

## **Untersuchungen zum BUS-Lastverhalten in einem LBS-Düngesystem mit Einbeziehung der Satellitenortung GPS**

### **Investigations of busload in a LBS-tractor fertilizer spreader system including GPS positioning**

Dipl.-Ing. R. Ostermeier, Hallbergmoos, apl. Prof. Dr. agr. H. Auernhammer, Freising-Weihenstephan, Dr.-Ing. Dr.-Ing. habil. R. Weigel, München

#### **Einleitung**

Elektronik wird immer mehr zum integralen Bestandteil moderner Traktoren und der zugehörigen Geräteeinheiten. Eine ökonomische und ökologische Optimierung landwirtschaftlicher Produktions- und Arbeitsverfahren ist dabei das Ziel. Mit dem „Landwirtschaftlichen BUS-System (LBS)“, DIN 9684 Teil 2-5 [1], wird ein genormter Standard für die Kommunikation elektronischer Teilsysteme der Traktor-Geräteeinheit geschaffen. Die Markteinführung erster LBS-Serienprodukte haben verschiedene Hersteller für 1996 angekündigt.

Bereits ab April 1995 konnte am Institut für Landtechnik der Technischen Universität München-Weihenstephan ein LBS-System zur teilflächenspezifischen Düngerausbringung realisiert und untersucht werden. Systemkomponenten waren ein LBS-fähiger Traktor, ein Mineraldüngerstreuer mit LBS-Jobrechner und ein Terminal mit integrierter Auftragsbearbeitung, eine durchaus realistische Systemzusammenstellung für zukünftigen LBS-Einsatz.

#### **Zielsetzung**

Neben der Überprüfung auf allgemeine Funktionsfähigkeit des Systems stand die Leistungsfähigkeit des LBS zugrundeliegenden Kommunikationssystems im Mittelpunkt der Untersuchungen. Möglichkeiten zur Integration eines Ortungsverfahrens, z.B. die Satellitenortung (D)GPS, sollten aus diesem Blickwinkel in die Untersuchung miteinbezogen werden.

Da LBS hinsichtlich der Datenübertragung auf dem Feldbus CAN, Low-speed controller area network [2], basiert, kommunizieren gleichberechtigte elektronische Rechneinheiten über ein gemeinsames

physikalisches Datenübertragungsmedium. Die Leistungsfähigkeit des Gesamtsystems ist daher in besonderem Maße abhängig von der Übertragungsleistung und Störungsunempfindlichkeit des zugrundeliegenden Kommunikationssystems.

Eine gezielte Buslastanalyse bei verschiedenen Betriebszuständen sollte Einblick in die auftretende Belastung im vorliegenden Dünge­system geben. Sowohl die Gesamtlast als auch die Lastanteile, hervorgerufen durch die einzelnen LBS-Nachrichtengruppen, waren von Interesse.

Teilflächenspezifische Wirtschaftsweise verspricht für die Zukunft der Landwirtschaft eine umweltgerechte und ökonomische Optimierungsmöglichkeit. Sie erfordert jedoch eine verlässliche Positionsbestimmung. Die normkonforme Integration eines Ortungsverfahrens in das LBS liegt daher nahe. Auf folgende Fragestellungen sollte eine Antwort gegeben werden: Welche Konzepte existieren, welche zusätzliche Busbelastung ist dadurch bedingt, wo liegen die Grenzen hinsichtlich der Positionsgenauigkeit in Abhängigkeit der Ortungsdaten-Update­rate und des Einflusses durch die Datenübertragung? Hinsichtlich der Datenübertragung steht die Beantwortung dieser Fragen in engem Zusammenhang mit dem zweiten wichtigen Leistungskriterium eines Feldbussystems, der Echtzeitfähigkeit, d.h. mit welchen Nachrichtenübertragungsverzögerungszeiten ist zu rechnen.

