

# Restbussimulation von Time-Triggered Ethernet

## Anwendungen 1

Florian Bartols

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

Hochschule für Angewandte Wissenschaften Hamburg

07. Januar 2011



Hochschule für Angewandte Wissenschaften Hamburg

*Hamburg University of Applied Sciences*

- CoRE-Projektgruppe  
(Communication-Over-Realtime-Ethernet)
- 4 Masterstudenten
- 5 Bachelorstudenten
- Bachelorarbeit im CoRE-Kontext

## 1 Motivation

- Anteil Elektronik im Automobil
- Fallbeispiel

## 2 Restbussimulation & TTEthernet

- Was ist Restbussimulation?
- Was ist TTEthernet?

## 3 Problemstellung

- Anforderungen

## 4 Risiken

## 5 Zusammenfassung & Ausblick

Restbussimulation  
TTEthernet

Florian Bartols

Motivation

Restbussimulation &  
TTEthernet

Problemstellung

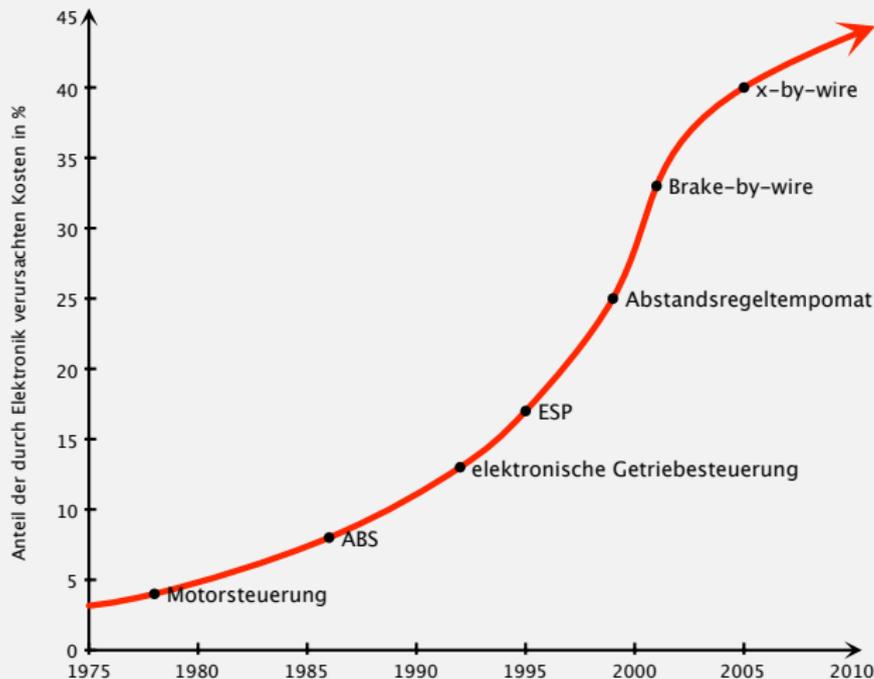
Risiken

Zusammenfassung &  
Ausblick

Literatur



Aktuelles Oberklasse Fahrzeug:  $\geq 60$  Steuergeräte



1 Till Steinbach: „Ethernet als Bus für Echtzeitanwendungen im Automobil - Projektbericht“. Sep. 2009.

Restbussimulation  
TTEthernet

Florian Bartols

Motivation

**Anteil Elektronik im  
Automobil**

Fallbeispiel

Restbussimulation &  
TTEthernet

Problemstellung

Risiken

Zusammenfassung &  
Ausblick

Literatur

- Dezentrale Entwicklung eines neuen Automobils
- Entwicklungszeit ca. 3 Jahre<sup>2</sup>
  - Konzept und Design durch Hersteller
  - Passende Steuergeräte durch einen Zulieferer
- Hersteller verteilt Systemmodelle des Netzwerkes
- Zulieferer entwickeln anhand diesem Modell das Steuergerät

<sup>2</sup> Jörg Schäuuffele und Thomas Zurawka: *Automotive Software Engineering*. 2010.

