

# Restbussimulation von TTEthernet-basierten Steuergeräten im Automobil

Master Seminar

Florian Bartols

`florian.bartols@informatik.haw-hamburg.de`

Hochschule für Angewandte Wissenschaften Hamburg

20. Dezember 2011



Hochschule für Angewandte Wissenschaften Hamburg

*Hamburg University of Applied Sciences*

Restbussimulation von  
TTEthernet

Florian Bartols

Motivation

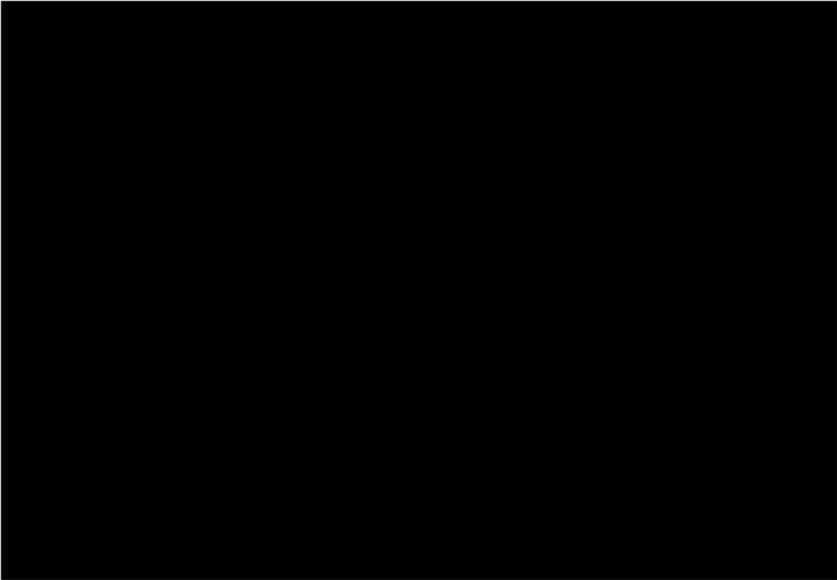
Restbussimulation

Ziel und Arbeitspakete

Risiken

Zusammenfassung und  
Ausblick

Literatur

A large, solid black rectangular area covers the upper and middle portions of the slide, redacting the main content.

70 < ECUs in aktuellen oberklasse Automobilen  
10Mbit/s FlexRay schon jetzt an seinen Grenzen [1]

- Dezentrale Entwicklung aktueller Automobile [2]
- Netzwerk design und Funktionen werden durch Hersteller entworfen
- Zulieferer entwickelt anhand dieser Spezifikationen ein Gerät
- Funktionen sind zunehmend verteilt
- Frühzeitiges Testen ist erforderlich
- Je später ein Fehler gefunden, desto mehr Kosten bei der Beseitigung [3]

Restbussimulation von  
TTEthernet

Florian Bartols

Motivation

Restbussimulation

Ziel und Arbeitspakete

Risiken

Zusammenfassung und  
Ausblick

Literatur

## 1 Motivation

## 2 Restbussimulation

- Abgrenzung Restbussimulation / Hardware-in-the-Loop
- RBS bei Bus/TTEthernet Netzwerken
- Testsznarien

## 3 Ziel und Arbeitspakete

## 4 Risiken

## 5 Zusammenfassung und Ausblick

Restbussimulation von  
TTEthernet

Florian Bartols

Motivation

Restbussimulation

Abgrenzung  
Restbussimulation /  
Hardware-in-the-Loop  
RBS bei  
Bus/TTEthernet  
Netzwerken  
Testsznarien

Ziel und Arbeitspakete

Risiken

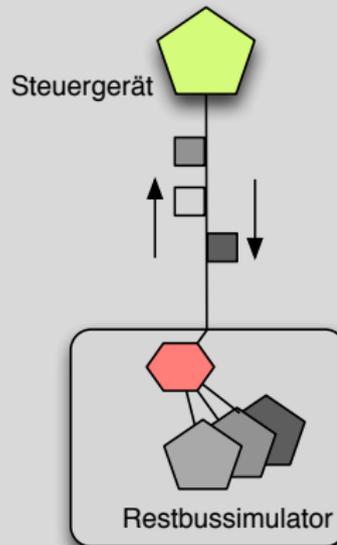
Zusammenfassung und  
Ausblick

Literatur

- Keine klare Grenzen bei RBS und HiL in der Literatur
- Bei zunehmender Projektreife / Testart verschwimmen die Grenzen
- In der Regel bestehen beide Verfahren nebeneinander

