

Heribert Reiter, Marktoberdorf

Innovative Technologien am Traktor durch Elektronikanwendung

Die konsequente Anwendung von Elektronik bei der Traktortechnologie führte in den letzten 15 Jahren zu vielen neuen innovativen Lösungen für den Anwender. Dadurch konnten Wirtschaftlichkeit und Komfort deutlich gesteigert werden. Die Entwicklung von Software und Hardware ist dabei gleichermaßen bedeutend. Für die Zuverlässigkeit muss dem landwirtschaftlichen Umfeld Rechnung getragen werden. Die Elektronik durchzieht den Traktor wie das Nervensystem den Menschen. Durch den Informationsaustausch zwischen den Komponenten können „Finger Tip“ Bedienungen und automatisierte Abläufe zur Entlastung des Fahrers dargestellt werden. Anforderungen und neue Funktionen werden im Folgenden aufgezeigt.

Dr.-Ing. Heribert Reiter ist Geschäftsführer und Managing Director für Forschung und Entwicklung in der AGCO GmbH & Co. OHG (ehemals Fendt GmbH), Johann Georg Fendt Str. 4, 87616 Marktoberdorf; e-mail: heribert.reiter@t-online.de

Schlüsselwörter

Traktor, Elektronik, Anwendungsbeispiele

Keywords

Tractor, electronics, application examples

Die Anwendung von Elektronik in landwirtschaftlichen Maschinen hat erst richtig in den neunziger Jahren begonnen. Vorher war sie auf einige wenige Bereiche beschränkt. Besonders zu erwähnen ist hier die „elektrohydraulische Hubwerksregelung“ (EHR) von Bosch, die bereits Anfang der achtziger Jahre im Markt eingeführt wurde. Allrad-Differenzialsperren-Automatik, Zapfwellenzuschaltung und Wendeschaltung folgten dann Ende der achtziger Jahre. Jedoch wurde fast in allen Fällen noch eine zusätzlich mechanische Notbetätigung realisiert.

Die Digitalisierung der Informationstechnologie, die Einführung von CAN-BUS-Systemen und neue Programmiersprachen haben die Umsetzung extrem beschleunigt. Viele neue innovative Technologien wurden so erst möglich. Daraus entstand auch eine neue Fachdisziplin, die „Mechatronik“, die Mechanik, Hydraulik und Elektronik vereint. In [1] wird eine Übersicht für die Anwendung von Mechatronik in Landmaschinen gegeben.

Die Entwicklung auf diesem Feld kann in folgende Bereiche unterteilt werden:

- Elektronikkomponenten mit Sensorik, Aktorik, Steuergeräten sowie Betätigungs- und Anzeigeelementen
- Fahrzeugkomponenten wie Motor, Getriebe, Hydraulik, Fahrwerk
- Gesamtsysteme wie Traktor und Traktorgehätekombinationen
- Bereichsübergreifende Systeme wie „Precision Farming“

Elektronikkomponenten

Sensorik

Voraussetzung für die Umsetzung elektronischer Netzwerke sind geeignete Sensoren, die physikalische Größen wie Temperatur, Druck, Weg, Winkel, Drehzahl, Impulse, Drehrichtung, Zeit, Beschleunigung, Strom und Spannung präzise erfassen können. Dabei dürfen auch extreme Umwelt- und Einsatzbedingungen nicht zum falschen Signal oder Ausfall führen. Üblicherweise müssen Sensoren für Temperaturbereiche von -20°C bis $+130^{\circ}\text{C}$, für Beschleunigungen bis zur 10fachen Erdbeschleunigung, Feuchtigkeit,

Ölnebel und elektromagnetische Felder (EMV) geeignet sein. Die Komponenten werden sowohl in der Praxis als auch im Labor nach geeigneten Kollektiven in Klimaschränken getestet. Derartige Testkollektive können nur durch umfangreiche Langzeittests in der Praxis verfügbar gemacht werden.

