



AUTOREN



**THOMAS TÜSCHEN**

war 2010/2011 Projektleiter beim Team Elbflorace der Technischen Universität Dresden und verantwortlich für die Gesamtfahrzeugsimulation.



**DIPL.-ING. CHRISTIAN MARMODÉE**

war 2010/2011 Konstruktionsleiter beim Team Elbflorace der Technischen Universität Dresden und verantwortlich für die Fahrwerksauslegung.

**MOTIVATION**

Für die simulative Beurteilung einzelner Komponenten ist eine Rückführung der Ergebnisse in die Simulation des Gesamtsystems notwendig. So kann die Interaktion von sich beeinflussenden Komponenten auch über die Grenzen von einzelnen Simulationswerkzeugen hinaus abgebildet und bewertet werden. Dies erfordert eine Kombination von Antriebs-, Karosserie- und Fahrwerksmodellen. Damit können unter anderem die Auslegungen von Fahrwerkskinematik, Akkumulatorenkapazität sowie Motorleistung erfolgen und deren Einfluss auf das Gesamtsystem betrachtet werden. Die Herausforderung bei der Kombination von Simulationsmodellen unterschiedlicher Einzelkomponenten besteht darin, dass diese oftmals nicht aus demselben Simulationswerkzeug stammen und es so zu einer Schnittstellenproblematik kommt. Des Weiteren muss das Komponentenmodell den Simulationsansprüchen des Gesamtsystems in Simulationsschrittweite und Auflösungsgenauigkeit genügen.

Die Erstellung einer Gesamtsystemsimulation, die simulativ unterstützte Entwicklung der Fahrwerkskinematik und des elektrischen Antriebsstrangs erfolgten

in Zusammenarbeit mit den Lehrstühlen von Professor Prokop und Professor Bäker des Instituts für Automobiltechnik der TU Dresden.

**GESAMTSYSTEM KRAFTFAHRZEUGDYNAMIK IN DER SIMULATION**

Das Gesamtsystem der Fahrzeugdynamiksimulation besteht aus den Komponenten Streckenmodell, Fahrzeugmodell und Fahrermodell, ❶. Diese müssen für die Gesamtsystemsimulation über die dargestellten Wechselwirkungen miteinander verknüpft sein.

