



## Life

- > INFORMATION, COMMUNICATION & COMPUTING
- > MOBILITY & PRODUCTION

## Auf dem rechten Weg bleiben *Staying on the Right Path*

**K**ooperatives, autonomes Fahren auf der Autobahn ist das zentrale Thema eines gemeinsamen Projekts der TU Graz und des Kompetenzzentrums „Virtual Vehicle“. Eingebettet am Campus Inffeldgasse, erforscht man hier gemeinsam Regelalgorithmen, die den richtigen Pfad und die richtige Geschwindigkeit für autonome Fahrzeuge berechnen.

Am Forschungs- und Entwicklungszentrum Virtual Vehicle wird an zukunfts-trächtigen Fahrzeugkonzepten sowohl für die Straße als auch die Schiene gearbeitet. Das Kompetenzzentrum, das über das COMET-Programm der Forschungsförderungsgesellschaft FFG gefördert wird, beschäftigt momentan rund 200 Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter, die sich vor allem mit der Entwicklung von leistbaren, sicheren und umweltfreundlichen Fahrzeugen beschäftigen.

### Motorway-Chauffeur

Daniel Watzenig leitet den Bereich Electrics/Electronics & Software am Kompetenzzentrum und ist Mitarbeiter am TU Graz-Institut für Elektrische Messtechnik und Messsignalverarbeitung. Seit 2014 beschäftigt er sich im Projekt „TECAHAD – Technology Concepts for Advanced Highly Automated Driving“ mit dem automatisierten Fahren auf der Autobahn. Im vergangenen Jahr brachte er mit Martin Horn, Leiter des Instituts für Regelungs- und Automatisierungstechnik, das Buch „Automated Driving – Safer and More Efficient Future Driving“ heraus, das im Springer-Verlag erschienen ist.

Für den Teilbereich Pfadplanung ist Doktorandin Astrid Rupp vom Institut für Regelungs- und Automatisierungstech-

**C**ooperative, autonomous driving on the motorway is the main topic of a joint project between TU Graz and the “Virtual Vehicle” competence centre. Embedded in the Campus Inffeldgasse, researchers are collaborating on developing control algorithms which calculate the right path and the right speed for selfdriving vehicles.

At the Virtual Vehicle R&D centre, work is being carried out on promising vehicle concepts for both road and track. The competence centre funded by the COMET programme of the Austrian Research Promotion Agency currently employs some 200 staff occupied primarily with developing affordable, safe and eco-friendly vehicles.

### Motorway chauffeur

Daniel Watzenig is head of Electrics/ Electronics & Software at the competence centre and works at TU Graz’s Institute of Electrical Measurement and Measurement Signal Processing. Since 2014 he has been occupied with a project called “TECAHAD – Technology Concepts for Advanced Highly Automated Driving”. Last year, together with Martin Horn, head of the Institute of Automation and Control, he brought out the book “Automated driving – safer and more efficient future driving”, which is published by Springer.

Doctoral student Astrid Rupp from the Institute of Automation and Control is responsible for the sub-area of “path planning”. She writes control algorithms which independently calculate and implement the safest and fastest route roughly every 100 milliseconds in the vehicle. In practice it looks something like this: having joined the motorway, the driver

Abbildung 1:  
Mit kleinen Lkw wird das System in der Laborumgebung getestet.  
Figure 1:  
The system is tested in the laboratory with miniature HGVs.

nik verantwortlich. Sie schreibt Regelalgorithmen, die selbstständig im Fahrzeug circa alle 100 Millisekunden den sichersten und schnellsten Fahrweg berechnen und umsetzen. In der Praxis würde das beispielsweise so aussehen: Auf der Autobahn angekommen, gibt der oder die Fahrende die gewünschte Geschwindigkeit in den Tempomaten ein. Das Fahrzeug wird für die Fahrdauer versuchen, dieses Tempo zu halten, und muss dafür den geeigneten Pfad berechnen. Bereits im Vorfeld wurde dem System ein sicherer Minimalabstand zu den anderen Verkehrsteilnehmenden und der umgebenden Infrastruktur vorgegeben. Diesen gilt es nun ebenfalls dauerhaft einzuhalten. Regelmäßig sammelt das Fahrzeug über die eingebaute Sensorik Daten über die Umgebung, berechnet den besten Weg, überprüft die aktuelle Strecke und Geschwindigkeit, überholt selbstständig und passt die Geschwindigkeit den jeweiligen Gegebenheiten an.

