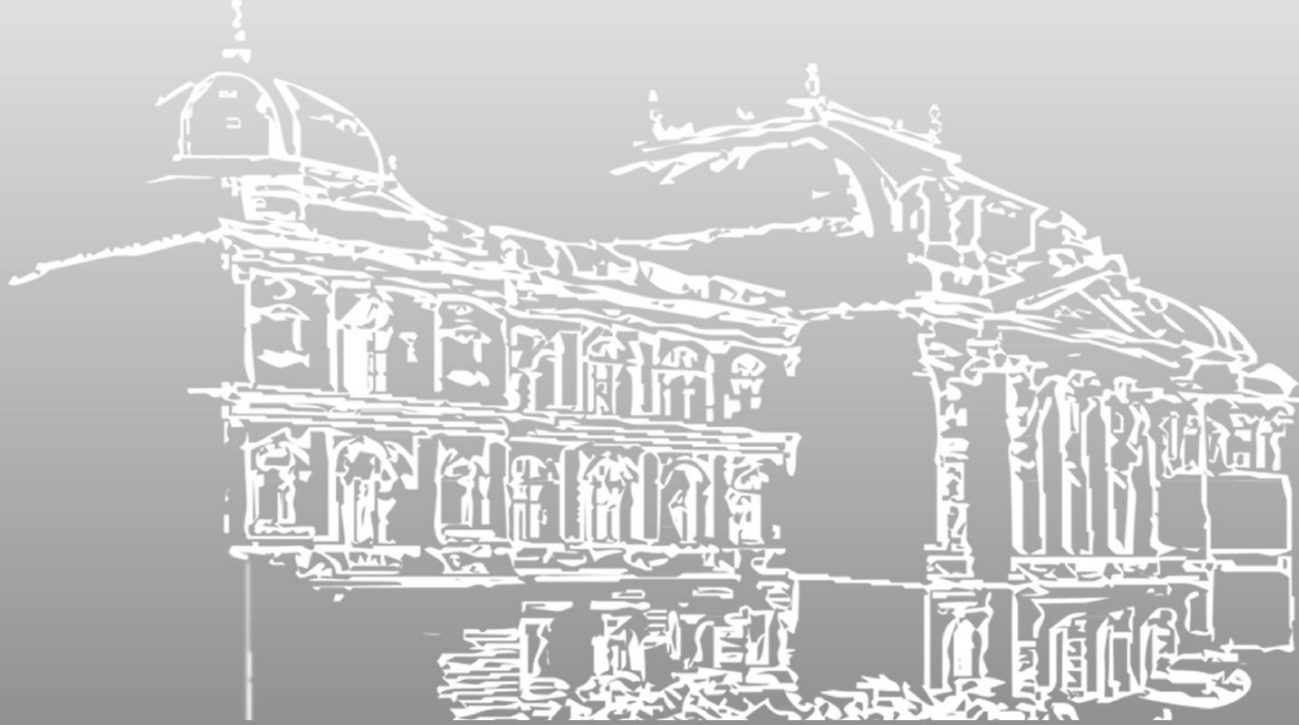




Systematische Generierung von Szenarien für die Absicherung von autonomen Fahrfunktionen

MATLAB EXPO 2019

Vortragender: Dipl.-Ing. Demin Nalic

Co-Autor: Dr. Jens Gächter (Development MAGNA Steyr)

Agenda

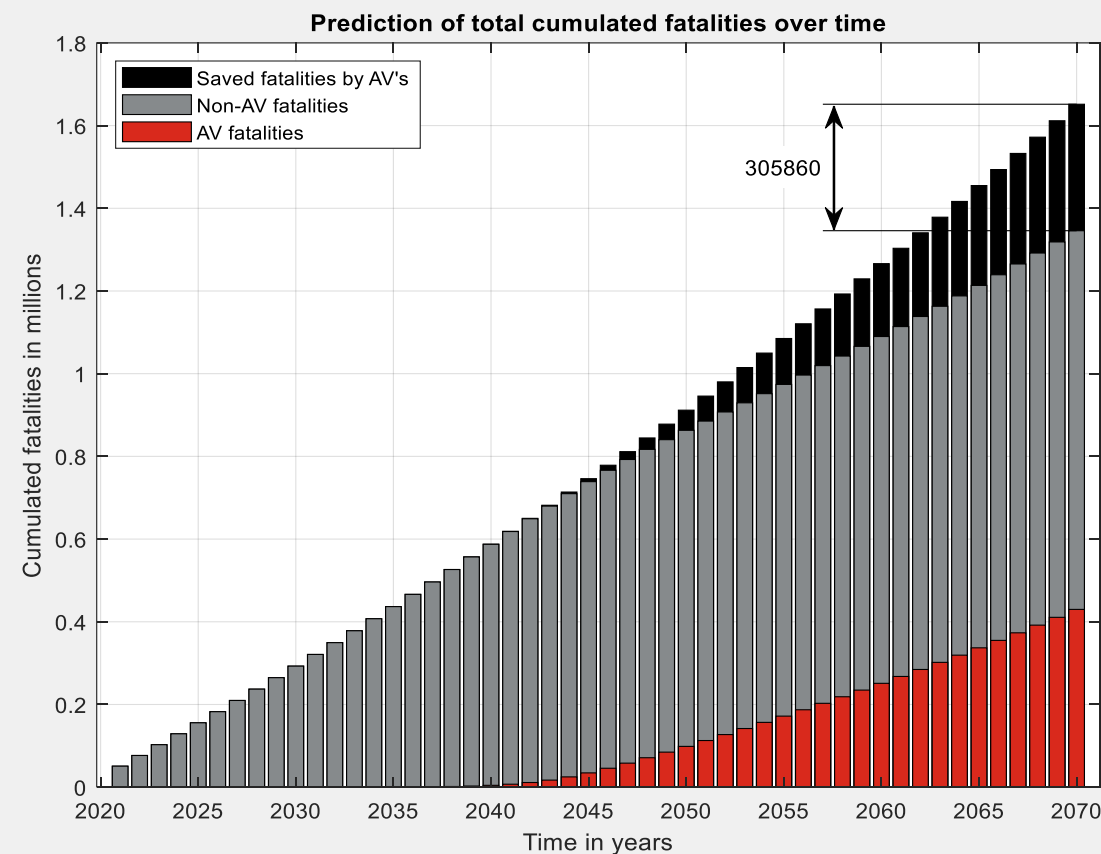
- Motivation
- Verkehrsmodellierung
- Highway-Chauffeur
- Co-Simulationsframework
- Simulationsergebnisse

Motivation: Autonomes Fahren - Sicherheit

- **Annahmen:**

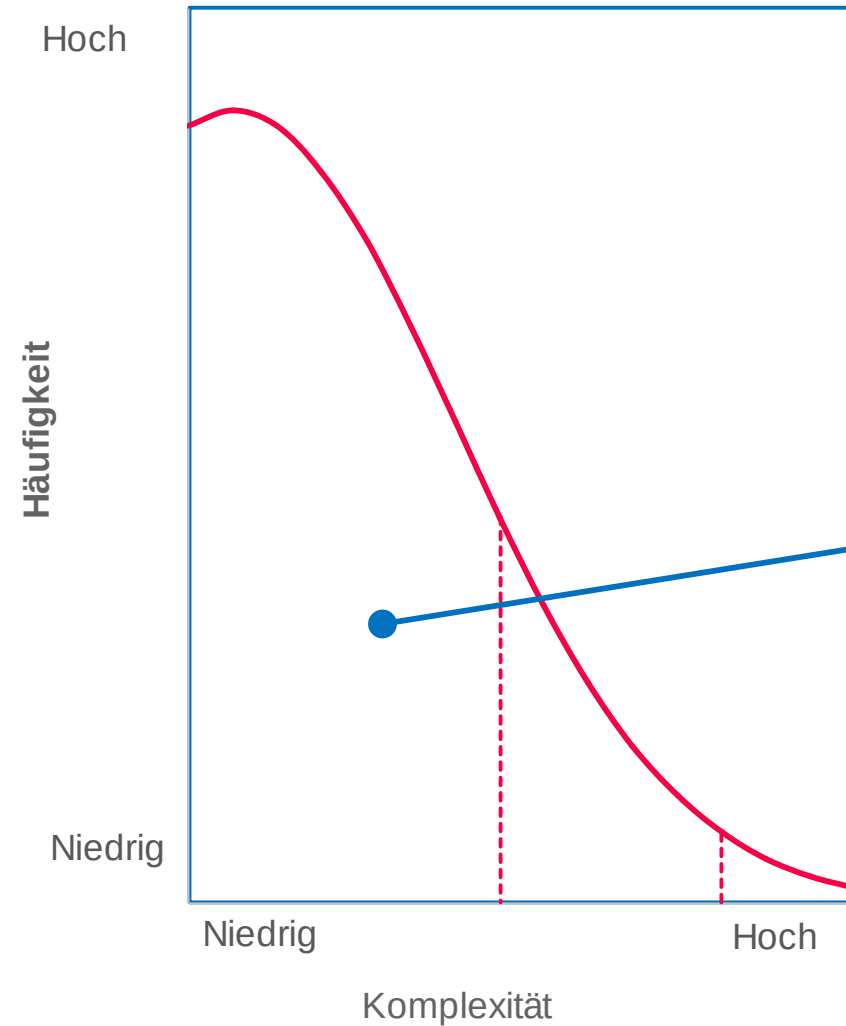
- In Bezug auf die **Sicherheit** sind **autonome Fahrzeuge** bei der Markteinführung etwas sicherer als konventionelle Fahrzeuge.
- Erwartete finale **Marktpenetration** von autonomen Fahrzeugen wird bei **80% liegen**.
- Heute werde **90% aller Unfälle** durch **Fehlverhalten des Menschen hervorgerufen**.

