

Reibungslose Kommunikation zwischen Traktor und Anbaugeräten

ISO 11783 – Das Kommunikationsprotokoll für landwirtschaftliche Geräte

Der ISOBUS wird ab 2004 serienmäßig im landwirtschaftlichen Bereich von verschiedenen Herstellern zum Kauf angeboten und damit für Kunden erlebbar. Auf der Agritechnica im November 2003 stellten einige Hersteller bereits komplette ISOBUS-kompatible Anbaugeräte und Traktoren aus. Dieser Beitrag beleuchtet die technischen Konzepte – wie zum Beispiel Benutzer-Interface, Diagnose-Schnittstelle oder Verknüpfung zum „Hof-PC“ – und gibt einen aktuellen Überblick über den Stand der Normung und die geplanten Erweiterungen.

Von Peter Fellmeth

Als vor mehr als zehn Jahren im Rahmen der ISO (International Organisation for Standardization) die Arbeiten am Standard ISO

11783 begonnen wurden, sollte das Rückgrat für moderne, flexible und offene Systeme im landwirtschaftlichen Bereich geschaffen werden. „Modern“,

da die bis dahin noch nicht weit verbreitete Vernetzung von Komponenten eine Schlüsselrolle spielen sollte. „Flexibel“, da sich unterschiedliche Komponenten wie z.B. Bedieneinheiten immer wieder benutzen lassen. „Offen“, da sich Anbaugeräte und Traktoren von verschiedenen Herstellern kombinieren lassen.

Der ISO-11783-Standard umfasst inzwischen 13 Dokumente. Nicht alle sind als internationaler Standard verfügbar. Die *Tabelle* gibt einen Überblick über die Dokumente und deren aktuellen Status.

Physical Layer: Kabel, Stecker und Übertragungsprotokoll

Die Qualitäten eines Netzwerkes hängen nicht zuletzt vom verwendeten Übertragungsmedium ab. Für die ISO 11783 wurde ein eigenes Kabel entwickelt. Zum Einsatz kommt ein verdrehtes, vieradriges Kabel (*Bild 1*). Auf

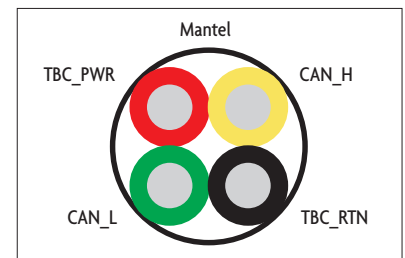


Bild 1. Querschnitt durch das ISO-11783-Kabel, das eigens für diesen Standard entwickelt wurde.

die Verwendung einer Schirmung wurde aus Kostengründen verzichtet. Bei der Definition der verwendeten Bitrate von 250 kbit/s wurde auf eine möglichst geringe Flankensteilheit und damit reduzierte Abstrahlung bei gleichzeitig noch akzeptabler Bandbreite geachtet. Durch die Kompatibilität zur ISO 11898 (Definition der Signalpegel), auch bekannt als „ISO High Speed“, können die im Kraft- und Nutzfahrzeug in hohen Stückzahlen verwendeten, integrierten Anschluss-Schaltungen (Transceiver) verwendet werden. Dies erlaubt eine schnelle und kostengünstige Integration der Netzwerktechnologie in den einzelnen Steuergeräten. Weiterhin ist die definierte Datenübertragungsschicht kompatibel zum Standard SAE J1939-11 (Society of Automotive Engineers). Damit kön-

ISO-Teil	Titel	aktueller Status
1	Standard für mobile Datenkommunikation (General Standard for mobile data communication)	Entwurf (Working Draft)
2	Übertragungsmedium (Physical Layer)	Internationaler Standard (International Standard)
3	Datensicherungsschicht (Data Link Layer)	Internationaler Standard (International Standard)
4	Netzschicht (Network Layer)	Internationaler Standard (International Standard)
5	Netzmanagement (Network Management)	Internationaler Standard (International Standard)
6	Virtuelles Terminal (Virtual Terminal)	Endgültiger Entwurf des internationalen Standards (Final Draft International Standard)
7	Signaldefinitionen (Implement Message Layer)	Internationaler Standard (International Standard)
8	Signaldefinition des Antriebsstrangs (Power Train Messages)	Entwurf (Working Draft)
9	Traktor-Steuergerät (Tractor ECU)	Internationaler Standard (International Standard)
10	Prozesssteuerung & Datenaustausch (Task controller & management computer interface)	Entwurf (Working Draft)
11	Prozessdaten (Data Dictionary)	Entwurf (Working Draft)
12	Diagnose (Diagnosis)	Neues Arbeitsfeld (New work Item)
13	Daten-Server (File Server)	Neues Arbeitsfeld (New work Item)

