



Forschungsprojekt

„Vergleich von Maschinenernte und Handerte bei Spargel und Anpassung des Kulturverfahrens an die Maschinenernte - Darstellung an wichtigen Kenngrößen“ (A/10/02); Kapitel 08 03 TG 53

Abschlussbericht zum 31.12.2014

Dipl.-Ing. agr. (Univ.) Martin Schaser

Versuchszeitraum: 16.03.2010 - 31.12.2014

Institution: Bayerische Landesanstalt für Weinbau und Gartenbau

Projektleiter: LD Oskar Kreß

Projektbetreuer: VA Martin Schulz

Projektleitung : OAR Peter Strobl
AELF Pfaffenhofen a. d. Ilm
Außenstelle Schrobenhausen

Projektbearbeiter: Martin Schaser
Bayerische Landesanstalt
für Weinbau und Gartenbau
An der Galgenfuhr 21
D - 96050 Bamberg

gefördert durch: Bayerisches Staatsministerium
für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten

Inhaltsverzeichnis:	Seite Nr.
1. Einleitung	6
2. Material und Methoden	6
2.1. Versuchsaufbau	6
2.2. Durchgeführte Messungen	7
2.2.1. Witterungsdaten	7
2.2.2. Bodendaten	8
2.2.3. Dammdruck und Lagerungsdichte	8
2.2.4. Dammhöhe und Schnitttiefe	9
2.2.5. Reservekohlenhydrat (RKH)-Gehalte	9
2.2.6. Arbeitszeiten und Erntegeschwindigkeit	9
2.3. Bonituren	9
2.3.1. Ertrag	10
2.3.2. Stangenzahl	10
2.3.3. Qualität	10
2.3.4. Mängel	11
2.3.5. Kopffestigkeit	12
2.3.6. Maximale Stangenlänge	13
2.3.7. Krautbonitur	13
3. Ergebnisse	13
3.1. Witterung	13
3.1.1. Bodenfeuchte und Niederschläge	13
3.1.2. Bodentemperatur, Lufttemperatur	14
3.2. Bodenart und Nährstoffgehalte	15
3.3. Dammdruck und Lagerungsdichte	16
3.4. Dammhöhe und Schnitttiefe	18
3.5. Reservekohlenhydrat (RKH)-Gehalte	19
3.6. Arbeitszeiten und Erntegeschwindigkeit	20

3.7.	Erträge	22
3.7.1.	Erträge, einreihige Pflanzung Feld Eder-Biburg	22
3.7.2.	Erträge, doppelreihige Pflanzung	25
3.8.	Stangenzahl und Stangengewicht	26
3.9.	Qualitätsbonitur	28
3.10.	Mängelbonitur	30
3.11.	Kopffestigkeit	32
3.12.	Dammhöhe und maximale Stangenlänge	33
3.13.	Krautbonitur	34
4.	Technische Voraussetzungen und Entwicklungen	36
5.	Wirtschaftlichkeit	39
6.	Zusammenfassung und Schlussfolgerungen	45
7.	Ausblick	46
Anhang		

Abbildungsverzeichnis:	Seite Nr.
Abb. 1: Wetterstation, links von Hand beernteter Damm, Datalogger mit Solarpanel in Fahrspur, rechts maschinell beernteter Damm	8
Abb. 2 a-f: Ablauf der Qualitätsbonitur 2011 -2014	10/11
Abb. 3 a-f: Kopffestigkeit, Kategorien	12
Abb. 4: Dammdruck, Verlaufskurve	16
Abb. 5: Penetrologger	16
Abb. 6 a, b: Schnitthorizont 2011 und 2012	19
Abb. 7: Varioterminal, Anzeige der Erntegeschwindigkeit 2011	21
Abb. 8 a: Mechanische Beschädigungen bei maschineller Ernte	32
Abb. 8 b: Grünfärbung der Schnittflächen	32
Abb. 9: Kamera über der Siebkette	34
Abb. 10 a: Pflugschar kurz, 2010	37
Abb. 10 b: Pflugschar lang, 2011	37
Abb. 11 a: Dammaufbau 2010	37
Abb. 11 b: Dammaufbau ab 2011	37
Abb. 12 a: Sternsiebwalze	37
Abb. 12 b: Verkanten von Steinen	37
Abb. 13 a: Schneideinheit 2010	38
Abb. 13 b: Schneideinheit Neukonstruktion 2011 (Quelle ai-solution)	38
Abb. 14 a: Schnittbild 2010/11	38
Abb. 14 b: Schnittbild 2012	38

Diagrammverzeichnis:

<u>Diagramm 1:</u> Bodenfeuchte und Regenmenge, Ernteperiode 2011	12
<u>Diagramm 2:</u> N-min Gehalte je Erntemethode in 0-30 cm und 30-60 cm Bodentiefe, 2011-2014	14
<u>Diagramm 3:</u> pH-Wert je Erntemethode in 0-30 cm und 30-60 cm Bodentiefe, 2011-2014	15
<u>Diagramm 4:</u> Ergebnisse der RKH-Analysen, 2011-2014	18
<u>Diagramm 5:</u> Roh- und Marktertrag, Ernte manuell, maschinell, kombiniert, 2011-2014	21
<u>Diagramm 6:</u> Durchschnittserträge je Erntemethode, 2011 -2014	23
<u>Diagramm 7:</u> Roh- und Marktertrag je Erntemethode, prozentual, Durchschnitt 2011-2014	23
<u>Diagramm 8 a:</u> Erträge der Sorte Gijnlim in dt/ha, Vergleich Handernte/ Maschinenernte	24
<u>Diagramm 8 b:</u> Erträge der Sorte Gijnlim in Prozent, Vergleich Handernte/ Maschinenernte	24
<u>Diagramm 9 a:</u> Rohertrag je Hektar, Doppelreihe Feld Pirzer Sittling, 2013-2014	25
<u>Diagramm 9 b:</u> Rohertrag in Prozent, Doppelreihe Feld Pirzer Sittling, 2013-2014	25
<u>Diagramm 10:</u> Stangenzahl je Stangenlänge, absolut, 2011-2014	26
<u>Diagramm 11:</u> Ertragsanteile je Stangenlänge und Ernteverfahren, 2011-2014	28
<u>Diagramm 12:</u> Qualitätsbonitur, Gewichtsanteil (%) nach Länge und Klasse, 2011-2014	29
<u>Diagramm 13:</u> Mängelbonitur, Gewichtsanteil (%) je Mangel, 2011-2014	30
<u>Diagramm 14 a:</u> Kopffestigkeit bei Handernte und Maschinenernte 2010	31
<u>Diagramm 14 b:</u> Kopffestigkeit bei Handernte und Maschinenernte 2011	32
<u>Diagramm 15:</u> Krautbonitur vier bis sechs Wochen nach der Spargelernte, 2011-2013	34
<u>Diagramm 16:</u> Krautbonitur zum Vegetationsende, 2011-2013	34
<u>Diagramm 17:</u> Rentabilität der maschinellen Ernte in Abhängigkeit vom Lohnniveau, Erzeugerpreis von 5,50 Euro je kg Spargel	42
<u>Diagramm 18:</u> Rentabilität der maschinellen Ernte in Abhängigkeit vom Lohnniveau, Erzeugerpreis von 4,50 Euro je kg Spargel	43

Tabellenverzeichnis:

<u>Tabelle 1:</u> Feld Eder-Biburg, Erntedauer und Erntedurchgänge, 2010-2014	7
<u>Tabelle 2:</u> Dammtemperatur in 20 cm Tiefe und Temperaturdifferenz $T_{5\text{ cm}} - T_{40\text{ cm}}$	14
<u>Tabelle 3:</u> Dammhöhe, durchschnittliche sowie maximale und minimale Schnitttiefe	118
<u>Tabelle 4:</u> Arbeitszeiten gesamt und Teilarbeitszeiten in Stunden/Hektar, 2011-2013	20
<u>Tabelle 5:</u> Erntegeschwindigkeiten in km/h, 2011-2013	21
<u>Tabelle 6:</u> Stangengewicht und Stangenzahl je Stangenlänge, jährlich	28
<u>Tabelle 7:</u> Dammhöhe und Stangenlänge 2011	33
<u>Tabelle 8:</u> Dammhöhe und Stangenlänge 2012	34
<u>Tabelle 9:</u> Grunddaten betriebswirtschaftliche Kalkulation	39
<u>Tabelle 10:</u> Maschinenkosten	37
<u>Tabelle 11:</u> Kalkulation der Aufbereitung und Vermarktung des Ernteguts	40
<u>Tabelle 12:</u> Berechnete Marktleistung für 2011	41
<u>Tabelle 13:</u> Deckungsbeitrag abzüglich Maschinenkosten und Gewinnveränderung gegenüber der Handernte, 2011	38
<u>Tabelle 14:</u> Berechnete durchschnittliche Marktleistung für 2011- 2014	42
<u>Tabelle 15:</u> Deckungsbeitrag abzüglich Maschinenkosten und Gewinnveränderung gegenüber der Handernte, 2011-2014	42

Einleitung

Die Ernte von Spargel ist seit Beginn des Spargelanbaus Handarbeit. Abgesehen von der Schwere dieser Arbeit und der damit einhergehenden physischen Belastung für die Gesundheit der Erntehelfer ist die Ernte ausgesprochen zeitintensiv. Deshalb entfällt ein wesentlicher Anteil der Produktionskosten für Spargel auf die Lohnkosten der zur manuellen Ernte notwendigen Arbeitskräfte. Dies geht für eine steigende Zahl an Betrieben einher mit größer werdenden Schwierigkeiten bei der Rekrutierung ausreichend motivierter und geeigneter Saisonarbeitskräfte. Vor dem Hintergrund dieser Entwicklung könnte eine funktionierende und schlagkräftige maschinell durchführbare Ernte für eine wesentlich verbesserte Konkurrenzfähigkeit deutscher Spargelbetriebe sorgen und diese gleichzeitig während der Arbeitsspitzen entlasten. Diese so geschaffenen Zeitfenster könnten vom Betrieb beispielsweise dazu genutzt werden seine Position im Wettbewerb zu stärken und dadurch seine Vermarktung zu optimieren. Inwiefern durch den Einsatz von nichtselektiven Vollerntern ein Wettbewerbsvorteil erzielt werden kann, wurde im vorliegenden Projekt untersucht und beurteilt. Voraussetzung dafür war die Beantwortung pflanzenbaulicher Fragen zu Auswirkungen der mechanischen Ernte sowie der damit erzielbaren Erntemengen und Qualität des Ernteguts mit dem Ziel einer fundierten pflanzenbaulichen und betriebswirtschaftlichen Bewertung des neuartigen Erntesystems. Soweit möglich waren darauf basierende allgemeine Empfehlungen für den Einsatz dieser Technik in der deutschen und speziell der bayerischen Spargelwirtschaft zu entwickeln.

2. Material und Methoden

2.1. Versuchsaufbau

Der Praxisversuch wurde 2010 als teilrandomisierter Streifenversuch mit fünf Varianten und je vier Wiederholungen (siehe hierzu *Anlage 1* und *Anlage 2*) konzipiert. Die Versuchsfläche verteilte sich auf drei Flurstücke, wovon sich eines im Vollertrag (Pflanzjahr 2007) befand. Auf diesem fand der Vergleich der Erntemethoden, sprich der Handernte, der ausschließlich maschinellen Ernte und der Kombination beider Erntemethoden statt. Die beiden anderen Felder waren Junganlagen (Pflanzjahr 2009). Verglichen wurden dort die Anbauverfahren, einerseits die praxisübliche einreihige Pflanzung und andererseits die doppelreihige Pflanzung. Als Sorte wurde „Grolim“ gewählt, welche dickfällig ist und deshalb einreihig als Dichtpflanzung mit fünf Pflanzen je Meter sowie doppelreihig mit zehn Pflanzen je Meter gepflanzt war.

Die Erfahrungen aus der Saison 2010 führten zu der Entscheidung, den Teilversuch zum Vergleich der Ernteverfahren in veränderter Form neu anzulegen. Begründet war dies durch die vermutete Inhomogenität des Bodens sowie einer wassergefüllten Mulde, durch welche die maschinell beernteten Spargeldämme überproportional benachteiligt waren.

Folgende Bedingungen waren zu erfüllen:

Aufgrund des Gewichts von Schlepper und Vollernter waren Nachteile durch Bodenverdichtungen nicht auszuschließen. Deshalb war es zwingend notwendig, dass im Feld hintereinander liegende Blöcke nur mit derselben Variante (Erntetechnik) belegt wurden.

Die 2010 von Hand beernteten Rendreihen waren zu eliminieren. Das Einrichten von drei identisch beernteten Reihen je Parzelle führte zu praxisgerechten Bedingungen. Bei allen Varianten wurde nur jeweils die mittlere Reihe für die Ertrags- und Qualitätsermittlung herangezogen.

Die Handernteparzellen des überarbeiteten Versuchsplans mussten auch im Versuchsjahr 2010 von Hand beerntet worden sein. Zusätzlich war die proportionale Verteilung von Parzellen aller drei Ernteverfahren auf die Reihen (7 bis 15), welche 2010 überdurchschnittlich hohe Erträge geliefert hatten, zu gewährleisten.

Diese Vorgaben führten zur Entscheidung, diesen Versuchsteil als teilrandomisierte Streifenanlage anzulegen (siehe *Anlage 3*). Innerhalb der Streifen werden 2 unechte Wiederholungen ausgewertet. Die Parzellenlänge je Wiederholung beträgt 75 m, wodurch eine repräsentative Stichprobe umfänglich garantiert ist.

Der eingangs beschriebene Vergleich der Anbauverfahren konnte aufgrund zu stark voneinander abweichender Versuchsbedingungen, begründet durch Heterogenität der Böden, 2012 nicht fortgesetzt werden. Stattdessen wurde der Einfluss der Sorte auf den erzielbaren Ertrag und

dessen Zusammensetzung anhand eines Tastversuchs untersucht. Getestet wurde die Sorte „Gjnlm“, welche nach Aussagen von Praktikern besser für die maschinelle Ernte geeignet sei. Als Form für die Versuchsanlage wurde ein Streifenversuch gewählt. Beerntet wurde ausschließlich von Hand sowie ausschließlich maschinell mit je zwei Wiederholungen.

In den Jahren 2013 und 2014 wurde auf einer neuen Versuchsfläche wiederum der Einfluss der Anbaumethode, hier der Doppelreihen-Pflanzung mit 8 Pflanzen/lfm und der Sorte Grolim untersucht und mit den Ergebnissen bei einreihiger Pflanzung (5 Pflanzen/lfm, Grolim) verglichen.

Tabelle 1: Feld Eder-Biburg; Erntedauer und Erntedurchgänge 2010-2014

Erntedauer	Handernte	Maschine	Masch./ Hand	sonstiges
20.04.-16.06.2010	58 Erntetage	8 Erntegänge	5/ 5 Erntegänge	
14.04.-09.06.2011	57 Erntetage	7 Erntegänge	5/ 6 Erntegänge	Die Handernte wurde bis zum 22. oder 24.06.11 weitergestochen
16.04.-11.06.2012	57 Erntetage	8 Erntegänge (Erste 2 von Hand da Maschine nicht einsatzbereit) somit 6 mal maschinelle Ernte	5/ 6 Erntegänge	Die Handernte wurde bis zum 20.06.2012 weitergestochen
18.04.-17.06.2013	61 Erntetage	7 Erntegänge (2 Erntegänge nicht durchführbar) (Maschinenschaden/Witterung)	6/ 6 Erntegänge	
03.04.-30.05.2014 03.04.-24.05.2014	59 Erntetage 52 Erntetage	7 Erntegänge (1 Erntegang nicht durchführbar) (Witterung)	6/ 6 Erntegänge	

Tabelle Nr. 1 zeigt die Versuchszeiträume der Jahre 2010 bis 2014. Angestrebt wurde eine jährliche Erntedauer von circa sechzig Erntetagen, wobei die Handernte mit dem Durchbrechen der Dammkrone der ersten Stangen begann. Die maschinelle Ernte startete in der Regel sobald eine genügend große Menge an Spargelstangen im Damm stand. Die ersten vereinzelt auflaufenden Stangen wurden ebenfalls von Hand geerntet und dem Ertrag der maschinellen Ernte zugeschlagen. Diese Verfahrensweise erstreckte sich über die ersten zwei bis drei Tage jeder Saison. Witterungsbedingt sowie aufgrund von Maschinenschäden war die konsequente Durchführung aller maschinellen Erntegänge in den Jahren 2012 – 2014 nicht möglich. Im Jahr 2014 wurde die Ernte von Hand an 59 Tagen durchgeführt. Da die Versuchsfläche wegen andauernder Regenfälle vom 27. – 29.05.2014 zum Zeitpunkt der Ernte nicht befahrbar war konnte jedoch der letzte Durchgang der Maschinenernte nicht durchgeführt werden. Somit durfte lediglich ein Zeitraum von 52 Erntetagen für die Verrechnung der Versuchsdaten herangezogen werden.

2.2. Durchgeführte Messungen

Um eine möglichst hohe Aussagefähigkeit bezogen auf die Versuchsfragen zu erzielen, wurden umfangreiche Untersuchungen geplant, durchgeführt und ausgewertet.

2.2.1. Witterungsdaten

Zur Dokumentation der Witterung während der Ernte wurde vom Institut für Landtechnik und Tierhaltung der Landesanstalt für Landwirtschaft (LfL) eine Wetterstation zur Bodenfeuchte- und Bodentemperaturmessung (siehe Abbildung 1) installiert. Um Unterschiede dieser beiden Parameter bei manuell und maschinell beernteten Dämmen zu dokumentieren, wurden die Sensoren in jeweils einen Hand- und einen Maschinendamm eingegraben. Die Bodenfeuchte wurde mittels Equitensiomern in 20 cm Tiefe unterhalb der Dammkrone gemessen. 2011 wurde zusätzlich ein digitaler Niederschlagsmesser installiert, der einen Kipplöffel [1] verwendet.

Die Bodentemperatur wurde in 0 cm, 5 cm, 20 cm und 40 cm Tiefe unterhalb der Dammkrone durch Stahlsensoren in Zeitintervallen von 15 Minuten erfasst. Zusätzlich wurde die Lufttemperatur dokumentiert. Die so gewonnenen Daten wurden mittels Dataloggern gespeichert und etwa wöchentlich auf das Laptop übertragen um eventuell auftretende Datenverluste oder andere Fehler zeitnah beheben zu können.



Abbildung 1: Wetterstation, links davon von Hand beernteter Damm (mit 2 Stangen), Datalogger mit Solarpanel in Fahrspur, rechts maschinell beernteter Damm (mit 2 Stangen)

In Abhängigkeit von der Spargelsorte gilt es die Dammtemperatur (20 cm unter der Dammkrone) in einem pflanzenbaulich optimalen Bereich von 18 - 22 °C zu halten. So wird ein vermehrtes Auftreten von Stangen mit offenen Köpfen bei darüber liegenden Temperaturen vermieden. Ebenso sollten hohe Temperaturdifferenzen von mehr als 4 °C, bezogen auf die Temperaturen in 5 cm und 40 cm unter der Dammkrone, vermieden werden. Das vermehrte Auftreten von hohlen Stangen (Zwillingen) ist sonst die Folge.

2.2.2. Bodendaten

Um die Bodenparameter wie Bodenart, -textur und Nährstoffgehalte zu ermitteln, wurden jährlich Mischproben des Bodens in 0-30 cm, in 30-60 cm und in 60-90 cm Tiefe gezogen. Jede Mischprobe bestand aus fünf gezogenen Einzelproben je Versuchsglied. Diese wurden nach Entnahme auf dem Flurstück sofort gekühlt, um die Stickstoffmineralisierung (N_{min}) später so exakt wie möglich durch das Labor (Fachzentrum Analytik A3, Leitung Dr. Klemisch) der Bayerischen Landesanstalt für Weinbau und Gartenbau (LWG) bestimmen zu können. Die Ergebnisse der Bodenanalysen, differenziert nach Bodentiefe werden in Kapitel 3.2. dargestellt.

2.2.3. Dammdruck und Lagerungsdichte:

Um Unterschiede der Dammstruktur bei den beiden Ernteverfahren, Maschinen- und Handernte, zu erfassen wurde der Dammdruck mittels eines Penetrometers (Typ: Eijkelkamp) ermittelt. Die Lagerungsdichte der obersten 4 cm der Dammkrone wurde durch Probenahme mittels Stechringen (V = 100 cm³) gemessen. Die Messinstrumente und dafür nötige Gerätschaften wurden für den Zeitraum der Spargelsaison vom Institut für Ökologie, Ökologischen Landbau und Bodenschutz der Landesanstalt für Landwirtschaft (LfL) zur Verfügung gestellt.

Mit der Ausführung und Auswertung der Messungen sowie der Beurteilung der Praxistauglichkeit der Methoden wurde im Versuchsjahr 2010 Frau Alexandra Lautenschläger im Rahmen einer Diplomarbeit betraut.

Folgendes Arbeitsthema wurde festgelegt:

„Einfluss des Dammdrucks und der Dammstruktur auf Kopffestigkeit und Aufblühverhalten von *Asparagus officinalis*, L. bei manueller und maschineller Ernte im Vergleich.“

2.2.4. Dammhöhe und Schnitttiefe

In der Saison 2010 war bei mechanischer Ernte ein Aufrechterhalten der Dammhöhe über die Dauer der Ernteperiode hinweg nicht möglich. Begründet durch diese Erfahrungen wurden technische Änderungen am Vollernter vorgenommen. Es wurde vereinbart, ab der Saison 2011 die Dammhöhe für alle Varianten der Erntetechnik vor jedem maschinellen Erntegang zu dokumentieren. Aufgrund der Ergebnisse der Jahre 2011 und 2012 wurde das Erfassen der Dammhöhen ab 2013 auf drei Termine je Saison reduziert.

Zusätzlich wurde beschlossen die Tiefe des Schnitthorizonts dreimal je Saison zu dokumentieren um bei maschineller Ernte eventuell auftretende negative Auswirkungen auf die Spargelpflanze zu beurteilen. Hier ist als Beispiel das mögliche Beschädigen von Spargelrhizomen durch zu tiefes Unterschneiden des Dammes zu nennen. Dies geschah im Rahmen der Bonitur der Ertragsverluste im Feld. Beprobte wurden alle ausschließlich maschinell beernteten Wiederholungen.

2.2.5 Reserverkohlenhydrat-Analyse

Die Gehalte, an in den Speicherwurzeln des Spargelrhizoms vorhandenen Reserverkohlenhydraten, geben Aufschluss über den Ernährungszustand der Spargelpflanze. Somit sind Sie ein Indiz für die vom jeweiligen Bestand zu erwartende Ertragsleistung. Ermittelt wurden sie in Zusammenarbeit mit dem Landeskuratorium für pflanzliche Erzeugung (LKP). Hierfür wurden jährlich zu zwei Terminen, nämlich etwa zehn Tage vor Stechende und im Herbst etwa Mitte Oktober drei Wurzelproben je Wiederholung der rein maschinell sowie der von Hand beernteten Variante entnommen, insgesamt 36 Stichproben pro Termin. Im Anschluss daran wurden die Wurzelproben tiefgefroren um nach dem Wiederauftauen den Saft mittels eines Refraktometers auf seinen Gehalt an Reserverkohlenhydraten zu analysieren. Die Maßeinheit ist in diesem Fall der Brix-Wert. Dieser bezeichnet „das Maß für die lösliche Trockensubstanz in einer Flüssigkeit (und damit annähernd den Zuckergehalt). Indirekt erhält man hierdurch einen objektiven Wert des Reifegrades einer Frucht. Zur Messung werden einige Tropfen Probeflüssigkeit auf das Messprisma des Refraktometers aufgebracht und gleichmäßig verstrichen. Die durch die Probeflüssigkeit bzw. der darin gelöste Trockensubstanz veränderte Lichtbrechung kann auf einer entsprechend kalibrierten Skala direkt in Grad Brix abgelesen werden.“ [4]

2.2.6 Arbeitszeiten und Erntegeschwindigkeit

In den Versuchsjahren 2011 bis 2014 wurden die Arbeitszeiten bei maschineller Ernte erfasst. Dokumentiert wurden die Arbeitszeiten der verschiedenen Arbeitsschritte mittels eines Dataloggers sowie eines GPS-Empfängers. Aufgezeichnet wurden Zeiten für das Ernten (Schneiden), das Wenden, das Be- und Entladen der Erntekisten, das Verkanten von Steinen (Funktionelle Störzeit), das Reißen von Folie (Funktionelle Störzeit) sowie technische Störzeiten.

Darauf basierend wurde die Erntegeschwindigkeit sowie die Erntedauer insgesamt errechnet.

Nicht exakt erfasst wurden die Arbeitszeiten bei der Handernte. Für den Vergleich des für beide Ernteverfahren notwendigen Arbeitsaufwands wurden von Hr. Joachim Ziegler (DLR-Rheinpfalz, Neustadt/Weinstraße) erarbeitete Arbeitszeitdaten herangezogen.

2.3. Bonituren

Um eine fundierte Beantwortung der Versuchsfrage und die Abarbeitung des Forschungsplanes zu gewährleisten, wurden eine Vielzahl von Daten erhoben. Der Schwerpunkt lag auf der Erfassung pflanzenbaulicher Parameter, welche zur Beurteilung von Fragestellungen wie beispielsweise nach dem optimalen Schnittzeitpunkt im Hinblick auf erzielbaren Ertrag und damit einhergehende Qualität, notwendig sind. Daneben wurden für die Höhe des erzielten Ertrags maßgebliche Faktoren wie die Dammhöhe und Form sowie die Dammygiene und Schnitttiefe dokumentiert und ausgewertet.

Nichts desto trotz war es trotz gründlicher Vorbereitung notwendig, Bonituren teilweise auch während des Versuchs noch weiter zu entwickeln.

2.3.1. Ertrag

Folgende Erträge wurden ermittelt:

- Rohertrag: erfasst wurde die direkt vom Feld am Betrieb angelieferte, ungewaschene Erntemenge so, wie sie auf dem Feld gestochen wurde.
- Rohertrag abzüglich der Abschnitte: erfasst wurde der gesamte Ertrag nach dem Ablängen auf maximal 23,5 cm Stangenlänge.
- Ertrag an nicht marktfähiger Ware: erfasst wurde die Menge des nach der Handelsklassenverordnung nicht zu vermarktenden Ernteguts.
- Marktertrag: erfasst wurde die Menge an Erntegut, das der Handelsklassenverordnung entspricht.

Der Roherträge wurden mit einer Genauigkeit von 0,01 Kilogramm erfasst, alle anderen mit einer Genauigkeit von 0,002 Kilogramm. Somit war eine möglichst exakte Hochrechnung der Erträge auf Dezitonnen je Hektar gewährleistet.

Weiterhin wurden in 2011 und 2012 die im Feld verbleibenden Ertragsverluste dokumentiert. Hierfür wurden im Anschluss an eine Maschinenernte zu drei Terminen je Saison Stichproben à 2m Länge genommen. Es wurde der Spargeldamm bis zum Schnitthorizont von Hand abgegraben, das vorgefundene Erntegut entnommen und der entsprechenden Parzelle zugeordnet um es dann hinsichtlich Menge, Stangenzahl und -länge sowie Marktfähigkeit zu dokumentieren.

2.3.2 Stangenzahl

In den Jahren 2011 bis 2014 wurde die Anzahl der geernteten Stangen für die Handerte, die Maschinenernte und die kombinierte maschinelle und manuelle Ernte durch das betriebseigene Sortierpersonal erfasst. Gleiches gilt für das im Rahmen der Bonitur auf Stangenmängel erfasste Erntegut. Basierend darauf wurde unter Einbeziehung des Ertrags das jeweils durchschnittliche Stangengewicht errechnet.

2.3.3 Qualität

Das gesamte Erntegut wurde hinsichtlich seiner Qualität nach Vorgabe der Handelsklassenverordnung in Bezug auf Stangenlänge, Stangenstärke, Kopffestigkeit und qualitative Mängel bis hin zu nicht marktfähiger Ware bonitiert. Insgesamt wurde die Qualität 2010 nach 21 verschiedenen Kriterien erfasst. Zusätzlich wurden im selben Arbeitsgang die Stangenmängel bonitiert. Aufbauend auf den Erfahrungen der Saison 2010 und durch Anregungen der Praxis wurde das Boniturschema ab 2011 vereinfacht und der Ablauf grundlegend neu strukturiert. Das weiterentwickelte Boniturschema ist der Anlage 4 zu entnehmen.

Den Ablauf der Bonitur zeigen die Abbildungen 7 a - f. Die Bonitur beinhaltet neben der exakten Dokumentation des Gewichts differenziert nach Kriterium zudem die Erfassung der Stangenzahl.

Abbildung 2 a - f: Ablauf der Qualitätsbonitur 2011 - 2014



a: Erntemenge



b: Auflegen auf das Sortierband



c: Sortieren



d: Abtransport und neu Aufstellen der Kisten

e: Wiegen

f: Zählen der Stangen und Entnahme des Datenblatts

In Abbildung 7 a ist die Erntemenge einer Maschinenernte und der Handernernte vom gleichen Tag zu sehen. Bei der Reihe links handelt es sich um die maschinell geerntete Ware. Jede Kiste der Reihe bzw. übereinander gestapelte Kisten repräsentieren eine Wiederholung der Variante.

2.3.4 Mängel

Die Bonitur auf Stangenmängel wurde 2010 nach UNECE-Norm durchgeführt, das heißt es wurden Mängel nur als solche erfasst, wenn die Stange dadurch nicht mehr marktfähig war. Waren bei einer Stange mehrere Mängel vorhanden, so wurde nur der gravierendste erfasst. Da Mehrfachmängel jedoch durchaus in einem gewissen Umfang auftreten, führte diese Form der Bonitur zu einer nur unzureichenden Abbildung der tatsächlichen Situation.

Von 2011 bis 2014 wurde ein auf den Versuch abgestimmter Maßstab für die Mängelbewertung festgelegt, der teils deutlich strenger war als die UNECE Norm vorgibt. Somit wurden auch leichte Mängel erfasst, welche nicht zum Verlust der Vermarktbarkeit nach UNECE – Norm geführt hätten. Folglich musste die Mängelbonitur ab 2011 unabhängig von der Qualitätsbonitur vorgenommen werden. Als Boniturstandards wurden festgelegt:

1. Aufblüher: Stangen mit geöffnetem Kopf, die Hüllblätter deutlich abgespreizt, Streckungswachstum fortgeschritten.
2. Offener Kopf: Stangen mit geöffnetem Kopf
3. Krumme: Stangen mit einer Krümmung von mehr als 2 Zentimetern bezogen auf deren Gesamtlänge.
4. Hohle: Stangen die erkennbar oder auf leichten Druck hin gespalten sind.
5. Berostet: Stangen mit erkennbarer Berostung. Erfasst wurde auch leicht berostete Ware, welche laut Handelsklassenverordnung noch handelbar wäre. Anhand dieser Vorgehensweise ist das Erfassen auch geringer Unterschiede bei verschiedenen Erntemethoden gewährleistet.
6. Keulen: Stangen, die im oberen Drittel eine keulenartige Verdickung aufweisen.
7. Rosa : Stangen welche teilweise oder als Ganzes eine rosa bis violette Färbung aufweisen
- 8 Rest: In diesem Kriterium sind alle Stangen die keinen der oben beschriebenen Mängel aufweisen zusammengefasst.

Durchgeführt wurde die Mängelbonitur grundsätzlich vor der Qualitätsbonitur. Bei Handernernte wurde der Ertrag in vollem Umfang auf Mängel bonitiert. Bei maschineller Ernte wurde die Menge je Wiederholung und Erntegang auf eine gut gefüllte Erntekiste begrenzt. Bei der kombinierten maschinellen und manuellen Ernte gelten die Vorgaben für das jeweilige Verfahren.

2.3.5. Kopffestigkeit

In den ersten beiden Versuchsjahren wurde die Kopffestigkeit der von Hand und der maschinell geernteten Stangen bonitiert. Hierfür wurden die bei der Mängelbonitur exakt bonitierten Erträge der jeweiligen Ernte herangezogen. Die Spargelstangen wurden in 5 Kategorien eingeteilt:



Abbildung 3 a:
Kategorie 1: sehr fest
geschlossene Köpfe



Abbildung 3 b:
Kategorie 2: fest
geschlossene Köpfe



Abbildung 3 c:
Kategorie 3:
geöffnete Köpfe



Abbildung 3 d:
Kategorie 4: Aufblüher



Abbildung 3 e:
Kategorie 5: ohne Köpfe



Abbildung 3 f:
Kopf mit leichter
Beschädigung

Quelle Abb. 3 a - f: A. Lautenschläger

Durchgeführt wurde diese Bonitur im Jahr 2010 durch die Diplomandin A. Lautenschläger, aus deren Arbeit hier zitiert wird:

„Für die Sortierung werden nur die Köpfe betrachtet, wie fest oder wie aufgeblüht die Spitze des Spargels ist. Es gilt hier einen Zusammenhang zwischen der Bodendichte und der Kopffestigkeit herzustellen, deswegen werden andere Qualitätskriterien wie Geradheit, Durchmesser, Länge außer Acht gelassen.

Bei leichter mechanisch zugefügter Beschädigung an den Köpfen, siehe Abbildung 16, wird überprüft in welche Kategorie der Spargel einsortiert werden könnte. Wenn Übereinstimmung gegeben ist, wird die Spargelstange in diese Kategorie einsortiert. Wenn keine Einsortierung möglich ist, wird das Erntegut zur Kategorie 5 (ohne Köpfe) gezählt [2].“

Hintergrund dieser Bonitur war die in der Wissenschaft bestehende Annahme, dass die Lagerungsdichte der Erde im Damm und der Druck den der Damm der wachsenden Spargelstange entgegensetzt, sich auf die Geschlossenheit der Köpfe auswirkt. Aufgrund der bei maschineller Ernte nur locker wieder aufgeschütteten Dämme waren hier Unterschiede zu vermuten. Es wurden fünf Bonituren je Saison durchgeführt. Diese Arbeiten wurden ab 2013 eingestellt.

2.3.6 Maximale Stangenlänge

Um die Schnitttiefe, den Ertrag und die Längenverteilung der Stangen im Damm und damit verbunden den Erntezeitpunkt beurteilen zu können, wurde im Nachgang der Saison 2010 beschlossen, die Länge der 15 längsten Stangen je Parzelle zu dokumentieren. Diese Bonitur wurde 2011 und 2012 zu je 5 Terminen pro Saison ausgeführt. Die Ergebnisse werden im Ergebnisteil dargestellt. Diese Arbeiten wurden ab 2013 eingestellt.

