

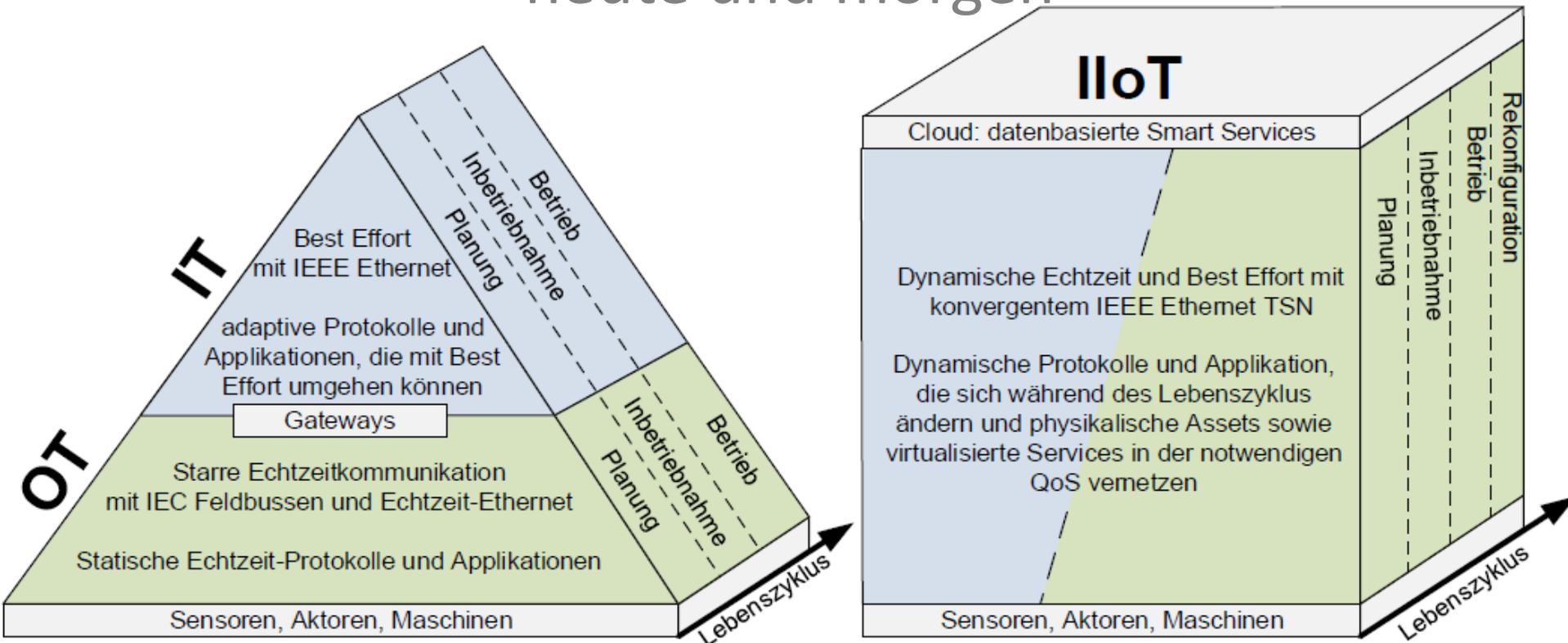


Integration von 5G in die industrielle Kommunikation

Forschungsprojekt TACNET4.0

Arne Neumann

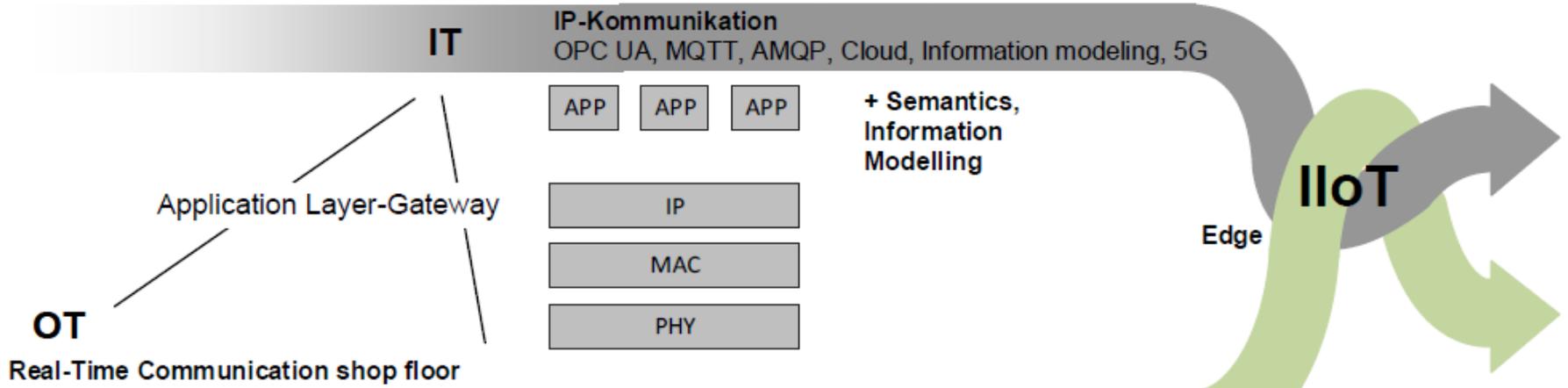
Anforderungen an die Vernetzung heute und morgen