Übersicht über die Dokumente des ISO-11783-Standards und deren aktuellen Status

nen J1939 und ISO 11783 auf dem selben Medium gleichzeitig eingesetzt werden. Das ist besonders für kleinere oder nur für einen Zweck entwickelte Landmaschinen mit bereits integriertem J1939 ein Vorteil, speziell, wenn eine Erweiterung des Netzwerks durch den Anwender nicht vorgesehen ist, aber dennoch ISO-11783-Komponenten zum Einsatz kommen sollen. Hier kann auf die Verlegung eines zweiten Netzwerks verzichtet werden.

Die Übertragung der Daten findet auf zwei Leitungen statt, CAN_H und CAN_L. Die noch verfügbaren zwei Leitungen, TBC_PWR und TBC_RTN dienen der Spannungsversorgung der Abschluss-Schaltung mit 12 V (bereits vorbereitet für 24 V). Diese ist notwendig, um bei der gegebenen Bitrate von 250 kbit/s Störungen durch Reflexionen an den Busenden zu vermeiden. Ein fest eingebauter Abschlusswiderstand ist nicht möglich, da der Bus zu jedem Zeitpunkt „aufgebrochen“ werden kann, um zum Beispiel neue Anbaugeräte anzuschließen.

Neben dem Übertragungsmedium sind auch die Stecker standardisiert. Nur durch einheitliche Stecker kann ein problemloses Verbinden von Geräten herstellerübergreifend gewährleistet werden. Da das ISO-11783-Netzwerk möglichst flexibel sein soll und an verschiedenen Stellen erweitert werden muss, kommen mehrere unterschiedliche Stecker zum Einsatz. Dadurch kann jeder Stecker für seinen Einsatz mechanisch und elektrisch optimiert werden. Die im Folgenden beschriebenen Steckverbindungen (Bild 2) sind die wichtigsten:

- **Trenn-Steckverbinder (Bus Breakaway Connector):** Dieser Stecker verbindet den Traktor mit dem Anbaugerät. Er ist mechanisch sehr belastbar und gegen Verschmutzung durch einen Deckel geschützt. Da der Stecker immer an einem Busende sitzt, wird er in der Praxis meist mit einer integrierten, automatisch aktiven Abschluss-Schaltung (TBC – Terminating Bias Circuit) für den Bus kombiniert. Zudem wird über diesen Stecker das Anbaugerät mit elektrischer Energie vom Traktor versorgt. Für ein effektives Energie-Management wird dabei zwischen der Versorgung für das Anbaugerät (PWR und GND, bis zu 60 A)

