

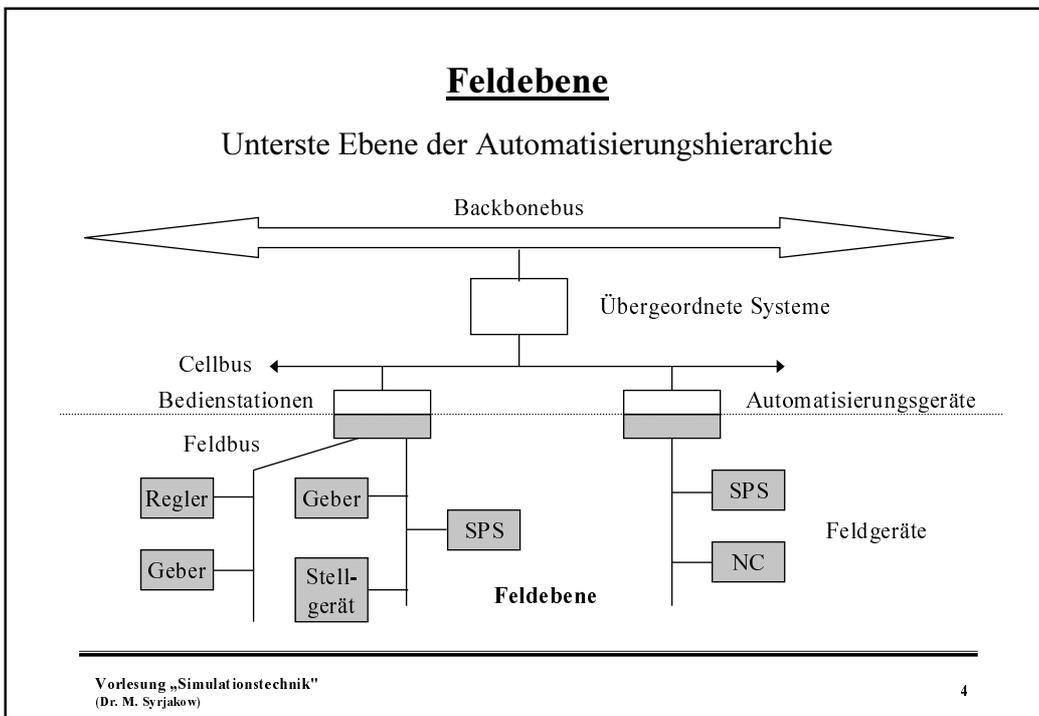
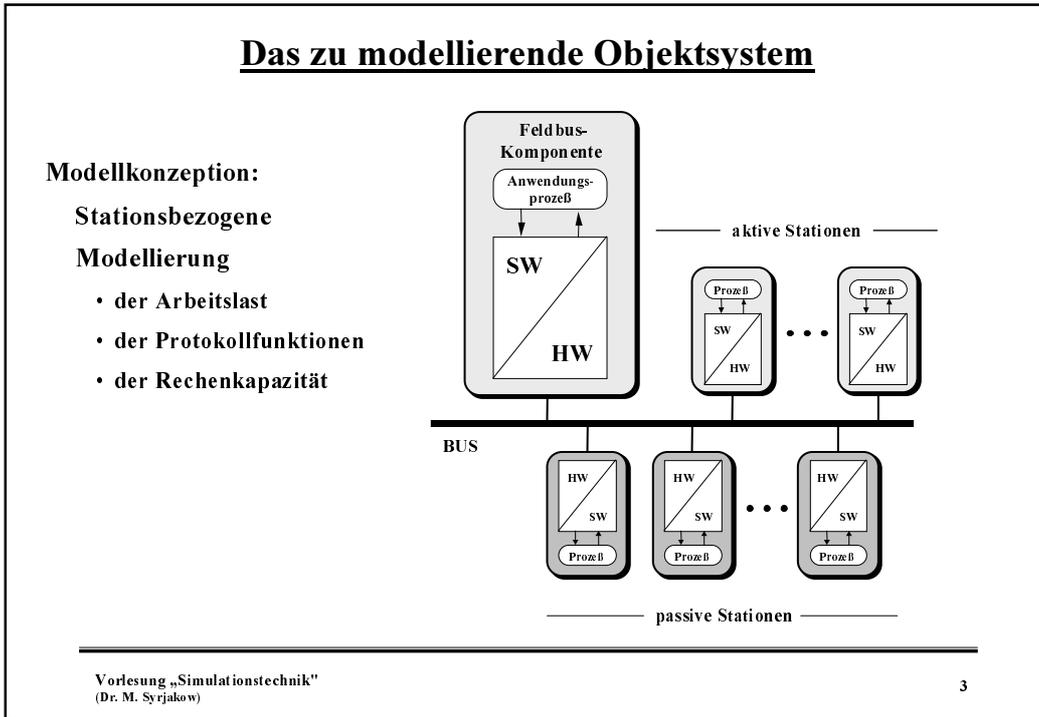
Fallstudie

Modellbasierte Leistungsbewertung eines Feldbussystems zur Vernetzung heterogener Teilnehmer mit unterschiedlicher Hard- und Softwareumgebung

- Grundlagen
- Modellkonzeption
- Bestimmung der Modellparameter
- Modellerstellung
- Modellauswertung durch Simulation
- Validierung des Modells
- Ergebnisse

Zielsetzung

- **Unterstützung der Entwurfsplanung und Leistungsoptimierung von Feldbussystemen**
 - Ermittlung von Telegrammlaufzeiten zur Überprüfung von Realzeiteigenschaften
 - Bestimmung optimaler Parametereinstellungen
 - Schwachstellen- und Engpaßanalyse
 - Leistungsprognose geplanter Feldbusrealisierungen
- **Globalziel:** Optimale Zusammenstellung einer Gesamtanlage



Mögliche Feldbuskomponenten

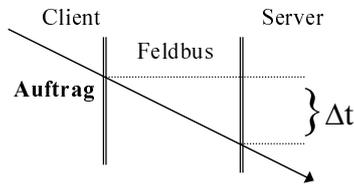
- Feldgeräte
 - Aufnehmerelemente (Sensoren)
 - Stellglieder (Aktoren)
 - Barcode-Leser
 - Meßsysteme
 - Objekterkennungsgeräte
- Leitgeräte zur
 - Prozeßsteuerung und -regelung
 - Fern-Konfigurierung und Parametrierung
 - Netz-Diagnose
 - Übertragung in übergeordnete Netze

Anforderungen an ein Feldbussystem

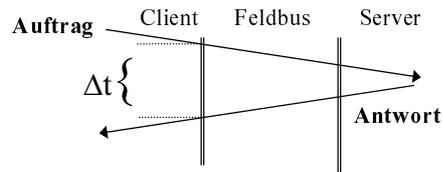
- Deterministisches Verhalten
- Kurze (garantierte) Reaktionszeiten (Realzeitfähigkeit)
- Hohe Zuverlässigkeit auch in Umgebungen mit hohem Störpotential
- Effektivität bei Übertragung kurzer Nachrichten
- Einfaches standardisiertes Protokoll

