

KFZ Radarsensor zur Objekterkennung im landwirtschaftlichen Umfeld

Es wurde die Eignung eines KFZ Radarsensors zur Objekterkennung im landtechnischen Umfeld geprüft. Der ausgewählte Medium-Range-Radarsensor ist in der Lage, sowohl Objekte aus organischem Material als auch Maschinen zu erkennen. Die Genauigkeit der Entfernungsmessung des Radarsensors ist für eine Objekterkennung ausreichend. Die Korrelation der Objekterkennung mit realen Zielen war zunächst nicht zufrieden stellend. Durch eine nachträgliche Datenverarbeitung konnte die Korrelation zwischen Messungen und realen Zielen verbessert werden.

Dipl.-Ing. Cornelia Weltzien ist wissenschaftliche Mitarbeiterin am Institut für Landmaschinen und Fluidtechnik der TU Braunschweig (Leiter: Prof. Dr.-Ing. Dr. h.c. H.-H. Harms), Langer Kamp 19a, 38106 Braunschweig; e-mail: c.weltzien@tu-bs.de
Prof. Dr.-Ing. Norbert Diekhans ist Leiter der Abteilung Vorentwicklung Elektronik bei der Firma Claas SE, Münsterstr. 33, 33428 Harsewinkel. Das Projekt wurde von der Firma Claas finanziert.

Schlüsselwörter

Radar, Objekterkennung, Fahrerassistenzsystem

Keywords

Radar, object detection, driver assistance system

Literatur

- [1] s.m.s. smart microwave sensors GmbH: Full Documentation Universal Medium Range Radar "UMRR", 2005
- [2] N.N.: Lasermesssysteme LMS 2xx. Technische Beschreibung, SICK AG, Division Auto Ident Düsseldorf, 2003

Der Einsatz von Lenkhilfen entlastet die Maschinenbediener von der Fahraufgabe, damit diese sich besser auf die Bedienung und Einstellung der Maschine konzentrieren können. Dies bedeutet im Umkehrschluss, dass sich beim Einsatz eines automatischen Lenksystems die Aufmerksamkeit des Fahrers auf den Fahrweg reduziert. Um dennoch eine sichere Maschinensteuerung zu gewährleisten, wird eine Überwachung der Fahrzeugumgebung notwendig.

Da die Objekterkennung auch in Fahrerassistenzsystemen im PKW eine große Rolle spielt, wurde ein Radarsensor aus diesem Bereich ausgewählt. Ziel war es, Genauigkeit und Zuverlässigkeit des ausgewählten Radarsensors im landwirtschaftlichen Umfeld zu untersuchen und somit das Potenzial des KFZ Radarsensors für den Einsatz in Sicherheitseinrichtungen zu ermitteln.

Der Radarsensor

Der „Universal Medium Range Radarsensor“ (UMRR) wurde für eine PKW-Einparkhilfe entwickelt. Es handelt sich um ein Puls-Doppler Radar zur Messung dynamischer Objekte. Der Sensor ist mehrzielfähig, er ist in der Lage, bis zu 30 Objekte gleichzeitig zu erkennen. Die Signalfrequenz beträgt 24 GHz. Der Messbereich reicht von 1 m bis 20 m. Der Sensor gibt die Leistungsdichte des reflektierten Signals, die Polarkoordinaten und die Radialgeschwindigkeit sowie die Anzahl der detektierten Objekte aus. Die Radarkeule hat eine quasi zweidimensionale Ausdehnung. Der Öffnungswinkel

in der Elevation beträgt $\sim 45^\circ$, im Azimuth hingegen weniger als 10° . Die Ränder der Radarkeule sind nicht scharf begrenzt [1].

Versuchsaufbau

Der Versuchsaufbau I (Bild 1) wurde genutzt, um die Genauigkeit der Entfernungsmessung sowie die Zuverlässigkeit der Objekterkennung des Sensors zu überprüfen. Dazu wurden statische und dynamische Messungen sowohl mit einem Objekt (Versuch „Einzelobjekt“) und mehreren Objekten (Versuch „Multi-Objekt“) durchgeführt.

Als Versuchsobjekt wurde ein Metallrohr mit einer Länge von 1,5 m und einem Durchmesser von $\varnothing 0,35$ m senkrecht aufgestellt. Für die statischen Versuche wurde das Objekt an verschiedenen Punkten im Erfassungsbereich der Radarkeule aufgestellt (Bild 1). Während der dynamischen Versuche wurde das Objekt von rechts nach links durch den Erfassungsbereich gezogen. Der Versuch „Einzelobjekt“ wurde auf einer freien Fläche ohne weitere Hindernisse durchgeführt. Das Versuchsobjekt wurde für den Versuch „Multi-Objekte“ vor einer massiven Wand positioniert (Bild 1). Fahrzeug basierte Versuche wurden durchgeführt, um die Fahrzeugerkennung zu überprüfen. Zusätzlich wurde die Reflektionsstärke des Radarsignals bei der Detektion von organischem Material untersucht.

