



HOCHSCHULE  
NEUBRANDENBURG

University of Applied Sciences

Fachbereich Agrarwirtschaft und Lebensmittelwissenschaften

Fachgebiet Landtechnik

Erstprüferin: Prof. Dr. Sandra Rose

Zweitprüfer: Thomas Müller

## **Master-Thesis**

**Erntetechnikvergleich in der Kulturpflanze Kartoffel**

**Ein Vergleich des ROPA Keiler II und des ROPA Keiler II L.**

von

Sieren, Sophie

urn:nbn:de:gbv:519-thesis-2024-0710-0

Neubrandenburg, 18. Dezember 2024

### **Eidesstattliche Erklärung**

Hiermit erkläre ich, Sophie Sieren, dass ich die vorliegende Arbeit selbstständig und ohne Benutzung anderer als der angegebenen Hilfsmittel angefertigt habe. Außerdem versichere ich, dass ich die hier vorliegende Arbeit vollständig eigenständig formuliert habe, also keine generativen KI-Werkzeuge für Textproduktion oder sonstige anhängige Produkte der Arbeit (z. B. Programme, Designentwürfe) verwendet habe. Die aus fremden Quellen direkt oder indirekt übernommenen Gedanken sind als solche kenntlich gemacht. Die Arbeit wurde bisher in gleicher oder ähnlicher Form keiner anderen Prüfungsbehörde vorgelegt.

Sieren Sophie, Neubrandenburg, 18. Dezember 2024

## **Danksagung**

An dieser Stelle möchte ich mich bei all denjenigen bedanken, die mich auf meinem Weg zum Abschluss meines Masterstudiums unterstützt und begleitet haben.

Mein besonderer Dank gilt meiner Betreuerin, Frau Sandra Rose, für die fachliche Unterstützung, die hilfreichen Hinweise und die stets konstruktiven Gespräche während der gesamten Bearbeitungszeit dieser Thesis.

Außerdem danke ich meinem Betreuer und dem Leiter der Agrargenossenschaft Schönberg, Herr Thomas Müller, der mir die Möglichkeit gegeben hat, diese Arbeit in seinem Unternehmen durchzuführen. Ich bedanke mich zudem für die ausführlichen Informationen rund um den Versuch und die stets fachlichen sowie konstruktiven Hinweise zur Bearbeitung der Arbeit.

Ein weiterer Dank gilt dem LTZ Chemnitz, welche die Vorführmaschine für den Versuch zur Verfügung gestellt haben. Des Weiteren bedanke ich mich bei den beiden Fahrern, Herr Lutz Grosam und Herr Michael Kohnert, welche die Maschinen während der Versuchsdurchführung bedienten und eingestellt haben.

Abschließend möchte ich mich bei meinen Eltern bedanken, die mir mein Studium durch ihre Unterstützung ermöglicht haben und stets ein offenes Ohr für mich hatten.

## Inhaltsverzeichnis

<b>I</b>	<b>Abbildungsverzeichnis .....</b>	<b>VI</b>
<b>II</b>	<b>Tabellenverzeichnis .....</b>	<b>VII</b>
<b>III</b>	<b>Abkürzungsverzeichnis .....</b>	<b>VIII</b>
<b>1</b>	<b>Einleitung.....</b>	<b>8</b>
<b>2</b>	<b>Literaturüberblick.....</b>	<b>9</b>
<b>2.1</b>	<b><i>Kartoffel.....</i></b>	<b>9</b>
2.1.1	<i>Historischer Rückblick und die Bedeutung der Kartoffel.....</i>	9
2.1.2	<i>Morphologie der Pflanze.....</i>	11
2.1.3	<i>Sorten im Einzugsgebiet der Friweika e.G. und deren Eigenschaften .....</i>	12
2.1.4	<i>Qualität der Kartoffeln.....</i>	13
<b>2.2</b>	<b><i>Kartoffelerntetechnik.....</i></b>	<b>16</b>
2.2.1	<i>Überblick.....</i>	16
2.2.2	<i>Kartoffelerntetechnik von ROPA.....</i>	19
2.2.2.1	<i>Geschichte des Unternehmens .....</i>	19
2.2.2.2	<i>Aufbau der Kartoffelroder Keiler II und Keiler II L .....</i>	20
2.2.2.2.1	<i>Gemeinsamkeiten .....</i>	20
2.2.2.2.2	<i>Unterschiede.....</i>	22
<b>3</b>	<b>Material und Methoden .....</b>	<b>27</b>
<b>3.1</b>	<b><i>Versuchsaufbau .....</i></b>	<b>27</b>
3.1.1	<i>Versuchsbetrieb .....</i>	27
3.1.2	<i>Versuchsfläche.....</i>	28
<b>3.2</b>	<b><i>Versuchsdurchführung.....</i></b>	<b>31</b>
3.2.1	<i>Maschineneinstellungen .....</i>	32
3.2.2	<i>Produktivität der Rodevorgänge .....</i>	34
3.2.2.1	<i>Zeiten während der Rodevorgänge .....</i>	34
3.2.2.2	<i>Feldverluste der Kartoffelroder.....</i>	35

3.2.2.3	Qualität der Rodevorgänge.....	36
<b>4</b>	<b>Ergebnisse.....</b>	<b>37</b>
4.1	<i>Zeiten während der Rodevorgänge .....</i>	<i>37</i>
4.2	<i>Feldverluste der Kartoffelroder.....</i>	<i>37</i>
4.3	<i>Qualität der Rodevorgänge.....</i>	<i>38</i>
4.4	<i>Produktivität der Erntetechniken .....</i>	<i>39</i>
<b>5</b>	<b>Diskussion .....</b>	<b>41</b>
<b>6</b>	<b>Zusammenfassung .....</b>	<b>45</b>
<b>7</b>	<b>Abstract.....</b>	<b>47</b>
	<b>Literaturverzeichnis .....</b>	<b>49</b>
	<b>Anhang.....</b>	<b>52</b>

## **I   Abbildungsverzeichnis**

Abb. 1: Anbauumfang in Deutschland von 1999 bis 2024 .....	10
Abb. 2: Schematische Darstellung der Trennaggregate des Keilers II.....	21
Abb. 3: Bunker des ROPA Keiler II.....	23
Abb. 4: Bunker des ROPA Keiler II L .....	23
Abb. 5: Sensorpositionen im Bunker der ROPA Keiler II L.....	24
Abb. 6: Bedienelemente des Keilers II.....	25
Abb. 7: Bedienelemente des Keilers II L .....	26
Abb. 8: Anbauverhältnisse der AG Schönberg .....	27
Abb. 9: Versuchsfläche mit den Versuchspartellen.....	29

## II Tabellenverzeichnis

Tab. 1: Kartoffelsorten im Einzugsgebiet der Friweika und deren Eigenschaften.....	13
Tab. 2: Äußere und Innere Mängel nach dem Jahresvertrag der Friweika eG.....	14
Tab. 3: Mängelbewertung nach dem Jahresvertrag der Friweika eG.....	14
Tab. 4: Überblick zur Kartoffelerntetechnik .....	17
Tab. 5: Kartoffelerntetechnik von ROPA.....	19
Tab. 6: Pflanzenschutzmaßnahmen auf der Versuchsfläche .....	30
Tab. 7: Ergebnis der Zeiten je Kartoffelroder .....	37
Tab. 8: Ergebnis der Feldverluste je Erntemaschine .....	38
Tab. 9: Ergebnis der Verwertbarkeit je Erntemaschine.....	38
Tab. 10: Ergebnisse der Mängelprüfung je Erntemaschine.....	39
Tab. 11: Ergebnis der Einsparung des Keiler II L im Vergleich zum Keiler II .....	40

### III Abkürzungsverzeichnis

AG	Agrargenossenschaft
AWM	Aufwandmenge
BBCH	Biologische Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft, Bundessortenamt und Chemische Industrie
dt	Dezitonne
EU	Europäische Union
FU	Futterkartoffeln
fr.	früh
GmbH	Gesellschaft mit beschränkter Haftung
ha	Hektar
LTZ	Landtechnik Zentrum
mfr.	mittelfrüh
Mio.	Million
MPA	Milchproduktionsanlage
msp.	mittelspät
PSM	Pflanzenschutzmittel
sog.	sogenannt
sp.	spät
SPK	Speisekartoffeln
UFK	umlaufender Fingerkamm

## 1 Einleitung

Die Kartoffel zählt zu den wichtigsten Kulturpflanzen weltweit und spielt eine zentrale Rolle in der Ernährungssicherheit der Weltbevölkerung. Ursprünglich aus den Anden Südamerikas stammend, hat sich die Kartoffel im Laufe der Zeit zu einem unverzichtbaren Lebensmittel entwickelt. Aus der Knolle können zahlreiche Produkte im Lebensmittelbereich hergestellt werden. Außerdem zählt sie auch zu den wertvollen Rohstoffen der industriellen Verarbeitung, wie Stärke und Alkohol. Wird die Kartoffel für den Speisebedarf angebaut, sollte auf schonende Verarbeitungsprozesse geachtet werden, da die Knolle einen hohen Wassergehalt besitzt und dadurch Beschädigungen sowohl im Inneren als auch außerhalb der Knolle leicht entstehen können. Diese Beschädigungen können die Lagerung und Verarbeitung erheblich beeinträchtigen und sollten so niedrig wie möglich auftreten. Der Ernteprozess weist dabei das größte Beschädigungspotential auf. Um den Rodevorgang so schonend wie möglich zu gestalten werden immer wieder neue Techniken entwickelt.

Ziel dieser Arbeit ist es, den Ernteprozess mittels zwei unterschiedlicher Maschinen zu bewerten und mögliche Einsparungen aufzuzeigen. Bei den Maschinen handelt es sich um Vollernter des bayrischen Herstellers ROPA, welche zum einen mit einem Standardbunker und zum anderen mit einem Überladebunker ausgestattet sind. Es wird davon ausgegangen, dass durch den Einsatz des Überladebunkerroders eine Einsparung von 30 % im Vergleich zum Standardbunkerroder erzielt werden kann. Um diese Einsparung ermitteln zu können werden verschiedene Parameter genutzt. Zum einen werden verschiedene Zeiten während des Ernteprozesses gemessen, aber auch die Feldverluste der Kartoffeln innerhalb der Versuchspartzen sowie die inneren und äußeren Knollenmängel erfasst.

Der Vergleich wurde mittels eines Feldversuches in einem landwirtschaftlichen Unternehmen im Zwickauer Land durchgeführt. Die daraus resultierende Arbeit besteht aus einem Literaturüberblick rund um die Kartoffel, einem Marktüberblick zu den bereits genutzten Rodetechniken und eine Vorstellung der eingesetzten Maschinen. Der Literaturüberblick zur Kartoffel setzt sich u.a. aus der Historie, der Morphologie und ausgewählten Sorten der Kartoffel zusammen. Die Maschinen werden anhand von Gemeinsamkeiten und Unterschieden beschrieben. Im zweiten Teil der Arbeit werden Material und Methoden des Versuchs aufgezeigt und im Anschluss daran werden die Ergebnisse dargestellt. Zum Abschluss der Ausarbeitung werden die Ergebnisse innerhalb einer Diskussion mit der Literatur und den Erfahrungen der Fahrer verknüpft. Zum Schluss wird die gesamte Arbeit kurz und prägnant zusammengefasst.

## **2 Literaturüberblick**

### **2.1 Kartoffel**

#### **2.1.1 Historischer Rückblick und die Bedeutung der Kartoffel**

Die Kartoffel stammt aus Südamerika und wurde vor mehr als 2.000 Jahren in den höher gelegenen nördlichen Andenregionen Perus sowie in Kolumbien und Venezuela angebaut. Auch in den wärmeren Regionen Mittel- und Südchiles wurde die Pflanze von den Einwohnern kultiviert und verzehrt. Im Jahr 1536 wurde die Kartoffel durch Seeleute erstmalig nach Europa, genauer Spanien, gebracht (Nitsch 2020, S. 9). Von Spanien aus verbreitete sich die Knolle in Italien, Österreich und Süddeutschland. Britische Seeleute nahmen die Knollen mit nach England und Irland. Von den britischen Inseln gelangte die Kartoffel in die Niederlande und anschließend wurde sie in ganz Deutschland verbreitet (Schuhmann 2020, S. 23 f.). Jedoch bedurfte es intensiver Aufklärung zum Anbau und der Nutzung, wodurch es dauerte bis die Kartoffel als Nahrungsmittel in Europa anerkannt wurde. Zu Beginn des 17. Jahrhunderts wurde die Pflanze vorwiegend als Zierpflanze genutzt und wurde in botanischen Gärten wegen ihrer Blüten gezüchtet (Schuhmann 2020, S. 24). Durch den preußischen König, Friedrich II., wurde der Kartoffelanbau vorangetrieben. Im Jahr 1756 erließ er den berühmten Kartoffelbefehl „Circular-Ordre“. In diesem heißt es, jeder Beamte solle den Bauern den Kartoffelanbau und dessen Nutzung erklären. Sollte sich die Bevölkerung gegen die Anordnung stellen, drohte ihnen Strafen (Schuhmann 2020, S. 23). Jedoch blieb der erhoffte Erfolg zu dieser Zeit aus. Dennoch wurde die Kartoffel mit den Jahren in Europa immer beliebter. Vor allem im 18. Jahrhundert mussten Alternativen zum Getreide geschaffen werden, da es zahlreiche Missernten der Getreidebestände gab (Schuhmann 2020, S. 23 f.). Die Bauern erkannten zunehmend den Wert der Kartoffel und lockerten so die Dreifelderwirtschaft durch die Etablierung des Kartoffel- oder Rotkleeanbaus auf. Doch durch den wachsenden Anbauumfang und dem wachsenden Handelsverkehr wurden im 19. Jahrhundert zunehmend Krankheiten aus Amerika in die europäischen Kartoffelbestände eingeschleppt. Dadurch kam es zu erheblichen Missernten. Die Landwirte suchten zunehmend nach neuen Sorten und es wurde gezielt gegen verschiedene Erreger und Viren gezüchtet (Schuhmann 2020, S. 23 f.).

Die Kartoffelknolle besitzt zahlreiche Verwertungsmöglichkeiten. Diese reichen von den Speise-, Pflanz- und Futterkartoffeln über die Rohstoffbereitstellung für Veredlungsprodukte, wie Stärkegewinnung und der Alkoholproduktion. Heute dominieren die Veredlungsprodukte und Industriekartoffeln mit jeweils 25 % den Hauptanteil der Ernte. Vor rund 70 Jahren

überwogen mit knapp 45 % die Futterkartoffeln und mit 34 % die Speisefrischkartoffeln (Kaul et al. 2022, S. 183). Dies ist vor allem auf den Wandel in der Tierfütterung und dem Nahrungsmittelkonsum zurückzuführen. Bis in die 50er Jahre des 20. Jahrhunderts wurde in ganz Deutschland die Kartoffel angebaut und überwiegend als Nahrungsmittel für Mensch und Tier genutzt. Doch mit zunehmenden Wohlstand, Veränderung der Verzehrgeohnheiten und dem Verzicht in der Tierfütterung sank sowohl der Anbau als auch der Verbrauch (Schuhmann 2020, S. 27 f.). Im Jahr 2022 wurden 17,78 Mio. Hektar Kartoffeln weltweit angebaut. Dabei dominiert China mit ca. 5,7 Mio. Hektar den Anbau gefolgt von Indien mit 2,2 Mio. ha. Deutschland nimmt mit knapp 266.000 ha den 10. Platz in der Weltrangliste ein (Ahrens 2023). Allerdings zählt Deutschland in der EU als größte Kartoffelanbaunation gefolgt von Frankreich, Polen und den Niederlanden (Ahrens 2024a). Wie bereits erwähnt ist der Kartoffelanbau in Deutschland seit 1999 rückläufig und liegt kontinuierlich unter 300.000 ha. Jedoch ist der Anbauumfang im Jahr 2024 erstmalig seit 2004 auf 289.000 ha angestiegen, wie folgende Abbildung zeigt (Ahrens 2024b).