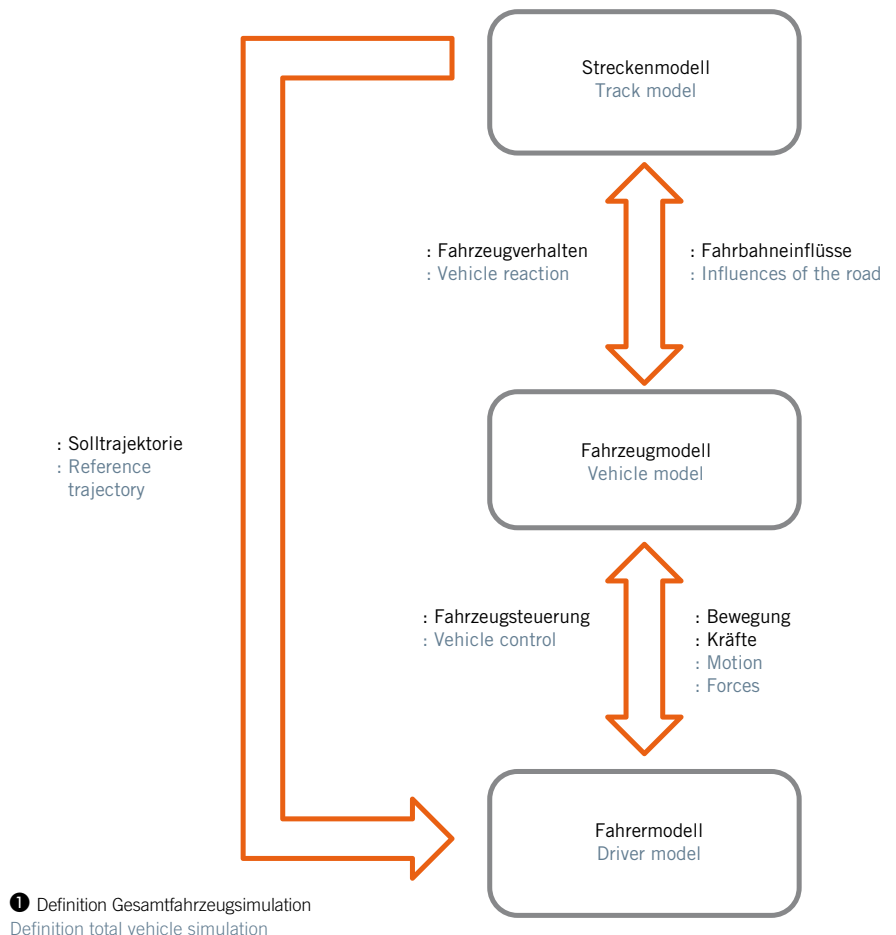
**QUERDYNAMIKMODELL**

Für die Auslegung und Bewertung der Fahrwerkskinematik verfügt das Formula-Student-Team Elbflorace über ein Querdynamikmodell in der Simulationsumgebung MSC Adams/Car. Dieses dient unter anderem zur Beurteilung der Radstellungsgrößen unter dynamischen Einflüssen. Vordergründiges Entwicklungsziel ist es, die erreichbare Querbeschleunigung des Rennwagens zu erhöhen, um so die Rundenzeiten weiter zu verkürzen. Der Reifen stellt eine Schlüsselfunk-

# GESAMTSYSTEMSIMULATION DAS VERSTÄNDNIS FÜRS GANZE

Für eine zeiteffizientere Entwicklung eines Formula-Student-Rennwagens kommt der Simulation ein immer bedeutenderer Stellenwert zu. Damit stellt sie ein Standardwerkzeug im Entwicklungsprozess des Formula-Student-Teams Elbflorace der Technischen Universität Dresden dar. Um die Einflüsse der Einzelkomponenten im Bezug zum Gesamtfahrzeug zu bewerten, ist eine ganzheitliche Betrachtung der Fahrzeugsimulation unerlässlich.

tion für dieses Ziel dar. Daher ist das Verständnis seiner Funktion und Eigenschaften von entscheidender Bedeutung. Um genaue Kenntnisse über Reifen zu erlangen, wurden Reifen verschiedener Typen auf dem institutseigenen Reifenprüfstand vermessen, ❷. Nach der Auswahl eines Reifens wurde mit den gewonnenen Daten das Reifenmodell des Querdynamikmodells parametrisiert. Auf diese Weise ist es möglich, reale Reifeneigenschaften in die virtuelle Umgebung zu übertragen. Mithilfe des Simulationsmodells lassen sich auch die Aufbaufeder- und Rollsteifigkeiten abstimmen. Gerade durch diese Möglichkeiten kann wertvolle Testzeit eingespart werden, da so eine tendenzielle Aussage zur Steifigkeitswahl getroffen werden kann. Zusätzlich ist eine Angabe zu dem Lenkmoment während der Fahrt möglich. Mit dem Übertragen der Kinematiksätze der Vorgängerfahrzeuge können vorhandene Lenkmomente analysiert und durch Änderungen der Kinematik entsprechend angepasst werden. Weiterhin lassen sich Auswirkungen von Veränderungen während der Fahrzeugkonstruktion anhand des Modells mit geringem Zeitaufwand überprüfen und bewerten.



# ENTIRE SYSTEM SIMULATION UNDERSTANDING THE WHOLE ISSUE

For a time-efficient development of a Formula Student racing car the simulation becomes increasingly important. Thus, it is a standard tool in the development process of the Formula Student team Elbflorace of the Dresden University of Technology. To evaluate the effects of the individual components in relation to the overall vehicle, a holistic view of the vehicle simulation is essential.

## MOTIVATION

For the evaluation of single components, a return of their individual simulation results in the entire system simulation is necessary. In that way the interaction of the individual components can be examined and evaluated beyond the borders of their simulation tools. This requires a combination of the drivetrain, body and chassis models. Thereby the suspension kinematics, accumulator capacity and engine power can be designed while keeping an eye on their impact on the entire vehicle system. The combination of simulation models of different components is challenging, because they often do not come from the same simulation tool and thus results in an interface problem. Furthermore, to combine the individual component model into an entire system simulation, they must assure the simulation requirements of the entire system in step size and depth of the modelling.

The generation of an entire system simulation, the simulative supported development of the suspension kinematics and of the electric powertrain were done in collaboration with the chairs of Professor Prokop and Professor Bäker of the Institute of Automotive Engineering at the Dresden University of Technology.

## ENTIRE VEHICLE SYSTEM DYNAMICS SIMULATION

The entire system of vehicle dynamics simulation consists of the components

track, vehicle and driver model, ❶. For the entire system simulation, these models have to be connected with each other via the illustrated interactions.

