

# ABSTRAKTION VERTEILTER PRODUKTIONSMASCHINEN IN CPPS

Diplomarbeit - Verteidigung

---

Peter Heisig

7. Dezember 2016

[phdd.github.io/diplom/presentation.html](http://phdd.github.io/diplom/presentation.html)

# ROADMAP

Einleitung

Forschungsstand

Konzeption

Implementation

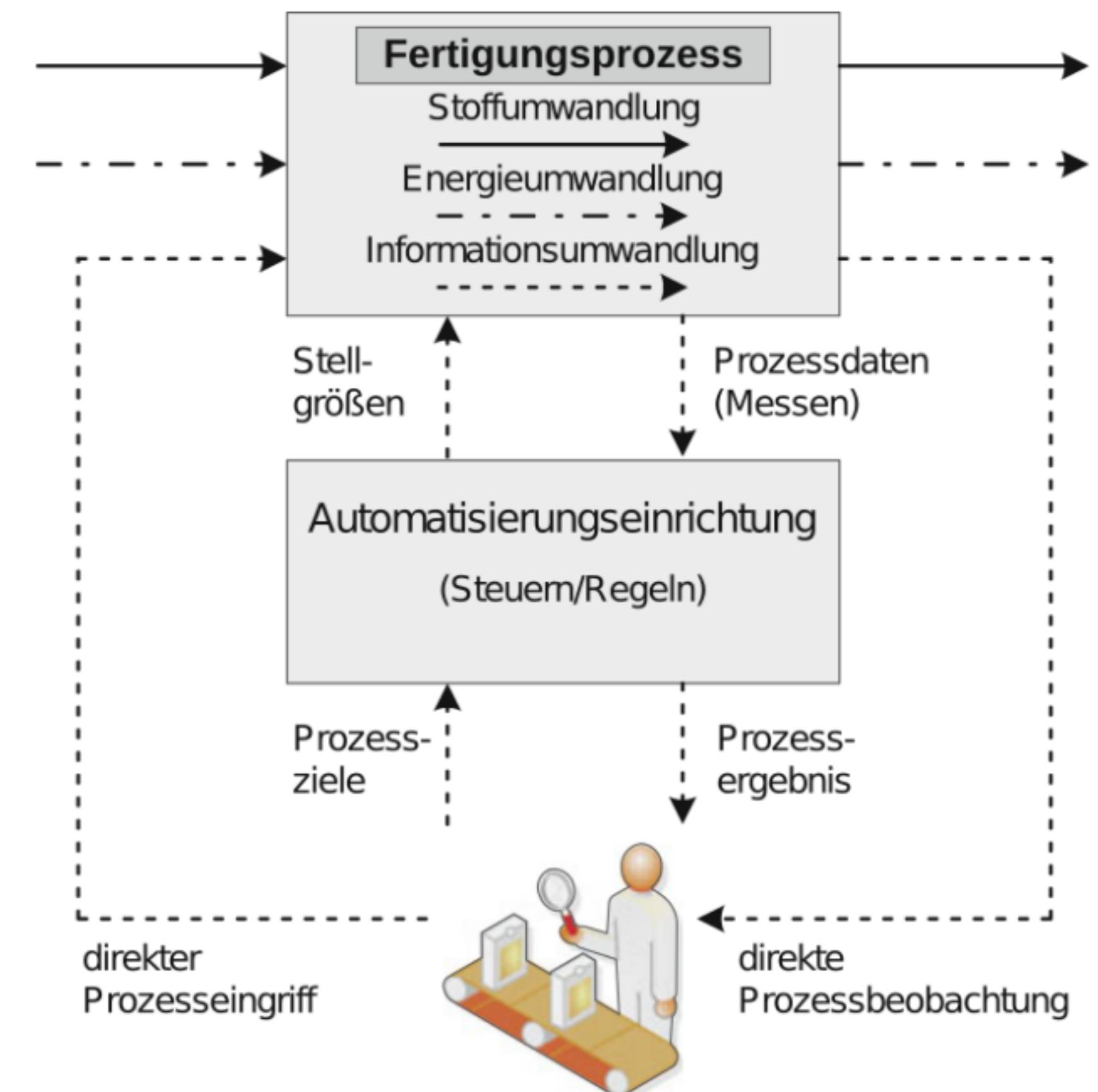
Evaluation

Ausblick

# EINLEITUNG

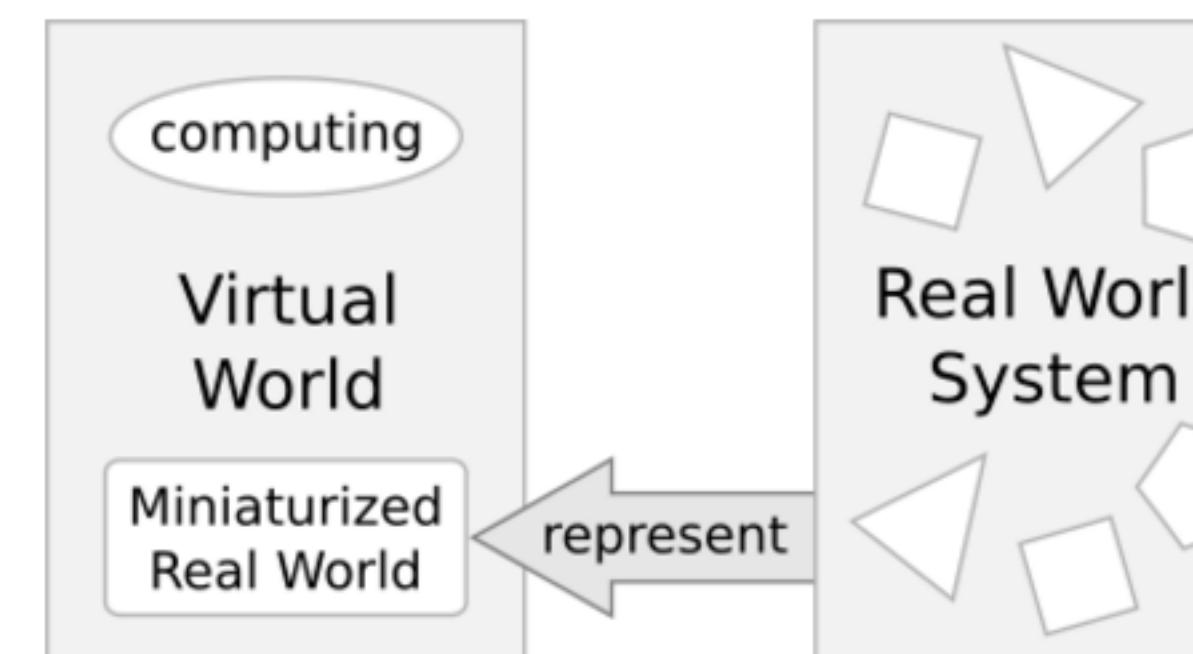
# FERTIGUNG UND AUTOMATISIERUNG

aus [1], von Wikipedia-Nutzer UlrichAAB



# CYBER-PHYSISCHE SYSTEME

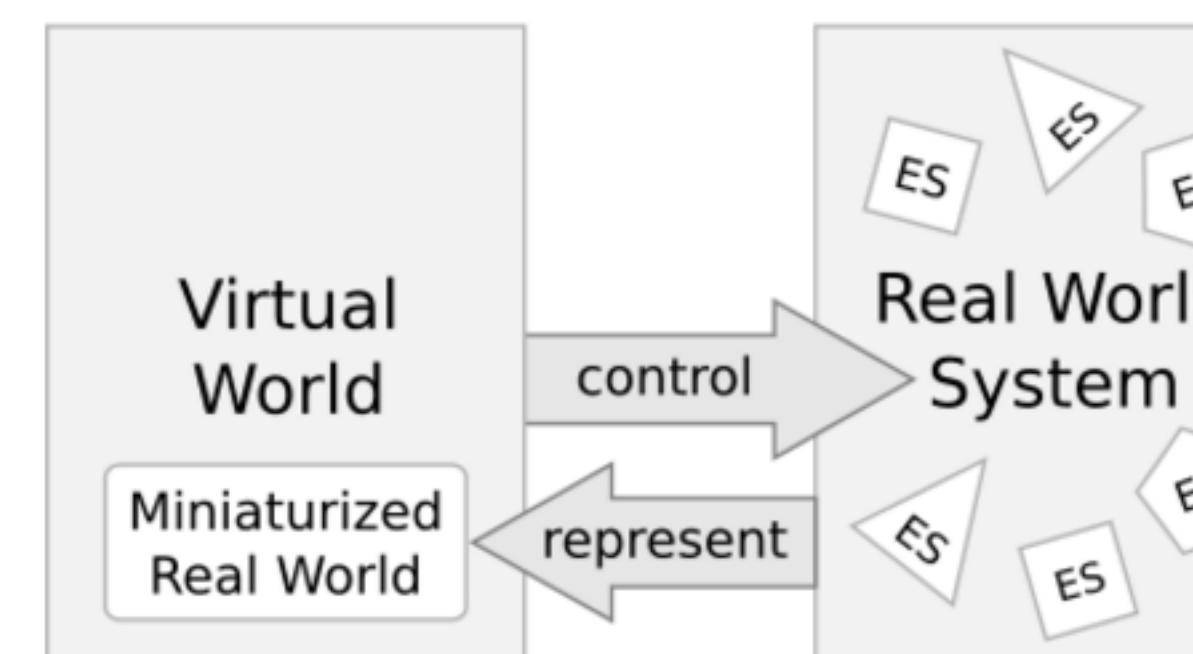
aus Vortrag *Life with Cyber-Physical Systems* von Prof. Dr. Uwe Aßmann, [2]



