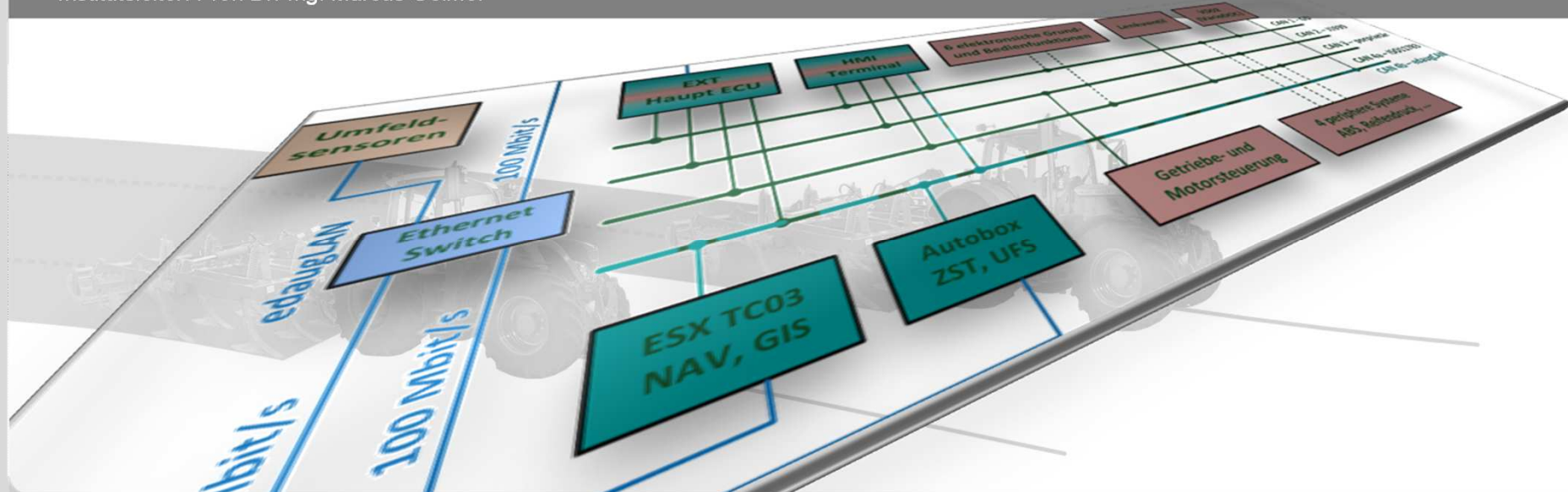


Datennetzwerke zur Entwicklung eines ADAS für landwirtschaftliche Arbeitsmaschinen

Forschungsprojekt EDAUG
VDMA Ethernet Tag, 14.03.2013

Institut für Fahrzeugsystemtechnik (FAST), Lehrstuhl für Mobile Arbeitsmaschinen (Mobima)
Institutsleiter: Prof. Dr.-Ing. Marcus Geimer