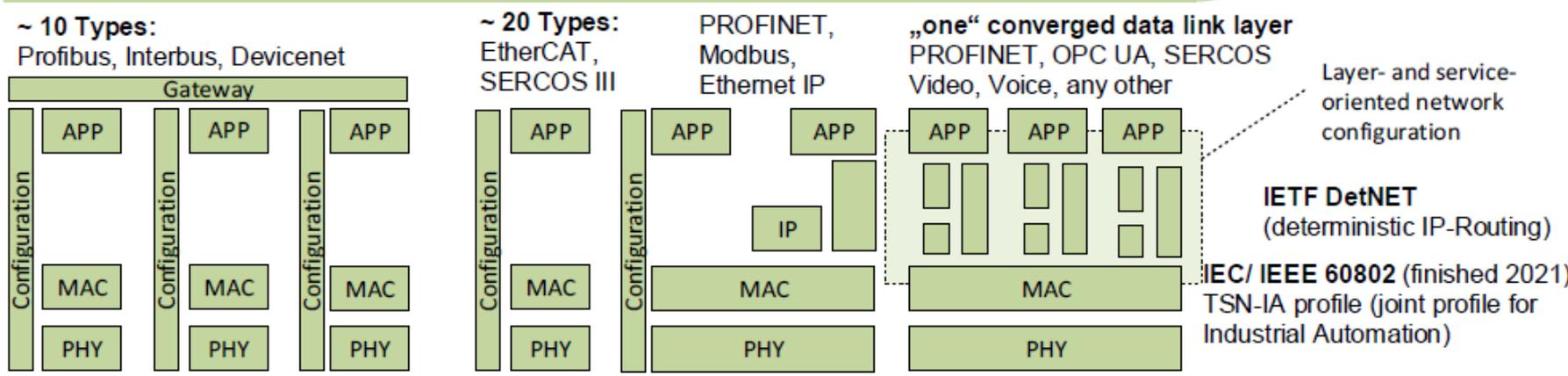
Produkt		Massenproduktion über langen Lebenszyklus		Individuelle Produktion und kurze Produktlebenszyklen
Engineering		Manuelles Offline-Engineering einmalig im Lebenszyklus		Automatisierte Online-Rekonfiguration zu jedem Zeitpunkt im Lebenszyklus (Plug-and-Play), wandelbare Produktionstechnik
Information		Offline-Gerätebeschreibungsdateien und Datenblätter		Online-Integrierte Informationsmodelle und Semantik
Vernetzung		Gateways, Firewall als Gerät spezialisierte IEC-Echtzeitprotokolle und Feldbusse		Integrierte Firewall-Funktionen (SDN und Endgeräte) und flexible konvergente IEEE TSN-basierte zeitsensitive Kommunikationsnetzwerke
Optimierung		Manuelle Maschinenoptimierung und Diagnose		Datengetriebene Selbstoptimierung und selbst Diagnose
Sicherheit		Manuelle Sicherheitsbewertung einmalig im Lebenszyklus (vor Produktionsbeginn)		Automatische Sicherheitsbewertung zu jedem Zeitpunkt im Lebenszyklus

Technologieentwicklung

M2M Communication, Internet, the Cloud



Feldbus (IEC 61158, IEC 61784-1) **Industrial Ethernet** (IEEE + IEC 61158, IEC 61784, 100 Mbit/s) **Ethernet TSN-based solutions** (IEEE 802.3 + IEEE 802.1 TSN, up to 10 Gbit/s)