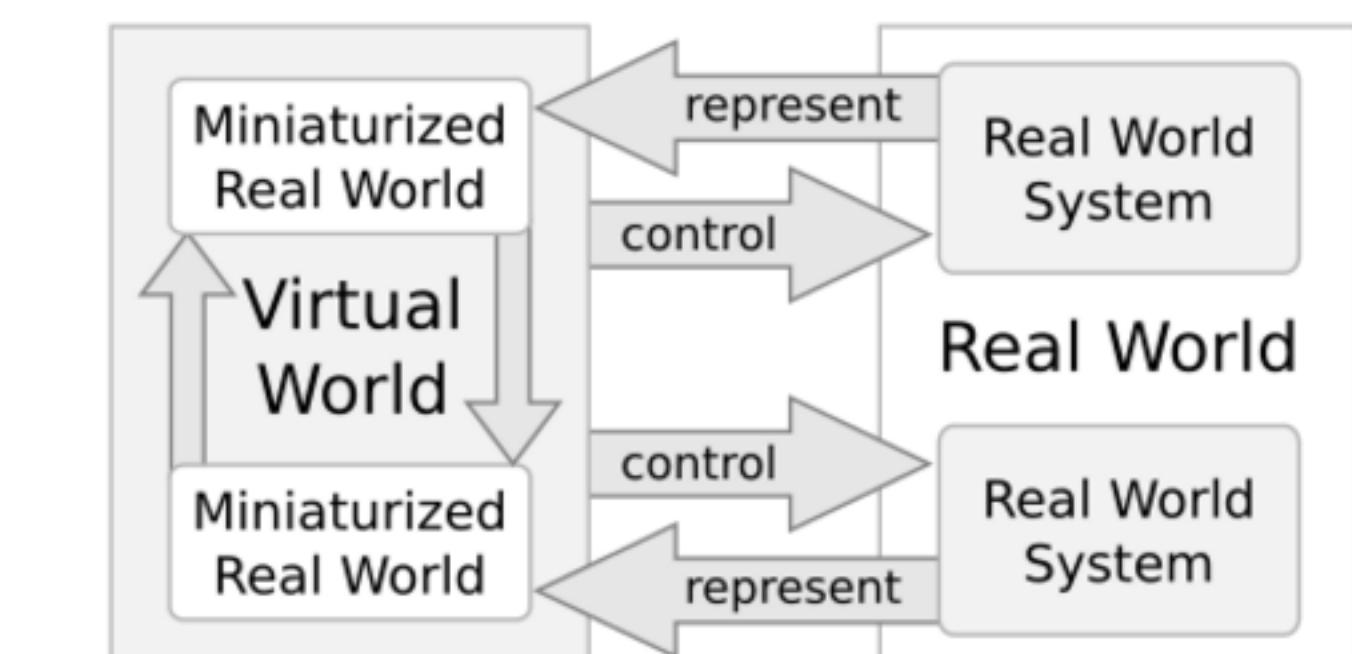
a) konventionelles Computing



b) Eingebettete Systeme



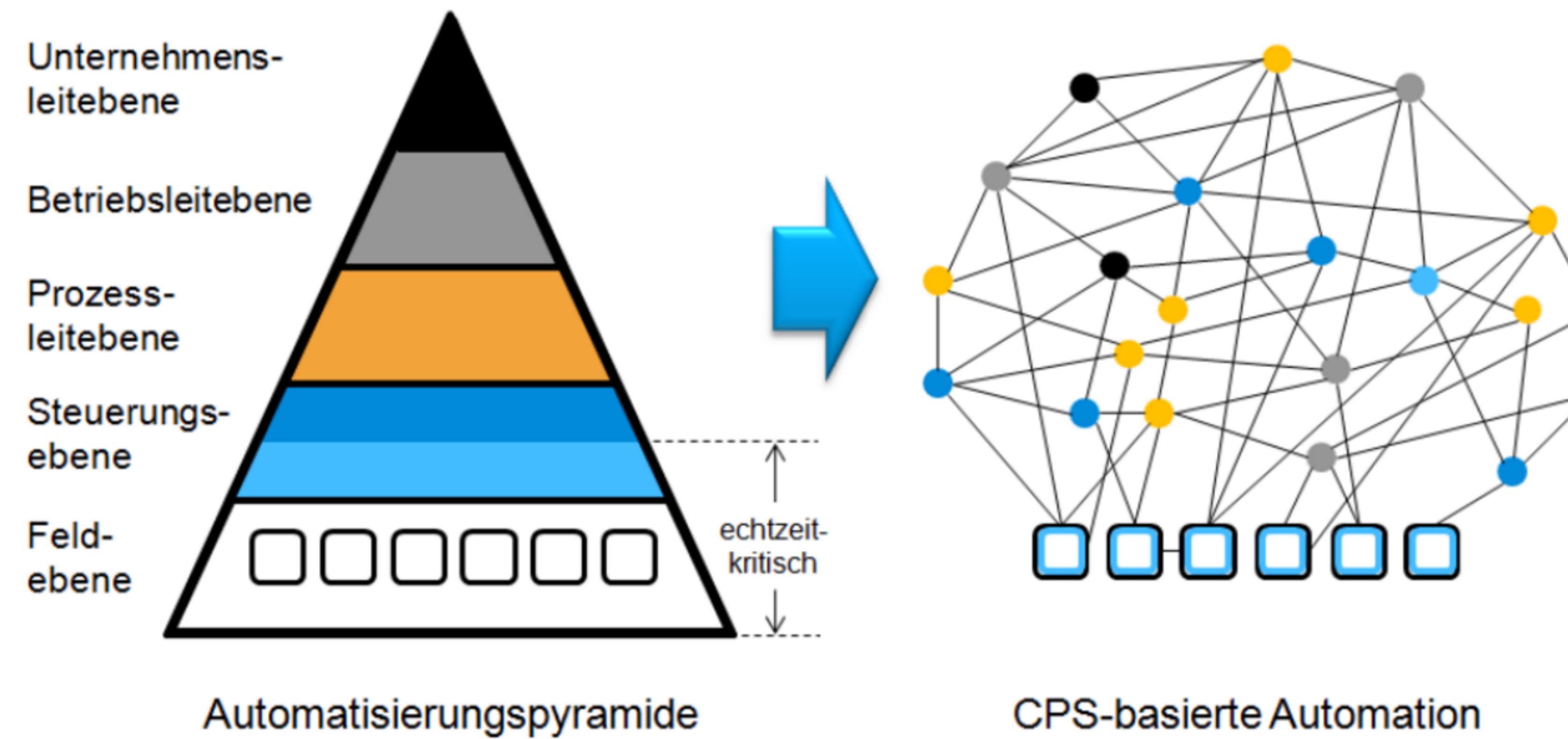
c) cyber-physische Systeme



c) Systeme aus CPS

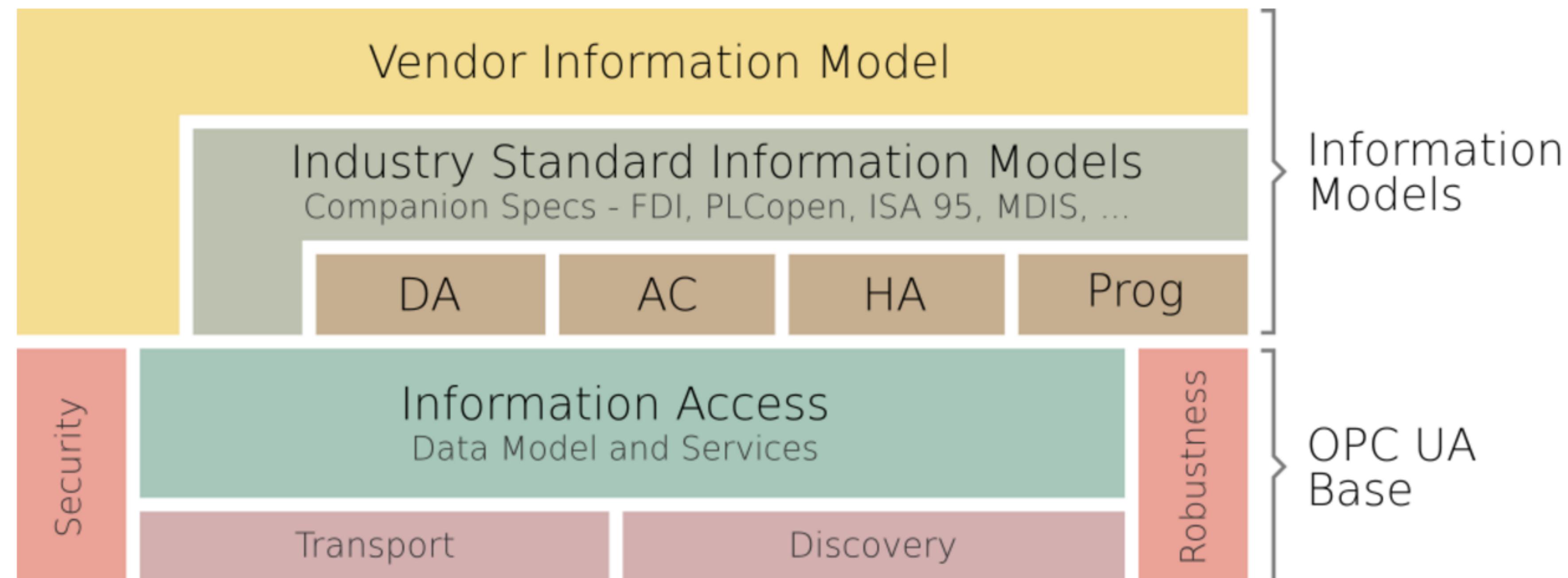
# CYBER-PHYSISCHE SYSTEME

aus Vortrag *Life with Cyber-Physical Systems* von Prof. Dr. Uwe Aßmann, [2]



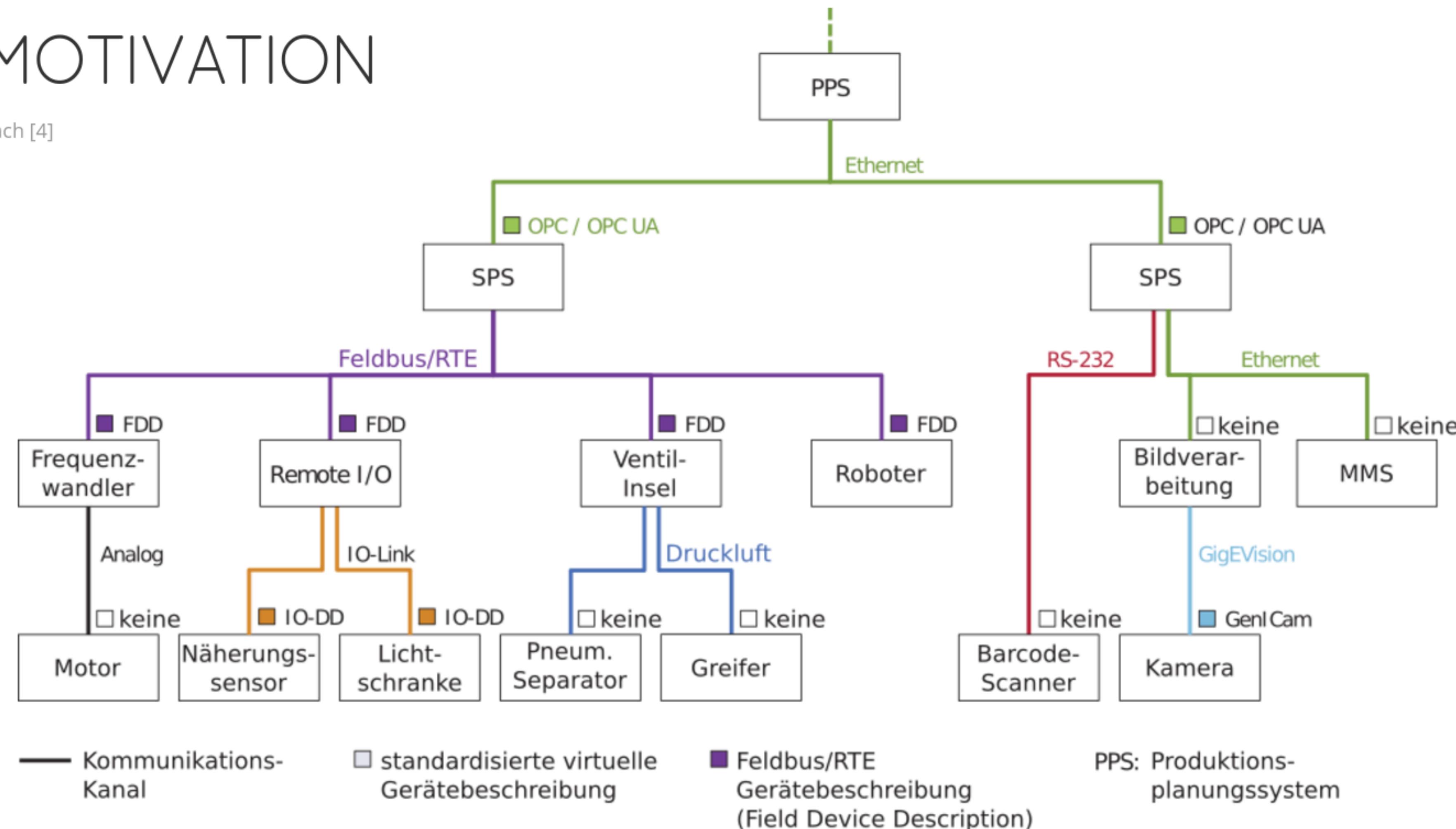
# OPC UNIFIED ARCHITECTURE

nach [3]



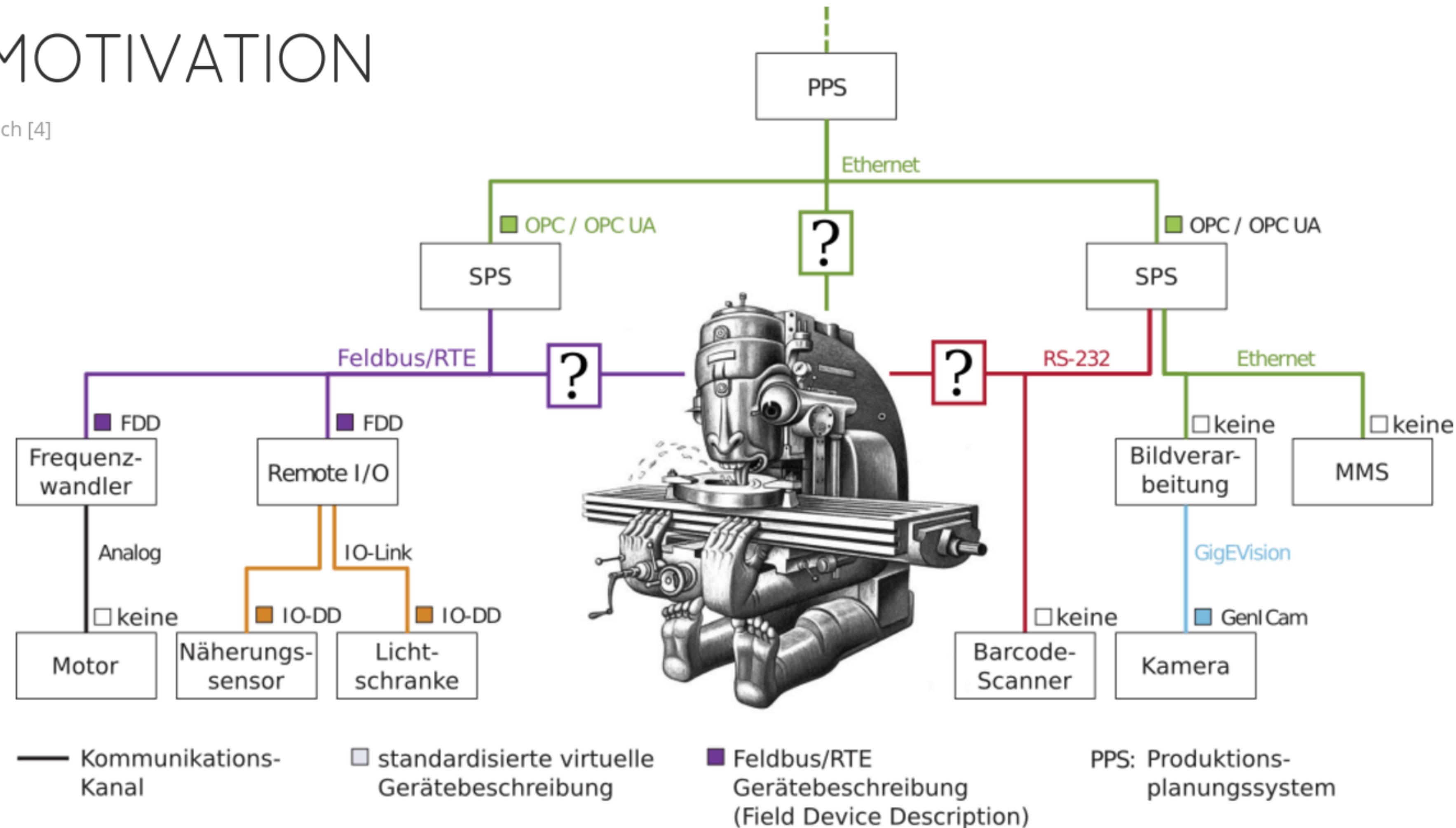
## MOTIVATION

nach [4]



# MOTIVATION

nach [4]



# FORSCHUNGSFRAGEN

Welchen softwaretechnologischen Konzepten muss die Modernisierung und der infrastrukturelle Kontext einer Altmaschine unterliegen, um eine ganzheitliche Integration in CPPS gewährleisten zu können?

