

Hans Peter Römer, Andreas Bertram und Joachim Meyer, Freising

Der Portalversuchsrahmen (PVR)

Ein Versuchsgerät zur einzelpflanzen-orientierten Kulturführung im Freilandgemüsebau

Zukünftig wird bei der ökonomischen Optimierung im Gartenbau die Schonung von Ressourcen stärker zu beachten sein. Hierzu ist für die integrierte Produktion zunächst ein geschlossener Informationskreislauf in Kombination mit einer präzisen Kulturtechnik erforderlich. Der Portalversuchsrahmen (PVR) ist ein Versuchsgerät mit einer rechnergestützten Prozessführung und Gerätesteuerung für die zeitlich und örtlich genaue und automatische Ausbringung von Wasser, Dünger und Pflanzenschutzmittel in Kulturen des Freilandgartenbaues. Ein Prozessrechner direkt am PVR bildet die Basis für den Informationskreislauf, in dem die Datenströme zusammenlaufen und wieder verteilt werden.

Dipl.-Ing. agr. Hans Peter Römer war wissenschaftlicher Angestellter des Instituts für Landtechnik der TU-München Weihenstephan in der Abteilung Technik im Gartenbau. Seit 15.12.1998 ist er für die DLG in Frankfurt tätig.
 Dr. Andreas Bertram ist wissenschaftlicher Mitarbeiter am obigen Institut.
 Prof. Dr. Joachim Meyer ist der Leiter der Abteilung Technik im Gartenbau am Institut für Landtechnik in Weihenstephan; e-mail: meyer@tec.agrar.tu-muenchen.de.
 Das Projekt wurde von der Deutschen Forschungsgemeinschaft gefördert.

Schlüsselwörter

Ortung, Automatisierung, Prozessführung, Integrierte Produktion

Keywords

Positioning, automation, process control, integrated production

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.

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 • 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. Dazu mussten folgende Teilaufgaben gelöst werden:

- Auswahl, Überprüfung und Anbindung eines Ortungssystems für Einzelpflanzen, Pflanzenreihen oder Teilflächen
- Entwicklung eines Steuerprogramms für den PVR zum Ansteuern von Einzelpflanzen, Pflanzenreihen oder Teilflächen
- Einbindung einer Klimadatenerfassung als Eingangsgröße in Expertenprogramme
- Einbindung von Expertenprogrammen zur Entscheidungsfindung bei autonom durchgeführten Bearbeitungsmaßnahmen

Im Folgenden werden die Versuchsanlage und erste Ergebnisse zur Ortung und Navigation vorgestellt.

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 Fahrturmes an- oder abgestellt. Am rechten Fahrturm befindet sich der Mast mit den Klimasensoren. Es werden die Klimagrößen Windgeschwindigkeit, Globalstrahlung, Lufttemperatur, rela-

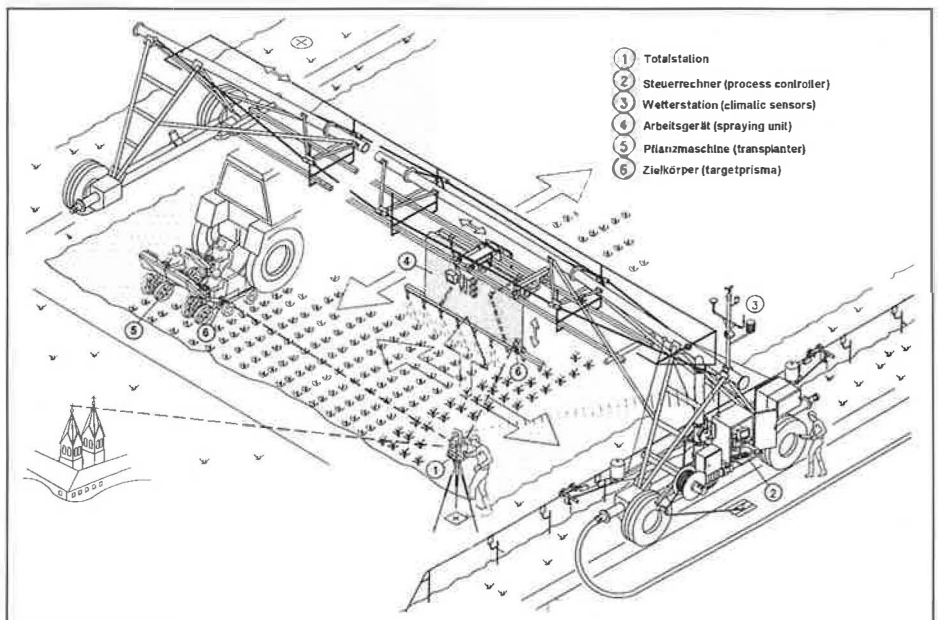


Bild 1: Der Portalversuchsrahmen (PVR)

Fig. 1: The experimental portal frame (PVR)

tive Luftfeuchte und Niederschlag erfasst. Ebenfalls an diesem Fahrturn befinden sich die Schaltschränke mit dem Prozessrechner zur Kulturführung. Über eine Busschnittstelle erfolgt die Klimadatenerfassung sowie die Ansteuerung der Fahrtriebe und der Magnetventile für Bewässerung, Düngung und Pflanzenschutz (Bild 1).

