

Umweltfreundliche Peptidsynthese

Ein Doktorand in der Biochemie an der TU Darmstadt ist fast beiläufig auf ein Verfahren gestoßen, das die Herstellung von Peptiden ökologischer und kostengünstiger macht. Aus der Geschäftsidee soll ein Unternehmen hervorgehen.

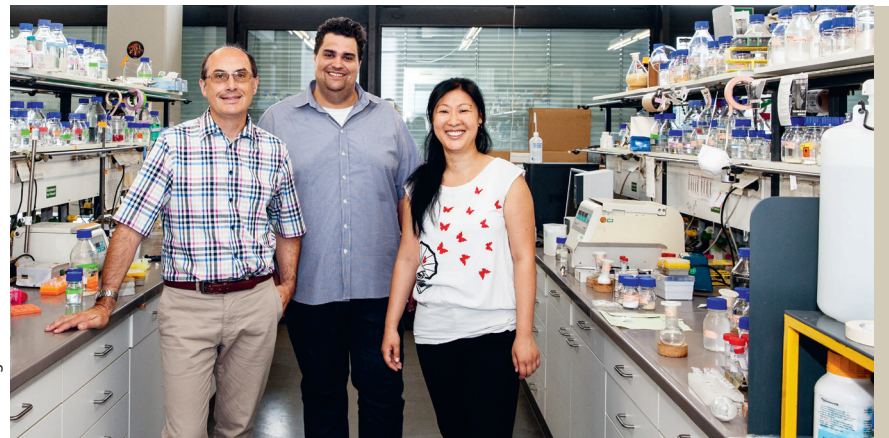


Abbildung: Sandra Junker

Das Team hinter der Sulfoools GmbH: Harald Kolmar, Sascha Knauer und Christina Uth (von links).

Von Uta Neubauer
Sascha Knauer, Doktorand in der Arbeitsgruppe von Professor Harald Kolmar im Fachgebiet Biochemie, beschäftigte sich eigentlich mit Nanopartikeln. Doch vor rund einem Jahr machte er während der Betreuung einer Abschlussarbeit per Zufall eine Entdeckung, mit der sich die Herstellung von Peptiden, kettenförmigen Biomolekülen aus Aminosäuren, deutlich umweltfreundlicher gestalten lässt.

Knauer wechselte das Thema seiner Dissertation, meldete ein Patent an und gewann seine Kollegin Christina Uth, ebenfalls Diplom-Ingenieurin und Doktorandin in der Biochemie, als Geschäftspartnerin. Noch in diesem Jahr will er mit ihr die Sulfoools GmbH gründen. Doktorvater Kolmar wird sich als Gründer beteiligen, das operative Geschäft aber Knauer und Uth überlassen.

Die Doktorarbeit von Knauer trägt jetzt den vorläufigen Titel „Merrifield reloaded“. Was für Laien eher nach der Neuauflage eines Films oder einer Band klingt, bezieht sich auf die Merrifield-Synthese, die Aminosäuren zu Peptiden verknüpft. Für die Entwicklung des Verfahrens erhielt der amerikanische Chemiker Robert Bruce Merrifield im Jahr 1984 den Nobelpreis.

Trotz der Auszeichnung besitzt der Prozess einige Nachteile, allen voran der Einsatz des giftigen

Lösungsmittels Dimethylformamid – 13.000 Tonnen davon benötigt die Industrie jedes Jahr allein bei der Produktion von Peptid-Wirkstoffen für Medikamente.

Auch in Kosmetika und Nahrungsergänzungsmitteln werden Peptide eingesetzt. Der hohe Lösungsmittelverbrauch ist nicht nur bedenklich für die Umwelt, sondern macht die Herstellung aufwendig und teuer, denn die Produkte müssen gründlich von Lösungsmittelrückständen befreit werden. Schließlich möchte niemand Reste von Dimethylformamid schlucken oder sich damit eincremen.

Alle Bemühungen, die Peptidsynthese in Wasser statt in organischen Lösungsmitteln durchzuführen, scheiterten bisher. Der Knackpunkt: Für die korrekte Verknüpfung müssen die Aminosäuren mit Schutzgruppen versehen werden. Dadurch aber werden sie extrem wasserunlöslich. Als der von Knauer betreute Diplomand Peptidbausteine in Anwesenheit von Schwefelsäure herstellte, entstanden als Nebenprodukte der Reaktion gut wasserlösliche schwefelhaltige Schutzgruppen. Knauer erkannte das Potenzial: Mit diesen Schutzgruppen gelingt die Merrifield-Synthese in Wasser. Die Geschäftsidee war geboren.

Einige kurze Peptide haben die Darmstädter Wissenschaftler mit der modifizierten Technologie schon hergestellt. Der Proof-of-Principle ist erbracht, nun soll der Prozess validiert und optimiert werden. „Wir sind im Gespräch mit verschiedenen Partnern aus der Industrie und konzentrieren uns jetzt auf kommerziell relevante Peptide“, sagt Uth.

