

Das Verkehrsflusssimulationsprogramm PELOPS zur Entwicklung und Auslegung von Fahrerassistenzsystemen

Mit PELOPS lernen, wie Staus entstehen und Unfälle geschehen

Autoren:

Dipl.-Ing. Ahmed Benmimoun, Institut für Kraftfahrwesen Aachen, Bereichsleiter Verkehr, 0241-8861181, benmimoun@ika.rwth-aachen.de

Dipl.-Ing. Frederic Christen, Forschungsgesellschaft Kraftfahrwesen mbH Aachen, Bereich Verkehr, 0241-8861104, christen@fka.de

Das Verkehrsaufkommen auf deutschen Straßen steigt seit der statistischen Aufzeichnung von Verkehrsdaten kontinuierlich an. Dieser Anstieg bedingt eine Reihe von negativen Phänomenen der individuellen Mobilität, wie beispielsweise Staus, die laut ADAC einen volkswirtschaftlichen Schaden von etwa 250 Millionen Euro bedeuten. Des Weiteren ereignen sich jedes Jahr etwa 2.300.000 Unfälle mit bis zu 6.000 Unfalltoten. Zusätzlich stellt der motorisierte Verkehr eine nicht unbedeutende Belastung der Umwelt dar. Etwa 12 % der anthropogenen (vom Menschen verursachten) CO₂-Emissionen sind auf den Verkehr zurückzuführen.

Um diesen negativen Verkehrswirkungen effektiv entgegenzuwirken ist eine detaillierte Analyse und Erforschung des komplexen Systems Verkehr notwendig. Hierfür werden computergestützte Werkzeuge benötigt, mit denen sich die Verkehrseffekte reproduzieren lassen und Maßnahmen zur Vermeidung und Abschwächung der negativen Wirkungen des Verkehrs entwickeln, testen und bewerten lassen.

Prinzipiell lassen sich diese Maßnahmen in fahrzeuggestützte (sogenannte Fahrerassistenzsysteme) und infrastrukturbasierte Maßnahmen unterteilen. Ersteres beschreibt Systeme, die den Fahrer bei der Bewältigung der Fahraufgabe durch die Bereitstellung von Informationen oder Warnungen unterstützen oder auch in kritischen Situationen intervenieren, um Unfälle zu vermeiden. Teilweise übernehmen diese Systeme Aufgaben des Fahrens komplett autonom, um den Fahrer zu entlasten. Die Ziele dieser Fahrerassistenzsysteme sind vielfältig und reichen von der Erhöhung des Fahrkomforts, der Verkehrssicherheit und der Verkehrseffizienz bis hin zu Verminderung des Kraftstoffverbrauchs und der Schadstoffemissionen. Die infrastrukturbasierten Maßnahmen konzentrieren sich hingegen auf die Anpassung der Verkehrsinfrastruktur an die verkehrlichen Gegebenheiten (wie beispielsweise die Gestaltung von Straßenabschnitten und Kreuzungen) und des Managements des Verkehrsablaufs.

Um den Verkehr und dessen Effekte besser zu verstehen und entsprechende Maßnahmen zur Verbesserung der Verkehrsqualität und der Mobilität zu analysieren und zu bewerten

entwickelte das ika/fka in Zusammenarbeit mit der BMW AG 1989 das Verkehrs Verkehrssimulationprogramm PELOPS (Programm zur Entwicklung längsdynamischer, mikroskopischer Prozesse in systemrelevanter Umgebung). Das Programm wurde seitdem kontinuierlich erweitert und weiterentwickelt. Das Konzept von PELOPS besteht in der Verknüpfung detaillierter Fahrzeugmodelle mit verkehrstechnischen Modellen, die sowohl eine Untersuchung des längsdynamischen Fahrzeugverhaltens als auch eine Analyse des Verkehrsablaufs ermöglichen. Der Vorteil dieser Methode liegt darin, alle Wechselwirkungen zwischen Fahrer, Fahrzeug und Verkehr berücksichtigen zu können.

Im Gegensatz zu klassischen in der Automobilindustrie angewandten Simulationswerkzeugen, die in der Regel nur ein Teilsystem oder ein einzelnes isoliertes Gesamtfahrzeug abbilden, verfolgt der Ansatz in PELOPS daher die Simulation der drei wesentlichen Elemente des Verkehrs – Strecke/Umwelt, Fahrer und Fahrzeug – mit ihren Wechselwirkungen (siehe. Abbildung 1).