Leistungskenngrößen

- Laufzeit eines Auftrags

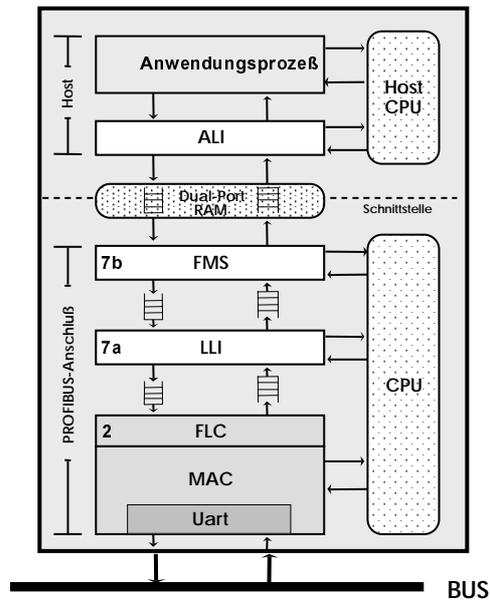


- Reaktionszeit

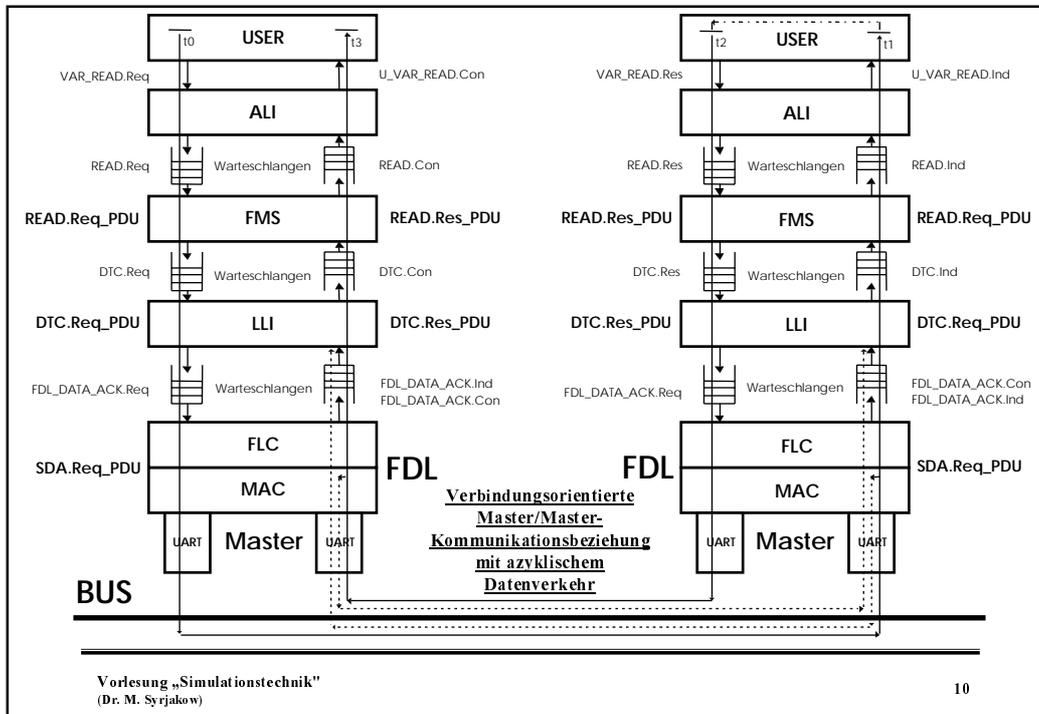
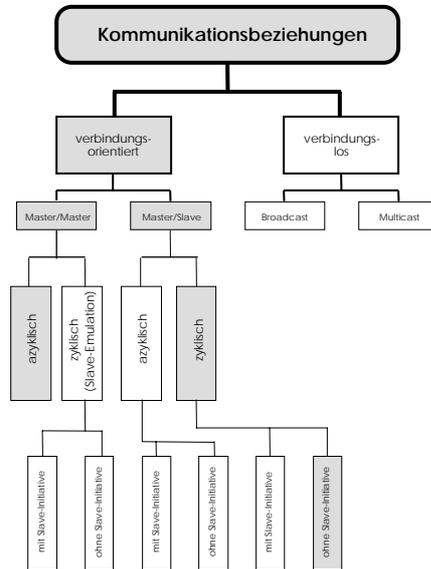


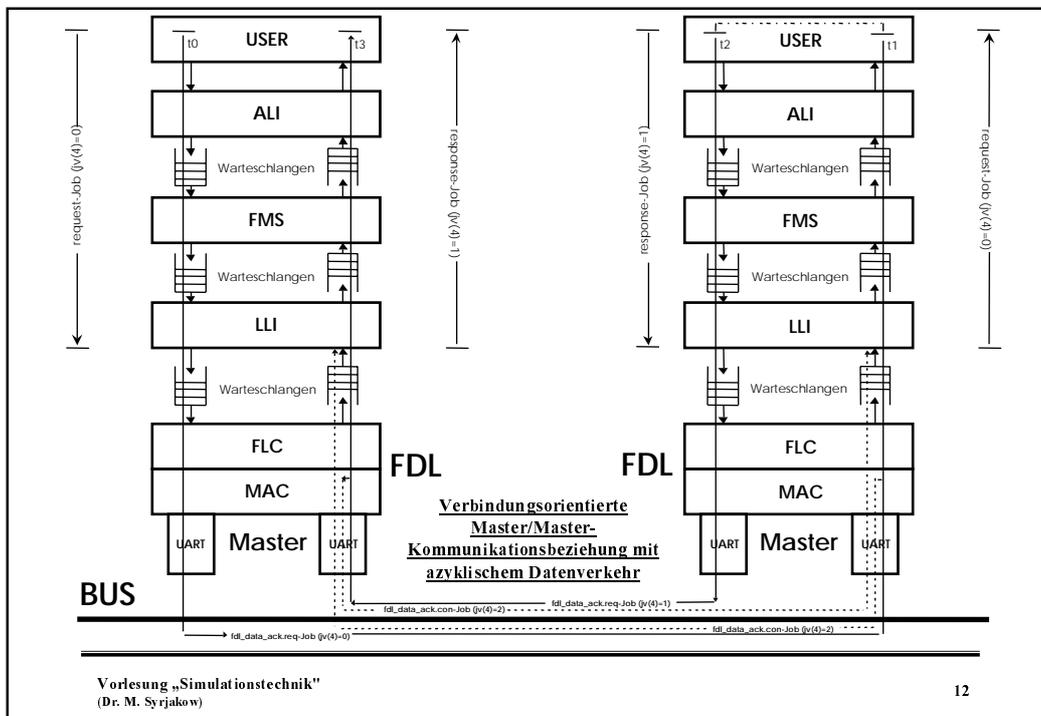
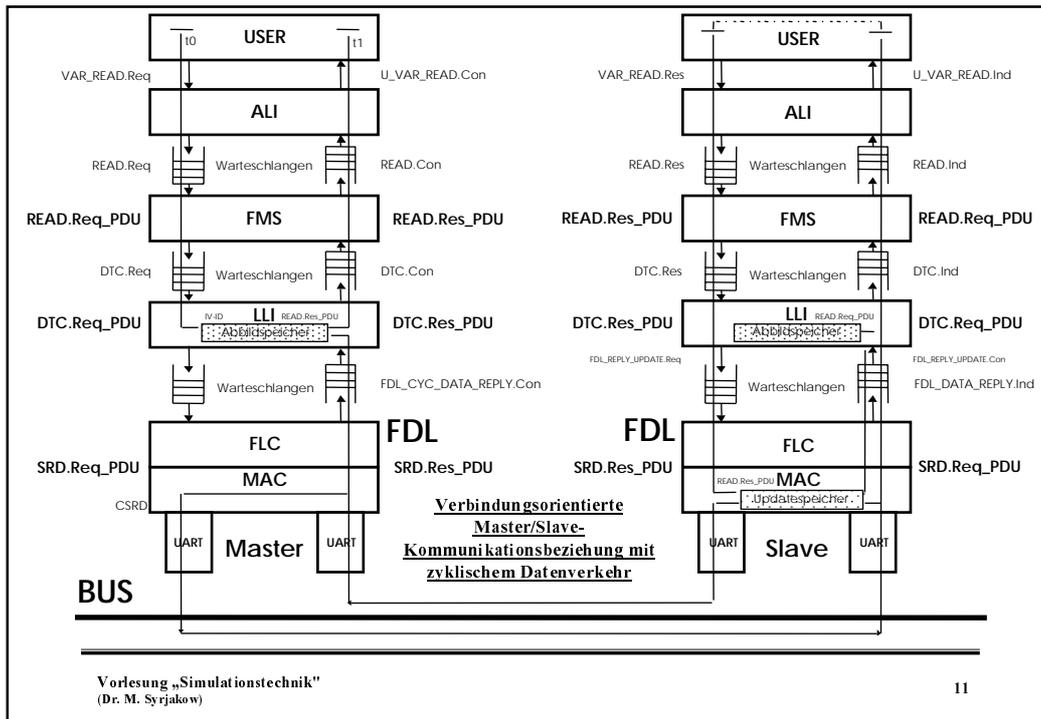
- Durchsatz auf einer Verbindung
- Kenngrößen für zyklische Verbindungen

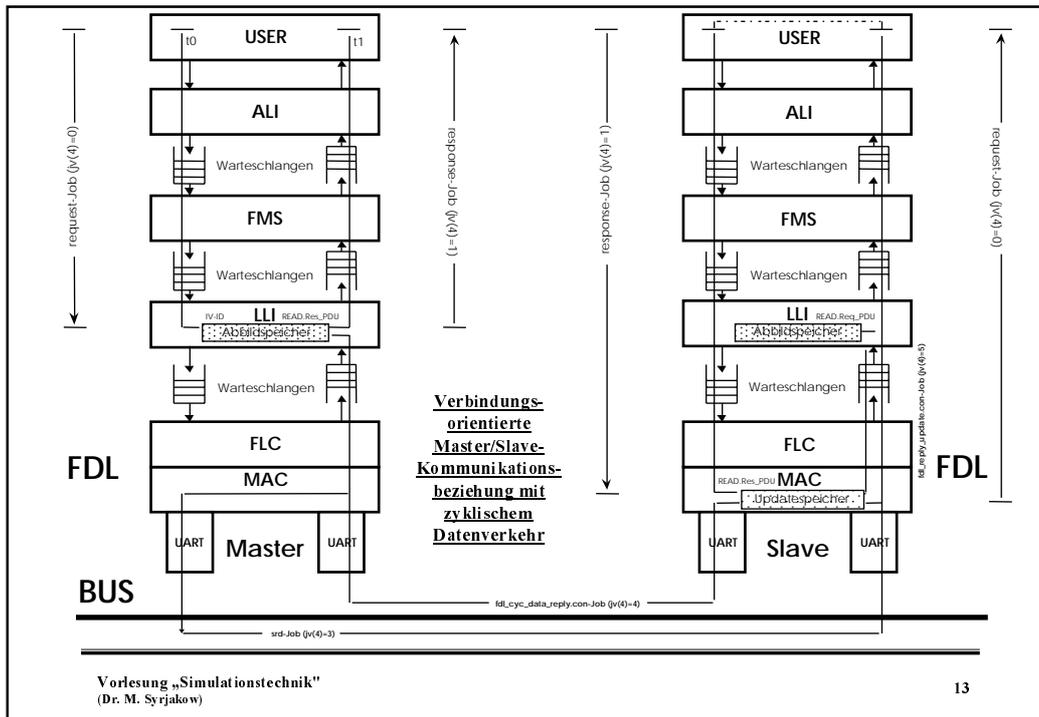
Grundsätzlicher Aufbau einer Feldbuskomponente



