Industrie 4.0 Seminar Arbeitsgruppe AUT

Kommunikationstechnik für eine mobile, selbstorganisierende Produktionsanlage

K. Lutter, 23.03.2022

Industrie 4.0
Kommunikationstechnik für eine mobile, selbstorganisierende Produktionsanlage

Masterarbeit

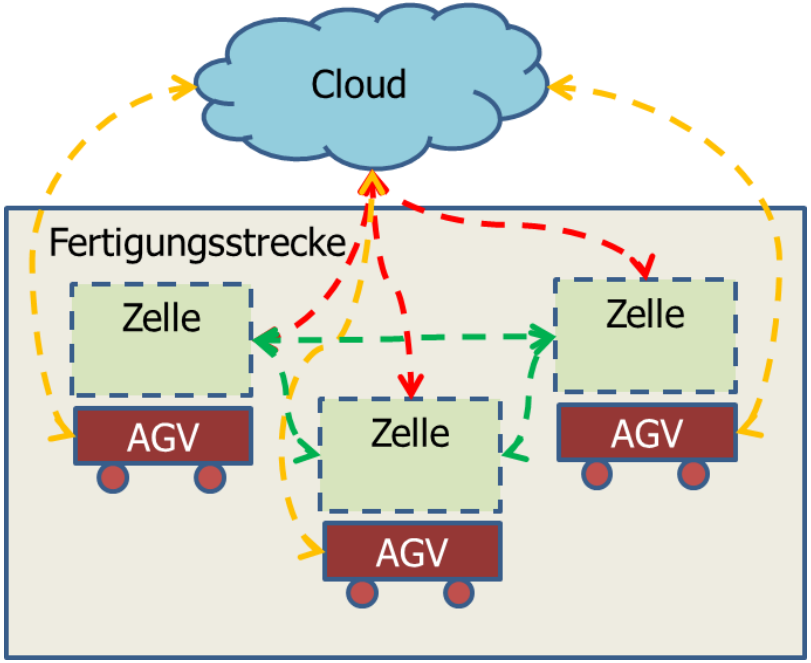
Katharina Lutter
OTH Amberg-Weiden

Motivation

- Industrie 3.0 Fertigung
  - Fertigung großer Stückzahlen nach dem „Perlenkettenprinzip“

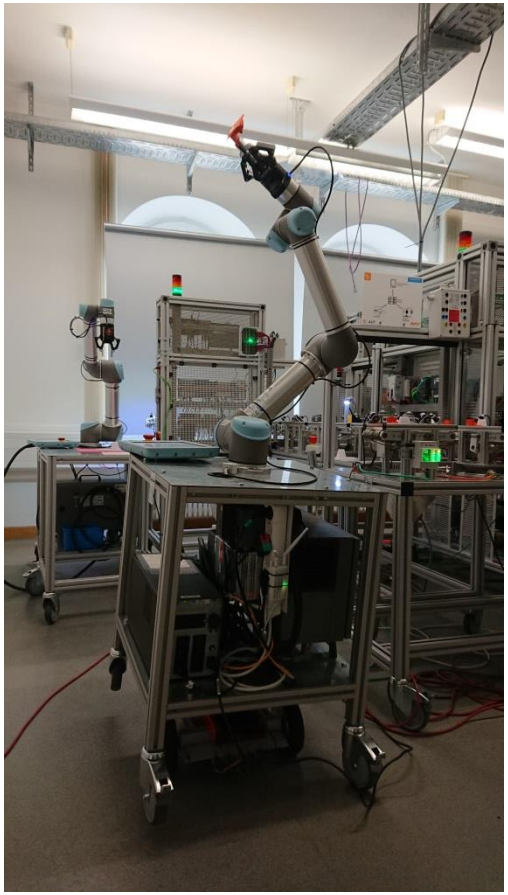
- Industrie 4.0 Fertigung
  - rentable Fertigung vieler Produktvarianten in kleinen Stückzahlen
  - mobile Produktionsanlagen
    - modularer Aufbau
    - mobile Zellen
  - flexible, selbstorganisierende Produktion

