

Joachim Meyer und Paul Hartmann, Freising

# Automatische Führung von Hackgeräten

*Die Entwicklung von automatischen Geräteführungen ist eine wesentliche Voraussetzung für den verstärkten Einsatz physikalischer Verfahren der Unkrautregulierung. Ziel des Projektes ist es, grundlegende Anforderungen und Verfahrensweisen einer Geräteführung mit berührungslos arbeitenden Sensoren zu erarbeiten. Für die technische Überprüfung des Regelungsverhaltens wurde eine Versuchsmechanik gebaut, die in ähnlicher Form als Prototyp für ein Praxisgerät dienen kann. Als Haupteinflussfaktor auf das Verhalten einer automatischen Seitenführung stellt sich die Fahrgeschwindigkeit heraus. Zur Geräteführung wurde ein Regler entwickelt, der sich selbsttätig (adaptiv) auf die Regelungsaufgabe einstellt.*

## Schlagworte

Unkrautregulierung, Geräteführung, Reihenkulturen

## Keywords

Weed control, machine guidance, row crops

Prof. Dr. rer. hort. habil Joachim Meyer ist Abteilungsleiter und DIA Paul Hartmann ist wissenschaftlicher Mitarbeiter in der Abteilung für „Technik im Gartenbau“ am Institut für Landtechnik der Technischen Universität München-Weihenstephan, Am Staudengarten 2, 85350 Freising, e-mail: meyer@tec.agrar.tu-muenchen.de

Das Projekt wurde durch das Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten gefördert.

- Analyse der Ausgangsbedingungen insbesondere mit dem Ziel der Definition von Plausibilitätsgrenzen der Messtechnik
  - Überprüfung ausgewählter Sensoren zur Abstands- und Höhenmessung
  - Aufbau einer Versuchsstrecke und Versuchsmechanik zur Geräteführung
  - Entwicklung und Überprüfung von Regelprogrammen zur Geräteführung
- Im Folgenden wird auf die beiden letztgenannten Punkte eingegangen.

## Die Versuchsanlage

Als Messsystem und zur Erprobung und Bewertung von Regelalgorithmen steht eine schienengeführte Fahrstrecke zur Verfügung, auf der Geräteführungen unterschiedlichster Bauart im feldähnlichen Einsatz bei üblichen Fahrgeschwindigkeiten exakt überprüft werden können (Bild 1).

Diese Versuchsstrecke besteht aus einem Grundbeet, über dem auf Laufschiene eine Versuchsmechanik zur Geräteführung gefahren werden kann. Mit der Versuchsmechanik zur Höhen- und Seitenführung wurden sowohl Sensoren zur Abstandsmessung als auch das Verhalten des gesamten Regelsystems einschließlich der Stellglieder unter unterschiedlichen Einsatzbedingungen überprüft.

Zur praktischen Durchführung der Geräteführung wurde eine speicherprogrammierbare Steuerung (SPS-Steuerung) mit einem geschlossenen Regelkreis eingesetzt. Die allgemeine Darstellung eines Regelkreises stellt einen geschlossenen Informationskreis mit den Hauptblöcken Regelstrecke und Regler sowie den verbindenden Größen Re-

Die Führung von Geräten für die physikalische Unkrautregulierung entlang von Pflanzenreihen und in der Arbeitstiefe ist eine wesentliche Aufgabe für verfahrenstechnische Verbesserungen. Für die Geräteführung und die Messverfahren kommen mechanische Verfahren (Taster, Stützräder) und berührungslos arbeitende Verfahren in Betracht. Speziell für den intensiven Gartenbau, bei dem in einem Betrieb häufig mehrere Kulturen mit unterschiedlichem Habitus angebaut werden, ist der Einsatz berührungslos arbeitender Verfahren anzustreben.

## Das Gesamtprojekt

Für die Führung von Hackgeräten lassen sich allgemeine Anforderungen an die Tiefenführung und an die Seitenführung formulieren. Die Tiefenführung soll so tief wie nötig, aber so flach wie möglich arbeiten. Die Seitenführung soll die Bearbeitung so nahe wie möglich an der Kultur sicherstellen. Die Anforderungen an die Arbeitsqualität der Seitenführung steigen mit der Verringerung des Abstandes zur Kulturreihe. Folgende Einzelblöcke wurden bearbeitet:

