

Parallelfahrssysteme

Hendrik Niemann, Reinhart Schwaiberger,
Norbert Fröba

KTBL-Heft 67



GEFÖRDERT VOM



Bundesministerium
für Bildung
und Forschung

Autoren

Hendrik Niemann
Wolfsburger Str. 11 | 38448 Wolfsburg

Dr. Reinhart Schwaiberger
Kringeller Str. 62 | 94116 Hutthurm

Dr.-Ing. Norbert Fröba
Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft e. V. (KTBL)
Bartningstraße 49 | 64289 Darmstadt

© 2007
Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft e. V. (KTBL)
Bartningstraße 49 | 64289 Darmstadt
Telefon 06151 7001-0 | Fax 06151 7001-123
E-Mail ktbl@ktbl.de | www.ktbl.de

Alle Rechte vorbehalten. Die Verwendung von Texten und Bildern, auch auszugsweise, ist ohne Zustimmung des KTBL urheberrechtswidrig und strafbar. Das gilt insbesondere für Vervielfältigung, Übersetzung, Mikroverfilmung sowie die Einspeicherung und Verarbeitung in elektronischen Systemen.

Herausgegeben mit Förderung des Bundesministeriums für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz (BMELV) | Bonn, Berlin und des Bundesministeriums für Bildung und Forschung (BMBF) | Berlin, Bonn im Rahmen des Forschungsverbundes *pre agro* Laufzeit 01/2005-12/2007, Förderkennzeichen 0339740/2. Die Verantwortung für den Inhalt dieser Veröffentlichung liegt beim Autor.

Redaktion
Dr. Ulrike Klöble, Monika Pikart-Müller | KTBL

Titelfoto
© Wilfried Holtmann

Vertrieb
KTBL | Darmstadt

Druck
Druckerei Lokay | Reinheim

Printed in Germany

ISBN 978-3-939371-39-7

Vorwort

Parallelfahrssysteme für Traktoren und selbstfahrende Arbeitsmaschinen wie Lenkhilfen, Lenkassistenten und Lenkautomaten unterstützen den Fahrer bei seiner Lenkarbeit. Besonders bei großen Arbeitsbreiten, in Beständen ohne Fahrgassen, bei der Nacharbeit oder in Reihenkulturen leisten sie große Dienste. Das Marktangebot an Parallelfahrssystemen ist überaus vielfältig. Sehr unterschiedliche Bauweisen und viele technische Details erschweren den Überblick.

In diesem Heft werden die Unterschiede der verschiedenen Parallelfahrssysteme erläutert, die Möglichkeiten von GPS, dem Globalen Positionierungssystem, und den entsprechenden Korrekturdiensten werden dargestellt. Wirtschaftlichkeitsberechnungen erlauben Schlussfolgerungen, ab welcher Mindesteinsatzfläche der Einsatz der verschiedenen Parallelfahrssysteme rentabel ist.

Entstanden ist dieses Heft aus der Arbeit des Teilprojekts „Transfer von Precision Farming“ im Forschungsverbund *pre agro*, das vom Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) gefördert wird (Förderkennzeichen 0339740/2). Dieses Teilprojekt wird im KTBL von 2005 bis 2007 bearbeitet. Es hat die Aufgabe, den Transfer von Precision Farming in die Praxis zu fördern und den Dialog zwischen Praxis und Forschung innerhalb des Forschungsverbunds *pre agro* zu unterstützen.

Dank gilt allen, die an der Produktion dieses Heftes beteiligt waren, besonders den Autoren Herrn Hendrik Niemann, Herrn Dr. Reinhart Schwaiberger und Herrn Dr.-Ing. Norbert Fröba. Wir danken allen Partnern im Forschungsprojekt *pre agro*, die durch ihre Anregungen und Erfahrungen einen Beitrag zu diesem Heft geleistet haben. Den Anbietern und Herstellern von Parallelfahr- und Spurführungssystemen danken wir für ihre Informationsbereitschaft und für ihre Unterstützung bei der Illustration des Heftes.

