



Universität Stuttgart

# forschung leben

April  
2023

## Krankheiten besiegen

Intelligente Systeme für die Medizin der Zukunft

**Biomedizinische Systeme**  
Bio- und Ingenieurwissen-  
schaften verschmelzen

**DNA-Nanotechnologie**  
Von natürlichen  
Vorbildern lernen

**Simulationswissenschaft**  
Zwischenbilanz im  
Exzellenzcluster SimTech



Prof. Wolfram Ressel

„Geführt wird der Kampf gegen Krankheiten nicht allein in medizinischen Laboren und Kliniken. Interdisziplinarität ist gefragt, und hier kommen die Stärken der Universität Stuttgart ins Spiel.“

## Liebe Leserinnen und Leser,

wir alle erinnern uns: Vor ziemlich genau drei Jahren versetzten die ersten Corona-Fälle die Welt in einen Ausnahmezustand. Inzwischen hat die Pandemie zwar ihren Schrecken verloren, dank Impfungen, Immunisierung, Medikamenten und auch aufgrund des gewachsenen Wissens um das komplexe Krankheitsbild. Besiegt jedoch ist SARS-CoV-2 noch lange nicht – genauso wenig wie viele andere Volkskrankheiten, von Krebs über Herzinfarkt bis Rückenschmerzen. „Krankheiten besiegen“, das Motto unserer aktuellen Ausgabe von »forschung leben«, ist eine Vision. Doch jeden Tag setzen Forschende ihre Expertise und ihr Herz dafür ein, dass die Erfüllung dieser Vision ein Stückchen näher rückt.

Geführt wird der Kampf gegen Krankheiten nicht allein in medizinischen Laboren und Kliniken. Interdisziplinarität ist gefragt, und hier kommen die Stärken der Universität Stuttgart ins Spiel – zum Beispiel durch ihren Forschungsbereich „Biomedizinische Systeme“, der Biowissenschaften und Ingenieurwissenschaften verschmilzt, um unter Einbeziehung intelligenter Systeme die biomedizinische Forschung und die Technologien im Gesundheitswesen radikal zu verbessern.

Lassen Sie sich beim Lesen dieser Ausgabe mit hineinnehmen in die Medizin der Zukunft: Erfahren Sie, wie Krankheiten dank neuer Methoden und Verfahren personalisiert und mit weniger Nebenwirkungen behandelt werden können. Staunen Sie über robotische Assistenten, die Ärzt\*innen bei Operationen zur Seite stehen. Und lesen sie im Gastbeitrag von Prof. Mark Dominik Alscher, wie der Geschäftsführer der Bosch Health Campus GmbH Stuttgart auf die Herausforderungen im Gesundheitswesen blickt.

Eine spannende Lektüre wünscht

Ihr

*Wolfram Ressel*



Foto: Matthias Schmiedel

**Prof. Wolfram Ressel**  
Rektor der Universität Stuttgart

**EDITORIAL** s. 3**NOTIZBLOCK** s. 6, S. 42**VISIONÄR**

**Muskulatur und Maschinen** Prof. Syn Schmitt überträgt menschliche Bewegungen in technische Systeme. **S. 14**

**NEULAND**

**Intelligente Pflaster** Ein interdisziplinäres Team kombiniert Know-how aus Mechanik und Chemie. **S. 18**

**SCHNITTSTELLE**

**KI in der Pharmabranche** Wirtschaftswissenschaftler\*innen analysieren, wie Unternehmen neue Möglichkeiten nutzen. **S. 22**

**Gesundheit in Schichtarbeit** Ein neues Programm soll helfen, „gesunde Dienstpläne“ zu erstellen. **S. 24**

**STANDPUNKT**

**Effektiv auf den Wandel reagieren** Gastbeitrag von Prof. Mark Dominik Alscher, Geschäftsführer der Bosch Health Campus GmbH Stuttgart. **S. 26**

**FORSCHUNG ERLEBEN**

**Brücke zwischen Biologie und Technik** Im Potenzialbereich „Biomedizinische Systeme“ betreten Forschende jeden Tag Neuland. **S. 30**

**Die Sicherheitsnetze von Krebszellen einreißen** Stuttgarter Forschende arbeiten an neuen Kombinationstherapien. **S. 38**

**Neue Angriffsstrategien gegen Viren** Sogenannte Nucleosid-Analoga eröffnen alternative Behandlungsmöglichkeiten. **S. 40**

**Paradigmenwechsel in der Simulationswissenschaft** Die Sprecher des Exzellenzclusters SimTech ziehen im Interview Zwischenbilanz. **S. 44**

**Bestimmte Gene gezielt ausschalten** Eine modifizierte Genschere verspricht neue Therapieansätze gegen SARS-CoV-2. **S. 50**

**Wie Zellen Entscheidungen treffen** Systembiolog\*innen wollen intrazelluläre Prozesse besser verstehen. **S. 52**

**Mit Nanoporen mögliche Erkrankungen aufspüren** Eine neue Art von Bioanalytik soll die Prognostik erweitern. **S. 54**

**ZAHLENWERK**

**Zukunftsmedizin in Zahlen** Ein Blick auf Gesundheitsausgaben, Forschungsprojekte und Interdisziplinarität. **S. 58**

**FORSCHUNG ERLEBEN**

**Kaputte „Stoßdämpfer“ reparieren** Wissenschaftler\*innen suchen Lösungen für die Behandlung von Knorpelschäden. **S. 60**

**Physische und digitale Welt verbinden** Neue Modelle sollen helfen, Behandlungssysteme für minimalinvasive Eingriffe zu entwickeln. **S. 62**

**Winzige Kristalle für die Krebsdiagnose** Perowskit-Detektoren können radiologische Untersuchungen verbessern. **S. 64**

**Maschine greift bei der OP unter die Arme** Ein neues Assistenzsystem soll Chirurg\*innen bei Operationen entlasten. **S. 66**

**Intelligente Assistenten** OP-Roboter können Chirurg\*innen unterstützen, aber noch lange nicht ersetzen. **S. 68**

**Eigenes Experimentieren fördern** Studierende können im Projekt „MEDtechBIO“ an eigenen Ideen arbeiten. **S. 72**

**TRANSFER**

**Besondere Kristalle für die Biomedizin** Das Start-up Twenty-One Semiconductors schafft neue Möglichkeiten für biomedizinische Zellanalysen. **S. 74**

**NETZWERK**

**Medikamente aus dem Drucker** Forschende arbeiten daran, Wirkstoffe exakt dosiert auf Tabletten zu drucken. **S. 76**

**WELTSICHT**

**Die Chancen-Nutzerin** Die gebürtige Chinesin Prof. Laura Na Liu ist eine international renommierte Expertin auf dem Gebiet der DNA-Nanotechnologie. **S. 78**

**SATELLIT**

**Ein vielfältig engagierter Ingenieur** Der Medizintechniker Lukas Findeisen arbeitet an den Schnittstellen zwischen Wissenschaft und Gesellschaft. **S. 82**

**IMPRESSUM** s. 83**FORSCHUNG ERLEBEN**

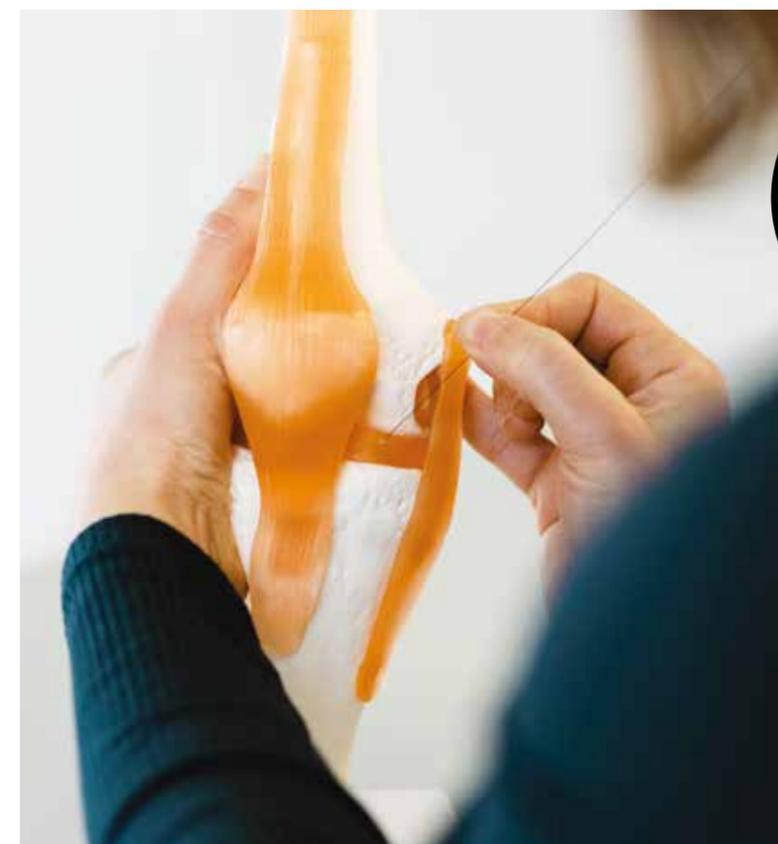
Paradigmenwechsel in der Simulationswissenschaft



English version to be published in May 2023 (pdf file)  
<https://www.uni-stuttgart.de/en/research/forschung-leben/>

Titel: shutterstock  
 Fotos: Sven Cichowicz, DFG Jakob Dürrwächter/Daniel Kempf/  
 Claus-Dieter Munz, Max Kovalenko

s. 30

**FORSCHUNG ERLEBEN**

Brücke zwischen Biologie und Technik

s. 44

**WELTSICHT**

Die Chancen-Nutzerin

s. 78



# NOTIZ

## AUSZEICHNUNGEN



### GOTTFRIED WILHELM LEIBNIZ-PREIS 2023

**PROF. ACHIM MENGES**, Leiter des Instituts für Computerbasiertes Entwerfen und Baufertigung und Sprecher des Exzellenzclusters „Integratives computerbasiertes Planen und Bauen für die Architektur“ (IntCDC) der Universität Stuttgart, hat den Gottfried-Wilhelm-Leibniz-Preis 2023 erhalten. Die von der Deutschen Forschungsgemeinschaft (DFG) zugesprochene, mit 2,5 Millionen Euro dotierte Auszeichnung gilt als bedeutendster Forschungspreis in Deutschland. Menges erhält den Preis für seine interdisziplinäre Forschung zu digitalen Planungsmethoden und robotischen Fertigungsprozessen, die das Bauen ressourceneffizienter und nachhaltiger machen.

Aus Menges' ergebnisoffener und grundlagenorientierter Forschung entstanden integrative Entwurfsmethoden, innovative Baufertigungsprozesse und gänzlich neuartige Bausysteme. Beispiele hierfür sind robotisch gewickelte, weitspannende, extrem materialeffiziente Faserstrukturen, an verschiedene Bauaufgaben anpassungsfähige, sortenreine, digital gefertigte Holzleichtbausysteme sowie 3D-gedruckte adaptive Fassadenelemente, die ohne jegliche Mechatronik oder Betriebsenergie auskommen.

B  
C  
L  
O  
K



### ACM DISTINGUISHED MEMBER

Die Association for Computing Machinery (ACM) hat **PROF. DR. MICHAEL PRADEL** zum Distinguished Member ernannt. Damit würdigt sie den geschäftsführenden Direktor des Instituts für Software Engineering der Universität Stuttgart für vorzügliche Forschungsergebnisse, die bereits in der Praxis und in Werkzeugen von Softwareentwickler\*innen genutzt werden. Verdient gemacht hat sich Pradel insbesondere mit grundlegenden Arbeiten zu neuraler Software-Analyse, Techniken zur automatischen Suche und Behebung von Softwarefehlern sowie Programmanalyse für Webanwendungen.

