



**Evaluation von intelligenten  
Backbonesystemen im  
Automobil**

**Fabian Kempf**

- Einführung
- Verwandte  
Arbeiten
- Abgrenzung
- Literatur

# Evaluation von Backbonesystemen im Automobil – Seminar

Fabian Kempf

HAW Hamburg

12. Dezember 2012



# Agenda

## Evaluation von intelligenten Backbonesystemen im Automobil

### Fabian Kempf

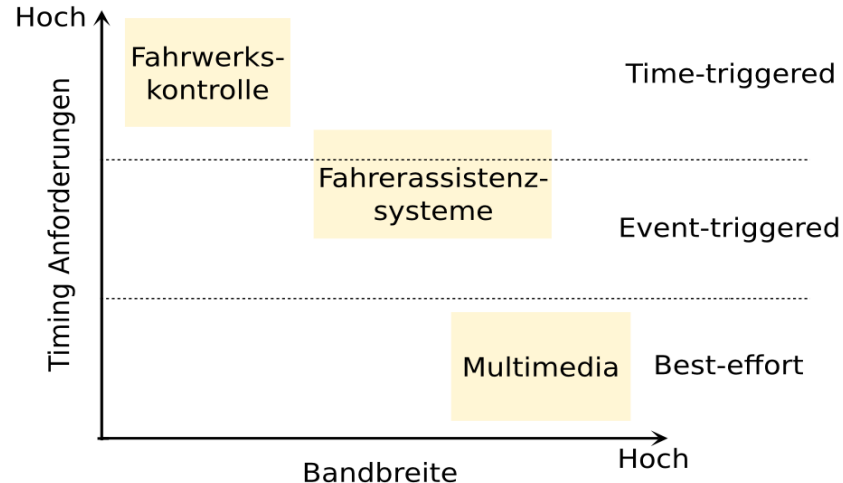
- Einführung
  - Vorbereitung
  - Masterthesis
  - Literatur
- Einführung
  - Vorbereitung
  - Masterthesis
  - Literatur

## TTEthernet als neues Kommunikationssystem

Evaluation von intelligenten  
Backbonesystemen im  
Automobil

**Fabian Kempf**

- Einführung
- Vorbereitung
- Masterthesis
- Literatur



- Drei Nachrichtenklassen
  - **Time-triggered:** Höchste Priorität, bedarf Synchronisierung, offline Konfigurierung
  - **Rate-constrained:** Bandbreitenbasiert, Event-gesteuert, AFDX
  - **Best-effort:** Standard Ethernet, Restbandbreite
- Abbildung auf ein Fahrzeugnetzwerk ?
- Wie lassen sich Anwendungen mit viel Bandbreite und hoher zeitlicher Anforderungen wiederfinden?

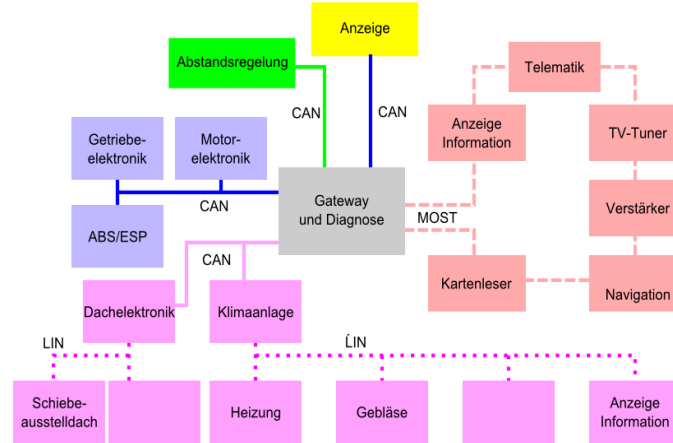
### Evaluation von intelligenten Backbonesystemen im Automobil