## LATERAL DYNAMICS MODEL

For the design and the evaluation of suspension kinematics, the Formula Student team Elbflorace has a lateral dynamics model in the simulation environment MSC Adams/Car. This model is used, among other things, to assess the wheel alignment under dynamic conditions. Main development aim is to increase the achievable lateral acceleration of the car to gain better lap times. The tyre is a key function to reach this goal. Therefore, the understanding of its function and specific characteristics is crucial. To gain detailed knowledge about different tyre types, tyres were tested and measured on the institute's tyre test bench, ❷. After selecting the best matching one of the measured tyres, the tyre model of the lateral dynamics model was parameterized with the acquired data. In this way, it is possible to transmit real tyre characteristics to the virtual model environment. By using the simulation results of the lateral dynamic model, it is also possible to adjust the body spring and roll stiffness. Out of these opportunities a statement can be made to adjust the chassis stiffness by trend and valuable test time can be saved. In addition, a conclusion about the steering torque while driving is possible. With the transfer of the setups of the previous ve-

hicles kinematics, existing steering torques can be analysed and adjusted by changing the suspension kinematics. Furthermore, it is possible with the model to review and evaluate effects of changes during the vehicle design in a short time.

## LONGITUDINAL DYNAMICS MODEL

For the development of the first electric powered race car by the team, a longitudinal dynamics model is used. By means of this model, statements relating to the interpretation of the electric motors and inverters, accumulator capacity and gear ratio are taken. Therefore, the electric drivetrain was mapped with the help of the simulation environment ITI SimulationX. This model consists of the components of accumulator, high voltage (HV) lines, two motor-inverter units and two gear transmissions. To ensure the functionality of the simulation, the model of the drivetrain comes with a rudimentary longitudinal

## AUTHORS

### THOMAS TÜSCHEN

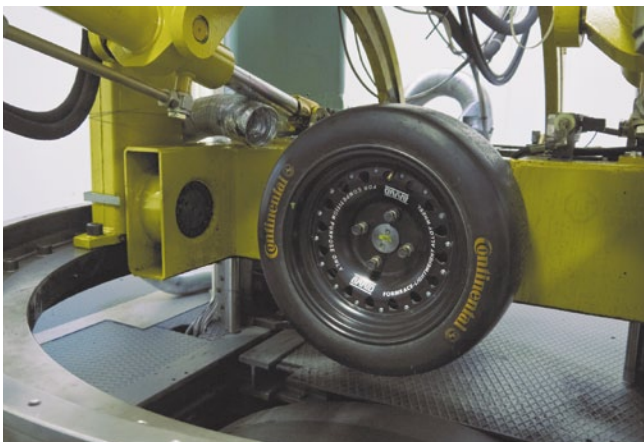
was Project Leader at Team Elbflorace of the TU Dresden (Germany) 2010/11 and responsible for Complete System Simulation.

### DIPL.-ING. CHRISTIAN MARMODÉE

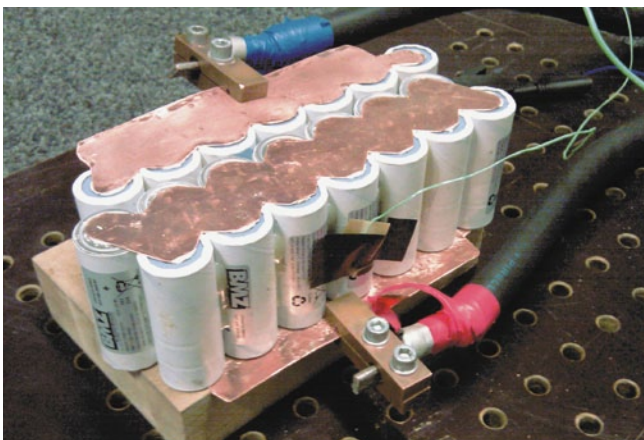
was Chief Designer at Team Elbflorace of the TU Dresden (Germany) 2010/11 and responsible for Suspension Design.

## LÄNGSDYNAMIKMODELL

Zur Entwicklung des ersten elektrisch angetriebenen Rennwagens des Teams wurde ein Längsdynamikmodell genutzt. Mittels dieses Modells können unter anderem Aussagen über die Auslegung der Elektromotoren sowie Wechselrichter, Akkumulatorkapazität und Getriebeübersetzung getroffen werden. Dazu wurde der elektrische Antriebsstrang mithilfe der Simulationsumgebung ITI SimulationX abgebildet. Dieser setzt sich aus den Modellen von Akkumulator, High-Voltage-(HV)-Leitungen, zwei Motor-Wechselrichter-Einheiten sowie zwei Getriebestufen zusammen. Um die Funktionsfähigkeit der Simulation zu gewährleisten, verfügt das Antriebsstrangmodell über ein rudimentäres Längsdynamik-Fahrzeug- und Fahrermodell. Die Parametrisierung des Fahrermodells erfolgte über ein vermessenes Streckenprofil und das dazugehörige Momentenwunschsdiagramm des Fahrers. Weiterhin wurde das elektrische sowie thermische Verhalten, ③, von unterschiedlichen Akkumulatortypen vermessen, um ihre Eigenschaften möglichst realitätsnah im Akkumulatorenmodell abbilden zu können. Mit Berechnung der Verlustleistungen von Motor und Wechselrichter