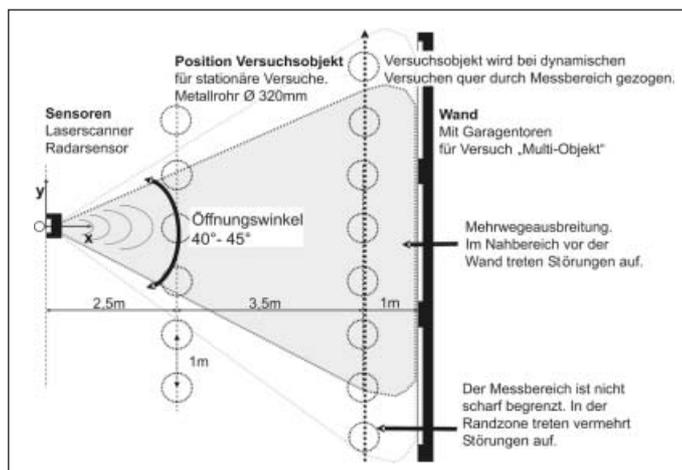


Bild 1: Versuchsaufbau I, Grundlagenversuche, Objekterkennung

Fig.1: Test set-up I, basic tests, object detection

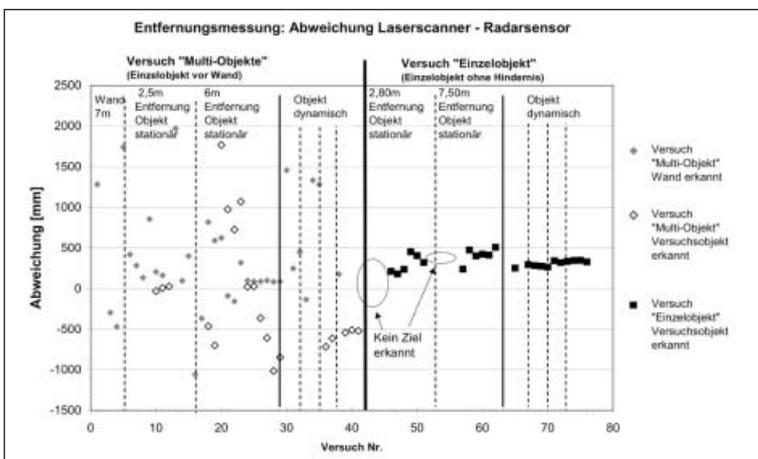


Bild 2: Ergebnisse der Entfernungsmessung, Abweichungen zwischen Laserscanner Referenzmessungen und Radarsensor Messwerten

Fig. 2: Results of the distance measurements, deviation between Laser reference data and radar sensor readings.

Die Entfernungsmessungen wurden mit einem Laserscanner „Sick LMS 291-S05“ mit einer Genauigkeit von ± 35 mm referenziert [2].

Ergebnisse

Die Versuchsergebnisse zeigen, dass der gewählte Sensor bewegte Objekte im landwirtschaftlichen Umfeld ohne Probleme erkennt. Schmutz und Staub beeinträchtigen die Messungen nicht nachweislich.

Da der Sensor für dynamische Messungen entwickelt wurde, zeigen sich einige Probleme in der Zuverlässigkeit bei statischen Messungen. Durch sensorinterne Signalstörungen kommt es zur fälschlichen Detektion von nicht existierenden, virtuellen Zielen. Diese Signalstörungen können aufgrund des Sensoraufbaus nur bei bewegten Zielen erfolgreich unterdrückt werden.

Die Leistungsdichte des reflektierten Signals hängt neben dem Material von der Entfernung, dem Einfallswinkel des Radarsignals, den geometrischen Abmessungen und der Oberflächenstruktur des Objektes ab. Im Feldeinsatz variieren sowohl die Entfernung zum Objekt als auch der Einfallswinkel ständig. Daraus resultiert, dass die Leistungsdichte des reflektierten Signals bei der Detektion eines Objekts sehr stark schwankt. Die Genauigkeit der Entfernungsmessungen wird durch das Material nicht beeinflusst.

Entfernungsmessung

Der Versuch „Einzelobjekt“ zeigt, dass der Radarsensor in der Lage ist, stark reflektierende Objekte mit einer guten Genauigkeit zu erfassen. Die Abweichung zwischen der Entfernungsmessung mit dem Radarsensor und der Referenzmessung mit dem Laserscanner ist in Bild 2 dargestellt. Die Standardabweichung (Std.) aller Messungen des Versuchs „Einzelobjekt“ beträgt ± 90 mm (Bild 2, rechte Seite). Betrachtet man ausschließlich die dynamischen Messungen, so verbessert sich die Standardabweichung auf ± 35 mm, wohingegen die Messergebnisse nur der statischen Versuche eine Standardab-

weichung von ± 110 mm aufweisen. Dies verdeutlicht den positiven Einfluss der Objektbewegung auf das Messergebnis.

