

Prozessführung im Freilandgemüsebau

JOACHIM MEYER, FREISING-WEIHENSTEPHAN

Abstract

For the optimization of vegetable production systems under increasing ecological requirements the farmers need highly sophisticated process control strategies and suitable cultivation techniques for irrigation, fertilization and pest control. Depending on the crop, the target of these operations could be a limited area of the field, a crop row or even a single plant. In all cases this demands a high local accuracy of the operations. The layout of an experimental unit for automated process control and first results about the working accuracy of the system are being presented.

1. Einführung

Zukünftig wird die Optimierung gartenbaulicher Produktionssysteme durch sich verändernde Rahmenbedingungen mit höheren Anforderungen bei der Schonung von Ressourcen weiter an Bedeutung gewinnen. Das Erschließen ökonomischer Spielräume im Rahmen einer Weiterentwicklung der Integrierten Produktion erfordert in einem ersten Schritt einen vollständig geschlossenen Informationskreislauf in Kombination mit einer hochpräzisen Kulturtechnik. Auf dieser Basis kann und muss in einem zweiten Schritt eine weitgehende Automatisierung der Kulturabläufe erfolgen. Nur so lassen sich die erarbeiteten ökologischen und ökonomischen Spielräume auch unabhängig von der Verfügbarkeit von Arbeitskräften sicher nutzen. Aufgrund der oftmals selektiven mehrfachen Ernte und den hohen Qualitätsanforderungen an das Einzelprodukt muss in gartenbaulichen Produktionssystemen dafür die Einzelpflanze in den Mittelpunkt der Überlegungen gerückt werden. Daraus leiten sich sehr hohe Anforderungen an die Präzision der Kulturmaßnahmen ab.

2. Das Gesamtprojekt

Das Ziel des Gesamtvorhabens: Entwicklung umweltschonender Kulturverfahren für den Freilandgartenbau. An der Landtechnik Weihenstephan ist die Entwicklung eines prozessrechnergesteuerten Kulturverfahrens, bei dem die Kulturmaßnahmen Düngung, Bewässerung und Pflanzenschutz zum optimalen Zeitpunkt, streng bedarfs- (entzugs-) orientiert, auf den Pflanzenstandort bezogen- und weitgehend automatisiert durchgeführt werden können. Dazu wurde ein Versuchsgerät (PVR) für die Bearbeitung einer 50 m x 100 m großen Freilandfläche aufgebaut. Für den automatisierten und hochpräzisen Betrieb des PVR wurde eine rechnergestützte Prozessführung entwickelt. Unterschiedliche Prozessführungsstrategien können damit unter Freilandbedingungen vergleichend untersucht und optimiert werden. Im folgenden werden die Versuchsanlage und erste Ergebnisse zur Ortung und Navigation vorgestellt.

3. Material und Methoden

3.1 Der Portalversuchsrahmen (PVR)

Der Portalversuchsrahmen (PVR) besteht aus einem 46 m breiten Grundrahmen eines Linearregners. Zur Steuerung und Ausrichtung in Fahrtrichtung werden die Motoren des rechten oder linken bzw. des südlichen und des nördlichen Fahrturmes an- oder abgestellt. Am nördlichen Fahrturm befindet sich der Mast mit den Klimasensoren. Es werden die Klimagrößen Windgeschwindigkeit, Globalstrahlung, Lufttemperatur, relative Luftfeuchte und Niederschlag erfasst. Ebenfalls an diesem Fahrturm befinden sich die Schaltschränke mit dem Prozessrechner zur Kulturführung. Über eine Busschnittstelle erfolgt die Klimadatenerfassung, die Ansteuerung der Fahrtriebe so-

wie der Magnetventile für Bewässerung, Düngung und Pflanzenschutz (Abb. 1). Zur Positionierung der Arbeitsgeräte auf dem Feld ist in den PVR eine Querverschiebung eingebaut, die einen in der Höhe verstellbaren Spritzbalken zwischen den Fahrtürmen verschoben kann. Um auch kleine Flächen gezielt behandeln zu können, wurde der Spritzbalken mit drei Teilbreiten von jeweils 1,5 m Breite ausgerüstet. Auf der südlichen Seite der Querverschiebung wurde ein Dosiergerät installiert, das dem Wasserstrom zu den Spritzdüsen Pflanzenschutzmittel oder Düngemittel zumischen kann.

