

Leistungsanalysen bei DGPS-Ortungssystemen im landwirtschaftlichen Langzeiteinsatz

Performance analysis of DGPS-positioning systems for long-term use in agriculture

Dr. K. Wild, Dipl.-Geograph Th. Steinmayr, Prof. Dr. H. Auernhammer,
Freising-Weihenstephan

1. Einleitung und Zielsetzung

Im Zeitalter einer hochentwickelten und spezialisierten landwirtschaftlichen Produktion werden immer mehr und immer exaktere Daten über In- und Output sowie über Produktionsabläufe benötigt. Deshalb gewinnt die betriebliche Datenerfassung zunehmend an Bedeutung. Ein nützliches Werkzeug für diese Aufgabe ist das Satellitenortungs- und -navigationssystem GPS. In der Landwirtschaft wird gegenwärtig GPS verstärkt zur lokalen Ertragsermittlung genutzt, der Anwendungsbereich des einfach zu nutzenden GPS ist aber sehr viel breiter. Mit den ermittelten Positions- und Geschwindigkeitswerten, die einen sehr hohen Informationsgehalt aufweisen, und einem hochgenauen Zeitsystem, das GPS zur Verfügung stellt, wird eine völlig neue Basis für die betriebliche Datenerfassung und für die Prozeßsteuerung geschaffen. So werden z.B. Systeme zur automatisierten Erfassung von Arbeitszeiten oder Maschinenbewegungen realisierbar, einfachere Verfahren zur Führung von Fahrzeugen und Geräten ermöglicht oder Anforderungen der lokalen Ausbringung von Dünge- und Pflanzenschutzmittel erfüllt.

Aufgrund dieses breiten Einsatzspektrums bietet sich GPS als ständiger Begleiter des Landwirts an. Dafür muß GPS für die Ortung aber hinreichend genau sein und die Anforderungen hinsichtlich Verfügbarkeit und Kontinuität erfüllen. Diese Parameter wurden bereits mit einer Reihe von Versuchen geprüft. Die Untersuchungen erstreckten sich aber nur über wenige Stunden oder Tage, weshalb dringend benötigte aussagekräftige Ergebnisse für längere Zeiträume nicht vorliegen. Darum bestand das Ziel der eigenen Versuche in der Überprüfung des GPS im Langzeiteinsatz.

2. Versuchsaufbau und Durchführung

Auf einem Versuchsbetrieb in Neuhausen 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 1994 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. Bei der zweiten Versuchsreihe wurde ein 8-Kanal GPS-Empfänger (STAR-TRACK DGPS) eingesetzt, der für den differentiellen Betrieb mit Hilfe eines Langwellenmoduls den "ALF"-Dienst nutzte. Die Aufzeichnungen fanden auf der Strecke Helfenbrunn - Freising von März bis Juli 1998 statt. Dabei verliefen einige Streckenabschnitte durch Waldgebiete.

3. Ergebnisse und Diskussion

Für die Analysen konnten aus den Jahren 1994 und 1998 die Aufzeichnungen von 130 Tagen bzw. 63 Tagen herangezogen werden. Zuerst wurde die Anzahl aufgespürter Satelliten ermittelt (Abb. 1 und Abb. 2).

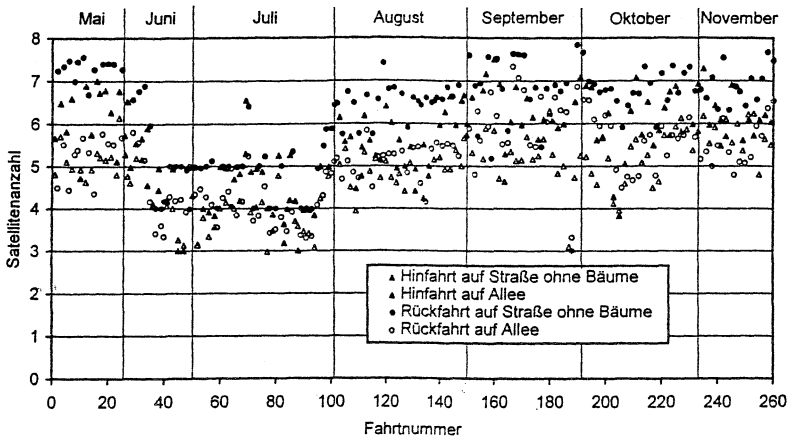


Abb. 1: Durchschnittliche Anzahl aufgespürter Satelliten auf der Strecke Neuhausen - Flanning an 130 Tagen im Zeitraum vom 15.5.1994 - 13.11.1994 (aufgeteilt in 130 Hin- und 130 Rückfahrten; Empfänger: FURUNO GN-72).

