

Prozessorganisation in eingebetteten, ubiquitären Rechnersystemen

Dipl.-Inform. Christian Decker
13. Juli 2009



Forschungszentrum Karlsruhe
in der Helmholtz-Gemeinschaft



Universität Karlsruhe (TH)
Forschungsuniversität • gegründet 1825

“Ubicomp is not yet a coherent body of work, but consists of a few scattered communities.”

Weiser, M. 1993. Some computer science issues in ubiquitous computing.
Communications of the ACM 36, 7 (Jul. 1993), 75-84.

Zentraler Beitrag

- Theorie der kooperativen und kollaborativen Prozessorganisation

Gliederung

- Ubiquitous Computing
- These
- Theorie der kooperativen und kollaborativen Prozessorganisation
- Verteilte Prozessorganisation
- Zusammenfassung der Beiträge
- Schlussbetrachtung

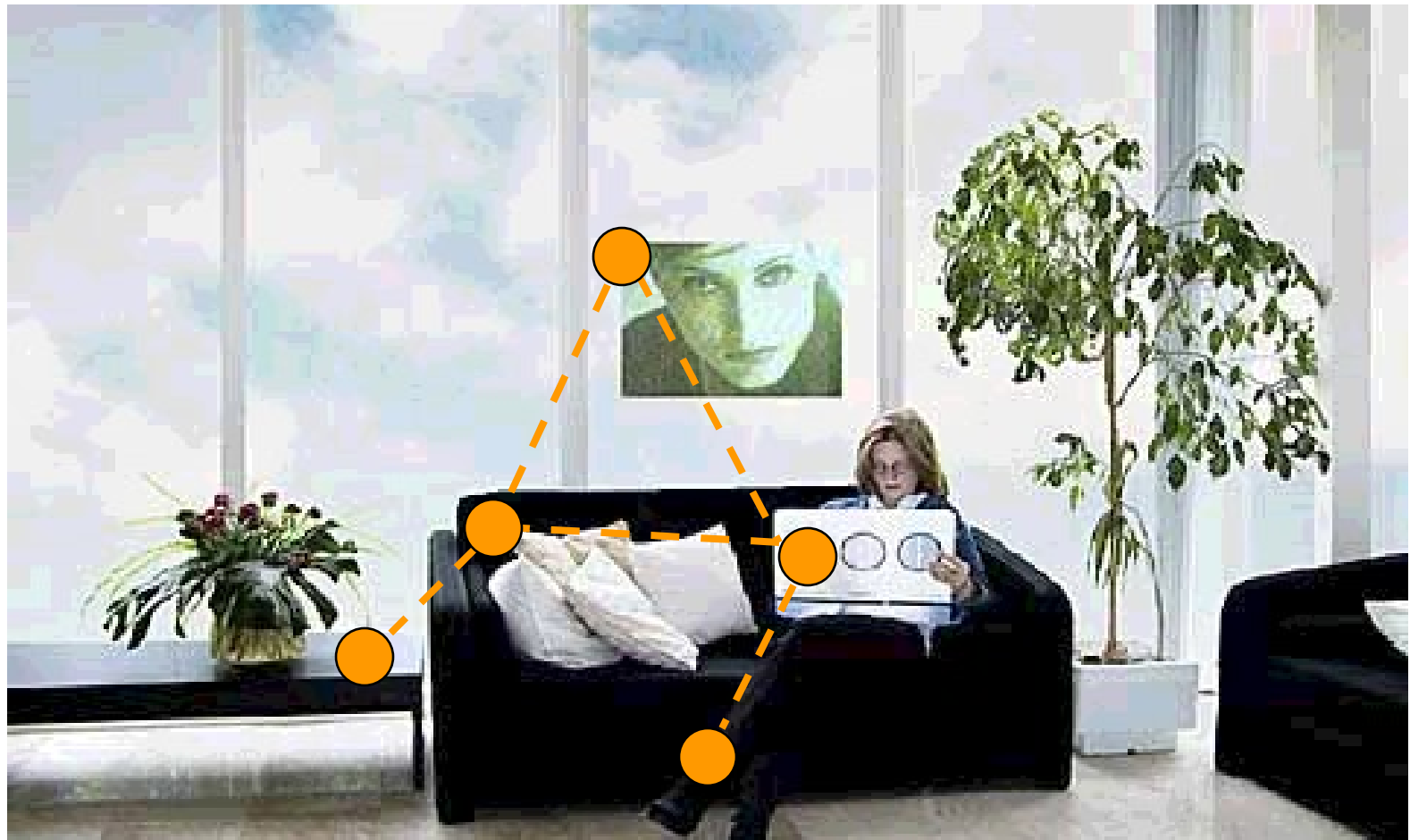
Ubiquitous Computing

Quelle: Philips Research



- Geräte werden unsichtbar hinsichtlich der Benutzung
- Fokus der Wahrnehmung auf Funktionen der Umgebung
- Nutzer-Funktion Beziehung, anstatt Nutzer-Gerät Beziehung

Ubiquitous Computing



- **Ansatz:** Einbettung von Computersystemen in die Umgebung
- Verlagerung zu einer Komplexität der Datenverarbeitung

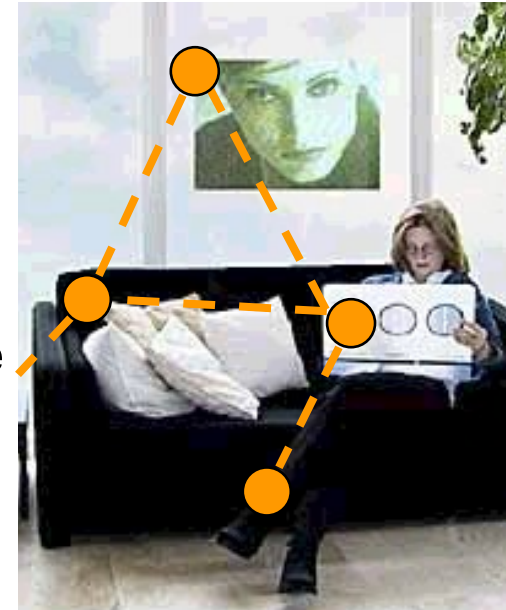
Kooperation und Kollaboration in UbiComp

