

# Untersuchung eines Koppelsystems zur Unterstützung der autonomen Positionierung landmobiler Anwendungen mit GPS

Schwenke T., Auernhammer H.

Institut für Landtechnik, Technische Universität München  
85350 Freising-Weihenstephan, Germany

## Zusammenfassung

Zur Überbrückung von Abschattungseffekten und anderen Fehlern bei der Ortung und Navigation mittels GPS kommen Koppelsysteme zum Einsatz. Am Institut für Landtechnik der TU München wird ein Koppelsystem auf Basis handelsüblicher Mikrowellensensoren in Kreuz-Janus-Anordnung untersucht.

## Einleitung

Beim Übergang von der homogenen Bewirtschaftung landwirtschaftlicher Flächen zur teilflächenspezifischen Bewirtschaftung spielen die Navigation und Ortung landtechnischer Fahrzeuge eine entscheidende Rolle. Derzeitige Navigationssysteme dienen der Ertragskartierung und Bodenbeprobung. Weiterhin kommen sie bei der teilflächenspezifischen Düngung und dem Pflanzenschutz zum Einsatz. Eine höhere Genauigkeit und Zuverlässigkeit der vorhandenen Satellitennavigationssysteme würden eine breitere Akzeptanz dieser Technik fördern und die Bewirtschaftung ganzer Schläge hinsichtlich auf Kosten/Ertrag und Umweltverträglichkeit verbessern.

## Problem

Zentrales Problem bei der Satellitennavigation und -ortung ist die dauerhafte Verfügbarkeit der Signale und deren Zuverlässigkeit. Bei der Ortung und Navigation mittels GPS können Abschattungs- und Multipatheffekte auftreten.

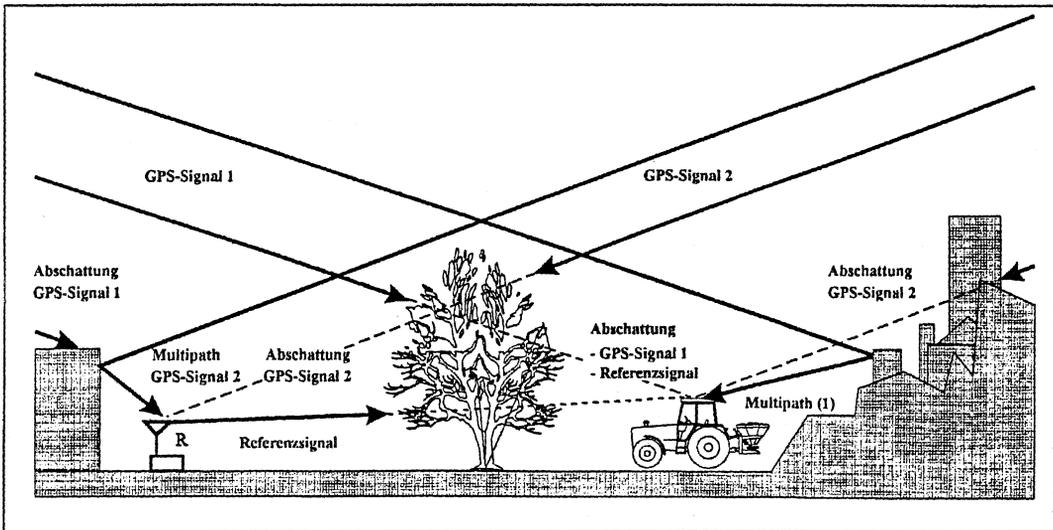


Abbildung 1: Signalabschattung und Multipath-Effekte bei DGPS

Abschattungen entstehen, wenn die unmittelbare Sichtverbindung zu den GPS-Satelliten nicht gegeben ist. Zu Multipath-Effekten (Mehrwegausbreitung) kommt es durch Brechung und Reflexion des GPS-Signals. Diese Effekte sind für eine Verschlechterung der Ortungsgenauigkeit bzw. für den Totalausfall der Ortung verantwortlich.

