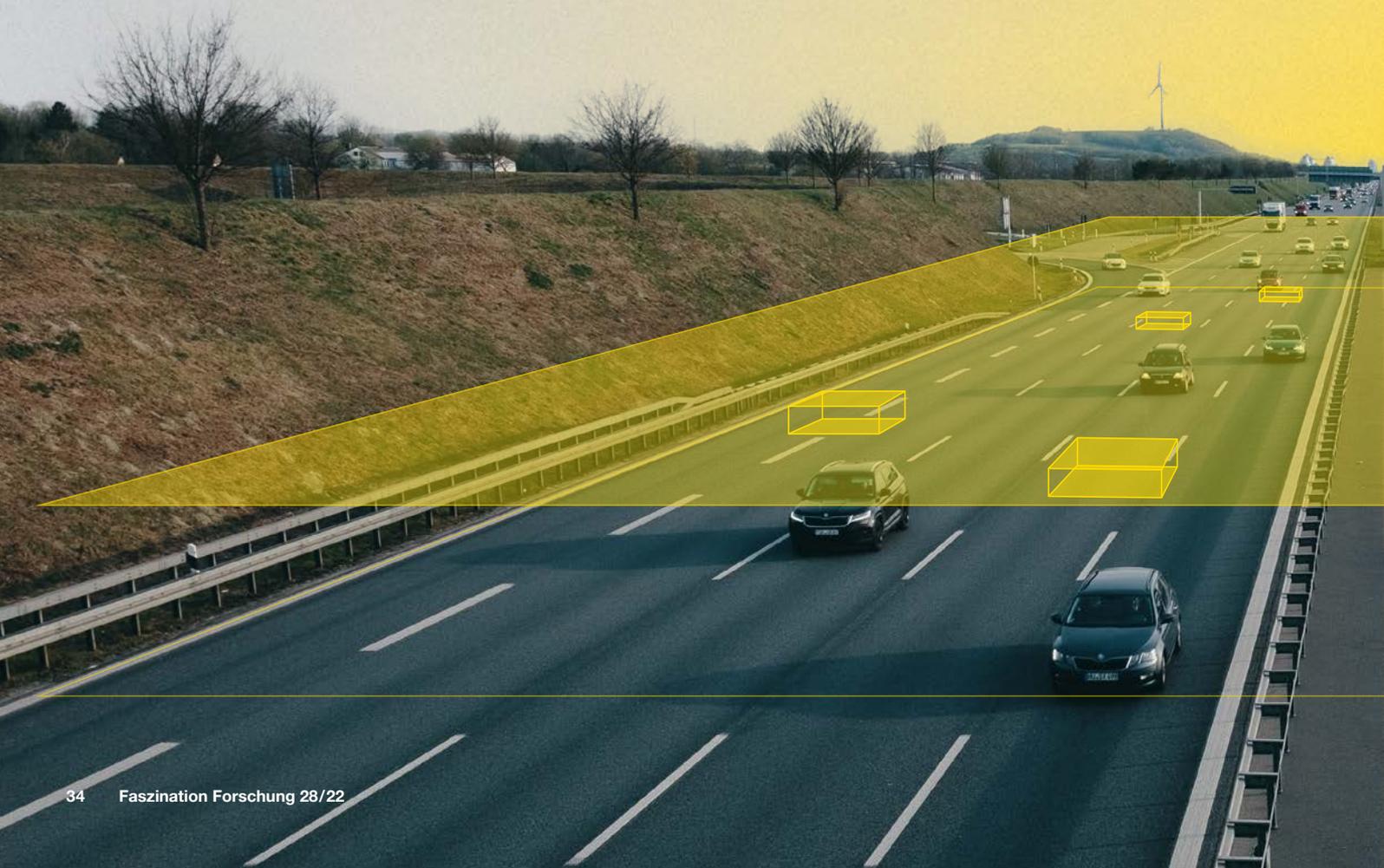


Weit voraus und um die Ecke schauen mit **digitalen Zwillingen**

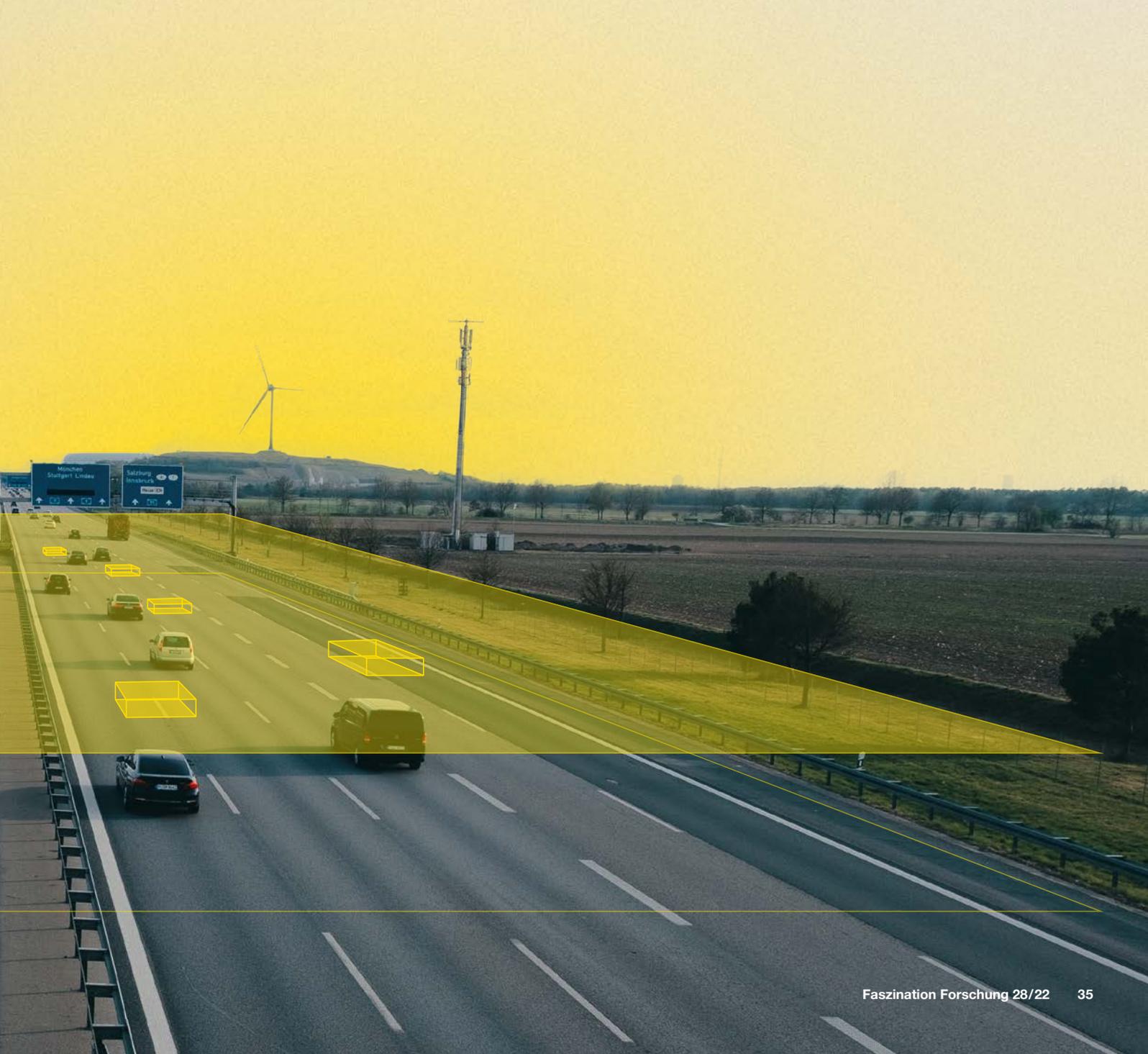
Link

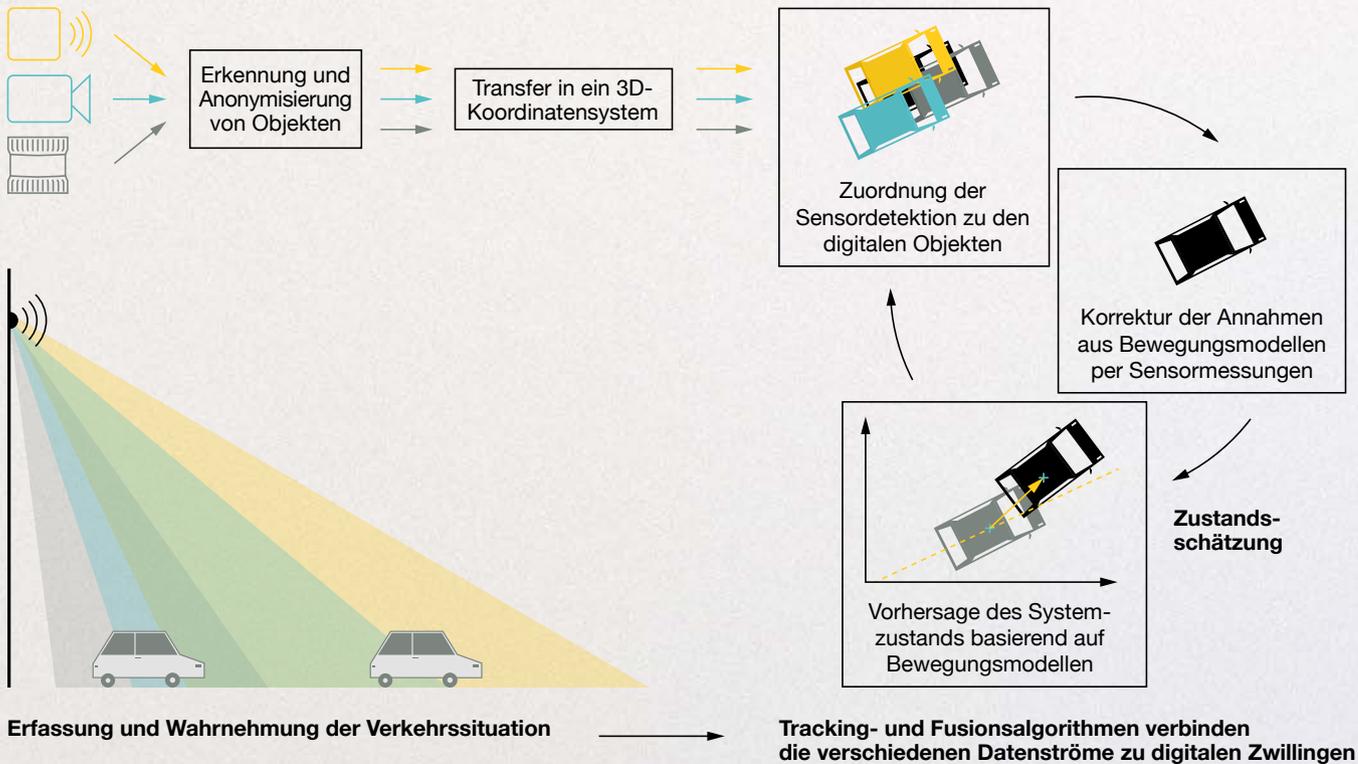
www.ce.cit.tum.de/air/home

www.innovation-mobility.com



Wie kann man das Verkehrsgeschehen so steuern, dass es mehr Sicherheit und Komfort bietet und die vorhandene Infrastruktur optimal ausnutzt? Prof. Alois Knoll und sein Team haben dazu im Projekt Providentia++ einen digitalen Zwilling entwickelt, der Sensordaten von der Straße verwendet und in Echtzeit ein Abbild der Verkehrslage im Computer zur Verfügung stellt.



