Universität Stuttgart

forschung leben

September
2020

Mobilität der Zukunft

Mobilitätskultur gemeinsam gestalten

Reallabor
Wissenschaft trifft Gesellschaft

Menschmodelle
Simulationen für mehr Sicherheit

Neuland
Der emissionsfreie Campus kommt

Prof. Wolfram Ressel

„Die Herausforderungen sind groß, um für unsere zukünftige Gesellschaft eine intelligente und nachhaltige Mobilität auszugestalten.“

Liebe Leserinnen und Leser,

Foto: Matthias Schmiedel

Prof. Wolfram Ressel
Rektor der Universität Stuttgart

„Mobilitätsgarantie“ – so nennen Fahrzeughersteller und Verkehrsdienstleister die Zusage an ihre Kunden, beim Ausfall eines Fahrzeugs oder Verkehrsmittels eine alternative Fortbewegungsmöglichkeit zu erhalten. Indessen liegt die Suche nach zukunftsweisenden Mobilitätsalternativen nicht in einer ärgerlichen Pannensituation begründet. Wissenschaftliche Forschungen und anwendungsbezogener Technologietransfer zur Frage, wie Personen und Güter künftig „vom Fleck kommen“ und ans gewünschte Ziel gelangen wollen, sind vielmehr das Gebot der Stunde. Denn die Herausforderungen sind groß, um für unsere zukünftige Gesellschaft eine intelligente und vor allem nachhaltige Mobilität auszugestalten. Zudem ist noch nicht absehbar, wie die Corona-Pandemie unsere Mobilität langfristig verändern wird und welche Faktoren der Krise das Bewegungsverhalten der Menschen beeinflussen werden.
Lesen Sie in der vorliegenden Ausgabe von „forschung leben“, welche Impulse die Universität Stuttgart mit ihren vielfältigen Forschungstätigkeiten im Bereich der Mobilität von morgen setzt: vom Innovationscampus „Mobilität der Zukunft“ und dem „Reallabor für nachhaltige Mobilitätskultur“ über Konzepte für einen emissionsfreien Campus, autonom fahrende Fahrzeuge, elektrische Flugzeuge bis zu innovativen Energiesystemen. Die Mobilitätsvisionen, die aus den Forschungsarbeiten an der Universität Stuttgart ableitbar werden, sind vielfältig und vielversprechend und bilden die Grundlage für Mobilitätsgarantien der Zukunft.

Ihr

EDITORIAL S. 3

NOTIZBLOCK S. 6, S. 62

VISIONÄR

Mobilität auf dem Prüfstand Der Verkehrsplaner Markus Friedrich betrachtet hochfliegende Mobilitätsideen mit objektiven Bewertungsmaßstäben. **S. 12**

NEULAND

Der autofreie Campus kommt Das MobiLab treibt den Plan voran, den Campus Vaihingen emissionsfrei zu machen. **S. 16**

SCHNITTSTELLE

Reisen bildet – schon in der Antike Mobilität ist kein neues Phänomen. Die Römerzeit liefert Beispiele. **S. 18**

Mit dem Baukastenprinzip zum Virendetektor Die Corona-Pandemie hat der Forschung an mobilen Testverfahren hohe Aktualität verliehen. **S. 20**

STANDPUNKT

Höchste Zeit für neue Visionen Gastbeitrag der baden-württembergischen Wissenschaftsministerin Theresia Bauer **S. 22**

FORSCHUNG ERLEBEN

Rein in die Stadt Das „Reallabor für nachhaltige Mobilitätskultur“ an der Universität Stuttgart trägt Wissenschaft in die Gesellschaft. **S. 26**

Mobilität im 3D-Druck Der Innovationscampus „Mobilität der Zukunft“ fördert Sprunginnovationen. **S. 34**

ZAHLENWERK

Momentaufnahme Ein kurzer Blick auf unser Mobilitätsverhalten. **S. 40**

FORSCHUNG ERLEBEN

Das Gehirn als Vorbild Der Forschungsverbund UNICARagil denkt die Architektur automatisierter Fahrzeuge neu. **S. 42**

Muskelspiel im Crash-Test Digitale Menschmodelle verbessern Simulationen zur Unfallsicherheit. **S. 44**

Brummi-Fahrers Assistenten Ein Projekt liefert Empfehlungen für nutzerzentrierte Lkw-Assistenzsysteme. **S. 50**

Spurgenau gegen Geisterfahrer Hochpräzise Positionsbestimmung unterstützt ein neues Warnsystem. **S. 52**

Wie ein erfahrener Fahrprüfer Michael Weyrich spricht über neue Validierungsverfahren für autonome Fahrzeuge. **S. 54**

Breitband aus dem All Ein Forschungssatellit erschließt die Datenraten für die Mobilität der Zukunft. **S. 56**

Sorglos Strom laden Forschende in mehreren Projekten arbeiten an einer besseren Ladeinfrastruktur für Elektroautos. **S. 58**

Lastenrad statt Sprinter Das Stuttgarter Logistik-Modell denkt Transport- und Lagerprozesse neu. Inklusive Seilbahn. **S. 64**

Alternative Antriebe Beispiele für vielversprechende Ansätze an der Universität Stuttgart zur Erforschung von Antriebsenergien in der Elektromobilität. **S. 68**

Sauber fliegen Zwei Projekte widmen sich Zukunftstechnologien für umweltschonenden Luftverkehr. **S. 70**

Material gegen Verschleiß Siegfried Schmauder nutzt Simulationen zur Erforschung neuer Legierungen, zum Beispiel für Flugzeugturbinen. **S. 76**

NETZWERK

Nicht unter 1000 Wie kann eine nachhaltige Universität aussehen? Der 1. Strategiedialog der Universität Stuttgart lieferte Ideen und konkrete Vorschläge. **S. 80**

WELTSICHT

Purpurbakterien für grünen Wasserstoff Robin Ghosh will mit einem neuen biologischen Verfahren Wasserstoff im Industriemaßstab gewinnen. **S. 84**

SATELLIT

Das Beste aus zwei Welten Alumnus Peter Schäfer spricht als Vorsitzender der Geschäftsführung von Porsche Engineering über das Auto der Zukunft. **S. 88**

S. 34

FORSCHUNG ERLEBEN

Mobilität im 3D-Druck

S. 16

NEULAND

Der autofreie Campus kommt

S. 26

FORSCHUNG ERLEBEN

Rein in die Stadt – experimentieren im Reallabor

Fotos: S. 1 und S. 92 Getty Images/Yuichiro Chino, S. 4 Uli Regenscheit, S. 5 Max Kovalenko, Universität Stuttgart

NOTIZ BLOCK

AUSZEICHNUNGEN

EUROPHYSICS PRIZE 2020

Prof. Jörg Wrachtrup, Direktor des 3. Physikalischen Instituts der Universität Stuttgart, erhielt den „Europhysics Prize 2020“ der Europäischen Physikalischen Gesellschaft in der Kategorie Kondensierte Materie. Die weltweit renommierte Auszeichnung würdigt Wrachtrups Pionierleistungen auf dem Gebiet der Quantenkohärenz in Festkörpersystemen und deren Anwendungen für die Sensorik, insbesondere bei der Untersuchung von optischen und Spin-Eigenschaften von Stickstoff-Leerstellen in Diamant.

RUDOLF-KAISER-PREIS

Der Physiker **Dr. Tim Langen** vom 5. Physikalischen Institut der Universität Stuttgart ist mit dem Rudolf-Kaiser-Preis 2019 ausgezeichnet worden, einem der höchstdotierten Nachwuchspreise in den Naturwissenschaften. Dieser wird jährlich an einen herausragenden Nachwuchsforscher auf dem Gebiet der Experimentalphysik verliehen. Langen erhält den Preis für seine experimentellen Arbeiten zur Superfluidität und Suprasolidität dipolarer Quantengase, insbesondere für die erstmalige Beobachtung eines Materiezustandes, der die kristalline Struktur eines Festkörpers mit dem reibungslosen Fluss einer Supraflüssigkeit vereint.

EUGEN UND ILSE SEIBOLD-PREIS

Die Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG) zeichnete **Prof. Hidenori Takagi** vom Institut für Funktionelle Materie und Quantentechnologien (FMQ) der Universität Stuttgart und Materialphysiker am Max-Planck-Institut für Festkörperforschung mit dem Eugen und Ilse Seibold-Preis aus. Die mit 15.000 Euro dotierte Auszeichnung würdigt erfolgreiche Beiträge zum deutsch-japanischen Wissenschaftsaustausch ebenso wie zu einem kulturellen Austausch der beiden Länder. Takagi ist für seine zahlreichen Beiträge auf dem Gebiet der Materialphysik bekannt und veröffentlichte bahnbrechende Arbeiten zu Metall-Isolator-Übergängen, Hochtemperatursupraleitung und Quantenmagnetismus. Er engagiert sich für die deutsch-japanische Zusammenarbeit, indem er eng mit Forschungsgruppen der Universität Tokio kooperiert, wo er immer noch eine Professur innehat.

ENGAGEMENT AUF DER IBA

2027 wird in Stuttgart und der Region die Internationale Bauausstellung (IBA) stattfinden. Neben der Stadt Stuttgart, dem Verband Region Stuttgart, der Wirtschaftsförderung Region Stuttgart und der Architektenkammer Baden-Württemberg ist auch die Universität Stuttgart Gesellschafter der IBA.

Prof. Klaus Jan Philipp, Leiter des Instituts für Architekturgeschichte, ist der Beauftragte der Universität für die IBA 2027. Die wissenschaftliche Mitarbeiterin Lena Engelfried unterstützt ihn bei dieser Aufgabe an der Schnittstelle zwischen Universität und IBA. Für die Beteiligung der Universität werden zahlreiche Ideen und Projekte diskutiert, von kleineren Ausstellungen bis zu Demonstrator-Gebäuden. Die Vision der Universität „Intelligente Systeme für eine zukunftsfähige Gesellschaft“ passe sehr gut zu den IBA-Themen Nachhaltigkeit, Ökologie, Mobilität, Sozialwesen und Klima, erklärt Prof. Philipp. „Diese Zukunftsthemen gehen weit über das Bauen hinaus.“

NEUES DFG-SCHWERPUNKT-PROGRAMM

Vom Zusammenspiel zwischen Bizeps und Trizeps bis zu Prozessen in der Leber oder im Gehirn: Computergestützte Modelle können in der Medizin dazu beitragen, Krankheiten genauer zu diagnostizieren und individueller zu behandeln. Dieses Potenzial wird jedoch noch wenig genutzt, weil Zellen oder Gewebe bisher überwiegend isoliert betrachtet werden. Ein neues DFG-Schwerpunktprogramm will die Modelle nun koppeln, um die komplexen Wechselwirkungen zwischen den Strukturen und Skalen sowie deren Funktionen besser verstehen und vorhersagen zu können. Initiiert wurde der interdisziplinäre Verbund mit dem Namen „Robuste Kopplung kontinuumsbiomechanischer in silico-Modelle für aktive biologische Systeme als Vorstufe klinischer Applikationen“ durch die Professoren Oliver Röhrle (Institut für Modellierung und Simulation Biomechanischer Systeme) und Tim Ricken (Institut für Statik und Dynamik der Luft- und Raumfahrtkonstruktionen) der Universität Stuttgart, mit beteiligt sind die Universitätsmedizin Rostock, die Universität Erlangen-Nürnberg sowie die Universität zu Köln.

Anzeige

CORONA-FORSCHUNG 2020

Seit März 2020 überschattet die Corona-Pandemie den Alltag der Menschen – auch an der Universität Stuttgart. Der Campus blieb bis auf wenige Ausnahmen leer und der Universitätsbetrieb musste neu gedacht werden. Dabei wurden auch zahlreiche Forschungs- und Unterstützungsinitiativen zur Bewältigung der Pandemie gestartet.

FACE SHIELDS

Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler am Forschungscampus ARENA2036 und an den angrenzenden Instituten auf dem Campus Vaihingen der Universität Stuttgart nutzten Anlagen, die üblicherweise zum Prototypenbau für Automobil-, Luftfahrt- oder Maschinenbauanwendungen eingesetzt werden, und stellten mit 3D-Druckern Schutzvisiere zur Unterstützung von Kliniken und Arztpraxen her. Schon Mitte Juni waren 10.000 Gesichtsvisiere produziert, sie gingen unter anderem an die Partneruniversität in Bergamo, nach Chile und in ein Flüchtlingslager auf der griechischen Insel Lesbos.

Gleich 100.000 Gesichtsschilde pro Woche sind das Ziel einer Kooperation des Campus Schwarzwald mit dem Institut für Industrielle Fertigung und Fabriktechnik (IFF) der Universität Stuttgart und weiteren Partnern. Das Face Shield lässt sich einfach, schnell und in hoher Stückzahl produzieren, ist extrem leicht und kann problemlos über einer Brille getragen werden.

Folien für Visiere, aber auch komplette Face Shields produzierte das Institut für Kunststofftechnik (IKT) der Universität Stuttgart. Sowohl für die Folie als auch für die beim 3D-Druck verwendeten Filamente wird ein biobasiertes und biologisch abbaubares Polylactid (PLA) eingesetzt. Durch den gezielt eingestellten Extrusionsprozess können besonders klare Folien maßgeschneidert hergestellt werden.

EFFIZIENTERE COVID-19-TESTS

Die Technische Universität Braunschweig, die Universität Stuttgart, die Junge Akademie und das Unternehmen Arctoris sind gemeinsam das Thema effizientes Testen angegangen. Ein interdisziplinäres Team aus Mathematiker*innen, Informatiker*innen und Mediziner*innen hat eine Entscheidungshilfe entwickelt, die berechnet, welches Verfahren in einem positiven Probenpool möglichst effektiv alle an Covid-19 erkrankten Personen identifiziert. Ihre Simulationen zeigen, dass poolbasierte Testverfahren in Deutschland etwa acht Mal effizienter als Einzeltests sein können.

DESINFEKTIONSMITTEL

Als im Frühjahr der Markt für Desinfektionsmittel leergefegt war, erhielten Apotheken, Pharmafirmen und Behörden die Erlaubnis, Desinfektionslösungen auf der Basis von Isopropanol oder Ethanol herzustellen. Es waren aber keine ausreichenden Mengen an Ausgangssubstanzen verfügbar. Auf dem Höhepunkt der Corona-Krise hat die Fakultät Chemie der Universität Stuttgart deshalb für und mit der Kassenärztlichen Vereinigung Baden-Württemberg dringend benötigtes Händedesinfektionsmittel produziert, um Engpässe zu überbrücken.

RECHENMODELL FÜR KONTAKTBESCHRÄNKUNGEN

Welche Corona-Beschränkungen sind nötig, welche Lockerungen möglich? Dies ist aufgrund der unsicheren und dynamischen Datenlage sowie der Komplexität des Infektionsgeschehens und der Maßnahmen schwer abzuschätzen. Forschende am Institut für Systemtheorie und Regelungstechnik der Universität Stuttgart haben ein Rechenmodell entwickelt, mit dem sich adaptive Maßnahmen bei Unsicherheit deutlich zuverlässiger als bisher bestimmen lassen. Es berechnet aus einer Vielzahl an Daten und Handlungsvarianten die beste Strategie für die Zukunft, die dann aber nur für einige wenige Tage angewendet wird. Anschließend wird dieser Rechenprozess mit aktualisierten Parametern erneut durchgeführt und wieder die optimale Strategie ermittelt. Es entsteht also ein kontinuierlicher Prozess, bei dem die ursprüngliche Strategie ständig angepasst wird und auch mehrere Vorhersagemodelle berücksichtigt werden können.

RISIKOMANAGEMENT FÜR DIE LIEFERKETTEN

Eine Folge der Corona-Pandemie mit gravierenden Auswirkungen für die Wirtschaft war der Zusammenbruch der weltweiten Lieferketten. Prof. Andreas Größler vom Betriebswirtschaftlichen Institut der Universität Stuttgart hat mit seinem Doktoranden Marc Wiedenmann untersucht, was Unternehmen aus der Krise lernen können und welche Lösungen umgesetzt werden sollten. Eine Lösung sehen die Wissenschaftler im Supply Risk Management. „Durch die Krise wird Risikomanagement ein essenzieller Teil jedes Unternehmens und Liefernetzes“, sagen sie. Interdisziplinäre Teams müssten Wege finden, Versorgungsrisiken zu identifizieren, zu beurteilen und Handlungsstrategien zu entwickeln, damit Unternehmen bestmöglich reagieren könnten.

Supply Risk Management

Weitere Informationen zur Universität in Zeiten von Corona

Fotos: S. 6 David Ausserhofer, Universität Stuttgart/5. Physikalisches Institut, Hidenori Takagi, S. 7 Universität Stuttgart/ILEK, Max Kovalenko, S. 8 Max Kovalenko, S. 9 Universität Stuttgart

3 FRAGEN AN

DAS GREENTEAM

Elektroantrieb statt röhrendem Verbrennungsmotor, und das bei einem Rennwagen – das mag verrückt klingen. Doch genau mit dieser Idee ging vor gut zehn Jahren das GreenTeam der Universität Stuttgart an den Start. Seither stehen die Studierenden unangefochten in den Top Ten der Weltrangliste für Elektrorennwagen und treiben mit dem Team Driverless auch das vollautonome Fahren voran. Marius Goletz und Laura Kleckner erläutern das Projekt.

Was macht das GreenTeam?
Das GreenTeam ist ein Verein mit etwa 30 bis 50 Studierenden. Jedes Jahr entwickeln und bauen wir einen elektrischen Formula Student Rennwagen. Hierbei führen wir vom Konzept über Konstruktion, Fertigung, Zusammenbau und Testing alles in Eigenregie durch. Seit der Saison 2016/2017 bauen wir zudem Altfahrzeuge zu autonomen Rennfahrzeugen für den Driverless-Wettbewerb um. Hier liegt der Fokus verstärkt auf Sensorik- und Softwarethemen. Zu guter Letzt müssen wir bei den Rennen in den sogenannten statischen Disziplinen unsere technischen Umsetzungen vor einer Fachjury verteidigen, einen Business Plan präsentieren und einen Cost Report vorlegen. Zusammengefasst: Uns wird nie langweilig.

Was waren die größten Erfolge?
Die bisher erfolgreichsten Rennjahre hatte das Electric-Team mit dem E1 und dem E8 mit Gesamtsiegen und Platzierungen auf fast jedem Event. Jedoch zählt für uns nicht nur der Gesamtsieg bei den Events, sondern auch der Einsatz von eigenentwickelten Motoren oder dass wir möglichst viele Teile in der Eigenfertigung herstellen. Im Driverless konnten wir in der letzten Saison besonders in den statischen Disziplinen punkten. Hier haben wir es in Spanien auf den 3. Platz in der Gesamtwertung geschafft.

Wie geht es mit dem Fahrzeug weiter?
Für das Electric-Team haben wir aufgrund der Corona-Pause die Möglichkeit, noch einmal in die Entwicklungsphase zu gehen, wichtige Arbeitspakete zu überarbeiten, zusätzliche Tests auszuführen und weitere Projekte in Angriff zu nehmen. In einer „normalen" Saison bleibt dafür oft keine Zeit.

Im Driverless haben wir das Glück, dass wir theoretisch ein einsatzfähiges Fahrzeug in der Werkstatt stehen haben. Jetzt wollen wir unsere Software auf dem Wagen testen und optimieren.

Das Jubiläumsvideo zum 10-jährigen Bestehen des GreenTeams finden Sie auf YouTube.

Foto: GreenTeam Universität Stuttgart

KONTAKT

GREENTEAM **Mail: info@greenteam-stuttgart.de**
Telefon: +49 711 685 65759

DÜRR

Welcome to the
Cooperationeering 4.0
Group.

Cooperationeering 4.0 bedeutet für uns: Gemeinsam in einem modernen Umfeld an Ideen für die digitale Zukunft tüfteln und sich durch verschiedene Perspektiven bereichern. Möchten Sie in unseren motivierenden Teams die Begeisterung für Innovationsfreude leben? Wir bieten Ihnen die Basis für eine vertrauensvolle Zusammenarbeit. Als führender Maschinen- und Anlagenbauer freuen wir uns über jeden, der unsere Passion teilt.

Bewerben Sie sich unter **durr.com/karriere**

Prüft kritisch: Prof. Markus Friedrich misst Mobilitäts-verhalten.

Mobilität auf dem Prüfstand

TEXT: Judith Reker
FOTOS: Sven Cichowicz

Eine der größten Herausforderungen für die Verkehrswende? Der Verkehrsplaner Prof. Markus Friedrich sagt: mutige Politik, die nicht nur auf Anreize setzt.

Automatisierte Fahrzeuge, Seilbahnen, Cargo-Trams oder On-Demand-Angebote – der Verkehrswissenschaftler Prof. Markus Friedrich beschäftigt sich mit den Wirkungen neuer Mobilitätslösungen für den Verkehr von morgen. Seine Analysen zur Wirksamkeit zeigen allerdings, dass viele Innovationen unerwünschte Nebenwirkungen haben und keinen wirklichen Beitrag zur Lösung unserer Verkehrsprobleme liefern. „Wer neue Lösungsansätze hinterfragt, wird schnell als Verhinderer von Innovationen wahrgenommen. Eine Rolle, die niemand gerne einnimmt“, sagt Friedrich mit einem Schmunzeln. „Es ist aber notwendig, Wunschdenken und Fehlentwicklungen zu vermeiden."

Trotzdem ist seine Expertise gefragt, unter anderem als Mitglied im wissenschaftlichen Beirat des Bundesverkehrsministeriums. Der studierte Bauingenieur leitet seit 2003 den Lehrstuhl für Verkehrsplanung und Verkehrsleittechnik am Institut für Straßen- und Verkehrswesen (ISV) der Universität Stuttgart. In einem interdisziplinären Team aus Forschenden des Bau- und Verkehrsingenieurwesens, der Umweltschutztechnik und Kybernetik untersucht er unter anderem Methoden, mit denen sich Mobilitätsverhalten präzise messen lässt. Neben Forschung und Lehre sind das Prüfen und Bewerten neuer Verkehrskonzepte fester Bestandteil seiner Arbeit.

ÖFFENTLICHER VERKEHR – EIN ATMENDES SYSTEM

Friedrichs Bewertungen können vernichtend klingen. Beispiel Carsharing: „Wenn wir in einigen Jahren jederzeit Zugriff auf ein Carsharing-Fahrzeug haben, werden wir es wie ein Auto nutzen.“ Er führt das weiter aus: „Wir haben dann zwar weniger Autos, aber wir sparen keine Kilometer. Was die Menschen als Verkehr wahrnehmen, sind jedoch die Kilometer. Wenn zehn Autos an Ihnen vorbeifahren, ist es egal, ob es dasselbe Auto ist oder zehn unterschiedliche.“ Auch das Konzept Ridesharing, organisierte Fahrgemeinschaften, ordnet der Verkehrsplaner kritisch ein: „Viele Nutzer eines Ridesharing-Angebots werden vom öffentlichen Verkehr kommen und es wird schwer werden, einen höheren Besetzungsgrad als im privaten Pkw-Verkehr zu erreichen. Das beste Ridesharing“, fügt Friedrich hinzu, „ist der öffentliche Verkehr.“ →

→Der öffentliche Verkehr (ÖV) ist nach seiner Ansicht das effizienteste Verkehrsmittel für den Verkehr in Städten. Friedrich bezeichnet den ÖV als ein „atmendes System“, da die Kapazität öffentlicher Verkehrsmittel – zumindest im Nahverkehr – in großem Maße skalierbar ist. In der Nebenverkehrszeit bekommen alle einen Sitzplatz, in der Spitzenstunde muss ein Teil der Fahrgäste allerdings stehen. Die Fahrgäste, erklärt Friedrich, trügen so zu einer erheblichen temporären Kapazitätserhöhung bei, die kein anderes Verkehrsmittel biete. „Der Stau findet im Verkehrsmittel statt und nicht auf der Straße. Das ist gut für die Stadt, aber anstrengend für die Fahrgäste.“ Wer also wirklich eine nachhaltige Mobilität mit weniger Fahrzeugkilometern wolle, müsse „so mutig sein und sagen: ‚Wir stehen auf unsere Stadt, deshalb stehen wir für unsere Stadt – zumindest in der Hauptverkehrszeit.‘ Nur so funktionieren Großstädte.“ Jede Individualisierung mache das Verkehrssystem zwar komfortabler, aber nicht effizienter. „Jetzt müssen wir es nur noch schaffen, dass dieses vermeintlich ‚alte‘ Verkehrskonzept als intelligente Lösung akzeptiert und möglichst optimal umgesetzt wird“, sagt Friedrich.

Das komplexe Thema der Angebotsplanung für den öffentlichen Verkehr ist Gegenstand des Forschungsprojekts „Integrierte Planung im öffentlichen Verkehr“, in dem das ISV mit sieben weiteren Hochschulpartnern zusammenarbeitet. Das von der Deutschen Forschungsgemeinschaft seit 2015 geförderte Projekt hat das Ziel, planerische Vorgehensweisen und Methoden der mathematischen Optimierung zu kombinieren, um ein möglichst optimales ÖV-Netz zu entwickeln. Das ist unter anderem deshalb eine Herausforderung, weil es eine sehr große Anzahl möglicher Lösungen für ein Liniennetz gibt. Friedrich nennt als Beispiel die scheinbar einfache Frage: Wie viele Bushaltestellen sind optimal? „Einerseits wollen die Fahrgäste möglichst nah an der Haltestelle wohnen, damit sie einen kurzen Weg haben. Das erfordert eine hohe Haltestellendichte. Aber sobald dieselben Personen im Bus sitzen, nervt es sie, dass der Bus ständig anhält.“

SZENARIEN FÜR AUTONOMEN AUTOVERKEHR

Einen anderen Aspekt der Mobilität hat Friedrich mit seinem Team im Projekt CoEXist beleuchtet, das im April 2020 abgeschlossen wurde. Es soll Straßenverkehrsbehörden und Städten helfen, sich auf die herannahende neue Ära vorzubereiten, wenn neben konventionellen auch automatisierte Fahrzeuge auf die Straßen kommen. Das dreijährige Projekt wurde gefördert durch Horizont 2020, das EU-Rahmenprogramm für Forschung und Innovation. Neben der Stadt Stuttgart und dem ISV waren die Städte Milton Keynes in Großbritannien, Göteborg in Schweden und das niederländische Helmond sowie weitere Partner beteiligt. Das ISV untersuchte unter anderem, wie sich automatisierte Fahrzeuge auf die Nachfrage auswirken. Die Forschenden stellten die Frage: Was passiert in der ersten Stufe der Automatisierung, wenn Fahrerinnen und Fahrer durch Assistenzsysteme wie den Stauassistenten die Fahrzeit als weniger schlimm wahrnehmen? Die Antwort: Das Auto wird im Verhältnis zum ÖV attraktiver.

Auch die nächste Stufe modellierte das Stuttgarter Team: Wie verändert sich die Nachfrage im Pkw-Verkehr, wenn wir vollkommen autonom fahren können und niemand mehr einen Führerschein braucht, wenn sich also selbst Kinder eigenständig in den Sportverein kutschieren lassen können? Die kurze Antwort: Sie steigt. „Alle Szenarien“, so Friedrich, „führen zu mehr Autoverkehr“. Denn „das automatisierte Fahrzeug ist ein besseres Auto. Ein besseres Auto werden wir mehr nutzen. Das passt allerdings nicht zusammen mit den Vorstellungen der meisten Städte. Deren Ziel ist weniger Autoverkehr.“ →

Dient allen: Der öffentliche Verkehr bleibt für Umwelt und weniger Verkehr unübertroffen.

Gut verteilt: In Stuttgart wohnen die meisten Menschen höchstens 300 Meter von einer Bushaltestelle entfernt.

→Die gewonnenen Erkenntnisse, hofft Friedrich, könnten dazu beitragen, Politiker und Politikerinnen darüber aufzuklären, dass auch automatisierte Fahrzeuge nicht per se nachhaltig sind. „Hinter jedem Kilometer Auto – auch Elektroauto – steht ein Energieverbrauch. Automatisierte, elektrische Fahrzeuge können nur dann zur Lösung städtischer Verkehrsprobleme beitragen, wenn wir ihre Eigenschaften intelligent nutzen. So können sich automatisierte Fahrzeuge besser an Regeln halten als Menschen, außerdem sind elektrische Antriebe – anders als Verbrennungsmotoren – auch bei niedrigen Geschwindigkeiten effizient.“ Diese Eigenschaften eröffnen die Möglichkeit, städtische Straßennetze so zu gestalten, dass es nicht nur Tempo-30-Zonen gibt, sondern durchgängige Netze mit geringeren Geschwindigkeiten. Auf diese Weise könnten sich „Slow Modes“ wie Räder und E-Scooter den Straßenraum mit dem Auto teilen.

Die größte Herausforderung im Streben nach Lösungen sieht Friedrich jedoch in der Politik. „Die Politik hat die Aufgabe, die Rahmenbedingungen zu setzen.“ Dazu gehörten neben Anreizen für nachhaltiges Mobilitätsverhalten auch restriktive Maßnahmen. „Wer weniger Verkehr und weniger CO_2-Emissionen verspricht, kann das nicht dadurch einlösen, dass Autos billiger werden, zum Beispiel durch eine Kaufprämie. Auch Elektroautos sind Autos, die in der Stadt Platz brauchen und Konkurrenz für den ÖV sind.“ Friedrich ist überzeugt: „Wir bekommen den Verkehr, den wir wollen. Deshalb sollten wir uns überlegen, was wir wollen.“ Die Verkehrsforschung kann dann Wege aufzeigen, um dieses Ziel zu erreichen. ↠

KONTAKT

PROF. MARKUS FRIEDRICH **Mail: markus.friedrich@isv.uni-stuttgart.de**
Telefon: +49 711 685 82482

Anzeige

Der fahrerlose Campus-Shuttle wird einmal das Parkhaus mit den Campus-Gebäuden verbinden.