2.3.7. Krautbonitur

In den Jahren 2011 bis 2013 wurde jeweils etwa 4 Wochen nach Stechende sowie Ende September ermittelt. Beprobte wurden die Variante Handernte, ausschließliche Maschinenernte sowie die Kombination der Ernteverfahren. Je Wiederholung wurden zwei Stichproben à 10 Meter Länge bewertet. Dokumentiert wurde die Anzahl der Triebe, die Triebstärke, das Entwicklungsstadium (BBCH), die Triebhöhe (min., max., Ø) in Zentimetern, die Färbung des Spargelkrauts sowie die Homogenität des Bestandes. Da diese Untersuchung zur Ertragsprognose des Folgejahres dient, war sie im Jahr 2014 nicht mehr durchzuführen.

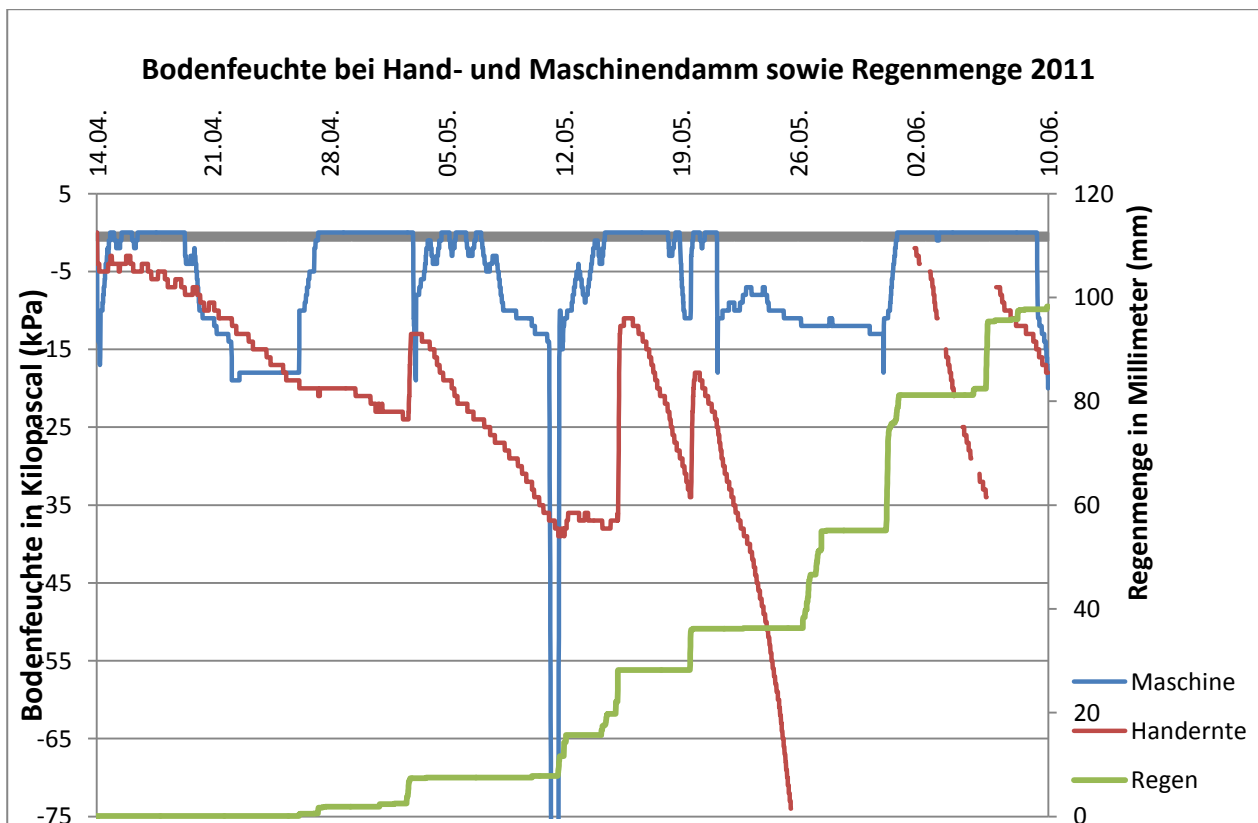
3. Ergebnisse

3.1 Witterung

3.1.1 Bodenfeuchte und Niederschläge

Die Messung der Bodenfeuchte wurde, wie in Kap. 2.2.1 beschrieben, jährlich durchgeführt. Der Equitensiometer zur Messung der Bodenfeuchte im Handdamm wurde während der gesamten Erntesaison im Erdreich belassen und lieferte kontinuierlich Messdaten, während der im maschinell beernteten Spargeldamm installierte Equitensiometer bei jedem Erntegang entfernt und anschließend wieder neu installiert werden musste. Beide arbeiteten zuverlässig.

Diagramm 1: Bodenfeuchte und Regenmenge, Ernteperiode 2011



In 2011 bis 2014 kam es jedoch zur vollständigen Entladung der Batterien, welche die Datenlogger mit Strom versorgten, was durch die solare Energiezufuhr tagsüber nicht sofort auffiel. Somit kam es zu einer teilweise unvollständigen Aufzeichnung. In 2014 bestand zudem die Problematik, dass wegen der Umstellung der Software des Dienstlaptops die Kompatibilität mit der Auslesesoftware der Datenlogger nicht gegeben war. Ein Defekt an einem der beiden Datenlogger führte somit zum Totalverlust der bis dahin erhobenen Daten. Exemplarisch sind die Daten für das Jahr 2011 in Diagramm Nr.1 wiedergegeben.

Werden die aufgezeichneten Bodenfeuchte-Gehalte aus 2011 bis 2013 für Maschinen- und für Handerte miteinander verglichen, so ist zu erkennen, dass die Feuchtegehalte im maschinell beernteten Damm höher sind als die des von Hand beernteten Damms. Zurückzuführen ist dies auf die regelmäßige Durchmischung bei maschineller Ernte.

Seit 2011 wurden zusätzlich auch die Niederschlagsmengen erfasst. Eine Korrelation mit den dokumentierten Bodenfeuchtegehalten ist deutlich erkennbar. Gemessen wurden Regenmengen von 109,6 mm (2011) und 132,0 mm (2012) sowie 215,3 mm (2013). Eine Darstellung der Niederschlagsverteilung sowie der Mengen der einzelnen Niederschlagsereignisse aus 2011 und 2012 sind der Anlage 5 zu entnehmen. Die starken Regenfälle vom 31. Mai und 2. Juni 2013, die zu starken Überschwemmungen im Raum Abensberg führten sind deutlich abzulesen.

3.1.2 Bodentemperatur und Lufttemperatur

Wie in Kapitel 2.1. beschrieben, wurde am Versuchsstandort Eder-Biburg die Bodentemperatur in vier Tiefen sowie die Lufttemperatur ca. 1,4 m über dem Boden gemessen. Die Temperaturen des Bodens beeinflussen zusammen mit der Bodenfeuchte maßgeblich das Wachstum der Spargelsprosse.

Im Rahmen des Projektes galt es, durch das Ernteverfahren bedingte vor- oder nachteilige Temperaturverteilungen zu ermitteln und eventuelle Anpassungen des Folienmanagements bei maschineller Ernte zu entwickeln. Die in Intervallen von 15 Minuten erfassten Daten wurden in Tagesmitteltemperaturen umgerechnet.

Die für die Hand- und Maschinenernte ebenfalls separat erfasste Lufttemperatur stimmte sehr gut überein, wodurch die exakte Erfassung der Temperaturdaten als gesichert angesehen werden kann.

Tabelle 2: Dammtemperatur in 20 cm Tiefe und Temperaturdifferenz T 5 - T 40

Dammtemperatur		2010		2011		2012		2013		Ø 2010-13	
Ernteverfahren		Masch.	Hand	Masch.	Hand	Masch.	Hand	Masch.	Hand	Masch.	Hand
T 20	Ø (°C)	17,5	18,8	16,2	15,7	16,7	16,3	15,4	16,6	16,5	16,9
	Min. (°C)	11,1	11,4	11,1	9,4	6,7	6,4	8,0	9,1	9,2	9,1
	Max. (°C)	26,0	26,8	21,6	21,7	24,8	24,8	22,4	22,7	23,7	24,0
	STABWN	3,710	4,445	2,372	2,907	3,997	3,795	3,902	3,610	3,495	3,689
18-22 °C	Tage	22	17	15	15	19	19	16	17	18,0	17,0
> 22 °C	Tage	16	7	0	0	4	3	3	2	5,8	3,0
T 5 - T 40	Ø (°C)	2,1	2,1°	1,2°	1,2°	1,7	1,6	0,5	1,0	1,4	1,5
	STABWN	2,668	3,040	1,657	1,800	2,303	2,250	1,652	2,563	2,070	2,413
ΔT > 4°C	Tage	3	2	17	18	12	13	4	9	9,0	10,5

Die in Tabelle 2 dargestellten Durchschnittstemperaturen je Saison wurden auf Basis der Tagesdurchschnittstemperaturen berechnet.

Für die Jahre 2010 bis 2013 wurden 20 cm unterhalb der Dammkrone Temperaturen von 16,5 °C bei maschineller Ernte und 16,9 °C bei Handerte gemessen. Die Messdaten der einzelnen Versuchsjahre zeigen jedoch ein uneinheitliches Bild. In 2010 und 2013 war die Temperatur des Handertedammes deutlich höher als beim maschinell beernteten Damm. Für die Jahre 2011 und 2012 lag die bei maschineller Ernte gemessene Dammtemperatur über derjenigen des von Hand

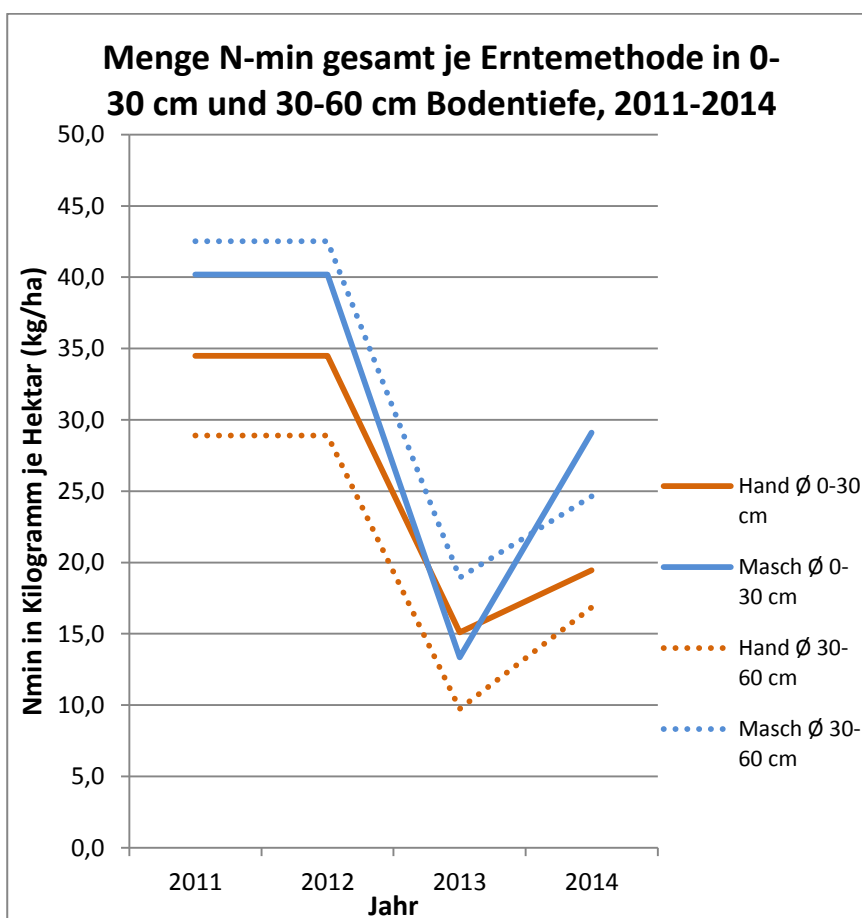
gestochenen Damms, begründet durch ein geringeres Auskühlen des Maschinendamms. Die für diesen Zeitraum gemessenen Maximaltemperaturen sind für beide Ernteverfahren nahezu identisch.

Weiter ist die Anzahl der Tage, zu denen der optimale pflanzenbauliche Temperaturbereich (18 - 22 °C) gegeben war, als auch die Anzahl der Tage an welchen dieser überschritten wurde dargestellt. Wesentliche Unterschiede sind nur im Jahr 2010 erkennbar.

Werden die Daten zur Differenz der Temperatur 5 cm und 40 cm unter der Dammkrone betrachtet, so zeigt sich, bezogen auf die Ernteverfahren, lediglich in 2013 ein klarer Unterschied. Ein durch das Ernteverfahren zustande kommender Einfluss für das Auftreten von Stangen mit offenen Köpfen kann somit nicht nachgewiesen werden. Ein Indiz dafür ist auch die nahezu identische Anzahl der Tage, an denen die kritische Temperaturdifferenz von 4°C überschritten wurde. Auch hier stellt das Ergebnis des Jahres 2013 die Ausnahme dar.

3.2. Bodenart und Nährstoffgehalte

Diagramm 2: N-min Gehalte je Erntemethode in 0 - 30 cm und 30 - 60 cm Bodentiefe, 2011 - 2014



Betrachtet werden die Bodendaten der Jahre 2011 bis 2014 der Versuchsfeldfläche Eder Biburg (Vergleich der Erntemethoden). Ausgewertet wurden die Bodenproben vom Fachzentrum Analytik der LWG in Veitshöchheim. Die Bodenart wurde als schwach lehmiger Sand eingestuft.

Die Gehalte an N-min liegen bei maschineller Ernte kontinuierlich über denen der bei Handernte gemessenen.

Die Relation zwischen den pH-Werten des Ober- und des Unterbodens der beiden Erntemethoden verhält sich jedoch gegensätzlich. Der bei Maschinenernte in 0-30 cm Tiefe niedrigere pH-Wert gegenüber dem pH-Wert im Unterboden spricht deutlich

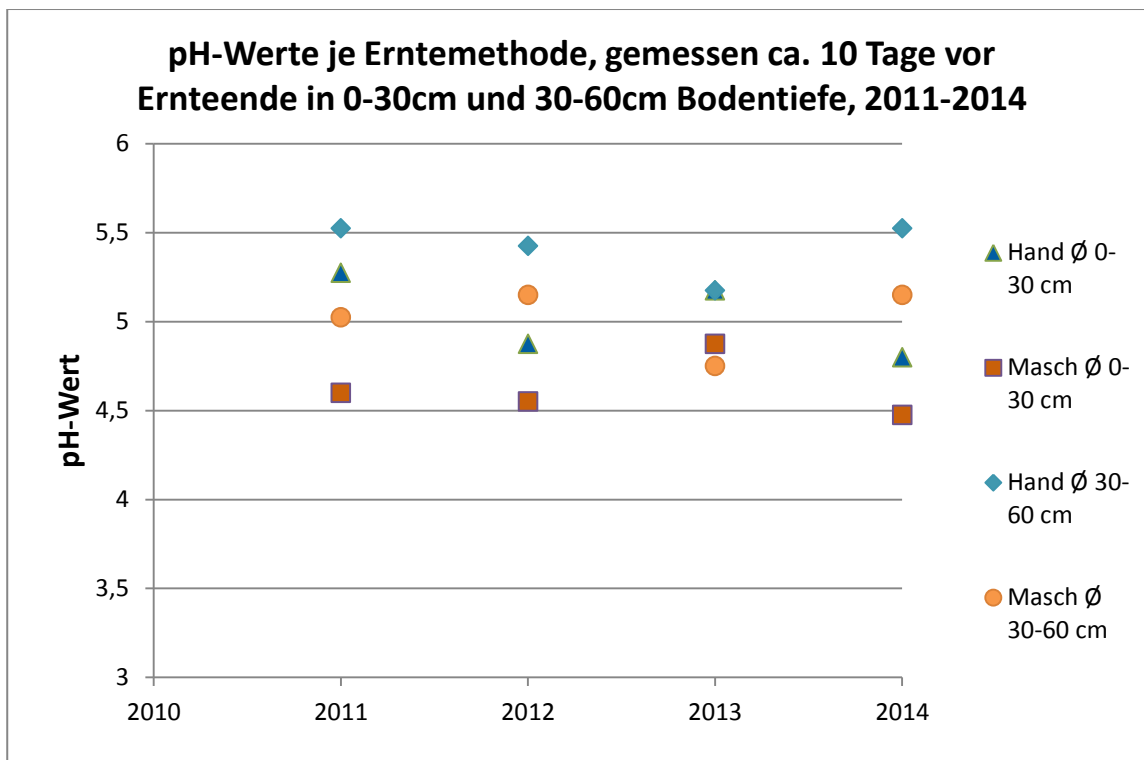
für den Einfluss der Erntemethode, was durch die Kontinuität des Verlaufs im Untersuchungszeitraum bestätigt wird.

Der pH-Wert in 0 - 30 cm Bodentiefe lag im Zeitraum 2010 - 2014 bei der Handernte zwischen 5,3 und 4,8. Mit pH-Werten von 4,9 - 4,5 waren die pH-Werte derselben Bodentiefe bei ausschließlich maschineller Ernte deutlich niedriger. In 30 - 60 cm Tiefe wurden bei Handernte pH-Werte von 5,5 bzw. 5,3 gemessen. Bei rein maschineller Ernte lagen die pH-Werte in 30 - 60 cm Bodentiefe zwischen 5,2 und 4,8.

Somit lagen die pH-Werte bezüglich derselben Bodentiefe bei maschineller Ernte generell niedriger als bei Handernte. Da der optimale pH-Bereich für den Spargelanbau laut D. Weber [6] „auf Sandböden ...zwischen 5,6 und 5,8 liegen“ sollte, war hier ein Aufkalken mit kohlenstoffsaurem Kalk zu empfehlen. Bei geplanter regelmäßiger Maschinenernte ist bei Standorten auf Sandböden

welche pH-Werte aufweisen die unter dem Optimum liegen, eine genaue Beobachtung des pH-Wertes zu empfehlen und gegebenenfalls in oben genannter Weise zu reagieren.

Diagramm 3: pH-Wert je Erntemethode in 0 - 30 cm und 30 - 60 cm Bodentiefe, 2011 - 2014



Weitere untersuchte Nährstoffgehalte sowie die prozentualen Gehalte an organischem Kohlenstoff (C org.) und Humus sind dem Bericht in tabellarischer Form als Anlage 14 beigefügt.

3.3. Dammdruck und Lagerungsdichte

Der Dammdruck wurde von 2010 bis 2012 erfasst. Es wurden mit Ausnahme der Saison 2010 jeweils fünf gleichmäßig über die Saison hinweg verteilte Termine realisiert. Die Messungen wurden jeweils unmittelbar vor der maschinellen Ernte mittels eines Penetrometers ausgeführt. Pro Parzelle wurden drei Areale (Anfang, Mitte, Ende der Versuchsfläche) beprobt. Typische Verlaufskurven eines Plots sind in Abbildung 4 zu sehen, Abbildung 5 zeigt das verwendete Messinstrument.

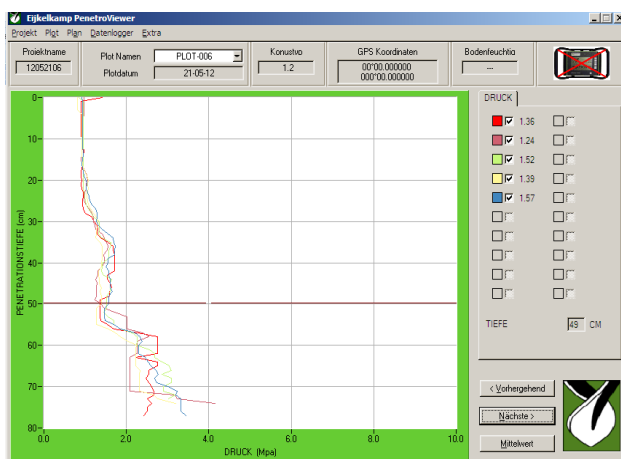


Abbildung 4: Dammdruck, Verlaufskurve



Abbildung 5: Penetrologger, [3]

Basierend auf den Mittelwerten der in Abbildung 3 graphisch dargestellten Einzelmessungen wurde aus den jeweils 18 Plots der Erntevarianten Handernte sowie Maschinenernte der durchschnittliche Dammdruck je Termin sowie bezogen auf die Saison errechnet.

Die Messungen im Versuchsjahr 2010, welche im Rahmen der in Kapitel 2.2.3 genannten Diplomarbeit durchgeführt wurden, können aufgrund der beschriebenen Verschiebung des Nullhorizonts, bedingt durch die nicht zu haltende Dammhöhe bei maschineller Ernte, [1] nicht als repräsentativ angesehen werden.

Begründet durch die in den beiden folgenden Jahren dokumentierten Dammhöhen (siehe Kap. 3.4) können die unten dargestellten Ergebnisse jedoch als gesichert betrachtet werden. Graphiken zu den nachfolgend beschriebenen Ergebnissen der Dokumentation des Dammdrucks sind der Anlage 7 zu entnehmen.

In 2011 zeigte sich bis zu einer Tiefe von 45 cm unterhalb der Dammkrone für Hand- als auch für die Maschinenernte ein stetig leicht ansteigender Dammdruck. Dieser betrug bei Handernte in 0 cm Tiefe 0,8 Megapascal (MPa) und stieg in 32 cm Tiefe bis auf 1,23 MPa an. Ausgehend vom selben Druck in 0 cm Tiefe stieg der Dammdruck bei maschineller Ernte bis in 32 cm Tiefe auf 1,04 MPa. Die bei maschineller Ernte gemessenen Werte waren bis zu dieser Tiefe signifikant niedriger als bei Ernte von Hand. Bis zu einer Tiefe von 50 cm glichen sich die gemessenen Werte wieder an. Dort wurde ein Wert von 1,57 MPa gemessen. Ab einer Dammtiefe von 45 cm ist für beide Erntevarianten ein schnelles Ansteigen des Dammdrucks zu verzeichnen.

Im Jahr 2012 stellt sich der Dammdruck gegenüber dem Vorjahr in doch deutlich anderer Form dar. Bei Handernte ist der Druck von Beginn (0 cm Tiefe) an höher als derjenige der Maschinenernte. Bis zu einer Tiefe von 22 cm steigt dieser stetig leicht an und erreicht einen Wert von 1,00 MPa um anschließend zügig auf ca. 1,4 MPa anzusteigen.

Bei Maschinenernte hingegen wurde bis zu einer Dammtiefe von 30 cm ein konstanter Druck von lediglich 0,81 MPa gemessen, welcher im Anschluss eine mit der Handernte vergleichbare Kurve beschreibt um schließlich in einer Tiefe von 42 cm in etwa mit der Handernte gleichzuziehen. In größerer Tiefe steigt der Druck unabhängig von der Erntevariante nochmals stark an. Der Dammdruck ist im Jahr 2012 bei maschineller Ernte bis zu einer Tiefe von 37 cm signifikant niedriger, als bei Ernte von Hand.

Werden die in 2011 und 2012 hierzu ermittelten Daten miteinander verglichen, so ist bis zu einer Tiefe von 40 cm unter der Dammkrone ein signifikant geringerer Dammdruck als bei Handernte zu erkennen. Infolgedessen ist hiermit der Nachweis für ein lockereres Wiederaufdämmen der Spargeldämme bei maschineller Ernte erbracht. Gleichzeitig ist es gelungen, die Höhe und die Form des Dammes analog derjenigen eines mittels einer Dammfräse geformten Damms zu erhalten. Im besten Fall verbinden sich somit die Vorteile der Dammform und Höhe mit einer gleichbleibend lockeren, gut durchlüfteten und feinkrümeligen Dammstruktur. Zudem ist dieser Damm spätestens nach der zweiten Durchfahrt mit dem Vollernter frei von Strünken und sonstigem verrottendem Material, was einen deutlich positiven phytosanitären Effekt zur Folge haben dürfte.

Das zusätzliche Befahren der Fahrspur bei maschineller Ernte über die Saison hinweg ließ in der Fachwelt die Befürchtung einer durch Bodenverdichtung hervorgerufenen Schädigung der Spargelpflanzen aufkeimen. Um das Zutreffen dieser Annahme zu untersuchen, wurde 2011 und 2012 der Bodendruck in den Fahrspuren beider Ernteverfahren gemessen. Dies geschah jeweils zum Ende der Spargelsaison, da zu diesem Zeitpunkt die größten Differenzen zu erwarten sind.

Der bis zu einer Tiefe von 50 cm errechnete Bodendruck ist für die beiden Erntezeiträume der Anlage 8 in graphischer Form zu entnehmen.

In 2011 war der bei maschineller Ernte gemessene Bodendruck für beide Erntevarianten bis zu einer Tiefe von 7 cm nahezu identisch. In einer Tiefe von 8 cm - 42 cm war der Druck bei maschineller Ernte gegenüber dem der von Erntehelfern beschrittenen Fahrspur erhöht, in einer Bodentiefe von 25-30 cm signifikant. Der größte gemessene Druck wurde bei Handernte mit einem Wert von 3,61 MPa und bei maschineller Ernte mit einem Wert von 4,16 MPa gemessen.

In 2012 zeigt die Kurve des bei Handernte gemessenen Bodendrucks eine deutlich dynamischere Ausprägung als im Vorjahr. So steigt der Druck bis in eine Bodentiefe von 11 cm sehr stark an und erreicht einen Wert von 4,66 MPa um dann bis zu einer Tiefe von 20 cm auf einem Niveau von etwa 4,90 MPa zu verharren. Anschließend fällt der Druck bis zu einer Tiefe von 36 cm wieder auf einen Wert von 3,21 MPa und steigt dann erneut auf 4,65 MPa in 50 cm Bodentiefe.

Die Verlaufskurve des Bodendrucks bei maschineller Ernte hingegen zeichnet verglichen mit dem Vorjahr ein vergleichbares Bild. Der Bodendruck steigt bis in eine Tiefe von 28 cm stetig an und erreicht mit einem Wert von 4,62 MPa seinen Höchstwert, sprich die Kurve erreicht ihren Scheitelpunkt und fällt dann nahezu stetig wieder auf einen Bodendruck von 3,11 MPa in 50 cm Tiefe zurück.

Für 2012 zeigen sich signifikante Differenzen der Ausprägung des Bodendrucks in einer Tiefe von 4 - 22 cm zugunsten der Maschinenernte sowie in 25 - 41 cm zugunsten der Handerte. Die Messung des Dammdrucks und der Lagerungsdichte des Bodens wurde zum Ende der Saison 2012 eingestellt.

3.4 Dammhöhe und Schnitttiefe

Zur Beurteilung eventueller pflanzenbaulicher Auswirkungen wurde ab der Saison 2011 wie in Kapitel 2.2.4 beschrieben die Dammhöhe und die Schnitttiefe dokumentiert. Einen Überblick der in 2011 und 2012 erfassten Daten gibt Tabelle 3 wieder.

Tabelle 3: Dammhöhe, durchschnittliche sowie maximale und minimale Schnitttiefe

Proben-termin	max. (cm)		min. (cm)		Ø (cm)	
	Dammhöhe	Schnitttiefe	Dammhöhe	Schnitttiefe	Dammhöhe	Schnitttiefe
03.05.11	51,8	25,8	46,0	21,5	49,0	23,9
13.05.11	49,3	28,0	42,6	19,6	46,9	23,6
01.06.11	52,5	28,8	47,4	25,7	49,5	27,3
26.04.12	56,0	30,6	54,3	29,2	55,1	29,7
25.05.12	54,3	34,3	47,5	28,9	49,1	31,5
14.06.12	51,5	31,1	44,2	26,9	46,9	29,0
23.05.13	43,6	29,1	41,3	26,5	41,8	27,8
11.06.13	43,5	27,6	40,6	22,8	42,3	25,9

Die Dammhöhe konnte im Jahr 2011 mit 46,9 bis 49,5 cm zu allen drei Terminen aufrechterhalten werden. Zum 13.05.11 ist eine stärkere Abweichung bei der minimalen Dammhöhe zu verzeichnen. Wie die Rohdaten zeigen, war hiervon jedoch ausschließlich der Damm der Wiederholung im Block 6 betroffen. Die Dämme der Blöcke 1 - 5 weisen Höhen von 45,8 bis 49,3 cm auf, was sich auch in der mittleren Dammhöhe widerspiegelt. Über alle drei Termine hinweg waren maximale Dammhöhen von 49,3 bis 52,5 cm über der Fahrspur zu registrieren.

Zu Beginn der Saison 2012 startete der Versuch mit etwas höher aufgedämmten Dämmen. Die Höhe konnte bis zur letzten Ernte gut gehalten werden. Die am 14.06.2012 gemessene geringere durchschnittliche Dammhöhe ist also somit hinsichtlich des Durchbrechens der Spargelstangen durch die Dammkrone und deren Ernte nicht mehr relevant.

Wird jedes der beiden Versuchsjahre für sich betrachtet, so waren die gemessenen durchschnittlichen Schnitttiefen annähernd konstant. Lediglich zum Ende der Saison 2011 ist ein deutlich tieferer Schnitthorizont dokumentiert.

Im Jahr 2012 wurde ein konstanter Schnitthorizont in 29,0 bis 31,5 cm Tiefe unter der Dammkrone vorgefunden. Das bedeutet, ein im Vergleich zum Vorjahr mindestens 5 bis 8 cm tieferes Unterschneiden des Dammes war nun möglich.

Ab 2013 wurden die Dämme niedriger aufgedämmt. Dadurch sollten kürzere Ernteintervalle erreicht werden. Die mittlere Dammhöhe lag bei etwa 42,0 cm und schwankte um etwa ± 2 cm.

Aufgrund des hohen Ertragsvolumens zu Beginn der Saison 2013 und dem daraus resultierenden Arbeitsaufwand konnte die Probenahme zu Saisonbeginn nicht ausgeführt werden.

In 2014 verhinderten widrige Witterungsbedingungen im Zeitraum der Probenahme die Erfassung dieser Daten.

Die bei der Probenahme vorgefundene Situation im maschinell beernteten Damm zeigen die Abbildungen 6 a und b. Anhand der verbliebenen Strünke ist eindeutig zu erkennen, dass der Schnitthorizont im Jahr 2012 um etwa 10 cm näher am Rhizom liegt als im Vorjahr.



Abbildung 6 a: Schnitthorizont 2011

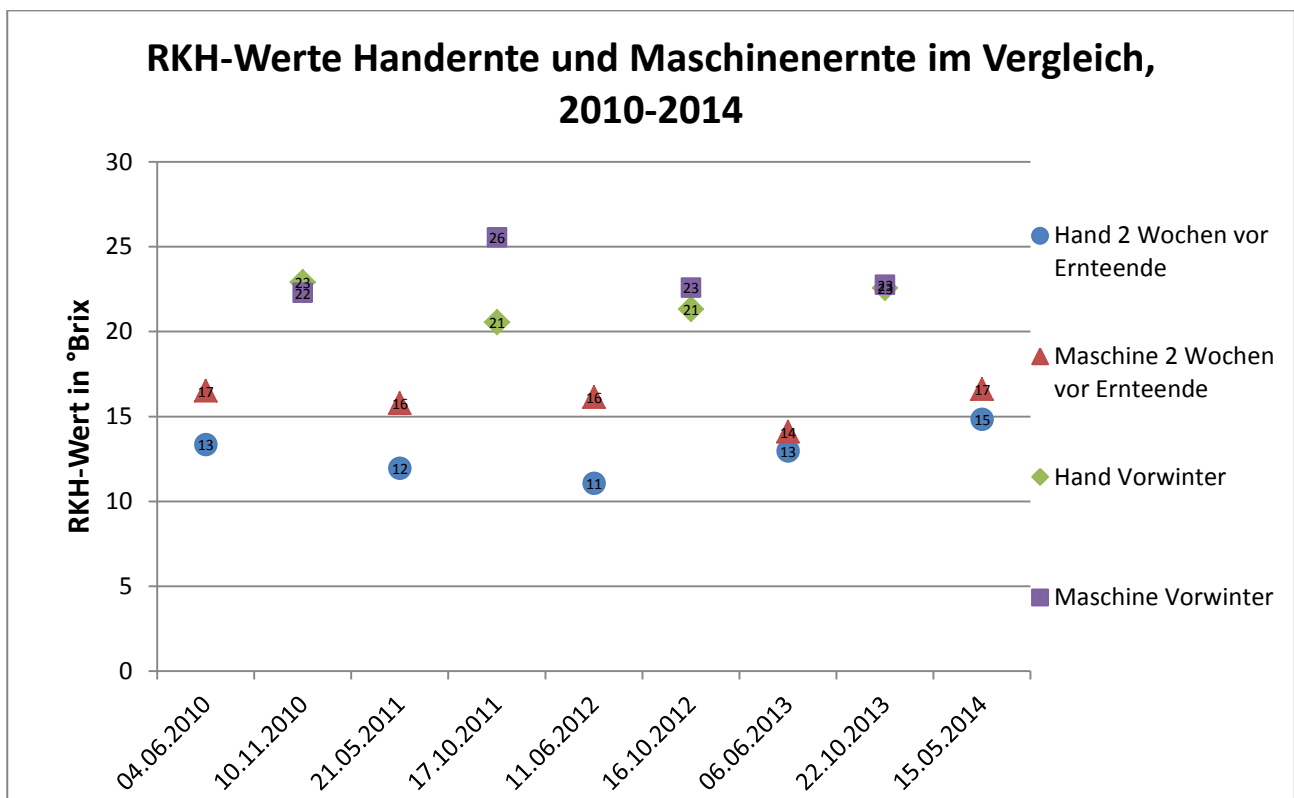


Abbildung 6 b: Schnitthorizont 2012

3.5 Reservekohlenhydrat (RKH)-Gehalte:

Die Untersuchung der Speicherwurzeln des Spargelrhizoms auf den Gehalt an Reservekohlenhydraten fand in Zusammenarbeit mit Herrn Richard Neuner vom Landeskuratorium für Pflanzenbau (LKP) statt. Es wurde wie in Kapitel 2.2.6 beschrieben verfahren. Die ermittelten Messwerte sind in Diagramm 4 dargestellt. Diese Daten und die zugehörigen Standardabweichungen sind in Anlage 9 als Tabelle wiedergegeben.

Diagramm 4: Ergebnisse der RKH-Analysen, 2010 - 2014



Die zu vergleichbaren Zeitpunkten ermittelten Ergebnisse für maschinell beerntete Pflanzen weisen über den gesamten Versuchszeitraum hinweg nahezu identische Ergebnisse auf. Die Brix-Werte 2 Wochen vor Ernteende sind bei Maschinenernte durchweg höher als die erfassten Gehalte bei Handernte. Die Ergebnisse bei Handernte wurden jedoch durch ein betriebsseitiges, eigenmächtiges Fortsetzen des Beerntens dieser Parzellen über den Versuchszeitraum hinaus verfälscht. Dokumentiert ist dies für 2011 und 2012. Somit können die vorliegenden Messdaten in diesem Zeitraum nur eingeschränkt verglichen werden.

Im fünfjährigen Mittel errechnete sich für den Zeitraum „2 Wochen vor Ernteende“ bei der Handernte ein Brix-Wert von 12,83°. Bei maschineller Ernte waren es 15,82°.