Neben dem Verzicht auf organische Lösungsmittel besitzt das neue Verfahren weitere Vorteile, betont Knauer: „Wir haben den kompletten Prozess optimiert.“ Kosteneinsparungen bis zu 50 Prozent seien möglich, da der Chemikalienverbrauch insgesamt deutlich gesunken und die Reinigung der Produkte einfacher sei.

Keine Frage, die Idee hat Potenzial, zumal der Markt für Peptide wächst. Beim bundesweiten Gründerwettbewerb Science4Life Venture Cup 2015 hat das Sulfoools-Team erst kürzlich den mit 10.000 Euro dotierten zweiten Platz belegt.

Die Autorin ist Wissenschaftsjournalistin und promovierte Chemikerin.

Herbst 2015



Impressum

Herausgeber
Der Präsident
der TU Darmstadt

Redaktion
Stabsstelle Kommunikation und
Medien der TU Darmstadt:
Jörg Feuck (Leitung, Vi.S.d.P.)
Ulrike Albrecht (Grafik Design)
Patrick Bal (Bildredaktion)

Gestalterische Konzeption
conclouso GmbH & Co. KG,
Mainz

Titelbild Sandra Junker

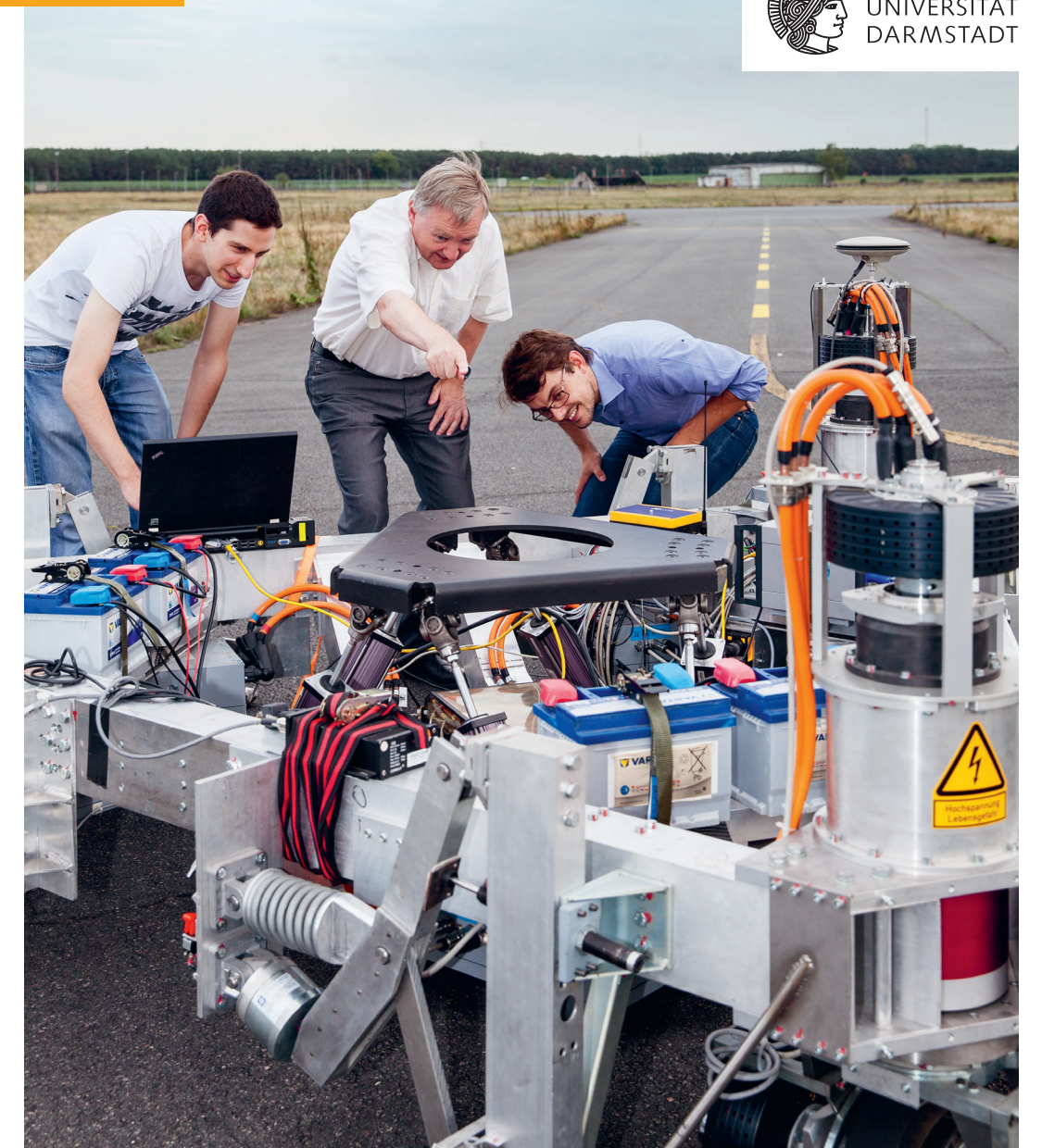
Druck Frotscher Druck GmbH,
Darmstadt
gedruckt auf 100 g/m²
PlanoScript, FSC-zertifiziert

