

Bild 10. Gemittelte Querverteilung einer Flachstrahlndüse mit unterschiedlichen Fahrgeschwindigkeiten

## 5. Zusammenfassung

Sogenannte Restschleier, die beim Feldspritzen hinter den Düsen entstehen, können nachteilige Folgen haben, da im wesentlichen sie zur Abdriftgefahr beitragen. Die Untersuchungsergebnisse zeigen, daß die Entstehung und die Größe der Restschleier beim Einsatz gleichartiger Düsen im wesentlichen von der Fahrgeschwindigkeit abhängen. Dagegen hat der Spritzdruck im üblichen Anwendungsbereich nur untergeordneten Einfluß.

Bei größerer Fahrgeschwindigkeit wird der Feintropfenanteil, der bei jeder Druckzerstäubung entsteht, in Form eines Restschleiers weiter auseinandergezogen. Dadurch wird dem herrschenden natürlichen Wind eine größere Angriffsfläche geboten, so daß sich in der Zeiteinheit eine größere Abdriftmenge ergibt. Die Länge des Restschleiers ist annähernd proportional der Fahrgeschwindigkeit. Die Sedimentationszeit ist nahezu unabhängig von der Länge des Schleiers.

## Schrifttum

- [ 1 ] Zasko, J.: Tropfengrößenanalyse unter besonderer Berücksichtigung der Zerstäubung im chemischen Pflanzenschutz. Diss. Technische Universität Berlin, 1973, S. 41/61.
- [ 2 ] Ranz, W.E. u. W.R. Marshall: Evaporation from drops. Chem. Engng. Progr. Bd. 48 (1952) S. 141/46 u. 173/80.
- [ 3 ] Hosseinipour, M.: Einfluß der meteorologischen Daten auf die Drift bei der Applikation von Pflanzenschutzmitteln. Diss. Technische Universität Berlin, 1979, S. 69/71.
- [ 4 ] Brauer, H.: Grundlagen der Einphasen- und Mehrphasenströmungen. Aarau/Frankfurt a. Main: Sauerländer 1971, S. 216/61.
- [ 5 ] Williamson, R.E. u. E.D. Threadgill: A simulation for the dynamics of evaporating spray droplets in agricultural spraying. Transactions of ASAE Bd. 17 (1974) Nr. 2, S. 254/61.

# Untersuchungen zur Messung der Arbeitsgeschwindigkeit von Landmaschinen mit Hilfe eines Radargerätes

Von Helmut Fichtel und Syed Mohamed Ismail, Stuttgart-Hohenheim\*)

DK 631.372:531.767:629.1.053.2

Für verschiedene Arbeiten in der Landwirtschaft wäre ein berührungslos arbeitendes Meßgerät zur Bestimmung der Arbeitsgeschwindigkeit vorteilhaft. In diesem Zusammenhang sind Radargeräte, die nach dem Prinzip des "Doppler-Effektes" arbeiten, von besonderem Interesse. Ein solches Gerät wurde eingehend untersucht, wobei der Einfluß verschiedener Parameter auf die Meßgenauigkeit des Gerätes ermittelt wurde. Über die diesbezüglichen Versuchsergebnisse wird in diesem Beitrag berichtet.

## 1. Einleitung

Infolge steigender Betriebskosten, insbesondere infolge steigender Treibstoffkosten und steigender Arbeitslöhne ist es erforderlich, die Produktivität landwirtschaftlicher Maschinen in Hinsicht auf den Arbeits- und Energiebedarf zu erhöhen. Dazu ist es vielfach notwendig, die Arbeitsgeschwindigkeit der betreffenden Maschinen genau zu messen. Bei Düngerstreuern und Drillmaschinen beispielsweise wäre die Kenntnis der Arbeitsgeschwindigkeit von großem Nutzen, um die Ausbringung pro Flächeneinheit zu regeln

oder dem Fahrer anzuzeigen. Für Pflanzenschutzspritzen existieren bereits Regelsysteme, die mit Hilfe eines Geschwindigkeitssignals den Spritzdruck bzw. den Flüssigkeitsdurchsatz oder die Konzentration der Spritzbrühe regeln [1, 2, 3]. So ist es möglich, die pro Flächeneinheit ausgebrachte Menge an Pflanzenschutzmitteln auch bei schwankender Fahrgeschwindigkeit konstant zu halten.