Kuratorium für Technik und Bauwesen
in der Landwirtschaft e. V. (KTBL)

DR. HEINRICH DE BAEY-ERNSTEN
Hauptgeschäftsführer

Inhalt

1	Anschlussfahren erleichtern – Überlappungen vermeiden	5
2	Die Bausteine der Parallelfahrssysteme	7
3	GPS und Korrekturdienste	10
3.1	Funktion von GPS	10
3.2	GPS-Genauigkeiten	11
3.3	GPS-Signalfehler	12
3.4	RTK-GPS – eine spezielle Art des DGPS	13
4	Funktionsweise und Bedienung der Parallelfahrssysteme	15
4.1	Lenkhilfen	15
4.2	Lenkassistenten	16
4.3	Lenkautomaten	17
4.4	Fahrmodus	18
5	Umgebungsbedingte Störungen	20
6	Spurführungssysteme – Lenkautomaten ohne GPS	23
7	Systeme am Markt (Auswahl)	25
7.1	Parallelfahrssysteme und Spurführungssysteme	25
7.2	Korrekturdienste	31
8	Kosten und Nutzen von Parallelfahrssystemen	34
8.1	Vorgehensweise	34
8.2	Annahmen zu den Modellbetrieben	35
8.3	Kosteneinsparungen durch die Parallelfahrssysteme	37
8.4	Wann decken die Einsparungen die zusätzlichen Kosten?	39
8.5	Fazit aus den Beispielrechnungen	42
8.6	Zusatznutzen der Parallelfahrssysteme	43
9	Berichte aus der Praxis	44
9.1	Parallelfahrssysteme gemeinschaftlich nutzen	44
9.2	Parallelfahren und mehr mit dem PDA	46
9.3	Spurführungssysteme im Gemüsebaubetrieb	47
10	Ausblick	48
11	Anbieter und Hersteller von Parallelfahrssystemen	49
	Literaturverzeichnis	50
	KTBL-Veröffentlichungen zum Thema	51

1 Anschlussfahren erleichtern – Überlappungen vermeiden

Je größer die Arbeitsbreite und Arbeitsgeschwindigkeit der Landmaschinen, desto schwieriger wird das genaue Anschlussfahren. Überlappungen oder Fehlstellen lassen sich kaum vermeiden. Dies hat z. B. zur Folge, dass sich die Feldarbeitszeit verlängert und Betriebsmittel an einigen Stellen doppelt ausgebracht werden.

Übliche Hilfsmittel sind Fahrgassen, Spurreißer, Schaummarkierungsgeräte oder Fluchtstangen im Feld und in der Front eines Fahrzeuges, die den Fahrer unterstützen, die genaue Spur zu halten. Die Möglichkeiten dieser visuellen Hilfsmittel sind meist begrenzt. Fahrgassen sind ohne Pflanzenbestand nicht möglich, was aber bei der Bodenbearbeitung oder Ausbringung von Kalk und Grunddünger häufig der Fall ist. Schaummarkierungen sind bei Wind und Regen nicht ausreichend stabil. Bei klutigem Saatbett kann die vom Spurreißer geformte Kontur nicht fehlerfrei identifiziert werden. Im Grünland oder bei einem sehr trockenen Boden, wie z. B. direkt nach der Mähdruschernte, sind Spurreißer nicht einsetzbar.

Kulturen, die in Reihen angebaut werden, wie z. B. Salat oder Gemüse, erfordern bei der maschinellen Unkrautregulierung eine sehr präzise Spurführung. Hierbei geht es nicht vorrangig um das Parallelfahren zu einer vorherigen Spur, sondern um das Parallelfahren zur Reihe. Eine zweite Arbeitskraft, die das Anbaugerät steuert, ist häufig erforderlich. Taster als Sensoren zur Maschinensteuerung kommen nur bei mechanisch belastbaren Kulturen wie z. B. Rüben, Mais, Obstbäumen oder Weinstöcken sowie bei stabilen Pflanzdämmen in Frage.

Die Satellitenortung bietet für das Parallelfahren neue Möglichkeiten, indem die Position und das Ziel im Raum exakt bestimmt und die Lenkarbeit unterstützt werden kann. Ebenso können Ultraschallsensoren oder Kameras die Position des Fahrzeuges relativ zur Pflanzenreihe, zu Dämmen oder zur Markierung von Spurreißern exakter und bequemer bestimmen als



Abb. 1: Die konstruktiv mögliche Arbeitsbreite von Arbeitsgeräten kann mit einem Parallelfahrssystem fast vollständig genutzt werden (Werkfoto Fendt)

3 GPS und Korrekturdienste

3.1 Funktion von GPS

Das satellitenbasierte GPS, das Globale Positionierungssystem, bietet nicht nur die Möglichkeit der Positionsbestimmung von Traktoren und Erntemaschinen, sondern macht auch die Navigation in verschiedenen Genauigkeitsstufen möglich. Mit GPS ist das US-amerikanische System NAVSTAR, das Navigation System for Timing and Ranging, gemeint (Abb. 11). Die Signale von 24 geostationären Satelliten, welche die Erde zweimal täglich umkreisen, können auf zwei zivilen Frequenzen kostenlos genutzt werden.

