



Technische
Universität
Braunschweig



Institut für Nachrichtentechnik



20. ITG Fachtagung Mobilkommunikation

Untersuchungen zur Latenz von zeitkritischen V2X Anwendungen über LTE

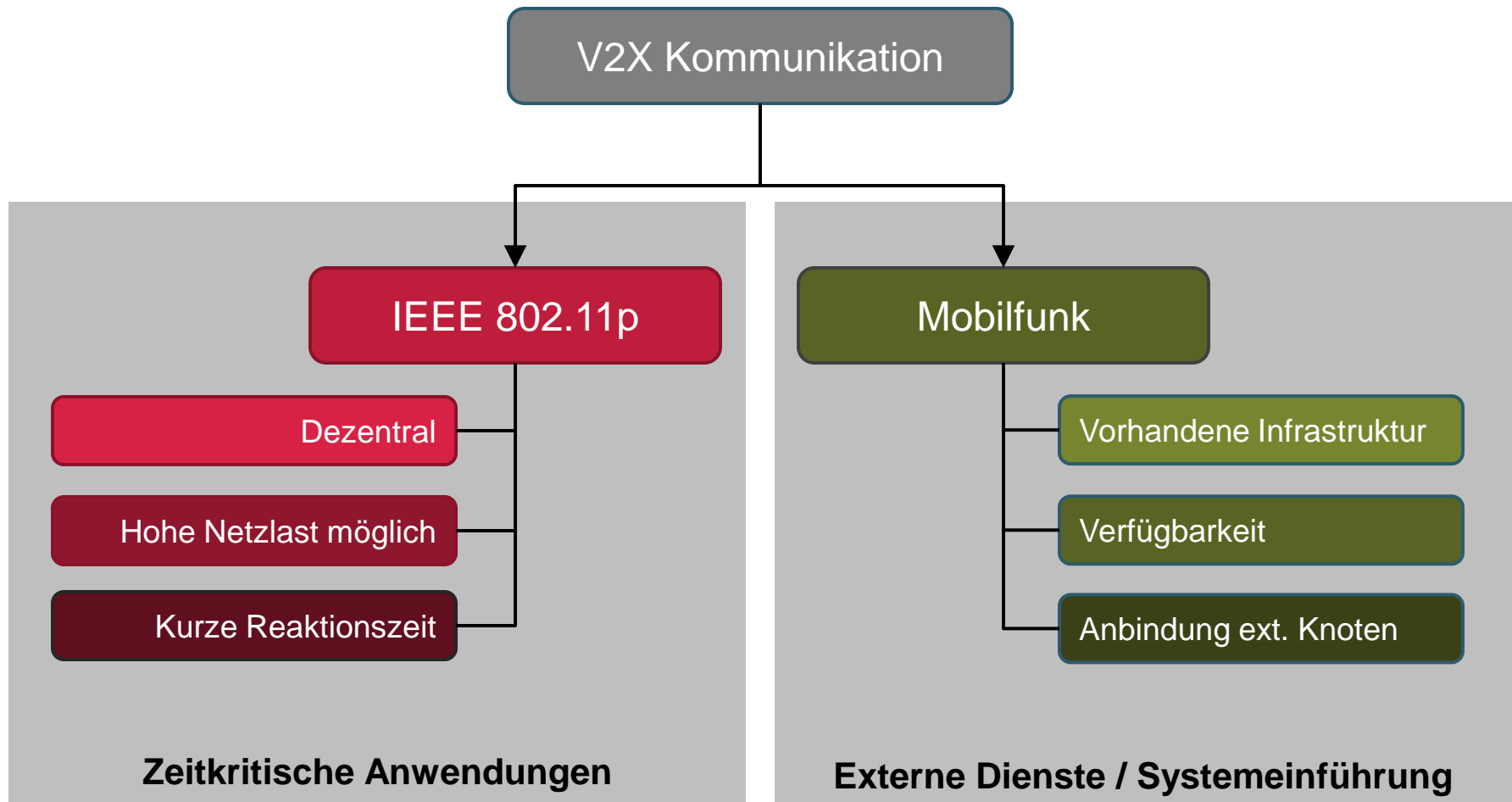
Nils Dreyer, 07.05.2015

Gliederung

1. Einführung in die V2X Kommunikation
2. LTE Spezifikationen
3. Messungen im LTE Netz
4. Zusammenfassung und Fazit



Aufgaben und Probleme



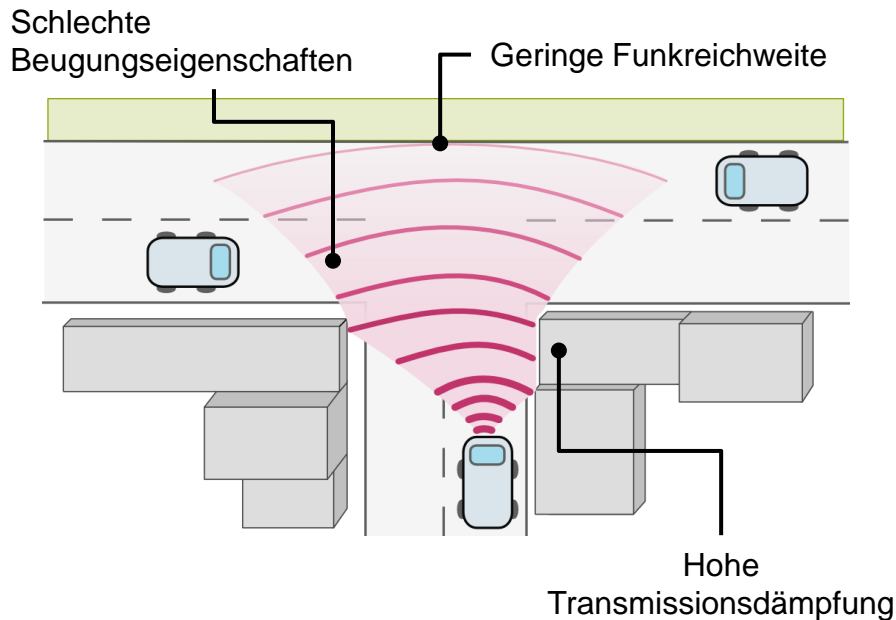
Aufgaben und Probleme

Direkte V2V Kommunikation

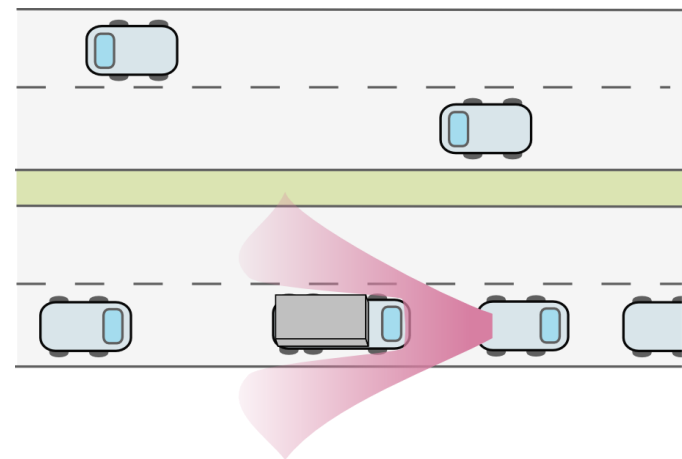
- Über 802.11p
- 5,9 GHz Frequenzband
- Schnelle Adhoc Kommunikation