Inhalt

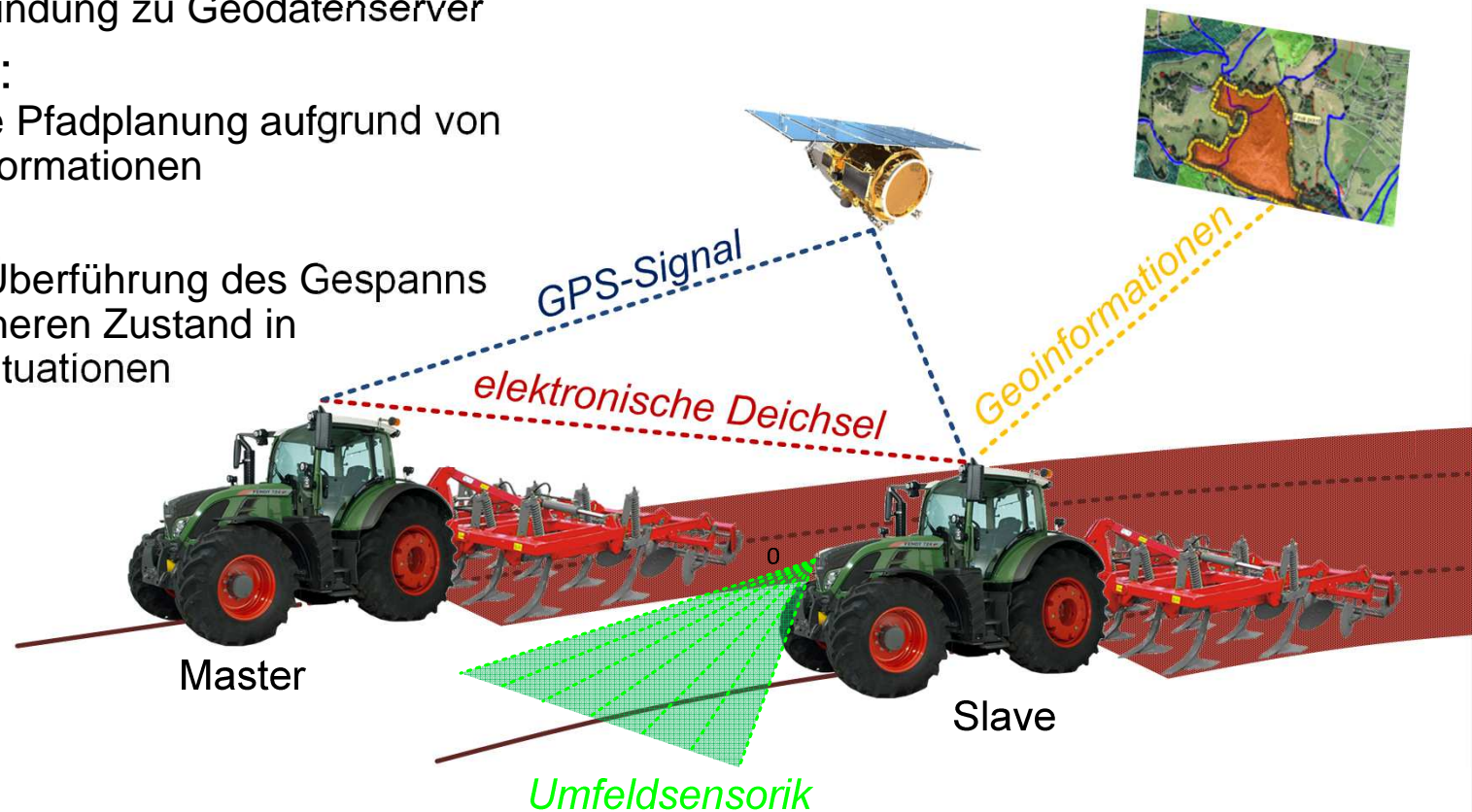
- Einführung
- Sicherheitskonzept
- Systemarchitektur
- Datenverkehr der elektronischen Deichsel
- Fazit und Ausblick

Forschungsprojekt EDAUG

Einführung

Elektronische Deichsel für landwirtschaftliche Arbeitsmaschinen mit Umfeldsensorik und zusätzlichen Geoinformationen

- **Vernetzt:**
Internetverbindung zu Geodatenserver
- **Intelligent:**
Dynamische Pfadplanung aufgrund von Hindernisinformationen
- **Sicher:**
Autonome Überführung des Gespanns in einen sicheren Zustand in kritischen Situationen



Zusammenstellung des Arbeitskreis Einführung



Landmaschinen,
Marktanforderungen
und Sicherheit



Navigation und
Geoinformationssysteme

04/2011
03/2014



Bundesministerium für
Ernährung, Landwirtschaft
und Verbraucherschutz



Bundesanstalt für
Landwirtschaft und Ernährung



Projektmanagement,
Steuerungssysteme in
Landmaschinen

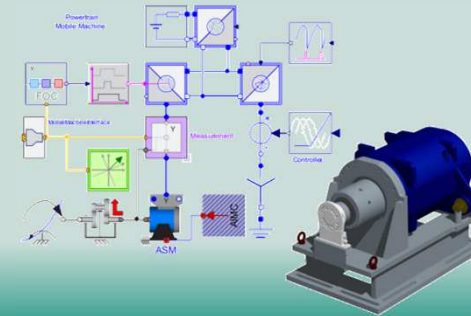
Lehrstuhl für mobile Arbeitsmaschinen am KIT

Einführung

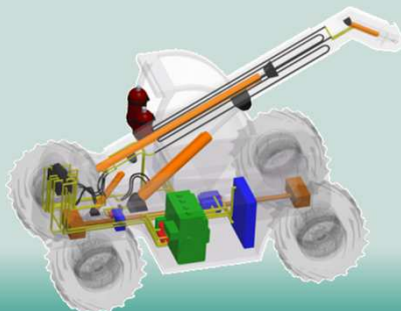


- Leitung: Prof. Dr.-Ing Marcus Geimer
- 13 wissenschaftliche Mitarbeiter
- 5 externe Doktoranden
- Umfangreiche Prüfeinrichtungen

