



## Vom Video zur Simulation – Automatische Generierung realistischer Verkehrsszenarien für CarMaker von Dipl.-Ing. Jochen Kramer (FZI)

Am Forschungszentrum Informatik in Karlsruhe wurde eine neue Methode entwickelt, um reale Fahrsituationen in die Simulation zu bringen. Hierbei werden im Straßenverkehr Fahr- und Verkehrsszenarien mit einer Kamera aufgezeichnet und mit Algorithmen zur Objekterkennung ausgewertet. Die Bewegungen der detektierten Verkehrsobjekte werden anschließend nahtlos in die Simulationsumgebung von CarMaker überführt. Auf diese Weise werden realistische Simulationsszenarien für die Analyse von Assistenzsystemen erzeugt, die einen energieeffizienten Verkehrsfluss bewirken können.

Wer bremst verliert – und zwar Energie. Um Kraftstoff zu sparen, sollten Fahrer daher möglichst gleichmäßig im Verkehrsfluss mitschwimmen und Geschwindigkeitsschwankungen elegant ausgleichen. Gerade auf Autobahnen und Bundesstraßen ist das Potenzial groß, auf diese Weise den Energieverbrauch zu senken. Doch der Verkehrsfluss ist ein komplexes Gefüge, das bereits durch kleine Veränderungen ins Wanken geraten kann. Folgende Situation zeigt es: Schert ein LKW auf der Autobahn zum Überholen aus, so bremsen die nachfolgenden Fahrzeuge häufig abrupt ab, um kurze Zeit später, wenn der LKW zurück auf der rechten Fahrspur ist, die verlorene Bewegungsenergie möglichst schnell wieder aufzubauen. Bei dichtem Verkehr kommt diese Situation recht häufig vor und gerade dann kann ständiges Beschleunigen und Bremsen Staus auslösen – und diese belasten nicht nur die Nerven, sondern auch die Umwelt.

Doch wie lassen sich die Fahrweisen der Verkehrsteilnehmer anpassen, um einen gleichmäßigen Verkehrsfluss zu erreichen? Zunächst trägt jeder Einzelne durch eine vorausschauende Fahrweise dazu bei, unnötige Geschwindigkeitswechsel zu vermeiden. Doch der Mensch ist ein Individuum, das an einer solch globalen

Überblick	
<b>Kunde</b>	FZI Forschungszentrum Informatik am Karlsruher Institut für Technologie
<b>Herausforderung</b>	Reproduzierbares Testen von Fahrassistenz- und Car2X-Systemen in Verkehrsszenarien, bei denen mehrere Verkehrsteilnehmer involviert sind.
<b>Lösung</b>	Verkehrssituationen werden bei Fahrten auf Autobahnen und Landstraßen per Video aufgezeichnet und anschließend in die Simulationsumgebung von CarMaker überführt.
<b>Produkte</b>	CarMaker

Aufgabe scheitert – das zeigen nicht zuletzt die immer wieder vorkommenden „Staus aus dem Nichts“.

### Intelligenter Verkehrsfluss mit Fahrerassistenz und Car2X-Kommunikation

Fahrerassistenzsysteme können Unterstützung leisten, indem sie den Horizont des einzelnen Fahrers erwei-



Abbildung 1: Automatische Generierung von Simulationsszenarien aus Videoaufzeichnungen

tern. Die Wissenschaftler des Forschungszentrums Informatik (FZI) am Karlsruher Institut für Technologie untersuchen in dem Projekt EnoPTraFlow, wie sich mit den Möglichkeiten der Fahrerassistenz der Verkehrsfluss homogenisieren lässt. Dabei erforschen sie Systeme, die den Fahrzustand und das direkte Umfeld des Fahrzeugs erfassen (durch Radar, Lidar, Ultraschall, GPS) und darüber hinaus mit anderen Fahrzeugen (Car2Car) und der Infrastruktur kommunizieren (Car2Infrastructure).

