

# TWO INDUSTRIAL REFERENCE DEMONSTRATORS FOR HIGH THROUGHPUT AND LOW LATENCY IN 5G-STANDALONE (SA) NETWORK SETUPS

Fabian John and Björn Sievers and Ole Hendrik Sellhorn and Horst Hellbrück

27. ITG Fachtagung Mobilkommunikation, Osnabrück (MKT'23)

# 1. Projekte und Motivation

## Forschungsprojekt KI-5G:

KI-gestützte Ressourcen-Optimierung von 5G Netzen

## 5G-Telk-NF:

Aufbau eines 5G-Campusnetzes für den Testbetrieb von Autonomen Fahren und Fliegen

## Baltic-Future-Port:

Erforschung und modellgestützte Optimierung eines privaten 5G-Campusnetzes am Lübecker Hafen mittels Drohnen-basierter Daten

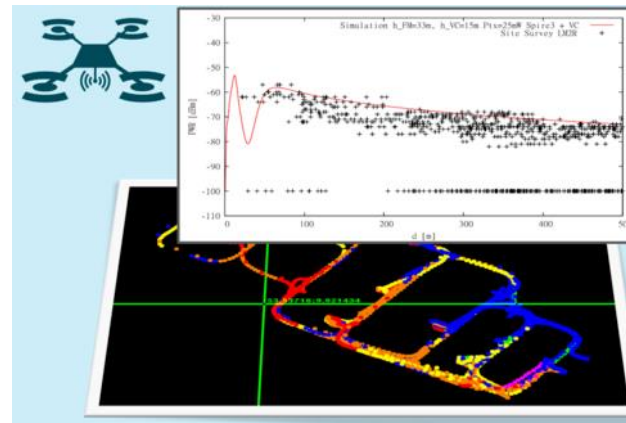
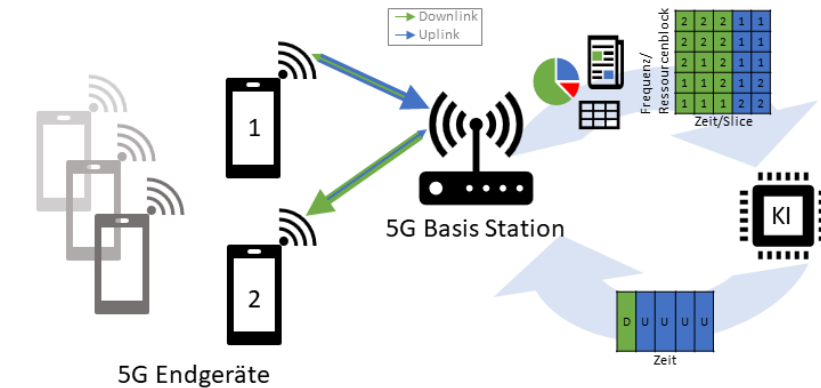
## Gemeinsame Ziele:

Aufbau Testbed

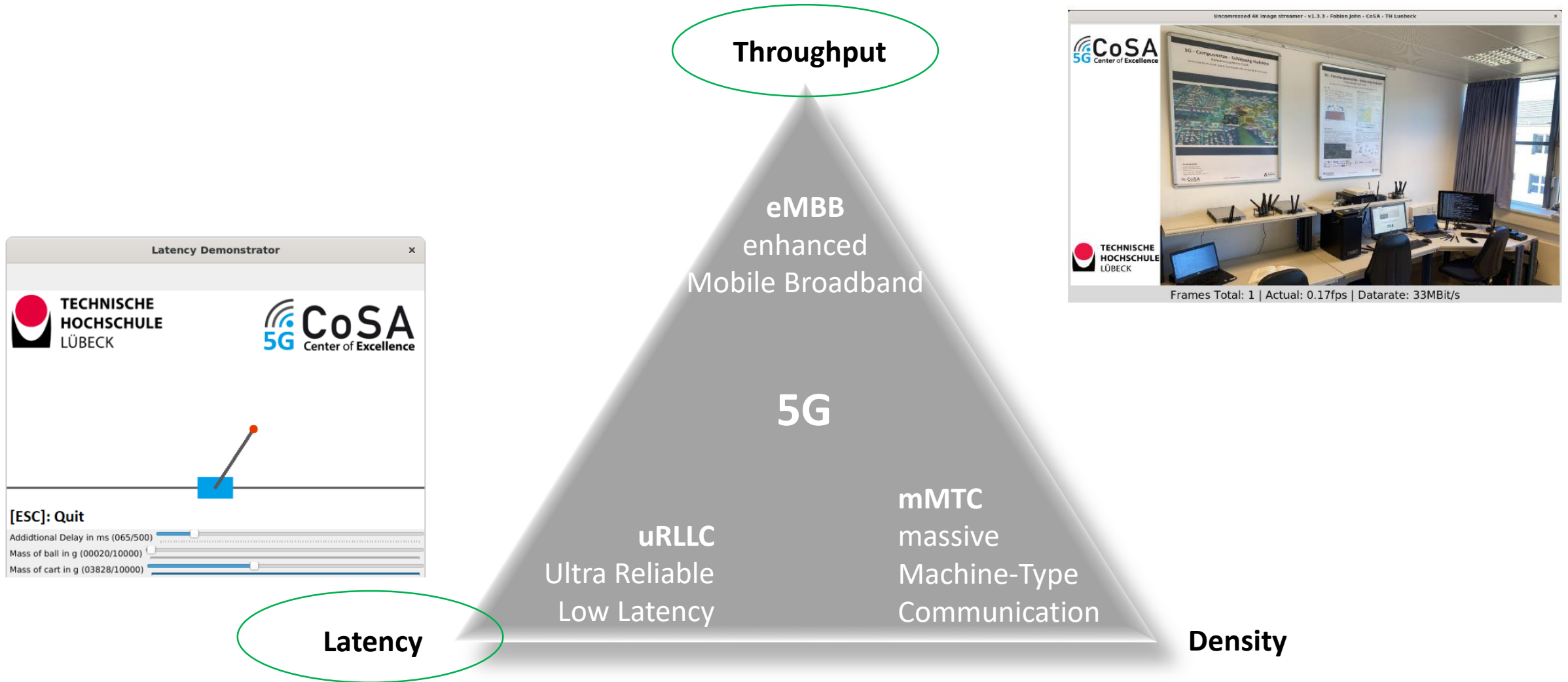
Wissenstransfer (Industrie & Hochschule/Studenten)



**Warum überhaupt 5G? Z.B. Hochauflösender (4K) Stream funktioniert doch auch mit LTE.**



# 1. Projekte und Motivation



## 2. Throughput Demonstrator

### iperf:

- + Verfügbar & State of the Art
- + Uplink & Downlink
- Technische Aufbereitung der Ergebnisse

### Internet Video-Stream:

- + Verfügbar und keine Implementierung notwendig
- + Auswertung fps und Downlink vorhanden
- Throughput-Demonstration inkl. Internet
- Keine Uplink-Demonstration
- Durch Optimierung und Buffering → „flüssiges Video“
- Hochaufgelöste Video-Streams funktionieren auch mit LTE

