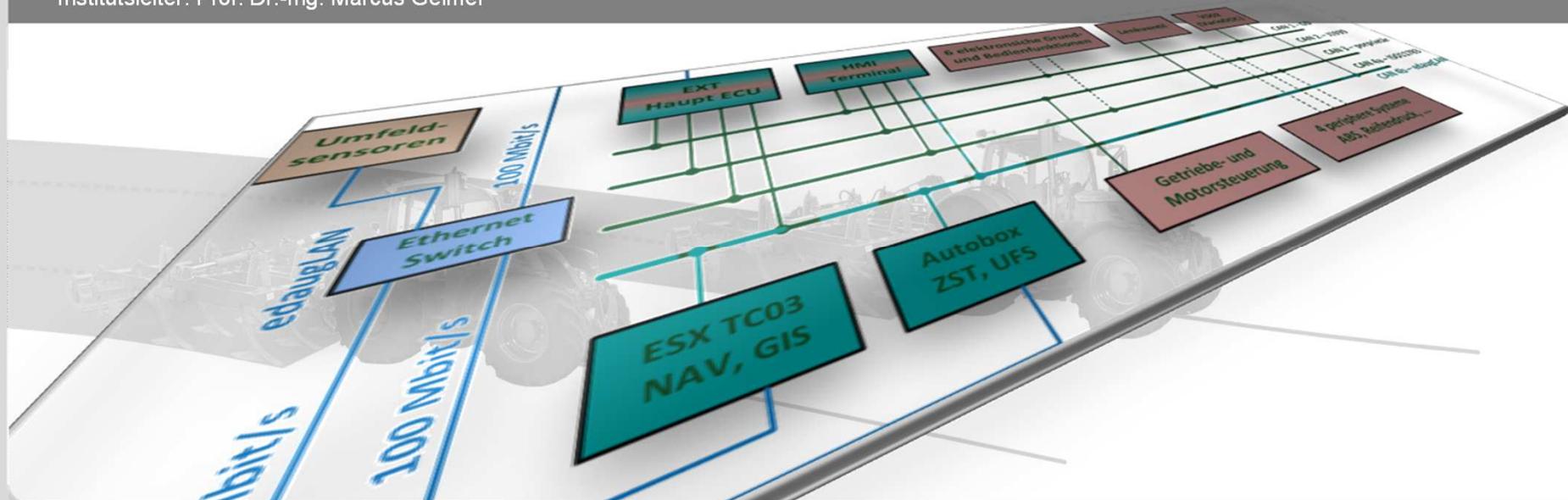


# Datennetzwerke zur Entwicklung eines ADAS für landwirtschaftliche Arbeitsmaschinen

Forschungsprojekt EDAUG  
VDMA Ethernet Tag, 14.03.2013

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



## Inhalt

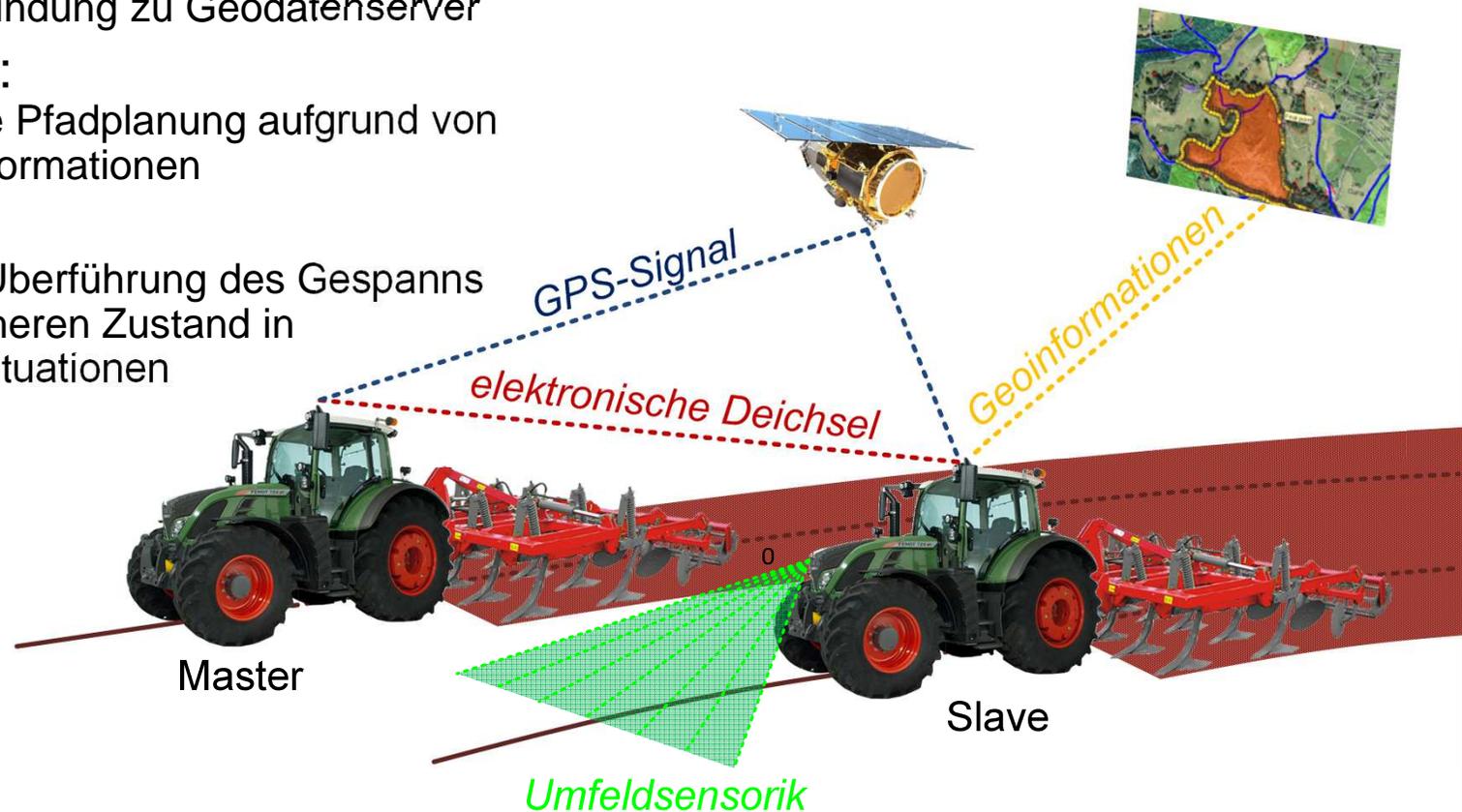
- Einführung
- Sicherheitskonzept
- Systemarchitektur
- Datenverkehr der elektronischen Deichsel
- Fazit und Ausblick

# 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



FENDT

Landmaschinen,  
Marktanforderungen  
und Sicherheit



Navigation und  