300000 fatale Unfälle in Europa weniger!

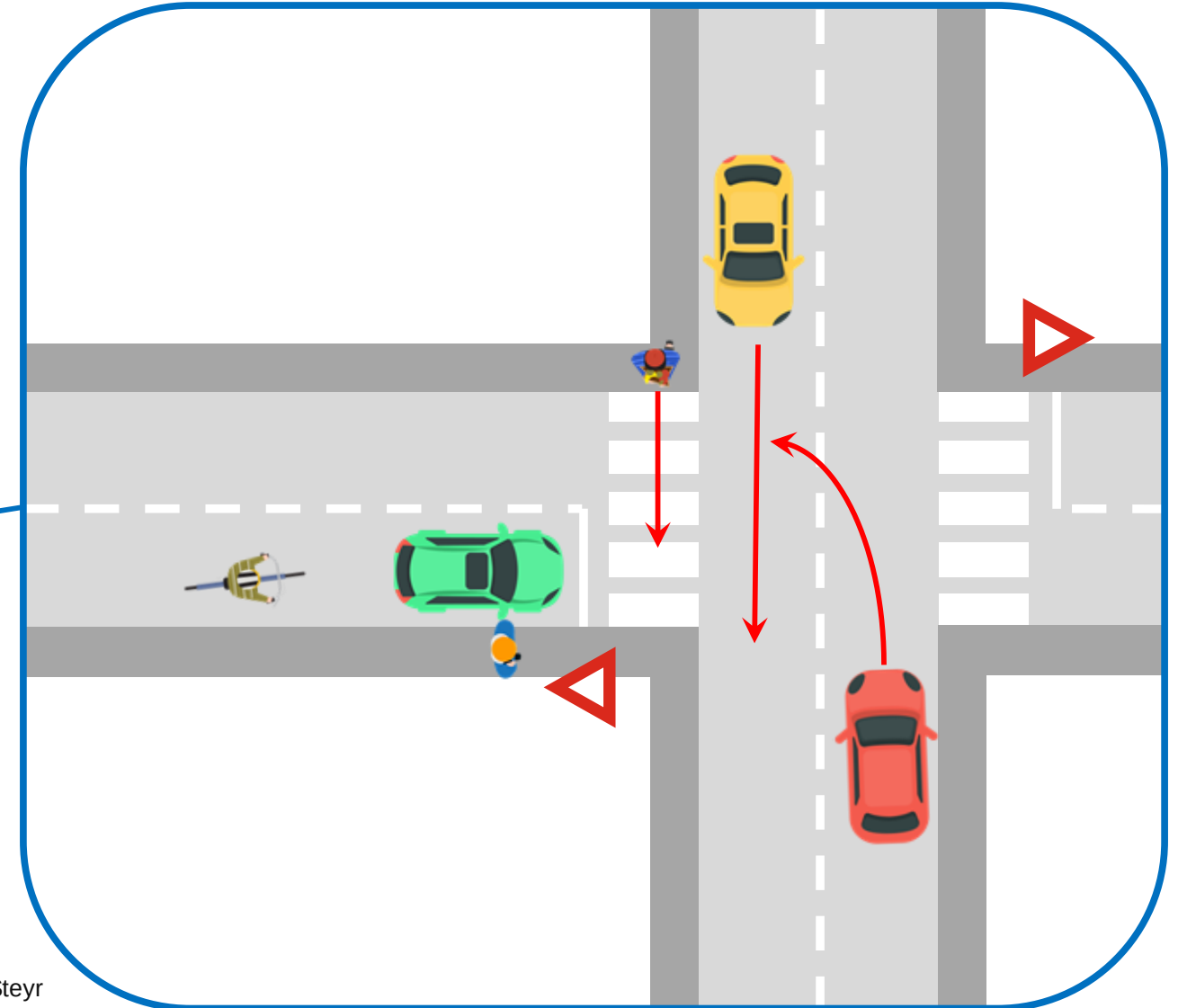


Quelle: © Magna Steyr

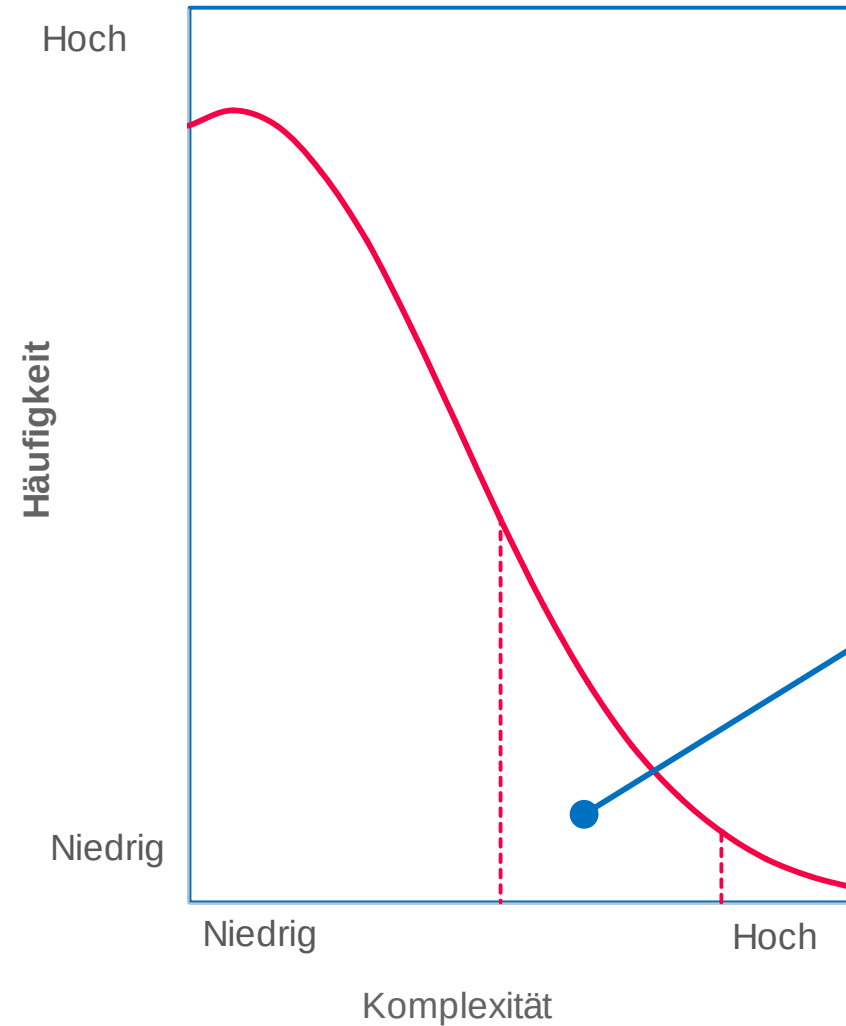
Motivation: Szenario Links abbiegen – Häufigkeit vs. Komplexität



