



# HW/SW Codesign für Real-time Ethernet basierte Steuergeräte

Related Work

Für das Fach: Anwendungen 2

In der Arbeitsgruppe CoRE  
Communication over Real-time Ethernet

Friedrich Groß – 10.05.2012



# Agenda

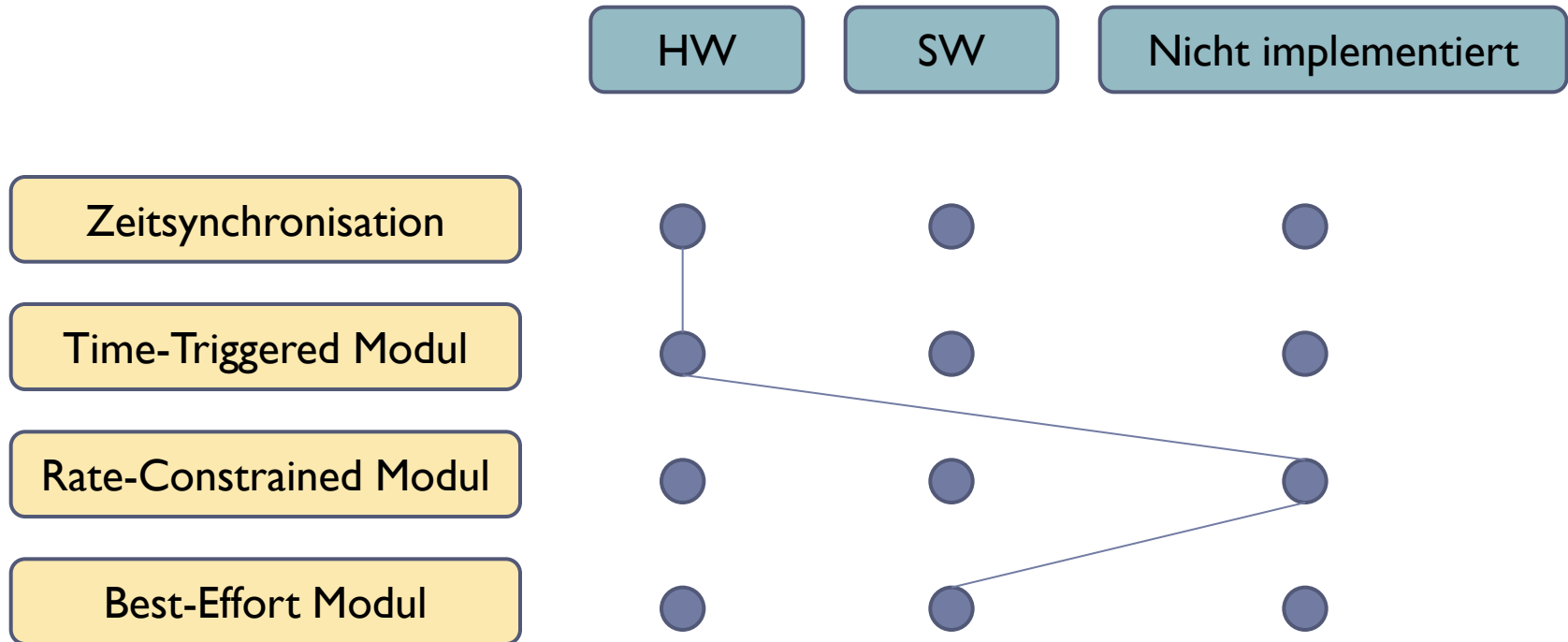
---

- ▶ **Einführung**
  - ▶ Rückblick AW I
  - ▶ TTEthernet
  - ▶ Fragestellungen AW2
- ▶ **Verwandte Arbeiten**
  - ▶ Steuergeräte in Zukunft
  - ▶ Hardware Implementierungen
  - ▶ Software Implementierungen
- ▶ **Zusammenfassung**

- ▶ Entwicklung eines modularen Kommunikation-Stacks für ein Steuergerät im Automobilkontext
- ▶ Je nach Anwendungsfall sollen Teile des Kommunikation-Stacks in Hardware oder in Software kombinierbar sein.
- ▶ Zunächst beschränkt sich diese Arbeit auf das Time-Triggered Ethernet Protokoll

