

Modellierung und Simulation der Interaktion eines autonomen Roboterfahrzeuges mit menschlich geführten Fahrzeugen

Barbara Deml

Hendrik Neumann
Andre Müller

Andreas Mihalyi

Abstract: Damit autonome Fahrzeuge in Zukunft ein Teil des Verkehrssystems werden können, müssen sie in der Lage sein, mit anderen Verkehrsteilnehmern zu kooperieren. Bedenkt man, dass menschliches Verhalten nicht immer optimal und zum Teil fehlerbehaftet ist, stellt das eine große Herausforderung für Roboterfahrzeuge dar. In dieser Arbeit wird eine Simulationsumgebung vorgestellt, die neben dem Modell eines autonomen Fahrzeugs auch ein menschliches Fahrermodell beinhaltet. Auf diese Weise steht ein Entwicklungswerkzeug zur Verfügung, mit dem sich typisch menschliche Verhaltensfehler simulieren lassen und damit Verhaltensalgorithmen kognitiver Automobile evaluiert werden können.

1 Kognitive Automobile

Ein *autonomes Roboterfahrzeug* ist ein kognitives Automobil, das mit einer Vielzahl von Sensoren ausgestattet ist, um sich selbst und seine Verkehrsumwelt wahrzunehmen. Es verfügt über die Fähigkeit, selbständig Wissen zu erwerben und zu strukturieren, so dass es das Verhalten anderer Verkehrsteilnehmer interpretieren und auch in komplexen Situationen sinnvolle Verhaltensentscheidungen treffen kann. Ein solches kognitives Automobil stellt *MuCar-3* (Munich Autonomous Robot Car 3rd Generation) dar, das an der Universität der Bundeswehr (Prof. Wünsche, Technik Autonomer Systeme) entwickelt wird.

Eine zentrale Vision des Forschungsfeldes ist, dass kognitive Automobile in Zukunft ein Teil des Verkehrssystems darstellen. Um die Verkehrssicherheit und den Durchfluss zu optimieren, müssen Roboterfahrzeuge daher – genauso wie menschliche Verkehrsteilnehmer – in der Lage sein, sozial kooperatives Verhalten zu zeigen. Dabei sind im Wesentlichen drei Arten der Kooperation zu unterscheiden:

1. Roboter-Roboter-Kooperation. Die autonomen Fahrzeuge kommunizieren untereinander, um ihr Fahrverhalten aufeinander abzustimmen und um sich gegenseitig vor

Gefahren zu schützen. Das autonome Fahrzeugteam könnte sich so vor Hindernissen auf der Strecke warnen oder in kritischen Situationen gemeinsam Ausweichbeziehungsweise Einschermanöver planen.

2. Mensch-Roboter-Kooperation in einem Fahrzeug. Manchmal kann es wünschenswert sein, das Roboterfahrzeug in einem semi-autonomen Modus zu betreiben. Ein gelungenes Kooperationsverhalten zwischen Mensch und Maschine erfordert dann einen reibungslosen Ein- und Ausstieg in die Automatisierung.
3. Mensch-Roboter-Kooperation zwischen Fahrzeugen. Das kognitive Automobil muss schließlich auch in der Lage sein, mit menschlichen Verkehrsteilnehmern außerhalb des eigenen Fahrzeugs zu kooperieren. Dabei kann es sich um Fußgänger, Radfahrer oder andere Kraftfahrzeugführer handeln.

In dieser Arbeit soll vor allem der dritte Punkt, die Mensch-Roboter-Kooperation zwischen Fahrzeugen, im Mittelpunkt stehen. Bedenkt man, dass menschliches Verhalten nicht immer optimal ist, so stellt das eine besondere Herausforderung für das Kooperationsverhalten autonomer Fahrzeuge dar (vgl. [Rea90]): Menschen können die Verkehrssicherheit ungewollt gefährden. Hierzu gehören Aufmerksamkeitsfehler (slips), wie das Übersehen eines Vorfahrt-Achten-Schildes, oder Gedächtnisfehler (lapses), wie das Verpassen einer Autobahnausfahrt. Demgegenüber kann die Verkehrssicherheit aber auch durch bewusstes Verhalten herabgesetzt werden. Neben Verletzungen der Straßenverkehrsordnung (violations) kann es sich dabei um Regel- oder Wissensfehler (rule/knowledge-based mistakes) handeln. So kann das Ausweichen vor Hindernissen zwar oftmals eine „gute“ Regel darstellen, aber kontextabhängig eben auch das Unfallrisiko erhöhen. Ein kooperatives kognitives Automobil sollte diese Schwächen zumindest teilweise kompensieren können. Es liegt allerdings auf der Hand, dass sich eine solche Validierung nur schwer im Feld durchführen lässt.