PlaceLab Studie [Intille et al., MIT, 2006]

- 50 Umgebungssensoren, 130 Gegenstands-sensoren, 125 drahtlose Sensorsysteme (MITes)
- Komm.Leistung: 20,85 Mio. Datenpakete pro MITe

Probleme der Datenverarbeitung

- 8% aller Ereignisse verloren durch Komm.latenz
- Kein Eingriff bei Sensorfehlfunktionen möglich
- Batteriekapazität begrenzt Sensorleistung für Studien auf ~1 Tag
- Überlast: mehr Daten erzeugt als analysiert



Prozessorganisation

- Kollaboration: Koppelt verschiedene Prozesse in Verbänden
- Kooperation: Organisiert Ressourcennutzung von Prozessen

Kooperation und Kollaboration

- ... sind Mechanismen, die auf alle Prozesse eingebetteter, ubiquitärer Rechnersysteme angewendet werden können.

(Vereinheitlichung)

- ... passen die Prozessausführung in unbekanntem und veränderlichen Einsatzumgebungen an.

(Verbesserung)

- ... werden kombiniert, um den Nutzen zu maximieren.

(Optimierung)

■ Ressourcenbeschränkte Rechnersysteme

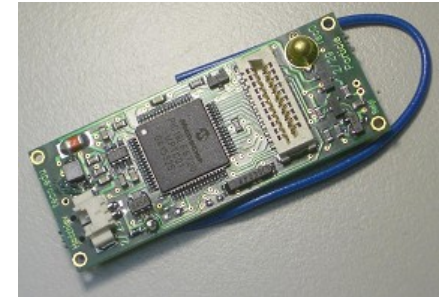
- Wenige MIPS
- Wenig Speicher
- Batteriebetrieben

■ Prozessorientierte Datenverarbeitung

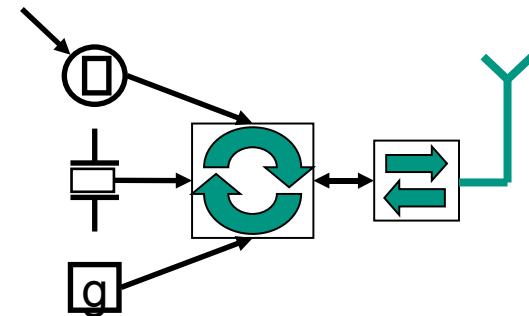
- Verschiedene Sensoreinheiten
- Algorithm. Datenverarbeitung und Aktoren
- Drahtlose Kommunikationsverbindungen

■ Unbekannte Einsatzumgebungen

- Unbekannte Kommunikationsbeziehungen
- Prozesse mit verschiedenen Laufzeiteigenschaften
- Zeitlich veränderlich



Particle Computer Plattform



Analyse der Prozessklassen

- Gefundene Organisationsmechanismen der Datenverarbeitung

Prozessklasse	Einsatzbereich
Periodische Prozesse	Wiederholende Sensorabfragen
Echtzeitprozesse	Datenverarbeitung unter Zeitschranken
Aperiodische Prozesse	Behandlung von Ereignissen
Verteilte Prozesse	Zusammenarbeit von Rechnersystemen im Netzwerk

Energiemanagement

- Problem: Verzögerungen, Datenverlust, Ressourcenüberlastung resultieren aus dem komplexen Zusammenspiel der Prozesse in einer unbekanntem UbiComp Umgebung

Analyse der Prozessklassen

- Gefundene Organisationsmechanismen der Datenverarbeitung

Prozessklasse	Einsatzbereich
Periodische Prozesse	Wiederholende
Echtzeitprozesse	Zeitschranken
Aperiodische	Unregelmäßigen Ereignissen
Verteilte	Zusammenarbeit von Rechnersystemen im Netzwerk

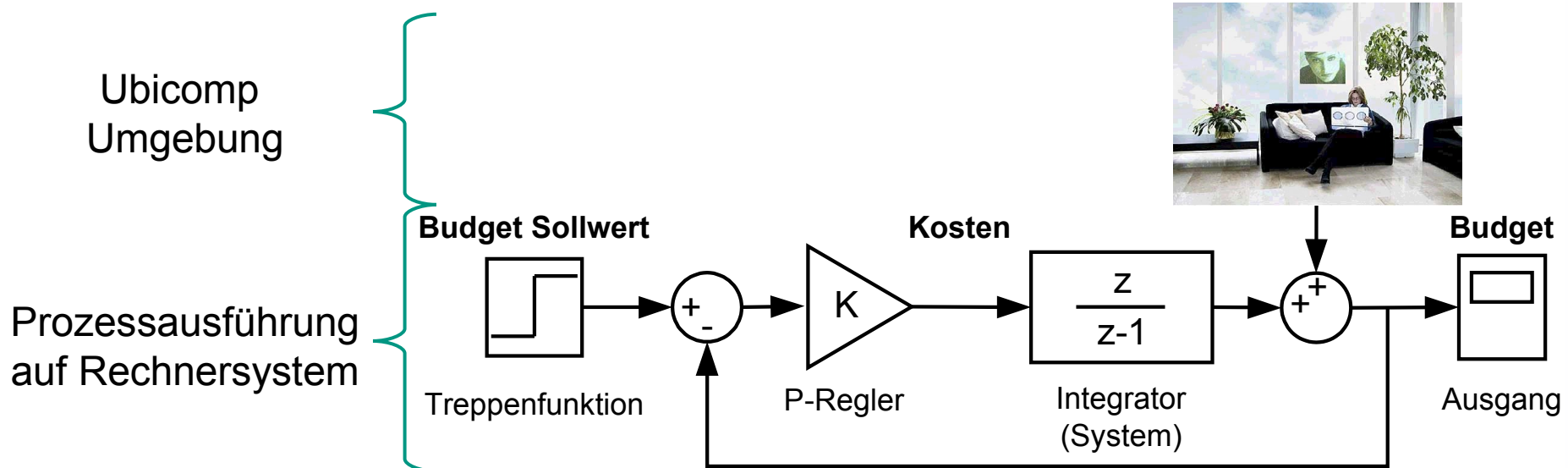
UbiComp braucht Regelung der Prozessorganisation

