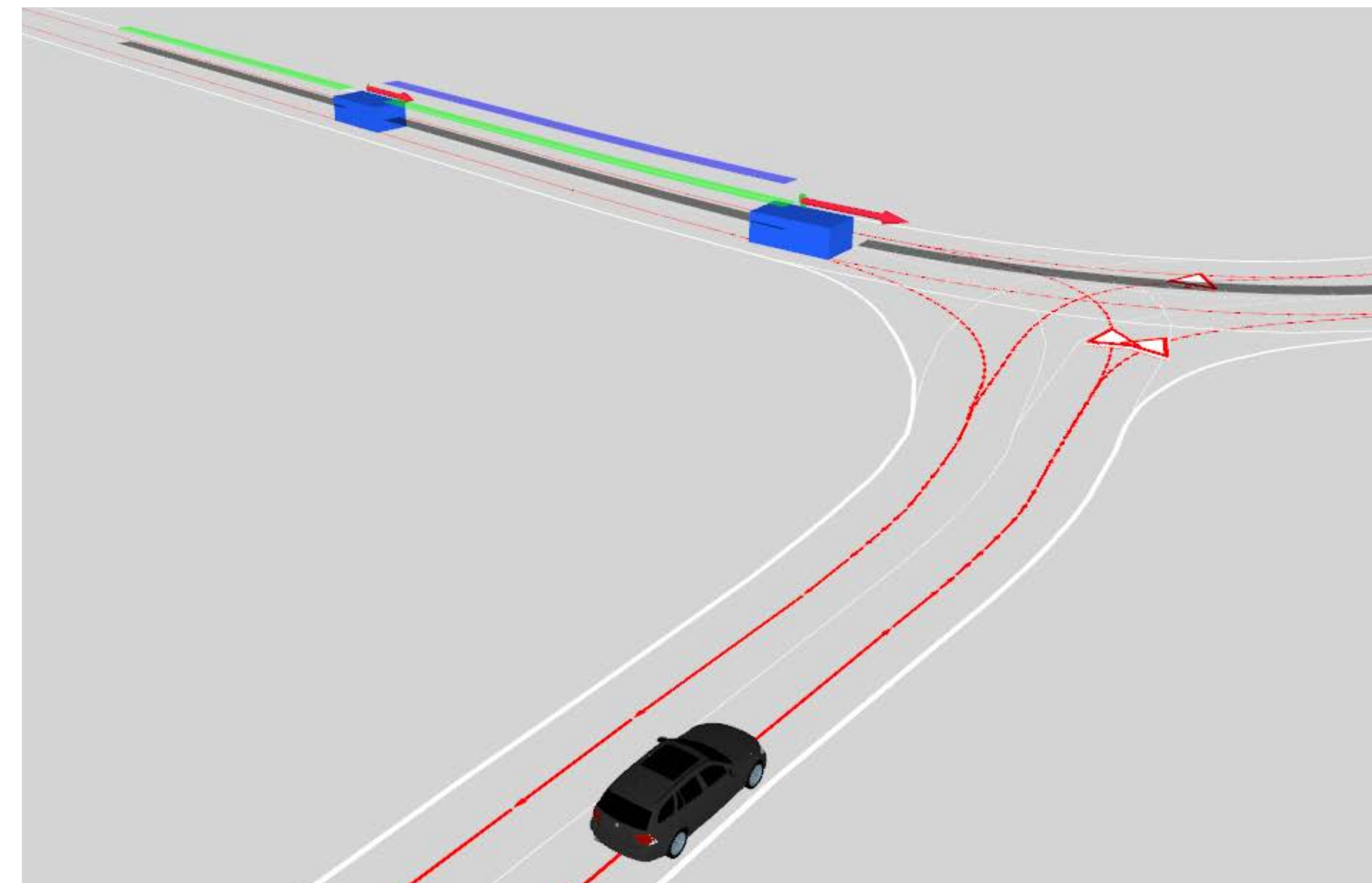


Synchronisiertes Auffädeln auf eine Vorfahrtsstraße

Matthias Maier, Benjamin