

## **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 - Kurzversion**

Versuchszeitraum: 16.03.2010 - 31.12.2014  
Institution: Bayerische Landesanstalt für Weinbau und Gartenbau  
Projektleiter: Oskar Kreß, Abteilung Gartenbau

gefördert durch: Bayerisches Staatsministerium  
für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten

Die Handerte von Spargel ist sehr zeitintensiv. Nach Berechnungen von Ziegler und Schlaghecken sind bei geschultem Personal und einer Stehdauer von 60 Tagen 1029 Akh je Hektar für die Ernte notwendig. Deshalb entfällt ein wesentlicher Anteil der Produktionskosten für Spargel auf die Lohnkosten der zur Ernte notwendigen Arbeitskräfte. Für die Aufbereitung und Vermarktung des Spargels sind durchschnittlich nochmals 224 Akh je Hektar anzusetzen. In Anbetracht dessen könnte eine effiziente, schlagkräftige und schonende maschinelle Ernte für eine wesentlich verbesserte Konkurrenzfähigkeit deutscher Spargelbetriebe sorgen. Mit der Kirpy der Firma ai-solution war ab 2009 eine Maschine auf dem Markt, deren Ernteleistung nach Herstellerangaben derjenigen der Handerte deutlich überlegen sei. Um die Erntemethode objektiv zu überprüfen wurde im Jahr 2009 auf Initiative des Instituts für Ernährungswirtschaft und Märkte (IEM) der Bayerischen Landesanstalt für Landwirtschaft (LfL) das Forschungsprojekt: „Vergleich von Maschinenernte und Handerte bei Spargel und Anpassung des Kulturverfahrens an die Maschinenernte - Darstellung an wichtigen Kenngrößen“ beim Ministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten vorgeschlagen. Die Genehmigung des Projekts folgte Anfang 2010.

Folgende Versuchsfrage galt es zu beantworten: „Wie wirkt sich die Maschinenernte im Vergleich zur Handerte auf Gesamtertrag, Stangensortierung, Stangenqualität und Pflanzengesundheit sowie auf die Langlebigkeit der Anlage aus“.

Ebenfalls im Hinblick auf ihre Eignung untersucht wurden zwei Pflanzvarianten, die Einreihen- und die Doppelreihenpflanzung.

Angelegt wurde der Versuch auf Spargelflächen des Praxisbetriebs Kügel in Sandharlanden. Für den Vergleich der Ernteverfahren wurde eine im Vollertrag befindliche, in 2007 mit der Sorte Grolim bepflanzte Fläche ausgewählt. Die Pflanzdichte betrug 5 Pflanzen je Meter. Die Bewertung erfolgte über fünf Ernteperioden von 2010 bis 2014.

Das erste Versuchsjahr 2010 war geprägt von widrigen Witterungsverhältnissen, durch welche die maschinelle Ernte deutlich benachteiligt war. Zudem gelang es nicht die Höhe der mechanisch beernteten Spargeldämme über die Saison hinweg aufrecht zu halten.

In den Jahren 2011 bis 2014 wurden folgende Ergebnisse erarbeitet:

Die wohl wichtigsten Kenngrößen für die Wirtschaftlichkeit des Spargelanbaus sind der erzielbare Ertrag und die Qualität des geernteten Spargels.

Die über den gesamten Versuchszeitraum hinweg bei der einreihigen Pflanzung (Sorte Grolim, 5Pfl./lfm) ermittelten Erträge zeigen, dass bei rein maschineller Ernte ein Marktertrag von 54 dt/ha erreicht wurde, das entspricht ca. 70 % des Ertrags der Handerte von 79 dt/ha. Bei der kombinierten Maschinen- und Handerte wurden 59 dt/ha, und somit 75 % des

Marktertrags der Handernte erzielt. Jedoch muss angenommen werden, dass durch das längere Stechen der Handernteparzellen in 2011 und 2012, welches vom Versuchsbetrieb eigenmächtig nach dem Ende der Versuchssaison durchgeführt wurde, der Ertrag der Handernteparzellen gemindert wurde. Infolgedessen ist es wahrscheinlich, dass die bei maschineller Ernte erzielten Erträge zu positiv bewertet sind.

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 des auf diesem Feld optimalen, steinfreien Sandbodens einen hohen Anteil an gebrochenen Stangen und nicht marktfähigem Erntegut verursachte.

Ab 2013 wurde 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.

