

Jelena Surdilovic und Martin Geyer

Vollmechanische Ernte von Einlegegurken

Mit einer Verarbeitungskapazität von etwa 40 000 Tonnen Einlegegurken ist die Spreewaldregion das zweitgrößte Anbaugebiet Deutschlands. Die Ernte erfolgt von Hand mithilfe sogenannter Gurkenflieger. Die gesamte Produktionskette steht unter dem hohen Druck steigender Arbeitskosten. Um den Gurkenanbau auch in der Zukunft wettbewerbsfähig am Markt zu positionieren, wurde eine innovative Erntetechnologie entwickelt. Im Folgenden werden erste Praxisversuche mit einer vollmechanischen Erntemaschine vorgestellt. Mit einem Beschleunigungssensor wird die Erntemaschine im Hinblick auf mechanische Belastungen der Früchte analysiert. Begleitend erfolgen Untersuchungen zur Produktqualität.

Schlüsselwörter

Mechanische Ernte, Einlegegurke, 3D-Beschleunigungssensor

Keywords

Mechanical harvest, pickling cucumber, 3D-acceleration sensor

Abstract

Surdilovic, Jelena and Geyer, Martin

Mechanical harvest of pickling cucumbers

Landtechnik 68(3), 2013, pp. 183–186, 5 figures, 10 references

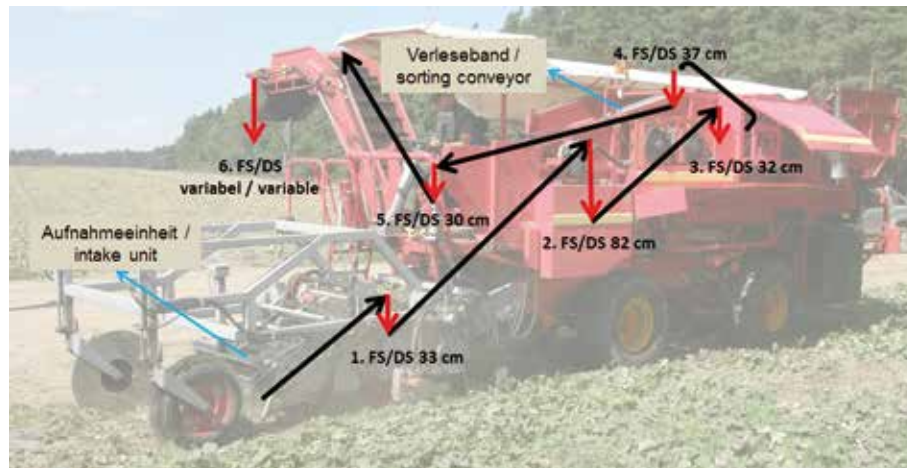
Spreewald region is the second largest pickling cucumbers producing region in Germany with a processing capacity of around 40 000 tons per year. Up to now pickling cucumbers are picked by hand supported by so called cucumber flyers. The main problems to keep pickling cucumber production in Germany are the high labor costs. In order to position the cucumber cultivation to be able to cope with future demands and challenges, an innovative mechanical harvesting technology was developed. Analyses of the mechanical load during the harvesting process, measured by an acceleration sensor, are presented and accompanied by product quality studies and results.

ser Vorteil garantiert qualitativ hochwertige Produkte und entscheidende Marktanteile im bundesdeutschen Vergleich. Das Produktionsverfahren zeichnet sich durch eine arbeits- und kostenintensive Ernte aus. Der Preisdruck durch Importkonserven steigt jedoch stetig, was tendenziell zu einer Verlagerung des Gurkenanbaus in Billiglohnländer führt. Da die Wettbewerbsfähigkeit der gesamten Logistikkette von saisonaler Beschäftigung abhängt, ist das verfügbare Personal effizient einzusetzen und die Erntetechnologie differenziert weiterzuentwickeln. Die Einführung einer Vollerntetechnik für Einlegegurken ist ein attraktiver Lösungsansatz. Realisiert wird die Idee in einem Verbund aus landwirtschaftlicher Praxis, Maschinenentwicklung, Verarbeitungsindustrie und wissenschaftlicher Begleitung. Das Projekt „Praxisrelevante Lösungen durch maschinelle Ernteverfahren im Freilandgurkenanbau unter den Bedingungen Südbrandenburgs“ wird von den Kooperationspartnern Gurkenhof Frehn, Biohof Schöneiche und der Obst- und Gemüseverarbeitung „Spreewaldkonserve“ Golßen GmbH in Zusammenarbeit mit dem Leibniz-Institut für Agrartechnik Potsdam-Bornim e.V. (ATB) von 2009 bis 2013 durchgeführt. Das Projekt wird mit Geldern des europäischen Landwirtschaftsfonds für die Entwicklung des ländlichen Raums (ELER) und des Landes Brandenburg gefördert.