Geoinformationssysteme

04/2011  
03/2014



MOBIMA  
LEHRSTUHL FÜR MOBILE ARBEITSMASCHINEN

Projektmanagement,  
Steuerungssysteme in  
Landmaschinen



Bundesministerium für  
Ernährung, Landwirtschaft  
und Verbraucherschutz



Bundesanstalt für  
Landwirtschaft und Ernährung

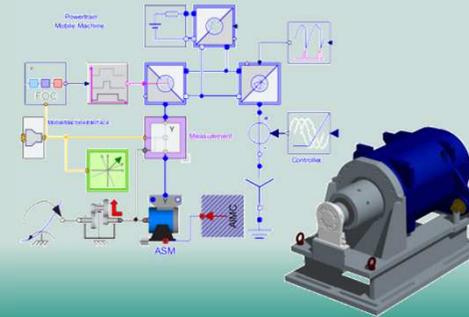
# Lehrstuhl für mobile Arbeitsmaschinen am KIT

## Einführung

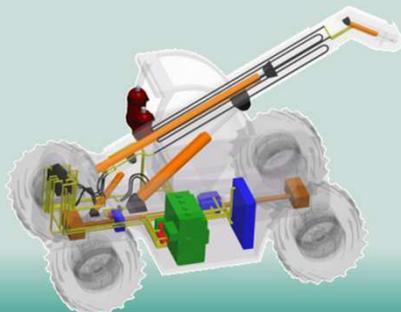


- Leitung: Prof. Dr.-Ing Marcus Geimer
- 13 wissenschaftliche Mitarbeiter
- 5 externe Doktoranden
- Umfangreiche Prüfeinrichtungen

