Schlussbericht

zum Vorhaben

Thema:

Demonstrationsprojekt Arzneipflanzen (KAMEL); Optimierung einer Erntemaschine für Kamillenblüten zum serienreifen Produkt

Demonstration project Medical Plants (KAMEL); Optimization of a harvester for chamomile flowers to a marketable product

Zuwendungsempfänger:

MDW Mähdrescherwerke GmbH

Förderkennzeichen:

22019213 bzw. **13NR192**

Laufzeit:

15.03.2014 bis 14.03.2015

Datum der Veröffentlichung: 07.09.2016

Gefördert durch:

Bundesministerium
für Ernährung
und Landwirtschaft

aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

Inhaltsverzeichnis

Seite

1	Einleitung	3
2	Projektbewilligung und Projektablauf	3
3	Maschinenbauliche Maßnahmen	
4		
4	Ernteeinsatz in der Ernteperiode 2014	6
4.1	Allgemeine Beschreibung der Einsatzbedingungen	6
4.2	Methodik zu den Vergleichsmessungen KBEM'14 und LINZ III	9
4.3	Vergleichsmessungen KBEM'14 und LINZ III am 03.07. 2014 und 22.07.2014	11
4.4	Schlussfolgerungen aus den Vergleichsmessungen	15
5	Reinigung des Erntegutes durch Siebschnecken	16
5.1	Versuchsaufbau	16
5.2	Ergebnisse und Diskussion zur Siebung	17
5.3	Schlussfolgerungen zur Funktionsweise der Siebschnecken	20
6	Verwendungsnachweis	21
7	Notwendigkeit und Angemessenheit der geleisteten Arbeit	21
8	Verwertbarkeit der Ergebnisse	22
9	Fortschritt an anderen Stellen	22
10	Veröffentlichung der Ergebnisse	22
11	Zusammenfassung	22

Anlagenverzeichnis

Anlage 1	Teilnehmerliste zur Vorführung der Erntemaschine für Kamillenblüten am 03.07.2014 in Nöbdenitz	24
Tabelle A1	Zusammenstellung der Spritzverluste bei beiden Vergleichen	25
Tabelle A2	Abpflückgrad der KBEM'4und der Linz III	26
Tabelle A3	Zusammensetzung des Erntegutes	27
Tabelle A4	Zusammensetzung des Siebdurchganges in Abhängigkeit vom Siebabschnitt bei der Sieblochung 300 mm und der Schneckendrehzahl 250 1/min	28
Tabelle A5	Zusammensetzung des Siebdurchganges in Abhängigkeit vom Siebabschnitt bei der Sieblochung 20 mm und er Schneckendrehzahl 250 1/min	30

Tabelle A6 Durch Bildanalyse bestimmte Flächenanteile der Blüten und Nicht-Blütenteile in Abhängigkeit vom Siebabschnitt, den Sieblochungen und den Schneckendrehzahlen 32

1 Einleitung

Das Projekt hatte zum Ziel, das Funktionsmuster einer selbstfahrenden Erntemaschine zum Pflücken von Kamillenblüten (KBEM'14 Kamillenblütenerntemaschine, Version 2014) in eine Erntemaschine mit Klein-Serienreife zu überführen. Das Funktionsmuster der Erntemaschine basierte auf einem vorangegangenen, von der FNR geförderten Projekt mit dem Förderkennzeichen FKZ 22012309.

Beim Praxiseinsatz des Funktionsmusters KBEM'13 in der Ernteperiode 2013 hatte sich gezeigt, dass weiter Verbesserungen an der Erntemaschine vorgenommen werden müssen, um das volle Potential der Erntemaschine zu erschließen.

Das Projekt hatte zwei Hauptziele:

1 Optimierung der gefundenen Vorzugslösungen für das Pflücken, Einkürzen der Stängel, Absieben von Nicht-Blüten-Bestandteilen und Fördern der Kamillenblüten
2 Weiterentwicklung des Funktionsmusters zu einem serienreifen Prototypen.

Die unter Punkt 1 geplanten Maßnahmen zur Verbesserung der Maschine waren:

a) Neugestaltung der Zuführwalze mit größerem Innendurchmesser und einer Abdeckhaube
b) Modifikation der Schereinrichtung zum Stängeleinkürzen
c) Ausführen der Krautschnecke als Siebschnecke
d) Verstärkung der Pflücktrommelabdeckung
e) Verstärkung der Kammbefestigung auf der Pflücktrommel
f) Gesonderte hydraulische Absicherung des Pflücktrommelantriebs
g) Neukonstruktion und Fertigung eines Paddelelevators zur Beschickung des Blütenbunkers

Punkt 2 der geplanten Maßnahmen hatte das Ziel, nach der Projektlaufzeit eine serienreife Maschine vorliegen zu haben.

2 Projektbewilligung und Projektablauf

Für das Forschungsvorhaben wurden ab November 2013 im zweistufigen Antragsverfahren bei der FNR Fördermittel in Höhe von 50.000 EUR beantragt. Die finanzielle Förderung von maximal 50.000 EUR ergab sich dadurch, dass dieser Förderbetrag im vorangegangen Projekt nicht in Anspruch genommen worden ist. Auf Wunsch der FNR fungierte die Firma MDW Mähdrescherwerke GmbH als Antragsteller. Das Leibnitz-Institut für Agrartechnik Potsdam-Bornim was als Unterauftragnehmer involviert.

Um die Ernteperiode 2014 für das Projekt nutzen zu können, wurde ein Antrag auf vorzeitigen Maßnahmebeginn gestellt, der mit einem Bescheid der FNR vom 14.03.2014 zum 06.03.2014 genehmigt wurde.
Daraufhin wurde mit der Materialbeschaffung und den maschinenbaulichen Weiterentwicklungen der Erntemaschine begonnen. Die Arbeiten waren Anfang Juni abgeschlossen. Aufgrund des späten Projektbeginns war es nicht möglich, die neuen Baugruppen und die Änderungen an vorhandenen Baugruppen vor der Ernte zu testen.
Am 13.06. 2014 wurde die Erntemaschine zum Praxiseinsatz zur Agrargenossenschaft Nöbdenitz (Thüringen) umgesetzt.
Die neue Erntemaschine KBEM'14 wurde an 8 Einsatztagen getestet. An zwei der Einsatztage, dem 03.07.2014 und dem 22.07.2014, fanden Vergleichsfahrten zwischen der neuen Erntemaschine KBEM'14 und der alten Erntemaschine Linz III statt. Der Termin am 03.07.2014 wurde zur Vorführung der KBEM'14 genutzt. Eingeladen waren Landwirte, Vertreter der Expertenarbeitsgruppe Erntetechnik und der FNR (Teilnehmerliste Anlage 1).
Mit Schreiben vom 24.07.2014 erging der Zuwendungsbescheid.
Am letzten Erntetag der Erntekampagne in Nöbdenitz, dem 01.08.2014, fand ein stationärer Siebversuch statt, um die Abtrennfunktion der Siebschnecken der Erntemaschine zu testen.

3 Maschinenbauliche Maßnahmen

Aufgrund der Einsatzerfahrungen aus der Ernteperiode 2013 wurden am Pflückvorsatz der Erntemaschine (Abb. 1) in Vorbereitung auf die Ernteperiode 2014 maschinenbauliche Änderungen vorgenommen.

Die Zuführwalze im Frontbereich des Pflückvorsatzes wurde neu gestaltet, indem sie kürzere Borsten und ein im Durchmesser vergrößertes Mittelrohr erhielte. Damit sollte verhindert werden, dass Blüten und Stängel in den Borsten hängen bleiben.

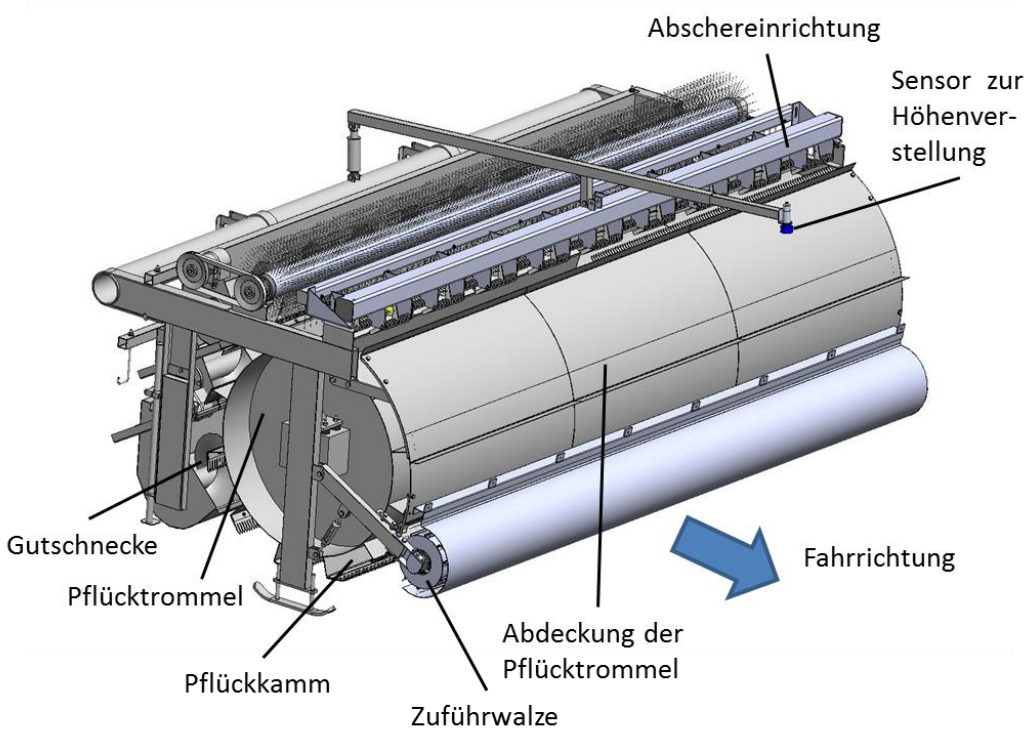

Abb. 1: Gesamtansicht des Pflückvorsatzes

Zur besseren Fremdkörperabsicherung wurden die Pflückkämme mit Verstärkungsblechen ausgestattet. Zusätzlich erhielt der hydraulische Antrieb der Pflücktrommel eine einstellbare Drossel, um das Antriebsmoment der Pflücktrommel auf einen bauteilschonenden Maximalwert begrenzen zu können.

Die Abschereinrichtung zum Einkürzen von Stängelenden an den Blütenköpfen wurde modifiziert. Die Scherfinger wurden in zwei Reihen angeordnet und die Fingereinheiten wurden so konstruiert, dass sie einzeln ausgetauscht werden können (Abb. 1, 2). Die Finger der Abschereinrichtung wurden so angeordnet, dass sie bei den Kammleisten in die Zwischenräume der Kämme greifen und die dort befindlichen Stängel abscheren.