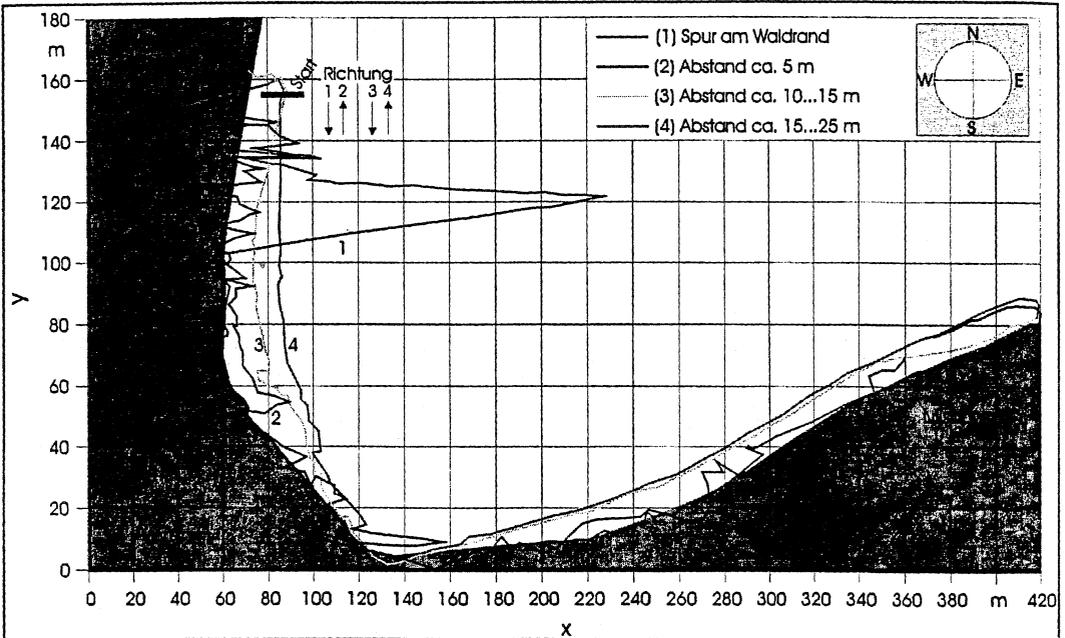


Abbildung 2: GPS-Abschattung am Waldrand

Abbildung 2 verdeutlicht die durch die Signalabschattung auftretenden Ortungsfehler. Im dargestellten Versuch wurden 4 Fahrten in unterschiedlichen Abständen zum Wald durchgeführt. Die Fahrspur 1 am Waldrand mit der größten Abschattung weist auch den größten Ortungsfehler auf. Fahrspur 4 in einer Entfernung von ca. 15-25m vom Waldrand gibt den tatsächlichen Fahrverlauf gut wieder.

### Lösung

Für den Einsatz in einem Koppelsystem werden Mikrowellensensoren mit Ein- und Doppelstrahltechnik untersucht. Landwirtschaftliche Untersuchungen haben gezeigt, daß der Einsatz eines Mikrowellensystems von der Zuverlässigkeit unter schwierigen landwirtschaftlichen Bedingungen und der Genauigkeit bei der schlupffreien und berührungslosen Geschwindigkeits- und Wegmessung durchaus geeignet ist.

Die Untersuchungen gliedern sich in zwei Teile.

In einem Prüfstand (Abbildung 3), in welchem die meisten 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. Als Referenzsystem wird das Infrarot-Tracking-System „Geodimeter System 4000“ eingesetzt.