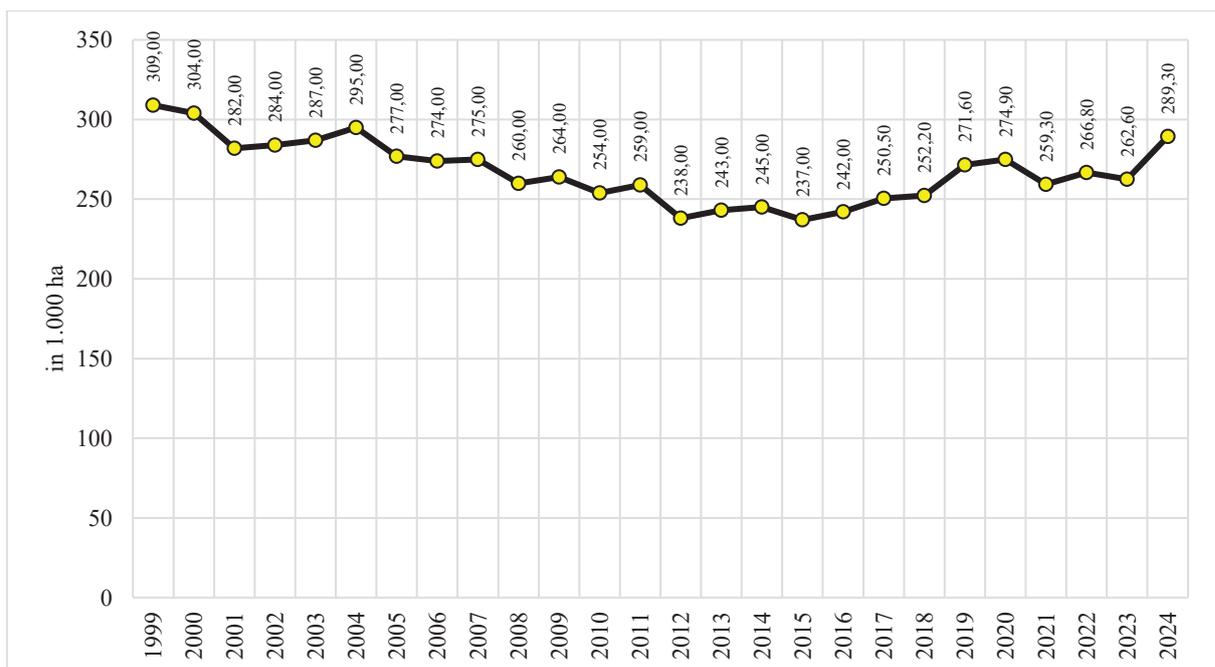


Abb. 1: Anbauumfang in Deutschland von 1999 bis 2024  
Quelle: verändert nach Ahrens 2024b

Die dominierende Anbauregion in Deutschland ist Niedersachsen mit über 139.000 ha. Sachsen befindet sich mit 5.400 ha im hinteren Drittel des Gesamtanbauumfangs (Ahrens 2024c). Die Knollenerträge schwanken von Jahr zu Jahr, doch im Durchschnitt der letzten 15 Jahre befindet sich dieser in Deutschland bei 422 dt/ha (Ahrens 2024d). Besonders im Jahr 2018 ist der Ertrag

gesunken. Dies lag vor allem an der trockenen Witterung, was zu ungünstigen Wachstumsbedingungen führte (Franke 2019, S. 79 f.).

### **2.1.2 Morphologie der Pflanze**

Die Kartoffel (lat. *Solanum tuberosum L.*) zählt zur Familie der Nachtschattengewächse, wie auch Tomaten, Paprika, Auberginen und Tabak. Bei der Kartoffel handelt es sich um eine mehrstängelige Staude mit Speicherorganen im Boden und Fruchtkörpern oberhalb der Bodenoberfläche (Schuhmann 2020, S. 35). Die Vermehrung der Kulturpflanze findet sowohl vegetativ als auch generativ statt. Die vegetative Vermehrung erfolgt über die unterirdisch wachsenden Knollen, wobei die Sorteneigenschaften erhalten bleiben. Für die generative Vermehrung werden die oberirdisch wachsenden Früchte verwendet. Bei dieser Form werden die genetisch fixierten Sortenmerkmale aufgespalten und diese Form wird vor allem für die Züchtung neuer Genotypen genutzt (Schuhmann 2020, S. 36).

Die Kartoffel besitzt ein flaches und schwach wachsendes Wurzelsystem und zählt somit zu den Flachwurzlern (Nitsch 2020, S. 18). Die Hauptwurzelmasse befindet sich in einer Tiefe von 60 bis 80 cm. Sobald die Stängel aus dem Damm brechen, besteht bereits ein umfangreiches Wurzelsystem. Die Feinwurzeln wachsen dabei bis an die Dammoberfläche (Nitsch 2020, S. 18). Die Kartoffelstaude besteht aus drei bis acht Seitentrieben, welche aus den sog. Augen der Mutterknolle entstehen (Kaul et al. 2022, S. 184 f.). Die Seitentriebe können bis zu einem Meter lang werden und bilden sich ober- und unterirdisch. Die unterirdischen Seitenriebe werden Stolonen genannt. Diese Triebe schließen ihr Längenwachstum durch parenchymatisches Dickenwachstum mit der Ausbildung einer Knolle ab (Kaul et al. 2022, S. 185). Die oberirdischen Triebe sind im Querschnitt kantig und können grün- bis anthozyangefärbt sein. Auch die Stängellänge schwankt je nach Sorte. Bei frühen Sorten sind diese meist kürzer als bei spät abreifenden Sorten. Auch der Stängeldurchmesser ist sortenabhängig und reicht von robust und standfest bis zu dünn und elastisch. Die dünnen Seitentriebe legen sich während der Vegetationszeit auf der Dammoberfläche ab. (Nitsch 2020, S. 10). Die Laubblätter werden bei den Kartoffelpflanzen Fiederblätter genannt. Diese sind wechselständig am Blattstiel angeordnet und es befinden sich daran große Fiederpaare. In den Zwischenräumen der Fiederpaare wachsen kleine Zwischenfieder und an der Spitze des Stiels wächst ein Endfiederblatt (Nitsch 2020, S. 10). Die Blattoberfläche kann je nach Sorte stark oder gering behaart, rau oder glatt und glänzend oder matt sein. So kann bereits anhand der Stängel und der Blätter eine Sortenbestimmung auf dem Feld stattfinden (Nitsch 2020, S. 10). Die Kartoffelblüte selbst besteht aus fünf leuchtend gelben Staubbeuteln sowie verwachsenen Kelch- und Blütenblättern (Kaul et al. 2022, S. 186).

In der Regel dauert die Blüte sechs bis zwölf Tage und die Blütenfarbe variieren von weiß bis tief violett-rot. Die Bestäubung erfolgt überwiegend durch den Wind und Insekten (Nitsch 2020, S. 11). Aus den bestäubten Blüten entstehen dann die ein bis zwei Centimeter großen Fruchtkörper, welche mit ca. 100 weißen Samen gefüllt sind. Diese Samen werden, wie bereits erwähnt, zur Züchtung neuer Genotypen genutzt (Schuhmann 2020, S. 36). An den unterirdischen Seitentrieben beginnt ab dem BBCH-Stadium 50 (Erscheinen der Blütenanlage) die Knollenbildung, wie im Anhang 1 dargestellt. Die Knollen bilden sich aus den Stolonen der unterirdischen Seitentriebe und fungieren als Speicherorgan der Pflanze. Die Knollen besitzen spiralförmig angeordnete Augen, aus denen in der Folgegeneration die Seitentriebe entstehen. Am Kronenende sind die Augen gehäuft angeordnet. Zu Beginn der Knollenbildung besitzen die Knollen eine dünne Epidermis. Diese wird mit zunehmendem Wachstum von einem Periderm ersetzt, welches zum Ende der Vegetationszeit verkorkt und somit robuster wird (Schuhmann 2020, S. 36 ff.).

### **2.1.3 Sorten im Einzugsgebiet der Friweika e.G. und deren Eigenschaften**

Die Friweika stellt seit 1970 im Ortsteil Weidensdorf der westsächsischen Gemeinde Remse verschiedene Kartoffelprodukte her und der Name Friweika steht für Frische Weidensdorfer Kartoffelprodukte. Das Unternehmen diente in der Zeit zwischen 1970 und 1990 als zwischenbetriebliche Einrichtung und war für drei landwirtschaftliche Produktionsgenossenschaften zuständig. Somit wurden über 1.500 ha Kartoffeln verarbeitet. Neben einer Frischkartoffelschälanlage wurde 1977 die Kloßmasseproduktion aufgebaut, wodurch das Unternehmen stetig veredelte Produkte produziert. Im Zuge der Wiedervereinigung Deutschlands 1990 wurde das Unternehmen in eine Genossenschaft bürgerlichen Rechts umgewandelt und es entstand der Gastroservice sowie ein eigenes Vertriebssystem. Durch ständige Modernisierungen, Neubauten und Erweiterungen des Betriebsgeländes verarbeitet das Unternehmen im Durchschnitt 70.000 t Frischkartoffeln pro Jahr. Außerdem wurde im Jahr 2002 eine zweite Betriebsstätte am Standort Naundorf der Agraset-Agrargenossenschaft errichtet. Zu den Erweiterungen zählt zudem die Errichtung eines eigenen Einkaufsmarktes am Standort Weidensdorf. Dort können die selbstproduzierten Produkte, wie z. B. Kloßmasse, Kartoffelpuffer, Kartoffelsalat, Ofenkartoffeln, fertige Klöße sowie Bratkartoffeln, Grillkartoffeln und abgepackte Speisekartoffeln erworben werden (Anonymus 2019).

Durch das weite Einzugsgebiet des Unternehmens werden unter anderem zwölf verschiedene Sorten verarbeitet, welche am meisten angebaut und verarbeitet werden. Zu diesen zählen Melody, Noblesse, Bernina, Gala, Laura, Wega, Wendy, Simonetta, Solara, Mia, Isabelia und

Lilly. Die folgende Tabelle zeigt die bereits genannten Sorten mit sieben ausgewählten Eigenschaften.

Tab. 1: Kartoffelsorten im Einzugsgebiet der Friweika und deren Eigenschaften

Kartoffelsorte	zugelassen seit	Kocheigenschaft	Reifezeit	Knollenform	Schalensfarbe	Fleischfarbe
Melody <sup>(1, 2)</sup>	2000	mehlig	msp - sp	rundoval	hellgelb	hellgelb
Lilly <sup>(1, 13)</sup>	2011	mehlig	mfr	oval	gelb	mittelgelb
Noblesse <sup>(1, 3)</sup>	2015	vorw. festkochend	mfr	rundoval bis oval	gelb	dunkelgelb
Gala <sup>(1, 5)</sup>	2002	vorw. festkochend	fr	rundoval	gelb	mittelgelb
Wega <sup>(1, 7)</sup>	2010	vorw. festkochend	fr	oval	gelb	dunkelgelb
Wendy <sup>(1, 8)</sup>	2011	vorw. festkochend	mfr	oval	gelb	mittelgelb
Solara <sup>(1, 10)</sup>	1989	vorw. festkochend	mfr	oval	gelb	mittelgelb
Mia <sup>(1, 11)</sup>	2016	vorw. festkochend	fr	rundoval	gelb	dunkelgelb
Laura <sup>(1, 6)</sup>	1998	vorw. festkochend	mfr	oval	rot mit gelben Augen	dunkelgelb
Bernina <sup>(1, 4)</sup>	2012	festkochend	mfr	langoval	gelb	tiefgelb
Simonetta <sup>(1, 9)</sup>	2017	festkochend	mfr	langoval	gelb	dunkelgelb
Isabelia <sup>(1, 12)</sup>	2011	festkochend	fr	oval	gelb	tiefgelb

Quellen: 1-Bundessortenamt 2024; 2-Meijer Potato 2023; 3-HZPC 2024; 4-Europlant 2021a; 5-Norika 2024a; 6-Europlant 2022a; 7-Norika 2024c; 8-Norika 2024d; 9-Europlant 2022b; 10-Europlant 2021c; 11-Norika 2024b; 12-Europlant 2021b; 13-Solana 2020

Es ist zu erkennen, dass von den drei Kochtypen mehrere Sorten verwendet werden und so jedes beliebige Produkt im Unternehmen hergestellt werden kann. Die mehligkochenden Sorten werden vorrangig zu Klößen, Kartoffelpüree und Kartoffelsuppe verarbeitet. Die vorwiegend festkochenden Sorten werden z. B. für Kartoffelsalat oder Eintöpfe genutzt und die festkochenden Sorten eignen sich als Salzkartoffeln, Bratkartoffeln und Pellkartoffeln. Neben den Kocheigenschaften entscheiden auch die Knollenform, die Schalenfarbe und die Fleischfarbe über die Verwertung (Anonymus 2022).

#### 2.1.4 Qualität der Kartoffeln

Zu der bestimmenden Handelsnorm der Kartoffel zählt die Berliner Vereinbarung, oder auch Deutsche Kartoffelgeschäftsbedingungen genannt. Dieses Regelwerk bezieht sich auf die Einhaltung der Qualität und Vermarktung der Kartoffeln in Deutschland. Sie wurde 2004 vorgestellt und wird seitdem immer wieder überarbeitet und angepasst. Es sind darin einheitliche Standards für die Erzeugung, Lagerung und den Handel von Kartoffeln geregelt. Außerdem soll

sie die Qualität der Knollen sichern, die Wettbewerbsfähigkeit der deutschen Kartoffelwirtschaft stärken und die Transparenz für den Verbraucher erhöhen. Diese Vereinbarung müssen alle deutschen Kartoffelerzeuger sowie die Veredlungsfirmen einhalten.

Die Friweika hat diese Normen in ihre Jahresverträge eingearbeitet und hat für die Qualität der angelieferten Ware folgende Parameter festgelegt: die angelieferte Ware sollte sortenrein, gesund und festschalig sein sowie frei von fremdem Geruch und Geschmack. Trotz alle dem können die Knollen äußere und innere Mängel aufweisen, welche in Tabelle 2 dargestellt sind.

Tab. 2: Äußere und Innere Mängel nach dem Jahresvertrag der Friweika eG.

Äußere Mängel	Innere Mängel
Erde und Fremdbesatz ergrünte Knollen beschädigte Knollen (tierisch, mechanisch) Missbildungen vernarbte Wachstumsrisse Schorf Übergrößen Untergrößen Lagerdruckstellen	Schwarzfleckigkeit Eisenfleckigkeit Stippig- und Rotfleischigkeit Propfenbildung Hohlherzigkeit Hohlherzigkeit Schwarzherzigkeit Glasigkeit Fäulen

Diese Mängel werden durch die friweika-eigens gezogenen Proben festgestellt und werden dem Erzeuger durch ein Tagesgutachten mitgeteilt. Der Mängelanteil wird durch geschulte Gutachter festgestellt. Diese nutzen für die Beurteilung ein Messer und genormte Sparschäler. Mit dem Messer werden die Knollen an der Stelle mit dem größten Querschnitt geteilt, um innere Veränderungen festzustellen. Der Sparschäler wird zur Feststellung der Mängeltiefe genutzt. Daraus ergibt sich dann ein Bewertungsschema.

Tab. 3: Mängelbewertung nach dem Jahresvertrag der Friweika eG.

Mängel	Schnitt mit dem Sparschäler	mm	SPK oder FU
leicht	nach dem ersten Schnitt, es liegt kein sichtbarer Mangel vor	bis 1,7	100 % SPK
mittel	nach dem zweiten bzw. dritten Schnitt liegt kein sichtbarer Mangel mehr vor	1,8 bis 5,0	ergibt sich nach der Mängelprüfung
schwer	nach dem dritten Schnitt liegt noch ein Mangel vor	ab 5,1	100 % FU

So gliedert sich dann die angelieferte Rohware in Speisekartoffeln, Futterkartoffeln und Beimengungen. Für die bereits erwähnten inneren und äußeren Mängel herrschen außerdem Höchstgrenzen, welche nicht überschritten werden sollten. Kommt es dennoch zu einer Überschreitung der gesetzten Höchstgrenzen kann die Friweika die Annahme der Ware verweigern.

Fäule gesamt	3,5 %
davon: Nassfäule	1,0 %
Innere Mängel	5,0 %
Äußere Mängel	15,0 %
davon: ergrünte Knollen	10,0 %
schwere Beschäd.	6,0 %
Misswuchs	5,0 %
Wachstumsrisse	5,0 %
<b>Gesamtmängel:</b>	<b>15,0 %</b>

## **2.2 Kartoffelerntetechnik**

### **2.2.1 Überblick**

Die Kartoffelerntetechnik hat sich im letzten Jahrhundert enorm verändert, von manuellen Techniken, wie dem Schwingrad mit Pferdezug und zapfwellenangetriebenen Schwingsiebroder bis zum jetzigen gezogenen Vollernter und den selbstfahrenden Maschinen (Parihar et al. 2024, S. 1565 f.; Schuhmann 2023, S. 132). Diese Entwicklung von primitiven arbeitsintensiven Werkzeugen hin zu hochentwickelten, effizienten Geräten zeigt sich in allen Bereichen der Landwirtschaft (Parihar et al. 2024, S. 1566). Besonders während der Kartoffelernte muss auf schonendes Reinigen des Erntegutes geachtet werden, da an den Knollen sonst Beschädigungen in Form von Verfärbungen, Schnitt- und Druckstellen auftreten. So wurden die Erntemaschinen ohne hohe Fallstufen, ohne Kanten und Stege sowie mit hohen Band- und Walzengeschwindigkeiten konzipiert (Lochner und Breker 2012, S. 156 f.). In der folgenden Tabelle sind die heutigen weit verbreiteten Erntemaschinen für die Kartoffeln dargestellt.