Auflage 6.000

Nächste Ausgabe
16. Dezember 2015

Leserservice
presse@pvw.tu-darmstadt.de

ISSN 2196-1506



Möchten Sie die nächste Ausgabe der hoch³FORSCHEN gerne in digitaler Form erhalten? Dann senden Sie bitte eine E-Mail an presse@tu-darmstadt.de

— 1 Gute Idee, neue Firma: Umweltbewusst erzeugte Peptide — 2 Komplexe Simulationen: Unsicherheitsfaktoren durch Computational Engineering eindämmen — 3 Mehr als intelligente Fahrzeugtechnik: Eine Gesamtschau auf die Zukunft des autonomen Fahrens

Mit Unsicherheiten rechnen

Computersimulationen sind nur so gut wie die Eingabedaten, auf denen sie beruhen. Sie werden verlässlicher, wenn auch die Unsicherheiten in den Basisdaten berücksichtigt werden.

— Von Hildegard Kaulen

Jeder kennt Gedankenspiele. Man fragt sich, was passieren könnte, geht von bestimmten Annahmen und Voraussetzungen aus, spielt verschiedene Szenarien und Lösungen im Kopf durch und wird umso richtiger liegen, je präziser die tatsächlichen Gegebenheiten berücksichtigt werden. Professor Dr. Sebastian Schöps und Dr. Sebastian Ullmann von der TU Darmstadt machen im Grunde nichts anderes für die Ingenieurwissenschaften am Computer. Sie entwickeln Softwareprogramme, mit denen man die Eigenschaften und den Betrieb komplexer Systeme und ihrer Umgebungsbedingungen simulieren kann. Bei der Entwicklung der Software konzentrieren sie sich auf zwei Anforderungen: Die Programme sollen die Realität so genau wie möglich abbilden, damit die Modelle und Simulationen später verlässlich sind, und die Programme sollen schnell sein. „In einem Industrieunternehmen darf eine komplexe Simulation nicht länger als eine Nacht dauern“, sagt Schöps. „Am besten ist es, wenn das Ergebnis schon nach einer Kaffeepause vorliegt.“

Schöps und Ullmann leiten zusammen mit Professor Dr. Jens Lang den Forschungsschwerpunkt „Quantifizierung von Unsicherheiten“ an der Graduiertenschule „Computational Engineering“. Diese bündelt und koordiniert die entsprechenden Aktivitäten an der TU Darmstadt. Schöps ist seit drei Jahren Juniorprofessor im Fachbereich Elektrotechnik und Informationstechnik in Darmstadt. Ullmann ist Mathematiker und seit verganginem Jahr Nachwuchsgruppenleiter an der Graduiertenschule „Computational Engineering“. Lang ist ebenfalls Mathematiker und seit 14 Jahren Professor in Darmstadt. Die Interessenten für die Algorithmen kommen unter anderem aus der Industrie, weil heute immer mehr Firmen die Eigenschaften und die Nutzung ihrer Produkte am Computer simulieren und beurteilen möchten. Diese Vorgehensweise ist billiger als unzählige Praxistests

und beschleunigt die Entwicklungszyklen. Beide Bedingungen sind wichtige Wettbewerbsfaktoren.

Jedes Computermodell und jede Simulation ist allerdings nur so gut wie die Eingabedaten. Da diese fast immer mit Unsicherheiten behaftet sind, werden diese auch bei der Modellentwicklung und der Simulation berücksichtigt. Dabei wird zwischen zwei Arten von Unsicherheiten unterschieden: Solchen, die auf Zufällen beruhen und solchen, die mit einem Mangel an Wissen zu tun haben. Zufallsbedingte Unsicherheiten sind zum Beispiel Produktionsfehler oder Ungenauigkeiten bei der Messung. Beide lassen sich nie ganz ausschließen. Unsicherheiten, die auf Wissenslücken basieren, können dagegen durch weitere Daten reduziert werden. „Mit der Quantifizierung der Unsicherheiten – der sogenannten Uncertainty Quantification – berechnen wir den Effekt von zufälligen Störungen auf das Simulationsergebnis“, erklärt Ullmann. „Dadurch werden die Simulationen vertrauenswürdiger und alltagstauglicher. Wir wollen der Realität mit unseren Softwareprogrammen so nahe wie möglich kommen.“

Mit der Berücksichtigung der Unsicherheiten wird ein Produkt robuster. Schöps erklärt, was darunter zu verstehen ist: „Elektrische Maschinen oder Bauteile können sich unter optimalen Bedingungen sehr gut verhalten, bei kleinen Abweichungen davon aber starke Einbußen zeigen. Wir versuchen, solche Performanceverluste frühzeitig zu quantifizieren, damit die Hersteller bei der Fertigung oder einer Weiterentwicklung der Produkte näher an die Grenzen des Machbaren herangehen können, ohne negative Konsequenzen befürchten zu müssen.“ Schöps und seine Kollegen lassen sich bei den Simulationen daher von Fragen leiten wie: Was sind die sensiblen Bauteile einer Maschine? Was geschieht, wenn die Geometrie oder das Material von Komponenten verändert wird? Oder: Kann man bestimmte Teile aus einem preiswerteren Material fertigen lassen, ohne