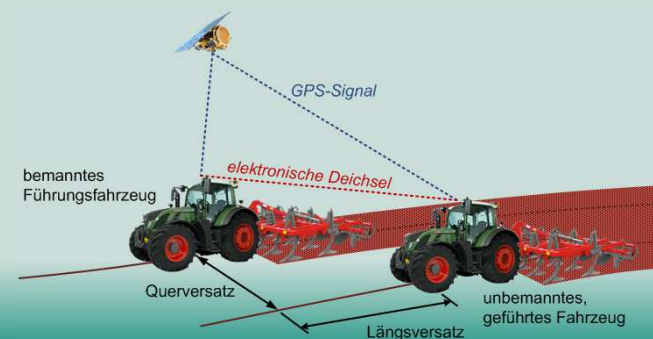
AG Elektrische Antriebssysteme



AG Hydraulische Antriebssysteme



AG Steuerung- und Assistenzsysteme



Inhalt

- Einführung
- Sicherheitskonzept
- Systemarchitektur
- Datenverkehr der elektronischen Deichsel
- Fazit und Ausblick

Sicherheitskonzept

Sicherheitskonzept

■ Aspekte Sicherheit:

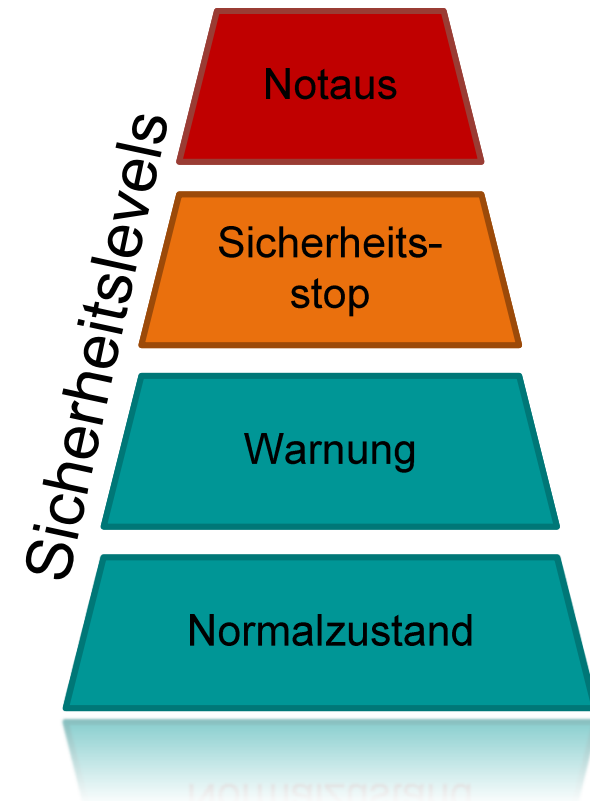
- Personen
- Umwelt
- Maschinen

→ Sicherheitskonzept mit vier Sicherheitslevels:

- Einbettung der Sicherheitslevels in Zustandsautomaten

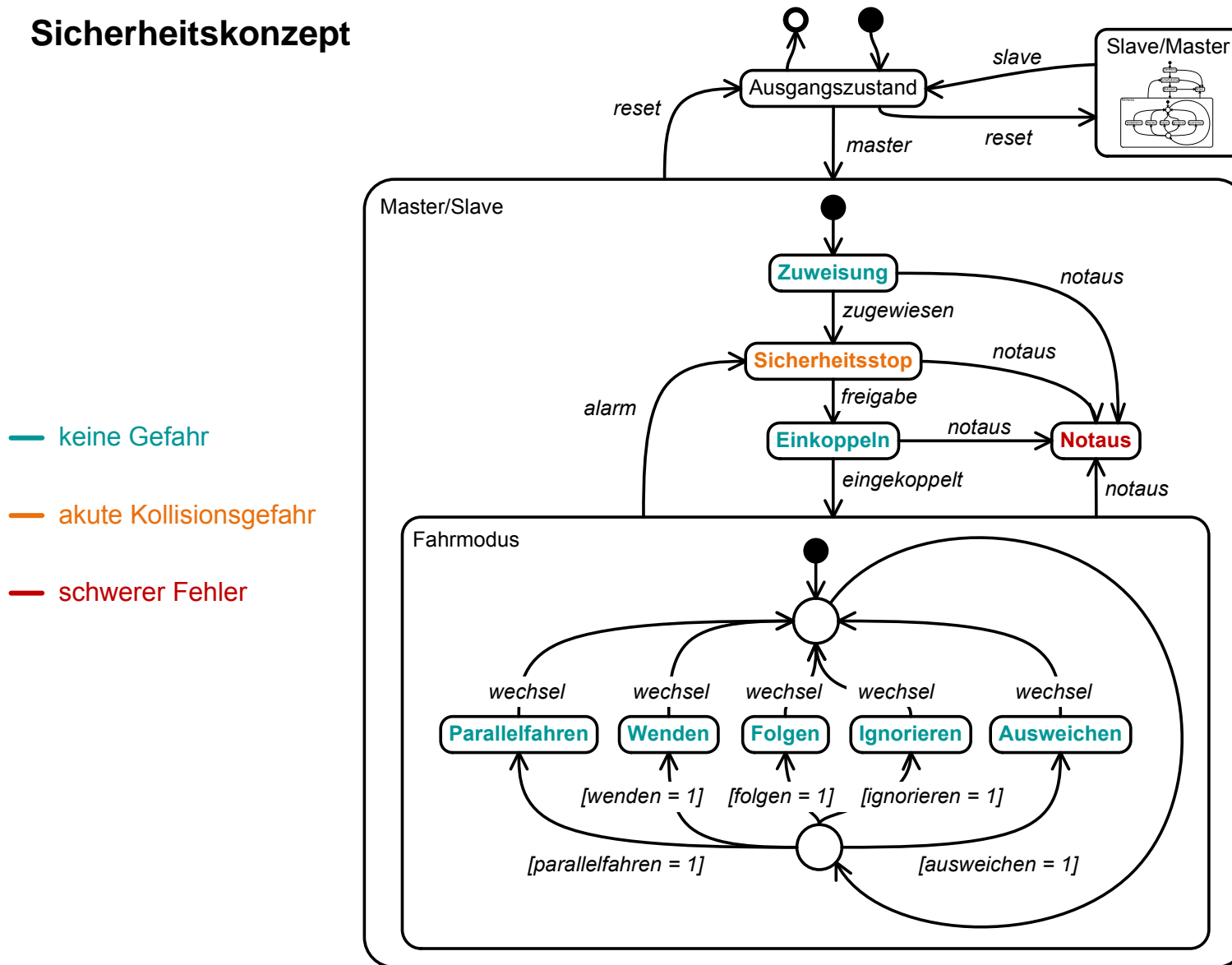
■ Maßnahmen zur Gewährleistung der Sicherheit für eine elektronische Deichsel

- Überwachung der Systemfunktionalität
- Überwachung des Fahrzeugumfelds



Zustandsmodell

Sicherheitskonzept

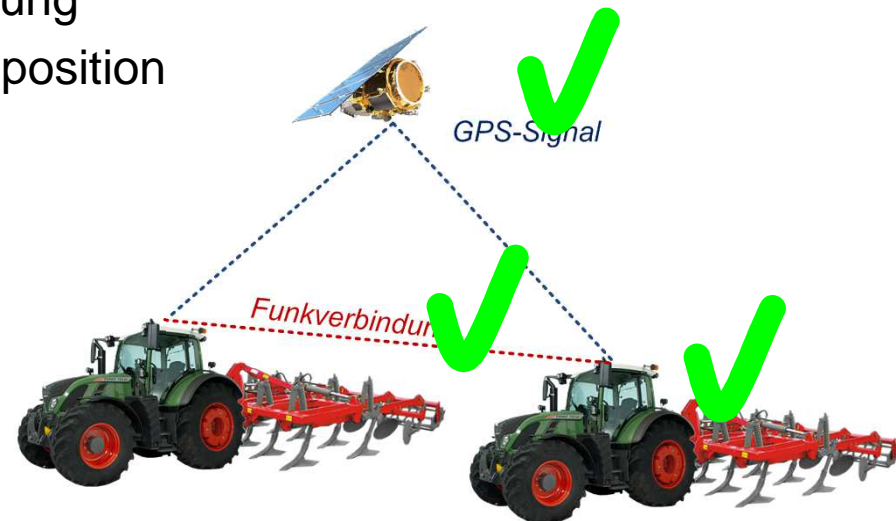


Überwachung der Systemfunktionalität

Sicherheitskonzept

Mechanismen zur Überwachung der Systemfunktionalität

- Überwachung der Kommunikationswege durch zyklische Alive-Nachrichten:
 - Fahrzeugintern auf Master und Slave
 - Fahrzeugextern – Überwachung der Funkstrecke
- Überwachung der Position:
 - Qualität/Genauigkeit der GNSS-Ortung
 - Abweichung des Slave von der Sollposition
- Überwachung wichtiger Fahrzeugparameter:
 - Temperatur
 - Tankfüllstand
 - Gierrate
 - Hangneigung