Tab. 4: Überblick zur Kartoffelerntetechnik

	Besonderheiten	Darstellung
<b>Reihenleger</b>	<p>Einsatz im angereicherten Verfahren</p> <p>mittiggezogen</p> <p>zweireihig</p> <p>Vorteile: Erntegutschonung, gesteigerte Absiebleistung</p>	
<b>Überladeroder</b>	<p>zweireihig</p> <p>geradliniger Gutfluss mit einem Richtungswechsel</p> <p>mittig- und seitengezogen</p> <p>kein Bunker vorhanden</p>	
<b>Bunkerroder</b>	<p>ein- und zweireihig</p> <p>verschiedene Bunkervolumen von 5,5 t bis 9 t</p> <p>Verlesetisch, um Kluten und Steine händig separieren zu können</p> <p>Seitengezogen</p> <p>Mehrere Richtungswechsel des Gutflusses</p>	
<b>Selbstfahrender Vollernter</b>	<p>zwei- und vierreihig</p> <p>mit Überladebunker oder Nonstop-Bunker</p> <p>kann mit Krautschläger im Frontantrieb ausgestattet werden</p>	

Quelle: verändert nach Anonymus 2024f, 2024c, 2024e, 2024a

Die Kartoffelernte kann mittels zwei verschiedener Verfahren stattfinden, zum einen das direkte Verfahren und zum anderen das angereicherte Ernteverfahren. Bei dem angereicherten Verfahren wird im ersten Arbeitsschritt der Reihenleger eingesetzt. Dieser rodet zwei Kartoffelreihen und legt die geernteten Knollen in die benachbarten Dämme ab. Dabei wird der Gutfluss im Reihenleger bereits gesiebt und gereinigt. Im zweiten Schritt kommt ein Vollernter, entweder eine Bunkerroder oder ein Überladeroder, zum Einsatz und nimmt die verdoppelte Kartoffelmenge auf (Schuhmann 2023, S. 134 f.). Der Vorteil diesen Verfahrens liegt darin, dass die Kartoffeln trocken eingelagert werden, einer geringen Beschädigungsgefahr ausgesetzt sind

und eine hellere Schalenfarbe besitzen (Lochner und Breker 2012, S. 156 f.). Der Überladeroder funktioniert ähnlich wie der Reihenleger, nur dass der Überladeroder die gerodeten Kartoffeln nicht ablegt, sondern in das kontinuierlich nebenherfahrende Fahrzeug lädt. Der Roder ist in der Lage die zwei Dämme aufzunehmen und wird entweder mittig oder seitlich gezogen. Der Gutfluss in der Maschine verläuft überwiegend geradlinig, wodurch es zu geringeren Beschädigungen an den Knollen kommt (Anonymus 2024c). Bei der am häufigsten verbreiteten Roderart handelt es sich um den Bunkeroder. Dieser kann entweder einen oder zwei Dämme aufnehmen und wird von einer Zugmaschine gezogen. Die Aufnahme läuft seitlich hinter dem Traktor und erfolgt in der Regel über Dammdruckrollen und den darunterliegenden Scharen, welche unter die Kartoffeln in die Erde fahren. Der aufgenommene Gutstrom läuft über mehrere Siebketten und wird durch mehrere Richtungswechsel in den Bunker befördert. Um zusätzlich die Beimengungen per Hand auszulesen ist ein Verlesetisch kurz vor dem Bunker verbaut. Das Bunkervolumen schwankt je nach Hersteller und Bauart. Die einreihigen Bunkeroder besitzen ein Bunkervolumen zwischen 3,00 und 5,50 t. Bei den zweireihigen Rodern beträgt die Kapazität des Bunkers maximal 9,00 t (Anonymus 2024a). Es gibt verschiedene Bauarten der Bunkeroder, welche an die Rodebedingungen angepasst sind. Auf leichten sandigen Böden steht die Trennleistung von Beimengungen nicht so stark im Fokus, wie auf schweren lehmigen Standorten. An diesen schweren Standorten können zusätzliche Trennaggregate, wie umlaufende Fingerkämme und ein Schüttler an der ersten Siebkette verbaut werden oder die Anzahl der Krautabstreifer erhöht werden. Der Gutstrom in einem Bunkeroder wechselt mehrmals die Richtung. Dies kann an bis zu fünf Stellen geschehen, wodurch die Beschädigungsgefahr steigt (Ropa Fahrzeug- und Maschinenbau GmbH 2019; Anonymus 2024a). Bei dem am wenigsten verbreiteten Kartoffelvollerntern handelt es sich um den selbstfahrenden Roder. Dieser nimmt in der Regel vier Reihen gleichzeitig auf und kann im Frontantrieb wahlweise mit einem Krautschläger ausgestattet sein, welcher das verwachsene Kartoffelkraut einkürzt. Zu den bekanntesten Herstellern der selbstfahrenden Kartoffelroder zählten Grimme und AVR. Beide Produzenten entwickelten verschiedene Maschinentypen. Die Maschinen besitzen entweder einen Überladebunker oder einen Nonstop-Bunker. Bei dem Nonstop-Bunker von Grimme erfolgt die Übergabe des Erntegutes während des Rodevorgangs ohne Stillstand der Maschine. Doch sobald der Bunker während des Überladeprozesses leer wird dreht sich der Boden des Bunkers in die entgegengesetzte Richtung und der Bunker füllt sich (Anonymus 2021). Dieses Prinzip wurde in die Maschinen von Grimme eingearbeitet und soll die Feldverluste und Beschädigungen minimieren (Anonymus 2024e). Die Maschinen wurden hauptsächlich für hohe

Flächenleistungen entwickelt und spielen eine untergeordnete Rolle in Deutschland (Schuhmann 2023, S. 133).

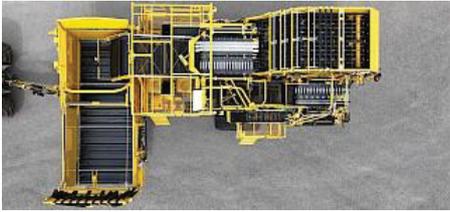
## 2.2.2 Kartoffelerntetechnik von ROPA

### 2.2.2.1 Geschichte des Unternehmens

Im Jahr 1986 gründete Hermann Painter die ROPA Fahrzeug- und Maschinenbau GmbH im bayerischen Sittelsdorf. Der Ort befindet sich im niederbayerischen Landkreis Kelheim. Das Unternehmen produzierte ursprünglich Zuckerrübenenernte- und Verladetechnik. Doch im Jahr 2012 ist die Firma in die Kartoffeltechnik eingestiegen und zählt seitdem europa- und weltweit zu den führenden Unternehmen in diesem Bereich (Anonymus 2024b). Die Geschäftsführung des Familienunternehmens teilen sich Herman Painter und Dr. Eberhard Krayl. In den letzten zwölf Jahren entwickelte das Unternehmen verschiedene Erntemaschinen, welche in der Tabelle 5 aufgezeigt sind.

Tab. 5: Kartoffelerntetechnik von ROPA

Maschine	Besonderheit	Darstellung
<b>Keiler I</b>	2012 vorgestellt gezogener Vollernter einreihige Aufnahme Bunkervolumen bis max. 6,1 t	
<b>Keiler II</b>	2012 vorgestellt gezogener Vollernter zweireihige Aufnahme teleskopierbare Achse Bunkervolumen max. 8,0 t	
<b>Keiler II L</b>	2018 vorgestellt zweireihiger Vollernter Überladebunker verbaut Bunkervolumen max. 5,5 t	

<p><b>Keiler I classic</b></p>	<p>2019 vorgestellt zwei Igelbänder verbaut langer Verlesetisch optional mit Überladebunker</p>	
<p><b>Keiler II DoubleSelect</b></p>	<p>2023 vorgestellt am Igelband 2 weiterer umlaufender Fingerkamm verbaut separate Beimengespur</p>	

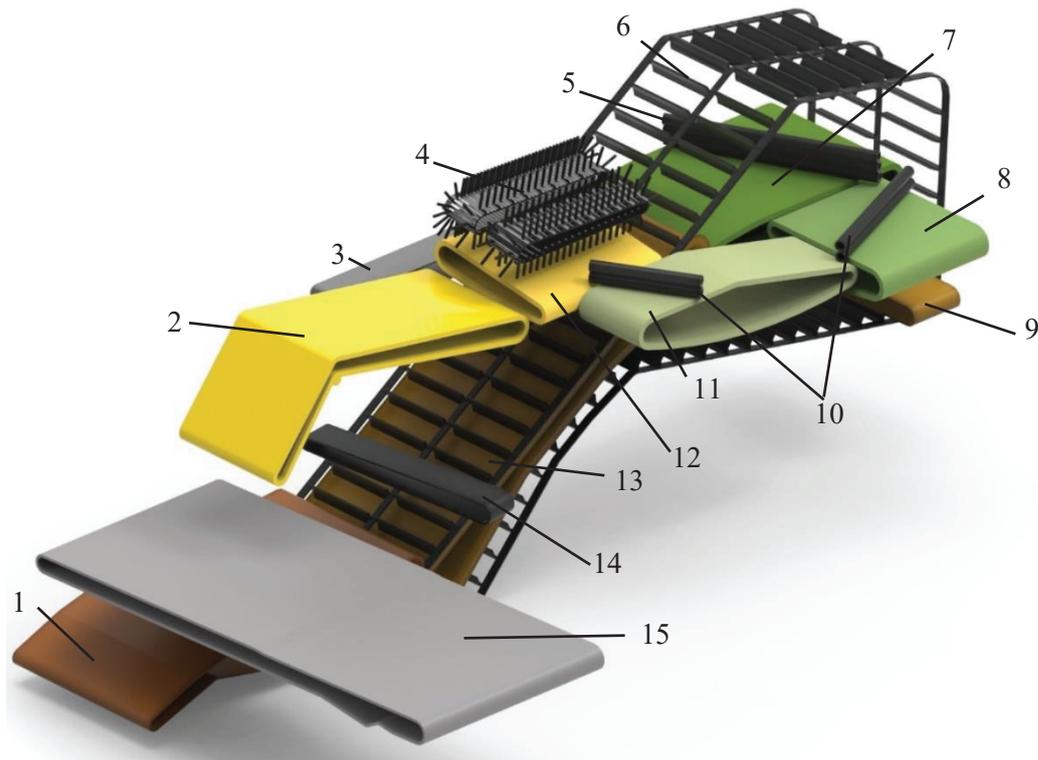
Quelle: verändert nach Anonymus 2024b

All die vorgestellten Maschinen wurden auf Grundlage des eigenen landwirtschaftlichen Betriebes von Hermann Paintner in Sittelsdorf entwickelt und verbessert. Auf seinem Betrieb werden neben Zuckerrüben und Kartoffeln auch Weizen und Raps an (Anonymus 2024b). Im Jahr 2022 feierte das Unternehmen 50 Jahre Rodetechnik Hermann Painter und 10 Jahre ROPA Kartoffeltechnik. Diese Jubiläen wurden in Sittelsdorf, dem Hauptwerk, mit Fachvorträgen, Technikvorstellungen und kulturellem Programm gefeiert. Neben der Kartoffelerntetechnik präsentierte das Unternehmen auch eine Kartoffellegemaschine, Krautschläger und Verlade-technik für Stärkekartoffeln (Anonymus 2024b).

## 2.2.2.2 Aufbau der Kartoffelroder Keiler II und Keiler II L

### 2.2.2.2.1 Gemeinsamkeiten

Bei den Kartoffelerntemaschinen handelt es sich um gezogene zweireihige Vollernter des Herstellers ROPA aus Bayern. Beide Maschinen besitzen die gleiche Anzahl Trennaggregate und reinigen die Kartoffeln über den gleichen Weg. In der folgenden Abbildung ist der schematische Aufbau der Kartoffelroder mit den Trenneinrichtungen gezeigt.



- |                        |                          |                        |
|------------------------|--------------------------|------------------------|
| 1: Siebkette 1         | 2: Verleseband           | 3: Beimengenband       |
| 4: UFK 1 und 2         | 5: Dreifach-Ableitwalze  | 6: Krautkette          |
| 7: Igel 1              | 8: Igel 2                | 9: Schmutzaustrageband |
| 10: Doppel-Ableitwalze | 11: Igel 3               | 12: Igel 4             |
| 13: Siebkette 2        | 14: Beimengeaustrageband | 15: Bunkerboden        |

*Abb. 2: Schematische Darstellung der Trennaggregate des Keilers II  
Quelle: verändert nach Anonymus 2024d*

Beide Maschinen sind mit einer Dammaufnahme für zwei Kartoffeldämme ausgestattet. Bei der Dammaufnahme ist eine Lenkleitanlage, welche der Dammmittefindung dient, verbaut. Dies soll das Eingreifen des Bedieners verringern. Die Rodetiefe kann unterschiedlich verstellt werden, was ein Anschneiden der Knollen verhindern soll. An den seitlichen Begrenzungen der Aufnahme sind Scheibenseche angebracht, welche überhängendes Kraut abschneiden und somit ein Verstopfen der Aufnahme verhindern (Kruse 2019, S. 208). Nach der Aufnahme gelangt das Erntegut mit allen Beimengungen auf die erste Siebkette, wo die erste Absiebung erfolgt. Die Siebketten bestehen aus mit Gummi bzw. Kunststoff überzogenen Stahlstäben. Bei schwer siebbaren Dämmen kann ein Schüttler, welcher im Inneren der ersten Siebkette verbaut ist, stufenweise zugeschaltet werden. Dies löst ein Aufbrechen der Erdmassen aus. Die Siebkette übergibt das Erntegut durch die Krautkette auf die zweite Siebkette. Durch unterschiedliche Geschwindigkeiten des Krautbandes und der zweiten Siebkette kann ein zusätzlicher Reinigungseffekt erzielt werden. Parallel zur Krautkette sind oberhalb bis zu sieben Reihen

Krautabstreifer mit einzelnen Krautfedern und drei Abreißstangen angebracht. Diese sorgen für ein Abreißen der am krauthängenden Knollen und reduzieren so mögliche Feldverluste (Kruse 2019, S. 57). Nach der zweiten Siebkette folgt das erste Igelband. Oberhalb des ersten Igelbandes ist eine Ableitwalze verbaut, die aus gummierten doppel- oder dreifach Rollen besteht. An dieser Stelle findet der erste Richtungswechsel der Kartoffeln statt. Auf dem anschließenden Igelband 2 erfolgt ein weiterer Richtungswechsel mit der zweiten Ableitwalze und der dritte Richtungswechsel findet am Übergang zwischen Igelband 3 und 4 statt. Die verbauten Igelbänder bestehen aus Gumminoppen und reinigen Erdanhaftungen an den Knollen und Beimengungen heraus. Die Beimengungen werden dabei über den Abstand zwischen Igelband und Ableitwalze selektiert. Über dem vierten Igelband sind zwei umlaufende Fingerkämme angebracht. Die UFK's sortieren den Kartoffelstrom und streifen die Erntemenge auf das Verleseband. Die nichtsortierten Kartoffeln landen auf der Beimengenspur und anschließend auf dem Beimengeaustrageband, wo die Beimengungen auf das Feld befördert werden (Kruse 2019, S. 57). Das angrenzende Verleseband dient in erster Linie der händigen Separation von Steinen, Kluten und anderen Pflanzenteilen. Der Kartoffelstrom gelangt anschließend über das Bunkerbefüllband in den Bunker. Über dem Bunkerbefüllband ist ein Sensor angebracht, der den Füllstand des Bunkers misst und die Befüllhöhe des Befüllbandes einstellt. Dies soll die Kartoffeln vor hohen Fallstufen schützen (Kruse 2019, S. 58).

Beide Maschinen werden vollhydraulisch angetrieben, so dass eine automatische Drehzahlregelung aller Trennaggregate erfolgt. Dabei können die Reinigungsgeräte von minimaler bis maximaler Drehzahl individuell eingestellt werden, ohne das Gaspedal verändern zu müssen (Kruse 2019, S. 4 f.). Die Maschineneinstellungen erfolgen bei beiden Maschinen über ein Touchdisplay, welches in der Kabine angebracht ist. Dieser ermöglicht schnelles Reagieren bei sich verändernden Rodebedingungen. Des Weiteren werden die verbauten Kameras der beiden Kartoffelroder über einen weiteren Bildschirm in der Fahrerkabine angezeigt, um die Rodevorgänge optimal kontrollieren zu können (Kruse 2019, S. 58).

#### **2.2.2.2.2 Unterschiede**

Die beiden Maschinen weisen neben den Gemeinsamkeiten auch einige Unterschiede auf. Der größte Unterschied liegt in der Bunkerausstattung. Die folgenden Abbildungen zeigen die Bunker der Maschinen.



