



Cloudbasierte V2X-Kommunikation zur dynamischen Zielführung im vernetzten Verkehr

Sören Scherler | Lars Rüdiger Kelm | Sven Jacobitz | Florian Pramme | Gert Bikker | Xiaobo Liu-Henke

Ostfalia University of Applied Sciences

– Hochschule Braunschweig/Wolfenbüttel · Salzdahlumer Str. 46/48 · 38302 Wolfenbüttel · Germany

Department of Mechanical Engineering – Institute for Mechatronics – Research Group for Control Engineering and Automotive Mechatronics

Agenda



- Einleitung
- Stand des Wissens
- Konzeption
- Entwurf der Cloudinfrastruktur
- Erweiterung der dynamischen Zielführung
- Verifikation und Validierung
- Zusammenfassung und Ausblick

Einleitung ZuFOR



Eckdaten

- 10/2016 – 03/2021
- 1.500.000 €
- 5 Professoren
- 6 wiss. Mitarbeiter
- 4 Promotionsvorhaben

Gefördert durch:



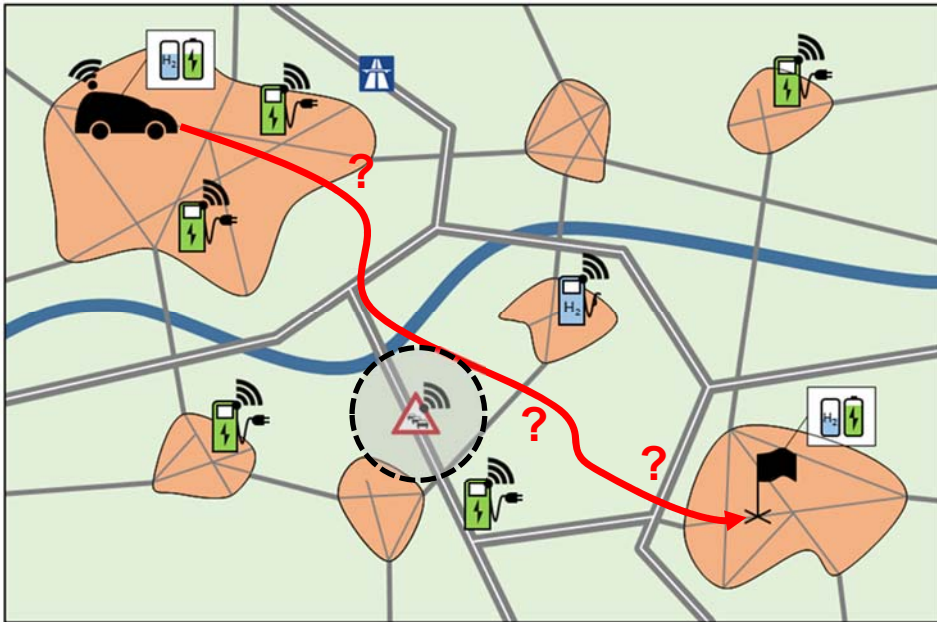
Niedersächsisches Ministerium
für Wissenschaft und Kultur



Volkswagen**Stiftung**

Einleitung

Problemstellung dieses Beitrags



Energieoptimierte Fahrt eines autonomen Elektrofahrzeugs mit Brennstoffzellen-Range-Extender im digitalisierten und vernetzten Verkehr

Optimierungspotentiale durch intelligente Betriebsstrategie:

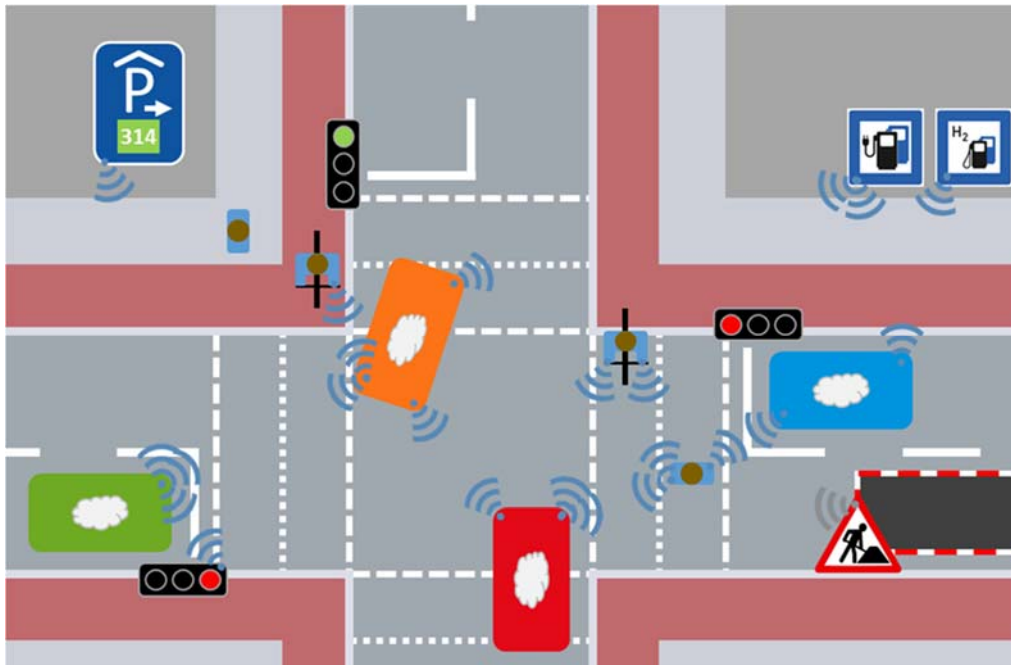
1. **Energiemanagement** („Welche Leistungsbereitstellung durch Batterie und Brennstoffzelle ist optimal?“)
2. **Bahnplanung** („Welches Geschwindigkeitsprofil ist für die gewählte Route optimal?“)
3. **Zielführung** („Welche Route ist optimal?“)

Problemstellung: Wie kann die Reichweite der V2X-Kommunikation erhöht werden, um dynamische Verkehrsinformationen früh- bzw. rechtzeitig in der Zielführung nutzen zu können?

Stand des Wissens

Vernetzte Verkehrssysteme | V2X-Kommunikation

Vernetzte Verkehrssysteme



V2X-Kommunikation

- **Informationen:** Fahrzeugzustände, Gefahren, Staumeldungen, ...
- **C-V2X:** Mobilfunk mit LTE oder 5G
 - Sehr hohe Reichweite und hohe Bandbreite
 - Infrastruktur gerade im Aufbau, Technologie für Fahrzeuge in Entwicklung
- **DSRC:** WLAN (IEEE 802.11p) in ad-hoc-Netzwerken
 - Netzunabhängig
 - Max. Reichweite 300 m (theoretisch 1000 m)

