

Thomas Steinmayr, Hermann Auernhammer und Markus Demmel, Freising

Genauigkeitsanalysen zum Einsatz von DGPS bei Feldarbeiten

In der kleinräumigen Bestandesführung nimmt der Einsatz von Differenziellen Globalen Positionierungssystemen (DGPS) als Ortungs- und Navigationssysteme eine zentrale Stellung ein. Entscheidend für die Bewertung gewonnener Daten und durchgeführter Maßnahmen ist die damit erreichbare Genauigkeit. Untersuchungen mit Hilfe eines Infrarot-Tracking-Systems (ITS) als Referenzsystem für DGPS zeigen Abweichungen zwischen den Systemen im Bereich von einigen Metern; allerdings deuten sich auch Fehler bei der Positionsbestimmung durch das Referenzsystem an.

Diplom-Geograph Thomas Steinmayr ist wissenschaftlicher Angestellter und Doktorand am Institut für Landtechnik Freising-Weihenstephan in der Forschergruppe Informationssystem Kleinräumige Bestandesführung (IKB) Dürnast (Sprecher: Prof. Dr. H. Auernhammer), Institut für Landtechnik, Am Staudengarten 2, 85354 Freising, e-mail: steinmayr@tec.agrar.tu-muenchen.de

Schlüsselwörter

DGPS, Precision Farming, Ortung, Navigation, Infrarot-Tracking-Systeme, Tachymeter

Keywords

DGPS, precision farming, positioning, navigation, infrared tracking system, tachymeter

Der Einsatz Differenzieller Globaler Positionierungssysteme (DGPS) ist in der teilflächen-spezifischen Bewirtschaftung (Precision Farming) unerlässlich. DGPS ermöglicht die Georeferenzierung von Ertragsmess-, Boden- und anderer räumlicher Daten als Grundlage von Karten und das Auffinden bestimmter Punkte oder Flächen bei der Applikation. Für die wirkliche räumliche Zuordnung ist die Qualität der Ortung von entscheidender Bedeutung. Neben der Verfügbarkeit der Signale kommt der Ortungsgenauigkeit die zentrale Bedeutung zu. Die Ortungsgenauigkeit bei stehendem Objekt wurde bereits mehrfach untersucht [1]. Bei sich bewegenden Objekten scheiterte dies bisher an preisgünstigen und zuverlässigen Referenzsystemen. Eine genauere Quantifizierung der Ortungsgenauigkeit von DGPS bei Feldarbeiten erlaubt heute der Einsatz verfügbarer automatisch zielverfolgender Tachymeter als Referenzsysteme.

Infrarot-Tracking-System Geodimeter System 4000

Am Institut für Landtechnik wird das System Geodimeter 4000 der Firma Geotronics seit einigen Jahren als Ortungs- und Navigationssystem zu einer automatisierten Kulturführung im Freilandgartenbau und seit 1998 als Referenzsystem für DGPS zur Ermittlung der Ortungsgenauigkeit eingesetzt. Es handelt sich um ein auf Infrarotbasis arbeitendes, in der Horizontalen und Vertikalen schwenkbares, automatisch zielverfolgendes Infrarottachymeter. Folgende Parameter werden nach Eingabe der Objektivhöhe ermittelt:

- die Raumstrecke zu einem Objekt über die Laufzeit eines emittierten und reflektierten Infrarotlaserstrahls
- die Horizontalentfernung zwischen Fußpunkt und Objekt
- der Zenitwinkel der Raumstrecke (Winkel