„Wir wollen erreichen, dass die Hersteller die Auswirkungen der Unsicherheiten von Anfang an beim Entwurf berücksichtigen können.“



Abbildung: Katrin Binner

durch etwaige Schwankungen Minderleistungen befürchten zu müssen? „Wir wollen erreichen, dass die Hersteller die Auswirkungen der Unsicherheiten von Anfang an beim Entwurf berücksichtigen können“, sagt Schöps. Produkte müssen dann nicht mehr überdimensioniert werden und werden preiswerter.“

Einkalkuliert werden die Unsicherheiten mit numerischen Methoden. Die Bekannteste ist das Monte Carlo-Verfahren. Dieses Verfahren ist allerdings sehr zeitaufwendig, weil dafür Tausende zufällig erzeugter Modellvarianten simuliert werden müssen. „Je nach Fragestellung kann das eine Woche oder länger dauern“, sagt Ullmann. „Diese Zeit haben die Anwender nicht. Daher entwickeln wir effizientere Rechenverfahren.“ Ullmann und seine Kollegen arbeiten an polynomialen Chaos-Verfahren. Diese Verfahren nutzen die mathematischen Eigenschaften der Simulationsergebnisse, um die Zahl der benötigten Simulationen zu verringern. Sie gehen davon aus, dass die Ergebnisse wie Polynome von den zufälligen Daten abhängen. „Dadurch können wir Simulationen einsparen, ohne dass wir Einbußen bei der Genauigkeit hinnehmen müssen“, erklärt Ullmann.

Weil es immer auch um Praxisrelevanz geht, fließen die Ergebnisse in eine ganze Reihe industrierelevanter Projekte ein, die zusammen mit externen Partnern bearbeitet werden. Die Wissenschaftler machen zum Beispiel Simulationen, die geeignet sind, den Motor eines E-Bikes günstiger zu machen, die Performance eines Teilchenbeschleunigers zu steigern und die Haltbarkeit von Halbleitern zu verbessern. Schöps koordiniert seit zwei Jahren auch den bundesweiten Forschungsverbund SIMUROM, an dem auch Professor Dr. Stefan Ulbrich mit seinem Fachgebiet Nichtlineare Optimierung mitwirkt und der sich universitätsübergreifend mit Unsicherheiten und robuster Optimierung beschäftigt. Computational Engineering ist eine verhältnismäßig junge Disziplin und hat sich schnell als dritte Säule neben Theorie und Experiment in den Ingenieurwissenschaften etabliert. Die TU Darmstadt nimmt auf diesem Gebiet mit dem Studiengang Computational Engineering und der dazugehörigen Graduiertenschule eine Vorreiterrolle ein.

Die Autorin ist Wissenschaftsjournalistin und promovierte Biologin.

Entwickeln spezielle Software für komplexe Simulation: Professor Dr. Sebastian Schöps (re.) und Dr. Sebastian Ullmann.

Graduiertenschule Computational Engineering an der TU Darmstadt

- Interdisziplinäre Plattform für das Computational Engineering an der TU Darmstadt
- 2007 im Rahmen der Exzellenzinitiative gegründet
- 2012 um fünf Jahre verlängert
- Fachübergreifende Ausbildung
- 25 Principal Investigators aus fünf Fachbereichen
- vier Nachwuchsgruppenleiter und drei Industrieprofessoren
- 75 Doktorandinnen und Doktoranden, 68 promovierte Alumni
- Weiterbildung in Schlüsselqualifikationen
- Kurze Promotionszeiten
- Fast-Track-Optionen für exzellente Studierende

Informationen

Graduate School of Excellence
Computational Engineering
Prof. Dr. Sebastian Schöps
Dr. Sebastian Ullmann
www.gsc.ce.tu-darmstadt.de/index.php?id=111

Wer fährt denn da?

Professor Hermann Winner und Walther Wachenfeld vom Fachgebiet Fahrzeugtechnik erläutern Chancen, Risiken und Herausforderungen des autonomen Fahrens.

— Interview: Jutta Witte

Herr Professor Winner, Herr Wachenfeld, wann fahren die ersten autonomen Autos im regulären Verkehr?

Winner: Ein Fahrzeug, das überall und immer autonom unterwegs ist, wird es auch in den nächsten dreißig Jahren nicht geben. Aktuell bewegen sich solche Fahrzeuge versuchsweise in einem bestimmten Netzwerk hin und her und werden dabei ständig überwacht. Die Vision eines Fahrzeugs, das in jeder Situation intelligent reagiert, wird also so schnell nicht eintreten, hochautomatisiertes Fahren auf bestimmten Strecken jedoch schon.

Das bedeutet?

Wachenfeld: Dass der Fahrer zur Not das Steuer übernehmen muss, sich aber auch mit anderen Dingen beschäftigen kann, zum Beispiel Mails bearbeiten, ohne auf den Verkehr zu achten – solange bis das System zur Übernahme auffordert. In dieser Ausbaustufe wird der Fahrer sich also noch nicht vollständig ausklinken, die Lenksäule wegklappen und schlafen können.

Was wäre eine typische Situation, in der der Bordcomputer den Fahrer auffordert, zu übernehmen?