## FORSCHUNGSFRAGEN

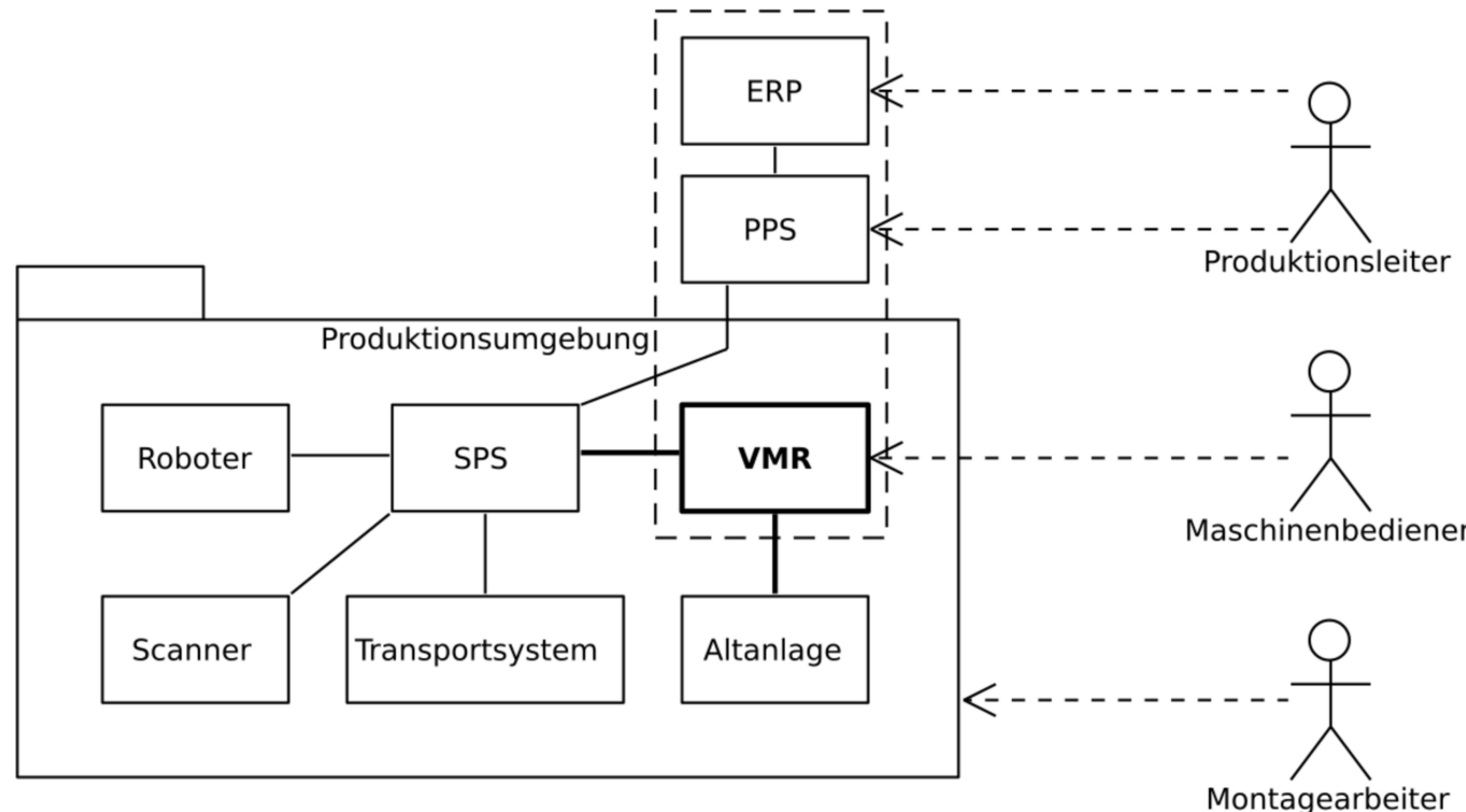
1. Welche System- und **Softwarearchitektur** ist für die Steuerung und Überwachung veralteter Maschinen im Kontext von CPPS geeignet?
2. Wie und wo werden **Informationen zur Maschine** erfasst, verarbeitet, persistiert und Fremdsystemen zur Verfügung gestellt?
3. Welche **standardisierten Protokolle** und Datenstrukturen eignen sich für Kommunikation in einem CPPS?