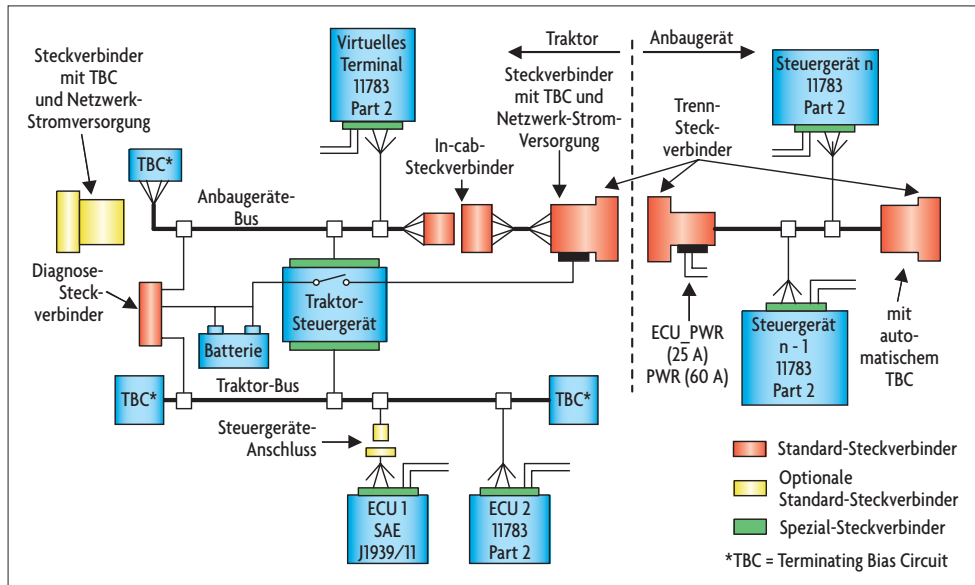


Bild 2. Steckverbinder im ISO-11783-Netzwerk.

und die Steuergeräte (ECU_PWR und ECU_GND, bis zu 25 A) sowie der automatischen Abschluss-Schaltung des Netzwerks (TBC_PWR und TBC_RTN) unterschieden.

- **Bus Extension Connector:** Mit diesem Stecker kann der ISO-11783-Bus um zusätzliche Steuergeräte erweitert werden. Der Stecker wird auch als „In-Cab Connector“ bezeichnet, weil er meist dazu verwendet wird, zusätzliche Steuergeräte wie z.B. ein virtuelles Terminal in der Fahrerkabine anzuschließen. An diesem Stecker steht der CAN-Bus (CAN_H und CAN_L) zur Verfügung sowie die Spannungsversorgung der Abschluss-Schaltung (TBC_PWR und TBC_RTN). Ein Nachteil des Steckers ist die fehlende Versorgungsspannung für das angeschlossene Steuergerät. Falls es in der Fahrerkabine keine passende Steckdose gibt, muss vom Anwender zuerst eine Spannungsversorgung für das Steuergerät eingerichtet werden. Aus diesem Grund wurden dem ISO-11783-Gremium bereits Vorschläge für einen neuen

Stecker mit Spannungsversorgung für ein Steuergerät vorgelegt.

- **Diagnosestecker:** Optional kann ein Hersteller einen Diagnosestecker anbringen. Mit ihm können herstellerübergreifende Diagnosewerkzeuge eingesetzt werden. Das besondere an diesem Stecker ist, dass daran (falls vorhanden) der interne Traktor-Bus sowie der Anbaugeräte-Bus zur Verfügung steht.

▶ Datentransport mit dem CAN-Protokoll

Als grundsätzliches Übertragungsprotokoll wird CAN 2.0b (Controller Area Network) verwendet. Die Verwendung des CAN-Protokolls ist, wie auch schon die Datenübertragungsschicht, harmonisiert mit SAE J1939. Daraus ergibt sich dieselbe Verwendung des CAN-Identifiers und der Datenbytes. Es werden ausschließlich 29-bit-CAN-Identifier verwendet. Dabei werden nicht die gesamten 29 bit für die Inhaltsadressierung verwendet, sondern der CAN-

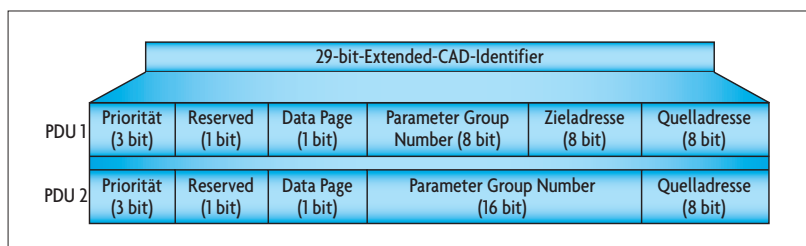


Bild 3. CAN-Identifier-Interpretation nach ISO 11783: Es unterscheiden sich die Formate PDV 1 und PDV 2 (Protocol Data Unit).

Identifizier wird in verschiedene Felder aufgeteilt (Bild 3).

Die wichtigsten Felder sind Quell- und falls vorhanden Zieladresse sowie die Parametergruppennummer (PGN). Da viele Informationen global gesendet werden, muss nicht immer eine Zieladresse angegeben werden. Aus diesem Grund wird der CAN-Identifizier auf zwei verschiedene Arten interpretiert.