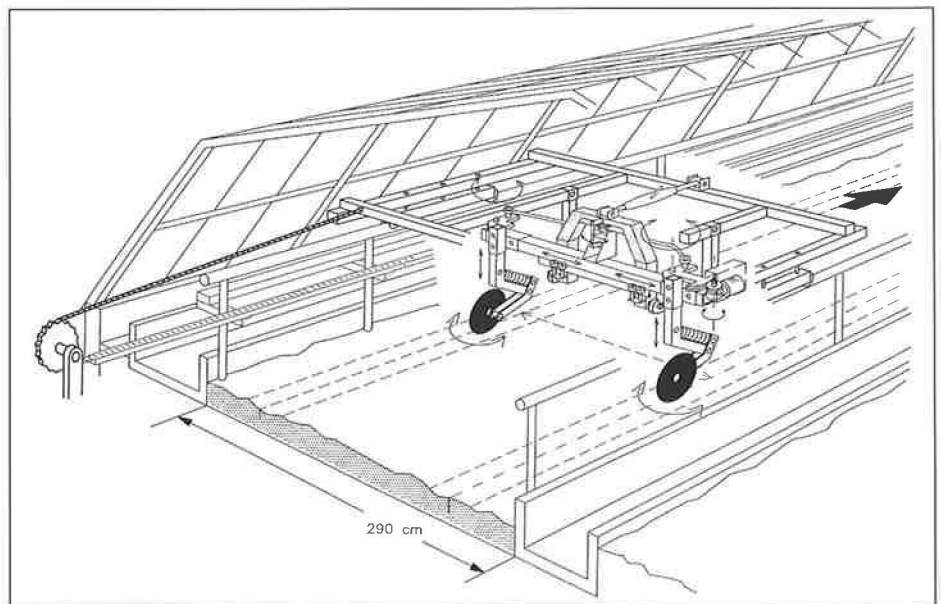


Bild 1: Versuchsstrecke und Geräterahmen zur Überprüfung des Regelverhaltens von Geräteführungen

Fig. 1: Test frame and model guidance tool to evaluate controller systems

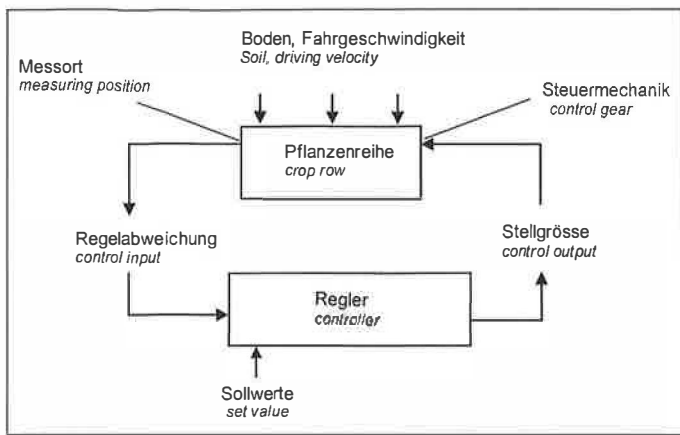


Bild 2: Prinzipdarstellung des Regelkreises der Geräteführung

Fig. 2: Principle of control loop for guidance systems

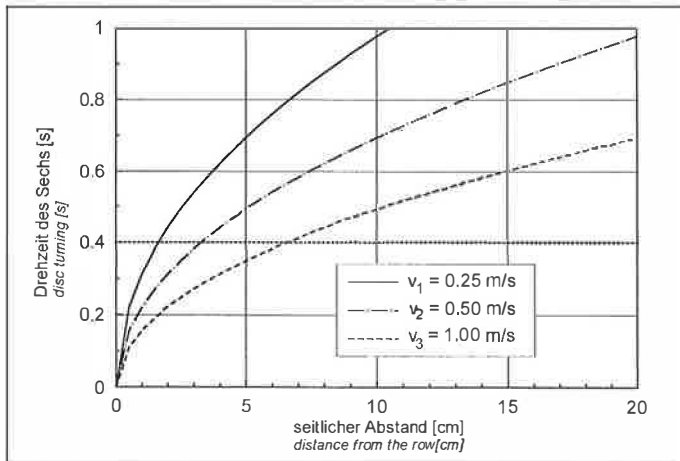


Bild 4: Drehzeit des Steuersechs in Abhängigkeit von der seitlichen Abweichung für unterschiedliche Fahrgeschwindigkeiten

Fig. 4: Guiding disc movement, depending on lateral deviation for different driving speeds

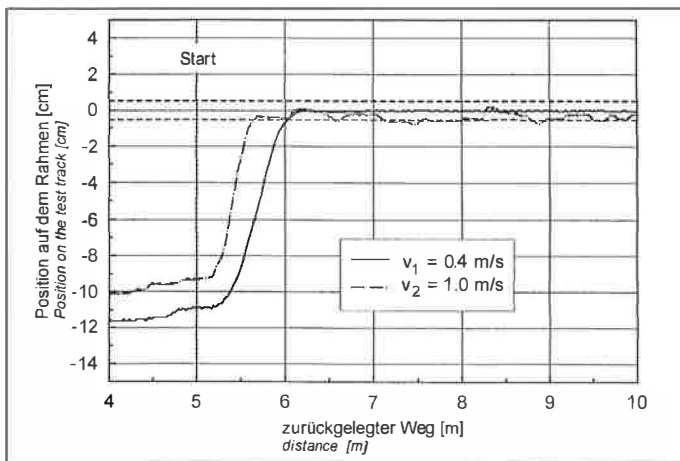


Bild 5: Fahrverlauf des Test-Gerätes bei unterschiedlichen Fahrgeschwindigkeiten (Adaption der Fahrgeschwindigkeit)

Fig. 5: Movement of the test implement at different driving speeds (controller adapted to driving speed)

gelgröße und Stellgröße dar, der sich im Idealfall im Gleichgewicht befindet. Dieses Gleichgewicht wird durch Störgrößen verändert, so dass zum Ausgleich ein Regelvorgang notwendig wird (Bild 2).

