

Tiemo Schwenke und Hermann Auernhammer, Freising

Koppelsysteme für die Stützung von DGPS

Zur Überbrückung von Abschattungseffekten und anderen Fehlern bei der Ortung und Navigation durch DGPS kommen Koppelsysteme zum Einsatz. Untersucht wird ein Koppelsystem auf Basis handelsüblicher Mikrowellensensoren. Die Sensoren des Koppelsystems erfassen den Weg oder die Geschwindigkeit des Fahrzeuges in vier translatorischen Bewegungsrichtungen berührungslos. Mit diesem System können der zurückgelegte Fahrweg und die Geschwindigkeit auch ohne GPS gemessen und visualisiert werden. Ein Auswertungsalgorithmus korrigiert im Offline-Verfahren fehlerbehaftete oder fehlende GPS-Positionsangaben per Mikrowellensensordaten.

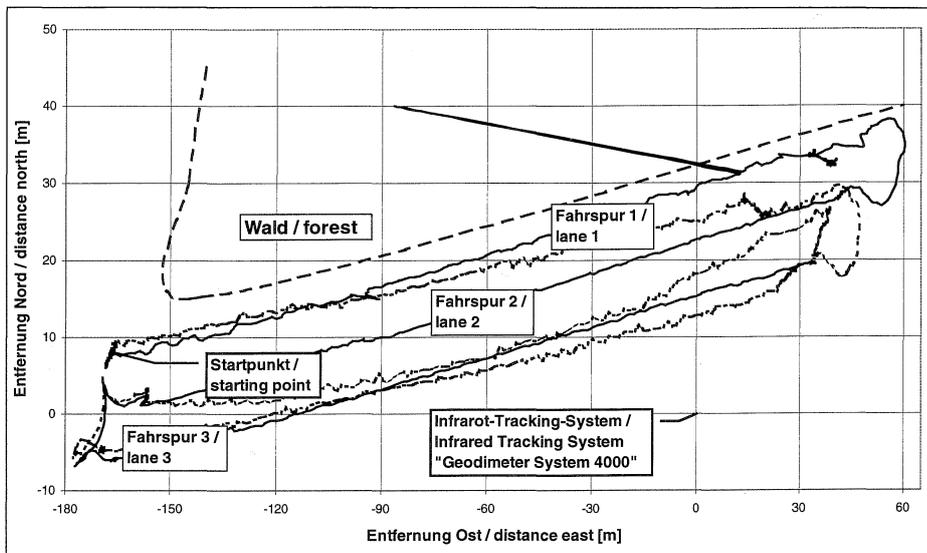


Bild 1: GPS-Abschattung am Waldrand

Fig. 1: GPS shading on forest edge

Satellitengestützte Ortung und Navigation werden bei der Ertragskartierung, Bodenbeprobung, teilflächenspezifischen Düngung und Pflanzenschutz eingesetzt. Eine höhere Genauigkeit und Zuverlässigkeit der vorhandenen Satellitennavigationssysteme würden eine breitere Akzeptanz dieser Technik fördern und die Bewirtschaftung ganzer Schläge hinsichtlich Kosten, Ertrag und Umweltverträglichkeit verbessern.

Problem

Zentrales Problem bei der Satellitenortung und -navigation ist die dauerhafte Verfügbarkeit der Signale und deren Zuverlässigkeit. Durch Unterbrechung der unmittelbaren Sichtverbindung zu den GPS-Satelliten können Abschattungs- und Multipath- (Echo-) effekte durch Brechung und Reflexion des GPS-Signals an Bergen, dichten Wäldern oder Gebäudenaufbauten [1]. Diese Effekte sind für eine Verschlechterung der

Ortungsgenauigkeit oder gar für den Totalausfall der Ortung verantwortlich. Moderne Empfänger kompensieren durch erweiterte Messprinzipien und Auswertalgorithmen die Einflüsse der Mehrwegausbreitung auf die Ortungsgenauigkeit. Abschattungseffekte werden durch diese Empfänger nur reduziert, aber nicht eliminiert. An dieser Stelle greifen Koppelsysteme in die Ortung ein. Diese Systeme sind mit Beschleunigungssensoren und Gyroskopen ausgestattet und messen die Beschleunigung und Drehung des Fahrzeuges. Die ermittelten Messdaten werden online oder offline in GPS-Koordinaten umgesetzt und zur Verbesserung der mit dem GPS-Empfänger ermittelten Positionsdaten verwendet. Der Einsatz dieser auf Beschleunigungssensoren und Gyroskopen basierenden Systeme in landwirtschaftli-

Dipl.-Ing. Tiemo Schwenke ist wissenschaftlicher Mitarbeiter, Prof. Dr. Hermann Auernhammer Leiter der Abteilung „Technik in Pflanzenbau und Landschaftspflege“ im Institut für Landtechnik der TU München, Am Staudengarten 2, 85350 Freising, e-mail: schwenke@tec.agrar.tu-muenchen.de

Schlüsselwörter

DGPS, Satellitenortung und -navigation, Koppelsysteme, Weg- und Geschwindigkeitsmessung

Keywords

DGPS, satellite positioning and navigation, dead reckoning system, distance and speed measuring

Literaturhinweise sind vom Verlag unter LT 99219 erhältlich oder über Internet <http://www.landwirtschaftsverlag.com/landtech/local/literatur.htm> abrufbar.