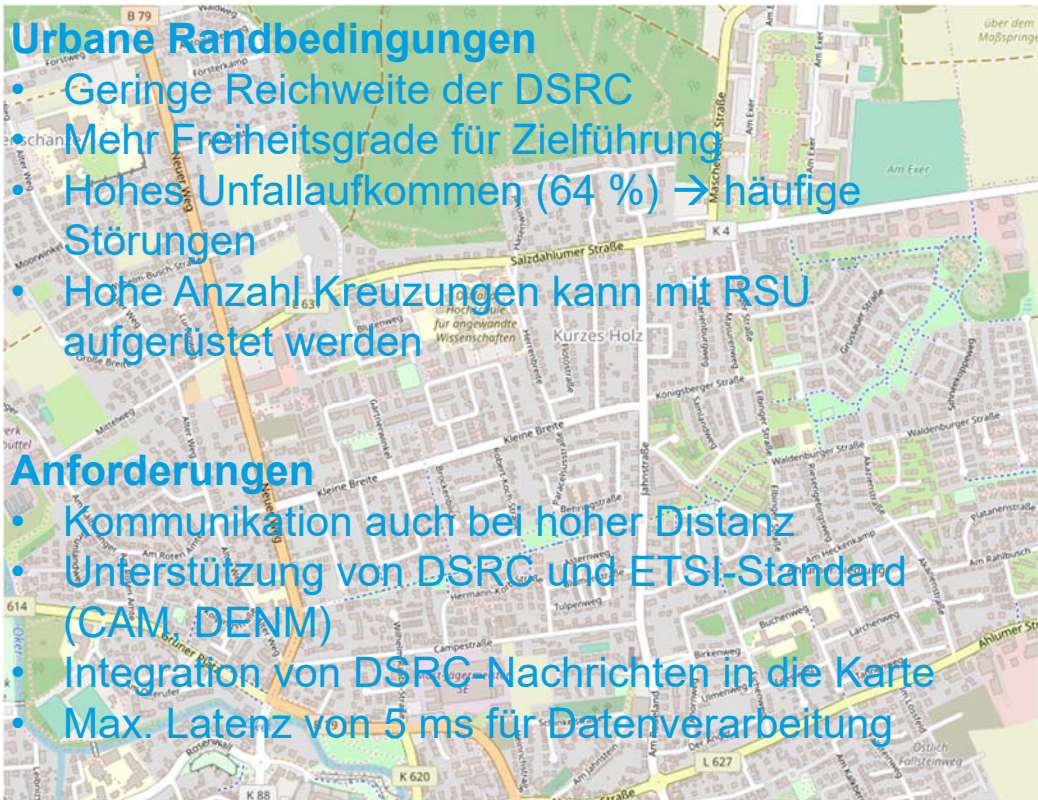
Konzeption

Urbane Randbedingungen

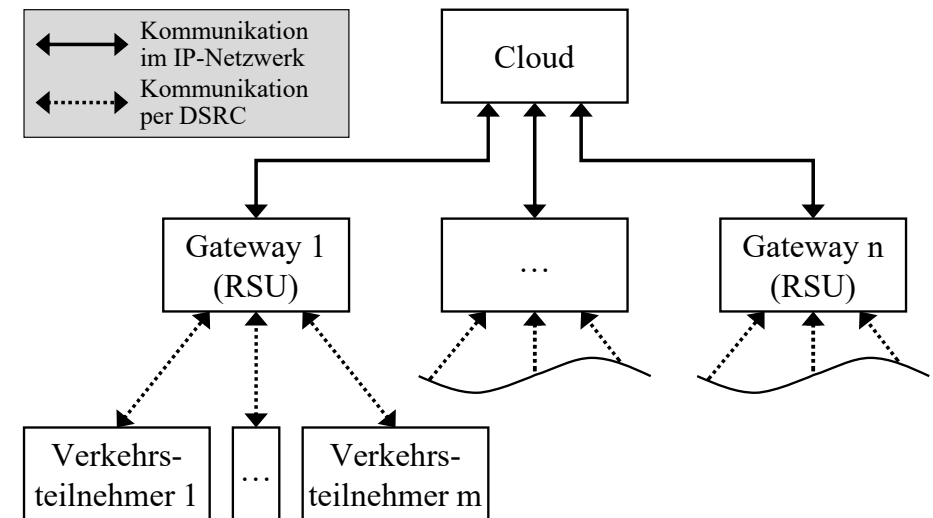
- Geringe Reichweite der DSRC
- Mehr Freiheitsgrade für Zielführung
- Hohes Unfallaufkommen (64 %) → häufige Störungen
- Hohe Anzahl Kreuzungen kann mit RSU aufgerüstet werden

Anforderungen

- Kommunikation auch bei hoher Distanz
- Unterstützung von DSRC und ETSI-Standard (CAM, DENM)
- Integration von DSRC-Nachrichten in die Karte
- Max. Latenz von 5 ms für Datenverarbeitung