In beiden Abbildungen ist zu erkennen, daß die durchschnittliche Anzahl an erfaßten Satelliten zeitlichen Schwankungen unterliegt. Besonders im Monat Juli ist die Anzahl um etwa zwei geringer als in den anderen Monaten des Untersuchungszeitraums. 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 Einflüsse der Bäume auf der Allee wurden deutlich (siehe Abb. 1). Aufgrund von Abschattungseffekten lag die durchschnittliche Anzahl registrierter Satelliten auf der Allee um etwa zwei niedriger als auf dem Abschnitt ohne Straßenrandbäume.

Unterschiede ergaben sich auch bei den Zeitanteilen für Ortungsausfälle, Ortung mit GPS und DGPS. Während für alle Fahrten auf dem Abschnitt ohne Straßenrandbäume der Strecke Neuhausen - Flanning der durchschnittliche Zeitanteil der differentiellen Ortung 99,8 %

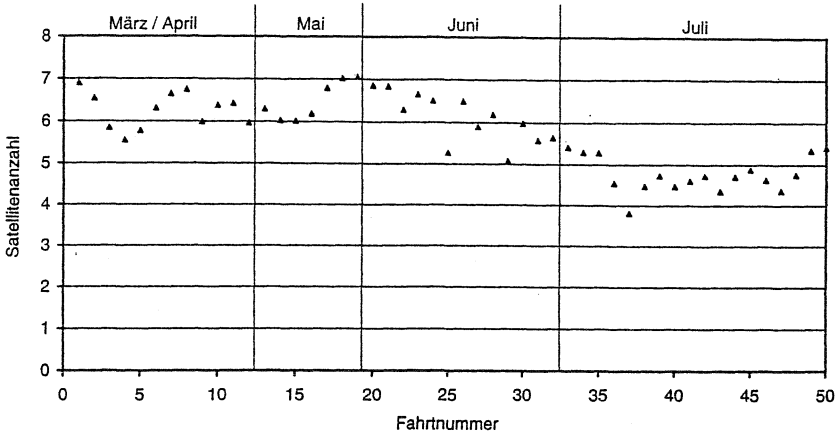


Abb. 2: Durchschnittliche Anzahl aufgespürter Satelliten bei den Fahrten von Helfenbrunn nach Freising an 50 Tagen im Zeitraum vom 26.3.1998 - 31.7.1998 (Empfänger: STAR-TRACK DGPS).

(Standardabweichung $s = 1,2\%$) betrug, lag er auf dem Alleestrecke bei $92,7\%$ ($s = 8,2\%$). Vor allem im Monat Juli lagen die DGPS-Anteilswerte für die einzelnen Fahrten unter dem Durchschnitt (Abb. 3).

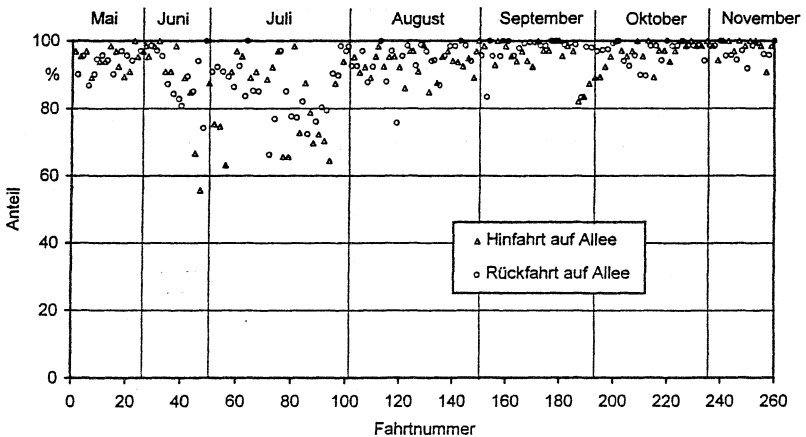


Abb. 3: Zeitanteil der differentiellen Positionsermittlung (DGPS) auf der Alleestrecke Neuhausen - Flanning an 129 Tagen im Zeitraum vom 15.5.1994 - 13.11.1994 (aufgeteilt in 129 Hin- und 129 Rückfahrten; Empfänger: FURUNO GN-72).