Ziel dieses Projektes ist es, eine vollmechanische Gurken-ernte, welche an die lokalen Bedingungen angepasst ist, zu entwickeln und auf die bestehenden Logistik- und Verarbeitungsprozesse abzustimmen. Die praxisorientierte Anleitung für Anbauverfahren und Sortenauswahl sind erste Schwerpunkte im Projekt. Ein weiterer Fokus, welcher in der vorliegenden Arbeit vorgestellt wird, liegt auf einer verfahrenstechnischen Analyse und Optimierung der Erntetechnologie. Die Mechanisierung der Einlegegurken-ernte bringt neben technischen Problemen auch physiologische Qualitätsverluste mit sich [1]. Magnussen [2] und Miller et al. [3] zeigten, dass mechanischer

Die international geschützte und etablierte Dachmarke „Spreewald“ und eine Kooperation zwischen Gurkenanbau und regionaler Konservenindustrie sichern eine erfolgreiche Entwicklung des Gurkenanbaus in der Spreewaldregion. Die-

Abb. 1



Fallstufen (FS) der vollmechanischen Erntemaschine Pomac

Fig. 1: Drop steps (DS) of the fully mechanized harvesting machine Pomac (Foto: M. Geyer)

Stress (z.B. durch große Fallhöhen) einen Anstieg der Stoffwechselreaktionen bei Einlegegurken induziert. Um das Ausmaß mechanischer Belastung zu überprüfen, werden Intensität und Auswirkungen von Stoßbelastungen in der neu entwickelten Erntemaschine von einem in den Gurken implantierten Beschleunigungssensor erfasst.

Stand der Erntetechnologie

Zurzeit erfolgt die Gurkenenernte in Deutschland mithilfe sogenannter Gurkenflieger. Bis zu 38 Arbeitskräfte liegen entgegen der Fahrtrichtung bäuchlings nebeneinander auf rechts und links des Schleppers angeordneten Auslegern und suchen die Gurkenpflanzen nach erntereifen Gurken ab. Sie legen die Gurken auf einen Querförderer, welcher den Transport in den mitgeführten Anhänger durchführt. Vorteile dieses Verfahrens sind eine hohe Produktqualität, die Ernte kleiner Sortierungen, zuverlässige Entfernung der Stiele, hohe Schlagkraft und ein geringer technischer Aufwand. Die Tätigkeit erfordert allerdings eine gewisse Praxiserfahrung und Durchhaltevermögen. Je nach herrschenden Temperaturen wird im Abstand von wenigen Tagen geerntet.

In den USA wird die maschinelle Einmalernernte bei Einlegegurken seit den sechziger Jahren großflächig eingesetzt [4]. Der Gurkenanbau in den USA unterscheidet sich jedoch stark von dem in Europa, die vermarktungsfähigen Gurken sind viel größer. Kleine Gurken werden nicht von den Maschinen erfasst, dabei erzielen gerade diese in Deutschland den höchsten Verkaufserlös. Nach Texturanalysen wird hierzulande die Sortiergröße „6/9 cm“ für das Konservieren empfohlen [5]. Außerdem werden in den USA andere Gurkensorten mit ledriger und noppiger Schale angebaut, deren Vermarktung in Europa nicht möglich ist. Weiterhin werden Gurkenpflanzen in Deutschland überwiegend auf Mulchfolie kultiviert, um zu verfrühen und das Unkraut zu unterdrücken. Bei maschineller Erntetechnik ist die Herausforderung, dass die Folie von der Erntemaschine aufgenommen wird und diese verstopft. Mithilfe einer paten-

tierten Aufnahmevorrichtung mit rotierenden Abschneidern soll auch die Ernte auf Mulchfolie möglich sein [6].