Netzwerk- und Cloudinfrastruktur

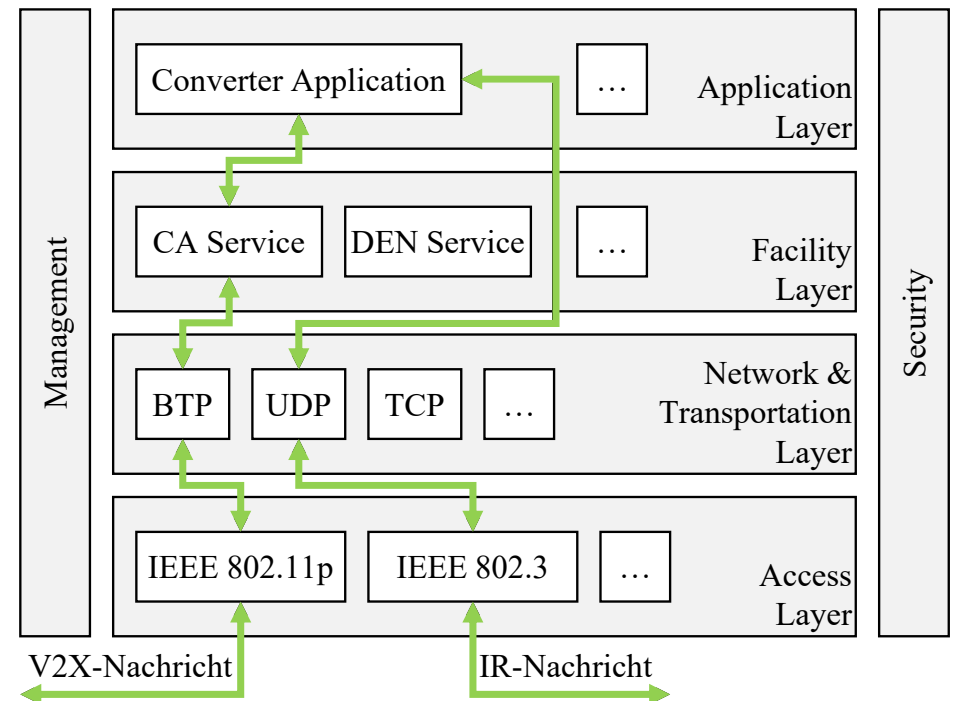


Entwurf der Cloudinfrastruktur

Zentrale Cloud

- Broker für heterogene Nachrichten von verschiedenen Gateways / Endpunkten
- Erfassen, speichern und verteilen von Daten (unterschiedliche Quellen und Formate) im Publish-Subscribe-Verfahren
- Erweiterbarkeit und Unabhängigkeit von den Quellen durch Zwischendarstellungsschicht (Intermediate Representation – IR)
- Zusätzliche Module zur Verarbeitung großer Datenmengen oder zur Durchführung komplexer Berechnungen vorgesehen