3.2 Das Ortungssystem

Die exakte Positionsbestimmung von Pflanzen und Pflanzenreihen sowie die genaue Positionierung der Arbeitsgeräte im Betrieb ist eine entscheidende Voraussetzung für die automatische Durchführung der Kulturmaßnahmen. Ortung und Navigation muss deshalb mit einer Genauig

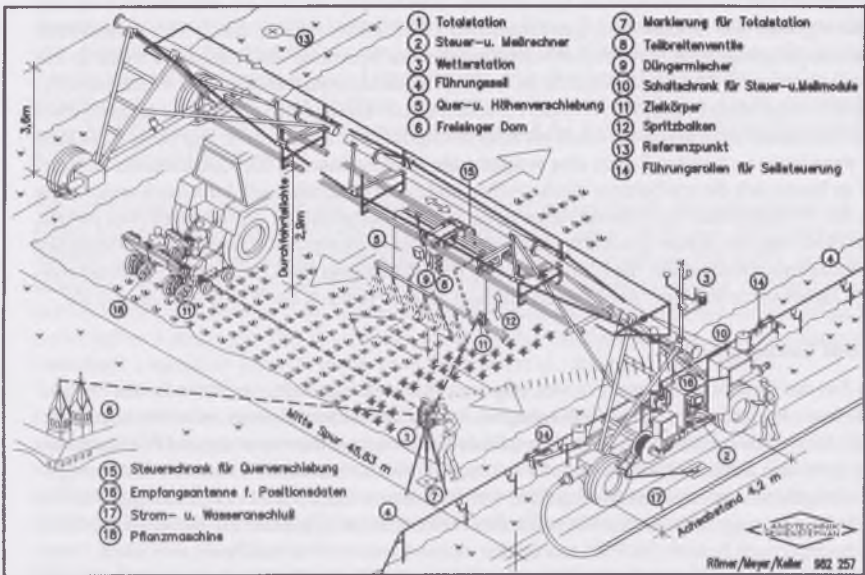


Abb. 1: Der Portalversuchsrahmen (PVR) - Gesamtanlage

keit im Zentimeterbereich erfolgen. Ein Geodimeter 4000 ermittelt die dreidimensionale Position (x,y,z) eines Zielkörpers durch automatisches Anzielen eines aktiven Zielprismas und die Bestimmung des Höhen- und Horizontalwinkels sowie der Entfernung zu ihm. Das interne Winkelsystem der Totalstation wird bei der Einsatzvorbereitung auf das Koordinatensystem des Versuchsfeldes abgestimmt. Die Entfernungsmessung erfolgt elektrooptisch nach dem Phasenvergleichsverfahren. Das Gerät bietet verschiedene Messmodi mit unterschiedlicher Genauigkeit an. Für die Zielverfolgung und damit für die automatische Positionserfassung ist jedoch nur der Trackingmodus mit einer Messzeit von einer halben Sekunde und einer Auflösung von 1 cm verfügbar. Als Voraussetzung für die Entwicklung des Steuerungsprogramms für den PVR wurde zunächst die Leistungsfähigkeit des Ortungssystems untersucht.

4 Ergebnisse

4.1 Ergebnisse zur statischen Genauigkeit des Ortungssystems

Hierzu wurde der für den Betrieb des PVR notwendige Trackingmodus in seiner Genauigkeit mit den anderen hochgenauen Messmodi verglichen, um hierbei den Fehler durch die kürzere und veränderte Messzeit zu ermitteln. Diese Überprüfung wurde an markierten Punkten innerhalb des Feldes als Wiederholungsmessungen durchgeführt (Abb. 2).

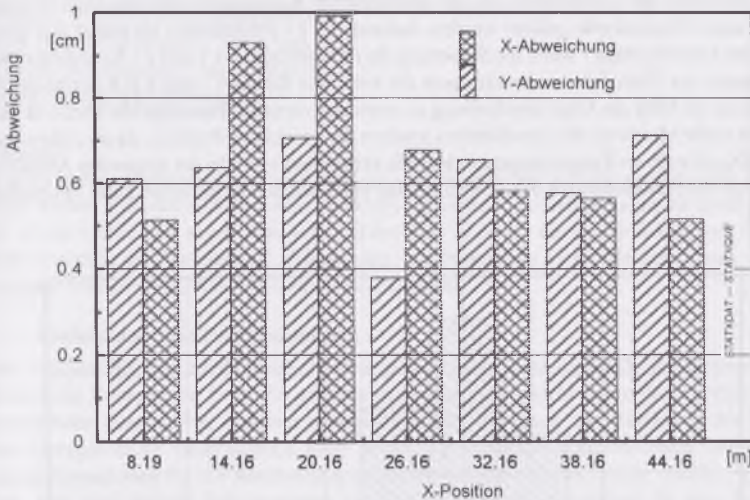


Abb. 2: Mittlere Abweichung der Trackingmessung von der Messung im Standardmodus

Die Mittel der Abweichungen bleiben in der Regel bei etwa 6 mm. Im statischen Betrieb werden mit allen Messmodi (also auch mit dem Trackingmodus) die erforderlichen Messgenauigkeiten im Bereich von $\forall 1$ cm erreicht.