Davon unabhängig konnten zum Vorwinter (Messung Mitte Oktober bis erstes Novemberdrittel) über alle fünf Versuchsjahre hinweg für beide Erntemethoden jeweils relativ einheitliche Messergebnisse gesammelt werden.

Laut Untersuchungen von C. Feller und M. Fink [5] werden die Brix-Werte bei der Bestimmung mittels Refraktionsmessung jedoch durch verschiedene Faktoren beeinflusst. Eine wichtige Rolle spielt der Zeitpunkt der Probenahme im Verlauf des Jahres. Da der Gehalt der Kohlenhydrate mit dem Beginn der Kohlenhydratproduktion und der damit einhergehenden Einlagerung in die Speicherwurzeln in diesen ansteigt, ist das exakte Einhalten des Analysezeitpunkts von Bedeutung.

Des Weiteren sind die gemessenen Werte korreliert mit der anteiligen Zusammensetzung der verschiedenen im Presssaft der Speicherwurzeln vorhandenen Kohlenhydrate.

Hieraus geht ebenfalls hervor, dass mit der angewandten Methode wie im Versuch durchgeführt allenfalls eine Abschätzung des tatsächlichen Kohlenhydratgehalts „mit einer Genauigkeit von ca. ± 15 %“ (im Bereich von 10 bis 25 °Brix, Vertrauensbereich $P < 0,05$ %) möglich ist.

Somit sind die im Rahmen des Projekts ermittelten Abweichungen der RKH-Analysewerte beider Erntemethoden nicht als signifikant zu betrachten und können nicht als Indiz für eine durch die Erntemethode bedingte nachteilige Ertragsentwicklung im Folgejahr gewertet werden.

3.6 Arbeitszeiten und Erntegeschwindigkeit

Erfasst wurden diese betriebswirtschaftlich bedeutenden Daten auf verschiedenen Versuchsflächen, welche den Anspruch einer möglichst praxisnahen, sprich durchgängigen Bearbeitung bei ausreichender Reihenlänge und einer mindestens durchschnittlich für maschinelle Ernte geeigneten Bodenbeschaffenheit erfüllten.

Hierfür standen im Versuchsjahr 2011 zwei Vergleichsflächen zur Verfügung, wovon sich jedoch eine aufgrund der starken Durchsetzung mit Steinen von teils erheblicher Größe für die Maschinenernte nur unzureichend eignete. Somit können diese Daten nicht als repräsentativ betrachtet werden, sind im Hinblick auf extreme Erntebedingungen aber durchaus bedeutsam. Die in 2012 bis 2014 verfügbaren Flächen entsprachen in Ihrer Beschaffenheit und auch der Topographie den Anforderungen des Versuchs.

Tabelle 4: Arbeitszeiten gesamt und Teilarbeitszeiten in Stunden je Hektar, 2011 bis 2013

Jahr	Arbeitszeit (hh:mm:ss/)	Gesamt	Ernten	Wenden	Laden Ertekisten	Verkanten Steine	Technische Störung
2011 Mühl- häuser (4WDH à 280m)	t Min.	02:47:14	02:04:23	00:25:13	00:03:47	00:00:00	00:00:00
	t Max.	06:14:15	04:04:50	01:06:40	00:46:28	00:15:08	00:37:32
	t Ø	04:03:01	02:38:55	00:43:00	00:21:59	00:03:57	00:09:31
2011 Staubing (4WDH à 210m)	t Min.	03:24:51	02:33:22	00:23:04	00:05:22	00:00:00	00:00:00
	t Max.	06:38:58	04:21:09	01:33:51	00:24:40	00:04:17	00:01:53
	t Ø	04:47:13	03:09:44	00:54:35	00:14:35	00:01:30	00:00:33
2012 Alt- dürnbuch (2WDH à 380m)	t Min.	03:23:43	02:56:36	00:11:33	00:00:00	00:00:00	00:00:00
	t Max.	04:49:42	04:21:26	00:28:51	00:12:42	00:00:00	00:00:00
	t Ø	04:06:43	03:38:34	00:20:12	00:06:21	00:00:00	00:00:00
2013 Sittling (2WDH à 210m)	t Min.	05:56:09	04:42:44	00:06:57	00:00:00	00:00:00	00:00:00
	t Max.	06:50:43	06:40:48	01:44:10	00:38:41	00:00:00	00:00:00
	t Ø	06:29:38	05:43:30	00:48:22	00:06:21	00:00:00	00:00:00

Die verrechneten Arbeitszeitdaten sind in Tabelle 4 differenziert nach der Versuchsfläche dargestellt. Angegeben sind jeweils die längste (t Max.) und die kürzeste Arbeitszeit (t Min.) sowie die mittlere Arbeitszeit, errechnet als Mittelwert der Arbeitszeiten aller Wiederholungen des betreffenden Schlags. Dokumentiert wurde je Erntegang die insgesamt benötigte Arbeitszeit sowie deren Zusammensetzung aus den Teilarbeitszeiten für das Ernten, das Wenden, das Entladen der Erntekisten, sowie Störzeiten durch das Verkanten von Steinen und technische Defekte. Ebenfalls zu erfassen war die Störzeit aufgrund des Reißens von Folie bei Nutzung der automatischen Folienführung. Diese wurde aber wegen deren Größe (Frontanbau, zusätzliche Länge des Gespanns von 1,5 m) sowie des Mehraufwandes an Arbeitszeit durch An- und Abklappen sowie des Reißens von zusammengeknoteten Folienstücken ausschließlich im Jahr 2010 eingesetzt.

Die mittlere Arbeitszeit (gesamt) je Hektar umfasste in 2011 im Schlag *Mühlhäuser* ca. 4 Stunden je Hektar. Im Schlag *Staubing* waren trotz nahezu nicht aufgetretener Störzeiten 4 Stunden und 47 Minuten zu verrichten. Allgemein betrachtet nimmt das Wenden den größten Teil der Nebenarbeitszeiten ein. Der Einfluss der Dammlänge ist gravierend. So werden im Feld *Altdürnbuch* bei annähernd doppelter Dammlänge gegenüber dem Feld *Staubing* ca. nur ein Drittel der Zeit benötigt. Ist das Vorgewende, bezogen auf die Gespannlänge gering dimensioniert, so ist mit erhöhten Wendezeiten zu rechnen.

Das Be- und Entladen der Erntekisten war im Versuch aufgrund der exakten Erfassung der Erntemengen nach der Durchfahrt jeder Wiederholung notwendig, unabhängig davon ob diese komplett gefüllt waren. In der Praxis muss hierfür in etwa die Hälfte der im Versuch erfassten Zeit aufgewendet werden. Auffällig ist der erhöhte Zeitaufwand im Feld *Mühlhäuser*, verglichen mit dem Feld *Staubing*. Die nur geringe Zeit für das Laden der Erntekisten im Feld *Altdürnbuch* ergibt sich einerseits durch den Verzicht auf das Entladen der Erntekisten und begründet sich andererseits durch die relativ geringen Erntemengen. Diese beruhen auf der Sorte und der Tatsache, dass es sich bei diesem Schlag um eine Altanlage handelte. Zusätzlich wurden die mittleren Arbeitszeiten je Wiederholung prozentual berechnet.

Berechnet wurde die durchschnittlich Erntegeschwindigkeit inkl. aller Nebenzeiten als auch die reine Durchfahrtgeschwindigkeit. Dargestellt sind die ermittelten Daten in Tabelle 5.

Tabelle 5: Erntegeschwindigkeiten in km/h, 2011 bis 2013

Jahr	Erntegeschwindigkeit v	Gesamt (km/h)	Ernten (km/h)
2011 Mühlhäuser	v Min.	0,8	1,2
	v Max.	1,8	2,4
	v Ø	1,2	1,9
2011 Staubing	v Min.	0,8	1,2
	v Max.	1,6	2,1
	v Ø	1,1	1,7
2012 Altdürnbuch	v Min.	1,1	1,2
	v Max.	1,5	1,8
	v Ø	1,3	1,4
2013 Sittling	v Min.	0,7	0,7
	v Max.	0,8	1,1
	v Ø	0,8	0,9
Ø 2011-13	v Min.	0,9	1,1
	v Max.	1,4	1,8
	v Ø	1,1	1,5



Abbildung 7:
Varioterminal, Anzeige der Erntegeschwindigkeit 2011

Es wurden im Versuch, bezogen auf die Gesamtarbeitszeit, Erntegeschwindigkeiten von 1,1 bis 1,3 km/h erreicht. Die Abweichung zwischen den einzelnen Feldern als auch zwischen den erfassten Versuchsjahren ist nur gering. 2011 lag der Wert im Durchschnitt zwischen 1,7 und 1,9 km/h. Als Minimalgeschwindigkeit wurden 1,2 km/h, maximal wurden 2,4 km/h erreicht. Die höchsten Erntegeschwindigkeiten von bis zu 6 km/h wurden beim Test des Prototyps der vom Praxisbetrieb in Zusammenarbeit mit dem Versuchsingenieur umbaugebauten Schneideinheit bei der Durchfahrt einzelner Wiederholungen erzielt. Diese waren jedoch nicht kontinuierlich (laut

Herstellerangaben 5 km/h ab dem dritten Erntegang der Saison) und nie mit der Maschine, wie sie 2010 ausgeliefert wurde, zu realisieren.

Die geringere Erntegeschwindigkeit in 2012 ist zurückzuführen auf das tiefere Unterschneiden des Dammes und die somit zu bewältigenden größeren Mengen an abzusiebender Erde und auf die zeitgleiche Verwendung einer Siebkette mit geringerer Maschenweite.

3.7 Erträge

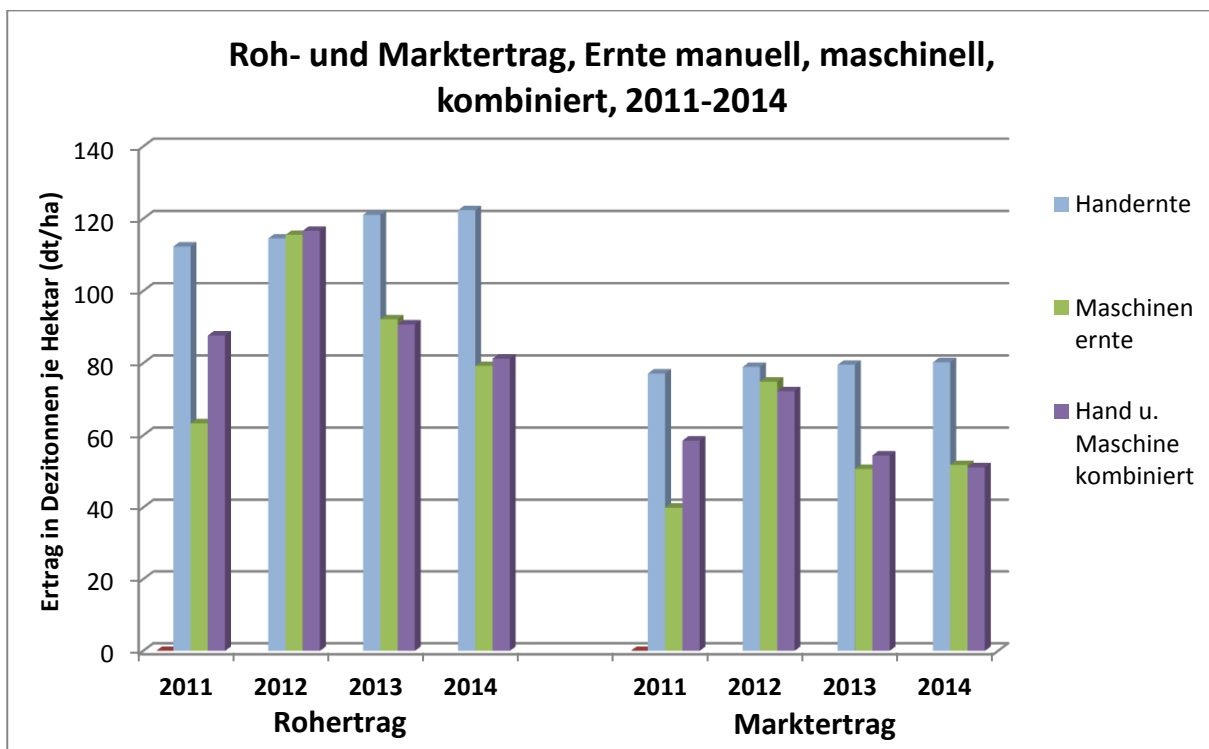
3.7.1 Erträge, einreihige Pflanzung mit 5 Pflanzen je Meter, Feld Eder-Biburg

Grundlage für die Beantwortung der Versuchsfrage waren die Dokumentation und der Vergleich der erzielten Erträge der untersuchten Erntemethoden. Erfasst wurden der Rohertrag, sprich das Gewicht des direkt vom Feld kommenden Erntegutes, der „Ertrag abzüglich der Abschnitte“, hier das Gewicht des gesamten Erntegutes nach dem Ablängen auf 23,5 cm, sowie der Marktertrag nach Negativselektion nicht marktfähiger Ware.

Durch das betriebseigene Warenerfassungssystem wurde für jede Erntekiste das Erntedatum und das beim Wareneingang ermittelte Bruttogewicht inklusive der Erntekiste aufgezeichnet und der entsprechenden Parzelle zugewiesen. Zusätzlich wurden diese Parameter händisch dokumentiert. Die Handernte wurde täglich durchgeführt. Ausnahmen hiervon wurden lediglich 2010 aufgrund zu geringfügiger Erntemengen gemacht. Für die manuelle Ernte wurden vom Betrieb fünf Arbeitskräfte (Ak) und ein erfahrener Vorarbeiter zur Verfügung gestellt.

Als Kriterium für den Zeitpunkt der Maschinenernte wurde festgelegt, dass mindestens 1 bis 5 Stangen je laufendem Meter Damm zu sehen sein müssen. Zur Durchführung der Maschinenernte wurden in der Regel sechs Erntehelfer sowie ein Schlepperfahrer vom Betrieb bereitgestellt. Drei bis vier Arbeitskräfte wurden am Sortierband für die Entnahme des Erntegutes gebraucht. Zwei weitere wurden zum Auf- und Zudecken der Dämme mit den Schwarzweißfolien und zum Nachsammeln von nicht vom Sortierband aufgelesenem oder durch die Siebkette des Vollernters gefallenem Spargel eingesetzt.

Diagramm 5: Roh- und Marktertrag, Ernte manuell, maschinell, kombiniert, 2011-2014



Die Durchführung der kombinierten maschinellen und manuellen Ernte ist begründet durch die angenommene Verringerung des Anteils kurzer Spargelstangen bei maschineller Ernte und dadurch zu erwartende höhere Erträge als bei ausschließlich mechanischer Ernte. Zugrunde

gelegt wird die These, dass die Stangen, welche sich zum Zeitpunkt der Totalernte nur wenig unterhalb des Schnitthorizonts befinden, bereits entwickelt sind. Dadurch haben diese gegenüber den nach dem Schnitt erst zum Austrieb angeregten Knospen einen deutlichen Vorsprung. Durch das Stechen der zuerst auflaufenden Stangen von Hand wird der Erntezeitpunkt der nächsten maschinellen Ernte verzögert, wodurch dann mehr lange Stangen geerntet werden könnten. Der Zeitraum zwischen der Ernte von Hand und der erneuten Maschinenernte beträgt zwei bis drei Tage. Nach maschineller Ernte sind etwa 7-10 Tage bis zum erneuten Durchbrechen des Spargels durch die Dammkrone notwendig.

Die im ersten Versuchsjahr 2010 erzielten Erträge sind im Diagramm 5 nicht dargestellt. Begründet ist dies einerseits dadurch, dass die Erträge der maschinell beernteten Versuchspartellen durch eine Wassermulde auf der Versuchsfäche überproportional beeinträchtigt wurden. Andererseits konnte technisch bedingt bei maschineller Ernte die Dammhöhe nicht gehalten werden, was ursächlich für weitere Ertragseinbußen war.

In 2011 wurde bei ausschließlich maschineller als auch bei kombinierter Ernte erzielten Erträge eine positive Entwicklung erreicht. Begründet ist dies erstens durch die vorgenommenen technischen Weiterentwicklungen der Maschine und zweitens durch die günstigen Witterungsverhältnisse dieser Saison. Nahezu gleich hoch wie im Vorjahr fiel hingegen der Rohrertrag bei der Handernte aus.

Ein signifikant anderes Bild zeigt sich bei den Erträgen des Versuchsjahres 2012. Bei unverändert hohen Erträgen der Handernte war es mit dem Vollernter nun möglich, Erträge in etwa vergleichbarer Höhe zu erzielen. Dies trifft auch auf die kombinierte maschinelle und manuelle Ernte zu.

Begründet ist diese gravierende Ertragssteigerung hauptsächlich durch die nach Vorgabe des Praxisbetriebs und des Versuchingenieurs entwickelte Neukonzipierung der Schnitttechnik des Vollernters. Ein am Praxisbetrieb gefertigter Prototyp wurde dort zum Saisonende 2011 erstmals getestet und erzielte vielversprechende Ergebnisse. Zudem waren die Erntebedingungen im Hinblick auf die Witterung gut.

Ein direkter, wissenschaftlich exakter Ertragsvergleich der Maschinenerntevarianten mit der Handernte kann jedoch für das Jahr 2012 nur unter Vorbehalt gezogen werden. Der Grund hierfür ist, dass die Variante der Handernte nach der Beendigung des Versuchs im Vorjahr noch in nicht unerheblichem Maße weiter beerntet wurde, was möglicherweise zu einer Ertragsminderung im Jahr 2012 geführt haben könnte. Deren genaue Quantifizierung war jedoch nicht möglich. Eine eindeutige Zuordnung von Ursache und Wirkung erscheint jedoch, selbst wenn dies der Fall wäre, aufgrund multipler ertragsbestimmender Einflüsse nicht uneingeschränkt vertretbar.

Aus oben beschriebenen Gründen wurde zur Versuchssaison 2013 der Versuchsplan um die maschinell beerntete Variante 4 erweitert. Hierfür wurden drei Randreihen der Handernte herangezogen. Das Ziel dieser Maßnahme war es, den Umfang der vermuteten Ertragsminderung durch das Überstechen der Handernte in den Vorjahren aufzuzeigen. Die gewonnenen Daten bestätigen für 2013 und 2014 eine Ertragsminderung von durchschnittlich elf Prozent durch das überlange Stechen der Vorjahre.

In den Jahren 2013 und 2014 konnten diese Ergebnisse jedoch nicht wiederholt werden.

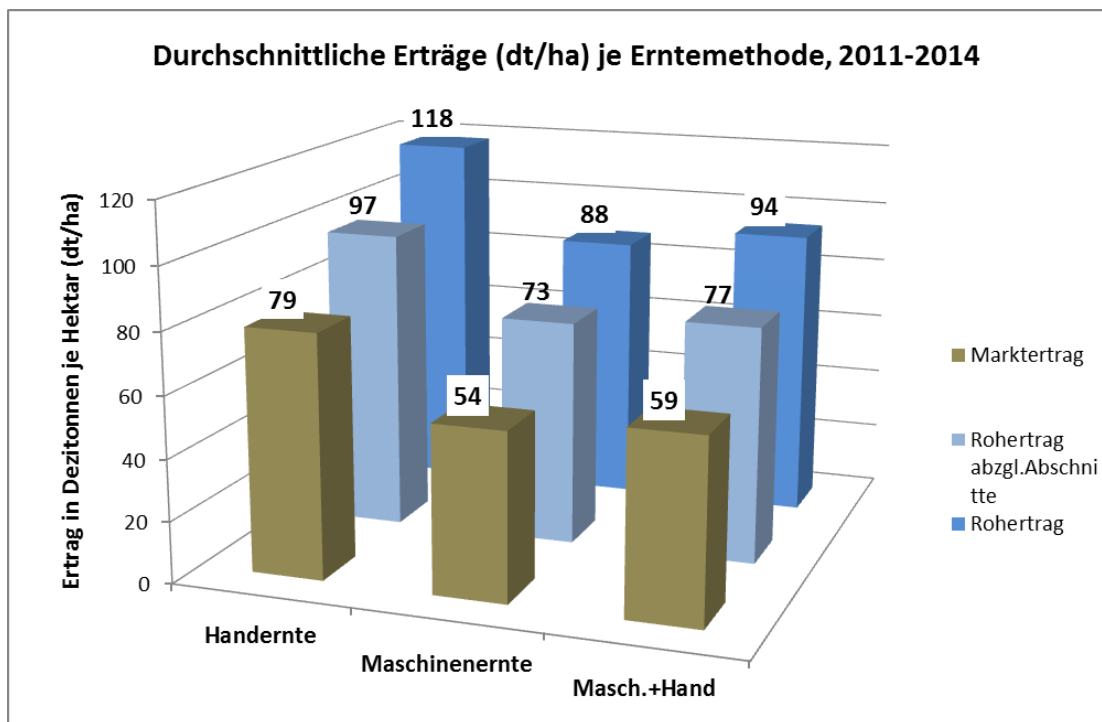
Mit 121 Dezitonnen/ha Rohrertrag, die an 61 Erntetagen erzielt wurden, erreicht die Handernte ein geringfügig besseres Ergebnis als in den beiden Vorjahren. Die Maschinenernte und die Kombination beider Ernteverfahren erreichen vergleichbare Roherträge von 92 dt/ha und 91 dt/ha, bleiben aber unter den Vorjahreserträgen. Die Bewertung dieser Ergebnisse wird durch zwei Ereignisse erschwert. Erstens kam es am 08.05.13 zu einem Maschinenschaden dessen Behebung drei Tage in Anspruch nahm. Um diesen Zeitraum zu überbrücken war eine Ernte von Hand notwendig. Zweitens machten Starkregen und resultierende Überschwemmungen am 31.05 und 04.06. eine maschinelle Ernte unmöglich. Zu beiden Terminen wurde von Hand geerntet.

Im Jahr 2014 musste ebenfalls wegen andauernder Regenfälle vom 27.- 29.05. die anstehende Maschinenernte durch eine Ernte von Hand ersetzt werden, da die Versuchsfäche nicht befahrbar war. Um die Vergleichbarkeit der Daten dieser Versuchssaison zu gewährleisten wurde der für die Verrechnung herangezogene Erntezeitraum auf 52 Erntetage verkürzt.

Trotzdem wurde bei der Ernte von Hand ein sehr guter Rohrertrag von 124 dt/ha erzielt. Die maschinelle Ernte erreichte einen Rohrertrag von 79 dt/ha. Die kombinierte maschinelle und manuelle Ernte brachte einen Rohrertrag von 81 dt/ha.

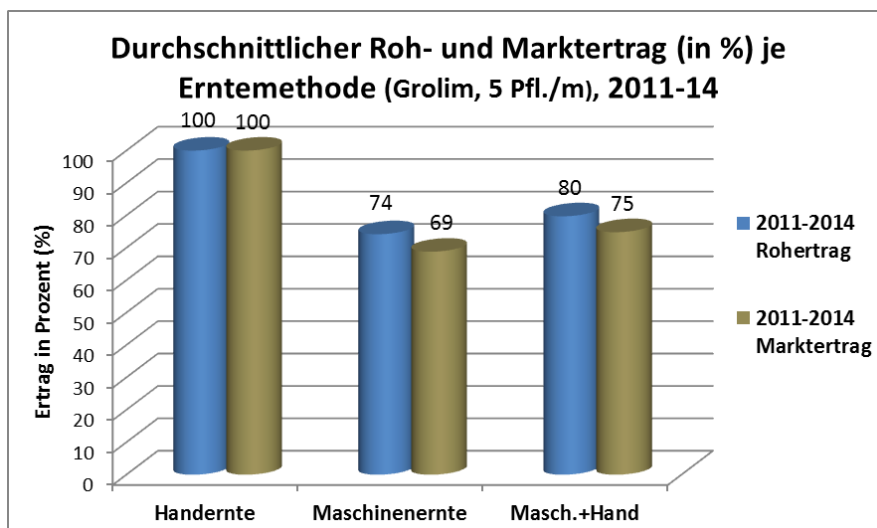
In Anbetracht dessen ist festzuhalten, dass bei kontinuierlichem Einsatz des Vollernters das Ertragsniveau des Vorjahres höchstwahrscheinlich überschritten worden wäre.

Diagramm 6: Durchschnittserträge je Erntemethode, 2011 bis 2014



Die durchschnittlich erzielten Hektarerträge in Dezitonnen (dt/ha) sind in Diagramm 6 gezeigt. Es wird deutlich, dass die Handerte mit einem Marktertrag von 79 dt/ha signifikant besser abschneidet als die ausschließlich maschinell beerntete Variante mit einem Marktertrag von 54 dt/ha und die Kombination beider Erntemethoden mit 59 dt/ha. Prozentual wurde somit bei ausschließlicher Maschinenernte ein Marktertrag von 69 % der Handerte erzielt. Bei kombinierter maschineller und händischer Ernte wurden 75 % der Handerte erreicht, (Diagramm 7). Jedoch gilt es auch hier oben genannte, den Versuchsdaten zugrundeliegende verzerrende Faktoren, das Überstechen der Handerte sowie nicht durchführbare Maschinenernten, zu berücksichtigen. Beim Rohertrag erzielt die ausschließliche Maschinenernte 74 % desjenigen der Handerte. Die Kombination beider Ernteverfahren erreicht 80 % des Ertrages der Handerte. Die Wirkung der erzielbaren Erträge auf das betriebswirtschaftliche Gesamtergebnis ist in Kapitel 5 beleuchtet.

Diagramm 7: Roh- und Marktertrag je Erntemethode, prozentual, Durchschnitt 2011-2014



3.7.2 Erträge, doppelreihige Pflanzung

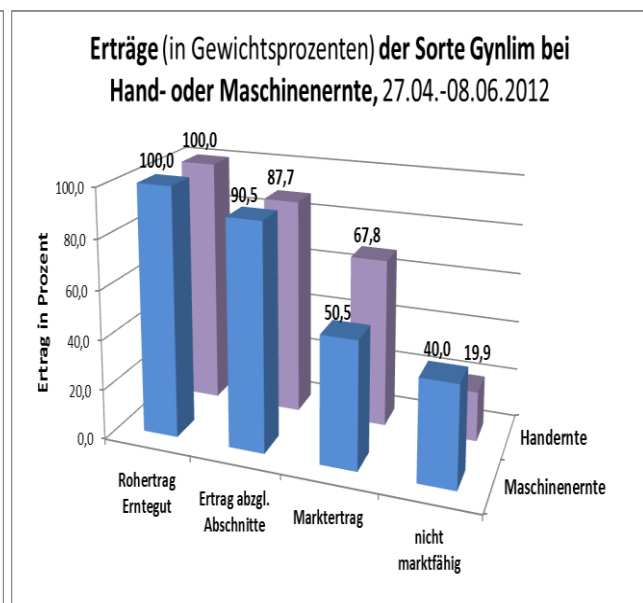
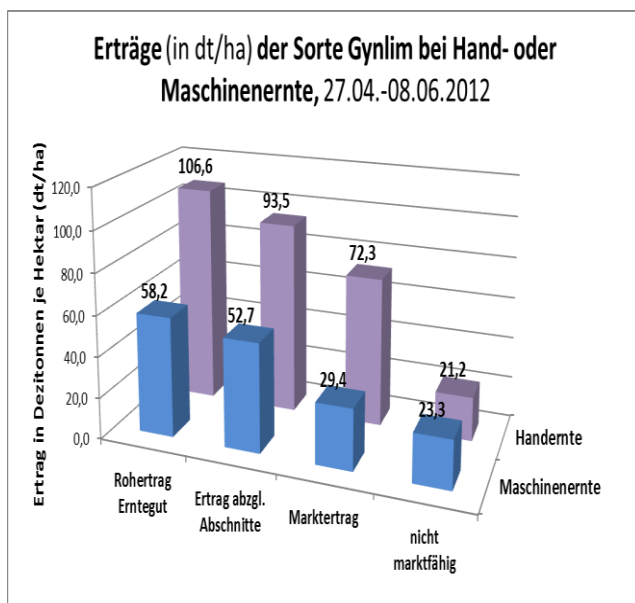
Parallel zum Vergleich der Erntemethoden wurden über den gesamten Versuchszeitraum hinweg auch Teilversuche zur Beurteilung der Wirkung der Anbaumethode angestellt. Untersucht wurde vor allem, wie sich der Anbau von Spargel in Doppelreihen mit einer Pflanzdichte von 8 oder 10 Pflanzen auf den Spargelertrag auswirkt. Wegen des breiteren Dammaufbaus sind solche Anlagen aufwendiger von Hand zu beernten, was eventuell einen Vorteil für die mechanische Ernte zur Folge hätte, sofern der Damm vollständig aufgenommen werden kann.

Im Jahr 2010 und 2011 wurde für diesen Zweck das Feld „Mühlhäuser“ ausgewählt. Es stellte sich jedoch schon bald nach dem Beginn des Versuches heraus, dass dieser Schlag aufgrund des stark von Steinen durchsetzten Bodens für die Erarbeitung repräsentativer Versuchsergebnisse ungeeignet war. Die teils handballgroßen Steine führten zu starken Beschädigungen und Bruch der Spargelstangen von erheblichem Ausmaß. Auch waren häufige Unterbrechungen der Erntegänge zu verzeichnen, welche die Messung der Erntegeschwindigkeit negativ beeinflussten. Auch die Siebkette war diesen Bedingungen nicht gewachsen und stark verbogene Kettenglieder waren die Folge.

In 2012 wurde ein Tastversuch auf einer Altfläche, auf der die Sorte Gijnlim angepflanzt war, durchgeführt. Die Erträge und die Qualität des Ernteguts bei mechanischer Ernte blieben jedoch hinter den Erwartungen zurück. Es war offensichtlich, dass die maschinelle Ernte der dünnfallenden Sorte Gijnlim trotz dem auf diesem Feld optimalen, steinfreien Sandboden einen hohen Anteil an gebrochenen Stangen und nicht marktfähigem Erntegut verursacht. Somit wurde die Untersuchung der Eignung weiterer Sorten verworfen.

Diagramm 8, a: Erträge der Sorte Gijnlim in dt/ha, Vergleich Handernte/Maschinenernte

Diagramm 8, b: Erträge der Sorte Gijnlim in Prozent, Vergleich Handernte/Maschinenernte



Ab 2013 wurde wiederum eine doppelreihig gepflanzte Anlage (Grolim, 8 Pflanzen/lfm) in den Versuch mit aufgenommen. Gepflanzt wurde die Anlage 2010. Damit war sie 2013 noch nicht im Vollertrag und wurde lediglich 52 Tage beerntet. Im Jahr 2014 waren es 61 Erntetage. Die Bodenbedingungen auf diesem Schlag waren optimal. Zur Verfrühung wurde eine Dreifachabdeckung verwendet, bei der vor der ersten Maschinendurchfahrt bei beiden Varianten die Drahtstäbe entfernt wurden. Die Diagramme Nr. 8 a, b zeigen die erreichten Roherträge beider Versuchsjahre und den Durchschnittsertrag, erstens in Dezitonnen je Hektar und zweitens prozentual.

Die Ertragsdifferenzen bei der Handernte 2013/14 sind bedingt durch die unterschiedlich langen Stechperioden. Ungeachtet dessen fällt dieser annuelle Unterschied bei der Maschinenernte deutlich größer aus und ist auch nicht ausschließlich darauf zurückzuführen. Im Versuchsjahr 2014 zeigt sich eine deutliche Ertragssteigerung bei der maschinellen Ernte gegenüber dem Vorjahr.

Diagramm 9, a: Rohertrag in Dezitonnen je Hektar, Doppelreihe Feld Pirzer Sittling, 2013-2014

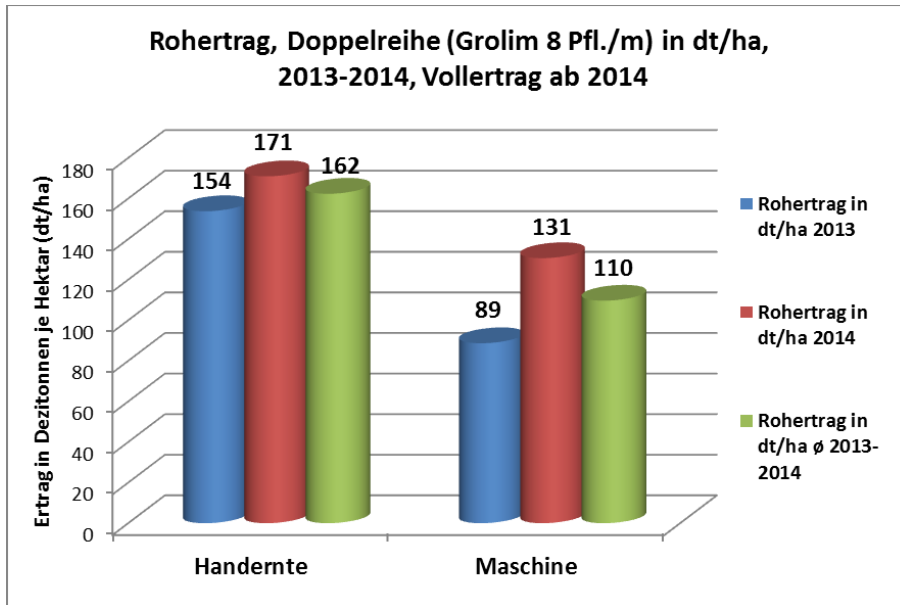
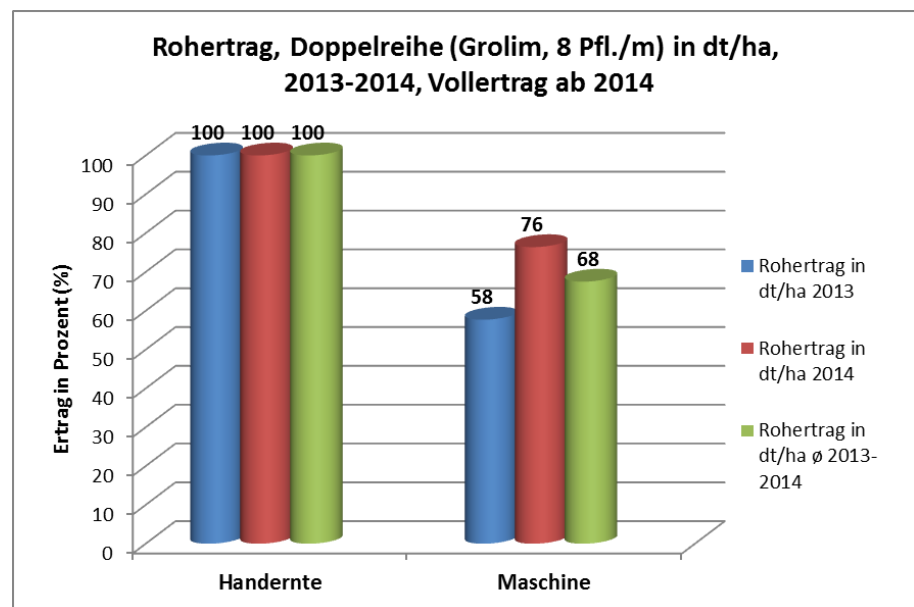


Diagramm 9, b: Rohertrag in Prozent, Doppelreihe Feld Pirzer Sittling, 2013-2014



Die prozentuale Betrachtung der Roherträge in Diagramm 9 b zeigt, dass im Jahr 2014 bei maschineller Ernte mit Erreichen von 76 % des Rohertrags der Handernte ein im Vergleich zur Einzelreihe nahezu identisches Ergebnis erzielt wurde. Somit sind für die maschinelle Ernte keine Vorteile bei Doppelreihenpflanzung belegbar. Die zweijährigen Ertragsergebnisse sind nicht repräsentativ, bestärken jedoch diese Annahme. Zu berücksichtigen ist auch, dass mit zunehmendem Alter einer doppelreihig gepflanzten Anlage die Spargelpflanzen im Damm weiter nach außen wachsen und die Breite der Dämme eventuell noch angepasst werden muss. Um eine reibungslose und zügige maschinelle Ernte zu gewährleisten muss die Maschine den Damm in seiner gesamten Breite aufnehmen können.

