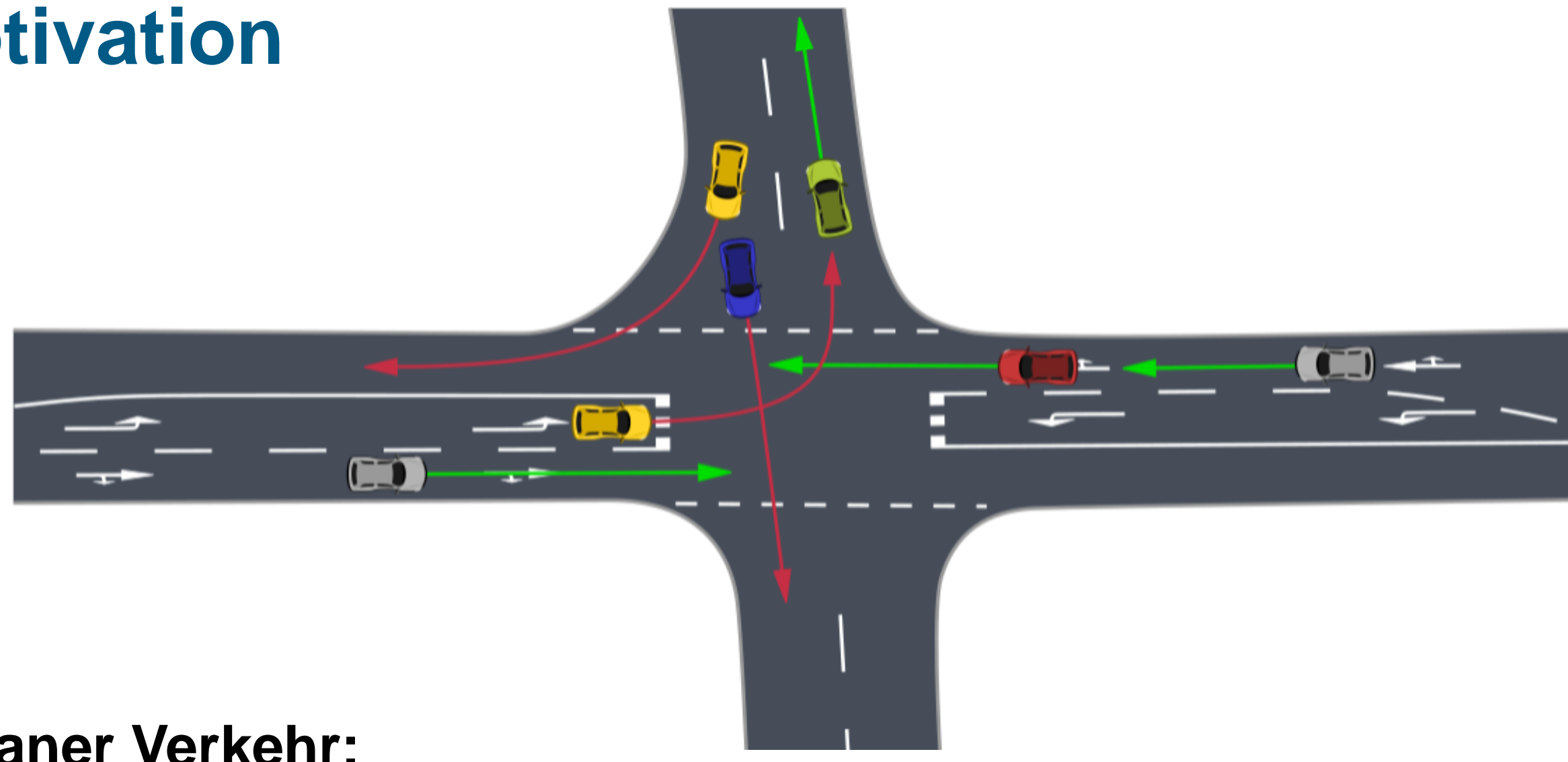


## Optimierungsbasierte kooperative Manöverplanung im urbanen Mischverkehr

Max Bastian Mertens, Michael Buchholz – Universität Ulm

### Motivation



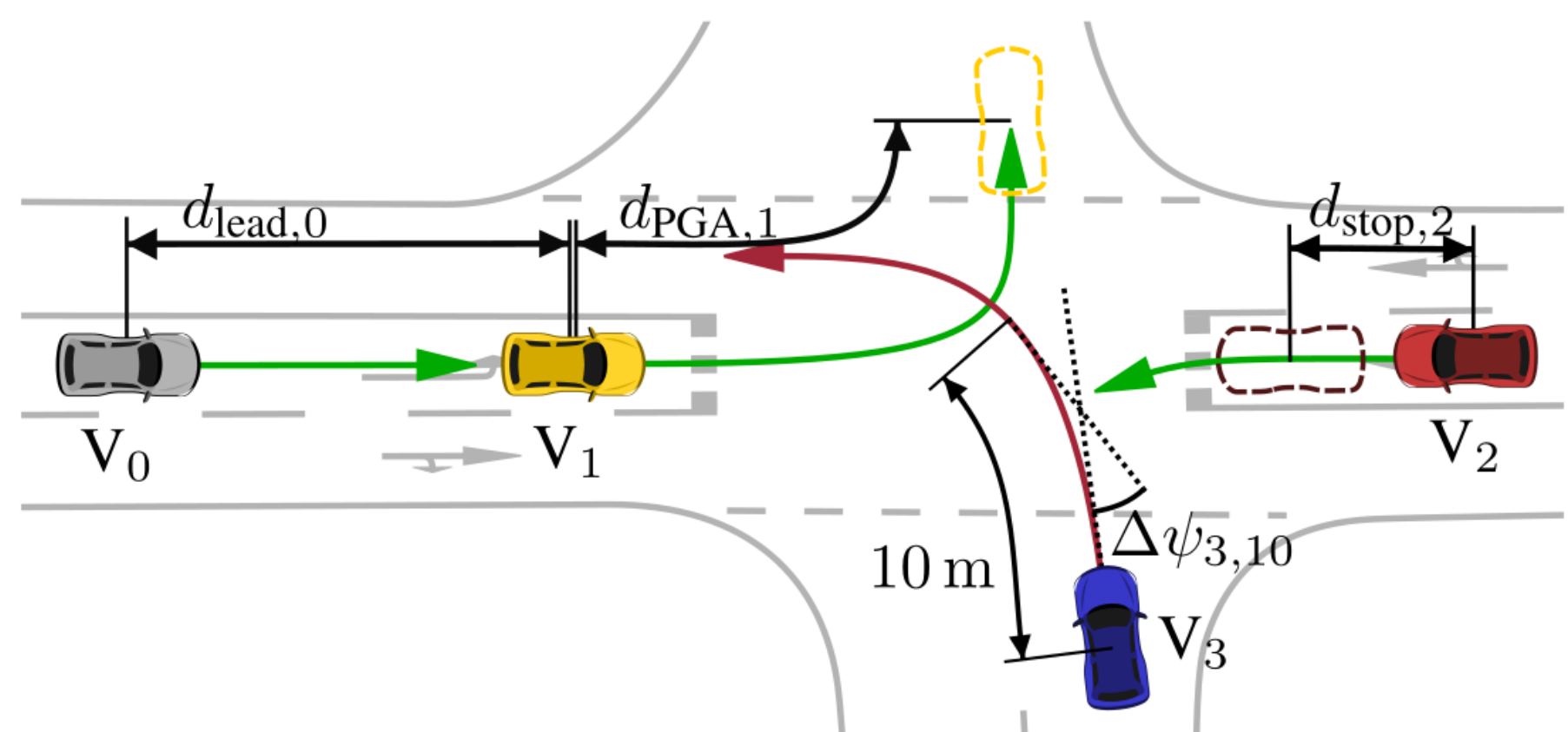
#### Urbane Verkehr:

30-50 km/h, unsignalisierte Kreuzung, Mischverkehr: vernetzte und klassische Fahrzeuge

#### Herausforderungen:

Prädiktion des (automatisierten/menschlichen) Fahrverhaltens, Generierung und Koordination effizienter Manöver

