

## **Untersuchungen an Radar- und Ultraschallsensoren zum Einsatz für die berührungslose Wegmessung in der Landwirtschaft**

*Dipl.-Ing. agr. M. Demmel, T. Muhr, Dr. H. Auernhammer,  
Freising-Weihenstephan*

### Einleitung und Zielsetzung

Im Hinblick auf eine betriebswirtschaftliche und ökologische Optimierung von Düngungs- und Pflanzenschutzmaßnahmen in der Landwirtschaft spielt die exakte Dosierung und Ausbringung der eingesetzten Präparate eine zentrale Rolle. Mit Hilfe von berührungslos arbeitenden Weg-/Geschwindigkeitsaufnehmern könnte ein möglichst hochwertiges Signal gewonnen werden, das als Eingangsgröße in nachgeschaltete Regeleinrichtungen an Mineraldüngerstreuern, Pflanzenschutzspritzen und Sämaschinen eingespeist werden kann, um auf diese Weise eine exakte wegproportionale Ausbringung zu gewährleisten.

Seit geraumer Zeit sind Radar- und Ultraschallsensoren aus den USA kommend und auf die Erfordernisse des landwirtschaftlichen Einsatzes abgestimmt am europäischen Markt erhältlich. Ein anfänglich hoher Preis und Zweifel an ihrer Funktionssicherheit und Genauigkeit verhinderten eine stärkere Verbreitung. In letzter Zeit hat mit dem fortschreitenden Einsatz der elektronischen Hubwerksregelung mit Schlupfregelung ein Fabrikat Eingang in die Serienproduktion der Schlepperhersteller gefunden. Über die Eignung dieser Sensoren für die Wegmessung im Zusammenhang mit der Regelung von Verteileinrichtungen liegen unterschiedliche Aussagen vor, obwohl sie in einem begrenzten Umfang bereits im Einsatz sind.

Im Rahmen einer Untersuchung wurde im Sommer 1988 die Eignung von vier für den Einsatz in der Landwirtschaft konzipierten berührungslos arbeitenden Weg-/Geschwindigkeitssensoren in Feldversuchen geprüft. Das Ziel dieser Versuche war es spezifische Spannweiten der Impulsraten und der Meßfehler in Abhängigkeit von der "durchfahrenen" Kultur (Gras, Kartoffelbestand, Weizenbestand nach dem Ährenschieben, StoppeIn), von der Fahrtgeschwindigkeit und von der Meßstreckenlänge zu ermitteln.

Prüfstandversuche im Frühjahr und im Sommer 1989 sollten die Veränderung der Signalgüte in Abhängigkeit vom Strahlwinkel, der Fahrgeschwindigkeit und der Meßstreckenlänge aufzeigen.

### Methodisches Vorgehen

Für die Feldversuche stand als Trägerfahrzeug ein 59 kW Allrad-Geräte-träger zur Verfügung. Die vier Sensoren wurden an einem seitlichen Ausleger in Fahrzeugmitte so angebracht, daß die Fahrbahn im Spurbereich durch die nach hinten unten sendenden Sensoren abgetastet wurde. Zum Einsatz kamen die Radarsensoren von TRW und Dickey John sowie die Ultraschallsensoren von Mikro-Trak und Krone.

Die Messungen erfolgten über folgende Oberflächen:

Winterweizenbestand	(Wuchshöhe 75 cm, Fahrt in Fahrgassen) 5 Geschwindigkeitsstufen, 60 Wiederholungen
Kartoffeln	(Geschlossener Krautbestand) 2 Geschwindigkeiten, 16 Wiederholungen
Klee gras	(Kurz gemäht) 2 Geschwindigkeiten, 16 Wiederholungen
Getreidestoppeln	(Höhe 15 cm) 3 Geschwindigkeiten, 30 Wiederholungen
Asphalt	(trocken) 3 Geschwindigkeiten, 24 Wiederholungen
Senf-Zwischenfrucht	(Wuchshöhe 80 - 120 cm, keine Fahrgassen) 1 Geschwindigkeit, 72 Wiederholungen, 2 Meßstreckenlängen

Das Zähltor der auf dem Fahrzeug angebrachten Auswerteeinheit wurde über eine Lichtschranke angesteuert. Mit Reflektoren versehene Metallstäbe die im Abstand von 400 cm (bei Senf 100 cm und 50 cm) in den Boden getrieben wurden bildeten die Meßstrecke. Als Meßgröße diente die Anzahl der Impulse, die über die Meßstrecke registriert wurden. Die Fahrzeuggeschwindigkeiten wurden über eine mechanische Fixierung der Motordrehzahl konstant gehalten und mittels des Zeittors der Auswerteeinheit kontrolliert.

Als Prüfstand diente zum einen ein Gumminoppenband einer Ballenschleuder das mittels Hydromotor angetrieben ausreichend hohe und konstante Geschwindigkeiten ermöglichte. Ein für Gewächshaustische entwickelter und für eine Geschwindigkeit von 1,3 m/s modifizierter Sprühwagen ermöglichte einen zweiten Prüfstandaufbau über natürlichem Boden.

## Ergebnisse

Zusammenfassend führten die Feldversuche zu folgenden Ergebnissen:

- Bei Montage der Sensoren in der Schlepperspur zwischen Vorder- und Hinterrad kann bei den Radarsensoren der empfohlene Anbauwinkel meist nicht eingehalten werden.
- Schwingungen und Vibrationen, die von der Montage der Sensorhalterung am Motorblock herrühren verfälschen die Meßergebnisse und müssen durch geeignete Maßnahmen (Entkoppeln mit Schwingmetallen) eliminiert werden.
- Eine Beeinflussung der Impulsraten und der Fehler durch unterschiedliche Fahrgeschwindigkeiten fällt auf, eine bestimmte Beziehung kann allerdings nicht hergestellt werden.
- Der 95 % Vertrauensbereich der relativen Fehler der vier Sensoren über alle Versuchsvarianten beträgt  $\pm 5,5\%$ ,  $\pm 4,2\%$ ,  $\pm 2,8\%$  und  $\pm 2,8\%$ . Ein Sensor scheidet durch seine Fehlfunktion auf Asphalt für den landwirtschaftlichen Einsatz aus. Zwei Sensoren zeichnen sich durch konstante Impulsraten und durch geringe relative Fehler aus. Ein weiterer Sensor zeigte bei kleinen relativen Fehlern eine große Spannweite der Impulsraten über den unterschiedlichen Untergründen.

Die auf beiden Prüfständen durchgeführten Messungen ergaben folgende Aussagen:

- Die Abhängigkeit der Impulsraten vom Strahlungswinkel zeigt in etwa den gemäß der Dopplergleichung zu erwartenden Verlauf.
- Dieser Verlauf und die weitgehend gleichbleibenden Vertrauensbereiche der Impulsraten lassen eine Montage der Sensoren auch unter steileren Winkeln zu. Allerdings ist mit einer solchen Montage unter steilerem Winkel eine Verminderung der Auflösung der Wegstrecke verbunden.
- Unterschiedliche Fahrgeschwindigkeiten führen auch hier nicht zu gerichteten Fehlern.