### Restbussimulation

- Frühzeitiges Testen eines Knotens im verteilten System nur durch RBS möglich
- Stimulation erfolgt nur über die Kommunikationsschnittstelle
- Ereignisse der Umwelt werden nicht berücksichtigt



Restbussimulation von TTEthernet

Florian Bartols

Motivation

Restbussimulation

**Abgrenzung Restbussimulation / Hardware-in-the-Loop**

RBS bei Bus/TTEthernet Netzwerken  
Testscenarien

Ziel und Arbeitspakete

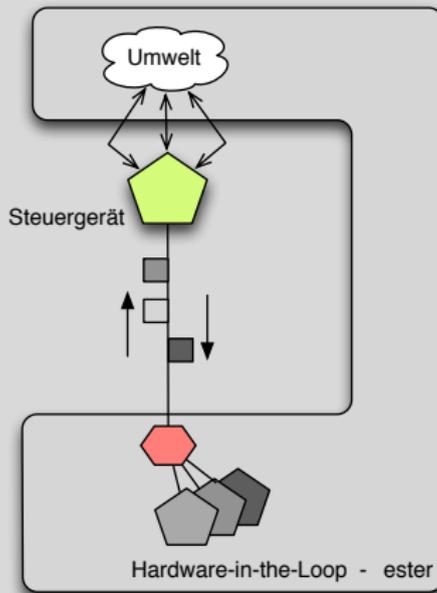
Risiken

Zusammenfassung und Ausblick

Literatur

### Hardware-in-the-Loop

- Überprüfung des technischen Verhaltens eines Steuergerätes durch HiL
- Umwelt wird zusätzlich simuliert oder durch echte Ereignisse repräsentiert
- Reaktion des Gerätes auf die Umwelt wird getestet



Restbussimulation von  
TTEthernet

Florian Bartols

Motivation

Restbussimulation

**Abgrenzung  
Restbussimulation /  
Hardware-in-the-Loop**

RBS bei  
Bus/TTEthernet  
Netzwerken  
Testszenarien

Ziel und Arbeitspakete

Risiken

Zusammenfassung und  
Ausblick

Literatur

### Bussystem

- Gemeinsamer Zugriff auf das Übertragungsmedium
- Jeder Teilnehmer hat Sicht auf alle versendeten Nachrichten

Restbussimulation von  
TTEthernet

Florian Bartols

Motivation

Restbussimulation

Abgrenzung  
Restbussimulation /  
Hardware-in-the-Loop

**RBS bei  
Bus/TTEthernet  
Netzwerken**

Testszenarios

Ziel und Arbeitspakete

Risiken

Zusammenfassung und  
Ausblick

Literatur

### Bussystem

- Gemeinsamer Zugriff auf das Übertragungsmedium
- Jeder Teilnehmer hat Sicht auf alle versendeten Nachrichten

### Switched TTEthernet

- Simultanes Übertragen von Daten möglich
- Teilnehmer haben nur Sicht auf Nachrichten ihrer Domäne
- Transparente Synchronisation in Form von Ethernet-Frames

### Restbussimulation von TTEthernet

Florian Bartols

#### Motivation

#### Restbussimulation

Abgrenzung  
Restbussimulation /  
Hardware-in-the-Loop

**RBS bei  
Bus/TTEthernet  
Netzwerken**

Testszenarios

#### Ziel und Arbeitspakete

#### Risiken

#### Zusammenfassung und Ausblick

#### Literatur

- Generelles Testverfahren entspricht Blackboxtesting

Motivation

Restbussimulation

Abgrenzung  
Restbussimulation /  
Hardware-in-the-Loop

RBS bei  
Bus/TTEthernet  
Netzwerken

**Testszzenarien**

Ziel und Arbeitspakete

Risiken

Zusammenfassung und  
Ausblick

Literatur

- Generelles Testverfahren entspricht Blackboxtesting

### Statisches Testen (Open-Loop Testing)

- Testfälle basieren auf der statischen Merkmalen einer Netzwerkspezifikation
- Test auf grundlegende Funktion
- Äquivalenzklassen-Test
- Grenzwertanalysen
- Wiedergabe von aufgezeichnetem Traffic

Restbussimulation von  
TTEthernet

Florian Bartols

Motivation

Restbussimulation

Abgrenzung  
Restbussimulation /  
Hardware-in-the-Loop

RBS bei  
Bus/TTEthernet  
Netzwerken

**Test szenarien**

Ziel und Arbeitspakete

Risiken

Zusammenfassung und  
Ausblick

Literatur

## Reaktives Testen (Closed-Loop Testing)

- Verhalten des Gerätes ist abhängig vom aktuellen Zustand
- Testfälle müssen anhand der eigentlichen Steuergeräte Spezifikationen erstellt werden
- Möglichkeiten der Umsetzung:
  - Skriptsprachen [4]
  - Modellbasierte Ansätze [5, 6]