Der Rohertrag der Handernte der Doppelreihenpflanzung von 171 dt/ha entsprach, verglichen mit demjenigen der Einreihenpflanzung von 118 dt/ha, den Erwartungen. Die ausschließlich mechanische Ernte erzielte in 2014 einen Rohertrag von 131 dt/ha. Prozentual betrachtet ist das Ergebnis verglichen mit der Einzelreihenpflanzung nahezu identisch. Somit sind für die maschinelle Ernte keine Vorteile bei Doppelreihenpflanzung belegbar. Die zweijährigen Ertragsleistungen sind nicht repräsentativ, bestärken jedoch diese Annahme.

Ebenfalls von Bedeutung sind die Ertragsanteile der geernteten Spargelstangen bezüglich der Länge der Stangen sowie ihrer Marktfähigkeit. Ausgewertet wurden die Ergebnisse der Versuchsjahre 2011 bis 2014. Je nach Erntemethode unterscheiden sich die Anteile der geernteten Stangen einer Länge am Erntegut deutlich. Bei der Handernte nehmen marktfähige lange Stangen einen Anteil von 81 % ein und auch bei nicht marktfähiger 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 bilden zusammen etwa 1 % des Ertrags.

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 %), welche zusammengenommen 30 % des Ertrags ausmachen.

Bei der Kombination beider Ernteverfahren liegen die Anteile der jeweiligen Fraktionen verschieden langer Stangen zwischen denen der ausschließlich angewandten Erntemethoden. So wird ein Anteil von 58 % langer Stangen erreicht. 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 jedoch mit dem der ausschließlichen Maschinenernte vergleichbar.

Erfasst wurde auch die Anzahl der geernteten Spargelstangen. So konnten von Hand jährlich 11841 Spargelstangen geerntet werden. Bei rein maschineller Ernte wurden je Saison 12460 Spargelstangen von der Versuchsfläche entnommen. Bei kombinierter Maschinen- und Handernte wurden 12129 Spargelstangen je Ernteperiode geerntet. Signifikante Unterschiede ließen sich dennoch nicht nachweisen.

Die durchschnittlichen Stangengewichte waren mit 69 g bei der Handernte, ausgenommen das Jahr 2014 (76 g), nahezu konstant. Bei rein maschineller Ernte konnten 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 beernteter Varianten des jeweils selben Jahres verglichen, so fällt auf, dass sich die Werte relativ geringfügig voneinander unterscheiden.

Ebenfalls bewertet wurden verschiedene Qualitätsmängel des Ernteguts wie Aufblüher, offene Köpfe, krumme Stangen, hohle Stangen, berostete Stangen, keulige sowie rosa gefärbte Stangen.

Im betrachteten Zeitraum 2011-2014 wiesen bei Handerte 50 % aller bewerteten Stangen keinen Mangel auf. Mit 62 % lag der Anteil mängelfreier Stangen bei rein maschineller Ernte deutlich über dem der Handerte, während bei Kombination beider Ernteverfahren ein Prozentsatz von lediglich 51 % zu verzeichnen war. Es ist jedoch darauf zu verweisen, dass durch diese Bonitur keine mechanischen Beschädigungen erfasst wurden.

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 war. Krumme Stangen traten bei der Ernte von Hand wesentlich häufiger auf als bei maschinell geernteter Ware. Ein signifikanter Unterschied war jedoch nicht zu belegen. Hohle sowie auch keulenförmige Spargelstangen traten nur in geringem Umfang auf. Ein Einfluss der Erntemethode war hier nicht erkennbar. Der Anteil an berosteten Stangen war bei den Varianten der maschinellen Ernte gegenüber der Handerte deutlich geringer. Die Anteile an rosa bis violett gefärbten Stangen waren mit 12 % sowie 18 % bei mechanisch beernteten Varianten gegenüber der Handerte (10 %) erhöht. Hier zeigt sich eindeutig der Vorteil der täglich durchgeführten Ernte von Hand.

Um eventuell vorhandene qualitative Unterschiede bezüglich der Kopffestigkeit des Ernteguts, verursacht durch das Ernteverfahren, zu dokumentieren, wurde hinsichtlich dieses Parameters zu je fünf Ernteterminen der Versuchsjahre 2010 und 2011 bonitiert. In 2010 war Alexandra Lautenschläger im Rahmen ihrer Diplomarbeit damit betraut. Signifikante Unterschiede im Hinblick darauf konnten jedoch nicht nachgewiesen werden.

Eine Synchronisierung der Stangenlänge als Reaktion des Spargelrhizoms auf das gleichzeitige Abschneiden aller zum Erntezeitpunkt vorhandener Sprosse bei mechanischer Ernte war im Versuch nicht nachweisbar.

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 Erntebeginn praxisüblich aufgedämmten bei Handerte.