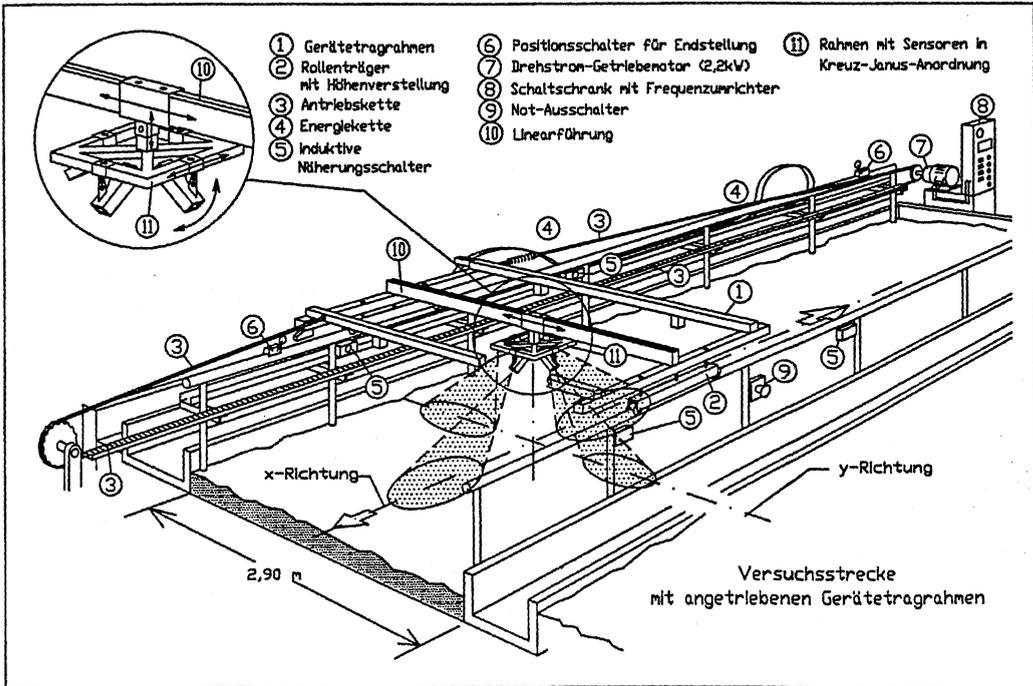


Abbildung 3: Mikrowellensensoren-Prüfstand

Die Prüfstandsergebnisse werden in der Praxis an einem Traktor mit Frontanbaurahmen bzw. Meßkabine überprüft (Abbildung 4). In den Praxisversuchen werden die Daten der Mikrowellensensoren und vom GPS parallel aufgezeichnet. Als Referenzsystem steht das Infrarot-Tracking-System „Geodimeter System 4000“ zur Verfügung. Die Tests finden in geometrisch festgelegten Fahrspuren auf einem vermessenem Versuchsfeld statt. Die Fahrspuren verlaufen gerade in unterschiedlichen Abständen und parallel zu einem Waldrand, um die Abschattungsproblematik darstellen und das Verhalten aller Mikrowellensensoren untersuchen zu können. In weiteren Versuchen werden nur Kreisfahrten absolviert, wobei das Hauptaugenmerk auf den seitlich strahlenden Sensoren liegt.

Tabelle 1 : Untersuchte Mikrowellensensoren

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

In bisherigen Tests wurden die in Tabelle 1 aufgelisteten Sensoren im Prüfstand und in Praxistests untersucht. Die vorgestellten Ergebnisse stammen aus Versuchen mit Mikrowellensensoren der Fa. Vansco. Diese Sensoren zeichnen sich durch eine geringe Querempfindlichkeit aus.