Die Simulation mit CarMaker dient ihnen dabei als wichtiges Analyseinstrument. Die Fahrerassistenzsysteme können hier unter reproduzierbaren Bedingungen in virtuellen Verkehrsszenarien geprüft werden. Zu diesem Zweck bietet CarMaker neben der Simulation von Fahrer, Fahrzeug, Straße, Verkehr und Infrastruktur eine komfortable Testmethodik. Auch komplexe Testszenarien lassen sich damit schnell und einfach aufbauen. Einmal konfiguriert können sie stets wiederverwendet und automatisiert werden.

### Generierung von Testszenarien

Doch welches sind die wichtigen Verkehrsszenarien, in denen die hochvernetzten, Car2X-basierenden Assistenzsysteme getestet werden sollten? Welches Vorgehen eignet sich zur Ableitung relevanter Testszenarien? Klassischerweise arbeiten Entwickler bei der Absicherung regelbasierter Fahrerassistenzsysteme mit umfassenden Szenarienkatalogen. Diese werden zumeist aus

den Funktionsspezifikationen der Systeme und Erfahrungen aus dem Straßenverkehr abgeleitet. Im Fall von Systemen, die fahrzeugübergreifend kommunizieren, stößt man allerdings schnell an die Grenzen dieser Herangehensweise. Es gibt unzählige äußere Faktoren, die einen Einfluss auf die Systeme und damit auf ihre Wirkungsweise haben. Der zu betrachtende Parameterraum hat eine Vielzahl an Dimensionen und unterliegt stark stochastischen Einflüssen. Zudem besteht die Gefahr, dass diese aus theoretischen Annahmen abgeleiteten Szenarien von realen Verkehrssituationen abweichen.

Die Forscher des FZI haben daher nach einem alternativen Weg gesucht, um realistische Testszenarien in die Simulation zu bringen. Sie haben eine Methode entwickelt, bei der Simulationsszenarien automatisch auf Basis von Videoaufzeichnungen erzeugt und in die virtuelle Fahrzeugumgebung von CarMaker übertragen werden (siehe Abbildung 1).

Das Verfahren gliedert sich in folgende Schritte:

- Aufzeichnung realer Verkehrsszenarien
- Vorverarbeitung der Videodaten
- Objekterkennung durch mustererkennende Algorithmen
- Bestimmung der Objekte und ihrer Eigenschaften
- Überführen der Szenarien in die Simulation

In einer Studie wurde die Machbarkeit dieser Methode überprüft. Hierzu erfolgte mit Hilfe handelsüblicher Dashcams die Aufzeichnung realer Autobahn- und Landstraßenszenarien. Zusätzlich erfassten integrierte Beschleunigungssensoren und GPS-Empfänger die Bewegungen des Ego-Fahrzeugs. Anschließend wurden die realen Szenarien wie folgt in die virtuelle Welt von CarMaker gebracht.

### Übertragung realer Szenarien in die Simulation

Zunächst prüften die Wissenschaftler, ob sich das Videomaterial überhaupt für die Weiterverarbeitung eignet und die Videodaten wurden für die Bildverarbeitung aufbereitet. Da sich Schnee, Regen oder starker Sonneneinfall negativ auf die Qualität der Daten auswirken, mussten entsprechende Aufzeichnungen aussortiert werden. Außerdem wurden die Bilder für die Bilderkennung auf relevante Ausschnitte zugeschnitten und durch Kamerakalibrierung entzerrt. Zum Ende dieses Pre-Processings erfolgte die manuelle Selektierung der Ebene,

in der die Straße liegt, um nach der Objektdetektion entsprechende Pixelpunkte zur Entfernungsberechnung nutzen zu können.