### Problem:

- Fehler werden u.U. erst spät aufgedeckt
- Kosten steigen, je später Fehler entdeckt werden<sup>3</sup>
- Rückrufaktionen führen zu längeren Entwicklungszyklen
- und gleichzeitig zu höheren Kosten

<sup>3</sup> Thomas Riegraf, Siegfried Behh und Stefan Kraus: *Effizientes Testen in der Automobilelektronik - Von der Simulation bis zur Diagnose.*

### Problem:

- Fehler werden u.U. erst spät aufgedeckt
- Kosten steigen, je später Fehler entdeckt werden<sup>3</sup>
- Rückrufaktionen führen zu längeren Entwicklungszyklen
- und gleichzeitig zu höheren Kosten

### Lösung:

- Frühzeitiges Testen des Steuergerätes
- Eine Möglichkeit: Restbussimulation

<sup>3</sup> Thomas Riegraf, Siegfried Behh und Stefan Kraus: *Effizientes Testen in der Automobilelektronik - Von der Simulation bis zur Diagnose.*

Restbussimulation  
TTEthernet

Florian Bartols

Motivation  
Anteil Elektronik im  
Automobil  
**Fallbeispiel**

Restbussimulation &  
TTEthernet

Problemstellung

Risiken

Zusammenfassung &  
Ausblick

Literatur

- Simulation eines oder mehreren Knoten in verteilten Systemen
- Ermöglicht frühzeitiges Testen von Steuergeräten ohne Gesamtsystem
- Verbindung wird über das REALE Kommunikationsmedium erstellt
- Die zu testenden Steuergeräte bemerken keinen Unterschied
- Restbussimulator muss das verwendete Protokoll unterstützen
- Simulation der relevanten Informationen (Verringerung der Komplexität)

