

Tiemo Schwenke und Wolfgang Karl, Freising

Fahrzeuglage und Fahrweg berührungslos erfassen

Mikrowellen-Doppler-Sensoren (Radarsensoren) eignen sich zur zuverlässigen, berührungslosen Weg- und Geschwindigkeitsmessung von Fahrzeugen. Zugleich lassen sich durch Anordnung mehrerer Radarsensoren der Streckenverlauf sowie Neigungswinkelfehler des Fahrzeuges über Grund bestimmen. Damit sind durch Nick- und Wankbewegungen hervorgerufene Messfehler bei der Satellitenortung mit (D)GPS kompensierbar. Zugleich arbeitet dieses System zusammen mit dem (D)GPS als Koppelortungssystem.

Ortungsgenauigkeit und dauerhafte Verfügbarkeit von GPS sind Kriterien für den zuverlässigen Einsatz von Satellitenortungssystemen. Effekte wie Abschattung und Mehrwegausbreitung der Satellitensignale durch lokale spezifische Gegebenheiten können trotz moderner Empfängertechnik und verfügbaren Korrekturdiensten zu fehlerbehafteten Positionsdaten oder Signalausfällen führen.

Zur Überbrückung von Signalausfällen oder fehlerbehafteten Positionsdaten kommen Koppelortungssysteme auf Basis berührungslos arbeitender Sensoren zum Einsatz. Im landwirtschaftlichen Einsatz haben sich Mikrowellen-Doppler-Sensoren (Radarsensoren) zur schlupffreien Geschwindigkeitsmessung bewährt.

Material und Methode

Für den Versuchsaufbau standen vier Radarsensoren (Vansco TGSS Modell 338000) zur Verfügung (Bild 1). In früheren Untersuchungen wurden drei Sensoren in einer Y-Anordnung an der Messkabine montiert [2]. Die M-Anordnung stellt eine Erweiterung der Y-Anordnung dar und verfügt über einen vierten Sensor [1]. Das hintere Sensorpaar HR/HL dient der Erfassung des Streckenver-

laufs, während das vordere Sensorpaar VR/VL vorzugsweise Wankbewegungen misst. Nickbewegungen lassen sich über die Messwerte beider Sensorpaare ermitteln. Zur Satellitenortung kam ein DGPS-Empfänger Trimble AgGPS 132 mit dem satellitengestützten Korrekturdienst OmiSTAR zum Einsatz. Die Messdaten der Radarsensoren und des DGPS wurden mit 1 Hz synchron aufgezeichnet.

Die Sensoranordnung wurde bei Messfahrten mit geradlinigen und krummlinigen Streckenverläufen untersucht. Prüfstanduntersuchungen der einzelnen Sensoren fanden bereits im Rahmen einer anderen Versuchsanordnung statt [2]. Die aus der Fahrzeugdynamik resultierenden Fehlerquellen wie Nick- und Wankbewegungen fanden bei den Untersuchungen besondere Berücksichtigung. Fahrten über Bordsteine dienten dabei der gezielten Erfassung von Fahrzeugneigungen.

Das Verhalten des in Bild 2 gezeigten Traktor-Messkabinen-Systems bei Kurvenfahrten wurde im Vorfeld modelliert. Unter Beachtung der geometrischen Parameter Abstrahlwinkel, Abstand und Ausrichtung der Sensoren sowie deren Höhe über Grund lassen sich aus den Messwerten jedes Sensors dessen Geschwindigkeit auf der Kreis-

Dr.-Ing. Tiemo Schwenke ist wissenschaftlicher Mitarbeiter des Fachgebietes Technik im Pflanzenbau am Department für Biogene Rohstoffe und Technologie der Landnutzung der TU München. Wolfgang Karl war Diplomand im selben Fachgebiet, Am Staudengarten 2, D-85354 Freising; e-mail: tiemo.schwenke@wzw.tum.de

Schlüsselwörter

GPS, Satellitenortung, Satellitenavigation, Koppelortungssysteme, Wegmessung, Geschwindigkeitsmessung

Keywords

GPS, satellite positioning, satellite navigation, dead reckoning system, path measurement, velocity measurement