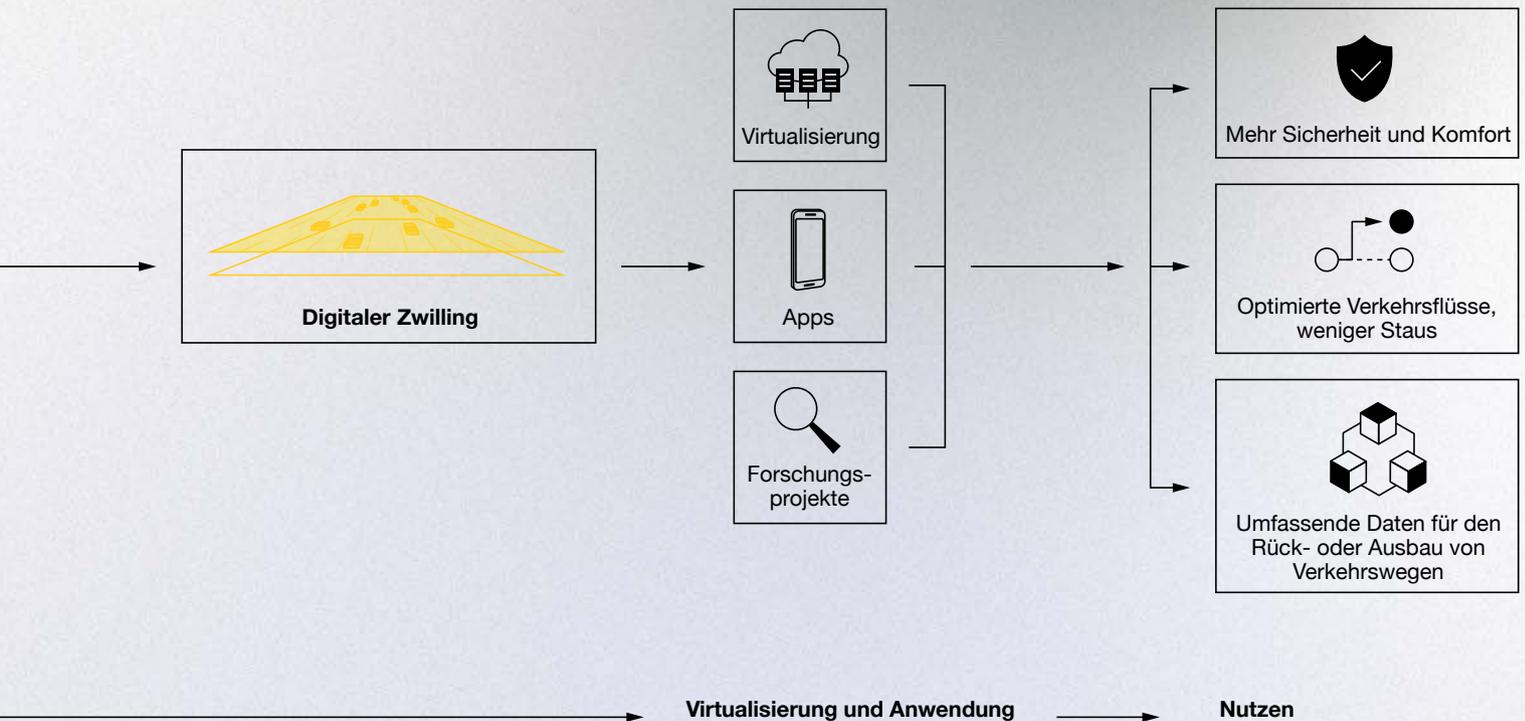


Full Article (PDF, EN): www.tum.de/faszination-forschung-28

Looking Far Ahead and Around Corners with Digital Twins E

In the Providentia++ project, Prof. Alois Knoll and his team are developing a system for real-time traffic monitoring. “With the help of various sensors, we observe all road users and transfer their position and speed into a digital twin that virtually depicts what is going on. As a result, we are in a position not only to promptly identify current traffic jams and hazardous situations, but also to extrapolate when a hazard or traffic jam might arise in future,” says Knoll, who leads the Chair of Robotics, Artificial Intelligence and Real-time Systems at TUM. Providentia++ (Proactive Video-based Use of Telecommunications Technologies in Innovative Traffic Scenario) is funded by the Federal Ministry for Digital and Transport. Numerous companies are taking part in the project, with Knoll leading the consortium. □