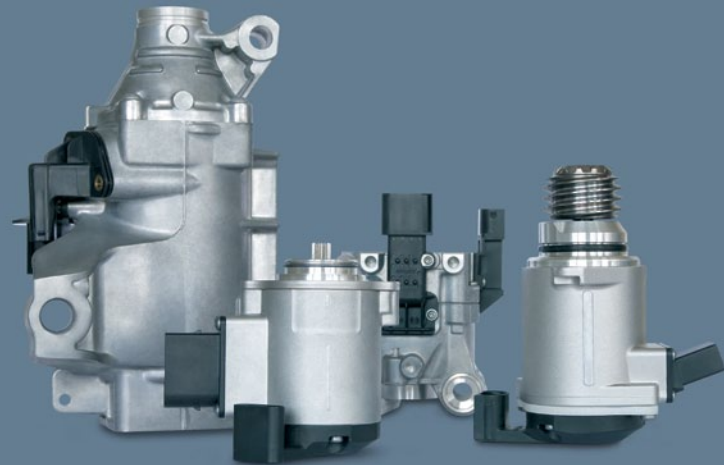


② Verschiedene Reifentypen wurden auf dem institutseigenen Prüfstand vermessen  
Different tyre types were tested on the institute's test bench



③ Akkumulatortypen  
Measuring of electrical and thermal behaviour of different types of accumulator cells

# Treiben Innovationen voran.



Maßgeschneiderte Lösungen für neue Ansprüche im Automobilbau kommen von ebmpapst – ob für die Verbesserung von Fahrdynamik und Lenkkomfort oder für innovative Pumpenantriebe zur regelbaren Förderung von Öl. Mit der Elektrifizierung von Nebenaggregaten und Power-on-Demand-Konzepten können zudem die CO<sub>2</sub>-Emissionen reduziert werden. Egal, was Ihre Anforderungen sind: Die bürstenlose DC-Motortechnologie bietet maximale Zuverlässigkeit, hervorragende Dynamik und höchste Effizienz. Mehr unter: [www.ebmpapst.com](http://www.ebmpapst.com)



Die Wahl der Ingenieure

**ebmpapst**

dynamics model of vehicle and driver. The parameterization of the driver model was made using a measured road profile and the associated, desired torque of the driver. Furthermore, the electrical and thermal behaviour, ③, of the different types of accumulator cells was measured to realistically map their properties within the accumulator model. With the calculation of the power losses of the motor and inverter, as well as the HV lines, the flowing current can be simulated as a function of cell voltage. Thus, it is possible to obtain the charge status of the accumulator at different loads on the basis of the measured accumulator cells.

## THE OVERALL SYSTEM

To allow an analysis of the overall system, the vehicle simulation has to meet the requirements of the overall system. This means that the entire simulation model must contain, additionally to the vehicle model, a track and driver model. An objective of the structure of the entire system simulation is to use the established simulation models with a high degree of modelling depth. Thereby the entire system simulation shall provide a minimized modelling effort and be real-time capable. This requires a connection of the existing drivetrain model with the lateral dynamic model and must be extended by a track and driver model. A demand to the entire system simulation is that the configuration, simulation control and result analysis can be handled only by one simulation tool.

The basis for the overall system simulation is IPG CarMaker. This tool contains a car model as well as track and driver models and provides a suitable platform for the overall system simulation. Using the generic CarMaker vehicle model allows a reduced modelling effort. Furthermore, the generic vehicle model is real-time capable, which allows the use of Software-in-the-Loop (SiL) and Hardware-in-the-Loop (HiL) simulation. Unfortunately, the depth of the generic vehicle model is limited. Since the vehicle model does not provide the use of an electric drivetrain, it must be added to the vehicle

model. To enable the integration of the foreign tool drivetrain model (SimulationX), the CarMaker vehicle model is used in Mathworks Matlab/Simulink and partially modified. To reduce the amount of work in modelling, the existing lateral dynamic simulation in Adams/Car shall still be used, ④.

Using the Matlab/Simulink interface of the CarMaker vehicle model, the in SimulationX modelled electric drivetrain can be included. To meet the interface requirements of the substituted drivetrain, the necessary inputs and outputs need to be defined in SimulationX, ⑤. In addition to those required interfaces, the simulation model outputs are expanded. These outputs are specifically relevant for the interpretation and evaluation of the electric drivetrain. By expanding the outputs, it is possible to observe the state of charge of the accumulator as well as the current electric power of the drive. The SimulationX drivetrain model is exported into the CarMaker model with the above defined inputs and outputs as C code and converted into a Matlab/Simulink s-function. This function masks the exported C code into a format compatible Matlab/Simulink code. This is followed by the integration into the CarMaker vehicle model. The model parameters such as for instance gear ratio or the type of accumulator cells is passed into the s-function and can be varied in this by the user. A co-simulation is not used to make the overall simulation model as robust as possible. The coupling of the models is therefore a code export.

