



# Realtime-Ethernet für automotive Anwendungen:

Metriken und deren simulationsbasierte Evaluierung am  
Beispiel von TTEthernet

Till Steinbach

till.steinbach@informatik.haw-hamburg.de

Hochschule für Angewandte Wissenschaften Hamburg

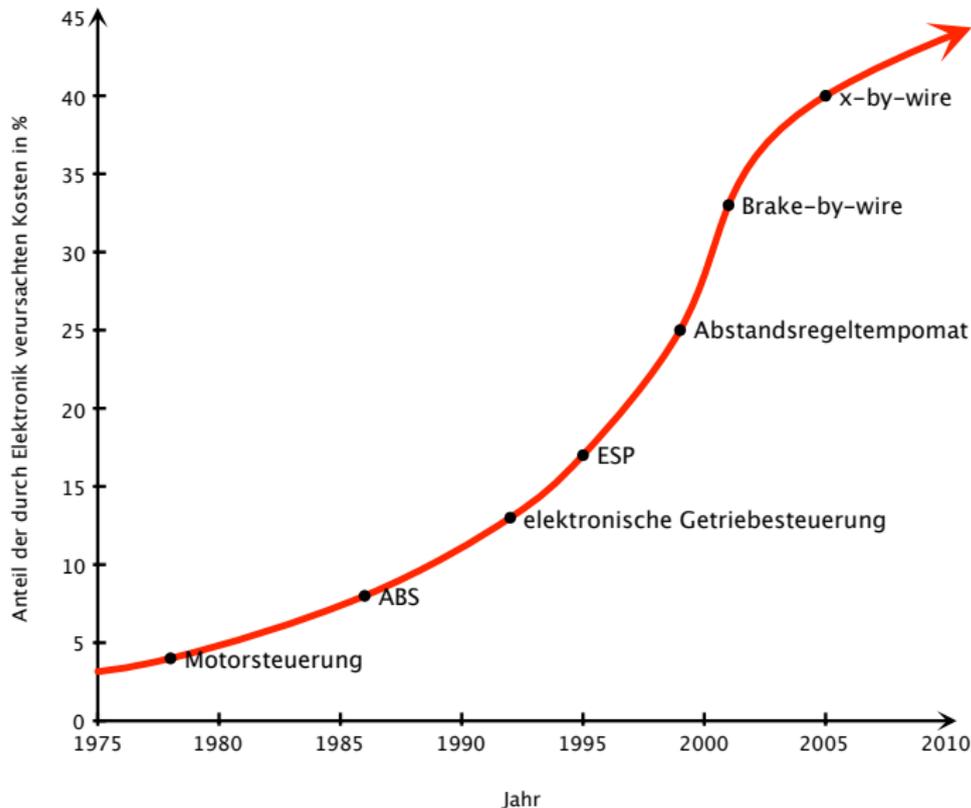
Masterseminar – 8. Dezember 2009



- 1 Einführung
  - Motivation, Problem
  - Ziele
- 2 Ergebnisse
  - Inhalt der Vorarbeiten
  - Schlussfolgerungen
- 3 Vorgehen
  - Strategie und Vorgehen
- 4 Fazit
  - Risiken
  - Verwertung und Fortsetzung
- 5 Fragen

# Motivation und Problem

Anteil Elektronik-Kosten bei Premium-Fahrzeugen



Realtime-Ethernet  
Thesis Outline

Till Steinbach

Einführung

**Motivation, Problem**  
Ziele

Ergebnisse

Vorgehen

Fazit

Fragen



- Wachsendes Interesse an RT-Ethernet im Auto
- Diverse Firmen starten Forschungsprojekte
- An der HAW:
  - Florian Bartols - Bachelorarbeit: "Leistungsmessung von Time Triggered Ethernet Komponenten unter harten Echtzeitbedingungen mithilfe modifizierter Linux-Treiber"
  - Hermand Dieumo Kenfack - Master 1. Semester: Simulation von Echtzeit-Ethernet Netzwerken