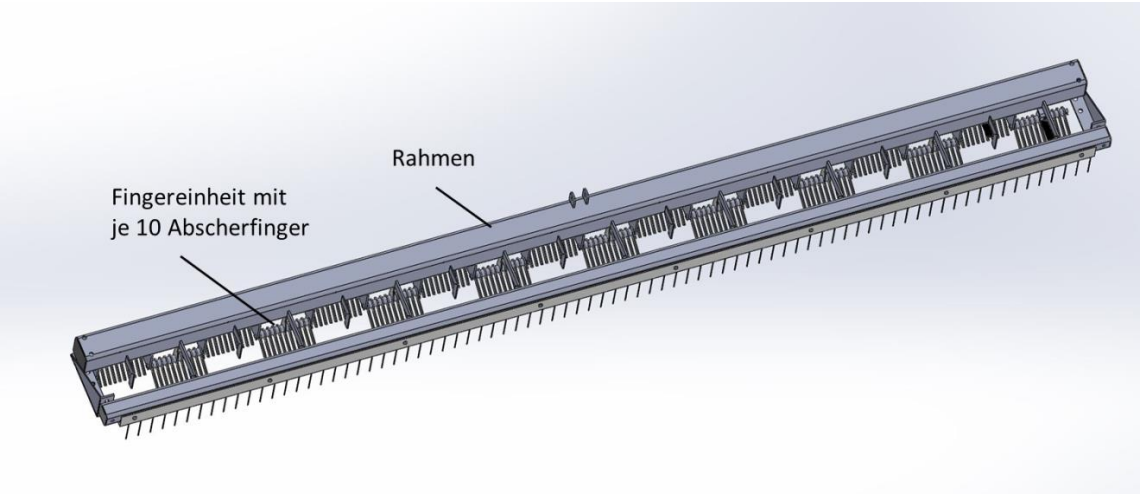

Abb. 2: Abschereinrichtung mit in zwei Reihen angeordneten Fingereinheiten

Im Ernteeinsatz 2013 hatte sich gezeigt, dass die Förderung des Erntegutes mit Hilfe eines starren Gurtbandförderers vom Pflückvorsatz zum Bunker problematisch ist. Zum einen ergaben sich an der Übergabestelle beim Elevator vom Pflückvorsatz auf den Gurtbandförderer hohe Verluste, zum anderen verlangte der starre Förderer einen dicht über den Erdboden liegenden vorderen Umlenkpunkt. Dadurch bestand eine erhebliche Beschädigungsgefahr bei Unebenheiten.
Anstelle des alten Gurtbandförderers wurde ein zweigeteilter, knickbarer Gurtbandförderer entwickelt (Abb. 3). Der ursprünglich geplante durchgehende und knickbare Paddelelevator wurde nach intensiver Diskussion nicht umgesetzt, weil befürchtet wurde, dass zu viele Blüten beschädigt werden, wenn das Erntegut über den Elevatorboden gezogen wird.
Der neue Gurtbandförderer war am unteren Umlenkpunkt mit dem Pflückvorsatz verbunden und war damit im Bereich der Gutbeschickung an die Hub- und Senkbewegungen des Pflückvorsatzes gebunden. Um unter dem Fahrerhaus hindurch hoch zum Bunker geführt werden zu können, bestand der Gurtbandförderer aus zwei Bandteilen, die beweglich miteinander verbunden waren.

Zum Absieben von Blüten wurde eine Siebeinrichtung entwickelt und auf den Bunker der Erntemaschine montiert (Abb. 4). Die Siebeinrichtung bestand aus zwei Siebschnecken, einem austauschbaren Siebtrog mit 20 mm oder alternativ 30 mm Sieblochung und einer Antriebseinheit. Mit der Einrichtung sollte das Erntegut auf eine Qualität gebracht werden, die direkt auf die Trocknung kann. Die Siebeinrichtung war als Zusatzausrüstung für diejenigen Landwirte gedacht, die über keine stationäre Siebanlage verfügen.

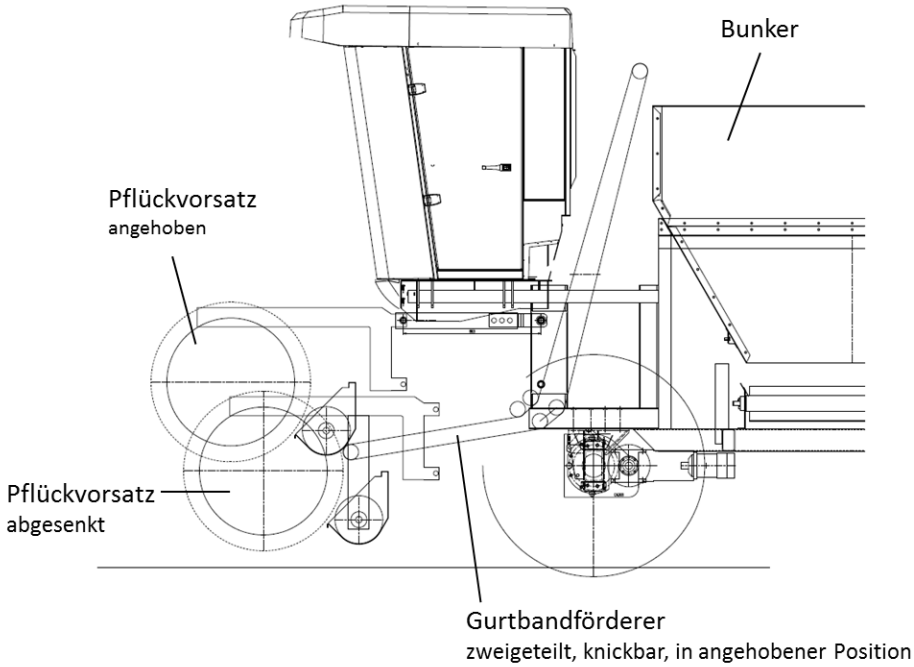

Abb. 3: Knickbarer Gurtbandförderer zum Transport des Erntegutes vom Pflückvorsatz zum Bunker

4 Ernteeinsatz in der Ernteperiode 2014

4.1 Allgemeine Beschreibung der Einsatzbedingungen

Bei der maschinellen Ernte von Kamillenblüten wird versucht, die Blüten innerhalb der oberen 10 - 15 cm des Pflanzenbestandes abzupflücken. Einen Pflückdurchgang nennt man „Pflücke“. Nach einer Pflücke reifen die weiter unten liegenden Blüten heran, bis diese geerntet werden. Je nach Erntestrategie finden 3 bis 5 Pflücken statt. Mit fortschreitender Vegetationsdauer verholzen die Kamillenbestände und der Blütenertrag je Pflücke nimmt ab.

Am 16.06.2014 begann die Praxiserprobung der Erntemaschine in der Agrargenossenschaft Nöbdenitz. Zu diesem Zeitpunkt wurden bereits seit etwa 3 Wochen Kamillenblüten geerntet. Die 1. Pflücke war bei allen Herbstaussaaten bereits vorbei.

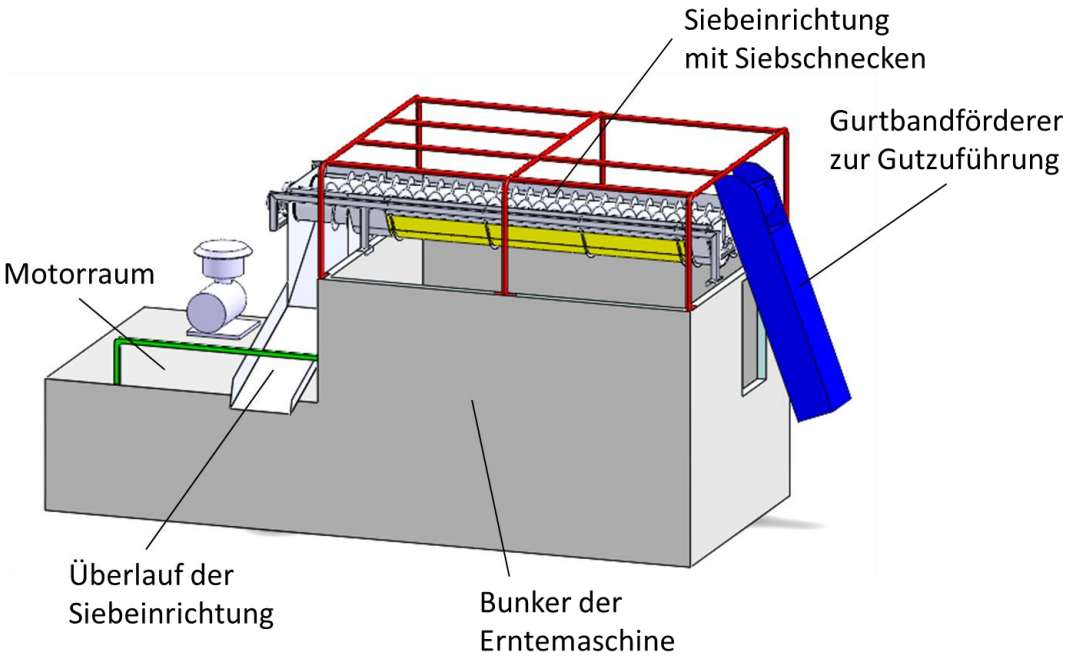

Abb. 4: Anordnung von Bunker und Siebeinrichtung zur Abtrennung der Blüten von den Nicht-Blüten-Bestandteilen

Die Arbeitselemente zum Pflücken funktionierten gut. Zwei Probleme zeigten sich dagegen beim neuentwickelten Gurtbandförderer:

<u>Problem 1:</u> Konstruktionsbedingt wird der Gurt beim eingebauten Förderband vorgespannt, damit der Gurt über die Reibkraft an der Antriebsrolle angetrieben werden kann. Bei dem geknickten Förderband

führte die Vorspannung dazu, dass sich der Gurt ständig unter den Führungsrollen im Knickbereich heraushob (Abb. 5). Die Ernte musste oft schon nach kurzer Fahrstrecke unterbrochen werden, damit der Gurt wieder eingelegt werden konnte.

Um dem Hervorspringen des Gurtes entgegenzuwirken, wurde der Gurt mit zusätzlichen Mitnehmerstollen in Querrichtung versteift (Abb. 6). Weil das Problem damit nicht behoben war, wurde ein zusätzliches Mittelrad über dem Gurt in der Knickstelle montiert (Abb. 7). Vor dem Mittelrad wurde ein Freiräumer angebracht. Der Freiräumer war eine Metallschiene, die von der Aufgabestelle am Pflückvorsatz bis vor das Mittelrad reichte. Der Freiräumer sorgte dafür, dass sich kein Erntegut in der Mitte des Bandes befand. Das Mittelrad hätte sonst das Erntegut und die darin enthaltenen Kamillenblüten überrollt und geschädigt.

Es zeigte sich, dass auch durch den Einbau des Mittelrades die Führung des Gurtes nicht zuverlässig gewährleistet werden konnte. Das Gurtproblem wurde bis zum Ende der Kampagne nicht gelöst.