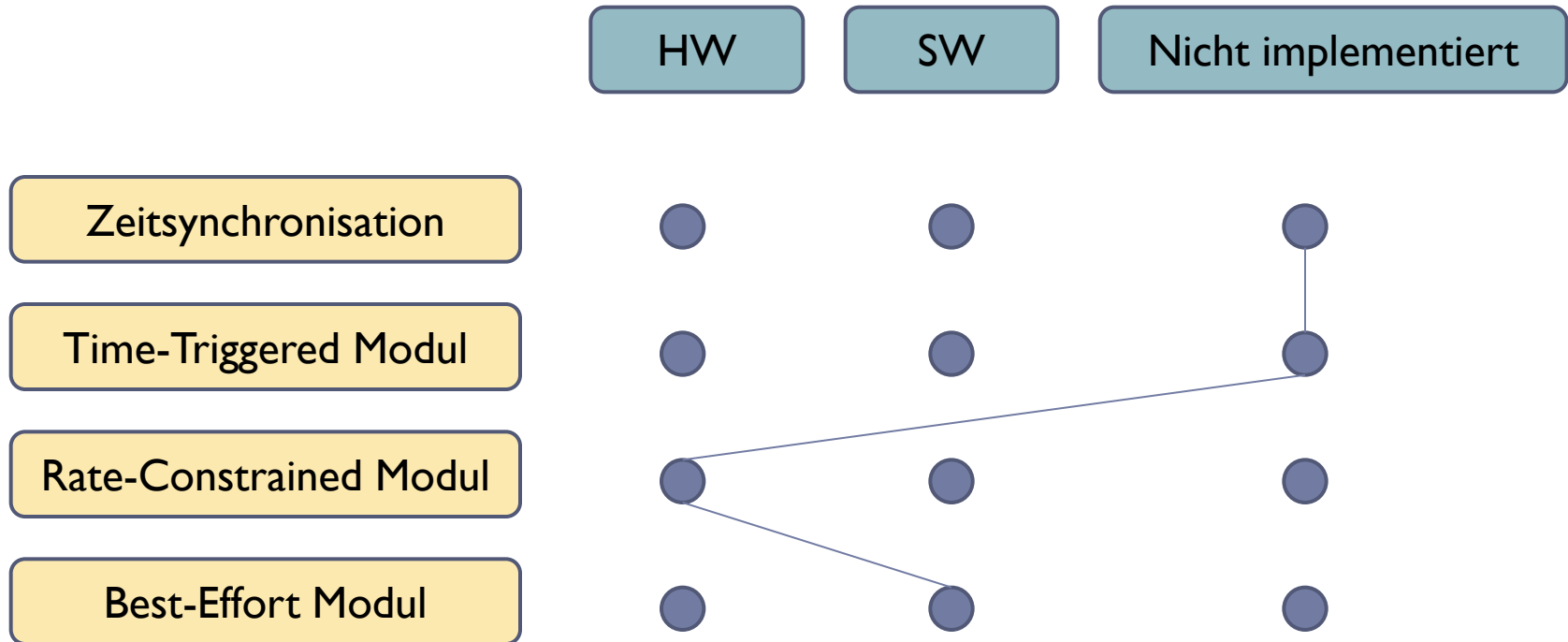
- ▶ Ist eine Echtzeiterweiterung des Ethernet
- ▶ Unterstützt drei Nachrichtenklassen
  - ▶ Time-Triggered-Traffic: zeitgesteuerte Nachrichten für zeitkritischen Datenverkehr. Konstante Latenz mit geringem Jitter.
  - ▶ Rate-Constrained-Traffic: eventbasierte Nachrichten mit garantierter Bandbreite ( = AFDX im Flugzeug)
  - ▶ Best-Effort-Traffic: entspricht dem Standard-Ethernet Verkehr.