Der autofreie Campus kommt

TEXT: Andrea Mayer-Grenu

Das MobiLab auf dem Campus Vaihingen ist ein Reallabor für intelligente, emissionsfreie Mobilität. Mit dem innovativen Verkehrskonzept, bei dem vor allem Shuttle-Busse und E-Scooter zum Einsatz kommen, loten Forscher die Möglichkeiten eines emissionsfreien Campus aus.

Glitzernde Autodächer, soweit das Auge reicht: Wer bei schönem Wetter über den Campus Vaihingen der Universität Stuttgart streift, versteht sofort, warum die bisherigen Mobilitätskonzepte ein Auslaufmodell sind: Die Hälfte der rund 5000 Beschäftigten und knapp 20 Prozent der 23.000 Studierenden auf dem Campus kommen mit dem fahrbaren Untersatz. Und der produziert nicht nur schädliche Stickoxide und den Klimakiller CO_2, sondern beansprucht auch jede Menge Parkraum – Platz, den man sinnvoller nutzen könnte.

Doch das Privatauto soll auf dem Campus Vaihingen bald der Vergangenheit angehören. Mobility Living Lab, kurz MobiLab, lautet die Formel für ein innovatives Verkehrskonzept, mit dem der Campus auto- und emissionsfrei werden soll. Gleichzeitig soll hier die Mobilität der Zukunft erforscht werden. „Das MobiLab wird ein vielfältiges Reallabor sein, in dem neue Formen der Verkehrserschließung, neuartige Verkehrsmittel, elektrische Antriebssysteme sowie intelligente Energiespeicherungs- und -verteilungssysteme kombiniert werden“, so der Rektor der Universität Stuttgart, Prof. Wolfram Ressel. Bei einem Ideenwettbewerb des Landes Baden-Württemberg gab es dafür ein Preisgeld in Höhe von 300.000 Euro. Darüber hinaus fördert das Land Baden-Württemberg die Umsetzung von MobiLab als landesweit beispielgebendes Leuchtturmprojekt für die kommenden zwei Jahre mit weiteren 3,5 Millionen Euro.

LADEN WÄHREND DER FAHRT

Das Tor zum autofreien Campus wird ein Parkhaus sein, das die Bundesstraße B14 überspannt. Geplant sind etwa 3000 Stellplätze, doch der Clou des Gebäudes befindet sich auf dem Dach: Dort produziert eine Solaranlage Strom, der zum Laden der geparkten Autos und der Campus-Shuttles verwendet werden soll. „Die Campus-Shuttles sind selbstfahrende, also autonome Shuttle-Busse unterschiedlicher Größe mit elektrischem Antrieb und intelligenter Sensorik. Sie verbinden das Parkhaus, und übrigens auch die zentrale S-Bahn-Station, mit den weit auseinanderliegenden Universitätsgebäuden“, erläutert Prof. Hans-Christian Reuss vom Institut für Fahrzeugtechnik Stuttgart. Geplant ist zunächst ein Linienverkehr mit festen Haltestellen. Später soll ein On-demand-Service dazukommen, bei dem das Ziel vorab bequem per Handy-App gebucht werden kann.

Die Shuttle-Strecke führt teilweise über eine Forschungsstraße, in deren Fahrbahn elektrische Spulen und elektronische Schaltungen verlegt sind. Diese sollen das induktive Laden der Fahrzeuge während der Fahrt ermöglichen. Erprobt werden verschiedene Szenarien. Besonders wichtig sei dabei die Position des Fahrzeugs während des Ladevorgangs, da diese Einfluss auf Energieübertragung habe, erklärt Prof. Nejila Parspour vom → Institut für Elektrische Energiewandlung. „Deshalb untersuchen wir die Toleranzen verschiedener Ladesysteme, Spurhaltesysteme oder autonomer Navigation, um die Ökobilanz von Elektrofahrzeugen zu verbessern.“

Gelingt es, eine engmaschige induktive Ladeinfrastruktur aufzubauen, die das Laden der Fahrzeuge während der Fahrt – zum Beispiel auf den Autobahnen – ermöglicht, kann zum einen die Reichweite bei gegebener Batteriekapazität signifikant erhöht werden. Zum anderen wird es möglich, auch Batterien mit geringer Kapazität einzusetzen – das schont die Ressourcen bei der Herstellung. Um die Ladevorgänge optimal zu gestalten, Engpässe im Netz zu vermeiden und die Rückwirkungen auf die Spannungsqualität zu reduzieren, ist die Ladeinfrastruktur über intelligente Lösungen in das elektrische Netz integriert. Hier wirkt Prof. Krzysztof Rudion vom Institut für Energieübertragung und Hochspannungstechnik mit Smart-Grids-Ansätzen mit.

Doch nicht jeder der täglich rund 40.000 Fußwege auf dem Campus lässt sich durch eine Fahrt mit dem autonomen Campus-Shuttle ersetzen. Ergänzt werden die Busse daher durch Campus-Scooter: Zunächst wird von einem Start-up ein E-Scooter-Verleihsystem aufgebaut, in das dann sukzessive autonome E-Scooter integriert werden. Diese entwickelt ein weiteres Start-up zusammen mit dem Institut für Systemtheorie und Regelungstechnik (IST) der Universität Stuttgart im Teilprojekt Autonomous Micro-Mobility at Campus Uni Stuttgart (AMICUS). Der autonome E-Scooter fährt wie von Geisterhand auch ohne Chauffeur – natürlich ohne umzukippen. Dahinter verbirgt sich moderne Regelungstechnik, erklärt der Leiter des IST, Prof. Frank Allgöwer: „Mittels speziell entwickelter neuer Regelungsstrategien werden die E-Scooter trotz Störungen balanciert. Der E-Scooter wird über Sensoren seine Umgebung erkennen, Hindernissen ausweichen und autonom navigieren.“ Maschinelles Lernen ermöglicht zudem anhand von Nutzeranfragen eine optimale Verteilung der E-Scooter auf dem Campus, und ein Verteilalgorithmus stellt die bestmögliche Routenplanung sicher. So kann die Flotte klein gehalten werden. Und da die Roller auch fahrerlos die nächste Ladesäule ansteuern, entfällt der harte Job der Juicer, die anderswo nachts ausrücken, um Scooter zum Auftanken einzusammeln.

VERHALTENSÄNDERUNGEN SIND ERFORDERLICH

Viele Komponenten des MobiLab müssen noch erforscht und erprobt werden, doch die Umsetzung hat bereits begonnen. „Ein Verkehrskonzept zu entwickeln ist einfacher, als ein Verkehrskonzept umzusetzen“, so Prof. Markus Friedrich, der Koordinator des MobiLab. „Damit wir mit dem MobiLab erfolgreich sind, müssen wir die Rahmenbedingungen für die Alltagsmobilität zum Campus ändern. Mehr Radabstellplätze, der Campus-Shuttle und der Campus-Scooter finden viel Zustimmung. Ein autofreier Campus erfordert aber auch Verhaltensänderungen.“ Nicht allen Beschäftigten und Studierenden werde es gefallen, wenn Parken Geld kostet und es auf dem Campus mittelfristig keine Parkplätze mehr direkt vor den Gebäuden, sondern nur noch in einem zentralen Parkhaus geben wird. „Erfahrungen mit Fußgängerzonen zeigen uns, dass es vor der Umsetzung Widerstände gibt. Sobald wir uns an die Vorteile des neuen Zustands gewöhnt haben, finden es dann alle gut.“ ↠

Die Idee des MobiLab im Film

Der autonome E-Scooter im Video

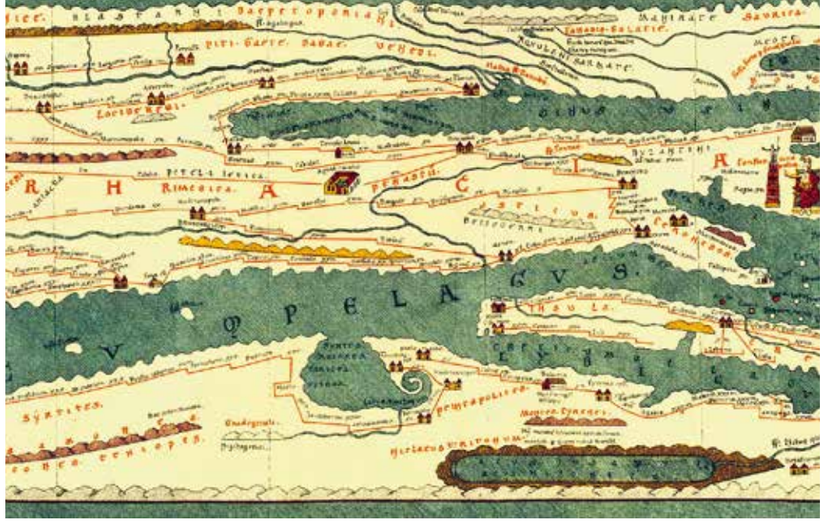
KONTAKT

PROF. MARKUS FRIEDRICH (KOORDINATOR)
Mail: mobilab@isv.uni-stuttgart.de
Telefon: +49 711 685 82482

Fotos: S. 16 Universität Stuttgart, S. 17 Uli Regenscheit

Bequem und effizient: Die autonomen Campus-Scooter kommen selbstständig zu den Wartenden. Sie können sich außerdem optimal verteilen und eigenständig zur Ladestation fahren.

REISEN BILDET – SCHON IN DER ANTIKE



Oben: Römisches Wegenetz – die berühmte Tabula Peutingeriana

Unten: Römischer Alltag – auf einem Römerstein in Maria Saal, Österreich

TEXT: Daniel Völpel

Mobilität ist kein neues Phänomen. Bereits die Reisenden der Antike legten weite Strecken zurück. Zum Beispiel junge Griechen, die bei berühmten Gelehrten studieren wollten.

Reisen, um neue Eindrücke zu sammeln oder eine Ausbildung in der Fremde zu machen – das war in der römischen Kaiserzeit das Privileg junger Männer der Oberschicht. Der Historiker Christian Fron hat das in seiner Dissertation am Historischen Institut der Universität Stuttgart erforscht. Dabei konzentrierte er sich auf griechische Gelehrte, die rückblickend über ihre Reisen in jungen Jahren schrieben.

„Die Mentalität von Reisenden in der Antike war eine völlig andere als die unsere“, erklärt Fron. Wer heute von Deutschland nach Athen reisen wolle, der steige meist in ein Flugzeug. „In der Antike wusste man, dass man lange unterwegs sein würde. Am Tag schaffte man im Fahrzeug durchschnittlich 45 Kilometer, wenn es gut lief.“ Deshalb versuchten die Menschen, wenn möglich, die Reise selbst mit vielen Zwischenstationen zu genießen. Auch die Anlässe für Fahrten waren teilweise andere als heute. Neben Händlern, Beamten und Soldaten, die beruflich unterwegs waren, ging vor allem eine Gruppe auf Reisen: der männliche Nachwuchs der Oberschicht. Junge römische Senatoren mussten für ihre Karriere im Staatsdienst den Cursus Honorum absolvieren, eine Laufbahn verschiedener Ämter, erläutert Fron. Der führte sie nicht selten erst nach Afrika, dann nach Gallien und Kleinasien in der heutigen Türkei. Anders reiche junge Griechen. Ihre „Grand Tour der Antike“, wie es der Forscher nennt, sollte sie zu ihrem Lehrer bringen. „Sie hatten die Zeit und die Kapazitäten, um auf Reisen zu gehen und sich in der Fremde zu finanzieren.“ →

→Für diese Reisenden herrschten im ersten bis vierten Jahrhundert nach Christus günstige Bedingungen. „Eine Grundkonstante der römischen Kaiserzeit war, dass sich ein sehr großer Raum unter einer Herrschaft befand“, schildert Fron. Die römische Münze wurde von Gallien über Nordafrika, von Spanien bis in den Nahen Osten als Währungsmittel akzeptiert. „Römische Bürger, zu denen ab dem zweiten Jahrhundert zunehmend auch die meisten Mitglieder der griechischen Oberschicht gehörten, hatten Rechtssicherheit.“ Und eine wirtschaftliche Blütezeit ermöglichte es, an Bord eines der zahlreich verkehrenden Handelsschiffe mitzufahren. Allerdings war dieses Reisemittel unbeliebt – vor allem, weil es den standesbewussten Passagieren nicht behagte, sich einem einfachen Kapitän unterzuordnen, einfache Speisen zu essen und über wenig Privatsphäre zu verfügen. Die ungewohnten Bewegungen des Schiffes empfanden viele als bedrohlich. Daher nutzten fast alle betuchten Reisenden nur bei großer Eile das Schiff.

Bevorzugt wurde der Landweg, der jedoch ebenfalls seine Tücken hatte: Regelmäßig drohten Gefahren durch Kälte, Räuberbanden oder wilde Tiere. Viele Wege waren nicht ganzjährig befahrbar. Deshalb brachen die Männer in der Regel im Frühjahr in Karren auf, um spätestens im Herbst anzukommen. „Wenn man sich auf der Reise verletzte oder krank wurde, war das ein möglicher Grund, daran zu sterben. Es war nicht unüblich, von der Reise nicht mehr zurückzukehren“, sagt Fron. Die Karren waren allenfalls mit Lederriemen an den Achsen gefedert. Nach einem Tag auf Tour waren die Passagiere mit Staub und Dreck bedeckt, ihre Körper schmerzten so sehr, dass sie in regelmäßigen Abständen einen Tag pausieren mussten. Mit solchen technischen Mitteln große Distanzen zu überwinden – eine immense Leistung, so Fron. „Ich habe Reisen gefunden von mehr als 1300 Kilometern Luftlinie.“

DIE GLOBALISIERUNG IN DER KAISERZEIT

Weil Reisen teuer, gefährlich und anspruchsvoll war, trieb die Jünglinge ein Gefühl des Abenteurertums an: Erstmals dem strengen Regiment des Vaters entronnen, wollten sie etwas erleben und Leute kennenlernen. „Diese europaweiten Kontakte zu anderen Angehörigen der Oberschicht hielten ein Leben lang, da sie einem auch später nützlich sein konnten. Ich nenne das die Globalisierung in der Kaiserzeit, durch die die Welt näher zusammenrückte“, sagt Fron.

Wegen der patriarchalen Strukturen sind nur wenige weibliche Gelehrte in der Antike überliefert. Berühmte Beispiele, wie Hypatia von Alexandria, wurden im Wesentlichen vom Vater zu Hause ausgebildet und reisten kaum, erklärt der Historiker Fron. In der Regel entschied der Patriarch auch maßgeblich, was der Sohn werden solle und wo er dazu den besten Lehrer finde. Für eine Rednerausbildung etwa galt Athen als das Nonplusultra. Gelegentlich soll auch göttliches Walten die Karriereplanung beeinflusst haben: Dem Vater des berühmten antiken Mediziners Galen von Pergamon war laut dessen späterem Bericht der Gott der Heilkunst, Asklepios, im Traum erschienen. Der habe angekündigt, der Sohn solle Medizin studieren. So begann die Suche nach einer Ausbildungsstätte, „die gut ist, nützlich ist und den Nachbarn neidisch macht“, sagt Fron. Galen studierte folglich unter anderem in Alexandria, dem medizinischen Zentrum jener Zeit.

Frons wichtigste Quellen waren Aufzeichnungen der Gelehrten selbst. Zusätzlich untersuchte er Inschriften und Papyri wie das eines Theophanes, der im 4. Jahrhundert von Ägypten nach Antiochia (heute Antakya, Türkei) reiste und exakt dokumentierte, was er wo einkaufte. „So kann man wertvolle Informationen erhalten, wo er Pausen machte, wer ihn begleitete und welcher Aufwand mit einer Reise einherging.“

Bis zur Erfindung der Eisenbahn sei es eine Konstante des Reisens geblieben, dass die Fahrt selbst das Erlebnis war und die Reisezeit keinen solch bestimmenden Faktor darstellte, resümiert der Geschichtswissenschaftler. Eine bis in die Gegenwart gültige Parallele hat Fron in einem Brief des römischen Gelehrten Plinius entdeckt. Der beschrieb, ganz in seiner Nähe einen idyllischen See gefunden zu haben, und stellte fest: „Wir pflegen Reisen zu unternehmen, das Meer zu überqueren, um Dinge kennenzulernen, die uns, wenn wir sie immer vor Augen haben, nicht interessieren.“ ⇥

Römische Mythen – Achilles und Hektor waren ein beliebtes Motiv.

Fotos: austria-forum.org/Werner Gobiet (2), S. 18 Ulrich Harsch Bibliotheca Augustana

MIT DEM BAUKASTEN-PRINZIP ZUM VIREN-DETEKTOR

Schnell und einfach: Die Nachfrage nach unkomplizierten Virentests ist nicht nur unter Reisenden hoch.

TEXT: Julia Hoscislawski

Mobile Testverfahren, die Viren, Bakterien oder Umweltgifte mit wenig Aufwand und kostengünstig erkennen, könnten in vielen Bereichen Nutzen bringen. Einen ersten Prototypen hat Jun.-Prof. Michael Heymann mit einem Studierendenteam entwickelt.

Wie würde es das Leben derzeit erleichtern, könnte man einen Corona-Schnelltest ähnlich wie einen Schwangerschaftstest direkt bei einem ersten Verdacht nutzen! Eine Vorstellung, die seit dem Ausbruch der Pandemie tatsächlich weltweit zu einem Forschungsboom an Nachweisverfahren geführt hat. „Natürlich müsste im aktuellen Fall bei einem pathogenen Erreger die biologische Sicherheit mitgedacht werden. Beispielweise für eine sichere Entsorgung der durchgeführten Tests gesorgt sein," sagt Michael Heymann, Juniorprofessor und Leiter der Abteilung Intelligente Biointegrative Systeme am Institut für Biomaterialien und biomolekulare Systeme.

Dass die Frage nach hohen Testkapazitäten und schnellen Nachweisverfahren in der öffentlichen Wahrnehmung solch eine Aktualität gewinnen könnte, hätte sich Heymann wohl nicht träumen lassen. In seiner Forschung beschäftigt er sich mit biotechnologischen Prozessen und der Entwicklung von molekularen Programmen. Diese können unter anderem bei Testverfahren zum Einsatz kommen. Als Projektleiter hat er bereits 2017 gemeinsam mit 17 Studierenden einen kostengünstigen Fluoreszenzleser entwickelt. Er hat die Größe einer kleinen externen Festplatte und passt somit in jede Hosentasche. Ende 2019 wurden die Ergebnisse veröffentlicht.

Dabei ging es den Projektteilnehmenden vor allem darum, mit einfachen Mitteln eine Möglichkeit zu finden, eine virale von einer bakteriellen Infektion zu unterscheiden. „Zu oft wird von Ärzten bei harmlosen Infekten auf Verdacht ein Antibiotikum verschrieben. Die Konsequenz ist eine seit Jahren steigende Antibiotikaresistenz. Mit einem einfachen Testverfahren, das die Ärzte in ihren Praxen ohne weitere Laborkapazitäten anwenden, könnte man verhindern, dass im Fall einer viralen Infektion überhaupt ein Antibiotikum verschrieben wird", erklärt Heymann die Idee des Virendetektors. →

→ Ausgangspunkt des Forschungsprojektes war der iGem (international Genetically Engineered Machine competition), einer der international renommiertesten Studierendenwettbewerbe in der Synthetischen Biologie, bei dem die jungen Forschenden 2017 den zweiten Platz gewannen. Mit ihrem Beitrag konnten die Studierenden zeigen, wie ein auf dem Mechanismus der Genschere CRISPR/Cas basierender Detektor mit relativ einfachen Komponenten entsprechend dem Baukastenprinzip funktionieren kann: Neben der Integration der molekularbiologischen Komponente galt es, diese mit einer Hard- und einer Softwarekomponente zusammenzufügen.

LABOR IN DER HOSENTASCHE

Welch enormes Potenzial in Schnelltests mit sogenannten dezentralen Ansätzen steckt, lässt sich leicht erkennen. Nicht nur mit Blick auf die aktuelle Corona-Pandemie oder den an der Uni Stuttgart weiterentwickelten „Hosentaschendetektor". „Tests – ob für Ärzte oder Endnutzer – könnten zukünftig in vielen Lebensbereichen den Umgang mit Viren, Bakterien und Umweltgiften erleichtern", sagt Heymann. Für ihn ist eine Reihe von Szenarien vorstellbar: Das könnten alltagstaugliche Anwendungen sein, wie etwa ein Test, mit dem man das Fleisch im Supermarkt schnell und unkompliziert auf seine Frische checken kann. Auch Anwendungen im Medizinbereich sind möglich. Beispielsweise wäre eine Erweiterung des Smartphones zu einem Mikroskop für die Erkennung von Hautkrebs interessant. Auch in der Telemedizin, die in den nächsten Jahren gerade Landärzte mit einer hohen Arbeitsbelastung durch digitale Diagnostikmöglichkeiten unterstützen wird, könnten einfache kompakte Testsysteme eine große Hilfe sein.

An den Beispielen wird eines deutlich: Die Frage danach, wie man das Labor so miniaturisieren kann, dass es mobil einsetzbar wird, ist ebenso relevant wie die Frage, welche neuen molekularbiologischen Komponenten zur Detektion sinnvoll eingesetzt werden können. Große Chancen sieht Heymann hier in der Mikrofluidik, einem Bereich, in dem das Verhalten von Flüssigkeiten und Gasen auf kleinstem Raum erforscht wird. „In der mikrofluidischen Systemtechnik entwickelt und optimiert man die Manipulation von Flüssigkeiten in haarfeinen Kanälen – ähnlich oder analog zur Elektrotechnik, bei der es darum geht, Bauteile und elektrische Ströme auf kleinsten Längsskalen zu kombinieren", erklärt er. „Dabei interessieren uns vor allem intelligente Designs, welche einfach und intuitiv bedient werden können. Ein kleines Labor in der Hosentasche überallhin mitnehmen zu können ist toll. Es sollte aber nicht nur Experten, sondern jedem den Alltag erleichtern. Etwa so wie heute schon das mobile Internet."

Auf kleinstem Raum: Die Mikrofluidik untersucht das Verhalten von Flüssigkeiten und Gasen.

MEHRWERT FÜR STUDIERENDE

Bis dahin gibt es allerdings noch offene Fragen im Bereich der biologischen Programme zu erforschen. Und auch einiges an Wissen für die Entwicklung der dazugehörenden biotechnologischen Prozesse muss noch generiert werden. Möglicherweise arbeiten auch zukünftig Studierende daran mit. Gerade hat Heymann zusammen mit seinem Kollegen Prof. Peter Pott vom Institut für Medizingerätetechnik die Zusage von der Universität Stuttgart für ein offenes Labor bekommen. Als feste Struktur für außercurriculare Projekte innerhalb der neu eingerichteten „School for Talents", genannt: MEDtechBIO, sollen dort motivierte Studierende der technischen Biologie und der Medizintechnik eigene wissenschaftliche Fragen verfolgen – und so schon früh im Studium an die Forschung herangeführt werden. „Wir wollen die Kreativität und Zielstrebigkeit der Studierenden unmittelbar fördern. Wichtig ist uns dabei vor allem, wissenschaftsaktuelle, experimentelle Schwerpunkte verschiedener Disziplinen zu verknüpfen. Ein Ansatz, den wir im klassischen Praktikumsversuch nur schwer erreichen." Der Mehrwert für die Studierenden werde direkt greifbar, so Heymann: nämlich positive, neue Anreize für das weitere Studium – und auch die spätere Karriere. ⇥

KONTAKT

JUN.-PROF. MICHAEL HEYMANN **Mail: michael.heymann@bio.uni-stuttgart.de**
Telefon: +49 711 685 61686

Fotos: Unsplash

HÖCHSTE ZEIT FÜR NEUE VISIONEN

GASTBEITRAG: Theresia Bauer

Dass die Verkehrswende kommen muss, ist überwiegend Konsens, doch beim Wie streiten sich die Geister. Die baden-württembergische Wissenschaftsministerin Theresia Bauer reflektiert in einem Gastbeitrag Wege aus dem Autoland, zukunftsweisende Mobilitätsvisionen und die Rolle der Wissenschaft.

Die Mobilitätsvisionen der Vergangenheit dominieren heute immer noch unsere Lebenswirklichkeit. Ohne die damaligen Visionen wären unser heutiger wirtschaftlicher Erfolg und Lebenskomfort sicher nicht denkbar. Wir sind dadurch sehr viel mobiler geworden und viel mehr an sozialem Fortschritt wurde dadurch möglich. Denken Sie daran, welche Anerkennung die Ingenieurskunst mit dem Exportprodukt Auto genossen hat, wie Autos ihre Besitzerinnen und Besitzer mit Stolz erfüllt haben, welches Gefühl von Freiheit und Unabhängigkeit sich mit dem eigenen Auto verband und wie sich Automobilindustrie und Ingenieurwissenschaft an den Hochschulen gegenseitig in einer Innovationsspirale befruchtet haben. Die Innovationen waren und sind ein Produkt der damaligen Mobilitätsvision.

Weil wir an vergangene Erfolge anknüpfen wollen, wird es höchste Zeit, neue Mobilitätsvisionen zu entwickeln und umzusetzen. Dass es aus Klimaschutzgründen einer Verkehrswende bedarf, ist heute schon fast gesellschaftlicher Konsens. Bei der Frage, wie das Ganze zu bewerkstelligen ist, sodass es in der Lebenswirklichkeit ankommt und unseren →

Theresia Bauer

Wir in Baden-Württemberg wollen auch in Zukunft Impuls-geber in Sachen Mobilitäts-technologien sein.

Theresia Bauer ist Ministerin für Wissenschaft, Forschung und Kunst in Baden-Württemberg. Seit ihrem Amtsantritt im Jahr 2011 wurde sie dreimal von den Mitgliedern des Deutschen Hochschulverbandes zur „Wissenschaftsministerin des Jahres" gekürt.

→ Wohlstand sichert, stehen wir aber noch am Anfang. In einer Demokratie passiert die Veränderung nicht einfach „top-down". Sie ist ein gesellschaftlicher Kraftakt und bedarf der Überzeugung und Kreativität von vielen.

Ich sehe die Universitäten und Hochschulen als Orte, die diese Veränderung hervorragend mitgestalten können. Hier haben sie die Freiheit, sich ganz grundlegend und unabhängig von einem Geschäftsmodell mit Mobilitätsvisionen und Machbarkeiten auseinanderzusetzen. Für den gesellschaftlichen Diskurs braucht es sichtbare Szenarien, um den Möglichkeitsraum aufzuspannen. Und es braucht Expertinnen und Experten, die die Bürgerinnen und Bürger mit fundierten Analysen informieren. Nicht zuletzt sind Begeisterung und Offenheit für das Neue unverzichtbar, wenn alte Pfade verlassen werden sollen. Das Format der Reallabore geht genau in diese Richtung. Der Campus als Zukunftslabor soll solche Erfahrungsräume ermöglichen. Die Universität Stuttgart hat beispielsweise mit ihrem „Reallabor für nachhaltige Mobilitätskultur" die Stadtgesellschaft aktiv einbezogen und mit Aktionen für Diskussionsstoff gesorgt. Das steht für eine Wissenschaft, die bei der Zukunftsgestaltung den Dialog sucht, die Anlässe zur Diskussion schafft und eine informierte Meinungsbildung der Bürgerinnen und Bürger moderiert. Davon bin ich immer wieder neu begeistert. Das hat uns im Wissenschaftsministerium inspiriert, noch einen Schritt weiter zu gehen. Im Ideenwettbewerb zu Mobilitätskonzepten für den emissionsfreien Campus haben wir elf Hochschulen im Land die Möglichkeit gegeben, mit ihren jeweiligen Stakeholdern ein lokal angepasstes klimaverträgliches Mobilitätskonzept zu entwickeln. Gerade bei Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern ist der berufliche Erfolg bisher mit überdurchschnittlicher Mobilitätsaktivität verknüpft. Gelingt es hier, verkehrsverträgliche Alternativen zu entwickeln, kann das Vorbild für die Lebensmodelle anderer werden. Deshalb waren die Bedürfnisse der Mobilitätsnutzerinnen und -nutzer im Wettbewerb zentral. Es geht nicht darum, Mobilität einzuschränken, sondern um eine klimaverträgliche und gleichzeitig nutzerzentrierte und attraktive Mobilität. Die Wissenschaftlerinnen, Wissenschaftler und Studierenden sind Teil des Experiments. Die Dynamik im Wettbewerb Ende letzten Jahres hat mir gezeigt, dass die Hochschulen geeignete Treiber von Veränderung sein können. Mit engagierten Akteuren, Begeisterung und Tatkraft gelingt es, eine neue Mobilitätspraxis ins Leben zu rufen, die technologisch und ökologisch ambitioniert ist. Die Universität Stuttgart kann als Preisträger des Wettbewerbs nun die nächsten Schritte zur Umsetzung ihres Mobilitätskonzeptes gehen. Mit dem Ziel der Klimaneutralität bis 2035, mit einem infrastrukturell unterstützten Anreizsystem und innovativen Bausteinen, die die Forschungsleistungen der Universität deutlich machen, ist MobiLab unser Leuchtturm für eine zukunftsfähige Mobilitätsvision. Es geht darum, die Zukunft der Mobilität auf dem Campus erlebbar zu machen.