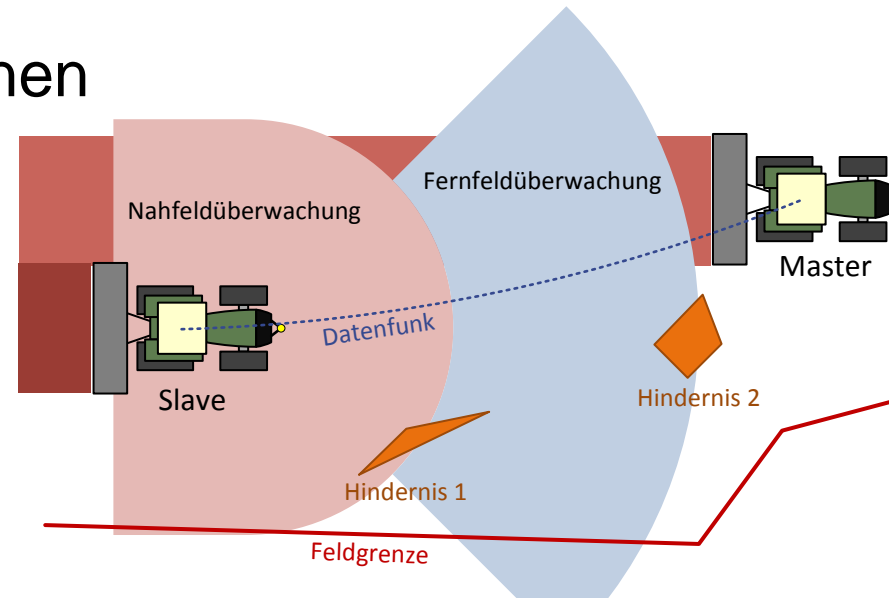
Überwachung des Umfelds

Sicherheitskonzept

Quellen für Umfeldinformationen

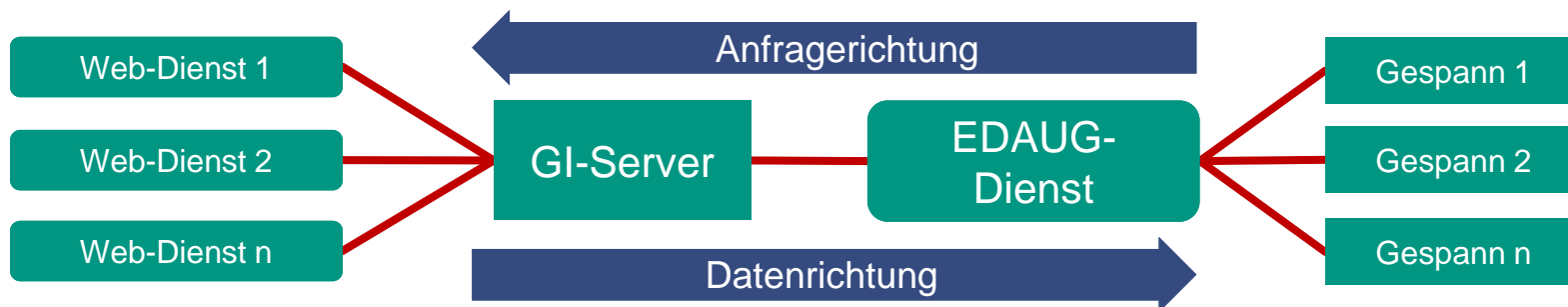
- Umfeldüberwachung durch Sensorik

- Nahfeld:
 - Sicherheitsüberwachung;
 - Kollisionsvermeidung
- Fernfeld:
 - Hindernisfrüherkennung;
 - Ausweiche



- Umfeldinformationen aus Geoinformations-Datenbanken

- Statische Hindernisinformationen für aktuelle Traktorposition
- Virtuelle Hindernisse/Grenzen (bspw. Feldgrenzen)



Inhalt

- Einführung
- Sicherheitskonzept
- Systemarchitektur
- Datenverkehr der elektronischen Deichsel
- Fazit und Ausblick