Das Projekt kommt relativ unauffällig daher, dabei könnte es einen der größten Fortschritte im Straßenverkehr bewirken. Lediglich ein paar Kameras und einige kleine Kästchen an einer Schilderbrücke über einer fünfspurigen Fahrbahn in Garching-Hochbrück nördlich von München und ein paar Sendemasten fallen ins Auge. Und dennoch versteckt sich dahinter nicht weniger als eine Revolution. Denn hier werden die Grundlagen gelegt für die Digitalisierung des Straßenverkehrs. Wie Google Maps die Landkarten digitalisiert hat, Wikipedia das Weltwissen ins Internet gebracht hat und Zoom die Konferenzen, kann Providentia++ den aktuellen Straßenverkehr – also Position und Geschwindigkeit aller Verkehrsteilnehmer, inkl. Radfahrerinnen und Fußgänger – in digitaler Form abbilden und die Daten für alle zugänglich machen. Mit allen Vorteilen, die ein solches Echtzeitbild bietet: rechtzeitige Warnung vor Gefahren, Umleitung bei Staus, optimale Verteilung der Verkehrsströme.



Dreifacher Gewinn

Selten sind in einem Forschungsprojekt Theorie und praktische Anwendung so eng verzahnt wie bei Providentia, dessen Konsortialführerschaft Prof. Alois Knoll mit seinem Team am Lehrstuhl für Robotik, Künstliche Intelligenz und Echtzeitsysteme der TUM im Folgeprojekt Providentia++ Anfang 2020 von der Landesforschungsanstalt fortiss übernommen hat. „Die von uns entwickelte Technik ist in mehrfacher Hinsicht ein Gewinn“, sagt er. „Sie gibt den Verkehrsteilnehmern mehr Sicherheit und Komfort, den Städten, Gemeinden und Autobahnbetreibern hilft sie, die Verkehrsflüsse zu optimieren, und den Stadtplanerinnen und -planern gibt sie Daten an die Hand, wie man die Verkehrsinfrastruktur verbessern kann.“ Gleichzeitig bewegt sich Providentia++ (der Name steht für Proaktive Videobasierte Nutzung von Telekommunikationstechnologien in innovativen Autoverkehr-Szenarien) an vorderster Front der Forschung, weil es Datenströme einer Vielzahl unterschiedlicher Sensoren fusioniert, Künstliche Intelligenz zur Auswertung einsetzt, Übertragungsstellen vernetzt und erstmals Echtzeitdaten des Verkehrsgeschehens zum Download zugänglich machen wird. An dem 17-Millionen-Euro-Projekt, das (zusammen mit seinem Vorläufer Providentia) vom Bundesministerium für Digitales und Verkehr (BMDV) mit rund 11 Millionen Euro gefördert wird, nehmen zahlreiche Firmen teil.

Die namensgebende Göttin, die bei den alten Römern die Rückseite von Münzen zierte, stand damals für die göttliche Vorsehung und die Fürsorge des Kaisers für die Bürgerinnen und Bürger. „Unser Providentia++ sorgt auch vor, denn es ermöglicht die vollständige Erfassung des Verkehrsgeschehens in Echtzeit mithilfe eines digitalen Zwillings“, erklärt der Professor. „Mit unterschiedlichen Sensoren beobachten wir alle Verkehrsteilnehmerinnen und -teilnehmer und übertragen deren Position und Geschwindigkeit in ein digitales Tableau, das – ähnlich wie in einem Computerspiel – das Geschehen virtuell abbildet. So sind wir in der Lage, nicht nur aktuelle Staus und Gefahrensituationen rechtzeitig zu erkennen, sondern sogar in die Zukunft vorherzusagen, wann eine Gefährdung oder ein Stau entstehen könnte.“ Entsprechende Meldungen kann zum Beispiel der Autofahrer über sein Mobiltelefon empfangen, wenn sie oder er sich die Providentia-App heruntergeladen hat. Alternativ könnte man sie auch aufs Navi einspielen. ▶

Sensoren auf Straßenbrücken

Im Vorläuferprojekt Providentia, das von 2017 bis 2020 lief, bestückten die Forscherinnen und Forscher zunächst zwei Schilderbrücken auf der Autobahn A9 nördlich von München mit Kameras und Radaren. Im Folgeprojekt Providentia++ erweiterten sie die heute 3,5 Kilometer lange Teststrecke entlang der von der A9 abzweigenden Bundesstraße 471 bis hinein in den städtischen Bereich. Im Fahrsimulator des Instituts in Hochbrück kann man diesen digitalen Zwilling live erleben. „Man kann hier im Verkehrsfluss der A9 mitcruisen“, sagt Doktorand Walter Zimmer, „aber man kann auch die aktuelle Situation an der Kreuzung in Hochbrück verfolgen.“ Sogar am heimischen PC lässt sich der Verkehr live beobachten. Darüber hinaus stellt der Lehrstuhl mit dem Datensatz von der A 9 Daten für kommerzielle und wissenschaftliche Zwecke kostenlos zur Verfügung.