Der Dammdruck wurde von 2010 bis 2012 erfasst. Es wurden mit Ausnahme der Saison 2010 jeweils fünf gleichmäßig über die Saison hinweg verteilte Beprobungstermine realisiert. Die Messungen wurden jeweils unmittelbar vor der maschinellen Ernte mittels eines Penetrometers ausgeführt.

Werden die in 2011 und 2012 hierzu ermittelten Daten miteinander verglichen, so ist bei mechanischer Ernte bis zu einer Tiefe von 40 cm unter der Dammkrone ein signifikant geringerer Dammdruck als bei Handerte 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 Damms 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 waren.

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 beschrifteten 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. 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 Handernte.

Die Bodentemperatur und Lufttemperatur wurde während der gesamten Erntedauer des Versuchszeitraums dokumentiert. 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.

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 Handernte gemessen. Die Messdaten der einzelnen Versuchsjahre zeigen jedoch ein uneinheitliches Bild. In 2010 und 2013 war die Temperatur des Handerntedammes 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. 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 von Bedeutung. Ein signifikanter Einfluss des Ernteverfahrens wurde nicht gefunden.

Werden die Daten zur Differenz der Temperatur 5 cm und 40 cm unter der Dammkrone betrachtet, so zeigte 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 konnte somit nicht nachgewiesen werden.

Eine zentrale Versuchsfrage des Projekts die es zu beantworten galt, war die nach der Wirtschaftlichkeit des Einsatzes eines nicht selektiven Spargelvollernters im direkten Vergleich zur traditionellen Handernte von Spargel. Um diese Fragestellung fundiert beantworten zu können, war es notwendig eine Vielzahl von Daten zu erheben sowie auf vorhandene Modelle zurückzugreifen.

Zugrunde gelegt wurde ein Arbeitnehmer-Bruttolohn von 7,72 Euro/h (9,25 Euro/h inkl. Arbeitgeber-Sozialversicherungsanteil). Dieser liegt um 0,32 Euro über dem für das Jahr 2015 garantierten Mindestlohn von 7,40 Euro/h.

Als Erzeugerpreis wurden 5,50 Euro/kg für Stangen der Klasse I mit einer Länge von mehr als 17 cm angenommen. Für kurze Stangen und solche der Klasse II wurden Preisabschläge festgelegt. Aus der Multiplikation des so erhaltenen Marktpreises mit dem zugehörigen Marktertrag errechnet sich die Marktleistung.

Diese 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. Die ausschließliche Maschinenernte erzielt für diese Kenngröße einen Wert von 26.232 €/ha je Saison.

Der Deckungsbeitrag bei Handernte beläuft sich auf eine Summe von 21.343. €/ha. Bei ausschließlich maschineller sowie kombinierter Maschinen- und Handernte werden, abzüglich der Maschinenkosten, Deckungsbeiträge von 16.401 €/ha und 17.833 €/ha erzielt. Somit ergibt sich 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. Damit verbunden ist als zweite wichtige Kenngröße, 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. Folglich wäre bei täglichem Einsatz von zehn Stunden an sieben Tagen pro Woche und einem Abstand der Spargeldämme von 2,0 m eine Fläche von 15,4 ha zu beernten.

Festzuhalten ist jedoch, dass die geringe Erntegeschwindigkeit im Versuch dem Bestreben 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 Anfang 2017 geplante Mindestlohniveau von 8,60 €/h, werden 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 Handernste.

Ein wirtschaftlich rentabler Einsatz der ausschließlich mechanischen Ernte ist aktuell ab einem Stundenlohn von 14,50 Euro (inkl. Arbeitgeber SV-Anteil) gegeben. Bei der Kombination beider Ernteverfahren wie im Versuch wird der Einsatz des Vollernters ab einem Lohnniveau von 13,50 Euro je Akh (inkl. Arbeitgeber SV-Anteil) rentabel.

Sinkt der Erzeugerpreis für ein Kilogramm Spargel auf 4,50 Euro, so ist die wirtschaftliche Rentabilität der ausschließlich mechanischen Ernte unter sonst gleichbleibenden Bedingungen bereits ab einem Stundenlohn von 11,50 Euro (inkl. Arbeitgeber SV-Anteil) gegeben. Werden beide Ernteverfahren wie im Forschungsprojekt miteinander kombiniert, so ist ein rentabler Einsatz des Vollernters ab einem Lohnniveau von 10,50 Euro (inkl. Arbeitgeber SV-Anteil) realisierbar.

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 plus Fahrer plus Erntehelfer mit z.B. Busbetrieb für Erntehelfer plus 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 Ernteverfrühung? 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 Handernste 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 abschneiden 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.