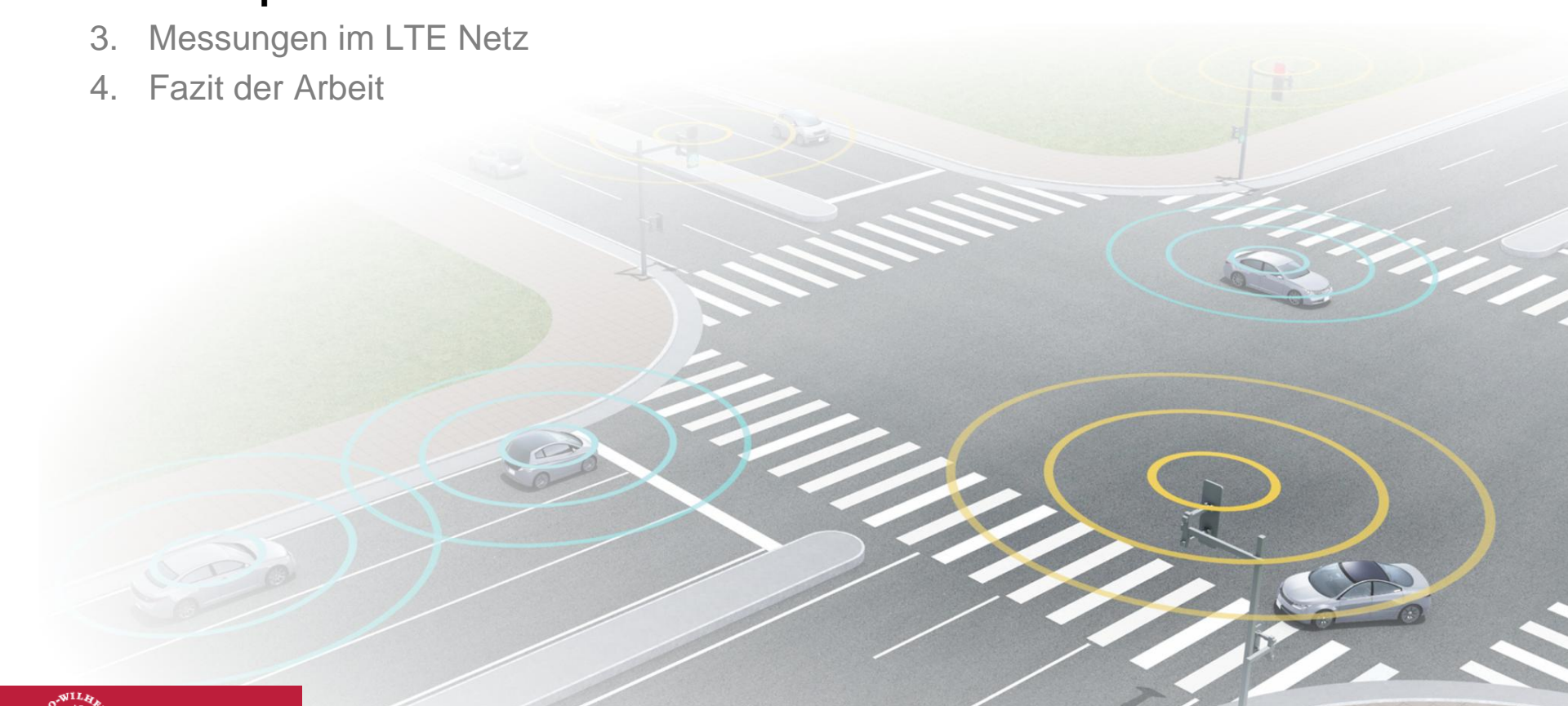
Beispiel: Querkreuzungsassistent



Beispiel: Elektronisches Bremslicht

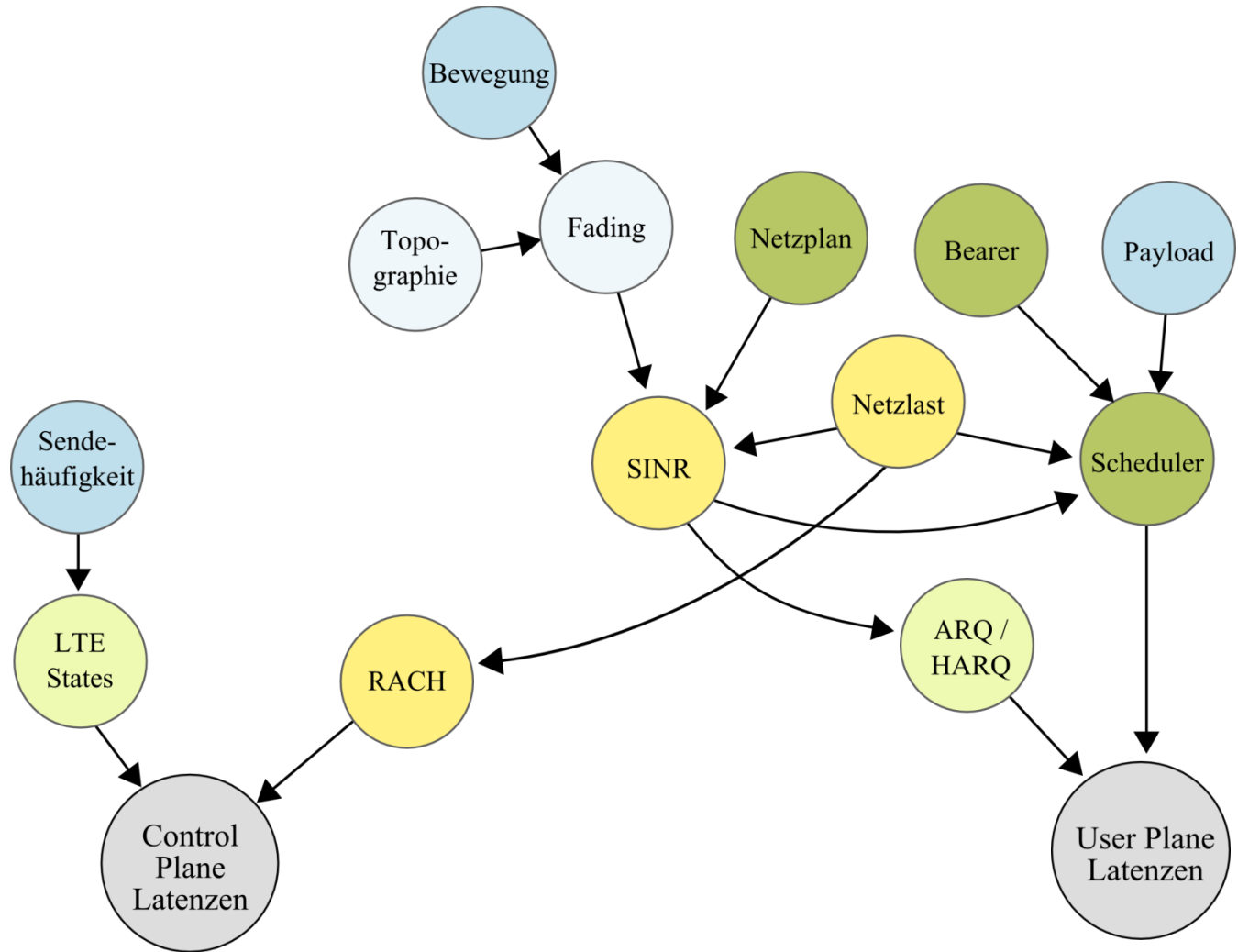
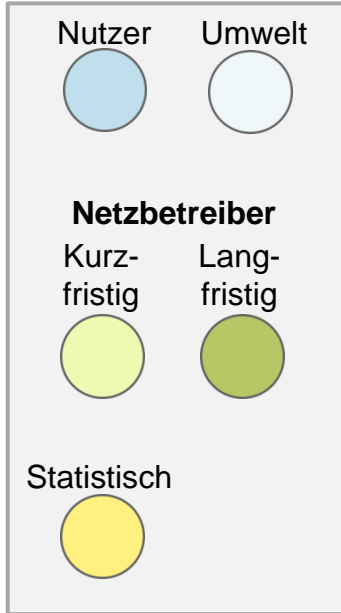


1. Einführung in die V2X Kommunikation
- 2. LTE Spezifikationen**
3. Messungen im LTE Netz
4. Fazit der Arbeit



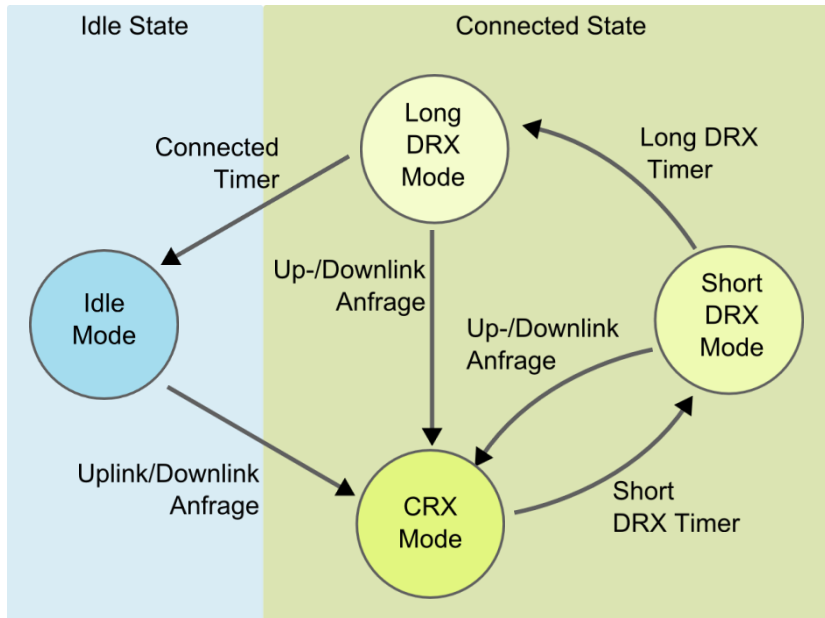
Ursachen von LTE Latenz

Ursachen



LTE Spezifikationen

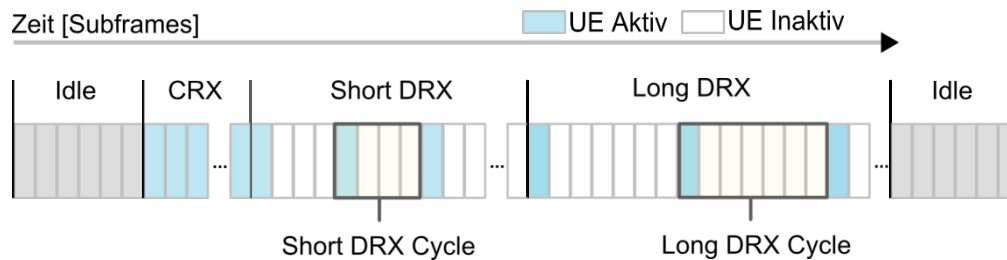
Entstehung von Control Plane Latenzen in LTE



CRX: Continuous Reception
(Durchgehender Empfang möglich)

DRX: Discontinuous Reception
(Zyklischer Empfang)

Latenzen durch DRX Zyklen
(Wartezeit, State-abhängig)



[1],[2]