Restbussimulation  
TTEthernet

Florian Bartols

Motivation

Restbussimulation &  
TTEthernet

**Was ist  
Restbussimulation?**  
Was ist TTEthernet?

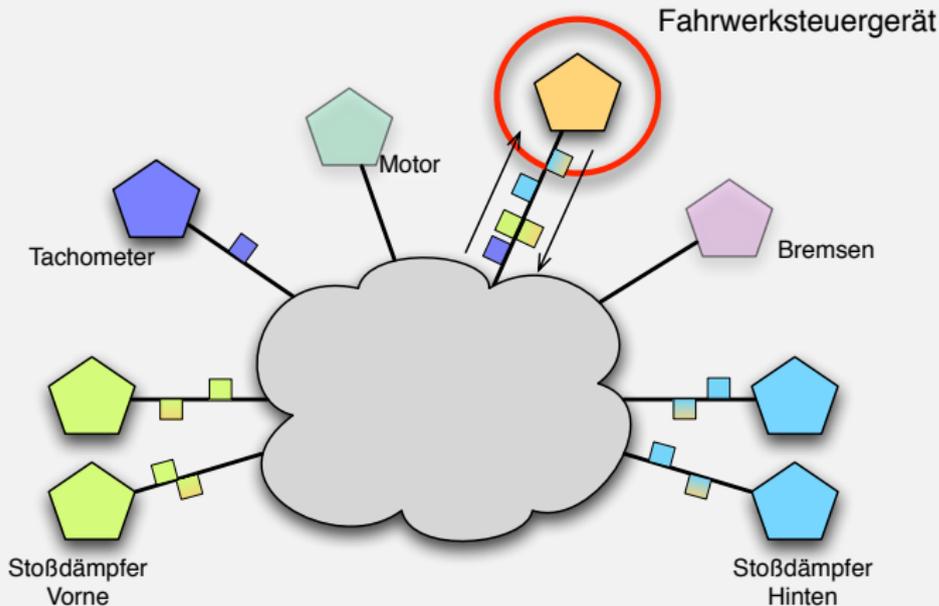
Problemstellung

Risiken

Zusammenfassung &  
Ausblick

Literatur

### Beispiel: geschwindigkeitsabhängige Fahrwerkssteuerung



Restbussimulation  
TTEthernet

Florian Bartols

Motivation

Restbussimulation &  
TTEthernet

**Was ist  
Restbussimulation?**  
Was ist TTEthernet?

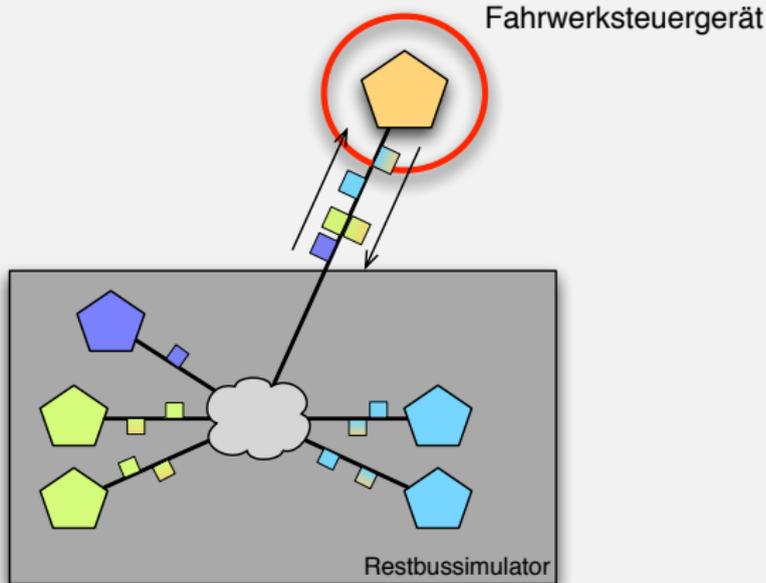
Problemstellung

Risiken

Zusammenfassung &  
Ausblick

Literatur

### Beispiel: geschwindigkeitsabhängige Fahrwerkssteuerung



Restbussimulation  
TTEthernet

Florian Bartols

Motivation

Restbussimulation &  
TTEthernet

**Was ist  
Restbussimulation?**  
Was ist TTEthernet?

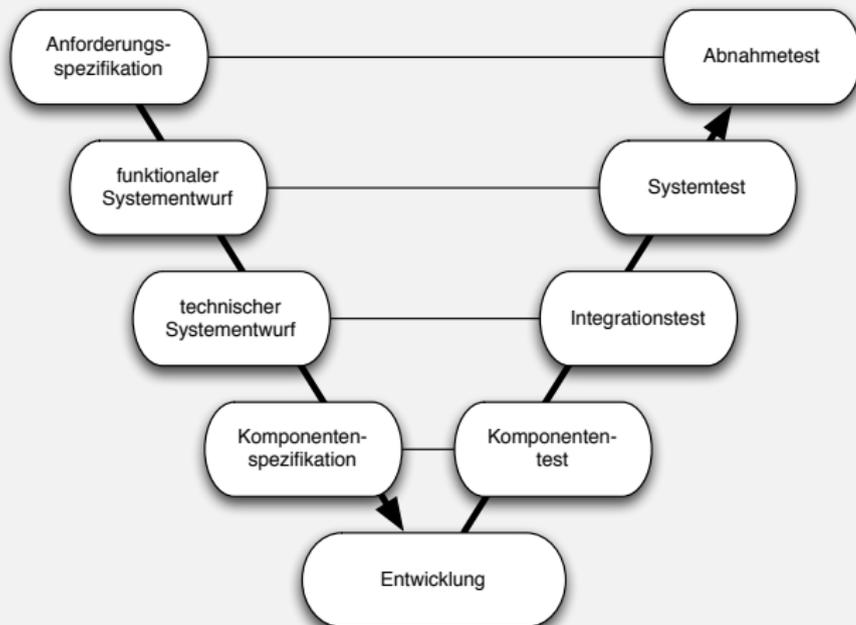
Problemstellung

Risiken

Zusammenfassung &  
Ausblick

Literatur

### Ansiedlung der Restbussimulation im V-Modell



Restbussimulation  
TTEthernet

Florian Bartols

Motivation

Restbussimulation &  
TTEthernet

**Was ist  
Restbussimulation?**  
Was ist TTEthernet?

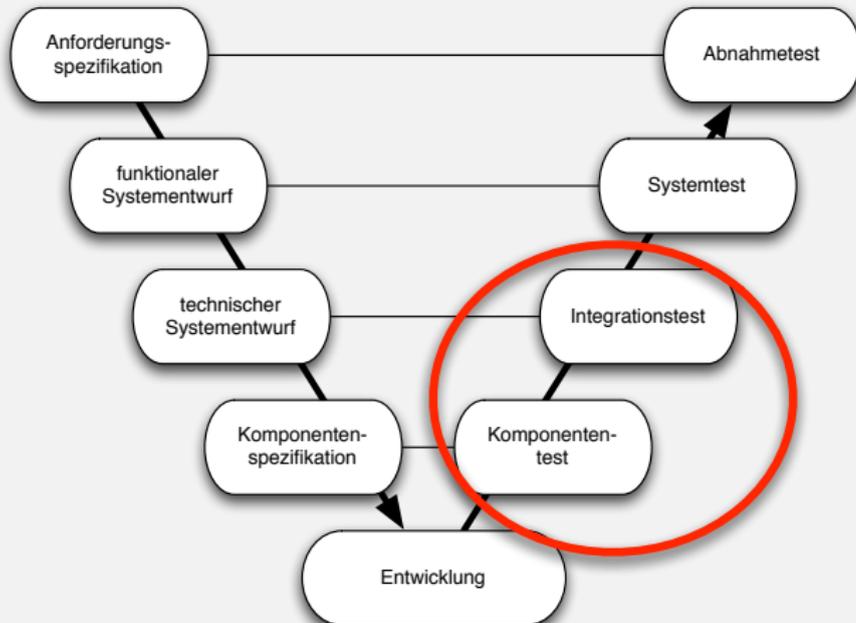
Problemstellung

Risiken

Zusammenfassung &  
Ausblick

Literatur

### Ansiedlung der Restbussimulation im V-Modell



Restbussimulation  
TTEthernet

Florian Bartols

Motivation

Restbussimulation &  
TTEthernet

**Was ist  
Restbussimulation?**  
Was ist TTEthernet?

Problemstellung

Risiken

Zusammenfassung &  
Ausblick

Literatur

## Testmöglichkeiten einer Restbussimulation (Abhängig von Zeitpunkt des Testens)

- Einhaltung der Protokollspezifikation
- Belastung- & Stresstest
- Korrektes Verhalten des Gerätes
  - „Open Loop“ Das Steuergerät wird nur stimuliert
  - „Closed Loop“ Abhängig vom Verhalten des Steuergerätes<sup>4 5 6</sup>