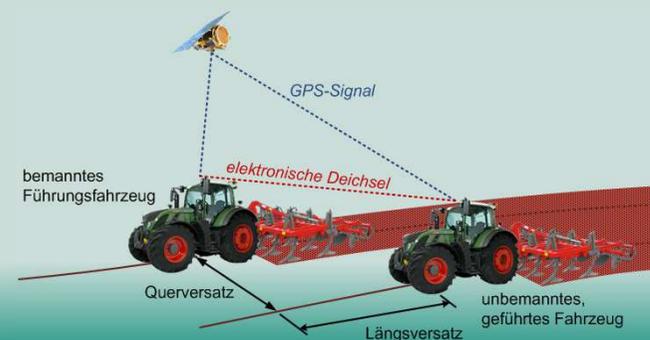
### AG Elektrische Antriebssysteme



### AG Hydraulische Antriebssysteme



### AG Steuerung- und Assistenzsysteme



## Inhalt

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

# Sicherheitskonzept

## Sicherheitskonzept

### ■ Aspekte Sicherheit:

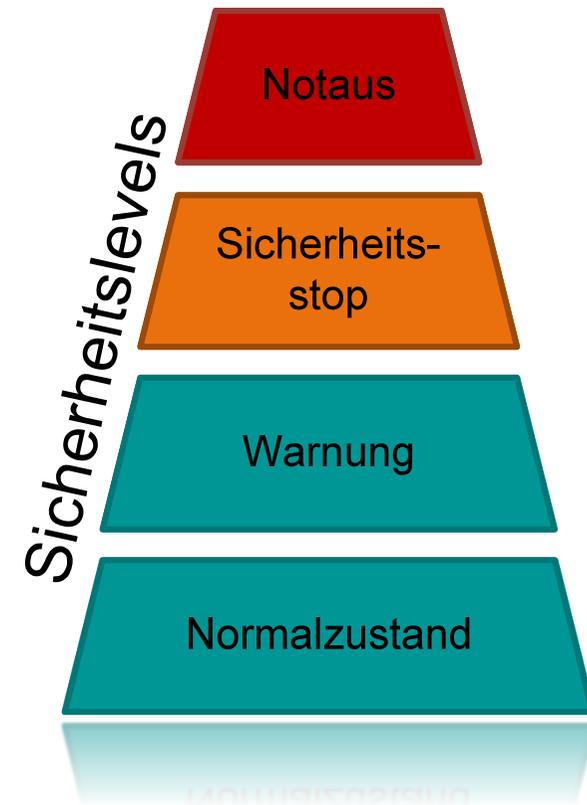