## 1 Motivation

## 2 Restbussimulation

## 3 Ziel und Arbeitspakete

- Konfiguration einer Restbussimulation
- Reduzierung der Komplexität

## 4 Risiken

## 5 Zusammenfassung und Ausblick

Restbussimulation von  
TTEthernet

Florian Bartols

Motivation

Restbussimulation

Ziel und Arbeitspakete

Konfiguration einer  
Restbussimulation

Reduzierung der  
Komplexität

Risiken

Zusammenfassung und  
Ausblick

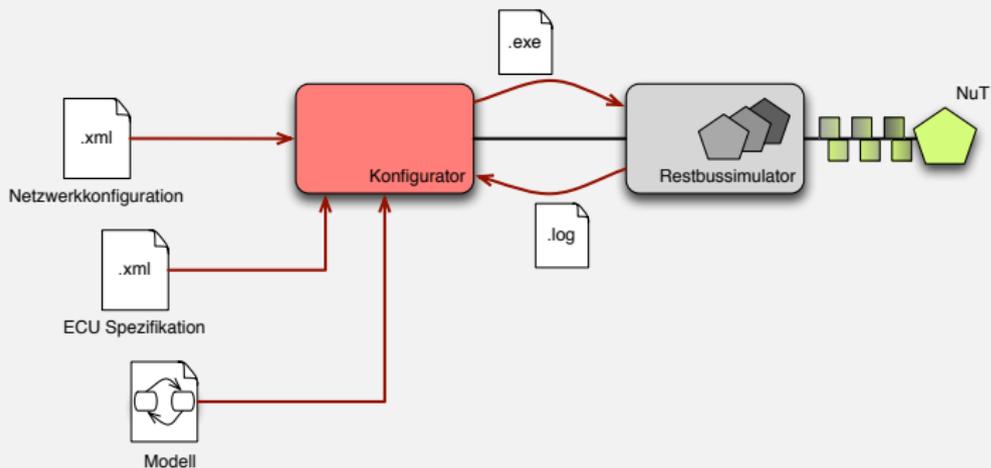
Literatur

- Restbussimulation auf Basis von standard automotive Konfigurationsformaten
- und einer standard Hard- / Softwareplattform
- Erweiterung der Fibex-Spezifikation auf TTEthernet-Netzwerke
- Erarbeitung einer Strategie zur Reduzierung der Konfiguration auf relevante Funktionen

# Konfiguration einer Restbussimulation

Architektur und genereller Workflow

Nach dem CANoe-Prinzip: [7, 8]



Restbussimulation von TTEthernet

Florian Bartols

Motivation

Restbussimulation

Ziel und Arbeitspakete

**Konfiguration einer Restbussimulation**

Reduzierung der Komplexität

Risiken

Zusammenfassung und Ausblick

Literatur

- Design und Spezifikation von Fahrzeugnetzwerken erfolgt toolgestützt
- Weitergabe dieser Informationen an den Zulieferer benötigt
- Implementation der Steuergeräte erfolgt anhand der Spezifikation
- Dient zur Beschreibung der Netzwerktopologie
- sowie Verhaltensmuster der Steuergeräte