<sup>4</sup> Thomas M. Galla: „Cluster Simulation in Time-Triggered Real-Time Systems“. Dez. 1999.

<sup>5</sup> Thomas M. Galla und Roman Pallierer: „Cluster simulation-support for distributed development of hard real-time systems using TDMA-based communication“. Juni 1999.

<sup>6</sup> Martin Schlager: *Hardware-in-the-Loop Simulation*. Apr. 2008.

- CANoe<sup>7</sup>
  - FlexRay, CAN, LIN, MOST, Ethernet
- FlexXCon<sup>8</sup>
  - FlexRay, CAN
- CanEasy<sup>9</sup>
  - CAN, LIN

<sup>7</sup> Vector Informatik: *CANoe - Restbussimulation*.

<sup>8</sup> Eberspächer: *FlexXCon - Restbussimulation*.

<sup>9</sup> Schleißheimer GmbH: *CanEasy*.

- TTEthernet<sup>10</sup> entwickelt von TTTech und Honeywell
- Echtzeiterweiterung des standard Switched-Ethernet
  - Sterntopologie, Frameformat und Protokoll sind identisch
- zusätzliche Funktionalitäten
  - prioritäten- und zeitgetriebene Übertragung
  - Globale, synchronisierte Zeit

<sup>10</sup> Wilfried Steiner: *TTEthernet Specification*. Nov. 2008.

## TTEthernet definiert 3 Nachrichtenklassen

- 1 Time-Triggered
- 2 Rate-Constrained
- 3 Best-Effort

Restbussimulation  
TTEthernet

Florian Bartols

Motivation

Restbussimulation &  
TTEthernet

Was ist  
Restbussimulation?

**Was ist TTEthernet?**

Problemstellung

Risiken

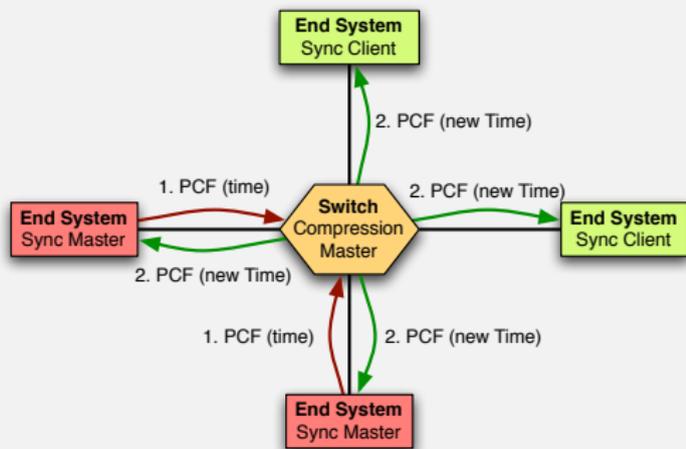
Zusammenfassung &  
Ausblick

Literatur

TTEthernet definiert 3 Nachrichtenklassen

- 1 Time-Triggered
- 2 Rate-Constrained
- 3 Best-Effort

Zeitsynchronisierungsdienst sorgt für globale Zeit



Restbussimulation  
TTEthernet

Florian Bartols

Motivation

Restbussimulation &  
TTEthernet

Was ist  
Restbussimulation?  
**Was ist TTEthernet?**

Problemstellung

Risiken

Zusammenfassung &  
Ausblick

Literatur

- Unterstützung des Protokolls
- dynamische Konfigurierbarkeit unabhängig vom Anwendungsfall
- Ladbarkeit von Systemmodellen