# FORSCHUNGSSTAND

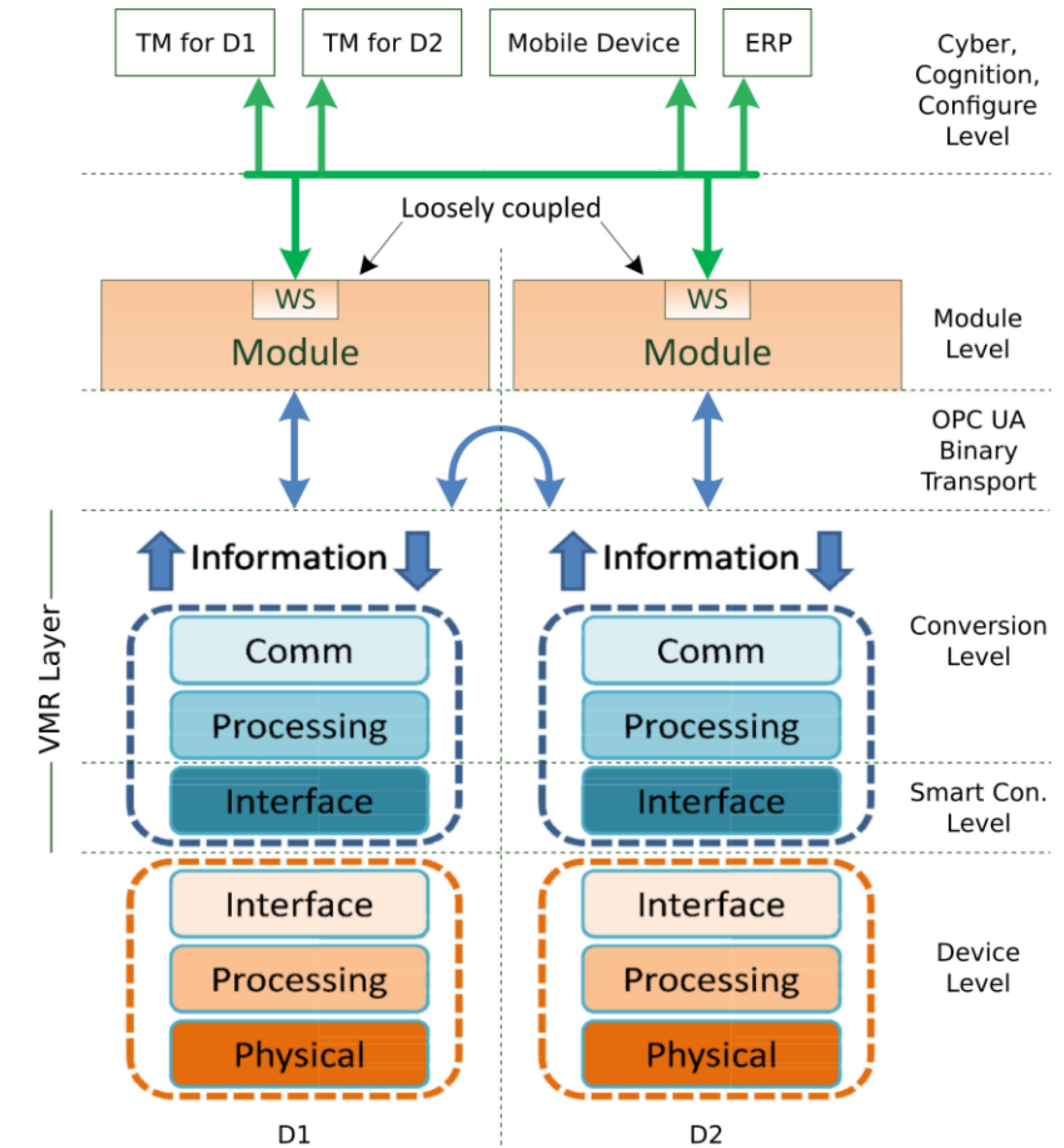


KONZEPTION

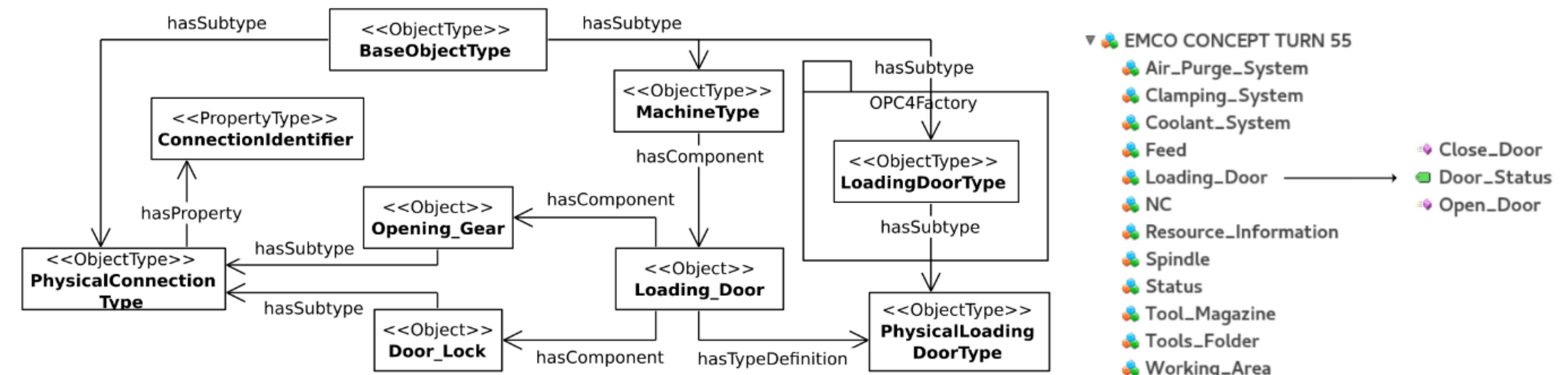
# SYSTEMKONTEXT



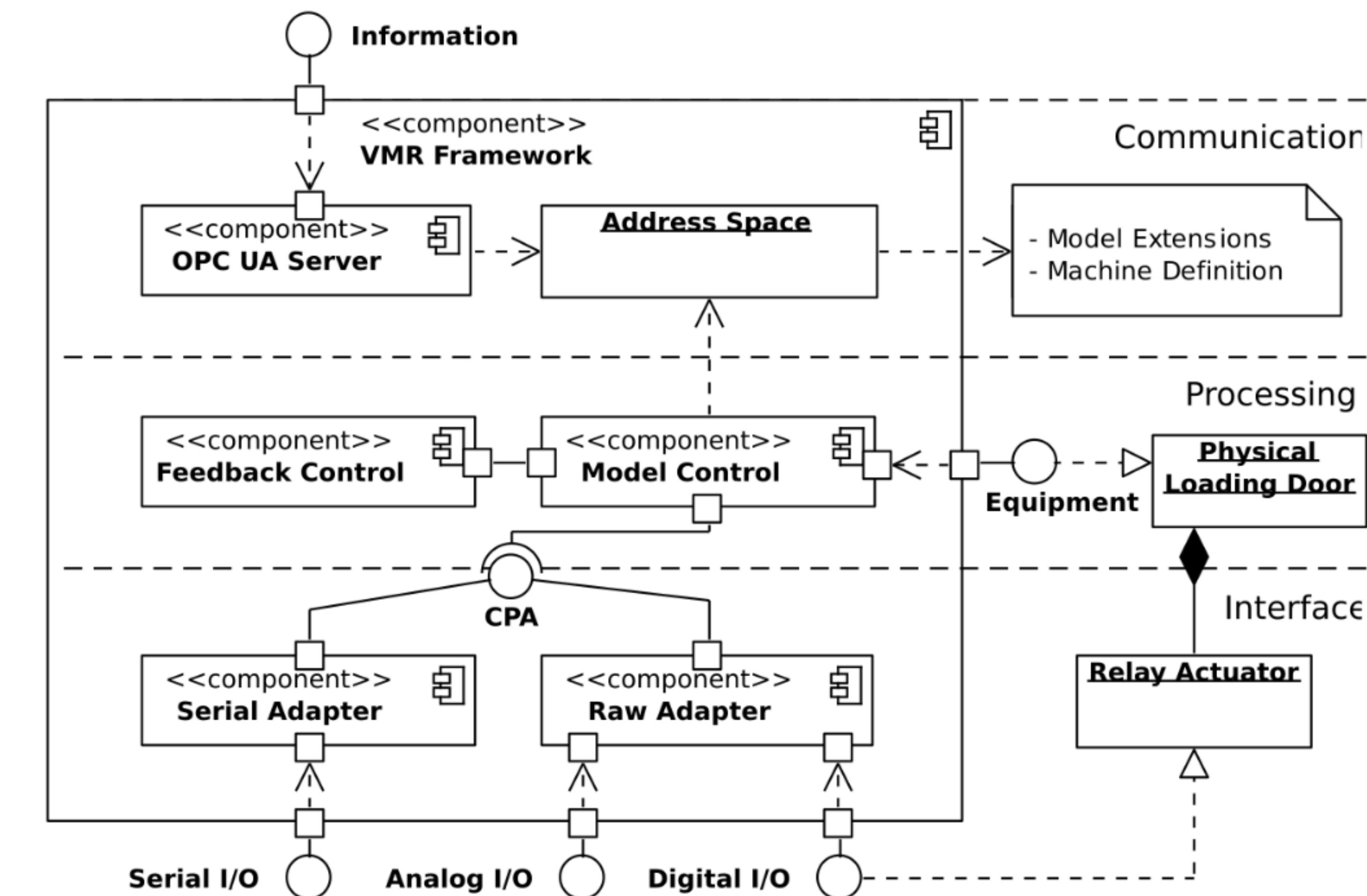
# VMR



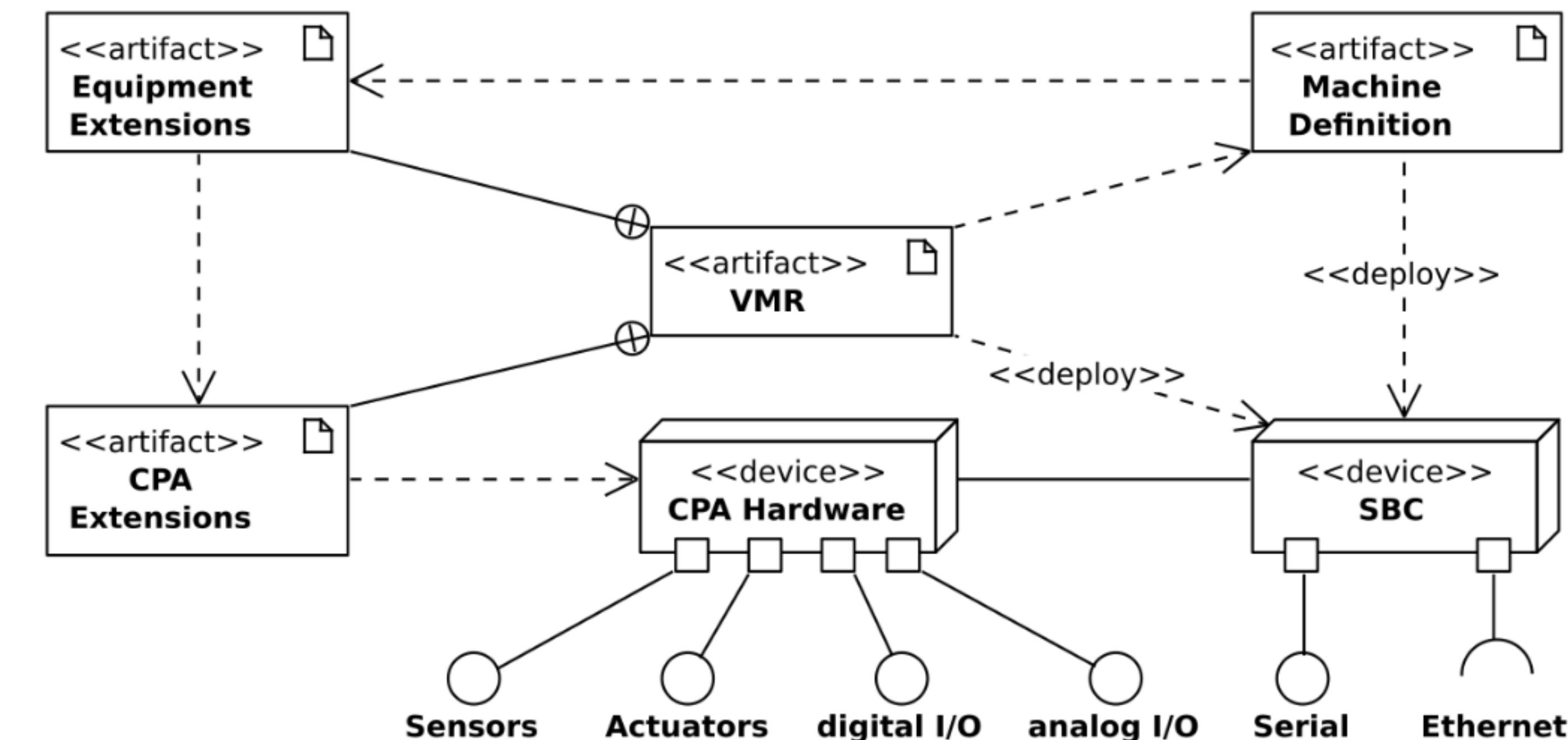
# MASCHINENDEFINITION



# FRAMEWORK



# VERTEILUNG



# IMPLEMENTATION

# KOMPONENTEN

Einplatinencomputer (SBC)      Raspberry Pi 3 Model B

---

Antriebssteuerung (Serial)      Smoothieboard 4XC

---

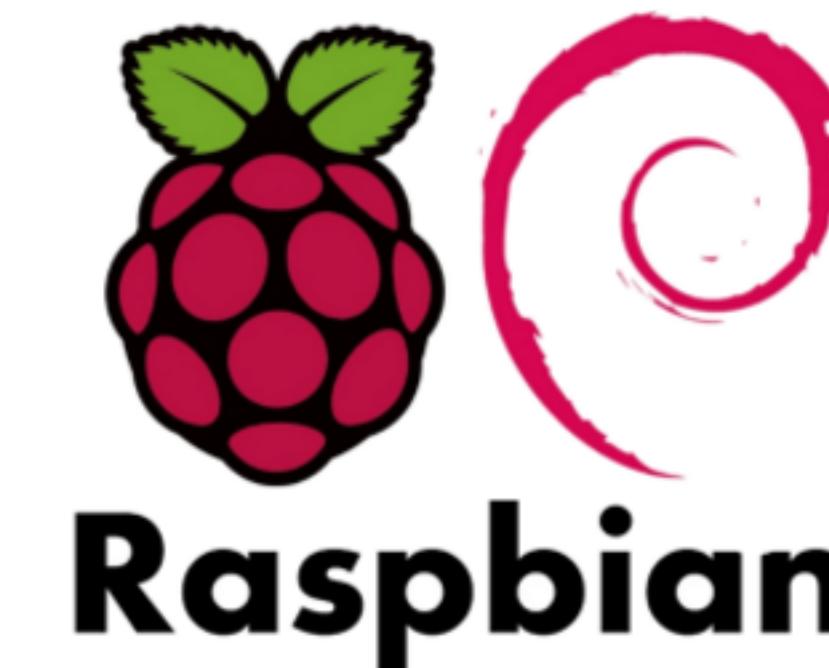
cyber-physischer Adapter      GrovePi

---

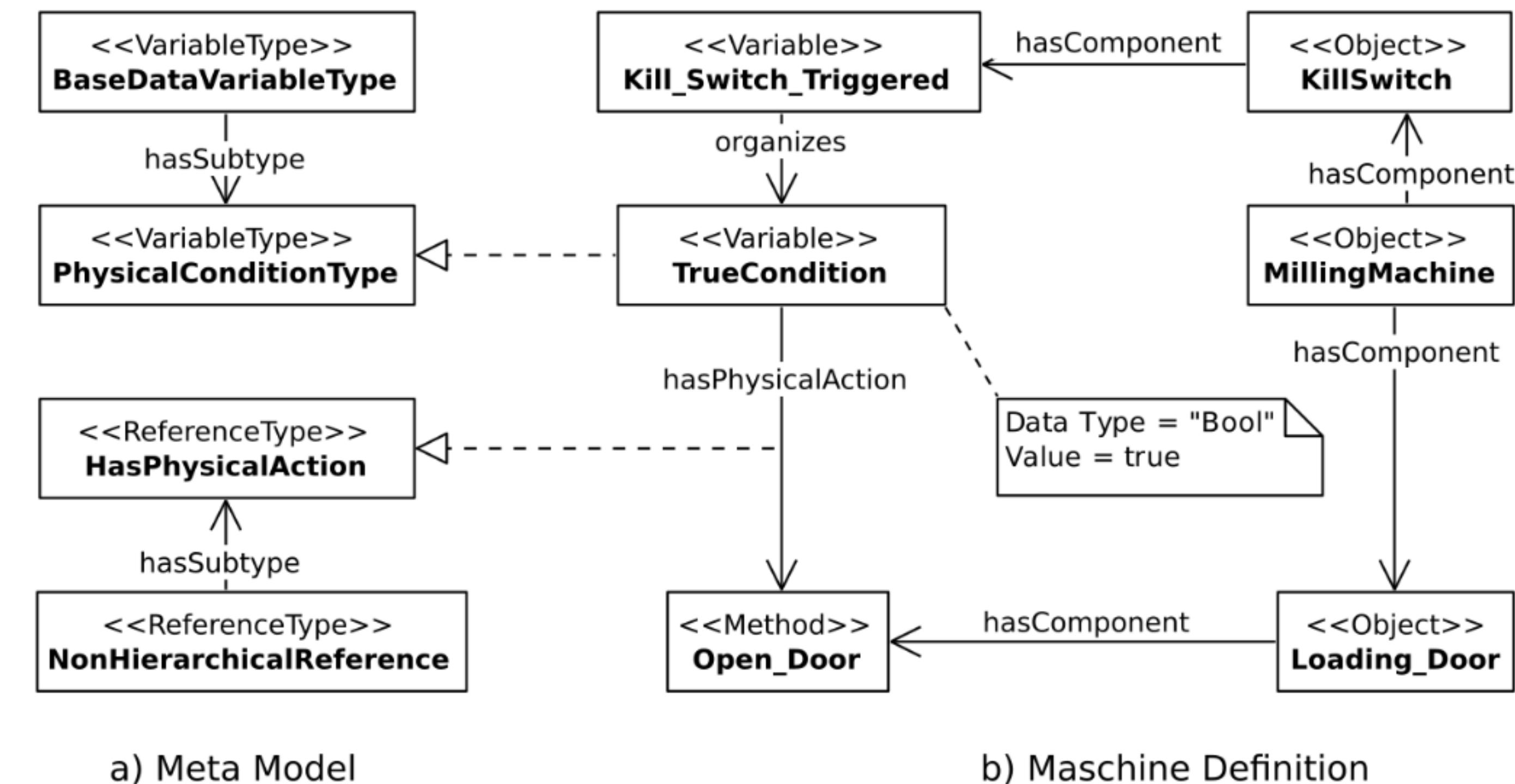
Temperatursensor      Grove - Temperatur- und  
Luftfeuchtigkeitssensor

---

Verriegelungsrelais      Grove - Relay



# DEMONSTRATION



a) Meta Model

b) Maschine Definition

# EVALUATION

# VERGLEICH ZUM FORSCHUNGSSTAND

- Moctezuma et al. 2012 [5]
  - Dreischichtarchitektur für lokale Datenverarbeitung
  - Standardisierte Kommunikation durch OPC UA
- Dürkop et al. 2014 [6]
  - Web-Services zur vertikalen Integration
  - Kommunikation zwischen Modulen erlaubt
- Ayatollahi et al. 2012 [7]
  - Erweiterung des OPC UA Modells für CPPS
  - Regeln für Autonomie im Informationsmodell
- Lee et al. 2015 [8]
  - VMR in 5C-Schichten für CPPS integriert
  - lokales Adaptivitätskonzept konkretisiert
- Einplatinencomputer als Integrationshardware

## ERGEBNISSE

- Retrofitting bedarf geschichteter System-/Softwarearchitektur
- Maschinenrepräsentant
  - wandelt Daten in Informationen
  - abstrahiert Steuerung
- Rückkopplung für teilautonome Handlung und Adaption
- horizontale Kommunikation durch Standardisierung mit OPC UA
- Service-orientierte Architektur für vertikale Integration mit DPWS
- Datenverarbeitung/-persistenz nahe der Maschine für Hierarchisierung
- cyber-physische Hardwareadapter bilden Schnittstelle

## IMPLIKATIONEN

- nahtlose Integration von Altanlagen
  - horizontal: OPC Unified Architecture
  - vertikal: Web-Services mit DPWS
- Steuerung/Überwachung ortsunabhängig & durch Subsysteme mgl.
- Minderung manueller Tätigkeiten ⇒ Beschleunigung der Produktion
- zentrale Auswertung von Betriebs- & Prozessinformationen
- Hierarchisierung von Datenverarbeitung und Persistenz
- Verbesserung von Skalierbarkeit & Rekonfiguration
- einheitliche Modellierung von Anlagenstruktur & Rückkopplung
- kostengünstige Modernisierung durch Einplatinencomputer

## AUSBLICK

- komplexe Regeln zur Rückkopplung
- externe Rückkopplung auf Cyber-Ebene der 5C-Architektur [8]
- cyber-phys. Workflows & PROtEUS für Produktionssteuerung [10]
- OPC UA & DPWS mit gemeinsamen Modell [11]
- MDSD und UML für gemeinsame Modelle [12]
- Modernisierung von Werkzeugmaschinen mit STEP-NC [13, 14]
- OPC UA und Echtzeit mit Time Sensitive Networking
- Nutzungsschnittstellen und Interaktion [15]

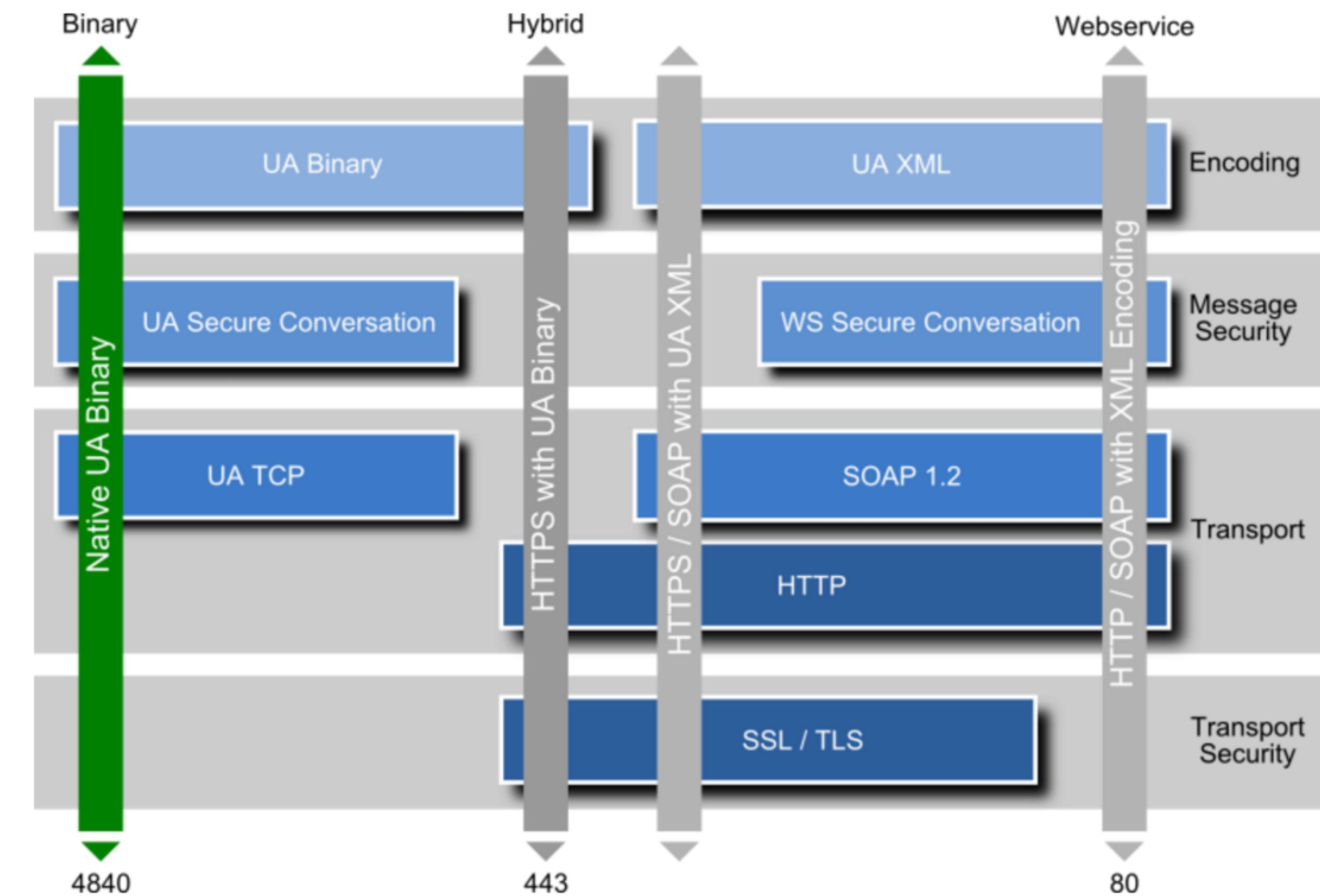
THAT'SIT.  
QUESTIONS?