# Beispiel Partitionierung ESP





# Beispiel Partitionierung Radio

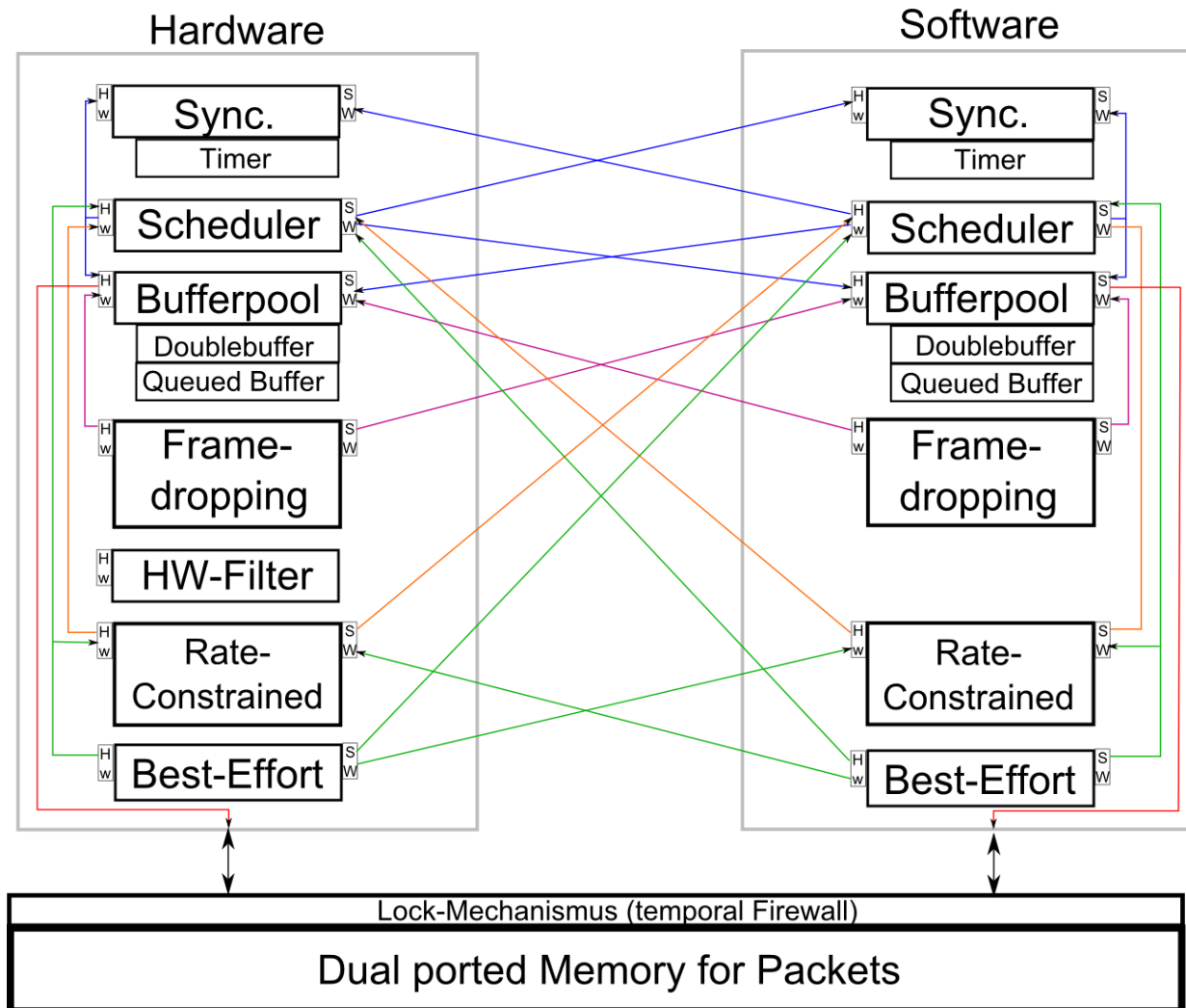


# Problemstellung

---

- ▶ **Entwicklung des TTEthernet Stacks in HW und SW**
  - ▶ Unterstützung der Zeitsynchronisation
  - ▶ Unterstützung der drei Nachrichtenklassen
    - ▶ Time-Triggered senden/empfangen im Schedule
    - ▶ Rate-Constrained senden/empfangen unter Beachtung der Bandbreite
    - ▶ Best-Effort senden/empfangen
  - ▶ Filterfunktionen z. B. Best-Effort
- ▶ **Entwicklung einer Anwendung**
  - ▶ 3D-Laserscanner oder Kameradatenstrom