→ Neue Konzepte für die **Steuerung** und **Kommunikation** notwendig

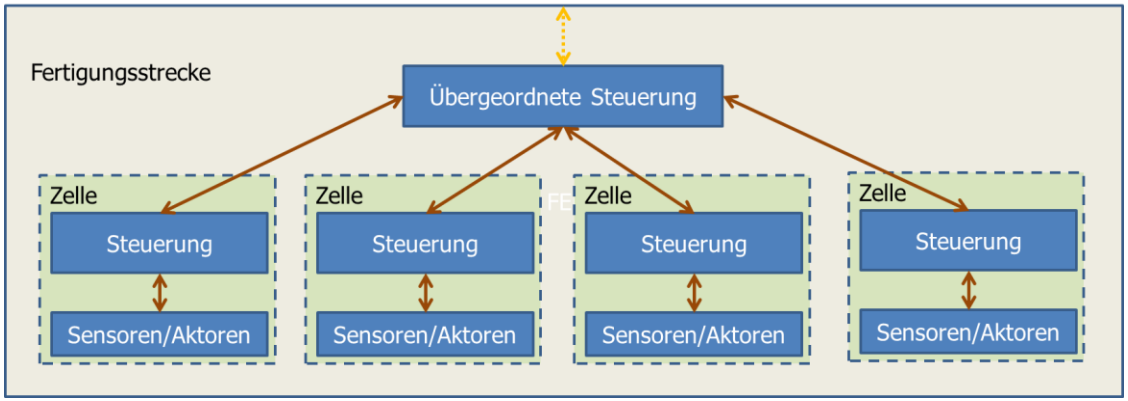


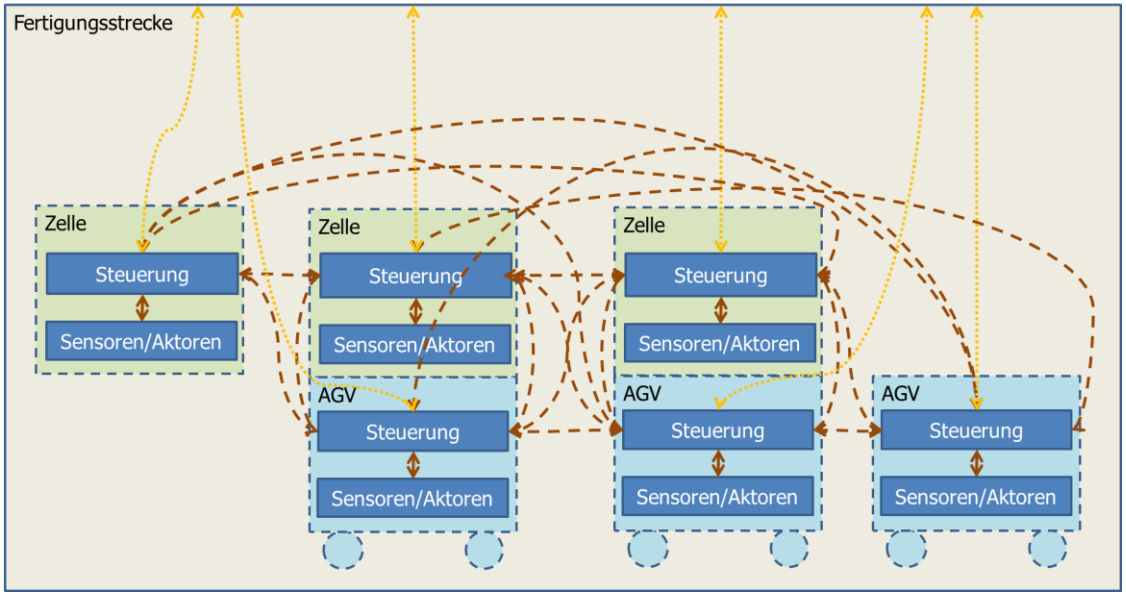
Gliederung

1. Steuerungskonzept für eine mobile, selbstorganisierende Produktionsanlage
2. Möglichkeiten und Herausforderungen beim Einsatz von Cloud und Edge Computing
3. Kommunikationstechnik für eine mobile, selbstorganisierende Produktionsanlage
4. Bandbreitensteuerung – Konzept und prototypische Umsetzung
5. Zusammenfassung und Ausblick
6. Live-Vorführung