Sensor Communication: IO-Link, HART, ASI **APL – Advanced Physical Layer IEEE 802.3cg**

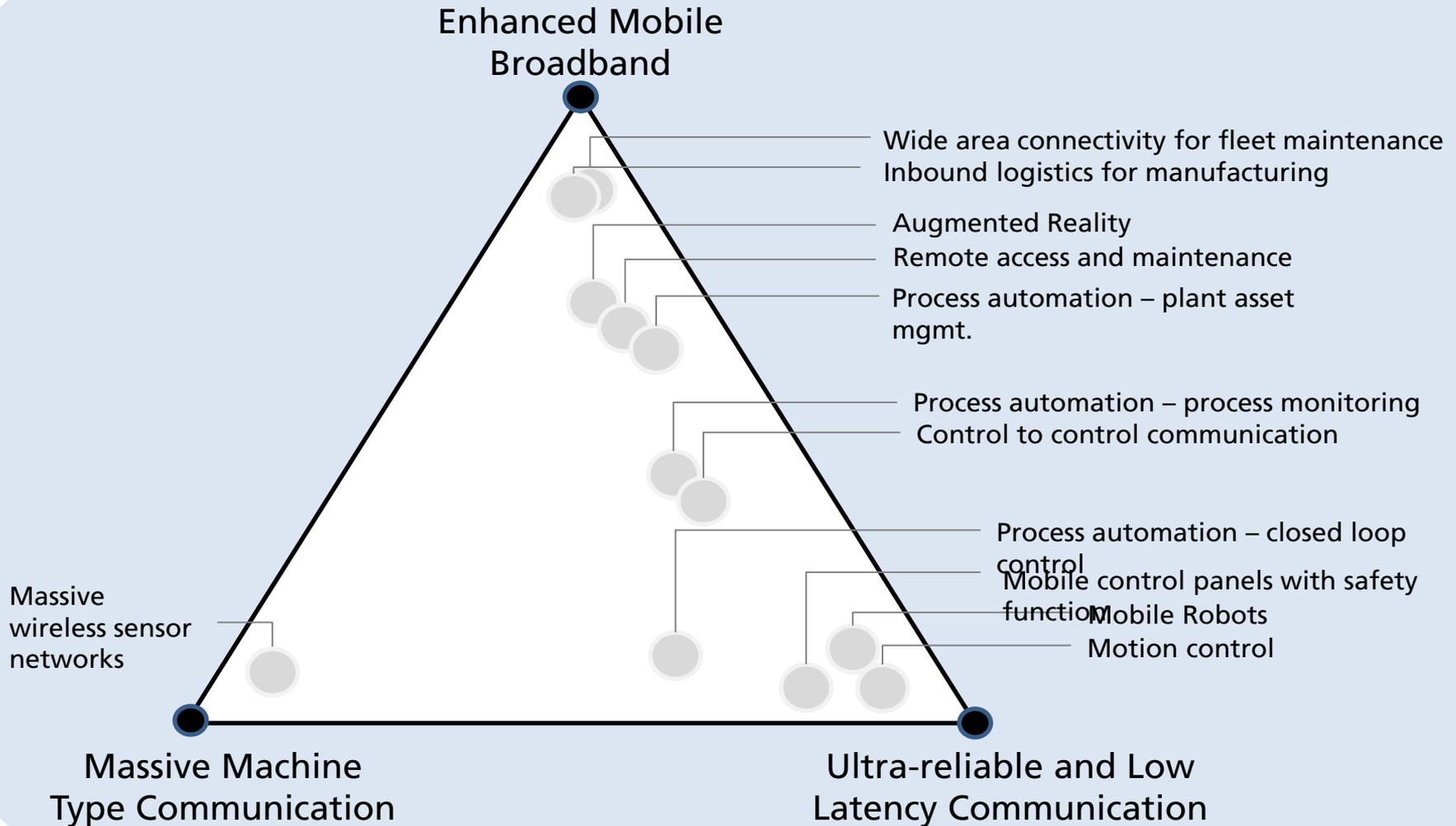
Source: S. Schriegel: „Ethernet TSN Nano Profil – Migrationshelfer vom industriellen Brownfield zum ethernet TSN-basierten IIoT“ in KomMA, Lemgo, Nov 2018