LTE Spezifikationen

Vergleich: User-Plane und Control-Plane Latenz

Control-Plane

State	Connected			Idle
	CRX	S-DRX	L-DRX	
Modus				
Mode/State Wechsel	-	50ms	50ms	100ms
Zykluszeit [ms]	-	2-640	2-2560	32-2560
Inaktivitäts Timer	1-200ms	1-16 Zyklen	k.A.	-

Timer und Zykluszeiten entsprechend den LTE Spezifikationen

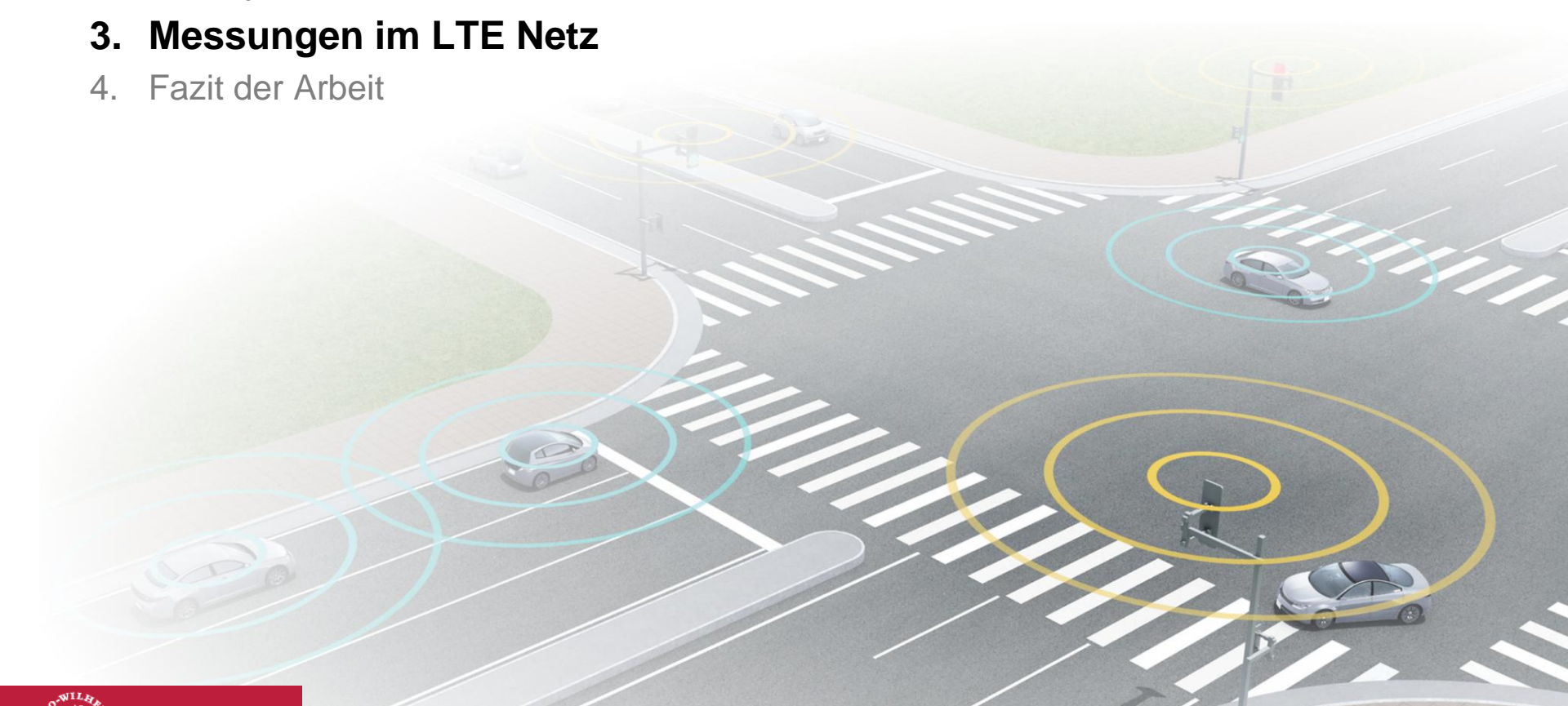
User-Plane

10 MHz	Worst Case (1 PRB)	Best Case (50 PRB)
Uplink	16 Byte	3,73 kByte
Downlink	16 Byte	8,96 kByte

Minimale und maximale Payload pro PRB (1ms) unter Beachtung von MIMO und MCS

[3],[4]

1. Einführung in die V2X Kommunikation
2. LTE Spezifikationen
- 3. Messungen im LTE Netz**
4. Fazit der Arbeit



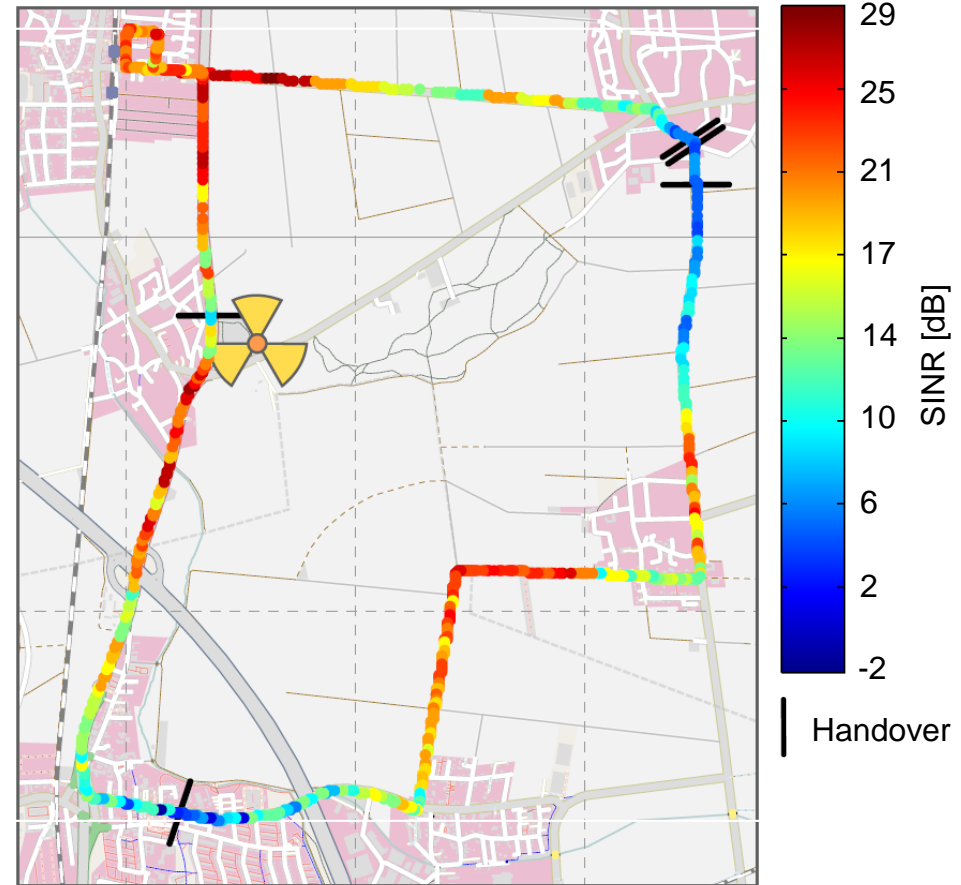
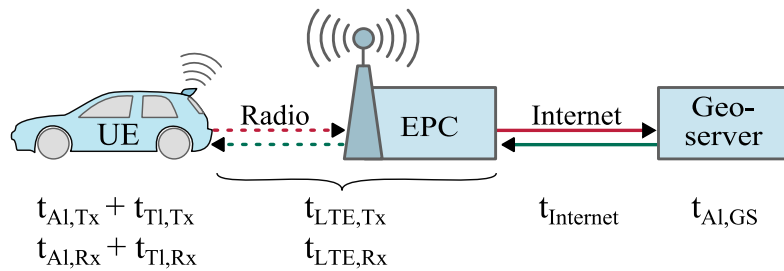
Messungen im LTE Netz