- Unterstützung des Protokolls
- dynamische Konfigurierbarkeit unabhängig vom Anwendungsfall
- Ladbarkeit von Systemmodellen

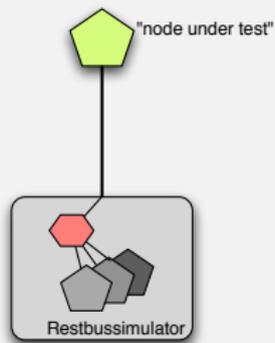
Speziell für Time-Triggered Ethernet:

- Echtzeitanforderungen für TT-, RC-Nachrichten erfüllen
- Zeitsynchronisierungsfunktionen
  - Synchronization Master, Synchronization Client, Compression Master

- Modellierung komplexer Reglerstrukturen
- Modellierung des Verhaltens der simulierten Knoten
- Abbildung der simulierten Knoten im Schedule der RBS

Speziell für Time Triggered Ethernet:

- Interpretation der Netzkonfiguration
- Anpassung dieser an die RBS
  - Welche Nachrichten verlassen den RBS?
  - Was kann vereinfacht werden?



Restbussimulation  
TTEthernet

Florian Bartols

Motivation

Restbussimulation &  
TTEthernet

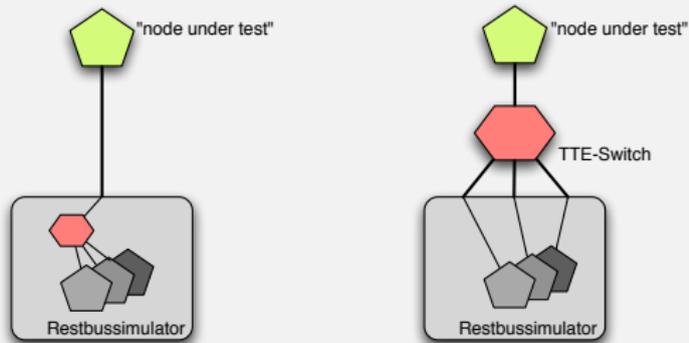
Problemstellung

**Anforderungen**

Risiken

Zusammenfassung &  
Ausblick

Literatur



Restbussimulation  
TTEthernet

Florian Bartols

Motivation

Restbussimulation &  
TTEthernet

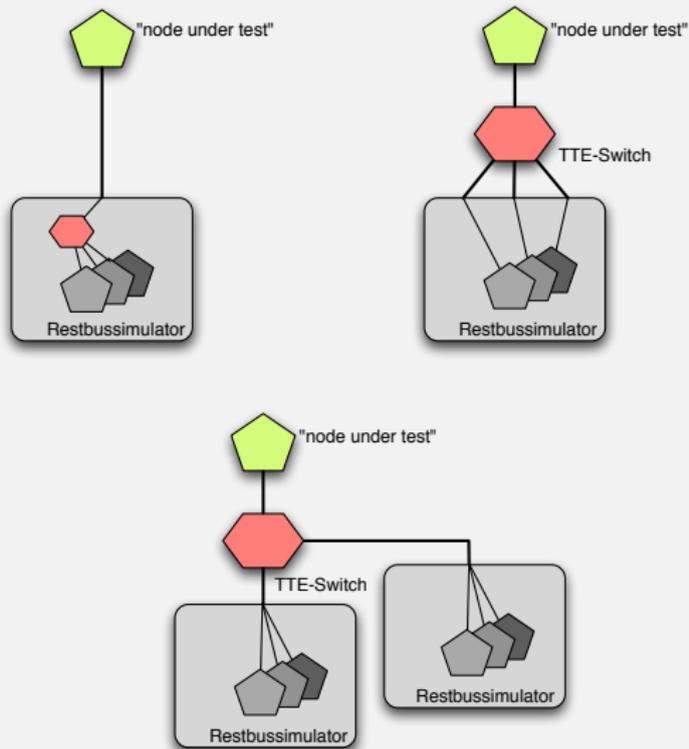
Problemstellung

**Anforderungen**

Risiken

Zusammenfassung &  
Ausblick

Literatur



Restbussimulation  
TTEthernet

Florian Bartols

Motivation

Restbussimulation &  
TTEthernet

Problemstellung

**Anforderungen**

Risiken

Zusammenfassung &  
Ausblick

Literatur

- Fehlende Geräte (Akt. in der Entwicklung als Bachelorarbeiten)
- Momentan nur Zugriff auf das TTE-Development-System (2 TTE Knoten)
- Datenmodell von „echten“ Daten nicht vorhanden
- Anwendungsbereich noch nicht sicher
- Rechenleistung (Scheduling von mehreren Knoten)
- Tools zur Erstellung von TTEthernet-Netzwerken noch nicht vorhanden