Eine im landtechnischen Versuchswesen weit verbreitete Art der Geschwindigkeitsmessung besteht darin, ein zusätzliches Rad am Schlepper zu befestigen, das nahezu schlupflos auf dem Boden abrollt [4, 5, 6]. Dieses sogenannte 5. Rad liefert zwar sehr zuverlässige Meßwerte, jedoch ist die Handhabung und insbesondere die Anbringung am Schlepper nicht ganz problemlos. Deshalb wäre es sehr wünschenswert, eine berührungslos arbeitende Geschwindigkeitsmeßeinrichtung zur Verfügung zu haben, die am Schlepper befestigt wird und so in Verbindung mit sämtlichen Maschinen benutzt werden kann.

Eine Möglichkeit zur berührungslosen Geschwindigkeitsmessung ist die Verwendung eines Radargerätes [6, 7, 8]. Für den Einsatz in der Landwirtschaft sind im Ausland schon seit einiger Zeit Radargeräte auf dem Markt. Eine Verbreitung dieser Geräte in der deutschen Landwirtschaft scheiterte bisher aber an dem zu hohen Preis und der fehlenden Zulassung durch die Deutsche Bundespost. In jüngster Zeit hat jedoch die deutsche Landmaschinenindustrie wieder verstärktes Interesse an Radargeräten zur Geschwindigkeitsmessung gezeigt. Deshalb wurde diese Meßmethode im Rahmen eines von der Deutschen Forschungsgemeinschaft finanzierten Forschungsprojektes zur Optimierung des Schleppereinsatzes ausführlich untersucht.

\*) Dipl.-Ing. agr. H. Fichtel ist wissenschaftlicher Mitarbeiter am Lehrstuhl für Verfahrenstechnik in der Pflanzenproduktion (Leiter: Prof. Dr.-Ing. A. Stroppel) der Universität Hohenheim und S.M. Ismail, M. Eng., war Stipendiat des DAAD am gleichen Lehrstuhl.

Beim Kauf eines Radargerätes sollte unbedingt darauf geachtet werden, daß das Gerät eine FTZ-Prüfnummer der Deutschen Bundespost besitzt, da das Betreiben von Radargeräten ohne FTZ-Prüfnummer in der Bundesrepublik Deutschland nicht zulässig ist. Die Erteilung einer FTZ-Prüfnummer ist im wesentlichen davon abhängig, ob das Radargerät mit einer von der Deutschen Bundespost zugelassenen Frequenz arbeitet.<sup>1)</sup> Für Radargeräte zur Erfassung von Bewegungsvorgängen sind von der Deutschen Bundespost folgende Frequenzbereiche zugelassen [9]: 9,33–9,37 GHz, 9,45–9,49 GHz und 13,4–14,0 GHz.

## 2. Beschreibung des untersuchten Radargerätes

Das untersuchte Radargerät besitzt einen Doppler-Radar-Modul mit Sender und Empfänger. Der Modul sendet ein kontinuierliches Signal mit einer Frequenz  $\nu_1$  im GHz-Bereich, das auf die Bodenoberfläche gerichtet ist. Dieses hochfrequente Signal wird vom Boden reflektiert und von dem Modul wieder empfangen. Der Frequenzunterschied  $\Delta\nu_1$  zwischen gesendetem Signal und empfangenem Signal ist proportional der Geschwindigkeit ("Doppler-Effekt"). Außerdem besitzt das Radargerät einen Impulsgeber, der Impulse mit der Frequenz  $\nu_2$  erzeugt. Die Impulsfrequenz  $\nu_2$  ist proportional dem Frequenzunterschied  $\Delta\nu_1$ . D.h. die Impulsfrequenz  $\nu_2$  ist ebenfalls proportional der Geschwindigkeit, oder anders ausgedrückt, die Anzahl der Impulse ist proportional dem zurückgelegten Weg.

Bei den nachfolgend beschriebenen Untersuchungen erzeugte das Radargerät pro Meter zurückgelegten Weges 1 Impuls, d.h. die Impulsfrequenz  $\nu_2$  betrug 1 Hz bei einer Geschwindigkeit von 3,6 km/h. Durch Verändern der elektrischen Schaltung kann das Radargerät auch 46 Impulse pro Meter zurückgelegten Weges erzeugen, die Impulsfrequenz  $\nu_2$  beträgt dann 46 Hz bei einer Geschwindigkeit von 3,6 km/h. Außerdem kann mit Hilfe eines Potentiometers die Empfindlichkeit des Radargerätes verändert werden. Das Radargerät arbeitet mit einer Spannung von 12 V, die von der Schlepperbatterie geliefert wird.