Fabian Kempf

- Einführung
- Vorbereitung
- Masterthesis
- Literatur

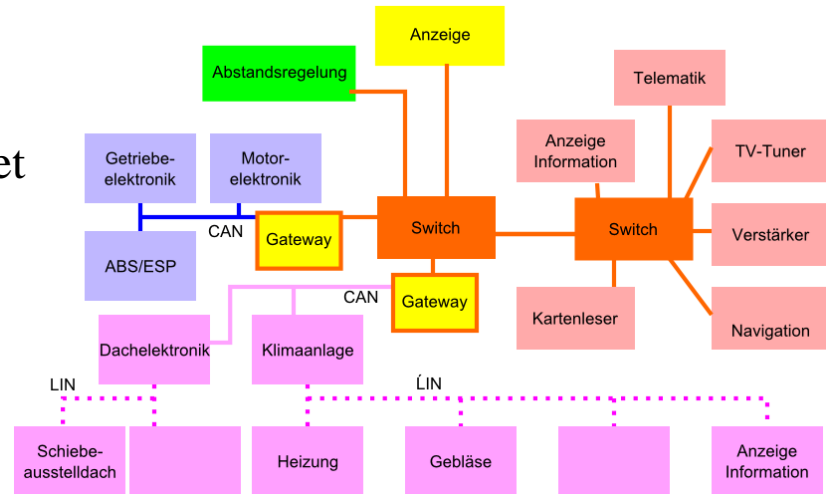
### Beispielhaftes Design

- Zentrales Gateway



### Alternative mit TTEthernet

- Lokale Gateways





# Was wird benötigt

Zur erfolgreichen Evaluation

**Evaluation von intelligenten  
Backbonesystemen im  
Automobil**

**Fabian Kempf**

- Einführung
  - Vorbereitung
  - Masterthesis
  - Literatur
- Realistisches Datendesign
  - Verschiedene Designalternativen
  - Einfache Erstellung von Simulationsdateien
  - Metriken zur Evaluation



# Simulationsanforderungen

Welche Information wird benötigt

Evaluation von intelligenten  
Backbonesystemen im  
Automobil

**Fabian Kempf**

- Einführung
- Vorbereitung
- Masterthesis
- Literatur

- Netzwerktopologie
  - Länge der Verbindungen
  - Netzwerkgeschwindigkeit
- Einzelverbindungen in Form von Virtual Links definieren (Abbildung von Einzelnachrichten):
  - Periode von Nachrichten
  - Bandbreite
  - Maximale Latenz
- Simulationseigenschaften
  - Synchronisationsjitter
  - Backgroundtraffic
  - Weitere Parameter
- Realistisches Datenmodell



# Datenerhebung

Zusammenführung unterschiedlicher Netzwerkdaten

Evaluation von intelligenten  
Backbonesystemen im  
Automobil

**Fabian Kempf**

- Einführung
- Vorbereitung
- Masterthesis
- Literatur

- Extrahierung aus vorhandenen Papern, Büchern und Benchmarks (siehe AW2)
- Zusätzliche Expertengespräche
- Ziele:
  - Topologien
  - Möglichst realistisches Datendesign
  - Evaluierungsstrategien
  - Metriken
- Anschließende Abstrahierung der Daten

- Einführung
- Vorbereitung
- Masterthesis
- Literatur

- Ergebnisse:
  - Über 90 Virtual Links
  - 28 Endgeräte
  - Zukünftige Anforderungen an Automobilnetzwerk durch Fahrassistentenkameras
- Summe aller Sender : 16938 KB/s
- Summe aller Receiver: 17001 KB/s
- 25 Mbit Videokameras haben großen Einfluss auf das Netzwerk



- Einführung
- Vorbereitung
- Masterthesis
- Literatur

### Verschiedene Klassen von Endgeräten

- 1) Safety Control: *Zeitkritische Anforderung*
- 2) Ein- /Ausschaltvorgänge: *Schalter mit direktem Feedback*
- 3) Driver Assistance: *Hohe Bandbreite mit zeitkritischer Anforderung*
- 4) Buffer/Video: *Latenz ist vernachlässigbar*