### Image-Stream unkomprimierter Bilder:

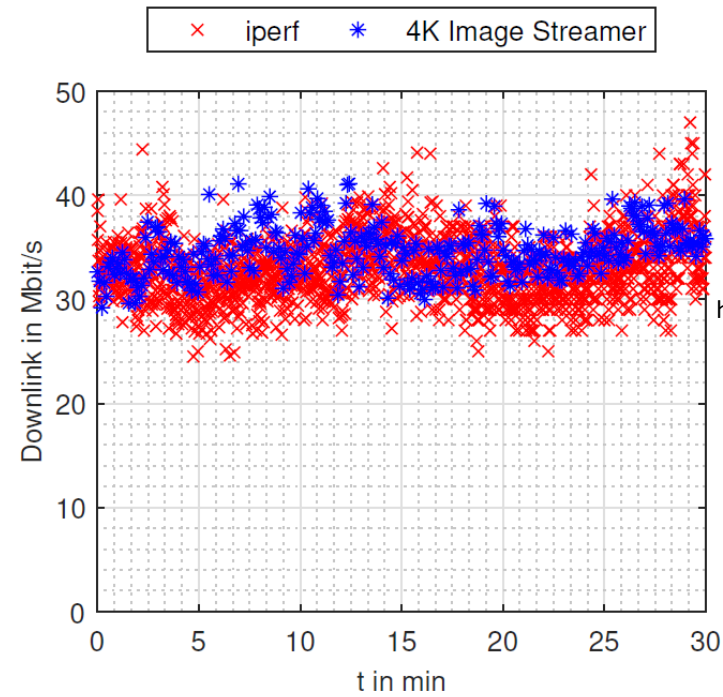
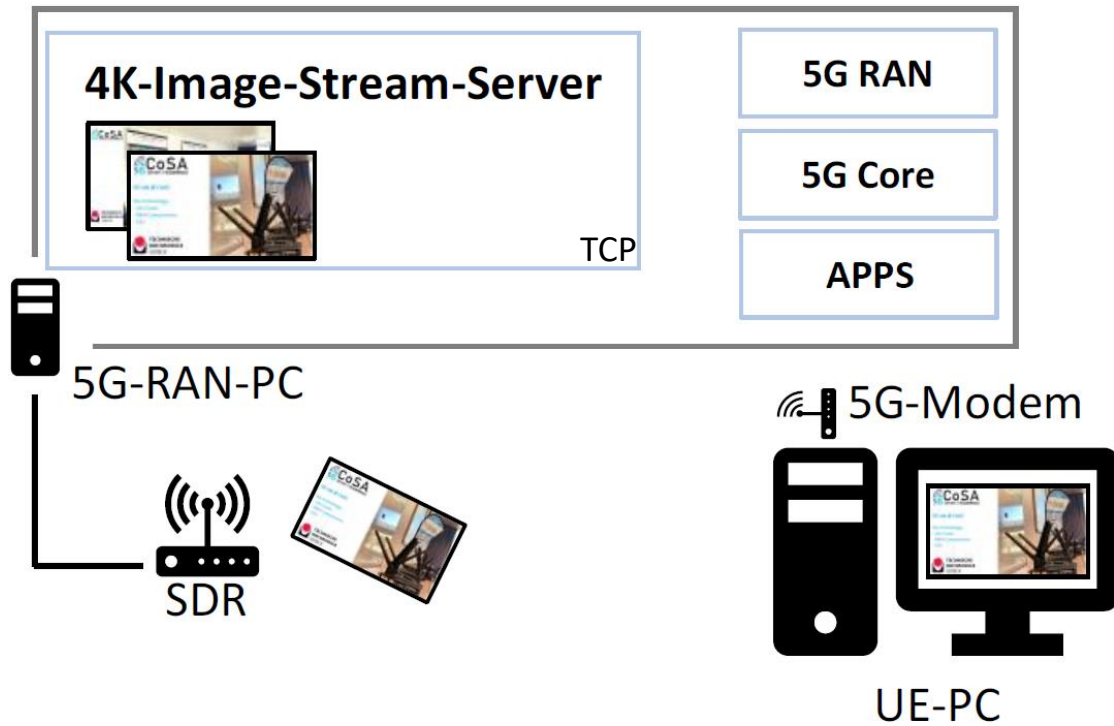
- + Framerate proportional zu Throughput (über Bildgröße adaptierbar)
- + Geringe Framerate (ca. 25 MB/Bild, bei 200 Mbit/s → 1fps) gut wahrnehmbar
- + Use-Cases: Core → UE, UE → UE, UE → Core
- + Einbindung eigener Inhalte
- Fehlerkorrektur durch TCP → Reliability nicht erkennbar