Kommunikations- beziehungen

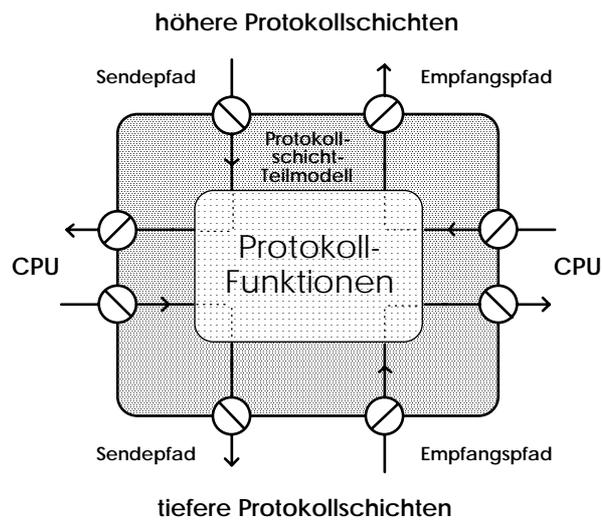






Modellkonzeption

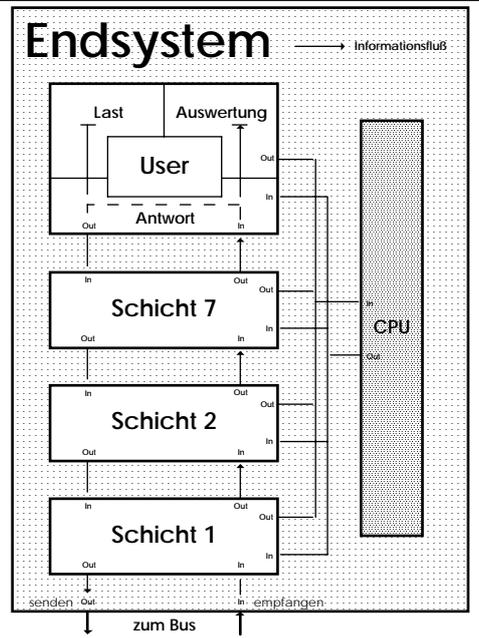
Hierarchischer Aufbau mit Protokollschicht-Teilmodellen als elementare (auswechselbare) Bausteine eines Endsystems



Modellkonzeption

Stationsbezogene
Modellierung

- der Arbeitslast
- der Protokollfunktionen
- der Rechenkapazität

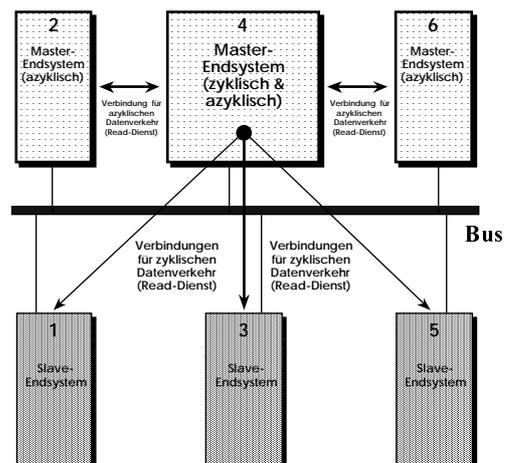


Vorlesung „Simulationstechnik“
(Dr. M. Syrjakow)

15

Modellkonzeption

Aufbau komplexer
Feldbusnetzwerke aus
unterschiedlichen
Endsystemtypen

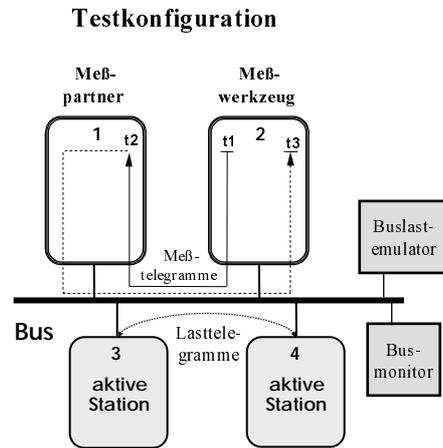


Vorlesung „Simulationstechnik“
(Dr. M. Syrjakow)

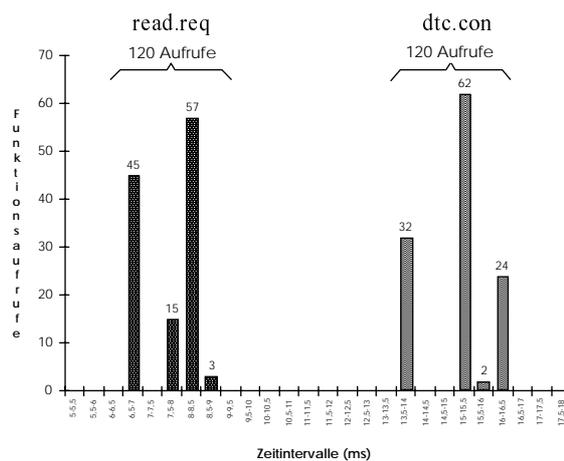
16

Bestimmung der Modellparameter

- **Aufbau einer realen Feldbus-Testkonfiguration**
- **Durchführung von Laufzeitmessungen unter realistischen Belastungssituationen**
- **Eingesetzte (Meß-) Werkzeuge**
 - Werkzeug zur Messung von Telegrammlaufzeiten
 - µAnalyst 2000 zur Messung von Ausführungszeiten verschiedener Programmteile der Anwendungs- und Kommunikationssoftware
 - Busmonitor zur Ermittlung der Auftrittszeit verschiedener Telegramme auf den Bus
 - Buslastemulator zur Emulation beliebig vieler Netzteilnehmer



Ausführungszeiten der FMS-Schicht



Voraussetzungen zur Leistungsuntersuchung

Im einzelnen sind folgende Kenntnisse über das Netz erforderlich

- Art und Anzahl der Netzteilnehmer
- Lastaufkommen der einzelnen Stationen auf allen Verbindungen
 - Art der Nachrichten
 - Telegrammlängen
 - Zeitliches Auftreten der Telegramme
- Logische Verbindungen unter den Stationen (Kommunikationsmatrix)
- Übertragungsgeschwindigkeit
- Maximale Leitungslänge
- Anwendungsabhängige Anforderungen an des Netz

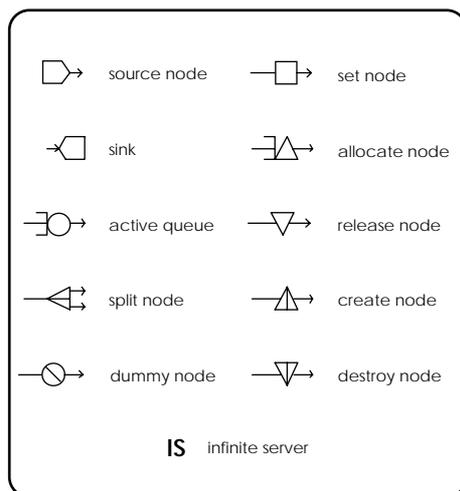
Realisierung eines ausführbaren Simulationsmodells

- Auswahl eines geeigneten Simulationswerkzeugs
- Modellkonzeption und -realisierung
 - Aufbau modularer Teilkomponenten
 - Zusammenschaltung der Teilkomponenten zu Gesamtkonfigurationen
- Modellüberprüfung
- Durchführung von Simulationsexperimenten
- Auswertung der Simulationsergebnisse

Das IBM-Simulationspaket RESQ2

- Programmierwerkzeug zur Modellierung von Rechensystemen und Netzwerken auf der Basis erweiterter Warteschlangennetze
- Rechner: **IBM 3090**
- Unterstützung von Modularität
- Mächtige Sprachkonstrukte
- Graphische Symbolnotation