Die linke Seite von Bild 2 illustriert die Ergebnisse des Versuchs „Multi-Objekte“. Vergleicht man die linke Seite von Bild 2 mit der rechten Seite (Versuch „Einzelobjekt“) wird deutlich, dass das Messergebnis im Versuch „Multi-Objekte“ durch Mehrwegeausbreitung des Radarsignals zwischen den Objekten negativ beeinflusst wird. Die Standardabweichung aller Ergebnisse des Versuchs „Multi-Objekte“ beträgt ± 700 mm. In diesem Fall verbessert sich das Ergebnis durch die dynamische Situation nicht.

Objekterkennung

Die Fahrzeugerkennung ist problemlos möglich. Die Genauigkeit der Entfernungsmessung zwischen zwei Fahrzeugen beträgt $\pm 0,14$ m (Std.).

Während des Versuchs „Multi-Objekte“ wurde das Versuchsobjekt vor der Wand nicht immer zuverlässig erkannt. Dies bedeutet, dass ein kleineres oder schwächer reflektierendes Objekt durch die stärkere Reflektion eines größeren Objekts verdeckt werden kann.

Ein weiteres Problem liegt in der Korrelation der Messungen mit realen Objekten. Die

Schwierigkeit liegt hierbei in der Unterscheidung zwischen falschen Reflektionen unbekanntem Ursprungs und den Reflektionen von realen Objekten. Insgesamt erkennt der Sensor zu viele virtuelle Ziele, hervorgerufen durch Mehrwegeausbreitung oder sensorinterne Signalstörungen. Im Versuch „Multi-Objekte“ entsprach lediglich in 10 % der Messungen die Anzahl der erkannten Objekte exakt der Anzahl der realen Objekte.

Nachbearbeitung der Messdaten

Zur Verbesserung der Korrelation bei der Objekterkennung wurde ein Softwareskript zur Klassierung und Filterung der Daten entwickelt. Datensätze mit niedrigem Mittelwert der Leistungsdichte und hoher Standardabweichung der Entfernungsmessung wurden als Störung identifiziert und gelöscht. Durch die Nachbearbeitung der Daten konnte die Korrelation der Objekterkennung mit realen Objekten auf bis zu 70 % deutlich verbessert werden (Bild 3).

Fazit

Sowohl Radarsensoren als auch die dazugehörige Messdatenverarbeitung werden für spezifische Einsätze entwickelt. Es handelt sich daher um hoch spezialisierte Systeme. Die Adaption eines Radarsensors aus dem KFZ-Bereich an den landwirtschaftlichen Einsatz ist nicht ohne Abstriche in der Arbeitsqualität und der Zuverlässigkeit möglich. Um Radarsensoren aus dem KFZ-Bereich erfolgreich in der Landtechnik einsetzen zu können, muss die Messdatenverarbeitung angepasst werden. Die hier entwickelten Filtermethoden haben deutliche Verbesserungen der Ergebnisse gezeigt, sind aber für die Verwendung in einem Sicherheitssystem noch nicht ausreichend.

Bild 3: Objekterkennung, Korrelation der Messdaten mit realen Objekten; Vergleich der Rohdaten und Daten nach der Bearbeitung

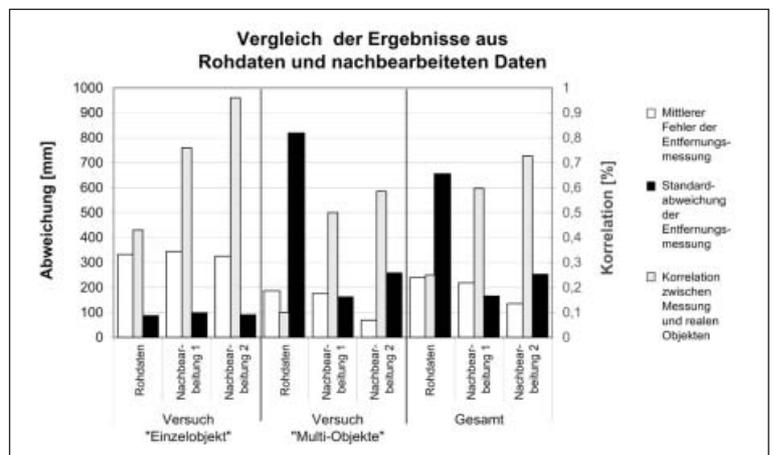


Fig. 3: Object detection, correlation of measurements with real objects; comparison of raw data vs. results from post processing