<https://git.mylab.th-luebeck.de/5g/throughput-demonstrator>



# 2. Throughput Demonstrator



<https://git.mylab.th-luebeck.de/5g/throughput-demonstrator>



# 3. Latency Demonstrator

## ping:

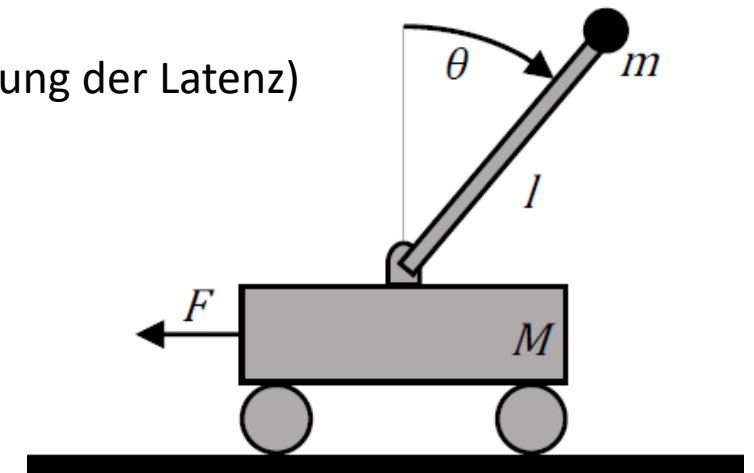
- + Verfügbar & State of the Art
- Technische Aufbereitung der Ergebnisse
- Anwendungsbezug von Latenz oder RTT

## Latency-Demonstrator:

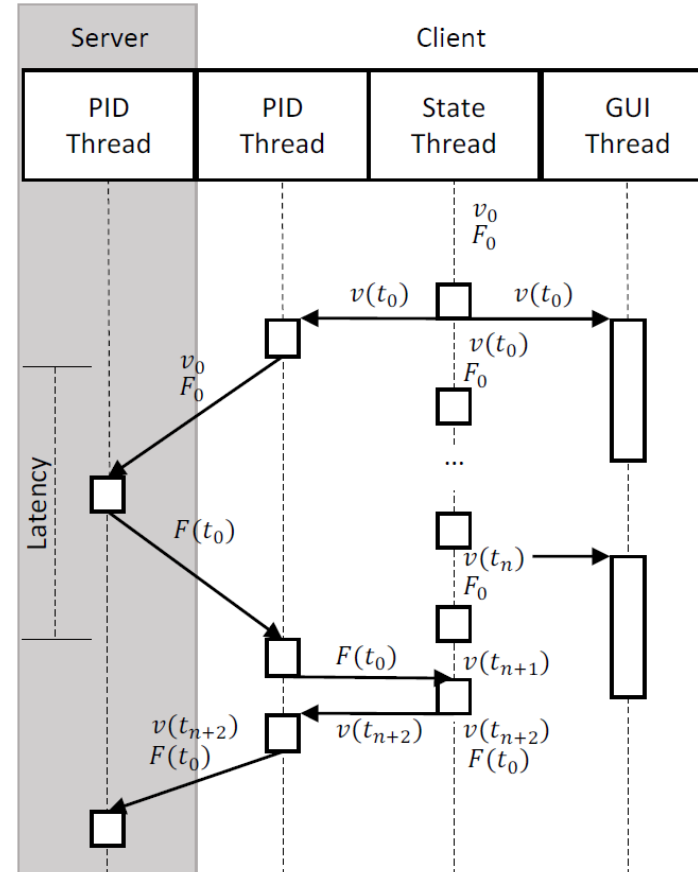
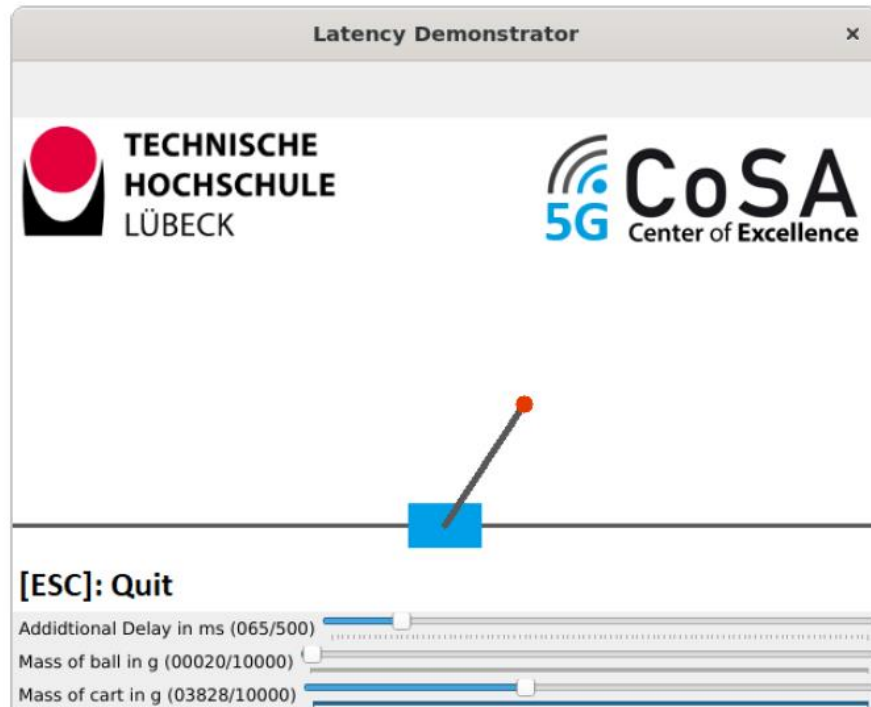
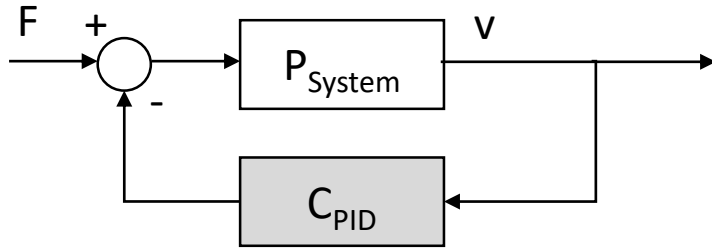
- Nutzung eines bekannten regelungstechnischen Problems (inverses Pendel)
- + Reiner Software Demonstrator einfach zu installieren
- + Mit steigender Latenz wird das System nicht mehr regelbar (Pendel fällt)
- + Möglichkeit des Aufbaus in Hardware
- + Direkter Vergleich zu anderen Netzwerk-Technologien möglich (künstliche Erhöhung der Latenz)
- + Bereitstellung der Messdaten über MQTT zur Weiterverarbeitung
- Noch kein echtzeitfähiges Protokoll integriert