Restbussimulation von  
TTEthernet

Florian Bartols

Motivation

Restbussimulation

Ziel und Arbeitspakete

**Konfiguration einer  
Restbussimulation**

Reduzierung der  
Komplexität

Risiken

Zusammenfassung und  
Ausblick

Literatur

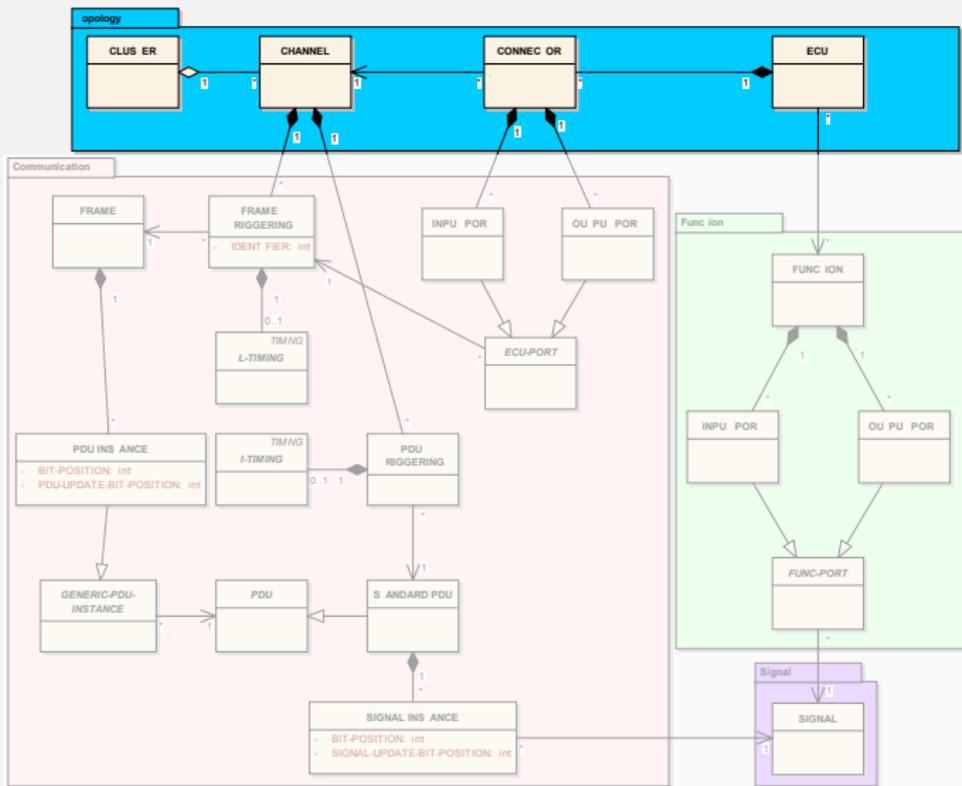
Fibex (Field Bus Data Exchange Format)[9, 10]

- Spezifiziert durch ASAM (ASAM MCD-2 NET)
- Ablösung des proprietären CANdb-Formats
- Offener Standard als XML-basiertes Format
- Unterstützt CAN, LIN, MOST, FlexRay als Erweiterungen