OPTIMALE FORSCHUNGSBEDINGUNGEN

Gleichzeitig investieren wir in methodische und technologische Entwicklungen, die die Transformation der baden-württembergischen Kernindustrien antreiben. Im Innovationscampus „Mobilität der Zukunft" bündeln Universität Stuttgart und KIT ihre Kompetenzen in den Bereichen Mobilität und Produktion. Damit wollen wir dem wissenschaftlichen Nachwuchs optimale Forschungsbedingungen bieten, um Technologien mit Impakt auf das Mobilitätssystem auf den Weg zu bringen.

Mit zwei Experimentierfeldern – dem Innovationscampus und den Mobilitätskonzepten – gestaltet das Wissenschaftsministerium das Forschungs- und Innovationsumfeld im Strategiedialog Automobilwirtschaft BW. Schließlich wollen wir in Baden-Württemberg auch in Zukunft Impulsgeber in Sachen Mobilitätstechnologien sein. Das gelingt, wenn Technologien in praxistaugliche Konzepte eingebettet sind, die den Klimazielen gerecht werden, die einfach Begeisterung wecken und die Absolventinnen und Absolventen und Arbeitsplätze im Land halten. Die Begeisterung für die Sache bringt neue Technologien voran, weckt den Unternehmergeist und wird auch unseren internationalen Ruf als Mobilitätsland prägen. ↠

Foto: Sabine Arndt

REIN IN DIE STADT

TEXT: Jutta Witte

Reallabore tragen Wissenschaft in die Gesellschaft. Auch am Städtebau-Institut der Universität Stuttgart setzt man auf das gemeinsame Experimentieren. Mit dem „Reallabor für nachhaltige Mobilitätskultur“ treffen sie in der Autostadt den Nerv der Zeit.

„Stuttgart bewegt sich“: Studierende, Lehrende und Bürger*innen kamen in dem Workshop zusammen. Sie präsentierten und diskutierten ihre Überlegungen zu Mobilität an einer „Wand der Ideen“.

„Wir forschen mit den Bürgerinnen und Bürgern zu den Fragestellungen, die ihre Lebenswirklichkeit bestimmen, und lernen dabei gemeinsam“, erklärt Martina Baum, Professorin für Stadtplanung und Entwerfen an der Universität Stuttgart und Koordinatorin des „Reallabors für nachhaltige Mobilitätskultur“. Das Thema des Labs, „nachhaltige Mobilitätskultur“, liegt in der baden-württembergischen Landeshauptstadt auf der Hand. Stuttgart ist eine der typischen autogerechten Städte, die im Deutschland der 1970er-Jahre am Reißbrett entstanden sind. Bis heute ist sie vom Automobil geprägt. Die negativen Folgen sind längst überdeutlich: Staus, Lärmbelastung und Luftverschmutzung strapazieren die Umwelt und verringern die Lebensqualität.

Lange Zeit galt hierzulande Mobilität als gleichbedeutend mit Autofahren. Und Mobilitätskonzepte bauten darauf, die Nutzung des eigenen Pkw zu belohnen. Von diesem Paradigma haben sich die Akteurinnen und Akteure im Reallabor konsequent verabschiedet. Sie wollen Mobilitätskultur neu denken und den Menschen bei der Planung und Gestaltung in den Mittelpunkt stellen. „Es geht uns nicht darum, Mobilität einzuschränken“, betont Baum. „Aber wir wollen den starken Fokus auf das Auto hinterfragen und andere Möglichkeiten aufzeigen.“ Auf der Suche nach Konzepten, die Ressourcen schonen sowie Gesundheit und Beteiligung fördern, kooperieren in dem vom Land Baden-Württemberg geförderten Labor seit 2014 sieben Institute der Universität Stuttgart mit weiteren Hochschulen und Forschungseinrichtungen, Vereinen, Institutionen, Stadtverwaltung und Bürgerschaft.

INTERVENTIONEN BEWUSST ERLEBEN

In der ersten Förderphase bis 2017 lag der Schwerpunkt der Forschenden darauf, das konfliktbeladene Thema möglichst vielen Bürgerinnen und Bürgern nahezubringen. Dabei setzten sie auf Diskussionen, Angebote wie eine Fahrradrikscha oder auch auf neue Orte der Begegnung, zum Beispiel umfunktionierte Autostellplätze oder die für Stuttgart typischen Treppenanlagen „Stäffele“. In Phase zwei ging es dann vor allem um das Experimentieren im öffentlichen Raum. „Aus der ersten Phase haben wir gelernt, dass Interventionen im Stadtraum, die man als Mensch bewusst erleben und erfahren kann, den Diskurs am besten befruchten“, berichtet Baum. →

→Wie neue Formen des Austauschs zum Thema Mobilität und Stadtgesellschaft in der Praxis aussehen können, zeigen drei Projekte von Studierenden, die als Siegerentwürfe aus Baums Seminar „Provisorische Architektur“ hervorgegangen sind. Wie bewegen wir uns in der Stadt? Und wem gehören die Räume, die bislang überwiegend von Autos belegt werden? Das waren Fragen, denen auch Ali Hajinaghiyoun und Felix Haußmann im Rahmen ihres Experimentes „StadtRegal“ nachgegangen sind. Das multifunktionale Möbel wurde für sechs Wochen am Österreichischen Platz aufgebaut – ein Areal, das von einer surrealistisch anmutenden Kreisverkehr-Brücken-Konstruktion für den Autoverkehr dominiert wird. Das Regal bot Raum für eine Notunterkunft, eine Gemeinschaftsküche und einen Lastenradverleih. Daneben stand es für flexible Nutzungen wie einen Food-Sharing- oder Medikamentenschrank und für gemeinsame Kochevents zur Verfügung. Als Ort der spontanen Begegnung entwickelte es sich zu einem Treffpunkt für Menschen aus ganz unterschiedlichen Milieus.

Martina Baum, Professorin für Stadtplanung und Entwerfen

"Es geht uns nicht darum, Mobilität einzuschränken. Aber wir wollen den starken Fokus auf das Auto hinterfragen und andere Möglichkeiten aufzeigen."

ROLLSCHUHBAHN FÜR ALLE

Auch das zweite Siegerprojekt drehte sich um den Österreichischen Platz, und zwar buchstäblich. „How do you roll?“ wollten Cristina Estanislao Molina und ihre Mitstreiterinnen und Mitstreiter wissen. Die Idee dahinter: Für zwei Stunden sollte der Ort, der „eigentlich keinen Bezug zu Menschen hat“, in eine offene Rollschuhbahn verwandelt werden. Abgesehen von Autos stand sie allen Fahrzeugen offen – vom Skateboard über das Fahrrad bis hin zum Rollator. Unter dem Motto „Die Stadt gehört uns allen“ folgten viele, vor allem →

Siegerprojekt „StadtRegal“: Studierende bauen das experimentelle Möbel zusammen (oben).

Das Multifunktionssystem entwickelte sich zu einem beliebten Treffpunkt (links).

Siegerprojekt „How do you roll?“: Zwei Stunden lang beherrschten Bobbycars, ...

... Skateboards, extravagante Fahrräder – kurz: alles, was rollt und kein Auto ist, ...

... den Österreichischen Platz, der normalerweise von dichtem Autoverkehr dominiert wird.

forschung leben 02 / 2020

→Familien, dem Aufruf. Begleitet von Musik waren Kinder auf Rollschuhen ebenso unterwegs wie Erwachsene mit Lastenrädern oder Jugendliche auf dem Einrad – für die 25-jährige Estanislao Molina eine ganz besondere Erfahrung: „Hier sieht man, wie viel man auf die Beine stellen kann, wenn man eine gute Idee mit Leidenschaft verfolgt.“

Zu einer imaginären Reise in die Vergangenheit luden Christian Köhler und sein Team die Menschen in Stuttgart ein. Sie fragten im Rahmen ihres Projektes „Stuttgarter Luftbahn“, auf welche Form von Mobilität die Pioniere und Vordenker des ausgehenden 19. Jahrhunderts gesetzt hätten. So entstand die Idee, die Geschichte der „Luftbahn“, eines Heißluftballons mit Gondel, zu erzählen. Mit einem Augenzwinkern stellten sie so auch die Frage in den Raum, ob die „Luftbahn“ eine Renaissance erfahren und die Menschen im überfüllten Ballungsraum lärm- und emissionsfrei von Station zu Station bringen könnte. Das Projektteam entwarf einen Netzplan für sein hypothetisches ÖPNV-System und baute eine Bahnstation im zeitgenössischen Stil auf. „Wir haben sozusagen eine vergangene Zukunft entwickelt“, sagt Köhler.

ERFAHRUNGSWISSEN SOLL FRÜCHTE TRAGEN

Alle Projekte mit ihren vielen unterschiedlichen Partnerinstitutionen waren Interventionen auf Zeit, die auf großes Interesse stießen. Martina Baum hofft, dass das Erfahrungswissen, das mit dem Reallabor über mehrere Jahre entstanden ist, weiter Früchte in der Stadt trägt – auch wenn das Großprojekt im August 2020 offiziell beendet ist. Sie weiß jetzt: „Die Universität Stuttgart kann sehr viel beitragen, um die großen Herausforderungen zu meistern, vor denen wir als Gesellschaft stehen“ – für die Stadtplanerin eine Bestätigung, dass sich der transdisziplinäre Ansatz, dem sich Reallabore verschreiben, erfolgreich etabliert hat. →|

Transdisziplinär: Interdisziplinär Forschende kooperieren mit gleichberechtigten Akteurinnen und Akteuren aus der Gesellschaft.

KONTAKT

PROF. MARTINA BAUM **Mail: sue@si.uni-stuttgart.de**
Telefon: +49 711 685 83350

Fotos: S. 26 Lewin Biskupski, Universität Stuttgart, S. 27 Ali Haji, S. 28 Universität Stuttgart, BlattKunst, S. 29 Uli Regenscheit, Ali Haji, Universität Stuttgart, S. 30 Lewin Biskupski, S. 31 Universität Stuttgart

Siegerprojekt „Stuttgarter Luftbahn“: Zurück in die Zukunft versetzte das Projektteam die Menschen.

Für den historisch belegten Heißluftballon mit Gondel entwarfen die Studierenden sogar einen Netzplan.

KONFLIKTE DEMOKRATISCH GESTALTEN

TEXT: Jutta Witte

Warum ein Möbelstück wie das Regal für städteräumliche Fragen spannend ist, darüber spricht der Mitinitiator von „StadtRegal“ Ali Hajinaghiyoun im Interview.

Herr Hajinaghiyoun, Sie haben das Experiment StadtRegal mitinitiiert. Warum haben Sie dieses Möbel als Vorbild gewählt?
Ein Regal gliedert einen Raum in unterschiedliche Fächer und gibt ihm hierdurch eine bestimmte Ordnung. Genauso ist es im städtischen Raum. Vor allem in Transformationsprozessen stellt sich die Frage: Wer entscheidet, wofür und wie diese Fächer genutzt werden sollen? Wer bestimmt die Regeln? Wir wollen helfen, solche Konflikte demokratisch zu gestalten.

Welche Konfliktsituation haben Sie vorgefunden?
Unser StadtRegal stand am Österreichischen Platz in Stuttgart – ein Ort, der noch immer von Autos beherrscht wird, der sich aber gerade im Wandel befindet. Es hat viele Vorstöße aus der Stadtgesellschaft gegeben, ihn anders zu nutzen – vom Sommerkino bis hin zum→

Ali Hajinaghiyoun hat an der Universität Stuttgart Architektur studiert.

Foto: Ali Hajinaghiyoun

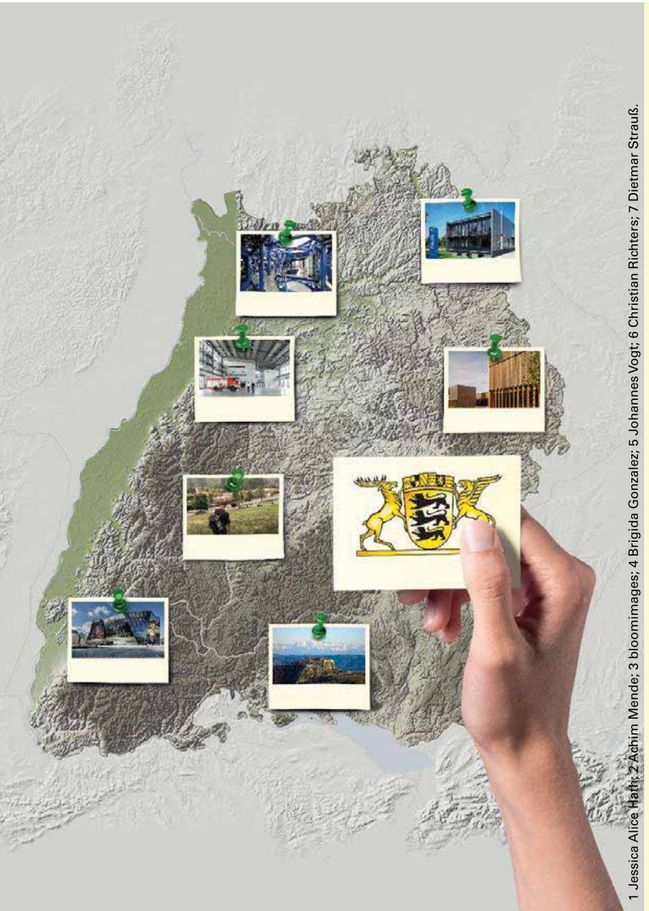
→Flohmarkt. Nur eine Gruppe war daran nicht beteiligt: die der Obdachlosen, Drogenabhängigen und Alkoholkranken, die dort unter der Brücke lebt – eine ziemlich deprimierende Beobachtung.

Haben Sie es geschafft, diese Menschen mitzunehmen?
Die Bürgerinnen und Bürger haben das StadtRegal intensiv genutzt. Wir konnten erleben, dass durch diese Intervention mehr Menschen in einer neuen Art und Weise Verantwortung für dieses Areal entwickelt haben, und wie sich die sozialen Gruppen gemischt haben. Auch wenn es natürlich Konflikte gab. Das größte, was wir erreicht haben, ist, diesen Menschen auf stadtpolitischer Ebene Gehör verschafft zu haben.

Sie leben jetzt als freier Architekt und Stadtplaner in Hamburg. Ist Ihr Konzept auch auf andere Städte anwendbar?
Wir haben das StadtRegal speziell für den Österreichischen Platz gebaut. Aber natürlich kann man dieses Gestaltungsinstrument in vielen Kontexten nutzen, immer dann, wenn Räume sich wandeln und neu genutzt werden sollen.

Was haben Sie für sich selbst aus diesem Experiment gelernt?
Mir ist vor allem klar geworden: Wir müssen uns als Architektinnen und Architekten, Stadtplanerinnen und Stadtplaner neu definieren. Wir sind nicht nur Dienstleistende. Wir müssen auch die Konsequenzen unserer Interventionen für das soziale Umfeld der Menschen in den Blick nehmen. ↠

Anzeige



1 Jessica Alice Haith; 2 Achim Mende; 3 bloomimages; 4 Brigida Gonzalez; 5 Johannes Vogt; 6 Christian Richters; 7 Dietmar Strauß.

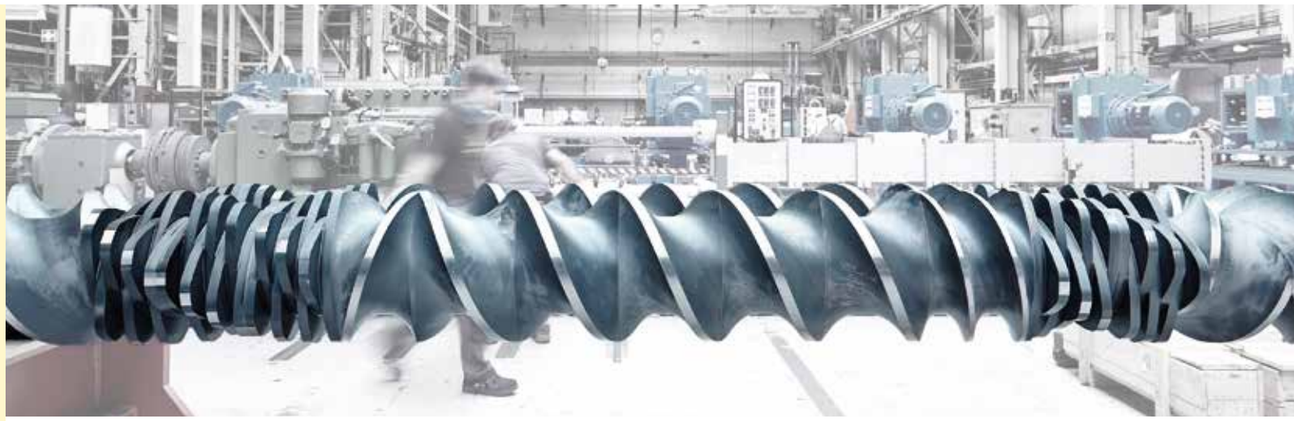
35.752 km , um sich selbst zu verwirklichen.

Wenn wir morgens zur Arbeit gehen, wissen wir genau wofür.
Dafür, dass im Land alles nach Plan läuft, das Immobilienvermögen erhalten bleibt, Forschung und Lehre stattfinden können und unsere Kulturdenkmäler auch zukünftig eine breite Öffentlichkeit begeistern.

Informieren Sie sich jetzt über eine Karriere beim Landesbetrieb Vermögen und Bau Baden-Württemberg:
www.vermoegenundbau-bw.de

**Wir bauen Baden-Württemberg.
Bauen Sie mit.**

Baden-Württemberg
VERMÖGEN UND BAU



KARRIERE BEI COPERION. EINE ENTSCHEIDUNG FÜR DIE ZUKUNFT.

Seit über 140 Jahren arbeiten wir an technologisch höchst anspruchsvollen Compoundier- und Extrusionsanlagen überall auf der Welt. Unser Versprechen „confidence through partnership“ begleitet uns nicht nur in der Zusammenarbeit mit Kunden oder externen Partnern, sondern auch dann, wenn es darum geht, neue Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter für uns zu begeistern.

Coperion als Arbeitgeber: Das sind hervorragende Perspektiven an den verschiedensten Standorten weltweit. Sie erwarten vielfältige Tätigkeitsbereiche, abwechslungsreiche Aufgaben und ideale Bedingungen für Ihre berufliche und persönliche Entwicklung in einem internationalen Umfeld. www.coperion.com/karriere

coperion
confidence through partnership

Prof. Thomas Graf vom IFSW justiert den Laserstrahl.

Mobilität im 3D-Druck

TEXT: Andrea Mayer-Grenu
FOTOS: Max Kovalenko

Sprunginnovationen und neue Technologien sollen das Autoland Baden-Württemberg zum Schaufenster einer modernen und nachhaltigen Mobilität machen. Hierfür haben sich die Universität Stuttgart und das Karlsruher Institut für Technologie (KIT) im Innovationscampus „Mobilität der Zukunft – Forschung für die nachhaltige Mobilität für übermorgen" (ICM) zusammengeschlossen.

„Im Wesentlichen fahren wir heute noch Auto wie dereinst Bertha Benz", bringt der Stuttgarter Geschäftsführer des ICM, Dr. Max Hoßfeld, die Problematik des heutigen Mobilitätsverhaltens auf den Punkt. Die Automobilpionierin saß bei der ersten erfolgreichen Fernfahrt mit einer Droschke höchstpersönlich am Steuer und fuhr von Mannheim ins Zentrum ihrer Geburtsstadt Pforzheim. „Das will heute im Grunde kein Städteplaner mehr", sagt Hoßfeld. Denn der Individualverkehr beansprucht bekanntermaßen viel Platz, produziert Abgase und Lärm. Ihn einzudämmen ist gleichwohl auch ein Problem in einem Land, dessen Schlüsselindustrien davon leben, dass die Menschen alle paar Jahre ein neues Auto kaufen. →

Feine Auflösung und hohe Oberflächengüte beim Stereolithografiedruck

→Doch schon vor und erst recht in der Corona-Krise ist der Fahrzeugabsatz ins Stottern geraten, mit drastischen Folgen für die Gewinne und den Arbeitsmarkt. „Das herkömmliche Geschäftsmodell der Automobilindustrie trägt höchstens noch für ein bis zwei Fahrzeuggenerationen“, beschreibt Hoßfeld die Herausforderungen, „dann brauchen wir andere Antworten.“ Gefragt ist eine Transformation der Mobilität und ihrer Produkte und Geschäftsmodelle, aber auch der heute weltweit zersplitterten Wertschöpfungsketten. „Um globale Abhängigkeiten zu reduzieren, müssen wir die Wertschöpfung nach Mitteleuropa zurückbringen. Dafür muss unsere Produktion flexibler und effizienter werden.“

Advanced Manufacturing heißt das Stichwort. Um dieses auf eine neue Stufe zu heben, treibt die Forschenden des ICM die Vision einer universellen Produktionstechnik, quasi einer „Universalmaschine“. Sie vereint heute getrennt ablaufende serielle Fertigungsprozesse in einer einzigen Anlagentechnik. Einmal aufgebaut, kann die flexible Allzweckwaffe direkt mit CAD-Daten gespeist werden und produziert dann vor Ort bedarfsgerecht praktisch jedes beliebige Bauteil – und das schon ab Losgröße 1. Eine Schlüsseltechnologie ist dabei die additive Fertigung – gemeinhin bekannt als 3D-Druck. Mit ihr lassen sich nicht nur hochwertige (Leicht-)Bauteile herstellen, sondern auch Bauteile mit neuartigen integrierten Funktionen.

SCHLÜSSELROLLE LASER

„Der Großteil additiver Fertigungsverfahren ist laserbasiert“, erklärt Volkher Onuseit vom Institut für Strahlwerkzeuge (IFSW) der Universität Stuttgart, das an verschiedenen Projekten des ICM beteiligt ist. Dabei werden Metalldrähte oder Pulver mithilfe des Lasers aufgeschmolzen und so das Werkstück und seine Konturen Schicht für Schicht aufgebaut. Das Problem dabei: Die Oberflächen der so gefertigten Teile sind relativ rau und nicht präzise genug, um sie mit anderen Teilen passgenau zu montieren oder Funktionen wie Haftung oder Reibung zu gewährleisten. Vor der weiteren Verarbeitung müssen sie daher nachgearbeitet werden, indem ein Teil des Materials wieder abgetragen wird. „Damit geht eine Vielzahl an Fragen einher“, erklärt Onuseit: „Wie viel mehr Material muss ich aufbauen, damit die Nachbearbeitung zu dem gewünschten Ergebnis führt? Wie und mit welchem Werkzeug kann das Teil produziert werden? Wie können die Prozesse geregelt werden?“ Solche Fragen lassen sich nur interdisziplinär beantworten. Deshalb arbeiten im ICM Forschende aus den Gebieten Fahrzeugtechnik, Produktentwicklung, Produktionstechnik, Chemie, Werkstoffe, Elektrotechnik, Flugzeugbau und Werkzeugmaschinen zusammen. Die Themen werden in Tandems aus Stuttgarter und Karlsruher Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern bearbeitet. „Das klappt außerordentlich gut“, meint Hoßfeld, der auch die operative Zusammenarbeit der beiden Standorte verantwortet. „So ergänzen sich etwa die komplementären Kompetenzen sowohl in Grundlagenforschung als auch Technologietransfer perfekt.“

WECHSELWIRKUNGEN BESSER VERSTEHEN

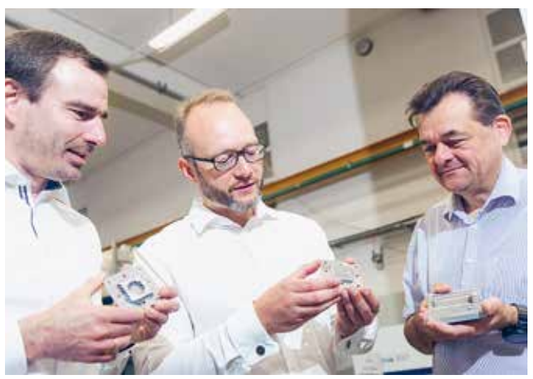
In einem Pilotprojekt untersuchen daher das Institut für Werkzeugmaschinen (IfW), das IFSW, das Institut für Steuerungstechnik der Werkzeugmaschinen und Fertigungseinrichtungen (ISW) sowie das Institut für Materialprüfung, Werkstoffkunde und Festigkeitslehre (IMWF) gemeinsam die endkonturoptimierte Produktion sowie die Optimierung der Eigenschaften additiv gefertigter Bauteile. Seitens des KIT ist das Institut für Produktionstechnik (wbk) beteiligt. Eine besondere Herausforderung bei der Optimierung der Endkonturen sind die Wechselwirkungen zwischen der additiven Fertigung und der Nachbearbeitung. „Das Aufschmelzen von Pulver oder Metall beeinflusst die Materialeigenschaften im Inneren des Bauteils, zum Beispiel die Eigenspannung“, erklärt der Direktor des IfW, Prof. Hans-Christian Möhring. Durch das Abtragen von Material bei der Nachbearbeitung verändern sich diese Verhältnisse erneut. „Diese komplexe Wirkkette wollen wir verstehen und die Eigenschaften der Bauteile modellhaft abbilden.“ →

Oben: Dr. Dina Becker prüft die Formgenauigkeit des zylindrischen Testbauteils.

Rechts: Plandrehen eines additiv hergestellten Testbauteils

Links: Dr. Becker und der wissenschaftliche Mitarbeiter Steffen Boley begutachten ein Testbauteil.

Unten: Prof. Hans-Christian Möhring, Dr. Max Hoßfeld und Prof. Thomas Graf

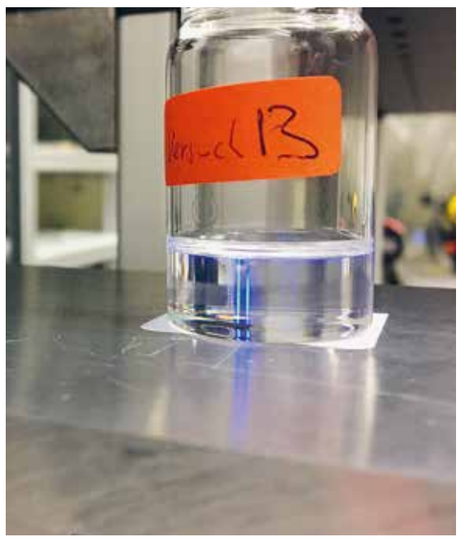


→Als ersten Schritt lässt Dr. Dina Becker, akademische Mitarbeiterin des IfW, am IFSW mit der Technik des Laserauftragsschweißens kleine Zylinder aus Aluminiumdraht herstellen. Sie will herausfinden, wie viele Bahnen eines Drahts ausgelegt werden müssen, um eine bestimmte Materialstärke zu erzielen, wie breit das Schmelzband wird und welche Auswirkungen dies auf die Formgenauigkeit der Bauteile hat. „Bei unseren Versuchen am IFSW konnten wir bereits eine minimale Wandstärke festlegen, aber die Genauigkeit und Oberflächenqualität der Zylinder waren zunächst nicht optimal. Wir brauchen eine Wandstärke, die homogen ist“, erklärt die Wissenschaftlerin. Daher variiert Becker im nächsten Schritt die Parameter der Nachbearbeitung und analysiert, wie sich diese auf die Materialeigenschaften auswirken. Was an vergleichsweise einfachen Teilen wie den Zylindern erforscht wird, soll später auf komplexe Bauteilgeometrien übertragen werden. „Unsere Vision ist es, den gesamten Prozess der additiv-subtraktiven Fertigung so zu verstehen, dass wir auch bei komplexen Teilen die Prozesse einzeln einstellen und bewusst bestimmte Eigenschaften erreichen können“, erklärt Möhring.

DEN 3D-DRUCK EFFEKTIVER MACHEN

Einen Nachteil hat die additive Fertigung allerdings: Der 3D-Druck ist langsam und teuer. In einem anderen Projekt, in dem das Institut für Flugzeugbau (IFB), das Institut für Polymerchemie (IPOC), das IFSW sowie von Karlsruher Seite ebenfalls das wbk zusammenarbeiten, geht es daher um die Erhöhung der Produktivität. Eine Stellschraube ist dabei die Herstellungsgeschwindigkeit: „Bei harzbasierten additiven Fertigungsverfahren wollen wir mithilfe ultrakurzgepulster Laserstrahlen die Herstellung hochpräziser Bauteile von derzeit wenigen Kubikmillimetern pro Sekunde auf Kubikzentimeter pro Sekunde erhöhen, um relevante Produktionsvolumina für zukünftige Mobilitätsanwendungen zu erreichen“, erklärt Tristan Schlotthauer, wissenschaftlicher Mitarbeiter am IFB. Basierend auf der Zwei-Photonen-Polymerisation untersuchen die Forschenden hierfür, wie durch dynamische Formung des Laserstrahls eine Entkopplung des Produktionsprozesses von der bisherigen Fertigung in Schichten erfolgen kann.

Eine zweite Stellschraube besteht darin, nicht nur einzelne Bauteile zu drucken, sondern komplette Baugruppen, sodass auf anschließende Montagearbeiten verzichtet werden kann.→



Links: Blaues Licht aufgrund des Zwei-Photonen-Polymerisations-Effekts im Harzbad am Institut für Flugzeugbau.