Abb. 3: Bunker des ROPA Keiler II  
Quelle: J. Jacobi (Die Agrarfilmer)



Abb. 4: Bunker des ROPA Keiler II L  
Quelle: J. Jacobi (Die Agrarfilmer)

Der ROPA Keiler II, folgend auch Standardbunkerroder genannt, besitzt einen Bunker mit einem Fassungsvermögen von bis zu 7,5 t und der ROPA Keiler II L, folgend Überladebunkerroder genannt, kann hingegen maximal 5,5 t aufnehmen (Kruse 2023, S. 48). Beide Roder sind mit einem Bunkerbefüllband ausgestattet, welches einen Sensor zur Ermittlung des Füllstandes besitzt. Jedoch wird dieses Band bei dem Standardbunkerroder während des Verladevorgangs komplett ausgehoben. Dieser Roder muss während des Überladevorgangs komplett aus dem Damm fahren und stehen bleiben, weil sonst das Befüllband zu steil für die Befüllung des Bunkers steht. Anschließend senkt sich das Befüllband wieder und der Rodevorgang startet erneut (Kruse 2019, S. 313). Bei dem Überladebunkerroder hebt und senkt sich das Befüllband mit der Füllmenge, so dass es während des Rodevorgangs keinen steilen Winkel einnimmt und ein kontinuierliches Roden stattfinden kann wenn ausreichend Transportfahrzeuge vorhanden sind (Kruse 2023, S. 388). Bei dem Standardbunkerroder besteht der Bunkerboden aus einem

Tuchboden und die Bunkerwände sind starr verbaut. Außerdem besitzt dieser ein Bunkertuch, was ein Herausfallen von Kartoffeln am Ende des Bunkers verhindern soll. Das Bunkertuch wandert mit steigender Füllmenge Richtung Bunkerende und rastet letztlich in einem Fanghaken ein sobald der Füllstand 100 % des Bunkersvolumens erreicht hat. Nach dem Abbunkern muss dieser Fanghaken geöffnet werden damit das Tuch in die Ausgangssituation zurück rutscht. Wird der Fanghaken nicht geöffnet, rollen die Kartoffeln während des Füllvorgangs ungehindert aus dem Bunker (Kruse 2019, S. 322). Der Boden des Überladebunkerroders besteht aus einem Rollboden, einer Überleitwalze und einem Entladeband, welches eine weitere Siebkette besitzt und so die Kartoffeln erneut von Anhaftungen befreit werden können (Kruse 2023, S. 382 ff.). Gegenüber des Überladebandes befindet sich eine bewegliche Bunkerrückwand, welche in der Arbeitsstellung nach außen klappt und so das Volumen vergrößert. Bei dem Überladebunkerroder sind drei Sensoren zur Erkennung der Füllmenge verbaut. Auf der folgenden Abbildung sind die Positionen aufgezeigt.

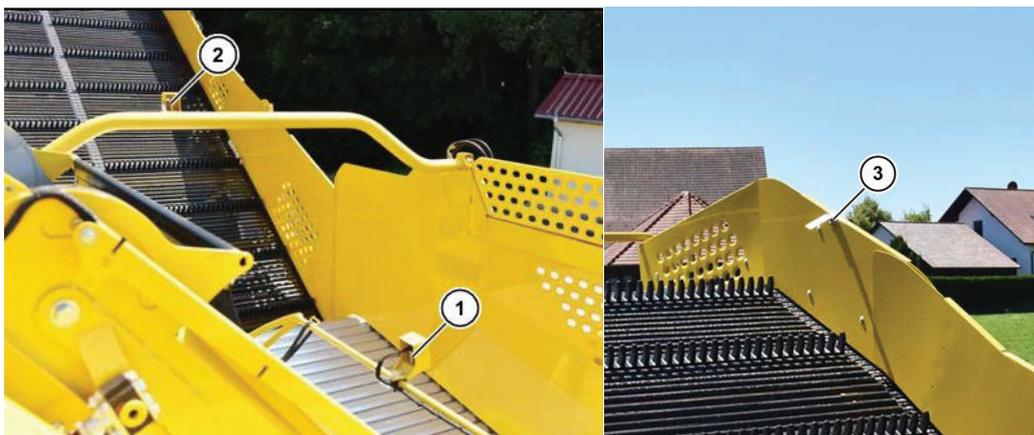


Abb. 5: Sensorpositionen im Bunker der ROPA Keiler II L  
Quelle: Kruse 2023, S. 384

Des Weiteren kann der Keiler II mit dem Standardbunker einen Teil am Ende des Bunkers abknicken, um die Fallhöhe in das Transportfahrzeug zu verringern (Kruse 2019, S. 320). Der Überladebunkerroder kann seinen Ausleger an drei Stellen knicken, um optimal in das nebenherfahrende Transportfahrzeug überzuladen (Kruse 2023, S. 381).

Weitere Unterschiede zwischen den beiden Maschinen bestehen in der Bedienung. Der Keiler II besitzt zwei verschiedene Bedienterminals welche innerhalb der Kabine befestigt werden müssen. Die Bedienung des Keilers II L erfolgt mittels zwei Joysticks, welche an dem Sitz des Fahrers angebracht werden. In den Abbildungen 6 und 7 sind die Bedienelemente der beiden Kartoffelroder abgebildet. Die Steuerelemente zur Maschineneinstellung beider Roder variieren. Der Fahrer des Standardbunkerroders nutzt zur Überwachung des Rodeprozesses zwei

Kameradisplays und zur Einstellung der Maschine ein separates Display. Die eigentlichen Bedienelemente werden auf unterschiedlichen Seiten angebracht. Die Hauptbedienung für Rodebeginn und -ende befinden sich am rechten Kabinenrand und die Steuerung für das Abbunkern befindet sich auf der linken Kabinenseite, weil die Anordnung für den Fahrer schonender ist.



Abb. 6: Bedienelemente des Keilers II  
Quelle: J. Jacobi (Die Agrarfilmer)

Der Fahrer des Überladebunkerrodgers benutzt ein Display für die Überwachung der Kameras, auf welchem die einzelnen Überwachungsbereiche vergrößert werden können. Die Maschineneinstellung erfolgt über den traktoreigenen Hauptmonitor und die Bedienung für Rodebeginn und -ende erfolgt mittels des abgebildeten Joysticks auf der rechten Kabinenseite. Der Joystick auf der linken Seite des Fahrersitzes ist für den Überladeprozess vorgesehen und wurde wegen des Fahrerkomforts an dieser Stelle installiert. Diese Bedieneinrichtungen mit Displayanzahl und Kameraeinstellungen variieren zwischen den Fahrer und können frei gestaltet werden.



Abb. 7: Bedienelemente des Keilers II L  
Quelle: J. Jacobi (Die Agrarfilmer)

### 3 Material und Methoden

#### 3.1 Versuchsaufbau

##### 3.1.1 Versuchsbetrieb

Für den Erntetechnikvergleich der Kartoffeln wurde ein landwirtschaftliches Unternehmen in Sachsen gewählt. Dabei handelt es sich um die Agrargenossenschaft Schönberg im Nordwesten des Landkreises Zwickauer Land. Das Unternehmen wurde am 01.01.1992 gegründet und wird aktuell von zwei Vorständen geleitet. Der Betrieb bewirtschaftet neben 1.470 ha Ackerland auch 170 ha Grünland. Die landwirtschaftlich genutzten Flächen reichen von Remse über Glauchau und Meerane bis nach Tettau. In der folgenden Darstellung werden die Anbauverhältnisse der einzelnen Kulturen des Unternehmens gezeigt.

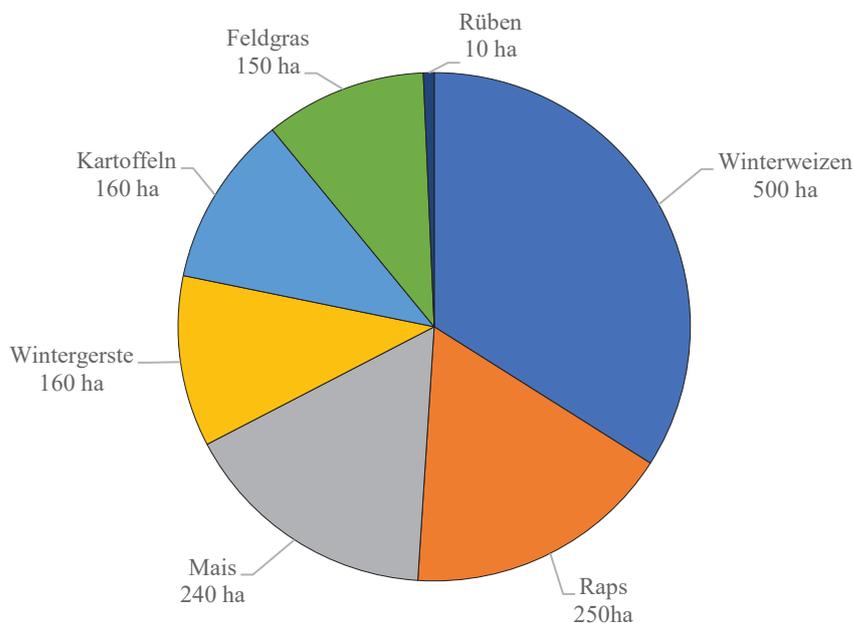


Abb. 8: Anbauverhältnisse der AG Schönberg

Ein Großteil der Ackerfläche nehmen der Winterweizen (34,0 %) und der Winterraps (17,0 %) ein, gefolgt von Mais (16,0 %) und Wintergerste (11,0 %). Auch die Kartoffeln mit 160 ha umfassen etwa 11,0 % der Gesamtackerfläche. Dies ist vor allem der Nähe zur Friweika zuzuschreiben. Bei den Kartoffeln handelt es sich ausschließlich um Speisekartoffeln, welche für die Veredlung oder die Einkellerung angebaut werden. Der Mais und das Feldgras werden vorrangig für die Fütterung der eigenen Milchkühe und deren Nachzucht genutzt. Die Milchproduktion ist in der Gemeinde Remse angesiedelt und es werden in der MPA etwa 1.000 Kühe der Rasse Holstein-Friesian versorgt. Doch neben dem Ackerbau und der Milchproduktion

bewirtschaften die Mitarbeiter des Unternehmens weitere Betriebszweige. So besitzt das Unternehmen eine eigene Fleischerei mit Schlachtung und mehrere Geschäftsstellen in Glauchau, Meerane, Gößnitz, Thurm und in Schönberg selbst. Außerdem werden die eigens erzeugten Wurst- und Fleischwaren mit einem Fleischereiauto auf dem Wochenmarkt in Waldenburg verkauft. Auch eine Kantine in der Gemeinde Schönberg gehört zu der Agrargenossenschaft und wird mit den eigenen Fleischprodukten versorgt. All die genannten Betriebsrichtungen werden von 87 Beschäftigten betreut. Seit einigen Jahren zählt die Dennheritzer Agrarproduktion in der Nachbargemeinde Dennheritz als Tochterunternehmen zur Agrargenossenschaft Schönberg, wodurch die Flächen und die Tiere gemeinsam versorgt und betreut werden.

### **3.1.2 Versuchsfläche**

Für den Versuch wurde die Fläche „Remser Weg links“ genutzt. Dieser Ackerschlag ist insgesamt 30,6 ha groß und bei den vorherrschenden Bodenarten handelt es sich um Lössboden und sandigen Lehm. Diese Bodenarten können Wasser und Nährstoffe sehr gut speichern und sind für den Ackerbau, besonders für den Kartoffelanbau, optimal geeignet (Bräunig 2021). Dieser Ackerschlag besitzt eine Bodenwertzahl von 55. Die Abbildung 9 zeigt eine Luftaufnahme der gesamten Fläche einschließlich der Versuchspartellen für die beiden Erntemaschinen. Zum Zeitpunkt der Aufnahme war die Kartoffelfläche bereits geerntet und nur der Versuch blieb auf der Fläche zurück.



Abb. 9: Versuchsfläche mit den Versuchspartzen  
 Quelle: J. Jacobi (Die Agrarfilmer)

In der Saison 2022 / 2023 wurde auf der Fläche Winterweizen angebaut. Am 04.09.2023 wurden 30,0 t Mist je ha gestreut und am gleichen Tag erfolgte noch die Aussaat einer Zwischenfrucht. Dabei handelte es sich um Ölrettich, da diese Pflanze mehrere Vorteile für den nachfolgenden Kartoffelanbau bietet. Ölrettich drängt virusübertragende Nematoden, wie Trichodoriiden, welche die virusbedingte Eisenfleckigkeit übertragen, zurück und hinterlässt organische Masse auf der Ackerfläche. Außerdem wird durch den Anbau des Ölrettichs der Boden tiefgründig gelockert, was den Ertrag positiv beeinflusst (Schlathölter 2024). Rund zwei Monate später, am 08.11.2023, wurde die Fläche gepflügt wodurch der Ölrettich eingearbeitet wurde. Im Anschluss wurden sogenannte Winterdämme auf der Fläche angelegt, um ein rasches Abtrocknen und Durchlüften des Bodens im Frühjahr zu gewährleisten. Vor der Pflanzung im April erfolgten am 08.04.2024 zwei Bodenbearbeitungsdurchgänge mit dem Grubber und 100 kg N/ha in Form von Domogran wurden auf der Fläche ausgebracht. Am 09.04.2024 wurde die Kartoffelsorte Mia mit einer Kartoffellegemaschine des bayerischen Herstellers All-In-One gelegt. Bei der Sorte handelt es sich um eine frühe vorwiegend festkochende Sorte des Züchterhauses Norika. Bei dieser Legemaschine erfolgen in einer Überfahrt die Fräsarbeiten, das Ablegen des Pflanzgutes und die Dammformung. Die Maschine legt vier Reihen mit einer Dammbreite von 75 cm. Auf der Fläche wurden je Hektar 2,8 t der Sorte Mia gelegt. Während der Vegetationszeit erfolgten mehrere chemische Pflanzenschutzmaßnahmen mittels Herbizide und

Fungiziden. Eine genaue Darstellung der eingesetzten Mittel und dem Zeitpunkt der Behandlung befindet sich in der nachfolgenden Tabelle.

Tab. 6: Pflanzenschutzmaßnahmen auf der Versuchsfläche

Datum	Wirkungsgruppe	AWM + PSM
06.05.2024	Herbizid	0,2 l/ha Centium 2,0 l/ha Bandur 2,0 l/ha Proman
05.06.2024	Fungizid	1,6 l/ha Infinito 0,5 l/ha Propulse 0,4 l/ha Shirlan
17.06.2024	Fungizid	0,6 kg/ha Carial Flex 0,5 l/ha Ortiva
26.06.2024	Fungizid	0,4 l/ha Shirlan 0,25 l/ha Zorvec Entecta 0,125 kg/ha Mospilan
05.07.2024	Fungizid	1,0 l/ha Voyager 1,25 l/ha Belanty
15.07.2024	Fungizid	0,6 l/ha Revus Top 0,2 kg/ha Curzate
30.07.2024	Fungizid	0,5 l/ha Ranman Top

Die genannten Herbizide wirken vorrangig gegen zweikeimblättrige Unkräuter, wie z. B. Winden-Knöterich, Kamille und Ungräser, wie das einjährige Rispengras. Die aufgelisteten Fungizide wirken vor allem gegen die Kraut- und Knollenfäule. Diese Krankheit benötigt für die Ausbreitung feucht warme Witterung, welche dieses Jahr von Juni bis Juli gegeben war. Die Planung und Applikation des chemischen Pflanzenschutzes erfolgte durch den Agroservice Altenburg-Waldenburg. Die gesamte Fläche „Remser Weg links“ wurde hinsichtlich der Düngung und des chemischen Pflanzenschutzes gleichbehandelt.

Die Versuchspartellen wurden so angelegt, dass beide Maschinen eine Anrodespur, welche aus der Fahrgasse der Pflanzenschutzspritze und des Düngerstreuers hervorgeht, zur Verfügung haben. Die Anrodespur besteht aus zwei Dämmen und der Fahrspur für die Zugmaschine. Links und rechts von der Anrodespur befinden sich jeweils vier Doppelreihen. Die Versuchspartellen

sind somit 15,0 m breit und 780 m lang. Daraus ergibt sich für beide Maschinen eine Fläche von 1,17 ha.