# Konfiguration

## Fibex Datenmodell Beispiel



Restbussimulation von  
TT Ethernet

Florian Bartols

Motivation

Restbussimulation

Ziel und Arbeitspakete

**Konfiguration einer  
Restbussimulation**  
Reduzierung der  
Komplexität

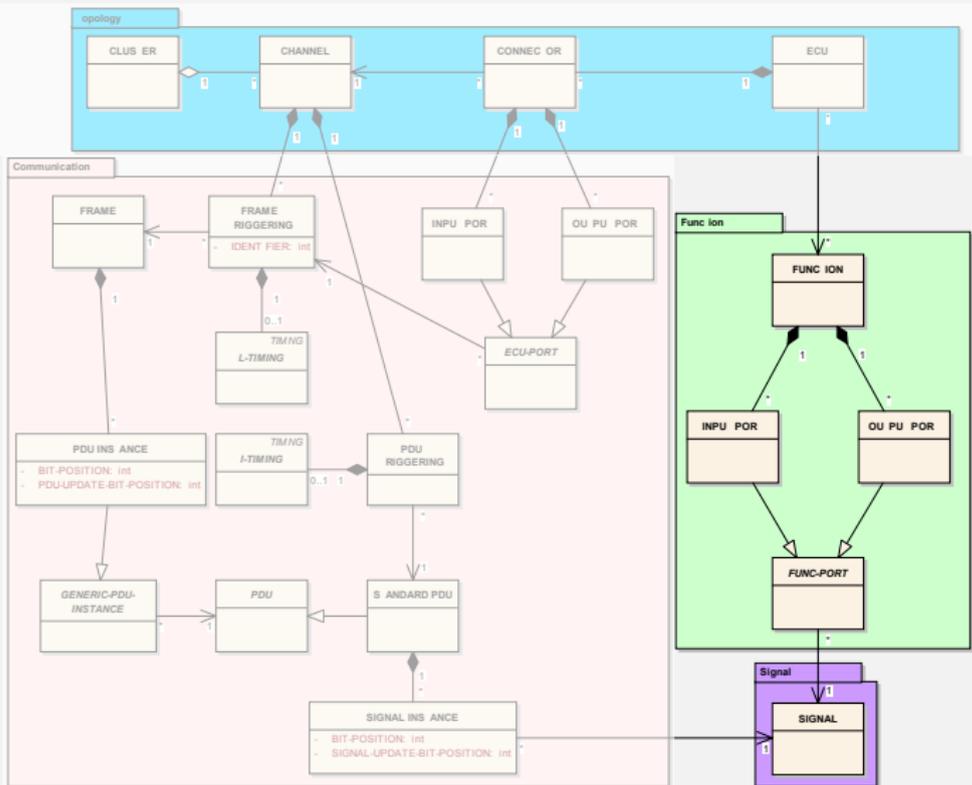
Risiken

Zusammenfassung und  
Ausblick

Literatur

# Konfiguration

## Fibex Datenmodell Beispiel



Restbussimulation von TTEthernet

Florian Bartols

Motivation

Restbussimulation

Ziel und Arbeitspakete

**Konfiguration einer Restbussimulation**  
Reduzierung der Komplexität

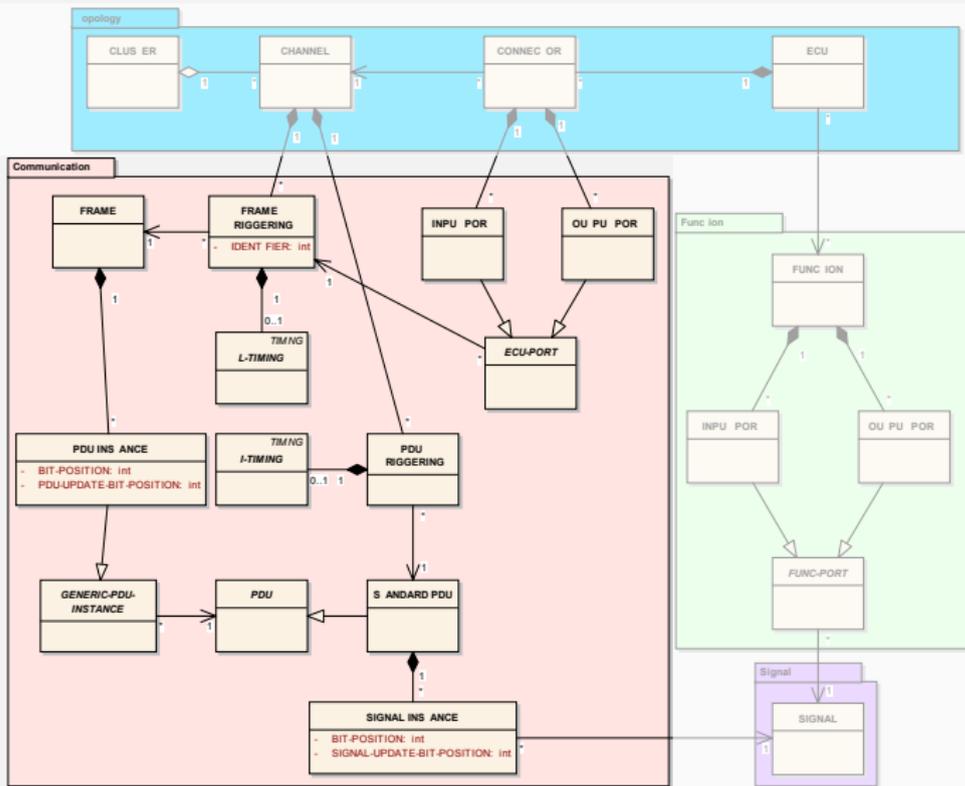
Risiken

Zusammenfassung und Ausblick

Literatur

# Konfiguration

## Fibex Datenmodell Beispiel



Restbussimulation von TTEthernet

Florian Bartols

Motivation

Restbussimulation

Ziel und Arbeitspakete

**Konfiguration einer Restbussimulation**  
Reduzierung der Komplexität

Risiken

Zusammenfassung und Ausblick

Literatur

## TTEthernet Network Description

- XML-basiertes Dokument
- Beschreibt die Netzwerktopologie
  - Logische Verbindungen zwischen den Knoten
  - Technische Realisierung des Netzes
  - Routing der Nachrichten

Restbussimulation von  
TTEthernet

Florian Bartols

Motivation

Restbussimulation

Ziel und Arbeitspakete

**Konfiguration einer  
Restbussimulation**

Reduzierung der  
Komplexität

Risiken

Zusammenfassung und  
Ausblick

Literatur

## TTEthernet Network Description

- XML-basiertes Dokument
- Beschreibt die Netzwerktopologie
  - Logische Verbindungen zwischen den Knoten
  - Technische Realisierung des Netzes
  - Routing der Nachrichten
- Konfiguration der Knoten
  - Scheduling der Nachrichten
  - Teilnehmer der Zeitsynchronisierung
  - Ein-/Ausgangs-Ports

Restbussimulation von  
TTEthernet

Florian Bartols

Motivation

Restbussimulation

Ziel und Arbeitspakete

**Konfiguration einer  
Restbussimulation**

Reduzierung der  
Komplexität

Risiken

Zusammenfassung und  
Ausblick

Literatur

### TTEthernet

- TTEthernet Network Description beschreibt Topologie und Knoten
- Fehlende Semantik der Nachrichten
- Keine Beschreibung der Funktionen der Steuergeräte