<https://git.mylab.th-luebeck.de/5g/latency-demonstrator>



# 3. Latency Demonstrator



<https://git.mylab.th-luebeck.de/5g/latency-demonstrator>

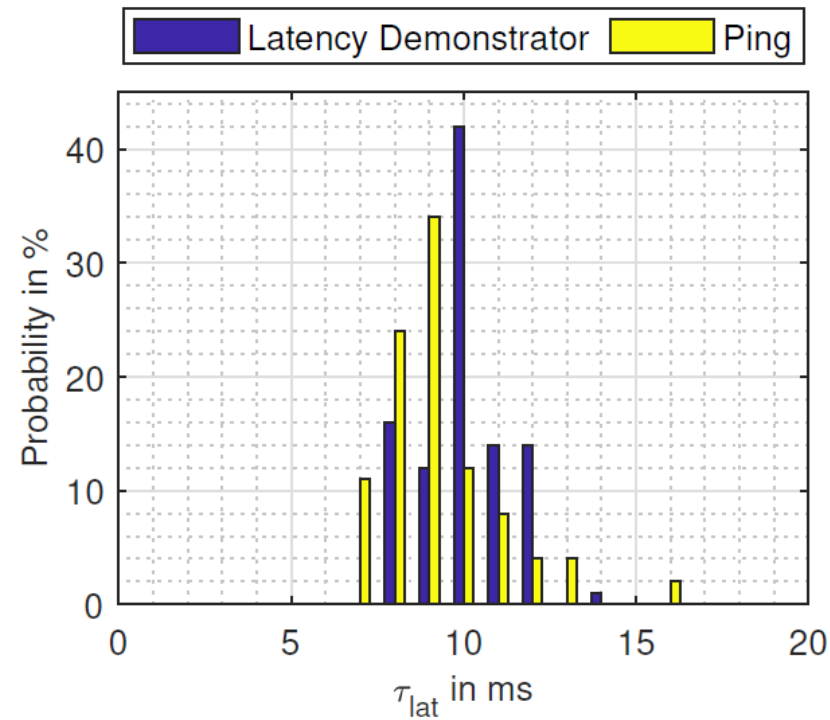
# 3. Latency Demonstrator

Median Ping:

$\tau_{lat} = 8.8 \text{ ms}$

Median Latency Demonstrator:

$\tau_{lat} = 10.2 \text{ ms}$

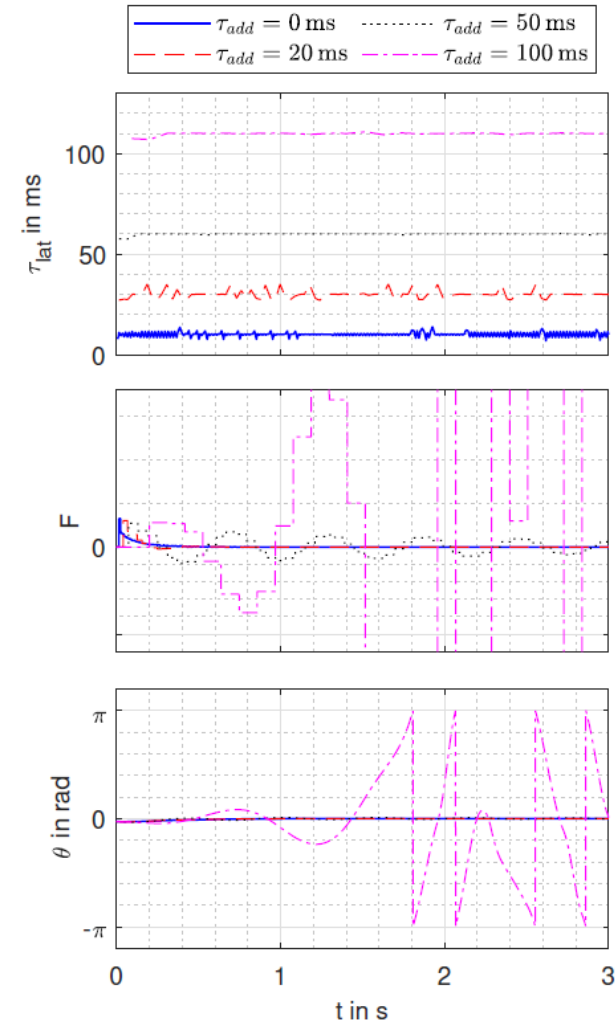


<https://git.mylab.th-luebeck.de/5g/latency-demonstrator>



# 3. Latency Demonstrator

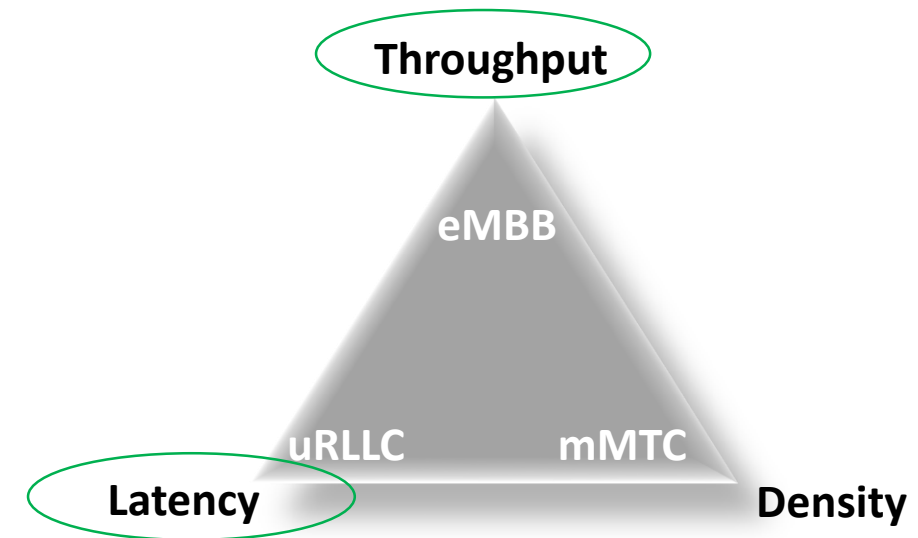
$\tau$  (median): 3.5 ms



- Demonstration der Vorteile von 5G für industrielle Anwendungen
- Einfach zu verwendende Open-Source Projekte
- Anpassbarkeit und Erweiterbarkeit an eigene Ansprüche
- Bereitstellung der Messergebnisse über MQTT zur (wissenschaftlichen) Weiterverarbeitung

## Ausblick

- Applikationen auch für mobile Endgerät



Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit.