For the integration of the suspension kinematics simulation in the CarMaker vehicle model, a coupling of both simulation tools via a lookup table file is possible. The suspension kinematics is created in an appropriate simulation tool and then load by a force and torque vector. This vector contains the forces and torques which can affect the overall system. A result of the simulation is a matrix, also called lookup table, on which the respective suspension behaviour is shown on certain forces and torques are mapped. This lookup table is integrated into the ge-

neric vehicle model. In the simulation of the overall system, the kinematics model is not simulated any more, but the kinematic results are read out from the lookup table file. As a result, the total combined system is capable of real-time. For creating the lookup table file, there are several possibilities. First, the lookup table file can be created directly out of the existing kinematics simulation. Secondly, the suspension points of Adams/Car kinematic model are transmitted in the IPG kinematics program, to be imported from this program as a lookup table file in the overall system. The specially created tyre model is compatible with both kinematics tools.

## SUMMARY

The goal was to create a simulation model of the entire system of a Formula Student racing car. Using this model, the interactions of vehicle components among one another and within the overall system are supposed to be examined. The modelling was carried out by integration of the existing simulation models into a corresponding platform model. Hence it is possible to specifically design the vehicle components with regard to their behaviour in the whole system with minimum modelling effort. The combination of existing simulation models results in a modular design of the overall system. During the development of the car, these modules can be used simultaneously by different developers to be assembled later on. Thus, in spite of looking exclusively at the subject-specific module of the developer, the configuration of a whole system is possible.

The modelling of the entire system was consequently designed to simulate the real-time capability. Thereby it is possible to perform software and hardware-in-the-loop connections with the control software of the car. Of particular interest is the connection of the active torque vectoring with the simulation of the overall system. This makes it possible to test the active torque vectoring of the car early on and to realize first basic adjustments.

sowie der HV-Leitungen kann der fließende Strom in Abhängigkeit der Zellspannung simuliert werden. So ist es möglich, auf Basis der vermessenen Akkumulatorenzellen eine Aussage über den Ladestatus des Akkumulators bei unterschiedlicher Belastung zu erhalten.

## AUFBAU DES GESAMTSYSTEMS

Um eine Untersuchung des Gesamtsystems zu ermöglichen, muss die Fahrzeugsimulation den Ansprüchen des Gesamtsystems genügen. Das bedeutet, dass neben einer Fahrzeug- auch eine Strecken- und Fahrermodellierung Teil des Modells sein muss. Zielsetzung des Gesamtsystemaufbaus ist die Nutzung bewährter Simulationsmodelle mit hohem Modellierungsgrad. Dabei soll der Aufbau der Gesamtsystems simulation echtzeitfähig sein und der Aufwand der Modellerstellung minimiert werden. Dazu muss das Antriebsstrangmodell mit dem Querdynamikmodell verknüpft und um ein Strecken- und Fahrermodell erweitert werden. An die Gesamtsystems simulation wird die Anforderung gestellt, dass die Parametrierung, Simulationssteuerung und Ergebnisbetrachtung allein über ein Simulationswerkzeug erfolgen kann.

Basis für den Aufbau der Gesamtsystems simulation bildet IPG CarMaker. Dieses Tool verfügt über ein Fahrzeugmodell sowie Strecken- und Fahrermodelle. Damit stellt es die geeignete Plattform für die Gesamtsystems simulation zur Verfügung. Die Nutzung des generischen Fahrzeugmodells von CarMaker erlaubt einen reduzierten Modellierungsaufwand beim Aufbau des Fahrzeugmodells. Außerdem ist das simulierte Gesamtsystem echtzeitfähig. Dies ermöglicht Software-in-the-Loop- sowie Hardware-in-the-Loop-Kopplungen. Die Modellierungstiefe des generischen Fahrzeugmodells ist jedoch eingeschränkt. Da das proprietäre Fahrzeugmodell keine Nutzung eines elektrischen Antriebsstranges vorsieht, muss es um diesen erweitert werden. Um die Einbindung des werkzeugetreuen Antriebsstrangmodells (SimulationX) zu ermöglichen, wird das CarMaker-Modell in Mathworks Matlab/Simulink genutzt und partiell modifiziert. Zur Reduzierung des Arbeitsaufwands bei der Modellerstellung in CarMaker soll die vorhandene Querdynamiksimulation in Adams/Car weiterhin genutzt werden, 4.