Die nachfolgend durchgeführte Objekterkennung basiert auf Algorithmen der freien Programmiersbibliothek OpenCV. Die Videosequenzen wurden hiermit Bild für Bild ausgewertet. Für jedes Bild legte man Objektlisten über

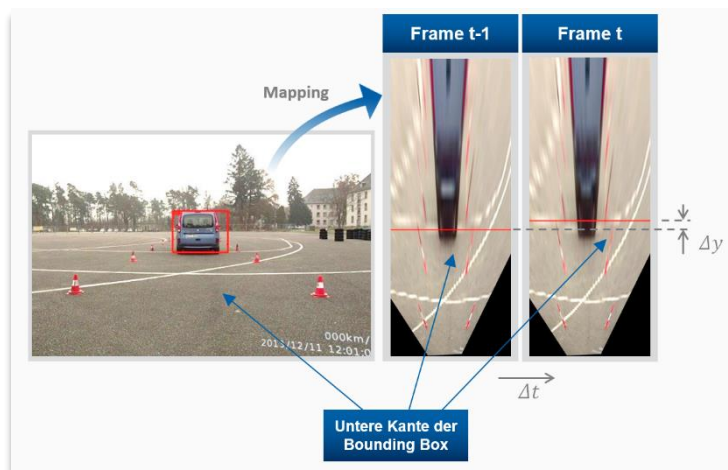


Abbildung 2: Berechnung der Abstände und Geschwindigkeiten zwischen Ego-Fahrzeug und detektiertem Fahrzeug

die detektierten Objekte an. Anschließend ließen sich die Objektlisten mit den erfassten Fahrzeugen, Fahrspuren und Schildern logisch verknüpfen. Eine Bounding Box umschließt im verarbeiteten Bild das erkannte Objekt.

Um nun die Abstände und Geschwindigkeiten der detektierten Fahrzeuge in Bezug zum Ego-Fahrzeug zu bestimmen, wurden die selektierten Bilder mit Hilfe der gewählten Ebenenpunkte in die Vogelperspektive transformiert, d. h. alle erkannten Bildpunkte und die Bounding Boxes auf die Fahrbahnoberfläche projiziert. Somit konnte der Abstand zum detektierten Objekt über den Abstand des unteren Bildrandes und der unteren Kante der Bounding Box berechnet werden. Die Relativgeschwindigkeit ließ sich über die Differenz der Abstände zwischen zwei aufeinander folgenden Bildern und der Bildrate berechnen (Abbildung 2).

Mit den Informationen über die erfassten Verkehrsobjekte sowie den verfügbaren Bewegungsdaten des Ego-Fahrzeugs konnten die aufgezeichneten Verkehrsszenarien in die Simulation mit CarMaker überführt werden. Für die Umsetzung der Manöver in der Simulation wird ein sekundliches Update der Bewegungsdaten des virtuellen Ego-Fahrzeugs und der virtuellen Verkehrsobjekte

mit den zuvor erstellten Datenstrukturen vorgenommen. Abbildung 3 zeigt die Animation eines auf diese Weise erstellten Verkehrsszenarios.

### Validierung der Methode

Doch wie valide ist das vorgestellte Verfahren? Um dies zu prüfen, haben die Wissenschaftler des FZI folgenden Versuchsaufbau erstellt. Mit Pylonen wurde eine gerade Teststrecke von 3 Metern Breite abgesteckt. Die Pylonen wurden im Abstand von 5 Meter aufgestellt. Auf dieser Strecke folgte ein Ego-Fahrzeug einem Fahrzeug, das mit konstanter Differenzgeschwindigkeit fuhr (Referenzgeschwindigkeit). Das Fahrscenario wurde mit einer Kamera im Ego-Fahrzeug aufgezeichnet. Auf Basis der Videodaten wurden, wie oben beschrieben, die Abstände und die Differenzgeschwindigkeiten während des Versuchs berechnet. Nach Filterung der berechneten Signale wurden die mittlere Geschwindigkeit über die Zeit und die Referenzgeschwindigkeit miteinander verglichen. Abbildung 4 zeigt die Ergebnisse dieses Vergleichs aus 30 Testfahrten.