Messstrecke

- 12km lange Messstrecke
- Flach, überwiegend Freifläche

Mobilfunknetz

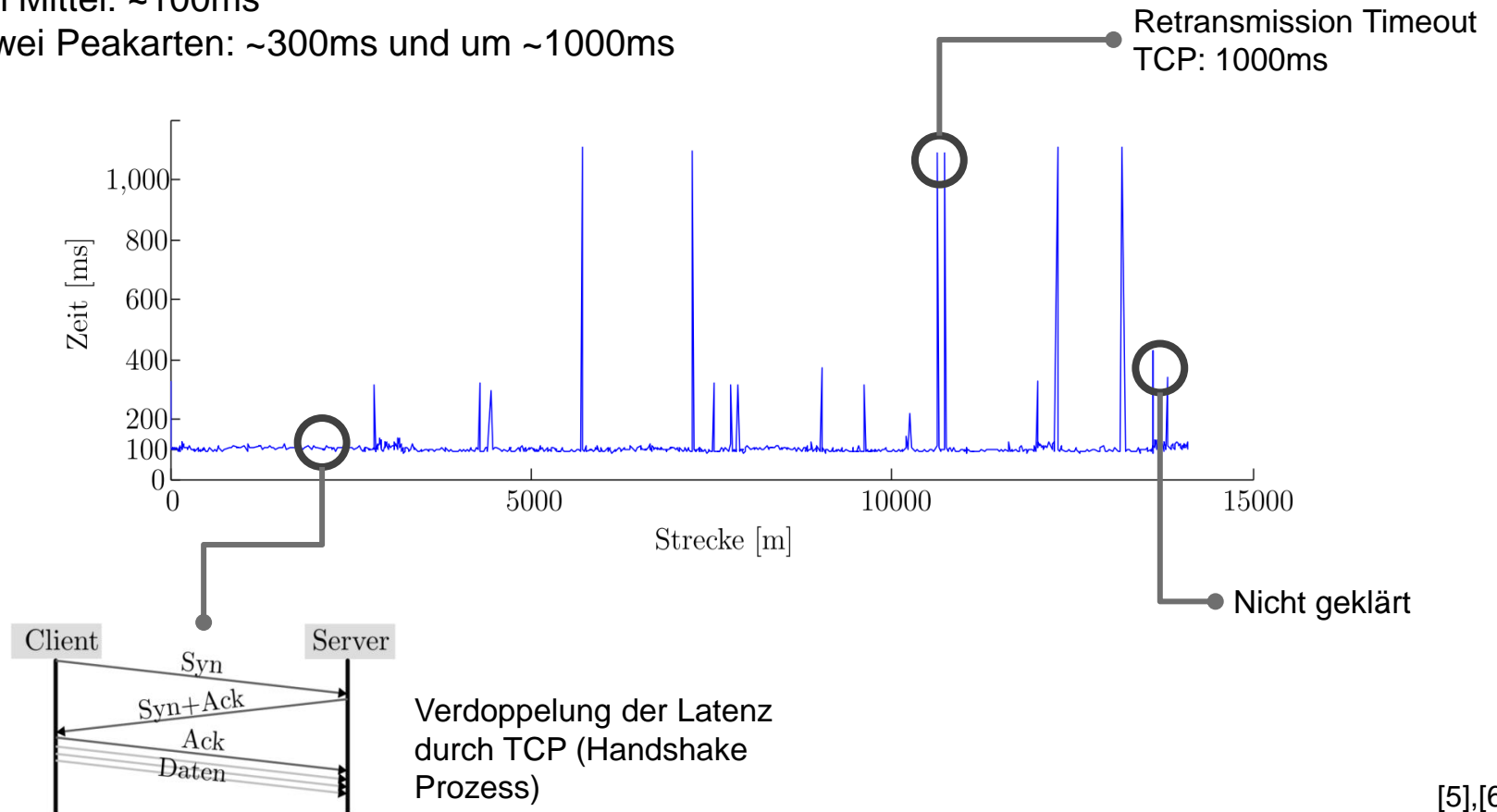
- 800 MHz Band (Vodafone)
- 10 MHz Bandbreite



Messungen im LTE Netz

LTE-/Internet-Gesamtlatenz (ohne Latenz im Application Layer)