3.8 Stangenzahl und Stangengewicht

Die Anzahl der Stangen wurde im Zuge der Qualitätsbonitur über alle Varianten hinweg ab 2011 exakt und vollumfänglich erfasst. Der genaue Arbeitsablauf ist in Kapitel 2.3.3 beschrieben.

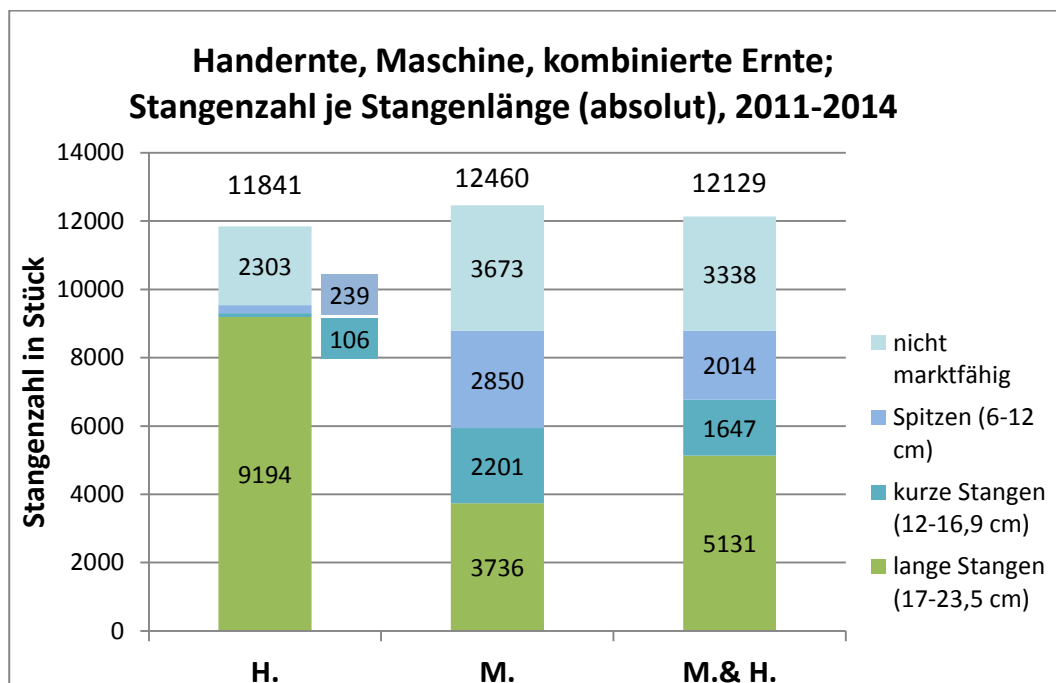
Das Diagramm 10 zeigt die durchschnittliche, jährlich von der Versuchsfläche Eder Biburg geerntete Anzahl an Spargelstangen der Jahre 2011 bis 2014.

Von Hand konnten jährlich 11841 Stangen geerntet werden. Bei rein maschineller Ernte wurden je Saison 12460 Stangen von der Versuchsfläche entnommen. Wurden Maschinen- und Handernte kombiniert, so konnten 12129 Spargelstangen je Ernteperiode geerntet werden. In diesem Zusammenhang ist auf die Anlagen 10.1 und 10.2 hinzuweisen.

Dort sind die jährlich erfassten, absoluten Stangenzahlen als Tabelle und in Form von Diagrammen gezeigt. Daraus geht hervor, dass die Anzahl der geernteten Stangen bei der Handernte relativ geringen Schwankungen unterlag. Es wurden zwischen 11377 und 12214 Spargelstangen geerntet.

Bemerkenswert ist jedoch die Entwicklung der Anzahl geernteter Spargelstangen bei den ausschließlich maschinell sowie kombiniert beernteten Versuchsvarianten. Bei rein maschineller Ernte wurden im Jahr 2011 noch 9330 Stangen geerntet. Im Jahr 2012 wurden mit 14109 Stangen signifikant mehr Spargelstangen von der Versuchsfläche geholt. Auch in den darauffolgenden Versuchsjahren wurde bei rein maschineller Ernte eine größere Anzahl an Stangen geerntet als bei der Handernte.

Diagramm 10: Stangenzahl je Stangenlänge, absolut, 2011-2014



Bei kombinierter maschineller und manueller Ernte war die Anzahl der Stangen gegenüber der Handernte ebenfalls erhöht, mit insgesamt 12833 Stangen in 2012 jedoch in geringerem Ausmaß. Eine mögliche Erklärung dieser doch bemerkenswerten Steigerung der Anzahl der Stangen und des Stangengewichtes ist wohl auf die am Vollernter umgesetzten technischen Entwicklungen, welche in Kapitel 4 beschrieben werden, zurückführbar. Ausschlaggebend ist offensichtlich der Einbau einer Siebkette mit geringerer Maschenweite und die damit einhergehende Reduzierung der Ernteverluste im Feld.

Die von manchen Züchtern aufgestellte These, dass die Spargelpflanze aufgrund des Abschneidens der Stangen nahe am Rhizom mit einem verstärkten Austrieb von Knospen reagiert, konnte im Rahmen dieses Versuchs jedoch nicht beurteilt werden. Zur Bewertung dieser Frage müsste eine Methode zur objektiven Bewertung des Austriebsverhaltens erarbeitet und erprobt werden.

Tabelle 6: Stangengewicht und Stangenzahl je Stangenlänge, jährlich, 2011-2014

Versuchsjahr	Variante	Stangengewicht in Gramm					Anzahl Stangen gesamt (inkl. Bruch u. nmf.)	Ø Stangengewicht in Gramm
		lange Stangen (17-23,5 cm)	kurze Stangen (12-16,9 cm)	Spitzen (6-12 cm)	Bruch	nicht marktfähig		
2011	Hand	73,1	44,1	20,0	48,2	57,2	11826	68
	Maschine	72,2	47,5	25,4	44,4	35,7	9330	48
	Masch.+Har	74,9	43,2	23,4	49,0	42,7	10799	57
2012	Hand	71,8	44,3	24,5	52,9	64,4	11377	69
	Maschine	83,3	61,8	32,9	51,3	47,0	14109	58
	Masch.+Har	79,9	58,8	28,0	59,6	49,3	12833	60
2013	Hand	70,4	39,2	23,7	50,0	72,9	12414	69
	Maschine	70,8	47,6	26,6	37,5	47,2	13257	50
	Masch.+Har	70,0	44,1	22,5	35,5	44,9	12078	53
2014	Hand	75,5	45,1	26,7	55,1	83,8	11721	76
	Maschine	66,2	43,3	23,7	36,7	41,9	13144	45
	Masch.+Har	64,1	45,0	23,3	34,3	44,2	12807	46

In Tabelle 6 sind die Stangengewichte je Variante in Abhängigkeit von der Stangenlänge, die Stangenzahl und das durchschnittliche Stangengewicht je Variante zusammengefasst.

Die durchschnittlichen Stangengewichte waren bei der Handernte, ausgenommen das Jahr 2014, nahezu konstant. Bei rein maschineller Ernte konnte durchschnittliche Stangengewichte von 45 g bis 58 g erreicht werden. Mit Stangengewichten von 46 g bis 60 g lieferte die Kombination beider Ernteverfahren vergleichbare Werte. Werden die Stangengewichte beider maschinell beernteten Varianten des jeweils selben Jahres verglichen, so fällt auf, dass sich die Werte mit Ausnahme des Jahres 2011 relativ geringfügig voneinander unterscheiden.

Auffällig ist auch die signifikante Zunahme des Stangengewichts der langen Stangen bei den maschinell beernteten Varianten von 2011 nach 2012 sowie die anschließende Abnahme der Stangengewichte bis 2014. Zu begründen ist ersteres durch das hohe Aufdämmen im Jahr 2012 und dem gleichzeitig möglichen tieferen Unterschneiden des Dammes. In den Folgejahren wurden die Dämme vom Versuchsbetrieb in gleicher Höhe aufgedämmt. Das kontinuierliche Höherbauen der Spargelrhizome von Jahr zu Jahr verhinderte jedoch ein gleichbleibend tiefes Unterschneiden des Dammes, da als Schnitthorizont kontinuierlich etwa zehn Zentimeter über dem Spargelrhizom einzuhalten sind.

Des Weiteren ist die Stangenzahl korreliert mit dem durchschnittlichen Stangengewicht als Tabelle in Anlage 10.1 dargestellt.

3.9. Qualitätsbonitur

In unmittelbarem Zusammenhang mit der Frage der erzielbaren Erträge steht die Frage nach deren Zusammensetzung. Diese wurde im gesamten Versuchszeitraum mit Hilfe der Qualitätsbonitur nach allgemeiner Vermarktungsnorm, differenziert nach der Stangenlänge, dem Durchmesser sowie nach der Marktfähigkeit des Ernteguts durchgeführt. Im Versuchsjahr 2010 war diese Bonitur in Einheit mit der Bonitur auf Mängel durchgeführt worden, was eine zusätzliche Differenzierung hinsichtlich der Rosa- bis Violettärbung der Stangen zur Folge hatte. Deshalb ist eine direkte Vergleichbarkeit der Ergebnisse aus 2010 mit denen der Folgejahre nur bedingt gegeben.

Auffällig ist, dass bei maschineller Ernte teils sehr unterschiedliche Erntemengen je Wiederholung anfielen. Dies war jedoch über den gesamten Versuchszeitraum hinweg der Fall. Eine Ursache hierfür wie zum Beispiel unterschiedliche Pflanzdichten oder Pflanzen verschiedener Güte zum Zeitpunkt der Pflanzung, Ernährungsstatus, et cetera konnten nicht ermittelt werden. Die personelle Aufgabenverteilung das Sortieren des Erntegutes betreffend, wurde über den Versuchszeitraum hinweg beibehalten. Somit konnten Versuchsfehler, bedingt durch wechselndes Personal ausgeschlossen werden.

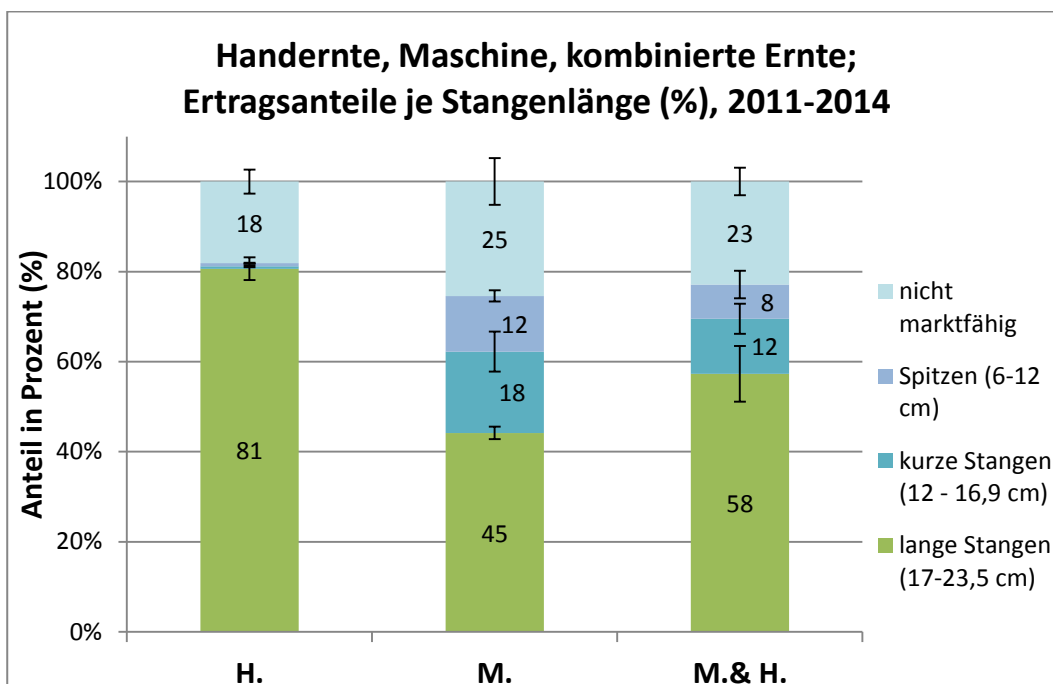
Die Ertragsanteile der geernteten Spargelstangen wurden in Abhängigkeit von der Länge der Stangen sowie ihrer Marktfähigkeit dokumentiert. Bewertet wurden die Ergebnisse der Versuchsjahre 2011 bis 2014. Die durchschnittliche, prozentuale Verteilung ist in Diagramm 11 abgebildet.

Je nach Erntemethode unterscheiden sich die Anteile der geernteten Stangen einer Länge am Erntegut deutlich. Bei der Handernte nehmen lange Stangen einen Anteil von 81 % ein und auch bei der nicht marktfähigen Ware (18 %) handelt es sich in der Regel um lange Stangen. Diese weisen vorwiegend physiologische Mängel und phytopathologische Schadbilder auf. Kurze Stangen und Spargelspitzen hingegen machen zusammen etwa 1 % des Ertrags aus.

Bei der ausschließlich maschinellen Ernte hingegen entfallen nur 45 % der Erntemenge auf lange Spargelstangen. Der Anteil nicht marktfähiger Ware ist hier mit 25 % merklich höher als bei der Handernte. Methodisch bedingt sind bei der nicht selektiven Maschinenernte die Anteile kurzer Stangen (18 %) und Spargelspitzen (12 %), welchen zusammengenommen 30 % des Ertrags ausmachen.

Wie zu erwarten zeigt sich bei der Kombination beider Ernteverfahren, dass auch die Anteile der jeweiligen Fraktionen verschieden langer Stangen zwischen denen der jeweils ausschließlich angewandten Erntemethode liegen. So wird hier ein Anteil von 58 % langer Stangen erreicht. Das sind 13 % mehr als bei reiner Maschinenernte, aber 23 % weniger als bei der Ernte von Hand. Durch die Handernte verringert sich der Anteil kurzer Stangen auf 12 %. Spargelspitzen machen 8 % des Gesamtertrags aus. Mit 23 % ist der Anteil nicht marktfähiger Ware bei der kombinierten Maschinen- und Handernte somit mit demjenigen der ausschließlichen Maschinenernte vergleichbar. Die Zusammensetzung der nicht marktfähigen, maschinell geernteten Ware, weist im Vergleich mit der Handernte einen höheren Anteil an Stangen mit mechanisch verursachten Schäden auf, wie in Abbildung 8 a gezeigt. Dieser Anteil wurde jedoch nicht exakt quantifiziert.

Diagramm 11: Ertragsanteile je Stangenlänge und Ernteverfahren 2011-2014

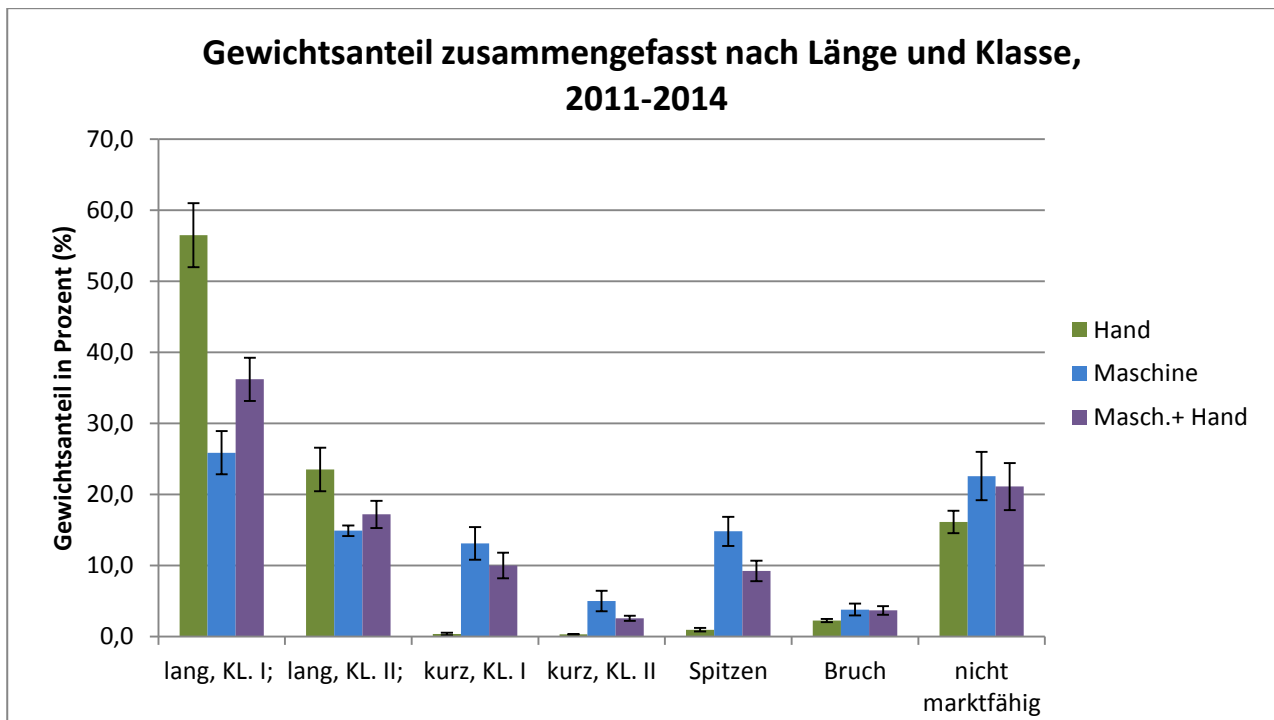


Die nach Klasse und Stangenlänge differenzierte durchschnittliche Verteilung des Ernteguts je Variante der Jahre 2011 bis 2014 ist in Diagramm Nr. 12 dargestellt. Signifikant voneinander verschieden sind die Ertragsanteile an langen Stangen der Klasse I und Klasse II bei Handernte gegenüber der rein maschinellen Ernte. Dies ist auch der Fall für die Anteile an kurzen Stangen beider Klassen sowie für Spargelspitzen dieser beiden Varianten.

Die kombinierte maschinelle und manuelle Ernte unterscheidet sich signifikant von der Handernte hinsichtlich der Ertragsanteile langer Stangen der Klasse I sowie kurzer Stangen und

Spargelspitzen. Gegenüber der rein maschinellen Ernte sind für das kombinierte Ernteverfahren keine signifikant voneinander verschiedenen Ertragsanteile nachweisen.

Diagramm 12: Qualitätsbonitur, Gewichtsanteil (%) nach Länge und Klasse, 2011-2014



Variante	Jahr	lang, KL. I;	lang, KL. II;	kurz, KL. I	kurz, KL. II	Spitzen	Bruch	nicht marktfähig
1	2011-2014	56,5	23,5	0,4	0,3	1,0	2,2	16,1
2	2011-2014	25,9	14,9	13,1	5,0	14,8	3,8	22,6
3	2011-2014	36,2	17,2	10,0	2,6	9,2	3,7	21,1

Eine für 2012 aufgrund des tieferen Unterschneidens der Dämme bei maschineller Ernte erwartete Verschiebung der Anteile hin zu mehr langen Stangen konnte so nicht bestätigt werden. Eine vollumfängliche Darstellung der Anteile je Boniturmerkmal für 2011 bis 2014 unterschieden nach Erntemethode ist den Anlagen 11 bis 13 zu entnehmen.

3.10. Mängelbonitur

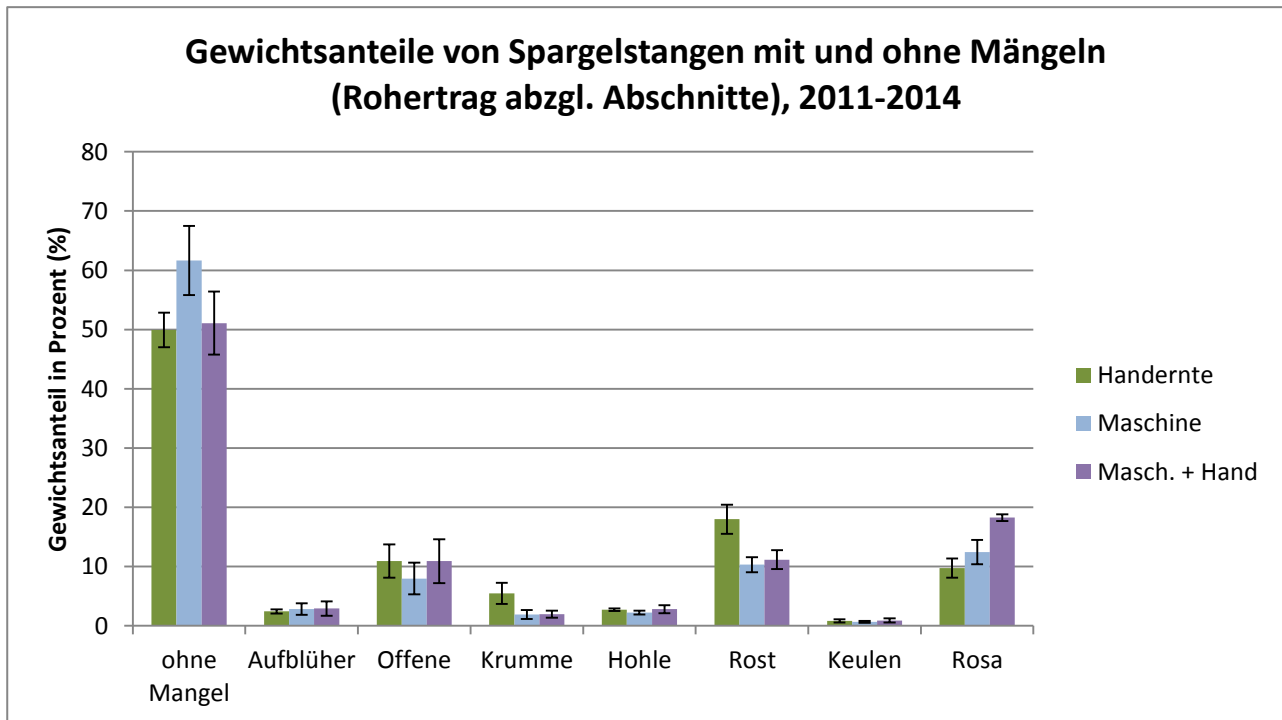
Die Anteile der verschiedenen Qualitätsmängel wurden wie bereits im vorigen Kapitel beschrieben in 2010 zusammen mit der Qualitätsbonitur ermittelt. Die Bonitur der Mängel erfolgte in diesem Jahr nach den Kriterien der UNECE-Norm. Für die Jahre 2011 bis 2014 wurde, wie in Kapitel 2.3.4 beschrieben, vorgegangen. Folgendes Diagramm Nr. 13 zeigt die Anteile in Gewichtsprozenten des bewerteten Erntegutes.

Im betrachteten Zeitraum 2011-2014 wiesen bei Handernte 50 % aller bewerteten Stangen keinen Mangel auf. Mit 62 % lag der Anteil mängelfreier Stangen bei rein maschineller Ernte deutlich über dem der Handernte, während bei Kombination beider Ernteverfahren ein Prozentsatz von lediglich 51 % zu verzeichnen war.

Der Anteil an Aufblühern war bei der Ernte von Hand mit 2 % am geringsten. Die rein maschinelle sowie die kombinierte maschinelle und manuelle Ernte wiesen Anteile von je 3 % auf, welche zugunsten eines höheren Ertrags bei maschineller Ernte in Kauf genommen wurden. Bei Stangen mit offenen Köpfen fielen die Ergebnisse uneinheitlich aus, was auch an der starken Streuung für diese Mängelkategorie abzulesen ist. Krumme Stangen treten bei der Ernte von Hand wesentlich häufiger auf als bei maschinell geernteter Ware. Ein signifikanter Unterschied ist jedoch nicht zu belegen. Hohle sowie auch keulenförmige Spargelstangen traten nur in geringem Umfang auf. Ein

Einfluss der Erntemethode ist hier nicht erkennbar. Der Anteil an berosteten Stangen war bei den Varianten der maschinellen Ernte gegenüber der Handernte deutlich geringer. Die Anteile an rosa bis violett gefärbten Stangen waren mit 12 % sowie 18 % bei den mechanisch beernteten Varianten gegenüber der Handernte (10 %) erhöht. Hier zeigt sich eindeutig der Vorteil der täglich durchgeführten Ernte von Hand. Bei der Ernte von Hand stehen physiologische und phytopathologische Schadbilder im Mittelpunkt.

Diagramm 13: Mängelbonitur, Gewichtsanteil (%) je Mangel, 2011-2014



Variante	ohne Mangel	Aufblüher	Offene	Krumme	Hohle	Rost	Keulen	Rosa
	%	%	%	%	%	%	%	%
1	50	2	11	5	3	18	0,8	10
2	62	3	8	2	2	10	0,7	12
3	51	3	11	2	3	11	0,9	18

Es ist jedoch darauf zu verweisen, dass durch diese Bonitur keine mechanischen Beschädigungen, wie in Abbildung Nr. 8 a gezeigt, erfasst wurden. Vergleichbare mechanische Beschädigungen der Spargelstangen sind auch bei der Handernte zu finden. Der exakte Umfang solcher schadhafter Spargelstangen konnte jedoch nicht quantifiziert werden. Auch gebrochene Stangen wurden hier nicht als Mangel gewertet. Dies erklärt die Widersprüchlichkeit eines erhöhten Anteils nicht marktfähiger Ware (siehe Diagramm Nr. 8) bei der Qualitätsbonitur einerseits und dem bei der Mängelbonitur parallel dazu hohen Anteil „mängelfreier“ Ware bei mechanischer Ernte. Ein weiteres Phänomen, das seit dem Einbau der größeren Schneidseche 2012 beobachtet wurde, war die gelegentliche Grünfärbung der Schnittflächen der maschinell geernteten Spargelstangen, wie in Abbildung Nr. 8 b gezeigt.



Abbildung 8a: mechanische Beschädigungen bei maschineller Ernte



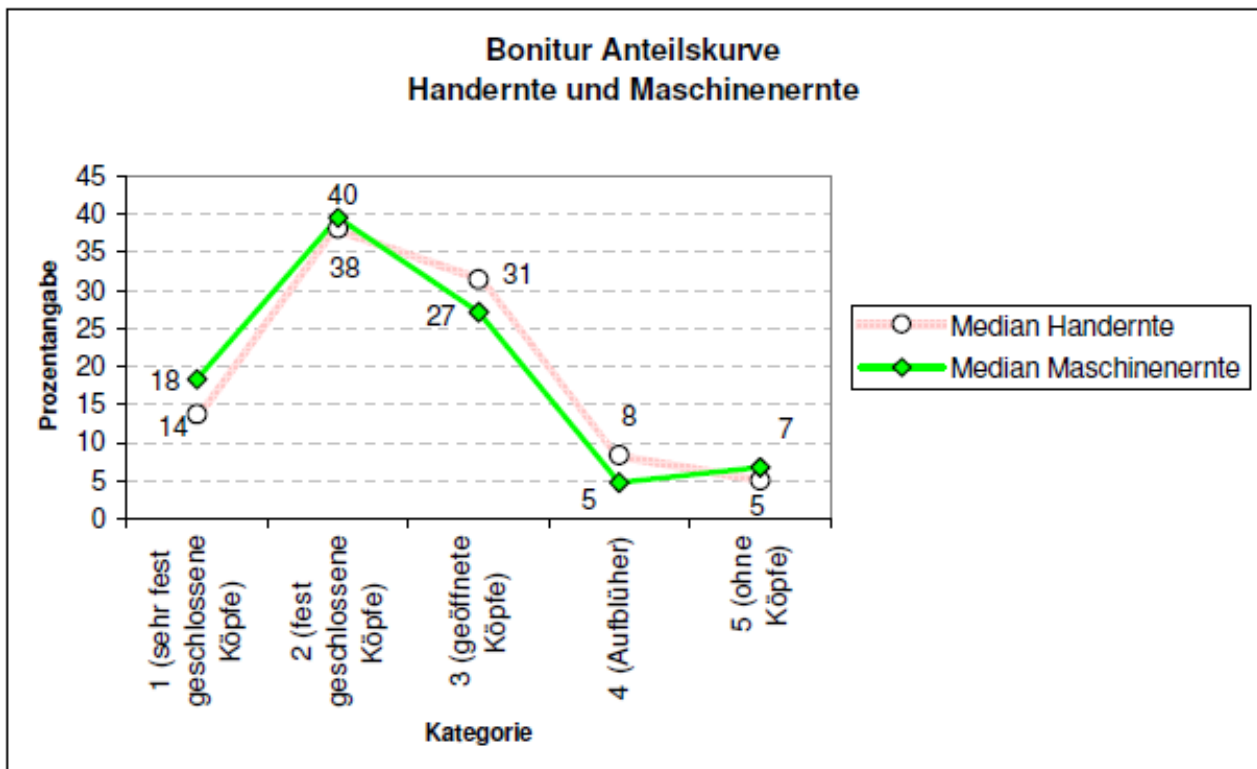
Abbildung 8b: Grünfärbung der Schnittflächen

3.11. Kopffestigkeit

Um eventuell vorhandene qualitative Unterschiede bezüglich der Kopffestigkeit des Ernteguts, verursacht durch das Ernteverfahren, zu dokumentieren, wurde hinsichtlich dieses Parameters zu fünf Ernteterminen der Versuchsjahre 2010 und 2011 bonitiert.

In 2010 war Frau A. Lautenschläger im Rahmen ihrer Diplomarbeit damit betraut (siehe Diagramm Nr.14 a).

Diagramm14 a: Kopffestigkeit bei Handerte und Maschinenernte 2010



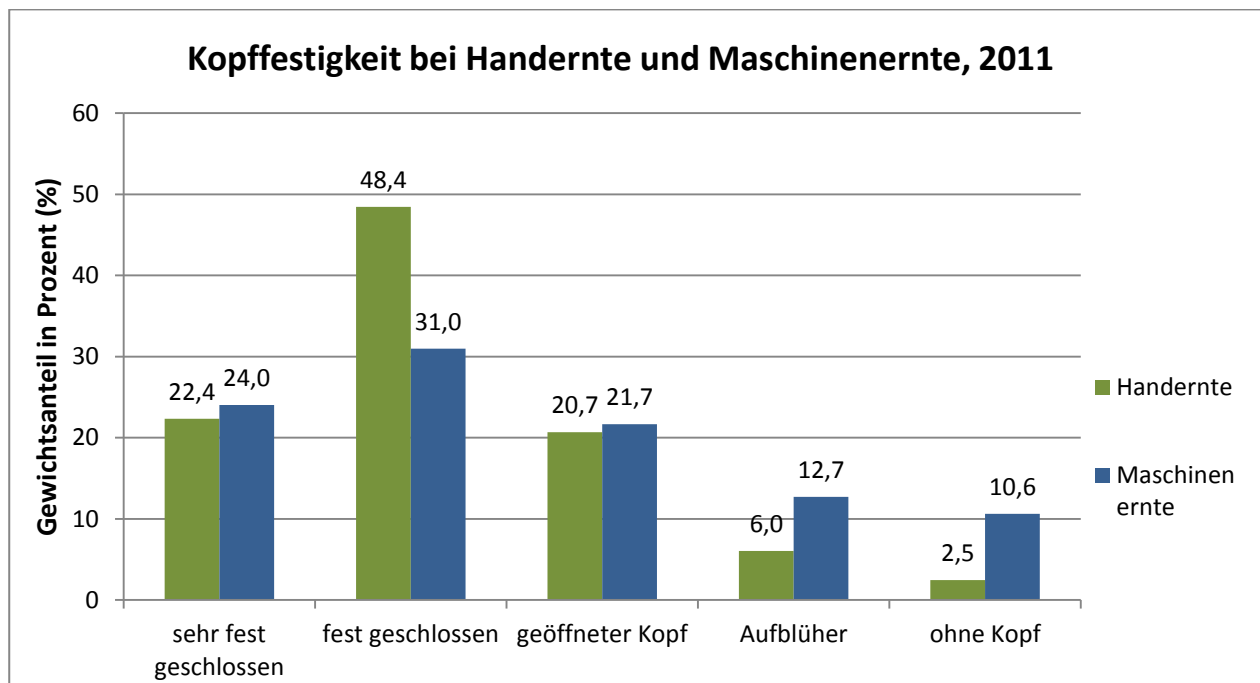
Quelle: [2]

Signifikante Unterschiede im Hinblick darauf konnten jedoch nicht nachgewiesen werden.

In 2011 wurde diese Bonitur fortgesetzt, es zeigten sich jedoch vergleichbare Ergebnisse, das heißt, auch hierbei waren wiederum keine signifikanten Unterschiede, bezogen auf die Intensität der Geschlossenheit der Köpfe von Spargelstangen welche maschinell bzw. von Hand geerntet worden waren, nachweisbar. Über beide Jahre hinweg war der Anteil an Stangen mit „fest

geschlossenen Köpfen“ dominant. In 2011 war dieser bei Handernte signifikant größer als bei maschineller Ernte. Zurückzuführen ist dies jedoch in erster Linie auf den Erntezeitpunkt. Dies gilt für 2011 auch für den Anteil an „Aufblühern“. Einzig der Anteil an Stangen „ohne Kopf“ scheint durch die Erntetechnik bedingt. Eine Fortsetzung dieser Bonitur im Jahr 2012 wurde aufgrund der bis dahin erarbeiteten Ergebnisse verworfen.

Diagramm 14 b: Kopffestigkeit bei Handernte und Maschinenernte 2011



3.12 Dammhöhe und Stangenlänge

Die vor jedem Termin der maschinellen Ernte durchgeführte Bonitur der Dammhöhe sowie die der maximalen Stangenlänge des Ernteguts belegen, dass die Dammhöhe bei maschineller Ernte ab 2011 gehalten werden konnte. Sie war mit der Höhe der von Hand beernteten Dämme vergleichbar. Die Höhe der bei maschineller Ernte neu aufgebauten Dämme schwankte stärker als die der vor praxisüblich aufgedämmten bei Handernte. Aufgrund der Schwankungsbreite kann jedoch nicht von einem erheblichen Nachteil bei maschineller Ernte ausgegangen werden. Die detaillierten Ergebnisse sind den Tabellen Nr. 7 und 8 zu entnehmen.