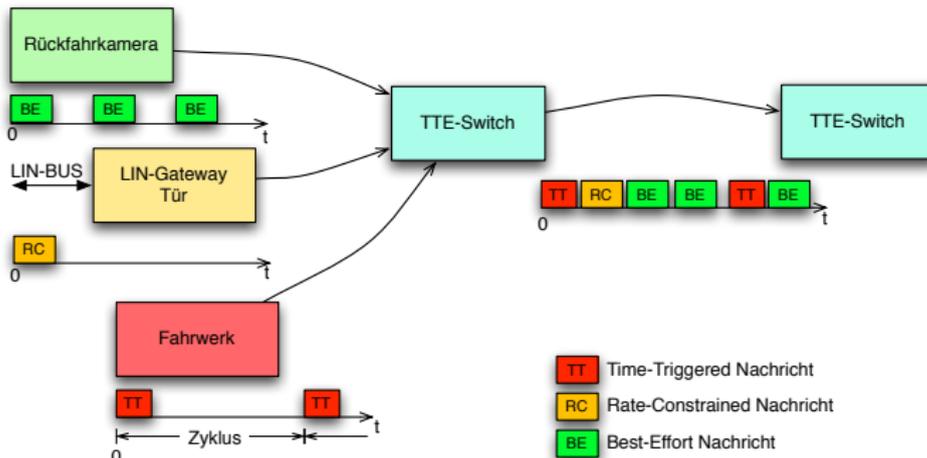
# Überblick TTEthernet

Kurzer Rückblick zum Konzept



Realtime-Ethernet  
Thesis Outline

Till Steinbach



Einführung

Motivation, Problem  
Ziele

Ergebnisse

Vorgehen

Fazit

Fragen



- Zusammenstellung, Bewertung, Kategorisierung von Metriken
- Erarbeiten von simulationsbasierten Evaluationsstrategien
- Abbildung von Fahrzeugbackbonemodellen in eine Simulation
- Abbildung von Datenquellen in der Simulation



Realtime-Ethernet  
Thesis Outline

Till Steinbach

Einführung

Ergebnisse

**Inhalt der Vorarbeiten**  
Schlussfolgerungen

Vorgehen

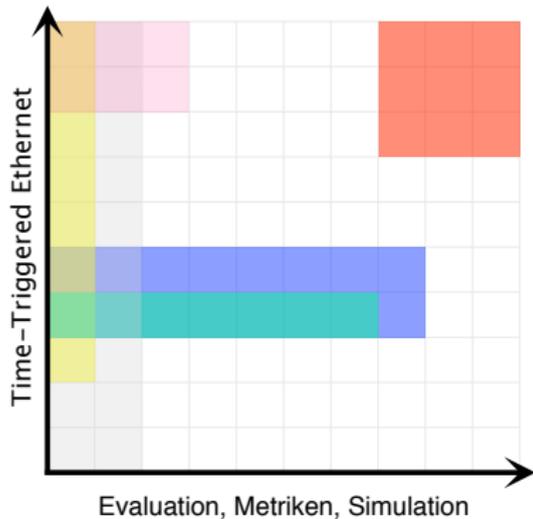
Fazit

Fragen

- Diverse Arbeitsgruppen im Bereich RT-Ethernet für Automatisierung
- Projekte im Bereich Validierung/Evaluierung von RT-Ethernet mit Simulationen
- Momentan keine vergleichbaren Arbeiten
- Analyse zeigt Bedarf für Analysearbeit von TTEthernet in Fahrzeugnetzwerken

# Überblick Literaturstudie

Einordnung der relevanten Arbeiten und Forschungsgruppen



Eigene Arbeit
Arbeitsgruppen SAE/VDI/IEEE/ACM
ABB Corporate Research Center
Kommerzielles Realtime-Ethernet
Arbeit der Universität Halmstad
TU Wien

Realtime-Ethernet  
Thesis Outline

Till Steinbach

Einführung

Ergebnisse

**Inhalt der Vorarbeiten**  
Schlussfolgerungen

Vorgehen

Fazit

Fragen



- Projekt 1
  - Vergleich von FlexRay und TTEthernet
  - Evaluierung von Omnet++ als Plattform für die Evaluierung von Metriken
  - Nur Time-Triggered-Ansatz als FlexRay-Ersatz möglich
- Projekt 2
  - Implementierung von TTEthernet in der Simulation
  - Erste Experimente und Messungen in der Simulation (startet in Kürze)