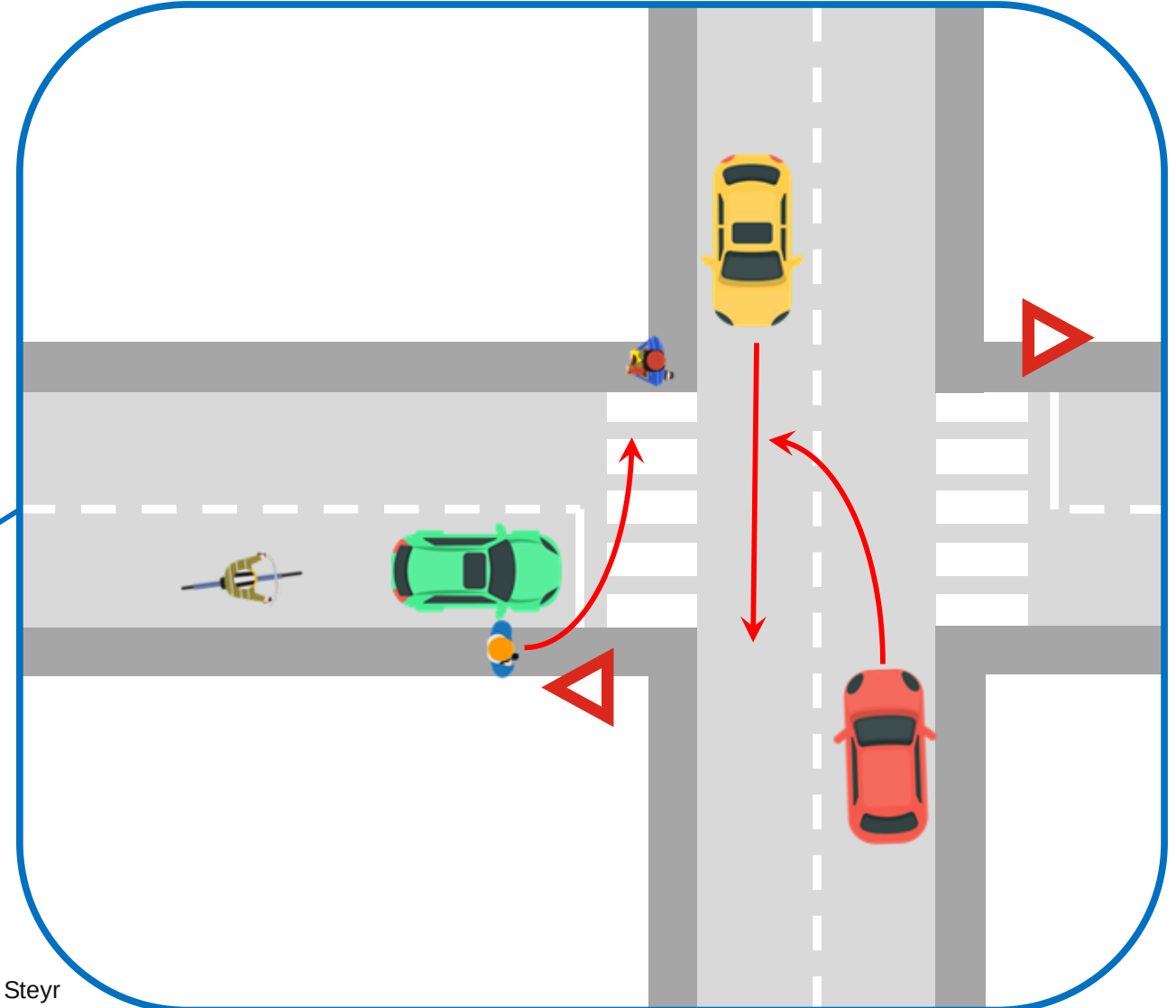
Quelle: © Magna Steyr



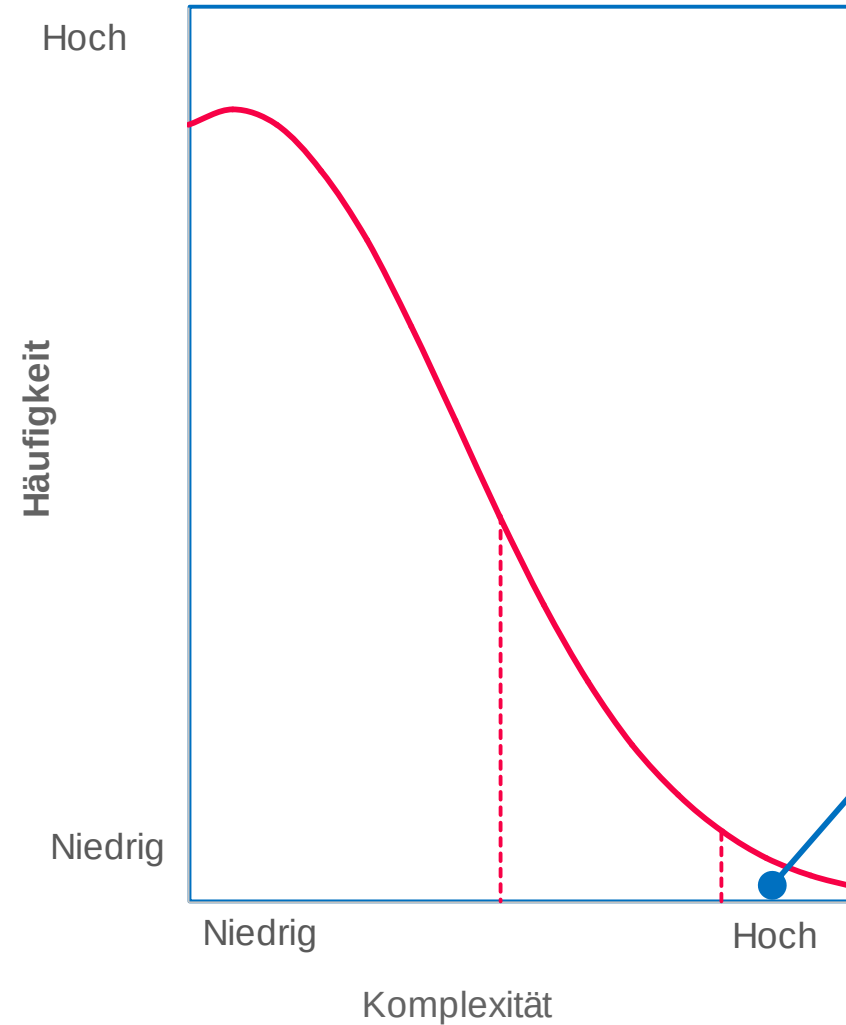
Motivation: Szenario Links abbiegen – Häufigkeit vs. Komplexität