Mittels der Matlab/Simulink-Schnittstelle des Fahrzeugmodells wird der simulierte modellierte elektrische Antriebsstrang eingebunden. Um den Schnittstellenanforderungen des substituierten Antriebsstranges zu entsprechen, werden im SimulationX-Modell die notwendigen Ein- und Ausgänge wie in 5 definiert. Zusätzlich zu den für die Simulationskopplung notwendigen Schnittstellen wird das Modell um im ursprünglichen Modell nicht vorgesehene Ausgänge erweitert. Diese sind speziell für die Auslegung und Bewertung des elektrischen Antriebsstrangs relevant. Damit ist es unter anderem möglich, den Ladezustand des Akkumulators sowie die abgerufenen elektrischen Leistungen des Antriebs zu betrachten. Das SimulationX-Antriebsstrangmodell wird für die Einbindung in das CarMaker-Modell mit den oben definierten Ein- und Ausgängen als C-Code exportiert und in eine Matlab/Simulink s-Funktion umgewandelt. Diese Funktion maskiert den exportierten C-Code in einen für Matlab/Simulink kompatiblen Programmcode. Anschließend erfolgt eine Integration in das CarMaker-Fahrzeugmodell. Die Modellparameter, wie zum Beispiel Getriebeübersetzung oder Typ der Akkumulatorenzellen



## Beruf(ung) mit Zukunft

Sie stehen kurz vor dem Abschluss Ihres Ingenieurstudiums der Fachrichtung Fahrzeugtechnik, Maschinenbau, Elektrotechnik oder artverwandter Studiengänge und unterscheiden sich von Ihren Kommilitonen darin, dass Ihre Begeisterung für das Kraftfahrzeug zukünftig auch Ihr(e) Beruf(ung) sein soll. Mit der Ausbildung zum

► **Kfz-Prüfingenieur (m/w)**

► **Kfz-Sachverständigen (m/w)**

an unserer GTÜ-Akademie qualifizieren Sie sich für Ihre berufliche Zukunft. Wir, die GTÜ und ihre Vertragspartner, bilden Deutschlands größte amtlich anerkannte Überwachungsorganisation freiberuflicher Kfz-Sachverständiger. Bundesweit suchen wir neue Mitarbeiter, die im Umgang mit Mensch und Technik täglich Sensibilität und Verantwortung zeigen.

Wenn Sie einen Beruf mit Zukunft und Arbeitsplatzsicherheit wollen, freuen wir uns auf Ihre aussagekräftigen Bewerbungsunterlagen. Bewerben Sie sich jetzt online auf [www.gtue.de/zukunft](http://www.gtue.de/zukunft). Für weitere Fragen steht Ihnen Frau Jennifer Locher unter 0711/97676-613 zur Verfügung.

**GTÜ - Mit Sicherheit die richtige Entscheidung**



GTÜ Gesellschaft für Technische Überwachung mbH  
Vor dem Lauch 25 • 70567 Stuttgart

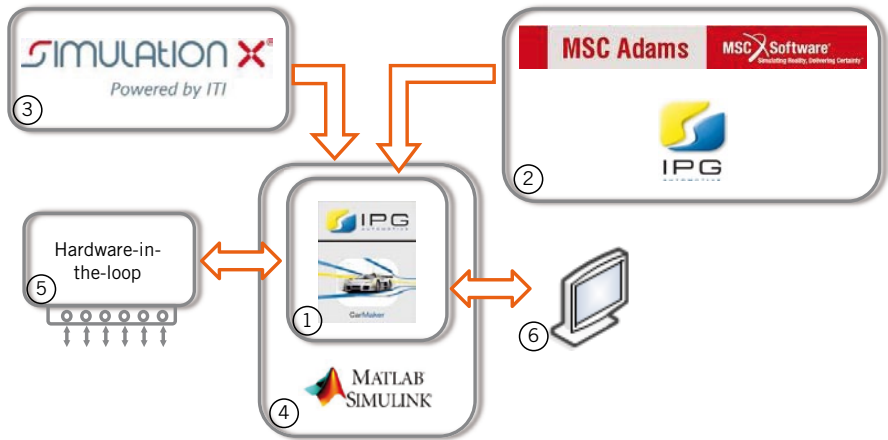
Fon: 0711 97676-610 • Fax: 0711 97676-699 • [www.gtue.de](http://www.gtue.de)

wird an die s-Funktion übergeben und ist in dieser durch den Nutzer variierbar. Um das Gesamtsimulationsmodell so robust wie möglich zu gestalten, wird auf eine Co-Simulation verzichtet. Die Kopplung der Modelle erfolgt daher als Code-Export.