Völz – Robert Bosch GmbH

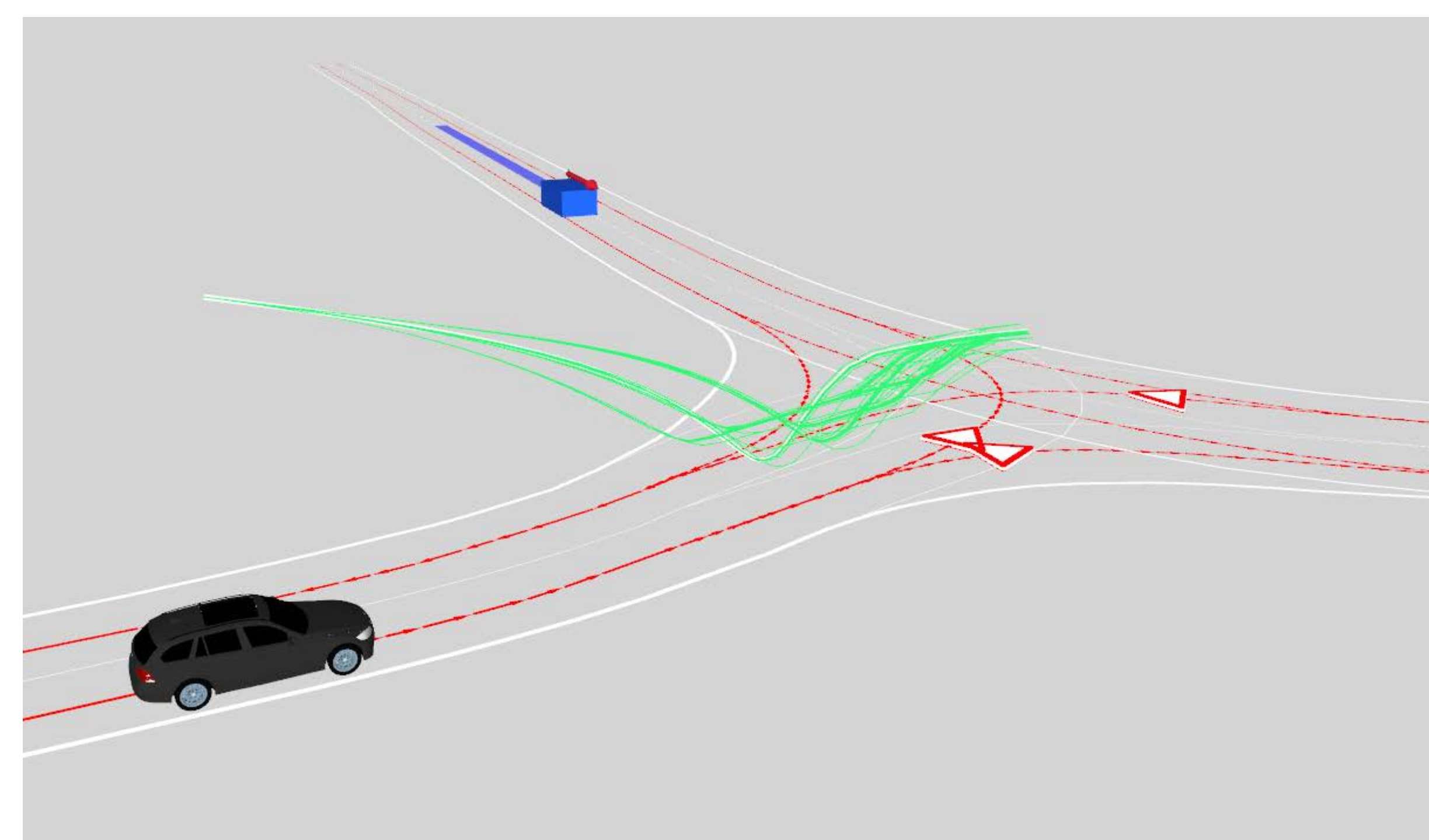
Identifikation von Lücken auf der Vorfahrtsstraße