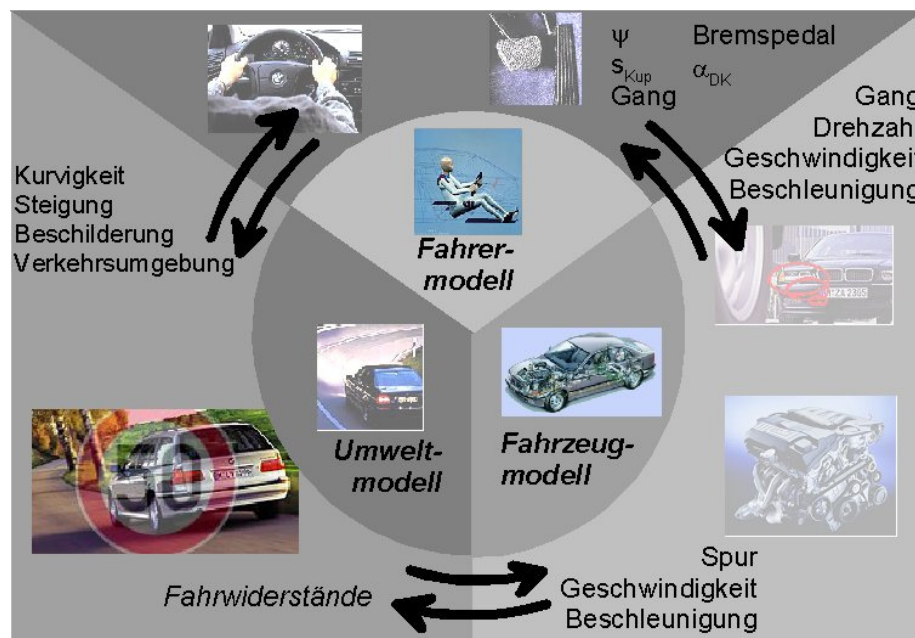


Abbildung 1: PELOPS-Struktur

Das Umweltmodell erlaubt bei Bedarf eine detaillierte Beschreibung der Einflüsse einer stationären Verkehrsumgebung. Sowohl der Straßenverlauf (Kurven und Steigungen), als auch die Anzahl und die Breite der Spuren werden angegeben. Zusätzlich zu diesen geometrischen Daten können Verkehrszeichen, Lichtsignalanlagen sowie Umweltbedingungen (Sichtweite, Nässe und Glätte) vorgegeben werden.

Im Fahrzeugmodell wird ausgehend von der Position der Bedienelemente des Fahrzeugs (Lenkradstellung, Gas-, Brems- und Kupplungspedalposition und Ganghebelstellung), die Fahrzeugbewegung (Position längs und quer zur Straße, Geschwindigkeit und Beschleunigung) berechnet. Da das Fahrzeugmodell komponentenfein und damit sehr detailliert dargestellt wird, können auch Parameter wie Kraftstoffverbrauch und Emissionen hinreichend

genau bestimmt werden. Das Fahrzeug selbst wird nach dem Ursache-Wirkungs-Prinzip modelliert, bei dem eine Berechnung der Antriebskraft ausgehend von der Gaspedalposition über den Motorbetriebspunkt, Kupplung, Getriebe und Differential zu den Rädern erfolgt, wo die Antriebskraft dann mit den Fahrwiderständen bilanziert wird. Als Getriebearten sind das konventionelle Handschalt- sowie Wandlerautomatikgetriebe implementiert. Zusätzlich dazu erlaubt das integrierte Sensormodell den Anwendern, beliebig viele Sensoren an beliebigen Stellen des Fahrzeugs zu positionieren. Die Sensoreigenschaften können frei vorgegeben werden. Damit lassen sich auch Fahrerassistenzsysteme wie beispielsweise ACC (Adaptive Cruise Control, ein System das autonom einen sicheren Abstand zum Vorderfahrzeug einhält) untersuchen.

Zusätzlich zu diesem sehr detaillierten Fahrzeugmodell, das in PELOPS als 'Realfahrzeuge' bezeichnet werden, existiert auch die Möglichkeit, mit einem weniger komplexen Fahrzeugmodell zu arbeiten, um bei geringerem Rechenzeitbedarf Verkehrsphänomene zu untersuchen. So abgebildete Fahrzeuge werden als 'synthetische' Fahrzeuge bezeichnet.