	1	2	3	4
Periode (ms)	10	1000	10	25
Bandbreite (kb/s)	2	2	4000	4000
Latenz (ms)	10	50	10	100

- Einführung
- Vorbereitung
- Masterthesis
- Literatur

Klasse 1: Safety Control		Virtual Links		Anzahl	Mean	Max
Geräteanzahl:	8	Sendende VLs				
Periode (ms):	10	Klasse 1		36	5	17
Bandbreite (kb/s):	2	Klasse 2		21	3	9
Latenz (ms):	10	Klasse 3		0	0	0
		Klasse 4		0	0	0
		Empfangende VLs				
		Klasse 1		58	8	12
		Klasse 2		34	5	14
		Klasse 3		0	0	0
		Klasse 4		0	0	0

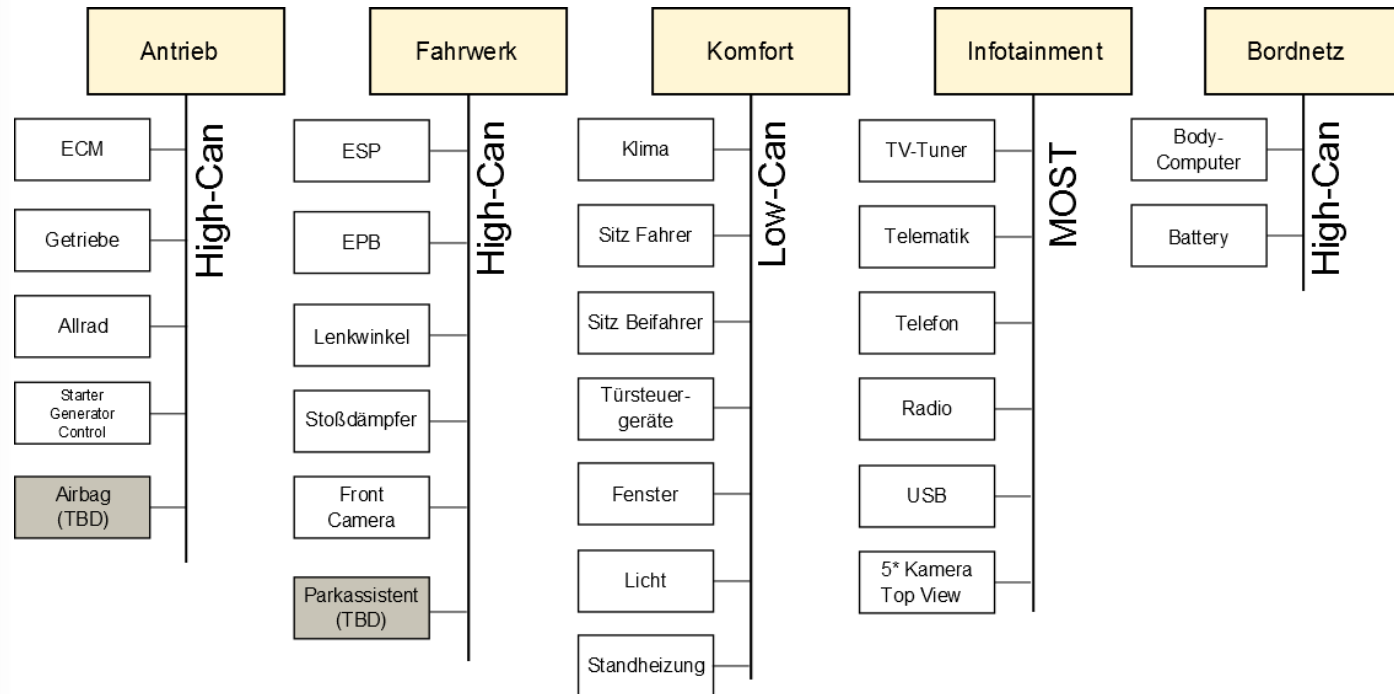
Klasse 2: On/Off		Sendende VLs		Anzahl	Mean	Max
Geräteanzahl:	11	Klasse 1		0	0	0
Periode (ms):	1000	Klasse 2		2	1	1
Bandbreite (kb/s):	2	Klasse 3		0	0	0
Latenz (ms):	50	Klasse 4		0	0	0
		Empfangende VLs				
		Klasse 1		0	0	0
		Klasse 2		10	1	1
		Klasse 3		0	0	0
		Klasse 4		0	0	0