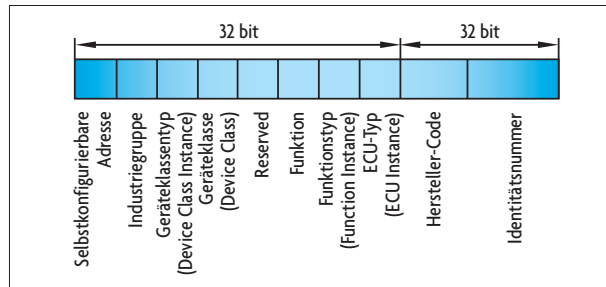


Bild 4. Felder des Steuergerätenamens. Er enthält Angaben zu Hersteller, Seriennummer, Funktion und Gerätetyp. Die Adress-Zuweisung findet während des Boot-Prozesses statt.

Dabei beschreibt das PDU-Format 1 (Process Data Unit) eine Kommunikation mit angegebenem Ziel und Quelle. Das PDU-Format 2 wird ausschließlich global gesendet, daher kann die Angabe einer Zieladresse entfallen. Die Identifikation der Parametergruppe (PG) erfolgt je nach PDU-Format mit 8- bzw. 16-bit-Adressen (PGN). Parametergruppen orientieren sich in der Anzahl der verwendeten Datenbytes grundsätzlich nicht an CAN, wenngleich für die schnelle, zyklische Übertragung meistens eine Länge von acht Bytes gewählt wird. Mit jedem CAN-Telegramm können maximal 8 byte Daten übertragen werden. Für größere Datenmengen müssen diese entsprechend aufgeteilt und nacheinander übertragen werden. Hierzu stehen verschiedene Transportprotokolle zur Verfügung:

- **Connection Mode Data Transfer (CMDT):** Dieses Transportprotokoll erlaubt die Übertragung zwischen zwei Steuergeräten. Es können bis maximal 1785 byte ausgetauscht werden. Sender und Empfänger können sich durch eine Datenfluss-Steuerung jederzeit synchronisieren.

- **Extended Transport Protokoll (ETP):** Das ETP bietet dieselben Merkmale wie CMDT, die Beschränkung auf 1785 byte ist aber aufgehoben. Mit ETP können mehr als 16 Mbyte Daten übertragen werden. Der praktische Ein-

satz für das ETP ist zum Beispiel die Übertragung komplexer Grafik-Informationen an die Benutzerschnittstelle.

- **Broadcast Announce Message (BAM):** Dieses Transportprotokoll wird für eine globale, verbindungslose Übertragung verwendet. Zwischen den einzelnen Datentelegrammen muss ein Mindest-Sendeabstand von 50 ms liegen. Daher eignet sich BAM nicht für

die schnelle zyklische Übertragung von z.B. Positionsangaben.

- **Fast Packet Transport Protokoll (FPTP):** Das FPTP ist ähnlich zum BAM, jedoch ohne den Mindest-Sendeabstand zwischen zwei Tele-

grammen. Das FPTP wird verwendet, um NMEA2000-Navigationssysteme (National Marine Electronics Association) direkt nutzen zu können.

Das Netzwerk-Management

Jeder Teilnehmer im Netzwerk erhält eine eindeutige Adresse im Bereich von 0 bis 253. Da nicht vorhergesagt werden kann, welche Geräte (und in welcher Anzahl) sich im Netzwerk befinden, kann die Adresse nicht im Vorfeld festgelegt werden. Es ist Aufgabe des Netzwerk-Managements, diese Adressen zuzuordnen, wenn das Netzwerk gestartet wird bzw. wenn ein Steuergerät am Bus eingesteckt wird. Da es keine zentrale Instanz des Netzwerk-Managements gibt, muss jedes Steuergerät einen „Address Claim“-Algorithmus durchlaufen. Dabei wird geprüft, ob eine von einem Steuergerät angeforderte Adresse schon benutzt wird. Kommt es dabei zu einem Konflikt, kann dieser mit Hilfe eines eindeutigen, 64 bit langen Gerätenamens aufgelöst werden.

Der Gerätename ist weltweit eindeutig vergeben. Er enthält Angaben zu Hersteller, Seriennummer, Funktion und Gerätetyp (Bild 4). So kann z.B. erkannt werden, ob ein Navigationssystem vorhanden ist und ob es am Traktor oder am Anbaugerät montiert wurde.