Rechts: Gute Form, dünne Wände – die Oberflächenqualität kann am IfW gesteigert werden.

Prof. Nejila Parspour setzt auf Weichmagneten aus dem 3D-Druck.

„Unsere Forschung eröffnet den Weg zu neuartigen Motoren, von denen wir sehr viel höhere Wirkungsgrade erwarten.“

→Zudem können verschiedene Funktionen beim Drucken zusätzlich in die Bauteile integriert werden; zum Beispiel metallische Einleger für besonders beanspruchte Stellen oder mechatronische Komponenten, die Sensor- und Aktorfunktionen übernehmen. „Dies war bisher nicht oder nur mit sehr großem Aufwand realisierbar“, sagt Volkher Onuseit vom IFSW.

UNGEAHNTE FREIHEITSGRADE

Dabei können auch neuartige Teile entstehen, die den Konstrukteuren im Mobilitätsbereich ungeahnte Freiheitsgrade verschaffen. Davon wird gerade auch die Elektromobilität profitieren, glaubt Prof. Nejila Parspour am Institut für Elektrische Energiewandlung. Gemeinsam mit dem IFSW sowie den Karlsruher Instituten für Produktentwicklung (IPEK) und für Fahrzeugsystemtechnik (FAST) sucht sie nach Möglichkeiten, um mit additiv gefertigten Bauteilen ein Grundproblem der Elektromobilität besser zu lösen: „Elektromotoren müssen leicht und kompakt sein und gleichzeitig im Stadtverkehr wie auf der Autobahn, also in sehr verschiedenen Drehzahlbereichen, sehr hohe Wirkungsgrade erzielen“, erklärt Parspour. Eine Schlüsselrolle spielt dabei ein Magnetfeld, durch das Strom in Geschwindigkeit gewandelt wird. Um diesen Wandlungsprozess zu optimieren, gibt es drei Einflussgrößen: das Design, bestehend aus mathematischen Algorithmen, die Regelung sowie die „Zutaten“, wie Hart- und Weichmagnete.

Fast per Zufall stießen Parspour und ihr Team auf Chemikerinnen und Chemiker an der Fachhochschule Aalen, die solche Magnete im 3D-Druck herstellten – und waren begeistert. Und das nicht nur, weil im 3D-Druck Magnete in großer Stückzahl und mit besonderen Strukturen hergestellt werden können. „Der eigentliche Durchbruch besteht darin, dass beim 3D-Druck ähnlich wie beim Stricken jede Schicht anders gestalten werden kann“, erklärt die Wissenschaftlerin. „Man kann in die Schichten der Weichmagneten zum Beispiel Luft oder ein anderes Material einbringen.“ Das ist deshalb spannend, weil das Magnetfeld stets den Weg des geringsten Widerstandes geht: Es wird zu gut leitenden Bereichen hingezogen und meidet Luftfelder. Gelingt es also, in Weichmagneten Bereiche mit unterschiedlicher Leitfähigkeit zu integrieren, kann der magnetische Fluss gezielt in die gewünschte Richtung gesteuert werden. „Dies eröffnet den Weg zu neuartigen Motoren, von denen wir sehr viel höhere Wirkungsgrade erwarten“, schwärmt Parspour.

Aber auch Hartmagnete lassen sich im 3D-Druck differenzierter herstellen. Diese enthalten zur Stabilisierung des Temperaturverhaltens seltene Erden, die derzeit teuer sind und zudem oft unter fragwürdigen Bedingungen gewonnen werden. „Durch den 3D-Druck können wir seltene Erden ganz gezielt in Bauteile einbringen, also dort, wo es warm wird, mehr und anderswo weniger“, erklärt Parspour. Dies kommt dann nicht nur der Mobilität der Zukunft, sondern dem Umweltschutz insgesamt zugute.→

KONTAKT

DR. MAX HOSSFELD **Mail: max.hossfeld@ifsw.uni-stuttgart.de**
Telefon: +49 711 685 60947

MOBILITÄT

MOMENTAUFNAHME IN ZAHLEN

Daten und Fakten können – und sollten – eine wichtige Grundlage für Entscheidungen liefern, nicht zuletzt in der Verkehrs- und Umweltpolitik. Daten und Fakten können aber auch einen Erkenntnisgewinn für die Einzelnen bedeuten, vielleicht sogar zum Nachdenken über das eigene Verhalten anregen: Es erschrickt vielleicht der eine oder die andere angesichts der Zahl der in Deutschland zugelassenen Pkw oder der im Stau vergeudeten Lebenszeit. Gleichzeitig mag die Information, dass drei von vier Haushalten ein Fahrrad besitzen, bei manch einem und einer ein neues Gefühl von Gemeinschaft herstellen.

46 Stunden Deutschland

115 Stunden Großbritannien

99 Stunden USA

So lange stehen Autofahrer*innen pro Jahr durchschnittlich im Stau.

Quelle: Inrix 2019 Global Traffic Scorecard

Ca. 25.000 Carsharing-Pkw

waren Anfang 2020 in Deutschland zugelassen. Ein winziger Bruchteil der insgesamt **ca. 47 Millionen Pkw**.

Quelle: ADAC, Carsharing-Statistik 2020

76 % aller Haushalte

in Deutschland haben mindestens ein Fahrrad. In **14 % der Haushalte** gibt es ein Pedelec.

Quelle: BMVI, Fahrrad-Monitor 2019

60,7 % beträgt der Anteil von Pkw an CO_2-Emissionen im Transportsektor. Zum Vergleich: Der Schienenverkehr macht **0,5 %** aus.

Quelle: European Environment Agency (2016)

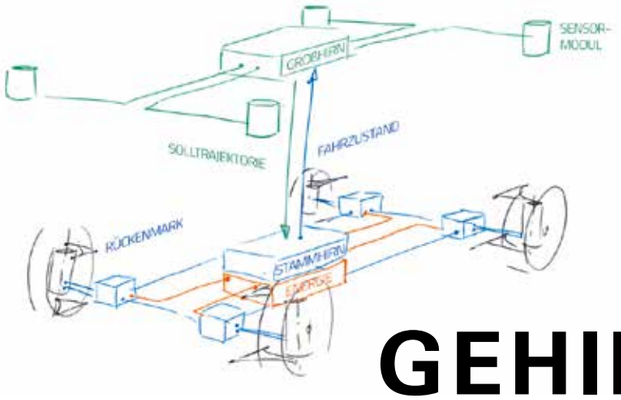
3,1 Wege und 85 Minuten pro Tag

Das ist die Zahl der zurückgelegten Wege und der dafür aufgewendeten Zeit pro Person in Deutschland 2017, im Durchschnitt.

Quelle: BMVI, Mobilität in Deutschland, Kurzreport 2019

138 Mal stieg jede*r Einwohner*in Deutschlands 2017 durchschnittlich in Bus oder Bahn. Der Trend zur Nutzung des öffentlichen Nahverkehrs ging nach oben.

Quelle: VDV (2019)



Transferleistung: Die Hirnstruktur wird in UNICARagil auf das Fahrzeug übertragen.

DAS GEHIRN ALS VORBILD

TEXT: Jutta Witte

Fahrerlose und automatisierte E-Fahrzeuge, deren Komponenten wie Module bei IT-Diensten funktionieren – und die sich agil an ihre Umgebung anpassen: Der Forschungsverbund UNICARagil verfolgt in der Automobilentwicklung einen komplett neuen Ansatz.

Die Architektur automatisierter Fahrzeuge neu denken – kein geringeres Ziel hat das Projekt UNICARagil. „Wir nehmen die IT-Industrie als Blaupause und definieren jedes Teil aus unserem Baukasten als einen Dienst, der flexibel ausgetauscht werden kann, aber dennoch zuverlässig funktioniert – egal, wie das Gesamtsystem aussieht“, erklärt Dr. Dan Keilhoff, Koordinator des Projekts am Institut für Fahrzeugtechnik (IFS) der Universität Stuttgart. Jede Form des Zusammenbaus muss am Ende störungsfrei funktionieren, damit das voll automatisierte E-Fahrzeug jederzeit ohne Einschränkungen und sicher seine Fahrleistung erbringen kann. Das ist eine komplexe Herausforderung für die rund 100 Expertinnen und Experten aus acht deutschen Universitäten und der Industrie, die sich in dem Konsortium zusammengeschlossen haben. Die Mechatronikerinnen und Mechatroniker des IFS sorgen dafür, dass alle Komponenten miteinander kommunizieren können – von den Steuereinheiten über die Umfeldsensoren bis hin zu den Dynamikmodulen, die einzeln angetrieben und gebremst werden können. Darüber hinaus stellen sie die Energieversorgung sowie die Klimatisierung des Innenraums und die Komponentenkühlung sicher.

DOPPELTE ABSICHERUNGEN

Für die Entwicklung der mechatronischen Architektur sei das menschliche Gehirn in Kombination mit dem zentralen Nervensystem „ein gutes Vorbild“, sagt Keilhoff. So nimmt das Gehirn von den Sinnesorganen Informationen auf, verarbeitet sie in speziellen Arealen und sendet dann Impulse an die Muskeln für die weitere Umsetzung in Aktivitäten. Fällt ein Areal aus, kann ein anderes lebenswichtige Funktionen aufrechterhalten. Bleibt – zum Beispiel in Stresssituationen – sehr wenig Zeit für Entscheidungen, ist statt des Gehirns das Rückenmark gefragt. Reflexe sorgen dann für schnelle Reaktionen. „Diese Fähigkeiten übertragen wir auf das neue Fahrzeugkonzept“, erläutert der Experte für automatisiertes und vernetztes Fahren. →

→ Das Kommunikationsnetzwerk läuft größtenteils über das lokale Datennetz Ethernet. Die Steuereinheit „Großhirn“ ist an vier Sensormodule angeschlossen. Jedes Modul überwacht jeweils einen Teil der Fahrzeugumwelt. So entstehen verschiedene Teilmodelle, die das Großhirn zu einem Gesamtmodell zusammenführt. Auf dieser Basis berechnet es die sogenannte Soll-Trajektorie. Das ist der Weg, den das Fahrzeug in nächster Zeit abfahren soll. Dann überträgt es diese Soll-Trajektorie zusammen mit einer Notfall-Trajektorie, die einen Pfad für sicheres Anhalten im Notfall festlegt, an das „Stammhirn“ als zweiter Steuereinheit. Das berechnet, wie die vier Dynamikmodule angesteuert werden müssen, damit das Fahrzeug den vorgegebenen Weg, beziehungsweise die Ausweichstrecke, einhält. Sendet das Stammhirn jedoch unplausible Informationen beispielsweise zum Lenkwinkel oder Drehmoment oder fällt es sogar ganz aus, dann können die einzelnen Module, so wie das Rückenmark beim Menschen, unabhängig miteinander oder direkt mit dem Großhirn kommunizieren.

Solche Redundanzen, also doppelte Absicherungen, sind überlebensnotwendig, wenn kein Fahrer mehr zur Verfügung steht, der in Notsituationen instinktiv richtig reagiert. Denn wie beim Menschen übernimmt das Stammhirn auch in diesem System eine Reihe von zentralen Funktionen: neben der Berechnung der Trajektorie unter anderem auch die Selbstwahrnehmung des Fahrzeugs, das kontinuierlich seinen aktuellen Zustand erfasst und an das Großhirn zur Aktualisierung der Fahrplanung weitergibt.

HARDWARE FÜR DAS STAMMHIRN

Das Stuttgarter Forschungsteam hat eine ausfallsichere und für unterschiedliche Einsatzszenarien erweiterbare Hardware für das Stammhirn entwickelt und eine Energieversorgung, die entsprechend dem Gesamtaufbau des neuen E-Fahrzeugs in vier Zonen unterteilt ist. Diese können miteinander verschaltet, aber auch isoliert und unabhängig voneinander betrieben werden, falls in einer von ihnen Fehler auftreten. Sicherheitskritische Komponenten sind mit zwei Bordnetzen verbunden. Die vier Akkus sollen später kabellos und automatisiert über Induktion geladen werden können. Das thermische Bordnetz soll sich, um die Reichweite des Fahrzeugs nicht zu stark zu beeinträchtigen, vorwiegend aus der Abwärme speisen, die zum Beispiel die Antriebsmaschinen, Akkus oder Steuergeräte erzeugen.

„Wir wollen zeigen, was auf dem Weg zu neuen Mobilitätskonzepten technisch möglich ist. Die Automobilindustrie muss sich ein Stück weit neu erfinden“, betont Dan Keilhoff. Zur Halbzeit von UNICARagil – Start war 2018 – hat sein Team im ersten Prototypen des Fahrzeugunterbaus die komplette mechatronische Architektur eingebaut. Anfang 2022, wenn das Projekt endet, sollen auf der Basis von zwei unterschiedlich langen Plattformen vier Varianten des hoch automatisierten E-Fahrzeugs fahren können: ein Taxi, ein Privat-Pkw sowie ein Minibus und ein Kleintransporter. →|

Mechatronik:

Die Mechatronik verbindet Mechanik und Maschinenbau mit Elektronik und Elektrotechnik sowie Informatik und Informationstechnik.

Teamarbeit: Die Experten am IFS, hier im Bild, sind Teil eines rund 100 Personen umfassenden Konsortiums.

KONTAKT

DR. DAN KEILHOFF **Mail: dan.keilhoff@ifs.uni-stuttgart.de**
Telefon: +49 711 685 65743

Fotos: S. 42 RWTH Aachen University/ika, S. 43 Universität Stuttgart/IFS

Differenziert: Im Fahrsimulator kann zum Beispiel Muskelanspannung gemessen werden.

MUSKEL-SPIEL IM CRASH-TEST

Für Lehre und Forschung: Der Fahrsimulator wurde am ITM entwickelt.

TEXT: Michael Vogel
FOTOS: Uli Regenscheit

Simulationen zur Unfallsicherheit stellen einen entscheidenden Faktor unzureichend dar: den Menschen. Mit besseren digitalen Menschmodellen lässt sich das ändern.

Ein Crashtest ist ein eindrückliches Erlebnis. Wenn da ein Fahrzeug gegen die Wand knallt, schüttelt es auch die sensorbepackten Dummys im Fahrzeuginneren ziemlich durch. Schon lange finden solche Tests nicht nur real statt, sondern auch als Simulation im Computer, virtueller Dummy inklusive. Zusammenstöße mit Fahrzeugen aus Bits und Bytes sparen viel Zeit und Geld. Doch während die Fahrzeuge in diesen Simulationen sehr realistisch nachgebaut sind, bleiben die virtuellen Dummys das, was sie schon im realen Crash sind – unvollständige Annäherungen an einen menschlichen Körper. Soll heißen: Gewicht, Dimensionen und Steifheit der einzelnen Körperteile stimmen zwar mit der Realität im Bevölkerungsdurchschnitt überein, doch an die Komplexität des menschlichen Bewegungsapparats reichen sie nicht heran – weder in realen noch in virtuellen Tests. Platt gesagt: Dummys haben keine Muskeln.

„So lassen sich Fahrzeuge nicht menschzentriert entwickeln“, findet Prof. Syn Schmitt, Leiter des Instituts für Modellierung und Simulation Biomechanischer Systeme (IMSB) sowie Forscher im Exzellenzcluster „Daten-integrierte Simulationswissenschaft“ (SimTech) der Universität Stuttgart. Dabei gibt es für eine Fahrzeugentwicklung mit dem Menschen im Mittelpunkt gleich drei gute Gründe: Erstens sollen künftige Sicherheitssysteme die Insassen eines Fahrzeugs noch besser schützen, vor allem auch bereits in der Phase→

Keine Frage der Haltung: Das digitale Menschmodell kann alles simulieren.

→unmittelbar vor einem Zusammenstoß und mit Blick auf Verletzungen, die nicht lebensgefährlich sind. Dabei spielt zum Beispiel die konkrete Statur eines Menschen eine maßgebliche Rolle, weil es einen Unterschied macht, ob da ein Leichtgewicht von 50 Kilogramm oder ein 150-Kilo-Mensch sitzt. Zweitens werden diese Insassen in einem autonomen Fahrzeug nicht mehr zwangsläufig die klassische Sitzposition innehaben, wenn es zu einer Notbremsung kommt. Vielleicht dösen sie mit zurückgeklappter Lehne oder sitzen mit dem Rücken zur Fahrtrichtung. Drittens muss so ein autonomes Auto bei einem Fußgänger erkennen, ob er womöglich abrupt die Straße überqueren möchte. Derzeit ist diese Person für die Bordsysteme nicht viel mehr als eine Silhouette, aus der die intendierte Bewegung nur schwer abzuleiten ist.

DEN REALEN BEWEGUNGEN NAHEKOMMEN

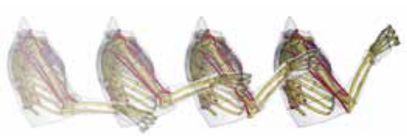
Das alles ist keine graue Theorie, wie zum Beispiel die realen Crashtests verdeutlichen, deren Ergebnisse der ADAC im Frühjahr veröffentlicht hat. Demnach schützen heutige Drei-Punkt-Gurte nicht bei einer rückwärtsgewandten oder liegenden Position; auch eine seitliche Sitzposition kann zu Verletzungen führen, sogar durch den Gurt.

„Für die Risikobeurteilung künftiger Fahrsituationen brauchen wir bessere digitale Menschmodelle“, sagt Schmitt. „Besser“ bedeutet: Modelle, die nicht nur Knochen und die richtige Massenverteilung haben, sondern auch Muskeln und Sehnen, denn diese bestimmen maßgeblich Haltung und Bewegung. Solche Menschmodelle entwickeln Schmitt und sein Team. Ein Menschmodell ist, wie alle Modelle in einer Simulation, zunächst ein Satz mathematischer Gleichungen. In diesem Fall beschreiben sie die Wechselwirkungen im Bewegungsapparat. Ein Mensch hat 656 Muskel-Sehnen-Einheiten, Schmitts komplexestes Modell berücksichtigt 580 davon und damit „alle, außer denen für Gesicht, Finger und Hand“. Solche Menschmodelle sind im Grundsatz nicht nur für die Automobilindustrie interessant, sondern zum Beispiel auch für Medizin und Medizintechnik.

„Unser Menschmodell ist in einer Datenbank hinterlegt“, erklärt Schmitt. „Bei einer konkreten Fragestellung nutzen wir dann häufig nur den Teil des Modells, der für die zu untersuchende Bewegung besonders relevant ist, etwa einen Arm oder die Beine.“ Die menschliche Bewegung ist ein Produkt des Zusammenspiels aus Gehirn und Nervensystem mit Muskeln und Bewegungsapparat. Im digitalen Menschmodell lässt sich dieses Zusammenspiel nicht eins zu eins abbilden, weil es viel zu komplex und auch noch nicht vollständig verstanden ist. Daher entwickelt Schmitts Team mathematische Beschreibungen, die den realen Bewegungen möglichst nahekommen.

Unter anderem im Rahmen des EU-Projekts OSCCAR schaffen die Stuttgarter Forschenden die Grundlagen, um solche digitalen Menschmodelle künftig in Systeme für die Crashsimulation zu integrieren. An OSCCAR wirken rund 20 Partner aus Industrie und Forschung mit, darunter Bosch, Daimler, Siemens, Toyota, Volkswagen und Volvo. Das auf drei Jahre angelegte Projekt mit einem Budget von knapp 7,7 Millionen Euro endet im Juni 2021. Die digitalen Menschmodelle im Projekt sollen spezifische Eigenschaften berücksichtigen, die sich zum Beispiel aus Geschlecht oder Alter ergeben – bis hin zu verbesserten Materialeigenschaften. Und es sollen sich mit ihnen bei einer Gefahrensituation muskelgetreue Bewegungen für Fußgänger, Fahrer und Beifahrer simulieren lassen.→

Einzelne Teile des Körpers können ebenso dargestellt werden wie der ganze Mensch.



Rechts: Prof. Jörg Fehr (hinten) erforscht im Team Methoden zur Validierung von Menschmodellen.

Unten: Prof. Syn Schmitt entwirft Menschmodelle, die hunderte Muskel-Sehnen-Einheiten erfassen.

Prof. Syn Schmitt

„Für die Risikobeurteilung künftiger Fahrsituationen brauchen wir bessere digitale Menschmodelle.“

→„Das betrifft die Körperhaltungen wie Stehen und Sitzen, aber auch die Bewegungen beim Bremsen, Lenken und Ausweichen“, sagt Schmitt. „Kommerziell verfügbare Menschmodelle können das bislang nicht, sie sind praktisch statisch.“

VALIDIERUNG IST ESSENZIELL

Neben der Entwicklung von digitalen Menschmodellen ist deren Validierung essenziell, um das reale Vorbild möglichst gut zu repräsentieren. Das geschieht zum Beispiel anhand von Realdaten, die in Versuchen mit Freiwilligen gewonnen werden. Hier kommt Prof. Jörg Fehr ins Spiel. Er ist stellvertretender Leiter des Instituts für Technische und Numerische Mechanik (ITM) an der Universität Stuttgart und forscht wie Schmitt im Exzellenzcluster SimTech. Fehr hat am ITM im Rahmen einer Promotion einen Fahrsimulator mit geeigneter Messkette entwickeln und aufbauen lassen. „Es gibt sehr viel leistungsfähigere Fahrsimulatoren, auch an unserer Universität“, sagt Fehr. „Aber mit unserem Simulator können wir Methoden aufzeigen, um digitale Menschmodelle sehr kostengünstig zu validieren. So können wir auch Studierende an komplexe wissenschaftliche Fragestellungen heranführen.“ Für die Tests arbeitet sein Team mit Prof. Tobias Siebert und Privatdozent Norman Stutzig vom Institut für Sport- und Bewegungswissenschaft (INSPO) zusammen.→

Prof. Jörg Fehr

„Mit unserem Simulator können wir Methoden aufzeigen, um digitale Menschmodelle sehr kostengünstig zu validieren.“

→Ein Fokus ihrer Forschung ist die Weiterentwicklung von Muskelmodellen, um die Muskelkräfte gerade in hochdynamischen Unfallsituationen besser abbilden zu können als bisher. „Das INSPO-Team misst bei den Probanden im Fahrsimulator die Muskelanspannung, während wir diese Probanden verschiedenen Verkehrssituationen aussetzen und ihr Bewegungsverhalten analysieren“, erklärt Fehr.

HIN ZUM INDIVIDUELLEREN SCHUTZ

Eine Frage ist dabei, was sich im Bewegungsapparat eines Probanden verändert, wenn er abrupt bremsen muss. Man weiß, dass Menschen, die einen Zusammenstoß kommen sehen, ihre Muskulatur reflexhaft anspannen, um den Körper zu schützen. In virtuellen Crashsimulationen wird das noch nicht berücksichtigt. Schon gar nicht, dass eine durchtrainierte 20-Jährige sich so womöglich besser schützt als ein gebrechlicher 80-Jähriger. „Heutige Sicherheitssysteme schützen eben nur den durchschnittlichen Insassen, noch nicht den einzelnen Menschen, dessen Statur, Muskulatur und Reaktionsverhalten individuell sind“, sagt Fehr. Die Streuung im Verhalten realer Menschen lässt sich im Simulator untersuchen und dann in die digitalen Menschmodelle integrieren.

Der nächste Schritt sind umfangreiche Tests mit einigen Dutzend Freiwilligen im Simulator. „Die digitalen Menschmodelle liefern sehr viele Parameter und damit Möglichkeiten, um Bewegungen zu beschreiben“, erläutert Fehr das Grundproblem, das er durch die Validierung lösen will. Oft ist unklar, wie die Muskeln dabei genau angesteuert werden, weil die Ansteuerung häufig nichtlinear geschieht. Kurz gesagt: Winzige Steuersignale lösen große Veränderungen aus – und lassen sich in der Gesamtheit einer Bewegung nicht mehr kausal isoliert identifizieren. Das Zustandekommen der Bewegung bleibt so zum Teil unverstanden. Vor allem aber kann man gar nicht alle denkbaren Szenarien durchspielen, weil es schlicht zu viele wären. „Die Realdaten aus dem Fahrsimulator helfen dagegen, die Parameter zur Bewegungsbeschreibung im Menschmodell einzugrenzen“, sagt Fehr.

Das versuchen Schmitt und sein Team auch noch auf anderen Wegen. Ein neuer Ansatz, dessen prinzipielle Machbarkeit sie kürzlich belegen konnten, beruht auf Künstlicher Intelligenz. „Dabei müssen wir nicht mehr ursächlich verstehen, wie die Bewegung in einer Muskelgruppe genau abläuft, sondern nutzen einfach das Maschinelle Lernen, um Muster zu erkennen“, sagt Schmitt. Zum Beispiel könnte beim digitalen Modell des Arms ein Algorithmus sämtliche Parameter für die Regelung der Bewegung durchspielen. Der Algorithmus bekäme dann jeweils eine Rückmeldung, ob sein Ergebnis korrekt ist – und würde nach und nach lernen, welche Werte die Parameter haben müssen. „So ließen sich irgendwann auch komplexe Bewegungsabläufe in Simulationen einbinden, die die digitalen Menschmodelle zuvor selbst erlernt hätten“, so Schmitts Vision. Künstliche Intelligenz und digitale Muskeln würden dann reale Bewegungen fast perfekt simulieren. ⇥

KONTAKT

PROF. SYN SCHMITT **Mail: schmitt@simtech.uni-stuttgart.de**
Telefon: +49 711 685 60484

PROF. JÖRG FEHR **Mail: joerg.fehr@itm.uni-stuttgart.de**
Telefon: +49 711 685 66392

Fotos: Universität Stuttgart/SimTech

Anzeige

Beste Perspektiven für Visionäre der Digitalisierung

Anna Lena Fetzer hat an der Hochschule für Technik und Wirtschaft in Karlsruhe ihren Master in Elektro- und Informationstechnik mit der Vertiefung Automatisierungstechnik abgeschlossen. Über ein Stipendium hat sie den Direkteinstieg bei Festo geschafft. Heute arbeitet sie im Bereich Digital Pneumatics an modellbasierten Testmethoden, wie beispielsweise an einem Hardware-in-the-Loop-System (kurz: HiL-System).

Anna Lena Fetzer (rechts) mit ihrer Kollegin Lena Hägele.

Ein Unternehmen mit spannenden Perspektiven

Festo als Unternehmen hat mich schon früh unglaublich fasziniert. Daher habe ich mich bereits während des Studiums über das Unternehmen informiert und gesehen, dass Festo für mein Profil viele spannende Bereiche zu bieten hat. Näher mit dem Unternehmen in Kontakt gekommen bin ich dann auf einer Hochschulmesse. Dort habe ich auch von der Möglichkeit eines Stipendiums erfahren. Festo fördert ganz gezielt Frauen im technischen Masterstudium, das hat mich gleich begeistert.

Ein Stipendium der besonderen Art

Neben finanzieller Unterstützung erhielt ich als Stipendiatin auch einen Einblick in die unterschiedlichen Bereiche des Unternehmens. Bei einem Schnuppertag durfte ich vor Ort die Prozessabläufe der Elektronikentwicklung kennenlernen und habe dabei ein tieferes Verständnis für die jeweiligen Arbeitsschritte entwickelt. Das war sehr beeindruckend. Besondere Unterstützung erhielt ich durch meine Mentorin. Bei Fragen bezüglich des Studiums hatte sie immer ein offenes Ohr.

Sie hat mich ebenfalls sehr darin unterstützt ein passendes Thema für meine Masterarbeit zu finden. Mit Erfolg: Im Bereich Research Embedded Systems habe ich ein Konzept entwickelt, wie ein Hardware-in-the-Loop-System auf eigener Hardware umgesetzt werden kann, eine Methode zum Testen und Absichern von Systemen im Entwicklungsbereich.

Vom Konzept in die Anwendung

Nach meinem Studium hatte ich die Chance mein in der Thesis entwickeltes Konzept auf ein reales Produkt anzuwenden und das Thema weiter voranzutreiben. Das war ein tolles Gefühl. Als Ergebnis habe ich ein HiL-System für das Festo Motion Terminal VTEM entwickelt, die erste app-gesteuerte pneumatische Ventilinsel von Festo.

Während im klassischen Versuch Messungen gemacht werden, basiert HiL auf Simulation. Alles was angeschlossen ist, z. B. ein Schlauch, wird simuliert. Die Fragestellung ist, wie genau das Modell sein muss, sodass es noch in Echtzeit simuliert werden kann, aber auch alle notwendigen Effekte enthalten sind, damit das reale Verhalten widergespiegelt wird. Hier ist vor allem ein ständiger Abgleich von realen Messungen und der Simulationsergebnisse wichtig.

Zu Beginn des Projektes habe ich in kurzen Sprints entwickelt, also agile Methoden genutzt. Das war sehr hilfreich. Auch jetzt wird das System stetig weiterentwickelt und Anpassungen gemacht: wenn ein Effekt nicht berücksichtigt ist, der aber entscheidend für das Verhalten ist, muss dieser noch nachmodelliert werden. Besonders schön an meiner Arbeit ist die Abwechslung: Ich bin verantwortlich für die Entwicklung, führe Tests durch, mache den Abgleich und, falls nötig, auch Anpassungen. Hier arbeite ich sowohl im Labor, programmiere aber auch am Rechner, vor allem mit Matlab/Simulink. So wird es nie langweilig und ich habe viele Schnittstellen zu unterschiedlichsten Bereichen.