## 3. Versuchsdurchführung

### 3.1 Parameter

Die Versuche mit dem Radargerät wurden sowohl in der Bodenrinne als auch auf dem Feld durchgeführt. Bild 1 und 2 zeigen die Anbringung des Radargerätes am Schlepper. In Bild 2 sind die bei den Untersuchungen veränderten Parameter eingetragen. Die untersuchten Parameter sind:

- Fahrgeschwindigkeit  $v$ :  
Landwirtschaftliche Arbeiten werden in einem relativ großen Geschwindigkeitsbereich durchgeführt. Um die Meßgenauigkeit des Radargerätes in einem für landwirtschaftliche Arbeiten wichtigen Geschwindigkeitsbereich zu testen, wurden 4 verschiedene Geschwindigkeiten ausgewählt:  $v = 2,5; 5,0; 7,5; 10,0$  km/h.
- Neigungswinkel  $\gamma$  des Radargerätes gegenüber der Bodenoberfläche:  
Um eine möglichst große Meßgenauigkeit zu erzielen, muß das Radargerät einen bestimmten gerätespezifischen Neigungswinkel gegenüber der Bodenoberfläche haben. Um festzustellen, in welchem Bereich dieser optimale Neigungswinkel liegt und wie sich eine Abweichung von diesem optimalen Neigungswinkel auswirkt, wurde die Meßgenauigkeit des Radargerätes bei 3 verschiedenen Neigungswinkeln gegenüber der Bodenoberfläche untersucht:  $\gamma = 40; 45; 50^\circ$ .

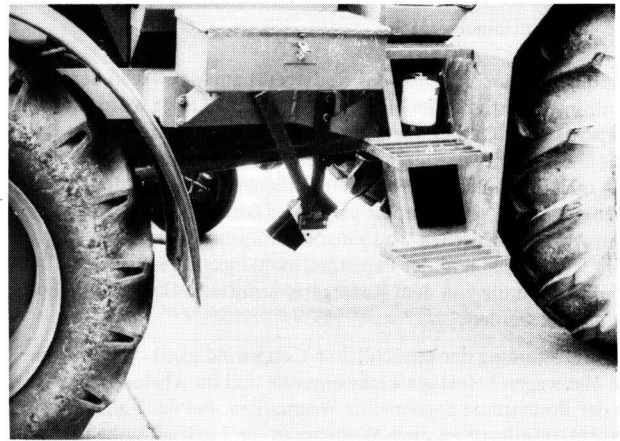


Bild 1. Anbringung des Radargerätes am Schlepper.

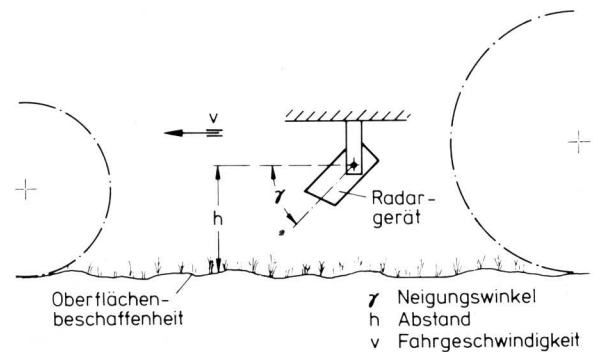


Bild 2. Anbringung des Radargerätes am Schlepper (schematisch) und bei den Untersuchungen veränderte Parameter.

- Abstand  $h$  des Radargerätes von der Bodenoberfläche:  
Der Abstand des Radargerätes von der Bodenoberfläche beeinflusst die Stärke des reflektierten Signals und dürfte somit auch einen Einfluß auf die Meßgenauigkeit haben. Um herauszufinden, wie sich der Abstand des Radargerätes von der Bodenoberfläche auf die Meßgenauigkeit auswirkt und in welcher Höhe das Radargerät am Schlepper angebracht werden sollte, wurde die Meßgenauigkeit des Radargerätes bei 6 verschiedenen Abständen von der Bodenoberfläche untersucht:  $h = 30; 40; 50; 60; 70; 100$  cm.
- Nickbewegungen des Schleppers:  
Beim Überfahren von Bodenunebenheiten führt der Schlepper Nickbewegungen aus. Diese Nickbewegungen können die Meßgenauigkeit des Radargerätes in zweifacher Weise beeinflussen. So wird sich zum einen der Neigungswinkel des Radargerätes gegenüber der Bodenoberfläche und zum anderen der Abstand des Radargerätes zur Bodenoberfläche laufend verändern. Um feststellen zu können, ob die Nickbewegungen einen Einfluß auf die Meßgenauigkeit des Radargerätes haben, wurden Feldversuche durchgeführt und die Ergebnisse der Feldversuche mit den entsprechenden Ergebnissen der Bodenrinnenversuche verglichen.
- Oberflächenbeschaffenheit:  
Landwirtschaftliche Arbeiten werden bei stark wechselnden Bodenzuständen und bei unterschiedlichem Bewuchs durchgeführt. Deshalb ist es unbedingt erforderlich, daß die Meßgenauigkeit des Radargerätes unabhängig ist vom Zustand oder vom Bewuchs der Bodenoberfläche. Aus diesem Grund wurde das Radargerät in der Bodenrinne auf 3 verschiedenen Bodenoberflächen getestet, und zwar auf ebener Bodenoberfläche, auf unebener Bodenoberfläche und auf strohbedeckter Bodenoberfläche. Die Feldversuche mit dem Schlepper wurden ebenfalls auf 3 verschiedenen Bodenoberflächen durchgeführt, und zwar auf einem gepflügten Feld, auf einer Wiese und auf einer Asphaltstraße.