1. Steuerungskonzept für eine mobile, selbstorganisierende Produktionsanlage



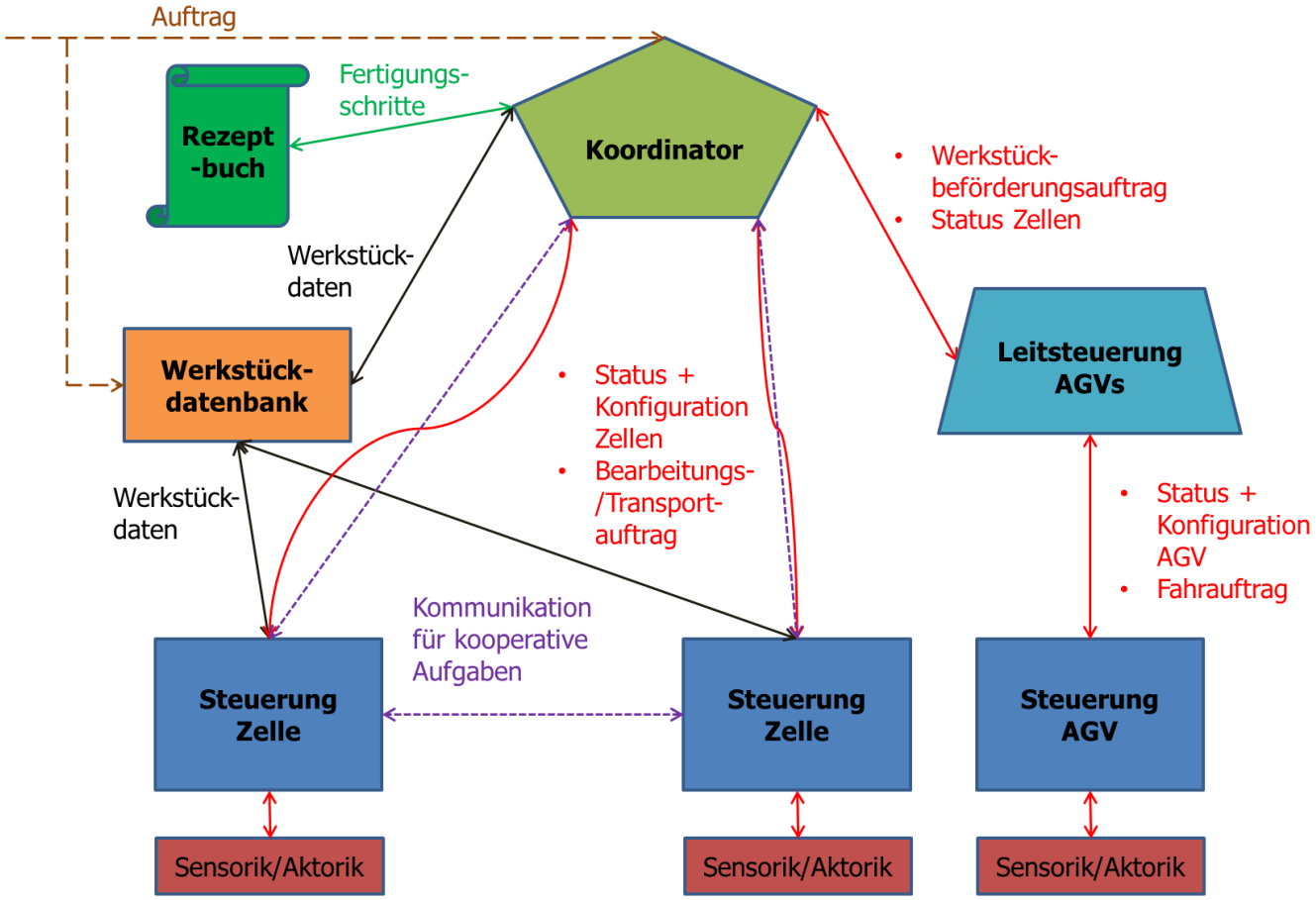


- Gleichzeitige Fertigung mehrerer Produktvarianten
- Dynamische Anpassung der Produktionsabläufe

➢ Hohe Flexibilität der Steuerung notwendig

➢ Grad an Selbstorganisation der Zellen und AGVs muss sinnvoll gewählt werden

1. Steuerungskonzept für eine mobile, selbstorganisierende Produktionsanlage

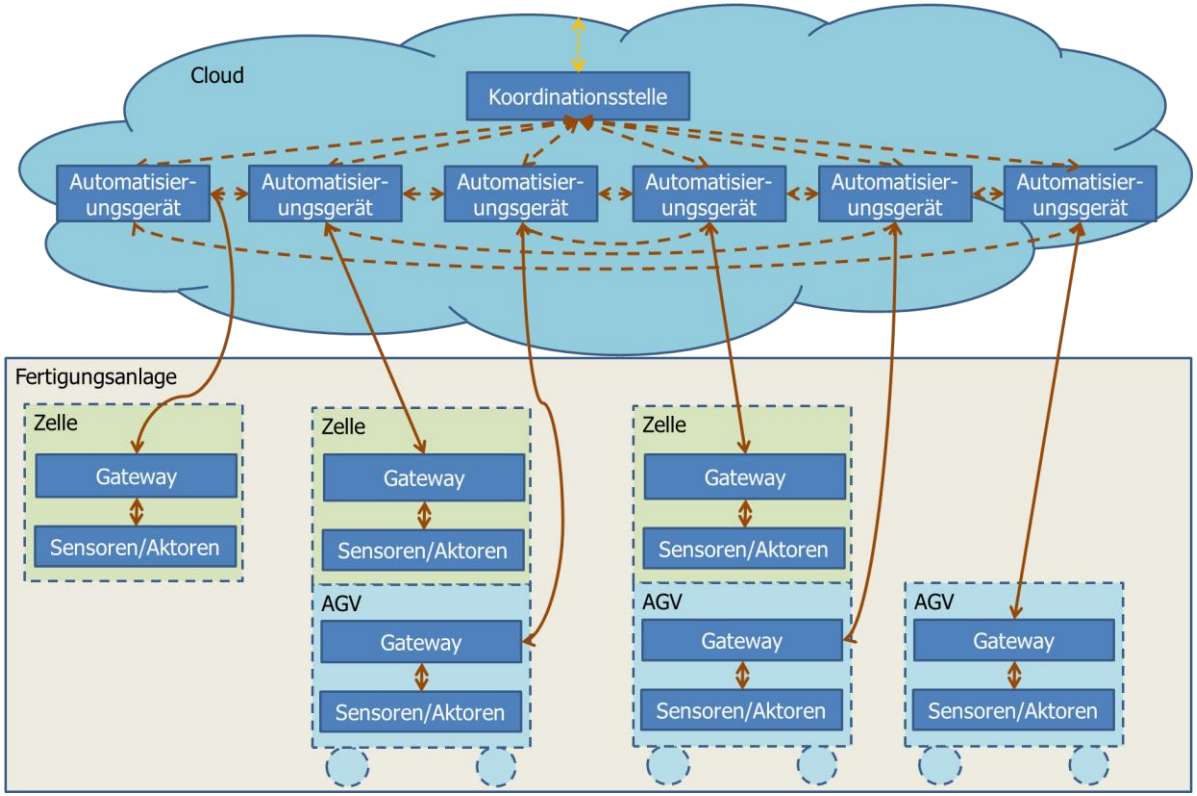


Dezentrales Konzept mit Koordinationsinstanzen:
→ Flexibel und vergleichsweise leicht umsetzbar