Freiraum für Erfindergeist

Ich schätze an Festo die Freiräume, die ich in meiner Arbeit habe. Ich organisiere mich weitestgehend selbst und bin hier recht flexibel. Die Basis ist das Vertrauen meiner Führungskraft. Genau das spiegelt für mich auch die Unternehmenskultur wider. Auch wenn wir mit über 20.000 Mitarbeiter ein großes mittelständisches Unternehmen sind, spüre ich immer noch ein „Wir-Gefühl“, v. a. natürlich innerhalb des Teams.

Toll ist auch die Bereitschaft, Wissen zu teilen. Wir haben beispielsweise das interne Format „Entwicklung erleben“ genutzt, bei dem wir unsere Kolleg*innen über modellbasierte Entwicklungsmethoden informieren und über Möglichkeiten sprechen konnten, die ein HiL-System auch für ihre Problemstellungen bietet.

Aktuell beschäftige ich mich mit dem Thema Model-in-the-Loop, um die Entwicklungs- und Testzeiten weiter zu minimieren.

FESTO

KONTAKT
FESTO SE & Co. KG
Ruiter Straße 82
73734 Esslingen
eb@festo.com
www.festo.com/karriere

BRUMMI-FAHRERS ASSISTENTEN

Projektbesuch im TANGO-Lkw während der Halbzeitpräsentation

TEXT: Michael Vogel

Hoch automatisierte Lkw erfordern eine nutzerzentrierte Technik. Empfehlungen dafür liefert ein Forschungsprojekt, an dem die Universität Stuttgart beteiligt war.

Nicht nur Pkw sind mit immer mehr Assistenzsystemen ausgerüstet, sondern auch Lkw. Notbremsassistent, Abstands- und Geschwindigkeitsregler, Spurhalteassistent und Müdigkeitswarner sind bei Brummis quasi Standard. Sie erhöhen die Verkehrssicherheit, weil sie die Fahrer unterstützen. Jedoch entbinden sie sie nicht von der Verantwortung: Der Fahrer oder die Fahrerin muss ständig die volle Kontrolle haben. Doch die Automatisierung der Lkw wird noch weiter voranschreiten, Mensch und Maschine fahren dann abwechselnd, bilden ein Team. Das muss reibungslos klappen. Im Englischen gibt es dafür die schöne Redewendung „it takes two to tango“. Und TANGO (Technologie für automatisiertes Fahren nutzergerecht optimieren) heißt auch das Projekt, in dem Unternehmen und Hochschulen gemeinsam ein Lkw-Assistenzsystem entwickelt haben, durch das die Fahrenden die Automatisierung als echten Mehrwert erlebt.

„Hat der Fahrer die Kontrolle an das System abgegeben, muss er sich trotzdem wieder rasch ins Verkehrsgeschehen einfinden können, wenn die Maschine überfordert ist“, erklärt Paula Laßmann. Sie promoviert am Forschungs- und Lehrgebiet Technisches Design des Instituts für Konstruktionstechnik und Technisches Design (IKTD) der Universität Stuttgart. „Im Projekt haben wir daher einen Aufmerksamkeits- und Aktivitätsassistenten (AAA) prototypisch entwickelt.“ Dieser überwacht, wie stark der Fahrer vom Straßengeschehen abgelenkt ist, um ihn rechtzeitig wieder an die Fahraufgabe heranzuführen. Denn das ist nichts, was innerhalb von Sekundenbruchteilen klappt. Aus Tests weiß man, dass das locker 15 Sekunden dauern kann, wenn der Fahrer zuvor zum Beispiel ein Video angeschaut hat.

AN DER MENSCH-MASCHINE-SCHNITTSTELLE

TANGO, das vom Bundeswirtschaftsministerium für dreieinhalb Jahre gefördert wurde, endet im September 2020. Beteiligt waren neben der Universität Stuttgart die Hochschule der Medien Stuttgart sowie die Firmen Robert Bosch, MAN Truck & Bus SE, Volkswagen, CanControls und das Spiegel Institut Mannheim. Die Aufgabe des IKTD war,→

→das Design des AAA so zu gestalten, dass Fahrer und Fahrerin ihn als nützlich empfinden. „International wird viel an der Technik für die Lkw-Automatisierung geforscht, an der konkreten Ausgestaltung der Mensch-Maschine-Schnittstelle eher wenig“, sagt Laßmann. „Da hat TANGO Pilotcharakter.“ Schon so mancher Fahrer hat seine Assistenzsysteme ausgeschaltet, weil sie in seinen Augen nicht zuverlässig funktionieren.

Das Konzept des AAA sieht drei Displays und mehrere Signalgeber im Cockpit vor. Die Instrumententafel liefert – wie schon heute – alle Informationen, die unmittelbar fürs Fahren wichtig sind, etwa die Geschwindigkeit. Ein zweites Display, das ebenfalls bereits heute etabliert ist, dient zur Navigation, zur Ladungskontrolle oder zum Bedienen des Musik-Players. Das dritte Display des AAA stellt zusätzlich visuelle Aufgaben dar, die der Fahrer erst bearbeiten darf, wenn er ausreichend Zeit hatte, die Fahraufgabe wieder zu übernehmen. Des Weiteren zeigen eine LED-Leiste unterhalb der Windschutzscheibe und mehrere beleuchtete Tasten am Lenkrad den aktuellen Status sowie eine anstehende Rücknahme der Fahraufgabe optisch an. Letzteres wird noch durch akustische Ansagen unterstützt. Der AAA ermittelt mit Kameras die Blickrichtung des Fahrers sowie Position und Bewegungen seiner Extremitäten. Daraus leitet das System ab, ob die Person am Steuer müde oder abgelenkt ist.

NICHT ZU VIEL ABLENKUNG

„Ein wesentlicher Teil des Projekts waren Studien mit Lkw-Fahrern“, sagt Laßmann. Dazu gehörten sowohl Befragungen zu heutigen Assistenzsystemen als auch beobachtende Untersuchungen während realer Fahrten. „Am IKTD haben wir zwei Studien mit Fahrern im Simulator durchgeführt“, erläutert die Doktorandin. Dabei mussten die Probanden neben dem Fahren Aufgaben bearbeiten. Durch die eine Aufgabe waren sie kognitiv und auditiv abgelenkt, durch die andere kognitiv und visuell. Die Fahrer hatten dabei Assistenzsysteme zur Verfügung, die sie – wie heute üblich – überwachen mussten. „Es zeigte sich, wie erwartet, dass eine visuelle Überwachung nur bei der auditiven Nebentätigkeit gewährleistet ist“, sagt Laßmann. Bei der zweiten Studie war dann der AAA in den Simulator integriert, um zu untersuchen, wie die Übergabe der Fahraufgabe zwischen Mensch und Maschine bei verschiedenen Graden der Automatisierung klappt. Erkenntnis: „Der Automatisierungsgrad muss dem Fahrer immer sehr deutlich kommuniziert werden“, so Laßmann.

Aus der Gesamtheit der Forschungsergebnisse haben die Projektbeteiligten nun Empfehlungen abgeleitet, wie sich die Mensch-Maschine-Schnittstelle bei automatisierten Lkw ergonomisch gestalten lässt. „So wissen Entwickler künftig, was für Fahrer klar und eindeutig wirkt und was nicht“, erläutert Laßmann. Zudem empfehlen die Projektbeteiligten akzeptable Grade der Ablenkung bei verschiedenen Automatisierungsstufen. Um zum Beispiel gefahrlos ein Video zu schauen, bedürfte es einer hoch automatisierten Fahrfunktion, wie sie bislang noch nicht für den Straßenverkehr zugelassen ist. ⇥

Das Tablet darf im Automatisierungslevel SAE L3 vom Fahrer benutzt werden.

KONTAKT

PAULA LASSMANN **Mail: paula.lassmann@iktd.uni-stuttgart.de**
Telefon: +49 711 685 66206

Fotos: Universität Stuttgart/IKTD

15 sek

Die Zeit, die ein Fahrer benötigt, um den Verkehr wieder aufzunehmen

SPURGENAU GEGEN GEISTER-FAHRER

TEXT: Judith Reker

Alarm in Echtzeit: Die App, die vor Geisterfahrern warnt, ist in der Entwicklung.

Wo bin ich? Wenn man sich in einem fahrenden Auto befindet, ist diese Frage gar nicht so einfach zu beantworten. Doch die hochpräzise Positionsbestimmung ist entscheidend für mehr Sicherheit im Verkehr.

Die Vorstellung vom Geisterfahrer, der einem auf der Autobahn mit hoher Geschwindigkeit entgegenkommt, gehört wohl in die Top Ten der Schreckszenarien vieler Autofahrerinnen und Autofahrer. In Deutschland gibt es jedes Jahr mehr als 1800 Geisterfahrten. „Was viele aber nicht wissen“, erklärt Prof. Volker Schwieger, Leiter des Instituts für Ingenieurgeodäsie (IIGS) der Universität Stuttgart: „Die meisten Geisterfahrer sind nicht aus Versehen auf der falschen Spur. Sie wollen andere Menschen mit in den Tod nehmen.“

Bei der Suche nach technischen Lösungen wäre es also nicht damit getan, lediglich die Geisterfahrenden zu warnen. „Die wären nur bestätigt in ihrem Tun“, so Schwieger. Das Projekt Ghosthunter setzt daher wesentlich breiter an. Am Anfang steht die Erkennung von Geisterfahrten, am Ende ein Warnruf, der an alle Autofahrenden in der Nähe geht sowie an Notfallhelfende wie Polizei und Krankenwagen.

Zur Entwicklung eines solchen Systems haben sich das IIGS, das Institut für Raumfahrttechnik und Weltraumnutzung der Universität der Bundeswehr München sowie das Unternehmen NavCert zusammengeschlossen. Das 2015 gestartete Projekt endet 2021, gefördert wird es vom Bundesministerium für Wirtschaft und Energie. Die Grundidee: Ghosthunter soll mithilfe von GNSS erkennen, wenn sich ein Fahrzeug in unerlaubter Richtung bewegt. GNSS steht für Globales Navigationssatellitensystem und ist ein Sammelbegriff für verschiedene Satellitensysteme, wie zum Beispiel das US-amerikanische GPS oder das von der EU betriebene Galileo.

Eine der Herausforderungen ist es, die aktuelle Position eines Fahrzeuges bis auf die Fahrspur genau mit den Daten aus digitalen Straßenkarten abzugleichen. Um diesen Abgleich, das sogenannte Map Matching, kümmert sich das Team vom IIGS unter der Leitung von Dr. Martin Metzner. Auf der Basis einer speziell für diesen Zweck erstellten Karte, die auch die einzelnen Fahrspuren einer Straße erfasst, können die Forscher die Fahrzeugposition präziser als bisher zuordnen. Dafür entwickelte der Doktorand Philipp Luz einen Map-Matching-Algorithmus, der zahlreiche bisher kaum genutzte Informationen mit einbezieht, zum Beispiel Spurmarkierungen. Mehr Daten führen zu einer Vervielfachung an möglichen Zuordnungen, trotzdem muss die Rechenzeit des Computers unter einer Sekunde bleiben. Denn die Warnung soll ja in Echtzeit erfolgen, also am besten schon dann, wenn der Geisterfahrer die falsche Auffahrt auf die Autobahn nimmt.

ABWEHR VON TERRORATTACKEN

„Zu Map Matching forscht das IIGS seit rund 20 Jahren“, so Schwieger, „außerdem auch zu digitalen Straßenkarten, Modellierung, Datenfusion und Positionsbestimmung.“ Diese Kompetenzen bringt das IIGS auch in einem Projekt ein, in dem es um ein noch aufsehenerregenderes Sicherheitsthema geht: um Terroranschläge mit Lastkraftwagen. Lkw als lebensgefährliche Waffen – die Anschläge von Berlin und Nizza im Jahr 2016 haben dieses Szenario vor Augen geführt. Der vom EU-Programm Horizont 2020 finanzierte Forschungsverbund „TransSec – Automatisierte Prävention von Terrorattacken mit Lkw“ arbeitet seit 2018 an einem Abwehrsystem gegen diese Gefahr.

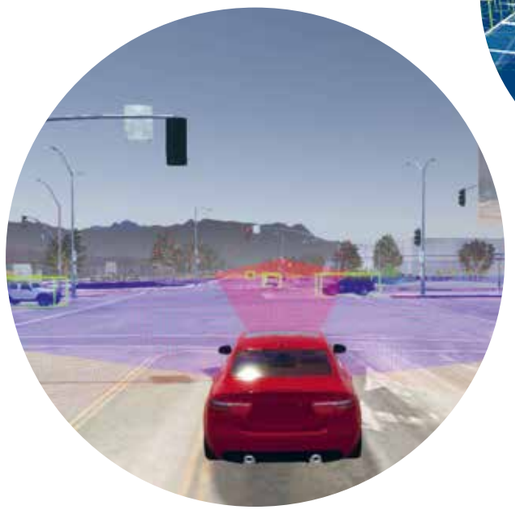
Die Idee ist zunächst ähnlich der von Ghosthunter: Verbotene Manöver sollen in Echtzeit erkannt werden. Anders als bei Ghosthunter jedoch steht am Ende der automatisierte Eingriff in das Bremssystem des Fahrers: Der Truck wird gestoppt.

Das IIGS ist zuständig für die digitale Karte, Positionsbestimmung und Map Matching. „Wenn wir jemanden in Echtzeit detektieren wollen, der von der Straße auf den Gehweg abschwenkt“, sagt Schwieger, „dann müssen wir viel genauer werden, als es das normale Navigationssystem im Auto ist.“ Das wollen die Stuttgarter unter anderem mittels präziserer Koordinatenbestimmung durch Satelliten und weiterer Sensoren erreichen. Zusätzliche Sensoren sollen auch das Umfeld erkennen, zum Beispiel Fußgänger. Das Team fügt sie als dynamische Objekte den statischen Kartenobjekten wie Straßen oder Brücken hinzu. So entsteht eine Local Dynamic Map, die die Grundlage bildet für die permanente Risikoanalyse der fahrenden Trucks. ⇥

KONTAKT

PROF. VOLKER SCHWIEGER **Mail: volker.schwieger@iigs.uni-stuttgart.de**
Telefon: +49 711 685 84041

Illustration: Shutterstock, Axtesys GmbH



Künstliche Intelligenz im Bild: Software wie der LGSVL-Simulator hilft, auch Extremsituationen des autonomen Fahrens darzustellen.

Wie ein erfahrener Fahrprüfer

INTERVIEW: Jens Eber

Um die Sicherheit autonomer Fahrzeuge zu erhöhen, arbeitet Prof. Michael Weyrich mit seinem Team an neuen Validierungsverfahren. Weyrich leitet das Institut für Automatisierungstechnik und Softwaresysteme (IAS) und ist Studiendekan im neuen Studiengang „Autonome Systeme".

Herr Professor Weyrich, autonom fahrende Systeme werden immer stärker zum Straßenbild gehören. Wie groß ist noch das Misstrauen in diese Technik?
Es ist eigentlich eher erstaunlich, wie sehr sich viele Menschen dieser Technik anvertrauen. In den USA gibt es ja bereits sehr viele automatisch fahrende oder sogar autonome Autos, und es gibt keinerlei Angst dabei, obwohl dort teilweise herausfordernde Experimente gewagt werden. Hierzulande ist man im industriellen Bereich vorsichtiger und führt autonome Systeme schrittweise ein. Von daher sehen wir gar kein so großes Misstrauen in die Technik. Denken Sie nur an andere autonome Verfahren im privaten Bereich, wie sprachassistierte Automatisierung im Haushalt, denen sich die Menschen vorbehaltlos anvertrauen.

Würden Sie persönlich zur Vorsicht raten?
Ein autonom fahrendes System müsste Kilometer im dreistelligen Millionenbereich zurücklegen, bis es mit an Sicherheit grenzender Wahrscheinlichkeit so gut fährt, wie ein Mensch das könnte. Manche amerikanische und chinesische Hersteller aber übertragen automatische Updates in das autonome Fahrsystem in hoher Schlagzahl. Die können sie gar nicht so tiefgehend getestet haben, wie es nötig wäre. Das ist kritisch, denn hier wird mit dem Leben gespielt, wie Unfälle zeigen.

Ihr Institut befasst sich seit Jahren mit der Validierung autonomer Systeme. Wie funktioniert das bei autonom fahrenden Autos?
Wir arbeiten zum einen mit sehr aufwendigen, realen Szenarien. Echte Testdaten zu bekommen, ist immer sehr schwierig, weil wir dafür große Feldversuche starten müssen.→ Hauptsächlich sind wir daher in der Simulation unterwegs. Wir haben hier einen Fahr- und Robotiksimulator, in dem wir auch Extremsituationen darstellen können.

Was wäre ein Beispiel für so eine kritische Situation?
Es gibt gerade durch den Einsatz von neuronalen Netzen völlig neuartige Muster von Fehlern, die Menschen so nicht passieren würden. Das kann etwa ein Auto sein, das schräg am Straßenrand parkt, mit dem Heck ein wenig in der Fahrbahn. Als Mensch sieht man sofort, dass da jemand schlecht eingeparkt hat. Der Algorithmus könnte das aber als rückwärts ausfahrendes Fahrzeug bewerten und eine gefährliche und unnötige Vollbremsung hinlegen. Umgekehrt definieren wir durch intelligente Überlagerung von Szenarien Grenzfälle, die auch bei jedem Software-Update getestet werden müssen, beispielsweise eine Person in dunkler Kleidung bei Dunkelheit oder Regen.

Was genau ist das Ziel der Validierungsverfahren, an denen Sie arbeiten?
Wir arbeiten daran, diese Tests wirksam, transparent und effizient zu machen. Zum Beispiel, indem man sich auf sogenannte Corner Cases spezialisiert. Das bedeutet, man fährt nicht auf einer Landstraße geradeaus, sondern sucht kritische Fälle, die unter normalen Funktionsbedingungen nur selten auftreten. So, wie das ein Fahrprüfer machen würde, der die Prüflinge gezielt in gewisse Situationen bringt und sie nicht einfach nur herumfahren lässt. Unsere Arbeiten zielen darauf ab, mithilfe von risikobasierten Verfahren solche Ausnahmesituationen zu generieren. Wir wollen möglichst rasch herausfinden, wo Fehler auftreten können – konstruktiv oder analytisch. Wir versuchen, zu denken und zu agieren wie ein erfahrener Fahrprüfer. Übrigens funktioniert dieser Ansatz nicht nur für hoch automatisierte Autos, sondern auch für Roboter in der Medizin oder der Produktion.

Welche Tools verwenden Sie dabei?
Modellierung und Simulation spielen eine sehr große Rolle, und mit diesem Thema kennen wir uns hier am Institut für Automatisierungstechnik und Softwaresysteme sehr gut aus. Man braucht aber auch einen Bewertungsalgorithmus, der diese Testfälle wie der bereits erwähnte Fahrprüfer auswählt und vorgibt. Das spart Zeit, weil man in der Simulation nicht nur stur durchexerziert. Wir haben das mit einer Künstlichen Intelligenz gemacht, die dann wie der Fahrprüfer entscheidet, was sie auf Basis des beobachteten Verhaltens als nächsten Testfall ausgibt.

Ist es auf lange Sicht realistisch, keine Schadensfälle mehr zu erwarten?
Das ist eher eine Frage der gesellschaftlichen Akzeptanz. Wir akzeptieren als Gesellschaft ja auch die Verletzten und Toten des heutigen Verkehrs, weil wir mobil sein wollen. Technikeinsatz reduziert bekannte Risiken und bringt neue Risiken. Man muss sich aber bewusst dafür entscheiden und nicht der Gesellschaft etwas geben, was sie am Ende des Tages überhaupt nicht haben will.

Wie ist der aktuelle Stand Ihrer Forschung?
Es gibt einige abgeschlossene Dissertationen sowie etliche Publikationen und Patentanträge zu diesen Verfahren. Wir sind dabei, weitere Forschungsprojekte zu akquirieren, haben aber auch ein Spin-off namens robo-test am Start. Zusammen mit meinen Institutskollegen Prof. Christof Ebert und Benjamin Lindemann sowie einigen Studierenden haben wir mit diesen Technologien ein Unternehmen ausgegründet. Es ist der Anspruch des IAS, dass wir nicht nur forschen, sondern die Ergebnisse in die Praxis bringen, das zieht viele Studierende und Unternehmen an. Leben und lehren, was wir forschen. Das ist unser Motto. ⇥

KONTAKT
PROF. MICHAEL WEYRICH **Mail: michael.weyrich@ias.uni-stuttgart.de**
Telefon: +49 711 685 67301

Modellierung und Simulation: Prof. Michael Weyrich und sein Team arbeiten an transparenten Tests für autonome Fahrzeuge.

Fotos: S. 54 Universität Stuttgart/IAS, S. 55 Sven Cichowicz

BREITBAND AUS DEM ALL

TEXT: Michael Vogel

Die Mobilität und Logistik der Zukunft erfordern hohe Datenraten. Ein Satellitenprojekt an der Universität Stuttgart erschließt dafür ein neues Frequenzband.

Da oben ist es voll: Mehr als 2000 funktionsfähige Satelliten umrunden die Erde. Und es wird noch voller: Einige Unternehmen wollen in den kommenden Jahren zigtausend zusätzliche Satelliten ins All schießen. Allein die Raumfahrtfirma SpaceX, an deren Spitze Tesla-Chef Elon Musk steht, plant, bis 2022 mit mehr als 1500 Satelliten Breitbandinternet anzubieten. „Satelliten sind schon heute Teil der weltweiten Internetinfrastruktur“, erklärt Sabine Klinkner, Professorin am Institut für Raumfahrtsysteme (IRS) der Universität Stuttgart. „Einerseits bilden sie zusammen mit Unterseekabeln das Rückgrat der interkontinentalen Datenübertragung, andererseits bieten sie Nutzern in telekommunikationstechnisch schlecht erschlossenen Regionen einen alternativen Breitbandzugang zum Internet.“

Wenn nun Unternehmen wie SpaceX viele zusätzliche Satelliten starten wollen, dann hat das unmittelbar mit der fortschreitenden Digitalisierung vieler Lebensbereiche zu tun. „Das autonome Fahren oder die logistische Überwachung der Warenströme weltweit werden große Mengen an Sensor- und Navigationsdaten erzeugen, die ohne Verzögerung den Nutzern über das Internet zur Verfügung stehen müssen“, sagt Klinkner. „Die heutigen Frequenzbänder, die für den Datentransfer via Satelliten bereitstehen, sind aber schon ziemlich ausgelastet.“ Es ist also nicht nur in der Erdumlaufbahn voll, sondern auch bei der Datenübertragung zwischen Satelliten und Bodenstationen. Damit die Daten künftig nicht nur in den Glasfaser- und den neuen 5G-Mobilfunknetzen flott unterwegs sind, müssen daher auch die Funkverbindungen zu den betreffenden Satelliten aufgebohrt werden. „Hierfür müssen wir neue Frequenzbänder erschließen“, sagt die Stuttgarter Raumfahrtingenieurin. Daran forscht sie mit ihrem Team im 2019 gestarteten Projekt EIVE (Exploratory In-Orbit Verification of an E/W-Band Satellite Communication Link).

NACHWEIS UNTER WELTRAUMBEDINGUNGEN

EIVE, gefördert vom Bundesministerium für Wirtschaft und Energie, wird koordiniert vom Institut für Robuste Leistungshalbleitersysteme (ILH) unter Leitung von Prof. Ingmar Kallfass. Zum Stuttgarter Team aus ILH und IRS kommen weitere Partner: das Fraunhofer-Institut für Angewandte Festkörperphysik IAF sowie die beiden Unternehmen RPG-Radiometer Physics und Tesat-Spacecom. In dem auf drei Jahre angelegten Forschungsprojekt entsteht ein Minisatellit, mit dem eine breitbandige Funkverbindung zu einer Bodenstation in einem bislang ungenutzten Frequenzbereich zwischen 71 und 76 Gigahertz erprobt werden soll.

„Dieses sogenannte E-Band liegt oberhalb der etablierten Frequenzbereiche, die in der Satellitenkommunikation und beim Militär eine Rolle spielen“, sagt Kallfass. Jene Frequenzbereiche liegen zwischen einem und 40 Gigahertz. Das E-Band dagegen ist Neuland. Ob dort überhaupt eine Übertragung mit hoher Datenrate möglich ist, das soll untersucht werden. „Das Funksignal zwischen Bodenstation und Satellit muss durch die Erdatmosphäre hindurch“, erklärt Kallfass. „An einem klaren, sonnigen Tag ist das kein Problem. Aber Regenwolken streuen das Signal stark, wegen der vielen Wassermoleküle.“ →

→Die Voraussetzungen für eine schnelle Datenübertragung im E-Band sind jedenfalls nicht schlecht. Theoretisch, weil aufgrund physikalischer Gesetzmäßigkeiten die Datenrate mit der Übertragungsfrequenz steigt. Praktisch, weil das ILH-Team bereits zwei Weltrekorde im E-Band geschafft hat: die höchste Kombination aus Datenrate und Distanz bei einer Funkübertragung zwischen zwei Orten auf der Erde sowie zwischen einem Flugzeug und einer Bodenstation – 6 Gigabit pro Sekunde über eine Distanz von 37 Kilometern beziehungsweise 9,8 Gigabit pro Sekunde vom Flugzeug. Das entspräche einer Versorgung von 120 beziehungsweise knapp 200 DSL-Anschlüssen mit 50 Megabit pro Sekunde. Doch in den Ingenieur- und Naturwissenschaften geht es letztlich nicht nur um die Extrapolation von bekanntem Wissen, sondern auch um den experimentellen Nachweis, im konkreten Fall unter Weltraumbedingungen. Den will das Projektteam mit EIVE erbringen.

Blick auf 2022: Raumfahrtingenieurin Prof. Sabine Klinkner baut den EIVE-Satelliten.

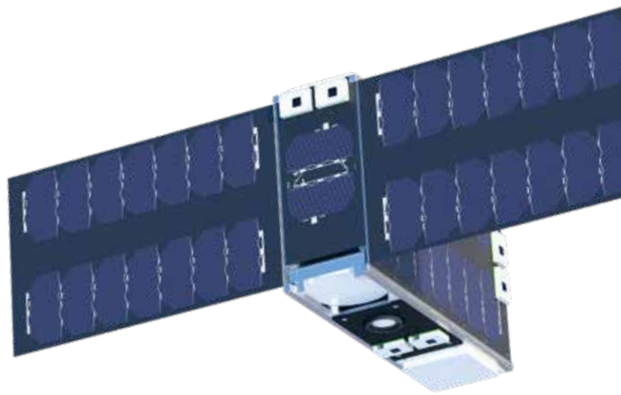
SATELLIT VON DER GRÖSSE EINES SCHUHKARTONS

Klinkners Team baut den Satelliten. „Wir nutzen dazu den CubeSat-Standard, der inzwischen für Minisatelliten in der Raumfahrt etabliert ist“, sagt die Professorin. Ein CubeSat besteht aus würfelförmigen Einheiten mit zehn Zentimetern Kantenlänge. Ähnlich wie bei Legosteinen lassen sich solche Würfel zu größeren Einheiten zusammensetzen. Der große Vorteil: Praktisch alle kommerziell verfügbaren Raketen können solche CubeSats in einer ebenfalls standardisierten Vorrichtung transportieren und im All aussetzen. Und weil die Satelliten so klein sind, können sie verhältnismäßig günstig mitfliegen, quasi als Beifang. Durch dieses vor zwei Jahrzehnten etablierte Konzept sinken die Entwicklungs- und Startkosten drastisch – und werden kleine Satelliten für Hochschulen erschwinglich. „Flying Laptop“ nannten Klinkner und ihr Team aus Studierenden und Promovierenden den ersten Satelliten, den sie entwickelten und 2017 mit einer russischen Sojus-Rakete ins All beförderten. Er beruhte allerdings nicht auf dem CubeSat-Konzept.

Der EIVE-Satellit wird ungefähr so groß sein wie ein Schuhkarton. Außen trägt er zwei Solarmodule, die sich im All ausklappen lassen. In seinem Innern befinden sich wie bei jedem Satelliten die Elektronik, mit der sich der Satellit auf der Erdumlaufbahn ausrichten und orientieren kann, sowie ein Energiespeicher und die Funktechnik für die Kontrolle durch die Bodenstation. Das verbleibende Volumen, gut ein Drittel, ist der Nutzlast vorbehalten – also der Technik, die für die E-Band-Tests erforderlich ist. Dabei handelt es sich im Wesentlichen um eine Antenne, mehrere Verstärker und eine Videokamera.

Wenn der Satellit 2022 ins All gelangt, wird er sich in etwas größerer Höhe um die Erde bewegen als die Internationale Raumstation. Klinkners Team wird an der Stuttgarter Bodenstation auf dem Uni-Campus den Satelliten überwachen, während das Team von Kallfass die Funkexperimente durchführen wird. Es will die Funkqualität im E-Band bei verschiedenen Wetterbedingungen untersuchen und dafür zunächst künstlich erzeugte Daten vom Satelliten verwenden. Später will das Team die unkomprimierten Videodaten der zur Erde gerichteten Kamera in Echtzeit und vierfacher Full-HD-Auflösung übertragen. Die Datenrate soll dabei 10 Gigabit pro Sekunde erreichen. Schließlich will das Team Kameradaten von verschiedenen Orten der Erde aufnehmen, auf dem Satelliten zwischenspeichern und jeweils beim Überflug zur Stuttgarter Bodenstation übertragen.