Aktorik

Als Aktuatoren werden in der Regel elektrische Stellglieder verwendet. Bei größeren Stellkräften sind diese mit hydraulischen Systemen kombiniert. Einfache elektrisch betätigte schwarz-weiß Ventile, pulsweitenmodulierte proportional Ventile und elektrische Stellmotoren bestimmen hier das Bild. Die Verstellereinheit für das Fendt CVT Getriebe ist ein Beispiel für eine maßgeschneiderte Aktorik. Diese Komponente ist für die stufenlose Verstellung der Getriebeübersetzung zuständig. Folgende Anforderungen müssen dabei erfüllt werden:

- Hohe Auflösung des Drehwinkel für die Getriebebestellwelle
- Genaue, spielfreie und reproduzierbare Positionierung
- Halten der eingestellten Position



Bild 1: Fahrerplatz eines Traktors mit Multifunktionsfahrhebel in der Armlehne, Terminal und Tastern für eine „Finger - Tip“ Bedienung bei Fendt Traktoren [Werkbild]

Fig. 1: Drivers environment of a tractor with multi- function lever at the armrest, terminal and tip switches for „finger – tip“ operation on Fendt tractors



klink.hedig.com



Im Großen Kran so perfekt wie im Kleinen Stapler.

Wo immer Sie eine Hydrauliklösung im Mobilbereich brauchen – von HAWE bekommen Sie alles aus einer Hand. Von der Ölversorgung bis zur Ventilsteuerung mit elektronischer Ansteuerung sind alle Komponenten perfekt aufeinander abgestimmt: Die Axialkolbenpumpe V60N, der Proportional-Wegeschieber PSL und die Lasthalteventile LHT ergeben ein kompaktes System, ergänzt durch speicherprogrammierbare Ventilsteuerungen (PLVC) und Funkfernsteuerungen. Fernwartbarkeit und CAN-Bus-Fähigkeit sind große Vorteile. Warum wir Mobilhydraulik in dieser optimalen Systemqualität anbieten? Weil Sie nur so wirklich zuverlässig arbeiten können. Und weil wir genauso hoch hinaus wollen wie Sie. Detailinfos unter Tel: 089/431 88-0 oder via eMail unter info@hawe.de.

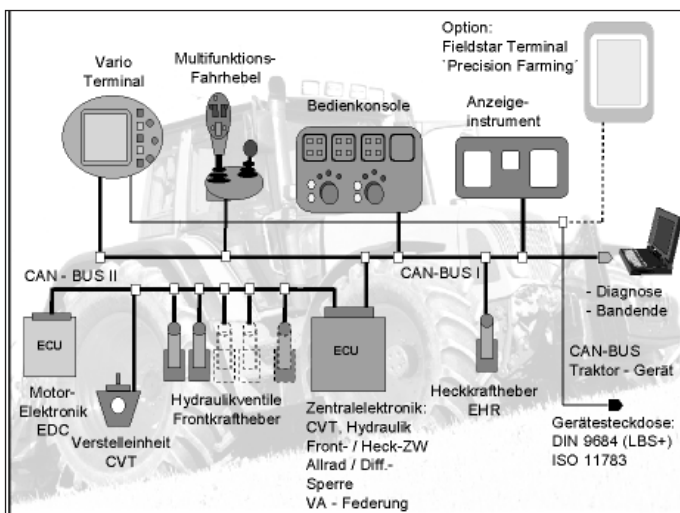


Bild 2: Darstellung des CAN-BUS Netzwerkes bei Fendt Vario Traktoren [Werkbild]

Fig. 2: Layout of the CAN-BUS network on Fendt Vario tractors

- Funktion unter gegebenen Umwelt- und Einsatzbedingungen
 - Integration einer mechanischen Notbetätigung
 - Kompakte, robuste Bauweise
- Nur durch das Zusammenführen von präzisen Einzelbausteinen konnte diese Aufgabe erfüllt werden.

Steuergeräte

Die Kommunikationszentrale der Elektronik bilden die elektronischen Steuergeräte (EST oder ECU), kompakte Hochleistungsrechner mit zahlreichen Ein- und Ausgängen für Sensor- und Steuersignale. Darin sind μ -Prozessor und Speicherbausteine, die wieder beschrieben werden können, integriert. Die Kommunikation mit den Komponenten erfolgt entweder direkt oder über CAN - BUS. Die „Flash-Technologie“ der Speicher ermöglicht Softwaretausch über die CAN - BUS-Schnittstelle.

Jedes produzierte Steuergerät wird einem „Burn In“-Test im Klimaschrank unterzogen, damit eine einwandfreie Funktion gewährleistet werden kann.