### **3.2 Versuchsdurchführung**

Der Erntetechnikvergleich fand am 18.10.2024 auf dem Ackerschlag „Remser Weg links“ statt. Dafür wurde ein ROPA Keiler II L vom LTZ Chemnitz organisiert und der ROPA Keiler II gehört zur Erntetechnik der Agrargenossenschaft Schönberg. Begonnen wurde mit dem ROPA Keiler II um 10:53 Uhr und dieser war um 13:15 Uhr mit seiner Versuchsparzelle fertig. Im Anschluss, 13:29 Uhr, startete der ROPA Keiler II L mit dem Überladebunker und rodete die Versuchsparzelle bis 15:40 Uhr. Während der beiden Erntevorgänge wurden mehrere Zeiten mittels zwei Stoppuhren gemessen, welche unter dem Punkt „3.2.2.1 Zeiten während der Rodevorgänge“ zu finden sind. Um die geernteten Kartoffeln der Versuchspartzen für die Qualitätsgutachten auseinander halten zu können, wurden für die beiden Erntevorgänge verschiedene Losnummern in der Friweika angelegt. Die Ware, welche vom ROPA Keiler II angeliefert wurde, erhielt die Losnummer 406 und die Ware vom ROPA Keiler II L wurde mit der Losnummer 407 beziffert. Während der beiden Rodevorgänge wurde auf den Verlesebändern beider Maschinen nicht eingegriffen, um Steine, Kluten und Pflanzenreste aus dem Gutstrom zu beseitigen. Im Anschluss an die Erntezeiten wurden die Kartoffelverluste in beiden Parzellen ermittelt, welche im Punkt „3.2.2.2 Feldverluste der Kartoffelroder“ zu finden sind. Dafür wurde an 10 verschiedenen Stellen innerhalb der Parzelle die Anzahl der Kartoffeln innerhalb eines Boniturfensters, von 40 mal 40 cm, mittels eines Gliedermaßstabes ausgezählt. Die Größen der ermittelten Kartoffeln wurden mit einem Boniturrahmen von der Firma Bayer ermittelt. Die Güteeinstufung der Ware erfolgt bereits am Tag der Anlieferung. Dieses Gutachten betrachtet neben Siebanteilen, sprich der Größeneinteilung, auch eine erste Mängelprüfung. Nach sieben Tagen wurde ein weiteres Gutachten durchgeführt, welches die Qualität hinsichtlich innerer und äußerer Beschädigungen feststellte. Der genaue Ablauf der Qualitätseinstufung erfolgt im Kapitel „3.2.2.3 Qualitäten der Rodevorgänge“.

### 3.2.1 Maschineneinstellungen

Um die Maschinen miteinander vergleichen und mögliche Ursachen bei Qualitätsunterschieden feststellen zu können wurden die folgenden Maschineneinstellungen dokumentiert. Im Folgenden werden die Bauteile kurz in deren Einstellungen erläutert.

- Rodetiefe:  
Rodetiefe sollte so flach wie möglich eingestellt werden  
0 = flach, 100 = tief
- Dammdruck:  
zwei Varianten können für Dammdruck genutzt werden  
Dammentlastung (20 – 30 Bar)  
automatische Dammdruckregelung (12 – 20 Bar)
- Schüttler 1. Siebkette:  
sollte nach den herrschenden Rodebedingungen eingestellt werden  
0 = Ausgeschalten, 20 = intensives Schütteln der Kette
- Siebkette 1:  
sollte so eingestellt werden, dass Kartoffeln in Erde eingebettet sind und nicht aufspringen können  
zwischen 70 und 130 u/min
- Siebkette 2:  
darf sich nicht langsamer als erste Siebkette drehen, sonst kommt es zu Verstopfungen  
90 – 150 u/min
- Krautband:  
besitzt bis zu drei Krautabreißstangen und sechs Nylonschnüren  
können je nach Bedingung montiert und demontiert werden
- Igel 1:  
sollte zwischen 100 und 150 u/min laufen
- Igel 2:  
sollte synchron mit Igel 1 laufen  
nicht mehr als 100 Umdrehungen Unterschied zw. Igel 1 und Igel 2  
100 – 150 u/min

- Igel 3:  
sollte so langsam wie möglich eingestellt werden damit ein gleichmäßiger Gutstrom gewährleistet wird  
es dürfen sich die Kartoffeln nicht stauen  
80 – 120 u/min
- Igel 4:  
umso schneller sich Igel 4 dreht, umso höher ist der Trenneffekt  
100 – 130 u/min
- UFK 1:  
sortiert ankommenden Gutstrom  
wird in Prozent angegeben und sollte zwischen 55 und 90 % laufen  
darf nicht schneller als UFK 2 drehen
- UFK 2:  
sortiert ankommenden Gutstrom  
sollte zwischen 55 und 100 % drehen
- UFK Höhe 1:  
sollte nach Gefühl und Erfahrung eingestellt werden damit der Verlesetisch gleichmäßig gefüllt ist  
4 – 12
- UFK Höhe 2:  
je höher der UFK 2 eingestellt ist, desto mehr Trennleistung möglich aber auch mehr Kartoffeln fallen auf das Beimengenband  
0 – 4

Die Beschreibung der Einstellungen erfolgt anhand der Betriebsanleitung des Keiler II. Es wurden im Vorfeld keine Einstellungen festgesetzt, sondern die Fahrer sollten selbst die optimalen Einstellungen für die herrschenden Rodebedingungen bestimmen und einsetzen. Bei den Fahrern handelte es sich um erfahrene Personen.

## **3.2.2 Produktivität der Rodevorgänge**

Die Produktivität bezieht sich allein auf den Ernteablauf. Dabei werden neben dem zeitlichen Aspekt auch die Feldverluste und die Kartoffelqualitäten betrachtet. In den folgenden Kapiteln werden die einzelnen Parameter genauer beschrieben.

### **3.2.2.1 Zeiten während der Rodevorgänge**

Damit die Maschinen hinsichtlich der Zeitersparnis verglichen werden können, wurden fünf verschiedene Zeiten mittels zwei Stoppuhren gemessen. Diese Zeiten ergeben sich aus dem Ernteablauf und sind von der maschinellen Ausstattung und den Fahrern beeinflussbar. Die Zeitwerte setzen sich aus h: min: sec zusammen. Es wurden während des Versuchs fünf Zeiten ermittelt, welche im nachfolgenden erläutert werden. Dabei handelt es sich um:

- Gesamtzeit des Rodevorgangs
- Zeit des Anrodens
- Zeit für einen vollen Bunker
- Abbunkerzeit
- Zeit zum Umlenken

Für die Gesamtzeit des Rodevorgangs und die Zeit des Anrodens wurde jeweils eine Zeit genommen, da diese Vorgänge innerhalb der Versuchsparzelle nur einmal stattgefunden haben. Für die restlichen drei Zeiten wurden die Wiederholungen immer wieder neu gestoppt und daraus dann ein Durchschnitt gebildet.

Gesamtzeit des Rodevorgangs:

Die Gesamtzeit des Rodevorgangs wurde vom Beginn des Anrodens bis zum Abbunkern der letzten Kartoffel der Versuchsparzelle gemessen. Die Zeitnahme erfolgte dabei mit einer separaten Stoppuhr.

Zeit des Anrodens:

Die Zeit des Anrodens startete parallel zur Gesamtzeit des Rodevorgangs. Sobald die Maschinen in den Damm gefahren sind und der Gutstrom der ersten Fahrgassenreihe auf der Aufnahme ankommt wird die Zeitmessung gestartet. Beendet ist das Anroden sobald der zweite Damm der Fahrgasse geerntet wurde. Es fließt somit das Umlenken

und die Abbunkervorgänge in die Zeitmessung ein. Diese Zeiten werden hierbei aber nicht herausgerechnet.

Zeit für einen vollen Bunker:

Bei der Zeit für einen vollen Bunker wurde bei dem Standardbunkerroder Keiler II die Zeit vom Einsetzen in den Damm und dem Starten des Rodevorgangs bis zum Ausheben der Aufnahme die Zeit gemessen. Dabei musste das verbaute Bunkertuch in die Fanghaken einrasten. Dieser Wert wurde innerhalb der Versuchsparzelle dreimal gemessen.

Für den Überladebunkerroder Keiler II L begannen die Zeitmessungen für einen vollen Bunker als der Bunker und das Entladeband nach dem Überladen komplett entleert waren und gerodeten Kartoffeln erneut in den Bunker befördert werden. Gestoppt wurde diese Zeit sobald der Kartoffelstrom des Bunkers den dritten Sensor oberhalb des Entladebandes erreichte. Diese Zeitmessung wurde ebenfalls dreimal wiederholt.

Abbunkerzeit:

Für die Zeit des Abbunkerns bei dem Keiler II mit dem Standardbunker wurde die Zeit ab Bunker heben bis zum Bunker absenken gemessen. Für das erste Abbunkern in ein Transportfahrzeug wird zusätzlich der Kistenbefüller genutzt um die Kartoffeln vor starken Aufprallbeschädigungen zu schützen. Diese Zeit wurde nicht herausgerechnet und fließt komplett in die Abbunkerzeit mit hinein.

Für die Zeit des Überladens der Kartoffeln des Keiler II L wurde die Zeit ab dem Aktivieren des Überladebandes bis zum Stillstand des Überladebandes gemessen.

Die gemessenen Zeiten beziehen sich immer auf volle Bunker beider Maschinen.

Zeit zum Umlenken:

Die Zeiten des Umlenkens werden ab dem Herausfahren aus den Dämmen und dem Stillstand der Trennaggregate bis zum Einsetzen in die neuen Dämme und dem Aktivieren der Aufnahme und Trennaggregate gemessen. Dabei wurde nicht der Bunker entladen.

### **3.2.2.2 Feldverluste der Kartoffelroder**

Im Anschluss an beide Erntevorgänge wurden innerhalb der beiden Parzellen die Kartoffelverluste, die Größe der verlorenen Knollen und mögliche Besonderheiten ausgezählt und dokumentiert. Dabei wurde die Fläche diagonal abgelaufen und nach 50 Schritten mit einem

Schrittmaß von rund 70 cm die Anzahl der vorhandenen Kartoffeln bestimmt. Die Bestimmung erfolgt mittels einem Boniturrahmen von 0,4 x 0,4 m, was eine Fläche von 0,16 m<sup>2</sup> ergibt. Es wurden an 10 verschiedenen Stellen die Bonitur durchgeführt, um ein repräsentatives Ergebnis zu erhalten. Zur Bestimmung der Knollengröße wurde ein Rahmen der Firma Bayer genutzt. Dieser Rahmen besteht aus 14 verschiedenen Schablonen, welche ein Fenster mit einem Durchmesser von 25 bis 75 mm besitzen.

### **3.2.2.3 Qualität der Rodevorgänge**

Die Qualität der Rodevorgänge wird durch die Beimengungen, wie z. B. Kluten und Steine, dem Speise- und Futterkartoffelanteil bestimmt. Dabei spielen die äußeren und inneren Knollenbeschädigungen eine Rolle. Die Qualitätsbewertung erfolgt mit Hilfe der friweika-eigenen Gutachten. Sobald die angelieferte Ware in der Annahmewanne der Friweika landet, werden von jedem Anhänger Rückstellproben gezogen. Zum einen werden diese Rückstellproben für die Tagesgutachten, sog. Güte- und Abrechnungsbescheide, und zum anderen für die Qualitätskontrolle genutzt. In den Tagesgutachten werden die Knollengrößen und die Mängel geprüft und es ergibt sich daraus eine Abschöpfungsbestimmung. In dieser Bestimmung werden die Speise- und Futterwareanteile sowie der Beimengegehalt aufgezeigt. Die Qualitätskontrollen erfolgen im Regelfall nach einer Stand- und Ruhezeit der Kartoffeln, wodurch sich die inneren Beschädigungen deutlicher zeigen. Für den Versuch wurden die am Rodetag gezogenen Proben sieben Tage in den Probekisten stehen gelassen und am 25.10.2024 wurden dann die Qualitätskontrollen beider Partien durchgeführt. Bei dieser Kontrolle wurden auf die inneren und äußeren Mängel geachtet. Bei den inneren Mängeln wurde sich allein auf die Schwarzfleckigkeit begrenzt, da diese durch den Rodevorgang hervorgerufen wird. Die äußeren Mängel wurden auf die mechanischen Beschädigungen, wie Risse und angeschnittene Knollen, begrenzt. Zunächst werden die Proben gewaschen und im Anschluss landeten die gewaschenen Knollen auf dem Kontrolltisch. Dort wird von der Probe ein Foto gemacht und anschließend beginnen zwei erfahrene Gutachter mit dem Sortieren der Ware. Dafür nutzen die Gutachter Sparschäler und Messer. Sobald eine Kartoffel mit scheinbaren Verletzungen zu sehen ist, wird die Stelle mit dem Sparschäler sorgsam freigeschnitten. Dabei ist die Anzahl der Schnitte entscheidend, denn danach richtet sich die Schwere der Beschädigung. Für jede Beschädigungsart und -intensität stehen Schüsseln parat. Sobald diese gefüllt sind werden die enthaltenen Knollen gewogen und die Gewichte werden in das Protokoll eingetragen.

## 4 Ergebnisse

Nachdem der Versuch der beiden Erntemaschinen in den Kartoffeln am 18.10.2024 stattfand, wurden folgende Ergebnisse hinsichtlich der Einschätzung der Produktivität ermittelt. Zunächst werden auf die zeitlichen Parameter eingegangen, im Anschluss erfolgt eine Betrachtung der Feldverluste und zum Abschluss werden die Qualitäten der Rodevorgänge aufgezeigt.

### 4.1 Zeiten während der Rodevorgänge

Dabei wurden die ermittelten Zeiten der beiden Maschinen von Stunden in Minuten umgerechnet, um ein einheitliches Maß der Werte zu erhalten. Um nun die Maschinen in ein Verhältnis setzen zu können wurden die Zeiten des Keilers II als 100 % angesehen, denn dabei handelt es sich um die im Betrieb übliche Erntetechnik und es soll gezeigt werden was der Keiler II L im Vergleich zum Keiler II einsparen kann. So zeigt sich bei der Gesamtrodezeit ein Unterschied von 7,68 % zwischen dem Überladebunkerroder und dem Standardbunkerroder. Der Überladebunkerroder war in vier Zeitparametern schneller als der Standardbunkerroder. Lediglich beim Anroden verlor der Keiler II L 29,46 % im Vergleich zum Keiler II. Der größte zeitliche Unterschied beider Maschinen zeigte sich in der Zeit für einen vollen Bunker. Dort war der Überladebunkerroder 52,84 % schneller als der Standardbunkerroder. Es ergibt sich somit ein Gesamtzeitunterschied von 14,06 %. Dieser Wert stellt einen Durchschnittswert aller zeitlich ermittelten Differenzen der Roder dar.

Tab. 7: Ergebnis der Zeiten je Kartoffelroder

Parameter	Keiler II	Keiler II L	Verhältnis zw. Keiler II zum Keiler II L	Differenz der Rodetechniken	Durchschnitt der Differenzen
Gesamtzeit des Rodevorgangs	141,98 min	131,08 min	92,32 %	7,68 %	14,06 %
Zeit des Anrodens	19,55 min	25,31 min	129,46 %	-29,46 %	
Zeit für einen vollen Bunker	9,50 min	4,48 min	47,16 %	52,84 %	
Abbunkerzeit	2,06 min	1,66 min	80,58 %	19,42 %	
Zeit zum Umlenken	1,01 min	0,81 min	80,20 %	19,80 %	

### 4.2 Feldverluste der Kartoffelroder

Die Feldverluste wurden im Anschluss an die Erntevorgänge erhoben. Dabei wurden jeweils 10 Flächen von 0,16 m<sup>2</sup> innerhalb der Versuchsparzelle ausgezählt. Um die Anzahl für einen m<sup>2</sup> zu erhalten wurden die Knollenanzahlen mit dem Faktor 6,25 multipliziert. Für die Auswertung der Feldverluste wurden allein die Knollenanzahl pro m<sup>2</sup> genutzt. So ergeben sich für den

Keiler II mit dem Standardbunker insgesamt 143,75 Stück und für den Keiler II L mit dem Überladebunker 237,50 Stück über alle Siebgrößen hinweg. Für die Einschätzung der Produktivität wurden die Querschnittgrößen 25 bis 37 mm außer Acht gelassen, da es sich bei der Sorte Mia, welche eine rundovale Knollenform aufweist, um sog. „Drillinge“ laut Berliner Vereinbarung handelt. In der Tabelle 8 sind die Ergebnisse der Feldverluste aufgezeigt.