Fotos: Uli Regenscheit, Katrin Binner



### ERC STARTING GRANT

Wie beeinflussen die Tenside aus Glyphosatformulierungen den mikrobiellen Abbau des Unkrautvernichtungsmittels Glyphosat im Boden? Und wie wirken Tenside auf wichtige Umweltkreisläufe, die mit den Emissionen klimarelevanter Gase wie zum Beispiel Kohlendioxid, Methan oder Lachgas zusammenhängen? Für die Erforschung dieser Fragen erhält **PROF. DR. SARA KLEINDIENST** einen der renommierten ERC Starting Grants des Europäischen Forschungsrats. Kleindienst leitet seit Juli 2022 die Abteilung Umweltmikrobiologie am Institut für Siedlungswasserbau, Wassergüte- und Abfallwirtschaft der Universität Stuttgart und lehrte zuvor an der Universität Tübingen. Für ihr Projekt „MICROSURF“ erhält sie eine Förderung in Höhe von 1,5 Millionen Euro. Das übergeordnete Ziel dieser Forschung ist es, Glyphosat-Tenside durch weniger schädliche Alternativen zu ersetzen oder gar biologische Alternativen zu entwickeln, die ganz von Mikroorganismen erzeugt werden.



### WALTHER-FLEMMING- PREIS

**DR. ANDREW CLARK** (Institut für Zellbiologie und Immunologie/Stuttgart Research Center Systems Biology) erhielt von der Deutschen Gesellschaft für Zellbiologie (DGZ) den Walter-Flemming-Preis 2022. Er wurde für seinen Beitrag zum Verständnis der kollektiven Zellmigration und der Mechanobiologie von Zellen und Geweben ausgezeichnet. Benannt ist der Preis nach dem deutschen Zellbiologen Walther Flemming, dessen Beiträge grundlegend für das heutige Verständnis der Zellteilung und -replikation sind.

Fotos: Simon Kleindienst, privat

Anzeige

Gleiss & Große  
INTELLECTUAL PROPERTY

**Gleiss Große Schrell und Partner** ist eine dynamisch wachsende Patent- und Rechtsanwaltskanzlei mit Sitz am Innovationsstandort **Stuttgart**. Als spezialisierte Boutique sind wir auf dem Gebiet des Gewerblichen Rechtsschutzes tätig und vertreten internationale Konzerne, mittelständische Unternehmen und Start-ups.

Wer **Freude** am kreativen und gleichzeitig präzisen theoretischen Umgang mit ständig wechselnden Technologien an vorderster Front der Forschung und Entwicklung hat, wird sich in unserem **kollegialen, professionellen und hochmotivierten Team** ausgesprochen wohlfühlen.

Wir freuen uns auf **Absolventen** aller **naturwissenschaftlichen** und **technischen** Studiengänge für die **Ausbildung zum Patentanwalt** oder als **wissenschaftliche Mitarbeiter** (jeweils m/w/d).

Kontaktieren Sie uns gerne unter.....

Gleiss Große Schrell und Partner mbB  
Patentanwälte · Rechtsanwälte  
Frau Maiwald  
Leitzstraße 45  
70469 Stuttgart  
Tel.: +49 (0)711 99 3 11-282  
E-Mail: [bewerbung@gleiss-grosse.com](mailto:bewerbung@gleiss-grosse.com)  
Internet: [www.gleiss-grosse.com](http://www.gleiss-grosse.com)

### NEUE EHRENDOKTORWÜRDE



Im Rahmen eines Festakts hat die Universität Stuttgart **PROF. DR. EBERHARD THEODOR GRÜN** (rechts im Bild, gemeinsam mit Rektor Prof. Dr. Wolfram Ressel) die Ehrendoktorwürde verliehen. Grün war vor allem als Forscher am Max-Planck-Institut für Kernphysik in Heidelberg tätig, wo er bis 2007 wirkte. Er steht seit 40 Jahren weltweit an der Spitze der In-situ-Erforschung von kosmischem Staub und ist Entdecker des interstellaren Staubs im Sonnensystem sowie Begründer des Forschungsfeldes der Staubastronomie. In diesem Zusammenhang arbeitete Grün in zahlreichen Projekten mit dem Institut für Raumfahrtssysteme der Universität Stuttgart zusammen, auch beim Umzug und Aufbau des europaweit einmaligen elektrostatischen Staubbeschleunigers „Stuttgart Dust Accelerator“. Dieser eröffnet Wissenschaftler\*innen und Studierenden neue Möglichkeiten zur Simulation der Weltraumumgebung und in der Grundlagenphysik.

Video zur Ehrendoktorwürde für Prof. Eberhard Theodor Grün



### 159+292

Den Jahresverbrauch an Wärme von 159 Einfamilienhäusern und den an Strom von 292 Einfamilienhäusern hat die Universität Stuttgart im Zuge ihrer Energiesparmaßnahmen in den Monaten Oktober bis Dezember 2022 eingespart; in absoluten Zahlen sind das 3185 Megawattstunden (MWh) Wärme und 1459 MWh Strom. Damit lag der Wärmeverbrauch um insgesamt 12 Prozent und der Stromverbrauch um 5,7 Prozent unter dem Mittelwert der vergangenen fünf Jahre.

Ein Schlüsselement dafür war die im Oktober 2022 gestartete Energiesparkampagne der Universität unter dem Motto „Mehr Ideen. Weniger Verbrauch. Gemeinsam. Energie sparen!“. Zu den Maßnahmen zählen unter anderem Vorgaben zur Absenkung der Raumtemperatur, zu weniger Beleuchtung in nicht sicherheitskritischen Bereichen sowie zum Betrieb von Elektrogeräten; zudem blieben die Universitätsgebäude über Weihnachten und Neujahr weitgehend geschlossen.

Zur Kampagne gehören auch hilfreiche Energiespartipps für den Universitätsalltag. Denn oft sind es schon kleine Verhaltensänderungen, die eine große Wirkung entfalten: Schon wenn bei der Hälfte der PC-Arbeitsplätze an der Universität die Funktion „Energieoptimierung“ eingestellt ist, spart dies im Jahr rund 22 MWh ein. Das entspricht dem Jahresstromverbrauch von etwa vier bis fünf Einfamilienhäusern.

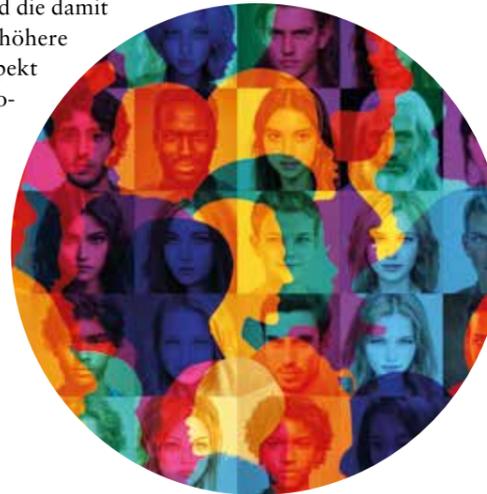
Informationen und Zahlen zur Energiesparkampagne der Universität Stuttgart



Foto: Uli Regenscheit

### GENDER HAT VIELE GESICHTER

16 Veranstaltungen, 270 Teilnehmende, 1.620 Minuten Vortrags- und Gesprächszeit: Das war die erste Gender-Week an der Universität Stuttgart, die das Gleichstellungsreferat und die Beauftragte für Chancengleichheit der Universität Stuttgart im November 2022 veranstalteten. Diskutiert wurden die vielfältigen Gesichter von Gender und die damit einhergehenden Fragen: Haben Frauen (aufgrund ihrer Rollen) eine höhere „Mental Load“? Warum ist Erschöpfung ein selbstverständlicher Aspekt weiblicher Lebensrealität? Sind geschlechtliche Rollenbilder starre soziale Konstruktionen? Was, wenn ich aufgrund meines Geschlechts oder meiner geschlechtlichen Identität im Alltag mit Schranken zu kämpfen habe? Und was, wenn ich mich nicht davon betroffen fühle, aber meine Solidarität zeigen möchte, um die Situation betroffener Personen zu verbessern? „Die Universität Stuttgart strebt in ihrer Vision nach einer zukunftsfähigen Gesellschaft und betont dabei die Bedeutung vielfältiger Perspektiven. Mit der Gender Week wollten wir für interessierte Teilnehmende Raum schaffen, diesen Perspektiven nachzuspüren“, so die Gleichstellungsbeauftragte Grazia Lamanna.



### GRÜNDUNGSRADAR 2022

Im neu erschienenen ‚Gründungsradar 2022‘, einem Ranking des Stifterverbands, rangiert die Universität Stuttgart unter den 48 teilnehmenden großen Hochschulen in Deutschland auf Platz 10. Besonders erfolgreich platzierte sich die Universität in der Kategorie Gründungsaktivitäten (Rang 9).

Prof. Peter Middendorf, Prorektor Wissens- und Technologietransfer Universität Stuttgart, kommentiert den Erfolg: „Wissensbasierte Gründungen spielen als Transferweg für die Universität Stuttgart eine zentrale strategische Rolle. Wir freuen uns daher sehr, dass die Fokussierung auf Entrepreneurship und Gründungen in unserer Transferstrategie Früchte trägt und wir uns nicht nur im Ranking „Gründungsradar“ weiter verbessern konnten von Platz 12 auf Platz 10, sondern auch bei der Vergabe von EXIST-Bewilligungen durchgängig seit 2019 auf den oberen Plätzen rangieren.“

Foto: Gerd Altmann (pixabay)

Anzeige

**Ernsthaft**  
nachdenken über die Zukunft.

**Professionell**  
Ziele und Projekte definieren.

**Gut gelaunt**  
im Team planen und umsetzen.

#### Wir begleiten Sie in vier Feldern der Stadtentwicklung:

- **Stadtplanung**
- **Wohnraum- und Quartiersentwicklung**
- **Gewerbeentwicklung**
- **Sanierung und Kommunalberatung**

Wir sind ein wachsendes Team und freuen uns über Ihre **Initiativbewerbungen!**



Philipp König

Tobias Meigel

0711 220041-0  
info@reschl-stadtentwicklung.de



## WELTWEITE REPUTATION

Die Universität Stuttgart gehört gemäß dem „THE Reputation Ranking“ der britischen Zeitschrift „Times Higher Education“ erstmals zu den 200 angesehensten Universitäten der Welt. Mit ihrer Platzierung in der Ranggruppe 176–200 ist sie eine von 16 deutschen Hochschulen, die es unter die „Top“ 200 weltweit geschafft haben.

Zusammen mit elf weiteren Rankingindikatoren bilden die Reputation-Rankings die Basis für das renommierte „THE World University Ranking“. Bei diesem haben es die Stuttgarter Ingenieurwissenschaften unter die 125 besten von 1.306 gelisteten Universitäten weltweit geschafft. In Deutschland belegten sie Platz 6.

Auch bei den Zitationen schnitten Forschende der Universität Stuttgart wieder gut ab: So waren laut der jetzt veröffentlichten Stanford/Elsevier-Datenbank zu Zitationen im Jahr 2021 von den über 200.000 meistzitierten Wissenschaftler\*innen der Welt 121 an der Universität Stuttgart tätig. Clarivate Analytics zeichnete zwei Stuttgarter Wissenschaftler – den Physiker Prof. Dr. Jörg Wrachtrup sowie Prof. Dr. Michael Saliba vom Fachbereich Elektrotechnik – mit dem seltenen Status „Highly Cited Researcher 2021“ aus. Die beiden gehören somit zu dem einen Prozent der einflussreichsten Forscher\*innen weltweit in den Gebieten der Physik sowie Umwelt und Ökologie. Und beim „WirtschaftsWoche“-Ranking 2022 konnte sich Prof. Dr. Alexander Brem auf Platz 15 der forschungstärksten Betriebswirte im deutschsprachigen Raum platzieren, bei den unter 40-Jährigen schaffte es Prof. Dr. Philipp Schuster auf Platz 100.