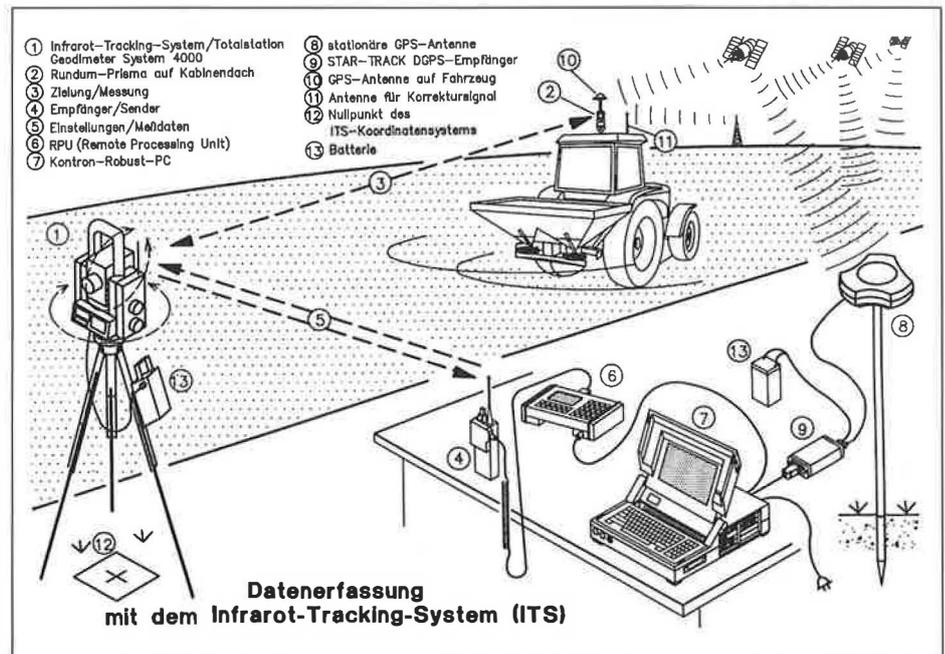


Bild 1: Versuchsaufbau der Referenzortung mit einem Infrarot-Tracking-System

Fig. 1: Experimental setup of the reference positioning using an infrared tracking system (1 = infrared tachymeter Geodimeter System 4000; 2 = surround view tracking prism; 3 = targetting/measuring; 4 = receiver/transmitter; 5 = settings/measured data; 8 = stationary GPS-antenna; 9 = Startrack-DGPS-receiver; 10 = GPS-antenna on top of the tracking prism; 11 = antenna for the correction signal; 12 = zero point of the ITS coordinate system; 13 = battery)

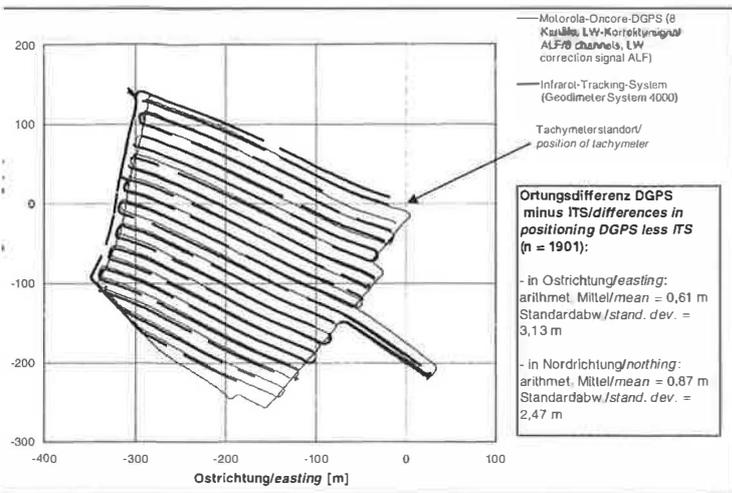


Bild 2: Mit DGPS und dem Infrarot-Tracking-System aufgenommene Fahrspuren der Düngefahrt auf Schlag D4 in Dürnast am 10. Juni 1998

Fig. 2: Tracks of fertilizing on field D4 in Duernast, 10/06/98, recorded by DGPS and the infrared tracking system

Datenverrechnung und -auswertung

Zur Verrechnung mussten die Daten zunächst mittels der GPS-Zeit synchronisiert werden. Da die GPS-Zeit nur jede volle Sekunde übertragen wird und in diesem Zeitraum jedoch zwei bis vier Positionstrings des Tachymeters mit aktueller Systemzeit anfallen, wurden die x- und y-Koordinaten für die exakten GPS-Sekunden mittels der Systemzeit aus den aufgezeichneten Werten interpoliert.

Die für den Vergleich wurden die WGS84- und die Tachymeterkoordinaten in Koordinaten eines lokalen kartesischen Koordinatensystems mit dem Fußpunkt des Tachymeters als Ursprung umgerechnet.

Ergebnisse

Von den durchgeführten Untersuchungen sollen beispielhaft die Ergebnisse der Aufzeichnungen einer Düngerapplikation auf dem Weizenschlag D4 dargestellt werden. Bild 2 zeigt die Gegenüberstellung der mit DGPS (Motorola-Oncore-8-Kanal-Empfänger + ALF-Korrekturdatenempfänger) und mit dem Tracking-System aufgenommenen Fahrspuren der Düngerausbringung. Die Lücken der mit dem ITS ermittelten Fahrspuren resultieren daraus, dass die Zielerfassung des Prismas aus topographischen Gründen unterbrochen wurde und danach das Tachymeter manuell auf das Prisma nachgeführt werden musste. Das arithmetische Mittel der Einzelabweichungen (Wert DGPS minus Wert ITS) liegt bei 0,61 m in Ostrichtung und 0,87 m in Nordrichtung; es liegt also offensichtlich ein durch die Nullpunktteinmessung bedingter, tolerierbarer Offset vor. Die Standardabweichung um diesen Offset liegt bei etwas über ± 3 m in Nord-Südrichtung und rund $\pm 2,5$ m in West-Ostrichtung.

Auffallend sind die großen Ortungsdifferenzen bei der Fahrt am nordwestlichen Schlagrand.