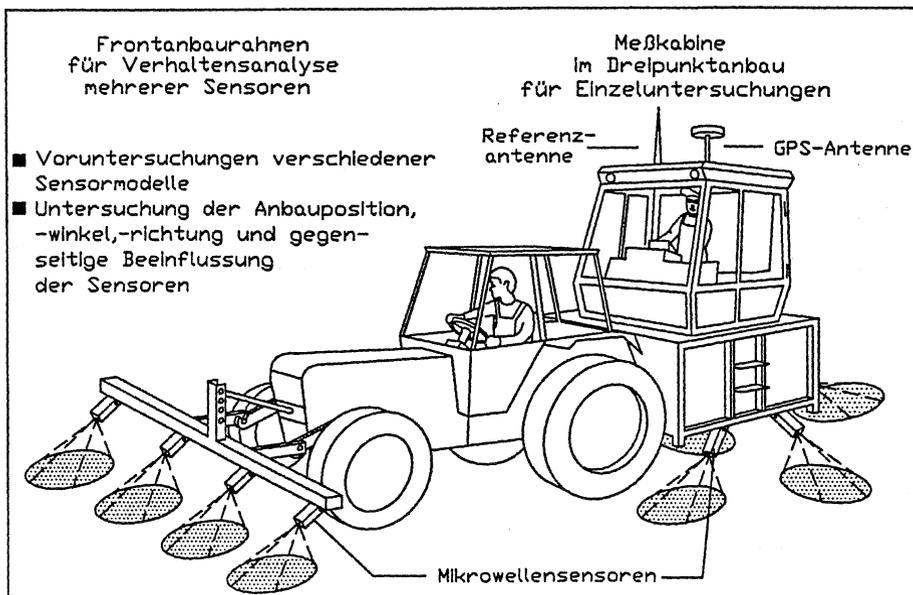


Abbildung 4: Traktor mit Frontanbau und Meßkabine

### Ergebnisse

Die vorliegenden Meßdaten wurden auf einem Versuchsfeld mit einem Traktor Fendt 511 mit angebauter Meßkabine aufgezeichnet. Bei den Versuchen standen zwei parallel arbeitende DGPS-Systeme (STAR TRACK DGPS mit Trimble CM3-DGPS & ALF, MAN GPS/GLONASS-Station mit Ashtech GG24) zur Verfügung.

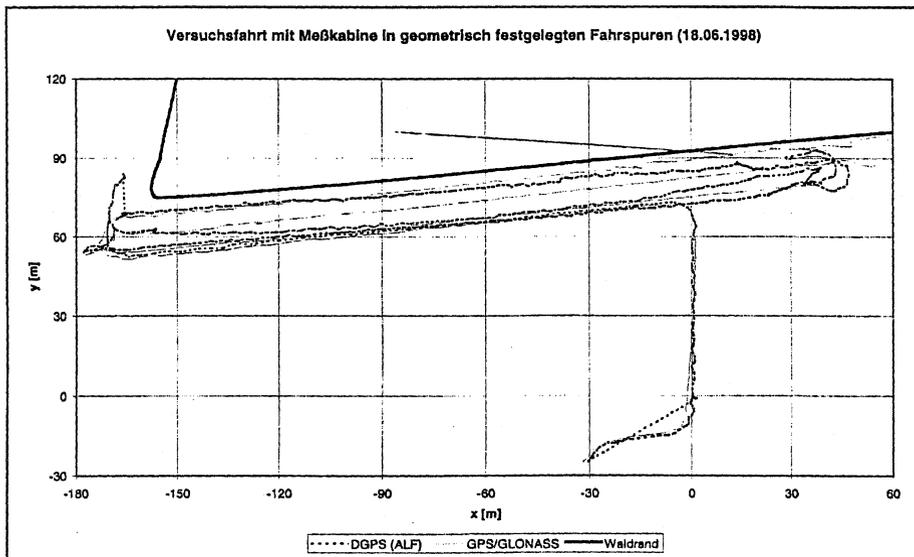


Abbildung 5: GPS-Fahrspuren mit STAR TRACK DGPS und MAN GPS/GLONASS

Abbildung 5 zeigt die mit beiden DGPS-Systemen aufgezeichneten Fahrspuren am Waldrand, in 7 m und 14 m Entfernung vom Waldrand. Das GPS/GLONASS-System, welches mit eigener Korrekturstation betrieben wurde, gibt den tatsächlichen Fahrverlauf besser als der STAR TRACK DGPS-Empfänger wieder. Auffallend ist der einmalig auftretende Ortungsfehler von ca. 100 m in x-Richtung. Die aufgezeichneten Daten des STAR TRACK DGPS-Empfänger weisen in der zweiten Fahrspur, die 7 m vom Waldrand entfernt ist, einen großen, konstant auftretenden Fehler auf, so daß sich die Meßdaten von Fahrspur 2 und 3 fast überlagern.