## Restbussimulation:

- kostengünstige Variante frühzeitiges Testen
- „keep it simple“ - Ansatz

## TTEthernet:

- Echtzeiterweiterung
- Synchronisierungsfunktion

## RBS von TTEthernet:

- Protokollunterstützung
- Echtzeitfähigkeit von TT- und RC-Nachrichten

Projekt:

- Grundfunktionalitäten einer RBS unter Realtime Linux

Restbussimulation  
TTEthernet

Florian Bartols

Motivation

Restbussimulation &  
TTEthernet

Problemstellung

Risiken

**Zusammenfassung &  
Ausblick**

Literatur

## Projekt:

- Grundfunktionalitäten einer RBS unter Realtime Linux

## Masterthesis:

- Skalierbare TTEthernet Restbussimulation unter der Verwendung von Realtime Linux

## Interessante Fragestellungen:

- Mehrere Interfaces sinnvoll?
- Skalierbarkeit einer RBS unter RT-Linux?
- to be continued...

Restbussimulation  
TTEthernet

Florian Bartols

Motivation

Restbussimulation &  
TTEthernet

Problemstellung

Risiken

Zusammenfassung &  
Ausblick

Literatur

Vielen Dank für die Aufmerksamkeit



Restbussimulation  
TTEthernet

Florian Bartols

Motivation

Restbussimulation &  
TTEthernet

Problemstellung

Risiken

Zusammenfassung &  
Ausblick

Literatur

- [1] Eberspächer. *FlexXCon - Restbussimulation*. Eberspächer. URL: [http://www.eberspaecher.com/servlet/PB/menu/1064600\\_11/index.html](http://www.eberspaecher.com/servlet/PB/menu/1064600_11/index.html) (besucht am 28.12.2010).
- [2] Thomas M. Galla. „Cluster Simulation in Time-Triggered Real-Time Systems“. Diss. Wien: TU Wien, Dez. 1999.
- [3] Thomas M. Galla und Roman Pallier. „Cluster simulation-support for distributed development of hard real-time systems using TDMA-based communication“. In: *Proceedings of the 11th Euromicro Conference on Real-Time Systems, 1999*. Juni 1999, S. 150–157. DOI: 10.1109/EMRTS.1999.777461.
- [4] Vector Informatik. *CANoe - Restbussimulation*. Vektor Informatik. URL: [http://www.vector.com/vi\\_canoede.html](http://www.vector.com/vi_canoede.html) (besucht am 28.12.2010).
- [5] Jörg Schäuffele und Thomas Zurawka. *Automotive Software Engineering*. Wiesbaden: Vieweg und Teubner, 2010. ISBN: 978-3-8348-0364-1.
- [6] Martin Schlager. *Hardware-in-the-Loop Simulation*. Vdm Verlag Dr. Müller, Apr. 2008. ISBN: 978-3-8364-6216-7.
- [7] Schleißeheimer GmbH. *CanEasy*. Schleißeheimer GmbH. URL: <http://www.schleissheimer.de/produkte/caneasy/> (besucht am 28.12.2010).
- [8] Till Steinbach. „Ethernet als Bus für Echtzeitanwendungen im Automobil - Projektbericht“. Bericht. Sep. 2009. URL: <http://papers.till-steinbach.de/s-ebeap-09.pdf>.
- [9] Wilfried Steiner. *TTEthernet Specification*. TTTech Computertechnik AG. Nov. 2008. URL: <http://www.tttech.com>.
- [10] Thomas Riegraf, Siegfried Behh und Stefan Kraus. *Effizientes Testen in der Automobilelektronik - Von der Simulation bis zur Diagnose*. Vector Informatik. 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)

Restbussimulation  
TTEthernet

Florian Bartols

Motivation

Restbussimulation &  
TTEthernet

Problemstellung

Risiken

Zusammenfassung &  
Ausblick

Literatur