### Multi-Szenarien-Prädiktion



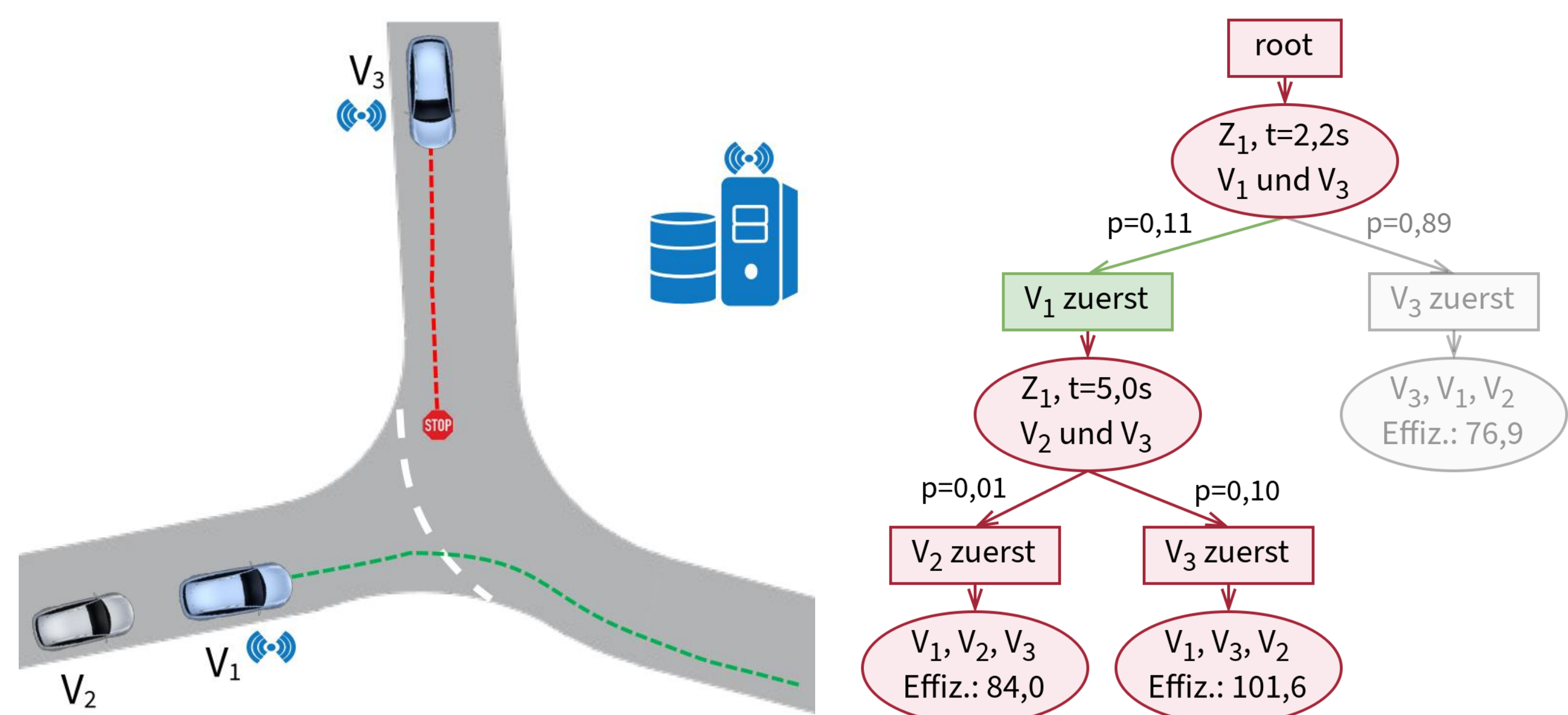
- spurgebundene Prädiktion der Szene für die nächsten 10s
- Modell für Vorfahrtsentscheidung und Beschleunigung durch je ein neuronales Netz (Multilayer-Perzeptron), auf inD-Datensatz [1] trainiert
- exponentiell viele verschiedene Szenarien möglich, Darstellung der wahrscheinlichsten als chronologischen Entscheidungsbaum

### Manöverauswahl [3]

- Effizienzmetrik für Szenarien: u.a. Zeitverlust durch Interaktion:

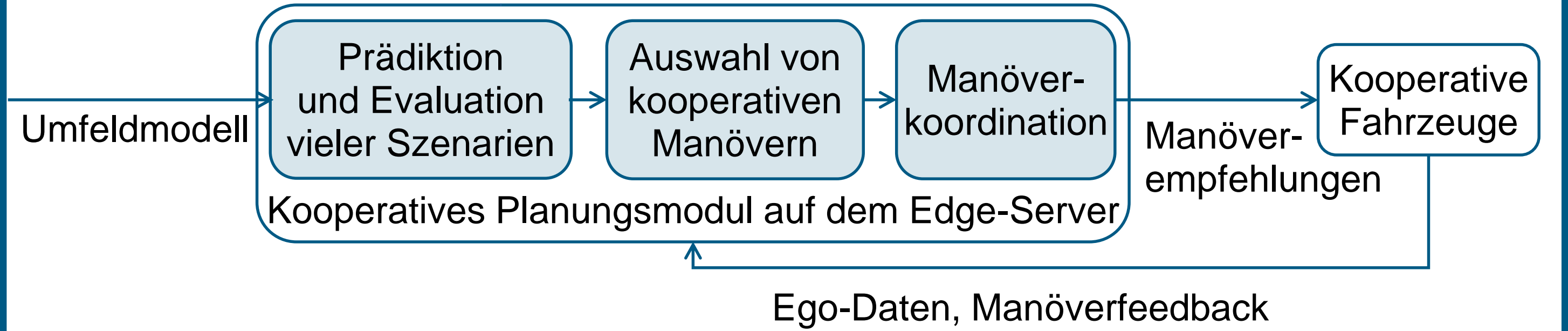
$$L(S, V) := \int_t^{t+T_{hor}} 1 - \frac{v_{S,i}(\tau)}{v_{max}(x_{S,i}(\tau))} d\tau$$