Tabelle 7: Dammhöhe und Stangenlänge 2011

Probenahme	Handernte		Maschine		Maschine + Hand	
	Dammhöhe Hand	Stangenlänge Hand	Dammhöhe Masch.	Stangenlänge Masch.	Dammhöhe Masch.+ Hand	Stangenlänge Masch.+ Hand
14.04.11	50,7	29,5	49,0	29,6	50,5	28,5
20./22.04.11	50,7	29,5	49,0	25,7	50,5	28,5
03./05.05.11	50,9	29,7	53,8	26,3	54,8	30,5
11./16.05.11	49,0	30,6	47,2	28,6	50,5	29,7
19.05.11	49,3	30,7	47,6	33,7	50,8	*29,7
27./31.05.11	49,7	30,9	51,8	35,1	49,6	31,7
08.06.11	49,7	30,9	49,7	29,9	53,2	31,9
2011 gesamt	50,0	30,2	49,7	29,8	51,4	30,1

* Wert irrtümlich nicht ermittelt, für Diagramm Wert vom 16.05.2011 herangezogen

Tabelle 8: Dammhöhe und Stangenlänge 2012

Probenahme	Handernte		Maschine		Maschine + Hand,	
	Dammhöhe Hand	Stangenlänge Hand	Dammhöhe Masch.	Stangenlänge Masch.	Dammhöhe Masch+Hand	Stangenlänge Masch.+Hand
20.04.12	54,0	n.e.	50,7	32,2	50,8	34,5
02.05.12	53,8	n.e.	56,7	38,1	50,8	34,5
10.05.12	53,7	n.e.	55,5	35,8	54,9	38,4
21.05.12	52,9	n.e.	51,9	35,3	53,3	41,7
31.05.12	53,3	n.e.	48,0	30,6	46,7	36,9
2012 gesamt	53,6	n.e.	52,6	34,4	51,3	37,2

Die für die maximale Stangenlänge erfassten Daten zeigen für 2011 nahezu identische Ergebnisse für alle beprobten Erntevarianten. In 2012 wurden die Daten zur maximalen Stangenlänge für die Handernte nicht erhoben, da die Erntehelfer vom Betrieb angewiesen waren, zu lang gestochene Stangen noch auf dem Feld auf eine Länge von 28 cm zu kürzen. Die Ergebnisse der maschinell beernteten Varianten zeigen jedoch gegenüber dem Vorjahr eine Steigerung der Stangenlänge um etwa 4,5 bis 7,1 cm. Dies ist begründet durch das nun mögliche tiefere Unterschneiden des Damms.

3.13 Krautbonitur

Um eventuell vorhandene Fehlstellen oder Unterschiede der Pflanzdichte festzustellen ist die Bonitur des Aufwuchses ein probates Mittel. Im Zentrum dieser Bewertung steht aber eventuelle auf das jeweilige Ernteverfahren zurückzuführende Divergenzen des Krautaufwuchses zu dokumentieren. Daraus lässt sich das Ertragspotenzial einer Spargelfläche für das Folgejahr prognostizieren. Gleichzeitig ist aus der Anzahl und Stärke der Spargelsprosse je Stichprobe sowie der Höhe und der Homogenität des Bestandes auf die Belastung und den Zustand der Anlage zu schließen.

Bei der ersten Bonitur des Bestands am 14.07.2011 wurde wider Erwarten eine gravierende Entwicklungsverzögerung beim Aufwuchs der von Hand beernteten Versuchspartellen vorgefunden, was eindeutig anhand der Triebzahl und der Triebhöhe sowie des BBCH-Stadiums und der Homogenität des Bestands belegt ist.

Die Ursache hierfür war, wie auf Nachfrage vom Praxisbetrieb bestätigt wurde, ein Weiterstechen der Handerntepartellen durch den Betrieb über die Versuchsdauer hinaus.

Die Daten vom 28.09.2011 zeigen eine Annäherung des Krautaufwuchses der unterschiedlich beernteten Versuchspartellen.

Im Jahr 2012 wurde bei der Beprobung des Bestands am 24.07.2012, trotz ausdrücklicher Instruktionen des Betriebs durch den Versuchsingenieur zum Ernteende, erneut ein Entwicklungsrückstand des Krauts bei den Handerntepartellen festgestellt. Dieser war jedoch weniger gravierend als der des Vorjahrs. Trotzdem wurden erneut die Anweisungen bezüglich der Beendigung des Stechens der Versuchsfläche missachtet.

Das führte dazu, dass im Anschluss an die Stechperiode 2013 die Einhaltung des Ernteendes über die eigentliche Versuchsdauer hinaus durch den Versuchsingenieur kontrolliert wurde bis der Aufwuchs ein weiteres Stechen unmöglich machte.

Die Ergebnisse der jährlich jeweils circa vier Wochen nach Beendigung der Versuchsernte durchgeführten Krautbonitur sind in Diagramm 15 dargestellt. Der Vergleich der von Hand beernteten Variante mit den maschinell beernteten Varianten zeigt deutlich, dass die Anzahl und Stärke der Triebe bei Handernte deutlich geringer ist als bei den mechanisch beernteten Varianten. Besonders ausgeprägt sind die Unterschiede in 2011. Die Homogenität des Pflanzenbestandes wurde über den erfassten Zeitraum hinweg bei Maschinenernte höher bewertet.

Die durchschnittliche Höhe der Spargeltriebe blieb bei der Handernte in 2011 gravierend hinter derjenigen der maschinell beernteten Partellen zurück.

Generell zeigen sich beim Vergleich der Maschinenernte-Varianten gut korrelierte Ergebnisse. Saisonale Einflüsse sind klar zu erkennen.

Diagramm 15: Krautbonitur 4-6 Wochen nach der Spargelernte, 2011-2013

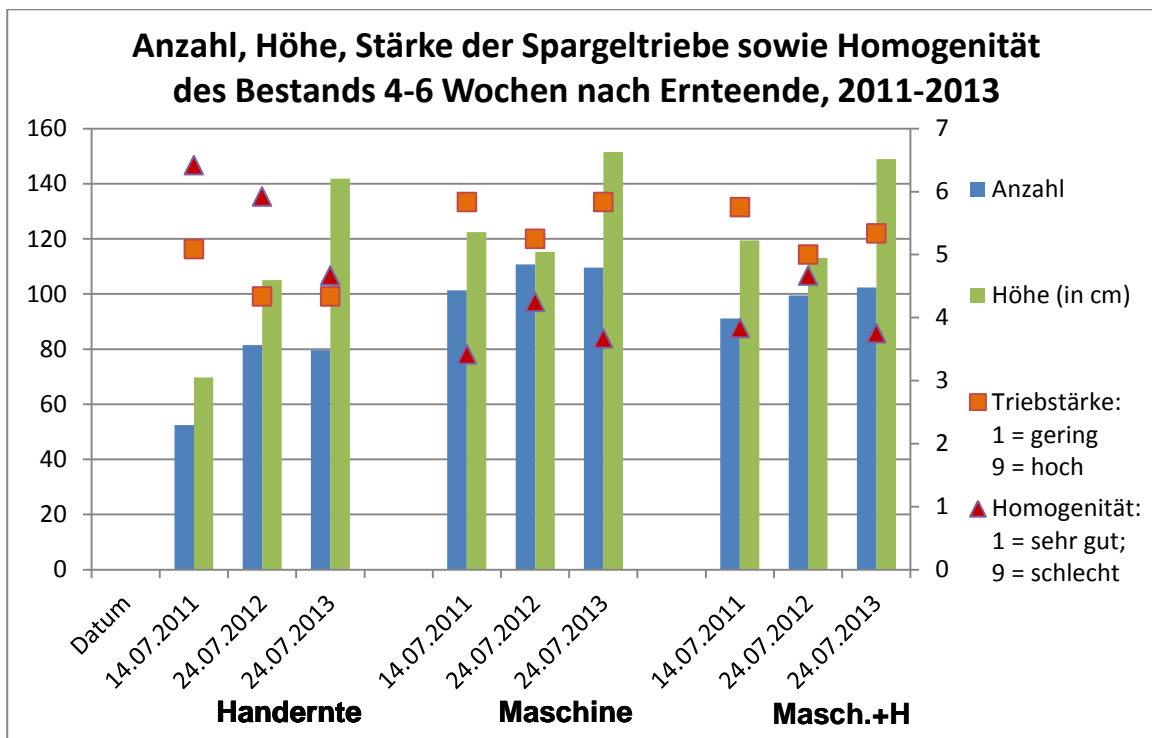
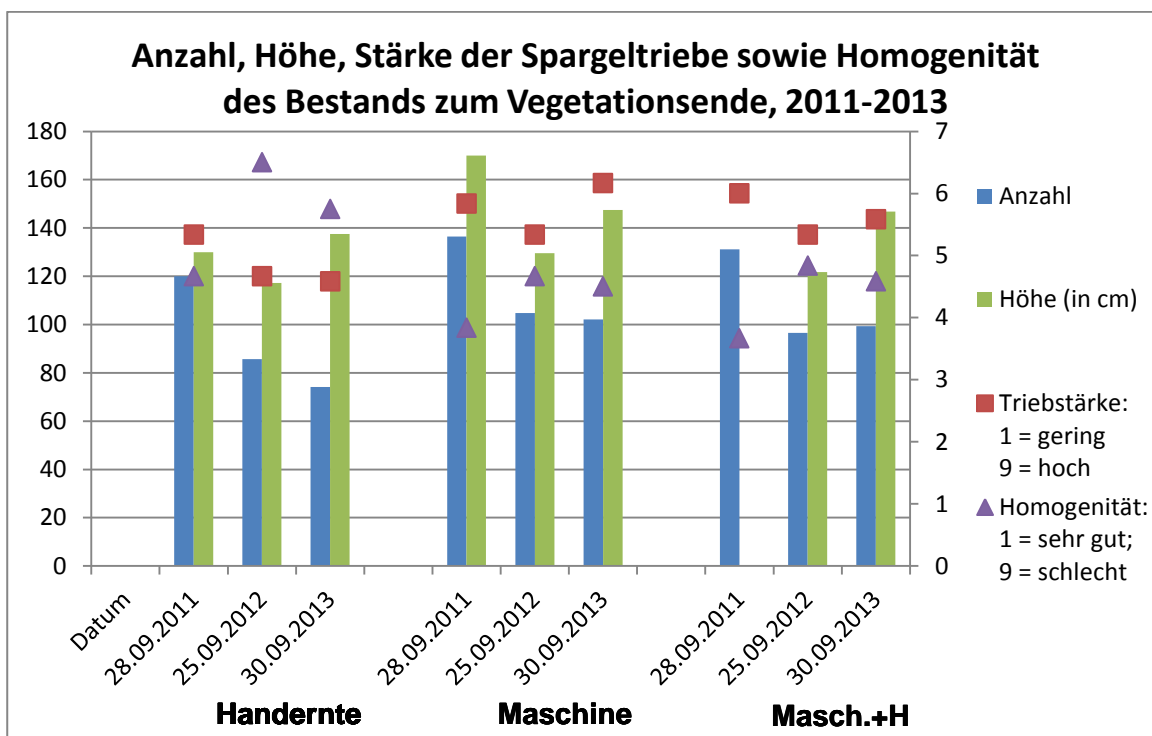


Diagramm 16: Krautbonitur zum Vegetationsende, 2011-2013



Auch die zum Zeitpunkt des Vegetationsendes ermittelten Daten zeigen für die mechanisch beernteten Versuchsglieder eine gute Korrelation (siehe Diagramm 16). Dies gilt sowohl für den Vergleich der Varianten als auch hinsichtlich der Vergleichbarkeit der Termine.

Bei der Handernte zeigt sich im Jahr 2011 zum Vegetationsende ein starker Austrieb von 120 Trieben/10 lfm, der jedoch nicht das Niveau der Maschinenernte mit 137 Trieben/10 lfm und der Kombination beider Ernteverfahren mit 131 Trieben/10 lfm erreicht. In den beiden Folgejahren bleibt die Triebzahl bei Handernte unter derjenigen der mechanisch beernteten Varianten. Die Triebstärke und die Homogenität des Bestandes der Handernte bleibt 2011 hinter derjenigen der Maschinenerntevarianten zurück. Letztere weisen nahezu identische Werte für Triebzahl und Triebstärke sowie Homogenität des Pflanzenbestandes auf.

Bei der Handernte zeigt sich für die Jahre 2012 und 2013 eine deutlich geringere Anzahl an Spargeltrieben verglichen mit den mechanisch beernteten Varianten. Die Höhe des Pflanzenbestandes zeigt wiederum deutliche Einflüsse der Vegetationsperiode.

4. Technische Voraussetzungen und Entwicklungen

Im Verlauf des Versuchs wurden umfangreiche technische Weiterentwicklungen an dem im Test verwendeten Vollernter des Typs Kirpy vorgenommen. Im Jahr 2011 wurde aufbauend auf den Erfahrungen der ersten Versuchssaison erstens eine zweite Kamera zur Kontrolle der Erdbedeckung der Siebkette installiert (siehe Abb. 9).

So konnte der Schlepperfahrer nun anhand der Darstellung auf zwei in der Fahrerkabine installierten Monitoren die Erdbedeckung der Siebkette und des Verlesebandes mit einem Blick überwachen und falls nötig sofort reagieren. Somit konnte die erforderliche kontinuierliche Aufrechterhaltung des Erdpolsters wesentlich verbessert werden, wodurch eine erste Minderung der Qualitätsmängel und der im Feld verbleibenden Ernteverluste erzielt wurde.

Zeitgleich wurden aufgrund der 2010 nicht zu haltenden Dammhöhe die für den Aufbau der maschinell beernteten Dämme montierten Pflugschare durch größere ersetzt. (siehe Abb. 10a, b). Hierdurch konnte eine deutliche Verbesserung der Dammstruktur und das Halten der notwendigen Dammhöhe über die gesamte Erntesaison hinweg erreicht werden. Dies war eine wichtige Voraussetzung um Stangen mit der Mindestlänge ernten zu können. Die Abbildungen Nr.11a, b zeigen zwei maschinell beerntete Spargeldämme. Durch das häufige Verkanten von Steinen zwischen den Schneidsechen und der umlaufenden Siebkette im Jahr 2010 war es notwendig an dieser Stelle Abhilfe zu schaffen. Erreicht wurde dies durch den Einbau einer Sternsiewwalze, welche das Verkanten von Steinen (siehe Abbildung 12a, b) unterband und gleichzeitig die Aufnahme des Dammes durch die Siebkette verbesserte. Somit konnte das Aufschütten des Spargeldammes zu einer „Bugwelle“ vor der Schneideinheit bei höherer Erntegeschwindigkeit geringfügig verringert werden. Trotzdem war die Aufnahme des Spargeldammes noch nicht zufriedenstellend.

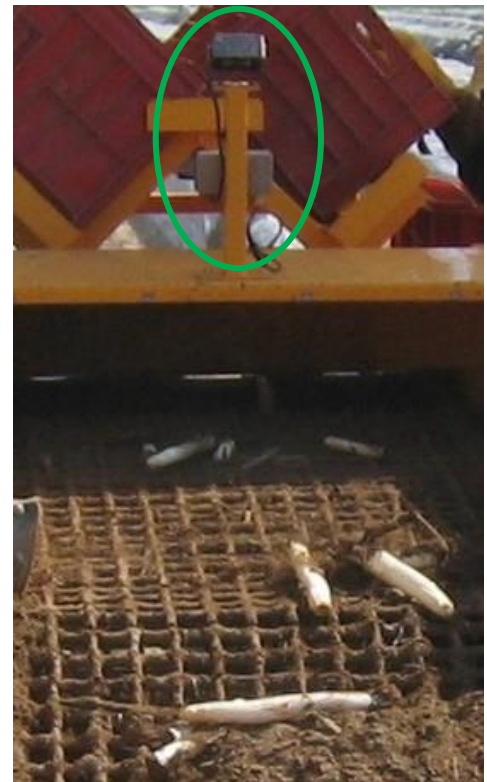


Abb. 9: Kamera über der Siebkette

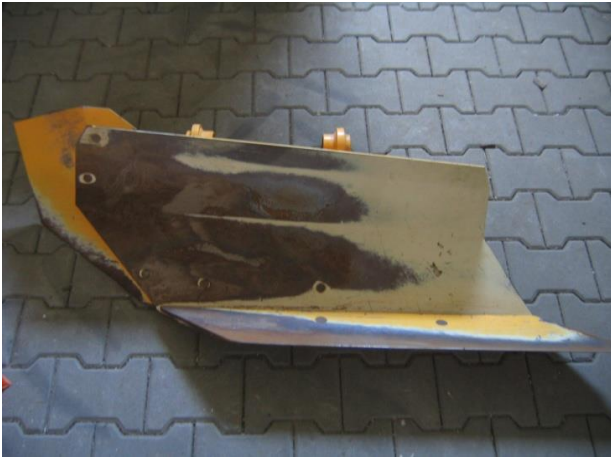


Abb. 10 a: Pflugschar kurz, 2010

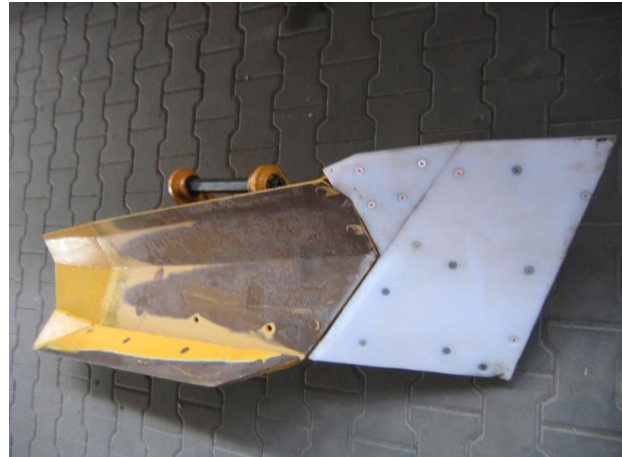


Abb. 10 b: Pflugschar lang, 2011



Abb. 11 a: Dammaufbau 2010



Abb. 11 b: Dammaufbau ab 2011

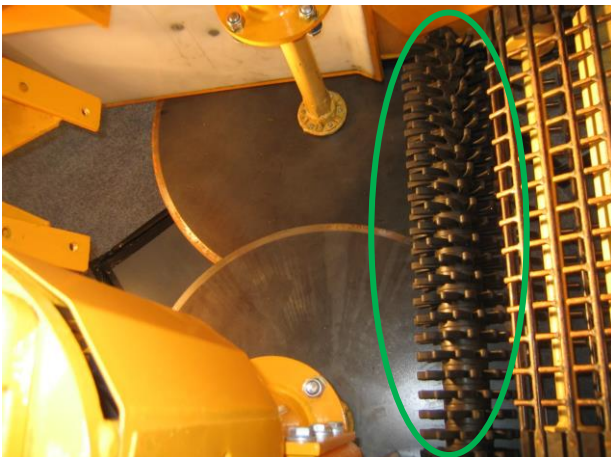


Abb. 12 a: Sternsiebwalze



Abb. 12 b: Verkanten von Steinen

Zudem war zu Beginn der Saison 2011 der Rahmen der Deichsel am Kirpy gerissen, was als deutliches Indiz für die dort auftretenden immensen Kräfte zu werten ist. Andererseits war ein starkes Ausfransen der maschinell geschnittenen Stangen zu bemängeln. So wurden seitens des Betriebs sowie der am Versuch Beteiligten Überlegungen angestellt, welche Veränderungen der Schneideinheit notwendig wären, um die vorhandenen Schwierigkeiten möglichst umfassend zu eliminieren. Dies führte zu folgenden Forderungen. Erstens waren mit Hinblick auf einen optimalen Erdfloss die Wellen der Schneidsechen möglichst weit nach außen zu verschieben. Zweitens musste die bis dato diagonale Stellung der Schneidsechen in eine annähernd horizontale umgeändert werden. Drittens mussten Ernteverluste durch zwischen den seitlichen Schneidsechen herausfallende Spargelstangen verhindert werden. Diese Vorgaben wurden vom Hersteller

umgesetzt und im Ergebnis unter der Bezeichnung „Speed Modul“ vertrieben. Die Abbildungen 13 a, b zeigen die Schneideinheit vor und nach der Neukonstruktion.



Abb. 13 a: Schneideinheit 2010



Abb. 13 b: Neukonstruktion (Quelle ai-solution)

Die hiermit in der Saison 2012 gesammelten Erfahrungen bestätigten größtenteils die anhand der theoretischen Vorüberlegungen erwarteten Verbesserungen, so dass dadurch ein signifikant tieferes Unterschneiden des Dammes ermöglicht wurde. Gleichzeitig wurde das Schnittbild so deutlich verbessert, dass der maschinelle Schnitt bei optimal geschliffenen Messern nun mit dem der Handernte vergleichbar ist (siehe Abbildungen 14 a, b).



Abb. 14 a: Schnittbild 2010/11



Abb. 14 b: Schnittbild 2012

Noch nicht umgesetzt werden konnte die in ersten Tests Ende 2011 erreichte Steigerung der Erntegeschwindigkeit auf bis zu sechs km/h. Ursächlich hierfür ist zum einen das nun tiefere Unterschneiden des Dammes und die damit verbundene zusätzlich abzusiebende Menge an Erde. Zum anderen wurde in 2012 vom Hersteller eine Siebkette mit einer um ein Viertel reduzierten Maschenweite zur Verfügung gestellt, welche wesentlich zur Minimierung der Ernteverluste im Feld beitrug. Die Folge war jedoch auch eine geringere Siebleistung. Nichts desto trotz wurde aufgrund des zum Versuchsbeginn eher zu schnellen Absiebens unter dem Siebtisch zusätzlich ein Blech installiert, welches das Durchfallen des Spargels in diesem Bereich verhinderte. Dieses wurde 2012 wieder entfernt.

5. Wirtschaftlichkeit

Eine zentrale Versuchsfrage des Projekts die zu beantworten galt, war die nach der Wirtschaftlichkeit des Einsatzes eines nicht selektiven Spargelvollernters im direkten Vergleich zur traditionell angewandten Handernte von Spargel.

Um diese Fragestellung fundiert beantworten zu können war es notwendig eine Vielzahl von Daten zu erheben sowie auf vorhandene Modelle zurückzugreifen. Für die Durchführung der betriebswirtschaftlichen Kalkulation wurden zunächst die in Tabelle 9 dargestellten Kenngrößen berechnet.

Tabelle 9: Grunddaten, betriebswirtschaftliche Kalkulation

Grunddaten für Kalkulation	Handernte	Maschinenernte	Maschinen- und Handernte
Optimale Größe in ha für 1 Maschine		20	20
Anzahl Erntehelfer Ak/ha	2		
Kosten Erntehelfer/Std.	9,25	9,25	9,25
Akh/ha Handernte	1029		108
Akh/ha Maschinenernte		84,0	60
Ernteleistung kg/Akh	10,9	75,4	52,2
Fahrgeschwindigkeit in der Reihe km/h		5,0	5,0
Durchschnittsdauer in h/ha		2,0	2,0
AK Erntehelfer		5,0	5,0
Schlepperfahrer Kirpyernter		1,0	1,0
Durchgänge Kirpy/ha/Saison		7,0	5,0
Lohnkosten Erntehelfer/ha.	9514,42	647,24	1553,37

Die Kalkulation der „Kosten Erntehelfer Ak/ha“ basiert auf einer Berechnung von Schulze [8]. Die Lohnkosten setzen sich zusammen aus dem Stundenlohn von 6,10 Euro und beinhalten weiterhin die Kosten des SV-AG Anteils, der Unterkunft, der Verpflegung, Fahrtkosten, Steuern sowie sonstiges.

Die Berechnung der Arbeitszeiten und der Arbeitsleistung basiert auf einer wissenschaftlichen Erhebung von Ziegler und Schlaghecken [8]. Die Berechnung der Akh/ha für beide Erntemethoden setzt sich zusammen aus der Anzahl der Ak, der angenommenen durchschnittlichen täglichen Arbeitszeit sowie der Anzahl der Erntetage der Saison. Für die Kalkulation der Maschinenerntekosten wurde sämtliche Parameter, ausgenommen die „Optimale Größe in ha für 1 Maschine“ (Herstellerangabe) und die „Kosten Erntehelfer/Std.“ (für den Versuchszeitraum getroffene Annahme) im Versuch erhoben und berechnet. Variable Parameter der Tabelle 9 wurden jährlich angepasst. Im Versuch wurden bei maschineller Ernte die Arbeitszeiten und Erntegeschwindigkeit, wie in Kapitel 3.6 beschrieben, erfasst.

Die Maschinenkosten wurden von Schägger [9], wie in Tabelle 10 dargestellt, berechnet. Die Variablen „Zeitbedarf h/ha“ und „Überfahrten je Erntejahr“ wurden jährlich aktualisiert.

Tabelle 10: Maschinenkosten

Kalkulation Maschinenernte (Kirpy+Schlepper)		Maschinen- ernte	Maschinen- und Handernte
Beschreibung	Einheit		
Zeitbedarf h/ha	h/ha	2,0	2,0
Überfahrten je Erntejahr	n	7,0	5,0
Schlepperkosten	€/h	19,42	19,42
Fahrer	n	1,0	1,0
Stundenpreis Fahrer	€/h	13,55	13,55
Anschaffungskosten Kirpy	€	90,000,00	90,000,00
Abschreibung (8 Jahre)	%	11,250,00	11,250,00
Zinsansatz (5%)	%	2,250,00	2,250,00
Wartung und Betriebskosten (5 %)	%	4,500,00	4,500,00
Maschinenkosten gesamt	€	18,000,00	18,000,00
Leistungsumfang	ha	20,0	20,0
Schlepperkosten	€/ha	271,88	194,20
Kosten Fahrer	€/ha	189,70	135,50
Maschinenkosten	€/ha	900,00	900,00
Gesamtkosten Maschine + Schlepper)	€/ha	1,361,58	1,229,70

Die Kosten der Aufbereitung und Vermarktung wurden auf Basis der Untersuchungen von Ziegler und Schlaghecken [8] bestimmt. Tabelle 11 gibt die für das Versuchsjahr 2011 errechneten Kosten wieder. Bei der Arbeitsleistung in kg/Akh wurden 10% Mehraufwand bei der Sortierung der Kirpyware unterstellt. Die Vermarktungskosten wurden mit 11% vom Markterlös angesetzt.

Tabelle 11: Kalkulation Aufbereitung und Vermarktung des Erntegutes

Kalkulation Aufbereitung und Vermarktung	Handernte	Maschinen- ernte	Maschinen- und Handernte
	2011	2011	2011
Arbeitsleistung kg/Akh	50,0	45,0	45,0
Aufbereitung Akh/ha	224,61	140,78	194,84
Kosten Sortierung u. Aufbereitung/ha	2076,81	1301,70	1801,51
Vermarktungskosten	4379,55	2106,42	3074,95
Kosten Aufbereitung und Vermarktung	6456,36	3408,11	4876,47

Die Marktleistung für 2011 wurde wie in Tabelle 12 dargestellt berechnet. Zur Bestimmung des erzielbaren Erzeugerpreises wurden ausgehend vom Preis für Ware der Klasse I mit einer der Vermarktungsnorm entsprechenden Mindestlänge von siebzehn Zentimetern für die drei übrigen Sortierungen Abschläge vorgenommen. Die so generierten Preise wurden mit den im Versuch dokumentierten prozentualen Anteilen der Sortierungen verrechnet und daraus der erzielbare Marktpreis je Kilogramm marktfähiger Ware bestimmt. Somit konnte für jedes Ernteverfahren und für jede Saison der zu erzielende Marktpreis bestimmt werden.

Aus der Multiplikation des so erhaltenen Marktpreises mit dem zugehörigen Marktertrag errechnet sich die Marktleistung.

Die dargestellten Werte der ziegelrot hinterlegten Zeilen zu Roh- und Marktertragsanteilen sowie Marktertragsverlust Handernte % sind folgendermaßen zu lesen. Als Referenzwerte sind die bei Handernte erzielten Erträge mit 100 % anzusehen. Bezogen auf den Rohertragsanteil der

Handernte wurden somit von den Varianten der maschinellen Ernte im Jahr 2011 lediglich 56 % bzw. 78 % erreicht. Gleiches gilt für die beiden anderen Parameter.

Die grün hinterlegten Versuchsauswertungsdaten zeigen die Erträge in Kilogramm je Hektar (kg/ha). Diese Daten wurden für die Versuchsjahre 2011-14 erfasst, verrechnet und ausgewertet.

Tabelle 12: Berechnete Marktleistung für 2011

Bewertung Erzeugerpreis nach Auswertung 2011	Abschlag		Erzeugerpreis €/kg	Ernteverfahren					
	%	€		Handernte		Maschinenernte		Maschine/Hand	
				% Anteil	€/kg	% Anteil	€/kg	% Anteil	€/kg
KL I lang > 17	0	0	5,5	78,4	4,31	37,7	2,07	54,0	2,97
KL I kurz 12-17	-10	0,6	5,0	0,1	0,00	15,0	0,74	7,0	0,35
KL II lang + kurz >12	-30	1,7	3,9	20,6	0,79	33,5	1,29	33,4	1,29
Spitzen 6-12	-10	0,6	5,0	0,9	0,04	13,8	0,68	5,6	0,28
Marktpreis 2011				100	5,15	100	4,79	100	4,88
Ertrag kg/ha									
				Ernteverfahren					
				Handernte		Maschinenernte		Maschine/Hand	
Erntetage				14.04.-09.06.	57	14.04.-09.06.	7	14.04.-09.06.	5M/6H
Rohertrag				11231		6335		8768	
Marktertrag				7724		3999		5724	
Marktleistung				39814		19149		27932	
Rohertragsanteil Handernte %				100		56		78	
Marktertragsanteil Handernte %				100		52		74	
Marktertragsverlust Handernte %				0		48		26	
Versuchsauswertungsdaten									
Rohertrag				11231		6335		8768	
Marktertrag				7724		3999		5724	

Sämtliche oben beschriebenen betriebswirtschaftlichen Variablen fließen in die Berechnung des Deckungsbeitrags abzüglich der Maschinenkosten sowie der Gewinnveränderung gegenüber der Handernte mit ein. Diese sind in Tabelle 13, für das Versuchsjahr 2011 dargestellt.

Tabelle 13: Deckungsbeitrag abzüglich Maschinenkosten und Gewinnveränderung gegenüber der Handernte, 2011

Versuchsdatenauswertung 2011	Handernte	Maschinen- ernte	Maschinen- und Handernte
Rohertrag kg/ha	11231	6335	8768
Marktertrag kg/ha	7724	3999	5724
Marktpreis €/kg	5,15	4,79	4,88
Marktleistung €	39814	19149	27932
Variable Kosten ohne Ernte u. Aufbereitung	2472	2200	2300
Lohnkosten	9514	647	1553
Maschinenkosten Kirpy		1362	1230
= Erntekosten insgesamt	9514	2009	2783
Erntekosten/kg Marktware	1,23	0,50	0,49
Aufbereitung u. Vermarktung	6456	3408	4874,0
Deckungsbeitrag abzüglich Maschinenkosten Kirpy	21371	11532	17975
Gewinnveränderung gegenüber Handernte	0	-9839	-3396

Für die fundierte Beurteilung der Wirtschaftlichkeit der maschinellen Ernte von Spargel, verglichen mit der Handernte, wurden die oben beschriebenen Parameter über vier Versuchsjahre hinweg erfasst und verrechnet. Nachfolgende Tabelle 14 zeigt die durchschnittliche Marktleistung in

Abhängigkeit von der Erntemethode. Hieraus geht hervor, dass bei einem angenommenen Erzeugerpreis von 5,50 €/kg (Klasse I, lange Stangen) unter Berücksichtigung der Zusammensetzung des Marktertrags bei Handernte, verglichen mit der ausschließlich maschinellen Ernte, ein um 0,18 €/kg höherer Marktpreis zu erzielen ist. Beim Vergleich der Handernte mit der kombinierten maschinellen und manuellen Ernte beträgt der Mehrerlös bei Handernte noch 0,09 €/kg Marktertrag.

Die Marktleistung ist mit durchschnittlich 39.711 €/ha je Saison bei der Handernte am höchsten. Bei der Kombination von maschineller und manueller Ernte wird eine Marktleistung von 28.916 €/ha erreicht und die ausschließliche Maschinenernte erzielt für diese Kenngröße einen Wert von 26.232 €/ha je Saison.

Tabelle 14: Berechnete durchschnittliche Marktleistung für 2011-2014

Bewertung Erzeugerpreis nach Auswertung 2011-2014	Abschlag		Erzeugerpreis €/kg	Ernteverfahren					
	%	€		Handernte		Maschinenernte		Maschine/Hand	
			€/kg	% Anteil	€/kg	% Anteil	€/kg	% Anteil	€/kg
KL I lang > 17	0	0	5,5	69,4	3,82	36,6	2,02	49,8	2,74
KL I kurz 12-17	-10	0,6	5,0	0,3	0,01	17,2	0,85	12,6	0,62
KL II lang + kurz >12	-30	1,7	3,9	29,5	1,14	29,5	1,14	27,7	1,07
Spitzen 6-12	-10	0,6	5,0	0,8	0,04	16,6	0,82	9,9	0,49
Marktpreis 2011-2014				100	5,01	100	4,83	100	4,92
Ertrag kg/ha									
				Ernteverfahren					
				Handernte		Maschinenernte		Maschine/Hand	
2011-2014:									
Erntetage				57		7		5M/6H	
Rohertrag				11798		8756		9408	
Marktertrag				7931		5435		5878	
Marktleistung				39711		26232		28916	
Rohertragsanteil Handernte %				100		74		80	
Marktertragsanteil Handernte %				100		69		74	
Marktertragsverlust Handernte %				0		31		26	
Versuchsauswertungsdaten									
Rohertrag kg				11798		8756		9408	
Marktertrag kg				7931		5435		5878	

Tabelle 15: Deckungsbeitrag abzüglich Maschinenkosten und Gewinnveränderung gegenüber der Handernte, Durchschnitt 2011-2014

Versuchsdatenauswertung 2011 - 2014	Handernte	Maschinenernte	Maschinen- und Handernte
Rohertrag kg/ha	11798	8756	9408
Marktertrag kg/ha	7931	5435	5878
Marktpreis €/kg	5,01	4,83	4,92
Marktleistung €	39711	26232	28916
Variable Kosten ohne Ernte u. Aufbereitung	2472	2200	2300
Lohnkosten	9348	1156	2067
Maschinenkosten Kirpy		1782	1601
= Erntekosten insgesamt	9348	2938	3667
Erntekosten/kg Marktware	1,18	0,54	0,62
Aufbereitung u. Vermarktung	6548	4694	5116,4
Deckungsbeitrag abzüglich Maschinenkosten Kirpy	21343	16401	17833
Gewinnveränderung gegenüber Handernte	0	-4942	-3510

Die Berechnung des Deckungsbeitrags abzüglich der Maschinenkosten sowie der Gewinnveränderung gegenüber der Handernte zeigt für den betrachteten Zeitraum gegenüber der Handernte bei beiden maschinell beernteten Versuchsvarianten eine negative Gewinnentwicklung. Bei rein maschineller Ernte wurde im Mittel je Saison und Hektar, verglichen mit der Handernte, ein Verlust von 4942 €/ha erwirtschaftet. Bei der kombinierten Maschinen- und Handernte belief sich dieser immerhin noch auf 3.505 €/ha.