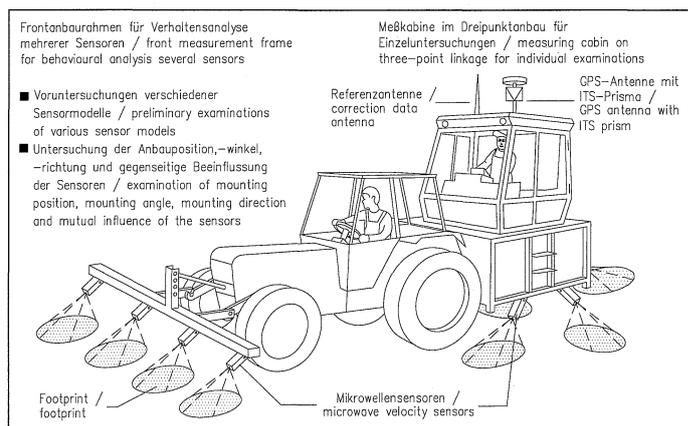


Bild 2: Traktor mit Frontanbau und Messkabine

Fig. 2: Tractor with front measurement frame and measuring cabin

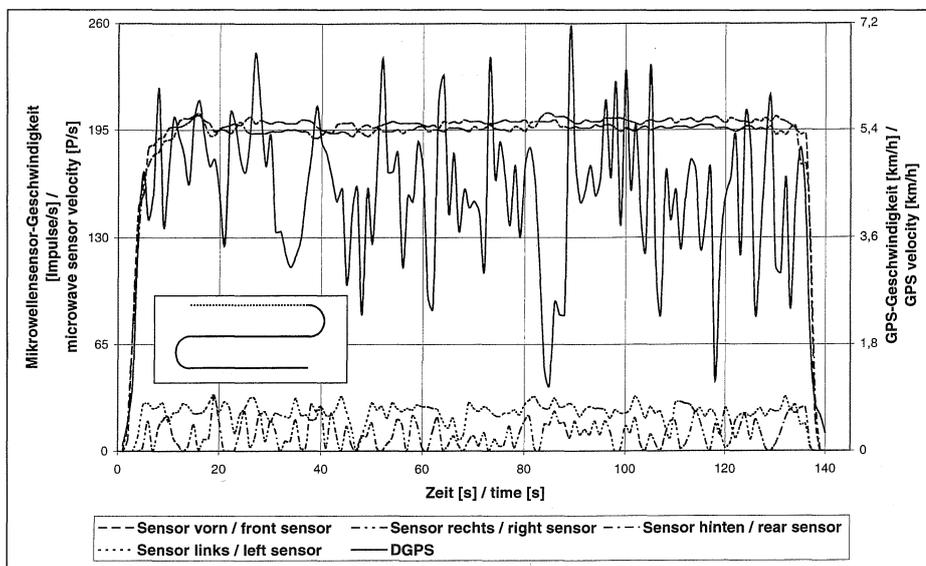


Bild 3: GPS- und Mikrowellensensor-Geschwindigkeit bei Messfahrt in Fahrspur 1 am Waldrand

Fig. 3: Velocity measured by GPS and microwave sensors on lane 1 on forest edge

chen Fahrzeugen scheitert bei der geforderten Genauigkeit am Preis. Radsensoren werden aufgrund des Schlupfs bei Landmaschinen nicht berücksichtigt.

Bild 1 verdeutlicht die durch die Signalabschattung auftretenden Ortungsfehler. Im dargestellten Versuch wurden drei Fahrten in unterschiedlichen Abständen zum Wald durchgeführt. Zur Aufzeichnung der Positionsdaten standen zwei verschiedene DGPS-Systeme zur Verfügung. Die Fahrspur 1 am Waldrand mit der größten Abschattung weist auch den größten Ortungsfehler auf. Fahrspur 3 in einer Entfernung von rund 14 m vom Waldrand gibt den tatsächlichen Fahrverlauf gut wieder.

Lösung

Landwirtschaftliche Untersuchungen [2] haben gezeigt, dass Mikrowellensensoren unter schwierigen landwirtschaftlichen Bedingungen zuverlässig und genau arbeiten und für die schlupffreie und berührungslose Weg- und Geschwindigkeitsmessung geeignet sind.

In einem Prüfstand, in welchem translatorische Fahrzeugbewegungen simuliert werden können, finden die Untersuchungen der Mikrowellensensoren in Kreuz-Janus-Konfiguration statt. Dazu zählen die Kalibrierung der Sensoren, die Überprüfung der verschiedenen Anbaupositionen, -winkel, -richtungen und der Test der Sensoren über verschiedenem Grund. Unter einer Kreuz-Janus-Konfiguration ist folgende Anordnung der Mikrowellensensoren zu verstehen:

- Sensor vorn (in Fahrtrichtung vorwärts)
- Sensor hinten (entgegen der Fahrtrichtung)
- Sensor rechts
- Sensor links.