### In Echtzeit

„Fährt ein Fahrzeug zum Beispiel langsamer vor dem autonomen Fahrzeug, wird irgendwann der vorgegebene Sicherheitsabstand unterschritten – das System könnte also zum Überholen ansetzen. Ist nun aber der andere Fahrstreifen besetzt, würde bei einem Spurwechsel ebenfalls der Sicherheitsabstand unterschritten. Das Fahrzeug wird also entscheiden, die Geschwindigkeit erstmal zu reduzieren und möglicherweise später zu überholen“, erklärt Astrid Rupp die „Denkweise“ des autonomen Fahrzeugs. Dahinter liegen Ellipsenberechnungen und Ansätze aus der Formationsregelung, die auch in der Robotik verwendet werden.

„Die bereits eingesetzten Parksensoren oder Spurasistenten funktionieren sehr ähnlich. Sie erkennen ebenfalls selbstständig, wenn ein Hindernis näherkommt, und reagieren mit einem Warnsignal. Wir wollen aber, dass das Fahrzeug selbstständig in Echtzeit den geeigneten Pfad berechnet und Schritte setzt, um mit der jeweiligen Situation umzugehen“, erklärt Daniel Watzenig. Und Rupp ergänzt: „In unserem System werden laufend verschiedene Fahrvarianten und Sicherheitskorridore neu berechnet, die sich an der aktuellen Verkehrssituation orientieren. Natürlich gibt es auch immer ein Worst-Case-Szenario, sollte sich einmal ein anderes Fahrzeug nicht so verhalten, wie man es erwarten würde.“ Eine enorme Herausforderung für die Regelungstechnik.

### Erste Tests

Die Simulation am Computer ist bereits erfolgreich abgeschlossen. Momentan testet man mit Modell-Lkws im Labor und am Fahrsimulator. >



© TU Graz

*sets the desired speed using the cruise control. The vehicle will attempt to keep to this speed for the duration of the drive and will calculate the most suitable path for it. Already in the run-up, the system would set a safe minimum distance between the vehicle and other road users and surrounding infrastructure. This will also be maintained for the required duration. By means of the installed sensor systems, the vehicle collects data about the environment, calculates the best path, checks the current route and speed, overtakes independently and adapts the speed to the actual conditions.*

### In real time

*“If, for instance, a vehicle is driving in front of the autonomous vehicle more slowly, at some point the distance between the two cars will become less than the set minimum safety distance and the system could start overtaking. If the other lane is occupied, the safety distance would also be undercut if the autonomous vehicle changed lane. The vehicle will therefore decide to reduce speed first and possibly later overtake,” says Astrid Rupp, explaining the ‘thinking’ behind the autonomous vehicle. Behind this are calculations of ellipses and concepts from formation control, which are also used in robotics.*

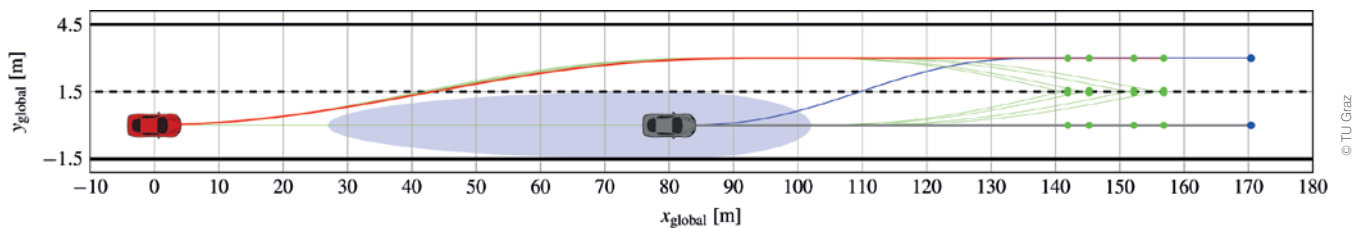
*“Parking sensors or lane assistants work in a similar way. They recognise independently in the same way when an obstacle is approaching and react >*



© TU Graz

**Abbildung 2:**  
Das Projektteam rund um Astrid Rupp (rechts unten).  
**Figure 2:**  
Astrid Rupp and the project team.