- Einführung
- Vorbereitung
- Masterthesis
- Literatur

Klasse 3: Driver Assistance		Sendende VLs		Anzahl	Mean	Max
Geräteanzahl:	9	Klasse 1		2	1	2
Periode (ms):	10	Klasse 2		16	2	11
Bandbreite (kb/s):	4000	Klasse 3		5	1	1
Latenz (ms):	10	Klasse 4		0	0	0
		Empfangende VLs				
		Klasse 1		48	6	9
		Klasse 2		22	3	13
		Klasse 3		5	1	5
		Klasse 4		2	1	2

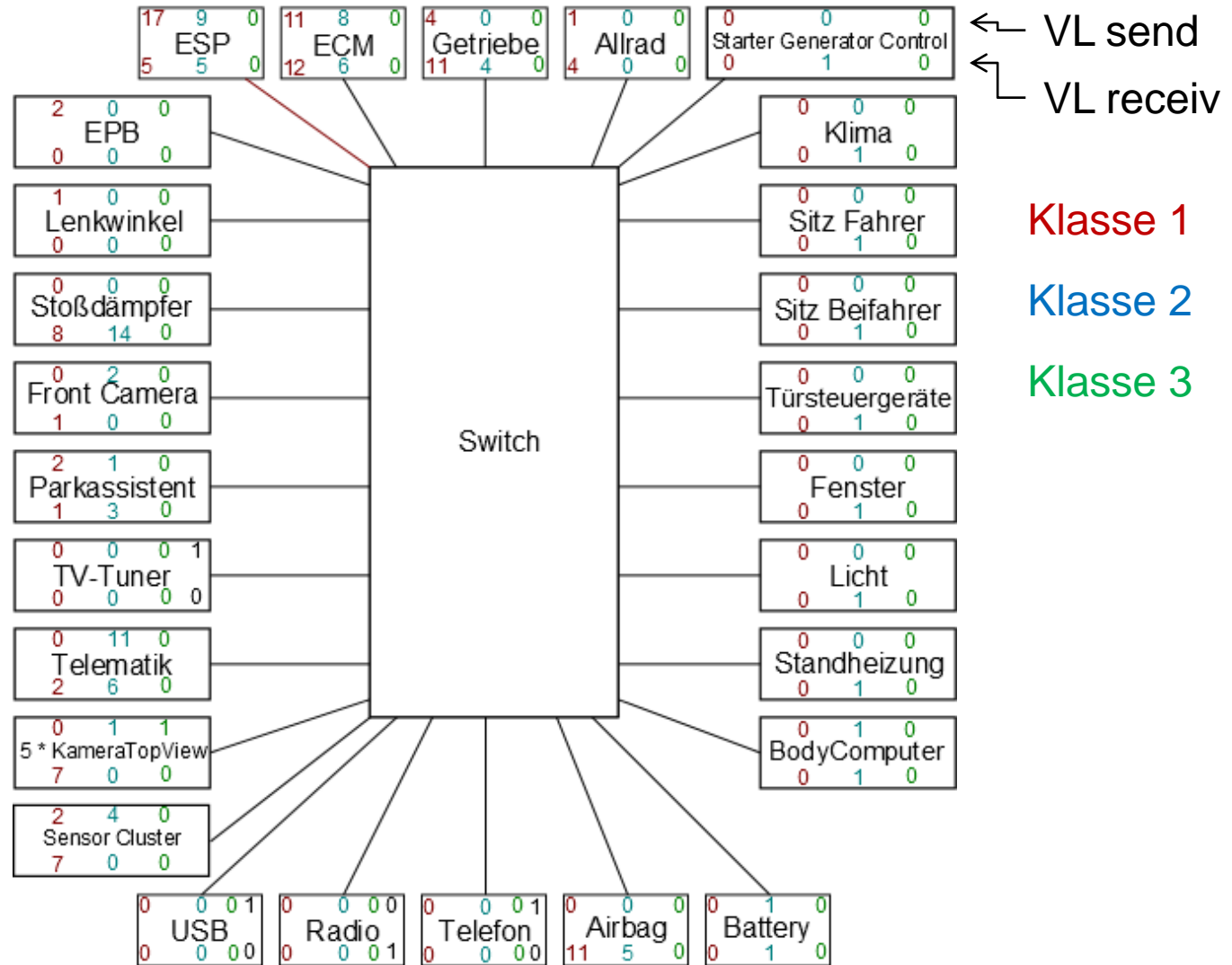
Klasse 4: Buffer/Video		Sendende VLs				
Geräteanzahl:	4	Klasse 1		0	0	0
Periode (ms):	25	Klasse 2		0	0	0
Bandbreite (kb/s):	4000	Klasse 3		0	0	0
Latenz (ms):	100	Klasse 4		3	1	1
		Empfangende VLs				
		Klasse 1		0	0	0
		Klasse 2		0	0	0
		Klasse 3		0	0	0
		Klasse 4		1	1	1

