

# Parallelfahrssysteme

KTBL-Heft 96



## Autoren

Hendrik Treiber-Niemann | Neuhof an der Zenn

Dr. Reinhart Schwaiberger | Hutthurm

Dr.-Ing. Norbert Fröba, Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft e.V. | Darmstadt

Dr. Florian Kloepfer, Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft e.V. | Darmstadt

### Bibliografische Information der Deutschen Bibliothek

Die Deutsche Bibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <http://dnb.ddb.de> abrufbar.

© 2013, 2. Ausgabe

### Herausgeber und Vertrieb

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

Bartningstraße 49 | 64289 Darmstadt

Telefon +49 6151 7001-0 | Fax +49 6151 7001-123 | E-Mail: [ktbl@ktbl.de](mailto:ktbl@ktbl.de)

[vertrieb@ktbl.de](mailto:vertrieb@ktbl.de) | Telefon Vertrieb +49 6151 7001-189

[www.ktbl.de](http://www.ktbl.de)

Herausgegeben mit Förderung des Bundesministeriums für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages.

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.

### Satz

KTBL | Darmstadt

### Redaktion

Dr. Florian Kloepfer, Werner Achilles, Claudia Molnar | KTBL

### Titelfoto

© [www.claas.de](http://www.claas.de), Werkfoto

### Druck und Bindung

Silber Druck oHG | Niestetal

Printed in Germany

ISBN 978-3-941583-84-9

## Inhalt

1	Anschlussfahren erleichtern – Überlappungen vermeiden . . .	5
2	Die Bausteine der Parallelfahrssysteme . . . . .	7
3	GNSS und Korrekturdienste . . . . .	10
3.1	Funktion von GPS. . . . .	10
3.2	GPS-Genauigkeitenmaße . . . . .	11
3.3	GPS-Signalfehler. . . . .	12
3.4	RTK-GPS – eine spezielle Art des DGPS . . . . .	13
3.5	RTK-Korrekturnetzwerke . . . . .	15
3.6	Verbesserung der Positionsbestimmung durch hochgenaue Fehlerkorrekturen . . . . .	16
4	Funktionsweise und Bedienung der Parallelfahrssysteme . . .	16
4.1	Lenkhilfen. . . . .	16
4.2	Lenkassistenten . . . . .	18
4.3	Lenkautomaten . . . . .	19
4.4	Fahrmodus . . . . .	20
5	Umgebungsbedingte Störungen . . . . .	22
6	Spurführungssysteme - Lenkautomaten ohne GPS . . . . .	25
7	Systeme am Markt . . . . .	27
7.1	Parallelfahrssysteme und Spurführungssysteme . . . . .	27
7.2	Korrekturdienste . . . . .	28
8	Kosten und Nutzen von Parallelfahrssystemen . . . . .	31
8.1	Vorgehensweise. . . . .	31
8.2	Annahmen zu den Modellbetrieben. . . . .	32
8.3	Kosteneinsparungen durch die Parallelfahrssysteme . . . . .	35
8.4	Wann decken die Einsparungen die zusätzlichen Kosten? . . . .	37
8.5	Fazit aus den Beispielrechnungen . . . . .	40
8.6	Einsparpotenziale GPS-gestützter Teilbreitenschaltungen . . . .	41
8.7	Zusatznutzen der Parallelfahrssysteme . . . . .	42

9	Berichte aus der Praxis. . . . .	43
9.1	Parallelfahrssysteme gemeinschaftlich nutzen . . . . .	43
9.2	Parallelfahren und mehr mit dem Personal Digital Assistant (PDA) . . . . .	45
9.3	Spurführungssysteme im Gemüsebaubetrieb . . . . .	46
10	Ausblick. . . . .	47
11	Anbieter und Hersteller von Parallelfahrssystemen und Korrektursignalen . . . . .	48
	Literatur . . . . .	49
	KTBL-Veröffentlichungen . . . . .	50
	aid-Veröffentlichungen. . . . .	52

## 1 Anschlussfahren erleichtern – Überlappungen vermeiden

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

Visuelle Hilfsmittel, die den Fahrer unterstützen, die genaue Spur zu halten sind Fahrgassen, Schaummarkierungsgeräte, Spurreißer oder Fluchtstangen im Feld und in der Front eines Fahrzeuges. Die Möglichkeiten dieser Hilfsmittel sind allerdings meist begrenzt. Fahrgassen sind ohne Pflanzenbestand nicht möglich, was aber bei der Bodenbearbeitung oder Ausbringung von Kalk und Grunddünger häufig der Fall ist (Abb. 1). Schaummarkierungen sind bei Wind und Regen nicht ausreichend stabil. Eine vom Spurreißer geformte Kontur kann bei klutigem Saatbett nicht fehlerfrei identifiziert werden; und 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; dies erfordert in der Regel eine zweite Arbeitskraft, die das Anbaugerät steuert. Taster als Sensoren zur Maschinensteuerung kommen nur bei mechanisch belastbaren Kulturen wie Rüben, Mais, Obstbäumen oder Weinstöcken sowie bei stabilen Pflanzdämmen infrage.