Betätigungs- und Anzeigeelemente

Ein weiterer wichtiger Bereich sind die Betätigungs- und Anzeigeelemente, die ergonomisch günstig am Fahrerplatz untergebracht werden müssen. Mit Hilfe der Elektronik wurden „Drive by Wire“ - Systeme realisiert. Alle Funktionen am Traktor können über Folientastaturen, Schalter, Drehpotenziometer, Multifunktionshebel betätigt werden. Zur Überwachung und für die individuelle Einstellung der Fahrzeugparameter steht ein Terminal und das Anzeigegerät im Lenkturm zur Verfügung. Bild 1 zeigt ein ausgeführtes Beispiel in einem Fendt Traktor. An der Armlehne befindet sich ein Multifunktionsfahrhebel für Getriebe- und Kraftheberbedienung. Des Weiteren ist ein Kreuzschalthebel für Hydraulikventile (Frontladerbetätigung) und Tasten für die Motordrehzahlspeicherung integriert. An der rechten Seite befinden sich die Taster und Schalter für Allrad, Diff.-Sperrung, ZW-Schaltung, VA-Federung und Tempomat so-

wie ein Terminal, über das viele Parameter am Traktor eingestellt werden können. Dies betrifft Kraftheber, Motor und Getriebe, Hydraulikventile und Anbaugeräte sowie komponentenübergreifende Automatisierungsfunktionen.

Fahrzeugkomponenten

Motor

Die mechanischen Einspritzsysteme und Regler werden immer mehr durch elektronische Systeme abgelöst. Die zukünftigen Abgasbestimmungen können nur dadurch eingehalten werden. Hochdruckeinspritzsysteme mit elektronischer Regelung werden spätestens mit Abgasstufe 3 überwiegen. Daraus ergeben sich auch andere Anwendungsnutzen, da die Leistungscharakteristik entsprechend beeinflusst werden kann. Über eine genormte BUS-Schnittstelle (SAE J1939) wird der Motor in das Gesamtsystem des Traktors eingebunden.

Getriebe

Zahlreiche Funktionen im Getriebe werden elektronisch betätigt. Übersetzungsänderungen durch Gangwechsel in Synchron- und Lastschaltgetrieben so wie auch in stufenlosen Getrieben erfolgen elektronisch. Dabei können auch mehrere Vorgänge automatisch ablaufen. Bei einem Gangwechsel im Synchrongetriebe zum Beispiel muss die Hauptkupplung geöffnet und wieder geschlossen werden.

Weitere Funktionen sind drehzahlgeregelte Anlauf der Zapfwelle und Zuschaltung

von Allradantrieb und Differentialsperre unter Last.

Kraftheber und Hydraulikventile

Elektronische Kraftheberregelung ist schon seit vielen Jahren Stand der Technik. Aber die Systeme basierten bisher auf analogen elektronischen Systemen. Mit Umstellung auf digitale Technologie kann auch der Kraftheber mit dem Fahrzeugsystem kommunizieren. Das Gleiche gilt für die elektrohydraulischen Ventile. Dabei wird die Elektronik direkt in das Ventil integriert und kann über eine definierte Schnittstelle mit dem Fahrzeugleitcomputer verbunden werden. Die neue Ventilgeneration von Bosch ist mit dieser Technologie ausgestattet („OBE“ on board electronic).

Gesamtsysteme am Traktor

Ohne elektronische Systeme ist es dem Fahrer überlassen, die einzelnen Funktionen zu koordinieren. Übersetzungsänderungen im Getriebe, Motordrehzahl, Zapfwellenbetrieb, Allrad- und Differenzialsperrenschaltung, Kraftheberfunktionen, hydraulische Zusatzventile und Anbaugerätefunktionen müssen dabei berücksichtigt werden. Dies führt einerseits zu Stresssituationen für den Fahrer, andererseits können die zahlreichen Betriebszustände nicht optimal dargestellt werden.

Mit Hilfe der elektronischen Systeme können neben der einfachen und sehr komfortablen „Finger Tip“ Betätigung auch automatisierte Abläufe dargestellt werden. Einige davon sind:

- Grenzlasterregelung: Diese Funktion lässt nur eine vorher festgelegte Motordrehnung zu.
- Tempomat: Fahren mit konstanter Geschwindigkeit
- Allrad-, Diff.-Sperrung Automatik: Schaltet den Allrad und die Differenzialsperre automatisch zu und ab.
- Überdrehzahlenschutz Motor: Lässt nur bestimmte maximale Drehzahl zu, wenn über den Fahrtrieb gebremst wird.