- Einführung
- Vorbereitung
- Masterthesis
- Literatur



- Switche ersetzen Bussysteme
- Beobachtung der Linkauslastung
- Zeitkritische Nachrichten vorwiegend an Antrieb und Fahrwerksswitch

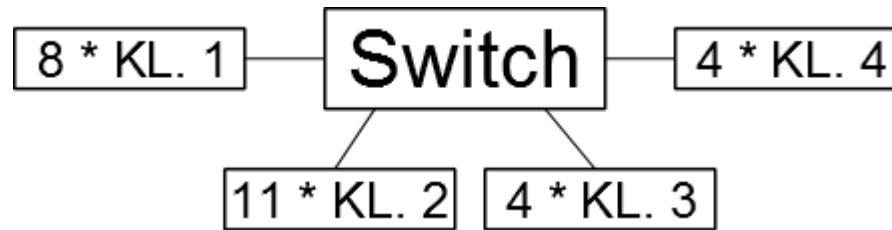
- Einführung
- Vorbereitung
- Masterthesis
- Literatur



- Einführung
- Vorbereitung
- Masterthesis
- Literatur

## Designalternativen

Design nach Klassifizierung (Single Switch)



- Wenig Klasse 3 Geräte, die jedoch viel Bandbreite benötigen
- Abstrahierung von konkreten Daten
- Klassifizierung bildet Realität ab
- Genaue Spezifikation der klassifizierten Endgeräte möglich
- Weitere mögliche Designalternativen:
  - Positionen im Automobil
  - Load-balanced Structure



# Simulation

Wie können viele Varianten schnell getestet werden?