Restbussimulation von  
TTEthernet

Florian Bartols

Motivation

Restbussimulation

Ziel und Arbeitspakete

**Konfiguration einer  
Restbussimulation**

Reduzierung der  
Komplexität

Risiken

Zusammenfassung und  
Ausblick

Literatur

### TTEthernet

- TTEthernet Network Description beschreibt Topologie und Knoten
- Fehlende Semantik der Nachrichten
- Keine Beschreibung der Funktionen der Steuergeräte

### Fibex

- Beschreibung der Topologie, Knoten, deren Funktion und Nachrichtensemantik
- Spezifikation (v. 3.1.1) bisher nur für Bus-Topologien

Restbussimulation von  
TTEthernet

Florian Bartols

Motivation

Restbussimulation

Ziel und Arbeitspakete

**Konfiguration einer  
Restbussimulation**

Reduzierung der  
Komplexität

Risiken

Zusammenfassung und  
Ausblick

Literatur

# Reduzierung der Komplexität

## Beispieltopologie

Restbussimulation von  
TTEthernet

Florian Bartols

Motivation

Restbussimulation

Ziel und Arbeitspakete

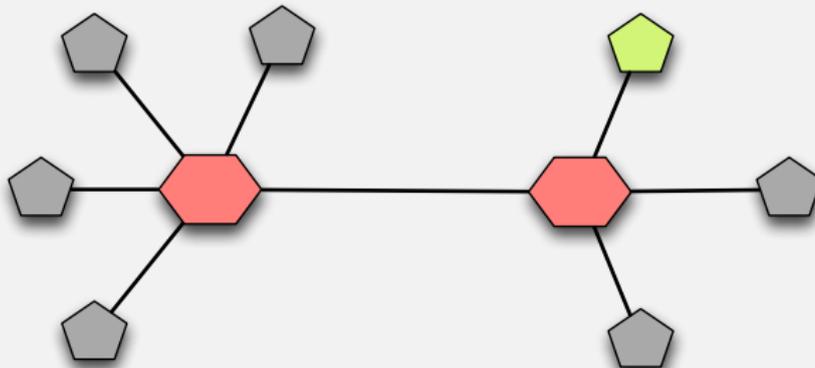
Konfiguration einer  
Restbussimulation

**Reduzierung der  
Komplexität**

Risiken

Zusammenfassung und  
Ausblick

Literatur



# Reduzierung der Komplexität

## Beispieltopologie

Restbussimulation von  
TTEthernet

Florian Bartols

Motivation

Restbussimulation

Ziel und Arbeitspakete

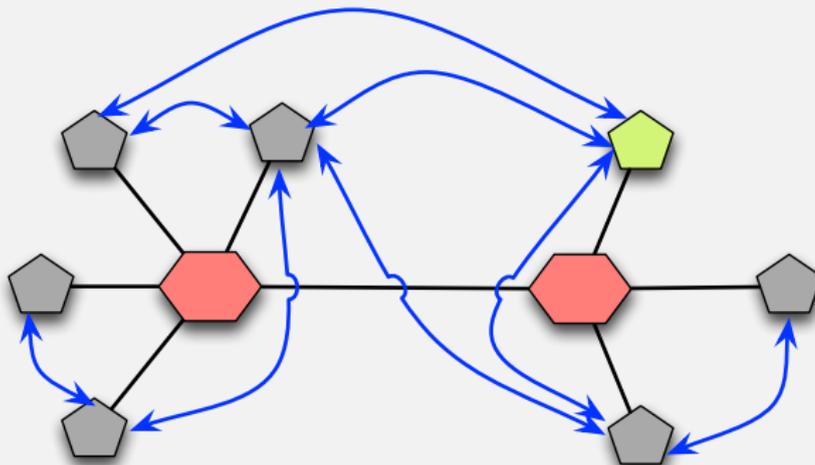
Konfiguration einer  
Restbussimulation

**Reduzierung der  
Komplexität**

Risiken

Zusammenfassung und  
Ausblick

Literatur



# Reduzierung der Komplexität

## Beispieltopologie

Restbussimulation von  
TTEthernet

Florian Bartols

Motivation

Restbussimulation

Ziel und Arbeitspakete

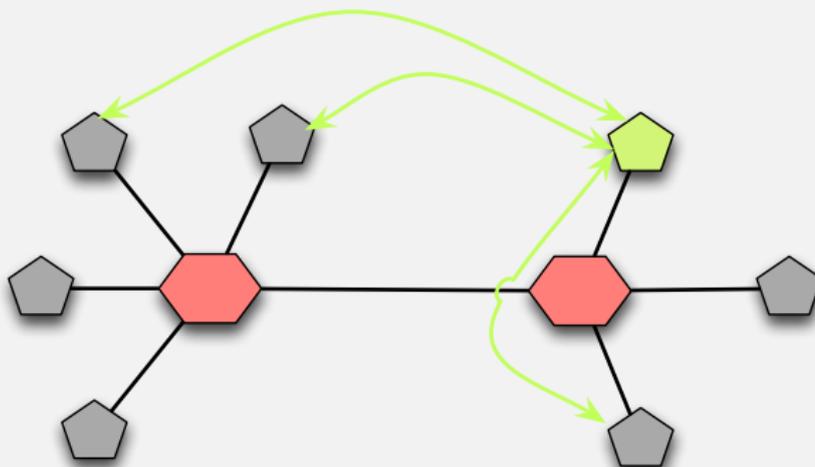
Konfiguration einer  
Restbussimulation

**Reduzierung der  
Komplexität**

Risiken