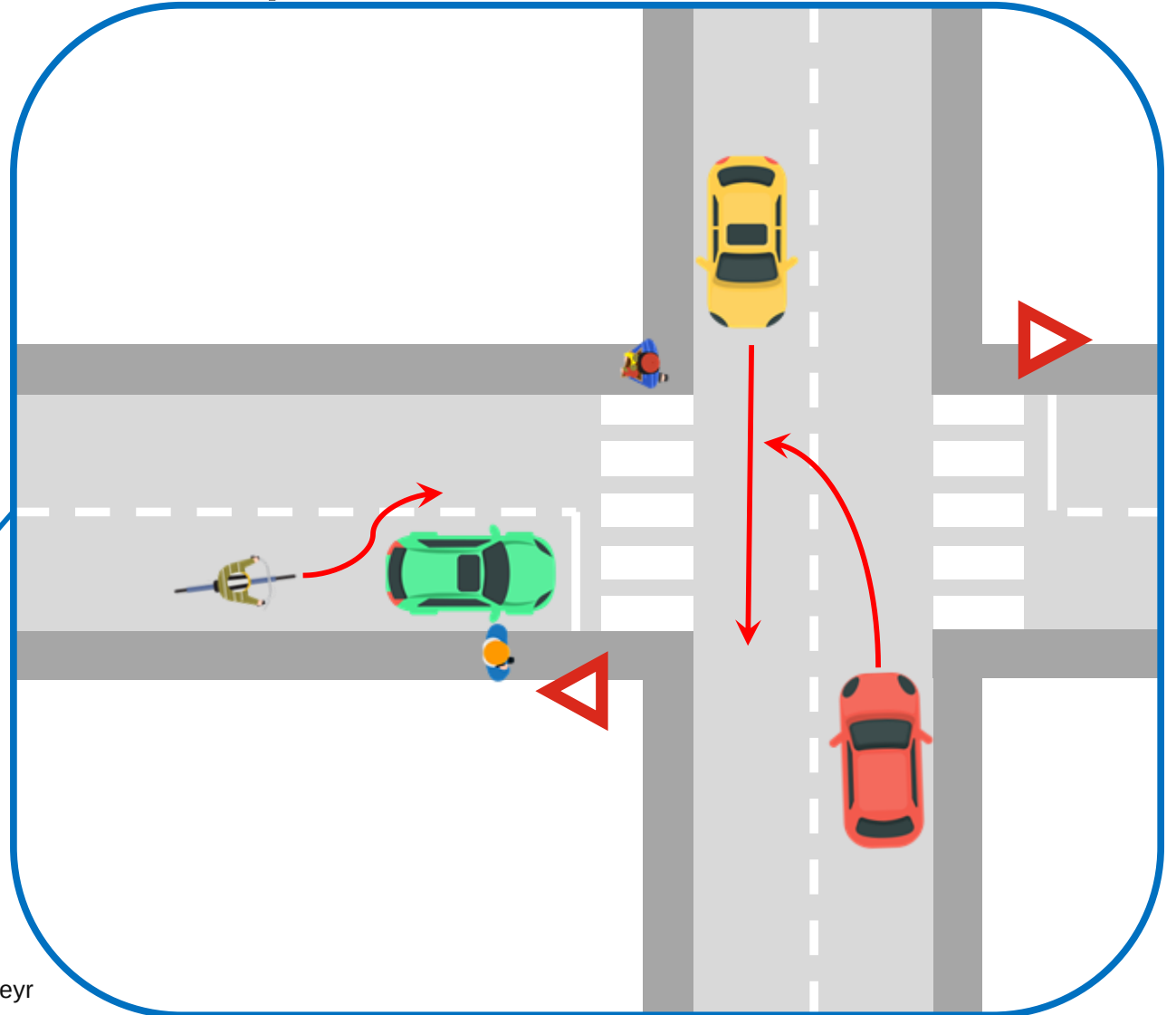
Quelle: © Magna Steyr



Motivation: Szenario Links abbiegen – Häufigkeit vs. Komplexität



Quelle: © Magna Steyr



Motivation: Szenario Links abbiegen – Häufigkeit vs. Komplexität

Beispiel

Straßennetz und Umgebung ist fixiert

Variation 6 Verkehrsteilnehmer

(Anfangsgeschwindigkeiten, Routen, lateraler Versatz von der Route, Verkehrsschilder, Ampelsystem, Indikatoren, Fahrzeugtypen usw.)

Für jeden Test werden Bewertungskriterien benötigt.

Vollfaktorielles testen führt zu 72,000 Szenarien welche getestet werden müssen.

- 5 Sekunden/Szenario bedeutet 100 Stunden kontinuierlicher Simulation
- 10 Minuten/Szenario bedeutet 500 Tage für reale Fahrzeugtests



Quelle: © Magna Steyr

Motivation: Ziele dieser Arbeit

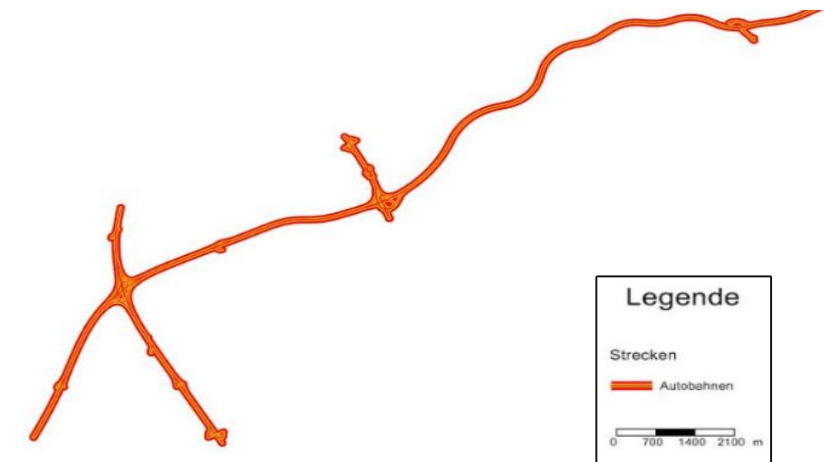
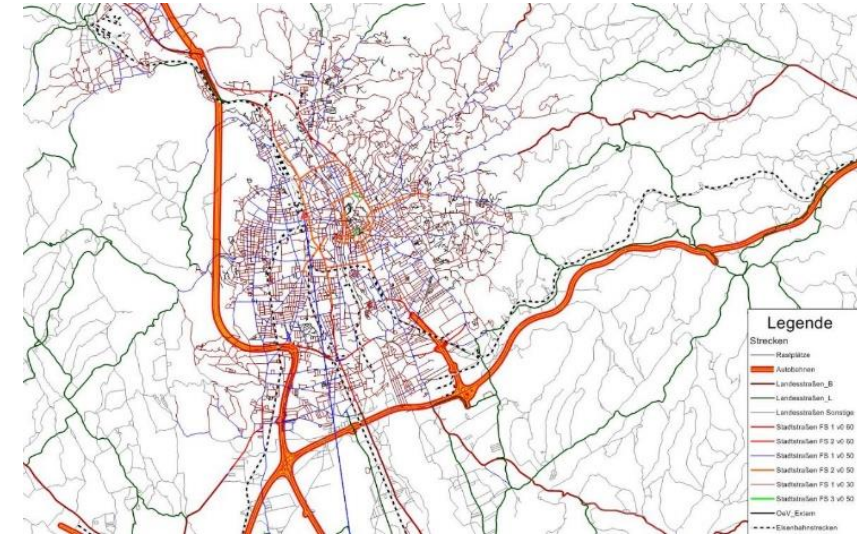
- **Framework und Methode** für die **systematische** Erstellung von **funktionsspezifischen Szenarien** für die Absicherung von automatisierten Fahrzeugen
- Umfassende Modellierung und **Kalibration des Verkehrsflusses** auf der **ALP.Lab Teststrecke**
- Generierung und Auswertung von Testdaten mit einer **realitätsnahen virtuellen Testumgebung** unter Berücksichtigung der **kalibrierten Verkehrsflüsse**
- **Zulassung** von Fahrzeugen mit höheren **Automatisierungsgraden** für die **ALP.Lab Teststrecke**

Motivation: Methoden der Szenariengenerierung

- **Deterministische Szenariengenerierung**
 - Erstellung der Szenarien in den folgenden drei Schritten am Beispiel eines Fahrstreifenwechselassistent (FSA)
 - Die Grundszenarien stellen eine allgemeine Verkehrssituation dar (systemspezifisch)
 - Durch Variation von Parametern werden alle möglichen Verkehrssituationen eines Grundszenarios definiert.
 - Beschränkung der Variationsbereiche von Parametern durch geeignete Regeln
- **Stochastische Szenariengenerierung**
 - Mikroskopischen Verkehrsfluss
 - SUMO
 - VISSIM
 - AIMSUN
 - VISSIM/VISUM
 - Verkehrsmodell (Mikro/Makroskopisch)
 - Fahrverhalten
 - Interaktion der Verkehrsteilnehmer
 - Stochastische Trajektoriengenerierung
 - Externe Fahrermodelle

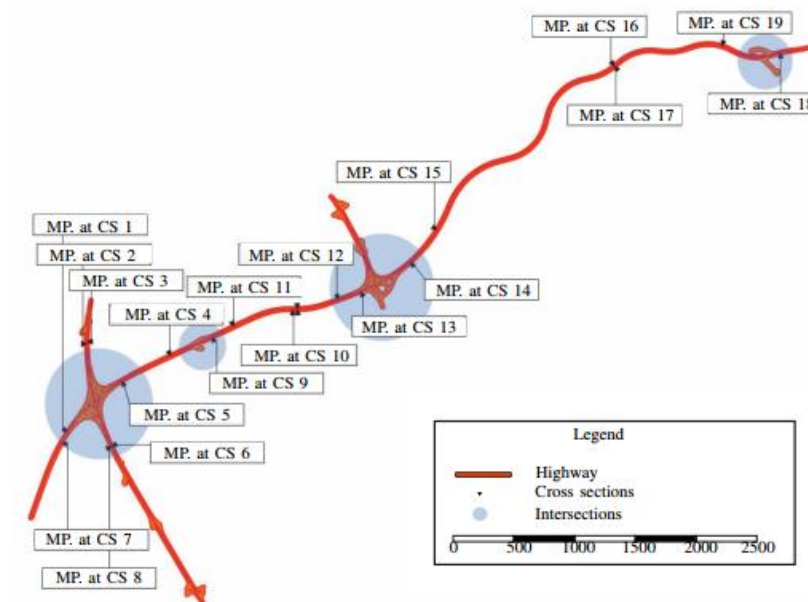
Verkehrsmodellierung: Einführung

- ALP.Lab Teststrecke [2]
 - Offizielle Teststrecke in Österreich
 - Vermessung durch Joanneum Research
- Verkehrsmodellierung
 - Netzwerkmodel
 - Kalibrierung verschiedener Verkehrsszenarien



