächenspezifisches Kartoffelpflanzen und dessen ökonomische Auswirkungen. Bachelor-Thesis im Studienfach Landtechnik am Fachbereich Agrarwirtschaft der FH Kiel, Osterrönfeld
- [6] Gebbers, R.; Lück, E.; Dabas, M.; Domsch, H. (2009): Comparison of instruments for geoelectrical soil mapping at the field scale. Near Surface Geophysics 7, pp. 179–190
- [7] Schwark, A.; Reckleben, Y. (2006): Das EM-38-System als Bodensensor für die Praxis. Rendsburg, Rationalisierungs-Kuratorium für Landwirtschaft, S. 1226–1245
- [8] Reckleben, Y. (2004): Innovative Echtzeitsensorik zur Bestimmung und Regelung der Produktqualität von Getreide während des Mähdruschs. Forschungsbericht Agrartechnik VDI-MEG 424, Dissertation, Kiel
- [9] Webster, R.; Oliver, M. A. (2001): Geostatistics for Environmental Scientists. Chichester, John Wiley & Sons Ltd.

Autoren

Prof. Dr. Yves Reckleben ist Leiter des Fachgebiets Landtechnik und **B. Sc. Sönke Schulz** war Student an der Fachhochschule Kiel – Fachbereich Agrarwirtschaft, Fachgebiet Landtechnik, Grüner Kamp 11, 24783 Osterrönfeld, E-Mail: yves.reckleben@fh-kiel.de.