Zur Positionierung der Arbeitsgeräte auf dem Feld ist in den PVR eine Querverschiebung eingebaut, die einen in der Höhe verstellbaren Spritzbalken zwischen den Fahrturnen verschieben kann. Um auch kleine Flächen gezielt behandeln zu können, wurde der Spritzbalken mit drei Teilbreiten von jeweils 1,5 m Breite ausgerüstet. Auf der linken Seite der Querverschiebung wurde ein Dosiergerät installiert, das dem Wasserstrom zu den Spritzdüsen Pflanzenschutzmittel oder Düngemittel zumischen kann.

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 müssen deshalb mit einer Genauigkeit im Zentimeterbereich erfolgen. Das 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.

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. Überprüft wurde dies an markierten Punkten innerhalb des Feldes mit Wiederholungsmessungen.

Die Mittel der Abweichungen bleiben in der Regel bei etwa 6 mm in eine Richtung, was darauf schließen lässt, dass das Geodimeter den ermittelten Messwert einfach nach der zweiten Dezimalstelle abschneidet. Im statischen Betrieb werden mit allen Messmodi (also auch mit dem Trackingmodus) die erforderlichen Messgenauigkeiten im Bereich von ± 1 cm erreicht.

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. Die vom Hersteller angegebene Genauigkeit von 3 mm bezieht sich nur auf die Messung beim ruhenden Prisma und einer Messdauer von mindestens 4 s. Bewegt sich jedoch das Prisma während der Messungen, liefert das System weniger genaue Messwerte ab. Es kommt durch die Messzeit, die Datenübertragung und die Berechnung zu einem Zeitnachlauf der Messwertausgabe. Um diesen Zeitnachlauf zu bestimmen, wurde ein Messaufbau konzipiert, bei dem das Prisma mit definierter Geschwindigkeit auf einem Lineartisch geführt werden konnte. Die damit mögliche Berechnung des Zeitnachlaufs führte zu dem Ergebnis, dass die Messwerte für die Winkelmessung und die Entfernungsmessung nicht zeitsynchron sind. Die Entfernungsmessung findet immer zu einem früheren Zeitpunkt statt. Der Zeitnachlauf liegt bei den x-Koordinaten bei etwa 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 ein mittlerer 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 das Programmmodul der Positionserfassung erweitert, in dem eine aktuelle Position abgeschätzt wird. Hierzu werden die Wegmotorlaufzeiten der letzten 1,5 s aufsummiert, mit der jeweiligen Fahrgeschwindigkeit multipliziert und zum aktu-

ellen Messwert des Geodimeters hinzuaddiert.

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-Koordinate, welche die Steuerung mit Hilfe der Querverschiebung zu erreichen versucht. Bezugsgröße hierfür ist nicht mehr der aktuelle Messwert des Geodimeters sondern die geschätzte Position, die während eines jeden Durchlaufs der Programmgesamtschleife aktualisiert wird. In Bild 2 sind die Abweichungen der Positionsdaten einer solchen gesteuerten Fahrt beispielhaft dargestellt. Die Abweichungen sind im Mittel um etwa 1 cm verschoben und haben eine Gesamtspannweite von 6 cm. Die Standardabweichung liegt bei 1,1 cm. Die angestrebte Genauigkeit von ± 1 cm ist nahezu erreicht.

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.

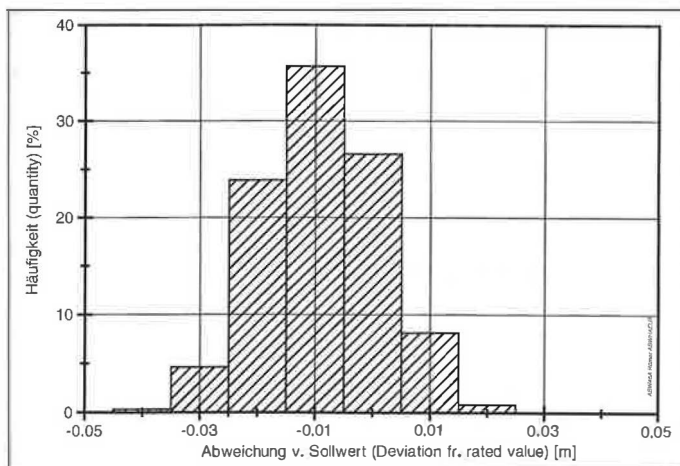


Bild 2: Verteilung der Abweichung während einer gesteuerten Fahrt des PVR entlang einer vorgegebenen Reihe

Fig. 2: Distribution of deviation during a controlled drive of the PVR along a given row