Hardware-Architektur auf Master und Slave

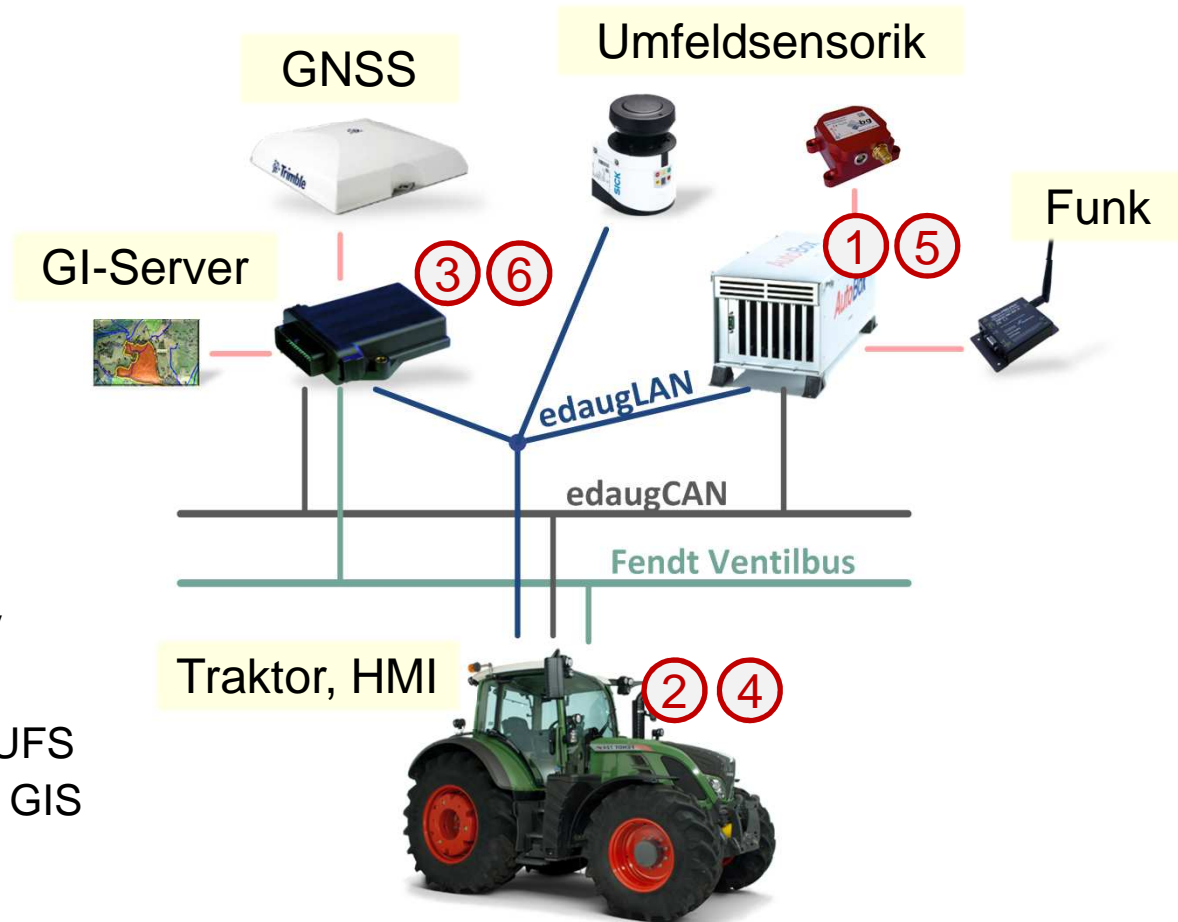
Systemarchitektur

- Flexible, Projektorientierte Hardwarearchitektur

- 1 x Steuergerät/Entwickler
- Projekt-CAN-Bus mit proprietärem Protokoll
- 100-1000 Mbit/s TCP/IP-Verbindung für hohe Datenraten