- Im Mittel: ~100ms
- Zwei Peakarten: ~300ms und um ~1000ms

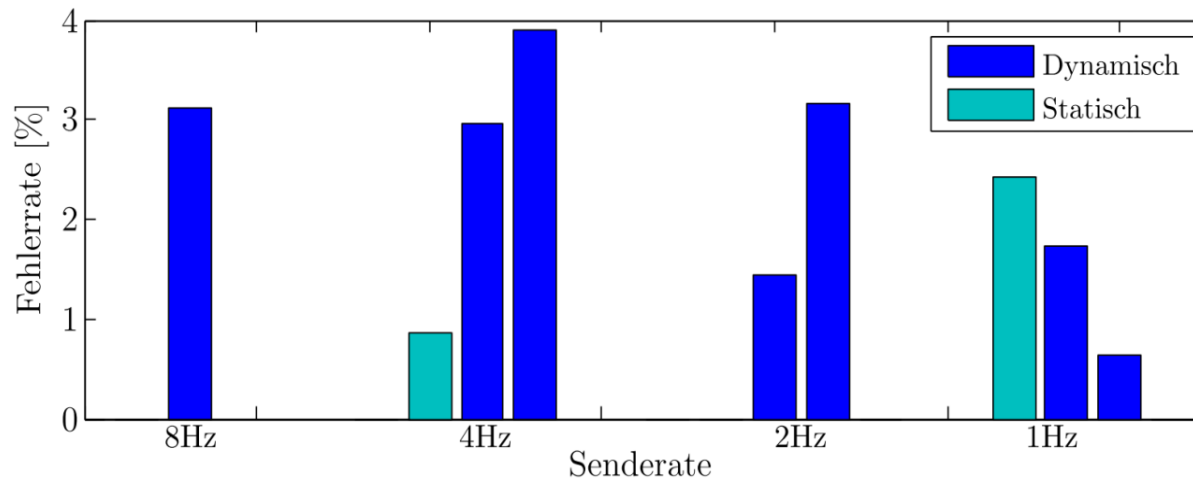


[5],[6]

Messungen im LTE Netz

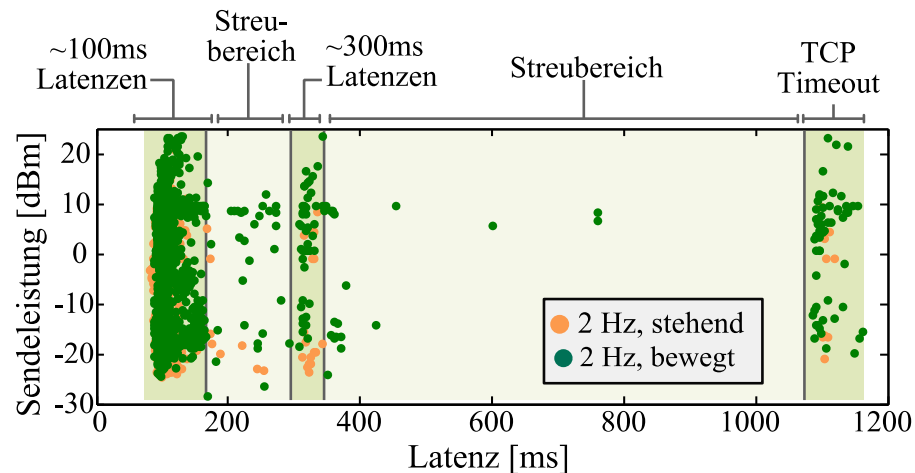
LTE Fehlerrate im RAN

- fehlerhaftes/verlorenes Paket wenn Latenz > 1000ms
- Paketfehlerrate liegt zwischen 0,8 und 3,9%



Messungen im LTE Netz

Korrelation Systemlatenz/Sendeleistung (inkl. Application Layer Latenz)



Statischer Fall:

- Keine Korrelation zwischen Sendeleistung (Uplink SINR) und Latenz
- Drei Häufungen:
 - ~100ms, ~300ms, ~1100ms

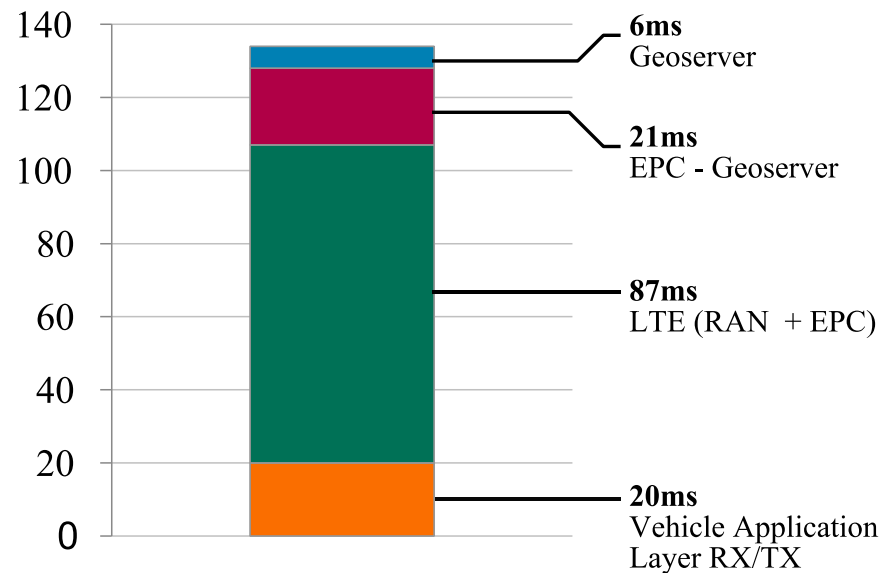
Bewegter Fall:

- Ähnlich dem statischen Fall aber mit ausgeprägten Streubereichen (Verbindungsabbruch, HARQ/ARQ)

