

Lehrstuhl für Landtechnik der Technischen Universität München

**Einzelpflanzenorientierte Prozessführung  
im Freilandgemüsebau**

**Hans Peter Römer**

Vollständiger Abdruck der von der Fakultät Wissenschaftszentrum  
Weihenstephan für Ernährung, Landnutzung und Umwelt der  
Technischen Universität München zur Erlangung des  
akademischen Grades eines

**Doktors der Agrarwissenschaften**

genehmigten Dissertation

Vorsitzender:

Univ. Prof. Dr. W. Schnitzler

Prüfer der Dissertation:

1. Univ. Prof. Dr. J. Meyer

2. Univ. Prof. Dr. H. Auernhammer

Die Dissertation wurde am 20.10.2000 bei der Technischen  
Universität München eingereicht und durch die Fakultät  
Wissenschaftszentrum Weihenstephan für Ernährung,  
Landnutzung und Umwelt am 1 .2.2001 angenommen

<b>Inhaltsverzeichnis</b>		Seite
<b>Abbildungsverzeichnis</b>		6
<b>Tabellenverzeichnis</b>		9
<b>Verzeichnis der Formelzeichen</b>		10
<b>Verzeichnis der Abkürzungen</b>		12
<b>1</b>	<b>Einleitung</b>	14
1.1	Problemstellung	15
<b>2</b>	<b>Stand des Wissens</b>	17
2.1	Ortung	17
2.1.1	Satellitenortung	18
2.1.1.1	Differentielles GPS (DGPS)	19
2.1.1.2	Real-Time-Kinematic GPS (RTK-Mode)	20
2.1.1.3	Weitere Satellitennavigationssysteme	20
2.1.1.4	Integrierte Satellitennavigationssysteme	21
2.1.2	Navigation entlang von Leitlinien	21
2.1.2.1	Induktive Leitkabelsysteme	21
2.1.2.2	Laserleitlinien	22
2.1.2.3	Computerbildanalyse zur Reihenführung	23
2.1.2.4	Optische Pflanzenerkennungs- und Unterscheidungssysteme	23
2.1.3	Erdgestützte Triangulation	23
2.1.3.1	Lasertriangulation	23
2.1.4	Vollautomatische zielverfolgende Tachymeter	25
2.2	Expertensysteme	26
2.2.2	Stickstoffsimulationen	29
2.2.3	Expertensysteme für den Pflanzenschutz	30
<b>3</b>	<b>Zielsetzung</b>	31
<b>4</b>	<b>Untersuchung der Messgenauigkeit zweier Ortungssysteme</b>	32
4.1	Material und Methoden	32
4.1.1	Das Versuchsfeld	32
4.1.2	Ermittlung des Messverhaltens von „Capsy“	33
4.1.2.1	Funktionsweise von „Capsy“	33
4.1.2.2	Einrichtung des Versuchsfeldes zur Messung mit „Capsy“	35
4.1.2.3	Vorversuch	38
4.1.2.4	Überprüfung der Messgenauigkeit von „Capsy“ im statischen	

---

	Betrieb	39
4.1.2.5	Überprüfung der Messgenauigkeit von „Capsy“ im dynamischen Betrieb	41
4.1.2.6	Versuchsaufbau zur Überprüfung der dynamischen Genauigkeit von „Capsy“	43
4.1.3	Ermittlung des Messverhaltens des „Geodimeter 4000“	50
4.1.3.1	Funktionsweise des Geodimeter 4000	50
4.1.3.2	Übertragung der Positionsdaten auf einen Rechner	53
4.1.4	Untersuchung der statischen Genauigkeit des „Geodimeter 4000“	56
4.1.5	Untersuchung der dynamischen Genauigkeit des „Geodimeter 4000“	57
4.2	Ergebnisse zur Ortungsgenauigkeit	64
4.2.1	Ergebnisse zur statischen Messgenauigkeit von „Capsy“	64
4.2.1.1	Messwertstabilität	66
4.2.1.2	Wiederholgenauigkeit des Systems	68
4.2.2	Ergebnisse zur dynamischen Genauigkeit von „Capsy“	72
4.2.3	Ergebnisse zur statischen Genauigkeit der Totalstation „Geodimeter 4000“	75
4.2.4	Ergebnisse zur dynamischen Genauigkeit der Totalstation „Geodimeter 4000“	77
4.3	Schlussfolgerungen aus dem Messverhalten der Ortungssysteme	81
4.3.1	Messgenauigkeit des Lasertriangulationssystems „Capsy“	81
4.3.2	Messgenauigkeit der Totalstation „Geodimeter 4000“	83
4.3.3	Fazit	84
<b>5</b>	<b>Material und Methoden</b>	<b>85</b>
5.1	Die Komponenten des Portalversuchsrahmens	85
5.1.1	Ausführende Komponenten	86
5.1.1.1	Der Linearregner	86
5.1.1.2	Querverschiebung	87
5.1.1.3	Antriebe des PVR	89
5.1.2	Datenerfassung und Steuerung	90
5.1.2.1	Klimadatenerfassung	92
5.1.2.2	Positionsdatenerfassung	93
5.2	Ermittlung der Pflanzenposition	93
5.2.1	Einmessen der Einzelpflanzen	94
5.2.2	Einmessen der Pflanzfahrt	94
5.3	Prozessführung	96
5.3.1	Organisation des Quellcodes	97
5.3.1.1	Die Programmbibliothek IDM.Pas	99
5.3.1.2	Die Programmbibliothek Geo.Pas	99

5.3.1.3	Die Programmbibliothek Weather.pas	99
5.3.1.4	Die Programmbibliothek Steuer.pas	99
5.3.1.5	Die Variablenbibliothek Varconst.pas	100
5.3.2	Steuerungsprogramm	100
5.3.2.1	Positionsmessung	100
5.3.2.2	Abschätzung der aktuellen Position	103
5.3.2.3	Regelroutinen der Steuerung	106
5.3.2.4	Bestimmung des Sollwertes	106
5.3.2.5	Steuerung des Spritzbalkens über einer Reihe	109
5.3.2.6	Steuerungsvarianten	112
5.4	Expertensysteme	113
5.4.1	Die Schnittstellendatei „Agenda.lst“	114
5.4.2	Bodenfeuchtemodell	116
5.4.3	Bewässern	122
<b>6</b>	<b>Ergebnisse</b>	116
6.1	Ermittlung der Pflanzenposition	116
6.2	Prozessführung	119
6.2.1	Steuerungs genauigkeit	119
6.2.2	Ortsreferenzierter Vergleich von Sollweg und gesteuerter Fahrt	120
6.2.3	Messfahrten der Steuerungsvariante 1	121
6.2.4	Messfahrten der Steuerungsvariante 2	123
6.3	Expertensysteme	127
6.3.1	Bewässerung	128
6.3.2	Durchführung einer Bewässerungsmaßnahme	130
<b>7</b>	<b>Diskussion</b>	132
7.1	Ortung	133
7.2	Erfassung der Pflanzenposition	135
7.3	Prozessführung	136
7.3.1	Steuerung	137
7.3.1.1	Einflussfaktoren auf die Steuerungsgenauigkeit	137
7.3.1.2	Bewertung der Abweichungsspannweiten	138
7.4	Expertensystem	138
7.4.0.1	Bewässern	139
7.5	Weiterführende Arbeiten	139
<b>8</b>	<b>Zusammenfassung</b>	141
<b>9</b>	<b>Summary</b>	144
<b>10</b>	<b>Literatur</b>	146