# Zu entwickelnde Module



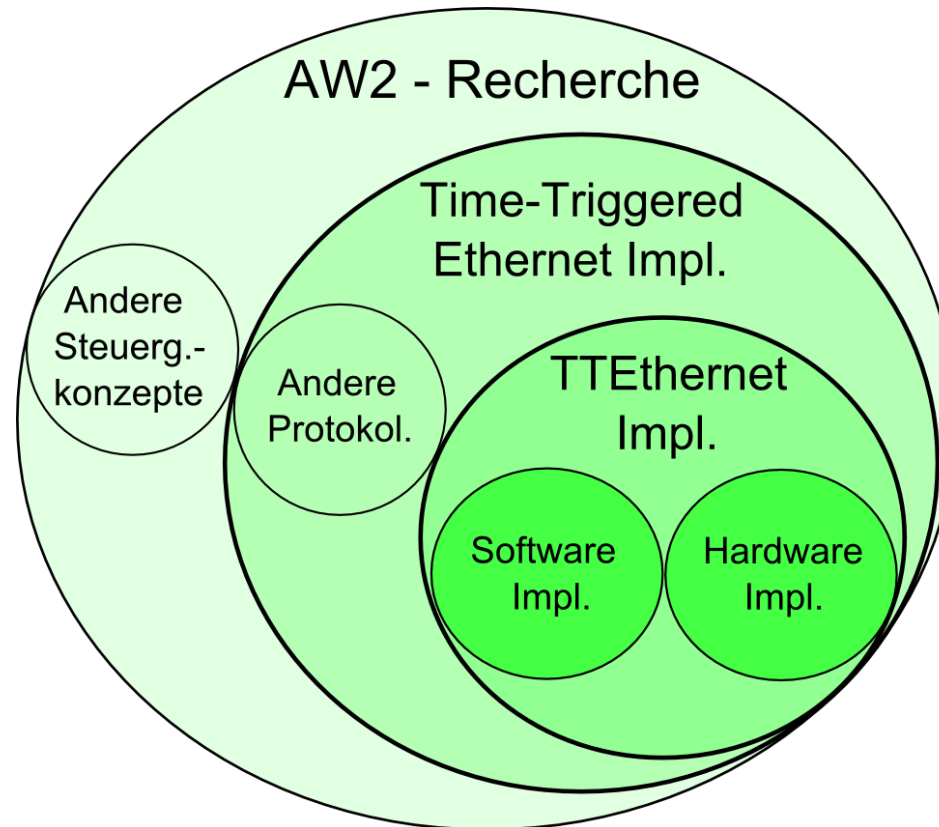




# Agenda

---

- ▶ **Einführung**
  - ▶ Rückblick AW I
  - ▶ TTEthernet
  - ▶ Fragestellungen AW2
- ▶ **Verwandte Arbeiten**
  - ▶ Steuergeräte in Zukunft
  - ▶ Hardware Implementierungen
  - ▶ Software Implementierungen
- ▶ **Zusammenfassung**



## ► CoaCh (Car on a Chip) – TU Dortmund [1]

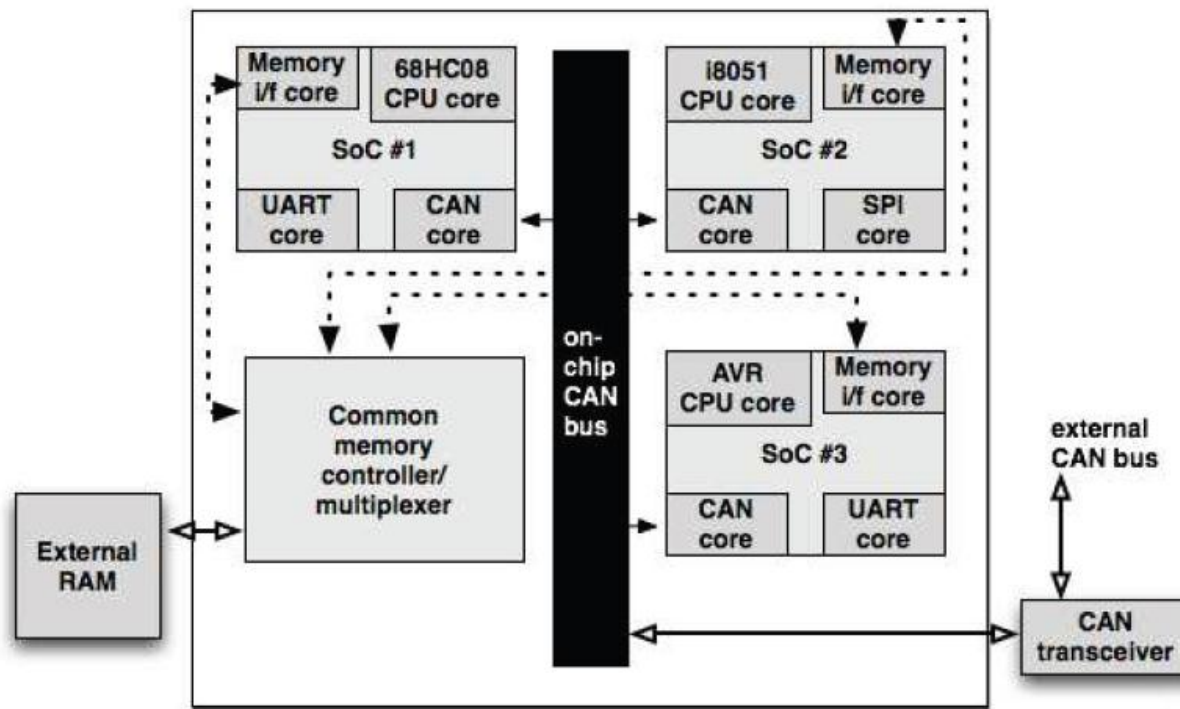


Abbildung 1: Automobiles Network-on-Chip

# Car on a Chip



- Synthetisierung ganzer Mikrocontroller, für die VHDL-Code verfügbar ist (open Source und kommerziell)
- Kommunikation zwischen den Mikrocontrollern mit einem eigens entwickelten On Chip CAN-Bus.
- CAN-Bus Schnittstelle nach Außen