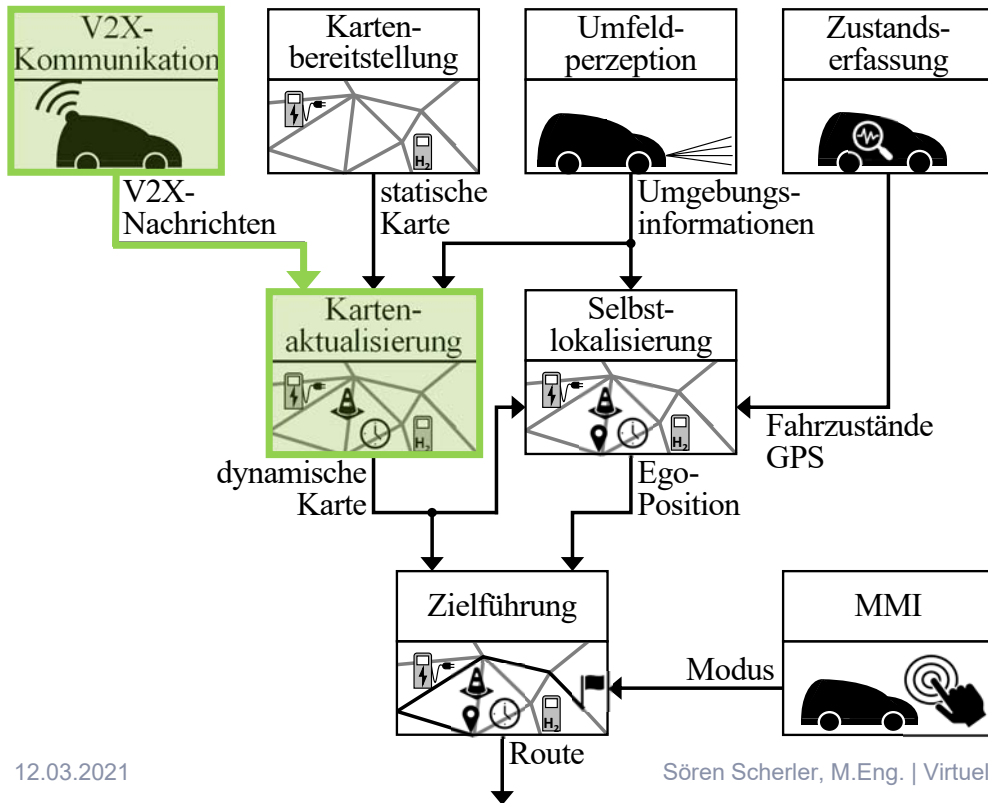
Schichtenmodell des Gateways



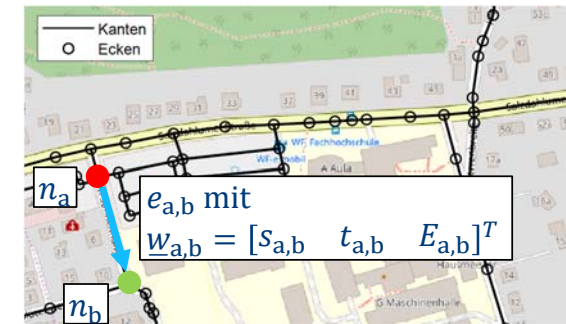
Erweiterung der dynamischen Zielführung

Funktionsstruktur und Optimierungsziel der dynamischen Zielführung

Funktionsstruktur der dynamischen Zielführung



Graphendarstellung eines Straßennetzwerks



Optimierungsziel

Minimieren der Gesamtkosten vom Start zum Ziel

$$J_z = \sum_{k=0}^z J_{akt} + \underbrace{[g_s \quad g_t \quad g_E]}_{\text{Gewichtungsfaktoren}} \underbrace{w_{akt,k}}_{\text{Kantengewichte}}$$

| Kosten des aktuellen Knotens

Erweiterung der dynamischen Zielführung

Kartenaktualisierung: Integration dynamischer Informationen

Wesentliche Inhalte:

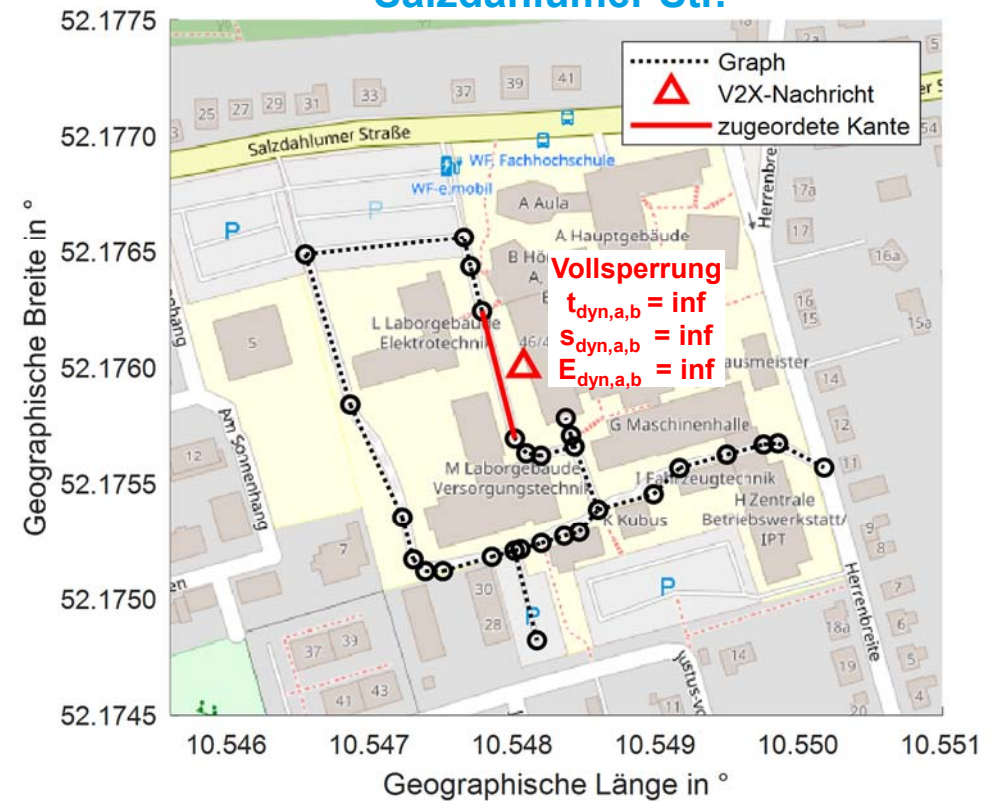
- GPS-Position
- Art der Nachricht (Baustelle, Unfall, Notbremsung,...)
- Zeitstempel der Nachricht

Für Integration:

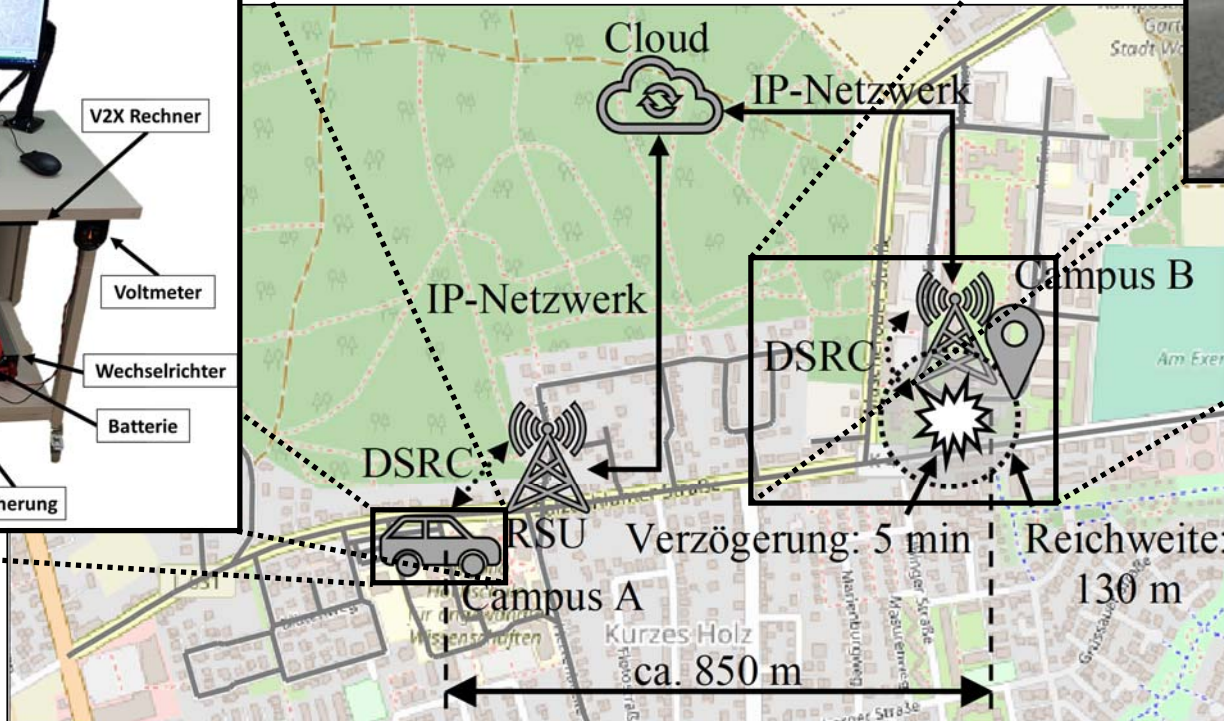
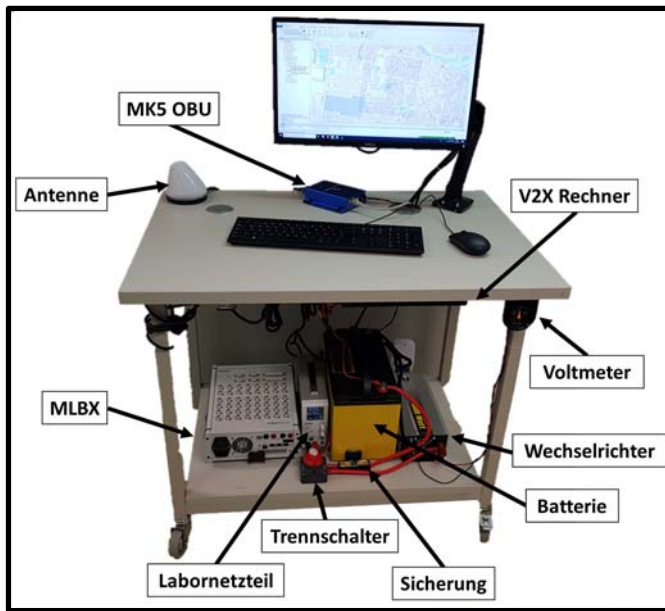
- Nachricht einer Kante zuordnen
- Nachricht quantifizieren (z.B. +10 min oder inf)

$$\rightarrow \underline{w}_{a,b} = \begin{bmatrix} s_{a,b} + s_{dyn,a,b} \\ t_{a,b} + t_{dyn,a,b} \\ E_{a,b} + E_{dyn,a,b} \end{bmatrix}$$

Innenhof der Ostfalia Hochschule Salzdahlumer Str.

