

# Verfügbarkeit, Kontinuität und Genauigkeit des GPS beim Langzeiteinsatz in der Landwirtschaft

KARL WILD, FREISING-WEIHENSTEPHAN

HERMANN AUERNHAMMER, FREISING-WEIHENSTEPHAN

## Abstract

*For investigating the long-term availability, continuity and positioning accuracy of GPS a tractor was equipped with a receiver and a PC for data logging. The operation of the tractor was tracked for seven months. The results show that GPS predominantly meets the requirements for agricultural use. Certain conditions require improved techniques or a back-up system.*

## 1 Einführung und Zielsetzung

Für das Precision Farming sind Ortung und Navigation grundlegende Voraussetzungen. Die Positionsermittlung ermöglicht die Dokumentation von Punkten, Flächen und Entfernungen, von Maschinenzeiten und -bewegungen, von Ernte- und von Ausbringmengen. Sie wird zur Steuerung bei der lokalen Ausbringung von Dünge- und Pflanzenschutzmitteln benötigt. Die Navigation hilft bei der Fahrzeug- und Geräteführung. Für diese Aufgaben wurde bereits eine Reihe verschiedenster Ortungs- und Navigationssysteme getestet. Zu den wesentlichen Beurteilungskriterien zählen:

- Verfügbarkeit (zeitlich / räumlich / institutionell),
- Kontinuität (Einsatzverfügbarkeit),
- Genauigkeit (Position / Geschwindigkeit / Zeit),
- Integrität (Warnung vor Fehlfunktionen) und
- Ortungsintervall / Fixperiode.

Für den landwirtschaftlichen Einsatz liegen die meisten Ergebnisse über das "Global Positioning System (GPS)" vor. Insbesondere zur lokalen Ertragsermittlung wurde GPS ausführlich getestet. Diese Untersuchungen erstreckten sich oft nur über wenige Stunden. Erfahrungen hinsichtlich der oben genannten Kriterien beim Einsatz des GPS über längere Zeiträume sind sehr dürftig. Ziel der eigenen Untersuchungen war es deshalb, GPS im Langzeiteinsatz bei landwirtschaftlichen Arbeiten hinsichtlich Verfügbarkeit, Kontinuität und Genauigkeit zu testen.

## 2 Versuchsaufbau und Durchführung

Auf einem Versuchsbetrieb bei Erding wurde ein Schlepper mit einem 8-Kanal GPS-Empfänger (FURUNO, GN-72) ausgestattet. Ein Robust-PC auf dem Schlepper diente zum Aufzeichnen der Daten, die vom GPS-Empfänger ausgegeben wurden (Aufzeichnungsrate 1 Hz). Die Positionsermittlung erfolgte im differentiellen Modus (DGPS) mit Hilfe einer Feststation (10 Kanäle, NOVATEL GPSCard 2121R), die auf dem Versuchsbetrieb installiert war. Für die Positionsdatenkorrektur in Echtzeit wurden die Fehlerinformationen der Feststation mit Hilfe eines Funkmodems (Sendeleistung 6 W) zum Schlepper übertragen.

Im Zeitraum von Mai bis November wurde das Eingrasen erfaßt. Dabei nahm der Schlepper mit einem angehängten Ladewagen täglich etwa zur selben Zeit überwiegend den selben Weg von der Hofstelle zum Schlag und zurück. Ein Abschnitt davon verlief auf einer Allee.

### 3 Ergebnisse und Diskussion

Zur Analyse standen die Daten von 130 Tagen aus dem Untersuchungszeitraum zur Verfügung. Mit einer Ausnahme war die Ortung im differentiellen Modus an allen Tagen möglich. Ursache für den Ausfall war eine irrtümliche Abschaltung der Feststation. Bei den einzelnen Fahrten konnte die Ortung teilweise nur im Standardmodus erfolgen oder fiel ganz aus. Dabei ergaben sich Unterschiede zwischen dem Abschnitt ohne Straßenrandbäume und der Allee (Tab.1).

Tabelle 1: Zeitanteile der Ortungsausfälle, Ortung mit GPS und DGPS beim täglichen Eingrasen an 129 Tagen im Zeitraum vom 15.5.1994 - 13.11.1994.