- Evaluation der möglichen Szenarien, Eintragung von Wahrscheinlichkeit und Effizienz im Entscheidungsbaum
- Manöver bedeutet Priorisierungen zwischen je zwei kooperativen Fahrzeugen: Fahrzeug 1 oder 2 priorisiert, oder kein Eingriff
- Optimierung des Erwartungswerts der Effizienz durch Manöver

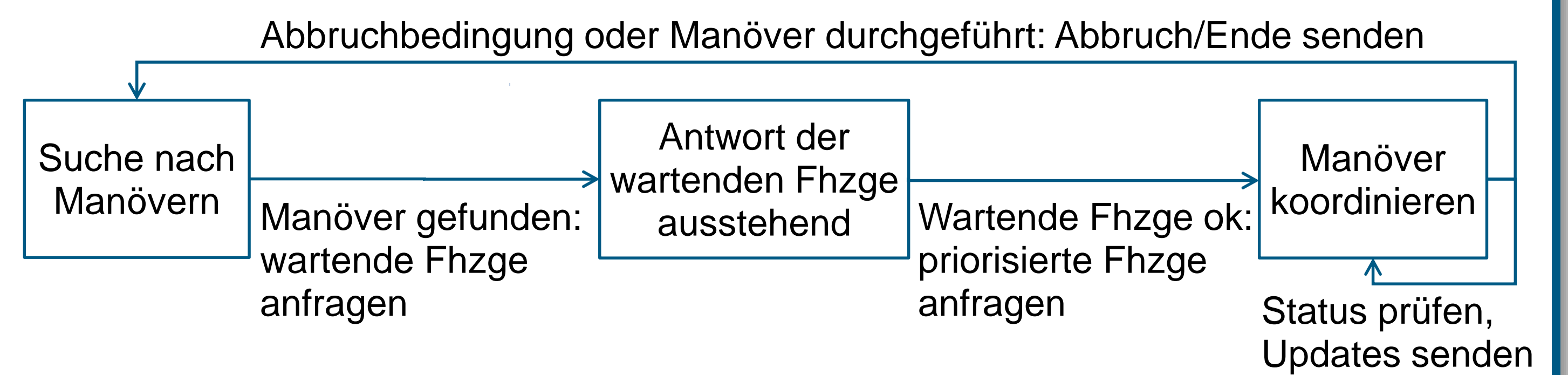


### Koordination der vernetzten Fahrzeuge [2]

#### Gesamtübersicht:



#### Zweistufige Manöverumsetzung:



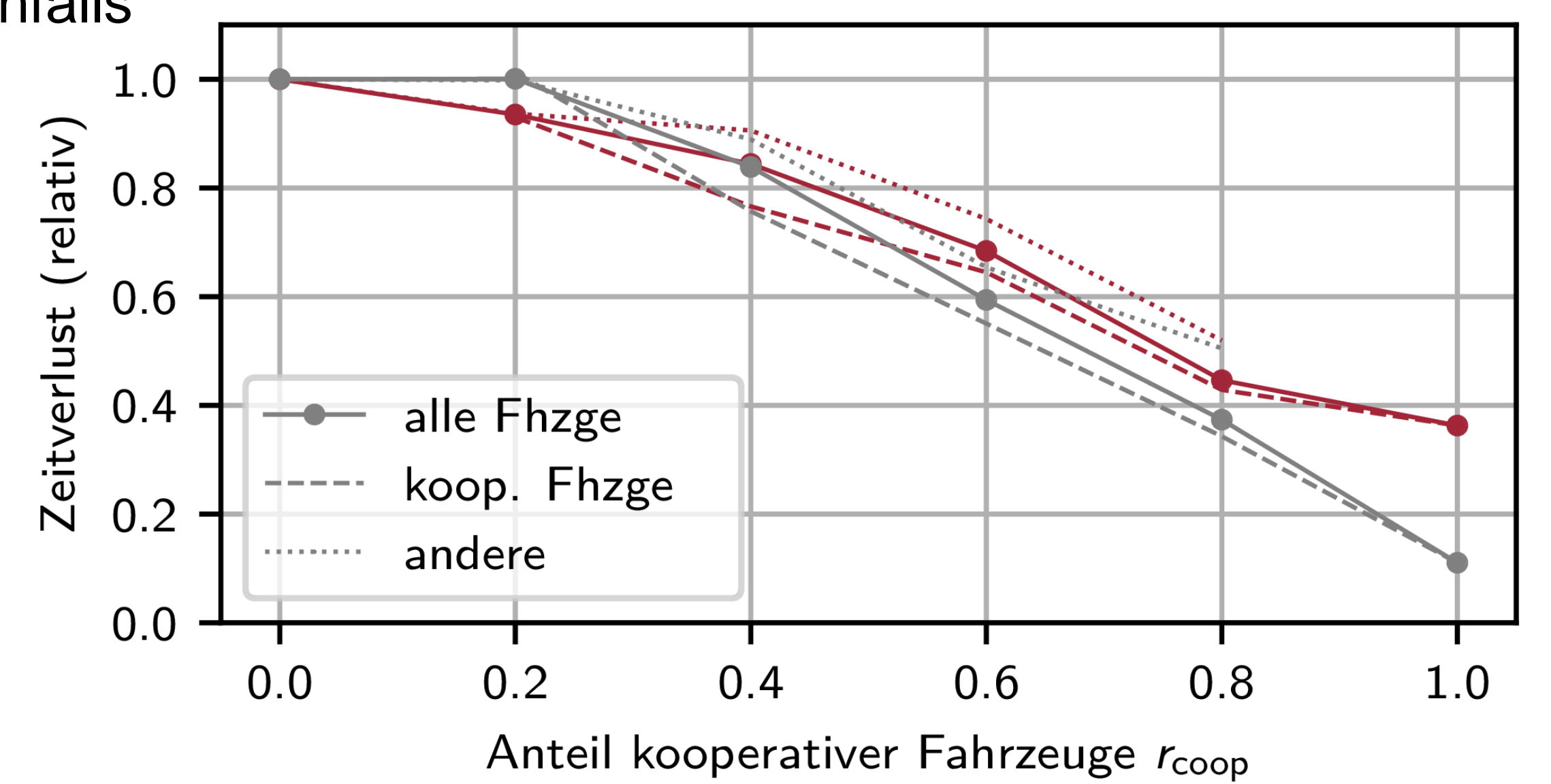
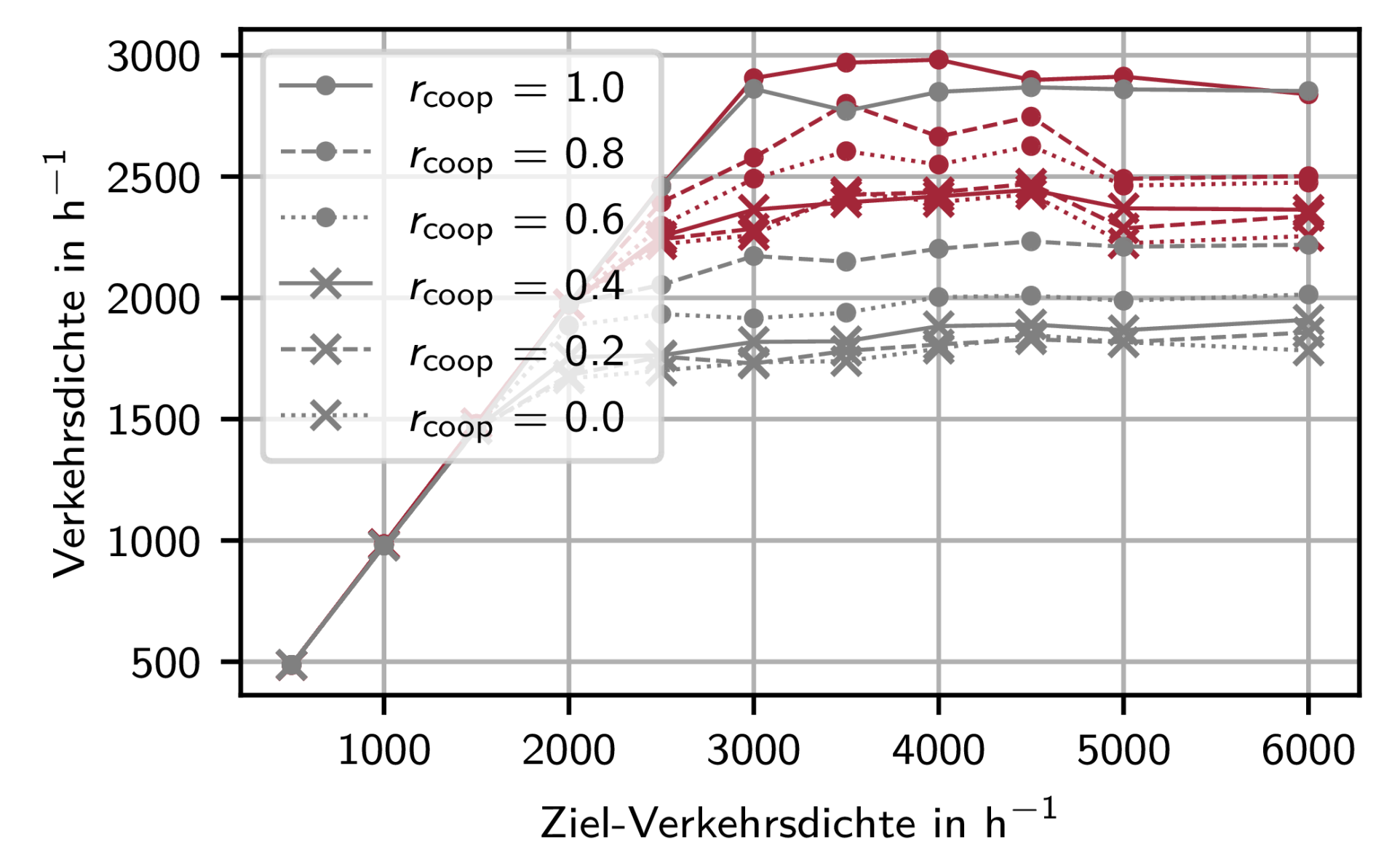
#### Neue Variante der ETSI Maneuver Coordination Message (MCM):