Energiemanagement

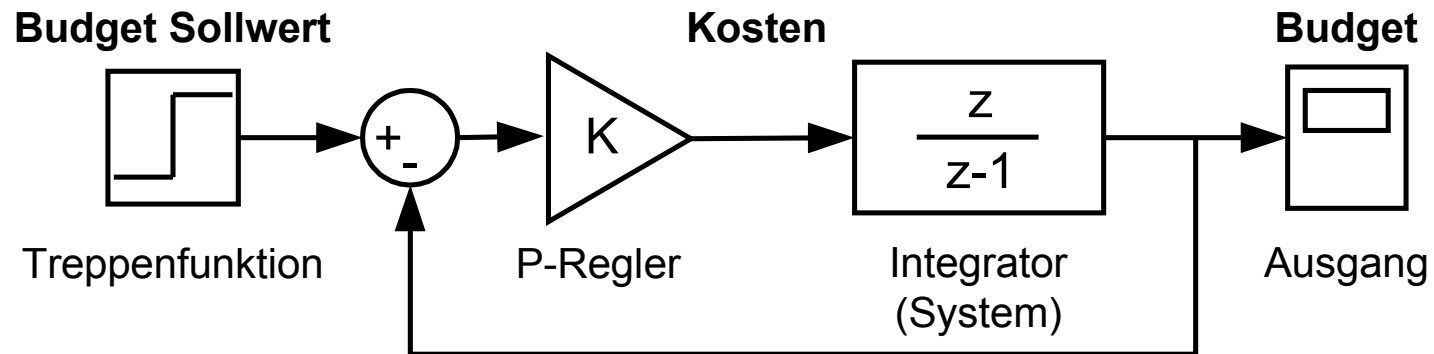
- Problem: Verzögerungen, Datenverlust, Ressourcenüberlastung resultieren aus dem komplexen Zusammenspiel der Prozesse in einer unbekanntem UbiComp Umgebung

Theorie der kooperativen und kollaborativen Prozessorganisation

- **Wirkungsmodellierung:** Nutzung einer Ressource (= Budget) des Rechnersystems bei Prozessausführung
 - Kooperation: unmittelbare Wirkung, z.B. Energieverbrauch
 - Kollaboration: mittelbare Wirkung (Kopplung), z.B. Nachrichtenaustausch
- **Kosten:** Steuerungseinfluss auf die Prozessorganisation
- **Ziel:** Ressourcennutzung der Datenverarbeitung (= Sollwert)



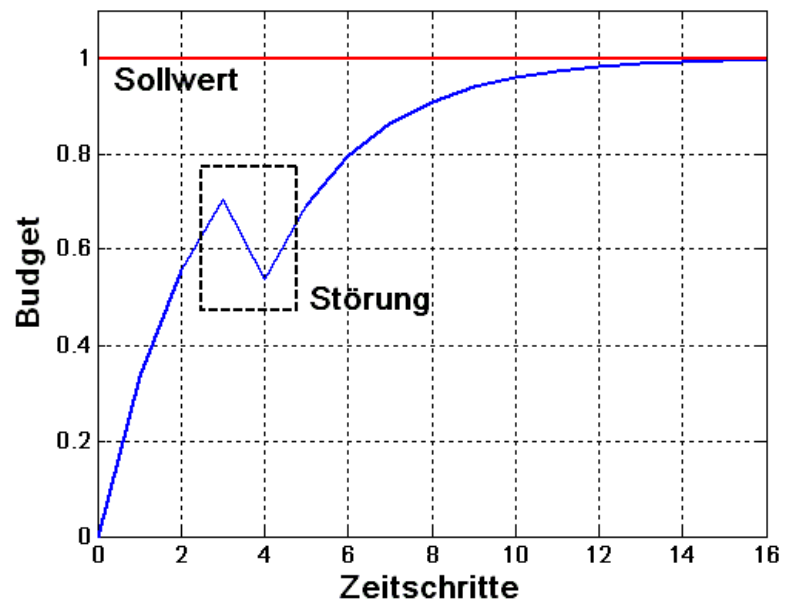
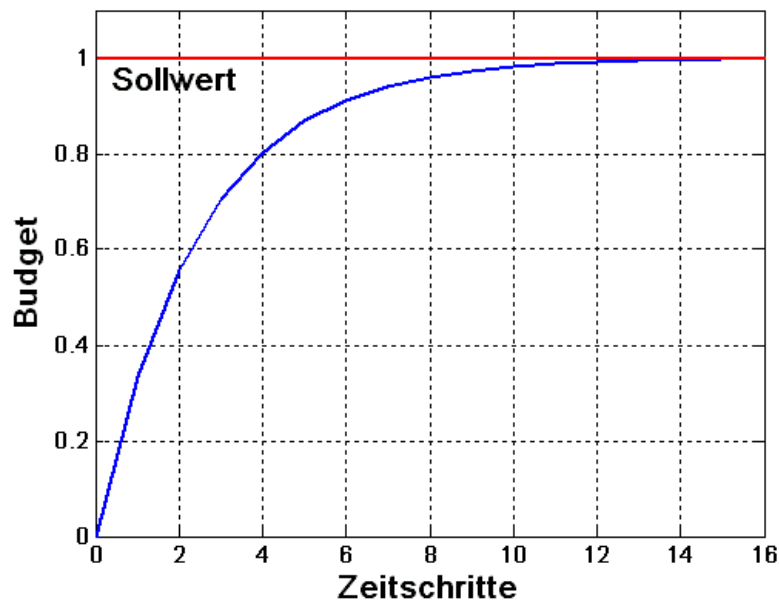
Budget/Kosten Regelkreismodell:



Systemgleichung
$$F(z) = \frac{Kz}{z - 1 + Kz}, \quad K > 0$$

- Lässt sich die Prozessausführung gemäß $F(z)$ modellieren, dann werden wichtige Eigenschaften für Datenverarbeitung in UbiComp erreicht.