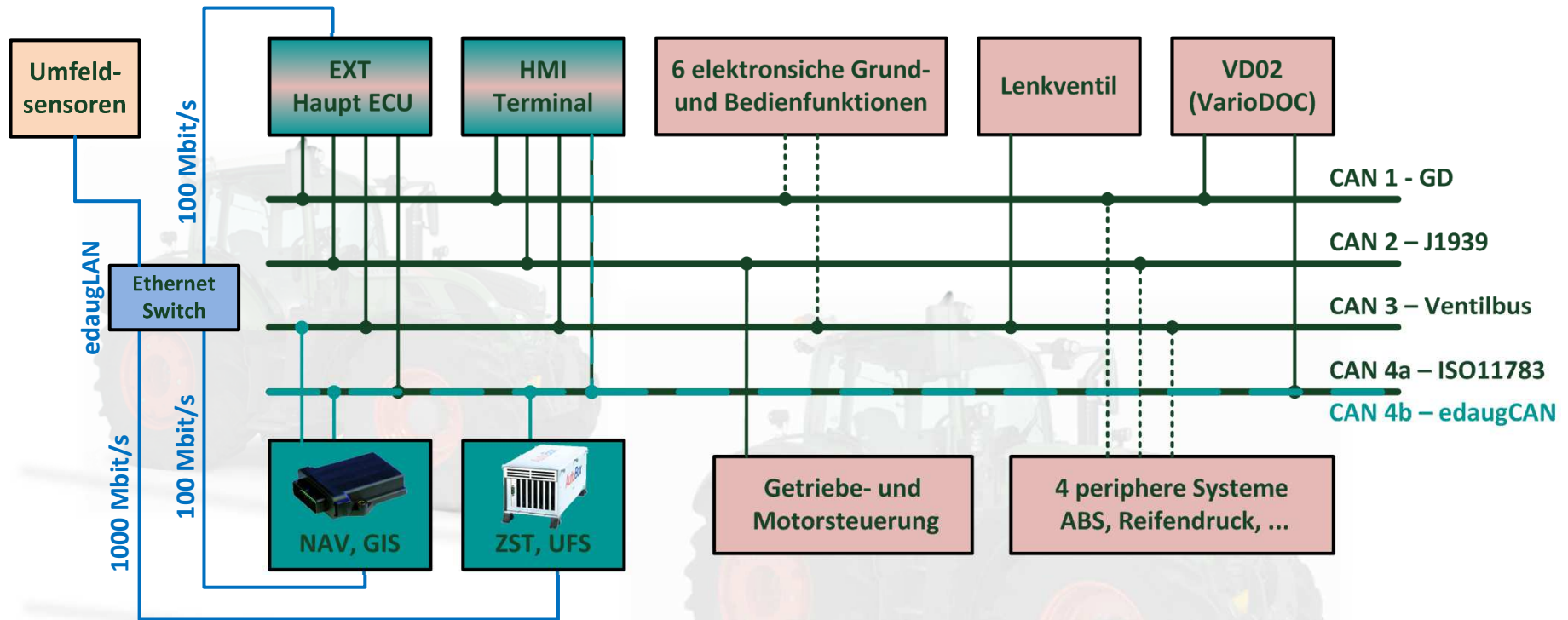
- logische System-/Netzwerkteilnehmer

- Zustandsmodul, ZST
- Maschinenmodul, EXT
- Navigationsmodul, NAV
- HMI-Modul, HMI
- Umfeldsensorikmodul, UFS
- Geoinformationsmodul, GIS



Kommunikationsnetzwerk auf Master und Slave

Systemarchitektur

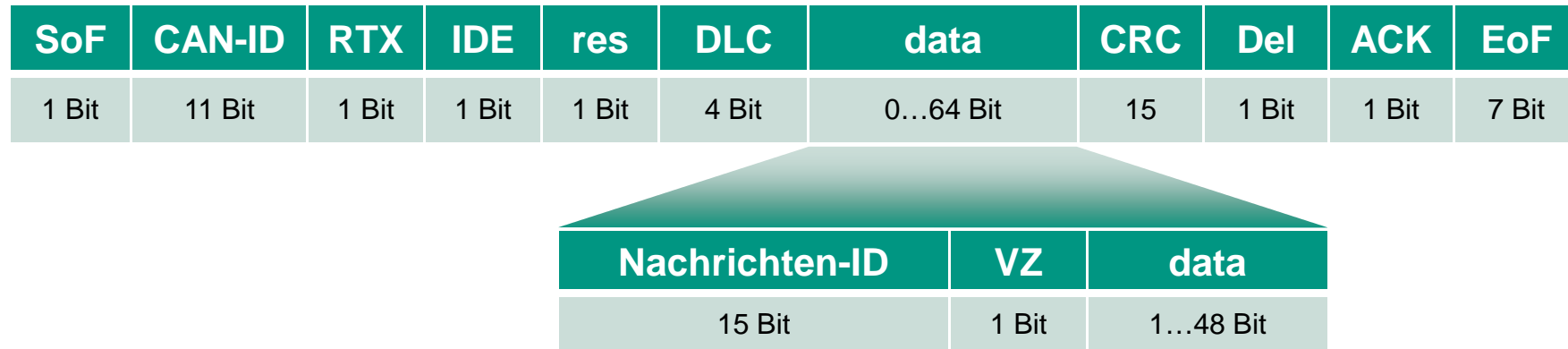


- Physikalische Nutzung des bestehenden ISOBUS (ISO11783 → 250 kbit, 29 bit ID) mit edaugCAN (250 kbit, 11bit ID)
- 1000 Mbit Ethernet-LAN für Bandbreitenintensive Umfelddaten (bspw. IR-Kamera); TCP/IP-Protokoll mit proprietärem Payload
- 100 Mbit Ethernet-LAN für komprimierte Umfelddaten
- Level 3 – Ethernetswitch

Inhalt

- Einführung
- Sicherheitskonzept
- Systemarchitektur
- Datenverkehr der elektronischen Deichsel
- Fazit und Ausblick