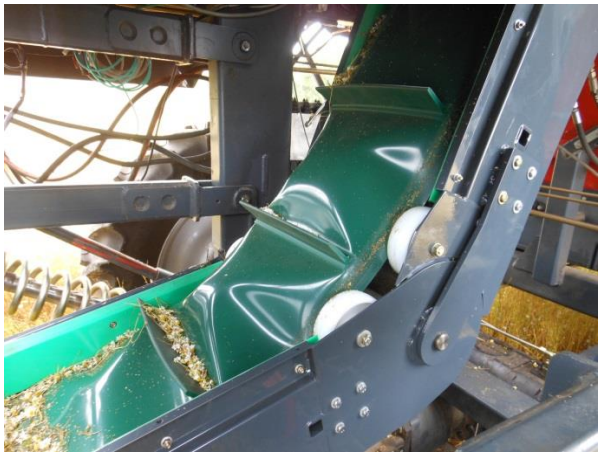

Abb. 5: Gurtbandförderer mit ausgehobenem Gurt

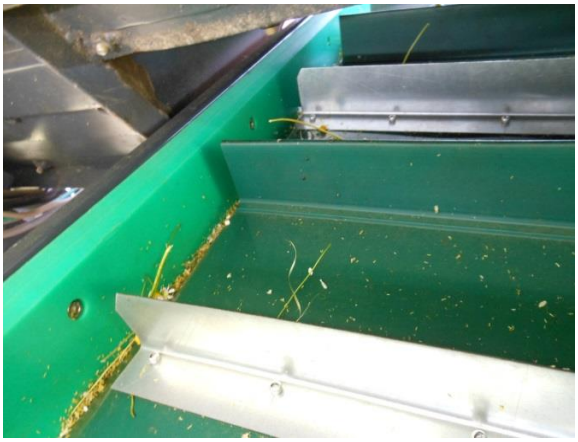

Abb. 6: Anordnung zusätzlicher Mitnehmerstollen

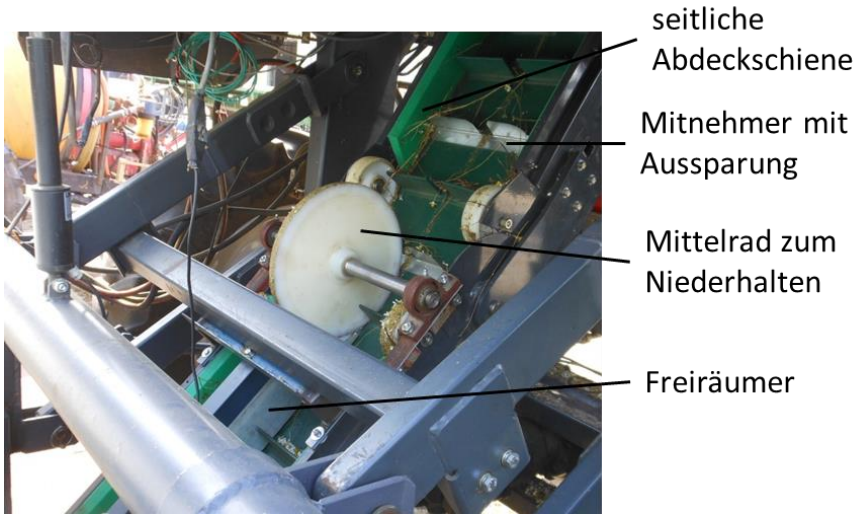

Abb. 7: Mittelrad zum Niederhalten des Gurtes in der Knickstelle des Förderbandes

<u>Problem 2:</u> An beiden Innenseiten des Rahmens waren seitliche Abdeckschienen (Abb. 7) angebracht, um zu verhindern, dass durch den Spalt zwischen Gurt und Rahmenwand Kamillenblüten hindurchfallen. Im

Knickbereich konnten keine Abdeckschienen angebracht werden, weil sich sonst das Band nicht hätte knicken lassen.
Dadurch lagen im Knickbereich die Spalten rechts und links frei. Beträchtliche Mengen an Blüten konnten zwischen Gurt und Rahmen hindurchfallen und sich im Zwischenraum zwischen oberem und unterem Gurt ansammeln. Das Bestreben des Gurtes, sich wegen der Vorspannung aus der Führung zu heben, verstärkte die Spaltbildung. Die Blüten zwischen den Gurten wurden durch einen Abstreifer in der Nähe der unteren Umlenkrolle aus dem Zwischenraum gefördert (Abb. 8). Diese Blüten fielen während der Fahrt auf den Boden und waren verloren.
Auch für dieses Problem wurde während der Erntekampagne keine Lösung gefunden.

Abb. 8: Austrag geernteter Blüten aus dem Zwischenraum des Gurtbandförderers

4.2 Methodik zu den Vergleichsmessungen KBEM'14 und Linz III

Die Untersuchungen hatten zum Ziel, die Erntemaschinen KBEM'14 und Linz III unter möglichst gleichen Bedingungen im Feldeinsatz miteinander zu vergleichen. Für jede Vergleichsmessung wurde ein Block an Parzellen abgesteckt (Abb. 9). Der Block hatte eine Gesamtlänge von 50 m. An beiden Enden war ausreichend Freiraum zum Wenden vorhanden. Die Breite des Blocks ergab sich durch die wiederholten Erntefahrten der Erntemaschinen. Die Reihenfolge der Erntefahrten erfolgte nach einem vorgegebenen Schema (Abb. 9).

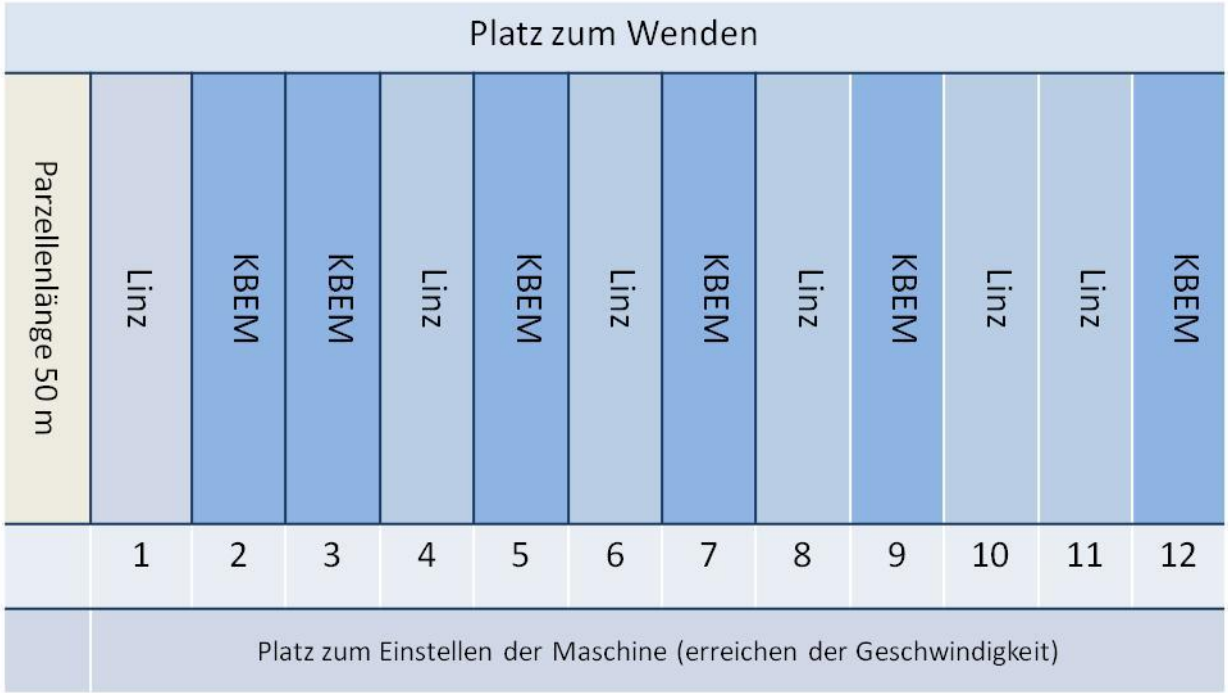

Abb. 9: Versuchsanlage der Vergleichsuntersuchungen KBEM'14 und Linz III

Obwohl Vergleichsmessungen voraussetzen, dass homogene Bedingungen vorliegen, mussten die Messungen 2014 auf unkrautbehafteten, ungleichmäßigen Beständen stattfinden (Tabelle 1). Bessere Bestände waren 2014 nicht mehr vorhanden.

Tabelle 1: Rahmenbedingungen bei den Vergleichsfahrten

	Vergleichsfahrt am 03.07.2014	Vergleichsfahrt am 22.07.2014
Wetter	sonnig, trocken	sonnig, trocken
Standort	Schlag bei Beerwalde	Schlag bei Selka
Sorte	Matricaria recutita	Matricaria recutita
Bestandesqualität	stark verunkrautet, geringe Bestandesdichte 40 – 50 cm Bestandeshöhe	Unkraut, Lager, Mehltaubefall eher geringe Bestandesdichte 40-60 cm Bestandeshöhe teilweise überständige Pflanzen teilweise Fehlstellen
Fahrgeschwindigkeit		
KBEM'14	4,9 km/h	
Linz III	4,9 km/h	
Arbeitsbreite		
KBEM'14	2,86 m	
Linz III	2,80 m	
Trommeldrehzahl		
KBEM'14	30 1/min	
Linz III	20 1/min	

Anzahl Parzellen je Erntemaschine	5	4

Beide Erntemaschinen fuhren an beiden Erntetagen mit der gleichen, konstanten Fahrgeschwindigkeit von 4,9 km/h und mit konstanten Trommeldrehzahlen (Tabelle 1). Die Pflückhöhe mussten die Fahrer individuell den Beständen anpassen.
Der Vergleich der Erntefahrten erfolgte anhand der Kriterien Abpflückgrad, Masse des Erntegutes, Zusammensetzung des Erntegutes und Spritzverluste.
Der Abpflückgrad g_A gibt an, welcher Anteil an Blüten im Pflückhorizont geerntet wurde. Dazu wurde der Kamillebestand an markierten Stellen vor und nach der Pflücke fotografiert. Die Blüten auf den Fotos wurden ausgezählt und zum Abpflückgrad verrechnet:

mit:

g_A Abpflückgrad [%]
n_{vor} Anzahl an Blüten vor der Pflücke [-]
n_{nach} Anzahl an Blüten nach der Pflücke [-]

Die Erntemengen beider Maschinen wurden getrennt erfasst und gewogen. Vom Erntegut wurden Proben entnommen zur Bestimmung der Zusammensetzung. Die entnommen Proben lagerten bis zur Bestimmung tiefgekühlt.

Die Zusammensetzung wurde bewertet anhand der Kriterien:

- Blüten mit Stängel 0-1,0 cm
- Blüten mit Stängel 1,1-3,0 cm
- Blüten mit Stängel 3,1-5,0 cm
- Blüten mit Stängel >5,0
- Stängel/Blätter
- Knospen
- Grus
- Fremdbesatz

Zum Bestimmen der Spritzverluste wurden in den einzelnen Überfahrten auf dem Boden rechteckige Bewertungstreifen abgesteckt. Die Bewertungsstreifen gingen über die gesamte Arbeitsbreite der jeweiligen Erntemaschine von 2,10 m und waren in Fahrtrichtung 1,00 m lang. Innerhalb der so gebildeten Rechteckflächen wurde die auf dem Boden liegenden Blüten aufgesammelt und bis zur späteren Wägung tiefgefroren aufbewahrt. Weil das geknickte Förderband bei der KBEM'14 im mittleren Bereich der Arbeitsbreite schon gepflückte Blüten verlor (siehe oben), wurden die Bewertungsstreifen bei der KBEM'14 zur Auszählung der Spritzverluste quer zur Fahrtrichtung dreigeteilt. Bei der Auswertung wurde der mittlere Bereich getrennt von den beiden Randbereichen betrachtet.

4.3 Vergleichsmessungen KBEM'14 und Linz III am 03.07.2014 und 22.07.2014

Die Vergleichsfahrten waren von den Funktionsstörungen des Förderbandes bei der KBEM'14 geprägt. Die KBEM'14 erreichte an beiden Erntetagen nicht die Erntemenge der Linz III (Tabelle 2). Die Erntemaschine KBEM'14 verursachte wesentlich höhere Spritzverluste als die Maschine Linz III. Ein Teil der Spritzverluste entstand unmittelbar beim Pflückvorgang, d.h. bereits gepflückte Blüten sprangen nach vorne aus den Pflückkämmen heraus. Bei der KBEM'14 war aber der größte der Spritzverluste auf die ungenügende Funktion des genickten Förderbandes zurückzuführen. Wie bereits dargestellt, fielen Blüten zwischen Gurt und Rahmen hindurch auf den Erdboden. Werden diese Blüten zur „Erntemenge gepflückt“ hinzugerechnet, so konnte die KBEM'14 bei der ersten Vergleichsmessung 156,1 $kg_{90\%\ TM}$/ha ernten. Die Linz III erreichte 190,1 $kg_{90\%\ TM}$/ha. Bei der zweiten Vergleichsmessung erzielte KBEM'14 eine etwas höhere Erntemenge als die Linz III (215,0 $kg_{90\%\ TM}$/ha gegen 181,3 $kg_{90\%\ TM}$/ha).