Während der Applikationsfahrt insgesamt nehmen die Ortungsdifferenzen in Ostrich-

tung tendenziell ab, in Nordrichtung zu (Bild 2), was möglicherweise abnehmender Genauigkeit des Infrarot-Tracking-Systems (aufgrund zunehmender Entfernung von der Totalstation, also abnehmenden Winkelincrementen und somit einem größeren Einfluss des Winkelfehlers) zugeschrieben werden kann. Ein möglicher Einfluss wichtiger DGPS-Parameter (Anzahl der Satelliten, Horizontal Dilution of Precision und Korrekturdatenalter) lässt sich aus den Daten nicht entnehmen.

Zu ähnlichen Ergebnissen führte die entsprechende Untersuchung beim Grubbern auf demselben Schlag am 13. August 1998 mit demselben ITS-Standort (Offset 1,03 m nach Osten und 0,45 m nach Süden bei Streuungen von $\pm 1,91$ beziehungsweise $\pm 2,32$ m).

Aufzeichnungen einer Spritz- und einer Düngefahrt auf Schlag D1 ergaben Standardabweichungen in West-Ost-Richtung von $\pm 2,87$ m beziehungsweise $\pm 3,05$ m sowie in Süd-Nordrichtung von $\pm 3,22$ m beziehungsweise von $\pm 3,95$ m.

Schlussfolgerungen und Zusammenfassung

Die durchgeführten und ausgewerteten Untersuchungen zur Ortungsgenauigkeit von DGPS – bezogen auf ein sich bewegendes Objekt mit Hilfe eines Infrarot-Tracking-Systems als Referenzsystem – lassen folgende Rückschlüsse zu:

- Die bisher angenommene Genauigkeit von DGPS (Pseudo-Range-Korrektur) im Bereich von maximal einigen Metern scheint auch im dynamischen Einsatz zu gelten.
- Die durchgeführten Analysen lassen vermuten, dass das Referenzsystem seinerseits bestimmten Fehlereinflüssen unterliegt. Die beobachteten Schwankungen der Ortungsdifferenzen DGPS – Referenzsystem können zumindest nach den vorliegenden Daten nicht mit Veränderungen von DGPS-Parametern erklärt werden.

Es ist daher eine Untersuchung der Genauigkeit des Infrarot-Tracking-Systems notwendig, um die Fehler des Referenzsystems quantifizieren zu können.

Literatur

- Bücher sind mit • gekennzeichnet
- [1] Auernhammer, H., T. Muhr und M. Demmel: Vierjährige Einsatzerfahrungen mit GPS und DGPS. Z.PflKrankh. PflSchutz, Sonderh. XIV (1994), S.133 – 142
- [2] • Schlemmer, H.: Grundlagen der Sensorik. Eine Instrumentenkunde für Vermessungsingenieure. Wichmann-Verlag, Heidelberg, 1996

zur Lotrechten) über den vertikalen Drehwinkel des Tachymeters

- die Horizontalrichtung relativ zu einer definierten Nulllinie (x-Achse)
- und aus diesen Parametern und der Höhe des Objektivs über dem Fußpunkt die x-, y- und z-Koordinaten relativ zum Fußpunkt [2]

Der Fußpunkt (Bild 1) ist der Nullpunkt des ITS-Koordinatensystems. Der Tracking- (Zielverfolgungs-) modus erlaubt die automatische Ausrichtung des Infrarotstrahls auf das Zielprisma am sich bewegenden Objekt innerhalb der Sichtweite und damit die Bestimmung der genannten Parameter. Das System besitzt laut Hersteller eine Genauigkeit in der Distanzmessung von 0,2 bis 1 mm; bei der Winkelmessung wird ein konstanter Fehler von 0,4 mgon angegeben [2].

Datenerfassung im Feld

Referenzmessungen mit dem Geodimeter 4000 wurden 1998 auf zwei Schlägen der Versuchstation Dürnast bei zwei Ernte- und fünf Applikationsfahrten (Spritzen, Düngen und Grubbern) vorgenommen. Für die Untersuchungen wurde das Tachymeter am Rande des betreffenden Schlages auf einem Stativ lotrecht über einem mit DGPS eingemessenen Punkt, von dem das Feld zu überblicken ist, fixiert (Bild 1). Das anzuviesierende Objekt war ein aktives Rundumprisma. Die GPS-Antenne des DGPS-Empfängers auf dem Fahrzeug war im Lot über dem Prisma befestigt, um die ITS-Daten mit den DGPS-Daten vergleichen zu können. Letztere wurden auf einem Pentop-Notebook aufgezeichnet.

Im Trackingmodus sendet das Tachymeter die Messparameter über eine serielle Schnittstelle RS232 an einen Robust-PC. Über eine zweite serielle Schnittstelle erfolgte von einem weiteren DGPS-Empfänger die Einspielung der GPS-Zeit, um einen zeitlichen Vergleichsmaßstab zu den auf dem Fahrzeug aufgezeichneten DGPS-Daten zu erhalten.