Für die Einbindung der Fahrwerkskinematiksimulation in das CarMaker-Fahrzeugmodell ist eine Kopplung beider Simulationswerkzeuge über eine Lookup-Table-Datei möglich. Dabei wird die Fahrwerkskinematik in einem entsprechenden Simulationswerkzeug erstellt und dort durch einen Kraft-/Momentenvektor beaufschlagt. Dieser Vektor enthält die Kräfte und Momente, welche auch im Gesamtsystem auf das zu exportierende Kinematikmodell einwirken können. Als Ergebnis der Simulation entsteht eine Matrix, auch Lookup-Table genannt, in der das jeweilige Fahrwerksverhalten auf einen bestimmten Kräfte- und Momenteneintrag abgebildet ist. Dieser Lookup-Table wird in das generische Fahrzeugmodell integriert. Im Simulationsablauf des Gesamtsystems wird das Kinematikmodell nicht mehr simuliert, sondern nur noch aus der Lookup-Table-Datei ausgelesen. Aufgrund dessen ist das kombinierte Gesamtsystem echtzeitfähig. Für die Erstellung der Datei bestehen mehrere Möglichkeiten. Zum einen kann sie direkt aus der bestehenden Adams/Car-Kinematiksimulation erstellt werden. Zum anderen können die Fahrwerkspunkte in das IPG-eigene Kinematikwerkzeug übertragen werden, um aus diesem als Lookup-Table-Datei in das Gesamtsystem importiert zu werden. Das eigens erstellte Reifenmodell ist zu beiden Kinematikwerkzeugen kompatibel.

**ZUSAMMENFASSUNG**

Ziel war es, ein Simulationsmodell des Gesamtsystems Formula-Student-Rennwagen zu schaffen. Mithilfe dieses Modells sollten Wechselwirkungen der Fahrzeugkomponenten untereinander und im Gesamtsystem betrachtet werden. Die Modellbildung erfolgte durch die Integration der bestehenden Simulationsmodelle in ein entsprechendes Plattformmodell. Somit ist es möglich, bei minimiertem Modellierungsaufwand Fahrzeugkomponenten gezielt im Hinblick auf ihr Verhalten im Gesamtsystem auszulegen. Durch die Kombination vorhandener Simulationsmodelle ergibt sich ein modularer Aufbau des Gesamtsystems.



- ① IPG CarMaker Gesamtsystemmodell Complete system model
  - ② IPG Kinematics, MSC Adams Kinematikmodell Kinematics model
  - ③ ITI SimulationX Mehrdomänenmodell Multi domain system
  - ④ Mathworks Matlab/Simulink Schnittstellenwerkzeug Connection tool
  - ⑤ HIL-Schnittstelle HiL interface
  - ⑥ Benutzeroberfläche Graphical user interface
- ④ Aufbau Gesamtsystemsimulation  
Structure of the complete system simulation

tems. Während der Entwicklung können diese Module parallel von verschiedenen Entwicklern genutzt und später zusammengefügt werden. Damit ist trotz der alleinigen Betrachtung des fachspezifischen Moduls des Entwicklers der Aufbau eines Gesamtsystems möglich.