	Straße ohne Randbepflanzung			Allee		
	Ortungs- ausfälle %	GPS %	DGPS %	Ortungs- ausfälle %	GPS %	DGPS %
Mittelwert	0,0	0,2	99,8	4,3	2,9	92,7
Standardabw.	0,0	1,2	1,2	3,9	6,5	8,2
Minimum	0,0	0,0	90,9	0,0	0,0	55,6
Maximum	0,0	9,1	100,0	20,3	32,8	100,0

Während bei den Fahrten auf der Strecke ohne Straßenrandbäume keine Ortungsausfälle zu verzeichnen waren, betrug der durchschnittliche Anteil der Zeit ohne Ortung auf der Allee 4,3 %; die Streuung erstreckte sich von 0 bis etwa 20 %. Die Ausfälle bei einer Fahrt kamen selten in einem Stück, sondern in Teilen von 1 bis 8 s Dauer, wobei sich die meisten auf 1 oder 2 s beliefen. Trotz der Ausfälle wurde vom Empfänger eine Position ausgegeben. Hierbei handelte es sich aber um mehr oder weniger genaue Extrapolationswerte auf Basis der letztermittelten Koordinaten. Während die differentielle Ortung auf dem Abschnitt ohne Straßenrandbäume praktisch immer möglich war, lag für die Fahrten auf der Allee der durchschnittliche zeitliche Anteil der differentiellen Ortung nur bei knapp 93 %.

Die Ortungsausfälle und die niedrigeren Zeitanteile für DGPS traten verstärkt in den Monaten Juni und Juli auf. In diesen beiden Monaten wurden bei den Versuchseinsätzen die Signale von deutlich weniger Satelliten erfaßt als im Zeitraum davor und danach (Abb. 1).

Eine Hauptursache für diese niedrigeren Werte sind Veränderungen in der Raumkonstellation. Weil die Umlaufzeit der Satelliten etwas weniger als 12 Stunden beträgt, wandern die Satellitenspuren auf dem Erdkörper pro Tag ca. 1° westwärts. Zeitabschnitte mit z.B. einer geringeren Anzahl verfügbarer Satelliten treten deshalb nicht immer zur selben Zeit auf, sondern erscheinen jeden Tag etwas früher.

Auch der Einfluß der Bäume auf der Allee wurde deutlich (Abb. 1). Aufgrund von Abschattungseffekten lag die durchschnittliche Anzahl der Satelliten, deren Signale empfangen wurden, auf der Allee um etwa zwei niedriger als auf dem Abschnitt ohne Straßenrandbäume. Ebenso war bei den Fahrten zum Schlag die Anzahl erfaßter Satelliten geringer als bei den Rückfahrten.

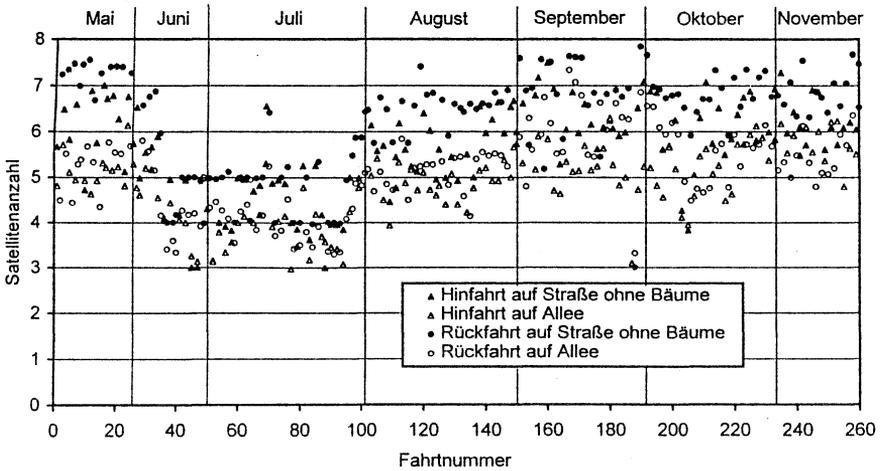


Abbildung 1: Durchschnittliche Anzahl erfaßter Satelliten auf der Strecke Neuhausen-Flanning an 130 Tagen im Zeitraum vom 15.5.1994 - 13.11.1994 (aufgeteilt in 130 Hin- und 130 Rückfahrten).

Die Anzahl erfaßter Satelliten zeigte erhebliche Auswirkungen auf die Genauigkeit der Ortung. Während bei Einsätzen zur Ertragsermittlung der eingesetzte GPS-Empfänger die Positionsermittlung mit Abweichungen von überwiegend 2-5 m durchführte, traten bei den Fahrten zum Schlag Ortungsfehler von z.T. mehr als 50 m auf (Abb. 2).

Die geringste Ortungsgenauigkeit ist im Hofbereich und in der näheren Umgebung des Hofes festzustellen. Das Fahrspurband nimmt eine Breite von deutlich über 100 m ein. Mit zunehmender Fahrtdauer bzw. Einschaltdauer des GPS-Empfängers erhöht sich die Ortungsgenauigkeit. Im westlichen Bereich der Allee liegt der Großteil der Fahrten bereits in einem Bereich mit einer Breite von 30 m, im östlichen Teil hat sich die Streuung noch weiter verringert. Die geringsten Fehler wurden bei den Rückfahrten festgestellt Hauptursache für die großen Ortungsfehler im Hofbereich ist die verringerte Anzahl erfaßter Satelliten während der Akquisitionsphase. In den Monaten Juni und Juli traten Ortungsfehler am häufigsten und mit den größten Abweichungen auf.