Tab. 8: Ergebnis der Feldverluste je Erntemaschine

		Anzahl der Feldverluste		Prozentualer Anteil der Verluste		Differenz der Feldverluste	
		Keiler II	Keiler II L	Keiler II	Keiler II L		
				143,75 Stück	237,5 Stück		
Feldverluste pro m <sup>2</sup>	25 mm	62,50 Stück	75,00 Stück	43,48 %	31,58 %	Drillinge	
	28 mm	0,00 Stück	37,50 Stück	0,00 %	15,79 %		
	30 mm	25,00 Stück	31,25 Stück	17,39 %	13,16 %		
	32 mm	6,25 Stück	12,50 Stück	4,35 %	5,26 %		
	35 mm	6,25 Stück	37,50 Stück	4,35 %	15,79 %		
	37 mm	0,00 Stück	12,50 Stück	0,00 %	5,26 %		
	55 mm	12,50 Stück	6,25 Stück	8,70 %	2,63 %		6,06 %
	60 mm	25,00 Stück	6,25 Stück	17,39 %	2,63 %		14,76 %
	65 mm	6,25 Stück	6,25 Stück	4,35 %	2,63 %		1,72 %
	70 mm	0,00 Stück	12,50 Stück	0,00 %	5,26 %		-5,26 %
		<b>Gesamtverluste</b>		30,43 %	13,16 %	<b>17,28 %</b>	

Der Keiler II verursachte in den Größen 55 bis 70 mm Knollenverluste insgesamt von 30,43 %. Der Keiler II L konnte mit 13,16 % eine Verlustverringerung von 17,28 % gewährleisten. Der größte Unterschied innerhalb der Siebgrößen bestand bei 60 mm. Dort verursachte der Standardbunkerroder 17,39 %, wohingegen der Überladebunkerroder 2,63 % erzeugte. Jedoch zeigten sich in der größten Siebgröße (70 mm) bei dem Keiler II L Unterschiede im Vergleich zum Keiler II, mit 5,26 %.

### 4.3 Qualität der Rodevorgänge

Die Qualität der Rodevorgänge wurde zu verschiedenen Zeitpunkten ermittelt. Die erste Einteilung der angelieferten Ware erfolgte am Tag des Rodens. Es wurde im Tagesgutachten die Ware nach der Verwertbarkeit eingeteilt. Dabei wird nach Speise- und Futterware sowie nach den Beimengungen unterschieden, wie die folgende Tabelle zeigt.

Tab. 9: Ergebnis der Verwertbarkeit je Erntemaschine

<b>Qualitäten</b>	<b>Keiler II</b>	<b>Keiler II L</b>	<b>Differenz</b>
Speiseanteil	84,12 %	74,18 %	9,94 %
Futteranteil	12,18 %	22,30 %	-10,12 %
Beimengungen (Feinerde, Steine, Kluten, Nassfäule)	3,70 %	3,52 %	0,18 %

Um die gelieferte Ware nach inneren und äußeren Mängeln unterscheiden zu können wurden sieben Tage später für beide Erntetechniken eine Qualitätskontrolle durchgeführt. In der Tabelle 10 sind die Ergebnisse der Mängelprüfung aufgezeigt.

Tab. 10: Ergebnisse der Mängelprüfung je Erntemaschine

<b>Mängelprüfung</b>	<b>Keiler II</b>	<b>Keiler II L</b>	<b>Differenzen der Qualitäten</b>
Probengröße	104,34 kg	105,38 kg	
mech. Beschädigungen mittel	1,11 kg 1,06 %	0,05 kg 0,05 %	1,01 %
mech. Beschädigungen schwer	1,79 kg 1,72 %	1,56 kg 1,48 %	0,24 %
<b>Äußere Mängel gesamt</b>	2,90 kg <b>2,78 %</b>	1,61 kg <b>1,53 %</b>	<b>1,25 %</b>
Schwarzfleckigkeit mittel	1,21 kg 1,16 %	0,60 kg 0,57 %	0,59 %
Schwarzfleckigkeit schwer	1,67 kg 1,60 %	2,38 kg 2,26 %	-0,66 %
<b>Innere Mängel gesamt</b>	2,88 kg <b>2,76 %</b>	2,98 kg <b>2,83 %</b>	<b>-0,07 %</b>
<b>Mängel gesamt</b>	5,78 kg <b>5,54 %</b>	4,59 kg <b>4,36 %</b>	<b>1,18 %</b>
Mängel frei	98,56 kg 94,46 %	100,79 kg 95,64 %	-1,18 %

Dabei hat sich gezeigt, dass die geernteten Kartoffeln des Keiler II L mit dem Überladebunker im Vergleich zu den geernteten Knollen des Keiler II mit dem Standardbunker insgesamt weniger Mängel aufzeigen. Besonders bei den äußeren Mängeln, wie z. B. angeschnittene Knollen oder Risse, überzeugt der Keiler II L mit 1,25 % weniger Beschädigungen als der Keiler II. Bei den inneren Mängeln weisen die Kartoffeln, welche mit dem Standardbunker oder geerntet wurden insgesamt weniger Mängel auf als die Kartoffeln, welche mit dem Überladebunker oder geerntet wurden. Doch bei der Schwere der inneren Beschädigungen zeigt sich, dass der Keiler II L schwerwiegendere Beschädigungen hinsichtlich der Schwarzfleckigkeit hervorgerufen hat als der Keiler II.

#### 4.4 Produktivität der Erntetechniken

In diesem Versuch wurde die Produktivität allein auf den Ernteprozess der Kartoffeln gelegt und es soll geklärt werden, wie viel Prozent durch den Einsatz des Überladebunkeroder im Vergleich zum Standardbunkeroder eingespart werden können. In die Betrachtung fließen

neben den zeitlichen Parametern auch die Feldverluste und die erhobenen Qualitäten der Kartoffeln ein. Um den Vergleich der beiden Maschinen deutlich zu machen wurden innerhalb der einzelnen berechneten Parameter Differenzen zwischen den Maschinen gebildet. Dabei wurden die gemessenen und berechneten Faktoren des Keiler II mit dem Standardbunker als Referenzobjekt genutzt und der Keiler II L mit dem Überladebunker wurde dazu ins Verhältnis gesetzt. Um nun ein Ergebnis der Produktivität bestimmen zu können wurden die Unterschiede zwischen den beiden Maschinen aufsummiert. In der Tabelle 11 sind die einzelnen Differenzen innerhalb der Parameter aufgezeigt.

*Tab. 11: Ergebnis der Einsparung des Keiler II L im Vergleich zum Keiler II*

<i>Zeitliche Differenz der Kartoffelroder</i>	14,06 %
<i>Differenz der Feldverluste der Kartoffelroder</i>	+ 17,28 %
<i>Differenz der Mängel der Kartoffeln</i>	+ 1,18 %
<b><u>Einsparung des Keilers II L</u></b>	<b><u>Σ 32,52 %</u></b>

Aus der Tabelle geht hervor, dass der Keiler II L mit dem Überladebunker im Vergleich zum Keiler II mit dem Standardbunker insgesamt 32,52 % einspart.

## 5 Diskussion

Die Analyse der Daten zeigte, dass durch den Einsatz des Keiler II L im Vergleich zum Keiler II eine Gesamteinsparung von 32,52 % ermöglicht werden kann. Diese Einsparung setzt sich aus verschiedenen Zeiten, den Feldverlusten sowie den inneren und äußeren Mängeln der Kartoffeln zusammen.

Innerhalb der Zeitmessungen wurden fünf verschiedene Zeiten gemessen und ausgewertet. Insgesamt rodete der Überladebunkerroder des LTZ Chemnitz die Fläche von 1,17 ha 7,68 % schneller, was ca. 11 Min. entspricht, als der Standardbunkerroder der Agrargenossenschaft Schönberg. Der größte prozentuale Unterschied liegt bei der Zeit für einen vollen Bunker. Die Zeiten für den vollen Bunker des Überladebunkerrodors wurden jeweils ab dem Einsetzen der Dammaufnahme bis zum Beginn des Überladeprozesses gemessen. Bei dem Standardbunkerroder wurde die Zeit gestoppt sobald die Maschine aus dem Damm gefahren ist. Dort konnte der Keiler II L mit 52,84 %, was ca. 5 Min. entspricht, einen deutlichen Unterschied im Vergleich zum Keiler II erzielen. Zum einen liegt das am kleineren Bunkervolumen der Maschine und zum anderen an der Fahrgeschwindigkeit während des Ernteprozesses. Der Keiler II L kann in dem Bunker maximal 5,5 t aufnehmen und während des Rodevorgangs betrug die durchschnittliche Fahrgeschwindigkeit dieser Maschine 6,5 km/h. Der Keiler II mit dem Standardbunker besitzt ein maximales Bunkervolumen von 7,2 t und ist während des Rodevorgangs ca. 5,0 km/h gefahren. Neben der Zeit für einen vollen Bunker konnte der Überladebunkerroder schneller das Erntegut an das Transportfahrzeug übergeben, was einer Einsparung von 19,42 % entspricht. Die Zeit für das Überladen wurde bei dem Standardbunkerroder gemessen sobald dieser die Kartoffeldämme verließ und den Bunker anhob. Der Abbunkervorgang war dann beendet als der Bunker abgesenkt war und das Bunkerbefüllband sich ebenfalls in den Bunker vollständig abgesenkt hatte. Bei dem Überladebunkerroder wurde mit der Zeitmessung begonnen als das Transportfahrzeug neben dem Vollernter eingetroffen war und sich das Bunkersiebband Richtung Transporteinheit bewegte. Gestoppt wurde der Vorgang sobald das Bunkersiebband leer war und dieses stoppte. Werden hierbei die Zeiten miteinander verglichen, zeigt sich ein minimaler Unterschied von 25 Sec. zwischen den Maschinen. Diese Zeitdifferenz kann von verschiedenen Parametern beeinflusst werden, wie z. B. den Erfahrungen und dem fahrerischen Können der Roderfahrer sowie das der Abfahrer. Jedoch ist der Überladebunkerroder nicht in allen aufgenommenen Zeiten schneller als der Standardbunkerroder. Während des Anrodens war der Keiler II L ca. 10 Min. langsamer als der Keiler II. Diese Differenz entspricht 29,46 %. In die Anrodezeit fließt neben dem reinen Rodeprozess auch das Überladen und Umlenken der

Maschinen ein. Mit der Zeitmessung wurde begonnen sobald die Maschine die Dammaufnahme aktivierte und den ersten Anrodedamm aufnahm. Beendet war das Anroden sobald die Pflegespur frei gerodet war und die Maschinen aus dem zweiten Anrodedamm führen. Der zeitliche Unterschied liegt vor allem an dem geringeren Bunkervolumen des Überladebunkerrodgers. So musste dieser auf der Länge von 780 m einmal Abbunkern. Dafür benötigt die Maschine mehr Platz und muss sich 3,00 m Freiraum schaffen, damit das Transportfahrzeug neben die Erntemaschine passt. Für diesen Überladeprozess muss auch der Überladebunkerroder stehen bleiben. Insgesamt konnten hinsichtlich der Zeit 14,06 % durch den Überladebunkerroder eingespart werden.

Die Feldverluste wurden im Anschluss an die beiden Ernteprozesse durchgeführt. Dabei wurden innerhalb der beiden Versuchspartzellen an jeweils 10 verschiedenen Stellen die Kartoffelanzahl und deren Größe ermittelt. Die Knollendurchmesser wurden mittels einem Boniturrahmens der Firma Bayer bestimmt. Bei dieser Vorgehensweise handelte es sich um Momentaufnahmen. Insgesamt erzielten der Überladebunkerroder über alle Kartoffelgrößen hinweg 237,50 Knollenverluste und der Standardbunkerroder verursachte hingegen 143,75 Kartoffelverluste während der Bonitur. Dies ist ein Unterschied von ca. 93 Knollen. Der Keiler II L verursachte in den kleinen Durchmessern, 25 bis 37 mm, Verluste in Höhe von 206,25 Stück. Dies sind 106 mehr als im Vergleich zum Keiler II. Jedoch fließen diese Größen in die prozentualen Gesamtverluste je Maschine nicht ein, da es sich dabei um „Drilling“ handelt. Außerdem fallen diese kleineren Größen mit den Steinen und Kluten aus der Maschine. Würde dies nicht der Fall sein, wäre der Beimengeanteil sehr hoch und die Verstopfungsgefahr erhöht sich. Werden nun die Durchmesser von 55 bis 70 mm betrachtet, erzielte der Standardbunkerroder (30,43 %) höhere Verluste als der Überladebunkerroder (13,16 %), was einen Unterschied von 17,28 % umfasst. Der größte Unterschied innerhalb der Feldverluste zeigte sich innerhalb des Knollendurchmessers von 60 mm. Dort erzielte der Standardbunkerroder des landwirtschaftlichen Unternehmens 25 Stück pro Quadratmeter, was 17,39 % der Gesamtverluste des Roders entsprechen. Der Überladebunkerroder des LTZ Chemnitz erzielte in dieser Größe 2,63 %, was 6,25 Knollen/m<sup>2</sup> entsprechen. Dieser prozentuale Unterschied liegt zum einen an den vorherrschenden Feldbedingungen. Auf dem Feld standen große Begleitpflanzen, wie Raps und Kamille. Diese führen dazu, dass die Kartoffeln über das Krautband auf das Beimengenband innerhalb der Maschinen gelangen und so auf das Feld ausgetragen werden. Im Anhang 2 befinden sich mehrere Abbildungen der vorherrschenden Feldbedingungen. Neben den Verlusten innerhalb des Durchmessers von 60 mm, zeigte sich innerhalb der 70 mm Knollendurchmesser eine Steigerung der

verlorenen Knollen bei dem Keiler II L. Dieser verursachte in den Größen 55 bis 65 mm kontinuierlich die gleichen Verluste von 2,63 %. In der Größe 70 mm stiegen die Verluste auf 5,26 % an. Der Keiler II zeigte in dieser Größe keine Verluste. Diese Steigerung innerhalb dieses Durchmessers liegt zum einen an den steinig und klutenreichen Bedingungen innerhalb der Versuchspartizelle des Überladebunkerrodgers. Aber auch während des Überladeprozesses auf die nebenherfahrenden Fahrzeuge fielen Kartoffeln neben das Transportfahrzeug, weil die Transportfahrer diesen Prozess innerhalb der Kartoffelernte nicht kannten.

Neben den zeitlichen Parametern und den Feldverlusten zählt die Knollenqualität als wichtiger Faktor für die Verarbeitung und die damit verbundene Abschöpfung. Da die Kartoffeln einen hohen Wassergehalt aufweisen sind sie anfällig für Verletzungen im Inneren und Äußeren der Knollen. Zu den häufigsten äußeren Verletzungen, welche durch die Rodetechnik verursacht werden, zählen angeschnittene Knollen, Risse oder Druckstellen. Bei den inneren Verletzungen tritt durch aggressives Roden Schwarzfleckigkeit auf, was zu Fäulen während der Lagerung führt und somit die Verarbeitung der Kartoffeln nicht möglich ist. Um die Erntetechniken hinsichtlich des schonenden Rodens beurteilen zu können wurden von jedem Transportfahrzeug Rückstellproben gezogen und später durch die friweika-eigenen Gutachter bewertet. Von jeder Versuchspartizelle wurden zwei Mischproben gezogen, welche am Erntetag und eine Woche später beprobt wurden. Bei dem Tagesgutachten wurden die angelieferten Knollen in die Speise- und Futteranteile sowie den Beimengungen unterteilt. Jedoch werden dabei alle Mängel, welche auch nicht von der Erntetechnik stammen, mit eingerechnet und somit ist keine klare Differenzierung möglich. Nach dem die Kartoffeln eine Woche in der Friweika gelagert waren, wurde eine Qualitätskontrolle der Partien durchgeführt. Dabei wurde allein auf die äußeren mechanischen Beschädigungen und der im Inneren entstandenen Schwarzfleckigkeit geachtet. Innerhalb der Mängel wurde zudem eine Differenzierung zwischen mittel und schwer getroffen. Zu den mittleren Beschädigungen zählen die Verletzungen in einer Tiefe von 1,8 bis 5,0 mm und die schweren Verletzungen reichen tiefer als 5,1 mm in die Knolle hinein. Insgesamt verursachte der Keiler II L mit dem Überladebunker innerhalb der äußeren Mängel 1,25 % weniger Beschädigungen als der Keiler II mit dem Standardbunker. Dies ist dem tieferen Rodehorizont des Überladebunkerrodgers zuzuschreiben, wodurch zusätzlich viel Erde auf die erste Siebkette transportiert wird und die Knollen in der Erde noch eingebettet sind. Doch werden die inneren Mängel betrachtet zeigt sich, dass der Überladebunkerrodger aggressiver gerodet hat als der Standardbunkerrodger. Der Keiler II L erzielte hier 0,07 % mehr beschädigte Knollen. Dies ist zwar kein großer Unterschied, jedoch kann dies zu größeren Verlusten während der

Lagerung führen. Werden hier die Maschineneinstellungen (siehe Anhang 3) der Roder mit einbezogen, zeigt sich, dass der Keiler II L mit deutlich höheren Drehzahlen der Trennaggregate gearbeitet hat. Auf der ersten Siebkette befindet sich ein Schüttler, welcher große Kluten und Erde zerkleinert. Der Keiler II L ist während des gesamten Rodeprozesses mit der intensivsten Stufe (20) des Schüttlers gefahren. Auch die erste und zweite Siebkette drehten sich bei dem Überladebunkerroder 20 u/min schneller als die des Standardbunkerroders. Es wird dadurch die Erde schneller aus dem Gutstrom getrennt, jedoch kann so auch ein Aufspringen der Kartoffeln erzeugt werden und die Knollen sind im Inneren verletzt. Auch die Igelbänder 1 bis 4 drehten sich deutlich schneller als bei dem Keiler II. Dadurch wird die Hafterde entfernt. Allerdings ändern die Knollen auf diesen Bändern mehrmals ihre Richtung und knallen an die gummierten Ableitwalzen wodurch ebenfalls die Schwarzfleckigkeit entsteht. Insgesamt konnte der Keiler II L während des Rodeprozesses, durch die schneller drehenden Trennaggregate, eine höhere Durchschnittsfahrgeschwindigkeit generieren, wodurch es dennoch zu höheren inneren Beschädigungen kam. Werden nun die inneren und äußeren Mängel zusammengefasst fällt auf, dass der Keiler II L dennoch 1,19 kg weniger Knollenmängel generiert hat, was 1,18 % entsprechen. Dieser geringe Unterschied sollte jedoch stärker betrachtet werden als die Feldverluste, denn daraus können deutlich höhere Lagerverluste und schlussendlich keine Verarbeitung der Kartoffeln erfolgen.