<sup>1)</sup> Nähere Auskunft über die technische Prüfung und Zulassung von Radargeräten erteilt das Fernmeldetechnische Zentralamt der Deutschen Bundespost in 6100 Darmstadt, Am Kavalleriesand 3.

### 3.2 Bodenrinnenversuche

Für diese Versuche wurde das Radargerät am Meßwagen der Bodenrinne befestigt. Eine Meßstrecke von 5 m Länge wurde sowohl vorwärts als auch rückwärts jeweils mit konstanter Geschwindigkeit überfahren. Die von dem Radargerät erzeugten Impulse wurden mit Hilfe eines UV-Schreibers aufgezeichnet. Aus der theoretischen Anzahl von 1 Impuls pro Meter zurückgelegten Weges, dem Abstand zwischen 2 aufeinander folgenden Impulsen auf dem Meßschrieb und der Papiergeschwindigkeit des UV-Schreibers konnte dann die von dem Radargerät ermittelte Geschwindigkeit berechnet werden.

Zur Bestimmung der tatsächlichen Geschwindigkeit dienten eine am Meßwagen befestigte Lichtschranke und im Abstand von 50 cm an der Bodenrinne angebrachte Wegmarken. Bei der Fahrt des Meßwagens unterbrachen diese Wegmarken die Lichtschranke und erzeugten so 2 Impulse pro Meter zurückgelegten Weges. Die Impulse der Wegmarken wurden ebenfalls mit Hilfe des UV-Schreibers aufgezeichnet. Aus der Anzahl von 2 Impulsen pro Meter zurückgelegten Weges, dem Abstand zwischen 2 aufeinander folgenden Impulsen auf dem Meßschrieb und der Papiergeschwindigkeit des UV-Schreibers konnte dann die tatsächliche Geschwindigkeit berechnet werden.

### 3.3 Feldversuche

Zur Durchführung der Feldversuche wurde das Radargerät zwischen den Achsen eines 88 kW-Allradschleppers angebaut. Der Ausgang des Radargerätes war mit einem Zähler verbunden, der die von dem Radargerät auf der 100 m langen Meßstrecke ermittelte Anzahl von Impulsen anzeigte. Aus der Differenz zwischen der theoretischen Anzahl von 100 Impulsen und der von dem Zähler tatsächlich angezeigten Anzahl von Impulsen konnte dann der Fehler des Radargerätes berechnet werden.

Bei der Durchführung der Feldversuche war zusätzlich zum Radargerät noch ein 5. Rad mit 28 Zoll Durchmesser am Schlepper befestigt, das 360 Impulse pro Umdrehung erzeugte. Dadurch war es möglich, die beiden Meßmethoden bezüglich ihrer Meßgenauigkeit miteinander zu vergleichen. Die tatsächliche Geschwindigkeit wurde ermittelt, indem die für die 100 m lange Meßstrecke benötigte Fahrzeit gestoppt wurde.

## 4. Diskussion der Versuchsergebnisse

### 4.1 Einfluß des Neigungswinkels gegenüber der Bodenoberfläche auf die Meßgenauigkeit des Radargerätes

In Bild 3 ist für die Bodenrinnenversuche der Einfluß des Neigungswinkels gegenüber der Bodenoberfläche auf die Meßgenauigkeit des Radargerätes dargestellt. Aus diesem Bild ist ersichtlich, daß bei einem Neigungswinkel  $\gamma = 45^\circ$  eine größere Meßgenauigkeit erzielt werden konnte als bei  $\gamma = 40^\circ$  oder bei  $\gamma = 50^\circ$ . Bei einem Neigungswinkel von  $40^\circ$  traten negative Abweichungen von der tatsächlichen Geschwindigkeit auf, während bei einem Neigungswinkel von  $50^\circ$  positive Abweichungen von der tatsächlichen Geschwindigkeit auftraten. Dabei waren die negativen Abweichungen bei  $\gamma = 40^\circ$  kleiner als die positiven Abweichungen bei  $\gamma = 50^\circ$ . Bei den Feldversuchen wurde auf eine Variation des Neigungswinkels verzichtet.

