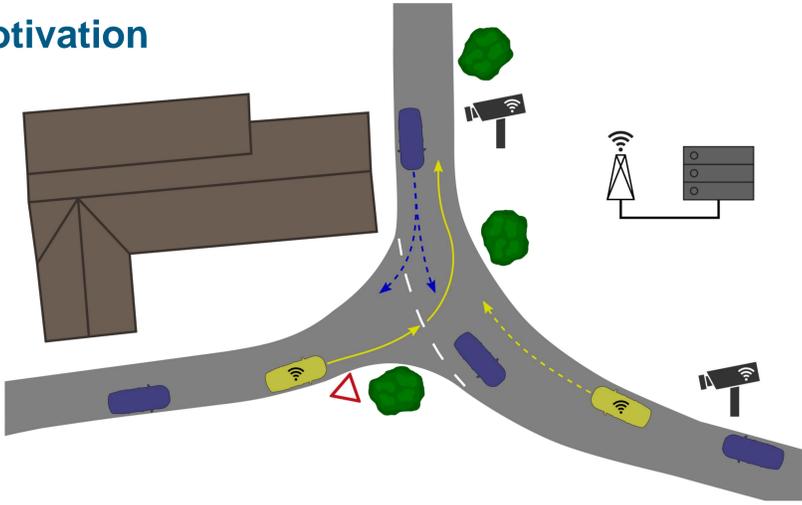




## Kooperative Manöverplanung mit Reinforcement Learning

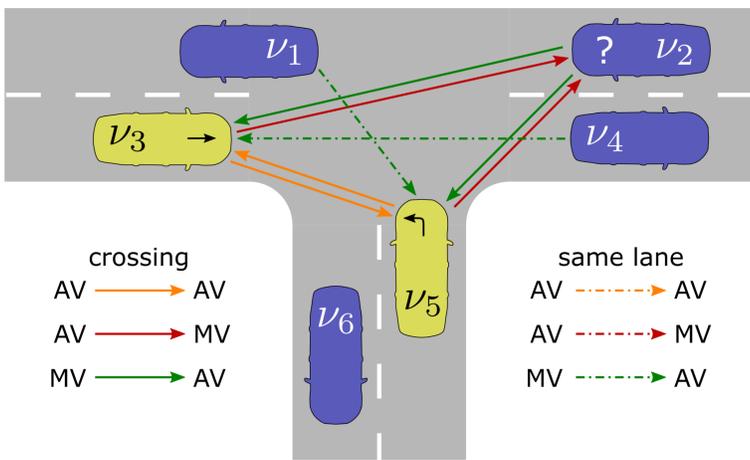
Marvin Klimke<sup>1,2</sup>, Benjamin Völz<sup>1</sup> und Michael Buchholz<sup>2</sup> – <sup>1</sup>Robert Bosch GmbH, <sup>2</sup>Universität Ulm

### Motivation



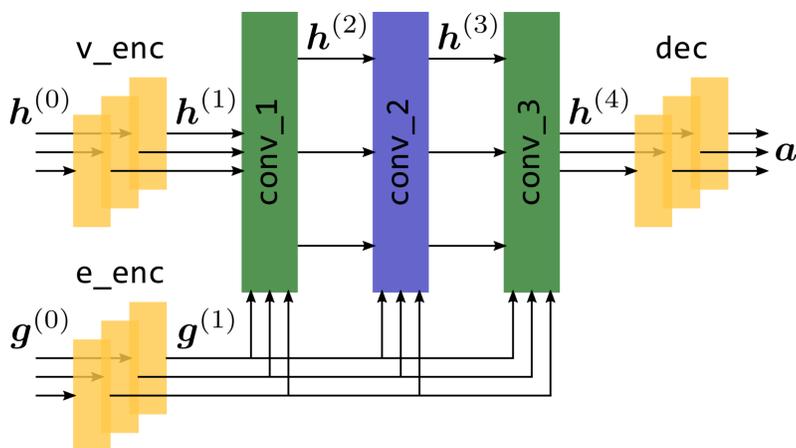
- Automatisiertes Fahren in herausfordernden urbanen Szenarien
- Kooperative Planung zur Optimierung bspw. des Verkehrsflusses für sowohl **automatisierte** als auch **reguläre** Fahrzeuge

### Graph-basierende Repräsentation



- Abbildung der Verkehrsszene als Graph: Ein Knoten je Fahrzeug
- Kanten bezeichnen unterschiedliche Konfliktrelationen
- Knoteneigenschaften: Fahrzeug-abhängige Messwerte
- Kanteneigenschaften: Distanzmetrik und Vorrang