- Personen
- Umwelt
- Maschinen

### → Sicherheitskonzept mit vier Sicherheitslevels:

- Einbettung der Sicherheitslevels in Zustandsautomaten

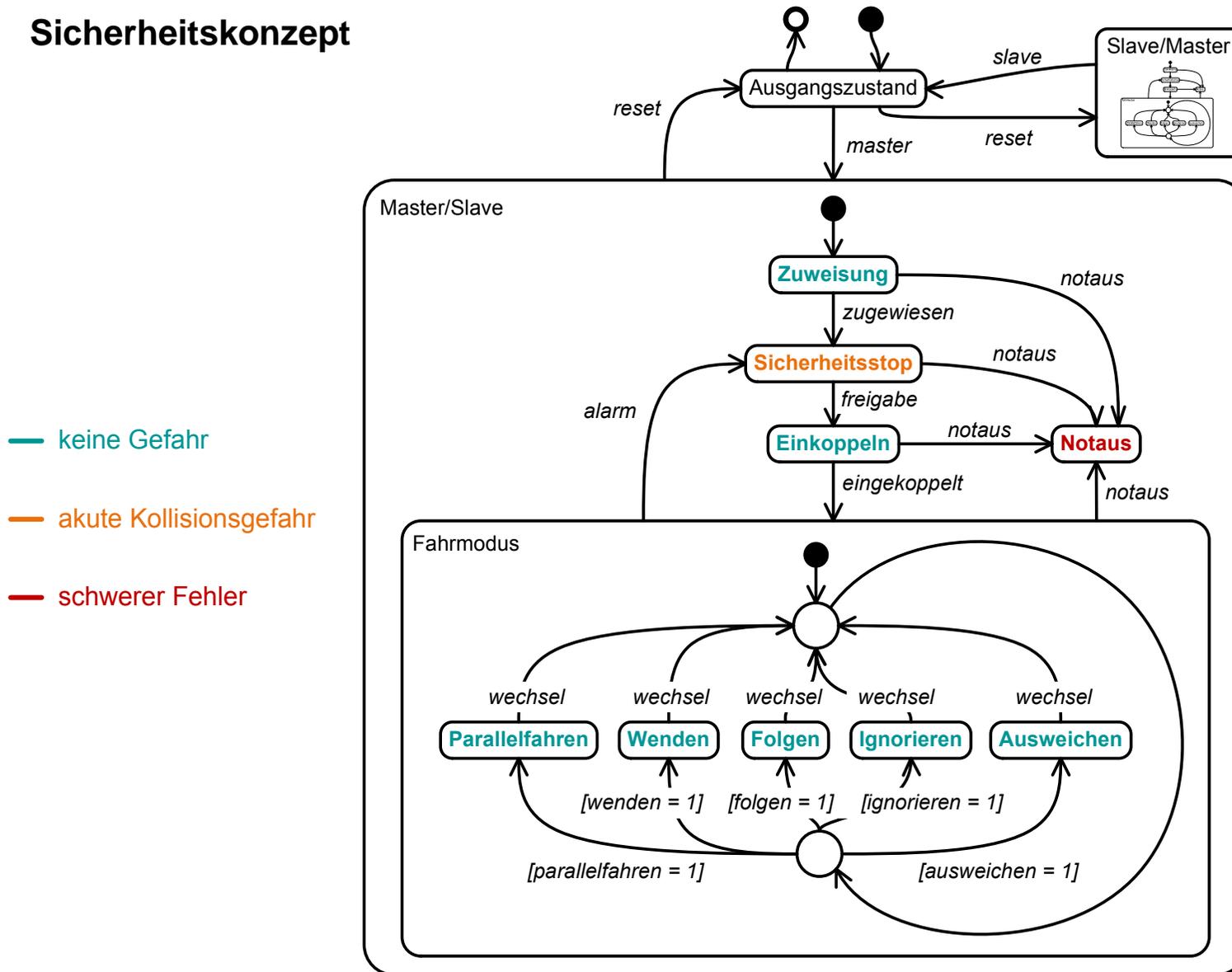
### ■ Maßnahmen zur Gewährleistung der Sicherheit für eine elektronische Deichsel