## FORSCHUNG IN VIDEO UND PODCAST

Wie helfen uns Intelligente Systeme in der Krise? Welche Rolle spielt haptische Intelligenz bei der Bedienung von Robotern? Wie verändert sich die Muskelaktivität bei sensorischen Störeinflüssen? Welche Rückschlüsse auf Krankheiten lassen sich daraus ziehen? Und was sind eigentlich Flüssigkristalle? Diese und viele weitere Fragen klären die Podcasts und Videos auf der Homepage der Universität Stuttgart auf anschauliche Weise. Hier eine Auswahl: <https://www.uni-stuttgart.de/universitaet/aktuelles/video/> Noch mehr Videos finden sich auf dem Youtube-Kanal der Universität Stuttgart. Hier gibt es zum Beispiel auch Mitschnitte von Vorträgen, die namhafte externe Expert\*innen an der Universität Stuttgart gehalten haben.



Youtube-Kanal der  
Universität Stuttgart

## NEW SPACE

Entwicklungszyklen für Satelliten haben sich stark verkürzt, was auch die Anforderungen an deren Betriebssystem verändert. Zudem sind die Startkosten in der Raumfahrt stark gesunken und Satelliten teilweise kleiner als Schuhkartons. Ihre Sensortechnologie wird preiswerter, kleiner und besser. Und künstliche Intelligenz ermöglicht es, die großen Datenmengen effektiv zu verarbeiten und auszuwerten.

Die verbesserten Konditionen tragen dazu bei, dass mehr Start-ups sowie klein- und mittelständische Unternehmen die Chance ergreifen und sich am Raumfahrtmarkt etablieren – die sogenannte New Space Bewegung. Ganz vorne mit dabei ist ein Start-up der Universität Stuttgart: Die Firma sat:io hat ein Konzept entwickelt für ganzheitliche, skalierbare Lösungen, die einen multi-missionsfähigen Satellitenbetrieb ermöglichen. „Statt eines großen teuren Gesamtsystems bieten wir mit unserer Toolsuite einzelne Tools an, die in oder über die einzelnen Projektphasen hinweg bedarfsgerecht eingesetzt werden können“, so die Gründer.

Foto sat:io



Anzeige

## LEONHARD WEISS BAUUNTERNEHMUNG

# BAU DIR DEINE ZUKUNFT!

LEONHARD WEISS, gegründet 1900, ist mit über 6.500 Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter eines der leistungsstärksten und erfolgreichsten Bauunternehmen Deutschlands.

Du suchst für Dein Praxissemester oder nach Deinem Studium den richtigen Partner? Dann bewirb Dich als **Praktikant, Werkstudent** oder **Berufseinsteiger (m/w/d)** an einem unserer Standorte in Deutschland.

Wir freuen uns auf Deine Online-Bewerbung über unser Job-Portal unter [www.leonhard-weiss.jobs](http://www.leonhard-weiss.jobs).

**LEONHARD WEISS GmbH & Co. KG**  
Leonhard-Weiss-Str. 2-3, 74589 Satteldorf  
Kontakt: Herr Patrick Ilg, P. +49 7951 33-2336



FREUDE  
AM BAUEN  
ERLEBEN

[www.leonhard-weiss.de](http://www.leonhard-weiss.de)



# FRAGEN AN

## PROF. OLIVER RIEDEL

Leiter des Instituts für Steuerungstechnik der Werkzeugmaschinen und Fertigungseinrichtungen (ISW)

### Wie läuft die Zusammenarbeit in dem Gemeinschaftsprojekt ab?

Personalisiertes Knorpelgewebe aus Biomaterial automatisiert herzustellen, ist eine Herausforderung, die wir am ISW allein nicht bewältigen können. Deshalb haben wir uns mit anderen Forschungsteams der Universität Stuttgart und der Fraunhofer-Gesellschaft zusammenschlossen. Das ISW verantwortet die Druckbahnplanung und -steuerung. Dazu liefert das Fraunhofer-Institut für Produktionstechnik und Automatisierung (IPA) basierend auf MRT-Aufnahmen eine sogenannte Sollgeometrie. Nur damit können wir ein passgenaues Implantat drucken. Das Fraunhofer-Institut für Grenzflächen- und Bioverfahrenstechnik (IGB) und das Institut für Grenzflächenverfahrenstechnik und Plasmatechnologie der Universität Stuttgart arbeiten an der Entwicklung, Herstellung und Überprüfung des biomimetischen Materials.

### Wie entsteht ein Implantat im Druck?

Am ISW haben wir die additive Fertigung – auch 3D-Druck genannt – zu einem 7-Achs-Druckverfahren weiterentwickelt. Mit diesem mehrachsigen Verfahren verleihen wir dem Knorpelgewebe die jeweils richtige Form und Struktur. Mit einem speziell für diesen Zweck entwickelten Druckkopf und einer methacrylmodifizierten Gelatinelösung wird das Implantat auf ein individuelles Knochenreplikat gedruckt. Der entscheidende Vorteil dieses Verfahrens ist, dass wir jede geometrische Struktur fließend und detaillierter darstellen können. Sogenannte Stufeneffekte, die bei additiver Fertigung in Schichten entstehen, minimieren wir dadurch enorm. Gleichzeitig erhöht sich die Passgenauigkeit des Implantats.

### Vor welchen Herausforderungen stehen Sie noch?

Projekte, die am Leistungszentrum Mass Personalization entstehen, streben nach Fertigungstechnologien für eine kostengünstige Massenproduktion personalisierter Produkte. Unser Ziel ist es, eine nachhaltige Gesundheitsversorgung unter diesem Gesichtspunkt zu ermöglichen. Bisher ist unser Verfahren auf Arthrose im Knie ausgelegt. Unser Verfahren möchten wir im nächsten Schritt auch auf Körperregionen, die andere Behandlungsmethoden erfordern, übertragen.



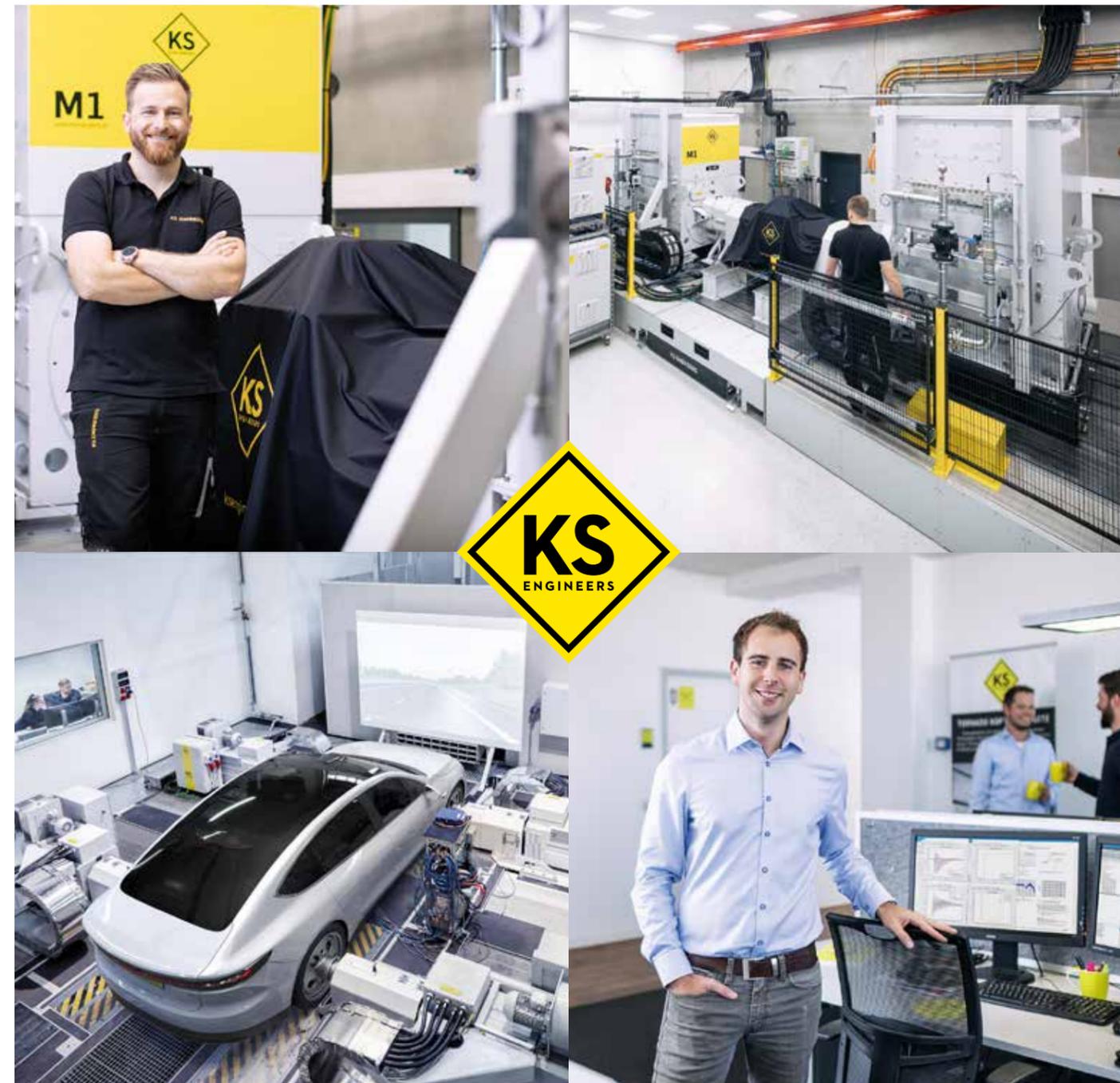
Video „Personalisierte Knorpelimitate mit dem mehrachsigen 3D-Druck“

### KONTAKT

PROF. OLIVER RIEDEL  
Mail: [oliver.riedel@isw.uni-stuttgart.de](mailto:oliver.riedel@isw.uni-stuttgart.de)  
Telefon: +49 711 685 82466

Foto: Universität Stuttgart

Knorpelschäden durch Arthrose oder einen Unfall könnten künftig mit personalisierten Knorpelimplantaten behandelt werden. Das Knorpelgewebe wird individuell an Patientinnen und Patienten angepasst und kann den Heilungsprozess beschleunigen. In interdisziplinärer Zusammenarbeit stellt der Forschungsverbund Stuttgart Partnership Initiative – Mass Personalization (SPI-MP) dieses Gewebe mittels einer automatisierten Fertigungstechnologie her.