„Obwohl das E-Band als vielversprechender Frequenzbereich für die breitbandige Satellitenkommunikation gilt, befassen sich nur wenige Institute mit der experimentellen Erforschung unter realen Bedingungen“, sagt Klinkner. „Aber wenn wir Glück haben, könnten wir die Ersten sein, denen es tatsächlich gelingt.“ ⇥



Kubistisch: Der EIVE-CubeSat besteht aus würfelförmigen Elementen.

KONTAKT

PROF. SABINE KLINKNER
Mail: klinkner@irs.uni-stuttgart.de
Telefon: +49 711 685 62677

PROF. INGMAR KALLFASS
Mail: ingmar.kallfass@ilh.uni-stuttgart.de
Telefon: +49 711 685 68747

Fotos: S. 26/27 ESA/Alexander Gerst, S. 27 Universität Stuttgart/IRS

Sorglos Strom laden

Einfach: Elektroautos aufzutanken ist noch zu kompliziert. Das mindert ihre Attraktivität.

Verfügbar: Noch sind Ladestationen für Elektrofahrzeuge nicht optimal verteilt.

TEXT: Jens Eber

Für die breite Akzeptanz von Elektromobilität ist auch sichere, zuverlässige und gut verfügbare Ladeinfrastruktur entscheidend. An der Universität Stuttgart arbeiten Forschende in mehreren Projekten an diesem Ziel.

Wer heute ein Auto mit Benzin- oder Dieselantrieb fährt, muss kaum Angst haben, wegen Treibstoffmangels liegen zu bleiben. Jedes auch nur halbwegs moderne Auto meldet, wenn der Sprit zur Neige geht, und selbst in ländlichen Gebieten ist dann immer noch ausreichend Treibstoff vorhanden, um die nächste Tankstelle anzusteuern.

Dagegen können Fahrerinnen und Fahrer von Elektroautos nicht ganz so sorglos agieren: Die Reichweite von E-Autos ist im Vergleich meist noch geringer und das Ladesäulennetz hat Lücken. Aber auch diese Übergangsphase wird zu Ende gehen: In mehreren Projekten arbeiten Forscherinnen und Forscher der Universität Stuttgart daran, dass E-Mobilität in naher Zukunft so selbstverständlich wird wie heute die Nutzung eines Autos mit Verbrennungsmotor.

Das ist auch eine Frage der Wirtschaftlichkeit, wie Prof. Stefan Funke bestätigt. „Wir haben uns mit der Frage befasst, wie viele Ladestationen es im deutschen Straßennetz mindestens braucht, damit kein Fahrzeug liegen bleibt“, erklärt der Leiter des Instituts für Formale Methoden der Informatik (FMI). Weil Ladeinfrastruktur aber auch teuer ist, sollen Stationen möglichst dort installiert werden, wo sie auch benötigt werden.

OPTIMALE PFADE IDENTIFIZIEREN

Funke ist Experte für komplexe Algorithmen, also legte er mit seinem Team natürlich nicht einfach ein Gitternetz über Deutschland, um an den Knotenpunkten Ladesäulen einzuzeichnen. „Es gibt ja nicht unbegrenzt Geld, um Ladesäulen zu platzieren“, sagt der Informatiker. Daher suchte die Forschungsgruppe nach der erforderlichen Mindestanzahl von Säulen im deutschen Straßennetz. Die Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler gingen davon aus, dass die Fahrzeuge stets auf optimalen Pfaden bewegt werden. Das müssen nicht zwingend die kürzesten Routen sein, wenn etwa ein knapper Umweg über eine Route mit weniger Steigungen führte. Auf den ersten Blick mag das nach einem überschaubaren Problem klingen, und Funke bestätigt: „Aus mathematischer Sicht ist das eine sehr einfach zu formulierende Frage.“

Allerdings sorgt die schiere Zahl möglicher Routen rasch für Herausforderungen. Das deutsche Straßennetz hat rund 20 Millionen Knotenpunkte, und zwischen jedem möglichen Paar von Knotenpunkten wollten die Forschenden den optimalen Pfad berechnen. Heraus kommt eine unvorstellbar große Anzahl von Pfaden, nämlich 400 Billionen. Doch auch mit kleineren Netzen zu arbeiten, schied als Option rasch aus: Allein um die Pfade für das Straßennetz von Baden-Württemberg zu berechnen, wären 93 Stunden Rechnerzeit nötig sowie ein halbes Terabyte Speicherplatz. →

Sicher: Am Ladepunkt mit Smart Meter Gateway können Daten sicher übertragen werden.

→Die Lösung lag schließlich in einem Verfahren, das auch moderne digitale Routenplaner nutzen. Dabei werden in Vorverarbeitungsschritten die optimalen Pfade komprimiert dargestellt, sodass die Routenberechnung später im Bereich von Millisekunden erfolgen kann. Mit Hilfe dieser Technik gelang es Funkes Team, den Speicherbedarf für das baden-württembergische Netz auf 30 Gigabyte zu reduzieren. „Das ermöglicht es uns, die optimale Zahl der Ladestationen auf einem normalen Rechner sehr gut zu approximieren, ohne die Datenqualität zu verschlechtern“, sagt Funke. Für die Stuttgarter stand allerdings nicht im Fokus, Empfehlungen für die Platzierung neuer Ladestationen zu geben, sondern Planern das entsprechende Werkzeug an die Hand zu geben. In der Forschungswelt gab es für die Arbeit viel Zuspruch. Unter anderem wurde eine Projektveröffentlichung dazu auf der AAAI-Konferenz, einer der beiden weltweiten Topkonferenzen im Bereich Künstliche Intelligenz, unter die besten fünf Einreichungen gewählt – unter mehr als eintausend Kandidaten.

„TANK“-VORGANG PROBLEMLOS ABRECHNEN

Noch weniger als mit der Frage, ob die Akkuladung bis zur nächsten Ladestation reichen wird, soll sich die wachsende Zahl der E-Auto-Nutzer mit der Abrechnung ihres Tankvorgangs befassen müssen. „Der Nutzer soll das Gefühl haben: Mein Tun beschränkt sich auf das Einstecken in das Fahrzeug“, sagt Dr. Daniel Stetter vom Stuttgarter Fraunhofer-Institut für Arbeitswirtschaft und Organisation (IAO). Um dieses Ziel zu erreichen, arbeiten elf Forschungspartner im Projekt „LamA-connect“ zusammen, das vom Bundesministerium für Wirtschaft und Energie gefördert wird. Das Institut für Arbeitswissenschaft und Technologiemanagement (IAT) der Universität Stuttgart ist als Projektpartner unter anderem mit Softwareentwicklung befasst. Dabei geht es auch um Ladebedarfsprognosen, mit deren Hilfe Unternehmen zum Beispiel Stromspitzen vermeiden könnten. „Wenn der Bedarf pro Ladepunkt bekannt ist, kann an sonnigen Tagen das Laden etwa in Zeiten mit hohem Eigenstromaufkommen gelegt werden“, erklärt Marc Alexander Schmid, Mitarbeiter am IAT, das eng mit dem IAO zusammenarbeitet.

SMART METER GATEWAYS IM EINSATZ

„LamA-connect“ soll auch belegen, dass Ladeinfrastruktur für E-Mobilität durch Smart Meter Gateways gesteuert und überwacht werden kann – und zwar nach den hohen Sicherheitsstandards, die das Bundesamt für Sicherheit in der Informationstechnik (BSI) fordert. Smart Meter Gateways sind Kommunikationseinheiten intelligenter Strommesssysteme, die nicht nur den Verbrauch erfassen, sondern auch gesichert Daten übertragen können.

Dadurch könnte in Zukunft etwa prognostiziert werden, wann und wie lange E-Fahrzeuge an den Ladepunkten sind und wie viel Strom sie laden. Diese bereits standardisierten und als sehr sicher geltenden Smart Meter Gateways könnten künftig auch als Kommunikationskanal zum Steuern und Abrechnen von Ladevorgängen von Elektrofahrzeugen dienen. „Dabei gibt es eine Vielzahl von technischen und rechtlichen Fragen, mit denen der Nutzer gar nicht belastet werden soll“, sagt Daniel Stetter. Ziel sei vielmehr ein sehr gut funktionierendes und für einen breiten Nutzerkreis verfügbares System.

Am 1. Januar 2020 waren in Deutschland mehr als 136.000 Elektroautos zugelassen, 53.000 mehr als im Vorjahr.

Im Rahmen von „LamA-connect“ soll dies vor allem praktisch erprobt werden. Am Fraunhofer-Standort in Stuttgart-Vaihingen, im Stuttgarter Parkhaus Hofdienergarage sowie in einem Freiburger Wohngebiet soll mit Smart Meter Gateways ausgestattete Ladeinfrastruktur installiert werden. Parallel läuft eine Pilotphase im Labor. →

→Bereits im Juli 2018 begann die Arbeit im eng verwandten Projekt „LamA – Laden am Arbeitsplatz“, das durch das Programm „Saubere Luft“ des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie (BMWi) gefördert wird. Im Mittelpunkt steht dabei die Integration von Ladeinfrastruktur in den Unternehmensalltag in Städten mit hohen Stickoxidwerten. Innerhalb des Projekts sollen bis September 2022 rund 500 Ladepunkte an Fraunhofer-Instituten installiert werden, die in insgesamt 18 belasteten Kommunen angesiedelt sind. An den drei Leuchtturmstandorten des Projekts, Stuttgart, Freiburg und Dresden, laufen zudem vertiefende Untersuchungen, so der Fraunhofer-Wissenschaftler Stetter. Dabei wollen die Forscherinnen und Forscher beispielsweise klären, wie sich das Management von Dienstwagenflotten ins Gesamtsystem integrieren lässt. Auch die Akzeptanz der Mitarbeitenden soll untersucht werden. Das IAT beschäftigt sich dabei unter anderem mit der Nutzerbefragung im Rahmen einer Akzeptanzanalyse. →|

KONTAKT

PROF. STEFAN FUNKE **Mail: funke@fmi.uni-stuttgart.de**
Telefon: +49 711 685 88377

MARC ALEXANDER SCHMID **Mail: marc.schmid@iat.uni-stuttgart.de**
Telefon: +49 711 970 5124

Fotos: GettyImages, S. 60 Fraunhofer-Institut IAO

Anzeige

Region Stuttgart *Kultur* Gsälz
bär CyberValley **Maschinenbau**
Innovation Hip Hop *Mineral*
quellen Spätzle **Spitzenforschung**
Tradition IBA'27 *Informations*
technologie **Vielfalt** Maultaschen
Mobilität VFX **Verantwortung**

jobs.region-stuttgart.de

Wirtschaftsförderung Region Stuttgart

NO-BLOCK TIZ

VIRTUAL REALITY FÜRS HOMEOFFICE

Simulationsergebnisse oder CAD-Daten werden oft in einer Cave visualisiert und analysiert. Das in der Corona-Pandemie erforderlich gewordene „Social Distancing“ ist dort jedoch nicht möglich. Visualisierungsexpert*innen der Universität Stuttgart und fünf weiterer baden-württembergischer Hochschulen haben im Projekt „Virtuelle Kollaborationslabore Baden-Württemberg“ (KoLab-BW) eine neue Softwareplattform entwickelt, mit der getrennt arbeitende Personen in virtuellen Umgebungen zusammenarbeiten können – sogar aus dem Homeoffice heraus.

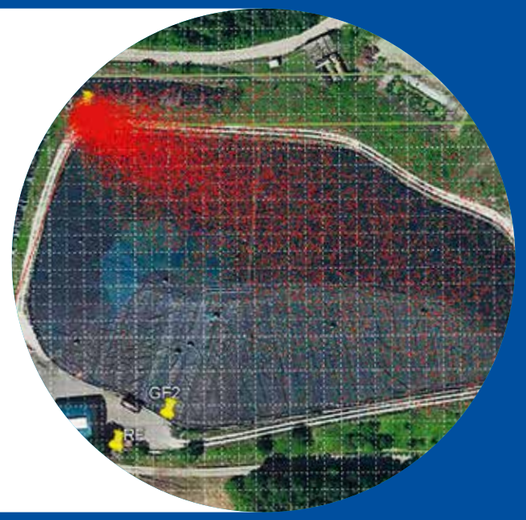
Ausgestattet mit preiswerten VR-Brillen und Controllern treffen sich die Teammitglieder als Avatare in einem virtuellen Meeting-Raum, um gemeinsam 3D-Visualisierungen zu analysieren. Nicht nur in Corona-Zeiten hilft die Software, wissenschaftliche Erkenntnisse zu beschleunigen oder die Einführungszeit neuer Produkte am Markt zu verkürzen. Zudem wird sie im Bereich von Schulung und Training von großem Nutzen sein.

„Ausgestattet mit preiswerten VR-Brillen und Controllern treffen sich die Teammitglieder als Avatare in einem virtuellen Meeting-Raum, um gemeinsam 3D-Visualisierungen zu analysieren.“

KLIMASCHUTZ PER SCHWERLASTDROHNE

Klimagase wie Methan, Lachgas oder Kohlendioxid gelangen bei ganz verschiedenen Prozessen und aus unterschiedlichsten Quellen in die Umwelt, zum Beispiel durch Deponien oder Biogasanlagen. Am Institut für Siedlungswasserbau, Wassergüte- und Abfallwirtschaft der Universität Stuttgart wurde nun eine neue Fernerkundungsmethode entwickelt, die es erlaubt, die Konzentration von Emissionen umfassender zu erfassen und deren Ausbreitung präziser zu modellieren. Die Technik besteht aus einer Schwerlastdrohne sowie einer Infrarot-Messmethode, der sogenannten Fourier-Transformationsspektroskopie (FTIR).

Das neue Messsystem kann flexibel zu jedem beliebigen Punkt in variabler Höhe getragen werden und eine oder mehrere Emissionsquellen umkreisen. Dies ermöglicht ein gezieltes und detailliertes Vermessen der Abgasfahne selbst sowie der Hintergrundkonzentrationen. Zudem gehen die Messflüge schnell: Zwei bis drei Stunden an wenigen Tagen im Jahr genügen.



LICHT IM PLUTO-NEBEL

In der Atmosphäre des Zwergplaneten Pluto wird Nebel aus kleinen Partikeln produziert, der für längere Zeit dort verharrt, anstatt sofort auf die Oberfläche abzuregnen. Dies haben Beobachtungen der fliegenden Sternwarte SOFIA erstmals bewiesen. Sie wurden von einem Team um Michael Person vom Massachusetts Institute of Technology (MIT) veröffentlicht, zu dem auch Jürgen Wolf, Enrico Pfüller und Manuel Wiedemann vom Deutschen SOFIA Institut an der Universität Stuttgart gehören.

Zudem lassen die neuen Daten vermuten, dass die Gashülle des Zwergplaneten ziemlich widerstandsfähig ist. Die Beobachtungen stehen im Widerspruch zu bisherigen Vorhersagen und erklären auch, warum der Nebelschleier um Pluto blau wirkt: Dies liegt daran, dass die Partikel extrem klein sind und daher blaues Licht stärker als andere Farben streuen.

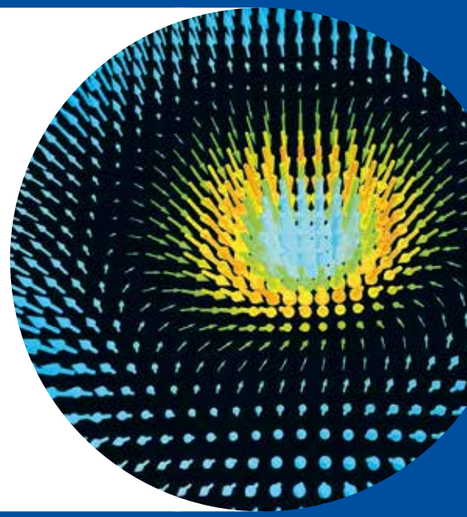
MINIATURLABOR WIE EINE NADELSPITZE

Während in der Elektrotechnik die Miniaturisierung schon weit vorangeschritten ist, füllt die Analyse- und Prozesstechnik in Medizin und Biochemie heute noch ganze Labore. Eine Gruppe um Jun.-Prof. Michael Heymann am Institut für Biomaterialien und Biomolekulare Systeme der Universität Stuttgart hat eine Methode entwickelt, mit der sich ein Labor auf die Größe einer Nadelspitze miniaturisieren lässt. Sie setzt dabei auf Kurzpulslaser, Fotolack und 3D-Druck.

Die Methode eröffnet eine neue Ära biomedizinischer Anwendungen. So lassen sich mit der Technologie zum Beispiel haarfeine, flexible Endoskope verwirklichen, mit denen man auch in kleinsten Körperöffnungen oder Maschinen Operationen und Untersuchungen vornehmen kann. Ebenso kann die Formulierung von Medikamenten verbessert werden. Nature Communications https://www.nature.com/articles/s41467-020-14434-6

NANO-WIRBELSTÜRME IM FILM

Im Zentrum eines Wirbels bestehen sehr hohe Drehgeschwindigkeiten, die bei großen Tornados gewaltige Zerstörungskräfte entfalten können. Ähnliche Effekte werden für Licht vorhergesagt, das auf einer atomar glatten Goldoberfläche entlangläuft und dabei Drehimpulse und Wirbel ausbilden kann. In einer aufsehenerregenden Arbeit ist es Forschenden der Universitäten Stuttgart, Duisburg-Essen und Melbourne/Australien gelungen, diese nach ihrem Entdecker Tony Skyrme „Skyrmionen“ genannten Wirbelmuster auf der Nanometerskala zu filmen. Dabei konnten die Forschenden sogar die Richtung des elektrischen und magnetischen Feldes im Licht in allen drei Dimensionen aufnehmen und seine Bewegung messen. Science https://science.sciencemag.org/content/368/6489/eaba6415



Fotos: Universität Stuttgart (HLRS, ISWA, IBBS), Universitäten Stuttgart, Duisburg-Essen und Melbourne, NASA/New Horizons

Lastenrad statt Sprinter

TEXT: Daniel Völpel

Das Stuttgarter Logistik-Modell denkt Transport- und Lagerprozesse für die Zukunft neu, inklusive Achterbahnen und Seilbahnen. Das soll unsere Städte vor dem Verkehrsinfarkt bewahren.

Die Welt des Handels verändert sich, unter anderem dadurch, dass Kunden immer mehr individuell angepasste Produkte wünschen. „Das führt zu einer gigantischen logistischen Herausforderung, weil Teile in immer kleineren Stückzahlen zugeliefert werden müssen“, erklärt Prof. Robert Schulz, Leiter des Instituts für Fördertechnik und Logistik (IFT) der Universität Stuttgart. Dies sei einer der Gründe gewesen, das Stuttgarter Logistik-Modell zu entwickeln. „Zweitens verändern sich Lebensräume, vor allem die Städte. Wir müssen Lösungen finden, um nicht im Verkehrsinfarkt unterzugehen.“ Das Modell soll daher Wege aufzeigen, wie die Ver- und Entsorgung in Städten umweltfreundlich und CO_2-neutral organisiert werden kann. Dabei nutzt es auch technische Lösungen, die bereits existieren. Prozesse neu zu denken und dabei diese Lösungen einzusetzen, das sind die Leitgedanken des Stuttgarter Logistik-Modells.

Wie sich der Warentransport verändern wird, zeichnet sich bereits ab: Aus großen Logistikzentren im Umfeld der Ballungsräume werden die Güter künftig in kleine städtische Verteilstationen gebracht. Von dort geht es auf die letzte Meile zum Kunden. Kurier-Express-Paket (KEP)-Dienstleister beginnen bereits damit, dieses Konzept umzusetzen, sagt Schulz. „DHL, UPS, DPD und Co. fahren alle mit ihren Lieferfahrzeugen durch die gleichen Straßen. Ob das so sinnvoll ist, muss man hinterfragen.“ Er geht davon aus, dass durch die politischen Bemühungen um eine Verkehrswende in den Städten zudem Parkplatzflächen frei werden. „Diese Flächen könnte man für Mikro-Hubs nutzen.“ Von diesen Zentren aus könnten die KEP-Dienstleister mit Lastenfahrrädern oder anderen emissionsfreien Fahrzeugen die Kunden bedienen. Andersherum könnten die Kunden dort auch ihre bestellten Waren abholen.

INSPIRATION ACHTERBAHN

Der Trend zu personalisierten Produkten führt laut dem Logistikforscher zu weiteren Fragen: „Warum muss die gesamte Fertigung beim Hersteller stattfinden? Warum verlagert man das nicht näher zum Kunden?“ Gerade Güter, die länderspezifisch abgewandelt werden, würden heute schon in den Verteilzentren der Logistiker bearbeitet. Als Beispiel nennt Schulz Bekleidung, die dort ihre Einnäher und Embleme erhält. Gleichzeitig gewinnt der 3D-Druck als Fertigungstechnik an Bedeutung. Dies werde Produktionsketten verändern. „Künftig→

Bei der Seilbahn Koblenz prüft das IFT im Turnus die Trag- und Zugseile.

40.000 Lkw-Fahrten pro Jahr werden zwischen Nußloch und Leimen in Baden-Württemberg durch die dortige Materialseilbahn von Heidelberg-Cement eingespart.

→werden nicht mehr alle Teile zuerst zentral in ein Werk geliefert und dann wieder an alle Kunden verteilt. Sondern Teile der Produktion werden sich in die Logistikzentren verlagern.“

Das stellt die Intralogistik vor neue Aufgaben: „Diese Logistikzentren bekommen dann innerhalb kürzester Zeit verschiedenste Produkte verschiedenster Hersteller herein, die sie verteilen, sortieren, konfigurieren und kundenauftragsspezifisch kommissionieren oder individualisieren müssen“, schildert Schulz. Starre Förderbänder können diese Aufgaben nicht mehr lösen. „Dazu brauchen Sie extreme Flexibilität.“ Deshalb dürften sich fahrerlose Transportsysteme durchsetzen, die bislang vor allem in der Industrie eingesetzt werden. Wie sich diese Transporter frei im Raum bewegen können und dennoch ihr Ziel präzise erreichen, daran forscht das Team am IFT aktuell – unter anderem arbeitet es zusammen mit einem Start-up-Unternehmen an einer Innenraumnavigation über eine spezielle Funktechnologie.

Wenn die Waren das Logistikzentrum verlassen, sollen sie nach dem Stuttgarter Logistik-Modell mit den erwähnten technischen Lösungen zu den Mikro-Hubs gelangen. Dies könnte unter anderem mit dem am Institut entwickelten Hochgeschwindigkeitsfördersystem (HGFS) geschehen. Die Idee für das HGFS basiert auf einer klassischen Achterbahn. Allerdings wurde das Antriebskonzept, die Schwer-→

Prof. Robert Schulz in der Versuchshalle der Seiltechnologie des IFT

→kraft zu nutzen, verändert. Das Team des IFT entwickelte einen neuartigen Antrieb: Die Schiene wurde um 90 Grad gedreht und jeder Wagen erhält einen E-Motor. Vor allem eine Herausforderung musste das Team bei dieser Technologie lösen, erläutert Schulz: „Wenn Sie eine Kurve oder eine Steigung haben, verändert sich der Flankenabstand der Zahnräder. Es muss konstruktiv entwickelt werden, dass dieser Abstand gleich bleibt." Für Freizeit-Achterbahnen wurde das Prinzip in Kooperation mit einem Hersteller schon mehrfach umgesetzt, unter anderem am „Sky Dragster" im bayerischen Bad Wörishofen. Dieses neue Antriebskonzept soll nun genutzt werden, um auch Waren und Güter zu transportieren. Als Logistiksystem soll das HGFS Lasten bis 1500 Kilogramm auf Europaletten mit 50 bis 60 Stundenkilometern befördern können. Dabei überwindet es Steigungen bis 45 Grad. Als Bindeglied zwischen Logistikzentren und Verteilstationen könnte es zum Beispiel auch unterirdisch in bereits bestehenden Kanälen verkehren. Große Produktionsstätten wie Autofabriken und deren Lieferantenparks könnte das HGFS ebenfalls beliefern. Noch sind die Forscherinnen und Forscher jedoch damit beschäftigt, ein Schienensystem zu entwickeln, das weniger Material benötigt und weniger kostet als die Doppelschiene aus Stahlfachwerk von Achterbahnen.

SEILBAHNEN IM AUFWIND

Daher schwebt Schulz ein weiteres zukunftsträchtiges Transportmittel vor: die Seilbahn. Am IFT forschen Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler seit Jahrzehnten zur Seiltechnik und prüfen Seilbahnen in aller Welt. „Die Verknüpfung der Mikro-Hubs mit den vorstädtischen Logistikzentren – dazu wäre die Seilbahn interessant. Ich kann das ja kombinieren: Jede dritte Gondel befördert Waren und erspart dadurch Transporte auf der Straße", sagt der Forscher. Die anderen stünden dann für den öffentlichen Personennahverkehr zur Verfügung. „Wenn die Frage aufkommt, wie man den Verkehrsinfarkt in den Städten verhindern kann, ist man immer schnell bei öffentlichen Verkehrsmitteln", sagt der Logistiker. „Dabei könnte die Seilbahn in der Zukunft eine große Rolle spielen." Ein Vorbild dafür ist die Stadt La Paz in Bolivien. Dort gingen seit 2014 zehn Linien der→

→Seilschwebebahn Mi Teleférico in Betrieb. Auch in Deutschland prüfen mehr und mehr Städte Seilbahnen als Verkehrsträger, darunter München und Stuttgart. „Leider scheitert das bisher immer ein bisschen daran, dass man urbane Seilbahnen touristischen Orten zuordnet", so Schulz. Aber „es steht und fällt damit, dass man sie in den öffentlichen Personennahverkehr einbindet, sodass für die Fahrgäste ein Nutzen entsteht".

Schwierig ist das Thema Seilbahn noch in einer anderen Hinsicht: „Sobald man irgendwo eine Stütze aufbauen will, werden Sie hier in Stuttgart relativ viele Gegner haben", befürchtet Schulz. Dabei spreche viel für die Seilbahn: leiser Betrieb bei konstanten Fahrgeräuschen, praktisch keine Wartezeiten und: „Im Vergleich mit anderen Bahnen ist sie auf jeden Fall die günstigere Lösung bei gleicher Leistung." Anders als bei einer U-Bahn entfällt der teure Tunnelbau. Im Gegensatz zu Straßen- und S-Bahn wird kaum Fläche benötigt und versiegelt. Zudem fährt die Seilbahn weitgehend autark, spart also Personal- und Betriebskosten ein. Aber die Akzeptanzprobleme seien eben vorhanden und müssten gelöst werden, betont Schulz: „Niemand möchte, dass die Seilbahngondel durch sein Wohngebiet fährt." Wie und wo sich diese Bahnen etablieren könnten, ist deshalb eine weitere Frage, die das Forscherteam im Rahmen eines Forschungsprojektes in den kommenden Jahren beantworten will. ↠

KONTAKT

PROF. ROBERT SCHULZ **Mail: robert.schulz@ift.uni-stuttgart.de**
Telefon: +49 711 685 83771

Fotos: S. 65 Skyglide Event Deutschland GmbH/Henry Tornow, S. 66 Uli Regenscheit

Anzeige

Alternative Antriebe

Fotos: Max Kovalenko

TEXT: Carina Lindig

An der Universität Stuttgart forschen Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler zu neuen Antriebsenergien in der Elektromobilität. Wir stellen drei vielversprechende Ansätze vor.

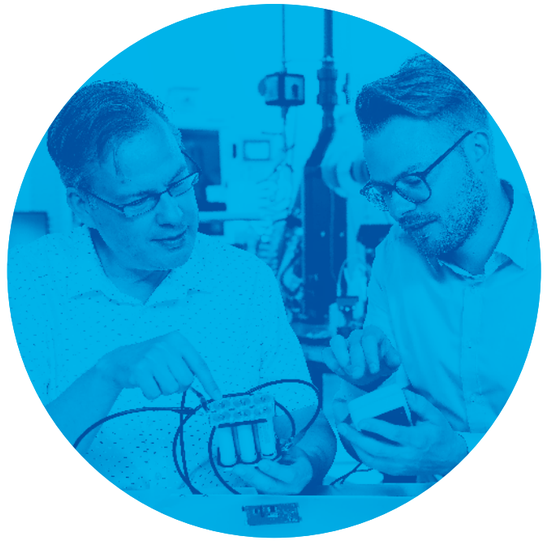
TRANSPORT IN DER BRENNSTOFFZELLE

Die Brennstoffzelle gewinnt als Antriebsform in der Automobilwelt zunehmend an Bedeutung. Auch für schwere Fahrzeuge stellt sie eine attraktive Alternative zu rein batteriebetriebenen Fahrzeugen dar. Um im Wettbewerb der Automobilbranche allerdings bestehen zu können, müssen eine hohe Effizienz und Langlebigkeit von Brennstoffzellen bei geringen Kosten erreicht werden. Cynthia Michalkowski, Doktorandin am Lehrstuhl für Hydromechanik und Hydrosystemmodellierung, arbeitet daher im Rahmen des Sonderforschungsbereichs 1313 „Poröse Medien“ an der Modellierung von Brennstoffzellen. „Die Polymer-Elektrolyt-Membran (PEM)-Brennstoffzelle besteht aus mehreren porösen Schichten mit unterschiedlichsten Eigenschaften“, erklärt Michalkowski. Ähnlich wie bei Autobatterien sind diese einzelnen Zellen auch bei Brennstoffzellen miteinander verbunden. Um eine höhere Spannung zu erzielen, werden die Einzelzellen mit jeweils einer Spannung von bis zu 1,2 Volt in Reihe geschaltet und bilden so einen Brennstoffzellenstack, das zentrale Element im Brennstoffzellensystem. Er lässt sich in verschiedene Untersuchungsebenen unterteilen, von denen die Porenskala die kleinste Einheit für Fluidtransportprozesse bildet: „Bei der Porenskala zoomt man in eine Zelle hinein und sieht dort, wo sich die Transportprozesse abspielen, das Zusammenspiel einzelner Poren im Detail“, erklärt Michalkowski. Für optimale Betriebsbedingungen einer PEM ist ein ausgeklügeltes Wassermanagement entscheidend. Daher versucht Michalkowski, die Transportmechanismen von Wasser durch die Zellbestandteile zu verstehen. „Ich untersuche den Wassertransport von der wasserabstoßenden Gasdiffusionsschicht in den wasseranziehenden Gasverteiler. Hierbei betrachte ich zunächst die Interaktionsprozesse auf der Porenskala. Ich möchte herausfinden, welches die dominierenden Prozesse am Interface sind und wie ich diese in einem effizienten Modell zur Modellierung von PEM-Brennstoffzellen darstellen kann.“ ↠

Der Brennstoffzellenstack ist das zentrale Element im Brennstoffzellensystem.