- Überwachung der Systemfunktionalität
- Überwachung des Fahrzeugumfelds



# Zustandsmodell

## Sicherheitskonzept

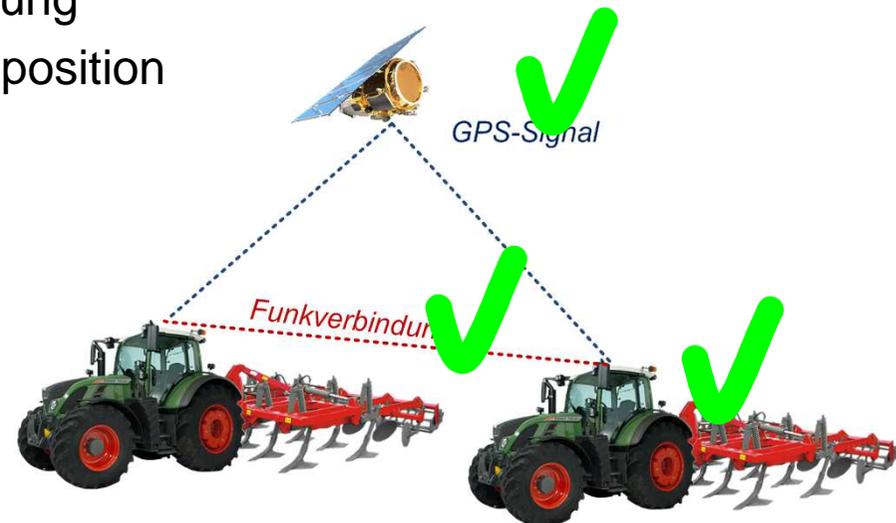


# Überwachung der Systemfunktionalität

## 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



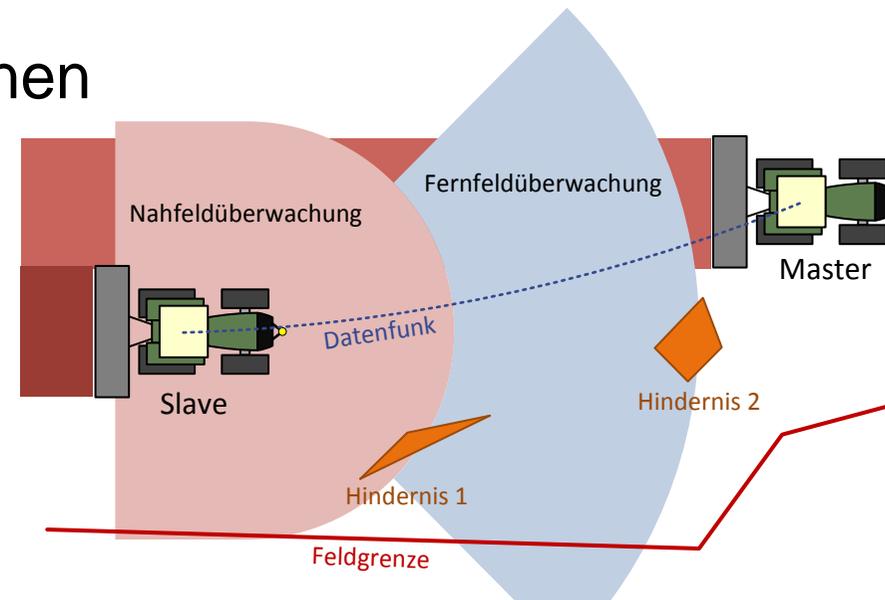
# Überwachung des Umfelds

## Sicherheitskonzept

## Quellen für Umfeldinformationen

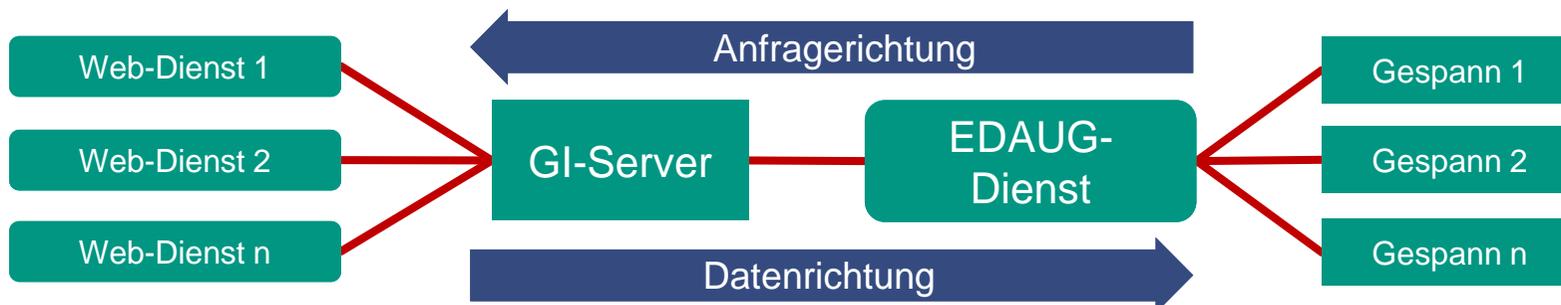