Einführung

Ergebnisse

**Inhalt der Vorarbeiten**  
Schlussfolgerungen

Vorgehen

Fazit

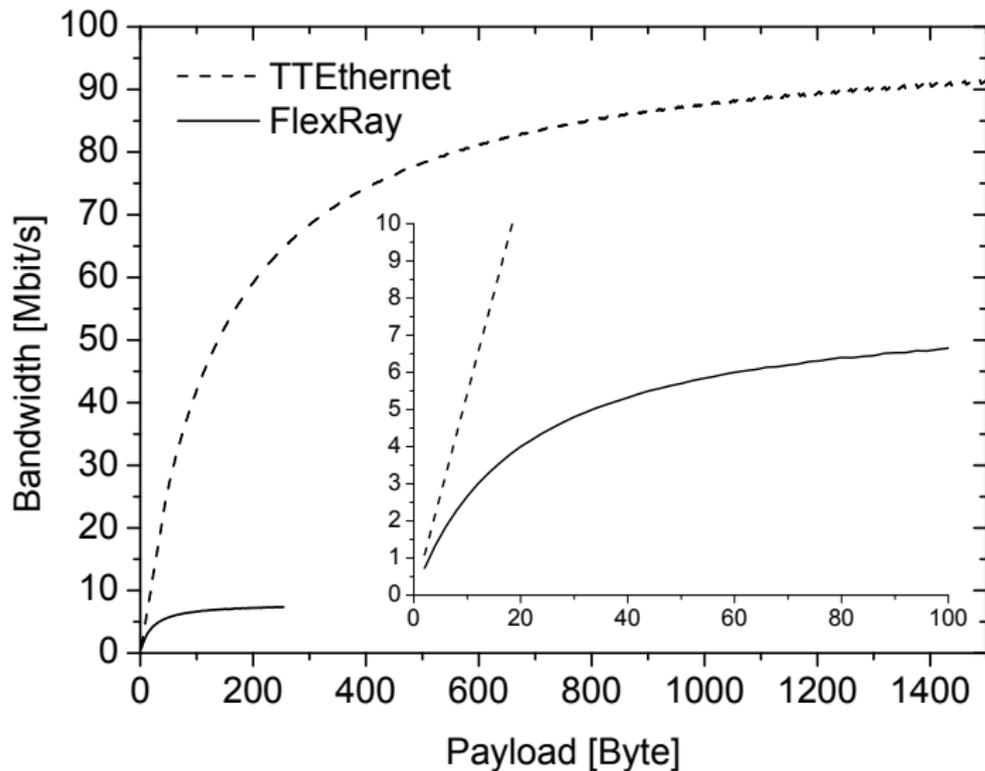
Fragen



- Vergleich in den Bereichen
  - Komponenten
  - Topologie
  - Latenz
  - Jitter
  - Bandbreite
  - Max. Anzahl an Botschaften