## VERWIRKLICHE DEIN KNOW-HOW. ALS EINE/R VON UNS.

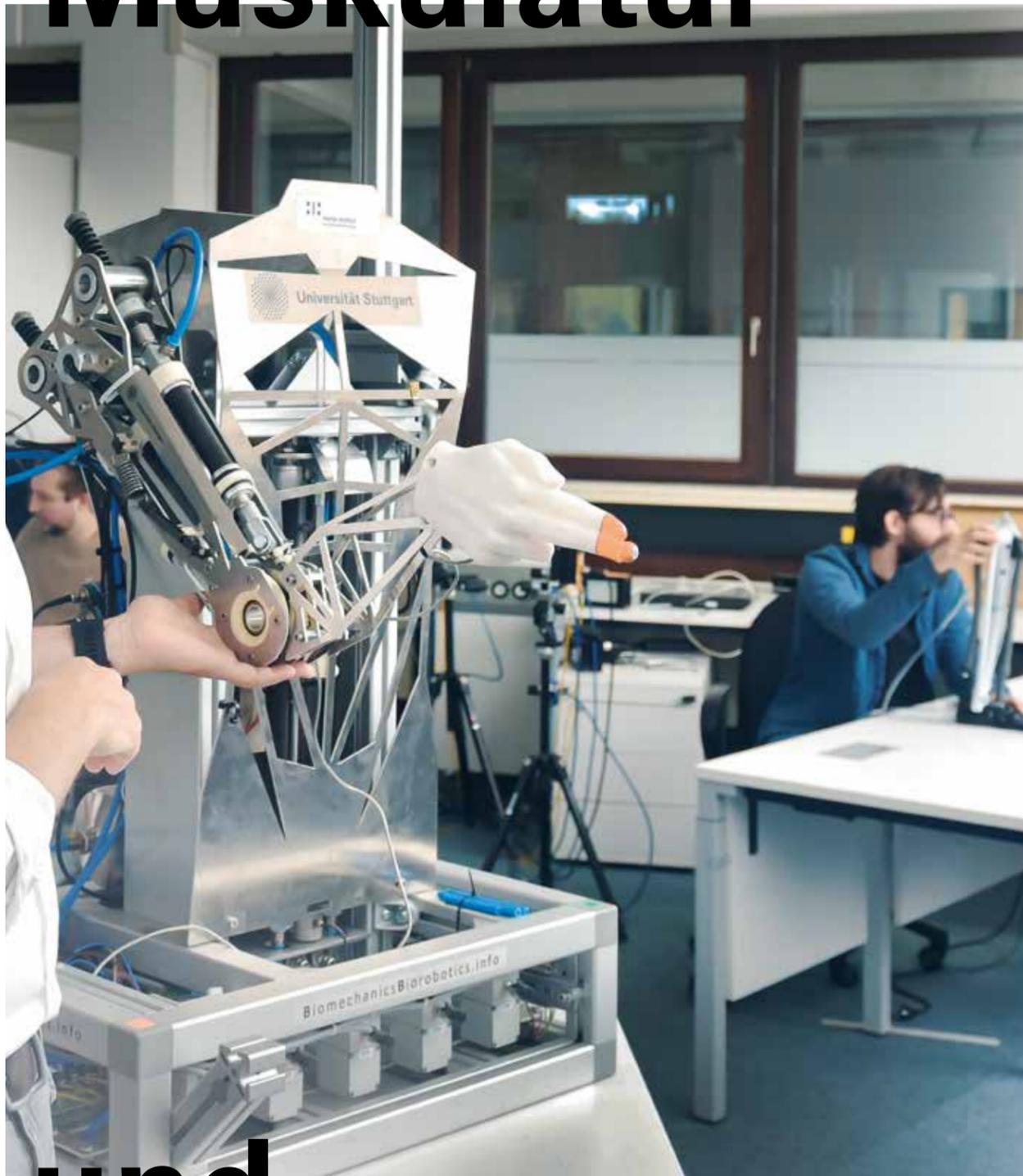
Gesundes Wachstum ist uns wichtig. Darum suchen wir laufend neue MitarbeiterInnen zur Verstärkung unseres Teams.

**KS ENGINEERS** konzipiert und liefert Prüfstände an internationale Top-Kunden in der Automobil- und Motorenindustrie. Dabei arbeiten wir mit Leidenschaft an technischen Aufgabenstellungen und finden optimale Lösungen für unsere Kunden. In einem jungen motivierten Team von ca. 600 MitarbeiterInnen bieten wir in den Bereichen **Elektrotechnik, Maschinenbau und Softwareentwicklung** interessante, praxisnahe Jobs und ausgezeichnete Karrierechancen.

Werde Teil unseres Teams und sende uns Deine Bewerbung über unsere Website: [www.ksengineers.com](http://www.ksengineers.com)



# Muskulatur



Die Forschenden befassen sich mit computer-gestützter Biophysik und Biorobotik.

# und Maschinen



Spezialist für  
biophysikalische  
Forschung:  
Prof. Syn Schmitt

TEXT: DANIEL VÖLPEL  
FOTOS: MAX KOVALENKO

**Seine Freude am Sport und seine Leidenschaft für die Physik verbindet Prof. Syn Schmitt, indem er menschliche Bewegungen simuliert. Damit legt er die Grundlage für die nächste Generation von Robotern oder liefert Beweise gegen einen Mordfall.**

Wenn Prof. Syn Schmitt erklären soll, woran er forscht, dann zeigt der 47-Jährige in seinem Büro auf dem Campus Vaihingen der Universität Stuttgart auf eine Maschine neben dem Schreibtisch: „Das ist ein Jonglierroboter.“ Der Roboter verfügt über zwei Stangen, an deren Enden sich jeweils ein Körbchen befindet. Sie ahmen Arme und Hände nach. „Eigentlich ist das nur ein Motor, der mit konstanter Geschwindigkeit die Arme hoch und runter bewegt“, erklärt der Co-Koordinator des Potentialbereichs Biomedizinische Systeme und Forscher im Exzellenzcluster „Datenintegrierte Simulationswissenschaft“ (SimTech) der Universität Stuttgart. „Das geht deswegen, weil die Arme genau die richtige Länge haben, die Hände genau richtig designt wurden.“ Die Biologie des Menschen abzubilden, sie in Regeln zu formulieren, zu simulieren und sie in technische Systeme zu übertragen, gehört zu den zentralen Aufgaben Schmitts, der auch, zusammen mit Prof. Oliver Röhrle, das Institut für Modellierung und Simulation Biomechanischer Systeme (IMBS) leitet. Zudem geht es darum, Kriterien zu finden, um ein technisches Design zu bewerten: Wie nah ist es einem biologischen? Wie sehr ähnelt sich beispielsweise die Form? Wie sind seine dynamischen Eigenschaften?

## PHYSIK UND SPORT PRÄGEN AUSBILDUNG UND STUDIUM

Seine Leidenschaft für die Dinge, die die Welt zusammenhalten, entdeckte Schmitt in seiner Berufsausbildung bei IBM zum Kommunikationselektroniker. Sechs Wochen lang ging er als Azubi im Forschungszentrum des damaligen Computerherstellers einem Physiker zur Hand, der mit Materialien für Computerchips experimentierte. Als Natursportler und leidenschaftlicher Skifahrer, wie er sich selbst bezeichnet, beschloss der in der Keplerstadt Weil der Stadt aufgewachsene Schmitt später, Physik und Sport in einem Diplom- und Lehramtsstudium zu kombinieren. Das fachgebundene Abitur hatte er nach der Ausbildung nachgeholt.

Heute fließt die biophysikalische Forschung des etwa 20-köpfigen Teams um Schmitt beispielsweise in ein intelligentes Assistenzgerät für Patienten mit neurodegenerativen Bewegungsstörungen (iAssistADL) ein. Die Forschungsgruppe hat sich zum Ziel →

**Das Projekt iAssistADL**

Im Projekt iAssistADL arbeiten das Hertie Institut für klinische Hirnforschung (HIH) der Universität Tübingen und das Institut für Industrielle Fertigung und Fabrikbetrieb (IFF), das Institut für Visualisierung und Interaktive Systeme (VIS) und das Institut für Modellierung und Simulation Biomechanischer Systeme (IMSB) der Universität Stuttgart zusammen, um ein intelligentes Assistenzgerät für Menschen mit neurodegenerativen Bewegungsstörungen zu entwickeln. Projektleiter ist Prof. Dr. Daniel Häufle vom HIH. Die Software entwickelt ein Team um Prof. Syn Schmitt vom IMSB und Prof. Andreas Bulling vom VIS im Exzellenzcluster Datenintegrierte Simulationswissenschaft (EXC2075).

→ gesetzt, bis 2024 ein Hilfsgerät für Menschen zu erarbeiten, deren Hand unkontrolliert zittert. „Menschen, die diesen Tremor im Arm haben, können nicht schreiben, nicht aus einem Glas trinken“, erklärt Schmitt. „Wir wollen ein robotisches System entwickeln, das möglichst unter der Kleidung verschwindet. Es soll dennoch so stark mit den Menschen zusammenarbeiten, dass es ihnen viele Funktionen des Armes abnimmt und erkennt, ob ich das Glas greifen und trinken oder die Gabel nehmen und essen möchte.“

Die Forschenden arbeiten mit einem robotischen Arm, der auf einem Stuhl montiert ist. Doch seine Funktionen müssen sie ihm erst beibringen. Dazu schreiben sie ein Programm, das Sensordaten auswertet und erkennt, in welchem Kontext sich der Mensch befindet und was er vorhat. „Wir können nicht ins Gehirn schauen, müssen aber möglichst nah ran an die Entscheidungsprozesse“, erklärt Schmitt. Dazu erfasse man, wie die Augen sich bewegen. Einige Millisekunden vor einer Bewegung spannen sich die Muskeln an. Dies misst man über die Hautoberfläche mit Elektroden. „Wenn wir die Aktivität frühzeitig erkennen, können wir das mit unseren biophysikalischen Modellen fusionieren: Wir hoffen, dadurch mit hoher Wahrscheinlichkeit festzustellen, ob die Person das Glas greifen wird“, beschreibt der Forscher. „Dann kann der Roboterarm rechtzeitig eingreifen, bevor die Person das Glas umschüttet.“

Der Stuhl mit dem klobigen mechanischen Arm ist für Schmitt nur ein Zwischenschritt, um mit klassischer Robotik vorzubereiten, was in zehn bis 15 Jahren mit moderner, bioinspirierter Robotik für den Alltag taugen soll. „In Zukunft sollen das softrobotische, textile Exoskelette sein, die in der Forschung schon existieren. Sie werden sich wie ein steifer Pullover um den Arm legen. Wir nennen das bionische Integration“, erklärt er.

**BUNDESWEIT BEACHTETES GUTACHTEN IM „BADEWANNEN-MORD“**

Künstliche Muskeln gibt es zwar schon, doch die Rechnerleistung und die Energieversorgung bereiten Probleme. Deshalb forschen Schmitt und sein Team daran, sich von der Natur abzuschauen, wie Informationen verarbeitet werden. „Die Biologie schafft das: Wir können Dartscheiben treffen, rennen, Klavier spielen, ohne dass es einen großen und schnellen Zentralrechner gibt. Wir haben zwar das Gehirn mit vielen Neuronen, aber trotzdem eine →

Prof. Syn Schmitt

**„Wir können nicht ins Gehirn schauen, müssen aber möglichst nah ran an die Entscheidungsprozesse.“**



Schmitt erklärt, wie die biomechanische Simulationsmethode das Geschehen im "Badewannen-Mord" rekonstruieren kann.

PROF. SYN SCHMITT

**„Wir wollen ein robotisches System schaffen, das möglichst unter der Kleidung verschwindet.“**



→ vergleichsweise geringe Signalverarbeitungsgeschwindigkeit.“ Die Muskeln selbst speichern Energie, dazu die Organe. „Für moderne Robotiksysteme würde alles für eine verteilte Verarbeitung, verteilte Energiespeicherung sprechen“, erklärt Schmitt.

Den Gedanken, mithilfe von Simulationen Dinge zu beweisen, die Menschen ausschließen, lernte der Forscher während seiner Dissertation in der theoretischen Astrophysik in Tübingen bei Prof. Hanns Ruder kennen. Bundesweit bekannt wurde Schmitt mit einer Simulation zum „Badewannen-Mord“ von Rottach-Egern. Er zeigte, dass eine Seniorin mit hoher Wahrscheinlichkeit ohne Fremdverschulden in eine Badewanne hätte stürzen können und dabei die in der Obduktion festgestellten Verletzungen erlitten haben könnte. Unter anderem aufgrund dieses Gutachtens wurde der als Mörder verurteilte Manfred Genditzki 2022 freigelassen. Denn das Gericht erkannte die Simulation menschlicher Bewegungen als neue Beweismethode an. Nun verhandelt es den Fall neu. „Es wäre grundsätzlich die Frage, menschliche Forensik neu zu denken“, sagt der Forscher daher. „Die biophysikalische Simulation könnte die Dynamik vor einem wichtigen Ereignis berücksichtigen und objektive Aussagen generieren.“

Mit der Idee des damaligen SimTech-Leiters Prof. Wolfgang Ehlers, die Biomechanik-Modellierung voranzutreiben, war Schmitt 2008 an das Exzellenzcluster nach Stuttgart gekommen. Er gründete am Institut für Sport- und Bewegungswissenschaft eine Nachwuchsgruppe, wurde Juniorprofessor in Stuttgart und übernahm im neu gegründeten IMBS schließlich eine Professur.