Nachrichtenaufbau CAN 2.0A



- 11 Bit CAN-ID für physikalische Netzknoten
- 15 Bit Nachrichten-ID (NID) für logische Teilnehmer (TN) und Nachrichten-Index:

$$NID = TN \cdot 2^9 + Index$$

- ➔ Eindeutige Nachrichten-ID
- ➔ Nachrichten-Filter für physikalische und logische Teilnehmer konfigurierbar

edaugLAN – Übertragung der Hindernispunkte

Datenverkehr



Ethernet

preamble	start byte	dest. addr.	source addr.	length	data	checksum
7 Byte	1 Byte	6 Byte	6 Byte	2 Byte	38...1500 Byte	4 Byte

x 15

IPv4

header	header checksum	IP source addr.	IP dest. addr.	data
10 Byte	2 Byte	4 Byte	4 Byte	0...65515 Byte

TCP

source port	dest. port	...	checksum	urg. pointer	data
2 Byte	2 Byte	12 Byte	2 Byte	2 Byte	0...65495 Byte

Hindernis-Punkt

Hindernis-ID	Time of Birth	Winkel	Abstand	V _{parallel}	V _{quer}
2 Byte	2 Byte	2 Byte	2 Byte	2 Byte	2 Byte
0...32000	0...8640000	-900...900	0...2000	-200...200	-200...200
[-]	0,01 s	0,1°	0,1 m	0,1 m/s	0,1 m/s

x 1800

< 21600 Byte Payload

edaugLAN – Nutzdatenbandbreite

Datenverkehr

Daten zur Bandbreitenbestimmung:

- Framerate: 10 Hz
 - Nutzdatenmenge je Frame: Bis zu 21600 Byte (= 172,8 kbit)
 - Bandbreite: 1,728 Mbit/s
- 100 Mbit-Ethernet ausreichend

Warum TCP/IP?

- Echtzeitfähigkeit: keine Sicherheitsbedenken für prototypische Anwendung, da niedrige Auslastung
- Switch hält Bandbreitenintensiven Datenverkehr von 100 Mbit-LAN fern.
- Pragmatisch, da einfache Entwicklungsumgebung für Schnittstelle
- Sichere Übertragung und Paketordnung

Nachteile TCP/IP:

- unkontrollierter Zugriff (CSMA/CD)
- undefinierte Paketgrößen
- keine Priorisierung

edaugFUNK – Funkstrecke Master/Slave


Datenverkehr

Spezifikation der Funkstrecke (XBee-Pro + XStream)

- 2,4 GHz ISM-Band
- Vollduplex
- RF-Datenrate bis zu 250 kbit/s
- Interfacedatenrate 19200 Baud
- CRC für Datenintegrität


EDAUG Datenverkehr

- 32 Byte Datenframes
- Hochpriorer Alive-Frame alle 100 ms
- Niederpriore Datenframes alle 500 ms

- 
- 50 Datenframes/s
 - 21 verschiedene Datenframes

Aufbau eines Nachrichtenframes

Delimiter	Frame-ID	data	EoF
1 Byte	1 Byte	29 Byte	1 Byte
255	220...240	...	254

- 
- Keine Übertragungssicherheit; fehlerhaft empfangene Frames werden verworfen
 - Heartbeat-Überwachung anhand der Alive-Frames

Inhalt

- Einführung
- Sicherheitskonzept
- Systemarchitektur
- Datenverkehr der elektronischen Deichsel
- Fazit und Ausblick

Fazit und Ausblick

Echtzeitfähigkeit und Bandbreite gewinnen an Bedeutung!

- Die Funktion moderner Assistenzsysteme basiert auch in der Landtechnik zunehmend auf umfangreicher Sensorik
- Integration von Internetdaten und Sensordaten in sicherheitskritischen Anwendungen erfordert Echtzeitfähigkeit der Steuergeräte und Kommunikationswege
- Verteilte Nutzung von Umfeldinformationen erfordert leistungsstarke Netzwerke (Bandbreite!)

Anforderungen an die Entwicklung von Datennetzwerken aus Sicht der anwendungsorientierten Forschung:

- Standardisierung von sicherheitskritischen Datenfunkverbindungen für unbemannte Fahrzeuge
- Standardisierung echtzeitfähiger und sicherer Netzwerktechnologien und Protokolle für Fahrzeugnetzwerke hoher Bandbreite
- Unterstützung neuer Netzwerktechnologien und -protokolle von OEMs und Fahrzeugherstellern
- Unterstützung des Entwicklungsprozess durch Aufnahme neuer Protokolle in Prototyping- und Entwicklungstools

Vielen Dank für ihr Interesse!