RESQ2-Symbole



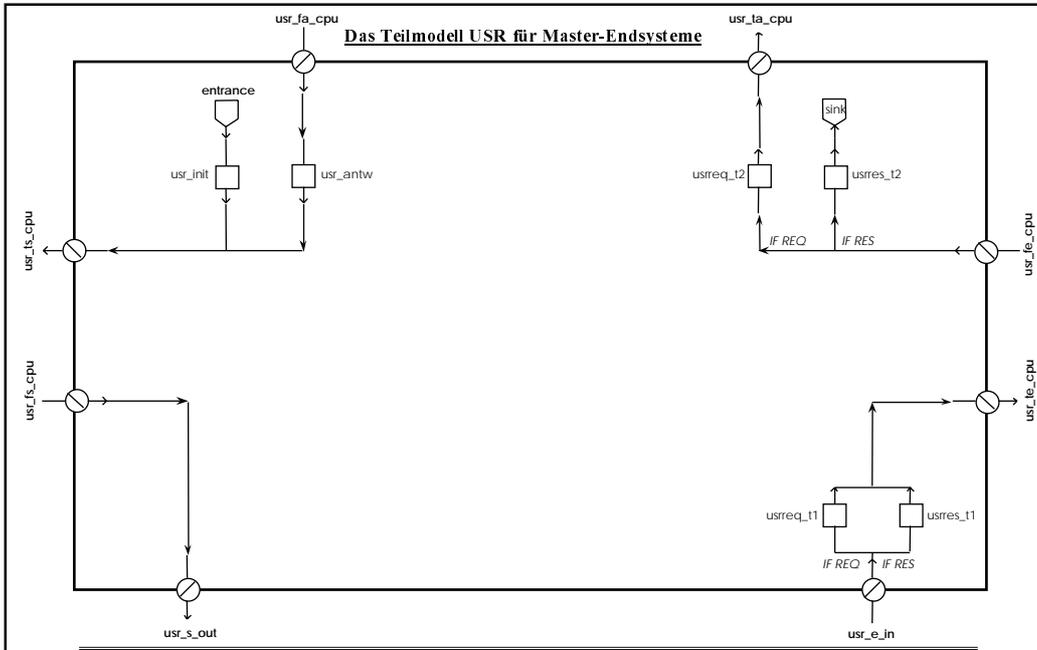
Die Jobvariable

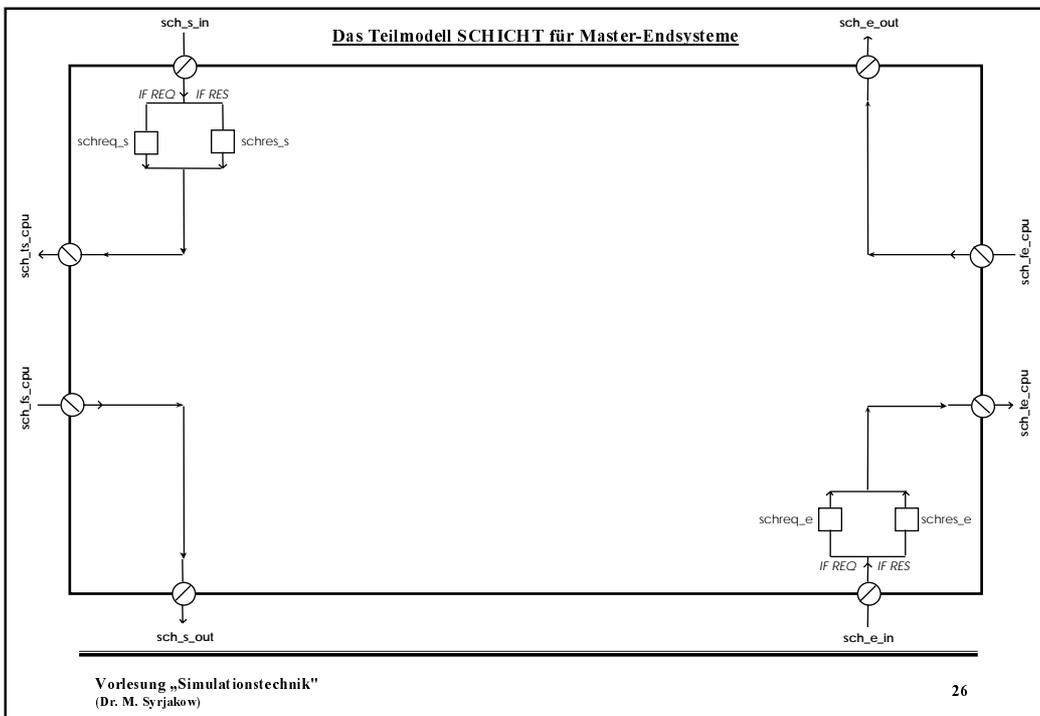
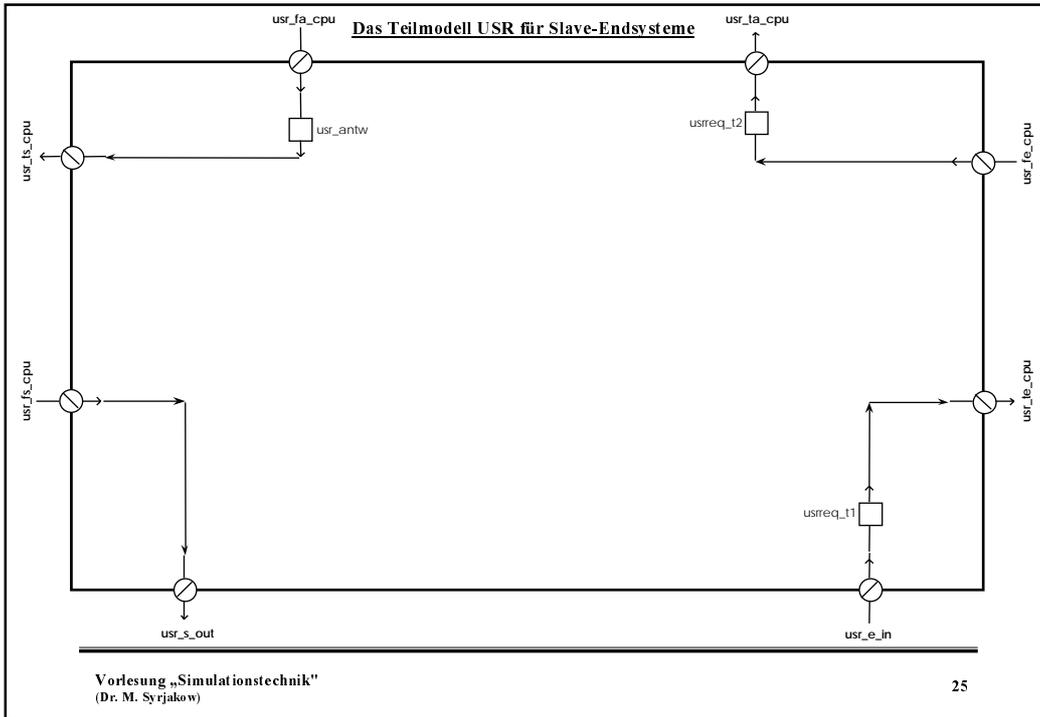
Kommunikationsaufträge werden auf sogenannte Jobs abgebildet, denen bei der Erzeugung ein Parameterfeld (Jobvariable) zugeordnet wird.

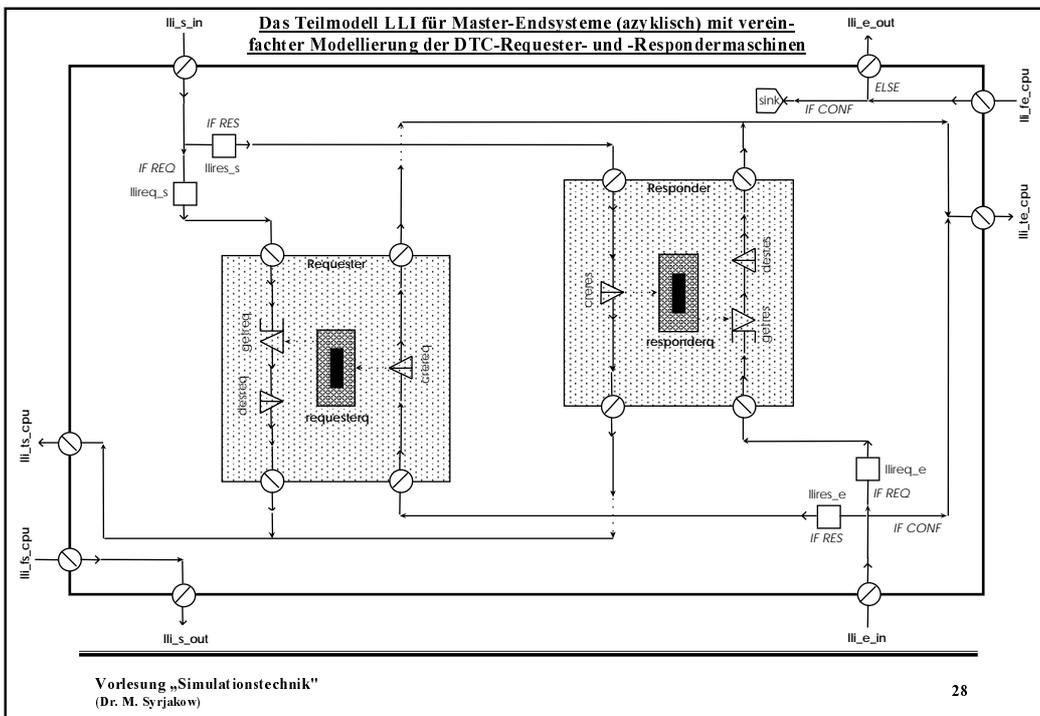
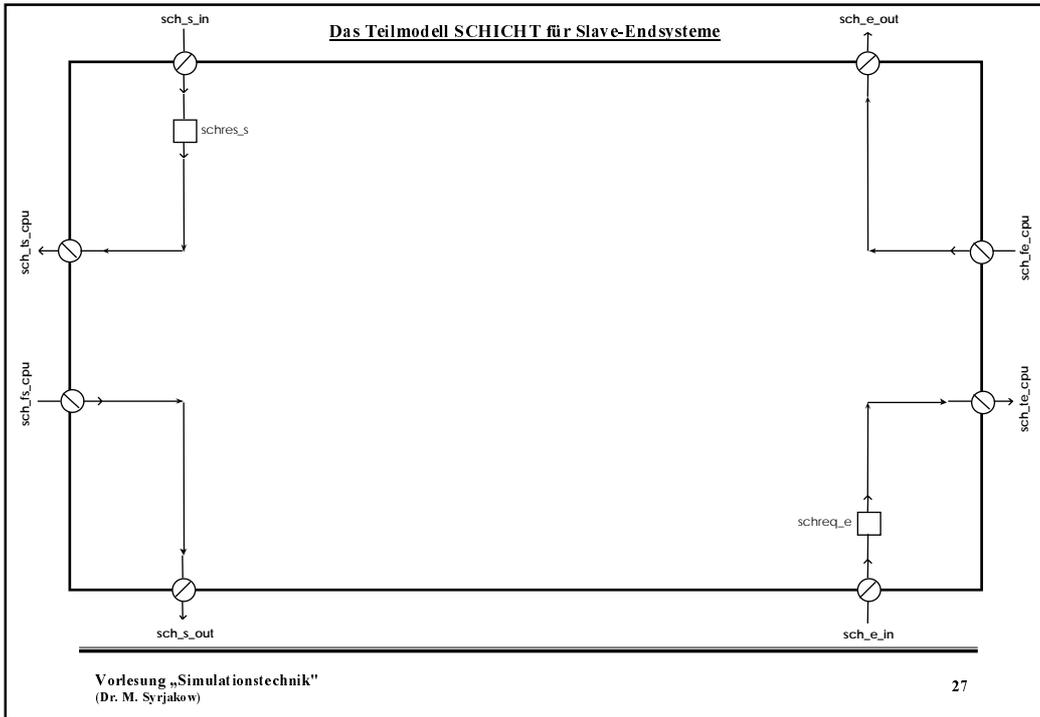
0	Telegrammnummer
1	Dienst (Token=0, Read=1, Write=2)
2	Priorität (hochprior=6, niederprior=10)
3	Telegrammlänge
4	Dienstprimitive (request-Job=0, response-Job=1, usw.)
5	Herkunftsadresse
6	Zieladresse
7	Eintritt USER
8	Eintritt FMS
9	Eintritt ALI
10	Eintritt LLJ
11	Eintritt FLC
12	Eintritt MAC
13	Eintritt UART
14	Eintritt UART
15	Eintritt MAC
16	Eintritt FLC
17	Eintritt LLJ
18	Eintritt FMS
19	Eintritt ALI
20	Eintritt USER
21	Eintritt Bearbeitung
22	Eintritt USER
23	Eintritt ALI
24	Eintritt FMS
25	Eintritt LLJ
26	Eintritt FLC
27	Eintritt MAC
28	Eintritt UART
29	Eintritt UART
30	Eintritt MAC
31	Eintritt FLC
32	Eintritt LLJ
33	Eintritt FMS
34	Eintritt ALI
35	Eintritt USER
36	Austritt USER
37	Wert der gelesenen oder eingeschriebenen Variablen