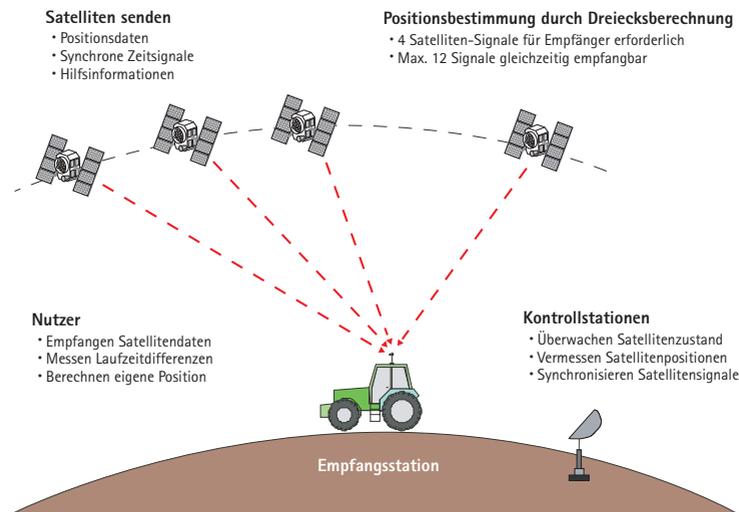


Abb. 11: Funktionsweise der Ortsbestimmung mit GPS (Institut für Geodäsie und Geoinformationssysteme, Rostock, verändert)

Die NAVSTAR-Satelliten senden Signale aus, welche einem GPS-Empfänger die Ortsbestimmung im Meterbereich ermöglichen. Um die Position zu bestimmen, vergleicht der GPS-Empfänger die Zeit, zu der das Signal von einem bestimmten Satelliten ausgesandt wurde, mit der Zeit, zu der das Signal empfangen wurde. Wenn von mindestens drei Satelliten Signale empfangen werden, kann die aktuelle Position des Empfängers auf der Erde bestimmt werden. Man bezeichnet dieses Verfahren als Trilateration. Können die Signale von vier Satelliten aus-

gewertet werden, ist auch eine Höhenbestimmung möglich. Obwohl die Signalausbreitung nahezu mit Lichtgeschwindigkeit geschieht, können die Signale mit verschiedenen Fehlern behaftet sein, wie im Folgenden dargestellt wird.

3.2 GPS-Genauigkeiten

In Bezug auf Parallelfahrssysteme lassen sich zwei Genauigkeitsmaße unterscheiden.

Absolute Genauigkeit

Absolut bedeutet in diesem Zusammenhang, dass die Ergebnisse der Positionsbestimmung unabhängig vom Zeitpunkt punktgenau reproduzierbar sind. Das bedeutet, dass eine einmal mit einer Präzision von z.B. +/- 10 cm bestimmte Position im Feld jederzeit (nächster Tag, nächstes Jahr) wieder bestimmt und auch angesteuert werden kann. Da die Genauigkeit der Positionsbestimmung auch einer statistischen Verteilung unterliegt, wird häufig angegeben, welcher Bereich in Zentimetern um die bestimmte Position bei 95 % der Messungen erreicht wird.

Weiter wird neben der Standardabweichung als Maßzahl für die Streuung gelegentlich auch die Angabe CEP R50 (Circular Error Probability) verwendet. Dieses statistische Maß gibt an, wie groß der Radius eines fiktiven Kreises wäre, in dem 50 % aller Messwerte zu liegen kämen.

Die absolute Genauigkeit lässt sich nur mit wiederholten Messungen verbessern, die dann im Postprocessing, später am Büro-PC ausgewertet werden. Damit sind diese Verfahren zur Verbesserung der Ortungsqualität nicht für die Parallelfahrssysteme geeignet.

Relative oder Spur-zu-Spur-Genauigkeit

Relative oder Spur-zu-Spur-Genauigkeit wird auch als pass to pass Genauigkeit bezeichnet. Dieses Genauigkeitsmaß gibt die Spurabweichung während der Feldarbeit in Minutenabständen, meist 15 Minuten an. Aufgrund der Eigenrotation der Erde kann es vorkommen, dass nach einer Arbeitspause die vom Lenksystem ermittelte Fahrspur von der zuletzt gefahrenen abweicht. Die relative Genauigkeit lässt sich nur durch die Verwendung von RTK (real time kinematic)-Stationen verbessern.