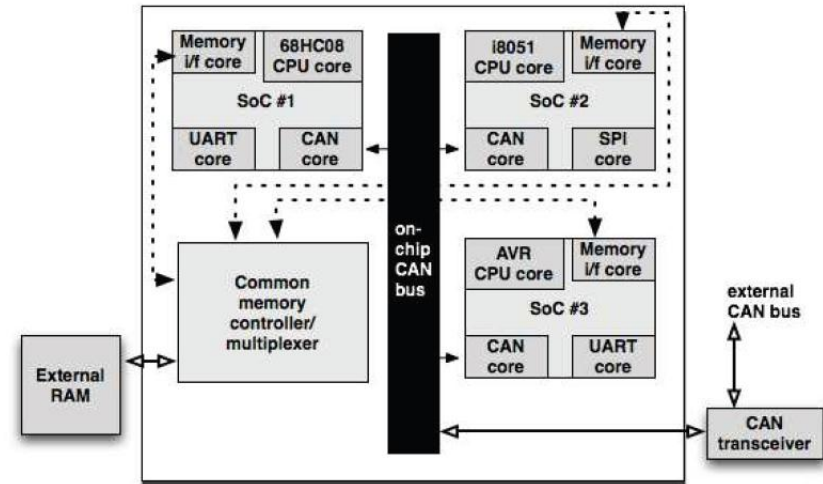


Abbildung 1: Automobiles Network-on-Chip



# HW - TTEthernet

---

- ▶ Hardware implementation of the Time-Triggered Ethernet Controller (Steinhammer, Ademaj), TU-Wien 2007 [2]
- ▶ Kann in einem Schedule Time-Triggered senden
- ▶ Bei empfangenen TT-Nachrichten die Gültigkeit überprüfen
- ▶ Kann zuverlässig Lücken im Schedule für Best-Effort Nachrichten finden.

# Scheduler

---

- ▶ Beinhaltet eine Liste von TT-Nachrichten mit den Einträgen: Absendezeitpunkt, Nachrichten-Header (Critical-Traffic ID im Mac-Dest Feld, Mac-src und Ethernet-Type), Pointer auf den Datenteil der Nachricht im Dual-port-Memory