Weil das geknickte Förderband der KBEM'14 besonders im mittleren Bereich viele Blüten verloren hat, wurden bei der KBEM'14 zwischen die Spritzverlusten im Randbereich und im mittleren Bereich unterschieden (Abb. 10, Anhang Tabelle A1). Es zeigte sich, dass im Randbereich die Spritzverluste bei der KBEM'14 nur geringfügig über denen der Linz III lagen.

Mit 63,5 % und 55,2 % erreichte die KBEM'14 etwas höhere Abpflückgrade als die Linz III (Abb. 10, Anhang Tabelle A2). Aufgrund der hohen Spritzverluste konnte der Abpflückgrad nicht zu einem besseren Endergebnis beitragen.

Tabelle2: Ergebnisse der Vergleichsfahrten am 03.07.2014 und 22.07.2014 in Nöbdenitz

Beurteilungskriterium	Einheit	03.07.2014		22.07.2014	
		KBEM'14	Linz III	KBEM'14	Linz III
Erntemenge Bunker	$kg_{80\%\ FM}$ / ha	480,0	800,0	583,3	735,3
	$kg_{90\%\ TM}$ / ha	106,7	177,8	129,6	163,4
Spritzverluste Blüten	$kg_{90\%TM}$ / ha	49,4	12,3	85,4	17,9
Erntemenge gepflückt (Bunker+Spritzverluste)	$kg_{90\%TM}$ / ha	156,1	190,1	215,0	181,3
Abpflückgrad	%	63,5	56,6	55,2	49,4

FM Frischmasse, TM Trockenmasse

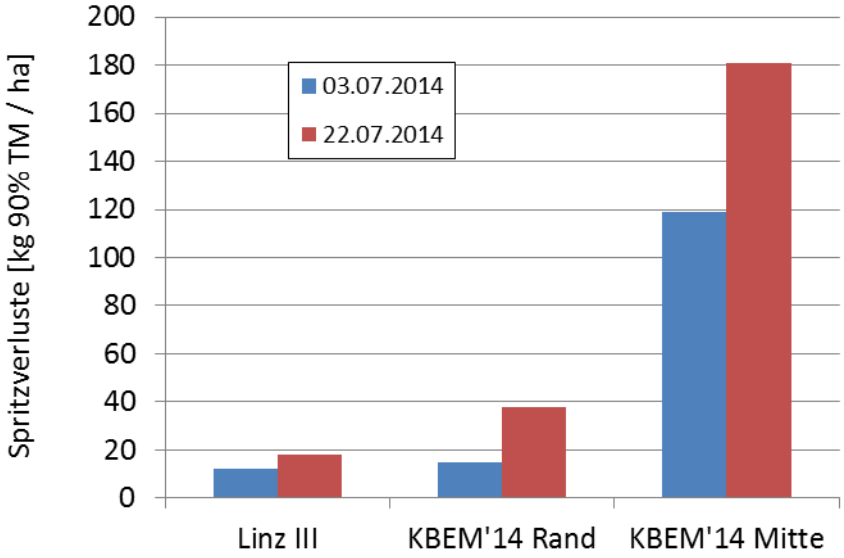

Abb. 10: Spritzverluste bei der KBEM'14 und der Linz III bei beiden Vergleichsfahrten (03.07.2014 Mittelwert von 5 Messungen, 22.07.2014 Mittelwert von 4 Messungen)

Die Erntemaschinen Linz III und Linz II und die KBEM'14 zeigten Unterschiede in der Zusammensetzung des Erntegutes (Abb. 11 -14, Anhang Tabelle A3). Am 03.07. und am 22.07. enthielt das Erntegut der Linz III mit 70,8% und 58,4 % mehr Blüten als das KBEM'14 (58,4 % bzw. 43,4%). Als Hauptursache für diesen Unterschied werden auch hier die Spritzverluste der KBEM'14 gesehen. Dadurch, dass hauptsächlich Blüten vom geknickten Förderband verloren gingen, erhöht sich rechnerisch der Anteil der Nicht-Blüten Fraktionen.

Die Unterschiede zwischen den Erntetagen zeigen, wie der Bestand und der Reifezustand die Zusammensetzung beeinflussen. Der Bestand am 22.07.2014 wies Fehlstellen und teilweise überständige Pflanzen auf (Tab. 1). Infolgedessen enthielt das Erntegut bei beiden Erntemaschinen am 22.07.2014 im Vergleich zur ersten Vergleichsfahrt weniger Blüten und deutlich mehr Grus.

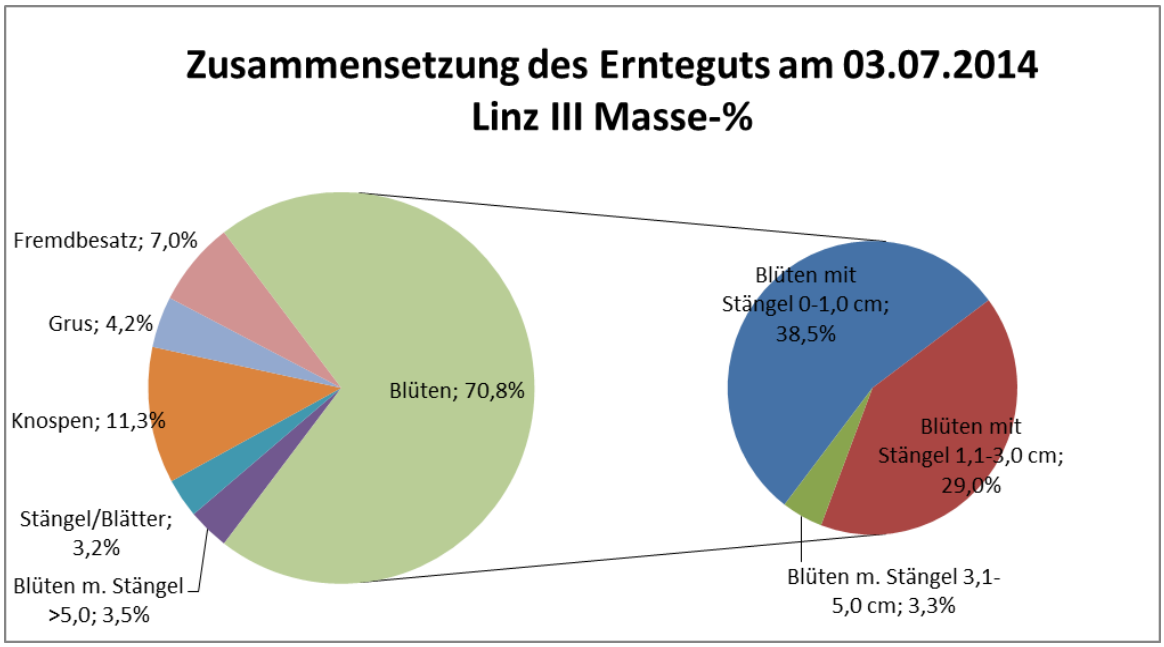

Abb. 11: Zusammensetzung des Erntegutes bei der Erntemaschine Linz III am 03.07.2014

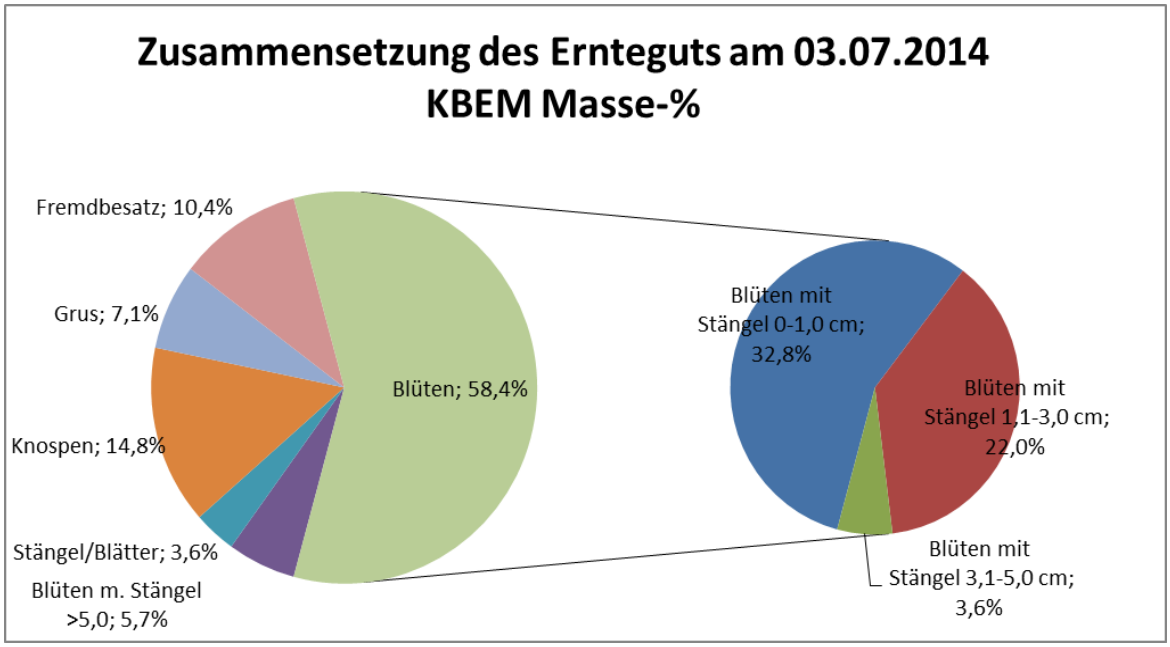

Abb. 12: Zusammensetzung des Erntegutes bei der Erntemaschine KBEM'14 am 03.07.2014

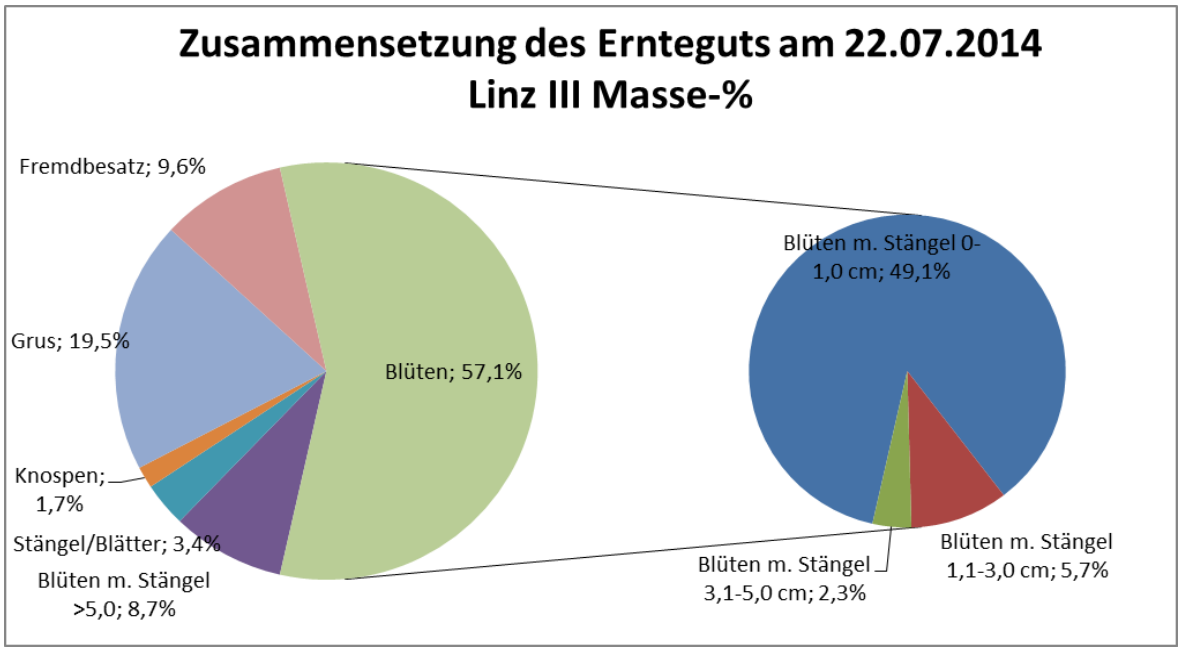

Abb. 13: Zusammensetzung des Erntegutes bei der Erntemaschine Linz III am 22.07.2014