**EINSATZ FÜR CHANCENGLEICHHEIT IN DER WISSENSCHAFT**

Für jedes seiner zwei Kinder nahm der Forscher fünf Monate Elternzeit. Und weil er feststellte, dass dies auch für eine Karriere in der Wissenschaft nicht ohne Folgen bleibt, übernahm er zeitweise das Amt des Gleichstellungsbeauftragten im SimTech. „Mir ist Chancengleichheit wichtig, weil ich davon überzeugt bin, dass man nur dann optimale Erfolge erzielt, wenn man die Chancen für alle gleichmacht und alle Hürden abbaut, die nicht mit der Forschung zu tun haben“, sagt Schmitt. Er fühle sich dort wohl, wo niemand frage, woher man komme, sondern welche Ideen man mitbringe. Im SimTech sieht Schmitt diese Atmosphäre verwirklicht. Deshalb nennt er den Exzellenzcluster „meine Heimat“: „Es ist eine neue Form von interdisziplinärer Universität: Regelungstechnik, Mathematik, Physik, Elektrotechnik, Informatik sind alles notwendige Disziplinen für unsere Arbeit. Meiner Meinung nach ist es die Zukunft, die Barrieren zwischen den Fächern einzureißen“, sagt der Wissenschaftler. „Dann sind fundamental neue Erkenntnisse zu erwarten.“ →

**KONTAKT**

PROF. DR. SYN SCHMITT  
Mail: [schmitt@simtech.uni-stuttgart.de](mailto:schmitt@simtech.uni-stuttgart.de) Telefon: +49 711 685 60484

# INTELLIGENTERE PFLASTER



Neue Materialien sollen in Pflastern eine kontrollierte Wirkstoffabgabe ermöglichen.

TEXT: MICHAEL VOGEL  
FOTOS: SVEN CICHOWICZ

**Funktionale Polymere eröffnen neue Möglichkeiten in der personalisierten Medizin. Ein interdisziplinäres Stuttgarter Team arbeitet hierfür an neuen Materialklassen und kombiniert das Know-how aus Mechanik und Chemie.**

Pflaster, die Hormone oder Schmerzmittel abgeben, sind medizinischer Alltag. Aufgeklebt auf die Haut, dienen sie als Reservoir für den Wirkstoff, der nach und nach in den Körper übergeht. Diese Wirkstoffaufnahme über die Haut wird künftig weiter an Bedeutung gewinnen, um Krankheiten oder Wunden zu behandeln. Mit intelligenteren Pflastern wäre es möglich, noch gezielter zu behandeln und die Medizin letztlich weiter zu personalisieren. So ließe sich besser auf die spezifischen Bedürfnisse einzelner Patientinnen und Patienten eingehen. Um diesem Ziel näher zu kommen, gibt es viele Ansatzpunkte. Einer davon sind Funktionspolymere – und hier kommen Prof. Sabine Ludwigs und Prof. Holger Steeb von der Universität Stuttgart ins Spiel.

Ludwigs ist Inhaberin des Lehrstuhls für Struktur und Eigenschaften Polymerer Materialien am Institut für Polymerchemie, Steeb Professor für Kontinuumsmechanik und Direktor des Instituts für Mechanik (Bauwesen). „Wir entwickeln eine neue Materialklasse von Polymeren, die wichtige Eigenschaften für künftige Anwendungen in der personalisierten Medizin aufweist“, sagt Ludwigs. „Die Stärke unseres Ansatzes ist, dass wir unser Know-how aus Mechanik und Chemie in dieser Forschung kombinieren.“

## BIOKOMPATIBLE POLYMERE FÜR DIE PHARMAZIE

Dass Polymere überhaupt von Bedeutung für die Medizin der Zukunft sind, mag im ersten Moment erstaunen. Schließlich spielen Polymere im Alltag vor allem als Kunststoffe eine Rolle. Aber so wie es Polymere gibt, die in Plexiglas oder Autoreifen stecken, kommen andere zum Beispiel in den Hüllen von magensaftresistenten Kapseln zum Einsatz. Je nach Verwendungszweck sind sie sehr unterschiedlich. Gemeinsam ist jedoch allen Polymeren, dass es sich um riesige Moleküle handelt, die aus sehr vielen, sich wiederholenden Atomgruppen bestehen. Oft bilden sich aus den einzelnen langen Polymerketten miteinander verschlungene Strukturen, die ein bisschen an das Durcheinander eines Tellers Spaghetti erinnern und die durch geschickte Chemie vernetzt werden können.

Die Teams von Ludwigs und Steeb interessieren sich für sogenannte funktionalisierte Polymere, die biokompatibel sind, also einem Organismus durch ihre chemischen und physikalischen Eigenschaften nicht schaden. Genauer: „Wir suchen biokompatible Polymere, die für die Pharmazie interessant sind“, sagt Ludwigs. In Polymernetzwerke lassen sich nämlich medizinische Wirkstoffe einlagern, die dann nach und nach kontrolliert an den Körper abgegeben werden – immer gerade so viele, wie dieser braucht. Die Stuttgarter Teams arbeiten bei ihrer Forschung →

Prof. Sabine Ludwigs vom Institut für Polymerchemie



Prof. Holger Steeb vom Institut für Mechanik (Bauwesen)

→ mit Pharmazeutinnen und Pharmazeuten um Prof. Dominique Lunter und Prof. Stefan Laufer von der Eberhard Karls Universität Tübingen zusammen.

„Der traditionelle Ansatz der Pharmazie ist die Verwendung von Polymeren, welche in Arzneibüchern als zugelassene Polymere gelistet sind, und mit diesen dann zu experimentieren“, erklärt Ludwigs. Oft sind diese Polymere in ihrem Anforderungsprofil allerdings limitiert. Ludwigs und Steeb wählen daher einen anderen Ansatz.

#### DIE ABGABE EINGELAGERTER WIRKSTOFFE GEZIELT REGULIEREN

Gemeinsam mit den Tübinger Kolleginnen und Kollegen diskutieren sie zunächst interessante Eigenschaften, die geeignete Polymere haben könnten. Interessant heißt, dass solche Polymere ihre großräumige Struktur verändern, wenn ein äußerer Reiz auf sie einwirkt. Durch diese Veränderung entweicht dann der eingelagerte Wirkstoff. Wünschenswert ist dabei oft, dass sich die Wirkstoffabgabe regulieren lässt, die Strukturänderung des Polymers also reversibel auf den äußeren Reiz reagiert. „Reize können zum Beispiel Änderungen im pH-Wert, in der Feuchtigkeit oder in der Temperatur sein“, verdeutlicht Ludwigs. Reagiert ein Polymer zum Beispiel auf Feuchte, kann es viele Wassermoleküle aufnehmen, ohne dass es seine strukturellen Eigenschaften verliert. Im Polymernetzwerk laufen solche Änderungen autonom ab, wenn ein definierter Wert des Reizes erreicht ist. „Es ist aber auch möglich, die Veränderung des Polymernetzwerks von Hand durch einen äußeren Reiz auszulösen, zum Beispiel durch das Einschalten eines schwachen elektrischen Felds.“ Dazu muss ein geeignetes Polymer elektrisch leitfähig sein.



Ludwigs' Team stellt zunächst vielversprechende Polymere im Labor her. Sie müssen nicht nur die gewünschte Funktionalisierung aufweisen, sondern auch bestimmte elastische Anforderungen erfüllen, da sie im späteren pharmazeutischen Produkt dauerhaft auf der Haut haften sollen, auch wenn der Mensch sich bewegt. Ob das die neu kreierte Polymere leisten, untersucht Steeb's Team, indem es die Polymerproben unter Zug mechanisch charakterisiert. „So ermitteln wir die viskoelastischen Eigenschaften“, sagt Steeb. „Wenn es zum Beispiel darum geht, dass ein Polymer Feuchte aufnehmen soll, können wir unsere Messung unmittelbar während der Einlagerung der Wassermoleküle durchführen.“

Um die Messungen überhaupt zu ermöglichen, bedarf es einigen Know-hows. „Oft sind die Polymerproben so klein oder so fragil, dass wir sie nicht einfach wie →

Doktorand\*innen untersuchen neue Materialien im Labor.

Prof. Holger Steeb

„Unser Alleinstellungsmerkmal ist die enge Verzahnung von Chemie und Ingenieurwesen.“



Nutzung von Polymeren für die Medizin im Blick

→ eine metallische Probe in eine Prüfmaschine einspannen können“, erklärt Steeb. „Manchmal muss man die kontrollierte Krafteinwirkung zum Beispiel durch Aufrollen der Probe erzeugen.“

#### TEAMS IN STUTTGART UND TÜBINGEN ARBEITEN ENG ZUSAMMEN

Möglicherweise ist ein Ergebnis der Untersuchungen, dass die Polymerprobe die gewünschten Eigenschaften nicht lange genug beibehält – dann ist das Team von Ludwigs erneut gefordert. Doch wenn die gemessenen Eigenschaften vielversprechend sind, dann modelliert Steeb's Team das funktionale Material am Rechner, um auf diesem Wege kausale Zusammenhänge des Polymers vorherzusagen, die wiederum das Chemieteam nutzen kann, um das Polymer weiter zu verbessern. Natürlich stehen nach der Überarbeitung erneut Zugversuche an. „Letztlich geht es darum, die Rheologie des Polymers grundlegend zu verstehen“, so Steeb. Die Rheologie gibt Auskunft darüber, unter welchen Bedingungen ein Material sich reversibel verformt, wann dauerhaft oder wann gar nicht.

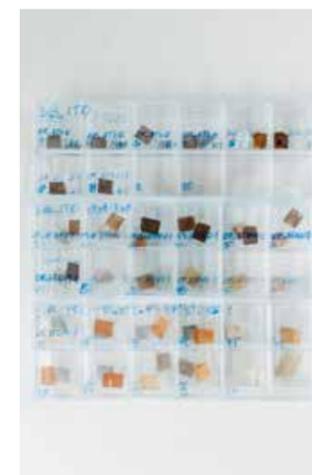
„Haben wir in Stuttgart schließlich ein Polymer vorliegen, mit dem wir zufrieden sind, messen die Tübinger Gruppen das Be- und Entladeverhalten experimentell“, sagt Ludwigs. Möglicherweise schließen sich daran erneute Schleifen in den Stuttgarter Chemie- und Mechaniklaboren an, um das Polymer weiter zu verbessern.

#### EINSATZMÖGLICHKEITEN IN PERSONALISIRTER TUMORTHERAPIE

Ludwigs und Steeb kooperieren bei diesem Thema nun seit rund vier Jahren. Funktionale Polymere sind ein umfassendes und weltweit intensiv bearbeitetes Forschungsfeld. „Unser Alleinstellungsmerkmal ist die enge Verzahnung von Chemie und Ingenieurwesen“, sagt Steeb. Und die ist nun noch enger geworden: Anfang des Jahres ist das interfaculty Functional Soft Materials Lab in Betrieb gegangen. „So rücken unsere Teams im Arbeitsalltag noch enger zusammen“, sagt Ludwigs. Angesiedelt ist das Labor am Stuttgart Center for Simulation Science (SC SimTech), dessen wissenschaftlichem Leitungsteam Steeb angehört.

Die Zusammenarbeit von Ludwigs und Steeb endet nicht bei den funktionalen Polymeren als Auslöser für die Wirkstoffabgabe. Funktionale Polymere sind auch beim künftigen 3D-Druck für eine personalisierte Tumorthherapie gefragt, so Steeb. „Auch beim 3D-Druck kommt es auf die Rheologie der Polymere an, um eine optimale Funktionalität zu bekommen.“ →

Gut sortiert: verschiedene Versuchsmaterialien für die Forschung



#### KONTAKT

PROF. DR. SABINE LUDWIGS  
Mail: [sabine.ludwigs@ipoc.uni-stuttgart.de](mailto:sabine.ludwigs@ipoc.uni-stuttgart.de) Telefon: + 49 711 685 64441

PROF. DR. HOLGER STEEB  
Mail: [holger.steeb@mechbau.uni-stuttgart.de](mailto:holger.steeb@mechbau.uni-stuttgart.de) Telefon: +49 711 685 66029

# Wie KI die Pharmaindustrie verändert



In der Pharmabranche entstehen weltweit KI-Start-up-Cluster.