Die Validierung ergab, dass mit der entwickelten Methode die Szenarien mit ausreichender Genauigkeit in die Simulation gebracht werden können. Der Vorteil ist, dass sie mit relativ preisgünstigen Mitteln wie den marktüblichen Dashcams und zugänglichen Werkzeugen wie OpenCV und CarMaker umgesetzt werden kann. Der Ansatz eignet sich vor allem zur Simulation recht langer, umfassender Testszenarien, da die Fahrmanöver des Ego-Fahrzeugs und der Verkehrsteilnehmer nicht per Hand konfiguriert werden müssen, sondern automatisch aus den Videoaufnahmen erzeugt werden. Gleichzeitig können sich die Forscher sicher sein, dass sie mit realistischen Szenarien arbeiten, wenn sie an neuen Konzepten zur Steuerung eines intelligenten Verkehrsflusses arbeiten. In CarMaker können sie die Wirkung verschiedener Fahrerassistenz- und Car2X-Systeme simulieren und systematisch analysieren.

### Ausblick

Die positiven Ergebnisse der Validierung ermutigen die Wissenschaftler, ihren Ansatz weiter zu verfeinern. Aktuell arbeiten sie daran, das Erkennungsumfeld bei der Videoaufzeichnung zu erhöhen. Zusätzlich zur Dashcam an der Frontscheibe soll eine Kamera an der Heckscheibe das Fahrzeugumfeld aus der Rückansicht erfassen. Die Herausforderung hierbei ist es, die Video-Streams beider Kameras bezüglich der Zeit und der Entfernung zu synchronisieren.

Darüber hinaus werden die Ergebnisse der vorgestellten Arbeiten in ein weiteres Forschungsprojekt fließen,

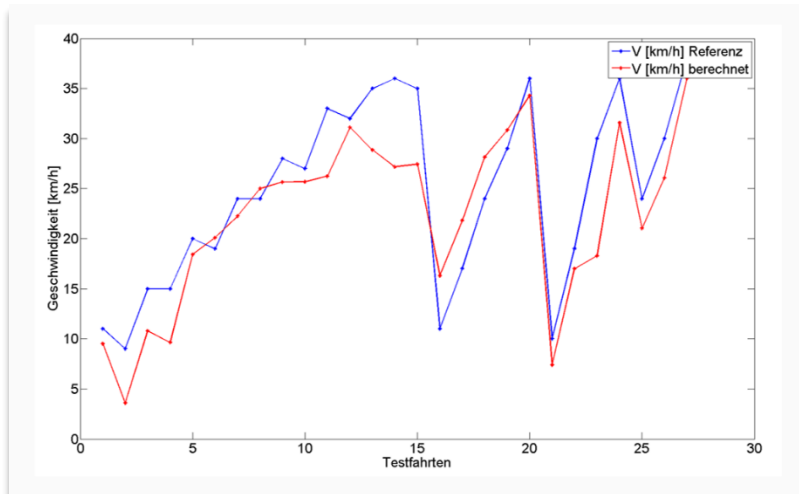


Abbildung 3: Validierungsergebnisse

das sich mit der nahtlosen Verwendung von realen Fahr- und Verkehrsszenarien in der Simulation befasst. In dem Projekt LogDaSim arbeitet das FZI gemeinsam mit den Firmen IPG Automotive und X2E daran, neben den Videoaufzeichnungen auch die Sensordaten (z. B. vom Beschleunigungs- und Drehraten-Sensor) sowie die fahrzeuginternen Informationen (z. B. vom CAN-Bus) zu erfassen und zeitsynchron aufzuzeichnen. Das Ziel ist es, auf diese Weise möglichst viele Informationen aus den Erprobungsfahrten mit Prototypenfahrzeugen oder speziell instrumentierten Testfahrzeugen zu gewinnen. Auf dieser Grundlage soll ein Szenarienkatalog aufgebaut werden, der unmittelbar in virtuelle Test-szenarien überführt werden kann. Gleichzeitig kann dieser Katalog als Szenarienfilter genutzt werden, um die bei den realen Testfahrten erfassten Daten gezielter als bisher auszuwerten. Die Fahrsituation und das Fahrverhalten können somit sehr präzise in die Datenanalyse einbezogen werden. Die Testergebnisse aus dem Fahrversuch lassen sich in der Simulation mit CarMaker exakt reproduzieren und detailliert untersuchen.