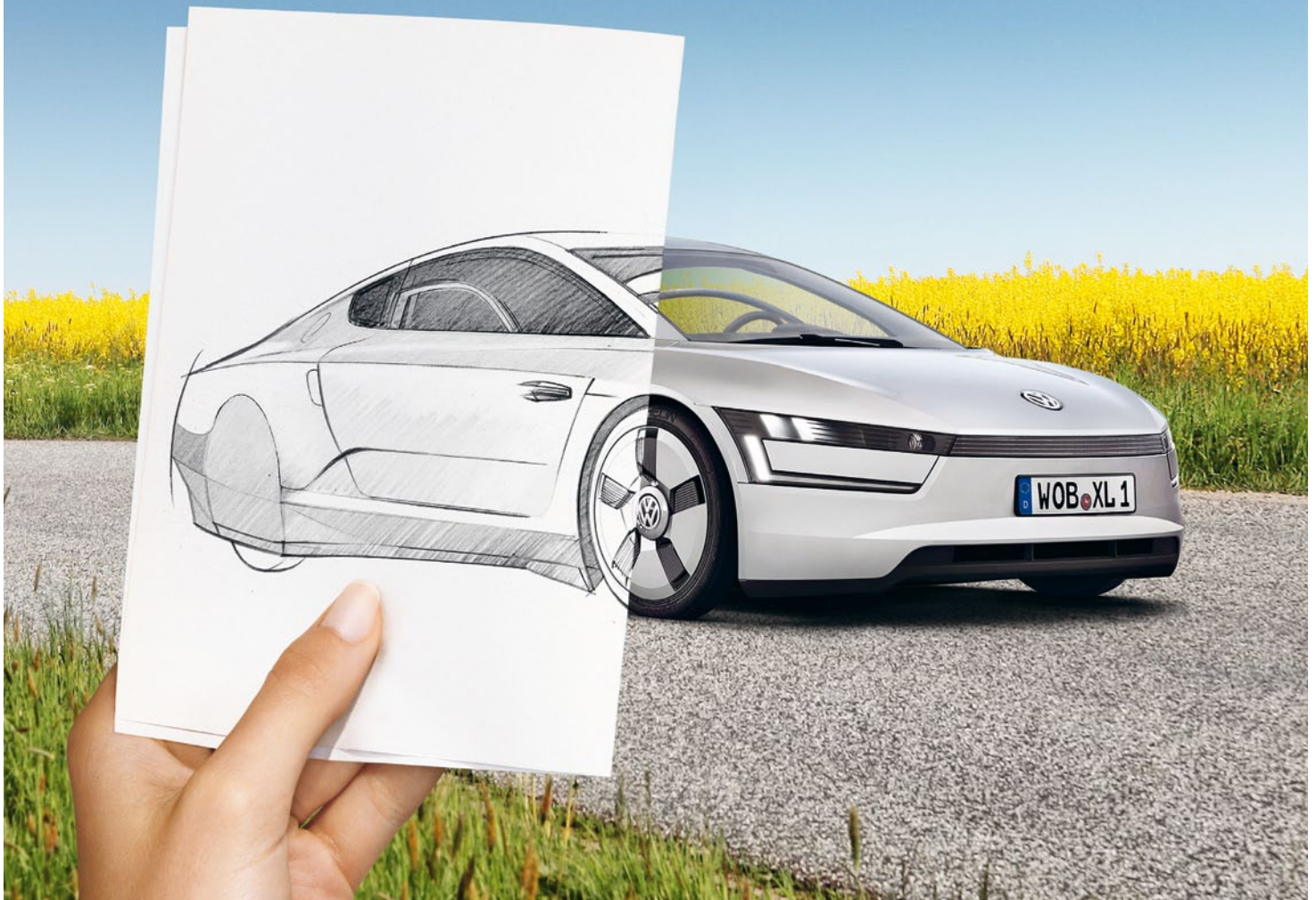
Bei der Modellbildung des Gesamtsystems wurde konsequent auf Echtzeitfähigkeit der Simulation geachtet. Dadurch ist

es nun möglich, Software- und Hardware-in-the-Loop-Kopplungen mit der Steuerungssoftware des Rennwagens durchzuführen. Von besonderem Interesse ist die Kopplung der Fahrdynamikregelung mit der Simulation des Gesamtsystems. Dadurch ist es frühzeitig möglich, die Fahrdynamikregelung des Rennwagens zu testen und erste grundlegende Abstimmungen zu tätigen.

	EINGÄNGE/INPUT CARMAKER → SIMULATIONX	AUSGÄNGE/OUTPUT SIMULATIONX → CARMAKER
<b>ERFORDERLICH NECESSARY</b>	Momentenwunsch (linker, rechter Motor) [-] torque request (left, right motor) [-]	Antriebsmoment (linkes, rechtes Hinterrad) [Nm] driving torque (left, right rear wheel) [Nm]
	Drehzahl Hinterrad (links, rechts) [rad/s] Revolution speed rear wheel (left, right) [rad/s]	Gemittelte Drehzahl beider E-Motoren [rad/s] Average revolution speed of both motors [rad/s]
<b>ERGÄNZT ADDED</b>	Drehwinkel Hinterrad (links, rechts) [rad] Rotational angle rear wheel (left, right) [rad]	Elektrische Leistung beider Motoren [kW] Electric power of both motors [kW]
	Drehbeschleunigung Hinterrad (links, rechts) [rad/s <sup>2</sup> ] Rotational acceleration rear wheel (left, right) [rad/s <sup>2</sup> ]	HV Akkumulatorspannung [V] HV accumulator voltage [V]
	-	Ladezustand des Akkumulators [-] State-of-Charge (SOC) of the accumulator [-]
	-	Trägheitsmoment Antriebsstrang [kgm <sup>2</sup> ] Moment of inertia powertrain [kgm <sup>2</sup> ]

⑤ Eingänge und Ausgänge des SimulationX-Modell  
Input and output of the simulationX model

Starke Ideen werden Wirklichkeit.



## Steigen Sie ein – in ein einzigartiges Unternehmen.

Als einer der größten Automobilhersteller der Welt bietet Ihnen Volkswagen die besten Voraussetzungen für eine erfolgreiche Karriere. Werden Sie Teil eines einzigartigen Unternehmens und gestalten Sie mit uns die automobiler Zukunft.

**Bewerben Sie sich unter [www.volkswagen-karriere.de](http://www.volkswagen-karriere.de)**



**Das Auto.**