Wachenfeld: Bei heutigen Assistenzsystemen wird der Fahrer aufgefordert, wenn zum Beispiel über einem festgelegten Niveau gebremst oder über eine bestimmte Stärke hinaus gelenkt werden muss. Und die mit diesen Assistenzsystemen gesunkenen Unfallzahlen zeigen, dass man das technisch eigentlich gut im Griff hat. Bei hochautomatisierten Fahrzeugen allerdings verlässt man sich nicht mehr in dieser Form auf das Eingreifen durch den Menschen. Ein hochautomatisiertes Auto muss zum Beispiel eine Vollbremsung machen können und diese immer dann einsetzen, wenn es notwendig ist. Die Möglichkeit des Nichtstuns bleibt für die Hochautomatisierung nicht. Das ist eine der technischen Herausforderungen, vor denen wir jetzt stehen.

Wird autonomes Fahren Unfälle weiter reduzieren?

Winner: Ein Argument für die Einführungsnotwendigkeit lautet ganz klar, dass das Unfallrisiko durch autonomes Fahren sinkt. Schließlich verursachen Menschen die Mehrzahl der Unfälle.

Sicherheit ist also ein Riesen-Thema in dem Zusammenhang. Man muss aber auch sehen, dass jedes neue System, das Einfluss auf den Verkehr nimmt, neue Problemsituationen produziert. Wichtig ist aber, dass die Bilanz am Ende positiv ist.

Fahren Roboter denn sicherer als Menschen?

Winner: Das zu beweisen ist äußerst schwierig.

Kann eine Maschine auf Situationen so wie ein Mensch reagieren oder gibt es Grenzen, die man auch technisch nicht lösen kann?

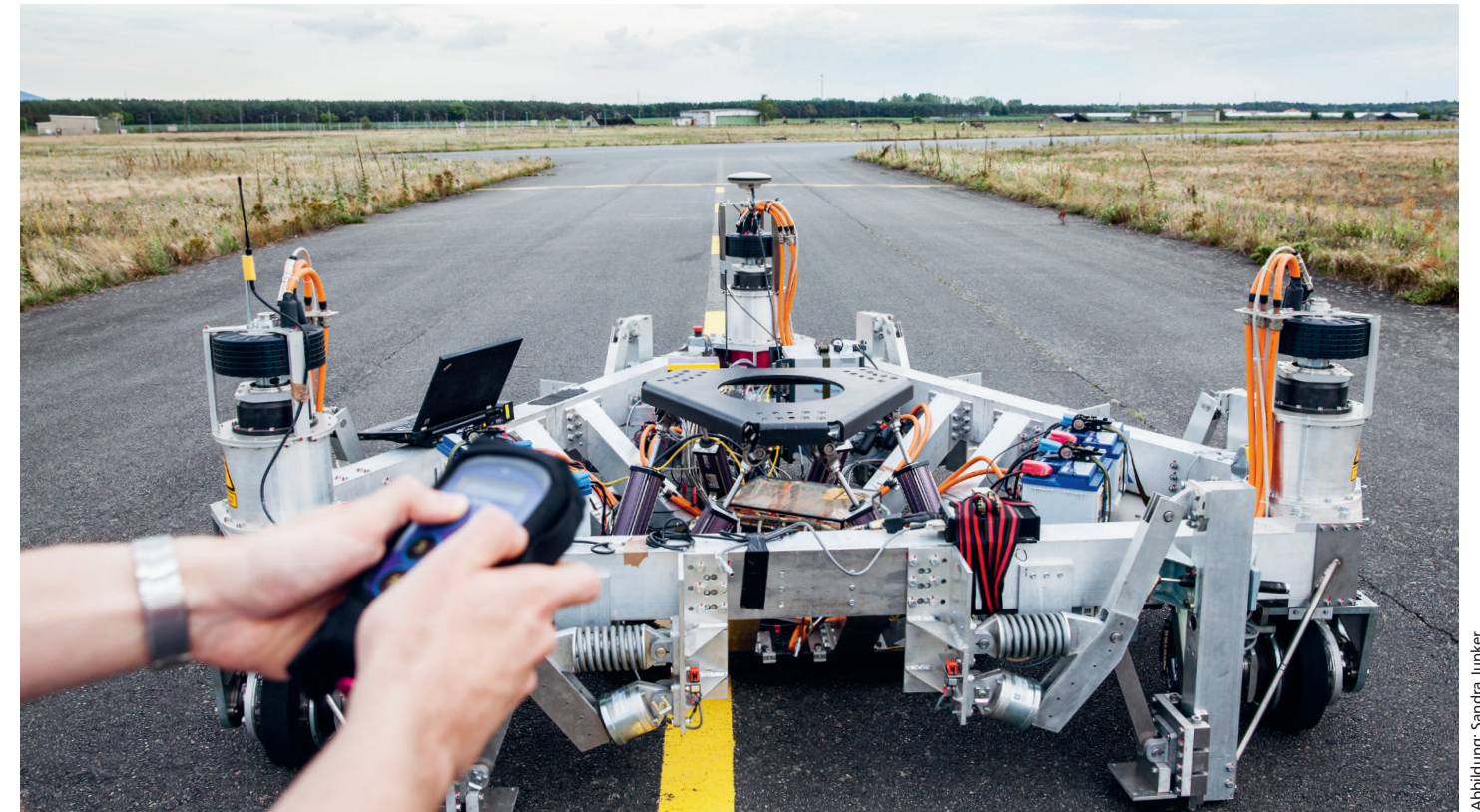
Winner: Diese Grenzen kennen wir noch nicht, muss man ehrlicherweise sagen. Wir wissen aber, dass Maschinen anders fahren werden als Menschen. Gerade in der Anfangsphase des autonomen Fahrens wird Vorsicht das Hauptkriterium sein: Abstände und Geschwindigkeiten zum Beispiel müssen präzise eingehalten werden. Das Fahren wird sehr defensiv sein – untypisch für Menschen. Und es wird klare Schwächen geben: Die Antizipation im Verkehr werden Maschinen scheinlich nicht so gut beherrschen, ebenso wenig den Umgang mit Sondersituationen. Und im Moment weiß keiner genau, ob das eine das andere ausgleicht.