Zusammenfassung und  
Ausblick

Literatur



# Architekturüberblick meiner Masterarbeit

Restbussimulation von TTEthernet

Florian Bartols

Motivation

Restbussimulation

Ziel und Arbeitspakete

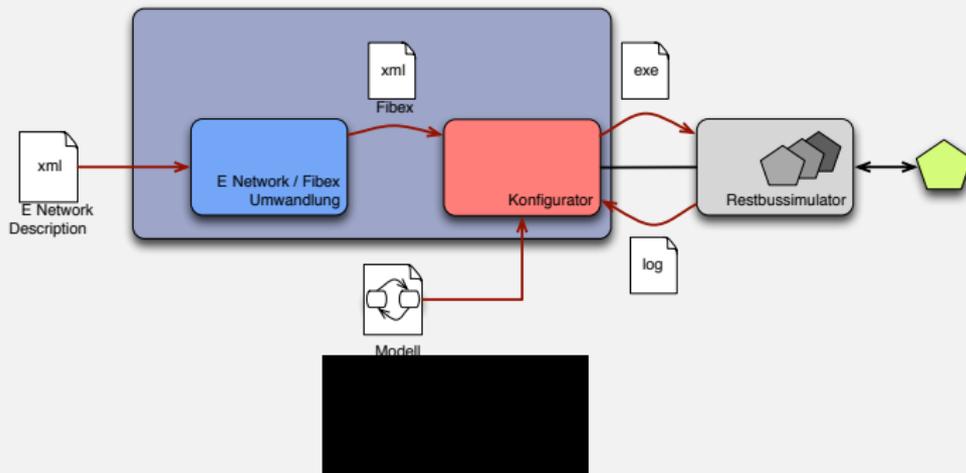
Konfiguration einer Restbussimulation

**Reduzierung der Komplexität**

Risiken

Zusammenfassung und Ausblick

Literatur



- 1 Motivation
- 2 Restbussimulation
- 3 Ziel und Arbeitspakete
- 4 Risiken
- 5 Zusammenfassung und Ausblick

Restbussimulation von  
TTEthernet

Florian Bartols

Motivation

Restbussimulation

Ziel und Arbeitspakete

Risiken

Zusammenfassung und  
Ausblick

Literatur

- Risiken durch AW1 und AW2 generell ausgelotet
- Restrisiken bestehen, sind kontrollierbar

- Risiken durch AW1 und AW2 generell ausgelotet
- Restrisiken bestehen, sind kontrollierbar
- Erweiterung der Fibex-Spezifikation auf TTEthernet stößt auf keine Akzeptanz
- Fehlende Spezifikationen echter Automotive Hardware
- Echtzeitanforderungen vom RBS werden nicht erfüllt

- 1 Motivation
- 2 Restbussimulation
- 3 Ziel und Arbeitspakete
- 4 Risiken
- 5 Zusammenfassung und Ausblick

Restbussimulation von  
TTEthernet

Florian Bartols

Motivation

Restbussimulation

Ziel und Arbeitspakete

Risiken

Zusammenfassung und  
Ausblick

Literatur

- Hardware-in-the-Loop und Restbussimulation bestehen zumeist nebeneinander
  - RBS: Stimulation erfolgt nur über die Kommunikationsschnittstelle
  - HiL: Reaktion mit der Umwelt wird überwacht
- Konfiguration einer RBS erfolgt auf standard automotive Beschreibungsformate
  - Erweiterung des Fibex-Formats für TTEthernet
  - Abbildungsfunktion der Networkdescription auf Fibex
- Reduzierung der Komplexität unter Berücksichtigung der eigentlichen Funktionalität