# Ergebnisse des Projektes

## Vergleich von FlexRay und TTEthernet



Realtime-Ethernet  
Thesis Outline

Till Steinbach

Einführung

Ergebnisse

**Inhalt der Vorarbeiten**  
Schlussfolgerungen

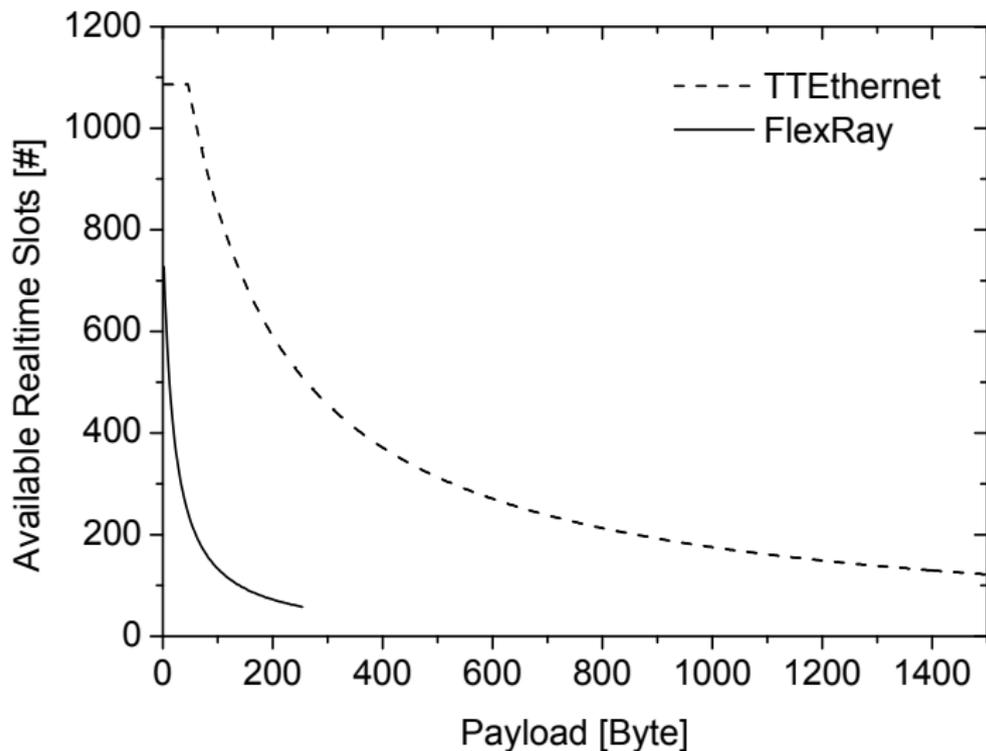
Vorgehen

Fazit

Fragen

# Ergebnisse des Projektes

## Vergleich von FlexRay und TTEthernet



Realtime-Ethernet  
Thesis Outline

Till Steinbach

Einführung

Ergebnisse

**Inhalt der Vorarbeiten**  
Schlussfolgerungen

Vorgehen

Fazit

Fragen



- Implementierung TTEthernet-Protokoll für Omnet++
- Grundsätzliche Realisierbarkeit gezeigt
- Konzept für unabhängigen Takt auf allen Geräten entwickelt
  - Taktverschiebungen müssen simulierbar sein
  - Performance darf dabei nicht einbrechen



- Echtzeit-Relevante Metriken können durch
  - mathematische Berechnung
  - simulationsbasiertnachgewiesen werden.
- Realisierbarkeit der Abschlussarbeit abgesichert