Aus all den aufgenommenen Parametern ergibt sich eine Gesamteinsparung des Keiler II L im Vergleich zum Keiler II von 32,52 % und somit kann die anfangs erwähnte Hypothese bestätigt werden. Der Keiler II L konnte durch die schneller arbeitenden Trennaggregate eine höhere Fahrgeschwindigkeit und geringere Feldverluste von Kartoffeln generieren. Jedoch wurden höhere innere Beschädigungen durch das aggressive Roden und Trennen verursacht, was zu höheren Lagerverlusten führt.

## 6 Zusammenfassung

Die Kartoffel zählt zu den wichtigsten Kulturpflanzen weltweit. Allerdings ist deren Anbauumfang seit Jahren rückläufig, was vor allem durch den Wegfall als Futtermittel in der Schweinehaltung begründet ist. Die Knolle kann in vielseitigen Verwendungsbereichen eingesetzt werden. Über die industrielle Veredlung (Stärke- und Alkoholgewinnung) bis hin zu Speisekartoffeln und deren Weiterverarbeitung zu bspw. Kloßmasse oder Kartoffelsalat. In Sachsen werden die Speisekartoffeln vorrangig von der Friweika im Zwickauer Land angenommen und veredelt. Dafür nutzt das Unternehmen unter anderem 12 verschiedene Sorten, von mehlig kochend bis hin zu festkochend. Die Agrargenossenschaft Schönberg zählt zu einer der Erzeuger im Einzugsgebiet des verarbeitenden Unternehmens. Das landwirtschaftliche Unternehmen baut auf rund 160 ha Speisekartoffeln unterschiedlicher Sorten an und liefert diese direkt an die Friweika. Für die Kartoffelernte werden zurzeit drei Bunkermaschinen von ROPA und Grimme genutzt. Um den Ernteablauf produktiver gestalten zu können sollte eine Gegenüberstellung von einem ROPA Keiler II mit einem ROPA Keiler II L erfolgen. Dieser Vergleich wurde mittels eines Feldversuches auf einer Fläche der AG Schönberg durchgeführt. Es wird davon ausgegangen, dass durch den Einsatz des Keiler II L eine Steigerung des Ernteablaufs von 30 % im Vergleich zum Keiler II erfolgt. Die beiden Maschinen sind grundsätzlich gleich aufgebaut und besitzen die identische Anzahl an Trennaggregaten. Jedoch liegt der wesentliche Unterschied in der Bunkerausstattung. Der Keiler II besitzt einen starren Bunker mit einem Bunkertuch, welches während des Überladeprozess den Rodevorgang stoppen muss. Der Keiler II L besitzt einen sogenannten Überladebunker, welcher aus einem Rollboden, einer Überleitwalze und einer Siebkette besteht. Dies ermöglicht dem Roder parallel während des Erntevorgangs auf ein nebenherfahrendes Transportfahrzeug die Kartoffeln zu laden. Während des Versuchs wurden fünf verschiedene Zeiten gemessen, die Feldverluste nach den Erntedurchgängen erhoben und die gelieferten Kartoffeln wurden nach einer Stand- und Ruhezeit von einer Woche auf äußere und innere Beschädigungen kontrolliert. Der Keiler II L rodete die Versuchsfläche von 1,17 ha insgesamt schneller. Aber die Maschine benötigt für das Anroden der Fläche etwa 5 Min. länger als der Keiler II. Dies ist vor allem dem geringeren Bunkervolumen des Keiler II L zuzuschreiben, so muss während des Anrodens übergeladen und dafür benötigt die Maschine mehr Platz. Bei den Feldverlusten erzeugte der Überladebunkerroder deutlich mehr Verluste innerhalb der kleineren Knollendurchmesser (25 – 37 mm). Diese Größen fließen in die Verlustberechnung nicht mit ein, da es sich dabei um Drillinge handelt, welche mit den Steinen und Kluten eh aus der Maschine befördert werden. Innerhalb der Durchmesser 55 bis 70 mm

verursachte der Keiler II deutlich mehr Verluste, was zu einer Differenz von rund 17 % führt. Innerhalb der Qualitätsbewertung erzielte der Keiler II L weniger äußere Beschädigungen. Jedoch traten gehäuft schwere Schwarzfleckigkeit im Inneren der Knollen auf. Dies ist vor allem den höheren Drehzahlen der Trennaggregate des Überladebunkerroders zuzuschreiben. Insgesamt verursachte der Keiler II L innerhalb der Mängelprüfung 1,28 % weniger Knollenmängel als der Keiler II. Aus all diesen genannten Parametern ergibt sich somit eine Gesamteinsparung des Keiler II L im Vergleich zum Keiler II von 32,52 %. Somit rodet ein Keiler II L rund 1/3 produktiver als ein Keiler II.

In dem durchgeführten Versuch wurde lediglich der Keiler II L mit einem Keiler II verglichen. In dem landwirtschaftlichen Unternehmen werden, wie bereits erwähnt, für den Ernteprozess zwei Keiler II und ein Vollernter des Herstellers Grimme genutzt. Es bleibt daher offen, ob durch den Einsatz eines Keiler II L die bisherige Rodeleistung mehrerer Maschinen produktiver gestaltet werden kann.

## 7 Abstract

The potato is one of the most important crops worldwide. However, its cultivation has been on the decline for years, mainly due to the fact that it is no longer used as animal feed in pig farming. The tuber can be used in a wide range of applications. From industrial processing (starch and alcohol production) to table potatoes and their further processing into, for example, dumplings or potato salad. In Saxony, the table potatoes are primarily collected and processed by Friweika in the Zwickauer Land region. Among other things, the company uses 12 different varieties, from floury to waxy. The agricultural company Schönberg is one of the producers in the processing company's catchment area. The agricultural company cultivates around 160 hectares of table potatoes of different varieties and supplies them directly to Friweika. Three bunker machines from ROPA and Grimme are currently used for the potato harvest. In order to make the harvesting process more productive, a comparison of a ROPA Keiler II with a ROPA Keiler II L was to be made. This comparison was carried out by means of a field trial on an area belonging to agricultural company Schönberg. It is assumed that the use of the Keiler II L increases the harvesting process by 30 % compared to the Keiler II. The two machines have the same basic design and the same number of separating units. However, the main difference lies in the bunker equipment. The Keiler II has a rigid bunker with a bunker cloth, which must stop the harvesting process during the loading process. The Keiler II L has a so-called transfer bunker, which consists of a rolling floor, a transfer roller and a sieve chain. This enables the harvester to load the potatoes onto an adjacent transport vehicle in parallel during the harvesting process. During the trial, five different times were measured, the field losses were recorded after the harvesting passes and the delivered potatoes were checked for external and internal damage after a standing and resting period of one week. The Keiler II L harvested the test area of 1.17 ha faster overall. However, the machine takes about 5 minutes longer to harvest the area than the Keiler II. This is mainly due to the smaller bunker volume of the Keiler II L, as it has to be overloaded during the lifting process and the machine requires more space for this. In terms of field losses, the overloading bunker harvester generated significantly more losses within the smaller tuber diameters (25 - 37 mm). These sizes are not included in the loss calculation, as these are triplets, which are transported out of the machine with the stones and clods anyway. Within the 55 to 70 mm diameter range, the Keiler II caused significantly more losses, resulting in a difference of around 17 %. Within the quality assessment, the Keiler II L caused less external damage. However, severe black spotting inside the tubers occurred more frequently. This is mainly due to the higher number of rotations of the separating units of the

overloading bunker harvester. Overall, the Keiler II L caused 1.28 % fewer tuber defects during the defect test than the Keiler II. All of these parameters result in an overall saving of 32.52 % for the Keiler II L compared to the Keiler II. This means that a Keiler II L harvests around 1/3 more productively than a Keiler II.

In the test conducted, only the Keiler II L was compared with a Keiler II. As already mentioned, the agricultural company uses two Keiler IIs and a Grimme harvester for the harvesting process. It therefore remains to be seen whether the previous harvesting performance of several machines can be made more productive by using a Keiler II L.

## Literaturverzeichnis

Ahrens, Sandra (2023): Anbaufläche von Kartoffeln in ausgewählten weltweiten Ländern im Jahr 2022. Hg. v. Statista. Online verfügbar unter <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/609779/umfrage/ernteflaeche-von-kartoffeln-in-ausgewaehlten-laendern-weltweit/>, zuletzt geprüft am 02.10.2024.

Ahrens, Sandra (2024a): Anbaufläche von Kartoffeln in ausgewählten Ländern der Europäischen Union im Jahr 2023. Hg. v. Statista. Online verfügbar unter <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/28984/umfrage/anbauflaeche-fuer-kartoffeln-in-ausgewaehlten-laendern-der-eu/>, zuletzt geprüft am 02.10.2024.

Ahrens, Sandra (2024b): Anbaufläche von Kartoffeln in Deutschland in den Jahren 1999 bis 2024. Hg. v. Statista. Online verfügbar unter <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/162315/umfrage/entwicklung-der-anbauflaeche-fuer-kartoffeln-seit-1999/>, zuletzt geprüft am 05.10.2024.

Ahrens, Sandra (2024c): Anbaufläche von Kartoffeln in Deutschland nach Bundesländern im Jahr 2024. Hg. v. Statista. Online verfügbar unter <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/191467/umfrage/anbauflaeche-fuer-kartoffeln-nach-bundesland/>, zuletzt geprüft am 02.10.2024.

Ahrens, Sandra (2024d): Ertrag je Hektar Anbaufläche von Kartoffeln in Deutschland in den Jahren 2009 bis 2024. Hg. v. Statista. Online verfügbar unter <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/323573/umfrage/hektarertrag-von-kartoffeln-in-deutschland/>, zuletzt geprüft am 03.10.2024.

Anonymus (2019): Chronik. Hg. v. Friweika. Online verfügbar unter <https://friweika.de/unternehmen/chronik/>, zuletzt geprüft am 29.10.2024.

Anonymus (2021): Grimme EVO 280 mit NonstopBunker & Triebachse. Bunkerroder. Weitere Beteiligte: Grimme Landmaschinen. Videofilm, zuletzt geprüft am 09.11.2024.

Anonymus (2022): Kartoffelsorten. Hg. v. Friweika. Online verfügbar unter <https://friweika.de/kartoffelsorten/>, zuletzt geprüft am 07.11.2024.

Anonymus (2024a): Erntetechnik. Hg. v. Grimme. Online verfügbar unter <https://products.grimme.com/de/o/kartoffeltechnik/erntetechnik-kartoffel>, zuletzt geprüft am 07.11.2024.

Anonymus (2024b): Historie. Hg. v. Ropa Fahrzeug- und Maschinenbau GmbH. Online verfügbar unter <https://www.ropa-maschinenbau.de/unternehmen/historie/>, zuletzt geprüft am 07.11.2024.

Anonymus (2024c): Roder. Hg. v. AVR Machinery. Online verfügbar unter <https://avr.be/de/category/2>, zuletzt aktualisiert am 07.11.2024, zuletzt geprüft am 07.11.2024.

Anonymus (2024d): Ropa Keiler 2 RK22. Hg. v. Ropa Fahrzeug- und Maschinenbau GmbH. Online verfügbar unter <https://www.ropa-maschinenbau.de/produkte/kartoffeltechnik/keiler-2-rk22/>, zuletzt geprüft am 13.11.2024.

Anonymus (2024e): Selbstfahrende Erntetechnik. Hg. v. Grimme. Online verfügbar unter <https://products.grimme.com/de/o/kartoffeltechnik/selbstfahrende-erntetechnik-kartoffel>, zuletzt geprüft am 07.11.2024.

Anonymus (2024f): WR 200. Hg. v. Grimme. Online verfügbar unter <https://products.grimme.com/de/p/wr-200>, zuletzt geprüft am 07.11.2024.

Bräunig, Arnd (2021): Lössboden. Boden des Jahres 2021. Hg. v. LfULG. Online verfügbar unter <https://www.boden.sachsen.de/loessboden-boden-des-jahres-2021-23737.html>, zuletzt geprüft am 18.11.2024.

Bundessortenamt (Hg.) (2024): Beschreibende Sortenliste. Kartoffel. 2024. Online verfügbar unter [https://www.bundessortenamt.de/bsa/media/Files/BSL/bsl\\_kartoffel\\_2024.pdf](https://www.bundessortenamt.de/bsa/media/Files/BSL/bsl_kartoffel_2024.pdf), zuletzt geprüft am 29.10.2024.

Europlant (Hg.) (2021a): Bernina. Online verfügbar unter <https://www.europlant.biz/sortiment/pdf/bernina/>, zuletzt geprüft am 29.10.2024.

Europlant (Hg.) (2021b): Isabelia. Online verfügbar unter <https://www.europlant.biz/sortiment/pdf/isabelia/>, zuletzt geprüft am 29.10.2024.

Europlant (Hg.) (2021c): Solara. Online verfügbar unter <https://www.europlant.biz/sortiment/pdf/solara/>, zuletzt geprüft am 29.10.2024.

Europlant (Hg.) (2022a): Laura. Online verfügbar unter <https://www.europlant.biz/sortiment/pdf/laura/>, zuletzt geprüft am 29.10.2024.

Europlant (Hg.) (2022b): Simonetta. Online verfügbar unter <https://www.europlant.biz/sortiment/pdf/simonetta/>, zuletzt geprüft am 29.10.2024.

Franke, Johannes (2019): 2018 - Wetter trifft auf Klima. Hg. v. LfULG. Dresden. Online verfügbar unter [https://www.klima.sachsen.de/download/Jahresrueckblick2018\\_Fachbeitrag\\_2019-01-24\\_final.pdf](https://www.klima.sachsen.de/download/Jahresrueckblick2018_Fachbeitrag_2019-01-24_final.pdf), zuletzt geprüft am 14.10.2024.

Hack, H.: Phänologische Entwicklungsstadien der Kartoffel. (*Solanum tuberosum* L.). Unter Mitarbeit von H. Gall, Th. Klemke, R. Klose, U. Meier, R. Stauß und A. Witzemberger. In: Nachrichtenblatt des Deutschen Pflanzenschutzdienstes, Bd. 45, S. 11–19. Online verfügbar unter [https://www.openagrar.de/servlets/MCRFileNodeServlet/openagrar\\_derivate\\_00035787/93-002.pdf](https://www.openagrar.de/servlets/MCRFileNodeServlet/openagrar_derivate_00035787/93-002.pdf), zuletzt geprüft am 14.10.2024.

HZPC (Hg.) (2024): Noblesse. Online verfügbar unter [https://web.hzpc.com/teeltbeschrijving/NOBLESSE\\_C\\_DE.PDF](https://web.hzpc.com/teeltbeschrijving/NOBLESSE_C_DE.PDF), zuletzt geprüft am 29.10.2024.

Kaul, Hans-Peter; Kautz, Timo; Léon, Jens (2022): Ackerbau, Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung. 5. vollst. überarb. Aufl. Stuttgart: utb GmbH. Online verfügbar unter <http://nbn-resolving.org/urn:nbn:de:bsz:24-epflicht-2034947>.