Mit dieser Anordnung werden Weg oder Geschwindigkeit des Fahrzeuges in den vier translatorischen Bewegungsrichtungen gemessen.

Die Prüfstandsergebnisse werden in der Praxis an einem Traktor mit Frontanbaurahmen oder Messkabine verifiziert (Bild 2). In den Praxisversuchen läuft die Datenaufzeichnung der Mikrowellensensoren und des DGPS parallel. Die Praxistests finden in geometrisch festgelegten Fahrspuren auf einem vermessenen Versuchsfeld statt. Zur Darstellung der Abschattungsproblematik verlaufen die Fahrspuren gerade in unterschiedlichen Abständen (0 m, 7 m, 14 m) und parallel zu einem Waldrand.

Als Referenzsystem für beide teiluntersuchungen steht das Infrarot-Tracking-System "Geodimeter System 4000" zur Verfügung. Es besitzt eine automatische Zielverfolgung für sich bewegende Objekte und zeichnet sich durch Messgenauigkeiten bei der Entfernungsmessung von etwa 3 cm aus.

Table 1 listet die bisher im Prüfstand und in Praxistests untersuchten Sensoren auf. Die vorgestellten Ergebnisse stammen aus Versuchen mit Mikrowellensensoren der Fa. Vansco. Diese Sensoren zeichnen sich durch eine geringe Querempfindlichkeit aus.

Ergebnisse

Die vorliegenden Messdaten wurden auf

Hersteller	DICKEY-john	Philips	Raven	Vansco	TRW	Datron
Typ	Radar Velocity Sensor II (RVS II)	RGSS-201	Raven Radar	True Ground Speed Sensor Model 338000	TGSS-011 True Ground Speed Sensor	M2-Sensor, M3-Sensor
Anzahl	2	2	2	4	2	1

Tab. 1: Untersuchte Mikrowellensensoren

Table 1: Investigated microwave sensors

dem Versuchsfeld mit einem Traktor Fendt Favorit 511C und angebaute Messkabine aufgezeichnet. Zur Verfügung standen zwei parallel arbeitende DGPS-Systeme:

- STAR TRACK DGPS mit Trimble CM3-DGPS-Empfänger und ALF-Korrektursignal (Accurate Positioning by Low Frequency),
- MAN GPS/GLONASS-Station NR-R 124 mit Ashtech GG24-DGPS-Empfänger und eigener lokaler Referenzstation (Ashtech GG24).

Bild 1 zeigt, dass das GPS/GLONASS-System den tatsächlichen Fahrverlauf deutlich besser wiedergibt als der STAR TRACK DGPS-Empfänger. Auffallend ist ein einmalig auftretender Ortungsfehler von rund 100 m. Die aufgezeichneten Daten des STAR TRACK DGPS-Empfänger weisen in der zweiten Fahrspur einen durchgehenden Fehler auf, so dass sich die gemessenen Positionsdaten von Fahrspur 2 und 3 überlagern.

In Bild 3 ist eine Gegenüberstellung der Geschwindigkeitssignale des STAR TRACK DGPS-Empfängers und der Mikrowellensensoren für eine Messfahrt parallel zum Waldrand in der Fahrspur 1 dargestellt. Die Datenausgabe der Mikrowellensensoren erfolgt in Impulse/s, wobei 130 Impulse/s einer Geschwindigkeit von 3,6 km/h entsprechen. Es ist die ungenaue, durch den STAR TRACK DGPS-Empfänger ermittelte Geschwindigkeit des Traktors und die präzise Wiedergabe der gefahrenen Geschwindigkeit durch die Sensoren vorn und hinten zu erkennen. Die Sensoren rechts und links registrieren ebenfalls eine Geschwindigkeit, die jedoch nicht real ist, sondern als Störeinfluss der Geschwindigkeit in Fahrtrichtung gewertet werden kann. Dieser Störeinfluss beruht auf der Querempfindlichkeit der Sensoren, welche durch geeignete Abschirmung aus Mikrowellenabsorbermaterial, wie beim rechten Sensor, vermindert werden kann.

Die 180°-Wendefahrt im Uhrzeigersinn, die sich an die in Bild 3 dargestellte Fahrt anschließt, zeigt, dass die seitlich montierten Sensoren eine Bewegung während der Kurvenfahrt registrieren. Der Sensor rechts zeichnet gegenüber Sensor links eine geringere Geschwindigkeit auf, da sein Weg kürzer ist. Die am Sensor rechts montierte Abschirmung verfälscht das Ergebnis während der Kurvenfahrt nicht.

Die Untersuchungen zeigten, dass das Koppelsystem auf Basis von Mikrowellensensoren den zurückgelegten Weg und die Geschwindigkeit des Fahrzeuges misst. Bewegungen senkrecht zur Fahrtrichtung, etwa bei Kurvenfahrten, werden von den Sensoren ebenso registriert. Diese Daten ermöglichen es, die Geschwindigkeiten in den vier verschiedenen translatorischen Bewegungsrichtungen darzustellen.