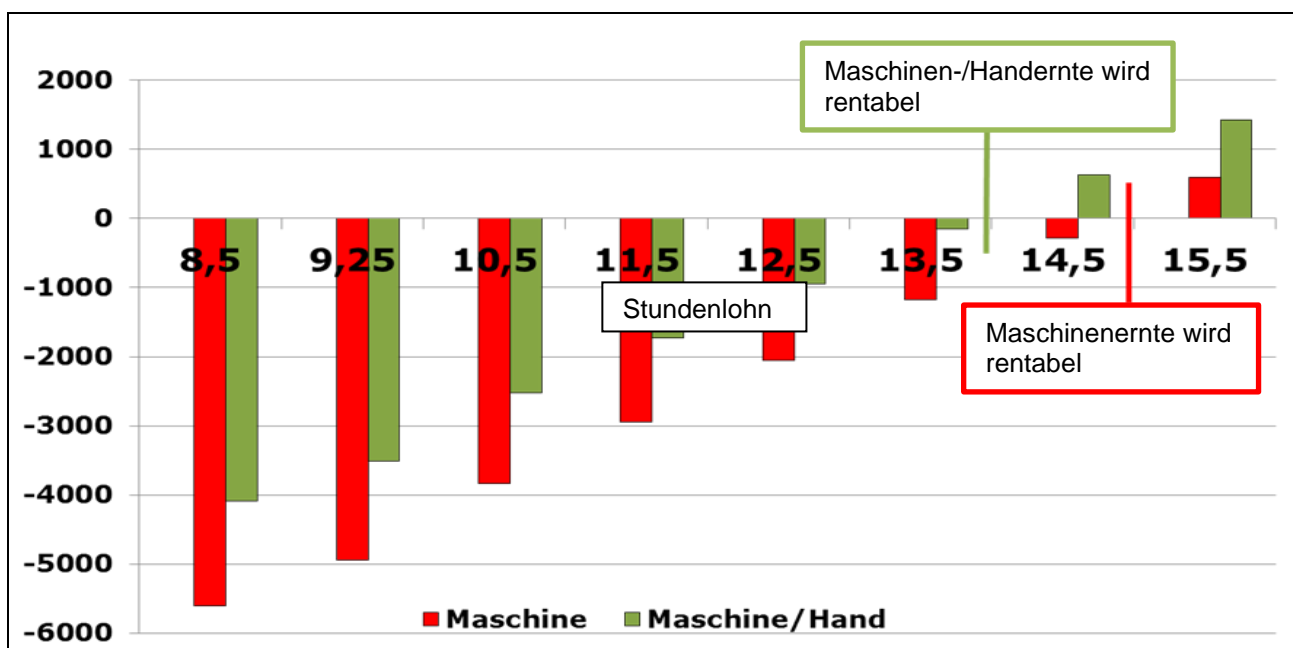
Entscheidend für die Wirtschaftlichkeit des Einsatzes eines Vollernters ist erstens der erzielbare Marktertrag je Hektar. Trotz der im Versuchszeitraum erreichten Ertragssteigerungen bei der maschinellen Ernte „zeigten die gegenüber der Handernte deutlich geringeren Erträge, dass ein ausschließlicher Maschineneinsatz bisher nicht wirtschaftlich ist.“ [10] Damit verbunden ist als zweite wichtige Einflussgröße die Flächenleistung in Hektar je Stunde (ha/h). Die durchschnittliche Erntegeschwindigkeit inklusive aller Nebenarbeiten wie z.B. Wenden war mit 1,1 km/h sehr gering. Somit wurde bei einem Reihenabstand von 2,0 m (entspricht 5000 lfm/ha) eine Flächenleistung von 0,22 ha/h erzielt. Folglich wäre bei einem täglichen Einsatz von zehn Stunden und sieben Tagen pro Woche eine Fläche von 15,4 ha zu beernten. Bei nur fünf Tagen je Woche kann mit einer Maschine eine Fläche von 11 ha geerntet werden. Die Erntegeschwindigkeit und folglich die Flächenleistung wird bestimmt durch die Bodenart (z. B. leichter Sandboden oder schwerer Boden mit höherem Schluff- und Lehmanteil), die Bodenverhältnisse (trocken oder feucht, steinig oder frei von Steinen) und durch die Maschenweite der Siebkette sowie die maximale Umlaufgeschwindigkeit derselben.

Festzuhalten ist jedoch, dass die geringe Erntegeschwindigkeit im Versuch dem Anstreben einer maximalen Ertragsausbeute durch Minimierung der Ernteverluste geschuldet ist.

Eine dritte wichtige Kenngröße sind die Lohnkosten je Arbeitskraftstunde (Akh), welche bei der Spargelproduktion einen Kostenanteil von ca. 40% der Erntekosten je Kilogramm betragen. Steigende Löhne, beispielsweise durch das Anheben auf das für 2015 geplante Mindestlohniveau von 8,50 €/h, würden die händische Ernte des Spargels stärker belasten und bedeuten einen wirtschaftlichen Vorteil für die maschinelle Ernte. Grund dafür ist die deutliche höhere Anzahl an Arbeitsstunden bei Handernte.

Bei einem Erzeugerpreis von 5,50 Euro für ein Kilogramm Spargel und unter sonst gleichbleibenden Bedingungen (ceteris paribus) ist ein wirtschaftlich rentabler Einsatz der ausschließlich mechanischen Ernte ab einem Stundenlohn von 14,50 Euro gegeben. Bei der Kombination beider Ernteverfahren wie im Versuch wird der Einsatz des Vollernters ab einem Lohnniveau von 13,50 Euro je Akh rentabel (siehe Diagramm 17).

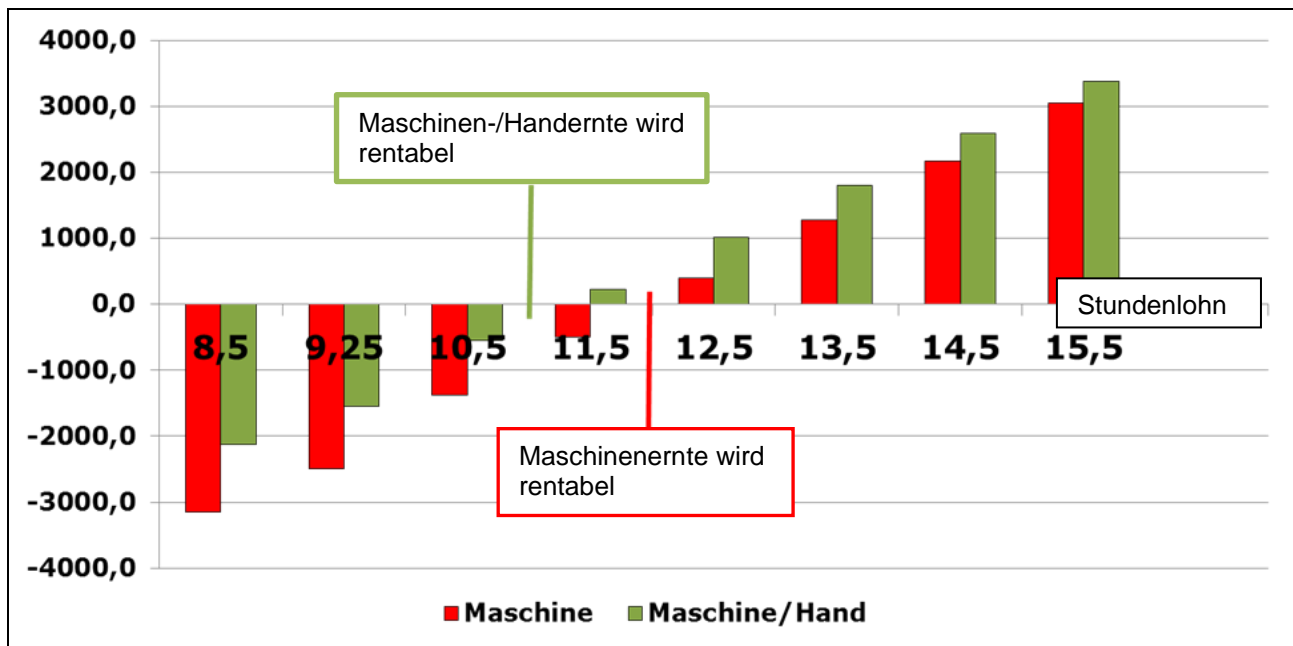
Diagramm 17: Rentabilität der maschinellen Ernte in Abhängigkeit vom Lohnniveau, Erzeugerpreis von 5,50 Euro je kg Spargel



Quelle: P. Strobl, AELF Pfaffenhofen/Ilm, Außenstelle Schrobenhausen

Sinkt der Erzeugerpreis auf 4,50 Euro für ein Kilogramm Spargel, so und ist die wirtschaftliche Rentabilität der ausschließlich mechanischen Ernte unter sonst gleichbleibenden Bedingungen (ceteris paribus) bereits ab einem Stundenlohn von 11,50 Euro gegeben. Werden beide Ernteverfahren wie im Forschungsprojekt miteinander kombiniert, so ist bei gegebenen Voraussetzungen ein rentabler Einsatz des Vollernters ab einem Lohnniveau von 11,50 Euro realisierbar.

Diagramm 17: Rentabilität der maschinellen Ernte in Abhängigkeit vom Lohnniveau, Erzeugerpreis von 4,50 Euro je kg Spargel



Quelle: P. Strobl; AELF Pfaffenhofen/Ilm, Außenstelle Schrobenhausen

Allerdings beeinflusst noch eine Vielzahl weiterer Faktoren die Wirtschaftlichkeit der maschinellen Ernte. Zu nennen sind hier beispielsweise der kontinuierliche Einsatz bzw. Standzeiten der Maschine, der Marktpreis für Spargel oder die Aufnahme von veränderten Sortierungen durch den Markt. Auch die Größe der Flächen und die Länge der Dämme sowie die Entfernung der Flächen voneinander und vom Betrieb entscheiden spielen eine maßgebliche Rolle für die Rentabilität eines Maschineneinsatzes.

„Zudem sind für die Entscheidung des Einsatzes von maschinellen Ernteverfahren Kriterien wie die Verfügbarkeit der Saison AK, der Organisation und Unterbringung der Saisonarbeitskräfte, Personal- und Maschinenkosten, (...) zu berücksichtigen.“ [10]

Eine allgemeine Empfehlung für oder gegen den Einsatz von Erntemaschinen kann aufgrund der Vielzahl an Faktoren, die die Rentabilität des Verfahrens beeinflussen, so nicht gegeben werden. Im Vorfeld einer Entscheidung müssen jedoch auf einzelbetrieblicher Ebene mindestens folgende Voraussetzungen geklärt sein:

- Wie verteilen sich die Spargelflächen um den Betrieb? Vergleich der Kosten Schlepper-Erntemaschine + Fahrer + Erntehelfer mit z.B. Busbetrieb für Erntehelfer + Erntehelfer?
- Wie groß sind die Flächen und wie viele (Gesamtfläche) davon verfügen über Reihen mit mehr als 200 m Länge?
- Welche Böden herrschen vor? Ideal für die maschinelle Ernte sind leichte, sandige, gut siebfähige und steinfreie Böden
- Welche Spargelsorten werden angebaut? Dickfallende und stabilere Sorten (z.B. Grolim) eignen sich besser als dünnfallende, leicht brechende Sorten (z.B. Gijnlim)

- In welchem Umfang nutzt der Betrieb Mehrfachbedeckungen zur Ernteverfrüfung? Können diese Flächen eventuell nur von Hand beerntet werden?
- Steht z.B. ein passender Schlepper zu Verfügung, ist dieser während der Saison uneingeschränkt einsetzbar? Ist gut geschultes Personal dafür vorhanden?
- Passt das Ernteverfahren zur im Betrieb vorhandenen Vermarktungsstruktur? Können beispielsweise in größerem Umfang auftretende kurze Sortierungen dauerhaft und zeitnah zu einem angemessenen Preis vermarktet werden?
- Wie steht es um die Verfügbarkeit von Saisonarbeitskräften (siehe oben)
- Ist der Betrieb imstande die Ernteintervalle bei der Maschinenernte so zu steuern, dass eine kontinuierliche Versorgung des Marktes möglich ist?
- Steht im Falle einer Schlechtwetterperiode oder eines Maschinenschadens zeitnah Personal für die Handerte zur Verfügung um die auflaufenden Stangen zu stechen? Eine Maschinenernte führt bei widriger Witterung, bedingt durch das nur langsame Wachstum des Spargels zu hohen Ertragsverlusten.
- Verfügt der Betrieb über eine moderne Sortiermaschine die auch kurze Spargelstangen optimal ablängen und sortieren kann (z.B. Wasserstrahlschneiden)
- Besteht die Möglichkeit des überbetrieblichen Einsatzes?
- Ist es dem Betrieb möglich, zugunsten einer Arbeitsentlastung auf einen Teil des Betriebsgewinns zu verzichten?

Diese Aufzählung an Einflussfaktoren ist nicht erschöpfend. Die Entscheidung für den Einsatz eines Vollernters oder für die Beibehaltung des Stechens von Hand kann jedoch nur für jeden Betrieb individuell getroffen werden. Voraussetzungen, welche ein Betrieb mitbringen muss ergeben sich aus der obigen Liste. Grundsätzlich sollte ein Betrieb der sich mit dem Gedanken an den Einsatz einer Erntemaschine trägt über engagierte und technisch aufgeschlossene Mitarbeiter verfügen. Das gilt auch für Erntehelfer, die ebenso die Bereitschaft zu vorausschauendem Arbeiten und stärker differenzierter Arbeitsteilung brauchen und als Team gut zusammenarbeiten müssen. Ausschlaggebend für den erfolgreichen Einsatz einer Erntemaschine wie im Versuch verwendet ist das Können des Schlepperfahrers. Dieser braucht ein hohes Maß an technischem Verständnis und Wissen über physikalisch-mechanische Zusammenhänge sowie gute Kenntnisse bezüglich der Ackerflächen und deren Bodenbeschaffenheit.

6. Zusammenfassung und Schlussfolgerungen

Die Witterungsverhältnisse der ersten Versuchssaison waren besonders für die maschinelle Ernte von Nachteil. In 2010 waren im Anschluss an einen maschinell durchgeführten Erntegang überproportional niedrige Temperaturen zu verzeichnen. Dadurch waren die Ernteintervalle deutlich länger, als aufgrund der Herstellerangaben zu erwarten und der Ertrag bei maschineller Ernte blieb weit hinter den Prognosen des Herstellers zurück. Auch wurden technische Schwächen des Vollernters offensichtlich, deren Beseitigung von zentraler Bedeutung war.

Die über den gesamten Versuchszeitraum hinweg ermittelten Erträge zeigen, dass bei rein maschineller Ernte ein Marktertrag von circa 70 Prozent des Ertrags der Handerte erreicht wurde. Bei der kombinierten Maschinen- und Handerte wurden etwa 75 Prozent des Marktertrags erzielt. Jedoch muss angenommen werden, dass durch das längere Stechen der Handerteparzellen in 2011 und 2012, welches vom Versuchsbetrieb eigenmächtig nach dem Ende der Versuchssaison durchgeführt wurde, der Ertrag der Handerteparzellen gemindert wurde. Infolgedessen ist es wahrscheinlich, dass die bei maschineller Ernte erzielten Erträge zu positiv bewertet sind. Deshalb ist die Aussagefähigkeit der Ertragsergebnisse nur eingeschränkt zu beurteilen.

Ebenfalls nicht bestätigt werden konnte der vom Hersteller propagierte Anteil an langen Spargelstangen. Eine vom Hersteller des Vollernters prognostizierte Synchronisierung der Stangenlängen im Laufe der Saison bei ausschließlich maschineller Ernte konnte nicht

nachgewiesen werden. Die Längensortierung hat sich in den Versuchsjahren 2011 bis 2014 als annähernd konstant erwiesen. Für die Vermarktung wird bei der Maschinenernte immer ein höherer Anteil an kurzen Stangen und Spargelspitzen anfallen.

Der Anteil von krummen Stangen sowie mit Berostung ist bei maschineller Ernte signifikant geringer. Begründet ist dies durch den lockeren Dammaufbau und die verbesserte Dammygiene, infolge des Entfernens des organischen Materials (Strünke) des Vorjahres.

Durch das Forschungsvorhaben wurde eine teilweise Optimierung der Technik erreicht, wobei weiteres Potenzial noch vorhanden ist. Aufgrund des Umfangs erforderlicher technischer Weiterentwicklungen und der Prüfung der mit dieser neuen Erntemethode verbundenen grundlegenden pflanzenbaulichen Fragestellungen konnten wichtige marktpolitische und betriebswirtschaftliche Fragestellungen jedoch erst ab 2012 im notwendigen Umfang bearbeitet werden.

Die Versuchsergebnisse liefern wertvolle Erkenntnisse zum Einsatz von Spargelvollerntern, sowohl für den Anbauer als auch für die Spargelwirtschaft im weiteren Sinne. Nicht zuletzt lieferte dieses Projekt auch für den Hersteller wichtige und ökonomisch relevante Empfehlungen und Anreize zur technischen Weiterentwicklung von Spargelvollerntern. Anhand der ökonomischen Bewertung konnten die für einen erfolgreichen und wirtschaftlich rentablen Einsatz maßgeblichen Einflussgrößen herausgearbeitet werden.

Bei der maschinellen Ernte ist es von grundlegender Bedeutung, dass bei der Ernte der Damm nach dem Durchschneiden ungehindert von der Siebkette aufgenommen und anschließend die Erde kontinuierlich abgesiebt wird. Reißt die Erdbedeckung auf der Siebkette ab, kommt es zu einem Anstauen der Erde über den Schneidsechen. Der Erntegang muss unterbrochen werden und die verfestigte Erde ist mit geeignetem Werkzeug von Hand zu entfernen. Das Ausbleiben der Erdbedeckung der Siebkette führt dazu, dass die auf der Schräge der Siebkette befindlichen Spargelstangen wieder abrutschen und von den rotierenden Schneidsechen beschädigt werden. Begünstigt wird dieser Vorgang bei erhöhter Bodenfeuchtigkeit im Damm zum Erntezeitpunkt.

Individuelle Lösungen erfordert die Vermarktung des Anteils an kurzen Spargelstangen, der bei mechanischer Ernte vorhanden ist. Wichtig ist auch, dass für diese Sortierung ein adäquater Preis erzielt wird.

7. Ausblick

Die betriebswirtschaftlichen Berechnungen von LWG und LfL ergaben, dass drei Faktoren für die Wettbewerbsfähigkeit eines mechanischen Erntesystems, verglichen mit der Handernte, ausschlaggebend sind. Dies ist erstens der bei maschineller Ernte erzielbare Marktertrag, zweitens die Erntegeschwindigkeit und drittens das Lohnniveau der Saisonarbeitskräfte. De facto müssen bei maschineller Ernte mindestens 80 % des Marktertrags der Ernte von Hand erreicht werden, um wirtschaftlich genauso rentabel zu arbeiten. Eine höhere Geschwindigkeit bei der Ernte verringert die damit verbundenen Lohnkosten. Bei steigenden Löhnen für Saisonarbeitskräfte ist die Ernte von Hand, bedingt durch den höheren Anteil der Lohnkosten an den Erntekosten, gegenüber der Maschinenernte benachteiligt.

Der im Forschungsprojekt untersuchte Vollernter kann bei einem kontinuierlichen Einsatz von sieben Tagen pro Woche eine Fläche von 15-20 Hektar beernten. Dies setzt jedoch voraus, dass die Maschine unter Vollast über die Saison hinweg schadensfrei arbeitet, was im durchgeführten Versuch nicht erprobt werden konnte.

Technische Weiterentwicklungen sind vor allem im Bereich der Aufnahme des Erddammes noch denkbar. Hier beeinträchtigen die Antriebswellen der Schneidsechen (siehe Bild Nr. 13 a, b) den ungehinderten Fluss des Erddammes, wie oben beschrieben. Entwicklungspotential ist auch noch im Hinblick auf die Sensibilität der Steuerung der Geschwindigkeit der Siebkette vorhanden. Ebenfalls könnten mechanisch stark belastete Bauteile teils stärker ausgebildet werden um vorzeitigem Verschleiß entgegenzuwirken.

Im Hinblick auf eine Synchronisierung des Austriebszeitpunktes der nachwachsenden Spargelstangen und der damit verbundenen Möglichkeit der Steigerung des Anteils gleichlanger Spargelstangen ist es denkbar, dass dieses Ziel durch gezielte Sortenzüchtungen erreicht werden kann. Eine Untersuchung des Aufwuchsverhaltens verschiedener Spargelsorten seitens der Spargelzüchter sollte daher in Betracht gezogen werden. Ein signifikanter, ausschließlich durch die Erntemethode bedingter Einfluss auf die Sprossentwicklung war im Forschungsprojekt nicht nachweisbar. Würde das Zuchtziel eines gleichmäßigen Auflaufens der Spargelstangen erreicht,

könnte auch der optimale Erntezeitpunkt wesentlich exakter bestimmt werden. Voraussetzung dafür ist jedoch eine hohe Präzision, beginnend bei der Pflanzung (exakt gleiche Pflanztiefe), welche über den gesamten Zeitraum der Kulturdauer aufrechterhalten werden muss.

Um den maschinell geernteten Spargel optimal zu vermarkten wäre es wichtig, die Spitzenqualität gerade der kurzen Spargelsortierungen hervorzuheben und gegebenenfalls medial zu propagieren. Bei der Schaffung eines positiven Images für die maschinell geerntete Ware ist es Bedingung, dass dies nicht zu Lasten des traditionell von Hand gestochenen Spargels ginge. Gerade im Zusammenhang mit der Legitimation der Wertigkeit des Produktes spielt hier der hohe mit der Handernte verbundene Aufwand an Kosten eine wichtige Rolle.

Geeignete Argumente für den Einsatz des Vollernters sollten eher im Bereich des Pflanzenschutzes zu finden sein. Hier ist klar belegt, dass durch die Maschinenernte der Unkrautdruck stark gemindert und die Ausbreitung von bodenbürtigen Schaderregern deutlich verringert wird. Ursächlich hierfür sind das regelmäßige Umschichten und die damit verbundene verbesserte Durchlüftung des Dammes sowie das Aussieben von verrottenden Pflanzenteilen.

Quellenverzeichnis:

- [1] <http://de.wikipedia.org/wiki/Niederschlagsmesser>
- [2] Lautenschläger, A., (2010): Einfluss der Dammdichte auf Kopffestigkeit und Aufblühverhalten von *Asparagus officinalis* bei manueller und nicht selektiver maschineller Ernte im Vergleich; Diplomarbeit, Hochschule Anhalt (FH)
- [3] <http://en.eijkelkamp.com/products/soil/in-situ-soil-physical-research/penetrologger/penetrologger.htm>
- [4] http://www.kennzeichnungsrecht.de/pseudoanzeige3.html?glossar.htm?a2_brix.html
- [5] www.igzev.de/publikationen/Feller_und_Fink_2007_DE.pdf
- [6] <http://www.lwk-niedersachsen.de/index.cfm/portal/3/nav/304/article/19314.html>
- [7] Schulze, J., (XXXX): Lohnkostenberechnung für Saisonarbeitskräfte im Spargelbau
- [8] Ziegler, J., Schlaghecken (XXXX): Akh Bedarf bei Handernte sowie Aufbereitungs- und Vermarktungskosten bei Bleichspargel
- [9] Schägger, M., Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft (LfL), Institut für Ländliche Strukturentwicklung, Betriebswirtschaft und Agrarinformatik (ILB), (2011): Kalkulation Maschinenernte (Kirpy+Schlepper),
- [10] Strobl, P., AELF Pfaffenhofen/Ilm (2012): Wirtschaftlichkeit maschineller Ernteverfahren; Vortrag, 5. Produkttag Spargel der Bayerischen Landesanstalt für Landwirtschaft

Publikationen, Schaser, M. et al.

Brandl, V.; Schaser, M; Strobl, P.: Einphasige mechanische Ernte - Forschungsprojekt gestartet.
Fachzeitschrift Spargel & Erdbeer Profi 4/10 S. 20-22

Schaser, M.: Bleichspargel: Vergleich von Maschinenernte und Handerte und Anpassung des Kulturverfahrens an die Maschinenernte - Darstellung an wichtigen Kenngrößen; in: Ergebnisse aus den Anbauversuchen in Bayern 2010, Bayerische Landesanstalt für Weinbau und Gartenbau, 2010, S. 116-121

Schaser, M.: Forschungsprojekt: : Vergleich von Maschinenernte und Handerte bei Spargel und Anpassung des Kulturverfahrens an die Maschinenernte - Erfahrungen und Versuchsergebnisse aus 2010 ; LWG Homepage,
<http://www.lwg.bayern.de/gartenbau/gemuesebau/40633/> 14.02.2011

Kreß, O; Schaser, M; Strobl, P: Erfahrungen mit dem Spargel-Kirpy in Bayern, Fachzeitschrift Gemüse 06/2011 S. 37-39

Einsatz unter genauer Beobachtung - Fortsetzung des Forschungsprojekts zum Spargelvollernter KIRPY, Landwirtschaftliches Wochenblatt

Herfellner, V; Schaser, M; Strobl, P.: Einsatz unter genauer Beobachtung - Fortsetzung des Forschungsprojekts zum Spargelvollernter KIRPY, Fachzeitschrift Spargel & Erdbeer Profi 1/12 S.24-29

Schaser, M.: Strobl, P.: Forschungsprojekt Kirpy in Bayern - Versuchsergebnisse von 2010 bis 2012 Fachzeitschrift Spargel & Erdbeer Profi 5/12 S.20-24

Schaser, M.: Strobl, P.: Forschungsprojekt Kirpy in Bayern - Versuchsergebnisse von 2010 bis 2012
LWG homepage, <http://www.lwg.bayern.de/gartenbau/gemuesebau/45239/>

Schaser, M.: Strobl, P.: Forschungsprojekt Kirpy in Bayern - Versuchsergebnisse von 2010 bis 2012
LfL, IEM homepage, http://www.lfl.bayern.de/iem/obst_gemuese/25716/

Schaser, M.: Strobl, P.: Forschungsprojekt Kirpy in Bayern - Versuchsergebnisse von 2010 bis 2012
http://www.ai-solution.de/de/kirpy_de21.htm

Vorträge, Martin Schaser

AELF-Fürth; Spargeltag, Zirndorf: Projekt: Vergleich von Maschinenernte und Handerte bei Spargel und Anpassung des Kulturverfahrens an die Maschinenernte - Erste Versuchsergebnisse und Erfahrungen aus 2010;09.11.2010

4. Produkttag Spargel, Weichering, 25.01.2011: Projekt: Vergleich von Maschinenernte und Handerte bei Spargel und Anpassung des Kulturverfahrens an die Maschinenernte - Erste Versuchsergebnisse und Erfahrungen aus 2010

20. Unterfränkische Spargeltagung, Rödelsee, 03.02.2011: Passender Spargelernter für jeden Anbauer? Überblick und erste Versuchsergebnisse aus Bayern 2010

69. Sitzung Arbeitskreis-Spargel, Bundesfachgruppe Gemüsebau, Straelen, 13.09. 2011: Projekt: Vergleich von Maschinenernte und Handerte bei Spargel und Anpassung des Kulturverfahrens an die Maschinenernte - Aktuelle Entwicklungen in 2011

Kirpy-Arbeitskreis, Ai-solution, 17.11.2011: Projekt: Vergleich von Maschinenernte und Handernernte bei Spargel und Anpassung des Kulturverfahrens an die Maschinenernte - Erste Versuchsdaten 2011

21. Unterfränkische Spargeltagung, Rödelsee, 12.01.2012:
Maschinelle Spargelernte - Ergebnisse Forschungsprojekt Bayern
Was können am Markt erhältliche Vollernter leisten?

5. Produkttag Spargel, Weichering, 24.01.2012:
Maschinelle Spargelernte-Ergebnisse Forschungsprojekt Bayern

Spargeltagung/ Bad Gögging/ 29.02. 2012: Maschinelle Spargelernte - Ergebnisse Forschungsprojekt Bayern. Was können am Markt erhältliche Vollernter leisten?

70. Sitzung Arbeitskreis-Spargel, Bundesfachgruppe Gemüsebau, Geisenheim, 11.09. 2012:
Maschinelle Spargelernte Forschungsprojekt Bayern - Ergebnisse 2010-2012

LWG Abteilungsbesprechung Gartenbau sowie LWG, Technikerklasse, Veitshöchheim, 05.11. 2012: Maschinelle Spargelernte - Ergebnisse Forschungsprojekt Bayern 2010-2012

6. Produkttag Spargel, Weichering, 31.01.2013:
Kurzbericht zum Forschungsprojekt „Spargel-KIRPY“ 2010-2012

Vorträge, Peter Strobl AEFL Pfaffenhofen/Ilm - Außenstelle Schrobenhausen zum
Forschungsvorhaben Kirpy

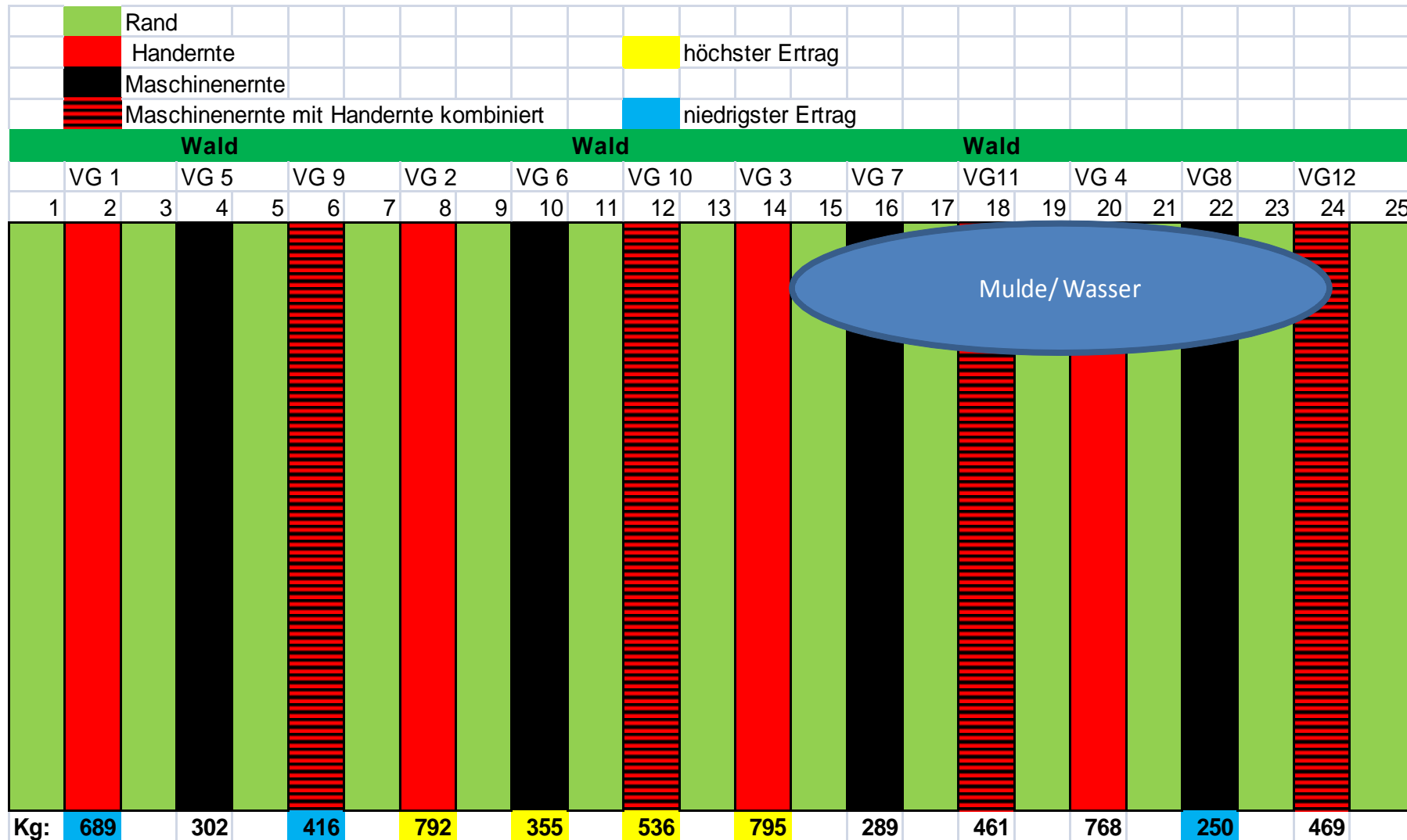
Datum	Ort	Thema *
27.01.2010	Bayerischer Produkttag Spargel Weichering	Versuchsanstellung zur objektiven Beurteilung - Spargelvollernter Kirpy
13.09.2010	Bundesarbeitskreis Spargel in Ellerhoop/Schleswig-Holstein	Spargelanbau -Vergleich Maschinen- u. Handernernte-
03.11.2010	Spargelseminar 2010 HVH - Seddiner-See (Potsdam)/Brandenburg	Erste Erfahrungen zum Kirpyeinsatz in Bayern -Vergleich Maschinen- u. Handernernte-
19.11.2010	Spargeltag in Karlsruhe/Baden-Württemberg	Spargelanbau - Vergleich Maschinen- u. Handernernte-
25.01.2011	Bayerischer Produkttag Spargel Weichering	Der KIRPY im Einsatz - Erste Forschungsergebnisse und neue Entwicklungstendenzen
07.02.2011	Spargelseminar LVH Freckenhorst – Münster/NRW	Erfahrungen zum Kirpyeinsatz in Bayern -Vergleich Maschinen- u. Handernernte-
08.02.2011	Gebietsversammlung Spargel Gachenbach	Erfahrungen zum Kirpyeinsatz in Bayern -Vergleich Maschinen- u. Handernernte-
16.02.2011	Vereinigung der Spargelanbauer Niedersachsen e.V. Verden/Niedersachsen	Erfahrungen zum Kirpyeinsatz in Bayern -Vergleich Maschinen- u. Handernernte-
13.09.2011	Bundesarbeitskreis Spargel in Straelen NRW	Wirtschaftlichkeit – Spargelernte -Vergleich Maschinen- u. Handernernte-
01.12.2011	Straelener Spargeltag in Straelen NRW	Versuch Handernernte-Maschinenernte --Erkenntnisse nach 2 Versuchsjahren-
08.12.2011	Hochschule Weihenstephan	u.a. Spargelernte und Aufbereitung
12.01.2012	Unterfränkischer Spargeltag in Rödelsee	Wirtschaftlichkeit – Spargelernte -Vergleich Maschinen- u. Handernernte

17.01.2012	Vereinigung der Spargelanbauer Westfalen-Lippe e. V. Münster-Wolbeck/NRW	Wirtschaftlichkeit – Spargelernte -Erkenntnisse nach 2 Versuchsjahren
23.01.2012	Spargelseminar Grünberg/Hessen	Wirtschaftlichkeit – Spargelernte -Vergleich Maschinen- u. Handernte
24.01.2012	Bayerischer Produkttag Spargel Weichering	Forschungsprojekt Spargel Kirpy -Wirtschaftlichkeit-
28.01.2012	Pfälzer Spargeltag Neustadt an der Weinstraße/ Rheinland-Pfalz	Hand- u. Maschinenernte im Vergleich - Bericht nach 2 Versuchsjahren
15.02.2012	Gebietsversammlung Pörsbach	Neue Kultur- und Erntetechniken
08.03.2012	Spargelerzeugerverband Franken e.V. in Nürnberg-Neunhof	Neue Kultur- und Erntetechniken
11.09.2012	Bundesarbeitskreis Spargel in Geisenheim/Hessen	Forschungsvorhaben Kirpy 2012 -Versuchsfehler-
14.11.2012	Hochschule Weihenstephan	u.a. Spargelernte und Aufbereitung
27.11.2013	Hochschule Weihenstephan	u.a. Spargelernte und Aufbereitung
09.09.2014	Bundesarbeitskreis Spargel in Schifferstadt/Rheinland-Pfalz	Forschungsvorhaben Kirpy in Bayern -Wirtschaftlichkeit 2010 - 2014
22.10.2014	Hochschule Weihenstephan	u.a. Spargelernte und Aufbereitung
05.11.2014	Brandenburger Spargelseminar 2014 Heimvolkshochschule Seddiner See	Die Wirtschaftlichkeit der Spargelernte - Forschungsbericht Kirpy in Bayern 2010-2014-
02.12.2014	Straelener Spargeltag 2014	Wirtschaftlichkeit bei der Spargelernte - Forschungsvorhaben Kirpy in Bayern- 2010-2014
29.01.2015	Bayer. Produkttag Spargel Weichering	Spargelvollernter Kirpy - Wirtschaftlichkeit

* Bei gleicher Themastellung ist der Umfang und der Inhalt der Vorträge nicht identisch!