Ist das nicht auch ein ethisches Problem?

Winner: Darüber wird schon oft diskutiert, insbesondere über Dilemma-Situationen, in denen alle Entscheidungsalternativen mit menschlichem Leid verbunden sind, zum Beispiel einem Kind auszuweichen und dabei das eigene Leben oder das anderer Menschen zu riskieren. Für einen Menschen ist das eine ethische Frage, wobei er vermutlich in einer solchen Situation gar keine Zeit mehr hätte, abzuwägen. Eine Maschine müsste man programmieren, damit sie die richtige Entscheidung trifft. Das ist bislang eine ungelöste Frage. Bis es allerdings zu dieser Frage kommt, bedarf es einer besseren Umfeldwahrnehmung und Klassifikation. Heute ist das zuverlässige Erkennen einer solchen Dilemma-Situation noch nicht möglich.

Brauchen wir für autonome Fahrzeuge neue Testverfahren?

Winner: Mit Sicherheit. Heute testen wir die Fahrer, wenn sie ihren Führerschein machen oder wenn



An der TU Darmstadt entwickelt und im Geländetest: Selbstfahrende Bewegungsplattform für Fahr simulatoren.

Abbildung: Sandra Junker

sie auffällig werden. Und wir testen Maschinen in ihren anderen Funktionen. Da geht es nicht darum, dass ein Auto zum richtigen Zeitpunkt bremst, sondern dann, wenn der Fahrer auf die Bremse tritt, die geforderte Bremskraft entwickelt. Hier haben sich im Laufe vieler Jahrzehnte Testverfahren von hoher Komplexität entwickelt. Diese Testverfahren sind aber nicht für den Test von maschineller Intelligenz oder modellbasierter Wahrnehmung vorgesehen.

Wie regelt denn zum Beispiel Google dieses Problem?

Wachenfeld: Auch Google hat bislang kein Sicherheitssystem, das mit dem menschlichen Fahrer konkurrieren könnte. In einer ersten Versuchsphase haben sie Probefahrten auf Highways durchgeführt. Eventuell auf Grund der Schwierigkeit des Sicherheitsnachweises hat sich der Ansatz von Google gewandelt. Nun erproben sie Fahrzeuge mit maximal 25 Meilen pro Stunde. Das sind 40 km/h unter permanenter Überwachung. Unter diesen Bedingungen reichen zwanzig Meter Sicht, um rechtzeitig zum Stehen zu kommen. Und sie haben im aktuellen Teststadium einen Sicherheitsfahrer. Das ist das, was derzeit technisch lösbar ist.

Ist das ein realistisches Szenario?

Winner: Vielleicht schaffen sie irgendwann Tempo 60. Damit kann man eigentlich alle urbanen Bereiche einigermaßen abdecken und hierfür ist dieses Modell wirklich interessant. Denn das Google-Auto ist eigentlich kein Ersatz für ein Auto. Dahinter verbirgt sich eher ein neues Mobilitätskonzept, das

Ein „Weißbuch“

Autonomes Fahren – technische, rechtliche und gesellschaftliche Aspekte

Herausgeber: Markus Maurer (TU Braunschweig, Institut für Regelungstechnik), J. Christian Gerdes (Stanford University), Barbara Lenz (Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt Berlin), Hermann Winner, (TU Darmstadt, Fachgebiet Fahrzeugtechnik). Springer-Verlag GmbH Berlin Heidelberg 2015 ISBN 978-3-662-45853-2 ISBN 978-3-662-45854-9 (eBook) DOI 10.1007/978-3-662-45854-9



Der von der Daimler und Benz Stiftung geförderte Herausgeberband beleuchtet das Thema „Autonomes Fahren“ in allen seinen Facetten. Das Buch ist interdisziplinär angelegt, bildet den aktuellen Stand der Forschung ab, analysiert die technischen Herausforderungen und bettet die komplexen Fragestellungen in den gesellschaftlichen Kontext ein. Renommiertere Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler aus dem In- und Ausland beleuchten Mobilitäts- und Verkehrsaspekte, Sicherheits- und Versicherungsfragen und juristische Fragen ebenso wie ethische Fragestellungen und das Verhältnis zwischen Mensch und Maschine: ein fundierter und umfassender Überblick über eines der großen Themen, die Wissenschaft, Wirtschaft und Politik derzeit im Zuge der Digitalisierung diskutieren.