Bild 2 zeigt eine Darstellung des Elektroniksystems mit dem CAN-BUS Netzwerk bei



Bild 3: Traktor im Einsatz mit Frontgerät und zapfwellengetriebenen Heckgerät. [Werkbild]

Fig. 3: Tractor in operation with an implement in the front hitch and a PTO driven implement in the rear

Fendt Vario Traktoren. Neben den internen Komponenten erlaubt dieses System auch den Anschluss von zusätzlichen externen Geräten wie zusätzliches Terminal für „Precision Farming“, Diagnose PC und Anbaugeräte.

Traktor Management System

Eine weitere Automatisierung kann über intelligentes Management von Komponenten erreicht werden. Hier stehen vor allem Motor und Getriebe im Vordergrund, um das Fahren des Traktors so einfach wie möglich zu gestalten. Dabei ist es wichtig, dass der Fahrer die Bedienung wählen kann, die für seinen Einsatz optimal ist. So hat Fendt ein System installiert, das die Auswahl von vier verschiedenen Fahrstrategien zulässt.

Strategie 1: Der Fahrer kann Motor und Getriebe unabhängig bedienen. Über das Gaspedal verändert er Motordrehzahl und über den Fahrhebel die Getriebeübersetzung. Dies ist die gewohnte Fahrweise.

Strategie 2: Motordrehzahl und Getriebeübersetzung stehen in einem festen Zusammenhang und werden über das Fahrpedal (Gaspedal) eingestellt. Der Fahrhebel ist ohne Funktion. Dieses System hat Vorteile bei Frontladerarbeiten.

Strategie 3: Motordrehzahl und Getriebeübersetzung werden automatisch eingestellt. Der Fahrer gibt über das Fahrpedal einen Geschwindigkeitswunsch vor, das System stellt dazu automatisch in Abhängigkeit der Last Motordrehzahl und Getriebeübersetzung ein. Diese Fahrstrategie ist für Transport- und Feldarbeiten zu empfehlen.

Strategie 4: Diese Fahrautomatik arbeitet wie Strategie 3. Die Geschwindigkeitsvorgabe erfolgt jedoch über den Fahrhebel in der Armlehne. Der Fahrer hat den rechten Fuß frei für die Bremsbetätigung.

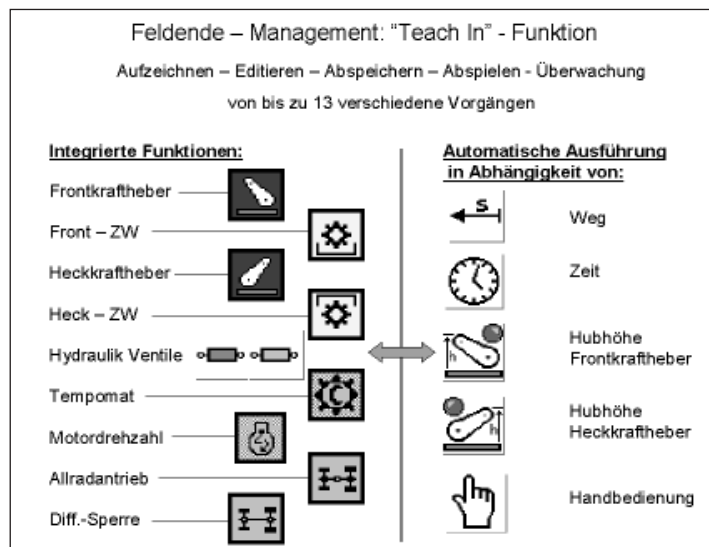
Feldende Management

Bild 3 zeigt einen Traktor bei der Feldbestellung. Er ist mit einem Grubber im Fronthubwerk und einer Kreiselegge-Sä-Kombination im Heckkraftheber ausgestattet. Letztere wird über die Zapfwelle angetrieben. Am Feldende müssen vom Fahrer in einer bestimmten Reihenfolge folgende Bedienungen durchgeführt werden:

- Ausheben Grubber über Frontkraftheber
 - Ausheben Säkombination über Heckkraftheber
 - Ausschalten Zapfwelle
 - Ausschalten Tempomat
 - Reduzieren Motordrehzahl
 - Umstellen Spuranzeige am Gerät über Hydraulikventil
 - Traktor wenden
 - Beim Einsetzen alle Bedienungen in umgekehrter Reihenfolge
- Jedes Mal, wenn der Fahrer an das Feldende