Messungen im LTE Netz

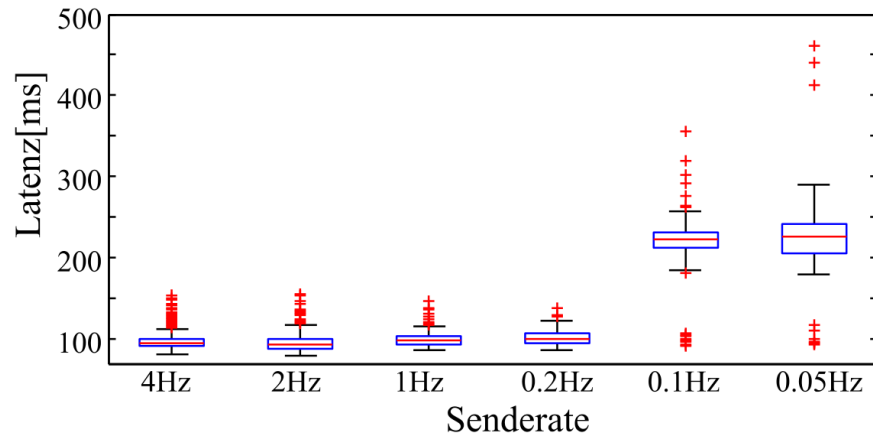
Minimale Latenz des Gesamtsystems

- LTE verursacht 65% der Gesamtlatenz



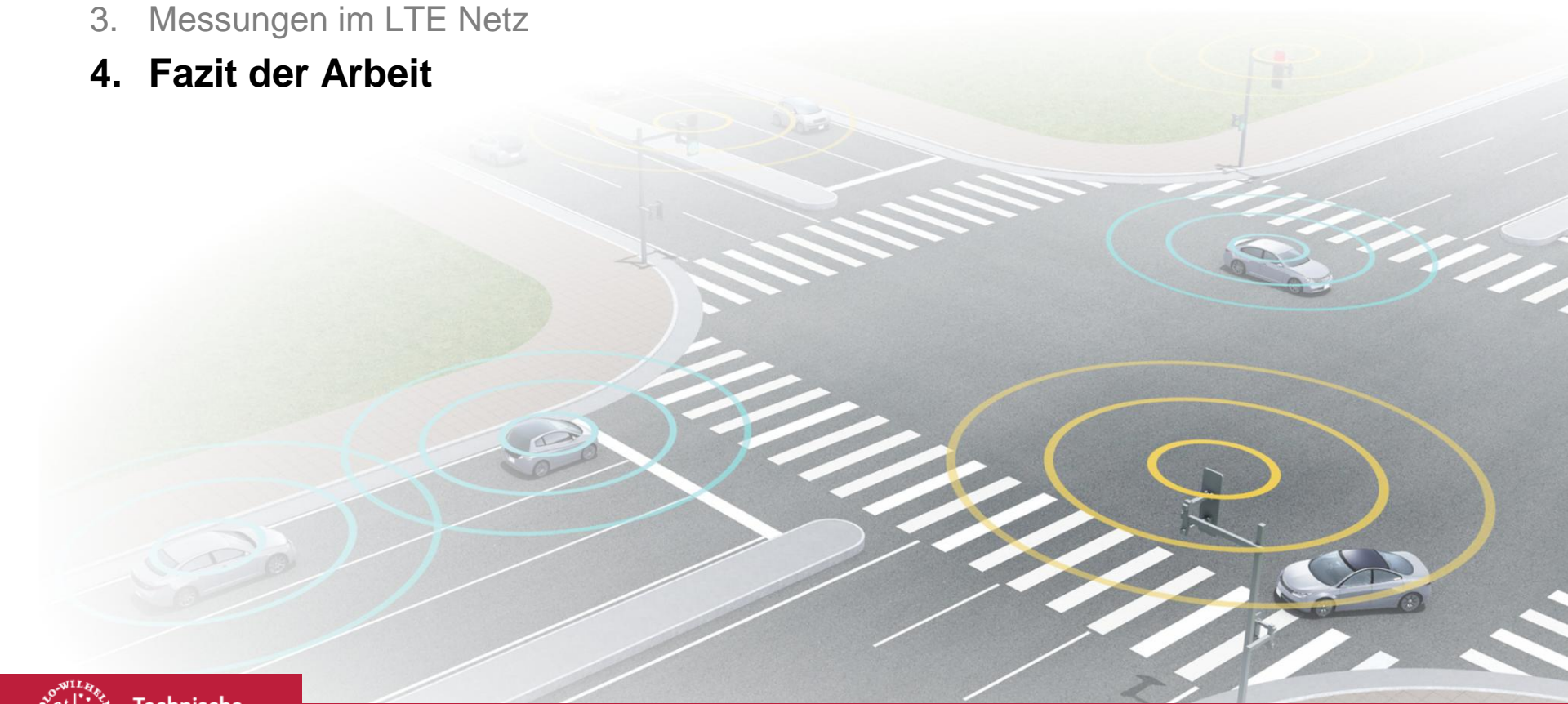
Messungen im LTE Netz

Latenz durch State-Wechsel (ohne Latenz im Application Layer)



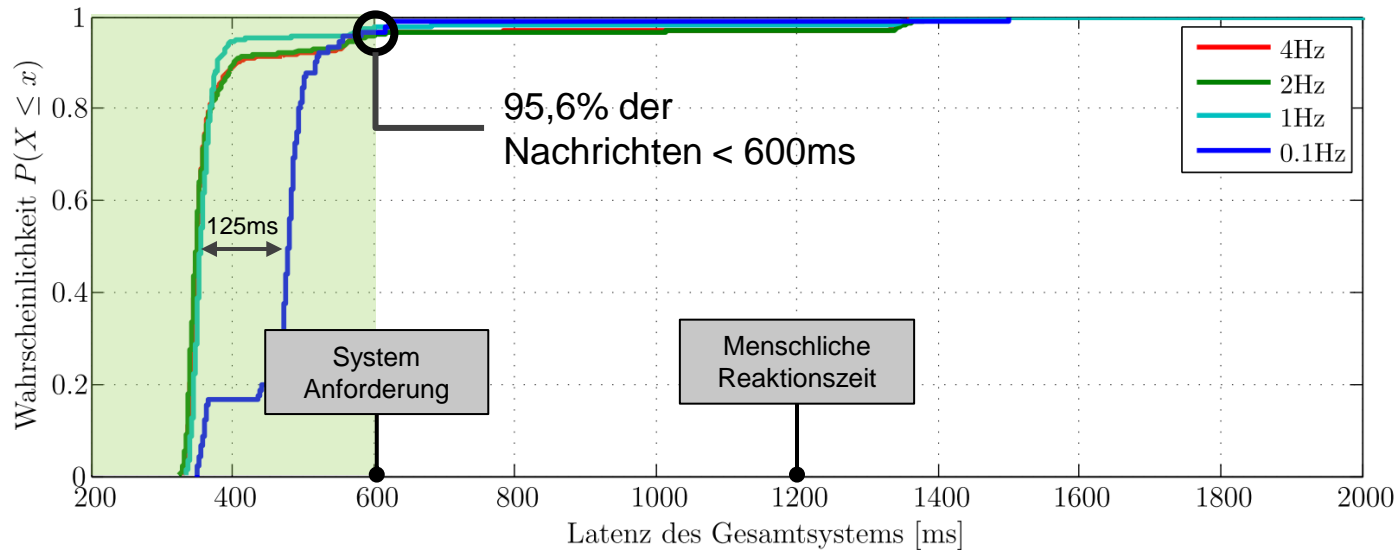
- Mittelwert liegt für Senderaten zwischen 4 Hz und 0,2 Hz bei ~100 ms
- 0,1 Hz Senderate führt zu Idle > Connected State Wechsel (Anstieg um 125 ms)