ManeuverCoordinationMessage	ItsPduHeader	
	GenerationDeltaTime	
	BasicContainer (reference position, station type)	
ManeuverCoordination	MCMParameters	
	ManeuverContainer = CHOICE [...]	RoadUserContainer (state, route, advice response, ...)
RoadUserContainer	Planned-Trajectory	StartDeltaTime, DeltaTime
	Desired-Route	List of TrajectoryPoint
	Advice-Response	List of Waypoint
		ManeuverID, AdviceUpdateID
SuggestedManeuverContainer	ManeuverID, AdviceUpdateID, TargetStationID	
	ParticipatingRoadUserIDs	
	ConfirmationRequiredFlag	
SuggestedManeuverContainer	SuggestedManeuver	Waypoint (XDistance, YDistance)
		List of Longitudinal Maneuver-Waypoint
	Maneuver-Corridor	MinArrivalTime, MaxArrivalTime
		MinVelocity, MaxVelocity
TerminationStatus: regular end, abort by reject, abort by timeout, abort by constraint violation, abort by emergency vehicle appearance, ...		

### Evaluation [3]

Simulation von zwei Kreuzungen (grau: Ulm-Lehr, rot: Aachen)

- bis zu 88 % weniger Zeitverlust und 60 % höhere Verkehrsdichte
- nicht vernetzte Fahrzeuge sind nicht benachteiligt und profitieren ebenfalls



[1] J. Bock, et al., "The inD Dataset: A Drone Dataset of Naturalistic Road User Trajectories at German Intersections," in 2020 IEEE Intell. Veh. Symp. (IV), 2020.  
 [2] M. Mertens, J. Müller, et al., "An Extended Maneuver Coordination Protocol with Support for Urban Scenarios and Mixed Traffic," in 2021 IEEE Veh. Netw. Conf. (VNC), 2021.  
 [3] M. Mertens, et al., "Cooperative Maneuver Planning for Mixed Traffic at Unsignalized Intersections Using Probabilistic Predictions," in 2022 IEEE Intell. Veh. Symp. (IV), 2022.

Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages



Stadt