✉ peter.heisig@tu-dresden.de

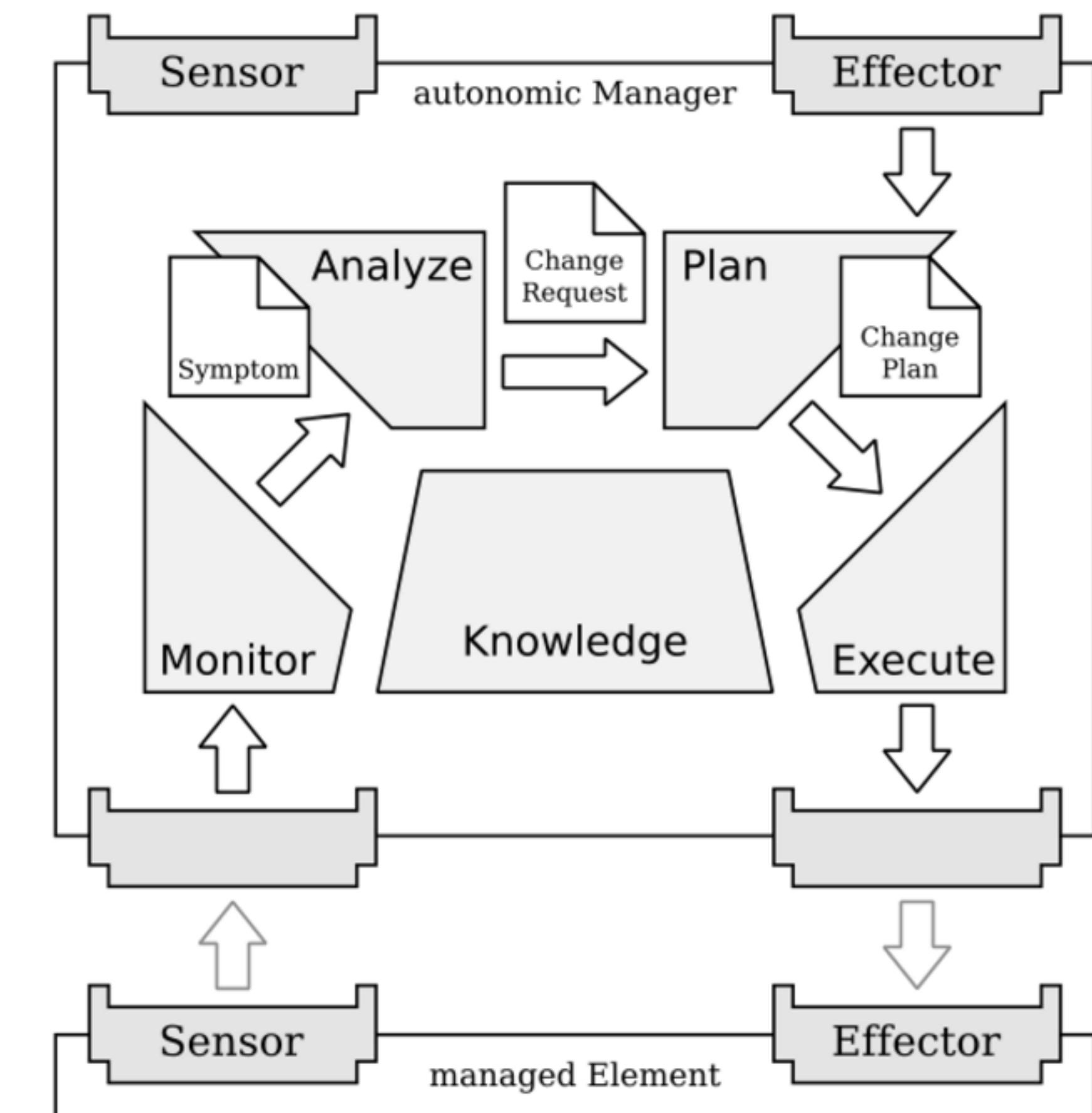
🐱 [github.com/phdd/diplom](https://github.com/phdd/diplom)