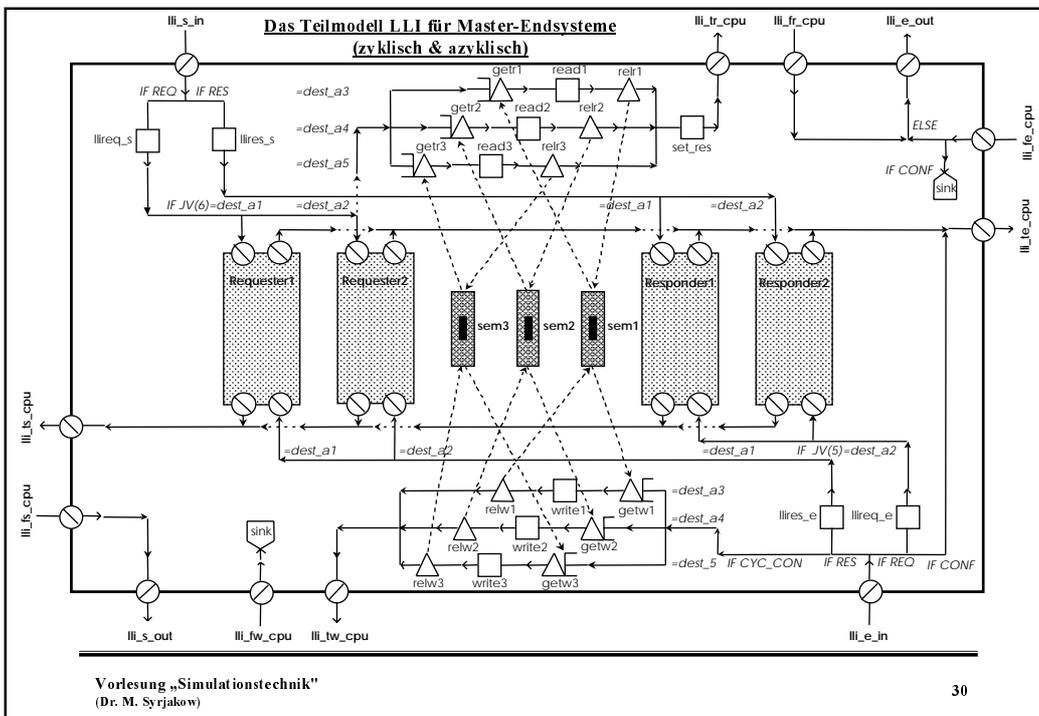
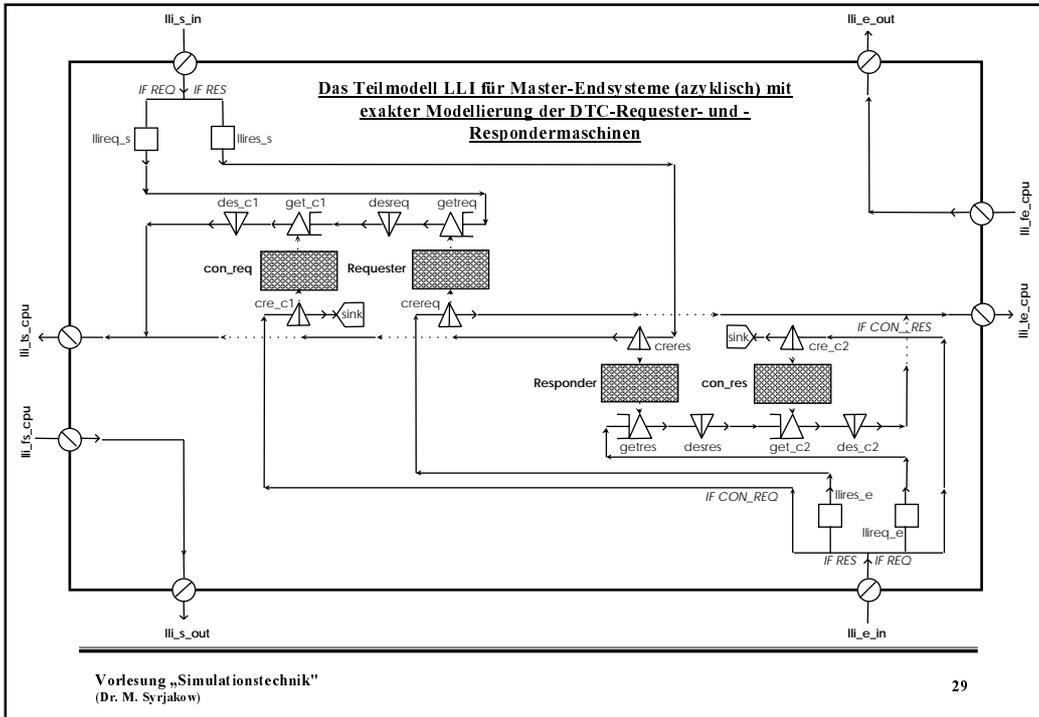


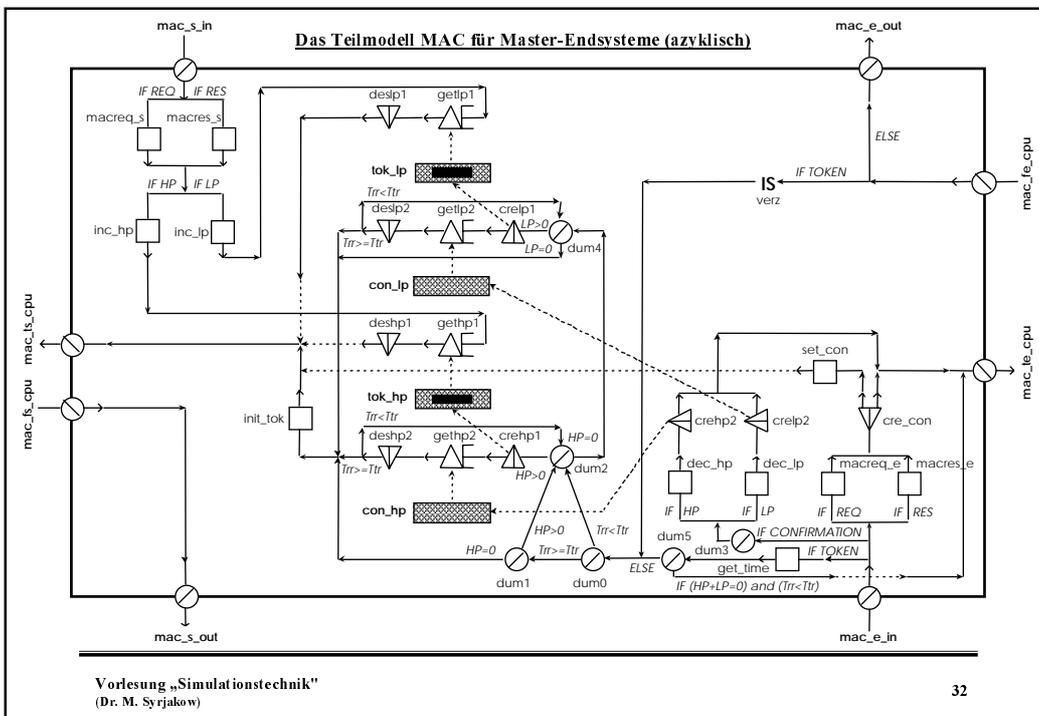
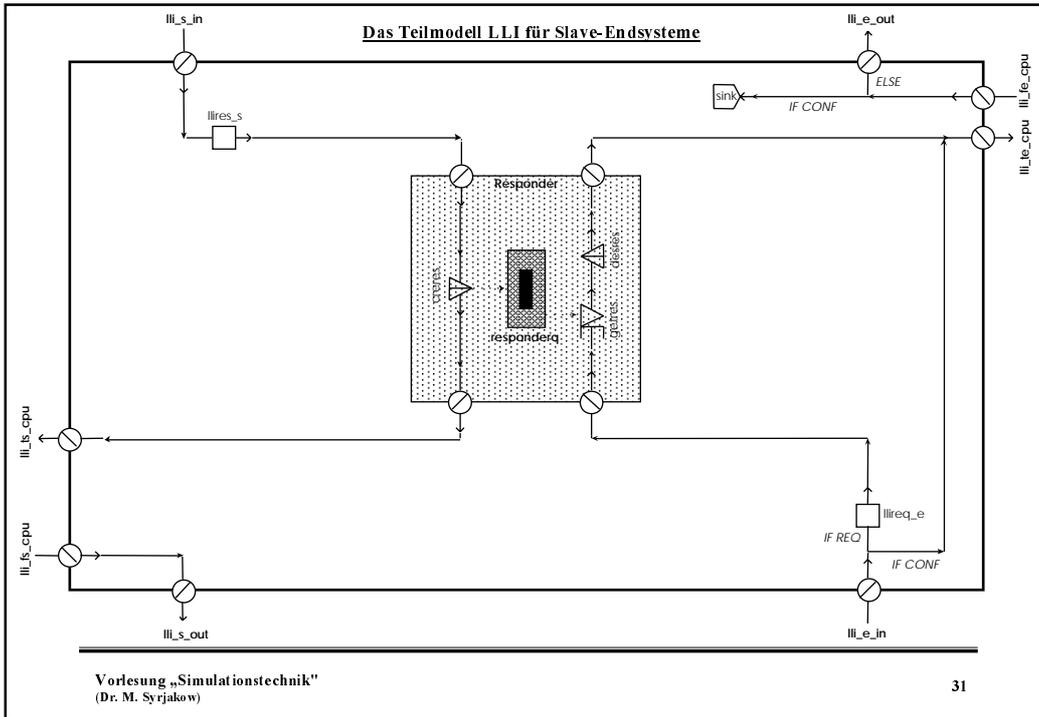
Das Teilmodell USR für Master-Endsysteme