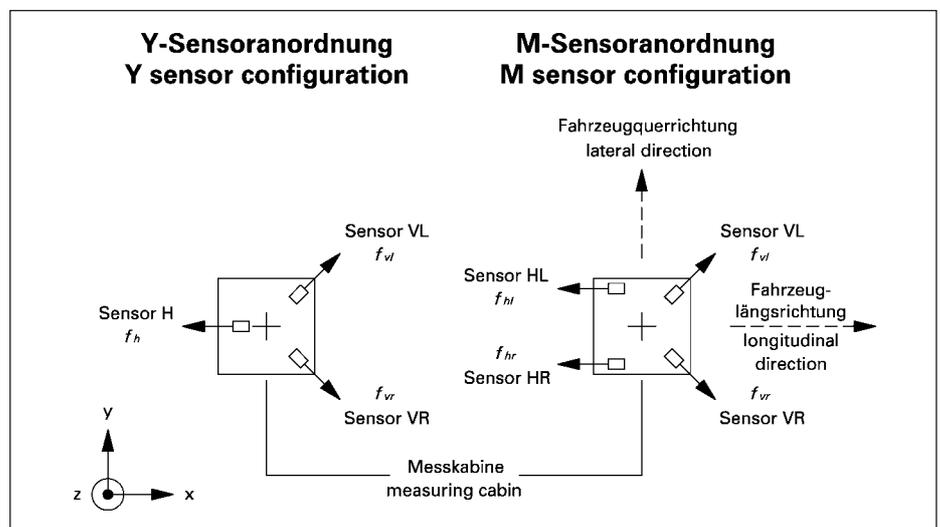


Bild 1: Lage der Sensoren

Fig. 1: Position of sensors

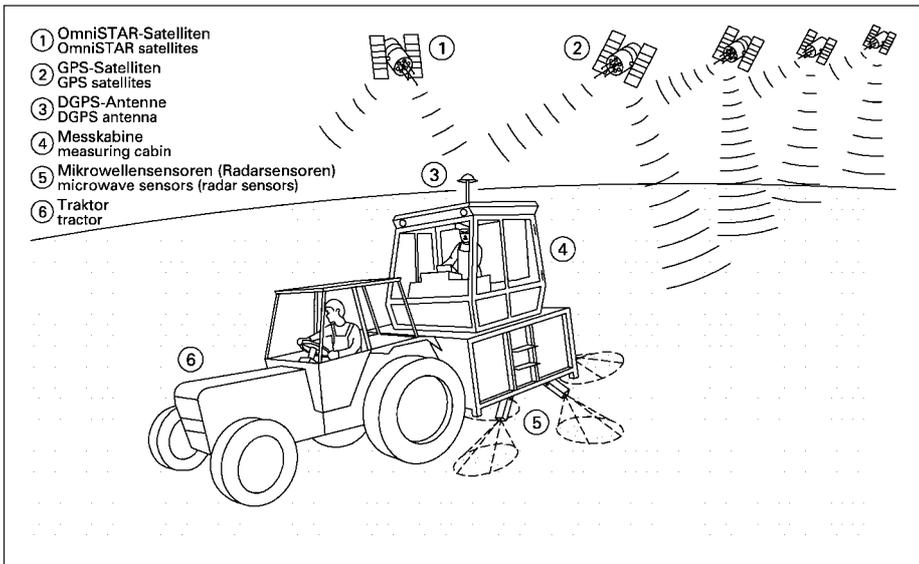


Bild 2: Messanordnung bei Feldversuchen

Fig. 2: Field measurement setup

bahn ableiten. Aus dem Verhältnis der Bahngeschwindigkeit der Sensoren HR und HL ergeben sich der Kurvenradius und die Bewegung in Fahrzeuginnen- und -außenrichtung. Die bei Nick- und Wankbewegungen auftretende Verschiebung der Messfenster der Sensoren über Grund (Footprint) führt zu einem Genauigkeitsverlust, der durch Berechnung von Nick- und Wankwinkel kompensierbar ist.

Ergebnisse und Ausblick

Bei geradlinigen Streckenverläufen beträgt der mittlere Fehler der Geschwindigkeiten zwischen Radarsensoren und DGPS 0,47% und liegt damit in der vom Sensorhersteller angegebenen Genauigkeitsspanne von $\pm 1\%$ bei 3 bis 70 km/h. Wankbewegungen haben auf das Messergebnis der Sensoren HR und HL keinen Einfluss. Erst ab einem Wankwinkel von 15° tritt ein Messfehler von 1,2% für die durch das vordere Sensorpaar ermittelte Geschwindigkeit in Fahrzeuginnenrichtung auf. Hingegen führt ein Nickwinkel von 10° bereits zu einem Messfehler von 4% bei der Geschwindigkeit in Fahrzeuginnenrichtung. Eine Korrektur der Geschwindigkeitsmesswerte mit den berechneten Nick- und Wankwinkeln kompensiert diese Messfehler.