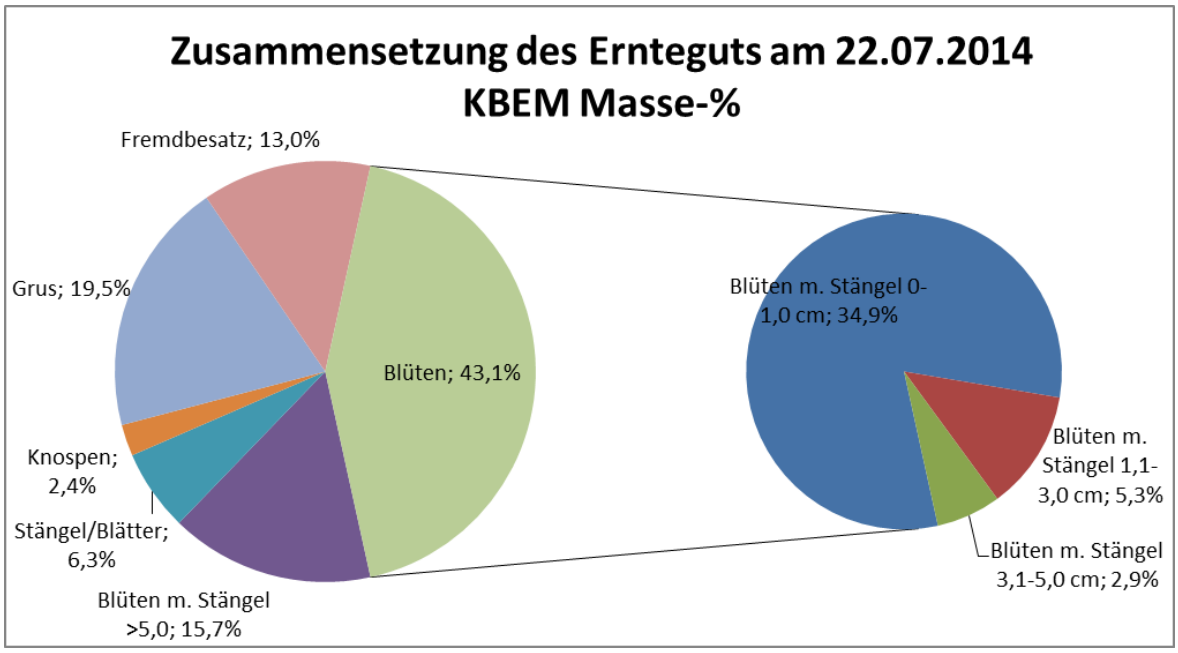

Abb. 14: Zusammensetzung des Erntegutes bei der Erntemaschine KBEM'14 am 22.07.2014

Die Funktionsweise der Abschereinrichtung (Abb. 2) konnte nicht im geplanten Umfang untersucht werden. Aufgrund der Funktionsstörungen beim geknickten Förderband war es nicht möglich, Testfahrten über eine längere Wegstrecke durchzuführen, um am Bunkerinhalt den Unterschied zwischen der Ernte mit und ohne Abschereinrichtung feststellen zu können.

Es fanden dennoch kurze Testfahrten statt, bei denen bei einer Hälfte des Pflückvorsatzes die Abschereinrichtung außer Funktion genommen wurde. Die Testfahrten erfolgten am Ende der Ernteperiode bei der 4. Pflücke. Es zeigte sich, dass die Finger der Abschereinrichtung die Stängel älterer Kamillepflanzen in die Kämme drückten ohne sie abzuscheren. Die Kämme füllten sich mit Stängeln, so dass die Pflückwirkung der Kämme verloren ging.
Da Stängel jüngerer Kamillepflanzen weniger zäh sind, ist zu erwarten, dass die Abschereinrichtung bei der 1. und wahrscheinlich auch bei der 2. Pflücke die Stängel einkürzt, denn das Zusetzen der Kämme war in dem Maße zuvor nicht beobachtet worden.

4.4 Schlussfolgerungen aus den Vergleichsmessungen

Der Pflückvorsatz der KBEM'14 hat zufriedenstellend gearbeitet und kann in der jetzigen technischen Ausfertigung beibehalten werden.

Eine Überprüfung der Abschereinrichtung steht noch aus. Vermutlich kürzt die Abschereinrichtung die Stängel bei Blüten aus der 1. und 2. Pflücke ein. Stängel älterer Pflanzen werden nicht abgeschert. Daraus ergibt sich die Forderung, bei der zukünftigen Erntemaschine die Schereinrichtung zu- und abschaltbar zu gestalten.

Bei der Erntemaschine KBEM'14 muss eine neue technische Lösung für die Förderung des Erntegutes vom Pflückvorsatz zum Bunker gefunden werden. Folgende Forderungen werden an das Fördermittel gestellt:

- die Gutübernahme vom Pflückvorsatz erfolgt in der Mitte des Pflückvorsatzes (Linz III hat eine seitliche Übergabe)
- das Fördermittel wird unter dem Fahrerhaus der Erntemaschine hindurchgeführt und muss dann steil an Höhe gewinnen
- das Fördermittel muss im unteren Bereich beweglich ausgeführt werden, damit es Höhenbewegungen des Pflückvorsatzes mitgehen kann

Diese Forderungen bestanden auch schon vor der Ernteperiode 2014 und führten zu dem geknickten Förderband. Aufgrund der Probleme ist aber festzustellen, dass bei gleichen Anforderungen eine andere technische Ausführung gefunden werden muss. Zwei Varianten sind denkbar:

Variante 1: Das Erntegut wird mit einem Paddelelevator gefördert. Der Elevator liegt dabei in einem geschlossenen Metalltrog und bewegt über Mitnehmer (Paddel) das Erntegut auf der Unterseite über den Boden des Trogs zum Bunker. Der Paddelelevator muss zweigeteilt und knickbar sei. In der Knickstelle des Elevators überlappen sich die Bodenbleche beider Elevatorteile, so dass kein Spalt entsteht, durch den Blüten hindurchfallen können. Der Antrieb des Elevatorgurtes erfolgt formschlüssig durch Mitnehmer. Der Gurt arbeitet ohne Vorspannung. Weil das Erntegut durch Mitnehmer über den Boden des Trogs gezogen wird, müssen die Mitnehmer sehr schonend in das Gut eingreifen. Denkbar ist der Einsatz von Bürstenkämmen.

Variante 2: Das Erntegut wird mit einem geknickten Förderband gefördert. Der Antrieb erfolgt formschlüssig, so dass keine Vorspannung notwendig ist. Das Band wird durch die obere und untere Umlenkrolle angetrieben. Die untere Rolle treibt schiebend den Gurt an und soll dem Herausspringen des Gurtes an der Knickstelle entgegenwirken. Der obenliegende Gurt liegt in einem u-förmigen Metallrahmen, um ein Durchfallen der Blüten auszuschließen. In der Knickstelle überlappen sich die Bodenbleche der beiden Bandteile. Da die Knickbewegung wahrscheinlich zu einer Längenänderung des Gurtes führt, muss diese Längenänderung durch eine bewegliche Rolle im rücklaufenden Trum des Gurtes ausgeglichen werden.

Aus heutiger Sicht wird der Variante 1 der Vorzug gegeben, weil der Paddelelevator die einfachere technische Ausführung darstellt.

5 Reinigung des Erntegutes durch Siebschnecken

5.1 Versuchsaufbau

Weil aufgrund der Funktionsstörungen des geknickten Förderbandes keine längeren Testfahrten möglich waren, konnten die Siebschnecken über dem Bunker der Erntemaschine nicht im Feldeinsatz getestet werden. Um dennoch die Siebwirkung ermitteln zu können, wurden die Siebschnecken vom Bunker der Erntemaschine genommen und in einem stationären Versuchsstand aufgebaut (Abb. 15). Der Antrieb erfolgte hydraulisch über die Erntemaschine.

Der Versuch fand am 01.08.2014 statt, dem letzten Erntetag der Ernteperiode. Das Versuchsmaterial hatten Linz III – Maschinen geerntet. Das Material wurde bei der Anlieferung an der stationären Siebanlage in Nöbdenitz entnommen.

Das Erntegut wurde zu jeweils 10 kg Frischmasse in Behälter abgefüllt und für jeden Versuch manuell innerhalb von etwa 30 Sekunden auf die Siebschnecke aufgegeben. Der Massestrom entsprach damit 1.200 kg_{FM} /h, einem Massestrom, der im Praxiseinsatz möglich ist.

Unter die Siebe wurden 5 Behälter zum Auffangen des Siebdurchganges gestellt. Ein sechster Behälter stand für den Überlauf bereit. Nach jedem Siebversuch wurden die Massen in den Behältern getrennt gewogen.

Beim Siebversuch wurden 6 Versuchsanstellungen getestet:

- Sieblochung 20 mm und 30 mm
- Scheckendrehzahl 162 1/min, 250 1/min und 320 1/min

Bei der mittleren Drehzahl von 250 1/min wurden bei beiden Sieblochungen aus allen Behältern Proben entnommen. Das Gut der Proben wurde analog zu Kap. 4.2 manuell nach den Kriterien Blüten mit Stängel 0-1,0 cm, Blüten mit Stängel 1,1-3,0 cm, Blüten mit Stängel 3,1-5,0 cm, Blüten mit Stängel >5,0 cm, Stängel/Blätter, Knospen, Grus und Fremdbesatz sortiert.

Wegen des hohen Zeitaufwandes wurde die manuelle Sortierung nur bei 20 mm Sieblochung und 250 l/min sowie 30 mm und 250 l/min durchgeführt. Um dennoch alle Siebversuche bewerten zu können, wurden der Inhalt in allen Behälter von oben fotografiert (Abb. 16). Mithilfe einer im ATB entwickelten Bildanalysesoftware wurden bei den Fotos virtuelle Rechtecke auf die Gutoberfläche projiziert und innerhalb dieser Rechtecke die Flächenanteile für die Farben Gelb, Weiß und Grün bestimmt. Die Gelb- und Weißanteile wurden zum Blütenanteil zusammengefasst und ins Verhältnis zur Gesamtfläche der Rechtecke gesetzt.