Kombigeräte und virtuelles Terminal

Ein Anbaugerät kann mit mehreren Steuergeräten ausgestattet sein, die in einem Working Set zusammengefasst werden können. Ein Working Set besteht aus einem Working Set Master und einem oder mehreren Working Set Members. Der Working Set Master kann gleichzeitig das einzige Working Set Member sein. Ziel eines Working Sets ist es, die Kommunikation zu vereinfachen und das Datenaufkommen zu reduzieren. Mit Hilfe des Working Sets ist es auch möglich, mehrere gleichartige Anbaugeräte zu einem „großen“ Anbaugerät zu vereinigen. So könnten zum Beispiel zwei Feldspritzen zu einer Spritze mit doppelter Arbeitsbreite kombiniert werden. Eine größere praktische Bedeutung bekommt das Working Set im Zusammenhang mit Virtual Terminals.

Das „ISO 11783 Virtual Terminal“ (VT) ist für den Benutzer das wohl sichtbarste Erkennungsmerkmal von ISO 11783. Zugleich kommt ihm als Interface zwischen Anwender und Maschine eine besondere Bedeutung zu. Das Konzept des Virtual Terminal ähnelt dem eines Internetbrowsers. Der Anwender kann sich gleichzeitig grafisch Informationen von verschiedenen Quellen anzeigen lassen und bei Bedarf auch Eingaben ausführen.

Für die Kommunikation zwischen einem Anbaugerät und dem VT ist der Working Set Master zuständig. Er lädt die gesamten Grafikinformatoren zum VT in Form eines Objekt-Pools. Ein Objekt-Pool besteht aus einzelnen Elementen, die durch eine Zahl identifiziert werden und verschiedene Eigenschaften besitzen. Dies können zum Beispiel kleine Grafiken sein, komplexe Auswahlménüs, Buttons oder ganze Bildschirmmasken. Der Bildschirm eines VT ist dabei in verschiedene Bereiche eingeteilt (Bild 5):

- **Datenbereich:** Der Datenbereich ist die zentrale Ausgabefläche. Hier wird der Objekt-Pool dargestellt. Die Auflösung beträgt minimal 200 × 200 Pixel und ist immer quadratisch. Verantwortlich für eine sinnvolle Darstellung ist der Working Set Master. Falls die Möglichkeiten des VT nicht dem Objekt-Pool entsprechen, muss der Wor-

king Set Master z.B. durch Anpassung der Farben oder der Größe die Ausgaben neu formatieren.

- **Soft Keys:** Für Standard-Eingaben stellt das VT Soft Keys zur Verfügung. Dabei handelt es sich typischerweise um Taster, die vom Anwender gedrückt werden können. In der Anordnung ist der VT-Hersteller prinzipiell frei, jedoch hat sich in der Praxis eine Anordnung wie in Bild 5 etabliert. Die Bedeutung der Soft Keys geht aus dem zugehörigen Symbol, dargestellt als Soft Key Designator, hervor. Definiert der Objekt-Pool mehr Soft Keys als physikalisch vorhanden, stellt das VT geeignete Navigationsflächen zur Verfügung, die es dem Anwender ermöglichen, die zusätzlichen Soft Keys zu erreichen.

- **Navigationstasten:** Mit Hilfe der Navigationstasten kann der Anwender Objekte auswählen, um eine Eingabe vorzunehmen oder um zur Darstellung des nächsten Objekt-Pools zu gelangen. Alarmmasken können ebenfalls damit bestätigt werden.

- **Eingabetasten:** Die Eingabetasten erlauben es dem Anwender, Werte einzugeben oder eine Auswahl aus einer Liste vorzunehmen.

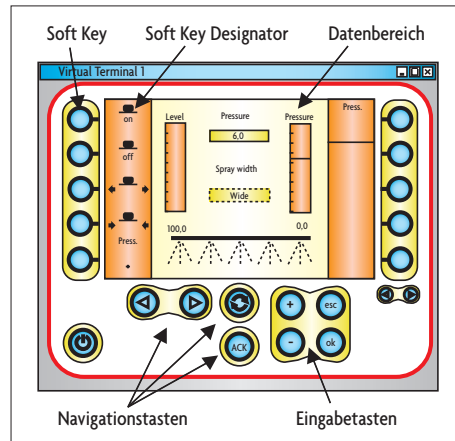


Bild 5. Maske eines Virtuellen Terminals, simuliert mit der Entwicklungssoftware CANoe Option ISO 11783 von Vector Informatik.