Motivation für den Einsatz von 5G

- **Kostensparnisse**
 - Kosten beinhalten Anschaffung, Engineering, Lizenzen, Wartung
 - Offene Fragen bei 5G: Chipsätze, Lizenz- und Betreibermodelle, Patente, Komplexität

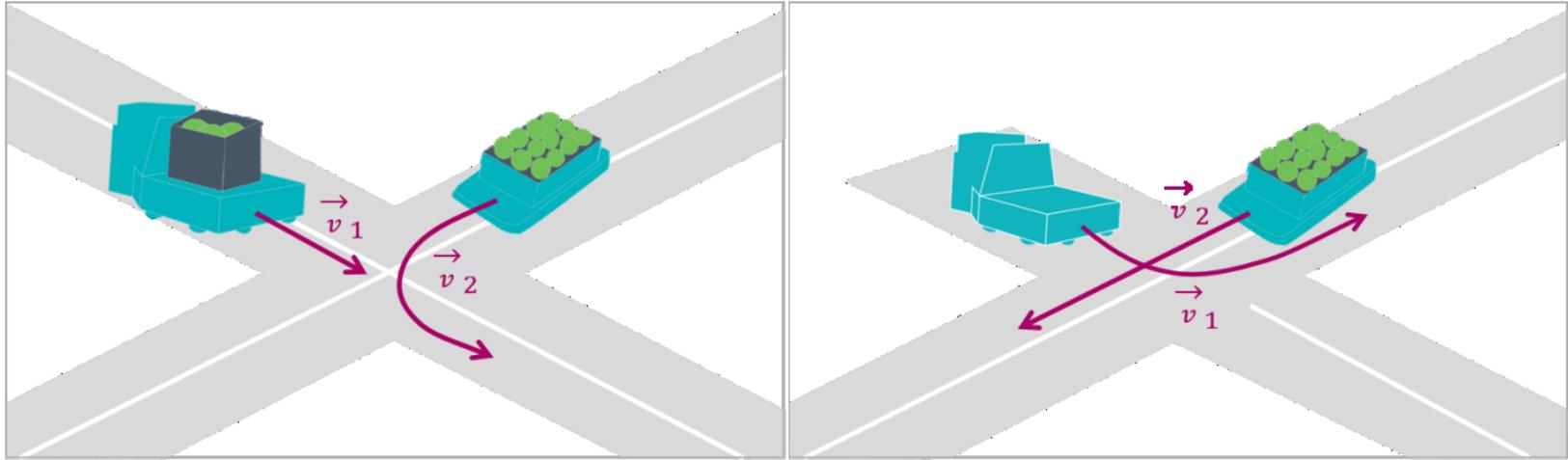
- **Realisierung neuer Anwendungen und Mehrwerte**
 - Anwendungen, bei der heutige Kommunikationssysteme an ihre Grenzen kommen, meist gekennzeichnet durch mechanische Dynamik
 - Retrofitting unter Einsatz von Big Data-Anwendungen
 - Schnelle Steuerung von autonomen Transportfahrzeugen
 - VR- und AR Anwendungen mit Feedback

Anwendungsanforderungen an 5G



Source: 5G-ACIA

Anwendungsfall: Verkehrsregelung für mobile Roboter



TACNET_{4.0} Tactile Internet UC-1.1

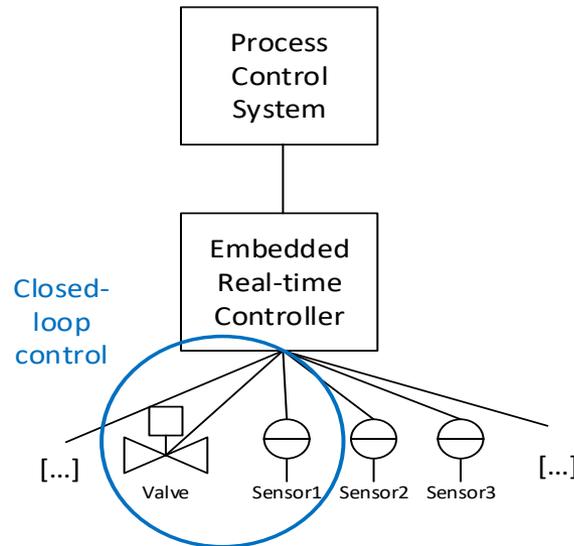
Benefits:

- Collisions can be avoided
- Less stops as robots can be coordinated
- Higher speed