TEXT: HEIKE SCHMIDT-LANGER

**Wirtschaftswissenschaftler\*innen der Universität Stuttgart untersuchen, wie gut Unternehmen die neuen Möglichkeiten der Künstlichen Intelligenz nutzen.**

Bei mehreren Millionen möglichen Molekülverbindungen experimentell die eine Verbindung für ein neues Medikament oder einen Impfstoff zu finden, erfordert langwierige und auch kostenintensive Laborarbeit. Doch die Digitalisierung und vor allem die rasanten Fortschritte in der Künstlichen Intelligenz (KI) können es künftig ermöglichen, Wirkstoffe in kürzester Zeit ressourcenschonend und genau zu analysieren. Wenn sich die Entwicklungszeit neuer Medikamente verkürzt, eröffnen sich für die Pharmaindustrie große wirtschaftliche Vorteile. Denn heute entfallen im Durchschnitt sieben Jahre des insgesamt 20 Jahre andauernden Patentschutzes auf die Entwicklung eines Wirkstoffs bis zur Marktreife, das heißt: Die wirtschaftliche Verwertungsphase unter Patentschutz verkürzt sich auf 10 bis 15 Jahre.

Wie sich die Pharmabranche durch die KI verändert, untersuchen auch Forschende der Universität Stuttgart. Konkret haben sich Dr. Johann Valentowitsch und Theresa Fritz vom Betriebswirtschaftlichen Institut (BWI) damit befasst, wie durch KI in der →



Theresa Fritz befasst sich mit neuen Kooperationen in der Pharmaindustrie.

Johann Valentowitsch analysiert die KI-Potenziale aus wirtschaftlicher Perspektive.



Dr. Johann Valentowitsch

**„Die KI ist immer nur so gut wie die Daten, mit denen sie gefüttert wird.“**

→ Pharmaindustrie neue Kooperationen entstanden sind. Denn inzwischen arbeiten in der Branche weltweit etablierte Unternehmen eng mit branchenfremden Technologie-Start-ups zusammen. Da Start-ups, die oft aus Universitäten entstehen, finanzielle Unterstützung brauchen, kommen noch weitere Akteure aus dem Finanzsektor oder der öffentlichen Forschungsförderung dazu.

Diese neue Landschaft haben die Stuttgarter Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler auf der Grundlage von vorliegenden Daten genauer analysiert. Ein auffälliges Ergebnis dabei: Die Clusterbildung, also die enge Zusammenarbeit verschiedener Akteure in Netzwerken, ist in der Europäischen Union deutlich geringer als in anderen Weltregionen. Als Gründe dafür sehen die Forschenden unter anderem strengere Regulierungen sowie eine geringere Flexibilität bei der Lenkung von Fördermaßnahmen. Valentowitsch erinnert in diesem Zusammenhang an die Entwicklung neuer Batterietechnologie für die Elektromobilität, bei der andere Regionen oft schneller waren: Es sei wichtig, mit Förderprogrammen „auf die richtigen Projekte zu setzen und nicht das zu fördern, was schon am Markt ist“.

## FLEXIBLEM DATENZUGANG KOMMT ZENTRALE ROLLE ZU

Auch im Gesundheitssektor seien die neuen Kompetenzen in den Clustern oft schon so weit entwickelt, dass man das nicht aufholen könne, sagt seine Kollegin Theresa Fritz. Entgegen der allgemeinen Erwartung spiele aber der asiatische Markt keine große Rolle in diesem Bereich. Aufgrund der dort kostengünstigeren Produktionsmöglichkeiten und der Expertise bei Zukunftstechnologien wären dort eigentlich entsprechende Cluster zu erwarten gewesen. Diese zeigten sich überraschend aber an ganz anderer Stelle, nämlich in Großbritannien. Das Land habe im Bereich Finanzierung und Forschung mit Big-Data-Anwendungen eine Vorreiterrolle. „Das liegt vermutlich an einer anderen Struktur des Gesundheitswesens in Großbritannien, vor allem am viel flexibleren Datenzugang“, erklärt Valentowitsch. Mit dem EU-Austritt von Großbritannien sei „innerhalb der EU eine Kompetenzlücke entstanden“.

## UNTERSCHIEDLICH AUSGEPRÄGTE GRÜNDUNGSKULTUR

Daten von Patient\*innen sind ein zentraler Faktor, um die neuen Möglichkeiten in der Pharmaforschung zu nutzen. „Man kann die Potenziale der Digitalisierung und der KI nicht ausschöpfen, ohne dass man einen besseren Zugang zu den Daten schafft“, sagt Johann Valentowitsch. „Die KI ist immer nur so gut wie die Daten, mit denen sie gefüttert wird.“ Die in Deutschland vergleichsweise strengen Regeln beim Datenschutz stehen dem eher entgegen.

Auch bei der Finanzierung zeigt die Analyse der Wirtschaftswissenschaftler\*innen Nachholbedarf. So ist demnach zum Beispiel in den USA oder Großbritannien die Anbindung an Drittmittelgeber und sogenannte Business Angels stärker. Dort herrsche „eine ganz andere Kultur, auch eine andere Gründungskultur, die Bereitschaft, einfach mal auf Risiko zu gehen, auch mal zu scheitern, was bei uns für einige No-Gos sind. Wir müssen definitiv umdenken“, sagt Valentowitsch. Potenzial dafür sehen die Forschenden ausreichend. Es gebe, zeigt sich Fritz überzeugt, auch in Deutschland „Kooperationsmöglichkeiten, aber man müsste das stärker unterstützen und versuchen, die Strukturen aufzubrechen“. →

## KONTAKT

DR. JOHANN VALENTOWITSCH  
 Mail: [johann.valentowitsch@bwi.uni-stuttgart.de](mailto:johann.valentowitsch@bwi.uni-stuttgart.de) Telefon: +49 711 685 83148

THERESA FRITZ  
 Mail: [theresa-helen.fritz@bwi.uni-stuttgart.de](mailto:theresa-helen.fritz@bwi.uni-stuttgart.de) Telefon: +49 711 685 83146

Fotos: privat

# GESUNDHEIT IN SCHICHT- ARBEIT

Ein neues Programm soll helfen, „gesunde Dienstpläne“ zu erstellen.



TEXT: DANIEL VÖLPEL

**Schicht zu arbeiten, belastet die ohnehin beanspruchten Pflegekräfte zusätzlich. Wie man die Wechsel aus Früh-, Spät- und Nachtdienst so einteilt, dass die Gesundheit des Personals nicht leidet, zeigt ein Programm der Universität Stuttgart und des Fraunhofer-Instituts.**

Computerprogramme, mit denen man Schichtpläne erstellt, gibt es schon lange. Doch dieses ist anders: Im „Demonstrator für die Gestaltung gesunder Dienstpläne“ sind nicht nur alle Vorschriften hinterlegt, wie etwa die erlaubte Höchstarbeitszeit. Das Programm enthält auch zusätzliche Empfehlungen, die Pflegekräften dabei helfen, trotz Arbeit in Wechselschicht gesund zu bleiben. Dazu gehört beispielsweise, nicht mehr als drei Nachtdienste in Folge einzuplanen oder am letzten Tag vor einem Urlaub keine Spätschicht zu übernehmen. Wer für sein Team mit dem Demonstrator den Schichtdienst plant, erhält damit zudem einen Index. Dieser Gesundheitswert ordnet ein, wie gut die Regeln eingehalten wurden. In einem Textfeld zeigt das Programm alle Verstöße einzeln an. So kann man den Plan verbessern – und damit das Wohlbefinden seiner Beschäftigten. →



**Damian Kutzias entwickelte den Dienstplan-Demonstrator.**



**Dimitri Evcenko vom Institut für Arbeitswissenschaft und Technologiemanagement der Universität Stuttgart**

Sandra Frings arbeitet am Fraunhofer-Institut für Arbeitswirtschaft und Organisation.



**Sandra Frings**

„Die Gesundheit von Pflegekräften ist extrem wichtig für sie selbst und für die Gesellschaft.“

## → DIENSTPLÄNE MIT KLAREN KENNZAHLEN OPTIMIEREN

Entstanden ist der Dienstplaner in dem vom Bundesministerium für Arbeit und Soziales geförderten Projekt Regionales Zukunftszentrum KI „pulsnetz.de – gesund arbeiten“. Unter Koordination der Diakonie Baden erarbeiten Partner Projekte zum gesundheitsförderlichen Arbeiten in der Sozialwirtschaft. Einer dieser Partner ist das Institut für Arbeitswissenschaft und Technologiemanagement (IAT) der Universität Stuttgart, das mit dem Fraunhofer-Institut für Arbeitswirtschaft und Organisation (IAO) verbunden ist. Ein Team aus beiden Instituten hat den Demonstrator entwickelt.

„Die Gesundheit von Pflegekräften ist extrem wichtig für sie selbst und für die Gesellschaft“, erklärt Sandra Frings vom Fraunhofer IAO. „Unsere Kennzahl zur Bewertung eines gesunden Dienstplans hilft, diesen zu optimieren, allein durch die Visualisierung“, ergänzt Dimitri Evcenko vom IAT. In Seminaren und Befragungen mit Pflegeeinrichtungen hatte das Team zuvor herausgefunden, was diese benötigen.

## GROSSES INTERESSE AM DIENSTPLAN-DEMONSTRATOR

Die gesammelten Anforderungen flossen ebenso in den Demonstrator ein wie reale Dienstpläne und Vorschriften. Hinzu kamen Empfehlungen aus der Arbeitswissenschaft und der Praxis. Alle Vorgaben übersetzte IAO-Mitarbeiter Damian Kutzias in Programmiersprache. Im Sinne des Zukunftszentrums KI, unter dessen Dach das Team arbeitete, sollte der Demonstrator mit Methoden der Künstlichen Intelligenz arbeiten. Doch um eine Künstliche Intelligenz anzulernen, braucht es Übungsdaten – in diesem Fall historische Dienstpläne. Diesen fehlt aber eine Bewertung, wie gesundheitsförderlich sie waren. Somit hätte das System nicht lernen können, auf welche Aspekte hin es Schichtpläne prüfen und verbessern soll. Deshalb designte Kutzias den Demonstrator rein regelbasiert. „Wenn es eindeutige Regeln gibt, sind die immer besser als eine KI“, sagt er. Software-Anbieter, die über historische Dienstpläne verfügen, könnten den Demonstrator mit KI weiterentwickeln, sodass er selbst Verbesserungen vorschlägt oder sogar den Dienstplan erzeugt.

Innerhalb des Projekts pulsnetz.de berät das Team Pflege-Einrichtungen, indem es deren ältere Dienstpläne auswertet. So lässt sich zum Beispiel zeigen, wie sich der Gesundheitswert im Verlauf eines Jahres verändert hat. „Es kommt nicht nur ein Gesundheits-score heraus, man kann herunterbrechen, wie oft bei einer Person Regeln verletzt worden sind“, sagt Frings. Inzwischen haben erste Einrichtungen den Demonstrator getestet, den man sich auf der Website pulsnetz.de ansehen kann.