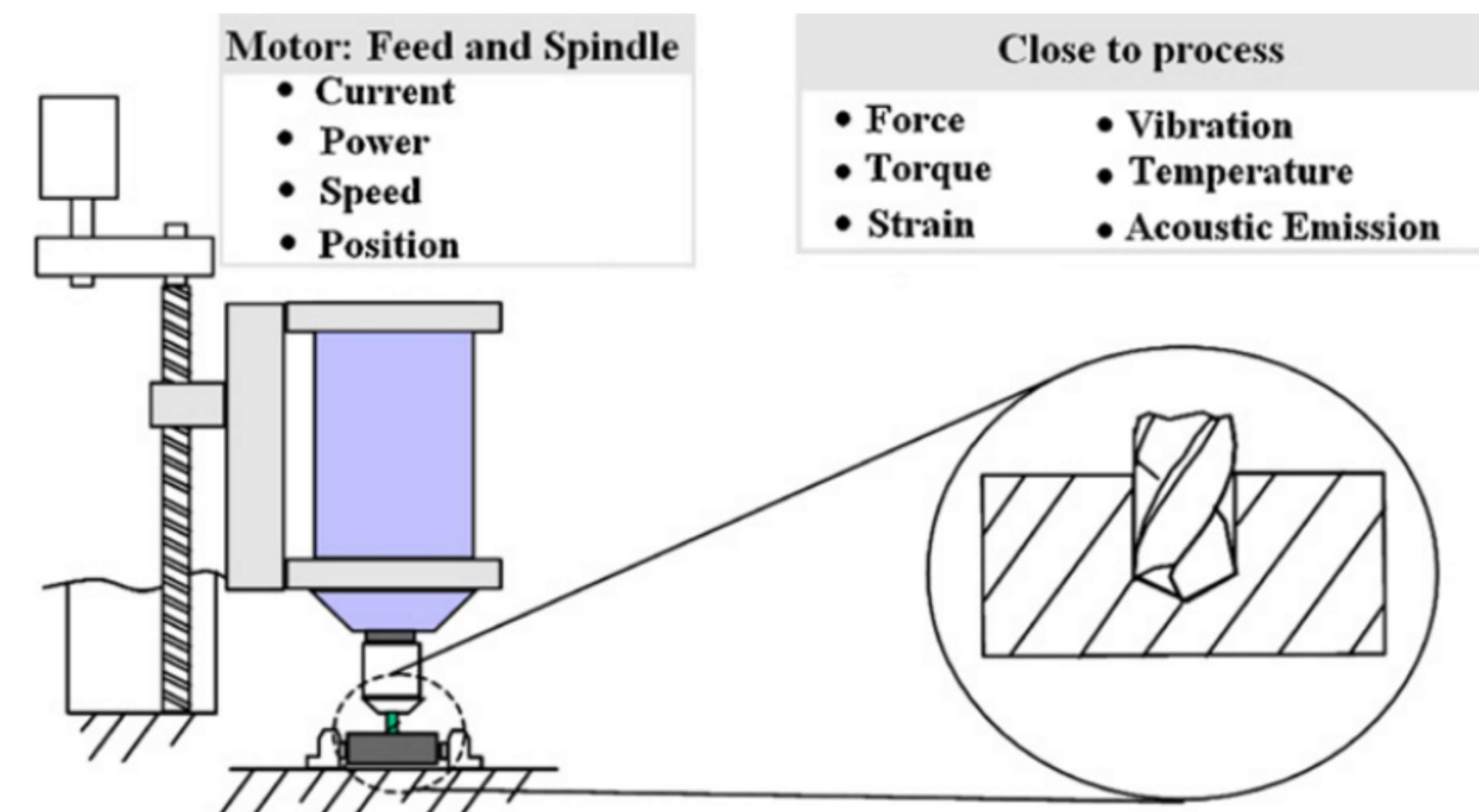
# OPC UA TRANSPORTVARIANTEN



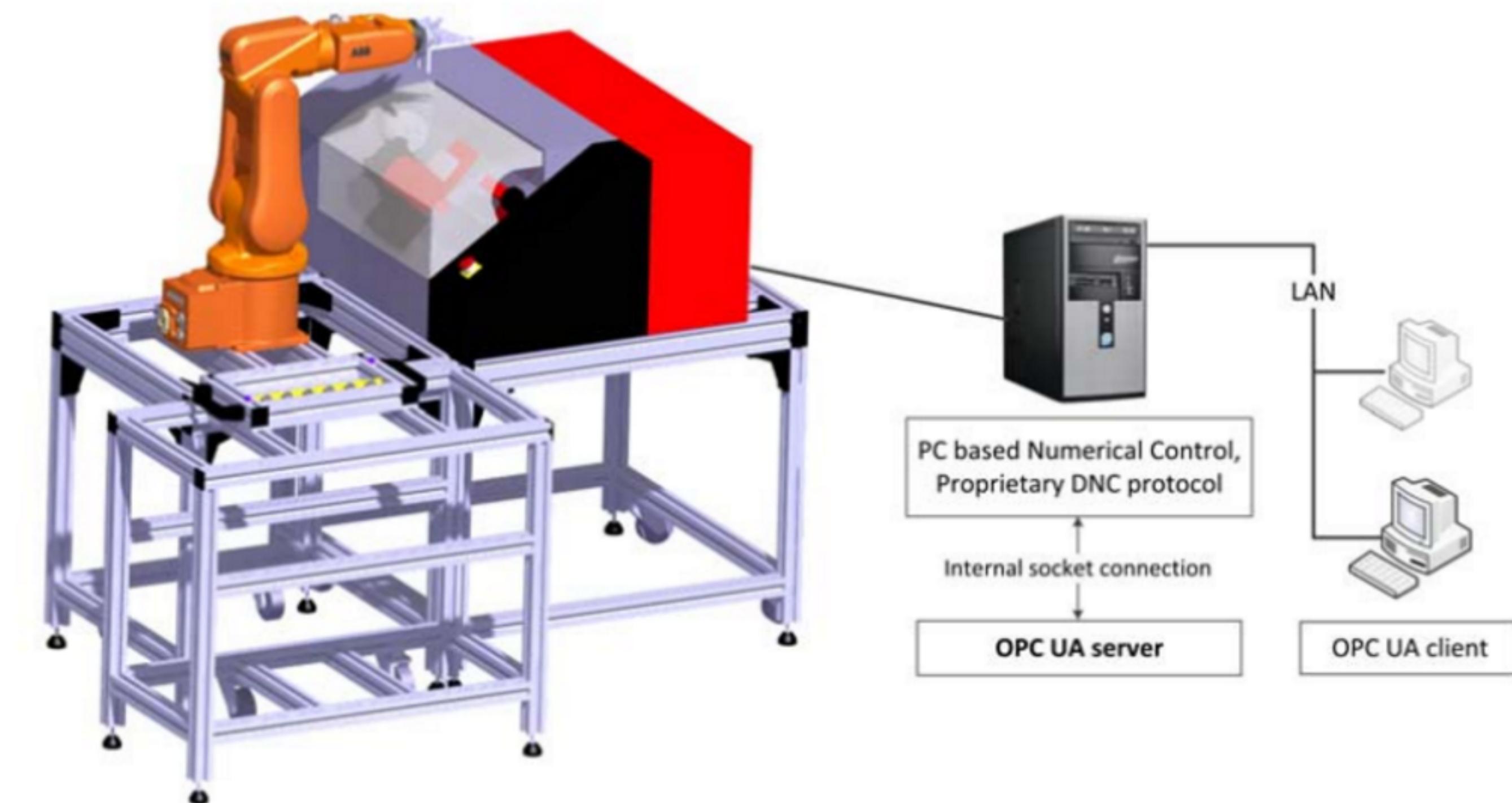
# MAPE-K KONTROLLSCHLEIFE



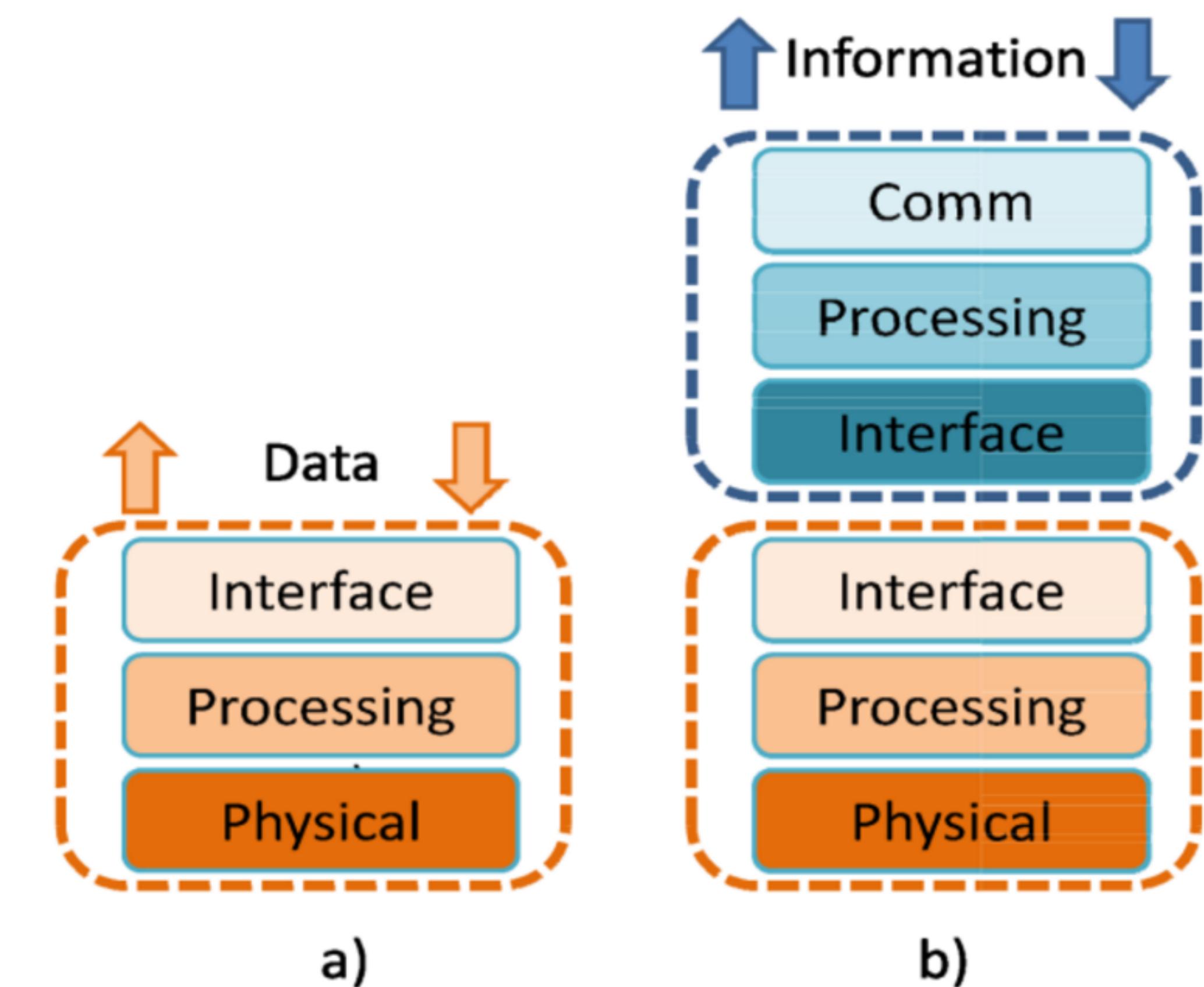
# MASCHINENÜBERWACHUNG



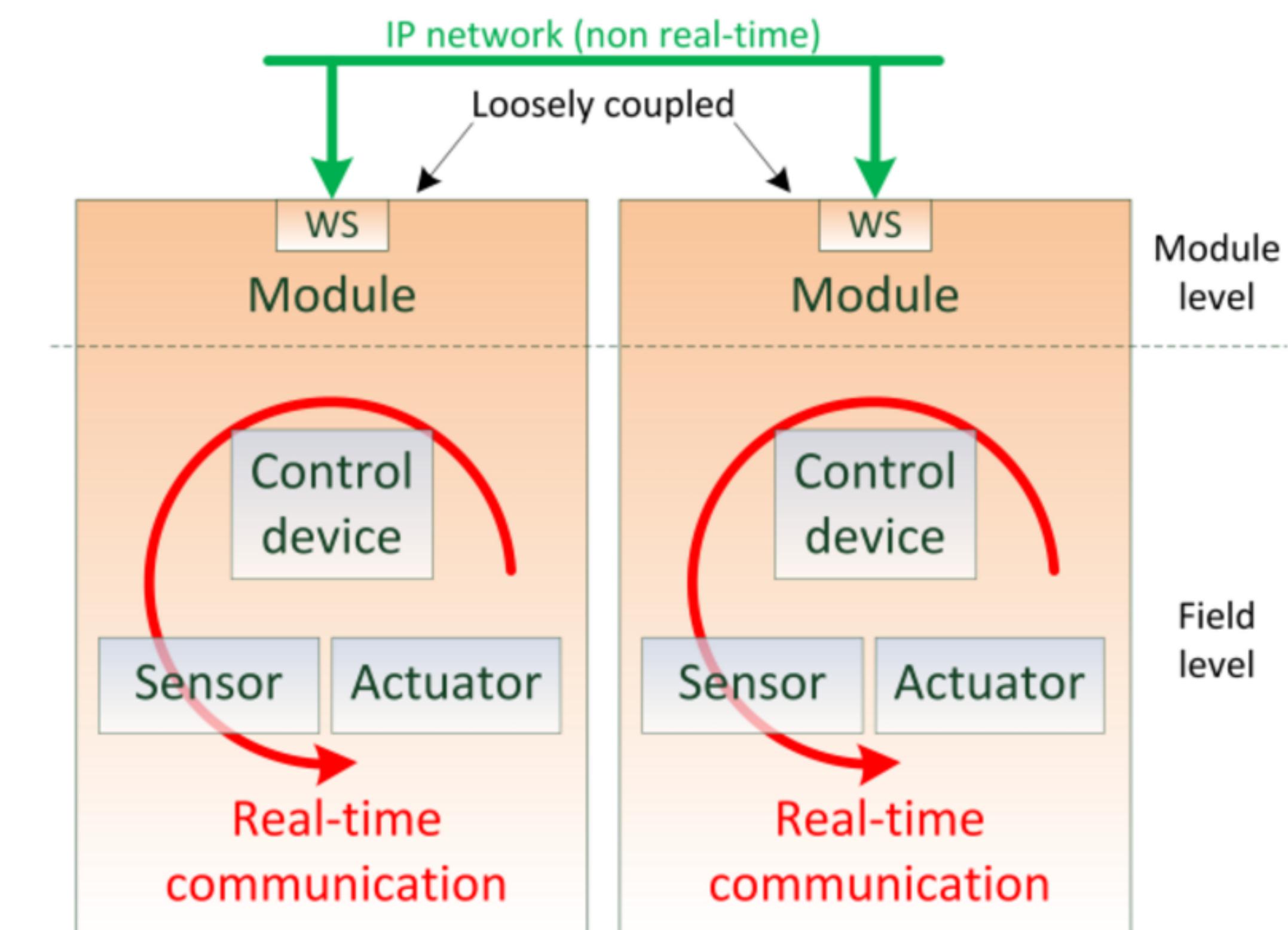
# FFZ DES IFT WIEN



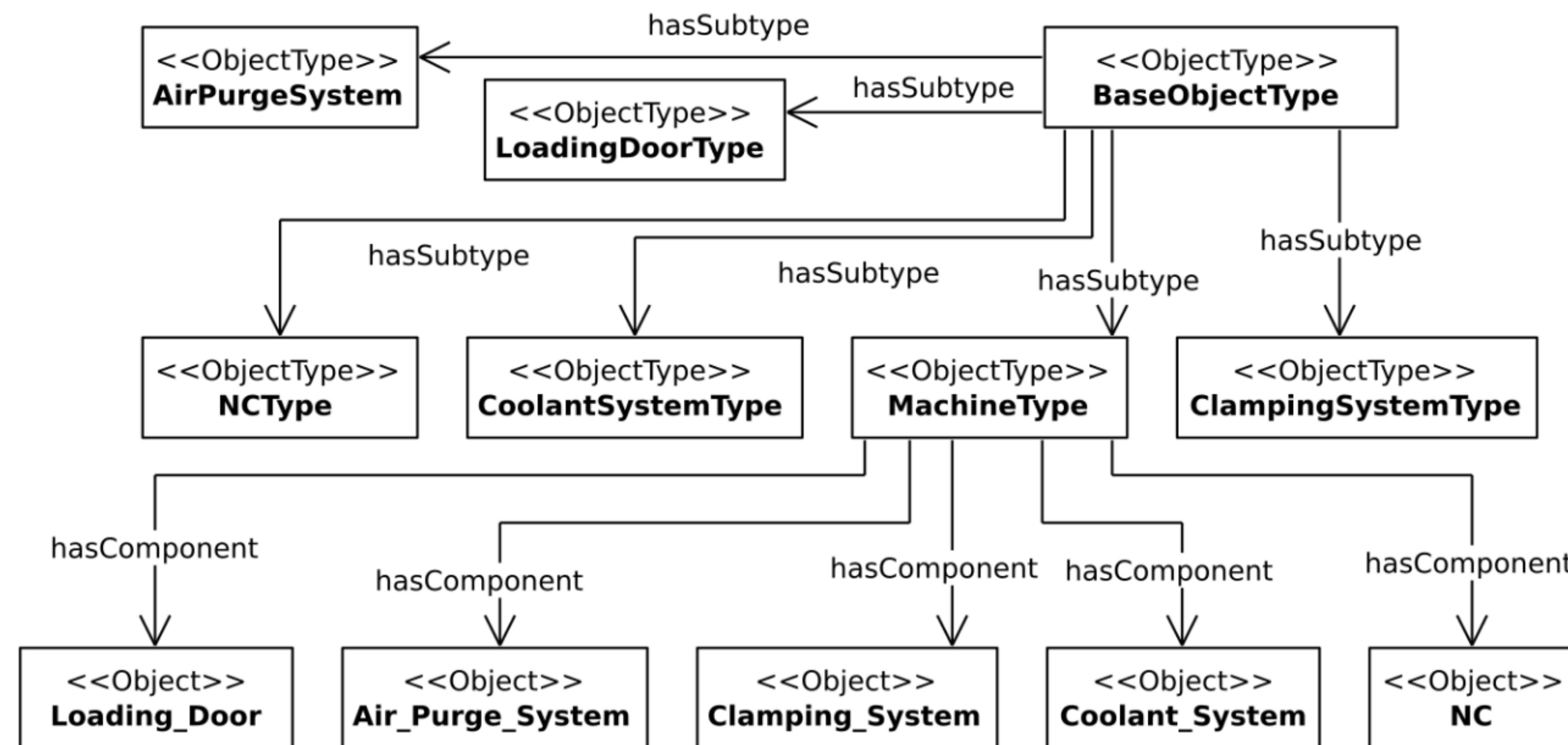
# REMOTE TERMINAL UNIT



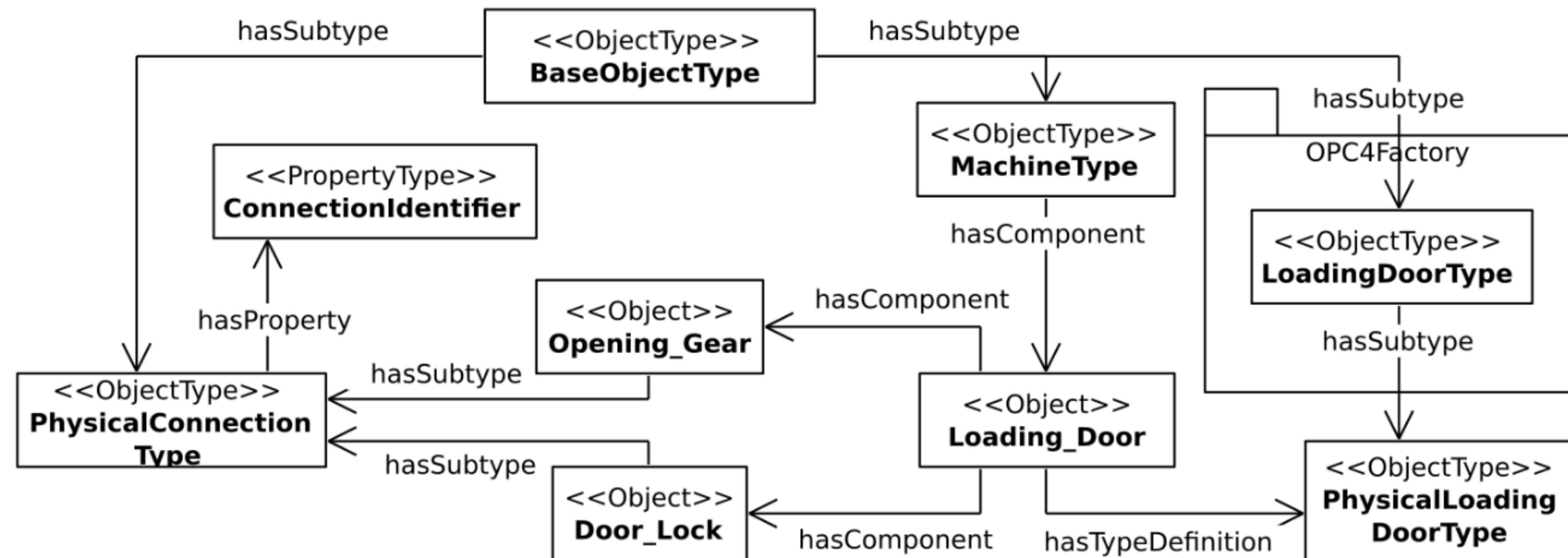
# AUTOMATISIERUNGSMODULE



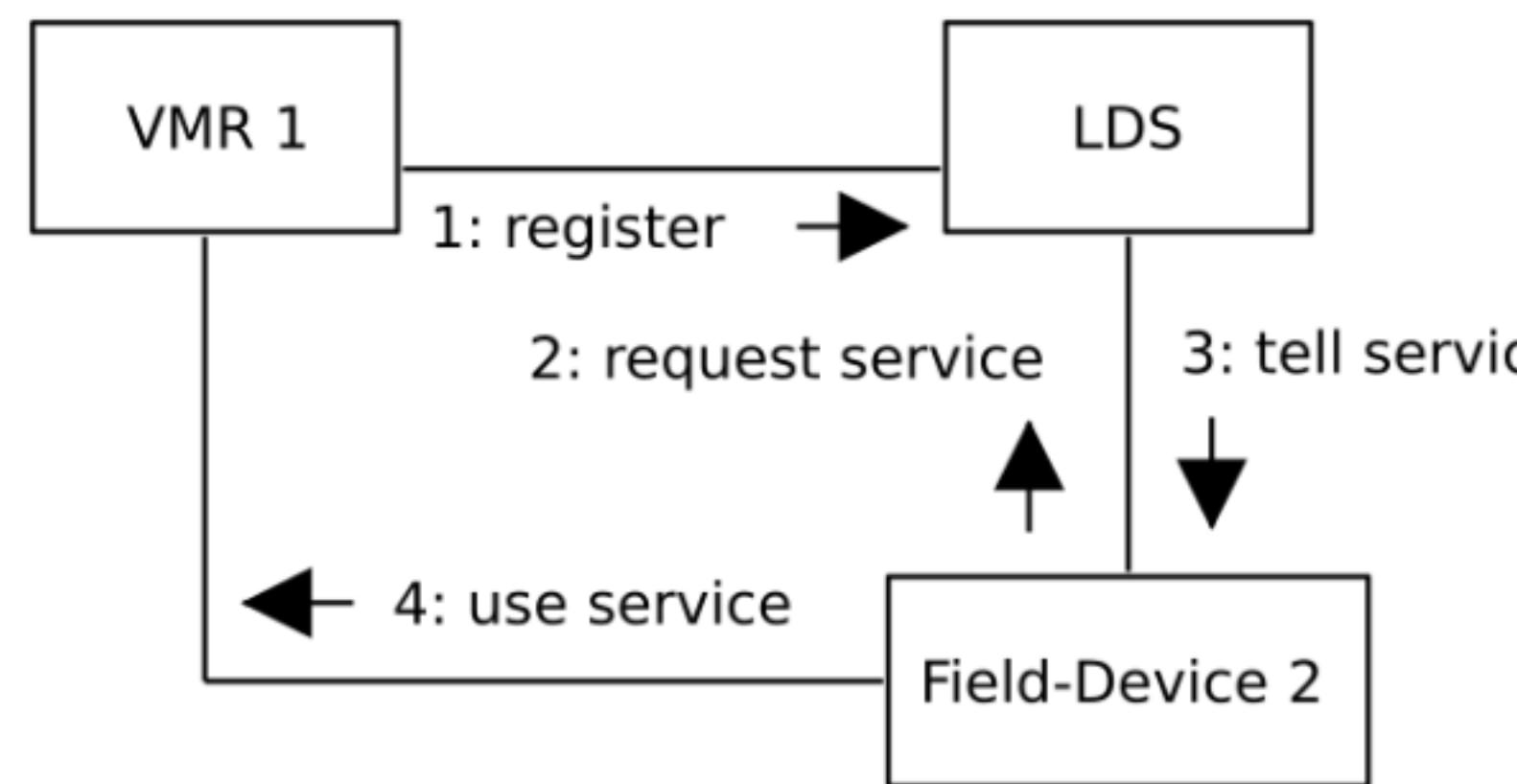
# MODELLERWEITERUNG ZUR STEUERUNG



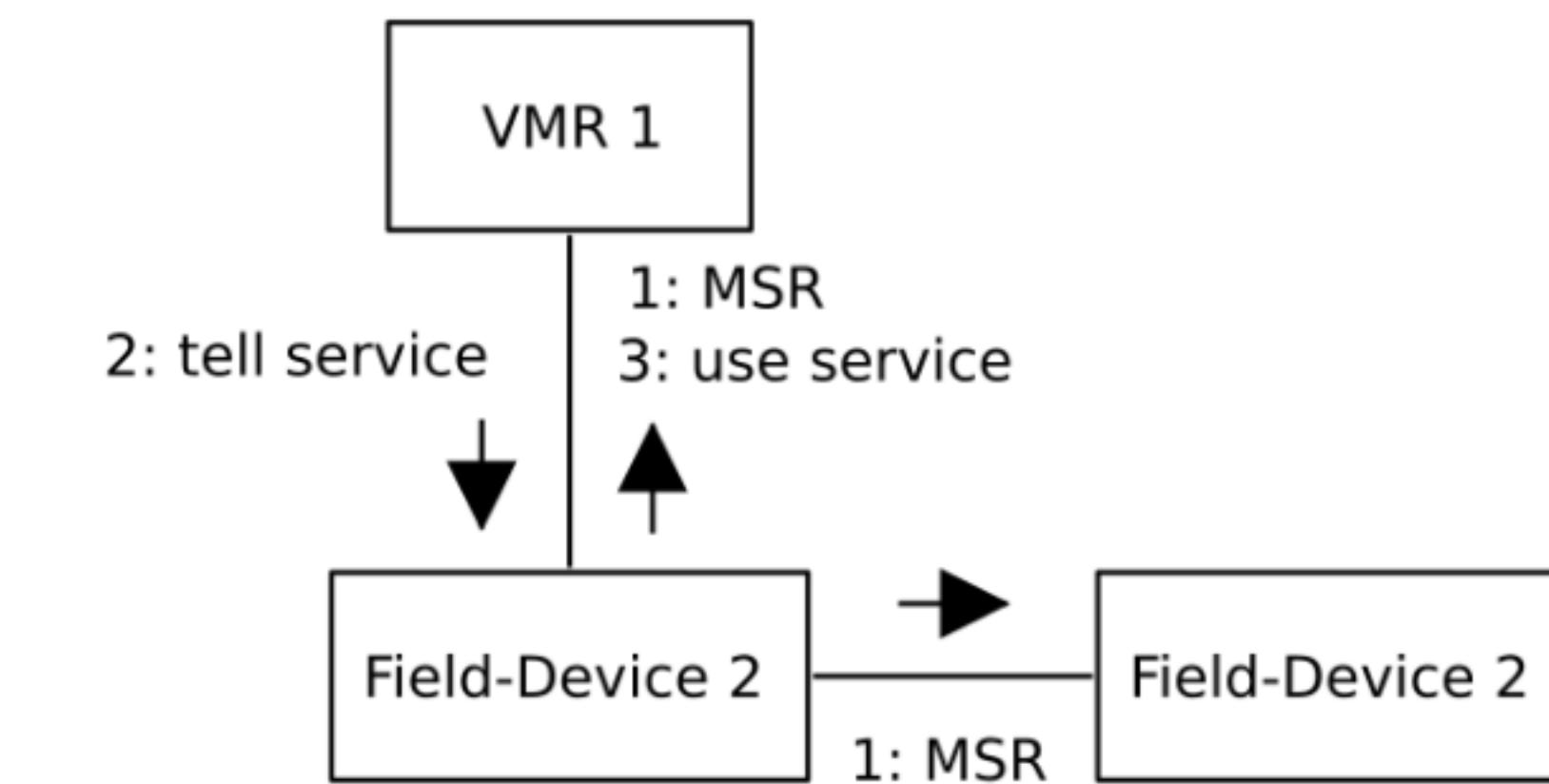
# CPPS MODELLERWEITERUNG



# HORIZONTALE INTEGRATION

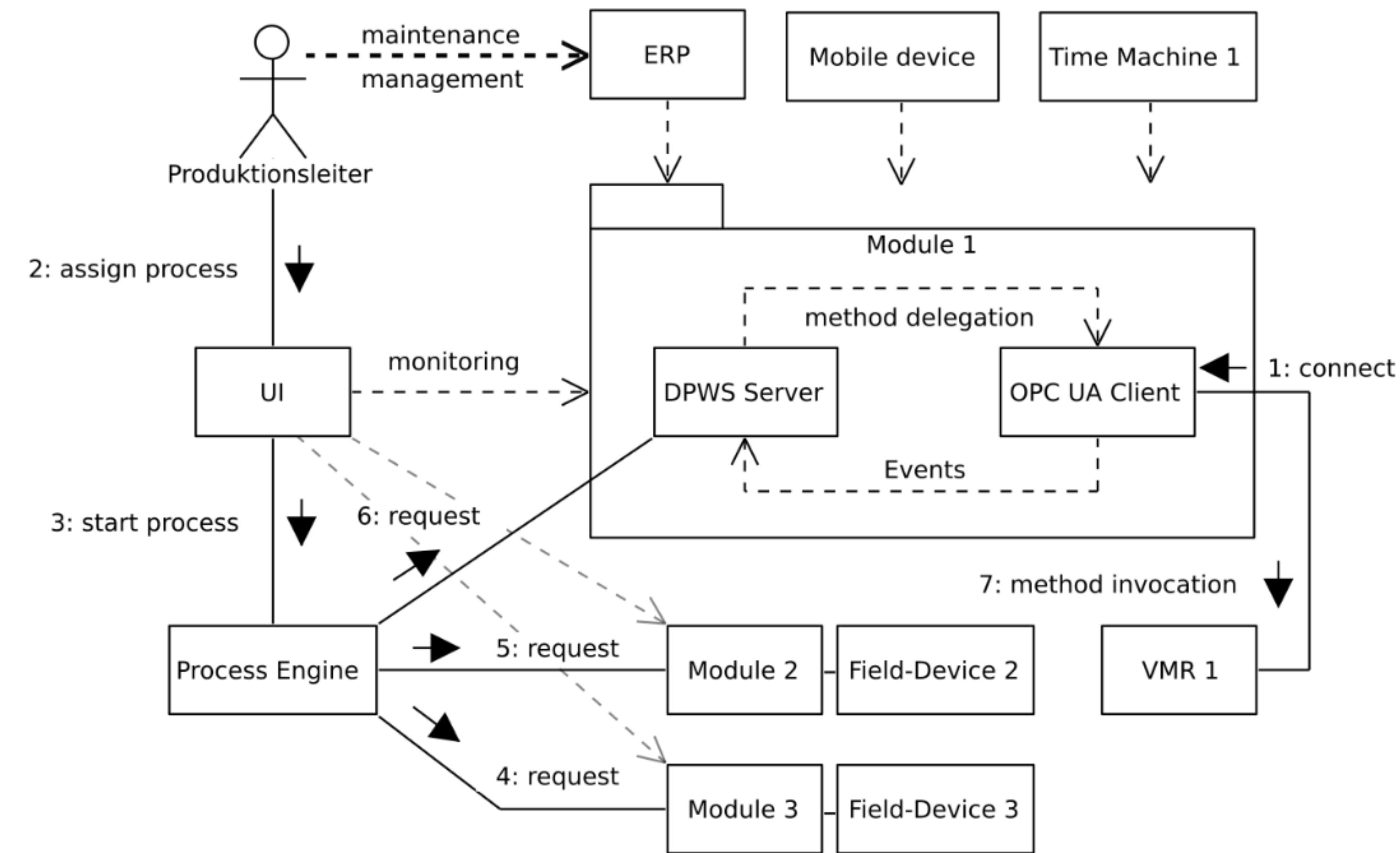


a) Local Discovery Server

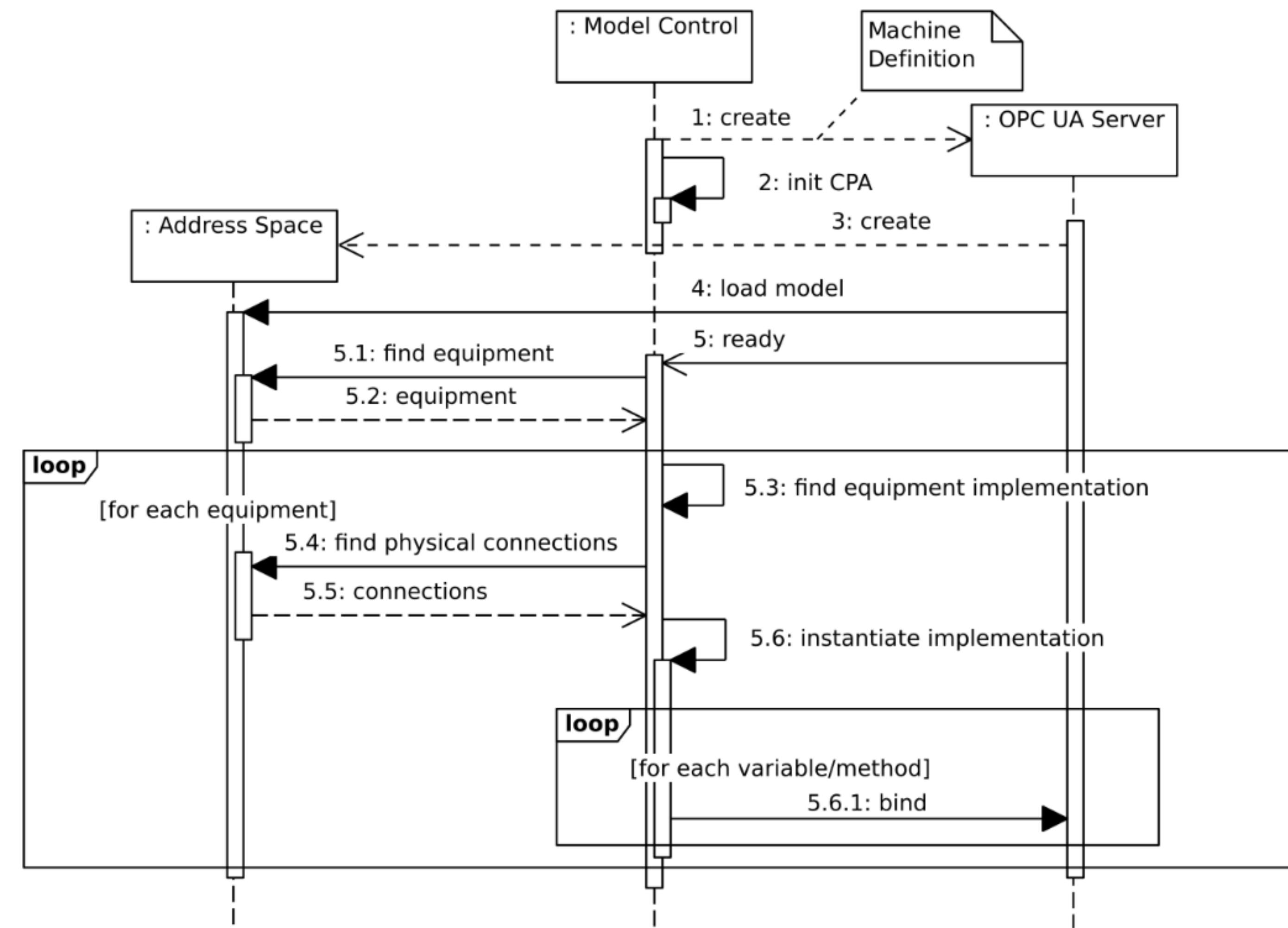


b) Multicast DNS

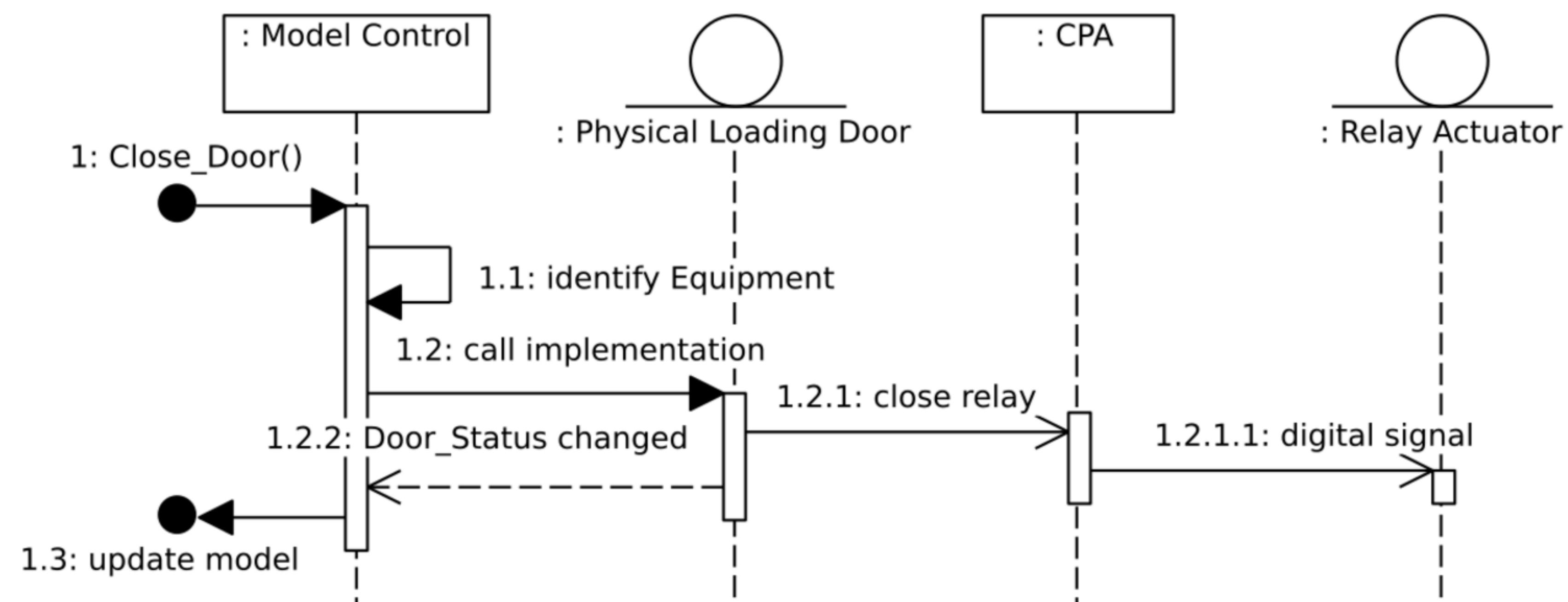
# VERTIKALE INTEGRATION



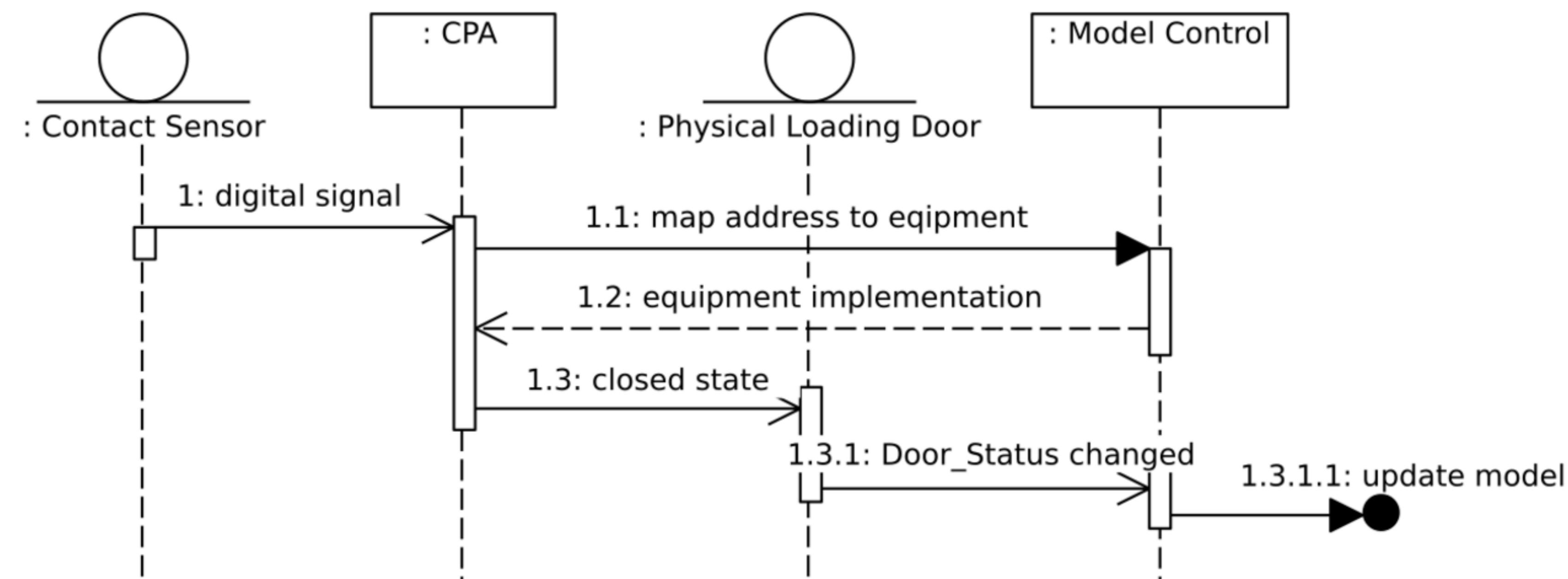
# INITIALISIERUNG DES FRAMEWORKS



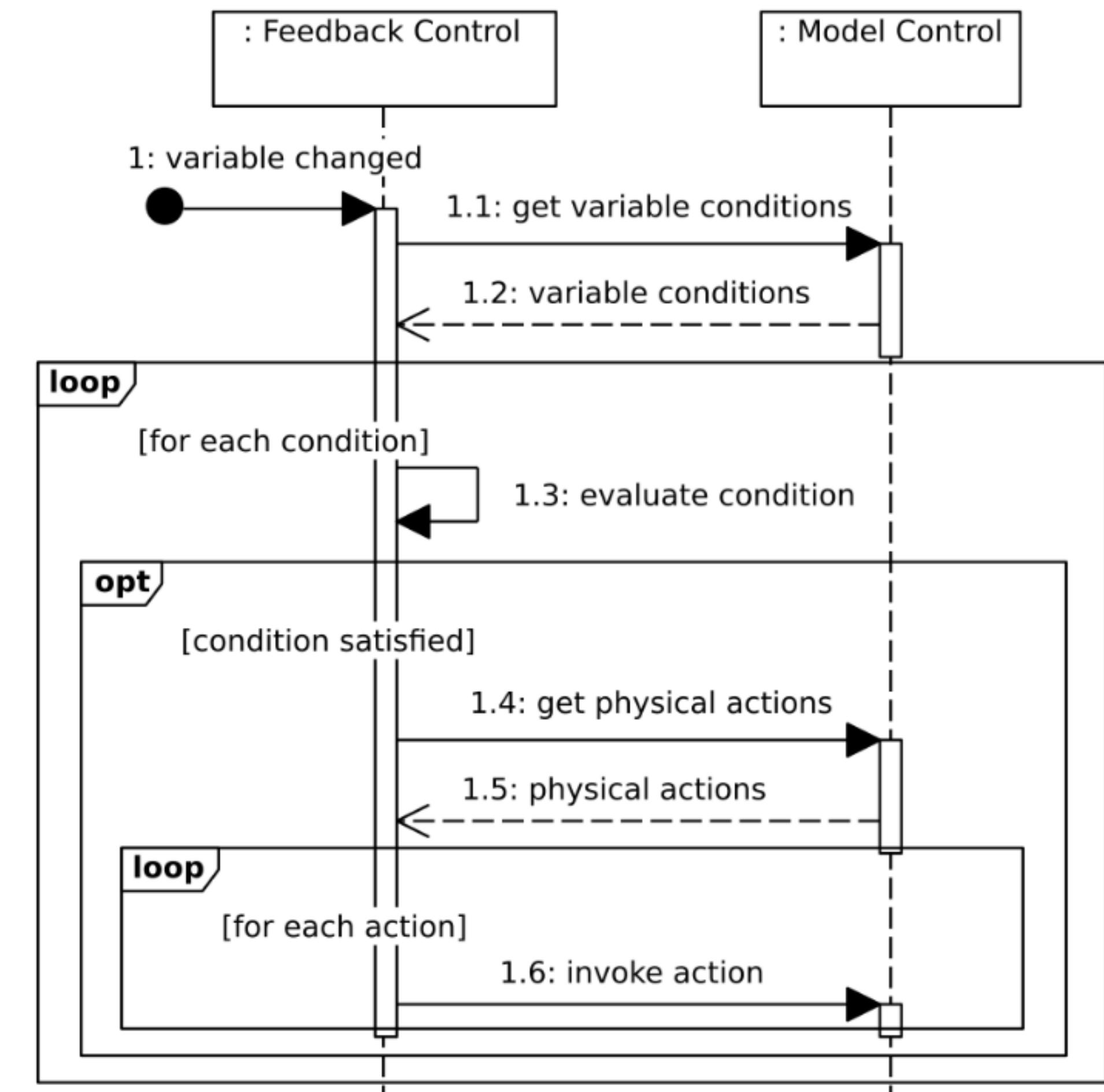
# METHODENDELEGATION



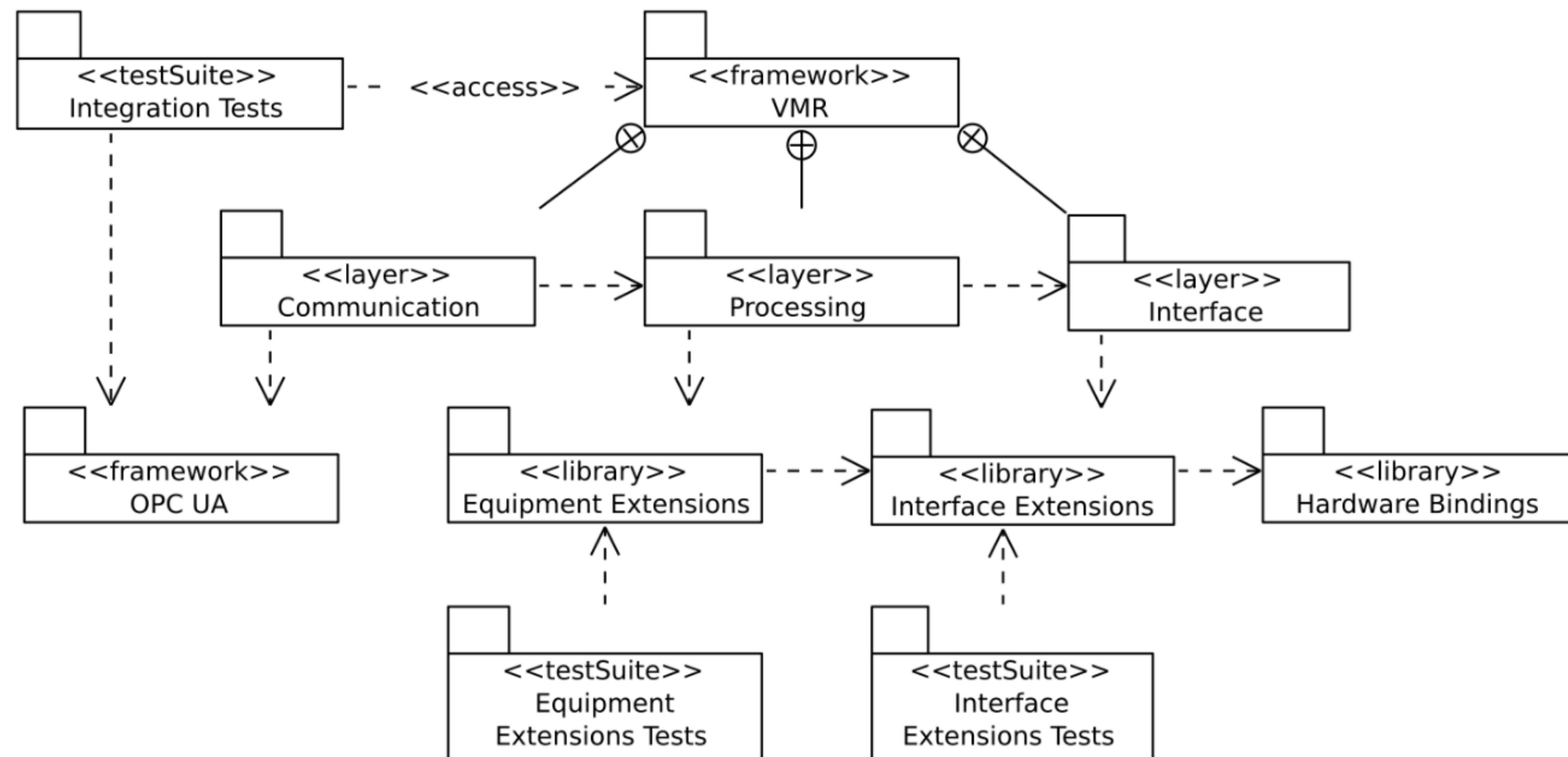
# KONTEXTVERÄNDERUNG



# RÜCKKOPPLUNG



# ORGANISATION DES FRAMEWORKS



# LITERATUR

- [1] P. Linke, „Grundlagen zur Automatisierung“, in *Grundlagen Automatisierung*, Wiesbaden: Springer Fachmedien Wiesbaden, 2015, S. 1–28.
- [2] Verein Deutscher Ingenieure e.V., „Cyber-Physical Systems: Chancen und Nutzen aus Sicht der Automation“, VDI/VDE-Gesellschaft Mess- und Automatisierungstechnik, 2013.
- [3] OPC Foundation, „OPC Unified Architecture - Wegbereiter der 4. industriellen (R)Evolution“, 2014 [Online]. Verfügbar unter: [https://opcfoundation.org/wp-content/uploads/2014/03/OPC\\_UA\\_I\\_4.0\\_Wegbereiter\\_DE\\_v2.pdf](https://opcfoundation.org/wp-content/uploads/2014/03/OPC_UA_I_4.0_Wegbereiter_DE_v2.pdf)