### 4.2 Einfluß des Abstandes von der Bodenoberfläche auf die Meßgenauigkeit des Radargerätes

In Bild 4 ist für die Bodenrinnenversuche der Einfluß des Abstandes von der Bodenoberfläche auf die Meßgenauigkeit des Radargerätes dargestellt. Dieses Bild verdeutlicht, daß eine große Meßgenauigkeit erzielt werden konnte, wenn der Abstand von der Bodenoberfläche zwischen 30 cm und 70 cm lag. Erst bei einem Abstand von mehr als 70 cm ließ die Meßgenauigkeit zu wünschen

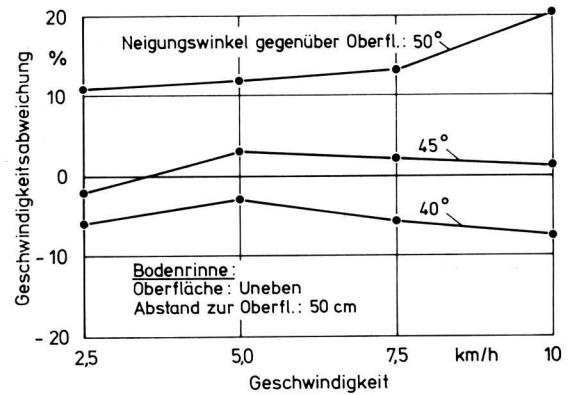


Bild 3. Meßgenauigkeit des Radargerätes in Abhängigkeit von der Fahrgeschwindigkeit für verschiedene Neigungswinkel gegenüber der Bodenoberfläche (Bodenrinne).

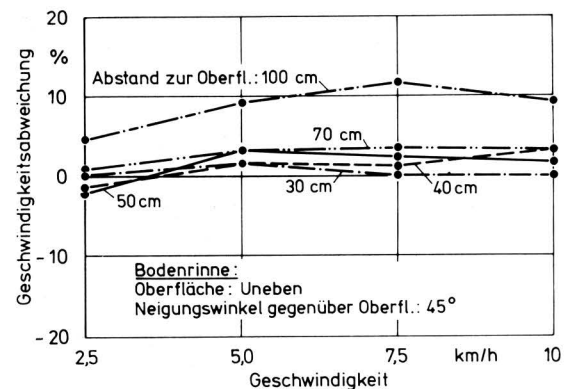


Bild 4. Meßgenauigkeit des Radargerätes in Abhängigkeit von der Fahrgeschwindigkeit bei unterschiedlichem Abstand des Gerätes von der Bodenoberfläche (Bodenrinne).

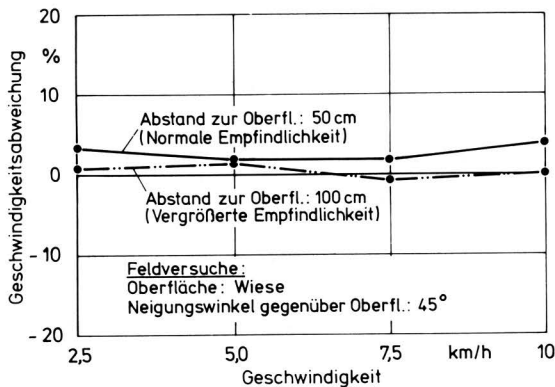
übrig. Ein geeigneter Platz zur Befestigung des Radargerätes am Schlepper befindet sich unterhalb des Motors bzw. Getriebes zwischen den Achsen. Von daher gesehen sind 50 cm Abstand von der Bodenoberfläche optimal für die Befestigung des Radargerätes am Schlepper. Dann bleibt auch die Meßgenauigkeit noch erhalten, wenn sich der Abstand von der Bodenoberfläche um  $\pm 20$  cm ändert, wie z.B. beim Einsinken der Räder oder beim Überfahren von Steinen.