2 Simulationsumgebung SiMuCar

Aus dem Grund wurde die dreidimensionale Simulationsumgebung SiMuCar geschaffen (siehe 4). Die Umgebung erlaubt zum einen, unterschiedliche Verkehrsszenarien einfach und schnell zu erstellen (z.B. Stadtverkehr mit Kreuzungen, Autobahn mit Ein- und Ausfahrten). Darüber hinaus wird auch die Einbindung von Realweltdaten unterstützt, so dass den Versuchen tatsächlich existierende Umweltbedingungen zugrunde gelegt werden können (z.B. GPS-Daten einer bestimmten Strecke). Darüber hinaus wurde ein Computermodell des autonomen Fahrzeugs MuCar-3 in die Umgebung eingebunden. Als Wahrnehmungsgrundlage stehen dem Modell Fahrbahnmarkierungen und Objekte der Verkehrsumwelt zur Verfügung, wie sie auch einem realen Roboterfahrzeug durch die Auswertung von Kamera- oder Lidardaten vorliegen würden. Ebenso wurde ein Computermodell eines Autofahrers in die Simulation eingebunden, mit dem sich wesentliche Aspekte des menschlichen Fahrverhaltens auf Autobahnen darstellen lassen [Sal06]. Da das Modell auf einer weit verbreiteten kognitiven Architektur basiert (ACT-R; [ABB⁺04]), bietet es

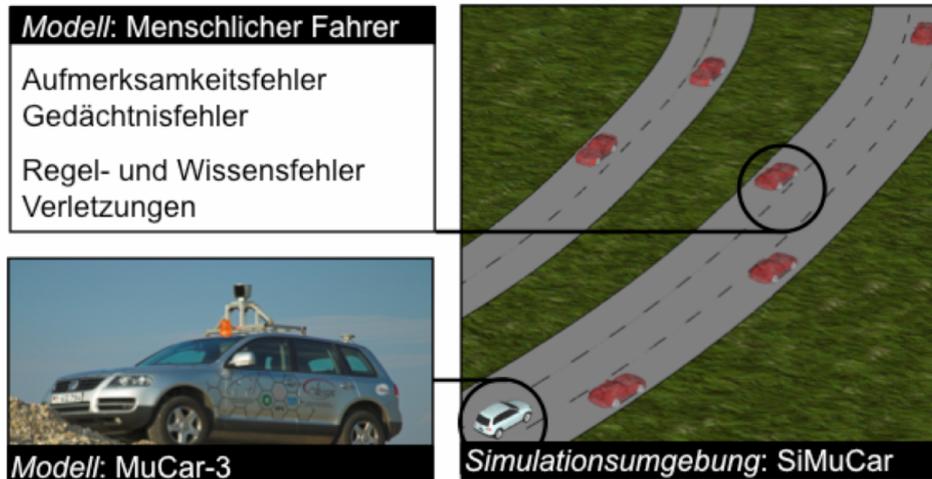


Abbildung 4: Die Simulationsumgebung SiMuCar erlaubt, kooperatives Verhalten zwischen autonomen Roboterfahrzeugen und menschlichen Verkehrsteilnehmern zu modellieren

gute Voraussetzungen, um menschliche Fehler in Übereinstimmung mit kognitionswissenschaftlichen Erkenntnissen zu implementieren. Im Rahmen der Arbeit soll gezeigt werden, dass der Ansatz für die Weiterentwicklung autonomer Roboterfahrzeuge eine wertvolle Versuchsumgebung darstellen kann. Aus dem Grund werden sowohl das Roboter- als auch das Fahrzeugmodell validiert; hierzu wird ein entsprechendes Kooperationsszenario in einem Fahrsimulator realisiert, das von menschlichen Probanden bearbeitet wird und den Vergleichsrahmen darstellt.

Literatur

- [ABB⁺04] J. R. Anderson, D. Bothell, M. D. Byrne, S. Douglass, C. Lebiere und Y. Qin. An Integrated Theory of the Mind. *Psychological Review*, 111(4):1036–1060, 2004.
- [Rea90] J. Reason. *Human error*. Cambridge University Press, 1990.
- [Sal06] D. D. Salvucci. Modeling driver behavior in a cognitive architecture. *Human Factors*, 48(2):362–380, 2006.