## Grundlagen

Buslast und Übertragungsverzögerungszeiten:

Aufgabenstellungen, wie Buslastanalyse oder die Bestimmung von Übertragungsverzögerungs- bzw. Reaktionszeiten in Datenübertragungsnetzen, sind typisch für den Bereich der Netzanalyse. Eine allgemeine Darstellung findet sich in GERDSEN und KRÖGER (1994) [3], die Interpretation für LBS in OSTERMEIER (1995) [4]. Die vorliegende Buslast des „LBS-CAN-Busses“ läßt sich nach Formel (1) bestimmen.

$$\text{Buslast} = \frac{\text{übertragene Bits pro Analyseintervall}}{\text{max. Bitanzahl pro Analyseintervall}} \times 100 \% \quad (1)$$

mit

$$\text{max. Bitanzahl pro Analyseintervall} = \frac{\text{Übertragungsrate}}{\text{Analyseperiodendauer}}$$

Nachrichtenübertragungsverzögerungszeiten setzen sich zusammen aus der Dauer für die fehlerfreie

Übertragung eines CAN-Nachrichtentelegramms, aber auch der Zeit, die zwischen dem Zeitpunkt der Sendeanforderung und der erfolgreichen Busarbitrierung liegt. Daraus folgt eine Abhängigkeit von der jeweils vorliegenden Busbelastung. Da mit CAN ein priorisiertes Busarbitrierungsverfahren zur Anwendung kommt, spielt die unterschiedliche Priorität des jeweiligen Telegramms eine entscheidende Rolle.

Integration eines Ortungsverfahrens:

Zentrale oder dezentrale Ortung sind die beiden gegensätzlichen Integrationsmöglichkeiten für Ortung in das LBS. Mischvarianten dieser beiden Konzepte sind vorstellbar. Zentral bedeutet, daß Ortungs- und Auftragsverarbeitungsdaten in einer elektronischen Rechereinheit bearbeitet und somit keine Positionsdaten auf dem Bus gesendet werden. Bei der dezentralen Ortung hingegen senden einer oder mehrere Ortungsrechner die Positionsdaten kontinuierlich auf dem Bus. Die Auftragsverarbeitung liegt eventuell verteilt vor. Entsprechend ihres Prozeßdatencharakters sind die Positionsdaten als Basisdaten oder mit niedrigerer Priorität als LBS-Prozeßdaten definiert. Aufgrund des Fahrbetriebs hängt das Genauigkeitspotential der technischen Geräteeinheit zur teilflächenspezifischen Bewirtschaftung neben der Qualität der Ortungsinformation auch von der Updaterate der Positionsbestimmung, den Reaktionszeiten der lokalen Steuerungen und Aktoren sowie möglichen Nachrichtenübertragungsverzögerungszeiten von LBS-(Prozeß)daten ab. Übertragungsverzögerungszeiten in einem so dynamischen System wie LBS sind nicht mehr rein deterministisch anzugeben. Der „best case“ ist die reine Telegrammübertragungszeit, eine „worst case“ - Angabe macht erst nach einer genaueren Erörterung von Störungssituationen Sinn. Spielen sicherheitskritische Aspekte keine übergeordnete Rolle, so lassen sich brauchbare Anhaltswerte für die auftretende Bandbreite der Verzögerungszeiten von LBS-Prozeßdaten mittels Messungen in einem realen System gewinnen. Die Übertragbarkeit der Ergebnisse ist für vergleichbare Systemkonfigurationen und Einsatzbedingungen gegeben.

Konzept durchgeführter Messungen:

Hinsichtlich Buslast und Übertragungsverzögerungszeiten stellt dezentrale Ortung die obere Grenze für alle Integrationsvarianten dar. Messungen für diesen Fall decken somit auch die anderen Varianten ab.

**Eingesetztes LBS-System, Meßtechnik und Datenanalyse**

*Anm.: Anzuwenden sind DIN 9684 Teil 2 (Entwurf November 1992), Teil 3 (Entwurf Oktober 1993)*

Das eingesetzte LBS-System bestand aus einem Traktor (FENDT Favorit 511C mit 85 kW) mit Traktor-LBS-Jobrechner und einem Bussystem nach DIN 9684 Teil 2 (Übertragungsrate: 50 kBit/s). Montiert war ein Teilbreitendüngerstreuer (RAUCH AERO 2115) mit 15 m Arbeitsbreite und einem LBS-Düngerstreuer-Jobrechner (LH AGRO). Die Auftragsverarbeitung war in das Terminal (LH Agro AGRO CONTROL TERMINAL) integriert.