Lokale Uhr

==

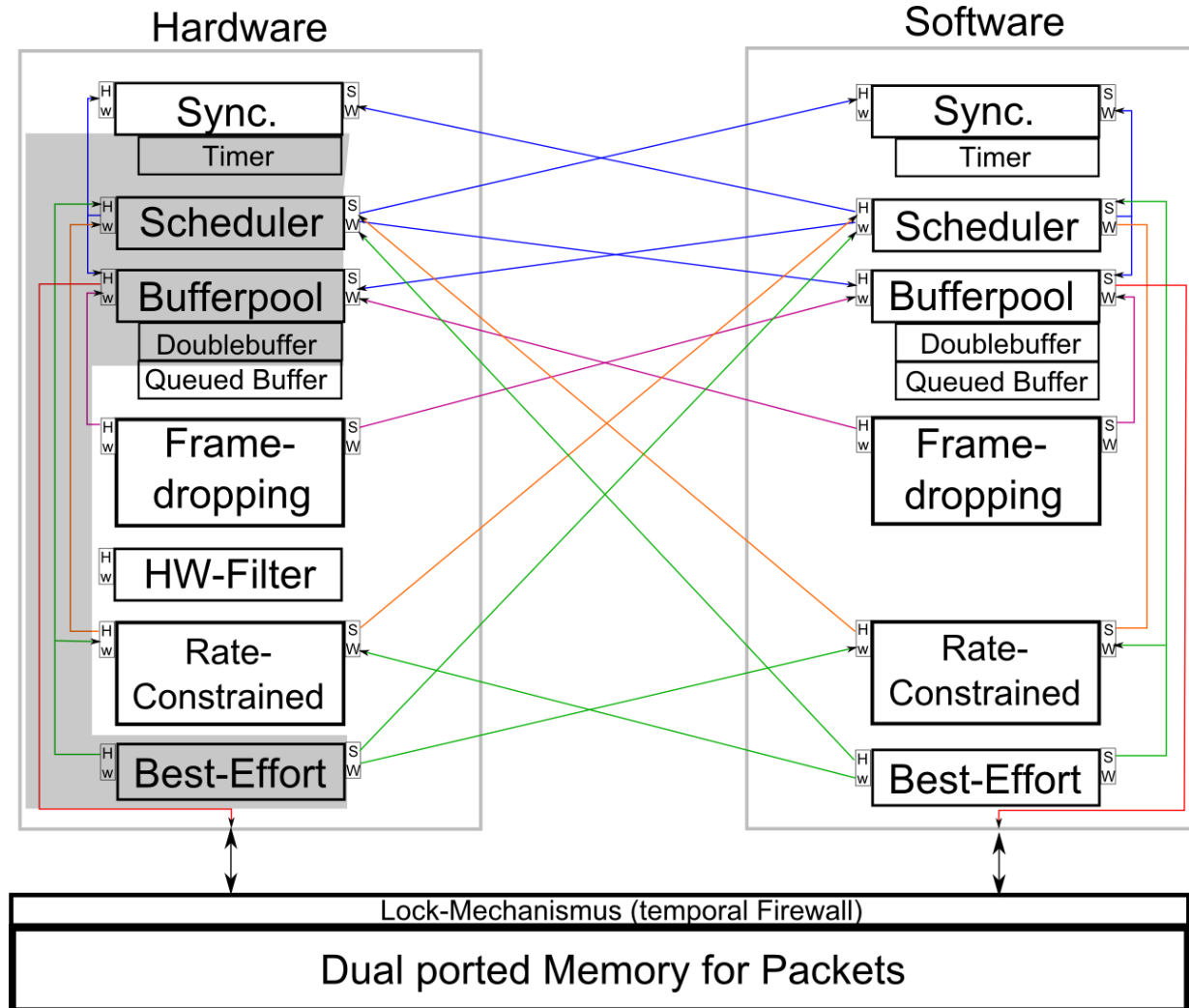
Absende Zeit	Msg-Header	Ptr-Daten TT-Msg1
Absende Zeit	Msg-Header	Ptr-Daten TT-Msg2
Absende Zeit	Msg-Header	Ptr-Daten TT-Msg3
Absende Zeit	Msg-Header	Ptr-Daten TT-Msg4

- ▶ Für die Synchronisation wird ein Mikro/Makrotick-Timer bereitgestellt
- ▶ Der Synchronisationsalgorithmus ist in der Implementierung selber nicht enthalten



- ▶ Entspricht einem Taktteiler, jedoch kann der Mikrotick zur Laufzeit verändert werden und somit die Geschwindigkeit des Makroticks.

# Überdeckung meiner Arbeit







# SW - TTEthernet

---

- ▶ K. Müller Mikrocontroller C ohne OS (mit Sourcen) [3]
- ▶ A. Ademai Linux RTAI (ohne Sourcen) [4]
- ▶ F. Rick Linux RTpatch (mit Sourcen) (laufende Arbeit)
- ▶ T. Steinbach Omnet++ ohne Sync. (mit Sourcen) [5]
- ▶ L. Todorov Omnet++ nur Sync. (mit Sourcen)(lauf.Arbeit)