Ein weiteres Merkmal des VT ist es, dass sich zusätzliche sog. Auxiliary Inputs über den ISO-11783-Bus anschließen lassen und vom Anwender auf bestimmte Eingabefunktionen gelegt werden können. So kann der Anwender bei Bedarf zum Beispiel einen Joystick anschließen.

► Drei Klassen von Traktor-Steuergeräten

Das Traktor-Steuergerät stellt dem Anbaugerät Funktionen des Traktors zur Verfügung. Dabei werden die Funktionen des Traktor-Steuergeräts in drei Klassen eingeteilt. Die Klassen unter-

scheiden sich im zur Verfügung gestellten Funktionsumfang und reichen von der einfachen Bereitstellung von Basisinformationen (z.B. Geschwindigkeit) bis zur Steuerung des Traktors (z.B. heben oder senken der Drehzahl der Zapfwelle). Die Funktionen der einzelnen Klassen bauen aufeinander auf. Ein Traktor, der die Anforderungen der Klasse 2 erfüllt, erfüllt auch die der Klasse 1. Somit kann der Anwender anhand der Traktorklasse erkennen, ob ein Anbaugerät an einem Traktor betrieben werden kann oder nicht. Wird eine Klasse nur teilweise vom Traktor erfüllt, gilt automatisch die nächst niedrigere Klasse.

Ein Traktor-Steuergerät der Klasse 1 liefert Informationen zum Power-Management wie z.B. die Stellung der Zündung oder verbleibende Zeit, mit der das Anbaugerät noch mit elektrischer Energie versorgt werden kann. Ein Anbaugerät kann mit Hilfe des Power-Management die Bereitstellung der Versorgungsspannung um weitere zwei Sekunden verlängern. Dies ist hilfreich, falls das Anbaugerät noch nicht vollständig in seiner Parkposition angekommen ist, aber die Zündung schon ausgeschaltet wurde.

Weiterhin gibt das Steuergerät der Klasse 1 eine Reihe von Informationen aus: sprachabhängige Informationen wie z.B. Datum- und Zahlenformat, ak-

tuelle Geschwindigkeit, Umdrehungszahl des Motors, Position des Hubwerks und Erreichen der Arbeitsstellung des Anbaugeräts sowie die Umdrehungszahl der Zapfwelle. Zudem stellt der Traktor Informationen zum Zustand sämtlicher Signal- und Arbeitslampen zur Verfügung. Es wird empfohlen, Klasse 1 nicht für Neuentwicklungen zu verwenden. Sie sollte für die Nachrüstung von alten Traktoren verwendet werden.

Ein Traktor-Steuergerät der Klasse 2 gibt zusätzlich zu den Angaben der Klasse 1 auch Zeit und Datum, Entfernungs- und Richtungsangaben, Zugkraft am hinteren Hubwerk sowie den

Bild 6. Das Conformance-Test-Logo zeigt, dass ein Gerät mit dem ISO-11783-Standard kompatibel ist.



Zustand der Hydraulik-Ventile aus. Die Klasse 2 erlaubt auch die Steuerung der gesamten Beleuchtung des Anbaugeräts.

Klasse 3 erlaubt Eingriffe des Anbaugeräts in die Traktorsteuerung. So können die Position des hinteren Hubwerks, die Zapfwellen- und Fahrgeschwindigkeit sowie die Ventile gesteuert werden. Falls mehrere Anbaugeräte ausschließende oder gegenläufige Steuerbefehle an das Traktor-Steuergerät senden, muss das Traktor-Steuergerät den Konflikt lösen. Grundsätzlich gilt, dass der Anwender jeden Befehl „überschreiben“ kann.

Falls ein Traktor zusätzlich zu seiner Klasseninformation ein „F“ (Front) bereitstellt, werden auch Anbaugeräte unterstützt, die vorne angebaut sind. Wird „N“ (Navigation) unterstützt, stellt der Traktor Navigations-Informationen zur Verfügung.