Die Verbindung zwischen der Fahrzeug- und der Verkehrssimulation stellt das Fahrermodell dar. Es ist in ein Verhaltens- und ein Handlungsmodell gegliedert. Im Verhaltensmodell bestimmt der virtuelle Fahrer die Parameter der lokalen Fahrstrategie (Fahrerwunsch) aus dem aktuellen Fahrzustand und der Fahrzeugumgebung. Die Parameter der lokalen Fahrstrategie sind eine vom Fahrer gewünschte Beschleunigung, die Wahl einer Fahrspur und ggf. der einzulegende Gang. Im Handlungsmodell schließlich werden diese Parameter in fahrzeugseitige Stellgrößen wie Lenkbewegung, Pedalbetätigung, Gangwahl und Setzen des Blinkers umgesetzt. Die Basis dieses Fahrermodells bilden viele Versuchsfahrten mit „Normalfahrern“ im realen Verkehr. Hierfür wurden die Versuchsträger des ika/fka eingesetzt, die mit zahlreicher Sensorik ausgestattet sind, die die Verkehrs- und Fahrsituation erfassen. Das Verhalten der Fahrer in bestimmten Fahrsituationen wurde analysiert und in PELOPS modelliert, so dass das Verhalten der virtuellen Fahrer sehr stark dem der realen Fahrer entspricht.

Die Entwicklung von Fahrerassistenzsystemen in der Verkehrsflusssimulation stellt nur einen ersten Schritt dar. Diese Systeme müssen im Weiteren in realen Fahrzeugen installiert und getestet werden. Damit ein Übergang von PELOPS zum Fahrzeug und anderen Werkzeugen einfach und problemlos erfolgen kann, stellt PELOPS sowohl eine SiL-(Software in the Loop) als auch eine HiL-(Hardware in the Loop) Schnittstelle zur Verfügung. SiL bedeutet, dass nicht alle Algorithmen und Funktionen direkt als Quellcode in PELOPS eingebunden werden müssen, sondern als Komponenten aus anderen Softwareprogrammen in die Simulation integriert werden können (beispielsweise MATLAB®/SIMULINK®, Abbildung 2). Bei HiL können zudem reale Komponenten (Steuergeräte mit Assistenzsystemfunktionen, reales Fahrzeug oder realer Fahrer) in die Verkehrsflusssimulation eingebunden werden.

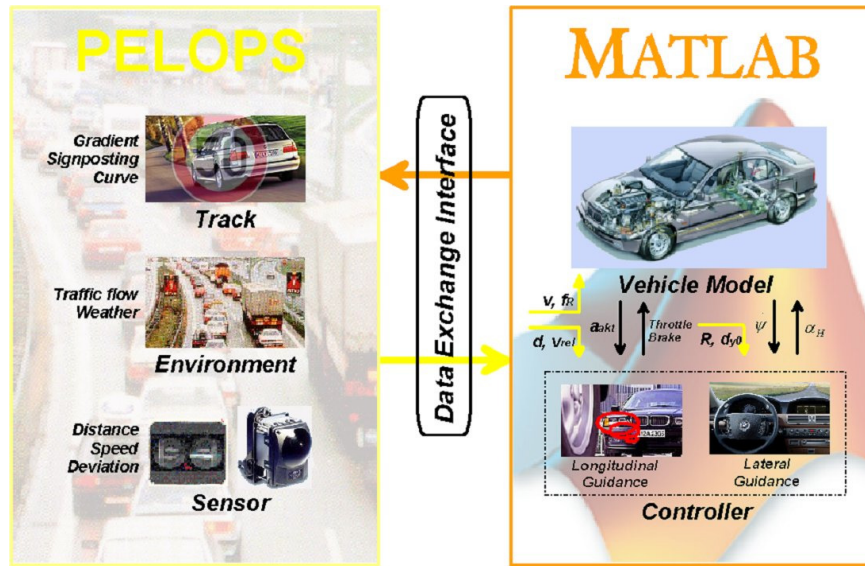


Abbildung 2: PELOPS SiL-Simulation mit MATLAB®/SIMULINK®

PELOPS SiL- und HiL-Schnittstellen ermöglichen im Zusammenspiel den Aufbau komplexer Simulationsumgebungen, wie zum Beispiel der Fahrsimulator der RWTH-Aachen, der in Zusammenarbeit mit dem ZLW/IMA aufgebaut worden ist (Abbildung 3 und Abbildung 4). Hierbei handelt es sich um eine Verkehrsflussimulation mit realem Fahrer in the Loop.