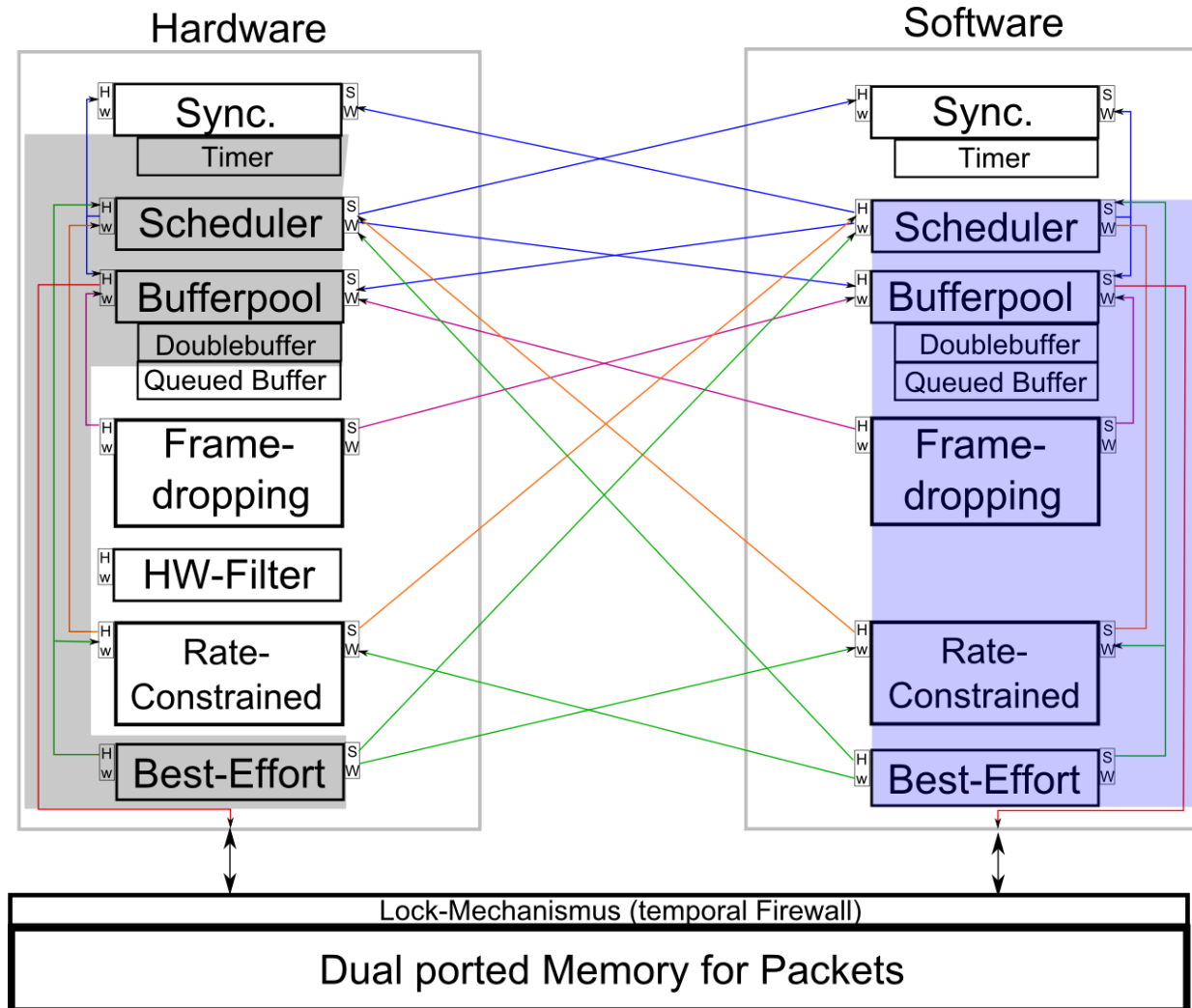


## K. Müller $\mu$ C-Stack

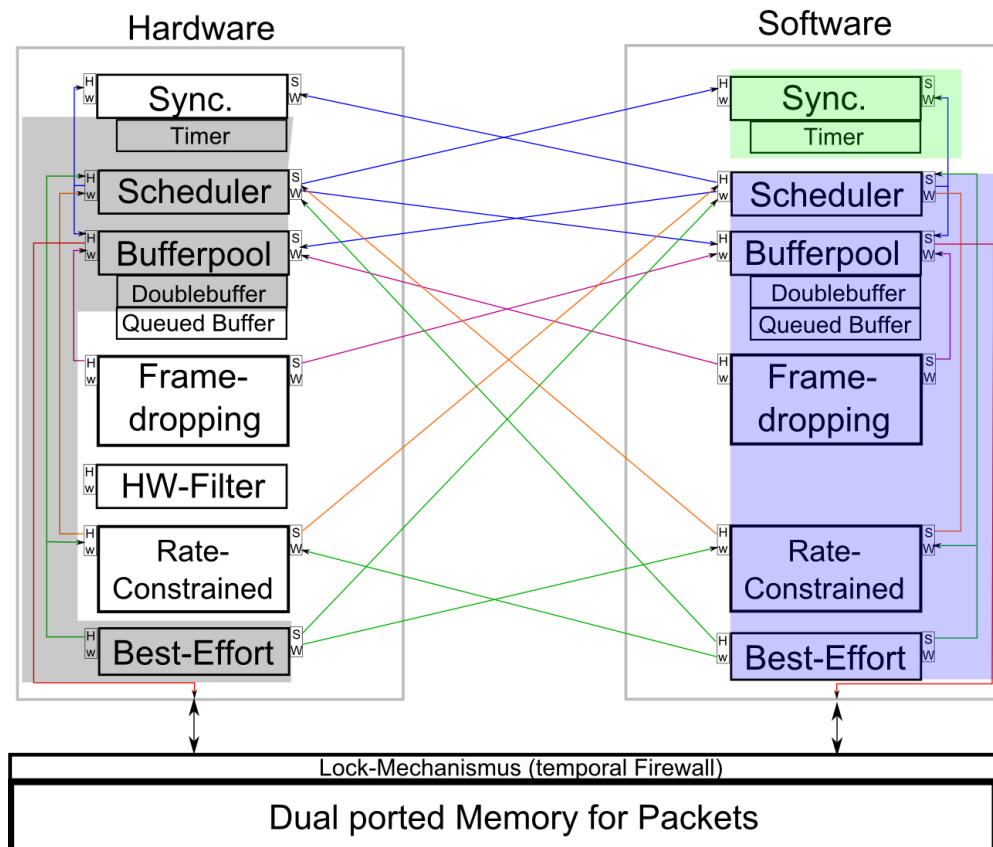
---

- ▶ Eigener Synchronisationsalgorithmus (Regelung)
- ▶ Gesteuert über die Interrupt-Prioritäten-Tabelle
- ▶ Beim Scheduler werden für jede Nachricht Timer aufgezo- gen, die Interrupts erzeugen.
- ▶ Eingehende Nachrichten erzeugen unabhängig von der Traffic-Klasse den gleichen Interrupt.
- ▶ Größter Rechenaufwand beim Modul *Dropping of Frames*

# K. Müller $\mu$ C-Stack



- ▶ Entwicklung der Synchronisation nach AS6802-Standard in Omnet++ (laufende Arbeit)





## ▶ Profinet IRT

- ▶ David Gunzinger (ZHAW Zürich) - Optimising PROFINET IRT for Fast Cycle Times [6]

## ▶ Powerlink

- ▶ Cai Suo Zhang - Research on High-Speed Data Gathering System Based on Ethernet Powerlink (kostenpflichtiges Paper) [7]



# Rechercheziel

---

- ▶ Konzepte für reine Hardware- Softwarelösungen konnten recherchiert werden.
- ▶ Ziel ist es diese Konzepte für die modulare HW/SW Codesign Lösung zu portieren.

# Schluss

---



Vielen Dank für die Aufmerksamkeit!  
Fragen?

# Referenzen



- ▶ [1] Spinczyk Olaf; Engel Michael; Schirmeier Horst; Streicher Joachim: Car on a Chip (CoaCh) Abschlussbericht; TU-Dortmund 2009 URL: <http://ess.cs.tu-dortmund.de/Teaching/PGs/coach/CoaCh-Abschlussbericht.pdf> - Zugriff: 05.05.2012