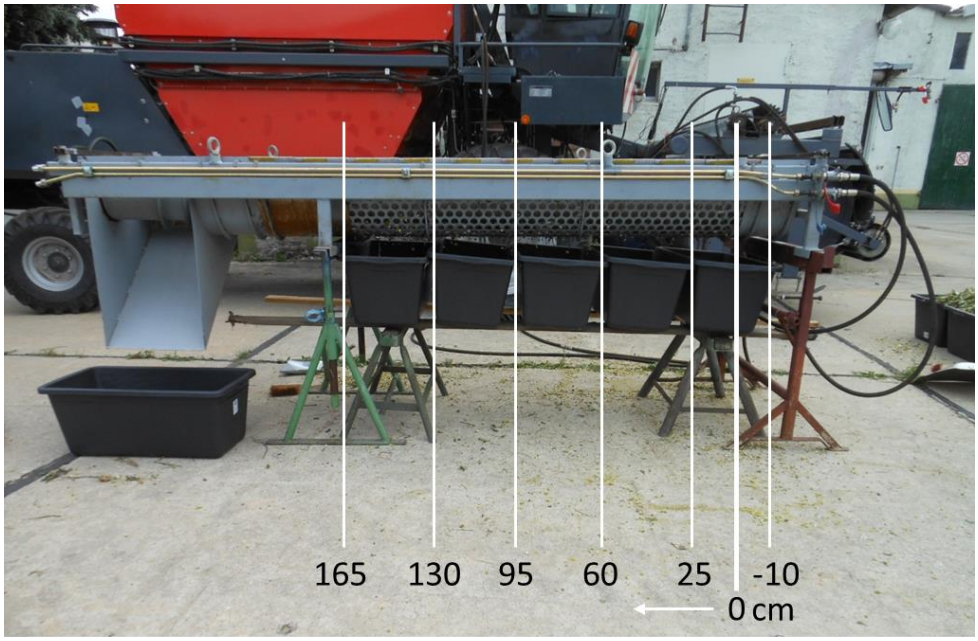

Abb. 15: Stationärer Versuchsstand mit Siebschnecken und Behälter zum Auffangen des Siebdurchganges

6. Behälter	5. Behälter	4. Behälter	3. Behälter	2. Behälter	1. Behälter
Überlauf	130 ... 165 cm	95 ... 130 cm	60 ... 95 cm	25 ... 60 cm	-10 ... 25 cm

Abb. 16: Aufnahmen der Behälter nach einem Siebversuch bei 250 l/min und 20 mm Sieblochung

5.2 Ergebnisse und Diskussion zur Siebung

Die Massen in den Behältern zeigten, dass sich das Erntegut bei einer Sieblochung von 20 mm auf die Behälter 1, 2, 3 und den Überlauf verteilte (Abb. 17). Bei der Sieblochung von 30 mm gelangte der überwiegende Teil des Gutes in den 1. Behälter. Auf die ersten beiden Behälter entfielen 80 % des

Siebgutes. In die nachfolgenden Behälter einschließlich dem Überlauf gelangte nur noch wenig Gut. Aufgrund der überwiegenden Belegung der ersten beiden Siebabschnitte konnte geschlussfolgert werden, dass bei der 30 mm Lochung das Gut zu früh abgesiebt wurde.

Die Zusammensetzungen der Siebdurchgänge zeigte, dass sich bei 20 mm Sieblochung und 250 1/min in den ersten 4 Behältern hohe Anteile an Blüten und geringe Anteile an Stängeln und Blätter sowie an Fremdbesatz befanden (Abb. 18, Anhang Tabelle A4, A5). Die 30 mm Lochung wies dagegen bei den ersten Siebabschnitten höhere Anteile an Fremdbesatz sowie Stängel und Blätter auf. Rechnerisch resultierte daraus ein geringerer Prozentsatz an Blüten. Bei 30 mm Sieblochung wurden auch in den ersten Siebabschnitten zu viele Nicht-Blüten-Anteile abgeschieden.

Die über die Bildanalyse ermittelten Flächeninhalte an Blüten lieferten einen dritten Hinweis darauf, dass die 20 mm Sieblochung besser geeignet war zur Absiebung der Blüten (Abb. 19, Anhang Tabelle A6). Die höheren Flächenanteile bei 20 mm Sieblochung bedeuten, dass in den Siebabschnitten geringere Anteile an Nicht-Blüten-Bestandteilen vorlagen.
Bei der 20 mm Sieblochung war kein Einfluss der Schneckendrehzahl (162 1/min, 250 1/min, 300 1/min) auf den Blütenanteil im Siebdurchgang erkennbar. Bei der 30 mm Sieblochung lieferten die Drehzahlen 250 1/min und 320 1/min höhere Blütenanteile als die Drehzahl 162 1/min. Diese Aussage kann aber nur als Tendenz angesehen werden, weil für eine statistische Absicherung der Aussage Wiederholungsmessungen fehlen.

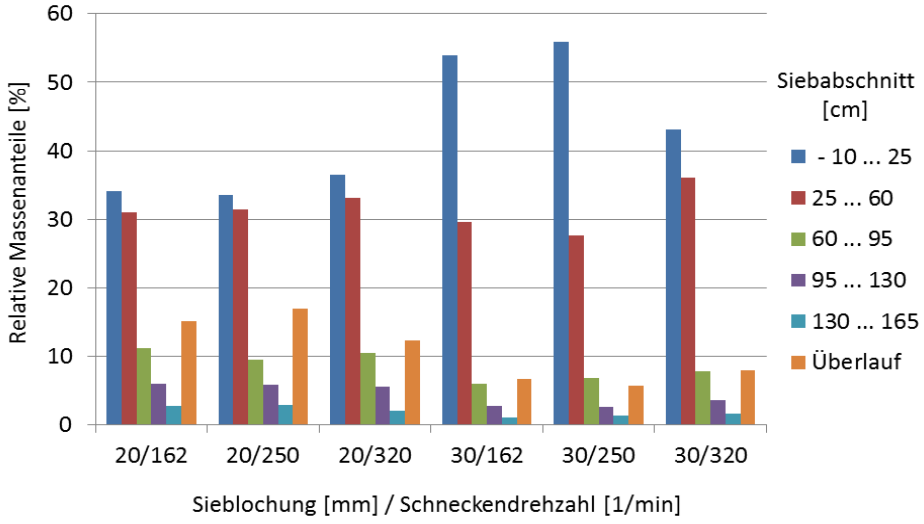

Abb. 17: Siebdurchgang in Abhängigkeit von der Sieblochung und der Schneckendrehzahl

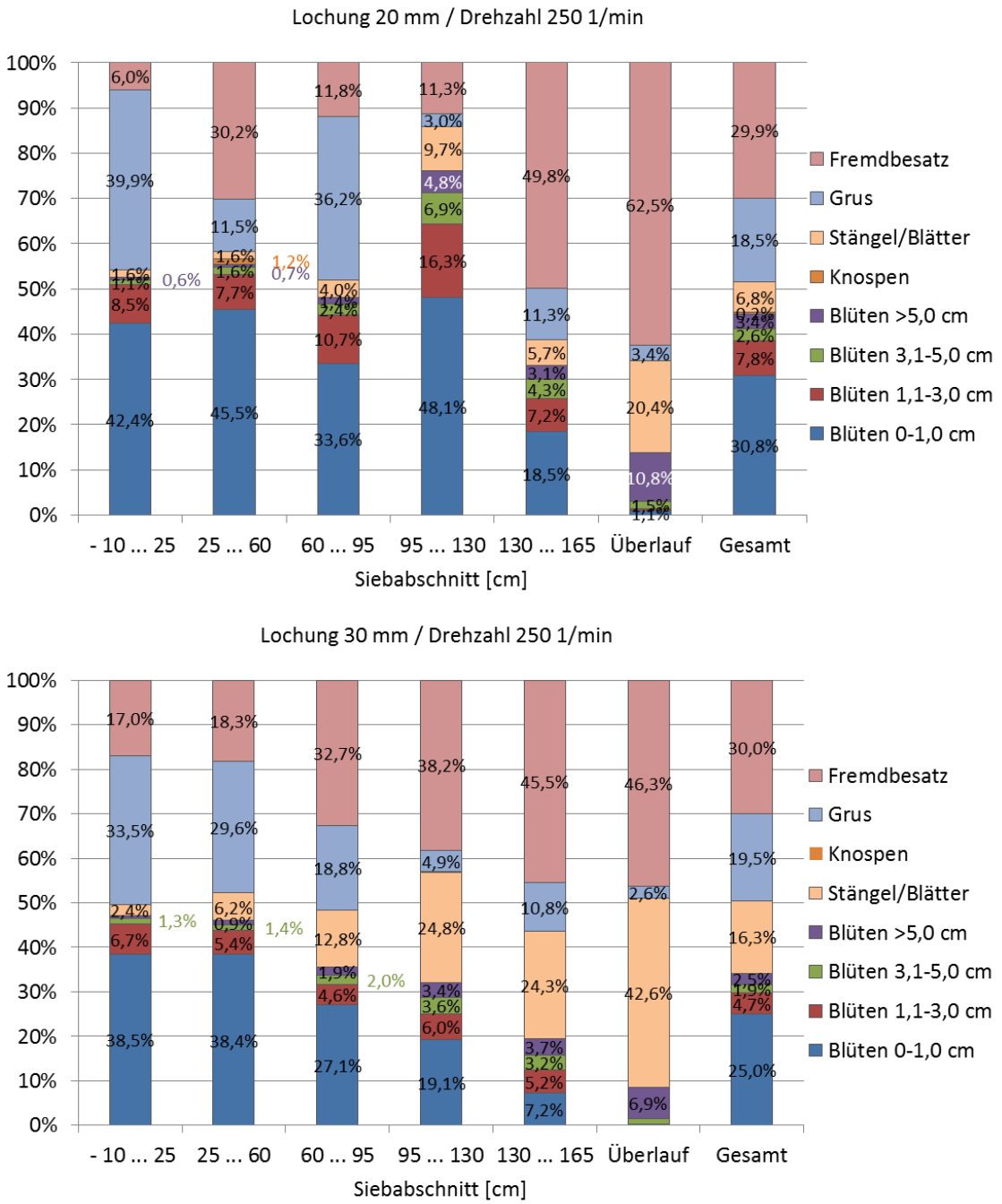

Abb. 18: Zusammensetzung des Siebgutes nach der Siebung mit 20 mm Lochung (oben) und 30 mm Lochung (unten) bei einer Schneckendrehzahl von 250 1/min

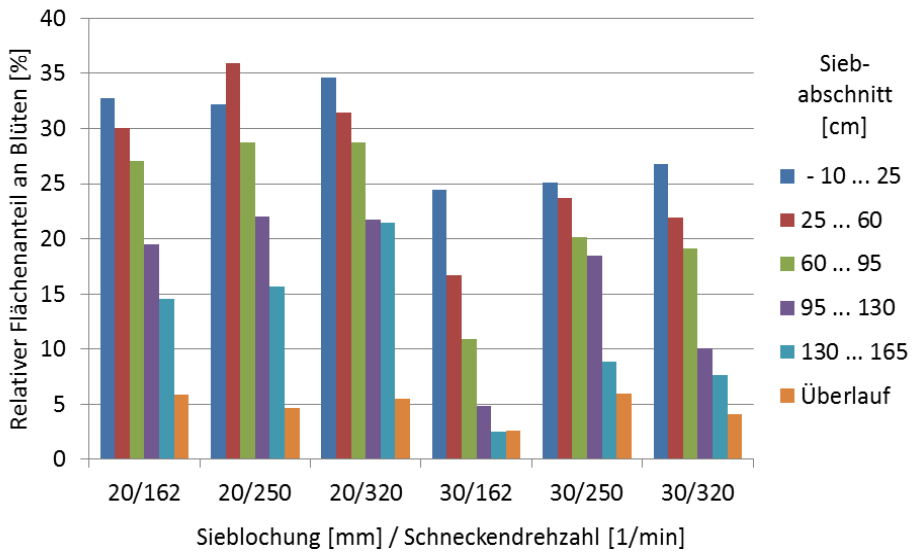

Abb. 19: Relativer Flächenanteil an Blüten in Abhängigkeit von der Sieblochung, der Schneckendrehzahl und dem Siebabschnitt, Flächenanteile über Bildanalyse bestimmt, fehlender Anteil zu 100 % bei jeder Säule stellt den Nicht-Blüten-Anteil dar

5.3 Schlussfolgerungen zur Funktionsweise der Siebschnecken Verwendungsnachweis

Die Siebschnecken über dem Bunker der Erntemaschine bieten eine gute Möglichkeit, die Blüten im Erntegut von den Nicht-Blüten-Bestandteilen zu trennen. Damit können Landwirte, die keine stationäre Siebanlage haben, Ware erzeugen, die unmittelbar einer Trocknung zugeführt werden können.