Die Satellitenortung eröffnet dem Parallelfahren neue Möglichkeiten, indem die Position und das Ziel im Raum exakt bestimmt und die Lenkarbeit unterstützt werden kann. Ebenso können Ultraschallsensoren oder



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

### Abdrift der Anbaugeräte

Wenn Anbaugeräte durch die Hangneigung abdriften, kann ihre Position nicht durch die Positionskorrektur der Zugmaschinen korrigiert werden. Es kann also durchaus vorkommen, dass die Zugmaschine  $\pm 2$  cm genau in der Spur läuft, das Arbeitsgerät aber wesentlich höhere Überlappungen oder Fehlstellen aufweist, wenn quer zum Hang gefahren wird. Zur Korrektur der abdriftenden Arbeitsgeräte gibt es mehrere Ansätze:

- Bei der passiven Steuerung wird mithilfe einer zweiten Antenne auf dem Anbaugerät die Arbeitsgeräteposition festgestellt und dann die Zugmaschine so korrigiert, dass das Anbaugerät exakt in der Spur läuft. Unter Umständen fährt die Zugmaschine dann neben der eigentlichen Fahrspur oder Fahrgasse. Die Lenkbewegungen des Zugfahrzeuges können vor allem bei aufgesattelten Geräten zu Ausschlägen am Anbaugeräte führen.
- Bei der aktiven Steuerung wird ebenfalls mit einer zweiten Antenne auf dem Anbaugerät der Gerätedrift erfasst und mithilfe einer aktiven Steuerung über gelenkte Achsen oder Scheibenseche das Gerät exakt auf der Spur gehalten.
- Die Nachlenkung des gezogenen Gerätes wird über seitlich verschiebbare Trägerrahmen korrigiert.

### GPS-Signal-Mehrwegeeffekte

Man spricht von einem Mehrwegeeffekt (Abb. 22) bzw. multipath error, wenn die Satellitensignale an Gebäuden oder Bergen reflektiert werden und deshalb die gleichen Signale zeitversetzt den Empfänger erreichen. Es entsteht ein Positionsfehler. Mehrwegeeffekte lassen sich manchmal mit längeren Messzeiten kompensieren.

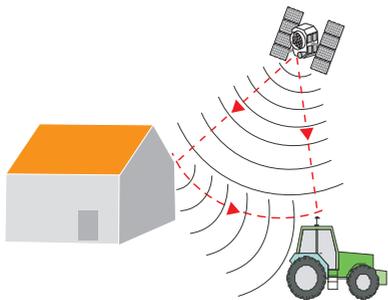


Abb. 22: Gebäude und Berge können den Mehrwegeeffekt auslösen (Werkbild Trimble, verändert)

### Abschattung

Ein Problem stellt auch die Abschattung der GPS-Signale, Korrektursignale oder RTK-Funksignale durch eine ungünstige Geländestruktur dar (Abb. 23). Besonders an Waldrändern kann der Empfang der Signale unterbrochen werden. Meist

sind davon satellitengestützte Korrekturdienste betroffen, da diese Satelliten in geringer Höhe über dem Horizont stehen. Wenn nur das Korrektursignal unterbrochen wird, benutzen manche Navigationsrechner eine Software, die für ein paar Minuten den Kurs aufgrund der zuletzt möglichen Positionsbestimmung beibehalten kann. Der Empfang zusätzlicher Satellitenpositionierungsdienste wie z.B. GLO-NASS kann (durch die Nutzung weiterer Satelliten auf anderen Positionen) deutliche Verbesserungen bewirken. Viele der auf dem Markt erhältlichen Parallelfahrssysteme sind inzwischen dazu in der Lage. Von großer Bedeutung ist auch die Zeit die ein GPS-Empfänger braucht, um nach einen Signalverlust wieder mit hoher Genauigkeit zu arbeiten.

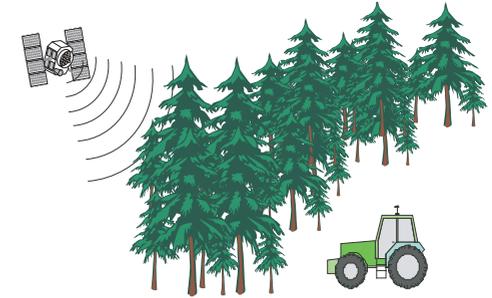


Abb. 23: Am Waldrand kann der Empfang des Satellitensignals ausgesetzt (Werkbild Trimble, verändert)

### Störwellen

Beim Passieren einer Hochspannungsleitung kann der Navigationsrechner gestört werden. Auch Elektromotoren, die die Kabinenlüftung antreiben, können Störwellen senden. Diese Störwellen lassen sich kaum ausschließen.

## 6 Spurführungssysteme – Lenkautomaten ohne GPS

Spurführungssysteme sind Lenkautomaten ohne GPS-Nutzung, die das Fahrzeug an Pflanzreihen, Bestandeskanten, Erddämmen, Schwaden oder Furchen als greifbare Leitlinien entlangführen. Die Sensorik zur Erfassung der Leitlinien erfolgt über Kamera, Ultraschallsensor, Tastbügel oder Laser. Die Messsignale werden vom Navigationsrechner in Lenkbewegungen umgesetzt. Genau wie eine GPS-Antenne lassen sich die Sensoren in kurzer Zeit auch auf andere Fahrzeuge versetzen. Ihre Handhabung und Komponenten ähneln ansonsten weitgehend den Systemen mit GPS-Nutzung. Die Leitlinien müssen bei der nächsten Arbeitsbreite manuell angesteuert werden. Danach übernimmt das Spurführungssystem die Lenkung.