Prof. Peter Birke (im Bild links):

„Maximale Energiedichte auf Batterieebene durch geschickte Konstruktion. Und: Reparieren ist das beste Recyceln.“



INNOVATIVE BATTERIESYSTEMTECHNIK

Batteriesysteme für Elektrofahrzeuge haben auf der Batteriesystemebene ein höheres Entwicklungspotenzial als auf der Zellebene. Dies gilt insbesondere bei Lithium-Ionen-Batterien, deren gravimetrische Energiedichte besonders hoch ist. Die gravimetrische Energiedichte sagt aus, wie viel Energie pro Gewicht der Batterie gespeichert werden kann. Momentan sind Verluste der gravimetrischen Energiedichte von der Zelle, dem kleinsten elektrochemischen Einzelelement, auf das gesamte Batteriesystem um etwa die Hälfte des Wertes immer noch typisch. Das gilt insbesondere für Batterien reiner Elektrofahrzeuge, da die Zelle immer noch weitgehend mit maximalem Aufwand geschützt, verpackt und gekühlt wird. Umgekehrt bedeutet dies, dass ein hohes Potenzial vorhanden ist, die Energiedichte auf Speicherebene weiter zu erhöhen. Und so verfolgt Peter Birke, Professor für Elektrische Energiespeichersysteme am Institut für Photovoltaik, die Idee, an einem Pol einer zylindrischen Zelle ein Gewinde anzubringen. Damit kann die Zelle wie eine Schraube genutzt werden. Der andere Pol wird über den Druck der geschraubten Zelle kontaktiert. Ähnlich wie bei Zündkerzen ist also eine aufwendige Verschweißung zur Kontaktierung nicht nötig, um ein funktionierendes System zu erhalten. „Die Verbindungstechnologie wird dabei weiterhin so ausgelegt, dass eine vollständige einfache zerstörungsfreie Demontage der Li-Ionen Zellen möglich ist“, erklärt Birke weiter. Damit werde eine optimale Voraussetzung für ihr Recycling möglich. Darüber hinaus testet Birke, ob Module in einfacher Weise zum Laden demontiert werden können. Dadurch könnte man Teile der Batterie einfach mit in die Wohnung nehmen – und an der Steckdose laden. Die Module sind als Low Voltage(LV)-Module ausgelegt; die Spannung ist daher niedrig genug, um sicheres Laden zu ermöglichen. Birkes Vision für die Mobilität der Zukunft lautet: „Maximale Energiedichte auf Batterieebene durch geschickte Konstruktion. Und: Reparieren ist das beste Recyceln.“ ↠

ELEKTRISCH LEITFÄHIGE KUNSTSTOFFE

Der grundlegende Wandel unserer Energieversorgung hin zu regenerativen Energien erfordert, dass effiziente Sekundärenergiespeicher sichergestellt werden. Durch den Einsatz von Brennstoffzellen gibt es eine erfolgversprechende Lösung für den Energiewandel. Prof. Bernd Gundelsweiler und Thomas Litwin vom Institut für Konstruktion und Fertigung in der Feinwerktechnik erforschen die Temperierung von thermisch und elektrisch leitfähigen Kunststoffen, sogenannten Graphit-Compounds. Sie sind ein idealer Werkstoff für Bipolar-Platten in Brennstoffzellen. „Im Rahmen des vom BMBF geförderten Forschungsprojektes konnte ein neuartiges Herstellungsverfahren für Bipolar-Platten entwickelt werden“, sagt Gundelsweiler. Durch die Kombination der interdisziplinären Forschungsgebiete der Projektpartner wurde das Verfahren des induktiven Heißpressens im Betonwerkzeug entwickelt. Dabei wird das zuerst noch pulverförmige Compound im Werkzeug induktiv erhitzt und verpresst. Das Verfahren überzeugt unter anderem durch eine deutliche Reduzierung des Herstellungszyklus von 20 auf etwa fünf Minuten sowie durch eine gesteigerte Qualität der Bipolar-Platten. ↠

SAUBER FLIEGEN

TEXT: Michael Vogel

Luftverkehr erzeugt mehr CO_2 als jede andere Fortbewegungsart. Ein internationales Forschungsprojekt arbeitet an einer Alternative: hybrid-elektrische Maschinen für den Regionalflugverkehr. Mit an Bord: das Institut für Flugzeugbau der Universität Stuttgart.

Vorläufer des e-Genius HPH: Das batterie-elektrische Flugzeug e-Genius schaffte 400 Kilometer.

Seit 1988 hat sich der Luftverkehr alle 15 Jahre verdoppelt. Fluggesellschaften und Luftfahrtexperten gingen vor der Corona-Pandemie unisono davon aus, dass dies in den kommenden 15 Jahren so weitergeht. Und da sich der Luftverkehr in den vergangenen drei Jahrzehnten unbeeindruckt von verschiedensten Krisen entwickelt hat, rechnen viele damit, dass sich daran trotz Corona langfristig wenig ändern wird. Das hat seine Schattenseiten. Der Luftverkehr ist laut der Internationalen Zivilluftfahrtorganisation ICAO für rund zwei Prozent der globalen CO_2-Emissionen verantwortlich. Das mag wenig klingen, pro zurückgelegtem Passagierkilometer ist Fliegen jedoch die Fortbewegungsart, die am meisten CO_2 erzeugt: 285 Gramm pro Kilometer laut der Europäischen Umweltagentur EEA. Beim Straßenverkehr sind es 158 Gramm pro Kilometer, beim Schienenverkehr 14.

Die Luftfahrt – und damit die Gesellschaft – hat also ein Problem. Zumal die Europäische Kommission zur Erfüllung des Pariser Klimaschutzabkommens das ambitionierte Ziel erklärt hat, den europäischen Luftverkehr ab 2050 klimaneutral zu gestalten. Ehrgeizig ist das nicht nur wegen technischer Herausforderungen, sondern auch wegen der langen Entwicklungszyklen in der Luftfahrt. Wenn heute ein neues Modell auf den Markt kommt, dann ist es zuvor über einen Zeitraum von zehn, fünfzehn Jahren entwickelt, getestet und zugelassen worden. Flugzeugbau ist kein Sprint, sondern ein Marathon. →

→ „Allein mit effizienteren Flugzeugen und einem verbesserten Management des Luftverkehrs ist die Klimaneutralität nicht zu schaffen“, sagt Prof. Andreas Strohmayer, der am Institut für Flugzeugbau (IFB) der Universität Stuttgart den Bereich Flugzeugentwurf leitet. „Vielmehr brauchen wir dort, wo es technisch möglich ist, alternative Antriebe.“ Die Alternativen sind dabei grundsätzlich dieselben wie im Automobilbau: vollelektrisch, hybrid-elektrisch, Brennstoffzelle und synthetische Kraftstoffe. Keine dieser Antriebstechnologien ist heute in der Breite verfügbar. „Am weitesten gediehen sind rein elektrische Flugzeuge, von denen inzwischen die ersten auf den Markt kommen“, so Strohmayer. „Die Krux ist jedoch deren beschränkte Transportkapazität.“ Die Maschinen sind Zwei- bis Viersitzer.

HYBRID-ELEKTRISCHE FORTSCHRITTE

Strohmayer weiß nicht zuletzt aus eigener Anschauung, was es heißt, ein vollelektrisches Flugzeug zu bauen. Am Institut ist in den vergangenen 15 Jahren der zweisitzige Motorsegler e-Genius entstanden, der 2011 erstmals abhob. Vier Jahre später überquerte e-Genius als erstes batterie-elektrisches Flugzeug die Alpen. „Mit ihm hatten wir eine Reichweite von 400 Kilometern geschafft“, sagt Ingmar Geiß, Gruppenleiter für bemannte Flugzeugprojekte. „Doch es ist schwierig, die Reichweite von e-Genius weiter deutlich zu steigern, weil die Energiedichte der Batterien zu gering ist“, sagt Geiß. Sie sind zu schwer für die Energiemenge, die sie für den Antrieb liefern.

Daher entwickeln Geiß und sein Team derzeit eine hybrid-elektrische Variante des Motorseglers, den e-Genius HPH. Dieser wird von einem Elektromotor angetrieben – die nötige elektrische Energie stellen Batterien und ein Generator bereit, der an einen klassischen Verbrenner gekoppelt ist. Die Batterien kommen beim Start zum Einsatz, der →

Der Verbrenner im hybrid-elektrischen e-Genius HPH ist ein 40-Kilowatt-Motor aus einem Smart.

Vision FutPrInt50: Das IFB koordiniert das internationale Projekt, in dem ein 50-sitziges hybrid-elektrisches Flugzeug entwickelt werden soll.

→ Verbrenner wird im Steigflug zugeschaltet und übernimmt beim Reiseflug die Energieversorgung komplett. „Es wird eines der ersten hybrid-elektrischen Flugzeuge sein, das wirklich Sinn macht“, sagt der Ingenieur. „Bisherige Demonstratoren haben nämlich tendenziell gleich viel verbraucht wie ein Vergleichsmodell mit reinem Verbrenner.“ Der e-Genius HPH dagegen wird bei einer Durchschnittsgeschwindigkeit von 150 Kilometern pro Stunde zwei Personen befördern können und dafür beim Reiseflug nicht mehr als drei Liter Kraftstoff auf 100 Kilometer brauchen. Das ist um 35 Prozent effizienter als heutige vergleichbare Modelle. Bei einem knapp 40 Liter großen Tank bedeutet es eine Reichweite von 1200 Kilometern. CO_2-neutral ist so ein Flugzeug im Betrieb, wenn sowohl Batteriestrom als auch Kraftstoff aus erneuerbaren Quellen stammen.

ZUKUNFTSTECHNOLOGIEN IDENTIFIZIEREN

„Entscheidend beim Entwurf von e-Genius HPH war, eine Position des Elektromotors zu finden, wo er maximal effizient ist“, erklärt Geiß. Diese Position wurde im hinteren Teil des Flugzeugs ausgemacht. Die 130 Kilogramm schweren Batterien und das Generatorsystem befinden sich dagegen unmittelbar hinter dem Cockpit. „Unser hybrid-elektrisches Flugzeug wird ähnlich schwer sein wie sein vollelektrischer Vorgänger, aber mehr als dreimal so weit kommen“, sagt Geiß. Noch dieses Jahr soll der Jungfernflug stattfinden.

Einem rein batterie-elektrischen Antrieb sind also Grenzen gesetzt. 500 Kilometer Reichweite wären schon viel, mehr als 700 Kilometer laut Andreas Strohmayer auch künftig kaum machbar. Zumindest solange es keine gewaltigen Innovationssprünge bei den Energiedichten der Batterien gibt. Deshalb sieht der Wissenschaftler – ähnlich wie viele Experten – die Entwicklung von hybrid-elektrischen Antrieben als einzig gangbaren Weg für die nähere Zukunft, wenn es um nennenswerte Transportkapazitäten auf der Kurzstrecke geht. „Eine neunsitzige Maschine muss hierfür eine Reichweite von 1500 Kilometern haben, eine 19-sitzige Maschine eher 2000 Kilometer“, skizziert Strohmayer die Messlatte für kommende Entwicklungen.

Was es für die Flugzeugbauer bedeutet, ein Hybridflugzeug zu entwickeln, dieser Frage geht ein großes, von Strohmayer koordiniertes EU-Projekt nach. FutPrInt50 heißt es, Future Propulsion and Integration towards a hybrid-electric 50-seat regional aircraft. „Wir wollen Technologien identifizieren und ihre Entwicklung vorantreiben, mit denen in 15 bis 20 Jahren ein 50-sitziges hybrid-elektrisches Flugzeug auf den Markt zu bringen wäre“, umreißt Strohmayer das Ziel. Start war am 1. Januar 2020, das Projekt ist auf drei Jahre angelegt. →

Prof. Andreas Strohmayer

„Man darf sich nichts vormachen.“

→ 50-Sitzer sind nach den 19-Sitzern die nächste Maschinengröße und vor allem im Regionalflugverkehr anzutreffen, bei denen die Strecken meistens unter 2500 Kilometern liegen. „Drei Felder stehen bei unserem Projekt im Vordergrund“, so Strohmayer: „das Design eines Flugzeugs, eine Energierückgewinnung während des Flugs und die Optimierung des Batteriesystems.“ Mit dem bloßen Umbau eines bereits konzipierten Flugzeugs ist es dabei nicht getan. „Man darf sich nichts vormachen“, sagt der Forscher, „ein hybrid-elektrischer Antrieb hat aufgrund seines hohen Gewichts verglichen mit einem klassischen Strahltriebwerk so viele Nachteile, dass man alle Vorteile und Synergien des elektrischen Antriebs ausnutzen muss, um insgesamt ein tragfähiges Flugzeugkonzept zu bekommen.“

Ein solcher Vorteil ist zum Beispiel das vergleichsweise geringe Gewicht eines Elektroantriebs. Elektrisch betriebene Propeller müssen daher nicht wie Monolithe unter den Tragflächen hängen, um genug Schub zu erzeugen, vielmehr lassen sie sich an günstigen Stellen entlang der Tragflächen verteilen. Dadurch verändert sich wiederum die optimale Form der Tragflächen. Ein weiteres Beispiel für einen Vorteil ist die Abwärme der vielfältigen Systeme an Bord, die heutige Flugzeuge nicht verwerten. Auch das lässt sich deutlich verbessern. „Die Wirksamkeit aller Maßnahmen wollen wir im Projekt mit Versuchen nachweisen“, sagt Strohmayer.

FORSCHUNGSTRANSFER IN DIE INDUSTRIE

Seinem Team kommt dabei die Aufgabe des Gesamtentwurfs zu, der äußeren Formgebung der Maschine. Das betrifft Rumpf, Tragflächen, Leitwerk, Antrieb, Fahrwerk und die Massenverteilung im Flugzeug. „Bei unserem Entwurf berücksichtigen wir bereits die relevanten Sicherheits- und Zulassungsvorschriften, damit sich die Ergebnisse später tatsächlich in die Praxis umsetzen lassen“, so Strohmayer.

Das Projekt hat ein Förderbudget seitens der EU von 4,7 Millionen Euro. Durch Beiträge weiterer Partner steigt das Volumen auf 7,6 Millionen Euro. Zu den EU-Partnern gehören neben der Universität Stuttgart Forschungseinrichtungen aus Frankreich, Italien und den Niederlanden sowie Unternehmen aus Belgien, den Niederlanden und Portugal. Internationale Partner sind Forschungsinstitute aus Großbritannien und Russland sowie der brasilianische Flugzeugbauer Embraer. Beratend wirken die Europäische Luftfahrtbehörde EASA mit sowie weitere Institutionen aus Kanada. „Dass wir mit Embraer einen Hersteller im Projekt haben, freut mich besonders“, sagt Strohmayer. „Schließlich bauen die Brasilianer Flugzeuge genau der Größe, auf die wir uns im Projekt konzentrieren.“ Das, so hofft der Wissenschaftler, begünstigt maßgeblich den Transfer der Forschungsergebnisse in die Industrie. „Ich bin jetzt 52. Im Idealfall kann ich eines Tages noch mit einer Maschine fliegen, für die wir mit FutPrInt50 Vorarbeit geleistet haben.“ ↠

KONTAKT

PROF. ANDREAS STROHMAYER **Mail: strohmayer@ifb.uni-stuttgart.de**
Telefon: +49 711 685 62065

Fotos: Universität Stuttgart/IFB, S. 73 futprint50.eu

Werde Teil von #TeamKARLSTORZ

Bei KARL STORZ tragen wir täglich durch die Entwicklung und Vermarktung von innovativen und hochwertigen Medizinprodukten zur Heilung von Menschen bei – und das seit 75 Jahren!

Wir bieten kontinuierlich spannende Themen für Praktika und Abschlussarbeiten in verschiedenen kaufmännischen und technischen Bereichen an. Schau doch rein unter www.karlstorz.com oder besuche uns auf Social Media!

Du findest uns auf

Generation Education

KARL STORZ SE & Co. KG, Dr.-Karl-Storz-Straße 34, 78532 Tuttlingen/Germany, **www.karlstorz.com**

STORZ KARL STORZ — ENDOSKOPE

75 Years

Material gegen Verschleiß

TEXT: Jens Eber
FOTOS: Max Kovalenko

Höhere Temperaturen in den Turbinen sollen Flugzeuge energieeffizienter machen und den CO_2-Ausstoß mindern. Um die dadurch verursachten Turbinenschäden so gering wie möglich zu halten, sind Forschende stets auf der Suche nach neuen Legierungen. Deren Beständigkeit können sie heute mithilfe von Simulationen testen.

Prof. Siegfried Schmauder vor dem Modell einer Gasturbine am benachbarten Institut für Thermische Strömungsmaschinen und Maschinenlaboratorium

Beim Verb „kriechen“ kommen sicherlich den wenigsten Menschen Metalle in den Sinn. Metall erscheint viel eher als Inbegriff von Stabilität. Dennoch gibt es bei Metallen das Phänomen des Kriechens, abhängig von der Temperatur des Werkstoffs in Bezug auf seine Schmelztemperatur. „Etwa bei der Hälfte der Schmelztemperatur geht es los“, erklärt Prof. Siegfried Schmauder, Abteilungsleiter Multiskalensimulation am Institut für Materialprüfung, Werkstoffkunde und Festigkeitslehre (IMWF) der Universität Stuttgart. Je höher die Temperatur des Materials, desto stärker schwingen seine Atome. Und je stärker die Schwingung, desto wahrscheinlicher ist es, dass Atome einen Platzwechsel vollziehen – das Metall beginnt sich unter konstanter äußerer Belastung zu verformen.

Das Kriechen von metallischen Elementen und Legierungen ist freilich nicht nur ein Phänomen auf der atomaren Ebene. Beispiel Flugzeugturbine: Im Inneren dieser Maschinen herrschen beim Verbrennungsvorgang des Treibstoffs Temperaturen von mehr als 2000 Grad Celsius, zudem rotieren dort Bauteile mit hohen Drehzahlen und entsprechenden Fliehkräften. Beginnen die Legierungen in den Turbinen unter diesen Bedingungen zu kriechen, dann wächst die Gefahr von Verschleiß und Schäden. Ähnliche Bedingungen herrschen in den Gasturbinen von Kraftwerken.

EXPERIMENTE BEDEUTEN ENORMEN AUFWAND

Für die Industrie ist es daher eine Daueraufgabe, möglichst robuste und vor allem kriechbeständige Werkstoffe zu entwickeln, weil Verschleiß die Wirtschaftlichkeit solcher Systeme und deren Nachhaltigkeit beeinflusst. Auf experimenteller Ebene bedeutet dies enormen Aufwand: Neue Legierungen müssen gegossen und dann in langwierigen Tests unter Extrembedingungen getestet werden. Und weil meist nicht nur eine neue Rezeptur untersucht wird, steigen die Kosten solcher Entwicklungsprozesse, die auch heute vielerorts noch Standard sind.

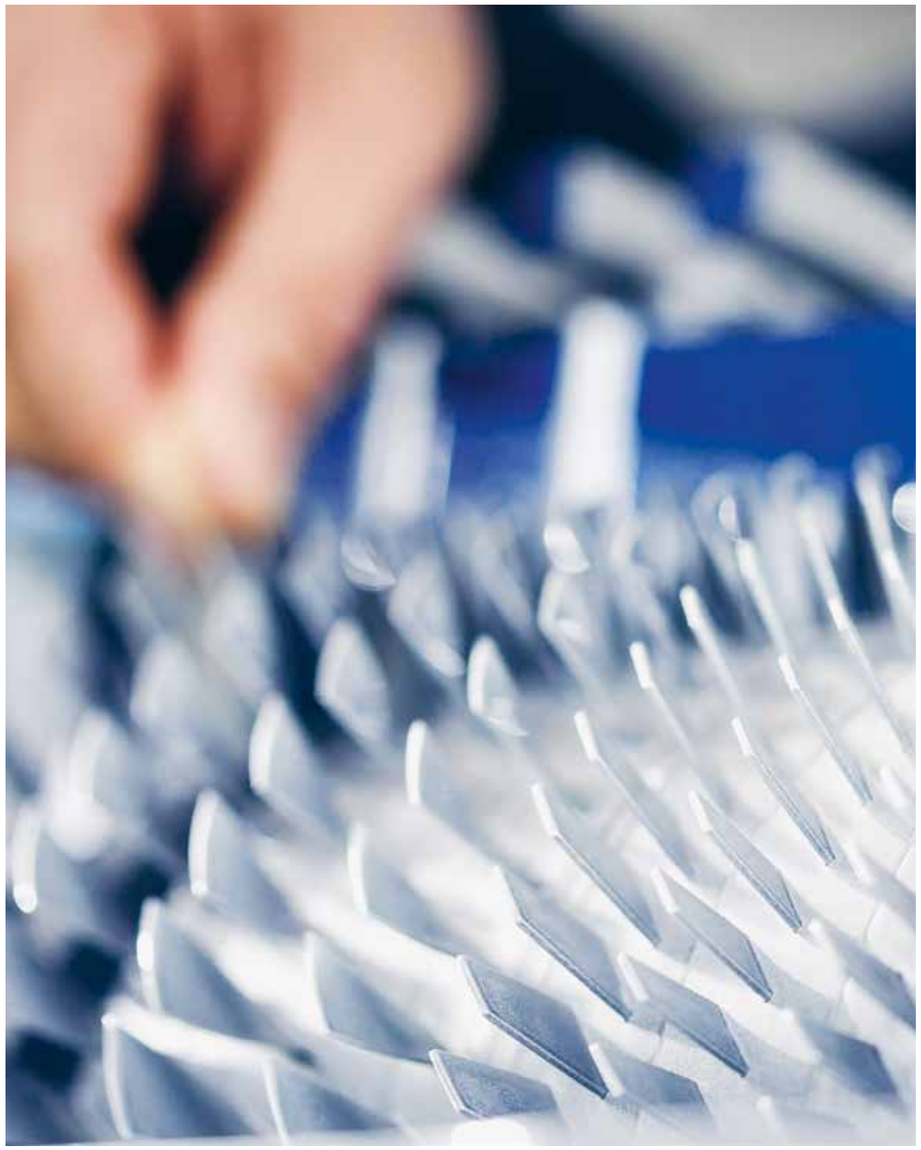
Mehr und mehr hat sich in den vergangenen Jahren jedoch die noch junge Disziplin der virtuellen Werkstoffentwicklung einen Namen gemacht. Dabei werden neue Legierungen nicht in langen Versuchsreihen untersucht, sondern zunächst auf dem Höchstleistungsrechner der Universität Stuttgart getestet, bevor tatsächlich aussichtsreiche Zusammensetzungen experimentell bestätigt werden.

„Als ich in den 1980er-Jahren mit meiner Doktorarbeit begann, war das noch ein Traum. Keiner hat geglaubt, dass dies funktionieren könnte“, erzählt Schmauder. Auch danach dauerte es noch etliche Jahre, bis Stuttgarter Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler 2008 erstmals eine Legierung aus Eisen und Kupfer berechnen konnten.

Heute beschäftigen sich unter dem Dach des Stuttgarter Exzellenzclusters „Daten-integrierte Simulationswissenschaft“ (SimTech) gleich mehrere Gruppen von Forschenden mit der Suche nach kriechbeständigen Legierungen. Ein Projekt befasst sich mit der Erforschung sogenannter Ni-Basis-Superlegierungen, deren Einsatzgebiet vor allem in Turbinen liegt.→

Rechts: Die quantenmechanische Simulation der Kobalt/Karbid-Grenzfläche stellt die Elektronendichte dar. Rot bedeutet niedrig, blau hoch.

Unten: Turbinenschaufeln



Auch Glas kann bei Zimmertemperatur „kriechen“. Bis dies allerdings messbar ist, vergehen viele Hunderttausend Jahre.

→Diese Legierungen aus Nickel und Aluminium gelten als widerstandsfähig gegenüber der sogenannten Versetzung von Atomen.

In diesem Projekt wollen die beteiligten Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler nun mithilfe der Modellierung untersuchen, wie Temperatur das Verhalten der Atome dieser Legierung beeinflusst und unter welchen Bedingungen Versetzungen von Atomen auftreten. Hierbei ist die spezielle Nickel-Legierung besonders interessant, weil sie auf der atomaren Ebene gewissermaßen Hindernisse für die Versetzung bildet und so das Kriechen unterbindet.

„Dies wird helfen zu verstehen, wie die Temperatur diesen Mechanismus beeinflusst, und Perspektiven eröffnen, diese Barriere möglichst zu erhöhen“, erklärt Schmauder. Parallel will die Forschungsgruppe untersuchen, wie Wasserstoff die Barrieren beeinflusst, da sich in der Vergangenheit in der Anwendung des Werkstoffs gezeigt habe, dass Wasserstoff die Kriechbeständigkeit negativ beeinflussen könne.

Fragen zur Auswirkung von Wasserstoff fließen zudem in parallele Forschungen ein, in denen untersucht wird, wie sich Druck und Temperatur der Wasserstoffatmosphäre auf das Werkstoffverhalten auswirken. Ziel ist, gleichermaßen kostengünstige wie zuverlässige Bauteile zu ermöglichen, die etwa in Wasserstofftanks für Fahrzeuge genutzt werden könnten.

KOBALT UND RHENIUM ZUR TEILCHENVERSTÄRKUNG

In einem weiteren Projekt erforschen die Stuttgarter Simulationsexperten eine kriechbeständige Legierung aus Kobalt und Rhenium, die durch Tantalcarbid, eine Verbindung aus dem metallischen Element Tantal und Kohlenstoff, verstärkt wurde. Dabei soll vor allem die Frage beantwortet werden, wie sich der durch das Tantalcarbid erzeugte Teilchenverstärkungsmechanismus unter Belastung verhält. Dabei arbeitet das IMWF eng mit dem Institut für Werkstoffe der Technischen Universität Braunschweig zusammen.

Zwar gilt die reine Kobalt-Rhenium-Legierung bereits als sehr hart, dennoch geht das Projekt von der Annahme aus, dass die Legierung zusätzliche Verfestigung für den Einsatz unter hohen Temperaturen und mechanischen Belastungen benötigt. „Wir müssen einen bei hohen Temperaturen wirksamen Verfestigungsmechanismus finden. In diesem Projekt wollen wir herausfinden, welches Potenzial Karbide aus Metall und Kohlenstoff hierbei haben“, so Prof. Joachim Rösler von der TU Braunschweig. Hierfür arbeiten die Forschenden beider Universitäten parallel in Simulationen und Experimenten.

Um solch komplexe Simulationen zu ermöglichen, waren zunächst umfangreiche Vorarbeiten nötig. „Heutige Rechner können sehr viel leisten“, sagt Prof. Schmauder, „aber sie können Bauteile immer noch nicht auf der atomaren Ebene rechnen.“ Um die Phänomene dennoch mit vertretbarem Rechenaufwand in der Simulation sichtbar zu machen, wandten die Forscher einen Trick an: Sie koppelten Berechnungsvorgänge nacheinander. „Wir rechnen auf der atomaren Ebene aus, was wir auf der nächsthöheren Ebene als Input brauchen“, erklärt Schmauder. Dort wiederum bekommen die Forschenden Ergebnisse für die makroskopische Ebene. ⇥

KONTAKT

PROF. SIEGFRIED SCHMAUDER **Mail: siegfried.schmauder@imwf.uni-stuttgart.de**
Telefon: +49 711 685 62556

Foto: S. 78 Universität Stuttgart/IMWF

Nicht unter 1000

Elisa Ehrlicher, Masterabsolventin in Gebäudetechnik, nahm am Strategiedialog teil.

Jakob Dürrwächter und Juliane Heitkämper plädieren für weniger Dienstflüge.

TEXT: Carina Lindig

Mobilität, Energie, Gesundheit und Ernährung: Nicht nur die Gesellschaft beschäftigt sich gegenwärtig mit diesen Handlungsbereichen, auch an den Universitäten sind sie längst zum Thema geworden – als Teil der gesellschaftlichen Gesamtdebatte. Und so tauschten sich beim 1. Strategiedialog der Universität Stuttgart 25 Studierende und Promovierende darüber aus, wie eine nachhaltige Universität gelingen kann.