Die Siebversuche haben gezeigt, dass die 20 mm Sieblochung der 30 mm Sieblochung vorzuziehen ist. Es ist bisher nicht bekannt, ob eine noch kleinere Sieblochung noch besser wäre und ob die hinteren Siebabschnitte eine andere Lochung haben sollten als die vorderen.
Die Siebversuche 2014 erfolgten mit Erntegut vom Ende der Erntesaison. Offen ist, welches Siebverhalten Material von der 1. oder 2. Pflücke zeigen würde.
Zur Klärung dieser Fragestellungen sind weitere Siebversuche notwendig.

Die Siebschnecken sind als optionale Zusatzausstattung zu verstehen. Die Landwirte sollten selber entscheiden können, ob Sie eine Erntemaschine mit oder ohne Siebeinrichtung haben möchten.

6 Verwendungsnachweis

Der Betrag von 18.290,53 EUR wurde nicht abgerufen.

Position Ges.-Fin.plan	Abgerechnete Ausgaben bis einschl. 14.03.2015	Gesamt- finanzierungs- plan	Differenz
0813 Material	7.616,18	10.000,00	2.383,82
0823 FE-Fremdleistungen	27.870,00	50.000,00	22.130,00
0837 Personalkosten	77.753,72	109.540,00	31.786,28
0838 Reisekosten	0,00	5.000,00	5.000,00
0847 Abschreibungen auf vorhaben-	0,00	0,00	0,00
spezifische Anlagen			0,00
0848 Abschreibungen auf sonstige	0,00	0,00	0,00
genutzte Anlagen des FE-Bereiches			0,00
0850 sonstige unmittelbare Vorhabensk.	0,00	4.000,00	4.000,00
Summe	113.239,90	178.540,00	65.300,10

7 Notwendigkeit und Angemessenheit der geleisteten Arbeit

Der Anbau von Kamille in Deutschland deckt etwa 15% des landeseigenen Bedarfs. Eine Ausweitung des Anbauumfanges wäre wünschenswert. Die Kamille würde helfen, die Biodiversität zu erhöhen und wäre eine weitere Einkommensmöglichkeit für Landwirte.

Die derzeit eingesetzten Erntemaschinen vom Typ Linz III stammen aus der Produktion des ehemaligen Werkes „Kombinat Fortschritt Landmaschinen“ der DDR. Von diesen Maschinen existieren nur noch wenige Exemplare. Die Maschinen wurden von den Anbaubetrieben im Rahmen ihrer Möglichkeiten weiterentwickelt, eine Entwicklung oder Forschung in neue Erntetechnik gab es in den letzten 15 Jahren aber nicht.

Zielstellung dieses Projektes war es, das im vorangegangenen FNR-Projekt entwickelte Funktionsmuster einer Erntemaschine für Kamillenblüten (FKZ 22012309) in einen Prototypen mit Serienreife zu überführen.

Aufgrund der späten Genehmigung zum vorzeitigen Maßnahmebeginn konnten die maschinenbaulichen Entwicklungsarbeiten an der Erntemaschine erst Mitte März 2014 beginnen. Zum Erntebeginn Mitte Mai waren die Umbaumaßnahmen nicht fertig, sondern erst Anfang Juni. Ein Test der maschinenbaulichen

Entwicklungen an der Erntemaschine war aus Zeitgründen vor der Ernte nicht möglich. Leider zeigten sich während des Ernteeinsatzes Funktionsstörungen am geknickten Förderband, die den gesamten Ernteablauf negativ prägten.
Der Geschäftsführer der MDW Mähdrescherwerke GmbH war seit August 2014 bis Februar 2015 durch Krankheit ausgefallen und hat anschließend das Unternehmen verlassen. Da bis zum Zeitpunkt der Berichterstattung noch kein neuer Geschäftsführer eingesetzt wurde, steht die finale maschinenbauliche Umgestaltung der Erntemaschine und Überarbeitung zum serienreifen Prototypen noch aus.

8 Verwertbarkeit der Ergebnisse

Das Ziel des Projektes bestand darin, die Erfahrungen aus den Ernteeinsätzen bis 2013 maschinenbaulich umzusetzen und das Funktionsmuster in einen serienreifen Prototypen zu überführen. Mit der Neugestaltung der Zuführwalze, der Modifikation der Schereinrichtung, der Verstärkung der Pflücktrommelabdeckung, der Einführung einer hydraulischen Druckbegrenzung im Pflücktrommelantrieb, der Einführung der Siebschnecke und der Neugestaltung des Förderelementes zum Ernteguttransport wurden alle Weiterentwicklungen, die sich in Auswertung der vorangegangenen Ernteperiode ergeben hatten, umgesetzt. Allerdings führte das neuentwickelte Förderband zu erheblichen Funktionsstörungen. Zum Erreichen der Serienreife sind noch Entwicklungsarbeiten am Förderelement notwendig. Die beiden zur Zeit diskutierten Varianten Paddelelevator und Förderband wurden oben diskutiert (Kap. 4.4).
MDW Mähdrescherwerke GmbH hat im Berichtszeitraum neben der Erntemaschine zum Blütenpflücken auch an der Erntemaschine Grüngut gearbeitet. Der sogenannte Grünguternter ist für die Ernte von Arznei- und Gewürzpflanzen gedacht, bei denen die gesamte Pflanze abgeschnitten und geerntet wird. Für den Grünguternter und die Kamillenblüten-Pflückmaschine wird eine gemeinsame Grundmaschine entwickelt.

9 Fortschritt an anderen Stellen

Entwicklungen an anderer Stelle sind nicht bekannt.

10 Veröffentlichung der Ergebnisse

Im Berichtszeitrum wurden keine Ergebnisse veröffentlicht.

11 Zusammenfassung

Das Projekt hatte zum Ziel, das in einem vorangegangenen Forschungsprojekt entwickelte Funktionsmuster einer selbstfahrenden Kamillenblütenerntemaschine in eine Erntemaschine mit Klein-Serienreife zu überführen. Erprobungen im Praxiseinsatz hatte gezeigt, dass das Funktionsmuster noch weiterentwickelt werden muss, um das volle Potential der Erntemaschine nutzen zu können.
In Vorbereitung auf die Ernteperiode 2014 wurden an der Pflücktrommel der Erntemaschine von 2013 konstruktive Änderungen vorgenommen. Es wurden die Zuführwalze, die Schereinrichtung und die

Abdeckung der Pflückhaube neu gestaltet. In den Antrieb der Pflücktrommel wurde ein Druckbegrenzer zur Absicherung gegen Fremdkörper eingebaut. Die Krautschnecke wurde zu einer Siebeinrichtung mit Siebschnecken weiterentwickelt. Zur Förderung des Erntegutes vom Pflückvorsatz zum Bunker wurde ein beweglicher, knickbarer Gurtbandförderer entworfen.

Die modifizierte Erntemaschine wurde an acht Tagen in der Agrargenossenschaft Nöbdenitz (Thüringen) zur Ernte von Kamillenblüten eingesetzt. An zwei der Erntetage fanden Vergleichsmessungen mit der alten Erntemaschine Linz III statt. Bei den Vergleichsmessungen erreichte die neue Erntemaschine etwas höhere Abflückgrade als die Linz III. Bei den Ernteeinsätze und den Vergleichsmessungen verursachte der neuentwickelte, geknickte Gurtbandförderer schwerwiegende Funktionsstörungen. Die Funktionsstörungen hatten zur Folge, dass eine größere Menge der gepflückten Blüten wieder verloren gingen und damit das Gesamtergebnis verschlechterten. Separate Tests der Siebeinrichtung ergaben, dass die Siebschnecken ein sauberes Erntegut erzeugen, das unmittelbar einer Trocknung zugeführt werden kann.
Zusammenfassend ist festzustellen, dass der Pflückvorsatz und die Siebschnecken gut funktionierten, die Förderung des Erntegutes aber anders gestaltet werden muss.
Aufgrund personeller Änderungen in der Geschäftsführung der MDW Mähdrescherwerke GmbH sind die Erfahrungen und Erkenntnisse aus der Ernteperiode 2014 bis zum Projektende nicht in Weiterentwicklungen eingeflossen.

Anhang

Anlage 1: Teilnehmerliste zur Vorführung der Erntemaschine für Kamillenblüten am 03.07.2014 in Nöbdenitz

03/07/2014 14:03 03641683375 TLL JENA S. 01/01

3.7.2014

Teilnehmerliste Kamillenpflückmaschine
AG Nöbdenitz

Name	Firma / Institution	
Rudel	TLL	
Quaas, Frank	TIH Pl. e.V. / Wissen Beirat KAMEL	[illegible]
Hoffmann, Thomas	ATB	T. Hoffmann
Quaas, Ulrich	Agrarg. Nöbdenitz	[illegible]
Löbel Wolf-Carsten	MDW Singwitz	[illegible]
Förster, Michael	MDW Singwitz	[illegible]
Friedrich, Stefan	Pharmaplant GmbH	[illegible]
Beier, Katharina	ATB	Beier
Lutter Thomas	ATB	[illegible]
Hendrik Spikermann	ATB	H. [illegible]
Geilsdorf, Volkmar	Agrarprodukte Ludwigshof	[illegible]
ADAMEK, ROLF	ATB	Adamek
Dick, Birgit	AP L'hof	Dick
Sonnenstein, Marlis	PHARMAPLANT GmbH	[illegible]
Erik Niebuhr	MDW Singwitz	i.V. Hoffmann

03449664525 0331 5699 849

Fax.: Herr Quaas
Nobdenitz

Tabelle A1: Zusammenstellung der Spritzverluste bei beiden Vergleichsfahrten

Datum	Position	Linz III	KBEM'14 Rand	KBEM'14 Mitte
		$kg_{90\%\ TM}$ /ha	$kg_{90\%\ TM}$ /ha	$kg_{90\%\ TM}$ /ha
03.07.2014	Messung 1	17,17	16,94	133,41
	Messung 2	11,93	16,87	171,43
	Messung 3	12,12	19,52	55,08
	Messung 4	11,64	11,03	54,37
	Messung 5	8,52	8,77	180,24
	Mittelwert	**12,28**	**14,63**	**118,90**
	Standardabweichung	3,11	4,52	61,18
22.07.2014	Messung 1	15,26	30,32	184,60
	Messung 2	22,43	32,14	161,51
	Messung 3	21,01	43,69	200,08
	Messung 4	13,07	44,60	176,59
	Mittelwert	17,94	37,69	180,69
	Standardabweichung	4,49	7,50	16,08

Tabelle A2: Abpflückgrad der KBEM'14 und der Linz III

Datum	Ernte-	Parzelle	Anzahl Blüten	Anzahl Blüten	Abpflück-
03.07.2015	KBEM'14	1	919	348	62
		2	1520	549	64
		3	1006	331	67
		4	599	228	62
		5	544	223	59
		Mittelwert	**918**	**335**	**63,5**
		Standardabweichung	391	132	2,9
	Linz III	1	1452	55	57
		2	806	42	60
		3	1624	40	52
		4	579	36	56
		5	610	29	64
		Mittelwert	**1014**	**40**	**56,6**
		Standardabweichung	490	10	4,5
22.07.2015	KBEM'14	1	1302	663	49
		2	1041	449	57
		3	1438	572	60
		4	1143	521	54
		Mittelwert	**1231**	**551**	**55,2**
		Standardabweichung	175	90	4,7
	Linz III	1	1103	47	42
		2	1245	70	39
		3	1221	69	57
		4	1844	42	55
		Mittelwert	**1353**	**57**	**49,4**
		Standardabweichung	333	15	9,0