Um die mechanische Einmalernernte wirtschaftlich zu gestalten, sind Gurkensorten notwendig, die zum Erntetermin einen hohen Ertrag in der erforderlichen Sortierung und Qualität liefern, d. h. dass sie Ranken mit vielen gleich großen Gurken ausbilden. Seit einigen Jahren sind in Europa Sorten von führenden Züchterfirmen auf dem Markt, die eine vollmechanische Ernte auch in einer kleinen Größensortierung wirtschaftlich rentabel erscheinen lassen. Der Züchtungsprozess verläuft jedoch sehr langsam.

Versuchsdurchführung

Als Basismaschine diente der Tomatenvollernter Super Cosmo (Fa. Pomac, Italien). Bereits erste Testversuche zeigten, dass umfangreiche technische Modifizierungen zur Anpassung an die Einlegegurkenenernte notwendig sind. Die Aufnahmeeinheit (**Abbildung 1**) wurde neu konzipiert. Diese besteht aus einer Trenneinrichtung zum Abtrennen der Ranken an der Bodenoberfläche und einer Aufnahmeeinrichtung. Die Ranken werden mit den Gurken wie ein Teppich auf die Aufnahmesiebketten befördert und über Siebketten bis zur Trenneinheit transportiert. Aufgrund von starken Beschädigungen der Gurken durch die bestehende Trenneinrichtung (**Abbildung 1**, zwischen 3. und 4. FS) wurde auch diese neu gestaltet. Nach zahlreichen Umbaumaßnahmen erfolgten im August 2012 Praxisversuche im fahrenden Betrieb. Um Schwachstellen in der Prozesskette der neuen Erntetechnik zu bewerten, wurde ein implantierbarer 3D-Beschleunigungssensor (Mikras, Esys GmbH, Berlin) eingesetzt. Mit aufladbarer Datenerfassungs- und Akkueinheit in der Größe einer AA-Batterie und einer Masse von 14 Gramm erfasst der Logger die triaxiale Stoßbeschleunigung in einer Frequenz von 3000 Hz [7; 8]. Mit einem Korkbohrer wurden die Einlegegurken längs ausgehöhlt und der Sensor mittig implantiert. Die Enden wurden mit Pfropfen des Bohrkerns wieder verschlossen und mit farbigem Klebeband fixiert (**Abbildung 2**).

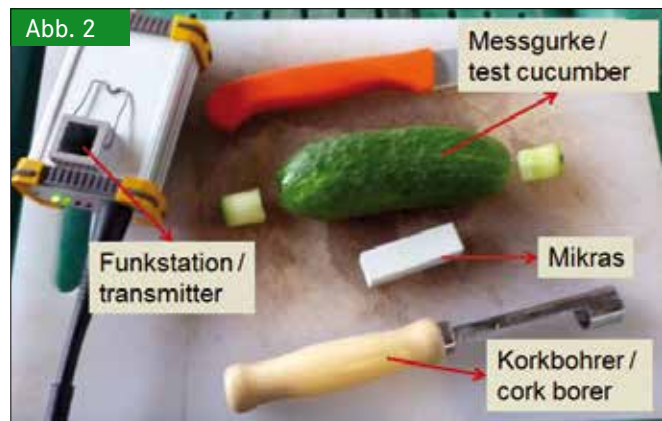
Um die mechanische Belastung der Gurken während der Ernte beim Weg durch die Maschine zu überprüfen, wurde eine mit dem implantierbaren Sensor versehene Messgurke auf der Aufnahmeeinheit (**Abbildung 1**) platziert und durchlief gemeinsam mit dem Produktstrom die Erntemaschine bis zum Fall auf das Verleseband (**Abbildung 1**, FS 1-4). Ein Messdurchlauf dauerte etwa 10-14 Sekunden, danach wurde die Maschine gestoppt. Die mechanisch geernteten Gurken wurden gesammelt und anschließend visuell nach Beschädigungsmerkmalen bonitiert.