### ■ Umfeldüberwachung durch Sensorik

- 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

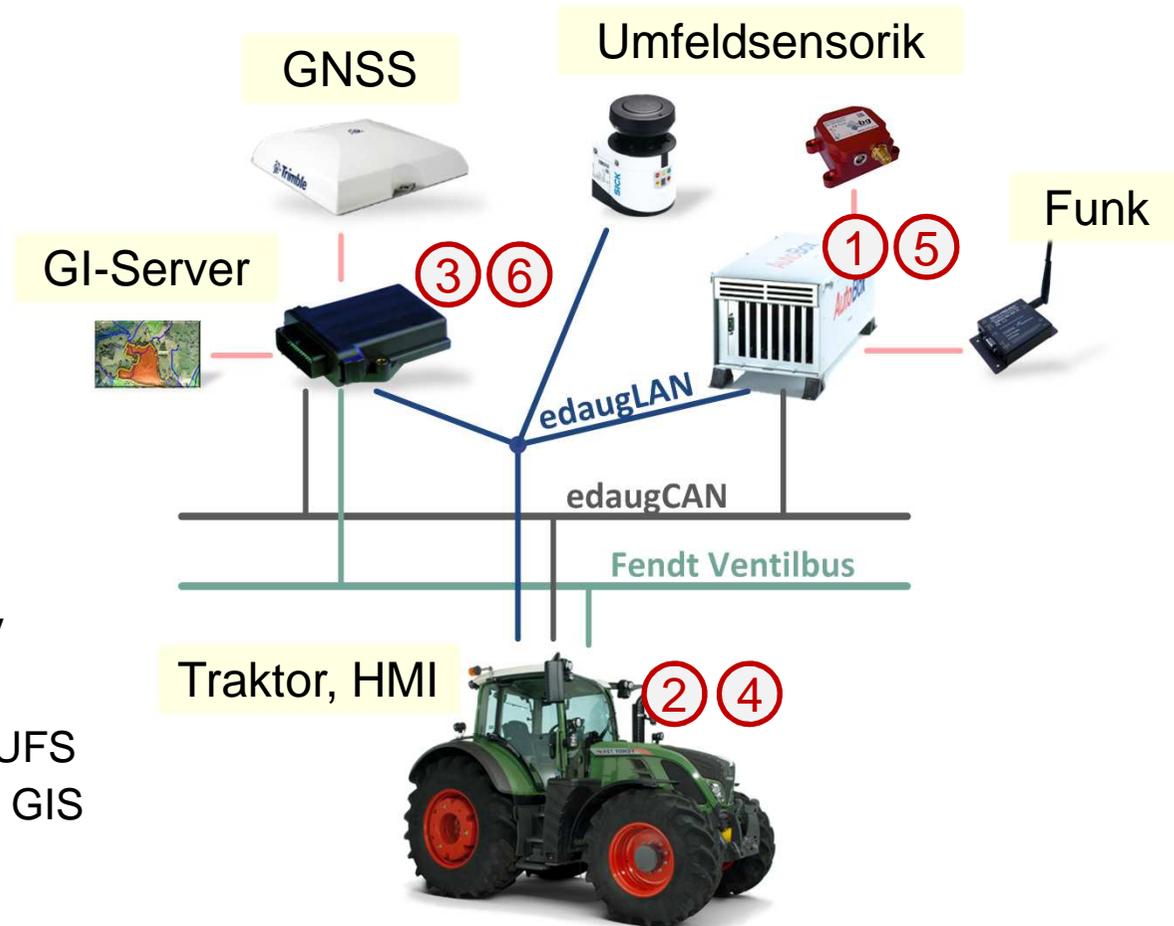
## Systemarchitektur

- Flexible, Projektorientierte Hardwarearchitektur

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

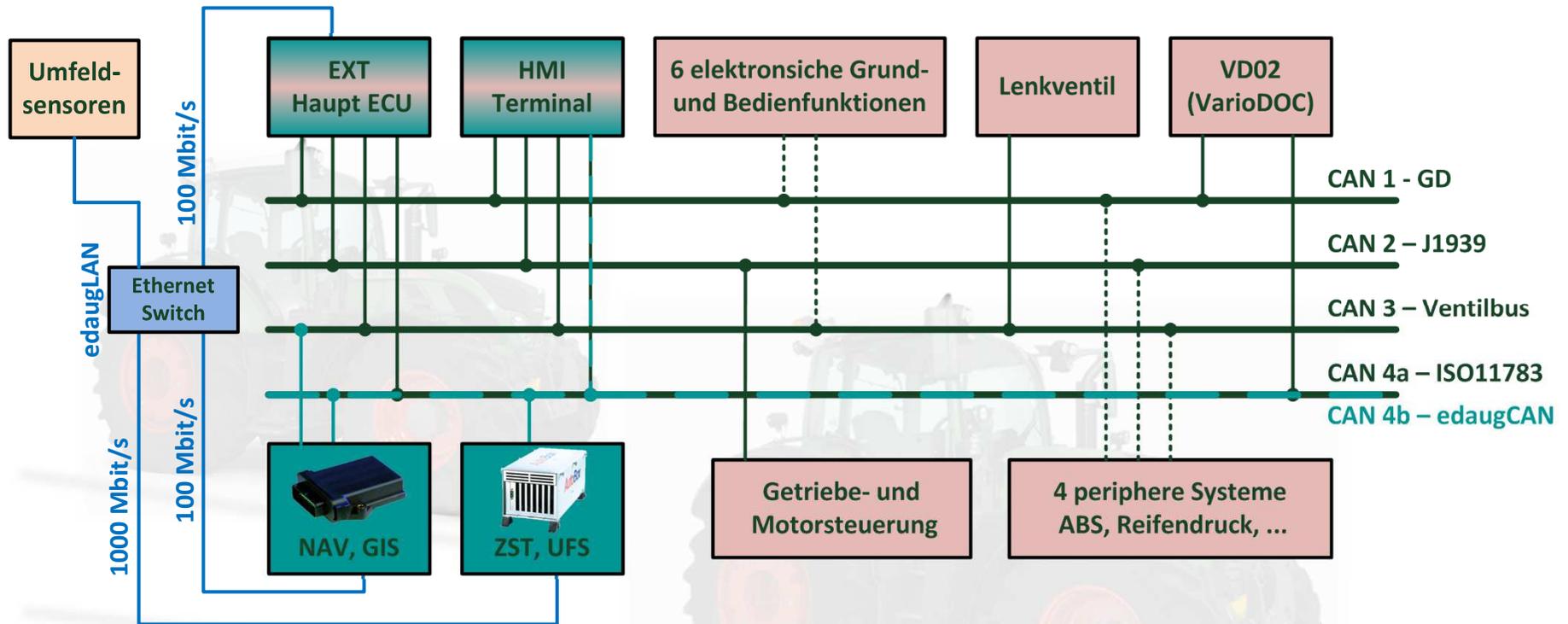
- logische System-/Netzwerkteilnehmer

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