Evaluation von intelligenten  
Backbonesystemen im  
Automobil

**Fabian Kempf**

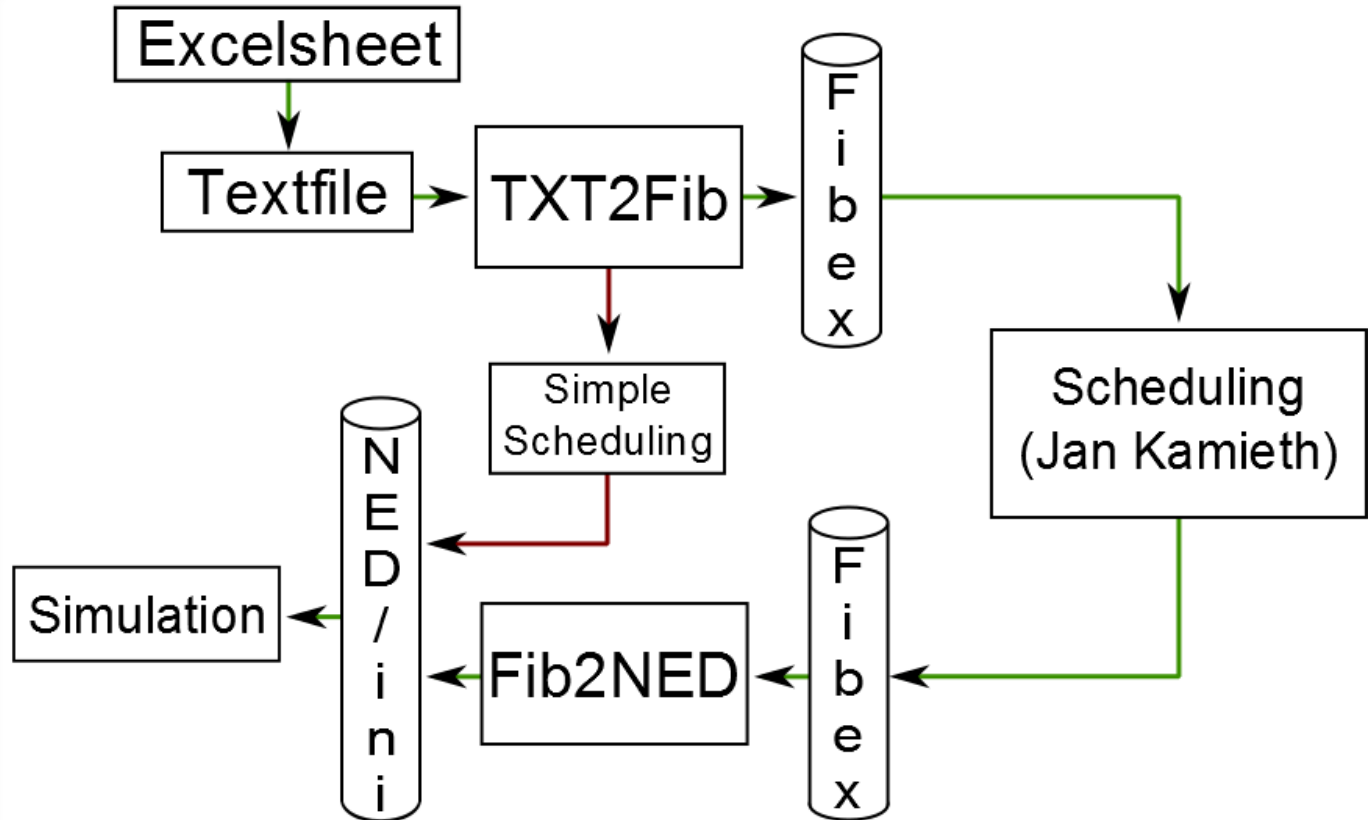
- Einführung
- Vorbereitung
- Masterthesis
- Literatur

- Workflow von vorne bis hinten spezifizieren

Datenmodell → Simulation

- Quantität durch einlesbare CSV-Dateien
- Automatische Berechnung des Scheduling
- Definition von Metriken (Projekt 2)

- Einführung
- Vorbereitung
- Masterthesis
- Literatur



- Dateneingabe über Exceltabelle, Textfile in Form von CSV
- Simple Scheduling: *Manuelle Überprüfung notwendig*
- Scheduling: *Verschiedene Schedulingvarianten möglich*





# FIBEX-Standard

## Anforderungen in FIBEX

Evaluation von intelligenten  
Backbonesystemen im  
Automobil

**Fabian Kempf**

- Einführung
- Vorbereitung
- Masterthesis
- Literatur

- Field Bus Exchange Format (FIBEX)
- Spezifiziert durch ASAM
- Offener Standard als XML-basiertes Format
- Unterstützt CAN, LIN, MOST, FlexRay
- Erweiterung der FIBEX-Spezifikation auf TTEthernet von Florian Bartols
- Abbildung der Netzwerktopologie