- Basisannahme: keine Sichtbarkeitseinschränkungen, alle Objekte sind bekannt.
- Relevante Fahrspuren können der digitalen Karte entnommen werden.
- Innerhalb der Verhaltensplanung werden dann:
 1. Alle existierenden Lücken bestimmt (schwarz).
 2. Alle für das AD-Fahrzeug erreichbaren Lücken identifiziert (grün).
Dazu werden sowohl die Lückengröße (mind.: Länge des AD-Fahrzeugs + 2x Zeit- bzw. Geschwindigkeitsabhängiger Sicherheitsabstand), als auch die kinodynamischen Einschränkungen des AD-Fahrzeugs berücksichtigt (Einhaltung definierter maximaler Geschwindigkeiten, Beschleunigungen und Rucke).
Dabei wird auch die prädizierte „Entwicklung“ der Lücke berücksichtigt.
 3. Anhand definierter Kriterien (z.B.: Zeit) eine geeignete Lücke ausgewählt (blau).

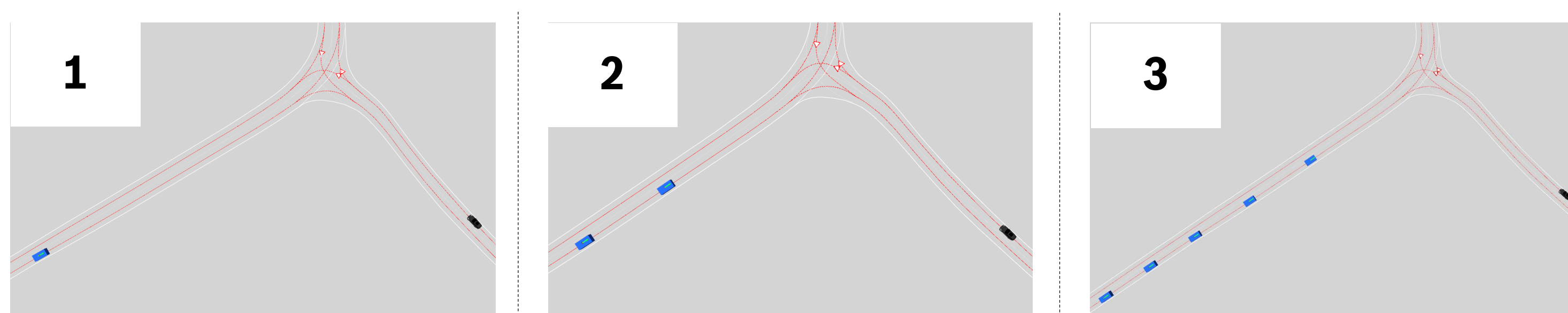


Planung des synchronisierten Auffädels

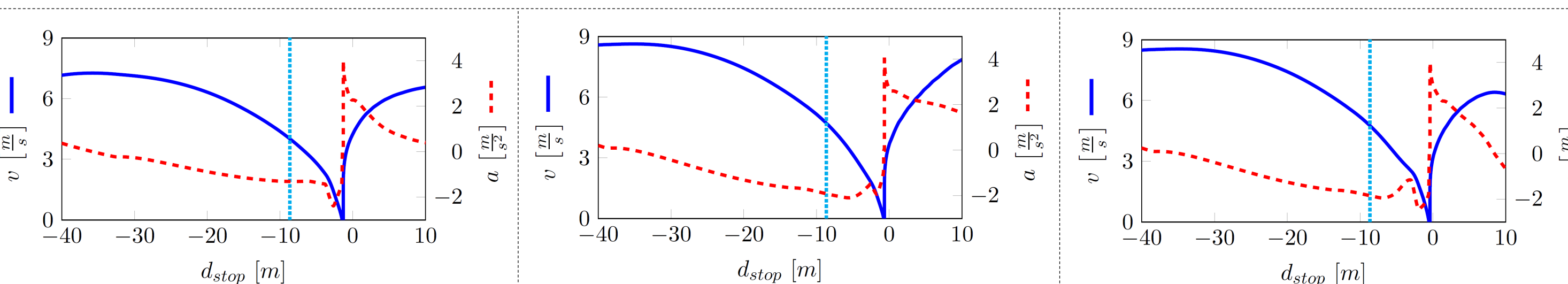
- Für die ausgewählte Lücke wird dann eine dedizierte Bewegungsplanung ausgeführt.
- Auf Basis einer eindimensionalen, spurbasierten Prädiktion wird die Lücke zum Kreuzungspunkt prädiziert. Dieser definiert dann einen Trajektorien-Endpunkt als Tupel aus Ort, Zeit(-Intervall) und Geschwindigkeit.
- Unter Verwendung verschiedener Bewegungsprofile (v , a) plant die Bewegungsplanung anschließend verschiedene Trajektorien zu diesem Endpunkt.
- Das Bild zeigt einige Beispieltrajektorien (grün im Bild), wobei auf der z-Achse jeweils die Geschwindigkeit aufgetragen ist.