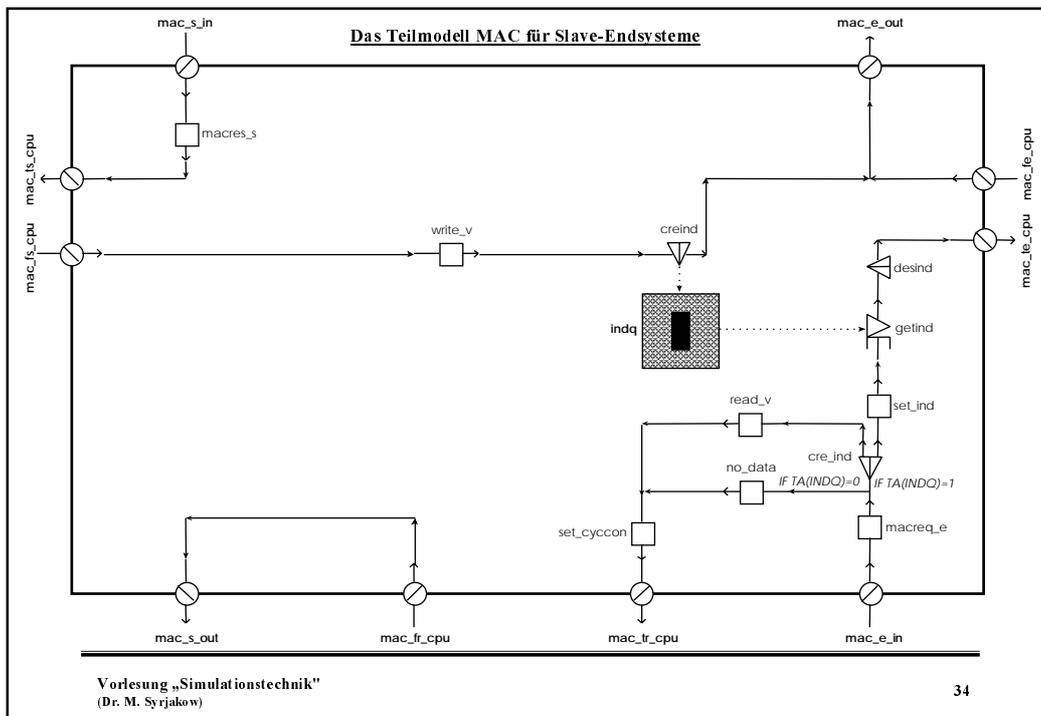
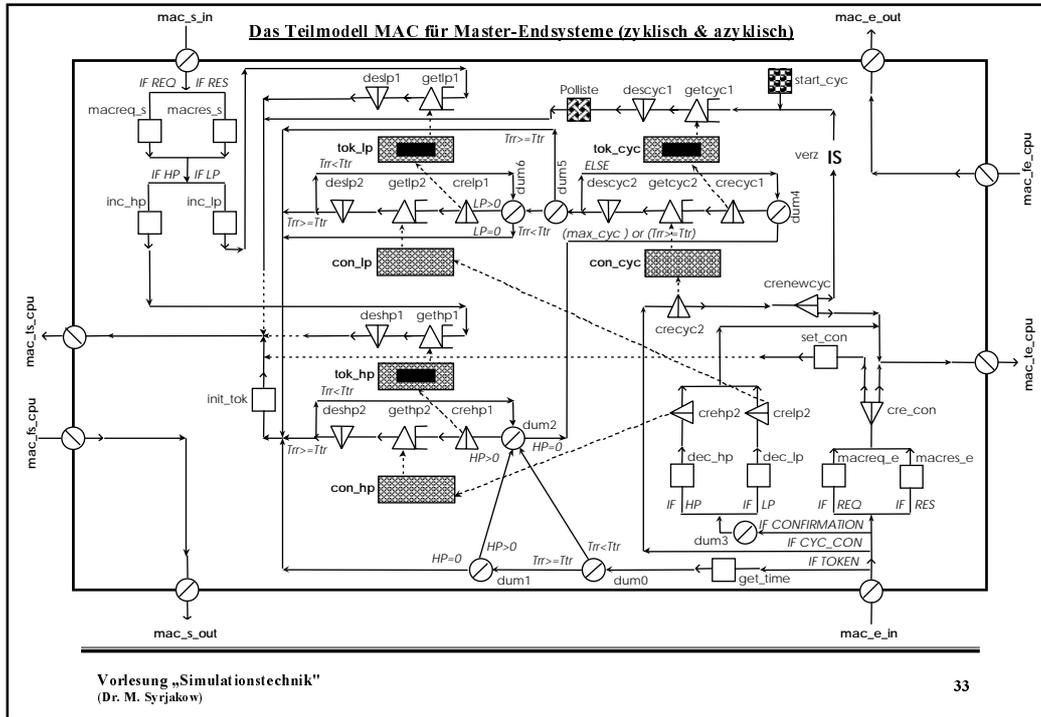


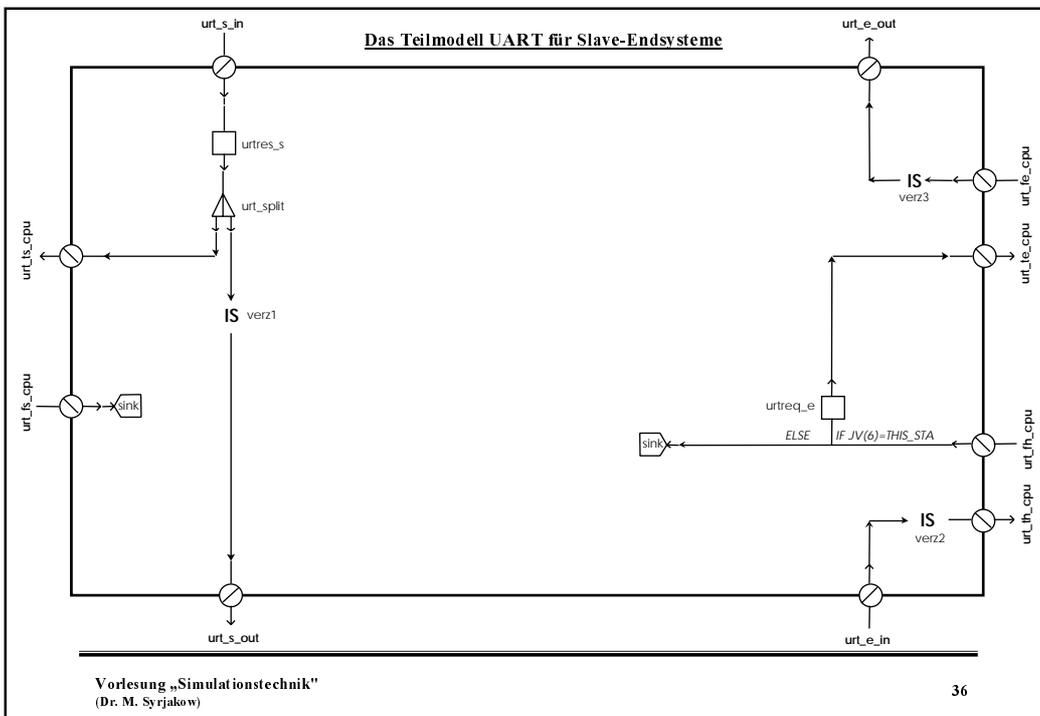
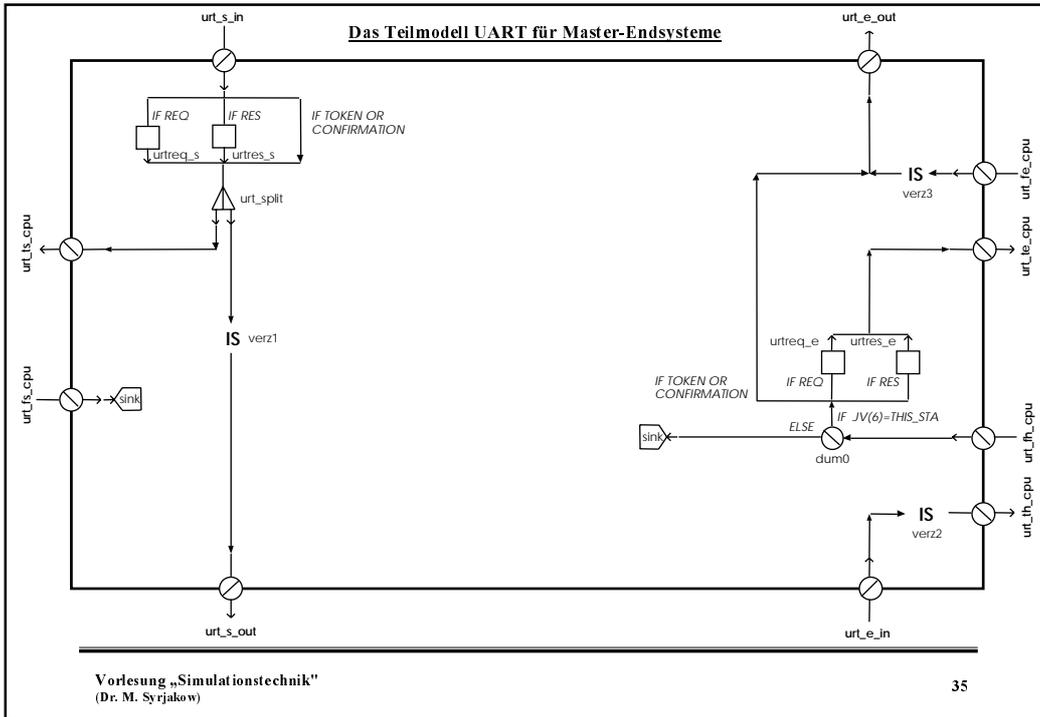