In Bild 5 ist für die Feldversuche der Einfluß des Abstandes von der Bodenoberfläche auf die Meßgenauigkeit des Radargerätes dargestellt. Dieses Bild zeigt, daß bei einem Abstand von 50 cm eine große Meßgenauigkeit erzielt werden konnte. Bei einem Abstand von 100 cm zur Bodenoberfläche war dagegen die Meßgenauigkeit nicht mehr ausreichend, so daß hier die Empfindlichkeit des Radargerätes vergrößert werden mußte. Dadurch konnte dann bei einem Abstand von 100 cm eine bessere Meßgenauigkeit erzielt werden als bei einem Abstand von 50 cm mit normaler Empfindlichkeit. Bei vergrößerter Empfindlichkeit können jedoch andere Probleme auftreten, die hier nicht näher erläutert werden sollen, da die Untersuchungen bezüglich dieses Punktes noch nicht abgeschlossen sind. So soll z.B. noch festgestellt werden, wie weit die Empfindlichkeit erhöht werden kann, ohne daß dadurch zusätzliche Probleme verursacht werden.

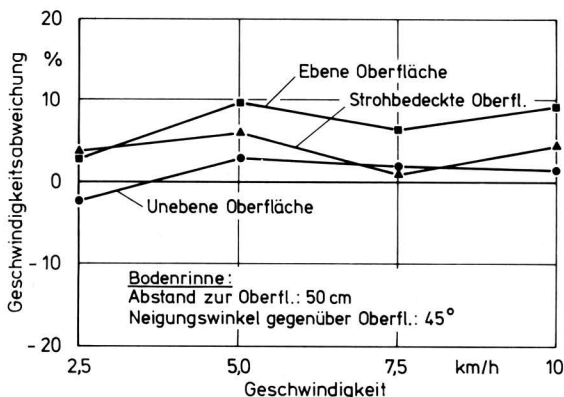
### 4.3 Einfluß der Oberflächenbeschaffenheit auf die Meßgenauigkeit des Radargerätes

Bild 6 zeigt für die Bodenrinnenversuche den Einfluß der Oberflächenbeschaffenheit auf die Meßgenauigkeit des Radargerätes. Wie aus diesem Bild hervorgeht, wurden bei der ebenen Bo-

denoberfläche die größten Abweichungen und bei der unebenen Bodenoberfläche die kleinsten Abweichungen von der tatsächlichen Geschwindigkeit gemessen. Dies kann damit erklärt werden, daß bei ebener Bodenoberfläche ein zu kleiner Teil der Strahlen zum Empfänger des Radargerätes zurückgeworfen wird. Bei unebener Bodenoberfläche dagegen, wird ein ausreichend großer Teil der Strahlen zum Radargerät zurückgeworfen, da hier eine diffuse Reflexion vorliegt.



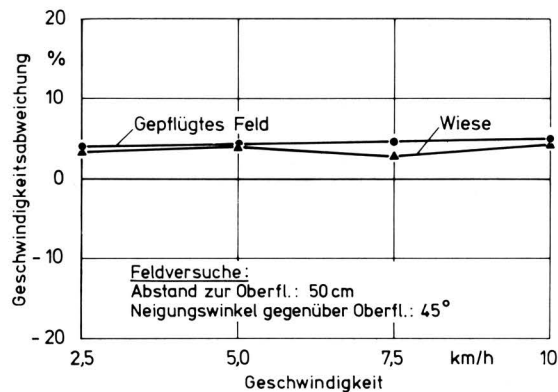
**Bild 5.** Meßgenauigkeit des Radargerätes in Abhängigkeit von der Fahrgeschwindigkeit bei unterschiedlichem Abstand des Gerätes von der Bodenoberfläche (Feldversuch).



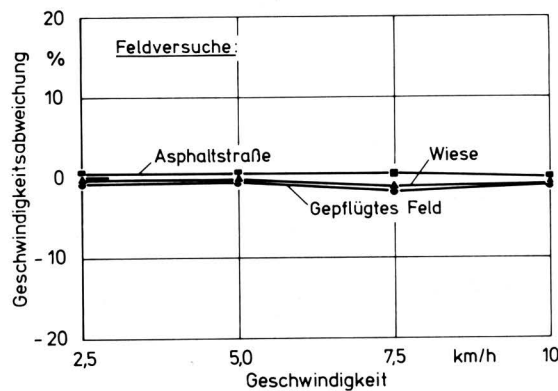
**Bild 6.** Meßgenauigkeit des Radargerätes in Abhängigkeit von der Fahrgeschwindigkeit bei unterschiedlicher Oberflächenbeschaffenheit (Bodenrinne).

**Bild 7** gibt für die Feldversuche den Einfluß der Oberflächenbeschaffenheit auf die Meßgenauigkeit des Radargerätes wieder. Dieses Bild zeigt, daß beim Einsatz des Radargerätes sowohl auf der Wiese als auch auf dem gepflügten Feld eine ausreichende Meßgenauigkeit erzielt werden konnte. Beim Einsatz des Radargerätes auf der Asphaltstraße dagegen, war die Meßgenauigkeit nicht ausreichend und die Meßwerte waren nicht reproduzierbar. Aus diesem Grunde konnten die auf der Asphaltstraße ermittelten Ergebnisse in **Bild 7** nicht eingezeichnet werden.