Bisherige Untersuchungen zeigen, daß der Fahrweg mit Mikrowellensensoren in Kreuz-Janus-Anordnung gemessen werden kann. Bewegungen senkrecht zur Hauptfahrtrichtung, z. B. bei Kurvenfahrten, werden ebenfalls registriert.

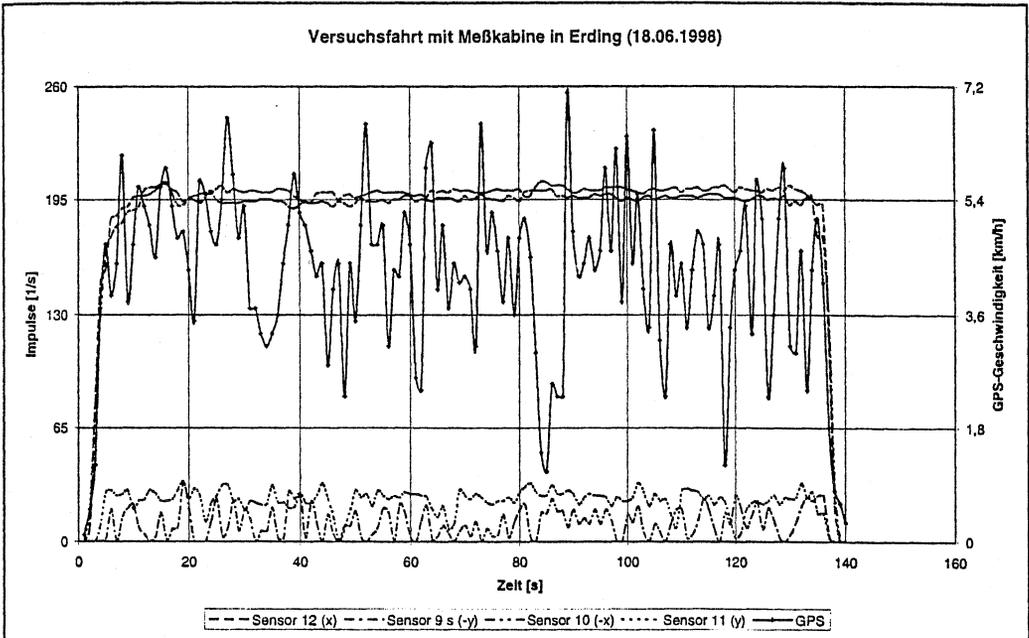


Abbildung 6: Meßfahrt parallel am Waldrand

In Abbildung 6 ist ein Vergleich zwischen dem STAR TRACK DGPS-Empfänger (mit ALF – Accurate Positioning by Low Frequency), Sensor 12 in Fahrtrichtung, Sensor 10 entgegen der Fahrtrichtung, Sensor 9 nach rechts und Sensor 11 nach links in Fahrtrichtung gesehen, für eine Meßfahrt parallel zum Waldrand dargestellt. Die Datenausgabe der Mikrowellensensoren erfolgt sekundlich in Impulse/s, wobei 130 Impulse/s einer Geschwindigkeit von 3,6 km/h entsprechen. Es ist sehr deutlich die ungenaue, durch das GPS ermittelte Geschwindigkeit des Traktors und die präzise Wiedergabe der gefahrenen Geschwindigkeit durch die Sensoren 12 und 10 zu erkennen. Die Sensoren 11 und 9 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 Mikrowellenabsorbiermaterial wie bei Sensor 9 vermindert werden kann.