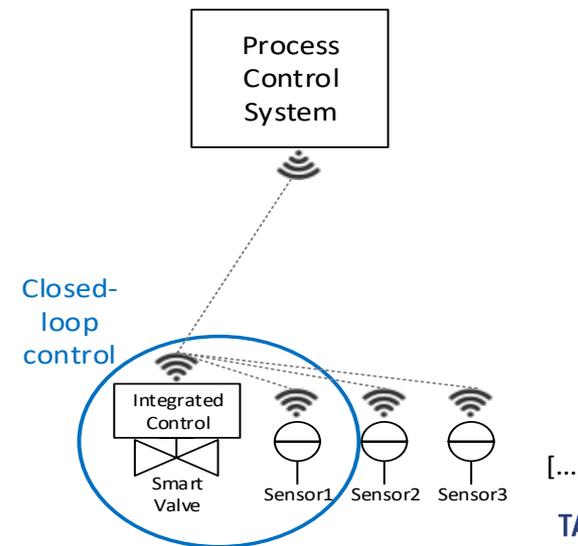
Major requirements:

- E2E Latency in DL and UL under 1 ms recommended, cyclic traffic
- Message error rate below 10^{-6}
- Support of min. 100 robots

Anwendungsfall: Regelkreis in der Prozessautomation



Classical wired closed-loop control



Wireless closed-loop control on smart actuator

TACNET 4.0 Tactile Internet UC-1.16

Benefits:

- Reduced cabling
- Reduced automation equipment footprint

Major requirements:

- Communication availability of $1-10^{-6}$
- Prevailing cycle time: 500 ms
- Message size from ~ 64 Bytes (I/O) to ~ 1500 Bytes (events)

Das Projekt **TACNET_{4.0}** Taktiler Internet

- Effiziente Integration von 5G und industriellem Internet
- Umfassende horizontale und vertikale Vernetzung für die Industrie 4.0
- Optimale Nutzung des Potenzials von 5G for die Produktion



BOSCH



Deutsches
Forschungszentrum
für Künstliche
Intelligenz GmbH

GÖTTING

NOKIA *inIT*



Comm**SOLID**

NXP

TARIS



Universität Bremen*

Assoziierte Partner und Verbände:



BUSCH-JAEGER



HIRSCHMANN
A BELDEN BRAND

**Inno
Route**

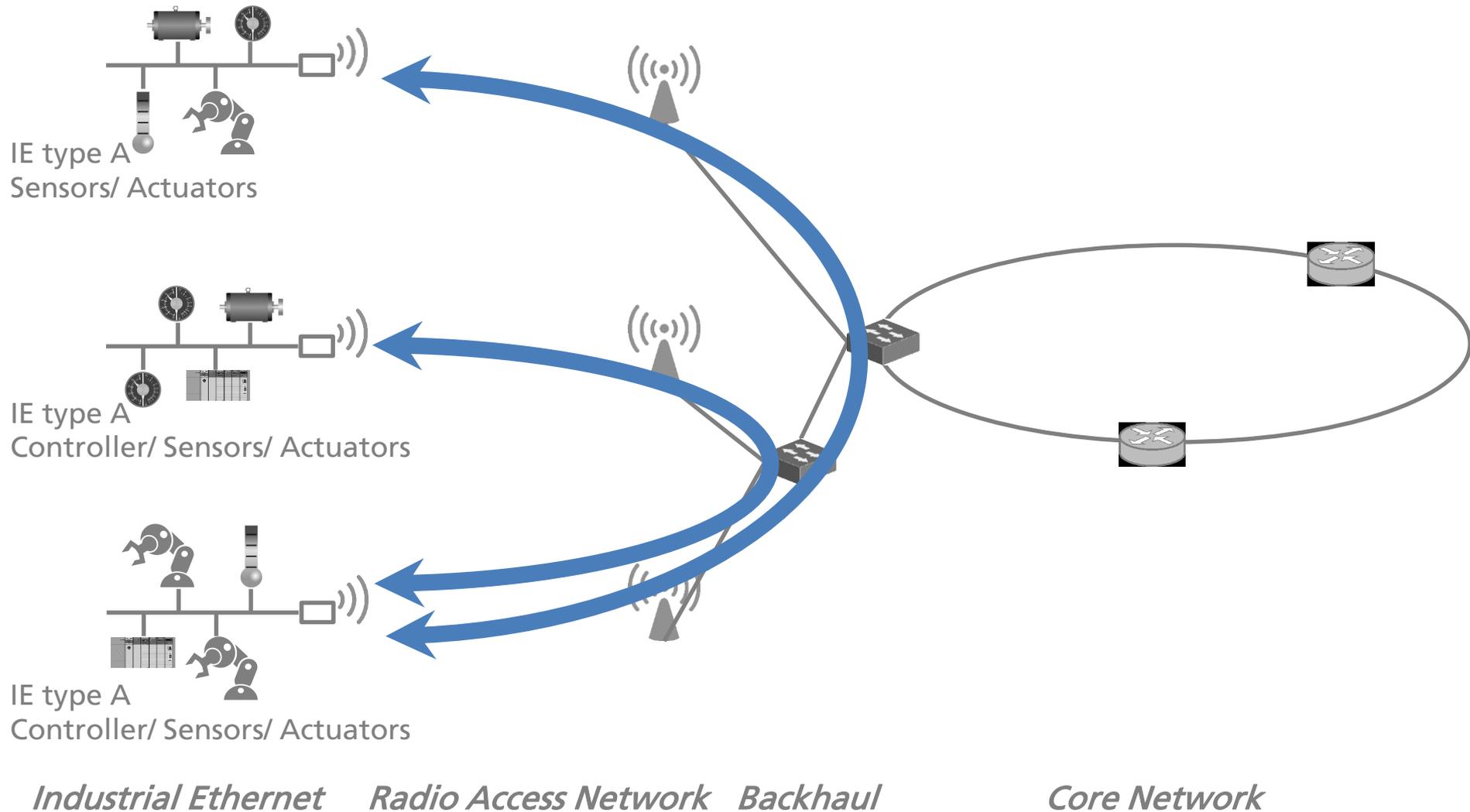
**PHOENIX
CONTACT**



it's owl

OW | **maschinenbau**
OstWestfalenLippe

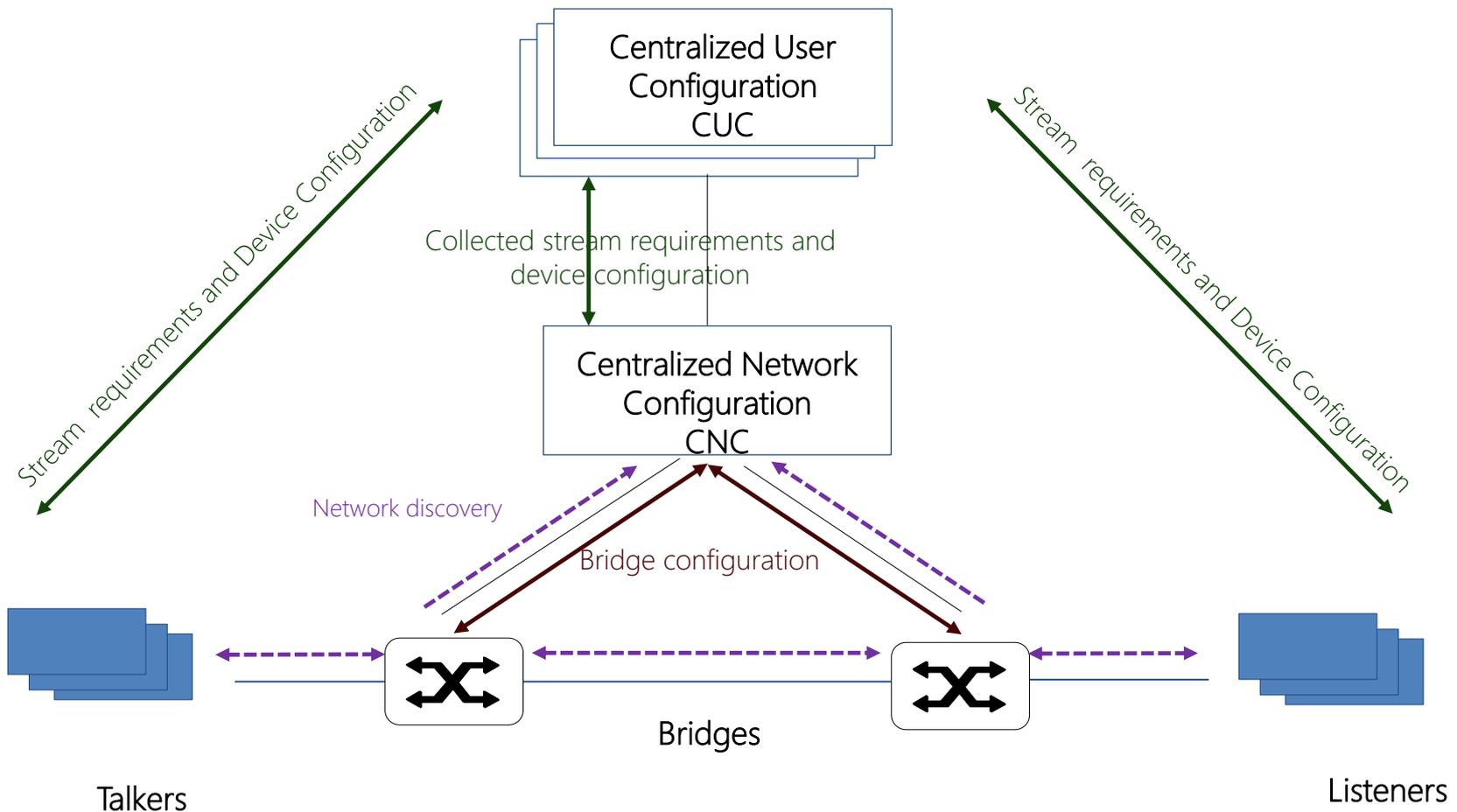
Integrationsbeispiel



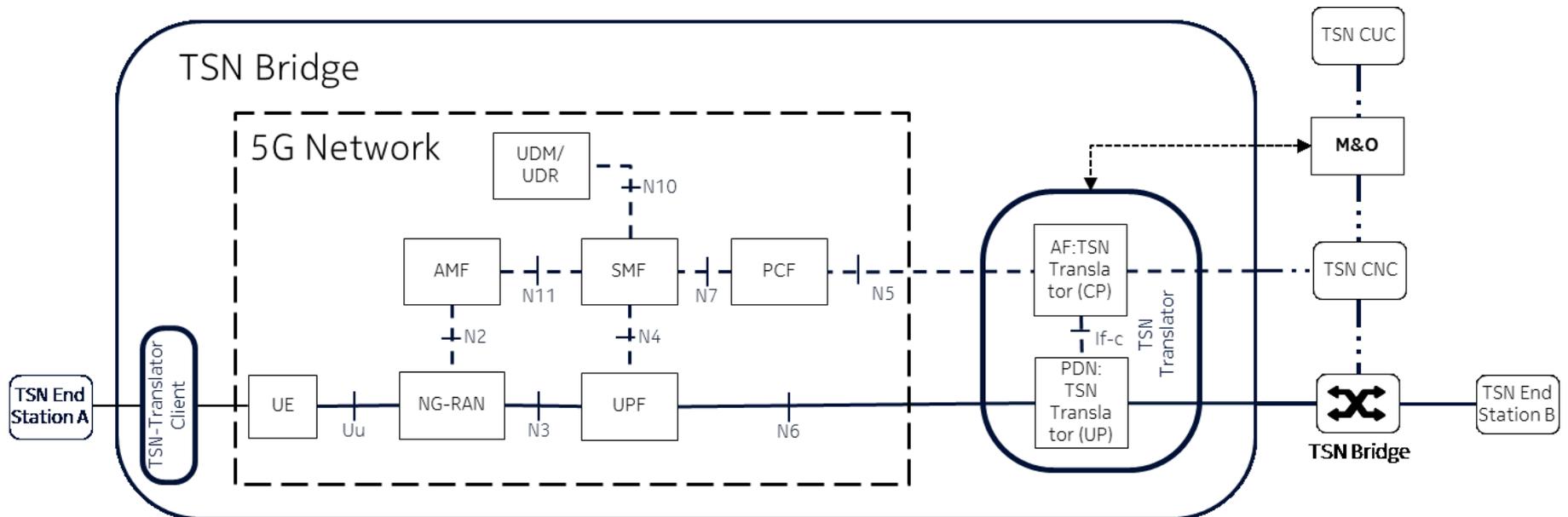
Modellierungsansatz

- 5G System als Netzwerkknoten im Industrial Ethernet
- Integration auf Layer 2 des Kommunikationsprotokolls, d.h., das 5G System erfüllt die Switch-Funktionalität
- Dabei ist insbesondere zu beachten:
 - Abbildung der Quality of Service
 - Integration des 5G Management & Orchestration
- Anwendung des Ansatzes auf Time Sensitive Networking (TSN) und PROFINET