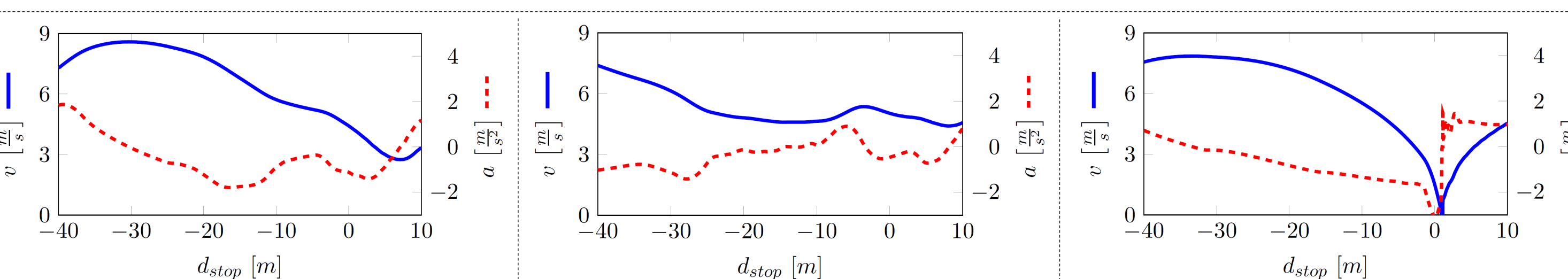
Detaillierte Analyse ausgewählter, simulierter Szenarios



Szenarios, stellvertretend für verschiedene Verkehrsdichten



Fahrprofile (v_x und a_x aufgetragen über d_{stop}) ohne Infrastruktur
AD Fahrzeug muss immer für den Querverkehr anhalten (keine Synchronisierung wegen fehlender Sichtbarkeit möglich)



Fahrprofile (v_x und a_x aufgetragen über d_{stop}) mit Infrastruktur
 AD Fahrzeug fädelt vor dem Objekt ein AD Fahrzeug fädelt sich in die Lücke ein AD Fahrzeug fährt nach allen Objekten
 Zeitersparnis: 3.9 s Zeitersparnis: 2 s Zeitersparnis: keine

Fazit: Synchronisiertes Auffädeln ermöglicht eine zügigere Fahrt unter Eliminierung größerer Bremsrucke und Stillstandszeiten. Dies optimiert sowohl den Verkehrsfluss, als auch den Energieverbrauch.

Statistische Auswertung des Gesamtsystems in der Simulation

- Einfaches Merge-Szenario mit 2 Fahrzeugen auf Ulm-Karte
- Kombination verschiedener Fahrerverhalten (vorsichtig -> durchschnittlich -> aggressiv)
- Fahrerverhalten beeinflusst u.a.: Beschleunigungsverhalten, eingeregelter Zeitlücken, ...
- Zufällige Variation der Zielgeschwindigkeiten für simulierte Fahrzeuge

Auswertung

- Variation der Fahrerverhalten in allen möglichen Kombinationen
- Jede Kombination wird mehrfach mit zufälligen Zielgeschwindigkeitsänderungen simuliert
- Zielgeschwindigkeiten im Bereich: [6, 10] m/s
- Anzahl ausgewerteter Simulationen: 5377

Bewertung

- **Erfolg:** erfolgreiches Auffädeln in initial gewählte Lücke
- **Teilweiser Erfolg:** Auffädeln in eine andere Lücke ohne übermäßig starke Geschwindigkeitsreduktion ($v > 9 \frac{km}{h}$)
- **Fehlschlag:** Auffahren nach Anhalten

Erfolg	83.73 %
Teilweiser Erfolg	6.94 %
Fehlschlag	9.33 %