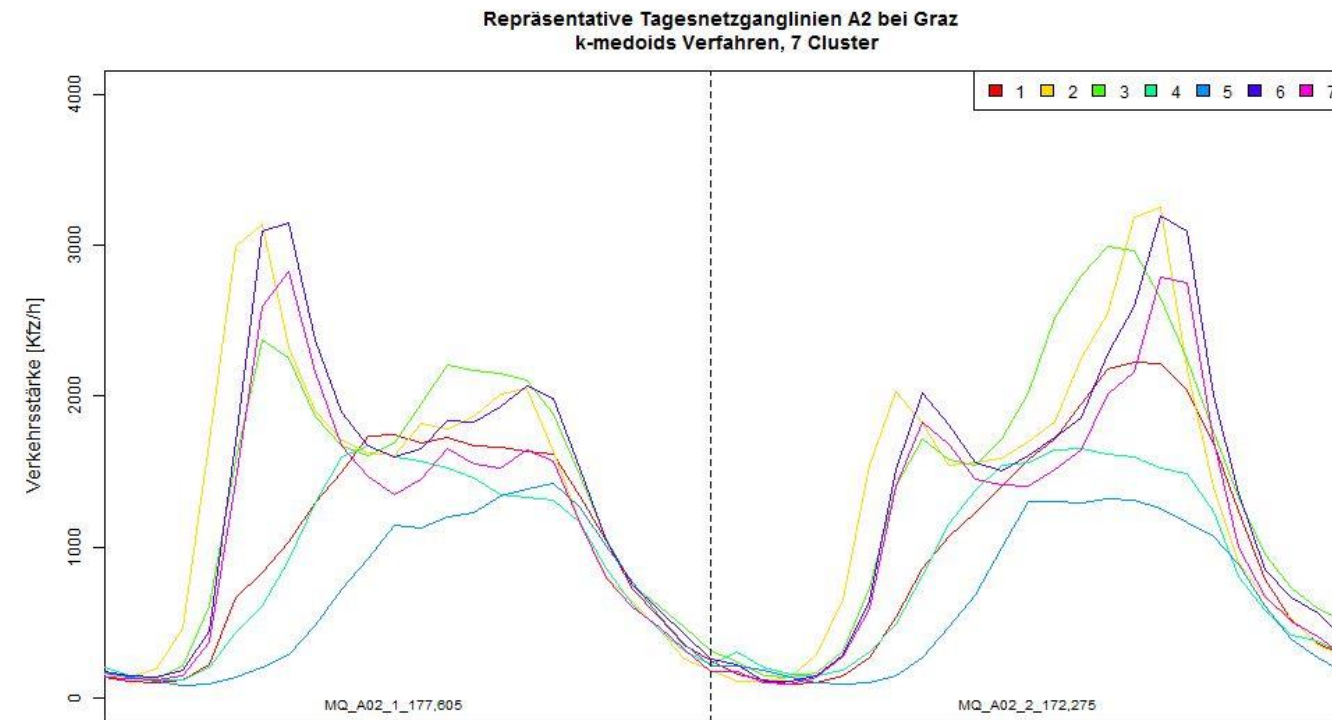
Verkehrsmodellierung: Datengrundlage

- Messquerschnitte
 - 21 Dauerzählstellen
 - Zeitraum 01.10.2017 – 31.03.2018
 - Einzelfahrzeugdaten
 - Minutenfeine Querschnittsdaten
- Makroskopische Verkehrsmodellierung
 - 4 Stufen Modell [3,4]
 - VISUM – Makroskopische Verkehrsmodellierung
 - Routenentscheidungen



Paramter	Beschreibung	Einheit
Time_Stamp	Erfassungszeitstempel	[YYYY.MM.DD hh:mm:ss]
Node_Ref	ID des Messquerschnitts	[-]
S_Z	Erfassungszeit	[hh:mm:ss]
Q_KFZ	Verkehrsstärke Kfz	[Kfz/min]
Q_LKW	Verkehrsstärke Lkw	[Lkw/min]
V_PKW	Durchschnittliche Geschwindigkeit aller Pkw	[km/h]
V_LKW	Durchschnittliche Geschwindigkeit aller Lkw	[km/h]
T	Nettozeitlücke	[ms]
B	Belegung	[%]
S_KFZ	Standardabweichung Kfz	[km/h]
V_KFZ	Durchschnittliche Geschwindigkeit aller Kfz	[km/h]

Verkehrsmodellierung: Klassifizierung der Verkehrsszenarien

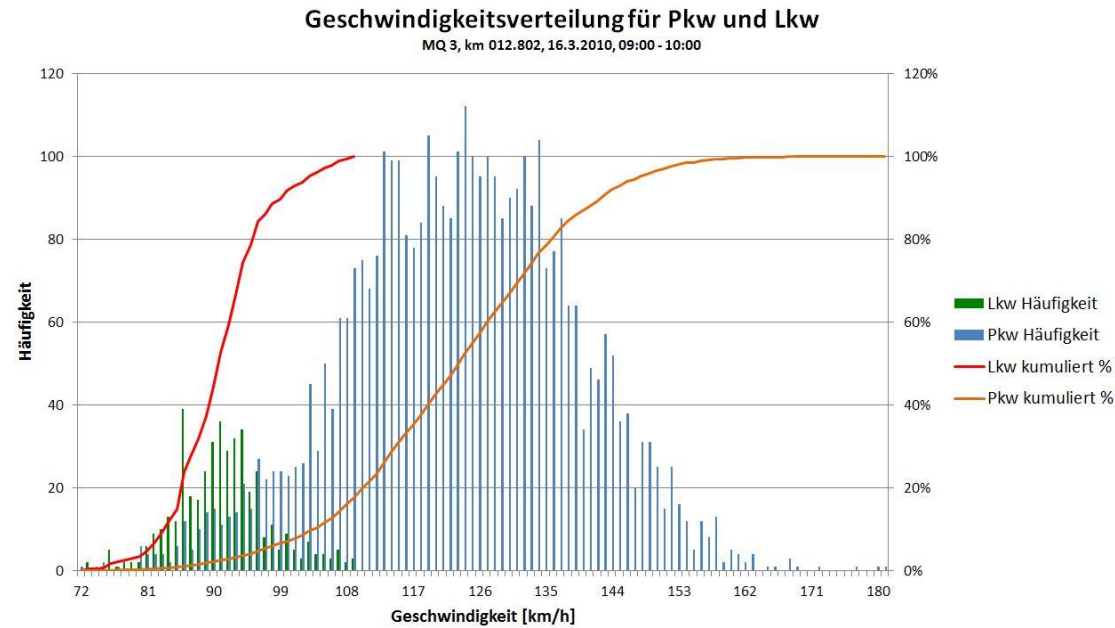


Stündliche Verkehrsstärken eines Tages der 2 Querschnitte

Cluster	Montag	Dienstag	Mittwoch	Donnerstag	Freitag	Samstag	Sonntag	Feiertag	Di-Do	Werktag vor Feiertag	Tag nach Feiertag
1:	-	1	2	-	2	1	2	-	3	-	2
2:	3	3	3	3	-	-	-	-	9	1	-
3:	-	-	-	-	16	-	-	-	-	-	-
4:	-	-	1	3	1	18	1	3	4	-	-
5:	2	1	-	-	-	-	13	3	1	-	-
6:	6	7	6	9	-	-	-	-	22	2	1
7:	7	6	8	5	-	-	-	-	19	-	-

Cluster	Tagestyp	Zeitraum
1	Werktage in den Weihnachtsferien	(24.12.2017 - 6.1.2018)
2	Montag - Donnerstag	(1.10.2017 - 24.10.2017)
3	Freitage, ausgenommen Maria Empfängnis und Weihnachtsferien	(1.10.2017 - 31.3.2018)
4	Samstage und Maria Empfängnis	(1.10.2017 - 31.3.2018)
5	Sonn- und Feiertage	(1.10.2017 - 31.3.2018)
6	Montag - Donnerstag	(25.10.2017 - 23.12.2017)
7	Montag - Donnerstag	(7.1.2018 - 31.3.2018)