Abbildung 7 zeigt die Daten der 180°-Wendefahrt im Uhrzeigersinn, die sich an die in Abbildung 5 dargestellte Fahrt anschließt. Die seitlich montierten Sensoren registrieren eine Bewegung während der Kurvenfahrt. Sensor 9 zeichnet gegenüber Sensor 11 eine geringere Geschwindigkeit auf, da der von ihm zurückgelegte Weg kürzer ist. Die am Sensor 9 montierte Abschirmung verfälscht das Ergebnis während der Kurvenfahrt nicht.

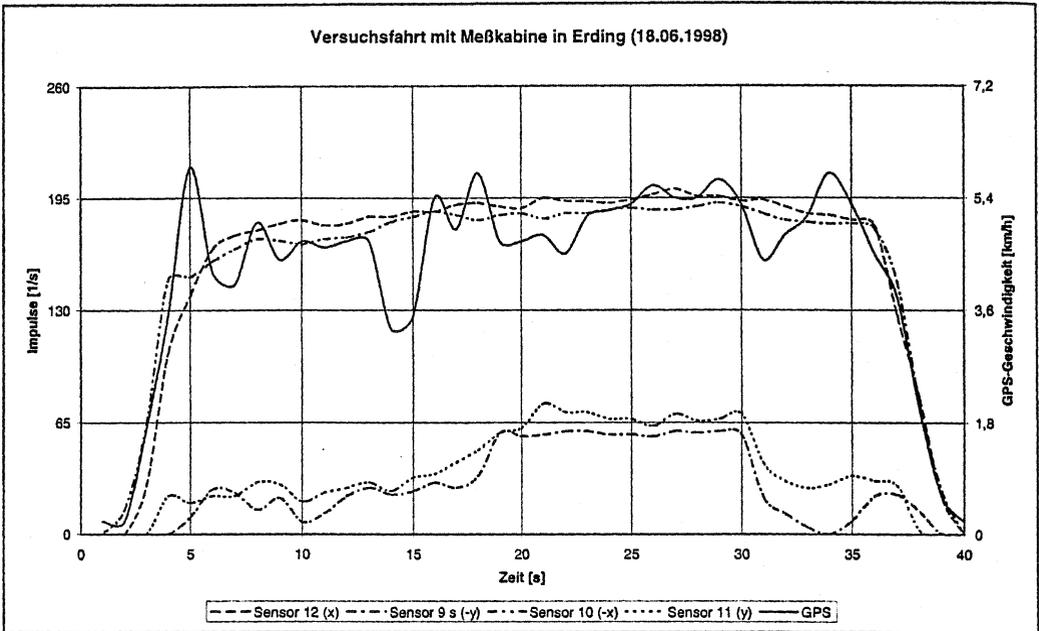


Abbildung 7: 180°-Wendefahrt im Uhrzeigersinn am Waldrand

### Ausblick

Zur Verbesserung der Genauigkeit der seitlich angebrachten Mikrowellensensoren bedarf es weiterer Untersuchungen hinsichtlich ihrer Querempfindlichkeit. Eine Veränderung des Abstrahlkegels dieser Sensoren wird mit großer Wahrscheinlichkeit die Querempfindlichkeit verringern. Weiterführende Untersuchungen im Prüfstand werden sich auf die Erfassung der in der Praxis auftretenden Nick- und Wankbewegungen konzentrieren. Diese Bewegungen können durch mathematische Beziehungen mit Hilfe der Sensoren 10 und 12 bzw. 9 und 11 berechnet werden.

### Literatur

- [1] Seebauer, Christian: Untersuchung zur Signalabschattung bei Einsatz eines differenziellen globalen Positionierungssystem in der Landwirtschaft. Diplomarbeit: Lehrstuhl für Hochfrequenztechnik der Technischen Universität München, 1995, 127 S.