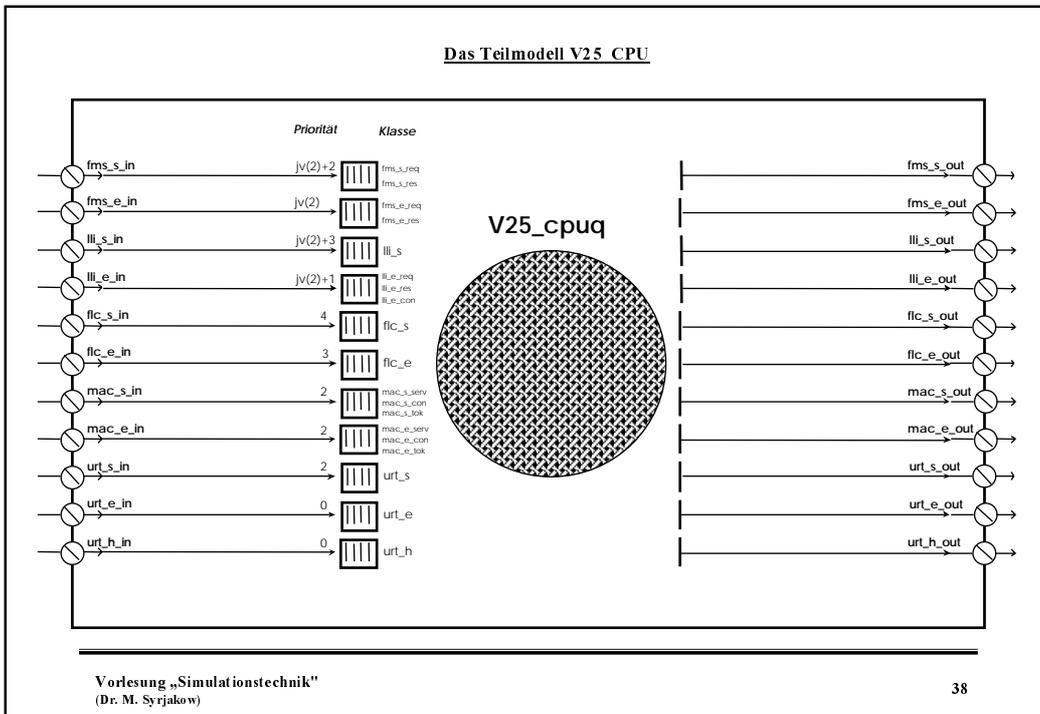
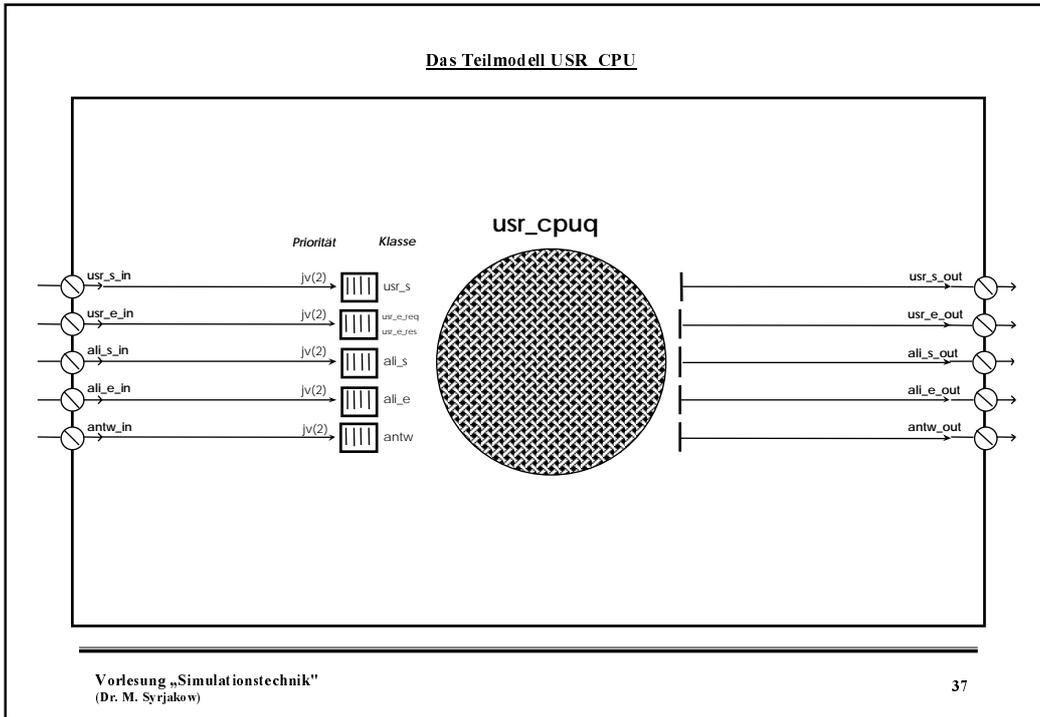