Verkehrsmodellierung: Vergleich Szenario 1 und 2

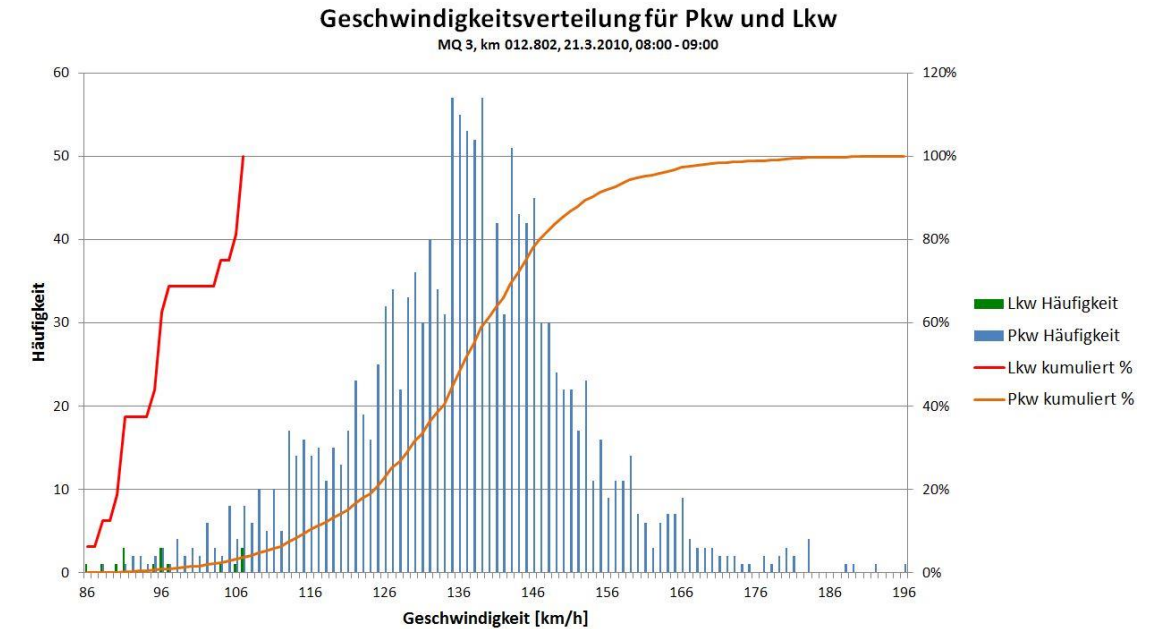


Maximale Geschwindigkeit:

- Pkw: 181 km/h
- Lkw: 109 km/h

Durchschnittliche Geschwindigkeit:

- Pkw: ~123 km/h
- Lkw: ~91 km/h



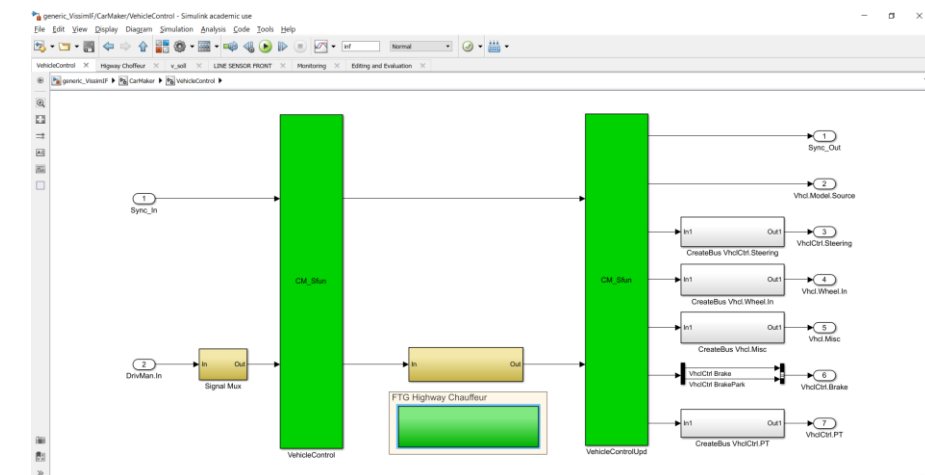
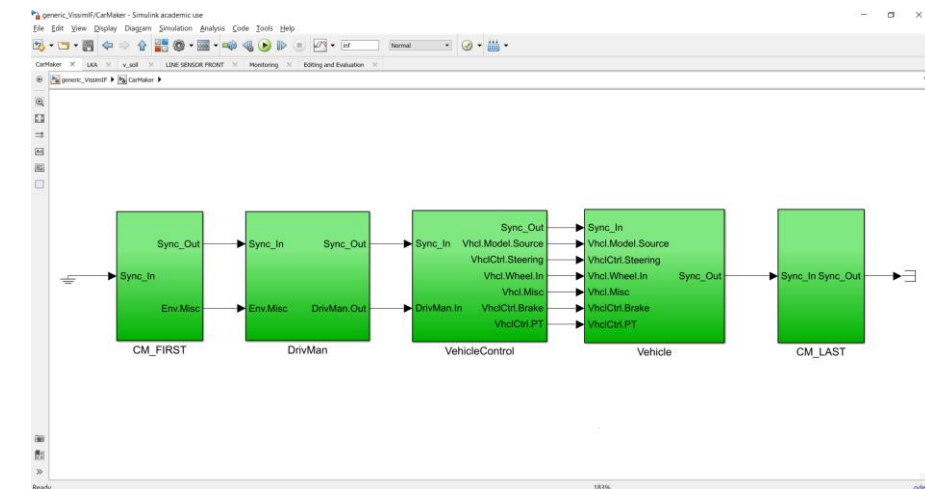
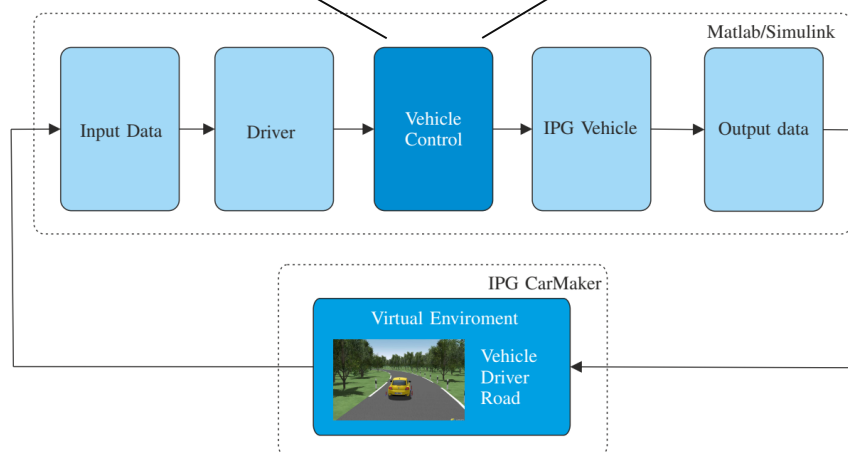
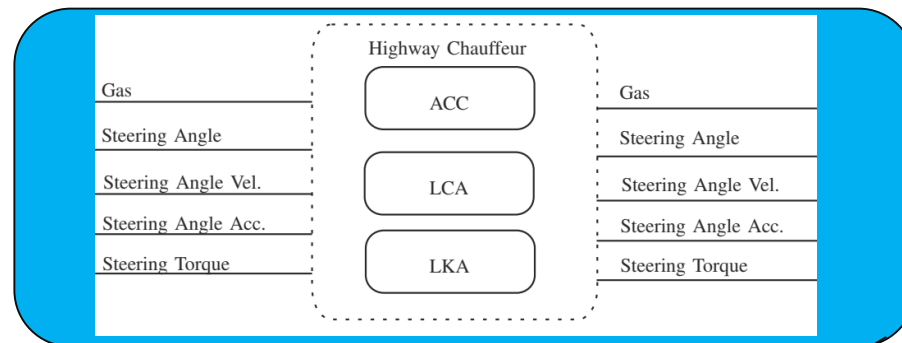
Maximale Geschwindigkeit:

- Pkw: 196 km/h
- Lkw: 107 km/h

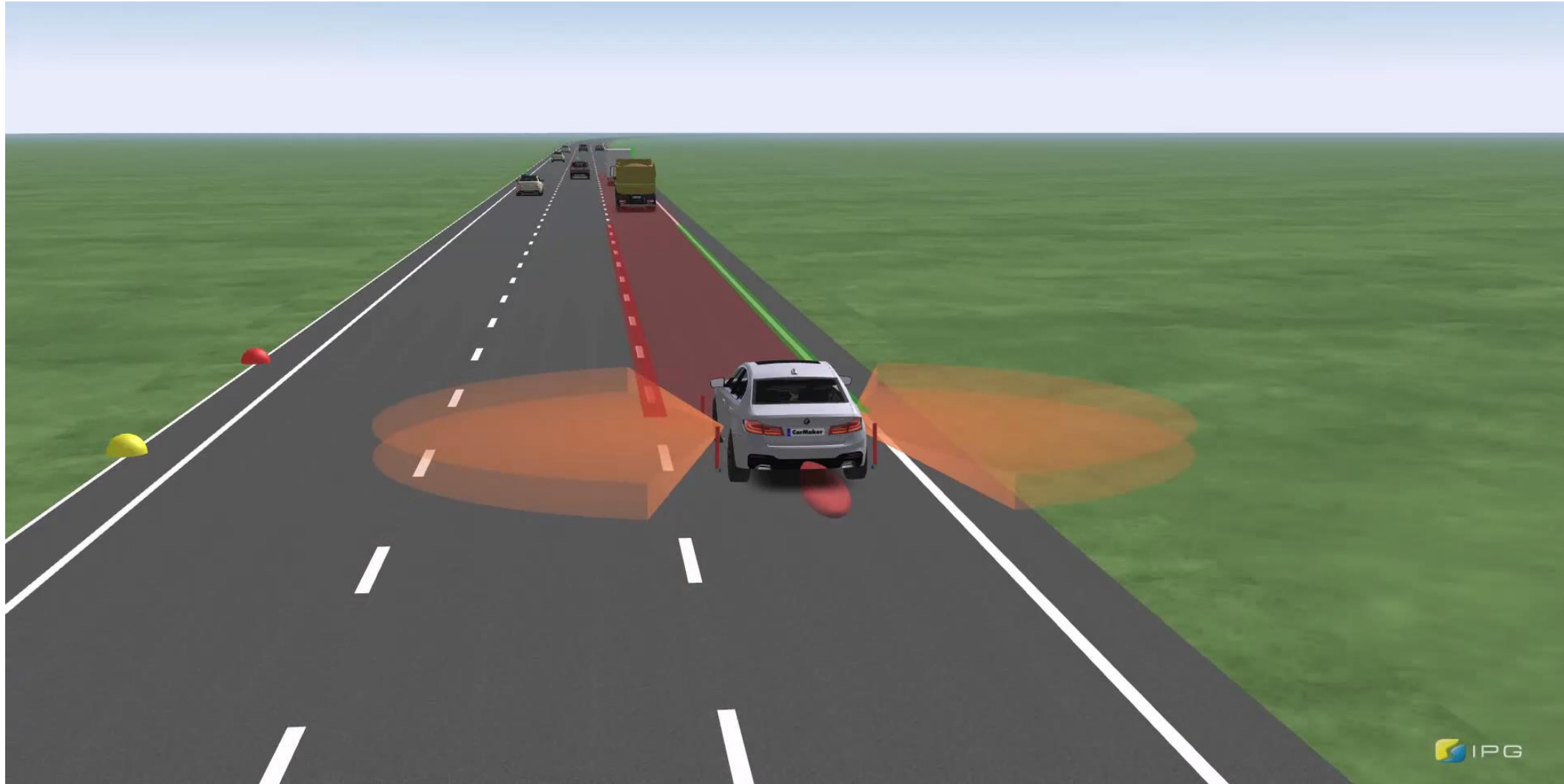
Durchschnittliche Geschwindigkeit:

- Pkw: ~137 km/h
- Lkw: ~97 km/h

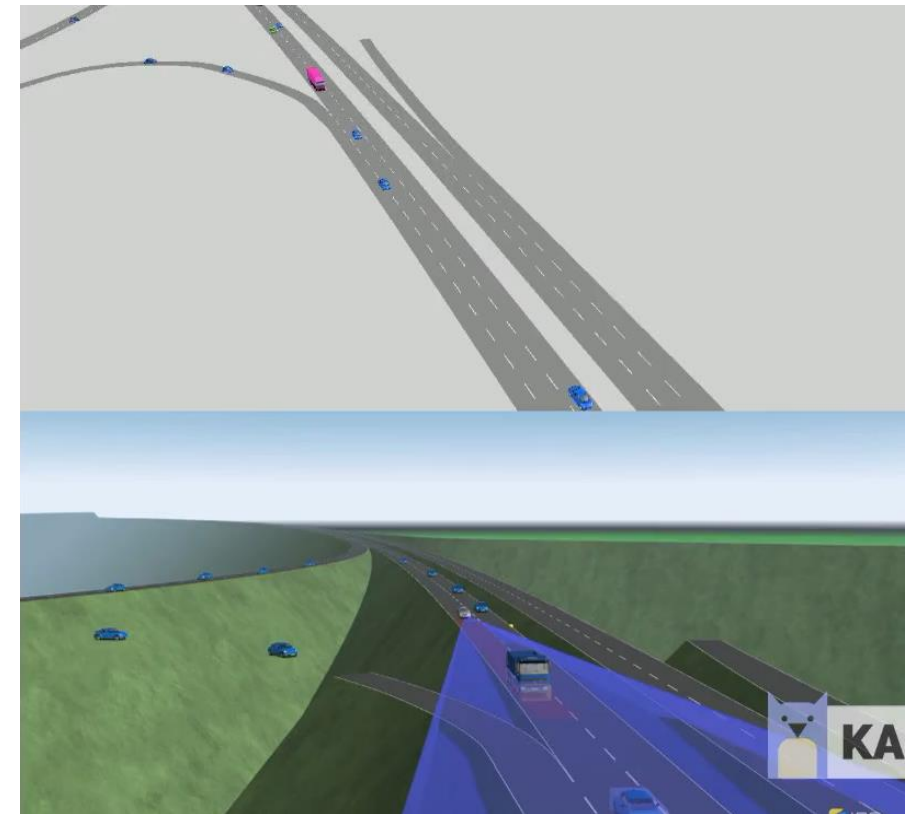
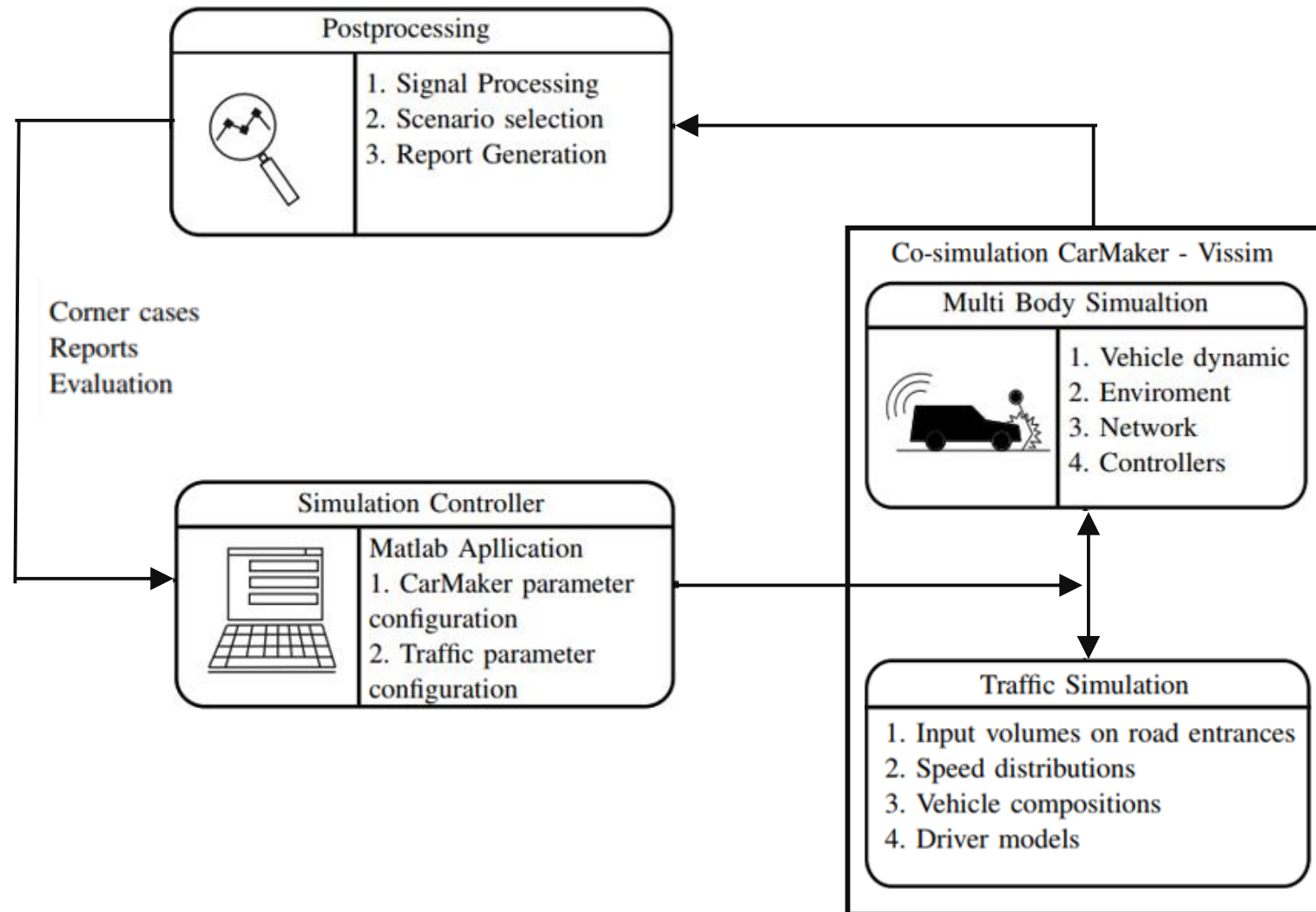
Highway Chauffeur: Implementierung