Informationen

Fachgebiet Fahrzeugtechnik
Prof. Dr. rer. nat.
Hermann Winner
Otto-Berndt-Straße 2,
64287 Darmstadt
Tel.: 06151/16-3796
E-Mail:
winner@fzd.tu-darmstadt.de
www.fahrzeugtechnik-
darmstadt.de

Autonomes Fahren

Human and Machine

- Ist Ethik relevant für autonome Fahrzeuge? Entscheiden Roboter nach eigener Ethik?
- Wie kommunizieren und interagieren autonome Fahrzeuge und Menschen?

Mobility

- Wie ändert sich das Mobilitätsverhalten der Nutzer?
- Wie wirkt sich das autonome Fahren auf Stadtstrukturen und Fahrzeugkonzepte aus?

Verkehr

- Wie beeinflusst autonomes Fahren den Verkehr?

Sicherheit

- Wie sicher ist sicher genug? Kommt es zu einem sichereren Verkehr?
- Ist das autonome Fahren ein Problem der Datensicherheit?

Recht und Haftung

- Stehen Rechtsfragen dem autonomen Fahren im Weg?
- Produkthaftung als Risiko für das autonome Fahren.

Akzeptanz

- Gesellschaftliche Akzeptanz (Überwiegt der Nutzen für die Gesellschaft die vorhandenen Risiken?)
- Individuelle Akzeptanz (Vertrauen in die Zuverlässigkeit von Technik, Angst vor Kontrollübertragung)



Abbildung: TU Darmstadt

Wissenschaftliche Disziplinen, aber auch Gesellschaft und Politik müssen noch viele Fragen zum autonomen Fahren klären.

Minibusse mit Carsharing verbindet, eine Alternative zur heutigen Form des öffentlichen Nahverkehrs sein könnte und in dem man keine fahrtüchtigen Insassen mehr benötigen würde.

Wäre das auch hierzulande denkbar?

Winner: Das würde ich nicht ausschließen. Es findet sich im Moment nur niemand, der es in diese Richtung entwickelt.

Was ist denn in Deutschland der aktuelle Stand?

Winner: In Deutschland sind die Fahrzeughersteller und die Systemzulieferer sehr aktiv, ihre herkömmlichen Fahrzeuge mit neuen autonomen Funktionen auszurüsten, ohne das Mobilitätskonzept zu ändern. Das ist der entscheidende Unterschied zu Google. Die Automobilindustrie hierzulande will noch bessere

Autos bauen und auf die Assistenzsysteme, die wir jetzt haben, noch eine Stufe draufsetzen.

Wird das autonome Fahren die gesamte Automobilbranche auf den Kopf stellen?

Winner: Wir gehen zumindest davon aus, dass Zulieferer einen Boom erleben werden: Zum Beispiel hat Bosch für die erste Million Radarsensoren etwa dreizehn Jahre benötigt, dann für die zweite elf Monate und für dieses Jahr wird mit einer Million pro ein bis zwei Monate gerechnet. Da sieht man die Dynamik des Marktes. Im Bereich der Bildverarbeitung könnten Anbieter hinzukommen, ebenso im Software-Bereich.

Wo konkret bringt das autonome Fahren eigentlich einen Mehrwert?

Winner: Nehmen wir noch einmal das Google-Modell: Es käme Menschen zugute, die heute von der Individualmobilität abgeschnitten sind, zum Beispiel Menschen mit Handicap oder ältere Menschen, die nicht mehr fahren können. Es könnte Mütter entlasten, die heute das „Taxi-Mama“ bereitstellen. Das würde im Übrigen auch den einen oder anderen Zweitwagen überflüssig machen. Dann bietet das autonome Fahren neue Möglichkeiten, Fahrzeuge zur Verfügung zu stellen, etwa beim Carsharing. Im Moment kostet es noch viel Zeit, um an das Auto zu gelangen. Autonome Fahrzeuge könnten genau dort hingebraucht werden, wo die Menschen sie gerade brauchen. Wenn man die Verfügbarkeit dieser Fahrzeuge besser organisiert und damit die Nutzungsdauer erhöht, ist das nicht nur für die Anbieter solcher Dienstleistungen rentabler, sondern könnte auch die Zahl der Fahrzeuge auf der Straße reduzieren. Und natürlich kann ich als Insasse meine Zeit im Fahrzeug ganz anders gestalten.

Was bedeutet automatisiertes Fahren für die Fahrzeugkonzepte?

Wachenfeld: Man könnte hierüber die Fahrzeugkonzepte verändern. Da gibt es im Moment zwei Ansätze. Der deutsche Automobilbau geht eher evolutionär vor. Die Fahrzeuge werden immer komfortabler bis hin zu Modellen, in denen man wie in einer Sänfte fährt. Der Google und Carsharing-Ansatz reduziert das Fahrzeug auf das Minimum und bietet schlicht und einfach für eine begrenzte Zeit einen Transport an.