Außerdem wurden Atmungsmessungen in einer Küvettenanlage mithilfe eines Infrarotgasanalysators (AMR-Sensoren, Fa. Ahlborn, Gelsenkirchen) durchgeführt, um den Einfluss des mechanischen Stresses auf die Produktqualität messtechnisch zu bewerten [9]. Die Messung erfolgte im Vergleich von maschinell geernteten Gurken mit handgeernteten der gleichen Sorte (Sortiergröße „6/9 cm“).

Ergebnisse

Die Erntemaschine in der untersuchten Variante verfügte über 6 Fallstufen (**Abbildung 1**). Nach der Aufnahme der Messgurke auf dem gummibeschichteten Aufnahmesiebband folgte die 1. Fallstufe mit 33 cm. Nach dieser wurden die Gurken auf ein steil ansteigendes Stahlkettenband, von der jede zehnte Kette mit Gummi überzogen ist, überführt. Unmittelbar nach dem Anstieg folgte die 2. Fallstufe mit einer Fallhöhe von 82 cm auf ein Stahlsiebband mit scharfen Kanten. Resultierend aus den Belastungsmessungen mit dem Beschleunigungssensor wurde diese Fallstufe als kritisch eingestuft. In der Versuchsreihe wurden an der 2. Fallstufe Stoßintensitäten von etwa 150 g's (die Maßeinheit entspricht dem Vielfachen der Erdbeschleunigung, $g's = 9,81 \text{ m/s}^2$ [10]) ermittelt (**Abbildung 3**). An der 3. Fallstufe wurden die Gurken aus einer Fallhöhe von 32 cm auf ein kurzes Umlenkband aus Stahl befördert. An der 1. und auch an der 3. Fallstufe wurden in den Durchläufen der Praxismessung Beschleunigungen $<100 \text{ g's}$ detektiert (**Abbildung 3**). Nach einer kurzen Umlenkung fallen die Gurken an der 4. Fallstufe auf ein langes gummiertes Verleseband. Dieses überführt sie weiter zum Querelevator. Die Höhe der Fallstufe beträgt 37 cm. Der Sensorschwellenwert zum Aufzeichnen der Messdaten lag bei 30 g's ; an der 4. Fallstufe wurden in den Durchläufen keine Daten aufgezeichnet. Der Fall auf das weiche Material des Verlesebands wurde als produktschonend bewertet. Nach der 4. Fallstufe endete ein Durchlauf der Praxismessung. Im realen Ernteablauf folgen noch zwei weitere Fallstufen: An der 5. Fallstufe fallen die Gurken aus 30 cm Höhe auf das Förderband des Querelevators. An der 6. und letzten Fallstufe werden die Gurken auf einen Anhänger befördert, je nach Befüllungsgrad ist die Fallhöhe hier variabel.

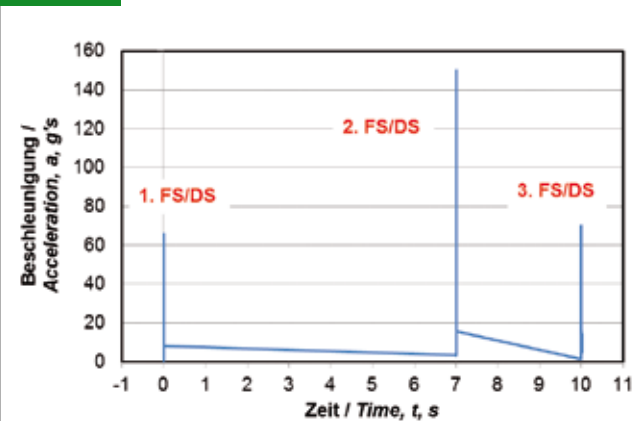
Die Qualität der mechanisch geernteten Gurken war noch nicht zufriedenstellend. 21 % der Gurken zeigten bei visueller Bonitur leichte bis schwere Beschädigungen ($n = 446$) (**Abbildung 4**). 15 % der beschädigten Gurken waren gebrochen. Der Rest wies Risse und punktuelle Schäden auf. Gründe für den hohen Beschädigungsanteil waren die Höhe der Fallstufe 2, die