**Abbildung 3:**  
Simulation des Regelalgorithmus, der den richtigen Pfad für das autonome Fahrzeug berechnet.  
**Figure 3:**  
Simulation of the algorithm, which calculates the path for the selfdriving vehicle.



**Abbildung 4:**  
**Die Planung innerhalb des Fahrzeugs: In der Abbildung will das autonome Fahrzeug ein anderes Fahrzeug überholen. Der eingefärbte Bereich ist der festgelegte Sicherheitsabstand, die rote bzw. graue Linie der ideale Fahrweg.**

*Figure 4:*  
*The planning inside the vehicle: a selfdriving vehicle overtakes another vehicle. The coloured region is the fixed safety corridor, the red and grey lines the ideal path.*

„Vor allem das Umbauen der Modellfahrzeuge ist immer ein sehr beliebtes Studierendenprojekt“, erzählt Rupp. Mit diesen Ergebnissen und den folgenden Publikationen wäre das Projekt für die wissenschaftliche Welt eigentlich abgeschlossen. „Für unsere industriellen Partner im Kompetenzzentrum brauchen wir aber einen ganz anderen Level. Bis zum Projektende muss das System so weit entwickelt sein, dass es in wenigen Jahren in Serie gehen könnte“, erklärt Watzenig. Dafür braucht es nun auch Tests mit realen Fahrzeugen in realen Fahrumgebungen. Diesen Schritt möchte man nun im kommenden Jahr machen. Parallel zur Forschungs- und Testarbeit wird bereits ein Ford Mondeo für Tests auf der Teststrecke umgerüstet und mit sechs Radarsensoren ausgestattet, die in Folge die Sinneswahrnehmungen des Menschen nachbilden sollen. Anschließend werden die Regelalgorithmen ins System eingespeist und mit speziell ausgebildeten Testpersonen am Steuer getestet.

Das Forschungsteam hofft, dass die neu entwickelte Technik anschließend von Unternehmen aufgegriffen und weiterentwickelt wird. „Um unsere Entwicklung auf die Straße zu bringen, sind wir nicht die richtige Stelle. Das müssen die Produktionsunternehmen dann umsetzen“, sagt Watzenig. Zumindest einmal ist ihm das bereits gelungen: „Manchmal erfährt man, wenn die eigene Entwicklung in Serie geht. Für meine Diplomarbeit habe ich damals zum Beispiel einen Regler entwickelt, der dann aufgegriffen wurde und wenig später in allen Fahrzeugen zu finden war. Das ist schon etwas Besonderes.“

**Text: Birgit Baustädter ■**

*with a warning signal. But we want the vehicle to calculate the right path by itself and take the right steps in real time in order to deal with the situation,” explains Daniel Watzenig. And Rupp adds: “In our system, different driving variations and safety corridors relating to the actual traffic situation are being continuously calculated anew. Of course, there is always a worst-case scenario when another vehicle behaves in an unexpected way.” This is an enormous challenge for control engineering.*

#### **First tests**

*The simulation on the computer has already been successfully completed. It is currently being tested using model HGVs in the lab and on the driving simulator. “Adapting the model vehicles in particular is a very popular student project,” relates Rupp. For the scientific world, the project would actually be completed with these results and the resulting publications. “But for our industrial partners in the competence centre we need to take it to a completely different level. The system has to be so far developed at the end of the project that it can go into series production in a few years,” explains Watzenig. What we now need are tests with real vehicles in real driving environments. We want to take this next step in the coming year. Parallel to the research and testing work, a Ford Mondeo has already been fitted out for tests on the test track and equipped with six radar sensors which are intended to replicate human sense perceptions. Following that, the control algorithms will be fed into the system and tested with specially trained test persons at the driving wheel.*

*The research team hopes that the newly developed technology will then be taken up by companies and further developed. “We are not the right place to take this development onto the road. That will be done by the manufacturing companies,” says Watzenig. But he has managed it once. “Sometimes you find out when one of your own developments goes into series production. For my diploma thesis, for example, I developed a controller which was then taken up and a little while later could be found in every vehicle. That’s definitely a special feeling.”*

**Text: Birgit Baustädter ■**