4.2 Ergebnisse zur dynamischen Genauigkeit des Ortungssystems

Für die Steuerung des PVR ist besonders die Messgenauigkeit sich bewegender Objekte und die zeitliche Komponente des Messverhaltens von großer Bedeutung. Es kommt durch die Messzeit, die Datenübertragung und die Berechnung zu einem Zeitnachlauf der Messwertausgabe. Dieser liegt bei den x - Koordinaten, die durch die Entfernungsmessung ermittelt wurden, bei ca. 1,6 s und bei den y -Koordinaten, die entsprechend durch die Winkelmessung ermittelt wurden, bei etwa 1,4 s. Für die Steuerung des PVR mit dem Geodimeter muss der Zeitnachlauf berücksichtigt werden, denn trotz der geringen Fahrgeschwindigkeit legt der PVR in 1,5 s eine Strecke von 6 cm zurück. Dies liegt deutlich über der angestrebten Genauigkeit von 1 cm. Daher wurde die Positionsermittlung durch einen entsprechenden Zuschlag auf den Messwert verbessert.

4.3 Ergebnisse zur Steuerung des Arbeitsgerätes PVR über einem Beet

Das Steuerungsmodul der Prozessführung benötigt zur Steuerung über der Pflanzenreihe Informationen über die einzelnen Positionen der Pflanzen oder Pflanzenreihen der Kultur. Die Daten wurden ermittelt, in dem an einer Pflanzmaschine das Zielprisma angebracht wurde, und der Verlauf der Fahrt während der Pflanzung gemessen wurde. Die Daten werden dann automatisch in Dateien für die einzelnen Reihen zerlegt und stehen für Steuerungsaufgaben zur Verfügung.

Mit den Messdaten der Totalstation und der gespeicherten Reihendaten kann die Querverschiebung über einer Pflanzenreihe geführt werden. Anhand der y - Koordinate - sie ändert sich durch die Fahrt der Gesamtanlage - wählt die Steuerung die dazugehörigen x - und z - Koordinaten aus dem Datensatz der Pflanzfahrt und setzt damit die Sollwerte für die x - und z B Koordinate, die die Steuerung mit Hilfe der Querverschiebung zu erreichen versucht. Bezugsgröße hierfür ist nicht mehr der aktuelle Messwert des Geodimeters sondern die geschätzte Position, da sie während eines jeden Durchlaufs der Programmgesamtschleife aktualisiert wird. In der folgenden Abbildung (Abb. 3) sind die Abweichungen der Positionsdaten einer solchen gesteuerten Fahrt beispielhaft dargestellt.

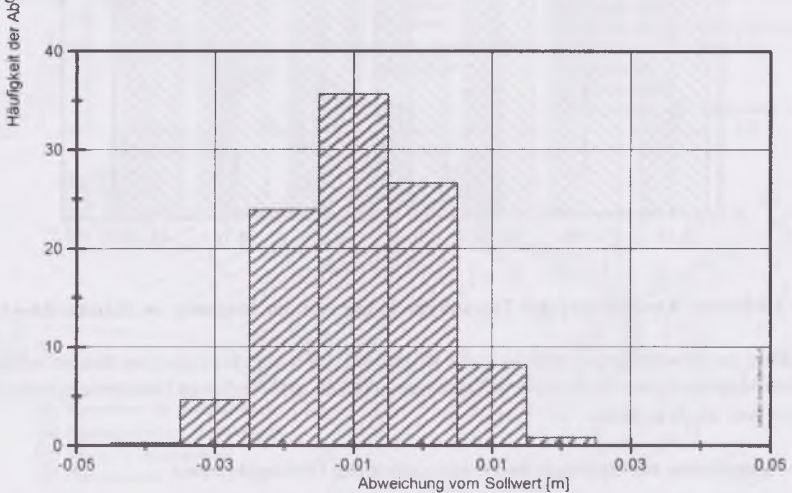


Abb. 3: Verteilung der Abweichung während einer gesteuerten Fahrt des PVR entlang einer vorgegeben Reihe

Die Abweichungen sind im Mittel um etwa 1 cm Richtung Süden (-1 cm) verschoben und haben eine Gesamtspannweite von 6 cm. Die Standardabweichung liegt bei 1,1 cm.

Zusammenfassung

Die angestrebte Navigationsgenauigkeit von $\nabla 1$ cm wird mit dem PVR nahezu erreicht und das Steuerungsmodul ist für die exakte Durchführung der Kulturmaßnahmen geeignet. Die Arbeiten werden zur Zeit mit der Programmierung benutzerfreundlicher Bedieneroberflächen weitergeführt. Darauf folgend werden Untersuchungen zur vergleichenden Bewertung für Prozessführungsstrategien begonnen.