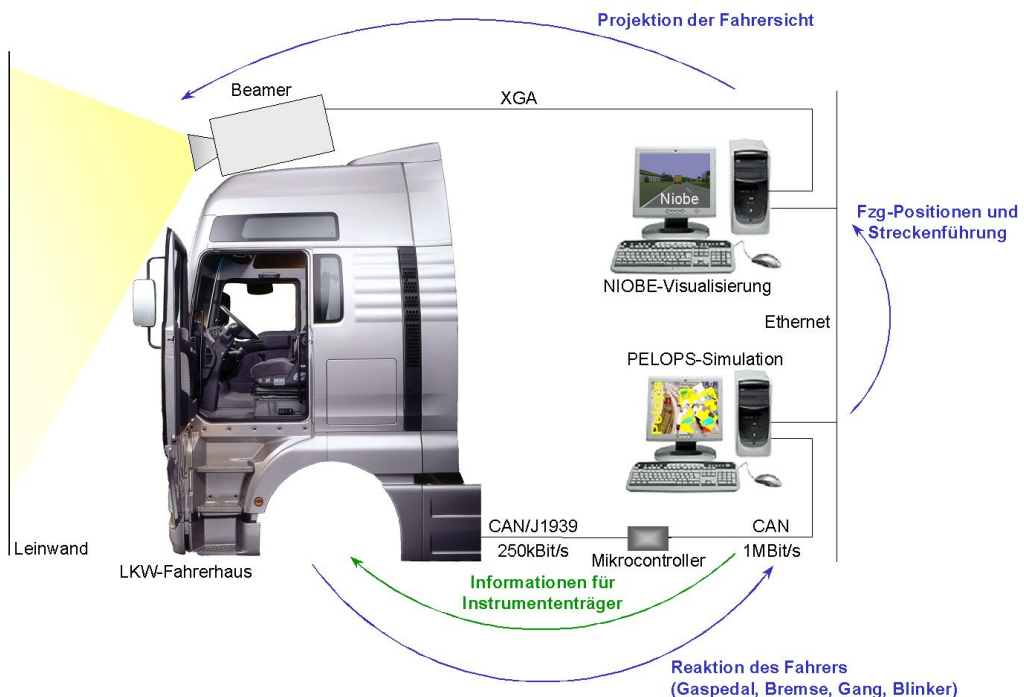


Abbildung 3: Aufbau des RWTH-Aachen Fahrsimulators



Abbildung 4: Darstellung der virtuellen Welt im RWTH-Aachen Fahrsimulator

Das Verkehrsflusssimulationsprogramm PELOPS wurde in der Vergangenheit im Rahmen vieler Forschungs- und Industrieprojekte eingesetzt um Verkehrseffekte zu analysieren und Maßnahmen zur Verbesserung der Verkehrsqualität zu bewerten. Im Rahmen einer Untersuchung für die Bundesanstalt für Straßenwesen wurde der Verkehrsablauf am Hamburger Elbtunnel untersucht. Aufgrund einer Steigung im Tunnel haben viele Fahrer Ihre Geschwindigkeit unbewusst verringert und dadurch Stauwellen verursacht. Als Maßnahme zur Erhöhung der Verkehrseffizienz wurde der Effekt von sogenannten Lauflichtern untersucht. Diese stehen am Straßenrand und blinken mit einer Frequenz, die einer vorgegebenen Richtgeschwindigkeit entspricht. Fährt der Fahrer schneller als diese Geschwindigkeit, scheinen die Lauflichter auf ihn zu zukommen, fährt er langsamer, laufen die Lichter von ihm weg. Auf dieser Weise wird der Fahrer unbewusst dazu gebracht genau mit der vorgegebenen Sollgeschwindigkeit zu fahren. In weiteren Studien wurde unter anderem der Effekt von aggressivem und kooperativem Fahren, das Fahrverhalten im Nebel und die Wirkung von ACC und Fahrzeug-zu-Fahrzeug-Kommunikation auf den Verkehrsfluss im Rahmen der deutschen Forschungsinitiative INVENT untersucht.

Neben der Analyse der verkehrlichen Wirkung wurde PELOPS auch vielfach für die Entwicklung von Fahrerassistenzsystemen benutzt. So wurden unter anderem ACC, ACC Stop&Go, ein Kreuzungsassistent, ein Notbremsassistent und ein Spurwechselassistent in PELOPS entwickelt.

Weitere Informationen zu PELOPS sind auf folgender Internetseite erhältlich:
<http://www.pelops.de>