Anlage 1: Versuchsanlage, Vergleich von Maschinenernte und Handerte inklusive der 2010 erfassten Erträge und Schwierigkeiten



Anlage 2: **Vergleich von Maschinenernte und Handerte bei Spargel und Anpassung des Kulturverfahrens an die Maschinenernte – Darstellung an wichtigen Kenngrößen; Versuchsplan**

Versuchsnr.intern : G2 0110 - Erntejahre: 2010 - 2012

Flurbez.; Eder-Biburg: Vergleich von Maschinenernte und Handerte Anlagejahr 2007 3.Stechjahr

Versuchsglied	Erntemethode	Zeile Nr.	Erntezeitraum/ termine
Handerte			
G2 0110 - 1	kontinuierliche Ernte täglich	Zeile 2	täglich
G2 0110 - 2	kontinuierliche Ernte täglich	Zeile 8	täglich
G2 0110 - 3	kontinuierliche Ernte täglich	Zeile 14	täglich
G2 0110 - 4	kontinuierliche Ernte täglich	Zeile 20	täglich
Maschinenernte			
G2 0110 - 5	periodische Ernte mengenabhängig	Zeile 4	
G2 0110 - 6	periodische Ernte mengenabhängig	Zeile 10	
G2 0110 - 7	periodische Ernte mengenabhängig	Zeile 16	
G2 0110 - 8	periodische Ernte mengenabhängig	Zeile 22	
Maschinenernte mit Handerte kombiniert			
G2 0110 - 9	periodische Ernte mengenabhängig + anschließende Handerte	Zeile 6	
G2 0110 - 10	periodische Ernte mengenabhängig + anschließende Handerte	Zeile 12	
G2 0110 - 11	periodische Ernte mengenabhängig + anschließende Handerte	Zeile 18	
G2 0110 - 12	periodische Ernte mengenabhängig + anschließende Handerte	Zeile 24	

Flurbez.; Mühlhäuser Feld (Doppelreihenpflanzung) u. Steinberger Staubing (Einreihenpflanzung): Vergleich von Doppelreihen- und Einreihenpflanzung bei Maschinenernte Anlagejahr 2009 1.Stechjahr

Versuchsglied	Erntemethode	Zeile Nr.	Erntezeitraum/ termine
Mühlhäuser Feld			
G2 0110 - 13	periodische Ernte mengenabhängig	Zeile 27	
G2 0110 - 14	periodische Ernte mengenabhängig	Zeile 28	
G2 0110 - 15	periodische Ernte mengenabhängig	Zeile 29	
G2 0110 - 16	periodische Ernte mengenabhängig	Zeile 30	
Steinberger Staubing			
G2 0110 - 17	periodische Ernte mengenabhängig	Zeile 32	
G2 0110 - 18	periodische Ernte mengenabhängig	Zeile 33	

G2 0110 - 19
G2 0110 - 20

periodische Ernte mengenabhängig
periodische Ernte mengenabhängig

Zeile 34
Zeile 35

[Text eingeben]

Anlage 3: Versuchsplan zur Maschinen- und Handernernte bei Spargel (Vorschlag M. Schulz)
überarbeitet von Martin Schaser

1. Versuchsplan 2010:

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27
---	---	---	---	---	---	---	---	---	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----

2. Versuchsplan 2011 und 2012:

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27
Länge 75m																										
V1			V3			V2			V3			V1			V2			V1			V2			V3		
Block 6									Block 5									Block 4								
Quergasse, Breite 5m																										
Länge 75m																										
V1			V3			V2			V3			V1			V2			V1			V2			V3		
Block 1									Block 2									Block 3								

- V1 = Handernernte
- V2 = Maschinernernte
- V3 = Maschinen-/Handernernte

[Text eingeben]

3. Versuchsplan 2013 und 2014:

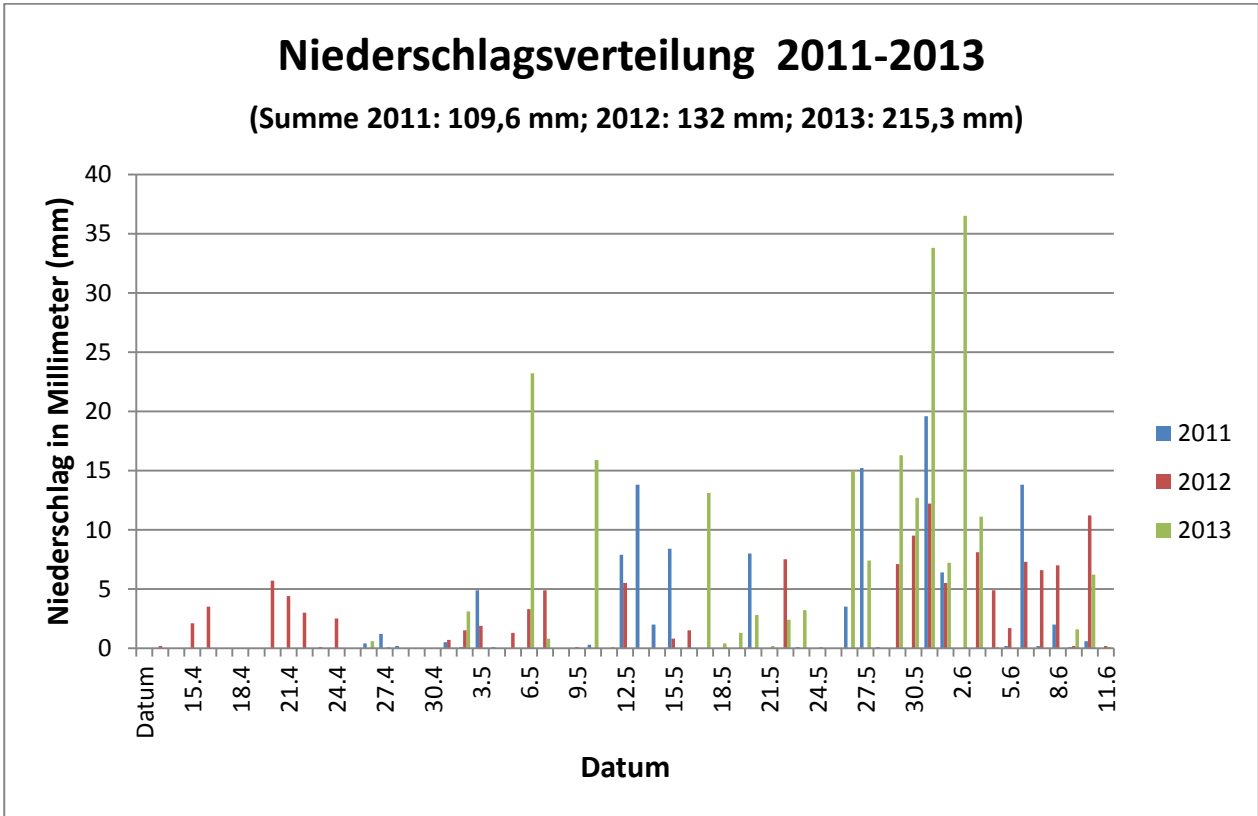
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27
Länge 75m																										
V1	V4	V3			V2			V3			V1	V4	V2			V1	V4	V2			V3					
Block 6									Block 5									Block 4								
Quergasse, Breite 5m																										
Länge 75m																										
V1	V4	V3			V2			V3			V1	V4	V12			V1	V4	V2			V3					
Block 1									Block 2									Block 3								

- V1** = Handerte 2011/12
- V2** = Maschinenernte
- V3** = Maschinen-/Handerte
- V4** = Maschinenernte

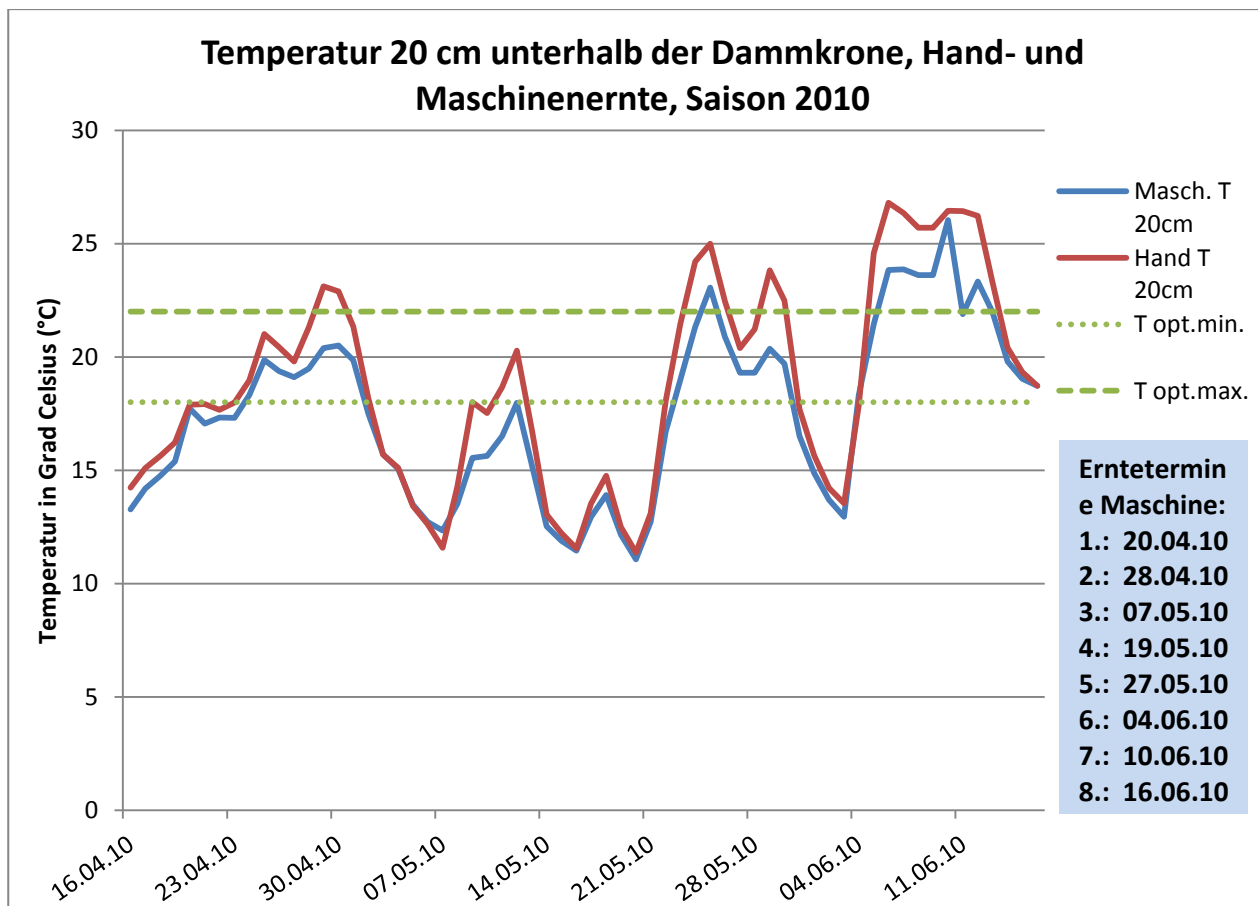
Die Reihen 3, 15, 21 wurden bisher von Hand geerntet. Ab 2013 maschinelle Ernte

Die bisherigen Versuchsreihen werden unverändert bewirtschaftet und erfasst.

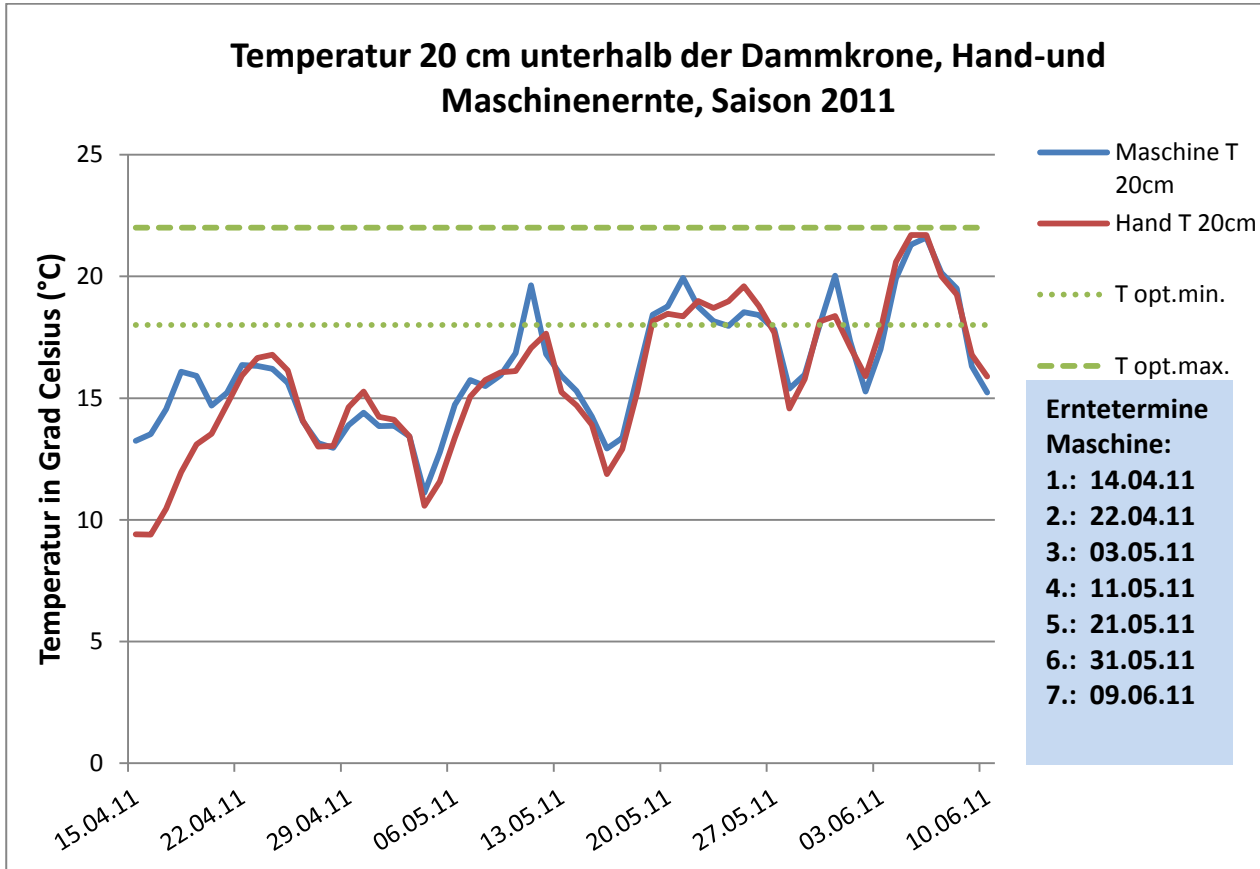
Anlage 5: Niederschlagsereignisse und -mengen, 2011 bis 2013



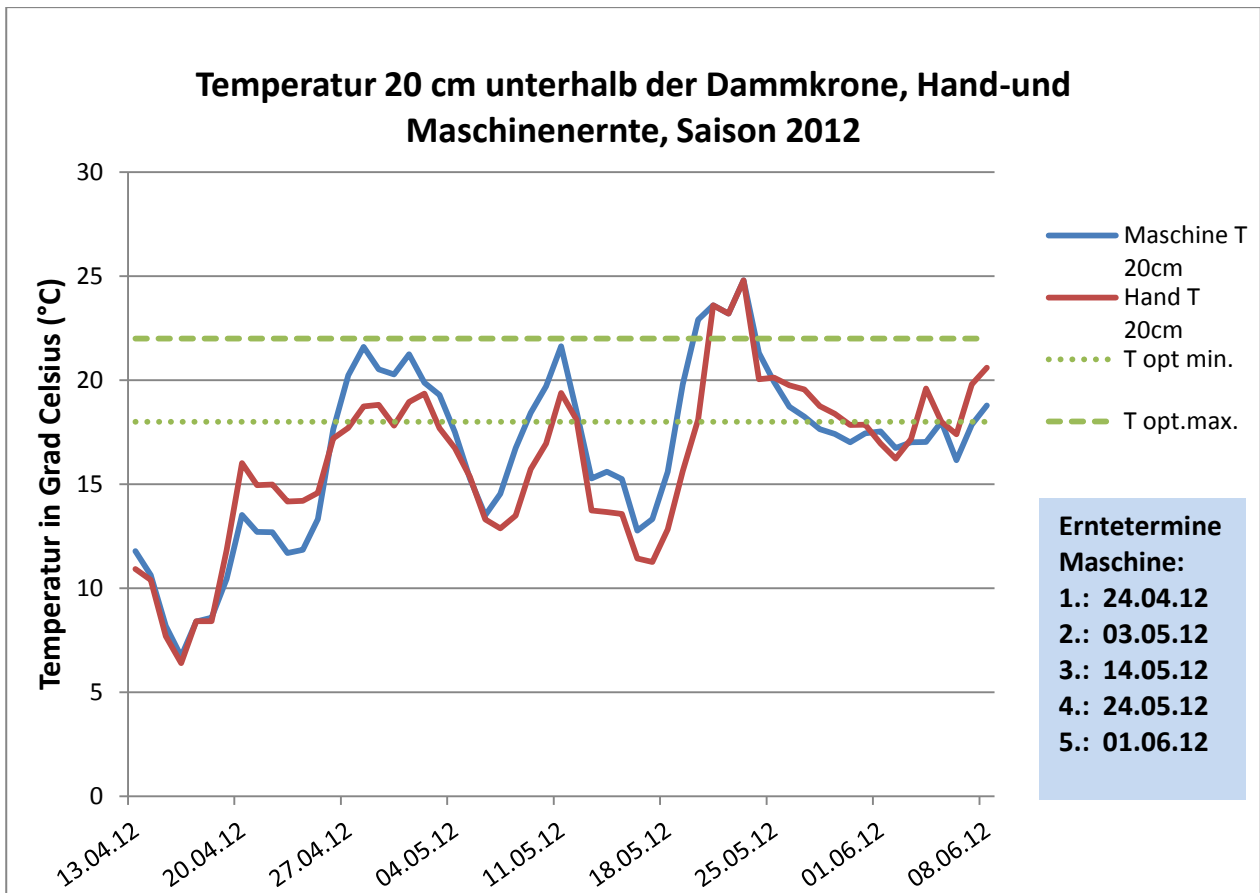
Anlage 5 a: Dammtemperatur 20 cm unterhalb der Dammkrone in 2010

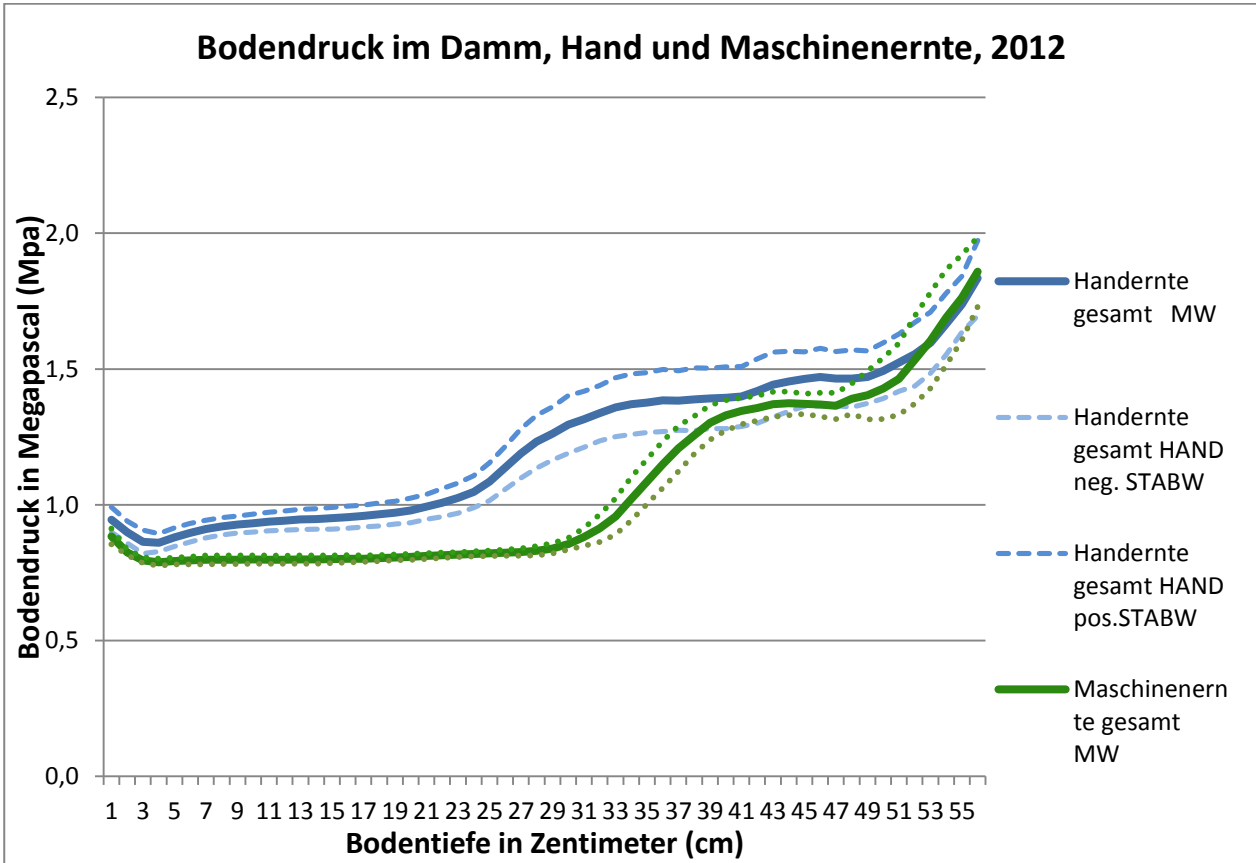


Anlage 5 b: Dammtemperatur 20 cm unterhalb der Dammkrone in 2011

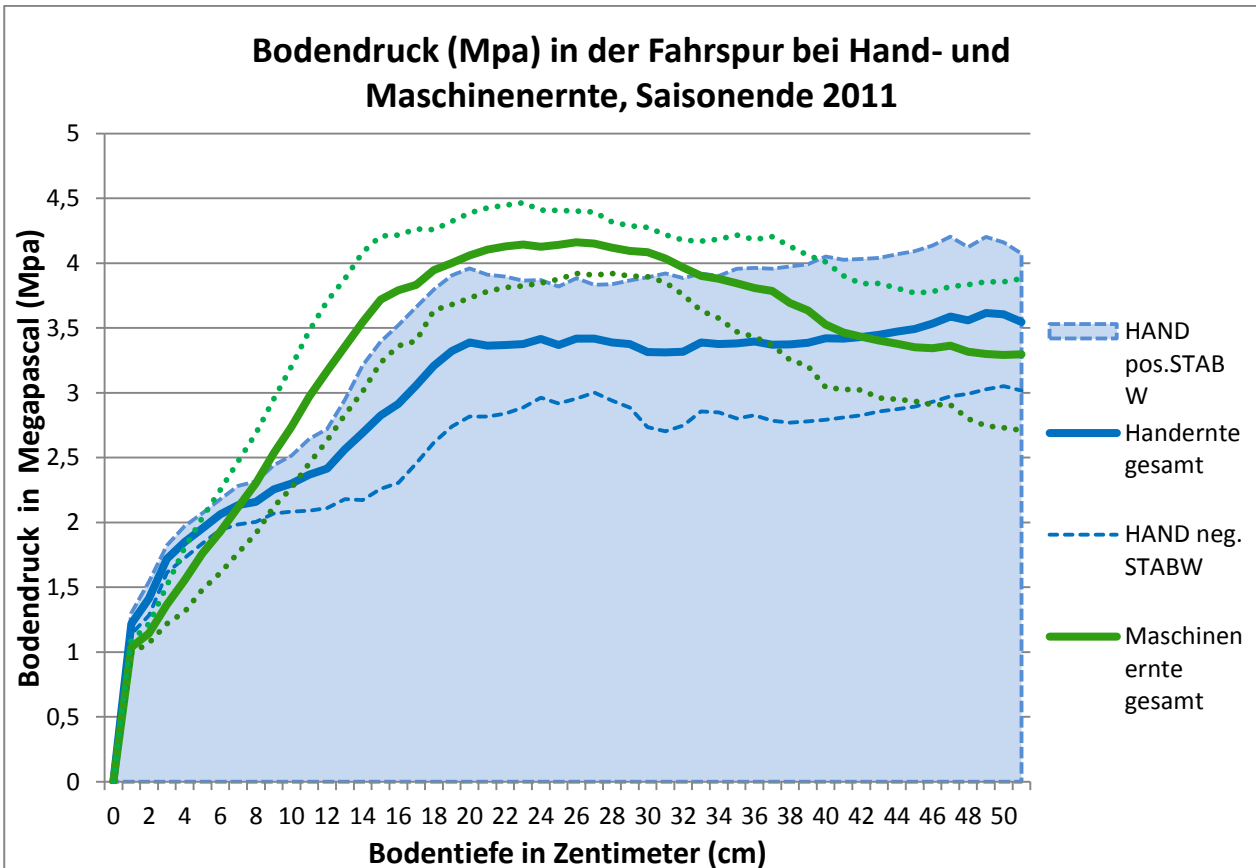


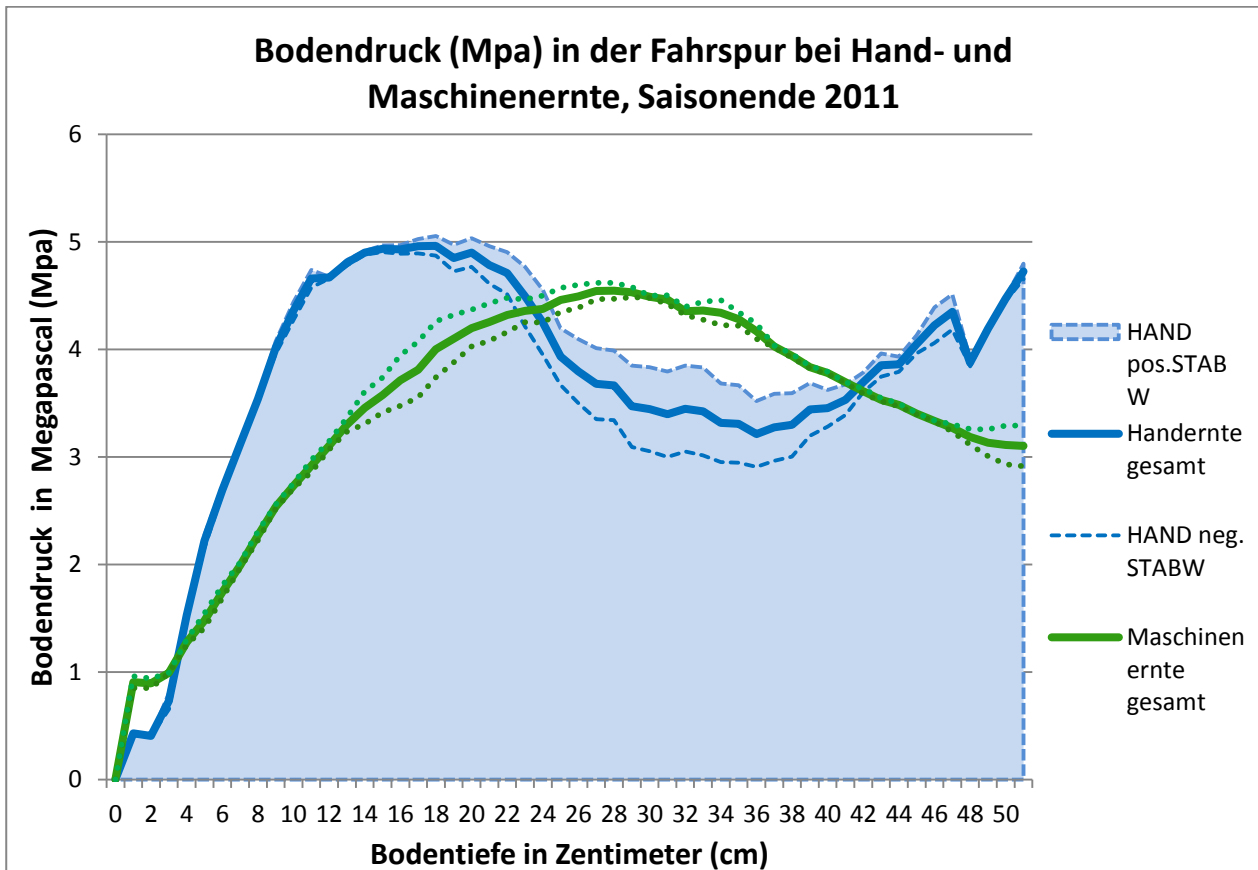
Anlage 5 c: Dammtemperatur 20 cm unterhalb der Dammkrone in 2012





Anlage 8: Bodendruck in der Fahrspur, Hand- und Maschinenernte, 2011 und 2012:





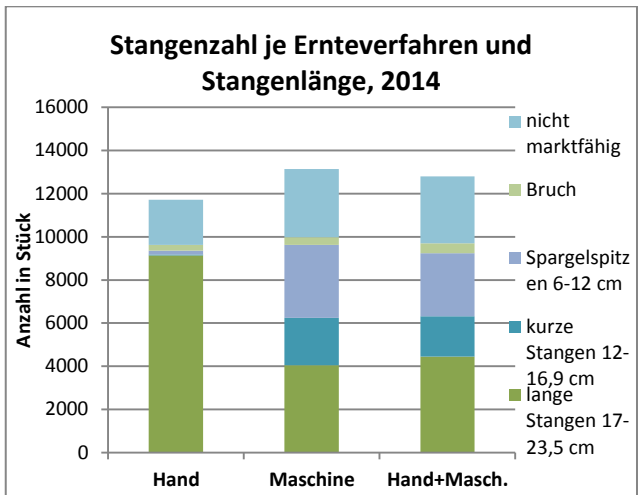
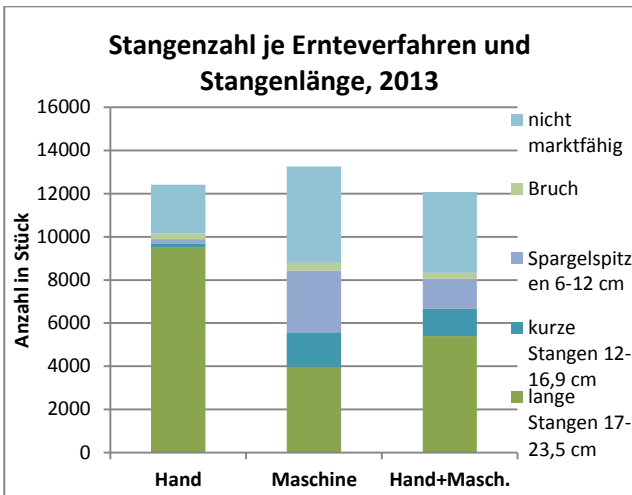
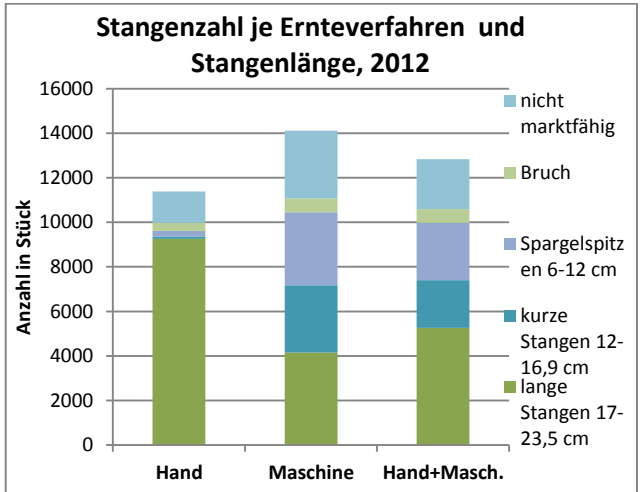
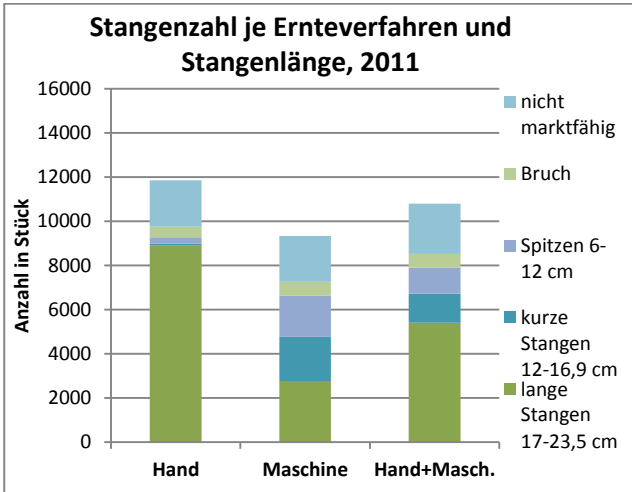
Anlage 9: Ergebnisse der RKH-Analysen, 2010-2014