Insgesamt sind derzeit 75 Sensoren im Einsatz, die ständig Daten über die aktuelle Verkehrssituation erfassen: Kameras, Radare und Lidare. „Wir kombinieren ganz bewusst verschiedene Sensoren“, so Alois Knoll. „Es ist wie bei den Sinnen des Menschen: Hören und Sehen ergänzen sich zu einem Gesamtbild. Es ist allerdings technisch sehr anspruchsvoll, die unterschiedlichen Daten zusammenzuführen.“

Und natürlich fallen dabei riesige Datenmengen an. Bei einer Flächenkamera etwa 400 Megabit pro Sekunde, das ergibt etwa vier Terabyte pro Tag. „Zunächst reduzieren Hochleistungsrechner, die direkt vor Ort postiert sind, diese Datenmenge auf das Wesentliche“, erklärt der Doktorand Christian Creß das weitere Vorgehen. „Letztlich fallen so pro Objekt im Verkehr nur noch wenige Bytes an. Erst durch diese geringe Datenmenge sind wir in der Lage, eine Übertragung in Echtzeit zu realisieren.“ Diese findet aktuell mit Richtfunkantennen statt. Die Antennen hierfür liegen schon bereit. Creß nennt auch die Herausforderungen, die man in der Anfangsphase überwinden musste: „Schwingungen auf den Schilderbrücken und schlechte Wetterbedingungen können die Datenqualität erheblich beeinträchtigen. Darauf mussten wir uns einstellen.“

Bedenken, dass Providentia++ eine flächendeckende Überwachung der Verkehrsteilnehmerinnen ermöglicht, kontern die Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler mit dem Hinweis, dass nie individuelle Daten gesammelt werden. Jedes Objekt wird gleich im ersten Schritt anonymisiert, Nummernschilder und Personen unkenntlich gemacht. Anschließend geht es nur noch um anonymisierte



3,5

km lange Teststrecke

75

Sensoren im Einsatz

20

Gigabits pro Sekunde
an Rohdaten

Sensoren an den Signalanlagen erfassen das Verkehrsgeschehen. In Echtzeit wird ein digitaler Zwilling konstruiert. Auf dieser Basis können zum Beispiel Ampelphasen automatisch und adaptiv gesteuert oder Verkehrsteilnehmer vor Gefahren gewarnt werden.





Kamerabilder, überlagert mit Lidar-Daten (farbige Punktwolke)

Sensoren und ihre Vorteile

Flächenkamera: erfasst alle Fahrzeuge und Fußgängerinnen und Fußgänger im einsehbaren Bereich

Radar: detektiert Verkehrsteilnehmer durch reflektierte Radiowellen, erfasst Entfernung und Geschwindigkeit; arbeitet auch bei Dunkelheit, Nebel und Regen; gute Tiefenauflösung

Lidar: detektiert die Verkehrsteilnehmerinnen durch reflektierte Laserstrahlen, erfasst Entfernung; gut bei Dunkelheit, hohe Genauigkeit

360°-Kamera: bietet den Überblick

Eventbasierte Kamera: reagiert nur, wenn sich in ihrem Blickfeld etwas ändert; spart Energie und reduziert die Datenmenge, da nur Bewegtbilder gespeichert werden





Oben: Kameras, Lidar- und Radarsensoren an Straßenbrücken erfassen das Verkehrsgeschehen.
Mitte: Projektleiter Venkat Lakshmi (links) und Walter Zimmer prüfen ein Lidar an der Kreuzung.
Unten: Das Team (von links): Leah Strand, Andreas Schmitz, Venkat Lakshmi, Walter Zimmer und Christian Creß.