Für die meßtechnischen Untersuchungen wurde ein Robust-Industrie PC (KONTRON IP-Lite PC486) mit installiertem programmierfähigem CAN-Analysetool (VECTOR INFORMATIK „CANalyzer Pro“) verwendet. Mit zusätzlicher Hard- und Software ließen sich passive Online-Messungen durchführen, d.h., der Busverkehr wurde nur beobachtet oder für spätere Offline-Analysen aufgezeichnet. Aber auch aktive Online-Messungen waren möglich und gestatteten Online-Simulationen und -analysen als eigenständiger LBS-Systemteilnehmer. Aufgrund eines noch nicht genügend stabilen teilflächenspezifischen Systembetriebes war dies nötig. So ließ sich homogene Arbeitstätigkeit (periodisches Senden von Soll- oder Meßwerten) und eine dezentrale Ortung, bestehend aus einem „Paket“ von jeweils vier LBS-Prozessdatentelegrammen (X-,Y-,Z-Koordinate , Qualitätsinformation), simulieren und untersuchen. Ortungsupdatezeiten von 1 Hz bis 4 Hz (vgl. aktuelle GPS-Systeme) kamen zum Einsatz.

Eigens dafür implementierte Offline-Analyseprogramme, eines für selektive Buslastanalyse und eines zur Untersuchung der Nachrichtenübertragungsverzögerungszeiten in Abhängigkeit der selektiven Buslast, werteten die gewonnenen Online-Daten aus und speicherten die Ergebnisse als ASCII-Datei. Eine grafische Ergebnisdarstellung wurde mit einem kommerziellen Grafikprogramm durchgeführt.

## **Ergebnisse**

Die Installation des Systems verursachte kaum Probleme. Schwierigkeiten bereitete die unvollständige Definition des „LBS-Physical Layers“ als auch inkompatible Softwareversionen der Geräterechner, da den einzelnen Implementierungen verschiedene Normversionen zugrundelagen. Beide Probleme konnten in Zusammenarbeit mit den Herstellern gelöst werden.

Abbildung 1 zeigt den Gesamtbuslastverlauf (Analyseperiodendauer: 2 Sekunden; Auflösung 0,12 %) für einen 30-minütigen Systembetrieb. Da für die einzelnen Phasen konstante Betriebsverhältnisse gewählt wurden, läßt sich in diesem Fall auch ohne Betrachtung selektiver Buslastdiagramme eine Zuord-

nung zwischen Teillast und Ursache durchführen. Auffallend ist die geringe Schwankungsbreite innerhalb einer Phase und die stufenartige Laständerung beim Wechsel der jeweiligen Betriebssituation.

Die höchste Buslast wird mit 26 % während der Initialisierung (I.) erreicht, hervorgerufen durch den „Terminalmasken“-transfer. Die Normforderung, eine mittlere Buslast von etwa 40 % nicht zu überschreiten, ist erfüllt. Nach der Initialisierung fällt die Buslast auf 12 % für den stationären Modus (II.), der durch alleinige Übertragung der Systemerhaltungsmeldungen, der Basisdaten 1,2, der Kalenderdaten und der „Traktor-Terminalbotschaften“ charakterisiert ist. Die Aktivierung des Arbeitsmenüs für den Düngerstreuer (III.) ruft einen Anstieg der Last um 3% hervor. Der Start der homogenen Arbeitstätigkeit (IV.) hat das zusätzliche Anwachsen um 4,5 % zur Folge. Damit ergibt sich eine Gesamtlast von 19,5%.