Als Kutzias auf einer Pflegemesse zeigte, was das Programm kann, war das Interesse riesig. Bei denen, die Dienstpläne erstellen, aber auch bei Betriebsräten und Mitarbeitervertretungen. Denn letztlich zeigt der Demonstrator an, wie gut Dienste geplant sind und ob Pflegedienstleister funktionieren. „Alle, denen wir es gezeigt haben, haben gesagt, das wäre klasse! Wo können wir es kaufen?“, berichtet Frings, schränkt aber ein: „Es ist nur ein Prototyp, den Software-Anbieter aufgreifen und integrieren müssen.“ Erstellt hat das Team den Demonstrator für alle. Kommerzielle Anbieter könnten dessen Prinzip also übernehmen, sie müssen dazu nur Kontakt mit dem Team aufnehmen. →



Dr. Mark Dominik Alscher ist Geschäftsführer der Bosch Health Campus GmbH Stuttgart und Professor an der Universität Tübingen. Nach Medizinstudium und Promotion an der Universität Freiburg begann er seine Karriere am Robert-Bosch-Krankenhaus und arbeitete zwischenzeitlich auch in mehreren Jahren in den USA, unter anderem an der Harvard Medical School. Der Internist wurde 2009 Ärztlicher Direktor der Gesamtkliniken des Robert-Bosch-Krankenhauses, seit 2018 ist er zudem Vorstandsvorsitzender des Vereins Digitale Gesundheit Baden-Württemberg. Alscher verantwortete maßgeblich die Neuausrichtung in der 2022 gegründeten Bosch Health Campus GmbH.

GASTBEITRAG: MARK DOMINIK ALSCHER

**Die Rahmenbedingungen für die medizinische Versorgung in Krankenhäusern verändern sich in rasantem Tempo. Die Herausforderungen reichen vom demografischen Wandel mit einer alternden Gesellschaft bis zur Bedrohung durch Pandemien. Dazu kommt der technische Fortschritt, der sich auch auf die Gesundheitsversorgung stark auswirkt. Wie ein Krankenhaus diesen Veränderungen effektiv und erfolgreich begegnen kann, beschreibt Prof. Dr. Mark Dominik Alscher, Geschäftsführer der Bosch Health Campus GmbH.**

Foto: Fotostudio M42

# EFFEKTIV AUF DEN WANDEL REAGIEREN

Die Gegenwart wird geprägt von einem sehr starken Einfluss der Menschheit auf die Daseinsbedingungen. Der Begriff anthropozoische Ära, der dafür vorgeschlagen wurde, beschreibt dies gut. Die Medizin als Wissenschaft der Gesundheitserhaltung beziehungsweise der Prävention, Diagnostik und Therapie im Krankheitsfall befindet sich dabei in einem offenen Austausch mit diesen sich ändernden Rahmenbedingungen. Ein weiteres Charakteristikum der aktuellen Rahmenbedingungen, zum Beispiel bei medizinischen Leistungen, ist die Geschwindigkeit des Wandels. Begriffe wie Disruption, auf Seiten der Reaktion Agilität, beschreiben dies, und die Komplexität auch für Ärztinnen und Ärzte nimmt stetig zu.

Von den Rahmenbedingungen sind einerseits das Thema Bevölkerungswachstum, aber insbesondere auch der demografische Wandel mit einer zunehmenden Alterung der Gesellschaft, die Adaptation des westlichen Lebensstils (insbesondere Ernährung und Bewegung), Wanderungsbewegungen und Internationalisierung (Beispiel Pandemie) wesentliche Themen.

Um in diesem Umfeld reaktionsfähig zu bleiben, hat das Robert-Bosch-Krankenhaus in gemeinsamer Arbeit mit der Robert-Bosch-Stiftung für alle Bereiche zum Thema Gesundheit eine organisatorische Neuausrichtung vorgenommen. Weiter wurde nach erfolgreicher Neuausrichtung eine Strategie erarbeitet, welche den oben genannten Rahmenbedingungen entsprechend Raum gegeben hat und ermöglichen soll, trotz dieser sich schnell ändernden Rahmenbedingungen effektiv, reaktionsfähig und erfolgreich zu sein.

Die entsprechenden Maßnahmen sollen im Folgenden beschrieben werden.

## GRÜNDUNG DES BOSCH HEALTH CAMPUS

Schon 2017 erfolgte intern eine Diskussion dahin gehend, dass es für Außenstehende sehr schwierig ist, die verschiedenen Institutionen unter dem gemeinnützigen Dach Bosch zu identifizieren. Weiter wurde in den Diskussionen schnell herausgearbeitet, dass in der heutigen Zeit mit Internationalisierung, Globalisierung und über die →

→ Digitalisierung mit entsprechender Kommunikation die Sichtbarkeit wesentlich ist und im Sinne der Synergien die Bereiche möglichst schnittstellenfrei zusammenarbeiten müssen. Es erfolgte dann am Ende des Diskussionsprozesses der Beschluss, alle Bereiche zum Thema Gesundheit unter dem Dach der Robert-Bosch-Stiftung zu bündeln. Dafür wurde 2022 einerseits als Holding-Struktur, aber auch als aufnehmende Struktur, die Bosch Health Campus GmbH gegründet. Der Förderbereich Gesundheit der Robert-Bosch-Stiftung, welcher über Jahrzehnte wesentliche Impulse in der Gesundheitsversorgung gesetzt hat, wurde dazu aus der Robert-Bosch-Stiftung herausgelöst und in die Bosch Health Campus GmbH überführt. Weiter wurden die Robert-Bosch-Krankenhaus GmbH, die Forschungs-GmbH (Robert Bosch Gesellschaft für Medizinische Forschung) und die jeweiligen Tochtergesellschaften an den Bosch Health Campus übertragen. Durch Bildung entsprechender Gremien, beispielsweise den BHC-Vorstand, welcher sich aus dem Geschäftsführer Bosch Health Campus und aus dem Geschäftsführer Robert-Bosch-Stiftung zusammensetzt, wurde die Zusammenarbeit auch innerhalb der Gremien neu aufgestellt, um für Entscheidungsprozesse eine höhere Geschwindigkeit zu erreichen. Gesellschaftsrechtlich ist dieser Umstrukturierungsprozess zum 1. Januar 2023 abgeschlossen worden.

#### BOSCH HEALTH CAMPUS STRATEGIE

In Zusammenarbeit aller internen Gremien, der Führungskräfte, aber auch insbesondere des internationalen Advisory Board wurde dann über mehrere Stufen eine gemeinsame Strategie verabschiedet.

Bei der Verabschiedung der Strategie kam der Grundsatz von Robert Bosch dem Älteren bei Eröffnung seines Krankenhauses zum Tragen: „Die volle Wirkung ihrer Leistungsfähigkeit wird erst zur Geltung kommen, wenn sie harmonisch mit dem besten Willen zusammenarbeiten.“ Als Vision wurde formuliert: Wir sind sichtbare Wegbereiter für die kommenden Veränderungen im Gesundheitswesen. Als Mission: Im Zentrum aller unserer Aktivitäten steht das Wohlergehen der Menschen.

Um dies wirksam umzusetzen, wurde bewusst entschieden, sich innerhalb eines Netzwerkes zu platzieren, dies betrifft die Verbindung zur Bosch-Firma mit ihrer großen Kapazität im Bereich Künstliche Intelligenz und Sensorik, aber natürlich auch weitere Felder. Zudem wurde die Zusammenarbeit mit der Robert-Bosch-Stiftung in den Bereichen Völkerverständigung, Bildung und weiterer gesellschaftlicher Themen bewusst in den strategischen Fokus genommen. Es wurde aber auch definiert, dass der Bosch Health Campus nicht alle Themen selbst abbilden muss, sondern über Partnerschaften in einem Netzwerk Plus diese addieren kann. Unter Netzwerk Plus ist bewusst verstanden, auf Augenhöhe mit Partnern zusammenzuarbeiten, um in diesen Interaktionen klassische „Win-win“ Situationen herzustellen. Die jeweiligen Interaktionen sollten sich an drei relevanten Achsen orientieren:

- **Partnerschaft**
- **Exzellenz**
- **Relevanz**

Die weitere Strategie wurde dann an den vier Feldern Digitalisierung, Globale Fragen, Demographischer Wandel und Technischer Fortschritt orientiert. Die gesamte Strategie jetzt in diesem Artikel ausdifferenzieren, würde den Rahmen sprengen. Ich möchte aber exemplarisch auf einige Aspekte eingehen.

#### TECHNISCHER FORTSCHRITT:

Bewusst wurde die Entscheidung getroffen, für die Wissenschaft und Forschung am Bosch Health Campus nicht nur die klinischen Daten zur Verfügung zu stellen („Data Integration Center“), sondern dies auch zu verbinden mit biologischen Avataren, worunter →

**BEI DER VERABSCHIEDUNG DER STRATEGIE  
KAM DER GRUNDSATZ VON ROBERT BOSCH DEM  
ÄLTEREN BEI ERÖFFNUNG SEINES KRANKEN-  
HAUSES ZUM TRAGEN:**

„Die volle Wirkung ihrer Leistungsfähigkeit wird erst zur Geltung kommen, wenn sie harmonisch mit dem besten Willen zusammenarbeiten.“

→ Biobanken für Gewebe und Zellen gesehen wurden. Aus dieser Kombination lassen sich schnell medizinische Fragestellungen auch wissenschaftlich bearbeiten. Damit die Forschung die entsprechenden Daten zur Verfügung hat, wurde beschlossen, dies in systematischer Form vorzusehen.

Beim Thema Demographischer Wandel finden sich zwei Handlungsfelder.

#### – Fachkräftemangel

Zahlreiche Projekte, welche sich an der Strategie ausrichten, behandeln das Feld Fachkräftemangel. Durch Automatisierung – etwa robotische Infusionsherstellung oder automatisierte Arzneimittelapplikation – lassen sich Fachkräfte sinnvoller einsetzen.

#### – Alterung

Das andere Feld sind multimorbide ältere Patienten, bei denen wir uns Gedanken machen, wie sie unter der Nutzung von Sensorik auch bei chronischen Erkrankungen länger in ihrem häuslichen Umfeld verbleiben können.

Daneben gibt es ein ganzes Bündel, welches helfen soll, moderne Lösungsmöglichkeiten entlang der Digitalisierung zu nutzen. Das eine ist, die klinischen Daten über entsprechende Schnittstellen gemeinsam mit anderen Institutionen zur Algorithmenentwicklung anzubieten. Zudem sollen digitale Lösungen zum Beispiel zur Überbrückung von Sprachbarrieren genutzt werden, was etwa im Kontext Aufklärung von Patienten, aber auch bei der Prävention wesentlich ist. Beim Thema individualisierte Therapie kommen Hochdurchsatzverfahren zum Einsatz, welche helfen, persönliche biomedizinische Profile zu erstellen.

Letztendlich erfordern die Disruptionen im Gesundheitswesen einerseits Entscheidungsstrukturen, welche durch die Begriffe Agilität, Partizipation, Synergienutzung und Flexibilität geprägt sind. Andererseits müssen wir ein Umfeld schaffen, das es ermöglicht, schnell digitale und technische Lösungen im Sinne der Translation an das Patientenbett zu bringen. Durch die organisatorischen Neuausrichtungen, aber auch durch die Nutzung des Umfeldes haben wir uns deshalb komplett neu aufgestellt und ausgerichtet. Ein ganz wesentlicher Aspekt ist dabei auch die Interaktion mit technischen Fakultäten. Aktuell geht man davon aus, dass die wesentlichen medizinischen Innovationen derzeit aus technischen Disziplinen gespeist werden. →

### VISION

Wir sind sichtbare Wegbereiter für die kommenden Veränderungen im Gesundheitswesen.

### MISSION

Im Zentrum aller unserer Aktivitäten steht das Wohlergehen der Menschen.