2. Möglichkeiten und Herausforderungen beim Einsatz von Cloud/Edge Computing

Verlagerung jeglicher Steuerungs- und Datenverarbeitungs-funktionen in die Cloud

+ Skalierbare Computerressourcen
+ Minimierter Energieverbrauch der lokalen Steuerungstechnik



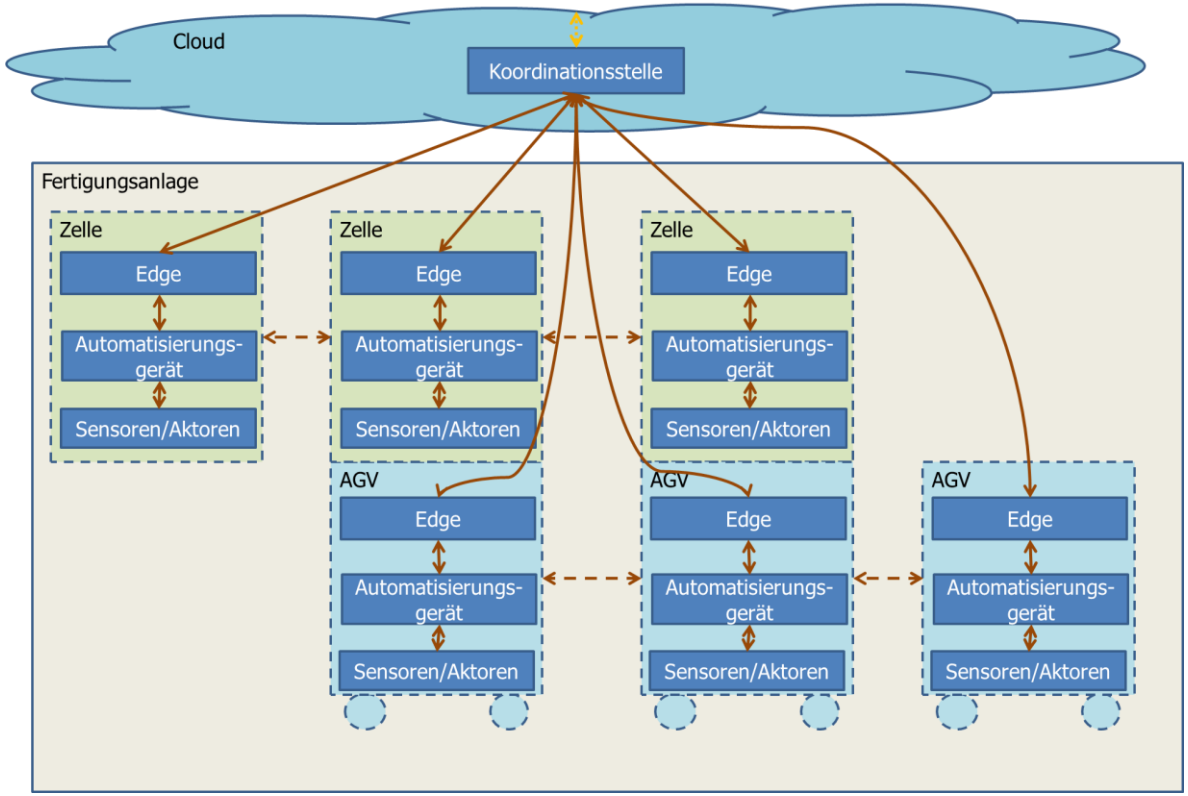
Anforderungen an Kommunikation

- **Mobilität**
- **Echtzeitfähigkeit** für zyklischen Austausch der Steuerungsdaten
- Ggf. hohe **Bandbreite** für azyklische Übertragung von Sensordaten in die Cloud (minimierbar durch Edge Computing)

2. Möglichkeiten und Herausforderungen beim Einsatz von Cloud/Edge Computing

Verlagerung von koordinativen Aufgaben und Datenverarbeitungs-funktionen in die Cloud

+ Skalierbare Computerressourcen (außer für lokale Steuerung der Zellen und AGVs)
- Kein minimierter Energieverbrauch der lokalen Steuerungstechnik



Anforderungen an Kommunikation

- **Mobilität**
- Ggf. hohe **Bandbreite** für azyklische Übertragung von Sensordaten in die Cloud (minimierbar durch Edge Computing)
- Keine Echtzeitfähigkeit erforderlich