Restbussimulation von  
TTEthernet

Florian Bartols

Motivation

Restbussimulation

Ziel und Arbeitspakete

Risiken

Zusammenfassung und  
Ausblick

Literatur

- Projekt 1
  - Theoretische und analytische Arbeiten auf Basis der Konfigurationsformate
  - Strategieerarbeitung zur Abbildung der TTE-Konfiguration auf Fibex
- Projekt 2
  - Umsetzung der beschriebenen Architektur einer Restbussimulation
  - Visualisierung der Topologie
- Masterarbeit
  - Vollständige Restbussimulation einer verteilten automotive Anwendung auf Basis von TTEthernet Netzwerken



Restbussimulation von  
TTEthernet

Florian Bartols

Motivation

Restbussimulation

Ziel und Arbeitspakete

Risiken

Zusammenfassung und  
Ausblick

Literatur

[www.informatik.haw-hamburg.de/core.html](http://www.informatik.haw-hamburg.de/core.html)

- [1] Bernd Müller-Rathgeber und Hans-Ulrich Michel. „Automotive network planning - A genetic approach“. In: *IEEE Intelligent Vehicles Symposium, 2009*. Juni 2009, S. 1088–1092. DOI: 10.1109/IVS.2009.5164433.
- [2] Jörg Schäuffele und Thomas Zurawka. *Automotive Software Engineering*. Wiesbaden: Vieweg und Teubner, 2010. ISBN: 978-3-8348-0364-1.
- [3] Thomas Riegraf, Siegfried Behh und Stefan Kraus. *Effizientes Testen in der Automobilelektronik - Von der Simulation bis zur Diagnose*. Vector Informatik. Aug. 2007. URL: [http://www.vector.com/portal/medien/cmc/press/PND/Testen\\_ATZ\\_200708\\_PressArticle\\_DE.pdf](http://www.vector.com/portal/medien/cmc/press/PND/Testen_ATZ_200708_PressArticle_DE.pdf) (besucht am 20.12.2010).
- [4] Holger Krisp. „Python-Skripte testen Steuergeräte in Echtzeit“. In: *Elektronik Automotive* (Apr. 2007).

Restbussimulation von  
TTEthernet

Florian Bartols

Motivation

Restbussimulation

Ziel und Arbeitspakete

Risiken

Zusammenfassung und  
Ausblick

Literatur

- [5] Eckard Bringmann und Andreas Krämer. „Model-Based Testing of Automotive Systems“. In: *2008 1st International Conference on Software Testing, Verification and Validation*. Apr. 2008, S. 485–493. DOI: 10.1109/ICST.2008.45.
- [6] Klaus Lamberg u. a. „Model-Based Testing of Embedded Automotive Software Using Mtest“. In: *In-Vehicle Networks and Software, Electrical Wiring Harnesses, and Electronics and Systems Reliability*. SAE International. März 2004.
- [7] Vector Informatik. *CANoe - Restbussimulation*. Vektor Informatik. URL: [http://www.vector.com/vi\\_canoe\\_de.html](http://www.vector.com/vi_canoe_de.html) (besucht am 28.12.2010).
- [8] Mark Swager. *Using Matlab with CANoe*. 1.0. Vector Informatik GmbH. Apr. 2008.

Restbussimulation von  
TTEthernet

Florian Bartols

Motivation

Restbussimulation

Ziel und Arbeitspakete

Risiken

Zusammenfassung und  
Ausblick

Literatur

- [9] 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.
- [10] Werner Zimmermann und Ralf Schmidgall. *Bussysteme in der Fahrzeugtechnik - 4. aktualisierte Auflage*. Vieweg + Teubner, 2011. ISBN: 978-3-8348-0907-0.
- [11] Sebastian Graf u. a. „Analyzing Automotive Networks Using Virtual Prototypes“. In: *GMM-Fachbericht - Automotive meets Electronics, (Automotive meets Electronics (AmE'11), Dortmund, Germany, May. 04 .- 05., 2011)*. Berlin: VDE Verlag, Mai 2011, S. 9–14. ISBN: 978-3-8007-3236-4.
- [12] Roman Obermaisser. *Time-Triggered Communication*. Embedded Systems Series. Taylor und Francis, 2012. ISBN: 978-1-4398-4661-2.

Restbussimulation von  
TT Ethernet

Florian Bartols

Motivation

Restbussimulation

Ziel und Arbeitspakete

Risiken

Zusammenfassung und  
Ausblick

Literatur