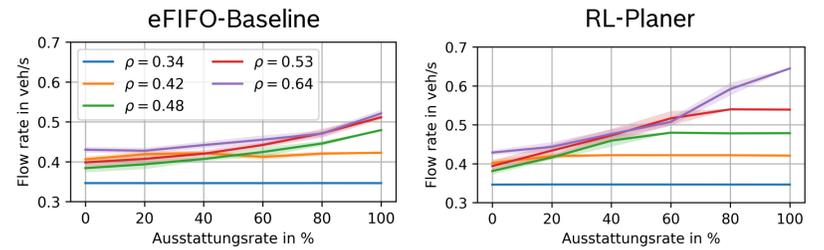
### Architektur des Graph Neural Network



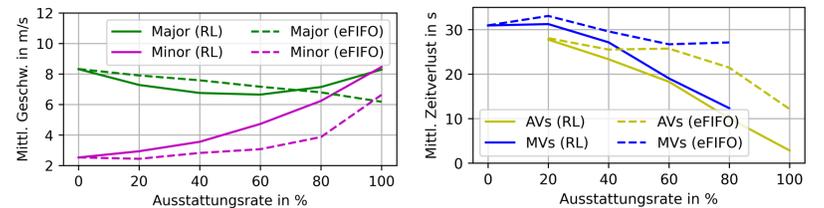
- Enkodierung der Eingabefeatures durch **MLPs**
- GNN-Architektur: Relational Graph Convolutional Network (**RGCN**) Schichten und eine Graph Attention (**GAT**) Schicht

### Simulative Evaluation

- Training und Evaluation des RL-Modells im open-source Simulator Highway-env (modifiziert für Multiagentenplanung)
- Baseline: Erweitertes First In – First Out (eFIFO) Schema berücksichtigt Vorrang regulärer Fahrzeuge als Randbedingungen



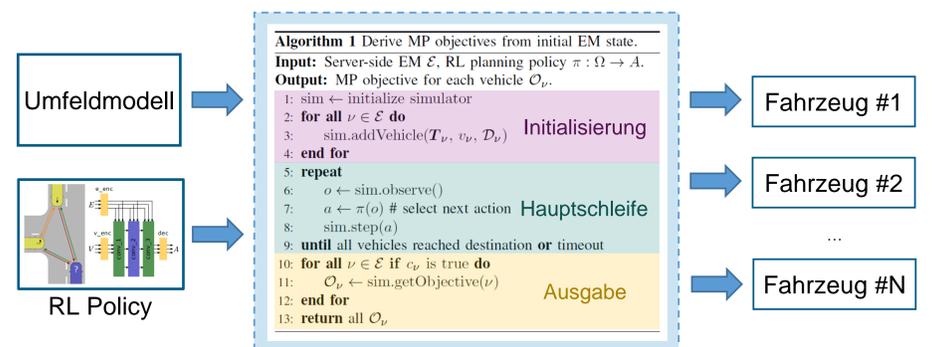
→ Steigender Fahrzeugdurchsatz mit zunehmender Automatisierung



→ Mittlere Fahrgeschwindigkeit auf der Nebenstraße wird deutlich erhöht

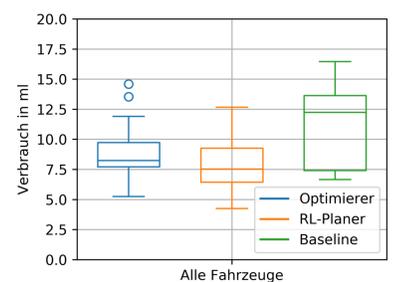
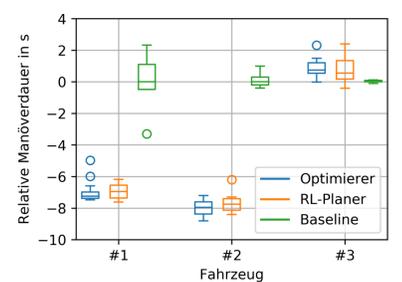
→ Reguläre Fahrzeuge (MVs) profitieren von weniger Zeitverlust

### Anbindung an Bewegungsplanung



### Evaluation im Realverkehr

- Kooperatives Manöver mit drei VAFs an der Pilotanlage Ulm-Lehr
- Fahrzeug #3 verzichtet auf Vorrang und lässt die Fahrzeuge #1 und #2 passieren
- Beide kooperative Planer liefern vergleichbare Ergebnisse
- Deutlicher Zeitgewinn für die begünstigten Fahrzeuge
- Geringfügige Verzögerung für das Fahrzeug auf der Hauptstraße
- Signifikante Reduktion des Verbrauchs über alle beteiligten Fahrzeuge



Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages



Stadt