# Ausblick Masterthesis

Was es noch zu tun gibt

**Evaluation von intelligenten  
Backbonesystemen im  
Automobil**

**Fabian Kempf**

- Einführung
- Vorbereitung
- Masterthesis
- Literatur

- Fertigstellung der Toolchain
- Ergänzung weiterer Nachrichten bei vorhandenen ECUs
- Aufstellung von Metriken
- Simulation exemplarischer Netzwerke
- Auswertung

- Einführung
- Vorbereitung
- Masterthesis
- Literatur

- Entkopplung von Funktionen und physikalischer Realisation

Fahrerassistenzfunktionen...

- ... benötigen hohe Bandbreite (Kameradaten)
  - ➔ Interface an viele Domains
- ... sind zeitkritisch bei hoher Bandbreite
- ... werden sicherheitsrelevanter und benötigen Maßnahmen zur Sicherheit (Redundanz, ...)



# Risiken

## Evaluation von intelligenten Backbonesystemen im Automobil

### Fabian Kempf

- Einführung
- Vorbereitung
- Masterthesis
- Literatur

- Datenmodell unzureichend
- Klassifikation kann nicht alle Nachrichten abbilden
- In FIBEX wurden benötigte Anforderungen nicht spezifiziert
- Scheduling funktioniert nicht
- Simulation liefert nicht erklärbare Ergebnisse



**Evaluation von intelligenten  
Backbonesystemen im  
Automobil**

**Fabian Kempf**

- Einführung
- Vorbereitung
- Masterthesis
- Literatur

**Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit**

## Evaluation von intelligenten Backbonesystemen im Automobil

**Fabian Kempf**

- Einführung
- Vorbereitung
- Masterthesis
- Literatur

ASAM - Association for Standardisation of Automation and Measuring Systems. Data Model for ECU Network Systems (Field Bus Data Exchange Format). Specification 3.1.1. ASAM e.V., März 2010.

Werner Zimmermann und Ralf Schmidgall. Bussysteme in der Fahrzeugtechnik - 4. aktualisierte Auflage. Vieweg + Teubner, 2011. ISBN: 978-3-8348-0907-0

[Doh02] **Dohmke, Thomas**. Bussysteme im Automobil: CAN, FlexRay und MOST, 2001, URL:  
<http://de.yu-yongxin.com/klausur/bussysteme.pdf>

[Chr07] **Marscholik, C.; Subke, P.**: Datenkommunikation im Automobil: Grundlagen, Bussysteme, Protokolle und Anwendungen

[Moh10] **Mohammad, U., Al-holou, N., & D, P. (2010)**. Development of An Automotive Communication Benchmark. *Canadian Journal on Electrical and Electronics Engineering*, 1(5), 99-115.

[Ste10] **Steinbach, T.; Korf, F.; Schmidt, T.C.**; , "Comparing time-triggered Ethernet with FlexRay: An evaluation of competing approaches to real-time for in-vehicle networks," *Factory Communication Systems (WFCS)*, 2010 8th IEEE International Workshop on , vol., no., pp.199-202, 18-21 May 2010  
doi: 10.1109/WFCS.2010.5548606  
URL: <http://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?tp=&arnumber=5548606&isnumber=5548598>

[Man11] **Manderscheid, M.; Langer, F.**; , "Network Calculus for the Validation of Automotive Ethernet In-vehicle Network Configurations," *Cyber-Enabled Distributed Computing and Knowledge Discovery (CyberC)*, 2011 International Conference on , vol., no., pp.206-211, 10-12 Oct. 2011

[Lim11] **Hyung-Taek Lim; Krebs, B.; Volker, L.; Zahrer, P.**; , "Performance evaluation of the inter-domain communication in a switched Ethernet based in-car network," *Local Computer Networks (LCN)*, 2011 IEEE 36th Conference on , vol., no., pp.101-108, 4-7 Oct. 2011