- **Führungsverhalten:** Budget / Wirkung ist über Sollwert einstellbar und wird erreicht, z.B. Energievorrat, Pufferfüllstand



- **Störungsverhalten:** Ausregelung von unerwarteten Einflüssen während der Datenverarbeitung (= Anpassung in unbekanntem Umgebungen)

- Vorgehen zur Übertragung des Budget/Kosten Modells auf Prozessklassen

- 3. Identifikation des Budgets
- 4. Bestimmung der Kosten
- 5. Festlegung des Budget-Sollwerts

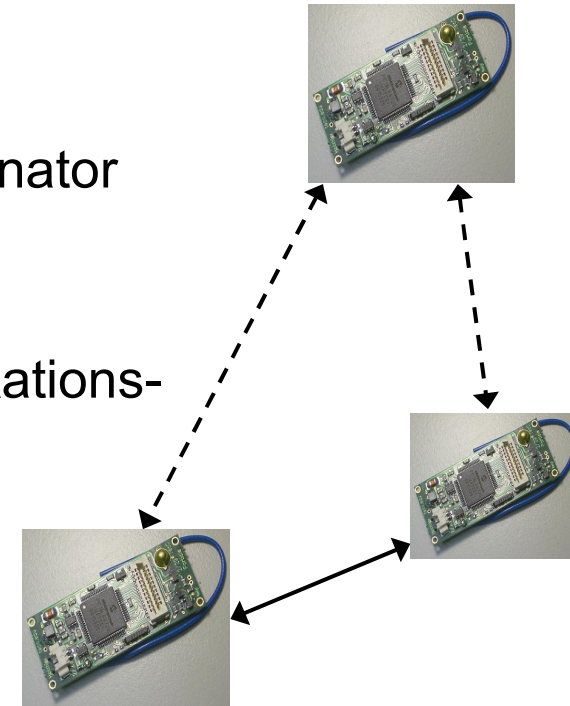
- **Ergebnis:** Formulierung der Regelungsaufgabe

Verteilte Prozessorganisation

- Verteilte Applikationen über lose gekoppelte Kommunikationsprozesse realisiert
- Keine ausgezeichnete Datensenke oder Koordinator

Probleme

- Desynchronisation: unterschiedliche Kommunikationsperioden verursachen Idle Listening, Bsp. mehr als 43% der Gesamtenergie [Ye et al, 2002]
- Synchronisation : Überlastung von Stationen, Bsp. RBS, bis 70% Pkt.Verlust [Moradi et al., 2009]



Neuer Ansatz

- Beibehaltung initialer Kommunikationsperioden
- Kollaborative Kopplung der Komm.prozesse zum Nachrichtenaustausch
- Kooperatives Management des Energievorrates der Stationen

Collaborative Business Items (CoBIs) [Decker et al., 2007]

- Kollaborative Detektion gefährlicher Situationen im Umgang mit chemischen Gütern, z.B. Lagerort, -menge, Gefahrstoffkombinationen



Ziele

- Kollaboration: Gemeinschaftlich organisierter Nachrichtenaustausch
- Kooperation: Keine Netzpartitionierung durch energiearme Stationen

- Unkoordinierter Direktzugriff
 - CSMA(/CA) Verfahren für mobile, ad-hoc Settings
 - Bsp.: B-MAC, WiseMAC, Preamble Sampling

- Zeitschlitzverfahren
 - TDMA Verfahren, d.h. gleiche Kommunikationsperioden
 - Bsp.: S-MAC, T-MAC, Syncob

- Probabilistische Protokolle
 - Senden und Empfangen gemäß Wahrscheinlichkeit
 - Bsp.: repeater groups

- Unkoordinierter Direktzugriff
 - CSMA(/CA) Verfahren für mobile, ad-hoc Settings
 - Bsp.: B-MAC, WiseMAC, Preamble Sampling
- Zeitschlitzverfahren
 - TDMA Verfahren, d.h. gleiche Kommunikationsperioden
 - Bsp.: S-MAC, T-MAC, Syncob
- Probabilistische Protokolle
 - Senden und Empfangen gemäß Wahrscheinlichkeit
 - Bsp.: repeater groups

**Gute Eignung,
Referenzfall**

- Unkoordinierter Direktzugriff
 - CSMA(/CA) Verfahren für mobile, ad-hoc Settings
 - Bsp.: B-MAC, WiseMAC, Preamble Sampling

**Gute Eignung,
Referenzfall**

- Zeitschlitzverfahren
 - TDMA Verfahren, d.h. gleiche Kommunikationsperioden
 - Bsp.: S-MAC, T-MAC, Syncob

**Aufwendig in mobilen
Umgebungen**

- Probabilistische Protokolle
 - Senden und Empfangen gemäß Wahrscheinlichkeit
 - Bsp.: repeater groups

Verwandte Arbeiten

■ Unkoordinierter Direktzugriff

- CSMA(/CA) Verfahren für mobile, ad-hoc Settings
- Bsp.: B-MAC, WiseMAC, Preamble Sampling

**Gute Eignung,
Referenzfall**

■ Zeitschlitzverfahren

- TDMA Verfahren, d.h. gleiche Kommunikationsperioden
- Bsp.: S-MAC, T-MAC, Syncob