Implantiervorgang des 3D-Beschleunigungssensors in eine Messgurke

Fig. 2: Implantation of the 3D-acceleration sensor Mikras into a test pickling cucumber (Foto: J. Surdilovic)

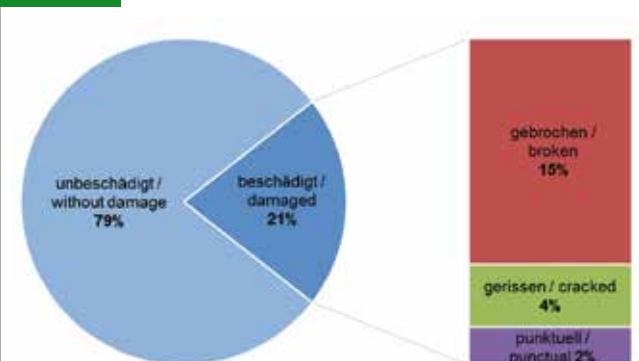
Abbildung 3



Beispielhafter Verlauf detektierter Stoßbeschleunigung eines Durchlaufes einer implantierten Messgurke von der Aufnahmeeinheit bis zum Fall auf das Verleseband (FS 1-4, Abb. 1)

Fig. 3: Example of measured impact acceleration with an implanted test pickling cucumber over one cycle from intake unit to sorting conveyor (DS 1-4, Fig. 1)

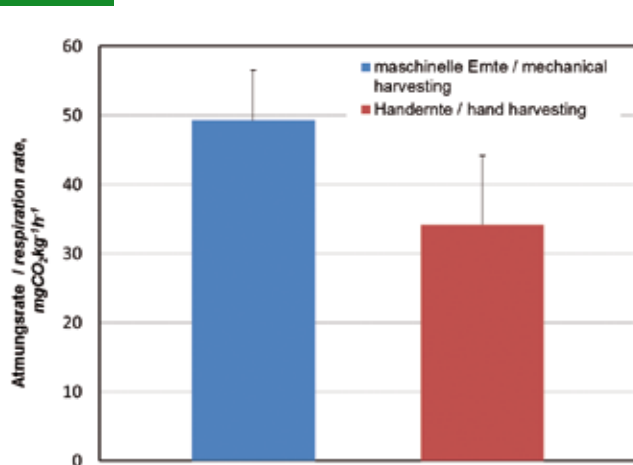
Abbildung 4



Aufteilung der beschädigten Gurken (visuelle Bonitur) nach mechanischer Ernte ($n = 446$)

Fig. 4: Breakdown of damaged cucumbers (visual rating) after the mechanical harvesting process ($n = 446$)

Abb. 5



Atmungsrate nach vollmechanischer Ernte und manueller Handernte, gemessen nach 24 h bei einer Temperatur von 21 °C (n = 36)
 Fig. 5: Respiration rate after mechanical and hand harvesting, measured 24 h (at 21 °C) after harvesting process (n = 36)

scharfen Kanten der Mitnehmer aus Kunststoff und die noch nicht optimal eingestellten gegenläufigen Trennwalzen, die vor allem kleine Gurken deutlich beschädigten.

Die Atmungsmessung gab einen Hinweis auf die physiologische Aktivität der Gurken nach der mechanischen Ernte. Im Vergleich mit der Handernte war die Atmungsrate nach der mechanischen Ernte etwa ein Drittel höher (**Abbildung 5**). Nach dem Ernteprozess durchlaufen die Einlegegurken noch weitere Prozessstufen wie Sortierung, Verpackung und Transport, bei welchen sie weiteren mechanischen Belastungen ausgesetzt sind. Maschinell geerntete Gurken müssen daher nach der Ernte möglichst schnell (optimal nach 24 h) verarbeitet werden.