- [4] V. Hammerstingl und G. Reinhart, „Unified Plug&Produce architecture for automatic integration of field devices in industrial environments“, *Proceedings of the IEEE International Conference on Industrial Technology*, Bde. 2015-June, Nr. June, S. 1956–1963, 2015.
- [5] L. E. G. Moctezuma, J. Jokinen, C. Postelnicu, und J. L. M. Lastra, „Retrofitting a factory automation system to address market needs and societal changes“, *IEEE International Conference on Industrial Informatics (INDIN)*, S. 413–418, 2012.

# LITERATUR

- [6] L. Dürkop, H. Trsek, J. Otto, und J. Jasperneite, „A field level architecture for reconfigurable real-time automation systems“, *IEEE International Workshop on Factory Communication Systems - Proceedings, WFCS*, 2014.
- [7] I. Ayatollahi, B. Kittl, F. Pauker, und H. Martin, „Prototype OPC UA Server for Remote Control of Machine Tools“, in *International Conference on Innovative Technologies*, 2013, Bd. 1009, S. 73–76.
- [8] J. Lee, B. Bagheri, und H. A. Kao, „A Cyber-Physical Systems architecture for Industry 4.0-based manufacturing systems“, *Manufacturing Letters*, Bd. 3, Nr. September 2016, S. 18–23, 2015.
- [9] IBM, „An architectural blueprint for autonomic computing“, June, 2006 [Online]. Verfügbar unter:  
<http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/summary?doi=10.1.1.150.1011>