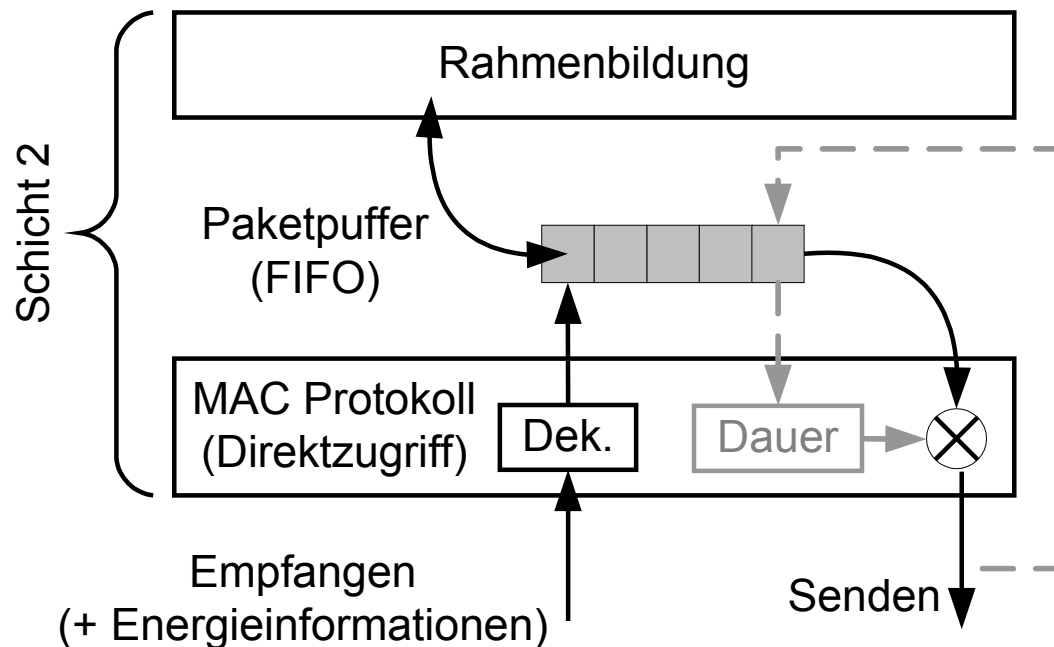
**Aufwendig in mobilen
Umgebungen**

■ Probabilistische Protokolle

- Senden und Empfangen gemäß Wahrscheinlichkeit
- Bsp.: repeater groups

**Nachvollziehbarkeit,
Garantien nicht gegeben**

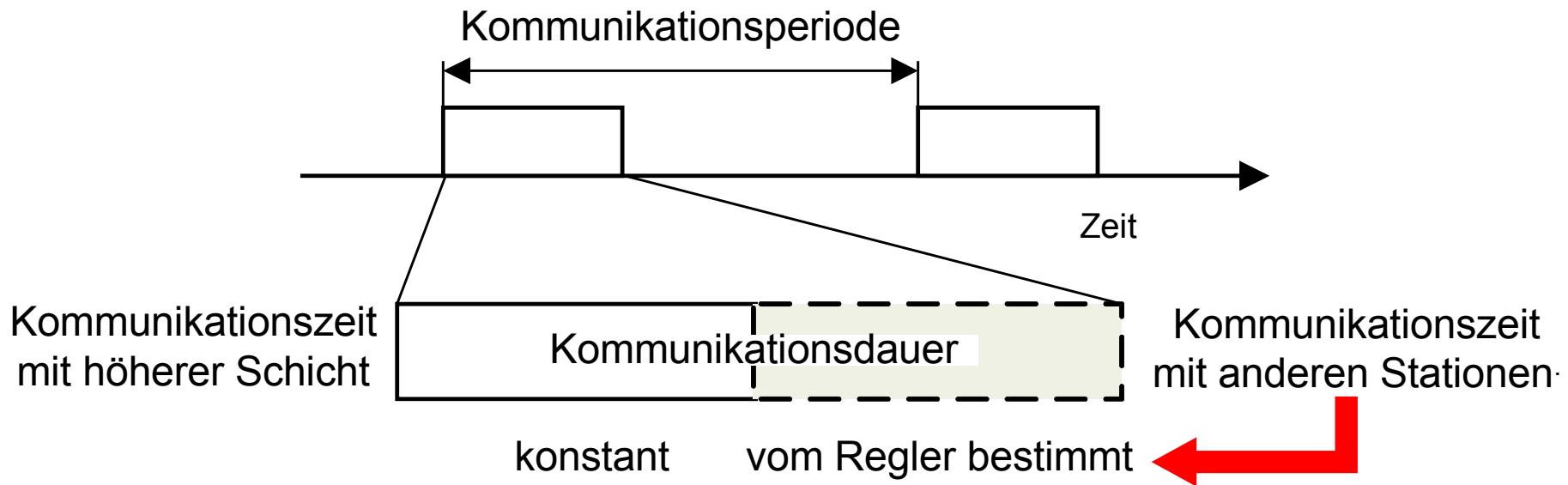
- **Idee:** Kopplung durch Weiterleitung: Store-and-Forward Verbund
- **Budget:** Paketpuffer im MAC Protokoll (unkoordinierter Direktzugriff)
- **Ziel:** Füllstandsollwert des Paketpuffers (= Grad der Kollaboration)