3. Kommunikationstechnik für eine mobile, selbstorganisierende Produktionsanlage

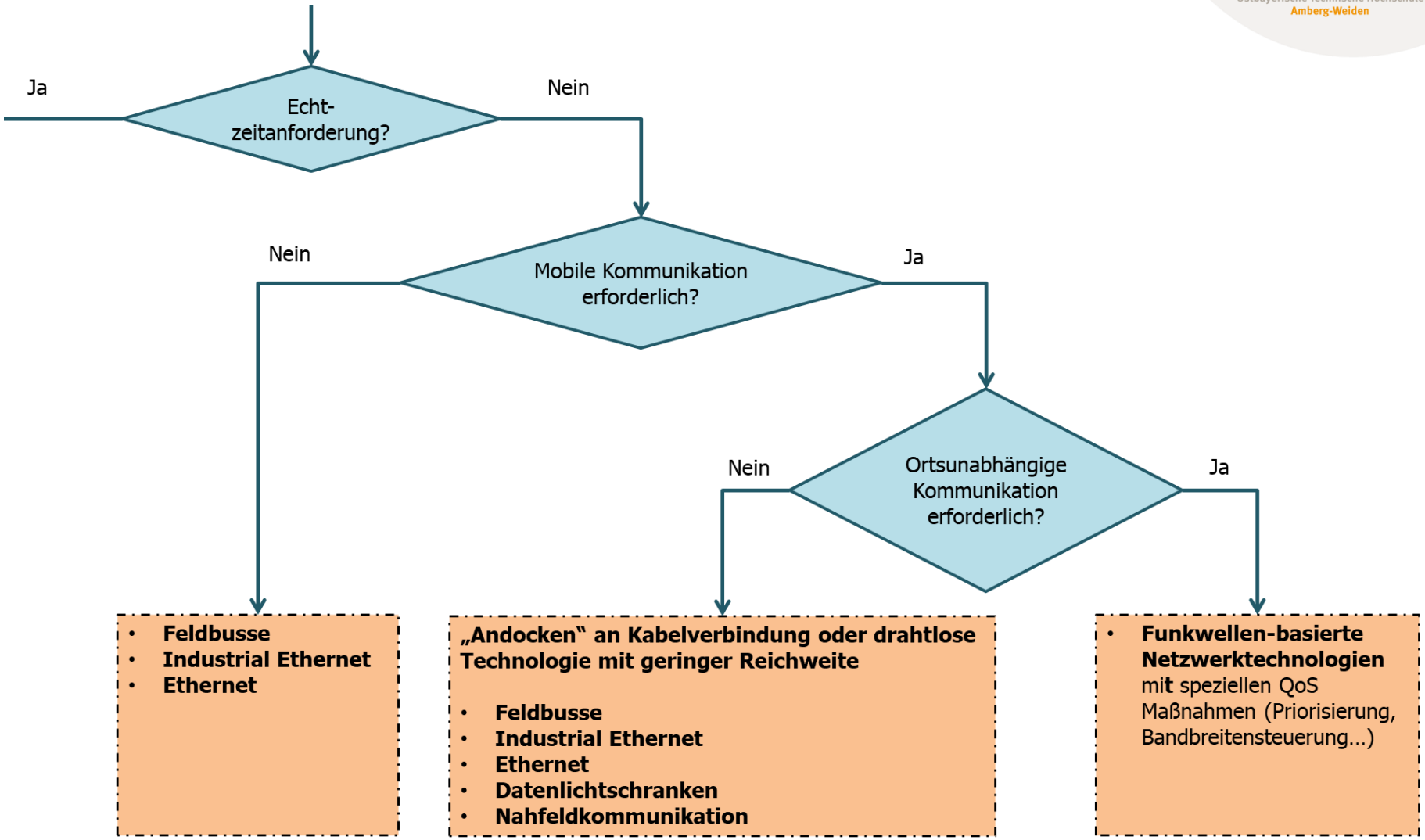
Arten von Netzwerktechnologien

- Kabelgebunden: Ethernet, Industrial Ethernet, Feldbusse
- Kabellos: Funkwellen-basiert, Lichtwellen-basiert, Nahfeldkommunikation