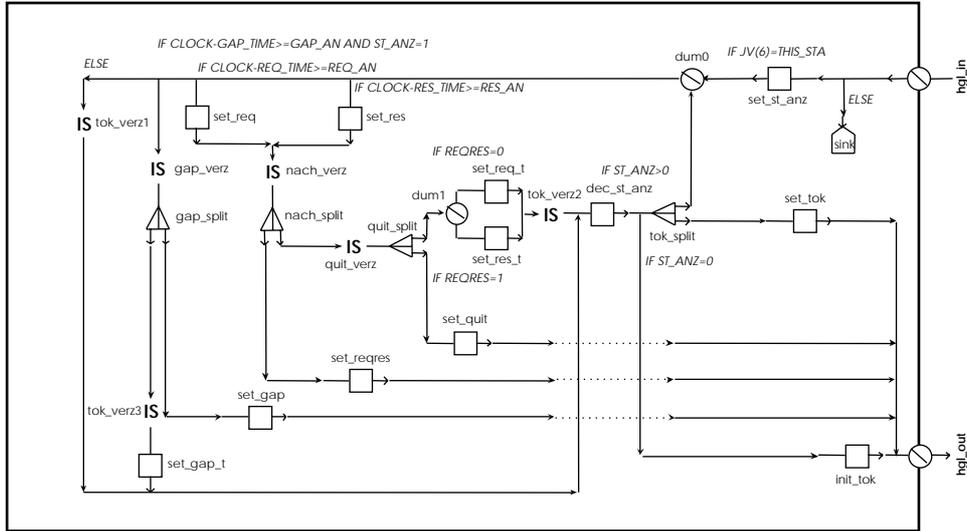




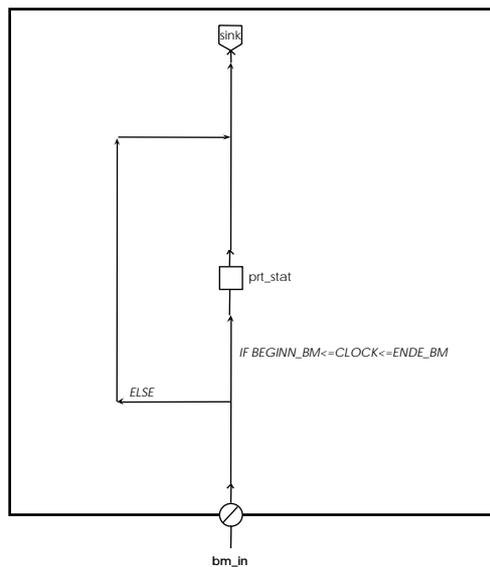




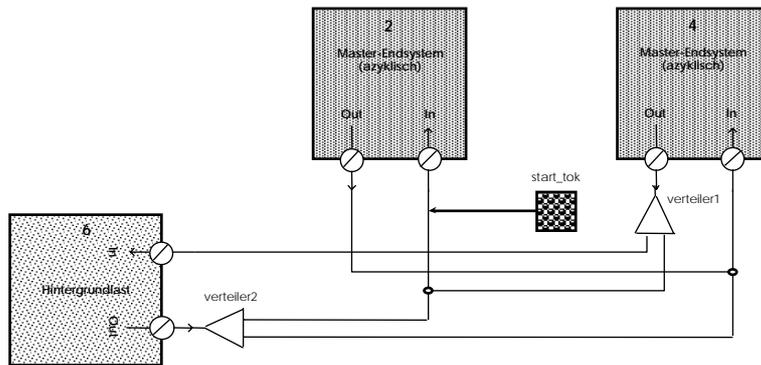
Das Teilmodell Hintergrundlast



Das Busmonitor-Teilmodell



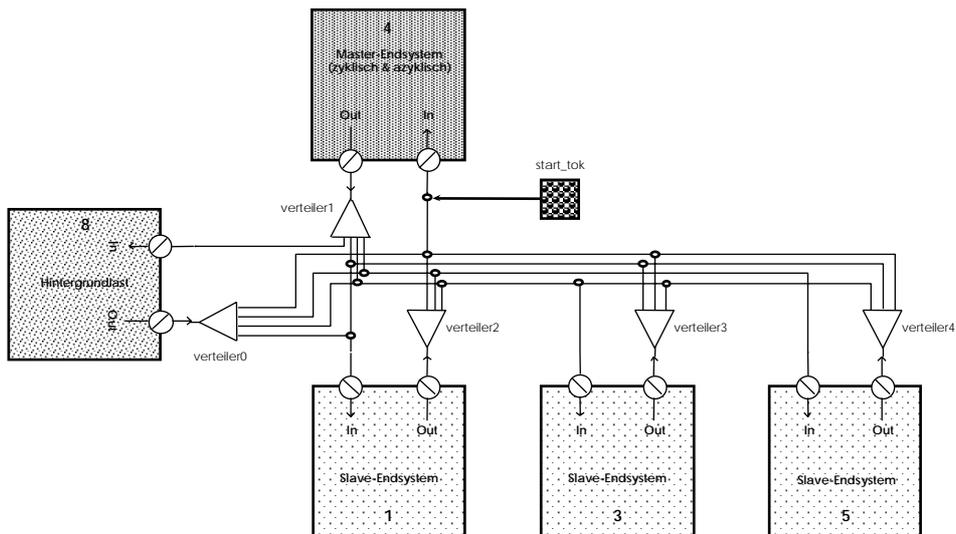
Konfiguration aus zwei Master-Endsystemen (azyklisch) mit Hintergrundlast



Vorlesung „Simulationstechnik“
(Dr. M. Syrjakow)

41

Konfiguration aus Master- und Slave-Endsystemen mit Hintergrundlast



Vorlesung „Simulationstechnik“
(Dr. M. Syrjakow)

42

Modellauswertung durch Simulation

- Das hier vorgestellte Feldbusmodell ist aufgrund seiner Komplexität nicht mehr analytisch auswertbar.
- Um zu den gewünschten Leistungskenngrößen zu kommen, müssen Simulationsläufe durchgeführt werden.
- Bei Konfigurationen mit geringer Anzahl (≤ 4) beteiligter Endsysteme liegt die Simulationsdauer bei ca. 10 Minuten.
- Bei größeren Konfigurationen kann die Simulationsdauer Stunden betragen.

Validierung des Modells

Vergleich von realem System (hier der aufgebauten Testkonfiguration) und Simulationsmodell hinsichtlich

- des Lastaufkommens am Bus (Busgeschehen)
- der Telegrammlaufzeiten zwischen Kommunikationspartnern

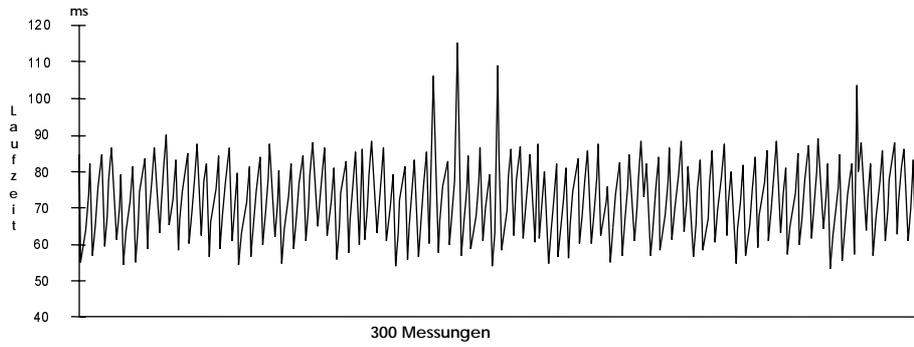
**Aufzeichnung des
Busgeschehens durch
den Busmonitor**

Schicht2 Reaktionszeit	Zeit (ms) Start -> Start	Telegrammtyp	SA -> DA
tTW1	3,81	Token	4 -> 1
tTW1	3,82	Token	1 -> 2
ISDA	1,66	sda_req_PDU (write.req)	2 -> 1
IE5	2,11	Kurzquittung E5	-
tTW3	1,2	Token	2 -> 3
tTW1	3,74	Token	3 -> 4
tGap	1,75	RequestFDL-Status	4 -> 7
tTWgap	11,03	Token	4 -> 1
tTW2	1,17	Token	1 -> 2
tTW2	1,12	Token	2 -> 3
tTW1	3,73	Token	3 -> 4
tTW1	3,81	Token	4 -> 1
tTW1	3,83	Token	1 -> 2
tTW1	3,84	Token	2 -> 3
tTW1	3,74	Token	3 -> 4
tGap	1,75	RequestFDL-Status	4 -> 8
tTWgap	11,04	Token	4 -> 1
tTW2	1,18	Token	1 -> 2
tTW2	1,19	Token	2 -> 3
tTW1	3,75	Token	3 -> 4
tTW1	3,8	Token	4 -> 1
ISDA	1,62	sda_req_PDU (write.res)	1 -> 2
IE5	2,02	Kurzquittung E5	-
tTW3	1,23	Token	1 -> 2
tTW1	3,86	Token	2 -> 3
tTW1	3,73	Token	3 -> 4
tGap	1,76	RequestFDL-Status	4 -> 9
tTWgap	11,03	Token	4 -> 1
tTW2	1,18	Token	1 -> 2

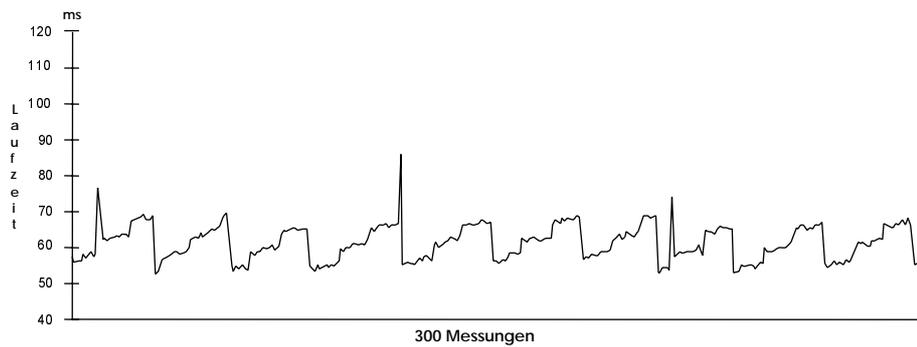
**Aufzeichnung des
Busgeschehens durch
den Busmonitor**

Schicht2 Reaktionszeit	Zeit (ms) Start -> Start	Telegrammtyp	SA -> DA
tTW1	3,8	Token	4 -> 1
tTW1	3,81	Token	1 -> 2
tTW1	3,78	Token	2 -> 3
tTW1	3,78	Token	3 -> 4
tTW1	3,81	Token	4 -> 1
tTW1	3,81	Token	1 -> 2
ISDA	1,66	sda_req_PDU (write.req)	2 -> 1
IE5	2,22	Kurzquittung E5	-
tTW3	1,2	Token	2 -> 3
tTW1	3,86	Token	3 -> 4
tTW1	3,81	Token	4 -> 1
tTW1	3,81	Token	1 -> 2
tTW1	3,78	Token	2 -> 3
tTW1	3,77	Token	3 -> 4
tTW1	3,8	Token	4 -> 1
tTW1	3,81	Token	1 -> 2
tTW1	3,78	Token	2 -> 3
tTW1	3,76	Token	3 -> 4
tTW1	3,8	Token	4 -> 1
tTW1	3,81	Token	1 -> 2
tTW1	3,78	Token	2 -> 3
tTW1	3,75	Token	3 -> 4
tTW1	3,81	Token	4 -> 1
ISDA	1,62	sda_req_PDU (write.res)	1 -> 2
IE5	2,02	Kurzquittung E5	-
tTW3	1,23	Token	1 -> 2
tTW1	3,9	Token	2 -> 3

Laufzeiten im realen System



Laufzeiten im Simulationsmodell



Laufzeiten im realen System