Dabei zeigte sich nicht nur ein höherer Anteil für die Ortungsausfälle - bedingt durch Abschattung der Alleebäume und der verringerten Anzahl verfügbarer Satelliten in diesem Monat - sondern auch ein relativ großer Anteil für die Ortung im Standardmodus (GPS). Dieser hatte seine Ursache nicht nur in einer Abschattung des Korrektursignals von der Feststation, sondern auch in einer deutlichen Vergrößerung der Zeitintervalle für die Ausgaben der einzelnen Korrekturinformationen bei einer geringeren Anzahl erfassbarer Satelliten an der Feststation. Als Folge schaltete der GPS-Empfänger auf dem Schlepper häufiger in den Standardmodus um.

Eine deutlich andere Zusammensetzung der Zeitanteile konnte für die Fahrten von Helfenbrunn nach Freising festgestellt werden. Hier wirkte sich vor allem das Leistungsvermögen der verwendeten DGPS-Anlage aus (Abb. 4).

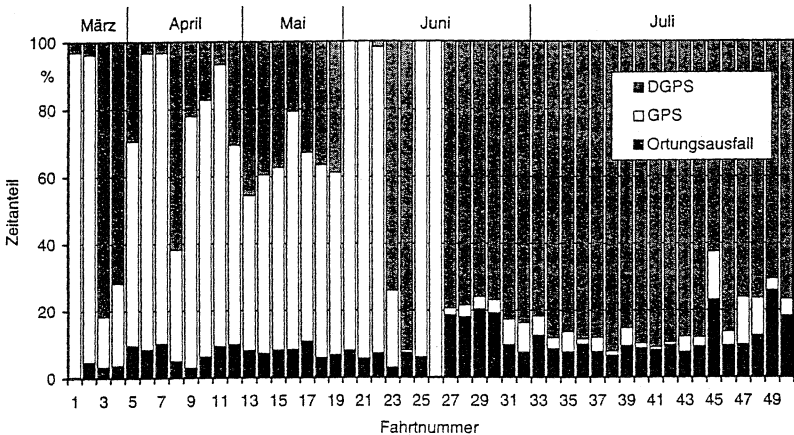


Abb. 4: Zeitanteile der Ortungsausfälle, Ortung mit GPS und DGPS bei den Fahrten von Helfenbrunn nach Freising an 50 Tagen im Zeitraum vom 25.3.1998 - 31.7.1998 (Empfänger: STAR-TRACK DGPS).

Die relativ geringen Anteile für die Ortung im differentiellen Modus bzw. die hohen Anteile für die Positionsermittlung im Standardverfahren bis etwa Mitte Juni hatten ihre Ursache in der verwendeten Antenne. Durch einen Austausch mit einem weiterentwickelten Modell konnte der Empfang des Korrektursignals wesentlich verbessert werden. Trotzdem verblieben auch weiterhin Streckenabschnitte (ohne Bäume oder Gebäude) auf denen kein Korrektursignalempfang möglich war. Beim Schlepper, der auf der Strecke zwischen Neuhausen und Flanning fuhr, konnte aufgrund von schlepperbedingten Störeinflüssen zu keiner Zeit auf das Langwellensignal zurückgegriffen werden.

Eine geringe Anzahl erfasster Satelliten zeigte erhebliche Auswirkungen auf die Genauigkeit der Ortung. Bei den Fahrten von Neuhausen zum Schlag in Richtung Flanning führte sie zu Ortungsfehlern von z.T. mehr als 50 m [2]. Zu Fahrtbeginn im Hofbereich sind die größten Fehler zu verzeichnen. Mit zunehmender Fahrtdauer bzw. Einschaltdauer des GPS-Empfängers steigt die Anzahl der erfassten Satelliten und die Ortungsgenauigkeit. In den Monaten Juni und

Juli - der Zeitraum in dem weniger Satelliten zur Verfügung standen - traten Ortungsfehler am häufigsten und mit den größten Abweichungen auf [2].

Noch höhere Fehler wurden auf der Strecke von Helfenbrunn nach Freising registriert. Bedingt durch den Ausfall des Langwellen-Korrektursignals nahmen sie Werte von 500 m und mehr an. Aber selbst für die Abschnitte mit differentieller Positionsermittlung waren Abweichungen von 100 m und mehr keine Seltenheit (Abb. 5).