TSN Konfiguration

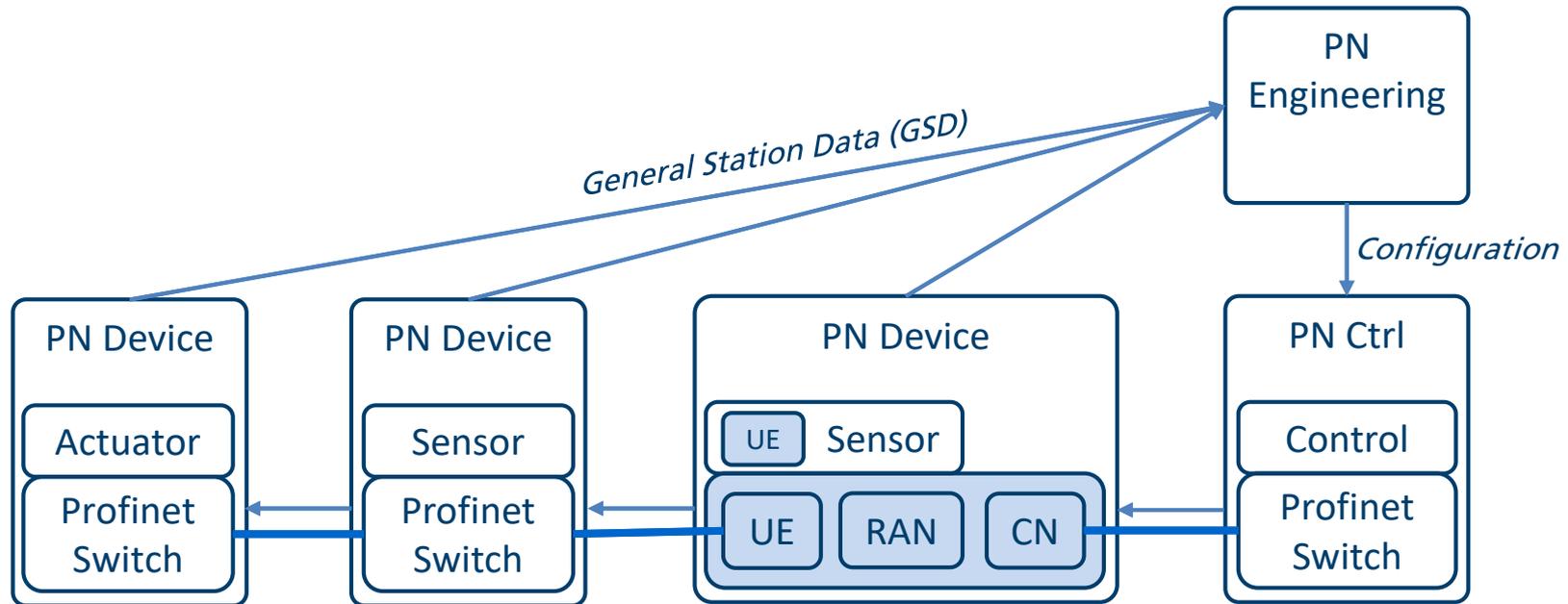


TSN / 5G Integration



- Simulation der 5G Bridge mit IEEE 802.1 Q, Qbv:
 - Deterministisches Verhalten nach außen setzt eine angemessene Behandlung von PCP und 5QI erfolgt
 - Abstimmung des Netzwerkzyklus mit dem TTI verbessert die Ergebnisse
 - Qbv verringert die Latenz, aber kaum den Jitter

PROFINET / 5G Integration



- 5G Integration in das PROFINET Engineering erfordert die Beschreibung des 5G Systems durch GSD Attribute
- Kommunikationsanforderungen müssen während des Verbindungsaufbaus durch das 5G System umgesetzt werden

Ausblick:

Privates 5G Netzwerk in der SmartFactoryOWL

- 5G Vernetzung der Produktionsmodule eines wandelbaren Produktionssystems
- Demonstration der Konfiguration und des Betriebs des Netzwerks
- Messungen zur Untersuchung der Leistungsfähigkeit
- Einbeziehung von mobilen Komponenten, z.B. zur Wartung



**Smart
Factory**OWL



Vielen Dank / Thank you

Arne Neumann
Institute Industrial IT (inIT)
Technische Hochschule Ostwestfalen-Lippe
Campusallee 6
D-32657 Lemgo
arne.neumann@th-owl.de