Für den Regelkreis Geräteführung liegen die kritischen Bereiche in der Sensorik für die Erfassung der Regelgröße, im Verhalten des Reglers, in der technischen Ausführung der Stellglieder und in einer möglicherweise sehr unterschiedlich gearteten Regelstrecke. Entscheidende Bedeutung für die Funktion des Regelkreises Geräteführung haben dabei die Sensoren zur Datenerfassung und das (regelungstechnische) Verhalten des Reglers und der Stellglieder.

## Ergebnisse

Das Fahr- und Reaktionsverhalten des zur Seitenführung eingesetzten querverschiebbaren Anbaurahmens wird von Anstellwinkel und Anstelldauer der Steuerseche und den Einsatzbedingungen (etwa Bodenzustand und Fahrgeschwindigkeit) bestimmt. Bild 3 zeigt beispielhaft den Einfluss unterschiedlicher Fahrgeschwindigkeiten auf die Auslenkung bei gleichbleibenden Anstellwinkeln. Eine dem Abstand zur Pflanzenreihe proportionale Veränderung der Auslenkung kann dieses Problem nicht befriedigend lösen, da das System entsprechend der Fahrgeschwindigkeit entweder überschwingt oder zu langsam arbeitet. Es wurde

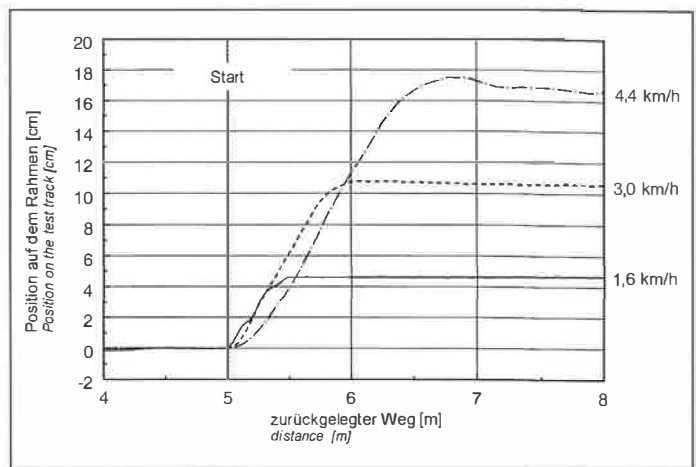


Bild 3: Fahrverlauf des Test-Gerätes bei unterschiedlichen Fahrgeschwindigkeiten

Fig. 3: Movement of the test implement at different driving speeds

daher ein adaptiver Regelalgorithmus entwickelt, mit dem dieses Verhalten ausgeglichen werden kann. Zur Entwicklung eines geeigneten Regelkreises für die Seitenführung wurde der Zusammenhang zwischen der seitlichen Positionsänderung, der Fahrgeschwindigkeit und der Auslenkung der Seche mathematisch geklärt und definiert. Dieser Modellfahrverlauf wurde in den Regelkreis integriert und dient als „Vorhersage“ der notwendigen Stellgröße. In Bild 4 ist die Drehzeit des Steuersechs dargestellt, die bei unterschiedlichen Fahrgeschwindigkeiten zum Ausregeln eines gegebenen Seitenabstandes erforderlich ist. Durch den Vergleich der tatsächlichen Auslenkung mit der erwarteten Auslenkung kann das Rechenmodell den aktuellen Bedingungen, etwa der Fahrgeschwindigkeit oder dem Bodenzustand, angepasst werden, ohne dass diese Bedingungen bekannt sein müssen. Mit Hilfe des beschriebenen Regelkreises konnte durch Adaption an die Fahrgeschwindigkeit im Versuchsstand mit dem querverschiebbaren Anbaurahmen ein etwa 1 cm breites Band befriedigend eingehalten werden (Bild 5).

Ein herkömmlicher Proportionalregler könnte durch eine Störgrössenaufschaltung verbessert werden. Dazu muss allerdings eine entsprechende Eingangs- oder Messgröße geliefert werden. Andere Einflussgrößen wie etwa die Bodenbeschaffenheit entziehen sich aber einer Parametrisierung, so dass der Adaption der Vorrang zu geben ist.

## Ausblick

Für die technische Gesamtrealisierung einer automatischen Geräteführung verbleiben große Probleme bei der Messtechnik zur Erfassung der Eingangsdaten. Für die nähere Zukunft schon kann allerdings erwartet werden, dass die Fortschritte in der Bildverarbeitung das Problem lösen können. Die Steuerung selber kann durch einen adaptiven Regelungsansatz leichter optimiert werden.