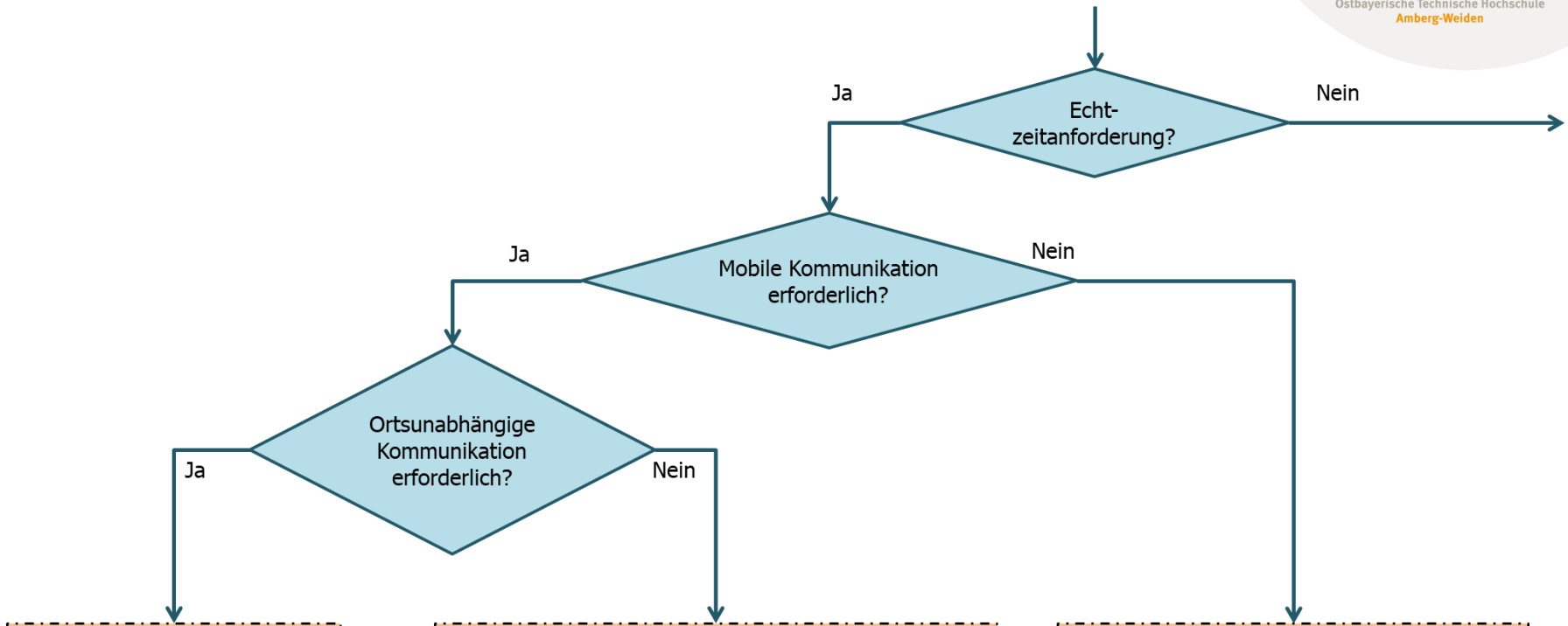
Bewertungskriterien

- Mobilität
- Reichweite
- Umgebungsbedingungen
- Bandbreite
- Echtzeitfähigkeit
- Quality of Service (QoS)
- Kosten
- Kompatibilität
- Energieverbrauch
- Abhörsicherheit

3. Kommunikationstechnik für eine mobile, selbstorganisierende Produktionsanlage



3. Kommunikationstechnik für eine mobile, selbstorganisierende Produktionsanlage



- **Funkwellen-basierte Netzwerktechnologien** mit speziellen QoS Maßnahmen (Priorisierung, Bandbreitensteuerung…)

→ nur für **weiche** Echtzeitanforderungen

„Andocken" an Kabelverbindung oder drahtlose Technologie mit geringer Reichweite

- **Feldbusse**
- **Industrial Ethernet**
- **Datenlichtschranken**
- **Nahfeldkommunikation**

→ Auch für **harte** Echtzeitanforderungen

- **Ethernet** mit speziellen QoS Maßnahmen (Priorisierung, Netzwerkprojektierung,..)

→ nur für **weiche** Echtzeitanforderungen

- **Feldbusse**
- **Industrial Ethernet**

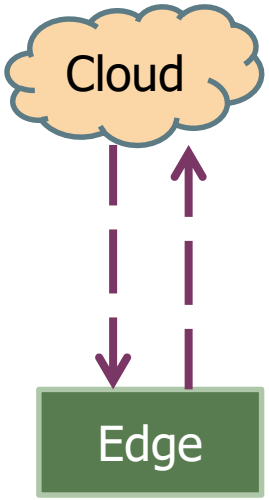
→ Auch für **harte** Echtzeitanforderungen

- **Ethernet mit speziellen QoS Maßnahmen** (Priorisierung, Netzwerkprojektierung,..)

→ nur für **weiche** Echtzeitanforderungen

4. Bandbreitensteuerung – Konzept und prototypische Umsetzung

- Verfügbare Bandbreite und QoS variieren bei Funkwellen-basierten Netzwerktechnologien (Grund: Störeinflüsse auf den Physical Layer)



- Auslastung des Netzwerks und die Mechanismen der höheren Schichten des Netzwerkstacks haben einen Einfluss auf die QoS und die Verteilung der Bandbreite

➢ Verfügbare Bandbreite zu jedem Zeitpunkt optimal ausnutzen

➢ Datenverarbeitung bei guter Bandbreite in der Cloud und bei schlechter Bandbreite in der Edge

➢ Messung und Auswertung von Bandbreite und QoS

➢ Ausblick: Korrelation mit weiteren Daten (z.B. Position)

→ Bandbreitenvorhersage

➢ Verwendung geeigneter Netzwerkprotokolle

➢ Traffic Control Maßnahmen zur Priorisierung von Datenströmen bei IP-basierter Datenübertragung

4. Bandbreitensteuerung – Konzept und prototypische Umsetzung

Plattform für die Messung von Bandbreite und QoS einer Netzwerkverbindung

- Lauffähig unter Linux
- Bestehend aus User-Space-Programmen:
  - Software für Messung und Protokollierung von Bandbreite und QoS
  - Programme für die Übertragung von Dummy-Daten
- Unabhängig von Netzwerktechnologie verwendbar, solange das IP-Protokoll verwendet wird
- Hochflexibel anwendbar