Erntezeitpunkt	Proben- nahme	Handerte		Maschinenernte	
		RKH-Wert (°Brix)	Abweichung	RKH-Wert (° Brix)	Abweichung
2 Wo. v. Ernteende	04.06.10	13,35	2,40	16,51	2,17
Vorwinter	10.11.10	22,91	2,00	22,28	3,03
2 Wo. v. Ernteende	21.05.11	11,94	2,17	15,77	2,63
Vorwinter	17.10.11	20,54	2,90	25,55	2,29
2 Wo. v. Ernteende	11.06.12	11,07	4,14	16,13	2,54
Vorwinter	16.10.12	21,32	3,94	22,59	2,04
2 Wo. v. Ernteende	06.06.13	12,97	1,75	14,09	2,7
Vorwinter	22.10.13	22,56	3,13	22,75	2,61
2 Wo. v. Ernteende	15.05.14	14,83	3,36	16,61	2,72
2 Wo. v. Ernteende	2010-14	12,83	1,28	15,82	0,92
Vorwinter	2010-13	21,83	0,95	23,29	1,31

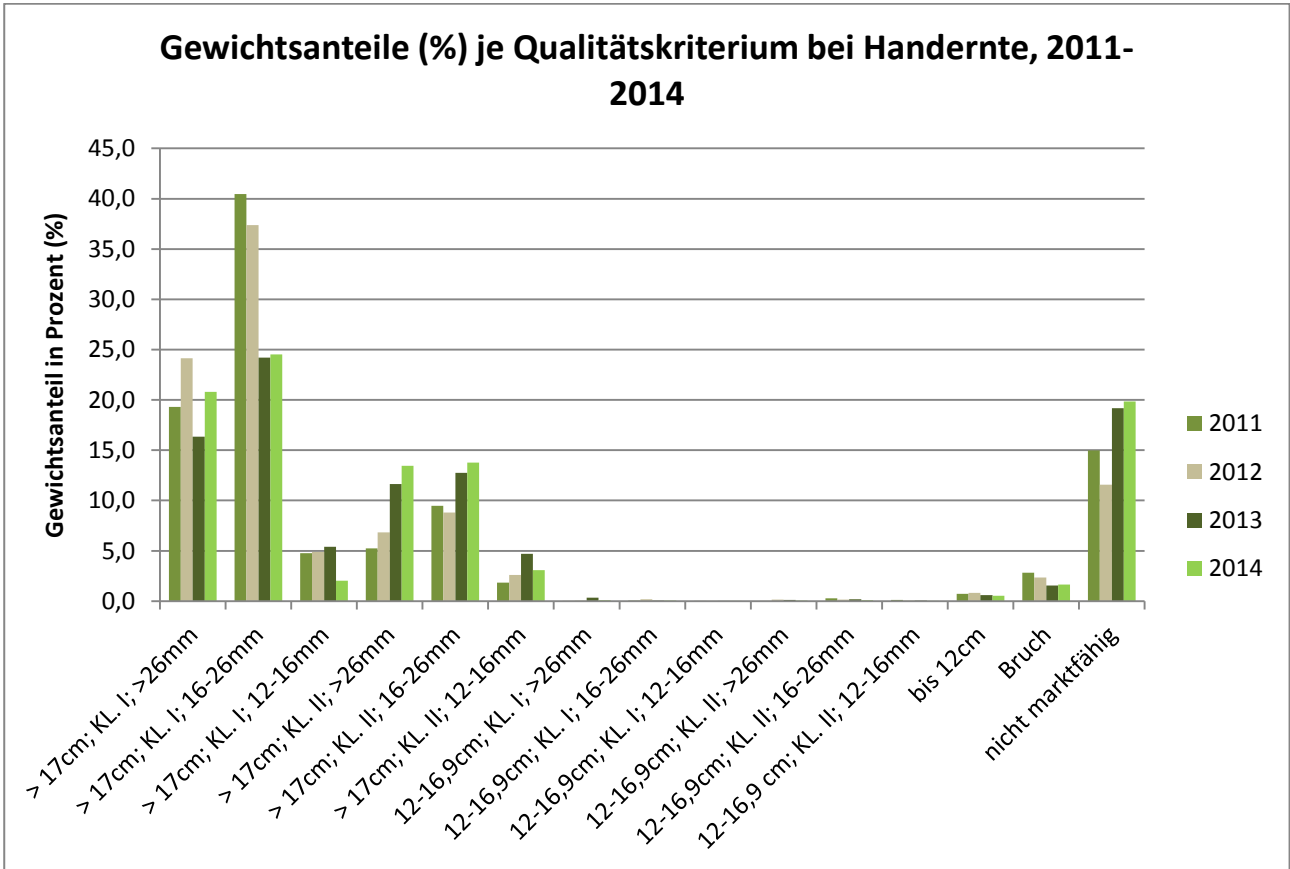
Anlage 10. 1: Stangenzahl und Stangengewicht in Gramm/Stück, 2011 bis 2014

Versuchsjahr	Variante Stückzahl Gewicht in Gramm (g)	Stangenzahl u. Stangengewicht in Gramm					Σ Stangen Ø Gewicht
		lange Stangen (17-23,5 cm)	kurze Stangen (12-16,9 cm)	Spitzen (6-12 cm)	Bruch	nicht marktfähig	
2011	Hand, St. Gewicht	8897 73,1	88 44,1	296 20,0	470 48,2	2101 57,2	11826 68
	Masch., St. Gewicht	2772 72,2	1992 47,5	1858 25,4	645 44,4	2063 35,7	9330 48
	Maschine & Hand	5412 74,9	1312 43,2	1169 23,4	623 49,0	2283 42,7	10799 56
2012	Hand, St. Gewicht	9252 71,8	106 44,3	263 24,5	347 52,9	1409 64,4	11377 69
	Masch. St. Gewicht	4151 83,3	3020 61,8	3279 32,9	617 51,3	3042 47,0	14109 58
	Maschine & Hand	5262 79,9	2135 58,8	2577 28,0	619 59,6	2240 49,3	12833 59
2013	Hand, St. Gewicht	9495 70,4	173 39,2	218 23,7	268 50,0	2260 72,9	12414 69
	Masch., St. Gewicht	3972 70,8	1603 47,6	2868 26,6	352 37,5	4462 47,2	13257 50
	Maschine & Hand	5401 70,0	1265 44,1	1395 22,5	273 35,5	3744 44,9	12078 53
2014	Hand, St. Gewicht	9131 75,5	56 45,1	179 26,7	266 55,1	2089 83,8	11721 74
	Masch. St. Gewicht	4050 66,2	2187 43,3	3396 23,7	349 36,7	3162 41,9	13144 45
	Maschine & Hand	4449 64,1	1874 45,0	2915 23,3	467 34,3	3102 44,2	12807 45
Mittel- wert 2011- 2014	Hand, St. Gewicht	9194 72,7	106 43,2	239 23,7	338 51,6	1965 69,6	11841 70,4
	Masch. St. Gewicht	3736 73,1	2201 50,0	2850 27,1	491 42,5	3182 43,0	12460 49,9
	Maschine & Hand	5131 72,2	1647 47,8	2014 24,3	496 44,6	2842 45,3	12129 54,0

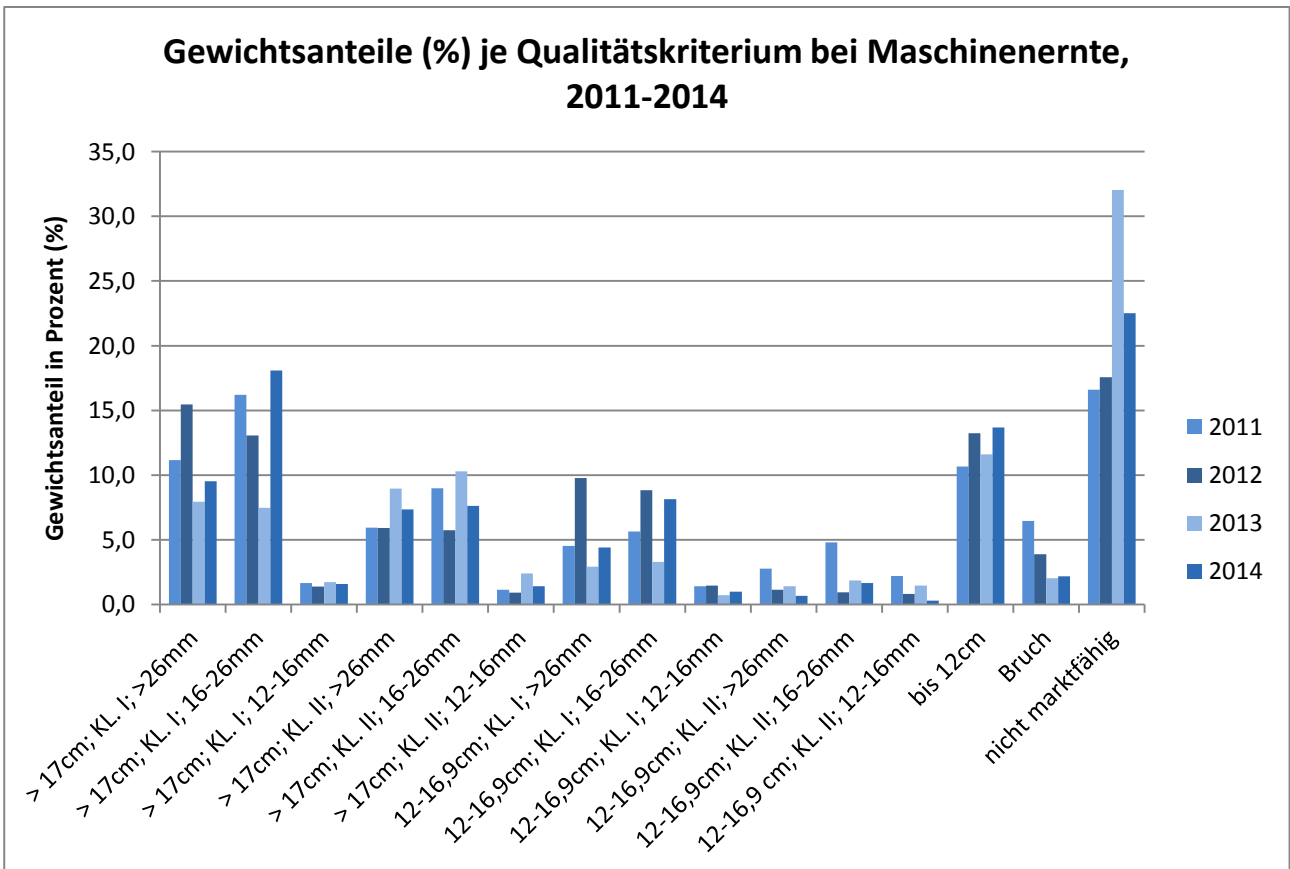
Anlage 10.2: Stangenzahl je Ernteverfahren 2011 bis 2014



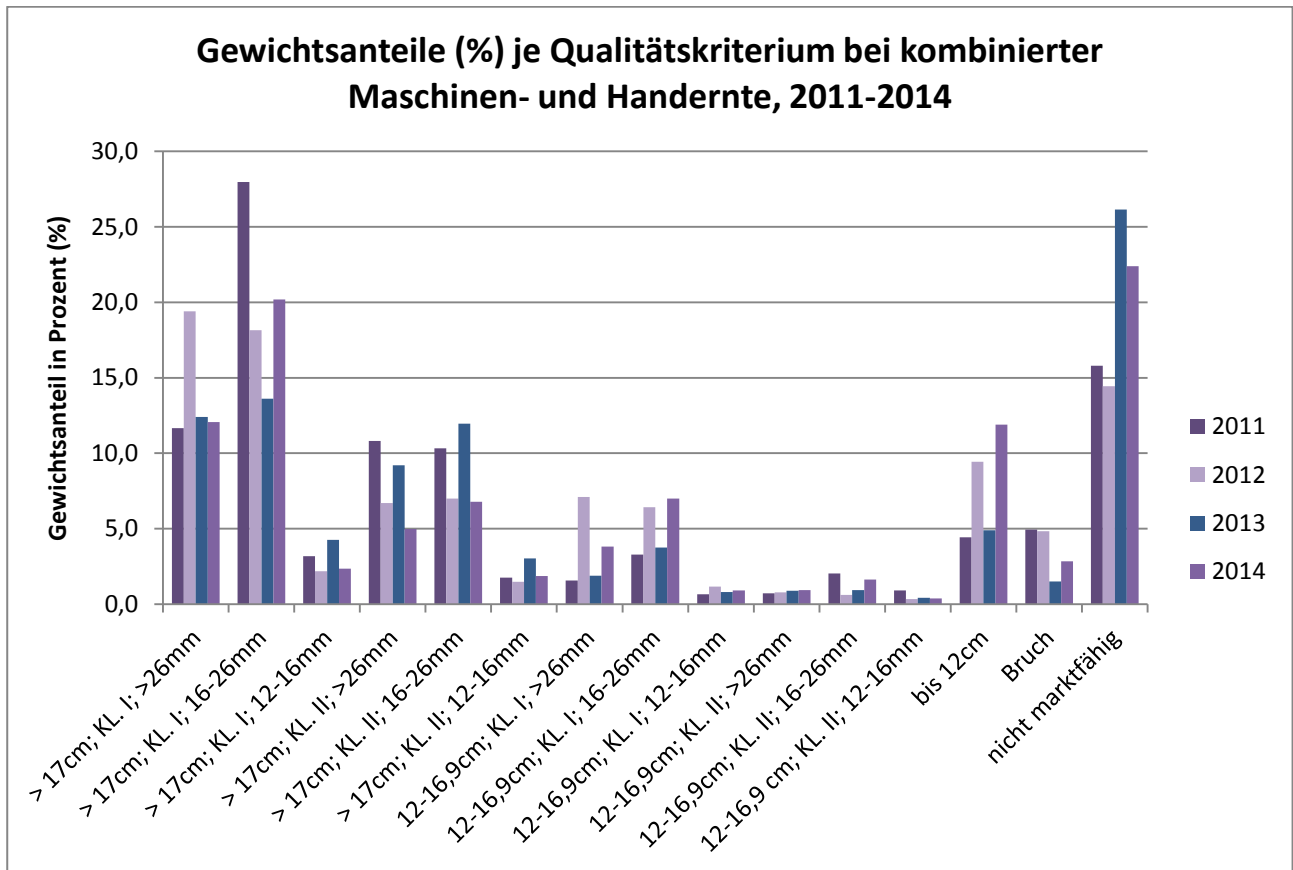
Anlage 11: Gewichtsanteile (%) je Sortierung bei Handernte, 2011 – 2014



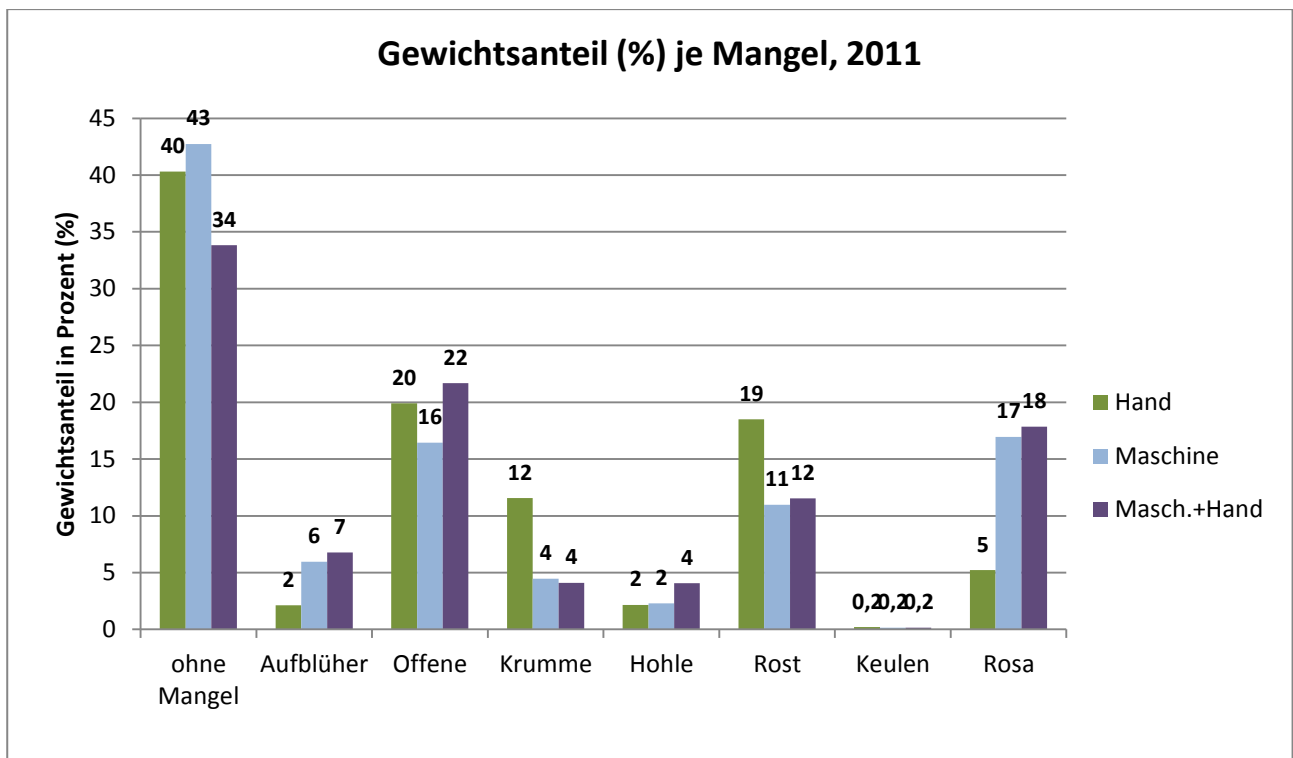
Anlage 12: Gewichtsanteile (%) je Sortierung bei Maschinenernte, 2011 - 2014



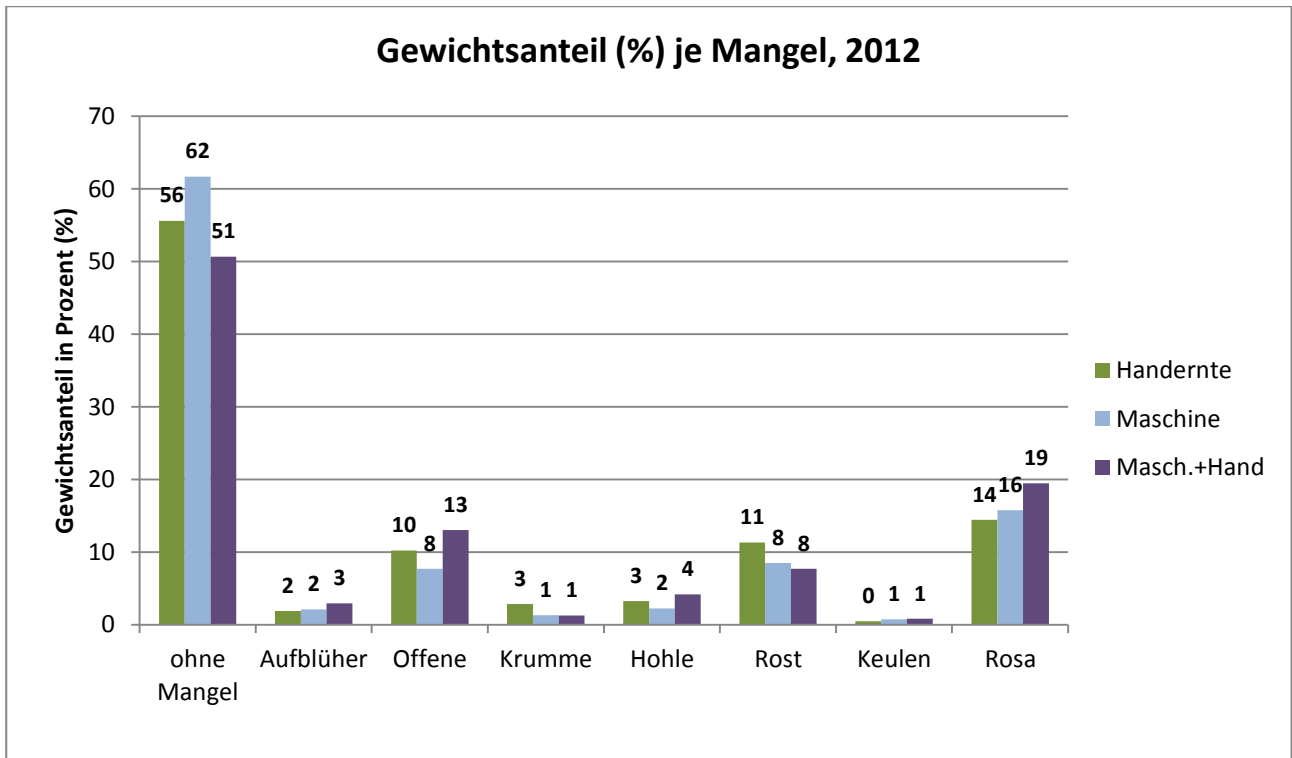
Anlage 13: Gewichtsanteile (%) je Sortierung bei Maschinen- und Handernte, 2011 - 2014



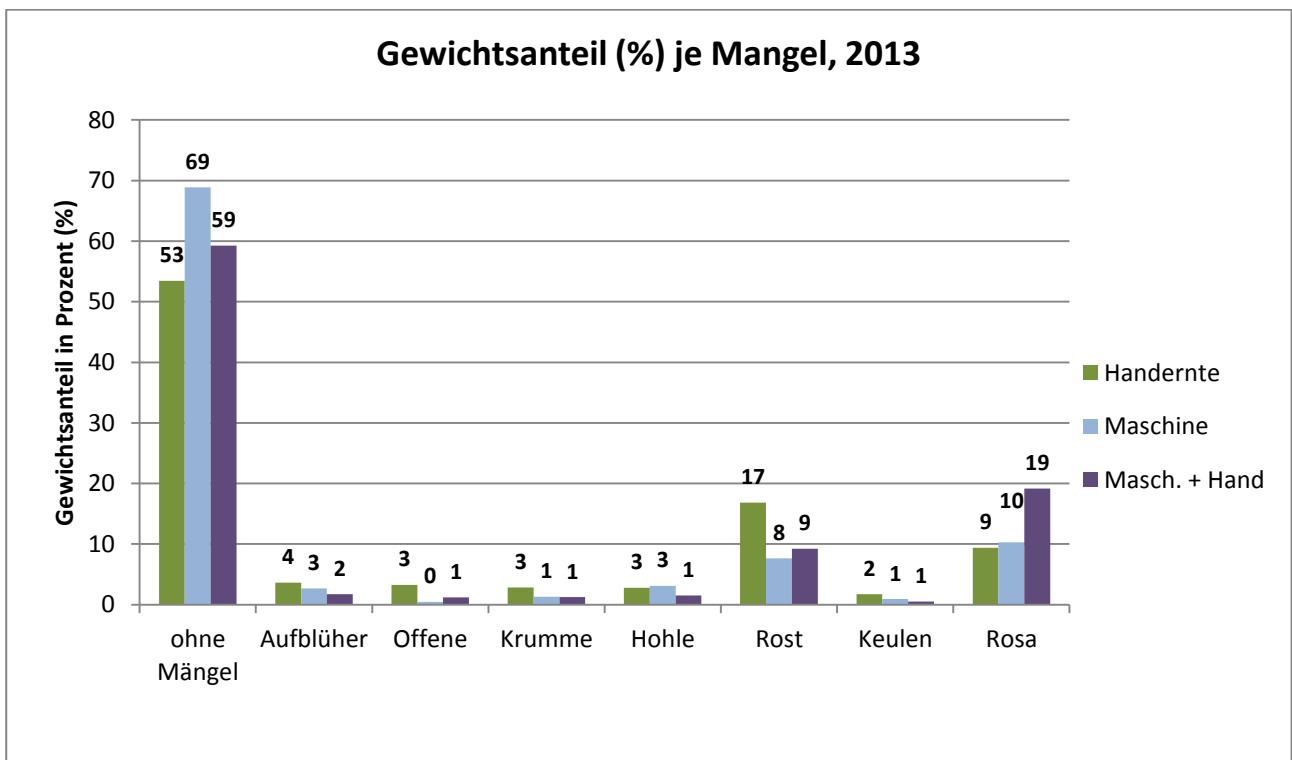
Anlage 14: Mängelbonitur, Gewichtsanteil (%) je Mangel, 2011



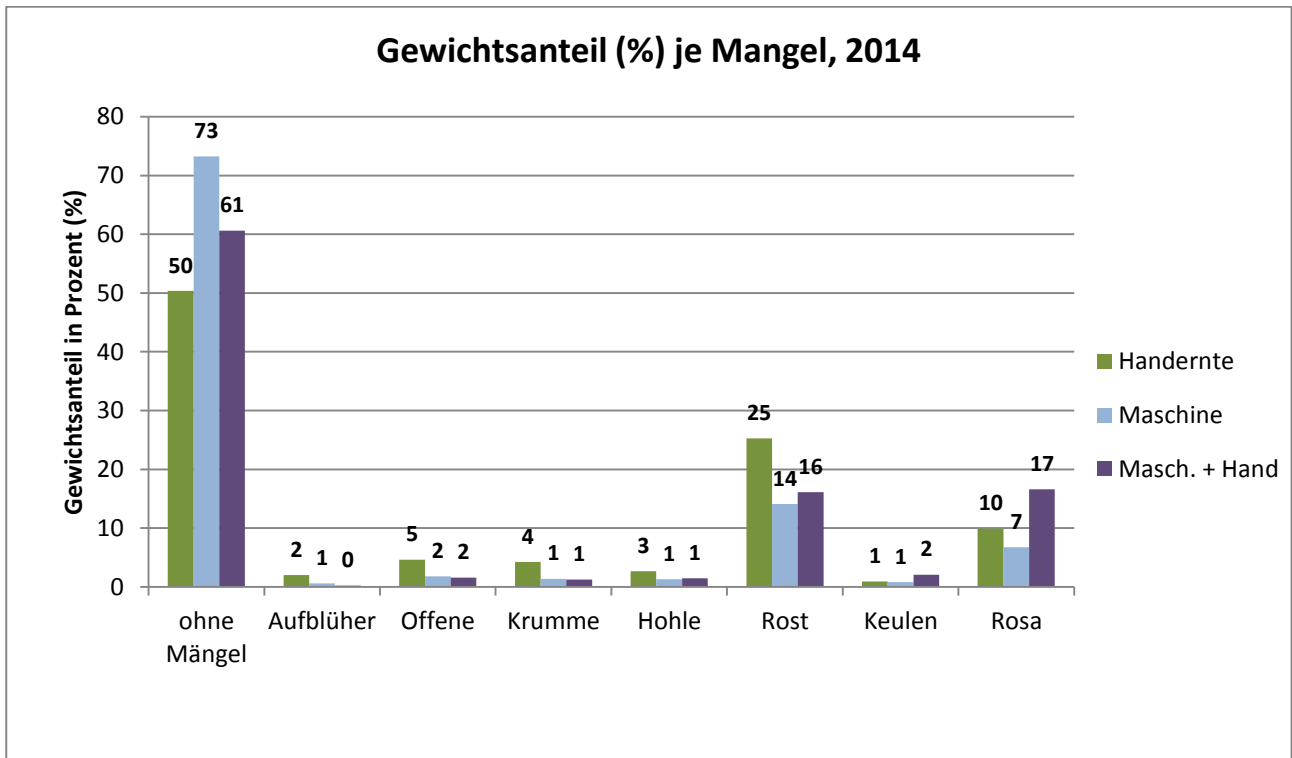
Anlage 13: Mängelbonitur, Gewichtsanteil (%) je Mangel, 2012



Anlage 14: Mängelbonitur, Gewichtsanteil (%) je Mangel, 2013



Anlage 15: Mängelbonitur, Gewichtsanteil (%) je Mangel, 2014



Anlage 16: Bonitur des Krautaufwuchses 2012

Datum	Variante	Anzahl Triebe	Triebstärke	Entwicklungsstadium BBCH	Triebhöhe in cm			Farbe Spargelkraut	Gesamteindruck
					max.	min.	Ø		
		Stück	1= gering 9= hoch					1 = grün; 9 = abgestorben	1 = homogen; 9 = inhomogen
14.07.11	Hand	52,4	5,1	vor Phyllokladienbildung 36	122,5	16,9	69,7	1	6,4
14.07.11	Maschine	101,3	5,8	Vor-Vollblüte; 63-65	188,3	56,7	122,5	1	3,4
14.07.11	Masch+H	91,1	5,8	Vor-Vollblüte; 63-65	182,1	56,8	119,5	1	3,8
28.09.11	Hand	120,0	5,3	Fast alle Früchte dunkelrot; 87	140,0	120,0	130,0	1	4,7
28.09.11	Maschine	136,5	5,8	Fast alle Früchte dunkelrot; 87	180,0	160,0	170,0	1	3,8
28.09.11	Masch+H	131,2	6,0	Fast alle Früchte dunkelrot; 87				1	3,7

Anlage 17: Bonitur des Krautaufwuchses 2012

Datum	Variante	Anzahl Triebe	Triebstärke	Entwicklungsstadium BBCH	Triebhöhe in cm			Farbe Spargelkraut	Gesamteindruck
					max.	min.	Ø		
		Stück	1= gering 9= hoch					1 = grün; 9 = abgestorben	1 = homogen; 9 = inhomogen
24.07.12	Hand	81,4	4,3	vor Phyllokladienbildung 36	152,1	57,9	105,0	1	5,9
24.07.12	Maschine	110,8	5,3	Vor-Vollblüte; 63-65	162,5	67,9	115,2	1	4,3
24.07.12	Masch+H	99,4	5,0	Vor-Vollblüte; 63-65	157,9	68,2	113,0	1	4,7
25.09.12	Hand	85,7	4,7	Fast alle Früchte dunkelrot; 87	156,7	77,9	117,3	1	6,5
25.09.12	Maschine	104,8	5,3	Fast alle Früchte dunkelrot; 87	166,7	92,5	129,6	1	4,7
25.09.12	Masch+H	96,5	5,3	Fast alle Früchte dunkelrot; 87	157,9	85,7	121,8	1	4,8

Anlage 18: Bonitur des Krautaufwuchses 2013

Datum	Variante	Anzahl Triebe	Triebstärke	Entwicklungsstadium BBCH	Triebhöhe in cm			Farbe Spargelkraut	Gesamteindruck
					max.	min.	Ø		
		Stück	1= gering 9= hoch					1 = grün; 9 = abgestorben	1 = homogen; 9 = inhomogen
24.07.13	Hand	79,6	4,3	Vor-Vollblüte; 63-65	185,8	97,9	141,9	1	4,7
24.07.13	Maschine	109,6	5,8	Vor-Vollblüte; 63-65	196,3	106,7	151,5	1	3,7
24.07.13	Masch+H	102,3	5,3	Vor-Vollblüte; 63-65	189,3	108,6	148,9	1	3,8
30.09.13	Hand	74,2	4,6	Fast alle Früchte dunkelrot 87	180,0	95,0	137,5	1	5,8
30.09.13	Maschine	102,2	6,2	Fast alle Früchte dunkelrot 87	193,3	101,7	147,5	1	4,5
30.09.13	Masch+H	99,3	5,6	Fast alle Früchte dunkelrot 87	190,0	103,6	146,8	1	4,6

Anlage 14: pH-Werte, Nährstoffgehalte und Humusgehalte der Versuchsfläche Eder-Biburg von 2010 bis 2012

2010

Bezeichnung		pH-Wert	P ₂ O ₅ (CAL)	K ₂ O (CAL)	Mg (CaCl ₂)	C _{org}	Humus	N min ges.
Variante	Bodentiefe		mg/100g Boden (trocken)			%		kg/ha
Hand	0-30 cm	5,3	21,5	17,8	5,3	0,80	1,37	48,0
Masch	0-30 cm	5,1	22,0	17,8	4,5	0,87	1,50	61,1
Ha.+Ma.	0-30 cm	5,0	25,0	19,3	4,0	0,84	1,44	57,9
Hand	30-60 cm	5,6	8,5	15,3	5,5	0,31	0,53	21,6
Masch	30-60 cm	5,5	9,8	16,0	5,5	0,38	0,66	28,6
Ha.+Ma.	30-60 cm	5,4	11,8	15,8	5,3	0,37	0,63	26,6

2011

Bezeichnung		pH-Wert	P ₂ O ₅ (CAL)	K ₂ O (CAL)	Mg (CaCl ₂)	C _{org}	Humus	N min ges.
Variante	Bodentiefe		mg/100g Boden (trocken)			%		kg/ha
Hand	0-30 cm	5,3	25,5 D	14,8 C	3,5 B	0,70	1,20	34,5
Masch	0-30 cm	4,6	26,8 D	13 C	2,3 B	0,63	1,08	40,2
Ha.+Ma.	0-30 cm	5,2	23,5 D	15,8 C	3,8 B	0,68	1,16	37,5
Hand	30-60 cm	5,5	13,75 C	13,5 C	5,5 B	0,37	0,64	28,9
Masch	30-60 cm	5,0	14,75 C	13,5 C	3,5 B	0,33	0,56	42,5
Ha.+Ma.	30-60 cm	5,7	13,33 C	14,3 C	5,0 B	0,30	0,52	34,1

2012

Bezeichnung		pH-Wert	P ₂ O ₅ (CAL)	K ₂ O (CAL)	Mg (CaCl ₂)	C _{org}	Humus	N min ges.
Variante	Bodentiefe		mg/100g Boden (trocken)			%		kg/ha
Hand	0-30 cm	4,9	23,3	13,5	2,8	0,59	1,01	21,9
Masch	0-30 cm	4,6	25,5	11,3	2,3	0,57	0,98	30,4
Ha.+Ma.	0-30 cm	4,8	24,0	14,7	3,0	0,74	1,27	29,8
Hand	30-60 cm	5,4	11,0	14,3	4,3	0,29	0,50	17,6
Masch	30-60 cm	5,2	11,0	11,5	3,0	0,26	0,44	22,3
Ha.+Ma.	30-60 cm	5,4	12,3	13,3	3,8	0,32	0,55	22,6