Bild 4: Übersicht über Funktionen und Einstellmöglichkeiten eines Feldende-Managements, wie es bei Fendt Traktoren realisiert ist [Werkbild]

Fig. 4: Overview on functions and possible settings of a headland management system realised on Fendt tractors



kommt, muss er diese Betätigungen ausführen. Ohne Automatisierung erfordert dies eine hohe Konzentration für den Fahrer, damit er Fehlbedienungen vermeidet. Mit einer entsprechenden Programmierfunktion kann nun der Fahrer diese wiederkehrenden Abläufe aufnehmen, editieren, speichern und auf Knopfdruck abspielen. Mit der „Teach In“-Funktion [2] kann der Fahrer diese Automatikfunktion individuell seinen Bedürfnissen anpassen. Bis zu 13 verschiedene Vorgänge können abgelegt werden. In Bild 4 ist eine Übersicht dargestellt, die die programmierbaren Funktionen zeigt. Diese können in Abhängigkeit von Weg, Zeit, Hubhöhe Front- und Heckkraftheber und Handbedienung gespeichert werden.

Neben der spürbaren Entlastung des Fahrers können auch die Vorgewendeweiten deutlich reduziert werden.

Traktorgerätekombination

Die genormten Schnittstellen (DIN 9684 für LBS+ und ISO 11783) ermöglichen den Anschluss von Geräten an das CAN-BUS Netzwerk des Traktors. Über die LBS+ Schnittstelle können Geräte mit traktorseitigen Komponenten bedient werden. Die Gerätefunktionen werden am Terminal oder am Multifunktionsfahrhebel dargestellt. Dies führt einerseits zu ergonomisch günstigen Gerätebedienungen, andererseits können auch Kosten für zusätzliche Gerätebetätigungen eingespart werden.

Die gleiche Funktionalität wird in Zukunft auch über die ISO Schnittstelle verfügbar sein.

Service

Bei der Entwicklung von komplexen Elektroniksystemen muss auch ein geeignetes Servicewerkzeug berücksichtigt werden. Ein „on board“ Diagnosesystem zeigt durch Fehlercodes Fehlverhalten des Systems an und erlaubt Rückschluss auf die betroffenen

Komponenten. Für weiterführende Diagnose kann ein Service-PC an das CAN-BUS Netzwerk angeschlossen werden, mit dem geprüft werden kann, ob alle Steuer- und Sensorsignale im zulässigen Bereich arbeiten. Mit einer Erweiterung des Systems können zusätzlich Drücke und Temperaturen gemessen werden. Dadurch sind Service-Mitarbeiter in der Lage, bei Problemfällen gezielt Abhilfe zu schaffen. Dies erspart jedoch nicht entsprechend ausgebildetes und geschultes Personal.

Ausblick

Mit Hilfe der Elektronik wird die Optimierung und Automatisierung von anwendungsspezifischen Prozessen weiter voranschreiten. Davon betroffen sind traktorspezifische Systeme wie Spurführungssysteme, aktive Federungskonzepte und Navigationssysteme über Satellit (GPS), aber auch übergreifende Systeme, die eine Optimierung des Systems „Traktor-Gerät“ zulassen. Einige dieser Anwendungen sind heute bereits realisiert. Auch fahrerlose Systeme sind mit dieser Technologie in Zukunft denkbar. Damit ist die Voraussetzung geschaffen für einen ganzheitlichen Ansatz des landwirtschaftlichen Produktionsprozesses, bei dem lückenlos ein dokumentierter Qualitätsnachweis der erzeugten Produkte nachgewiesen werden kann. Mit dieser Technologie kann dann „Precision Farming“ realisiert werden.

Literatur

- Bücher sind mit • gezeichnet
- [1] • Lang, T.: Mechatronik in Landmaschinen. In Jahrbuch Agrartechnik 15 (2003), Landwirtschaftsverlag Münster 2003, ISBN 3-7843-3193-9, S. 71 – 75
 - [2] Grimm, M.: Variotronic TI – Programmierbares Vorgewendemanagement. VDI-MEG Tagung Landtechnik 2002, Halle, S. 299 – 304