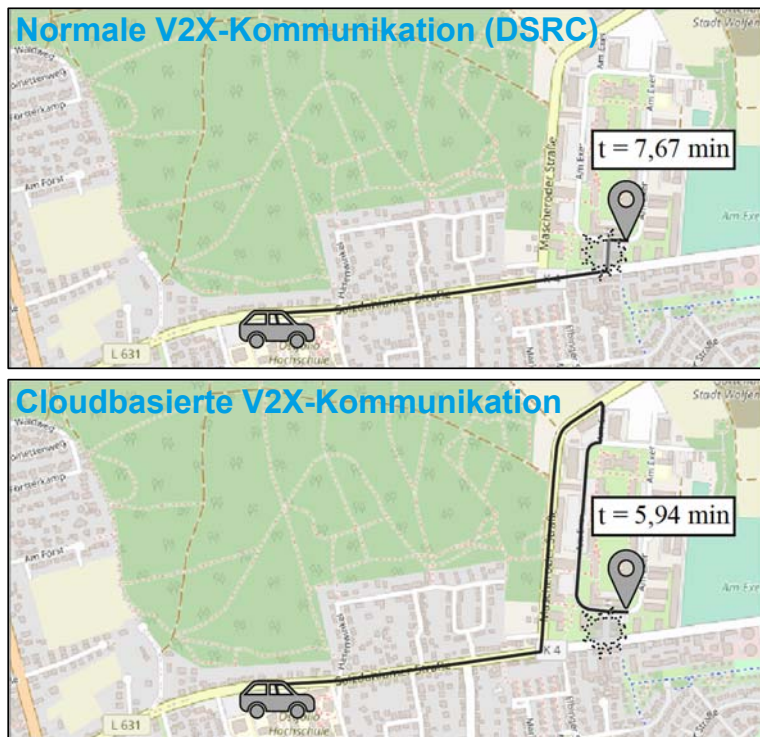


Verifikation und Validierung Pilotanwendung



Verifikation und Validierung

Ergebnisse der dynamischen Zielführung



Latenzzeiten der cloudbasierten V2X-Kommunikation

- Datenverarbeitung durch die Cloud
 $t_{\text{avg}} = 0,04 \text{ ms} \mid t_{\text{max}} = 1,42 \text{ ms}$
- Kommunikation Gateway – Cloud – Gateway
 $t_{\text{avg}} \leq 2 \text{ ms}$

- Gemessene Latenzen der DSRC
 $160 \text{ ms} \leq t \leq 250 \text{ ms}$

→ Netzwerkkommunikation und Verarbeitung durch Cloud erhöhen die Kommunikationsdauer nicht signifikant

Zusammenfassung und Ausblick

Zusammenfassung

- Netzwerk- und Cloudinfrastruktur zur signifikanten Reichweitenerhöhung der DSRC
- RSUs fungieren als Gateway zwischen dezentralen Verkehrsteilnehmern und zentraler Cloud
- Integration der dynamischen V2X-Informationen in die LDM und die dynamische Zielführung
- Verifikation der verbesserten Alternativroutenplanung unter Echtzeitbedingungen

Ausblick

- Weiterführung im Niedersächsischen Zukunftslabor Mobilität
- Untersuchung des Potentials der dynamischen Verkehrsdaten für eine kooperative Zielführung mehrerer Verkehrsteilnehmer
- Integration von C-V2X-Kommunikation in die dynamische Zielführung, da diese sich durchzusetzen scheint (Schnittstelle zur LDM ist für einfach Integration geeignet)



Cloudbasierte V2X-Kommunikation zur dynamischen Zielführung im vernetzten Verkehr

Sören Scherler | Lars Rüdiger Kelm | Sven Jacobitz | Florian Pramme | Gert Bikker | Xiaobo Liu-Henke

Ostfalia University of Applied Sciences

– Hochschule Braunschweig/Wolfenbüttel · Salzdahlumer Str. 46/48 · 38302 Wolfenbüttel · Germany

Department of Mechanical Engineering – Institute for Mechatronics – Research Group for Control Engineering and Automotive Mechatronics