1. Einführung in die V2X Kommunikation
2. LTE Spezifikationen
3. Messungen im LTE Netz
- 4. Fazit der Arbeit**



Fazit der Arbeit

„Elektronisches Bremslicht“ über LTE



Latenzen des Gesamtsystems inkl. Erkennen der Vollbremsung (~230ms)

Fazit der Arbeit

Maßnahmen für eine V2X Latenzzeitreduzierung



Reduzierung der Systemlatenzen:

- UDP statt TCP (Handshake)
- Teilung des Geoservers: Spiegelung von zeitkritischen Nachrichten in eNB

Reduzierung der User Plane Latenzen:

- Priorisierte Datenströme für V2X Konfiguration (Bearer)
- Payload so gering wie möglich

Reduzierung der Control Plane Latenzen:

- Exklusive Modi/States für Fahrzeuge (Kein Idle State)

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit.

Nils Dreyer, M.Sc.

dreyer@ifn.ing.tu-bs.de

- [1] A. Larmo, M. Lindström, M. Meyer, G. Pelletier, and J. Torsner, "The LTE Link-Layer Design," *IEEE Commun. Mag.*, 2009.
- [2] C. S. Bontu and E. Illidge, "DRX Mechanism for Power Saving in LTE," *IEEE Commun. Mag.*, 2009.
- [3] ETSI, "TS 136 331," vol. 8.21.0, 2014.
- [4] ETSI, "TR 125 913," vol. 8.0.0, 2009.
- [5] Information Science Institute University of Southern California, "Transmission Control Protocol - Protocol Specification," *RFC: 793*, 1981. [Online]. Available: <https://tools.ietf.org/html/rfc793>.
- [6] V. Paxson, M. Allman, J. Chu, and M. Sargent, "Computing TCP's Retransmission Timer," *RFC: 6298*, 2011. [Online]. Available: <https://tools.ietf.org/html/rfc6298>.



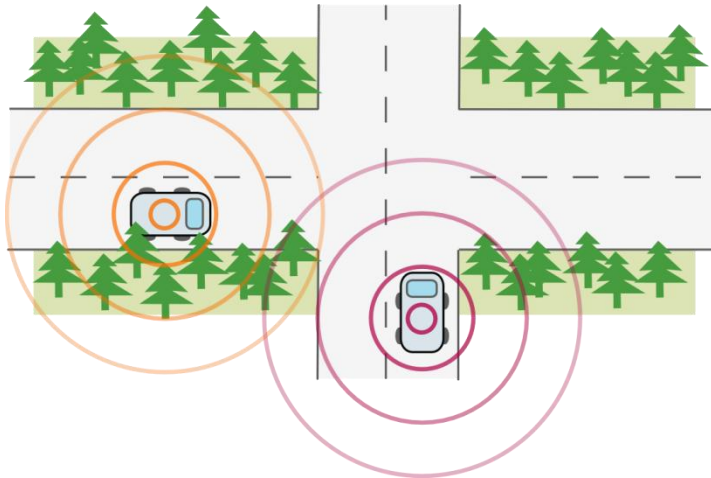
Technische
Universität
Braunschweig



Institut für Nachrichtentechnik

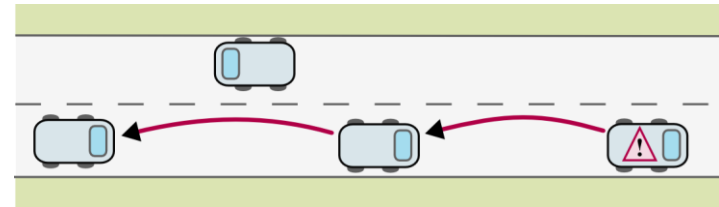
Aufgaben und Probleme

Einsatz einer CAM (Querkreuzungsassistent)



- Cooperative Awareness Message
- Spezifiziert in ETSI TS 102.637-2
- Senderate: 1-10Hz

Einsatz einer DENM (Elektronisches Bremslicht)

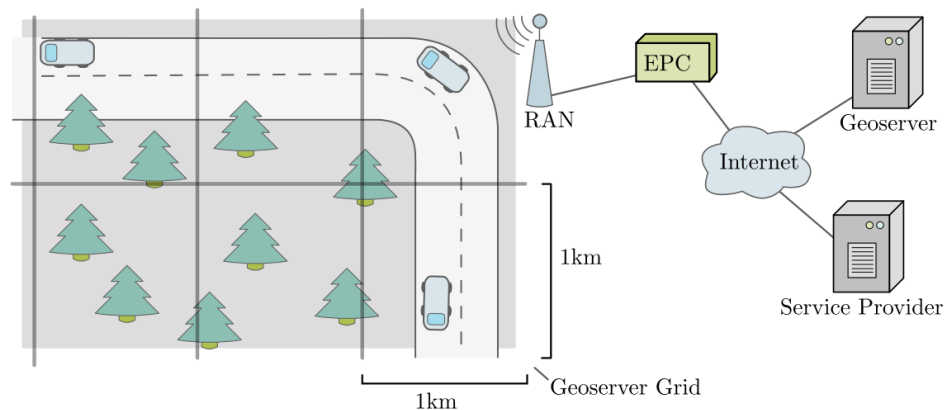


- Decentralized Environmental Notification Message
- Spezifiziert in ETSI TS 102.637-3
- Ereignisgesteuert

Messungen im LTE Netz

CONVERGE Architektur

- Communication Network **VE**hicle **R**oad **G**lobal **E**xtension
- 14 Projektpartner, Zeitraum: 01.08.2012 – 31.07.2015
- Fokus: Duale Kommunikation aus 802.11p und LTE



- Für die Messungen in der Arbeit: Messkanal mit einem Fahrzeug