# Kommunikationsnetzwerk auf Master und Slave

## Systemarchitektur

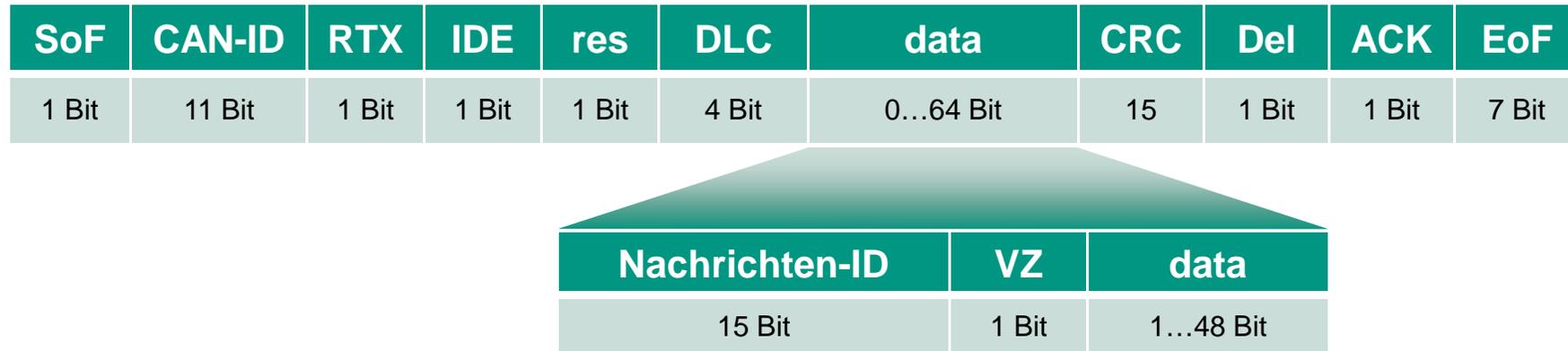


- Physikalische Nutzung des bestehenden ISOBUS (ISO11783 → 250 kbit, 29 bit ID) mit edaugCAN (250 kbit, 11bit ID)
- 1000 Mbit Ethernet-LAN für Bandbreitenintensive Umfelddaten (bspw. IR-Kamera); TCP/IP-Protokoll mit proprietärem Payload
- 100 Mbit Ethernet-LAN für komprimierte Umfelddaten
- Level 3 –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