- ▶ [2] Steinhammer Klaus; Ademaj Astrid: Hardware implementation of the Time-Triggered Ethernet Controller in IESS'07 – 2007 URL: [http://www.vmars.tuwien.ac.at/documents/intern/2218/IESS07\\_paper\\_33.pdf](http://www.vmars.tuwien.ac.at/documents/intern/2218/IESS07_paper_33.pdf) - Zugriff 05.05.2012
- ▶ [3] Müller Kai: Time-Triggered Ethernet für eingebettete Systeme: Design, Umsetzung und Validierung einer echtzeitfähigen Netzwerkstack-Architektur – Bachelorthesis 2011; URL: <http://core.informatik.haw-hamburg.de/images/publications/theses/m-ttees-11.pdf> - Zugriff: 05.05.2012
- ▶ [4] Petr Grillinger, Astrit Ademaj, Klaus Steinhammer, Hermann Kopetz: Software Implementation of Time-Triggered Ethernet Controller in WFCS 2006; URL: <http://www.vmars.tuwien.ac.at/php/pserver/extern/docdetail.php?DID=2016&viewmode=paper&year=2006> – Zugriff: 05.05.2012
- ▶ [5] Steingach Till: Echtzeit-Ethernet für Anwendungen im Automobil: Metriken und deren simulationsbasierte Evaluierung am Beispiel von TTEthernet – Masterthesis 2011; URL: <http://core.informatik.haw-hamburg.de/images/publications/theses/s-eeaam-11a.pdf> - Zugriff: 05.05.2012
- ▶ [6] David Gunzinger (ZHAW Zürich) - Optimising PROFINET IRT for Fast Cycle Times
- ▶ [7] Cai Suo Zhang - Research on High-Speed Data Gathering System Based on Ethernet Powerlink