Bildquellen: Stefan Woidig

Prof. Alois Christian Knoll

Nach Stationen in Stuttgart, Berlin und Bielefeld kam Prof. Alois Knoll 2001 an die TUM, wo er jetzt den Lehrstuhl für Robotik, Künstliche Intelligenz und Echtzeitsysteme leitet. Neben vielen anderen Tätigkeiten war er von 2011 bis 2021 Program Principal Investigator bei TUMCREATE in Singapur. Aus dieser Zeit bezieht er den Optimismus, dass dank moderner Technologie positive Veränderungen im Verkehrssystem möglich sind, und hofft, dass auch eine Stadt, wie zum Beispiel München, dem Vorbild der Supercity Singapur folgen wird. Um das zu fördern, legt er Wert auf eine enge Kooperation mit der Wirtschaft und bildet mit großem Engagement junge Leute aus.

Um die Ecke schauen mit digitalen Zwillingen: Autos werden in Echtzeit wissen, was an der Kreuzung passiert.



„Wir müssen dem autonomen Fahrzeug eine zuverlässige und sofortige Antwort auf die Frage geben, was sich hinter der nächsten Straßenecke verbirgt.“

Alois Knoll

Daten zur Position. Und auch für eine hohe Sicherheit bei der Übertragung ist gesorgt. „Durch die hochsichere Verschlüsselung der Daten und die Sicherung der Systemzugangspunkte sollte ein Eingriff von außen nicht möglich sein“, betont Knoll.

Weniger Schwerverletzte beim Rechtsabbiegen

Auch wenn die technische Infrastruktur des Prototyps steht und der digitale Zwilling gut funktioniert, fehlen immer noch einige Schritte auf dem Weg in die alltägliche Praxis, also die Ausstattung ganzer Städte. Vor allem müssen einfach einsetzbare, kostengünstige und modulare Sensorsysteme geschaffen werden. Dabei ist in erster Linie die Industrie gefragt.

Trotzdem ist das Ganze nicht etwa nur ferne Zukunftsmusik. Man könnte die neu entwickelte Technik in ihrer jetzigen modularen Form sofort einsetzen und sie würde schon heute ihre volle Wirkung entfalten. So berichtet etwa die Münchner Polizei, dass es allein im Jahr 2020 in der Stadt mehr als 90 schwer verletzte Radfahrerinnen und Radfahrer gab, weil „Fahrerinnen und Fahrer von Auto oder LKW beim Rechtsabbiegen die radelnde Person übersehen haben“. Tendenz steigend. Alois Knoll findet das unverantwortlich: „Providentia++ könnte derartige Unfälle verhindern, indem es im Auto schon vor dem Abbiegen eine Warnung gibt“, betont er. „Eine intelligente Lösung wäre auf jeden Fall besser als die heute montierten kleinen Spiegel. Und der Aufwand wäre für die Stadt überschaubar.“

In Zukunft ist der Einsatz der bei Providentia++ entwickelten Technik nicht nur vielfältig möglich, sondern letztlich sogar unentbehrlich, denn sie kann alle Fahrassistenz-Leveln hin zum autonomen Fahren begleiten. Für Level 1 und 2, also das assistierte Fahren, liefert das System über eine Schnittstelle in Echtzeit Informationen, die die Assistenzsysteme verarbeiten können. In den Levels 3 bis 5, also beim automatisierten Fahren, ist der ständige Überblick über die aktuelle Situation unabdingbar, da den autonomen Autos die Intuition der Fahrerin bzw. des Fahrers fehlt. Sie muss durch bessere Sensorik ausgeglichen werden. „Wir müssen praktisch dem Fahrzeug ständig eine zuverlässige und sofortige Antwort auf die Frage geben, was sich hinter der nächsten Straßenecke verbirgt“, so Knoll. Er und seine Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter am Lehrstuhl profitieren dabei von den ausgedehnten Erfahrungen, die sie aus dem Umgang mit Robotern haben: „Die klassische Robotik ist gewissermaßen die Kinderstube des autonomen Fahrens.“

■ *Brigitte Röthlein*