Highway Chauffeur: Video

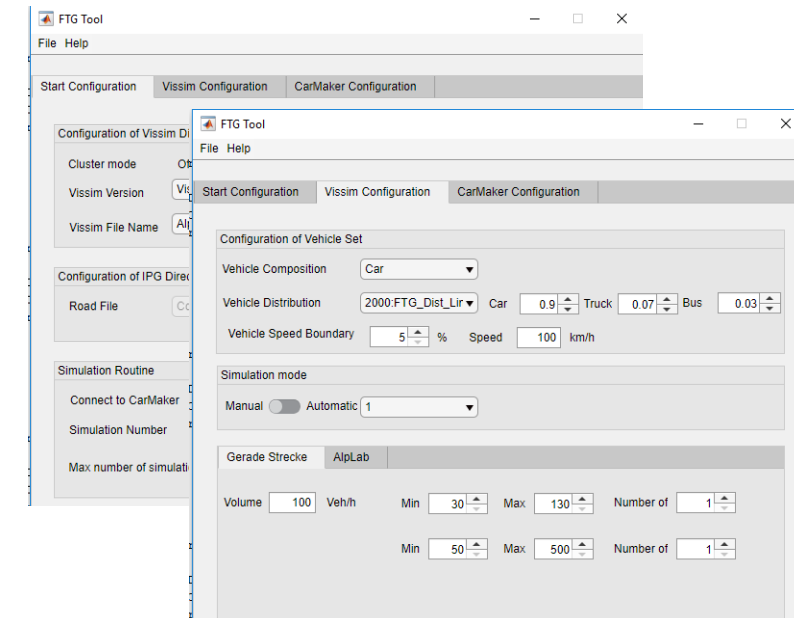
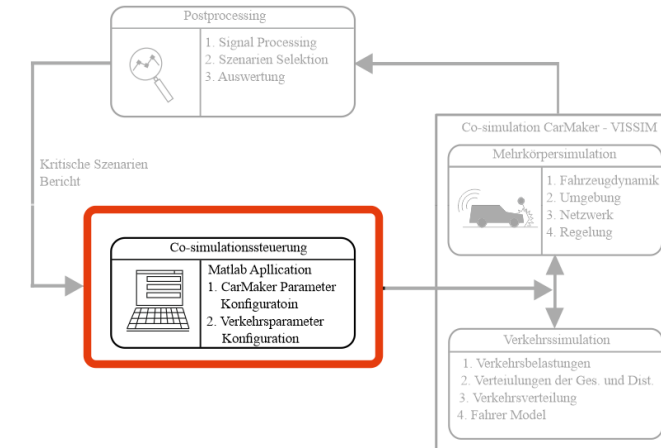


Co-Simulationsframework: Konzept



Co-Simulationsframework: Simulation Controller

- MATLAB Applikation
 - DDE Interface - CarMaker
 - Parameter
 - Testrun mit entsprechenden Netzwerken
 - Kritische Bedingungen
 - Start / Stop Simulation
 - COM Interface - VISSIM
 - Parameter
 - Verkehrsszenario wählen
 - Automatisches / manuelles testen
 - Geschwindigkeitsverteilungen
 - Verteilung der Nettozeitlücken
 - Verkehrsbelastungen



Co-Simulationsframework: Simulation Controller

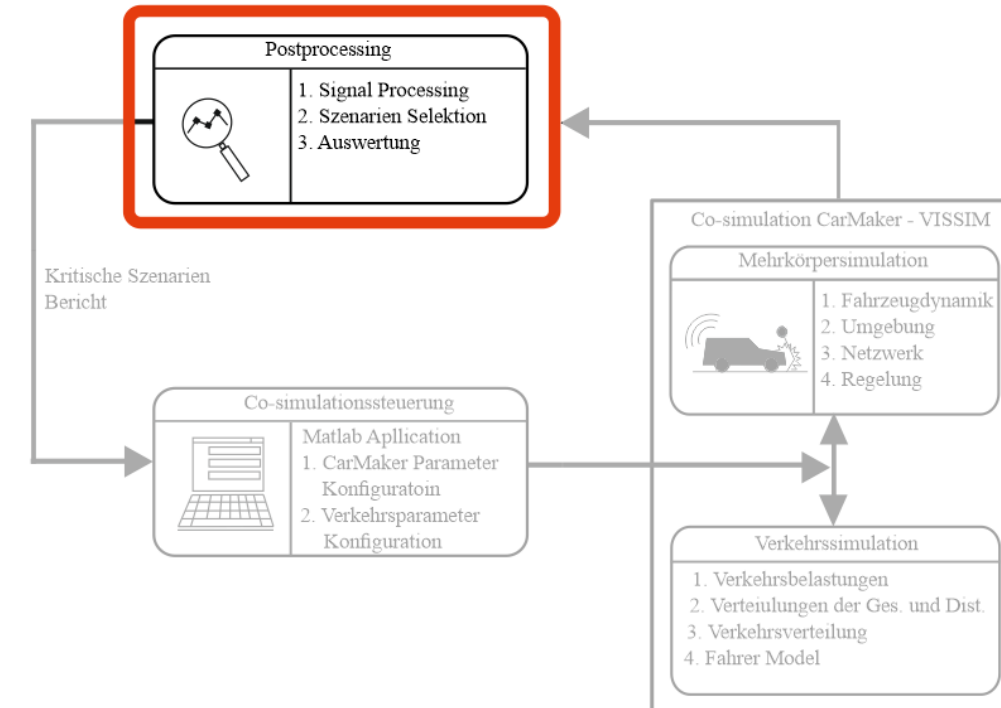
The screenshot shows the 'FTG Tool' window with a menu bar (File, Help) and three tabs: 'Start Configuration', 'Vissim Configuration', and 'CarMaker Configuration'. The 'CarMaker Configuration' tab is active. It contains several sections:

- Configuration of Vehicle Set**
 - Vehicle Composition: Car (dropdown)
 - Vehicle Distribution: 2000:FTG_Dist_Lir (dropdown). Below it, a row of three spinners: Car (0.9), Truck (0.07), and Bus (0.03).
 - Vehicle Speed Boundary: 5 (spinner) % Speed: 100 (spinner) km/h
 - Simulation mode: Manual (disabled toggle) and Automatic (1, dropdown)
- Gerade Strecke** (selected tab) and **AlpLab** (disabled tab)
 - A red box highlights two rows of spinners:
 - Row 1: Volume (100 Veh/h), Min (30), Max (130), Number of (1)
 - Row 2: Min (50), Max (500), Number of (1)

- MATLAB Applikation
 - Konfiguration Testrun
 - Modus
 - Teststrecke
 - Konfiguration Vissim
 - Verkehrsbelastungen
 - Verkehrsauslegung
 - Geschwindigkeitsverteilung
 - Modus

Co-Simulationsframework: Post-Processing

- Analyse und Auswertung der Daten in MATLAB
 - Detektion von kritischen Szenarien nach definierten Bedingungen
 - Visualisierung von kritischen Szenarien mit MATLAB oder IPG CarMaker



Simulationsergebnisse: Ergebnisse

Szenario: Morgenspitze Montag-Mittwoch

- Simulationskilometer: 22246 km
- Kritische Szenarien
 - Kollisionen: 36
 - Beinahe-Kollisionen: 123
- Simulationszeit: 18h 24min

Szenario: Sonn- und Feiertage

- Simulationskilometer: 8068 km
- Kritische Szenarien
 - Kollisionen: 23
 - Beinahe-Kollisionen: 89
- Simulationszeit: 10h 16 min

Simulationsergebnisse: Szenario 1 – Beinahe-Kollision



Danke für Ihre Aufmerksamkeit

MATLAB EXPO 2019, Dipl. Ing. Demin Nalic

02.07.2019

Literaturverzeichnis

- [1] Kalra, Nidhi and Susan M. Paddock, Driving to Safety: How Many Miles of Driving Would It Take to Demonstrate Autonomous Vehicle Reliability?. Santa Monica, CA: RAND Corporation, 2016. https://www.rand.org/pubs/research_reports/RR1478.html. Accessed 4 April 2019.
- [2] ALP.Lab Joanneum Research: Austrian Light Vehicle Proving Region for Automated Driving. <https://www.joanneum.at/digital/referenzprojekte/alplab/>. Zugriff am 29.05.2019
- [3] PTV AG (2003) Visum Analyse und Planung von Verkehrsnetzen, Benutzerhandbuch Visum, PTV Planung Transport Verkehr AG, Karlsruhe.
- [4] PTV, "PTV Vissim 10 User Manual" PTV Planung Transport Verkehr AG, Karlsruhe: PTV Planung Transport Verkehr AG., 2019.
- [5] Mott, P. und K. Nökel (1999) Fortschreiben von Nachfragematrizen: ein neues Verfahren und seine praktische Erprobung, PTV Transport AG, Karlsruhe, 1999