► Kommunikation mit der „Zentrale“

Das Steuergerät „Task Controller“ stellt die Schnittstelle zum „Hof-PC“ (Farm Management System) dar. Dabei werden Aufträge zur Bearbeitung definiert und an den Task Controller übertragen. Auf dem Feld wird ein Auftrag

ausgewählt und mit der Bearbeitung begonnen. Der Task Controller kann dann die Informationen zu einem Auftrag direkt an das Anbaugerät weiterleiten. Dies können zum Beispiel Applikationsmengen für einen Sprayer sein. In Verbindung mit einem Navigationssystem können die Applikationsmengen auch von der aktuellen Position abhängen. Eine weitere wichtige Eigenschaft sind die Möglichkeiten der Datenaufzeichnung. Damit kann die Arbeit genau protokolliert und später zur Auswertung zurück auf den „Hof-PC“ übertragen werden. Für die Kommunikation zwischen Task Controller und Anbaugerät ist eine eigene Parameter-Gruppe „Process Data Message“ definiert.

Im Moment wird an der Definition der Prozessdaten sowie dem Übertragungsformat zwischen „Hof-PC“ und Task Controller noch gearbeitet. Die wichtigste Änderung ist, dass bei der Definition und Übertragung von Aufgaben nicht mehr das ADIS-Format, sondern XML eingesetzt wird.

► ISO 11783 und ISOBUS

Was ist der Unterschied zwischen ISO 11783 und ISOBUS? ISO 11783 entspricht dem internationalen Standard. ISOBUS ist die Bezeichnung für Netzwerke, basierend auf dem ISO-11783-Standard. Dies hat insofern praktische Auswirkungen, als der ISOBUS einen genauen Stand der ISO-11783-Dokumente zu einem Zeitpunkt referenziert und Implementierungshinweise bei unterschiedlicher Interpretation des Standards gibt. Dies ermöglicht den Aufbau kompatibler Systeme, ohne dass alle Teile des Standards als internationaler Standard veröffentlicht sein müssen. Verantwortlich für ISOBUS sind zwei Arbeitsgruppen. In Europa ist dies die „Implementation Group ISOBUS“, in den USA die „North American ISOBUS Implementation Task Force“. Aktuell ist der Implementation Level 2.

Zur Sicherstellung und Überprüfung der Kompatibilität von ISOBUS-Netzwerken oder Teilkomponenten wurde in einer Kooperation zwischen dem VDMA (Verband Deutscher Maschinen und Anlagenbau) und der DLG (Deutsche Lebensmittelgesellschaft) ein Kompatibilitätstest definiert und mit

Hilfe des Vector-Tools CANoe Option ISO 11783 umgesetzt. Aktuell kann der Implementation Level 2 zertifiziert werden. Dies entspricht den Dokumenten 2 bis 7 und 9 des ISO-11783-Standards. Zur Kennzeichnung zertifizierter Komponenten wurde ein spezielles Logo entwickelt (Bild 6).

Alle großen Hersteller von Traktoren und Anbaugeräten unterstützen ISOBUS und haben klar Stellung pro ISOBUS bezogen. Auf der Agritechnica 2003 wurden den Kunden ISOBUS-Anbaugeräte und -Traktoren vorgestellt, die 2004 in Serie produziert werden. Trotzdem sind die Arbeiten am ISO-11783-Standard noch nicht abgeschlossen. jk

Literatur

- [1] International Organisation for Standardization (Hrsg.): ISO 11783, Teile 1 bis 13. www.iso.org
- [2] Stone, M.L.: ISO 11783 – An Electronic Communications Protocol For Agricultural Equipment. ASEA Distinguished Lecture Series, 1999.

Web-Seiten zum Thema

- www.isobus.com
- www.iso.org
- NAITF.aem.org
- www.dlg.org



Dipl.-Ing. (FH) Peter Fellmeth

ist als Teamleiter und Produktmanager bei der Vector Informatik GmbH verantwortlich für die Entwicklung von Produkten und kundenspezifischen Projekten im Umfeld von J1939 und DeviceNet. Er studierte an der FH Esslingen im Fachgebiet Technische Informatik mit Schwerpunkt auf Automatisierungstechnik.

► E-Mail: peter.fellmeth@vector-informatik.de