Tabelle A3: Zusammensetzung des Erntegutes

Datum	Kategorie	KBEM'14 Masse-%	Linz III Masse-%
03.07.2015	Blüten mit Stängel 0-1,0 cm	32,8	38,5
	Blüten mit Stängel 1,1-3,0 cm	22,0	29,0
	Blüten mit Stängel 3,1-5,0 cm	3,6	3,3
	Blüten mit Stängel >5,0	5,7	3,5
	Stängel/Blätter	3,6	3,2
	Knospen	14,8	11,3
	Grus	7,1	4,2
	Fremdbesatz	10,4	7,0
	Summe Blüten mit Stängel 0-5 cm	***58,4***	***70,8***
22.07.2015	Blüten mit Stängel 0-1,0 cm	34,9	49,1
	Blüten mit Stängel 1,1-3,0 cm	5,3	5,7
	Blüten mit Stängel 3,1-5,0 cm	2,9	2,3
	Blüten mit Stängel >5,0	15,7	8,7
	Stängel/Blätter	6,3	3,4
	Knospen	2,4	1,7
	Grus	19,5	19,5
	Fremdbesatz	13,0	9,6
	Summe Blüten mit Stängel 0-5 cm	***43,1***	***57,7***

Tabelle A4: Zusammensetzung des Siebdurchganges in Abhängigkeit vom Siebabschnitt bei der Sieblochung 30 mm und der Schneckendrehzahl 250 1/min

	Masse Frischmasse g	Anzahl Partikel	Masse Trockenmasse g	Masseanteil %
Wanne 1				
Blüten 0-1,0 cm	99,77	1216	21,55	38,5
Blüten 1,1-3,0 cm	16,98	252	3,73	6,7
Blüten 3,1-5,0 cm	2,75	37	0,75	1,3
Blüten >5,0	1,04	13	0,31	0,6
Stängel/Blätter	2,02		1,35	2,4
Knospen	0,00		0	0,0
Grus	61,97		18,73	33,5
Fremdbesatz	35,47		9,52	17,0
Summe	220,00	1517	55,94	100,0
Wanne 2				
Blüten 0-1,0 cm	116,71	1399	24,79	38,4
Blüten 1,1-3,0 cm	15,94	233	3,46	5,4
Blüten 3,1-5,0 cm	3,45	46	0,92	1,4
Blüten >5,0	1,85	23	0,57	0,9
Stängel/Blätter	9,27		3,98	6,2
Knospen	0		0	0,0
Grus	71,42		19,12	29,6
Fremdbesatz	50,1		11,8	18,3
Summe	268,74	1701	64,64	100,0
Wanne 3				
Blüten 0-1,0 cm	56,67	686	12,15	27,1
Blüten 1,1-3,0 cm	9,61	138	2,05	4,6
Blüten 3,1-5,0 cm	3,37	45	0,91	2,0
Blüten >5,0	2,73	34	0,85	1,9
Stängel/Blätter	9,59		5,74	12,8
Knospen	0		0	0,0
Grus	29,37		8,45	18,8
Fremdbesatz	60,42		14,68	32,7
Summe	171,76	903	44,83	100,0

Tabelle A4: Fortsetzung

	Masse Frischmasse g	Anzahl Partikel	Masse Trockenmasse g	Masseanteil %
Wanne 4				
Blüten 0-1,0 cm	21,67	323	5,72	19,1
Blüten 1,1-3,0 cm	5,51	120	1,78	6,0
Blüten 3,1-5,0 cm	2,23	53	1,07	3,6
Blüten >5,0	1,52	41	1,01	3,4
Stängel/Blätter	13,67		7,41	24,8
Knospen	0,04		0,03	0,1
Grus	2,73		1,45	4,9
Fremdbesatz	37,96		11,4	38,2
Summe	85,33	537	29,87	100,0
Wanne 5				
Blüten 0-1,0 cm	8,11	111	1,96	7,2
Blüten 1,1-3,0 cm	6,18	96	1,42	5,2
Blüten 3,1-5,0 cm	3,1	44	0,88	3,2
Blüten >5,0	3,31	41	1,01	3,7
Stängel/Blätter	9,59		6,6	24,3
Knospen	0		0	0,0
Grus	8,36		2,93	10,8
Fremdbesatz	50,63		12,38	45,5
Summe	89,28	291	27,18	100,0
Überlauf				
Blüten 0-1,0 cm	0,35	4	0,07	0,2
Blüten 1,1-3,0 cm	0,35	5	0,07	0,2
Blüten 3,1-5,0 cm	2,04	25	0,5	1,2
Blüten >5,0	10,26	119	2,95	6,9
Stängel/Blätter	32,19		18,1	42,6
Knospen	0		0	0,0
Grus	3,25		1,09	2,6
Fremdbesatz	93,1		19,68	46,3
Summe	141,54	153	42,46	100,0

Tabelle A5: Zusammensetzung des Siebdurchganges in Abhängigkeit vom Siebabschnitt bei der Sieblochung 20 mm und der Schneckendrehzahl 250 1/min

	Masse Frischmasse g	Anzahl Partikel	Masse Trockenmasse g	Masseanteil %
Wanne 1				
Blüten 0-1,0 cm	103,06	1299	23,02	42,4
Blüten 1,1-3,0 cm	19,03	313	4,64	8,5
Blüten 3,1-5,0 cm	1,2	29	0,58	1,1
Blüten >5,0	0,56	12	0,3	0,6
Stängel/Blätter	1,54		0,89	1,6
Knospen	0		0	0,0
Grus	66,02		21,66	39,9
Fremdbesatz	11,61		3,24	6,0
Summe	203,02	1653	54,33	100,0
Wanne 2				
Blüten 0-1,0 cm	136,46	1655	29,33	45,5
Blüten 1,1-3,0 cm	22,53	336	4,98	7,7
Blüten 3,1-5,0 cm	3,77	51	1,03	1,6
Blüten >5,0	1,17	17	0,42	0,7
Stängel/Blätter	1,87		1,03	1,6
Knospen	3,23		0,75	1,2
Grus	18,49		7,44	11,5
Fremdbesatz	76,89		19,44	30,2
Summe	264,41	2059	64,42	100,0
Wanne 3				
Blüten 0-1,0 cm	79,81	966	17,12	33,6
Blüten 1,1-3,0 cm	25,79	368	5,45	10,7
Blüten 3,1-5,0 cm	4,71	59	1,2	2,4
Blüten >5,0	2,27	29	0,71	1,4
Stängel/Blätter	4,47		2,03	4,0
Knospen	0		0	0,0
Grus	20,14		18,45	36,2
Fremdbesatz	75,21		6,01	11,8
Summe	212,4	1422	50,97	100,0

Tabelle A5: Fortsetzung

	Masse Frischmasse g	Anzahl Partikel	Masse Trockenmasse g	Masseanteil %
Wanne 4				
Blüten 0-1,0 cm	67,78	782	13,85	48,1
Blüten 1,1-3,0 cm	22,66	317	4,7	16,3
Blüten 3,1-5,0 cm	8,23	98	1,98	6,9
Blüten >5,0	4,94	56	1,39	4,8
Stängel/Blätter	6,51		2,78	9,7
Knospen	0		0	0,0
Grus	1,98		0,85	3,0
Fremdbesatz	11,61		3,24	11,3
Summe	123,71	1253	28,79	100,0
Wanne 5				
Blüten 0-1,0 cm	41,97	516	9,15	18,5
Blüten 1,1-3,0 cm	16,59	242	3,58	7,2
Blüten 3,1-5,0 cm	8,59	105	2,12	4,3
Blüten >5,0	5,12	61	1,51	3,1
Stängel/Blätter	4,71		2,83	5,7
Knospen	0		0	0,0
Grus	19,52		5,6	11,3
Fremdbesatz	100,82		24,62	49,8
Summe	197,32	924	49,41	100,0
Überlauf				
Blüten 0-1,0 cm	2,28	32	0,57	1,1
Blüten 1,1-3,0 cm	0,9	15	0,22	0,4
Blüten 3,1-5,0 cm	3,07	40	0,81	1,5
Blüten >5,0	22,41	237	5,86	10,8
Stängel/Blätter	20,28		11	20,4
Knospen	0		0	0,0
Grus	5,92		1,82	3,4
Fremdbesatz	154,49		33,76	62,5
Summe	209,35	324	54,04	100,0

Tabelle A6: Durch Bildanalyse bestimmte Flächenanteile der Blüten und Nicht-Blüten-Bestandteile in Abhängigkeit vom Siebabschnitt, den Sieblochungen und den Schneckendrehzahlen

Sieb-abschnitt [cm]	Lochung [mm]	Drehzahl [1/min]	Flächen Gelb [Pixel]	Weiß [Pixel]	Grün [Pixel]	Flächenanteile Blüten [%]	Nicht-Blüten [%]
- 10 ... 25	20	162	123784	108232	478735	32,6	67,4
25 ... 60	20	162	107383	110693	509771	30,0	70,0
60 ... 95	20	162	86117	87502	468960	27,0	73,0
95 ... 130	20	162	43502	52523	398087	19,4	80,6
130 ... 165	20	162	23922	27216	302231	14,5	85,5
Überlauf	20	162	18048	22252	628516	6,0	94,0
- 10 ... 25	20	250	81964	61603	302893	32,2	67,8
25 ... 60	20	250	95662	95351	340067	36,0	64,0
60 ... 95	20	250	58102	62797	300115	28,7	71,3
95 ... 130	20	250	46919	51801	349948	22,0	78,0
130 ... 165	20	250	18029	19133	200059	15,7	84,3
Überlauf	20	250	15570	13076	588718	4,6	95,4
- 10 ... 25	20	320	129801	143305	514976	34,7	65,3
25 ... 60	20	320	103753	113154	473667	31,4	68,6
60 ... 95	20	320	81815	93842	434659	28,8	71,2
95 ... 130	20	320	44615	47116	329697	21,8	78,2
130 ... 165	20	320	18679	18772	136989	21,5	78,5
Überlauf	20	320	17222	21285	659924	5,5	94,5
- 10 ... 25	30	162	50136	44901	294047	24,4	75,6
25 ... 60	30	162	33054	31917	323521	16,7	83,3
60 ... 95	30	162	13497	17955	256908	10,9	89,1
95 ... 130	30	162	2381	3720	119124	4,9	95,1
130 ... 165	30	162	1716	2000	141787	2,6	97,4
Überlauf	30	162	3758	5620	348060	2,6	97,4
- 10 ... 25	30	250	122203	72294	580394	25,1	74,9
25 ... 60	30	250	93934	57158	486075	23,7	76,3
60 ... 95	30	250	67403	26283	371962	20,1	79,9
95 ... 130	30	250	80067	33015	498327	18,5	81,5
130 ... 165	30	250	7663	4497	125632	8,8	91,2
Überlauf	30	250	20668	5706	414780	6,0	94,0
- 10 ... 25	30	320	117935	84539	554531	26,7	73,3
25 ... 60	30	320	102746	80635	654268	21,9	78,1
60 ... 95	30	320	65488	49371	485301	19,1	80,9
95 ... 130	30	320	19289	16816	321868	10,1	89,9
130 ... 165	30	320	12835	8497	257149	7,7	92,3
Überlauf	30	320	16673	9025	607042	4,1	95,9