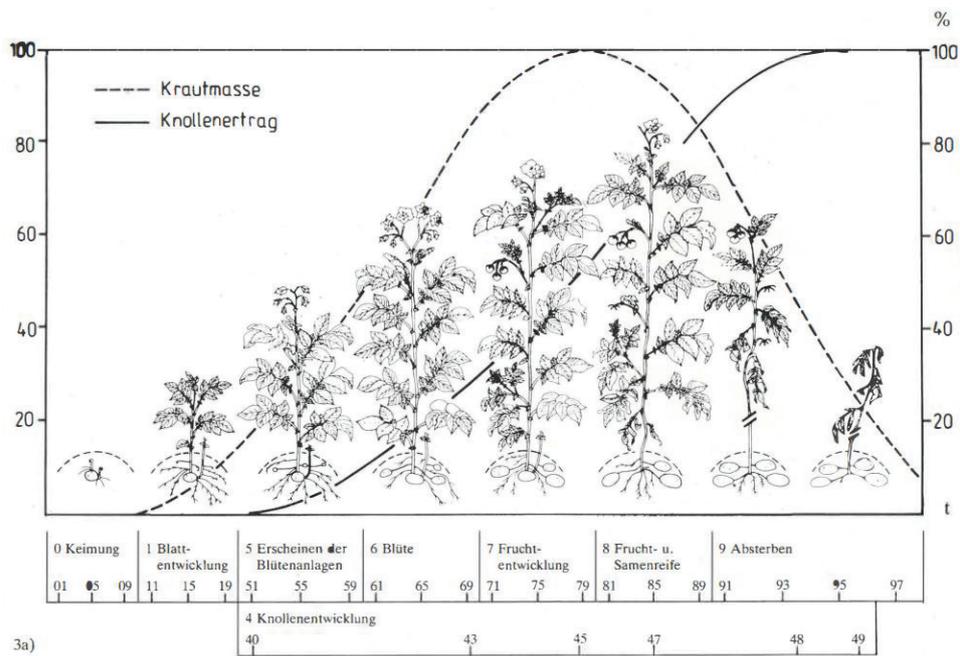
Kruse, Dennis (2019): Original Betriebsanleitung Keiler 2. Hg. v. Ropa Fahrzeug- und Maschinenbau GmbH. Online verfügbar unter [https://www.ropa-maschinenbau.de/site/assets/files/6285/e901396de\\_ausgabe\\_2\\_0\\_betriebsanleitung\\_keiler\\_2\\_generation\\_1\\_150dpi.pdf](https://www.ropa-maschinenbau.de/site/assets/files/6285/e901396de_ausgabe_2_0_betriebsanleitung_keiler_2_generation_1_150dpi.pdf), zuletzt geprüft am 13.11.2024.

- Kruse, Dennis (2023): Betriebsanleitung Keiler 2. Hg. v. Ropa Fahrzeug- und Maschinenbau GmbH. Online verfügbar unter [https://www.ropa-maschinenbau.de/site/assets/files/41756/e901396de\\_ausgabe\\_6\\_1\\_betriebsanleitung\\_keiler\\_2\\_generation\\_1\\_150dpi.pdf](https://www.ropa-maschinenbau.de/site/assets/files/41756/e901396de_ausgabe_6_1_betriebsanleitung_keiler_2_generation_1_150dpi.pdf), zuletzt geprüft am 16.09.2024.
- Lochner, Horst; Breker, Johannes (2012): Agrarwirtschaft: Fachstufe Landwirt. Fachtheorie für pflanzliche Produktion: Planen, Führen, Verwerten und Vermarkten von Kulturen; tierische Produktion: Haltung, Fütterung, Zucht und Vermarkten von Nutztieren; Energieproduktion: Erzeugen und Vermarkten regenerativer Energie. 9., überarb. Aufl., Neuausg. München: BLV Buchverl.
- Meijer Potato (Hg.) (2023): Melody. Online verfügbar unter <https://www.meijerpotato.com/files/de-anbauempfelung-melody-3.pdf>, zuletzt geprüft am 29.10.2024.
- Nitsch, Albrecht (2020): Praxishandbuch Kartoffelbau. 3. Auflage. Clenze: Agrimedia (Themenbibliothek Kartoffel).
- Norika (Hg.) (2024a): Sortenkatalog. Gala. Online verfügbar unter <https://norika.biz/Sortenkatalog>, zuletzt geprüft am 29.10.2024.
- Norika (Hg.) (2024b): Sortenkatalog. Mia. Online verfügbar unter <https://norika.biz/Sortenkatalog>, zuletzt geprüft am 01.11.2024.
- Norika (Hg.) (2024c): Sortenkatalog. Wega. Online verfügbar unter <https://norika.biz/Sortenkatalog>, zuletzt geprüft am 29.10.2024.
- Norika (Hg.) (2024d): Sortenkatalog. Wendy. Online verfügbar unter <https://norika.biz/Sortenkatalog>, zuletzt geprüft am 29.10.2024.
- Parihar, Neeraj Singh; Sharma, Sushil; Khar, Sanjay (2024): Factors Affecting the Performance of a Potato Digger. A Review. In: *Potato Res.* 67 (4), S. 1563–1580. DOI: 10.1007/s11540-024-09704-5.
- Ropa Fahrzeug- und Maschinenbau GmbH (Hg.) (2019): Keiler 2. Sittelsdorf.
- Schlathölter, Michaela (2024): Ölrettich. Nummer eins vor Kartoffeln - Saaten Union. Hg. v. Saaten Union. Online verfügbar unter <https://www.saaten-union.de/zwischenfruechte/sorten/oelrettich/oelrettich-nummer-eins-vor-kartoffeln/>, zuletzt geprüft am 21.11.2024.
- Schuhmann, Peter (Hg.) (2020): Warenkunde Kartoffel. Züchtung, Vermehrung, Anbau, Lagerung, Vermarktung, Verarbeitung. Clenze: Agrimedia (Themenbibliothek Kartoffel), zuletzt geprüft am 01.10.2024.
- Schuhmann, Peter (2023): Kartoffeln anbauen. Kompaktwissen. 1. Auflage. Clenze: Agrimedia (Themenbibliothek Kartoffeln).
- Solana (Hg.) (2020): Lilly. Online verfügbar unter [https://www.solana.de/files/newsolana/Kartoffelsorten/Anbaubeschreibungen%20Konsumware/Lilly%20-%20DE\\_Anbauempfehlung\\_Konsum.pdf](https://www.solana.de/files/newsolana/Kartoffelsorten/Anbaubeschreibungen%20Konsumware/Lilly%20-%20DE_Anbauempfehlung_Konsum.pdf), zuletzt geprüft am 29.10.2024.

## **Anhang**

1: Entwicklungsstadien der Kartoffel mit Krautmasse- und Knollenertragszunahme ..53	53
2: Vorherrschende Feldbedingungen auf „Remser Weg links“ .....54	54
3: Maschineneinstellungen während der Rodezeit beider Maschinen .....55	55
4: Versuchsprotokoll des Keiler II .....56	56
5: Versuchsprotokoll des Keiler II L .....57	57
6: Auswertung der Protokolle.....58	58

# 1: Entwicklungsstadien der Kartoffel mit Krautmasse- und Knollenertragszunahme



Quelle: Hack, S. 15

## 2: Vorherrschende Feldbedingungen auf „Remser Weg links“



### 3: Maschineneinstellungen während der Rodezeit beider Maschinen

<b>Trennaggregat</b>	<b>Keiler II</b>	<b>Keiler II L</b>
<b>Rodetiefe</b>	57 / 65	61 / 61
<b>Dammdruck</b>	28 / 36 Bar	15 / 15 Bar
<b>Schüttler 1. Siebkette</b>	8	20
<b>Siebkette 1</b>	150 u/min	170 u/min
<b>Siebkette 2</b>	160 u/min	180 u/min
<b>Krautband</b>	2 Stangen	2 Schnüre
<b>Igel 1</b>	130 u/min	170 u/min
<b>Igel 2</b>	110 u/min	170 u/min
<b>Igel 3</b>	100 u/min	140 u/min
<b>Igel 4</b>	90 u/min	160 u/min
<b>UFK 1</b>	85 %	95 %
<b>UFK 2</b>	85 %	95 %
<b>UFK Höhe 1</b>	9	16
<b>UFK Höhe 2</b>	4	0

## 4: Versuchsprotokoll des Keiler II

### Masterarbeit

Sieren, Sophie

Erntetechnikvergleich in der Kulturpflanze Kartoffel

Thema: Ein Vergleich des ROPA Keiler II und des ROPA Keiler II L.

### Protokoll des Erntevorgangs

Maschinentyp: Keiler II

Wartezeit:

Parameter	ermittelte Werte
Gesamtzeit des Rodevorgangs (in h, min, sec)	
Zeit des Anrodens (in h, min, sec)	
Zeit für einen vollen Bunker (in h, min, sec)	
Abbunkerzeit (in min, sec)	
Zeit zum Umlenken (in min, sec)	
benötigte Transporteinheiten + Spannform + Tonnage (Traktor + Mulde, Traktor + Anhängerzug, LKW + Mulde)	
Fahrtgeschwindigkeit (in km/h, Durchschnitt)	

	1	2	3	4	5
	sehr gut	gut	befriedigend	ausreichend	mangelhaft
<b>Bedienkomfort</b> (vom Fahrer selbst festgelegt)					
<b>Begründung</b>					
<b>Maschineneinstellungen</b>	<b>Wert</b>	<b>Einheit</b>	<b>Wert</b>	<b>Einheit</b>	<b>Wert</b>
Rodetiefe			Igel 2		
Dammdruck			Igel 3		
Schüttler 1. Siebkette			Igel 4		
Siebkette 1			UFK 1		
Siebkette 2			UFK 2		
Krautband (Anzahl Stangen und Schnüre)			UFK Höhe 1		
Igel 1			UFK Höhe 2		

Bonitur der Verluste auf der Versuchsfläche (70 cm Schrittmaß, 50 Schritte, an 10 versch. Stellen, Rahmengröße 40 x 40 cm)	Anzahl der Kartoffeln	Größe der Kartoffeln (im Ø)	aufgefallene Besonderheiten während der Bonitur
1.			
2.			
3.			
4.			
5.			
6.			
7.			
8.			
9.			
10.			

## 5: Versuchsprotokoll des Keiler II L

**Masterarbeit**

**Sieren, Sophie**

**Thema:** Erntetechnikvergleich in der Kulturpflanze Kartoffel  
Ein Vergleich des ROPA Keiler II und des ROPA Keiler II L.

**Protokoll des Erntevorgangs**

**Maschinentyp:** Keiler II L

**Wartezeit:**

Parameter	ermittelte Werte
<b>Gesamtzeit des Rodevorgangs</b> (in h, min, sec)	
<b>Zeit des Anrodens</b> (in h, min, sec)	
<b>Zeit für einen vollen Bunker</b> (in h, min, sec)	
<b>Abbunkerzeit</b> (in min, sec)	
<b>Zeit zum Umlenken</b> (in min, sec)	
<b>benötigte Transporteinheiten + Spannform + Tonnage</b> (Traktor + Mulde, Traktor + Anhängerzug, LKW + Mulde)	
<b>Fahrgeschwindigkeit</b> (in km/h, Durchschnitt)	

	1	2	3	4	5
	sehr gut	gut	befriedigend	ausreichend	mangelhaft
<b>Bedienkomfort</b> (vom Fahrer selbst festgelegt)					
<b>Begründung</b>					
<b>Maschineneinstellungen</b>	<b>Wert</b>	<b>Einheit</b>	<b>Wert</b>	<b>Einheit</b>	<b>Wert</b>
<b>Rodetiefe</b>			Igel 2		
<b>Dammdruck</b>			Igel 3		
<b>Schüttler 1. Siebkette</b>			Igel 4		
<b>Siebkette 1</b>			UFK 1		
<b>Siebkette 2</b>			UFK 2		
<b>Krautband</b> (Anzahl Stangen und Schnüre)			UFK Höhe 1		
<b>Igel 1</b>			UFK Höhe 2		

Bonitur der Verluste auf der Versuchsfläche (70 cm Schrittlmaß, 50 Schritte, an 10 versch. Stellen, Rahmengröße 40 x 40 cm)	Anzahl der Kartoffeln	Größe der Kartoffeln (im Ø)	aufgefallene Besonderheiten während der Bonitur
1.			
2.			
3.			
4.			
5.			
6.			
7.			
8.			
9.			
10.			

## 6: Auswertung der Protokolle

	ROPA Keiler II (Losnr. 406)			ROPA Keiler II L (Losnr. 407)			Differenz	
							Wert	Einheit
Gesamtzeit des Rodevorgangs	02:21:59			02:11:05			00:10:54	h:min:sec
Gesamtzeit des Rodevorgangs je ha	02:01:21			01:52:02			00:09:19	h:min:sec
Zeit des Anrodens	00:19:33			00:25:19			00:05:46	h:min:sec
Zeit für einen vollen Bunker	00:09:57	00:09:18	00:09:14	00:05:13	00:04:32	00:03:41	00:05:01	h:min:sec
	00:09:30			00:04:29				
Bunkeranzahl	8,75			11,75			3,00	
Abbunkerzeit	00:02:19	00:02:06	00:01:48	00:01:37	00:02:19	00:01:03	00:00:25	h:min:sec
	00:02:04			00:01:40				
Zeit zum Umlenken	00:00:32	00:01:17	00:01:15	00:01:11	00:00:42	00:00:33	00:00:13	h:min:sec
	00:01:01			00:00:49				
benötigte Transporteinheiten	John Deere 8410 + Wielton Mulde		1 x 15.180 t 1 x 13.400 t	John Deere 6250R + Annaburger Mulde		1 x 15.800 t 1 x 18.840 t		
	Case CVX 185 + Krampe Mulde		1 x 19.420 t	Case CVX 185 + Krampe Mulde		1 x 17.720 t		
	LKW MAN + Annaburger Mulde		1 x 19.180 t	John Deere 8410 + Wielton Mulde		1 x 16.380 t		
Tonnage	67,18			68,74			1,56	t
Ertrag in t/ha	Rohware-ertrag	64,7	<u>55,30</u>	Rohware-ertrag	66,32	<u>56,68</u>	<u>55,99</u>	t/ha
Fahrgeschwindigkeit	5,05			6,5			1,45	km/h

	Knollen- größe	0,16 m <sup>2</sup>		1 m <sup>2</sup>		Anzahl Knollen- differenz/m <sup>2</sup>	
		0,16 m <sup>2</sup>	1 m <sup>2</sup>	0,16 m <sup>2</sup>	1 m <sup>2</sup>		
Knollenverluste	25 mm	10	62,50	25 mm	12	75,00	12,5
	28 mm	0	0,00	28 mm	6	37,50	37,5
	30 mm	4	25,00	30 mm	5	31,25	6,25
	32 mm	1	6,25	32 mm	2	12,50	6,25
	35 mm	1	6,25	35 mm	6	37,50	31,25
	37 mm	0	0,00	37 mm	2	12,50	12,5
	55 mm	2	12,50	55 mm	1	6,25	6,25
	60 mm	4	25,00	60 mm	1	6,25	18,75
	65 mm	1	6,25	65 mm	1	6,25	0
	70 mm	0	0,00	70 mm	2	12,50	12,5

<b>Qualität</b>	27,71 kg		29,45 kg			
<b>Probengröße</b>						
< 80 mm	3,24 kg	% 11,69	5,76 kg	% 19,56	2,52 kg 7,87 %	
< 70 mm	11,12 kg	% 40,13	14,79 kg	% 50,22	3,67 kg 10,09 %	
< 60 mm	7,74 kg	% 27,93	5,03 kg	% 17,08	2,71 kg 10,85 %	
< 50 mm	4,52 kg	% 16,31	3,01 kg	% 10,22	1,51 kg 6,09 %	
< 40 mm	0,51 kg	% 1,84	0,43 kg	% 1,46	0,08 kg 0,38 %	
< 35 mm	0,38 kg	% 1,37	0,17 kg	% 0,58	0,21 kg 0,79 %	
<b>Feinerde</b>	0,20 kg	% 0,72	0,26 kg	% 0,88	0,06 kg 0,16 %	
<b>Probengröße</b>	104,34 kg		105,38 kg			
<b>mech. Beschädigung mittel</b>	1,11 kg	% 1,06	0,05 kg	% 0,05	1,06 kg	
<b>mech. Beschädigung schwer</b>	1,79 kg	% 1,72	1,56 kg	% 1,48	0,23 kg	
<b>äußere Mängel gesamt</b>	2,9 kg	% 2,78	1,61 kg	% 1,53	1,29 kg 1,25 %	
<b>Schwarzfleckigkeit mittel</b>	1,21 kg	% 1,16	0,6 kg	% 0,57	0,61 kg	
<b>Schwarzfleckigkeit schwer</b>	1,67 kg	% 1,6	2,38 kg	% 2,26	0,71 kg	
<b>innere Mängel Gesamt</b>	2,88 kg	% 2,76	2,98 kg	% 2,83	0,1 kg 0,07 %	
<b>Mängel Gesamt</b>	5,78 kg	% 5,54	4,59 kg	% 4,36	1,19 kg	
<b>Mängelfrei</b>	98,56 kg	% 94,46	100,79 kg	% 95,64	2,23 kg	