Kategorie der zu übertragenden Daten	**Zu ermittelnde QoS-Parameter**
RT (Real-Time)	Paketverlustrate, Latenzzeit, Datenrate
BE (Best-Effort)	Datenrate

4. Bandbreitensteuerung – Konzept und prototypische Umsetzung

Software für Messung und Protokollierung von Bandbreite und QoS

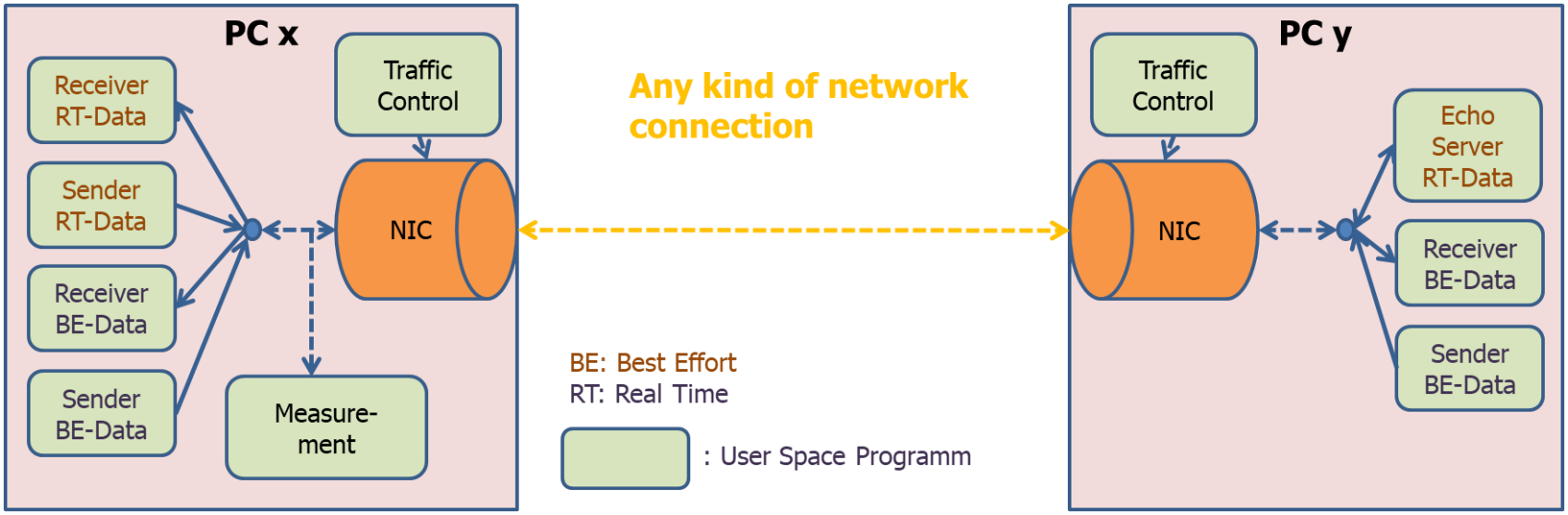
- Mitschneiden des gesamter/ Teil des Datenverkehrs einer Netzwerkschnittstelle
- Zuordnung der Pakete zu den Prozessen, die diese per TCP-IP oder UDP-IP übertragen
- Messung und Anzeige der aktuellen Datenrate
- Protokollierung des Datenverkehrs (Zeitstempel, Anzahl Bytes, Paketnummer…)
- Zykluszeit 1 ms

Programme für die Übertragung von Dummy-Daten

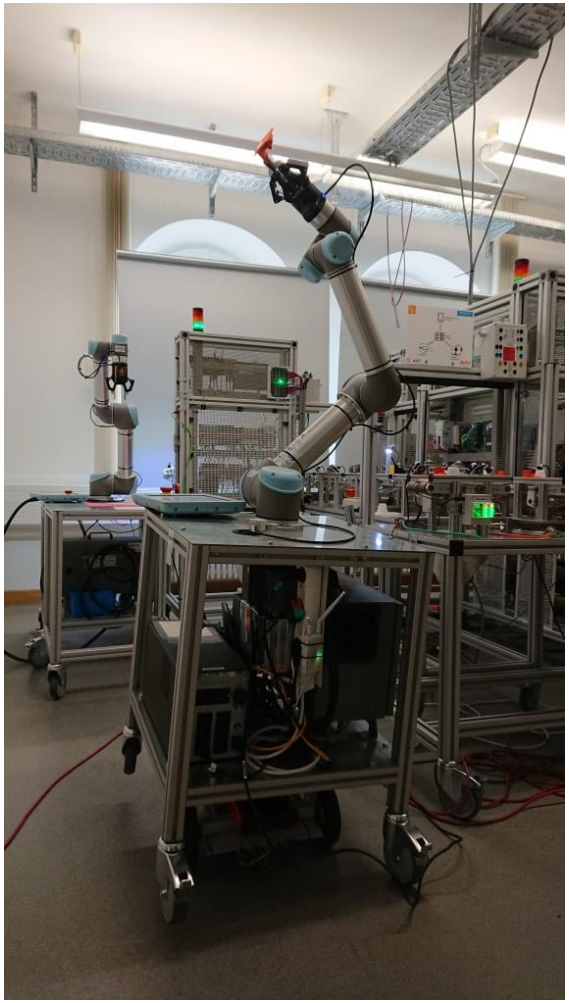
- Zyklische Übertragung nummerierter Pakete (RT-Daten) via UDP
- Azyklische Übertragung von Best-Effort-Daten via TCP
- Parametrierbar z.B. Zykluszeit, Paketgröße, Priorität (für Traffic Shaping), Zieladresse, Portnummern