Der mittlere Fehler der Kurvenradiusbestimmung über die Sensoren VR/VL bei Fahrten im Uhrzeigersinn (M-Nr. 4, 5 und 6) und entgegen dem Uhrzeigersinn (M-Nr. 1, 2 und 3) beträgt 6,6%, der über die Sensoren HR/HL 5,4% (Tab. 1). Dennoch ist die Abweichung einzelner Kurvenradien aus Sensor VR/VL zum DGPS-Kurvenradius zu groß, um eine zuverlässige Fahrwegberechnung durchführen zu können. Diese Aufgabe übernehmen, wie im Modell dargestellt, die Sensoren HR/HL. Über den aus den hinteren Sensoren berechneten Radius lässt sich

ein Sollwertverhältnis für die vorderen Sensoren zueinander ableiten. Werden diese damit korrigiert, könnte auch bei Kurvenfahrten eine Wankwinkelbestimmung näherungsweise möglich werden. Beim Vergleich der mittleren Geschwindigkeit über alle Radarsensoren mit der DGPS-Geschwindigkeit ergeben sich Abweichungen von -0,8% bis -2,3%. Den zeitlichen Verlauf eines über die Sensoren HR/HL ermittelten Kurvenradius zeigt Bild 3.

Mit der M-Anordnung steht ein leistungsfähiges System zur Bestimmung von gerad-

linigen und krummlinigen Fahrwegen und auftretenden Fahrzeugneigungen zur Verfügung. Mit den erzielten Genauigkeiten ist die Überbrückung von GPS-Signalausfällen möglich. GPS-Ortungsfehler aufgrund von Fahrzeugneigungen lassen sich korrigieren. Weiteres Entwicklungspotential besteht bei der Optimierung der Radarsensoren für die jeweilige Anbauposition und in der Integration eines entfernungsselektiven Messalgorithmus.

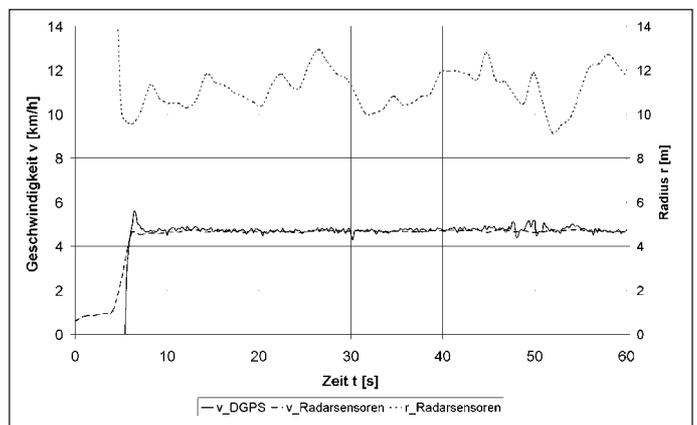
Literatur

Bücher sind mit • gezeichnet

- [1] Karl, W.: Experimentelle Untersuchungen einer Messanordnung von Radarsensoren zur Geschwindigkeits- und Wegmessung an landwirtschaftlichen Fahrzeugen. Diplomarbeit, TU München, Weihenstephan, 2002
- [2] • Schwenke, T.: Experimentelle Untersuchungen von Koppelortungssystemen für GPS auf Basis von Mikrowellensensoren im landwirtschaftlichen Einsatz. Dissertation, TU München, Weihenstephan, 2001, Forschungsbericht Agrartechnik 371
- [3] Schwenke, T. und H. Auernhammer: GPS-Stützung mit Mikrowellensensoren in der Landwirtschaft. VDI-MEG Tagung Landtechnik 2000, Münster, VDI-MEG, VDI-Verlag, Düsseldorf, S. 301-306
- [4] Schwenke, T. und H. Auernhammer: Untersuchung eines Koppelsystems zur Unterstützung der autonomen Positionierung landmobiler Anwendungen mit GPS. DGON-Seminar Satnav 98, DGON, Bonn, 1998, S. 141-146

Bild 3: Geschwindigkeit und Radius einer Kreisfahrt

Fig 3: Velocity and radius of a circular path



Tab. 1: Bestimmung von Geschwindigkeit und Radius mit DGPS und Radarsensoren bei Kreisfahrten

Table 1: Velocity and radius measurement with DGPS and radar sensors on a circular path

M-Nr.	Geschwindigkeit			Radius				
	DGPS	Radarsensoren	Fehler	DGPS	Radarsensoren HR/HL	Fehler	Radarsensoren VR/VL	Fehler
	[km/h]	[km/h]	[%]	[m]	[m]	[%]	[m]	[%]
1	4,75	4,70	-1,1	10,68	11,22	5,1	10,94	2,4
2	4,79	4,68	-2,3	10,94	11,78	7,7	12,73	16,4
4	6,67	6,62	-0,8	10,77	11,28	4,7	10,98	1,9
5	7,22	7,09	-1,9	11,15	11,79	5,7	12,55	12,6
3	10,04	9,97	-0,8	10,89	11,32	3,9	10,62	-2,5
6	9,61	9,41	-2,1	11,04	11,62	5,3	12,03	9,0