In **Bild 8** ist zum Vergleich der Einfluß der Oberflächenbeschaffenheit auf die Meßgenauigkeit des 5. Rades dargestellt. Wie aus diesem Bild hervorgeht, konnte mit dem 5. Rad bei allen untersuchten Oberflächen eine große Meßgenauigkeit erzielt werden. Die Meßgenauigkeit des 5. Rades war in allen Fällen größer als die Meßgenauigkeit des Radargerätes. Allerdings hätte beim Einsatz des Radargerätes auf der Wiese und auf dem gepflügten Feld durch Erhöhen der Empfindlichkeit eine größere Meßgenauigkeit erreicht werden können. Die erhöhte Empfindlichkeit hätte jedoch, wie zuvor bereits angedeutet, zusätzliche Probleme verursacht.



**Bild 7.** Meßgenauigkeit des Radargerätes in Abhängigkeit von der Fahrgeschwindigkeit bei unterschiedlicher Oberflächenbeschaffenheit (Feldversuch).

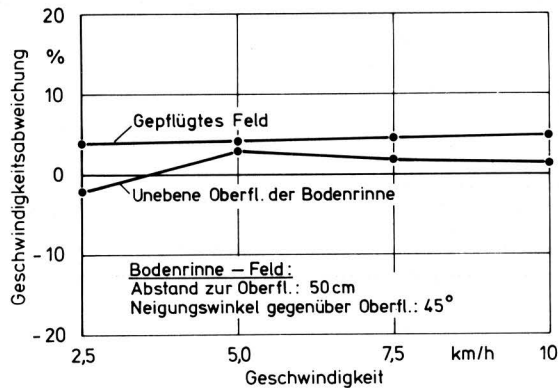


**Bild 8.** Meßgenauigkeit des 5. Rades in Abhängigkeit von der Fahrgeschwindigkeit bei unterschiedlicher Oberflächenbeschaffenheit (Feldversuch)

#### 4.4 Einfluß der Nickbewegungen des Schleppers auf die Meßgenauigkeit des Radargerätes

In **Bild 9** werden einige Ergebnisse der Bodenrinnenversuche mit den entsprechenden Ergebnissen der Feldversuche verglichen, um dadurch den Einfluß der Nickbewegungen des Schleppers auf die Meßgenauigkeit des Radargerätes ermitteln zu können. Dieses Bild zeigt, daß bei vergleichbarer Oberflächenbeschaffenheit, bei gleichem Neigungswinkel gegenüber der Bodenoberfläche und bei gleichem Abstand von der Bodenoberfläche auf dem Feld eine etwas geringere Meßgenauigkeit erzielt wurde als in der Bodenrinne. Dies kann darauf zurückzuführen sein, daß bei den Feldversuchen die Meßgenauigkeit durch Nickbewegungen negativ beeinflusst wurde.

Wie in Kapitel 4.1 bereits dargestellt, ist die Meßgenauigkeit sehr stark abhängig vom Neigungswinkel des Gerätes gegenüber der Bodenoberfläche. D.h. die Meßergebnisse weichen von der tatsächlichen Geschwindigkeit ab, wenn der Neigungswinkel von  $45^\circ$  nicht eingehalten wird. Bei den Feldversuchen schwankt nun der Neigungswinkel infolge von Nickbewegungen ständig zwischen etwa  $40^\circ$  und  $50^\circ$ . Dadurch treten bei Neigungswinkeln  $\gamma < 45^\circ$  negative Abweichungen von der tatsächlichen Geschwindigkeit auf, während bei Neigungswinkeln  $\gamma > 45^\circ$  positive Abweichungen von der tatsächlichen Geschwindigkeit auftreten. Diese Abweichungen gleichen sich nicht vollständig aus, da die negativen Abweichungen kleiner sind als die positiven Abweichungen. Daher müssen die bei den Feldversuchen auftretenden Nickbewegungen zu einer geringfügigen Verschlechterung der Meßgenauigkeit führen.



**Bild 9.** Einfluß der Nickbewegungen des Schleppers auf die Meßgenauigkeit bei der Geschwindigkeitsmessung mit dem Radargerät, dargestellt als Unterschied aus gleichartigen Fahrten auf dem Feld bzw. der Bodenrinne.