4. Bandbreitensteuerung – Konzept und prototypische Umsetzung

Aufbau für Messungen mit zwei Kommunikationsteilnehmern:



4. Bandbreitensteuerung – Konzept und prototypische Umsetzung



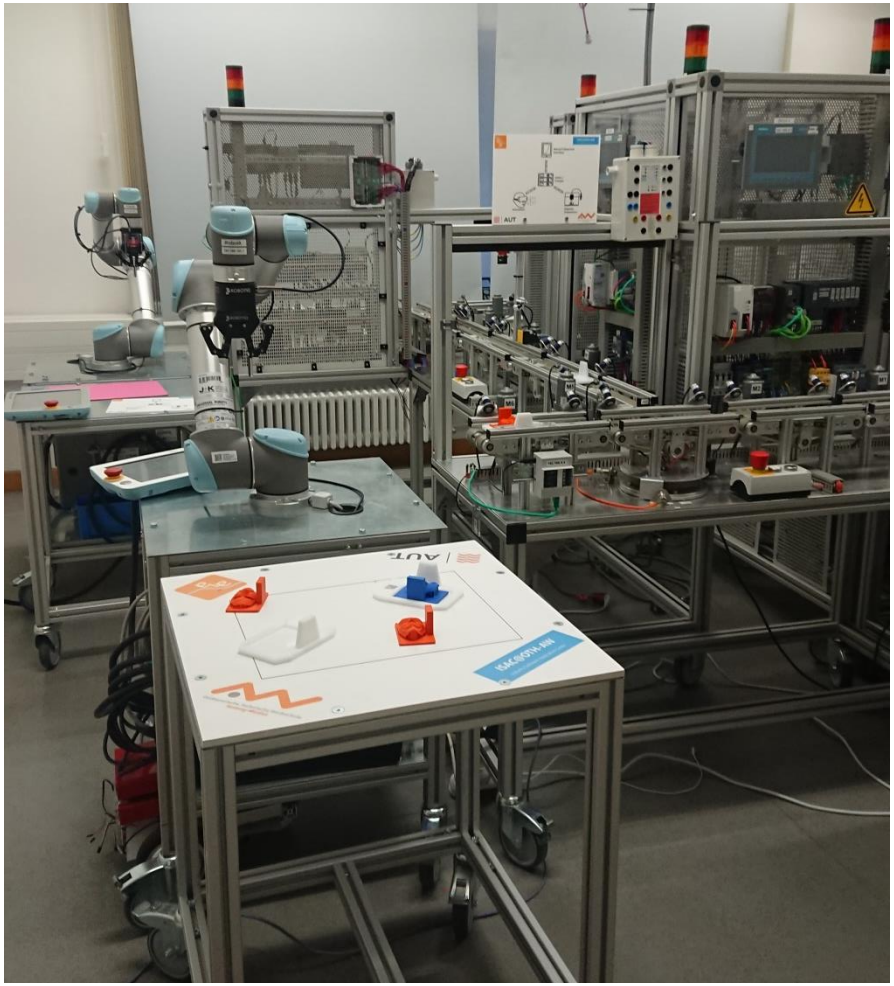
5. Fazit und Ausblick

- Cloud Computing bietet Möglichkeiten, stellt allerdings Anforderungen an die Kommunikationstechnik, die nicht immer erfüllbar sind

- Ortsunabhängige Kommunikation lässt sich nur mit Funkwellen-basierten Netzwerktechnologien realisieren, die anfällig gegenüber äußeren Einflüssen auf die Bitübertragungsschicht sind
  - Steuerungsfunktionen mit harten Echtzeitanforderungen sollten nicht ausgelagert werden
  - Mithilfe des Konzeptes einer Bandbreitensteuerung lässt sich die aktuell zur Verfügung stehende Bandbreite in einem Netzwerk optimal ausnutzen
  - Im Rahmen der Masterarbeit wurden Teile des Konzeptes der Bandbreitensteuerung prototypisch umgesetzt

- Ausblick:
  - Weitere Messungen zur Bestimmung der Robustheit von Netzwerken (WLAN, 5G …)
  - Bandbreitenvorhersage durch Korrelation mit weiteren Daten
  - Einsatz von KI-Methoden für Optimierung

6. Live-Vorführung



Link zum Video der Livevorführung:

www.aut-oth.de

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!

Kontakt Arbeitsgruppe AUT
Prof. Dr. Schmidt: hp.schmidt@oth-aw.de