# Architektur und Komponenten

## Vorgehen und Werkzeuge



Realtime-Ethernet  
Thesis Outline

Till Steinbach

Einführung

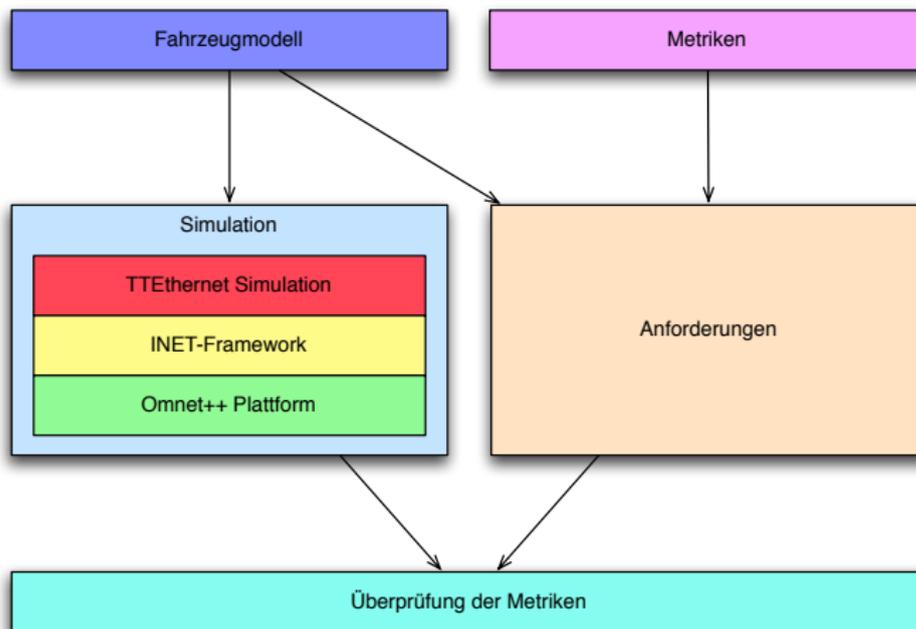
Ergebnisse

Vorgehen

Strategie und Vorgehen

Fazit

Fragen

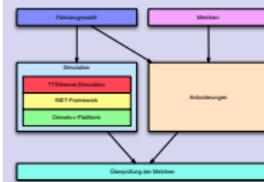




- Überarbeiten der Metrik-Auswahl auf Basis realer Anforderungen
- Dokumentation von anwendungsbezogenen Grenzwerten für Metriken
- Anforderungs-Spezifikation

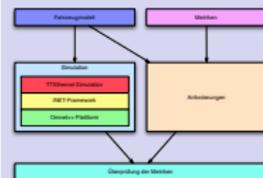
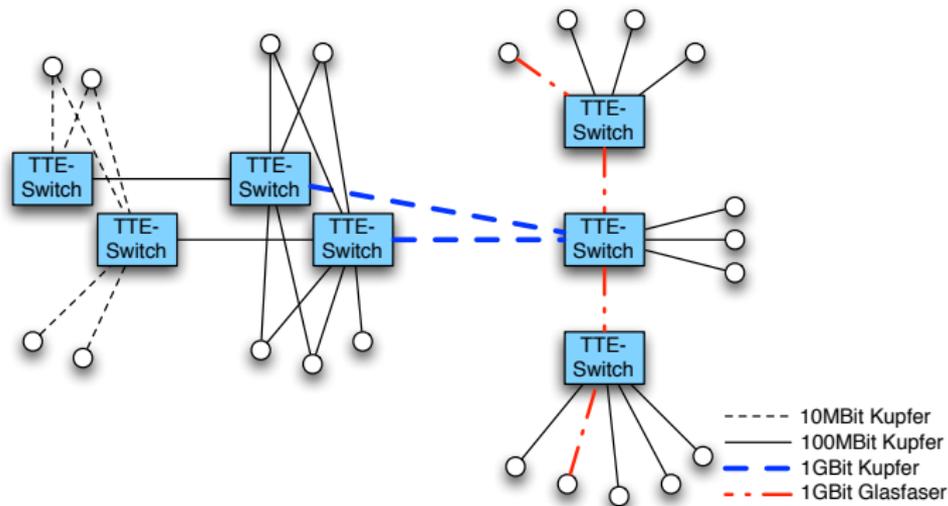


- Ausbau der Simulationsplattform
- Aufbereitung eines exemplarischen Fahrzeugbackbonemodells
- Übertragung des Modells in eine TTEthernet-Topologie





- Ausbau der Simulationsplattform
- Aufbereitung eines exemplarischen Fahrzeugbackbonemodells
- Übertragung des Modells in eine TTEthernet-Topologie





- Durchführung der Messungen auf der Simulation
- Abgleich der Messergebnisse mit den Grenzwerten für Metriken (aus Anforderungen)
- Optimierung und Bewertung des Modells





- kein realistisches Fahrzeugmodell
- keine realistischen Anforderungen
- keine relevanten Metriken

Risiken sind weitgehend abgeklärt!

Einführung

Ergebnisse

Vorgehen

Fazit

**Risiken**

Verwertung und  
Fortsetzung

Fragen



## Verwertung:

- Grundlage für die Bewertung von neuen Vermittlungsinfrastrukturen
- Vorarbeiten für Evaluierungs- und Prototyp-Projekt
- Grundlage für tiefgehende Simulationsprojekte

## weitere Themen:

- Konsolidierungsstrategien für Bussysteme
- Integration von neuen Systemen in bestehende Softwarestämme

Vielen Dank für die Aufmerksamkeit  
Zeit für Fragen ...