Aus den bisherigen Ergebnissen kann klar abgeleitet werden, dass eine mechanische Ernte auch kleinerer Einlegegurken möglich ist, der Anteil an Beschädigungen jedoch noch deutlich zu hoch liegt. Daher muss die Maschine hinsichtlich mechanischer Belastungen an den Übergabestellen noch weiter optimiert werden.

Schlussfolgerungen

Um die mechanische Ernte von Einlegegurken mittelfristig einzusetzen, ist es neben einer weiteren Optimierung der Erntetechnik notwendig, dass bessere Gurkensorten für die Einmalernte gezüchtet werden, die zu einem Termin hohe Erträge von Gurken in kleinen Sortierungen sichern. Möglicherweise ist auch eine Kombination von Handernte und mechanischer Ernte sinnvoll, um optimale Sortierungen und höhere Erträge zu erzielen.

Um die Wirtschaftlichkeit zu sichern ist es auch notwendig, dass Hybridsaatgut deutlich preiswerter wird, denn die Ausaatstärke ist bei Einmalernte höher, und dass der Unkrautwuchs – bei Produktion ohne Mulchfolie – durch aufeinander abgestimmte mechanische und chemische Behandlung besser kontrollierbar wird.

Literatur

- [1] Weichmann, J. (1974): Verhalten von Einlegegurken nach verschiedenen Ernteverfahren. Die industrielle Obst- und Gemüseverwertung 59, S. 125–126
- [2] Magnussen, A. (2001): Stressbehandlungen bei Einlegegurken (*Cucumis sativus* L.). Technische Universität München, Dissertation
- [3] Miller, A. R.; Kelley, T.J.; White, B. D. (1995): Nondestructive evaluation of pickling cucumbers using visible-infrared light transmission. Journal of the American Society for Horticultural Science 120 (6), pp. 1063–1068
- [4] Holtman, J. B.; Patel, A. K.; Panol, F. Y.; Cargill, B. F. (1974): Mathematical Model to Schedule Cucumber Harvest. Transactions of the ASAE 17, pp. 861–863
- [5] Weichmann, J. (1997): Grundlagen der Texturmessung an Einlegegurken. Die industrielle Obst- und Gemüseverwertung 5, S. 156–158
- [6] EP 2203041 A1 - WO 2009/056337 A1 (2009-07-05) Wagner, F., Fleischmann, E.: Aufnahmeverrichtung zum Abernten und Zuführen von Gurkenpflanzen zu einer fahrbaren Erntemaschine. 05.07.2009, Pr.: DE 10 2007 052 272.1
- [7] Praeger, U.; Geyer, M.; Surdilovic, J.; Truppel, I.; Riske, D.; Heeren, S.; Flick, G. (2011): Mechanische Belastungen beim Roden von Kartoffeln. Kartoffelbau 62(7), S. 28–31
- [8] Geyer, M. O.; Praeger, U.; König, C.; Graf, A.; Truppel, I.; Schlüter, O.; Herold, B. (2009): Measuring behavior of an acceleration measuring unit implanted in potatoes. Transactions of the ASABE 52(4), pp. 1267–1274
- [9] Mempel, H.; Geyer, M. (1999): Einfluss mechanischer Belastungen auf die Atmungsaktivität von Möhren. Gartenbauwissenschaften 64, S. 118–125
- [10] Herold, B., Truppel, I., Geyer, M. (2006) : Stoßbelastungen von Möhren beim maschinellen Verpacken. Landtechnik 61(3), S. 146–147

Autoren

Dipl. Ing. Jelena Surdilovic ist Doktorandin, Dr. Martin Geyer ist Abteilungsleiter der Abteilung Technik im Gartenbau am Leibniz-Institut für Agrartechnik Potsdam-Bornim (Wiss. Direktor: Prof. Dr. Reiner Brunsch), Max-Eyth-Allee 100, 14469 Potsdam, E-Mail: mgeyer@atb-potsdam.de

Danksagung

Das Projekt wird vom Ministerium für Infrastruktur und Landwirtschaft des Landes Brandenburg (ML) mit Geldern des europäischen Landwirtschaftsfonds für die Entwicklung des ländlichen Raums (ELER) gefördert.