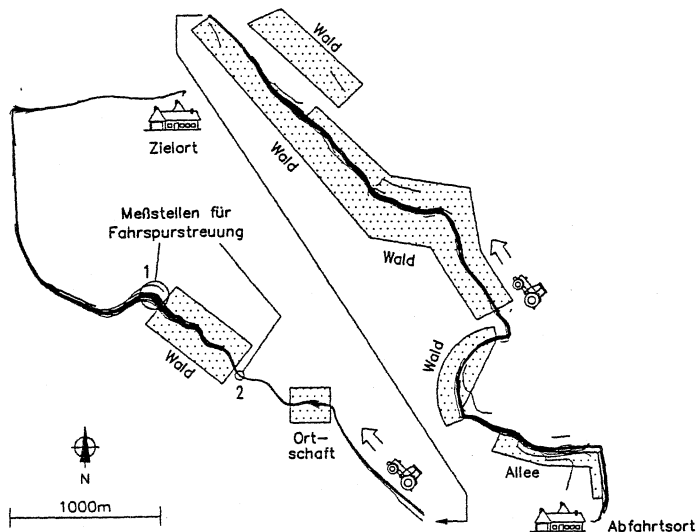


Abb. 5: Fahrspuren des Versuchsfahrzeugs bei den Fahrten von Freising nach Helfenbrunn im Zeitraum vom 25.3.1998 - 31.7.1998 (63 Fahrten; nur Abschnitte mit differentieller Ortung; Empfänger: STAR-TRACK DGPS).

Insbesondere in den Abschattungsbereichen traten höhere Fehler auf. Eine genauere Analyse der Fahrspurstrreuung in Abbildung 5 ist in Tabelle 1 zu sehen.

Tab. 1: Streuungsbreite der erfaßten Fahrspuren bei den Fahrten von Freising nach Helfenbrunn im Zeitraum vom 25.3.1998 - 31.7.1998 (63 Fahrten, nur Abschnitte mit differentieller Ortung; Empfänger STAR-TRACK DGPS).

	Anzahl der Fahrspuren im Streuungsbereich von						
	0,0 - 2,5 m	2,6 - 5,0 m	5,1 - 10,0 m	10,1 - 20,0 m	20,1 - 40,0 m	40,1 - 80,0 m	80,1 - 120,0 m
Meßstelle 1	-	14	10	9	5	4	1
Meßstelle 2	44	8	0	-	-	-	-

4. Zusammenfassung und Schlußfolgerungen

Im Alltagsbetrieb wird die Verfügbarkeit und Genauigkeit des GPS in erster Linie durch Abschattungen und durch systembedingte Änderungen der Raumkonstellation beeinträchtigt. Treffen ungünstige Raumkonstellationen und Abschattungseffekte zusammen, so muß mit einer stark verringerten Ortungsgenauigkeit oder auch einem Ortungsausfall gerechnet werden. Da die meisten GPS-Empfänger trotz Unterbrechung der Positionsermittlung die Uhrzeit weiterhin ausgeben, wird z.B. die automatisierte Arbeitszeitermittlung nicht wesentlich beeinträchtigt. Viele andere Aufgabenstellungen, die keine Unterbrechung der Ortung erlauben oder geringe Ortungsfehler voraussetzen, wie z.B. die lokale Ertragsermittlung oder die Fahrzeugführung, erfordern deshalb technische Verbesserungen. Hierzu zählen Hybridempfänger, die neben den GPS-Satelliten auch die Signale des russischen Satellitenortungssystems GLONASS erfassen können. Dadurch wird die Anzahl an verfügbaren Satelliten annähernd verdoppelt. In Frage kommen auch Koppelortungssysteme (dead reckoning). GPS und die Koppelortung würden sich hervorragend ergänzen, da sie ihre Nachteile gegenseitig ausgleichen [1].

Trotz weiterentwickelter Empfangsmodule war die Nutzung des "ALF"-Dienstes nur stark eingeschränkt möglich. Bei einem Großteil von landwirtschaftlichen Fahrzeugen ist aufgrund fahrzeugbedingter Einflüsse kein störungsfreier Langwellenempfang möglich. Zur Lösung dieses Problems kämen Kombinationsempfänger in Frage, die neben ALF auch andere Referenzsignaldienste nutzen können.

5. Literatur

- [1] MUHR, T., H. AUERNHAMMER, M. DEMMEL, C. SEEBAUER UND R. WEIGEL: Dead reckoning as backup for DGPS-systems in agriculture. ASAE Paper 95-1749 (1995)
- [2] WILD, K.: Satellitengestützte Arbeitszeiterfassung und Ertragsermittlung in Rundballenpressen. Dissertation: Institut für Landtechnik Weihenstephan 1998

Summary

For investigating the long-term availability, continuity and positioning accuracy of the Global Positioning System two vehicles were equipped with two different DGPS-receivers and PCs for data logging. During periods of five and seven months the performance tests were carried out. The results show that system based changes in the space constellation of the satellites and signal shading are causing a decrease of the positioning accuracy and sometimes an interruption of the positioning. For these cases a back-up system (e.g. dead reckoning) is required.