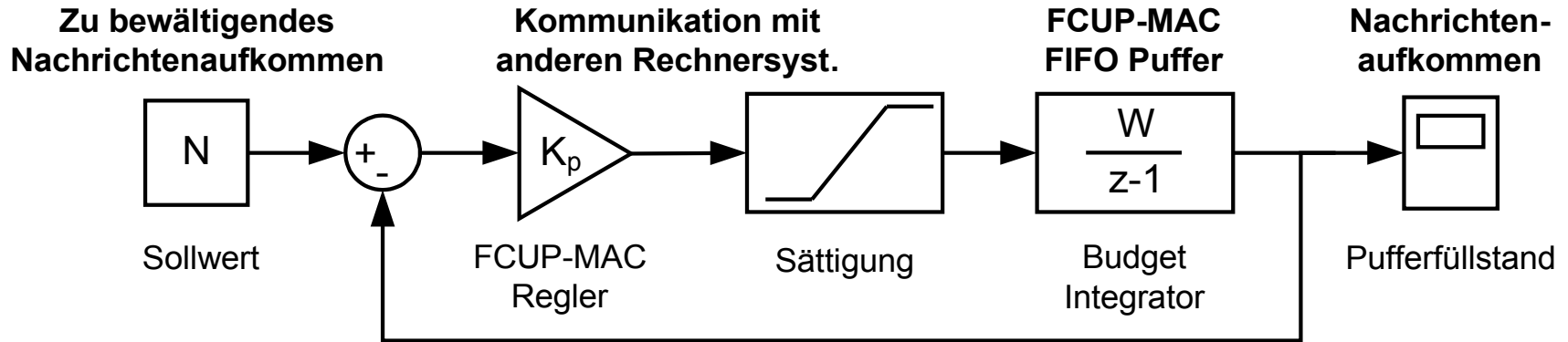
- **Neues Verfahren FCUP-MAC**

FCUP-MAC = Feedback Controlled Unsynchronized Periodic - MAC

- **Kosten:** Kommunikationsdauer bestimmt Anzahl der möglichen Nachrichten → Einfluss auf den Füllstand des Paketpuffers



Budget/Kosten Modellierung



Systemgleichung $F(z) = \frac{K_p W}{z - 1 + K_p W}$

mit Reglersynthese

$$0 < K_p < \min \left\{ \left| \frac{g}{\max E(z)} \right|, \frac{1}{W} \right\}$$

(g Sättigung, W Bandbreite)

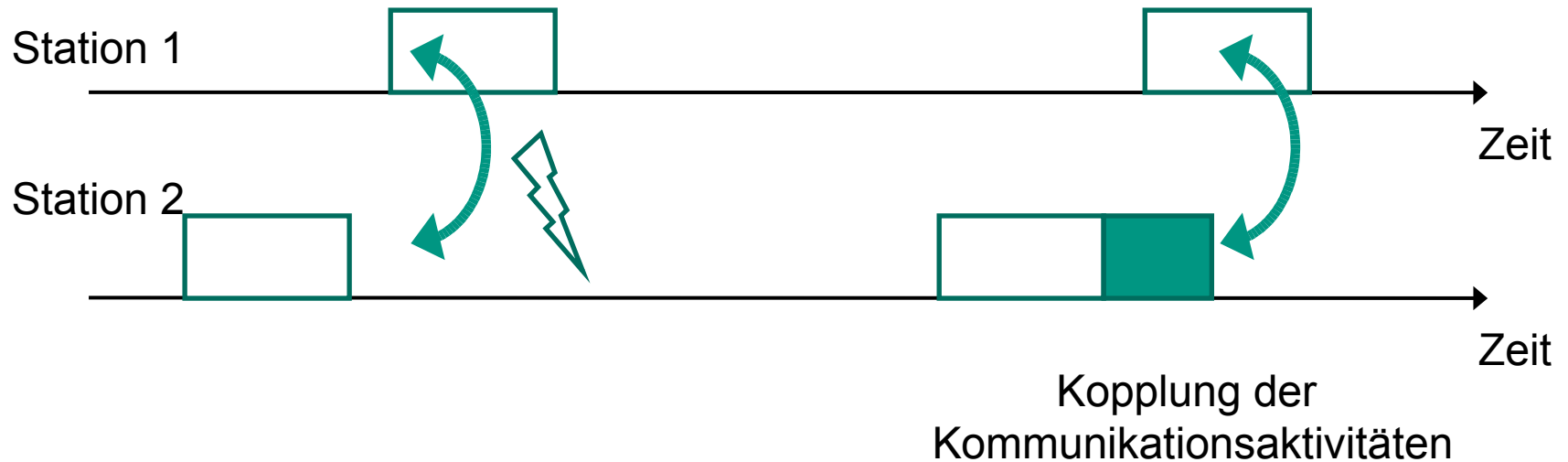
aus Theorie
Prozessororganisation

$$F(z) = \frac{K z}{z - 1 + K z}$$

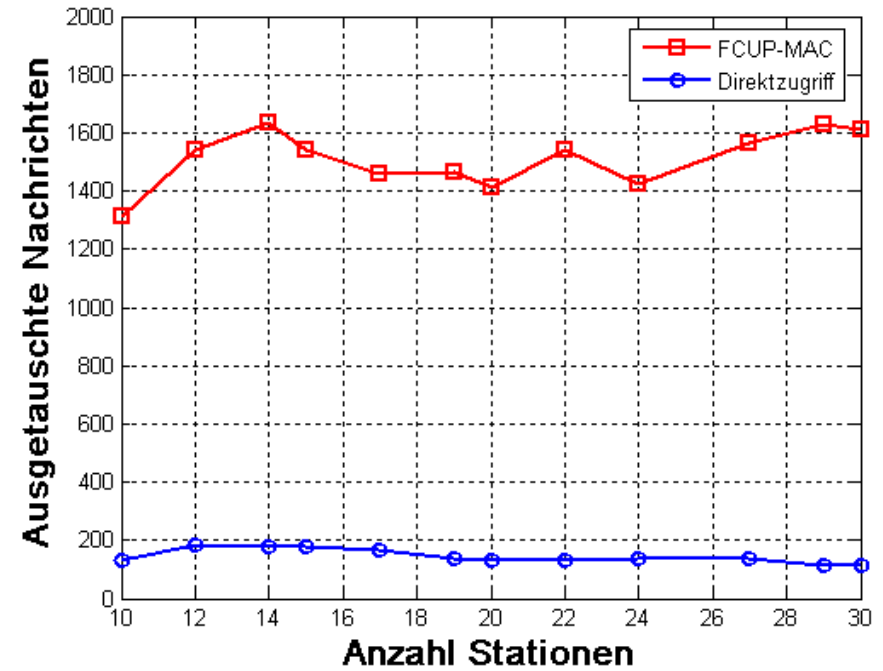
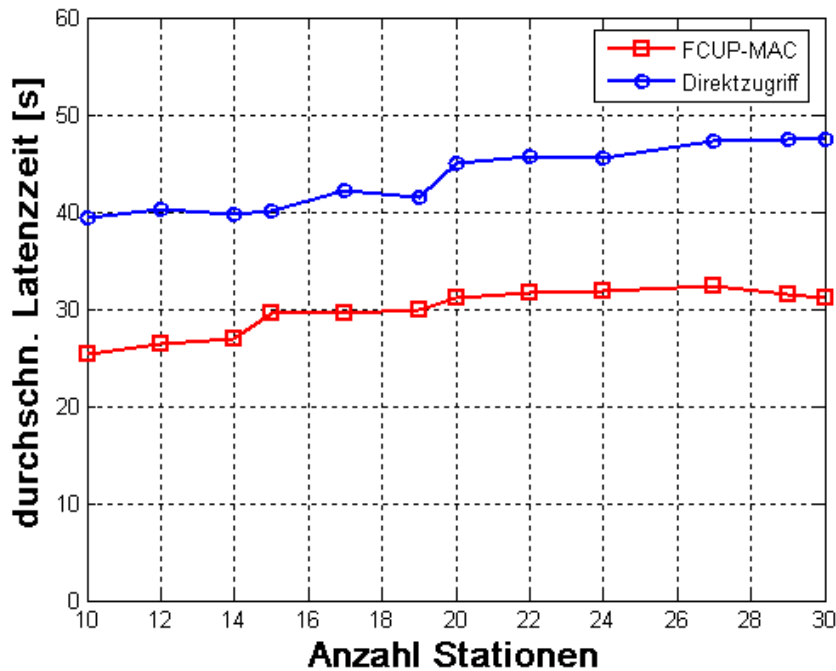
**■ Kollaborative verteilte Prozesse verhalten sich gemäß Theorie:
 → Führungs- und Störungsverhalten**