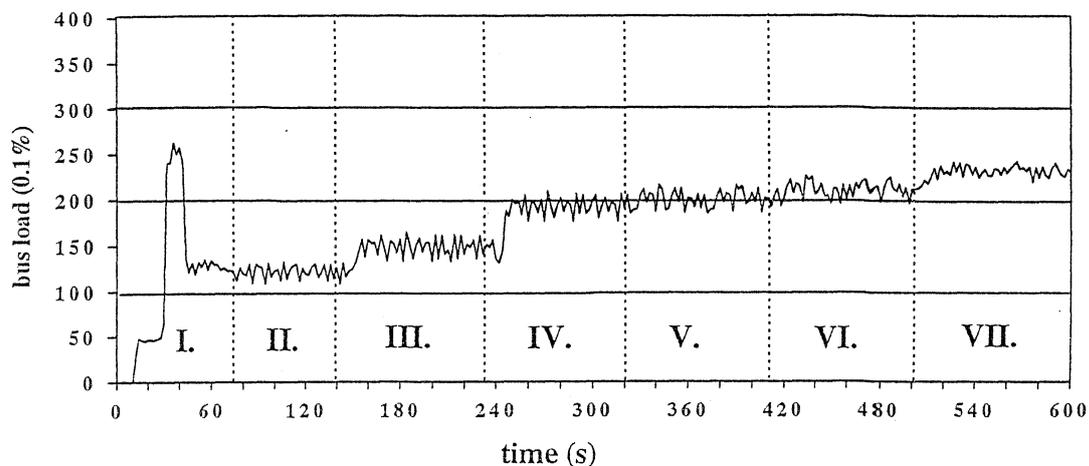


Abbildung 1: Buslast eines LBS-Traktor-Düngerstreuersystems (LBS, DIN 9684, Teil 2-5)

Dezentrale Ortung läßt die Last noch einmal ansteigen, wobei eine Erhöhung der Updaterate eine Erhöhung der Buslast bewirkt. So verursacht das periodische Senden der Positionspakete mit 1 Hz (V.) eine zusätzliche Last von 1 %. Die doppelte Updaterate 2 Hz (VI.) führt zu 2 % mehr Last und bei einer Rate von 4 Hz (VII) zu 4 % mehr.

Die Nachrichtenübertragungsverzögerungszeiten eines „Positionspakets“ sind konstant und nahezu unabhängig von der Updaterate für die vorliegende Buslastsituation. Der Mittelwert liegt für die vier Telegramme bei 11-12 ms, maximal bei 22 - 24 ms, also nur 1/40 der Ortungsperiodendauer von einer Sekunde (1 Hz). Die parallelen Messungen der Übertragungsverzögerungen für andere Prozeßdaten zeigen deutlich, daß bei dieser LBS-Systemkonfiguration mit daraus resultierender Buslast noch keine merkbare Beeinträchtigung durch eine dezentrale Ortung auftritt.

Fazit:

Dezentrale Ortung mit 1-2 Hz Updaterate garantiert ein Genauigkeitspotential von 1 m (Fahrgeschwindigkeit < 5 m/s) ohne ein LBS-System in der beschriebenen Konfiguration im Hinblick auf die Kapazität des Kommunikationssystems stark zu beeinträchtigen. Die neue Normfestlegung (1996) mit 125 kBit/s Übertragungsrate anstatt 50 kBit/s verbessert die Situation nochmals merklich. Für Genauigkeitsanforderungen unter 1 m empfiehlt sich zentrale Ortung.

## Literatur

- [1] DIN 9684, Teil 2-5: Schnittstellen zur Signalübertragung. Berlin: Beuth Verlag 1992, 1993, 1994.
- [2] ISO-DIS 11519-2: Road vehicles - Low Speed serial data communication, part 2: Low Speed serial controller area network (CAN), ISO/TC 22/SC 3 (First edition) 1994.
- [3] Gerdson, P.; Kröger, P.: Kommunikationssysteme 1: Theorie, Entwurf, Meßtechnik; Berlin, Heidelberg, New York: Springer - Verlag 1994.
- [4] Ostermeier, R.: Integration von Ortung in das LBS (Landwirtschaftliches BUS-System) zur lokalen Maschinensteuerung, Diplomarbeit: Institut für Hochfrequenztechnik, Technische Universität München, Institut für Landtechnik, Technische Universität München, Freising 1995.

## Summary

### Investigations of busload in a LBS-tractor fertilizer spreader system including GPS positioning

Since April 1995 a system (LBS by DIN 9684) for spatial variable fertilizer application was realised with LBS-prototyp-devices of different manufacturers at the Institute of Agricultural Engineering of the Technical University of Munich. The functionality, the bus load, datatransmission delay times and the influence of transmitting positioning data (e.g. GPS) with different update intervalls to get higher positioning accuracy were investigated.

Except little installation problems correct function could be established. Bus load and datatransmission delay times occurring while system activity were determined. Transmitting additional positioning data with an 1-2 Hz update rate guarantees the necessary position accuracy of 1 m (vehicle velocity < 5 m/s) with still plenty of free bus capacity and no negative influence on datatransmission delay times of other process data.