Begeisterung, Eifer und Entschlossenheit lagen beim 1. Strategiedialog der Universität Stuttgart Anfang des Jahres in der Luft. In dem neuen internen Kommunikationsformat entwickelten Studierende und Promovierende der Universität Stuttgart unter dem Motto: „Wie stellen Sie sich die (ökologisch) nachhaltige Universität Stuttgart vor?“ gemeinsam Ideen zum Thema Nachhaltigkeit und Klimaschutz. Zwei Ideen, die im Rahmen des Strategiedialogs im Naturkundemuseum Schloss Rosenstein vorgestellt wurden, könnten schon bald Realität werden.

DIENSTFLUGREISEN EINSCHRÄNKEN

Es ist eine Voraussetzung für exzellente Forschung, dass sich Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler auf Konferenzen und Fachtagungen international vernetzen. Gleichzeitig werde dabei aber jede Menge CO_2 ausgestoßen, erklärt Jakob Dürrwächter, der im Fach Luft- und Raumfahrttechnik promoviert. Er verdeutlicht die Lage anhand eines Beispiels: „An der ETH Zürich werden mehr als die Hälfte der Emissionen der Universität durch Dienstreisen verursacht und den absoluten Großteil machen Flugreisen aus.“ Das ist ein riesiges Problem und deshalb brennt es den Forschenden unter den Nägeln, etwas daran zu ändern. Gemeinsam mit Juliane Heitkämper hat er sich die Frage gestellt, was Beschäftigte bei Dienstreisen ändern könnten, um das Klima zu schützen. „Die Zahl an der ETH ist zwar erschreckend, es gibt aber die Möglichkeit, durch eine Umgestaltung in diesem Bereich sehr viel zu erreichen“, so Juliane Heitkämper. →

Oben: Perspektivenwechsel: Der Strategiedialog fand im Naturkundemuseum Schloss Rosenstein statt.

Links: Claudio Schmaus (Mitte) fordert eine bessere Infrastruktur für das Fahrradfahren.

Claudio Schmaus

„Vielleicht kennt ihr das Problem, dass ihr das Rad an einem zentralen, belebten Ort abstellen möchtet, aber immer das unwohle Gefühl habt, ob oder wie ihr das Rad hinterher wieder vorfindet.“

→Die Doktorandin betont, dass es bereits erste Lösungsansätze gibt: „Auch an der Universität Stuttgart wurden schon erste Daten durch das Reallabor ‚Mobility Living Lab‘ (MobiLab) zum Thema Mobilität an der Universität erhoben und ausgewertet.“ Durch die im MobiLab (siehe dazu auch Seite 16/17) gewonnene Informationsgrundlage ist es möglich, den Beschäftigten Emissionen transparent darzulegen und daraus Ziele für die Zukunft zu formulieren. Was die Flugreisen betrifft, ergänzt Dürrwächter: „Wir sehen vor allem zwei Wege, das Ganze anzugehen. Zum einen wollen wir Flugreisen soweit es geht vermeiden. Und da, wo das nicht möglich ist, sind Kompensationen der beste Weg.“

Um Emissionen zu reduzieren, machen Heitkämper und Dürrwächter auf die Aktion „Unter 1000 mach ich’s nicht“ der Scientists for Future aufmerksam, die vorsieht, dass Forschende auf Flugreisen unter 1000 Kilometer verzichten. Um den wissenschaftlichen Austausch trotz alledem gewährleisten zu können, wollen die beiden alternative Gesprächsformate, wie Videokonferenzen, schaffen. Dazu müsste die Universität mehr Equipment im Bereich Software und Hardware zur Verfügung stellen. „Wir erleben derzeit im Rahmen der Corona-Krise, dass Meetings, Seminare und sogar Promotionsprüfungen abgehalten werden können, ohne dass dafür lange Dienstreisen nötig sind“, sagt Heitkämper. Man müsse also vor allem ein größeres Bewusstsein für das Thema schaffen. Dann würden viele Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter Eigeninitiative zeigen und ihre Dienstreisen zukünftig so nachhaltig wie möglich gestalten, sind die Promovierenden überzeugt.

Bei der Kompensation von CO_2 ist es Jakob Dürrwächter wichtig, dass die unterstützten Projekte tatsächlich CO_2 einsparen und keine Rechentricks passieren: „Internationale Zertifizierungen wie zum Beispiel ‚Gold Standard‘ stellen sicher, dass Treibhausgasemissionen tatsächlich in der angestrebten Höhe ausgeglichen werden und sie fordern die Risikoprüfung negativer Nebeneffekte.“ Alternativ könne die Universität – zumindest teilweise – Projekte lokal schaffen. „Wir würden gerne einen Wettbewerb, beispielsweise unter den Fakultäten, ins Leben rufen, bei dem Preise für die geringste Gesamtflugstrecke, die größte Reduktion oder meiste Kompensation ausgelobt werden“, schlagen Heitkämper und Dürrwächter vor.

FAHRRADBOXEN AUF DEM CAMPUS

Einen konkreten Vorschlag für einen emissionsfreien Campus hat Claudio Schmaus von der Hochschulgruppe Infinity ausgearbeitet. „Vielleicht kennt ihr das Problem, wenn ihr mit dem Rad unterwegs seid und es an einem zentralen, belebten Ort abstellen möchtet, aber immer das unwohle Gefühl habt, ob oder wie ihr das Rad hinterher wieder vorfindet“, beschreibt er bildhaft. Um das Problem zu lösen, würde er mit seiner Arbeitsgruppe Fahrradboxen auf dem Campus installieren, in denen Radfahrer ihre Fahrräder wegsperren können. Schmaus erklärt, dass man bei den Boxen zwischen verschiedenen Designs wählen könne, sodass viele Fahrräder auf engem Raum Platz haben. Außerdem könne man sie oben begrünen. Ein weiterer Vorteil der Boxen sei es, dass auch ein Fahrradhelm oder eine Tasche darin Platz finden. Der Student im Master Elektromobilität stellt heraus, dass die Boxen einfach zu bedienen seien: „Der Reservierungsprozess kann digital per App abgewickelt werden. Denkbar sind aber auch mechanische Alternativen.“

Für einen Kulturwechsel zum Fahrradcampus Vaihingen sei der Fokus auf die Infrastruktur notwendig. Außerdem müsse die Universität Studierenden, Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern den Zugang zu Duschräumen möglich machen. Wie zeitnah diese Handlungsempfehlungen umgesetzt werden, wird sich zeigen. Klar ist: Nachhaltigkeit und Klimaschutz werden vom Campus zukünftig nicht mehr wegzudenken sein. ⇥

Fotos: Universität Stuttgart/Max Kovalenko

PURPUR-BAKTERIEN FÜR GRÜNEN WASSER-STOFF

Prof. Robin Ghosh will zum Aufhalten des Klimawandels beitragen.

TEXT: Jutta Witte
FOTOS: Sven Cichowicz

Wasserstoff verbrennt CO_2-frei und ist als Energiespeicher vielfältig einsetzbar, ihn zu gewinnen aber bislang aufwendig und teuer. Ein Forschungsverbund unter Leitung des gebürtigen Engländers Prof. Robin Ghosh an der Universität Stuttgart will ein neues biologisches Verfahren für die industrielle Anwendung optimieren: die Dunkel-Photosynthese.

Für Prof. Robin Ghosh ist das erste Element im Periodensystem das entscheidende, wenn es um die Rettung unseres Planeten geht: „Ob die Energiewende gelingt, hängt davon ab, ob wir Wasserstoff in ausreichenden Mengen produzieren können“, ist der Leiter der Abteilung Bioenergetik des Instituts für Biomaterialien und biomolekulare Systeme (IBBS) der Universität Stuttgart überzeugt. Ghosh ist ausgewiesener Experte für Biochemie, Biophysik und Mikrobiologie. Bevor er 1996 an die Universität Stuttgart berufen wurde, hat er 16 Jahre am Biozentrum der Universität Basel, an der ETH Zürich und im Auftrag des Pharmaunternehmens Hoffmann-La Roche vor allem die Strukturen und Bausteine von Zellmembranen erforscht. Eines ist Ghosh im Laufe seiner Karriere immer klarer geworden: Bioorganismen sind nicht nur vielseitig verwendbare Lebewesen. Sie können auch Wasserstoff produzieren. Diese Fähigkeit zu nutzen, um die biologische Produktion des begehrten Moleküls voranzubringen, hat sich der 65-jährige Wissenschaftler schon lange auf die Fahnen geschrieben: „Wenn ich mit meiner Forschung etwas tun kann gegen den Klimawandel, egal wie wenig es ist, dann mache ich das.“

Denn H_2 birgt viel Potenzial, zum Beispiel als Kraftstoff für Flugzeuge und Schiffe, für Brennstoffzellen, zur Erzeugung von Rohstoffen für die Chemieindustrie oder auch zur Befeuerung von Brennöfen in der Stahlindustrie. Um dieses Potenzial zu heben, setzt die deutsche Bundesregierung im Rahmen ihrer nationalen Wasserstoffstrategie vor allem auf grünen Wasserstoff, der ohne den Einsatz fossiler Energien produziert werden kann.

Ihn zu gewinnen ist eine Herausforderung. Denn Wasserstoff kommt in der Natur nur in gebundener Form vor – als Bestandteil von Wasser und fast allen organischen Verbindungen. Nahezu jeder lebende Organismus ist ein möglicher Wasserstofflieferant. Das bislang gängigste Verfahren, um grünen Wasserstoff zu produzieren, ist die Elektrolyse. Der technisch weit ausgereifte Prozess nutzt den überschüssigen Strom aus Windrädern oder Solaranlagen, um Wasser in Sauerstoff und Wasserstoff zu spalten. Neben dieser thermochemischen Methode werden aber seit Langem auch biologische Verfahren erforscht und entwickelt. Sie machen sich den Stoffwechselprozess von Algen und Bakterien zunutze, um den im Laufe komplexer chemischer Reaktionen entstehenden Wasserstoff zu erschließen. Entsprechende Technologien befinden sich in diesem Bereich allerdings noch immer im Forschungs- oder Pilotierungsstadium. „Wir haben hier noch keine marktfähigen und bezahlbaren Verfahren“, erklärt Ghosh.

DER „EXOT“ UNTER DEN BAKTERIEN

Wie Grünpflanzen und Algen können auch Bakterien mit Photosynthese wachsen. Hierbei nutzen sie Lichtenergie, um Wasser und Kohlendioxid, das sie aus der Luft aufnehmen, in Wachstumsbausteine umzuwandeln. Sie setzen dabei auch Wasserstoff frei. Die Kunst ist es nun, den Stoffwechsel dieser Mikroben so zu beeinflussen, dass sie möglichst viel Wasserstoff produzieren. An der Spitze des vom Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi) geförderten Forschungsverbunds RhoTech setzt das interdisziplinäre Team um Robin Ghosh dabei auf das Purpurbakterium Rhodospirillum rubrum. Dieser Mikroorganismus lebt normalerweise in Tümpeln und Pfützen und gedeiht, anders als andere→

Die bakteriellen Mutanten auf Nährbodenplatten haben Eigenschaften, für die sich Prof. Ghosh interessiert.

Redoxreaktion:
Der Begriff steht für Reduktions-Oxidations-Reaktion. Hierbei gibt ein Reduktionsmittel Elektronen an einen Akzeptor ab.

Die Wachstumskölbchen enthalten das Nährmedium für die Dunkel-Photosynthese.

→ Bakterien, am besten bei sehr niedrigen Sauerstoffkonzentrationen. Kaum jemand in der Wissenschaftslandschaft kennt ihn besser als Ghosh. Seit 26 Jahren analysiert er den „Exoten unter den Bakterien" in allen möglichen Facetten. „Er ist so vielseitig wie ein Schweizer Taschenmesser", sagt er. Die Anwendungsgebiete reichen von der Impfstoff- bis hin zur Futtermittelproduktion. Dass er auch H_2 in durchaus beachtlichen Mengen erzeugen kann, kam eher zufällig zutage, als bei der Züchtung der Purpurbakterien plötzlich eine Flamme aus dem Fermenter aufstieg.

ABFÄLLE PRODUKTIV NUTZEN

Seitdem verfolgt Ghosh diesen Pfad konsequent weiter. Gemeinsam mit seinen Konsortialpartnern – dem Biotechnologen Prof. Hartmut Grammel von der Hochschule Biberach, Prof. Alexander Sauer, Leiter des Fraunhofer-Instituts für Produktionstechnik und Automatisierung (IPA) in Stuttgart, und der auf Schweißtechnologien spezialisierten KE-Technologie GmbH am Campus Vaihingen – will er in den nächsten drei Jahren eine technologische Lösung weiterentwickeln, die in der Grundlagenforschung bereits gut verstanden ist und im Labormaßstab funktioniert. Mittels einer Variante der Photosynthese – der sogenannten Dunkel-Photosynthese – soll am Ende Biowasserstoff im industriellen Maßstab hergestellt werden können. Als entscheidender Treiber, der die Energie bereitstellt, den Stoffwechselprozess in Gang setzt und auch den notwendigen Kohlenstoff liefert, fungiert das von Ghosh entwickelte Kulturmedium „M2SF". Es besteht neben Bernsteinsäure und verschiedenen Salzen vor allem aus Fruktose – die aus Frucht- und Molkereiabfällen gewonnen wird. →

Die purpurne Kultur des Bakteriums Rhodospirillum rubrum ist durch Dunkel-Photosynthese gewachsen.

Photosynthetische Pigmente werden spektroskopisch analysiert.

→ „Alle bisherigen künstlichen Photosyntheseverfahren haben einen Haken", erläutert Ghosh. „Sie setzen voraus, dass Licht genutzt wird und Kohlendioxid aus fossilen Energieträgern zur Verfügung steht." Licht stoße als Energiequelle für die Photosynthese in großtechnischen Anlagen aber an Grenzen und die Erzeugung von CO_2 aus fossilen Quellen sei endlich. Mit solchen Verfahren können nach Angaben des Experten bislang nur relativ kleine Kulturen von bis zu 200 Litern hergestellt werden. „Wenn man Wasserstoff ernsthaft im Energiemix der Zukunft nutzen will, braucht man eine Technologie, die für die Produktion von Bakterienkulturen von bis zu 100.000 Litern taugt." Hier kommt das Purpurbakterium ins Spiel. Um sein Wachstum im Labor anzukurbeln und gleichzeitig Wasserstoff mit einem photosynthetischen Prozess zu produzieren, greifen die Expertinnen und Experten zu einem Trick. Die Fruktose im M2SF ermöglicht H_2-produzierende Redoxreaktionen, die sonst nur mit Licht stattfinden können. „Das Bakterium ‚glaubt', mit Licht zu wachsen, tut dies in Wirklichkeit aber nicht", sagt Ghosh. „Die Dunkel-Photosynthese macht uns unabhängig von Licht und wir können mit ihrer Hilfe nahezu beliebige Kulturgrößen erzeugen." Das Verfahren bietet noch mehr Vorteile: Fruktose, der zentrale Hebel für diese Art der H_2-Produktion, ist als Abfallprodukt der Fruchtsaft- und Zuckerindustrie, aber auch aus Molkereien im Überfluss vorhanden und kann nun für die Produktion grüner Energie genutzt werden. Zudem entstehen bei der Dunkel-Photosynthese neben Wasserstoff weitere Produkte wie Terpenoide und Carotinoide für den Einsatz in der Lebensmittel- oder Pharmaindustrie.

VOM LABOR- ZUM INDUSTRIEMASSSTAB

Im Labor können Ghosh und sein Team momentan Kulturgrößen von 40 Litern produzieren. Um das neue Verfahren zu skalieren, setzen die RhoTech-Partner an verschiedenen Stellen an. So wollen die Forschenden vom IBBS das Purpurbakterium genetisch verändern und den Regulationsmechanismus des Bakteriums so einstellen, dass es möglichst viel H_2 erzeugt und in großen Anlagen stabil wachsen kann. Das Fraunhofer IPA fokussiert sich auf die Bewertung der zur Verfügung stehenden Biomasse sowie die Entwicklung von Produktionstopologien und Nutzungsszenarien. Auf die Optimierung des Prozesses für die Pilotanlage, die am Ende des Projektes im industriellen Maßstab in Betrieb gehen soll, konzentriert sich die Hochschule Biberach. Und KE-Technologie arbeitet als Industriepartner an einer energiesparsamen LED-Ergänzungsbeleuchtung, um die Ausbeute von Wasserstoff weiter zu erhöhen. „Für das Gelingen einer künftigen Wasserstoffwirtschaft ist die Dunkel-Photosynthese ein wichtiger Baustein", betont Ghosh. Jetzt will er diesen Baustein einsatzfähig machen für eine breite Anwendung: „Wir sind so weit." ⇥

KONTAKT

PROF. ROBIN GHOSH **Mail: robin.ghosh@bio.uni-stuttgart.de**
Telefon: +49 711 685 65040

DR. PETER SCHÄFER

DAS BESTE AUS ZWEI WELTEN

INTERVIEW: Daniel Völpel

Wie Fahrzeuge elektrisch, vernetzt und autonom fahren, daran tüfteln Ingenieurinnen und Ingenieure der Porsche Engineering Group GmbH in Weissach. Dr. Peter Schäfer, Vorsitzender der Geschäftsführung und Alumnus der Universität Stuttgart, spricht über die hohen Erwartungen an die Mobilität der Zukunft.

Herr Schäfer, dürfen wir einen Blick in Ihre Entwicklungslabore werfen: Wie sieht der Porsche der Zukunft aus?
PETER SCHÄFER Die wesentlichen Qualitätsmerkmale eines Porsche für den Kunden sind das unvergleichliche Design, das Fahrgefühl, die Ergonomie und seine Fahrleistungen. Diese Gene, wie wir dazu sagen, wollen wir in die Zukunft tragen und dabei den neuen ökologischen und gesellschaftlichen Rahmenbedingungen gerecht werden. Das heißt: konsequente Elektrifizierung, wie man es bei unserem ersten Elektrofahrzeug, dem Taycan, sieht. Hinzu kommt das Thema Konnektivität mit vielen neuen Funktionen auf der Basis von Big-Data-Technologien und Künstlicher Intelligenz.

Wie sieht dabei die Arbeitsteilung zwischen Ihnen und Ihren Auftraggebern aus?
PS Als klassischer Ingenieurdienstleister mit dem Schwerpunkt Entwicklung arbeiten wir im Auftrag unserer Mutter Porsche, aber auch anderer Unternehmen. Die Fahrzeughersteller vergeben bestimmte Teilumfänge oder gesamte Projekte an Dienstleister. Wir führen das bis zu einer Freigabeempfehlung aus, die Freigabe und Typprüfung laufen dann über den Hersteller. Neben der Gesamtfahrzeug- und Systementwicklung setzen wir bei Porsche Engineering einen besonderen Schwerpunkt auf neue softwarebasierte Funktionen. Zum Beispiel können mit Künstlicher Intelligenz und cloudbasierten Daten neue Funktionen realisiert werden: Durch eine Erfassung des Fahrbahnzustands im Fahrzeug können etwa die Regelsysteme darauf adaptiert werden. Kombiniert man dies mit den Daten anderer Fahrzeuge sowie zum Beispiel mit Wetterdaten in der Cloud, sind sogar vorausschauende Informationen für den Fahrer denkbar. →

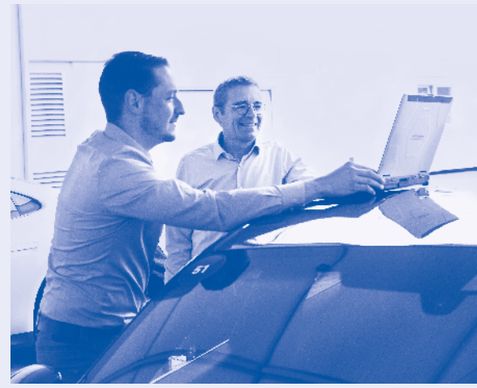
→Ihr Unternehmen trägt Porsche im Namen: Bei Trends wie Fahrerassistenz, Vernetzung, E-Mobilität – wo ist da in Zukunft Platz für Sportwagen und deren Fahrer mit Benzin im Blut?
PS Natürlich ist unser Leitbild bei der Entwicklung der Fahrzeuge der Fahrer beziehungsweise die Fahrerin, die das Erlebnis in den Vordergrund stellt und Fahrspaß erleben möchte. Man kann dazu auf spezielle Strecken gehen. Viele Fans machen das. Aber vielleicht will man auch einmal auf einer kurvigen Bergstraße im Schwarzwald die Dynamik des Fahrzeugs auskosten. Diese Momente sind den Besitzern sehr wertvoll. Wir wissen, dass es in Zukunft kleine Zeiteinheiten sein werden, in denen ein Kunde sein Fahrzeug so bewegen kann. Genau deswegen müssen diese Erlebnisse noch intensiver sein. Und genau deshalb entwickeln wir das Fahrzeug so, dass es diese Eigenschaften beherrscht – wohl wissend, dass auch unsere Kundinnen und Kunden im Alltag wie alle anderen des Öfteren im Stau stehen. Dort brauchen wir die Assistenz- und Unterstützungsfunktionen, die diese Verkehrsverhältnisse für die Fahrenden so angenehm wie möglich machen. Also das Beste aus zwei Welten: Ultimatives Fahrerlebnis – in den Zeiten und auf den Strecken, auf denen das geht – und möglichst hoher Komfort im Alltagsbetrieb.

Ein Fahrzeug soll demnach möglichst unterschiedliche Rollen erfüllen?
PS Ja, wir nennen das die Spreizung zwischen Fahrdynamik und Komfort, zwischen Fahrerlebnis und Alltagstauglichkeit. Wir haben den Anspruch, dass die Spreizung bei unseren Autos maximal ist.

Apropos Spreizung: Die Gesellschaft verlangt leisere, kleinere, im Idealfall Null-Emissions-Fahrzeuge. Die Kunden wollen große Wagen mit reichlich Platz, hoher Beschleunigung, Geschwindigkeit und Reichweite. Bekommt man das zusammen?
PS Wenn die Kunden sportliche SUV schätzen, wollen wir ein entsprechendes Angebot machen. Die Vereinbarkeit mit ökologischen Gesichtspunkten ergibt sich am besten mit Hybriden oder mit Elektrofahrzeugen, wo man über elektrische Antriebe und grünen Strom null Emissionen schaffen kann. Das ist der Grund, warum wir die Elektromobilität in unseren Produkten sehr stark umsetzen. Die Batterie hat eine geringere Energiedichte als ein fossiler Kraftstoff. Deshalb steht das Thema Effizienz bei Elektrofahrzeugen noch mehr im Vordergrund. Es ist ein Spagat, aber wir stellen uns dieser sehr spannenden Aufgabe.

Sind Sie in Ihrem Denken und Konstruieren dabei als externer Dienstleister freier oder sind die Vorgaben der Hersteller sehr eng?
PS Es gibt beides. In der Regel vergeben die Hersteller Aufträge mit klarer Beschreibung der Inhalte, die zu liefern sind. Es gibt aber Entwicklungen, bei denen wir höhere Freiheitsgrade haben und viele Ideen und Vorschläge einbringen können. Das ist der Grund dafür, →

„Wir haben bei unseren Autos den Anspruch, dass die Spreizung zwischen Fahrdynamik und Komfort, zwischen Fahrerlebnis und Alltagstauglichkeit maximal ist."



Peter Schäfer (rechts) setzt auf neue softwarebasierte Funktionen.

→dass wir uns nicht nur in unseren Kundenprojekten, sondern auch in eigenen Technologieentwicklungen sehr intensiv mit der Frage befassen: Was sind die Themen der Zukunft, die für unsere Kunden interessant werden? Dort eignen wir uns frühzeitig die Kompetenzen an, beispielsweise in der Hochvolt- oder Ladetechnologie oder in Datenanalysen und Künstlicher Intelligenz.

Sie arbeiten also auch ohne Kundenauftrag neue Fahrzeugtechnologien aus?
PS Ja, in begrenztem Umfang leisten wir uns das. Wir wählen sehr sorgfältig aus, welche Technologien das sind. Und ich möchte mal behaupten, dass wir da in der Vergangenheit die richtigen Schlüsse gezogen haben und schon früh auf die Themen Elektromobilität, Vernetzung und autonome Fahrfunktionen gesetzt haben.

Welche Erkenntnis aus Ihrer Studien- und Doktorandenzeit hilft Ihnen als Alumnus der Universität Stuttgart heute noch besonders weiter?
PS Ich hatte das große Glück, bei meiner Promotion ein Thema bearbeiten zu dürfen, bei dem es vor vielen Jahren schon um den Einsatz von Mechatronik ging. In der klassischen Fahrzeugtechnologie mit Mechanik, Hydraulik, Elektrik hielten damals mechatronische Systeme Einzug mit Aktorik und Sensorik sowie elektronischen Steuergeräten, die vielfältige neue Funktionen ermöglichen. Mein Doktorvater, Herr Professor Werner Schiehlen, hat betont, dass wir die Kombination von Mechanik und Software erforschen müssen und dass wir Lösungen finden müssen dafür, wie man mechatronische Systeme integriert und testet. Das hat meine berufliche Laufbahn sehr geprägt.

Die Universität Stuttgart pflegt enge Kooperationen mit der Industrie. In welcher Rolle sehen Sie die Hochschule dabei?
PS Die erste Aufgabe ist ganz sicher, die jungen Talente auszubilden, zu fördern und fit zu machen für den Berufseinstieg – auch im Hinblick auf zukunftsweisende Technologien, Nachhaltigkeit und Klimaschutz. Diese Themen bewegen uns sehr. Ich sehe einen engen Dialog mit der Industrie bei den Aufgaben der Zukunft – wir von der industriellen Seite in der Anwendung, die Universität in der Grundlagenforschung einen Schritt voraus. Dafür brauchen wir immer den gegenseitigen Abgleich: Wie können wir den richtigen Beitrag leisten für die Weiterentwicklung unserer Technologien und unseres Industriestandorts Deutschland, und wie können wir damit unserer gesellschaftlichen Verpflichtung im Hinblick auf Umwelt, Klima und Soziales gerecht werden. →|

DR. PETER SCHÄFER

Nach einem Maschinenbaustudium mit anschließender Promotion an der Universität Stuttgart war Peter Schäfer für Ford sowie die Volkswagen AG jeweils im Bereich Fahrwerk tätig. 2003 wechselte er in den Porsche-Konzern, wo er von 2004 bis 2009 unter anderem die Geschäftsleitung bei Porsche Engineering innehatte. Danach verantwortete Schäfer im Entwicklungsressort der Porsche AG die Bereiche Fahrwerk und zuletzt Gesamtfahrzeug/Qualität. Im Juli 2019 hat er den Vorsitz der Geschäftsführung bei Porsche Engineering übernommen.

Fotos: Porsche Engineering

Universität Stuttgart

ZUR ONLINEAUSGABE
www.uni-stuttgart.de/forschung-leben

Impressum

HERAUSGEBER
Universität Stuttgart
Keplerstraße 7
70174 Stuttgart
Telefon 0711 685-82211
hkom@uni-stuttgart.de
www.uni-stuttgart.de

ISSN 2198-2848

REDAKTION
Dr. Hans-Herwig Geyer,
Andrea Mayer-Grenu,
FAZIT Communication GmbH

KONZEPT
FAZIT Communication GmbH
www.fazit-communication.de

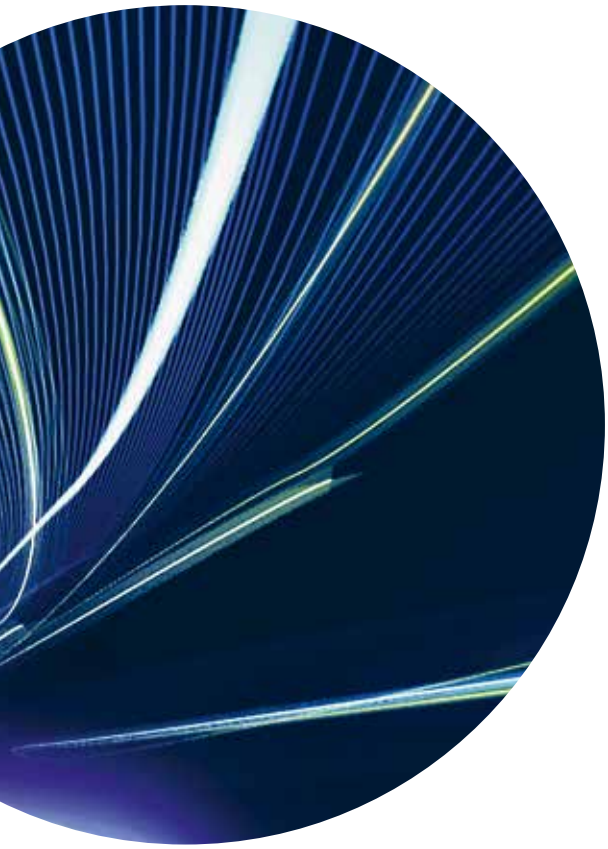
GESTALTUNG
3st kommunikation GmbH
www.3st.de

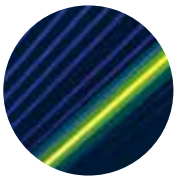
ÜBERSETZUNGEN
Proverb oHG

ANZEIGEN
ALPHA Informationsgesellschaft mbH
info@alphapublic.de
www.alphapublic.de

DRUCK
Zarbock GmbH & Co. KG

RECYCLED
Papier aus Recyclingmaterial
Paper made from recycled material
FSC® C003425





Universität Stuttgart
Keplerstraße 7
70174 Stuttgart
www.uni-stuttgart.de