Kollaborative Kommunikation

- FCUP-MAC koppelt Kommunikationsprozesse
- Verbessert Latenz und Nachrichtenaustausch

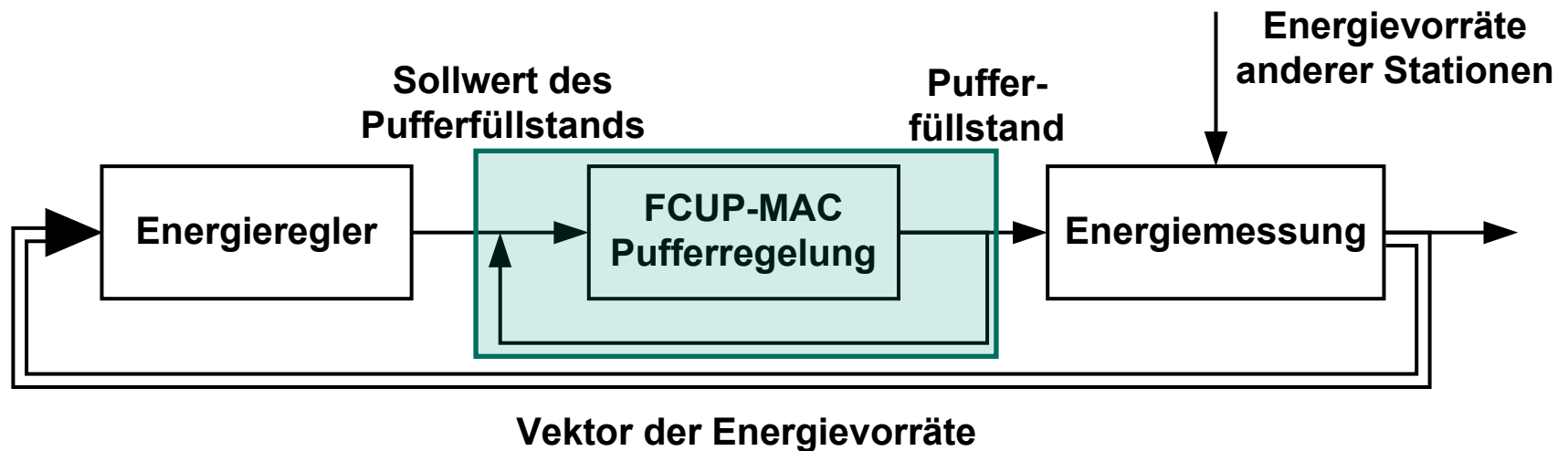


- Untersuchung von Latenz und erfolgreich ausgetauschten Nachrichten (Netzwerksimulation)