Realtime-Ethernet  
Thesis Outline

Till Steinbach

Einführung

Ergebnisse

Vorgehen

Fazit

Fragen



Welche Fragen darf ich nun beantworten?



[AUTOSAR Development Cooperation ] AUTOSAR  
Development Cooperation: *AUTomotive Open System  
ARchitecture*. – URL <http://www.autosar.org>

[Belschner u. a. 2000] Belschner, Ralf ; Berwanger,  
Josef ; Bracklo, Claas ; Ebner, Christian ; Hedenetz,  
Bernd ; Kuffner, Walter ; Lohrmann, Peter ; Minuth,  
Jürgen ; Peller, Martin ; Schedl, Anton ; Seefried,  
Volker: Anforderungen an ein zukünftiges Bussystem  
für fehlertolerante Anwendungen aus Sicht  
Kfz-Hersteller. In: *VDI-Berichte* 1547 (2000),  
S. 23–41. – ISBN 3-18-091547-1

[Dohmke 2002] Dohmke, Thomas: Bussysteme im  
Automobil: CAN, FlexRay und MOST / Technische  
Universität Berlin, DaimlerChrysler AG. 2002. –  
Forschungsbericht

[FlexRay Consortium 2005] FlexRay Consortium:



Protocol Specification / FlexRay Consortium.  
Stuttgart, Germany, Dec 2005 (2.1). – Specification

- [Hammerschmidt 2007] Hammerschmidt, Christoph:  
BMW brings Internet protocol under the hood. In: *EE Times Europe* (2007). – URL <http://www.eetimes.com/showArticle.jhtml?articleID=204300325>. –  
Zugriffsdatum: 2010-01-13
- [Kopetz u. a. 2005] Kopetz, H. ; Ademaj, A. ;  
Grillinger, P. ; Steinhammer, K.: The time-triggered  
Ethernet (TTE) design. In: *Object-Oriented Real-Time  
Distributed Computing, 2005. ISORC 2005. Eighth  
IEEE International Symposium on*, May 2005, S. 22–33
- [Navet u. a. 2005] Navet, Nicolas ; Song, Yeqiong ;  
Simonot-Lion, Françoise ; Wilwert, Cédric: Trends in  
Automotive Communication Systems. In: *Proceedings*



*of the IEEE* 93 (2005), June, Nr. 6, S. 1204–1223. –  
ISSN 0018-9219

[OMNeT++ Community a] OMNeT++ Community:  
*INET Framework for OMNeT++ 4.0.* – URL  
<http://inet.omnetpp.org/>

[OMNeT++ Community b] OMNeT++ Community:  
*OMNeT++ 4.0.* – URL <http://www.omnetpp.org>

[Pensawat 2006] Pensawat, Taweewit: Real-Time  
Ethernet Networks Simulation Model / Halmstad  
University. Halmstad, Sweden, Dec 2006. –  
Masterprojekt

[Society of Automotive Engineers ] Society of  
Automotive Engineers: . – URL <http://www.sae.org>

[Steinbach 2008] Steinbach, Till: *Ethernet als Bus für  
Echtzeitanwendungen im Automobil.* Dec 2008. – URL  
<http://users.informatik.haw-hamburg.de/>



`~ubicomp/projekte/master08-09-aw1/steinbach/  
bericht.pdf`. – Bericht

[Steinbach 2009] Steinbach, Till: *Time-Triggered Ethernet in Fahrzeugnetzwerken – Related Work*. Jun 2009. – URL <http://users.informatik.haw-hamburg.de/~ubicomp/projekte/master2009-aw2/steinbach/bericht.pdf>. – Bericht

[Steinbach u. a. 2009] Steinbach, Till ; Korf, Franz ; Schmidt, Thomas: *Comparing Time-Triggered Ethernet with FlexRay: An Evaluation of Competing Approaches to Real-time for In-Vehicle Networks*. May 2009. – Unveröffentlicht, Under Submission

[TTTech Computertechnik AG] TTTech  
Computertechnik AG: . – URL  
<http://www.tttech.com>