Muss man Autos künftig anders bauen?

Wachenfeld: Aus der Automatisierung heraus nicht zwangsweise. Momentan gibt es ein Innenraumkonzept für Fahrzeuge, das an die Fahraufgabe angepasst ist. Spannend wäre es, das Innere an das anzupassen, was ich individuell im Fahrzeug machen möchte. Warum sollte ich mein Auto nicht als mobiles Büro, Raum der Regeneration oder auch als Esszimmer auf Rädern nutzen? Das ist alles denkbar, funktioniert aber natürlich nur unter der Voraussetzung, dass eine vollautomatisierte Fahrt in fortgeschrittener Form möglich ist.

Was fehlt hierfür noch?

Wachenfeld: Vor allem maschinelle Fahrintelligenz. Es ist nach wie vor eine riesige Herausforderung, die Umweltwahrnehmung und das Situationsverständnis im Computer abzubilden. Zwar sind die Grundtechnologien und Sensoren wie Radar oder Kamera vor-

handen, sie müssen aber erheblich weiterentwickelt werden. Und je flexibler sie eingesetzt werden, umso mehr müssen sie ein intelligentes Handlungsrepertoire aufweisen, von dem wir noch weit weg sind.

Brauchen wir eine neue Infrastruktur für autonome Fahrzeuge?

Winner: Ich glaube, man wird keine erheblichen Änderungen brauchen. Aber es wäre schon sehr gut, eine Art Straßenfahrzeugkommunikation zu ermöglichen, mit der bekannte Probleme weiter kommuniziert werden. Trotzdem wird man sich bei Entscheidungen, die auf die letzten Sekunden getroffen werden müssen, nicht auf das Netz verlassen, sondern sie autark treffen.

Bei dieser Kommunikation werden eine Menge Daten produziert...

Winner: Der Datenschutz ist eigentlich kein Hindernis für die Automatisierung. Automatisiertes Fahren bietet sogar einen Vorteil. Es repräsentiert das Fahren einer Maschine, nicht einer Person. Das heißt, es werden eigentlich weniger personenbezogene Daten erfasst. Das heißt aber nicht, dass es nicht Probleme an anderer Stelle geben wird. Wenn einem Google ein solches Fahrzeug zur Verfügung stellt, geht die Privatsphäre schon beim Einsteigen verloren. Jeder, der dort einsteigt, weiß das. Bei „klassischen“ Auto-Marken kann man diese Akzeptanz des Nutzers nicht voraussetzen. Die Daten müssen dort ganz klar einem Zweck, zum Beispiel der Sicherheit, dienen.

Sie haben eingangs eine Zeitspanne von dreißig Jahren genannt. Wie sieht unser Straßenverkehr dann aus?

Winner: Gar nicht so sehr anders als heute. Wenn wir jetzt anfangen würden, die ersten autonomen Fahrzeuge zu verkaufen, dann starten wir irgendwo bei der Mercedes S-Klasse oder beim 7er BMW. Dann braucht es zehn Jahre, bis wir bei der Golf-Klasse angelangt sind. Bis dann mehr als fünfzig Prozent davon verkauft werden, sind wieder fünf Jahre vergangen, und bis mehr als fünfzig Prozent im Straßenverkehr sind nochmals fast zehn Jahre. Kurzum: Bis sich autonomes Fahren so durchsetzt, dass sich der Straßenverkehr spürbar verändert, muss man schon wirklich lange warten.

Die Autorin ist Wissenschaftsjournalistin und promovierte Historikerin.

Daten und Fakten

Professor Hermann Winner ist seit 2002 Leiter des Fachgebiets Fahrzeugtechnik (FZD) im Fachbereich Maschinenbau der TU Darmstadt. Der promovierte Physiker ist Mitglied im Beirat des Bundesministeriums für Verkehr und digitale Infrastruktur und im wissenschaftlichen Beirat der Deutschen Verkehrswacht. Auf dem Gebiet der Fahrzeugtechnik hat Winner 100 Patente angemeldet.

Walther Wachenfeld ist wissenschaftlicher Mitarbeiter am Fachgebiet Fahrzeugtechnik der TU Darmstadt und noch bis Ende Oktober 2015 Projektmitarbeiter im Kolleg „Villa Ladenburg“ der Daimler und Benz Stiftung. Sein Studium der Elektrotechnik und Informatik mit Spezialisierung Mechatronik absolvierte Wachenfeld an der TU Darmstadt. In seiner Promotionsarbeit geht es um den Sicherheitsnachweis von automatisierten Fahrzeugen.

Aktuelles FZD-Projekt: „Potentialanalyse einer selbstfahrenden Bewegungsplattform für Fahrsimulatoren“, soeben als von der Deutschen Forschungsgemeinschaft gefördertes Projekt gestartet und auf 36 Monate Dauer angelegt. Es untersucht die Applikationsmöglichkeiten für einen Fahrsimulator mit Rädern, der für die realitätsnahe Fahrsimulation von Stadtverkehrssituationen zum Einsatz kommen soll.