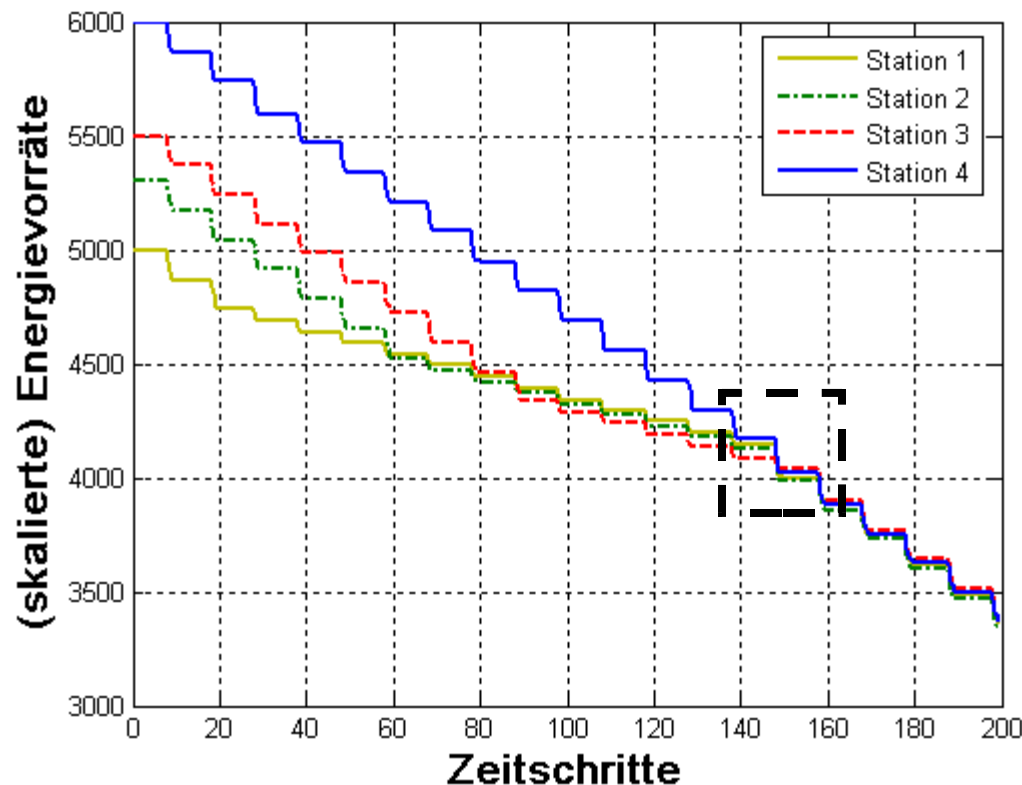


- **Latenz:** 27% bis 32% kleiner
- **Erfolgreich ausgetauschte Nachrichten:** Faktor 8 bis 10 mehr

- Management des Energievorrats
→ Partitionierung durch energiearme Stationen vermeiden
- **Budget:** Energievorrat einer Station
- **Kosten:** Energieverbrauch durch Kommunikation (Energiekosten)
- **Ziel:** Egalisierung aller Energievorräte → Kollaborationsdauer maximal
- **Regelung:** Grad der Kollaboration (= Anzahl Nachrichten im Puffer)



- Stationen mit hohem Energievorrat kollaborieren stärker
- Station mit minimalen Energievorrat bestimmt Geschwindigkeit bis Erreichen des Kooperationsziels



Kooperationsziel
erreicht

Zusammenfassung der Beiträge

- Anwendung des Budget/Kosten Modells auf alle Prozessklassen und das Energiemanagement

Prozessklasse	Verfahren	Organisation	Ergebnisse
Verteilte Prozesse	FCUP-MAC	kollaborativ, kooperativ	Geringere Latenz, höherer Durchsatz, Energieegalierung
Periodische Prozesse	FQS	kooperativ, kollaborativ	Zeitnahe Datenverarbeitung aller Prozesse
Aperiodische Prozesse	gesteuerte M/D/k/k	kooperativ	Faire Ereignisverarbeitung mit Überlastvermeidung
Echtzeitprozesse	BFS	kollaborativ	Koordination echtzeitfähiger mit datengetriebenen Prozessen
Energie-management	PControl	kooperativ	Vorgegebene Betriebsdauer wird bestmöglich erreicht.

- Theorie der kooperativen und kollaborativen Prozessorganisation
 - Einheitliche Anwendung auf alle Prozesse ubiquitärer Rechnersysteme
 - Verbessert die Prozessorganisation
 - Optimiert den Nutzen
- Ergebnis: Neue Verfahren und praxisorientierte Beiträge

Ausblick

- Erweiterung des Budget/Kosten Regelkreismodells zu MIMO Modell
- Systemidentifikation und Profiling
- Verbindung mächtiger Entwicklungswerkzeuge
 - Simulink: Systemanalyse und Reglersynthese
 - MDSD: Generierung von Programmen aus Spezifikationen

Schluss und Ausblick

- Theorie der kooperativen und kollaborativen Prozessorganisation
 - Einheitliche Anwendung auf alle Prozesse ubiquitärer Rechner
 - Verbessert die Prozessorganisation
 - Optimiert den Nutzen
- Ergebnis: Neue Verfahren und praxisorientierte Software

Nachweis der These

Ausblick

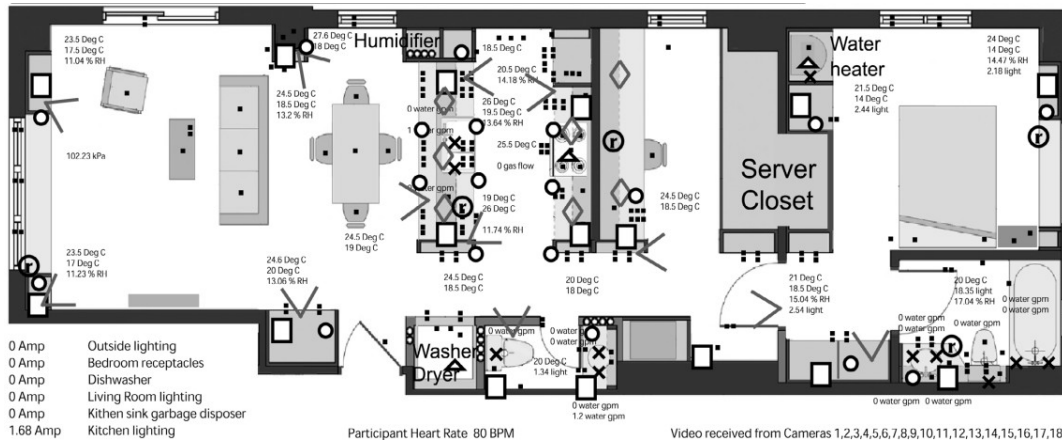
- Erweiterung des Budget/Kosten Regelkreismodells zu MIMO Modell
- Systemidentifikation und Profiling
- Verbindung mächtiger Entwicklungswerkzeuge
 - Simulink: Systemanalyse und Reglersynthese
 - MDSD: Generierung von Programmen aus Spezifikationen



Ereignisverarbeitung



Zuverlässigere Kontexterkennung



Verbesserte Wartungszyklen in großen Anwendungsszenarien

Kontakt

Christian Decker

cdecker@teco.edu

Ph. +49 (721) 464704-15

Fax +49 (721) 9663418

Telecooperation Office (TecO)

Vincenz-Priessnitz-Str. 3

76131 Karlsruhe