- [10] R. Seiger, S. Huber, P. Heisig, und U. Assmann, „Enabling Self-adaptive Workflows for Cyber-physical Systems“, in *Enterprise, Business-Process and Information Systems Modeling*, 2016, S. 3–17.
- [11] B. Bony, M. Harnischfeger, und F. Jammes, „Convergence of OPC UA and DPWS with a cross-domain data model“, *IEEE International Conference on Industrial Informatics (INDIN)*, S. 187–192, 2011.

# LITERATUR

- [10] R. Seiger, S. Huber, P. Heisig, und U. Assmann, „Enabling Self-adaptive Workflows for Cyber-physical Systems“, in *Enterprise, Business-Process and Information Systems Modeling*, 2016, S. 3–17.
- [11] B. Bony, M. Harnischfeger, und F. Jammes, „Convergence of OPC UA and DPWS with a cross-domain data model“, *IEEE International Conference on Industrial Informatics (INDIN)*, S. 187–192, 2011.
- [12] F. Pauker, T. Frühwirth, und B. Kittl, „A systematic approach to OPC UA information model design“, in *49th CIRP Conference on Manufacturing Systems*, 2016.
- [13] S. Suh, B. Lee, D. Chung, und S. Cheon, „Architecture and implementation of a shop-floor programming system for STEP-compliant CNC“, *Computer-Aided Design*, Bd. 35, Nr. 12, S. 1069–1083, 2003.
- [14] X. Xu und S. Newman, „Making CNC machine tools more open, interoperable and intelligent - a review of the technologies“, *Computers in Industry*, Bd. 57, Nr. 2, S. 141–152, 2006.
- [15] L. Wang, P. Orban, A. Cunningham, und S. Lang, „Remote real-time CNC machining for web-based manufacturing“, *Robotics and Computer-Integrated Manufacturing*, Bd. 20, Nr. 6, S. 563–571, 2004.