#### 4.5 Einfluß der Fahrgeschwindigkeit auf die Meßgenauigkeit des Radargerätes

Beim Einsatz des Radargerätes auf landwirtschaftlich genutzten Flächen konnte bei ordnungsgemäßer Anbringung am Schlepper kein signifikanter Einfluß der Fahrgeschwindigkeit auf die Meßgenauigkeit festgestellt werden. Das Radargerät arbeitete im untersuchten Geschwindigkeitsbereich  $v = 2,5-10$  km/h sowohl bei Vorwärtsfahrt als auch bei Rückwärtsfahrt ohne Störungen und lieferte reproduzierbare Ergebnisse. Beim Einsatz des Radargerätes auf einer Asphaltstraße war die Meßgenauigkeit dagegen sehr stark von der Fahrgeschwindigkeit abhängig. Die Meßgenauigkeit war hier nicht ausreichend und die Reproduzierbarkeit der Ergebnisse war nicht gewährleistet.

### 5. Zusammenfassung

Das untersuchte Radargerät, in einer Höhe von 50 cm und mit einem Neigungswinkel von  $45^\circ$  am Schlepper angebaut, ist für die landwirtschaftliche Praxis geeignet. Die Meßgenauigkeit des Radargerätes ist für die hier beschriebenen landwirtschaftlichen Einsatzfälle ausreichend und kann unter bestimmten Bedingungen durch Erhöhen der Empfindlichkeit noch vergrößert werden. Da insbesondere bei den Feldversuchen der Fehler des Radargerätes im gesamten Geschwindigkeitsbereich nahezu konstant ist, könnte man die Meßgenauigkeit des Radargerätes weiter vergrößern, indem man mit Hilfe eines Mikroprozessors diesen konstanten Fehler bei der Geschwindigkeitsanzeige berücksichtigt.

Auf dem Feld wurde außerdem untersucht, ob eine größere Meßgenauigkeit erzielt werden kann, wenn das Radargerät mit 46 Impulsen pro Meter zurückgelegten Weges arbeitet. Dabei wurde festgestellt, daß bei einer Meßstrecke von 100 m Länge die Meßgenauigkeit nicht davon abhängt, ob 1 Impuls oder 46 Impulse pro Meter zurückgelegten Weges erzeugt werden. Bei kürzeren Meßstrecken jedoch dürfte eine größere Meßgenauigkeit erzielt werden, wenn das Radargerät mit 46 Impulsen pro Meter Weg arbeitet.

Mit welcher Meßgenauigkeit das Radargerät in höheren Pflanzenbeständen arbeitet, wurde bisher noch nicht untersucht. Es ist jedoch anzunehmen, daß insbesondere beim Einsatz des Radargerätes in wogenden Getreidebeständen größere Fehler auftreten. Für den Einsatz auf glatten Oberflächen, z.B. auf Asphaltstraßen, ist das Radargerät nicht geeignet, da unter diesen Bedingungen die Meßgenauigkeit nicht ausreichend und außerdem sehr stark von der Geschwindigkeit abhängig ist.

### Schrifttum

- [ 1 ] Unterlagen der Firma RDS Farm Electronics Ltd., Stroud Road, Nailsworth (England).
- [ 2 ] Gebhardt, M.R., C.L. Day, C.E. Goering u. L.E. Bode: Automatic sprayer control system. Transactions of ASAE Bd. 17 (1974) S. 1043/47.
- [ 3 ] Vidrine, C.G., C.E. Goering, C.L. Day, M.R. Gebhardt u. D.B. Smith: A constant pesticide application rate sprayer model. Transactions of ASAE Bd. 18 (1975) S. 439/43.
- [ 4 ] van der Beek, A.: Erläuterung einer neuen Schlupfmeßeinrichtung. Agrartechnische Berichte des Instituts für Agrartechnik der Universität Hohenheim, Nr. 10 (1979) S. 34/47.
- [ 5 ] Paulson, G.E. u. W.S. Elliot: A digital slip meter. Division of Control Engineering, University of Saskatchewan, Saskatoon, Saskatchewan, Canada.
- [ 6 ] Thansandote, A., S.S. Stuchly, J. Mladek, J.S. Townsend u. H. Shlosser: A new slip monitor for traction equipment. Transactions of ASAE Bd. 20 (1977) S. 851/56.
- [ 7 ] Grimes, D.M. u. T.O. Jones: Automotive radar: A brief review. Proceedings of the IEEE Bd. 62 (1974) No. 6, S. 804/22.
- [ 8 ] Unterlagen der Firma DICKEY-john, Auburn, Illinois 62615 (USA).
- [ 9 ] Fernmeldetechnisches Zentralamt der Deutschen Bundespost: Richtlinien für die technische Prüfung und Zulassung von Funkanlagen zur Erfassung von Bewegungsvorgängen (Juli 1978).