Eine verringerte Anzahl erfassbarer Satelliten wirkte sich auch auf die Ermittlung der Fehlerinformation aus. Sie führte zu einer Vergrößerung der zeitlichen Abstände zwischen den einzelnen Datenausgaben der Feststation von z.T. mehr als 30 s. Dadurch nahmen die Ortungsfehler zu, die Positionsermittlung auf dem Schlepper konnte teilweise nur im Standardmodus ausgeführt werden.

#### 4 Schlußfolgerungen und Zusammenfassung

GPS erfüllt im wesentlichen die Anforderungen der Landwirtschaft hinsichtlich Verfügbarkeit, Kontinuität und Genauigkeit. Die Genauigkeit wird vor allem durch den eingesetzten GPS-Empfängertyp und durch die Anzahl verfügbarer Satelliten bestimmt.

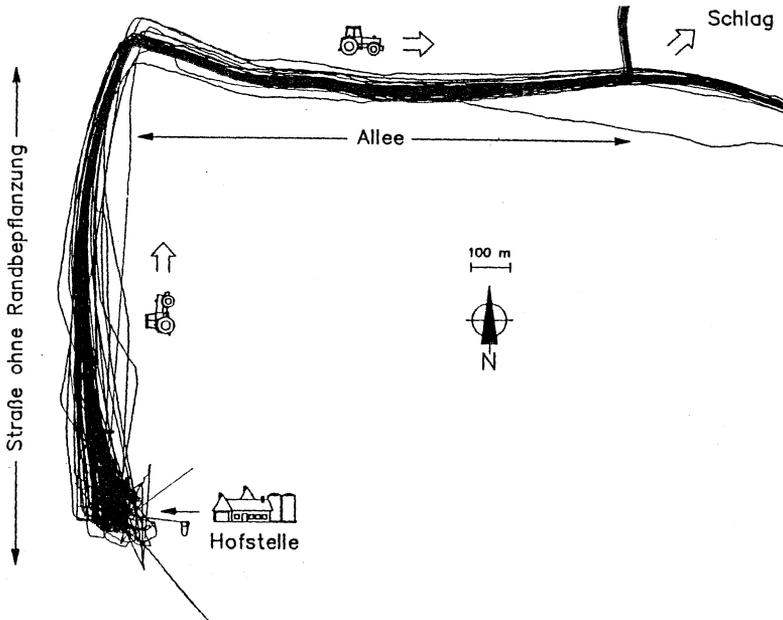


Abbildung 2: Fahrspuren des Schleppers von der Hofstelle zum Schlag im Zeitraum vom 15.5.1994 - 13.11.1994 auf der Strecke Neuhausen-Flanning (130 Fahrten).

Da der Benutzer keinen Einfluß auf die Raumkonstellation hat und bestimmte Abschattungen sich nicht vermeiden lassen (z.B. an Waldrändern), sind Maßnahmen zur Umgehung dieser Einschränkungen erforderlich. Hierzu zählt der Einsatz von Hybridempfängern, die neben den GPS-Satelliten auch die GLONASS-Signale erfassen können. Da derartige Geräte gegenwärtig noch sehr teuer sind, sind preiswertere Koppelortungssysteme in Erwägung zu ziehen. Diese sollen aber den GPS-Empfänger nicht ersetzen sondern als Back-up-Systeme, insbesondere bei kurzzeitigen Ausfällen des GPS, dienen.

Wünschenswert wären auch GPS-Empfänger mit relativ kurzen Akquisitionszeiten, so daß z.B. zur Erfassung von Maschinenbewegungen und -einsatzzeiten möglich schnell eine erste, genaue Positions- und Zeitangabe zur Verfügung stünde.

## 5 Literatur

AUERNHAMMER, H., M. DEMMEL, T. MUHR, J. ROTTMEIER UND K. WILD: GPS for yield monitoring on combines. Computers and Electronics in Agriculture 11 (1994), Nr. 1, S. 53-68

AVIONIK ZENTRUM BRAUNSCHWEIG: Deutscher Funknavigationsplan 1996. Schlußbericht des Forschungsvorhaben Nr. L-2/95-50137/95 im Auftrag des Bundesministeriums für Verkehr. Braunschweig: Avionik Zentrum Braunschweig 1996

WILD, K.: Satellitengestützte Arbeitszeiterfassung und Ertragsermittlung in Rundballenpressen. Dissertation: Institut für Landtechnik Weihenstephan 1998