# BRÜCKE

## ZWISCHEN BIOLOGIE UND TECHNIK

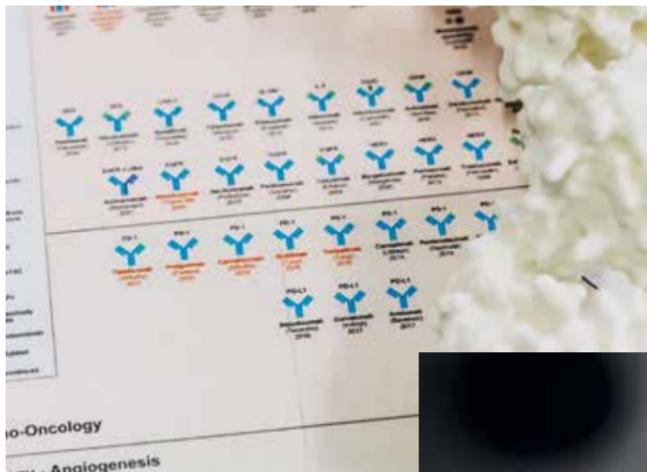


Foto: Günther Bayerl

Von maßgeschneiderten Antikörpern bis zum Neuaufbau von verletztem Gewebe: In dem von Prof. Monilola Olayioye geleiteten Potenzialbereich „Biomedizinische Systeme“ arbeiten international renommierte Wissenschaftler\*innen aus verschiedenen Fachrichtungen gemeinsam an intelligenten Lösungen für eine personalisierte Gesundheitsversorgung.



Dr. Andrea Toulouse arbeitet mit ihrem Team unter anderem daran, zerstörtes Gewebe in einer Bandscheibe wiederherstellen zu können.

TEXT: JUTTA WITTE  
FOTOS: SVEN CICHOWICZ

**Sie suchen nach neuen Methoden und Verfahren, mit denen Krankheiten personalisiert und mit weniger Nebenwirkungen behandelt werden können. Auf dem Weg dahin betreten die Forschenden des Potenzialbereichs „Biomedizinische Systeme“ jeden Tag Neuland.**

Nano- und Mikroroboter, die Medikamente in den Menschen transportieren? Maßgeschneiderte Antikörper, die Tumorzellen attackieren? 3-D-Drucker, die verletztes Gewebe im Körper neu aufbauen? Das ist nicht Science Fiction, sondern Gegenstand interdisziplinärer Spitzenforschung an der Universität Stuttgart. Im Forschungsbereich „Biomedizinische Systeme“ führen Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler aus den Natur- und Ingenieurwissenschaften ihre Erfahrungen, Kompetenzen und Methoden zusammen, weil sie die biomedizinische Forschung auf ein neues Niveau heben und die Behandlung von Krankheiten für alle effektiver und verträglicher machen wollen. „Wir bauen eine Brücke zwischen unseren Disziplinen, um gemeinsam neue personalisierte, biomedizinische Systeme zu entwickeln, die einen Mehrwert bieten für Patientinnen und Patienten“, erklärt die Leiterin des wissenschaftlichen Koordinierungsteams, Prof. Monilola Olayioye.

Dafür nehmen die Forschenden, wie sie selbst es ausdrücken, „alle Bausteine des Lebens“ auf der Nano-, Mikro- und Makroebene in den Blick, angefangen von der Erbinformation über die Proteine und einzelne Zelltypen bis hin zu Organen, die untereinander kommunizieren. Ebenso breit gefächert wie das Forschungsprofil sind die potenziellen Anwendungsfelder für die Innovationen, die hier entwickelt werden. Denn egal ob in der Diagnostik, der Therapie oder bei Reha-Anwendungen: Biomedizinische Systeme werden überall gebraucht.

### WACHSENDE BEDEUTUNG THERAPEUTISCHER ANTIKÖRPER

Das zeigt schon ein Blick in die „Antikörper-Werkstatt“ von Prof. Roland Kontermann und auf die therapeutische Antikörper-Landkarte 2022. „Es werden nicht nur immer mehr. Auch die Anwendungen werden immer breiter“, sagt der Experte für Biomedical →

→ Engineering am Institut für Zellbiologie und Immunologie (IZI). Mehr als 130 dieser vom Immunsystem produzierten und für den Einsatz im Menschen designten Proteine sind nach seinen Worten inzwischen als Medikamente für den Kampf gegen Krebs, entzündliche Erkrankungen, Stoffwechselstörungen, Infektionen oder auch neurodegenerative Erkrankungen zugelassen, viele weitere befinden sich in der klinischen Erprobung – maßgeschneiderte Arzneimittel, wie sie auch im Labor des IZI entwickelt werden.

Ein aktuelles Beispiel ist das Molekül „Atrosimab“. Es schaltet Proteine, die das Entzündungsgeschehen bei Krankheiten wie Rheuma auslösen und immer wieder neu ankurbeln, zielgerichtet und nebenwirkungsfrei aus. Das für die Entzündungen maßgeblich verantwortliche sogenannte Zytokin TNF hat zwei Rezeptoren, an die sich ein Antikörper binden kann, um sie zu neutralisieren. Neben dem entzündungsfördernden gibt es auch einen, der zum Beispiel die Entartung von Zellen oder das Wiederaufkeimen von Tuberkulosen verhindert. Mit „Atrosimab“, das gerade in der ersten klinischen Phase erfolgreich erprobt wurde, schaffen es die Forschenden jetzt, gezielt nur die krankmachende Andockstation anzusteuern und auszuschalten.

#### ZUKUNFTSWEISENDE ANSÄTZE BEI TUMORTHERAPIEN

Neue Wege geht das Team vom IZI auch in der Therapie von soliden Tumoren wie zum Beispiel Brust- oder Darmkarzinomen. Der Einsatz von Antikörpern hat sich hier inzwischen etabliert, auch in Kombination mit anderen Therapien, ist aber herausfordernder als zum Beispiel bei der Therapie von Leukämien und Lymphomen. Denn das Gewebe solider Tumoren ist sehr komplex, die Zellen sind schwer zugänglich. Und kein Tumor gleicht dem anderen. Antikörper können ihn bislang auf drei Arten attackieren. Sie können den Zelltod der Tumorzellen herbeiführen, die Versorgung des Tumors mit Blutgefäßen blockieren oder die Immunabwehr aktivieren. Ein sogenanntes Antikörper-Wirkstoff-Konjugat (AWK), also ein Antikörper, der chemisch mit Wirkstoffen gekoppelt ist, zielt jetzt auf das sogenannte Tumorstroma und damit auf eine vierte Sollbruchstelle. Immerhin rund 90 Prozent eines Tumors können aus diesem Bindegewebe bestehen.

OMTX705 heißt das neue AWK. Es gilt als zukunftsweisend, weil es die Bindegewebszellen bindet und gleichzeitig Zytostatika direkt im Tumor freisetzt. Die klinische Erprobung ist gerade gestartet: „Wenn diese klinischen Studien erfolgreich sind, wäre das der erste Antikörper, der das Tumorstroma als Zielstruktur hat“, sagt Kontermann.

#### MIKROROBOTER FÜR PRÄZISERE KREBSBEHANDLUNG

Am Institut für physikalische Chemie (IPC) der Universität Stuttgart entwickelt Biomediziningenieur Dr. Tian Qiu mit seiner Forschergruppe „Biomedizinische Mikrosysteme“ die Krebsbehandlung aus einem anderen Blickwinkel weiter. Im Rahmen seines vom →

Prof. Roland Kontermann

**„Wenn diese klinischen Studien erfolgreich sind, wäre das der erste Antikörper, der das Tumorstroma als Zielstruktur hat.“**



Am Einsatz von maßgeschneiderten Antikörpern bei der Behandlung von Krankheiten arbeitet Prof. Roland Kontermann mit seinem Team.



Helena Nowack gehört zum Biomedical Engineering Team von Prof. Kontermann.

DR. TIAN QIU

„Unsere Forschungen haben ein riesiges Potenzial, auch schwer erreichbare Regionen im Körper wie zum Beispiel im Gehirn minimalinvasiv zu behandeln.“



Der Biomediziningenieur Dr. Tian Qiu entwickelt Mikroroboter, die Medikamente präzise an die richtigen Stellen bringen sollen.

→ European Research Council (ERC) geförderten Projekts VIBEBOT arbeitet er an einem Mikroroboter, der menschliches Gewebe durchdringen soll, um zum Beispiel Chemotherapeutika präzise an die richtige Stelle eines Tumors zu bringen. „Verabreicht man solche Arzneimittel oral oder intravenös, erreicht in der Regel nur rund ein Prozent der Dosis ihr Ziel“, erläutert der Wissenschaftler. „Der Rest verteilt sich irgendwo im Körper und verursacht Nebenwirkungen.“ Qiu vergleicht die Medikamenten-Trucks gerne mit Fischen im Netz. Um durch die Maschen zu schlüpfen, müssen sie entweder klein genug oder in der Lage sein, das Netz zu zerstören. Um das zu erreichen, orientiert sich der Bioingenieur an Vorbildern aus der Natur. Einen ersten Durchbruch hat das Team dabei bereits erzielt. Inspiriert vom Kolibakterium ist ein 500 Nanometer kleiner Roboter entstanden, der durch das Gewebenetz eines Augapfels „schwimmen“ kann. Gesteuert wird dieser „Nanopropeller“ durch ein Magnetfeld. Sein Ziel ist die Netzhaut, wo er Medikamente platziert. Für die Behandlung von Augenkrankheiten, die in der Regel mittels schwer dosierbarer und nur langsam wirkender Tropfen erfolgt, ist das im Schweineauge erfolgreich erprobte Verfahren ein echter Fortschritt.

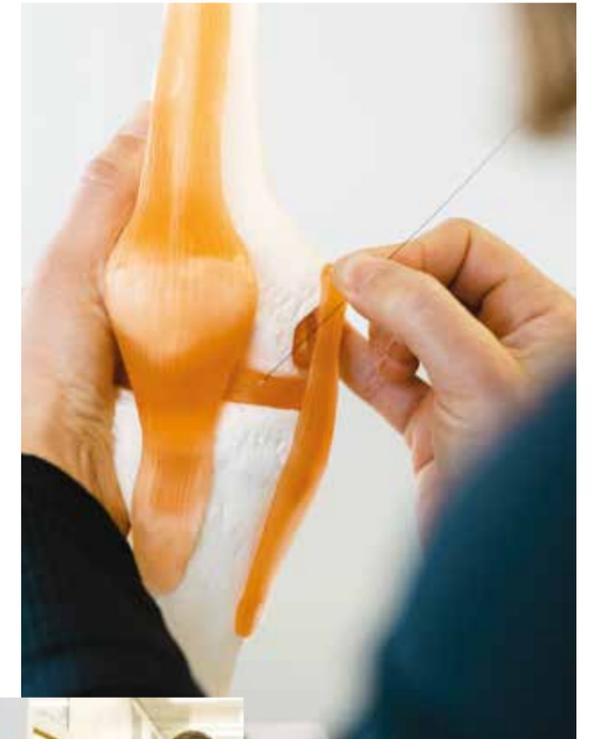
Im Gegensatz zum Augapfel haben andere Weichteile ein dichteres Polymernetzwerk und sind schwerer zu durchdringen. Erforderlich ist daher ein stärkerer Roboter mit einem anderen Design. Den rund 100 Mikrometer großen VIBEBOT, das Akronym steht →

→ für „Vibrational Microrobot“, wollen die Forschenden nach dem Vorbild eines anderen Mikroorganismus bauen: dem Pärchenegel. Dieser Parasit kann mithilfe seiner vibrierenden Bewegungen binnen weniger Minuten in die menschliche Haut eindringen. „Ein ähnliches System brauchen wir, wenn wir biologisches Gewebe durchdringen wollen“, sagt Qiu. Aber wie navigiert man eine solche Minimaschine drahtlos und kontrolliert durch den Körper? Wie konstruiert man den Antrieb? Wie kann der Mikroroboter fühlen? Und wie kann man ihn zuverlässig lokalisieren? Mit diesen Fragen werden sich Qiu und sein Team in den kommenden fünf Jahren beschäftigen. Klar ist für ihn jedoch schon jetzt: „Unsere Forschungen haben ein riesiges Potenzial, auch schwer erreichbare Regionen im Körper wie zum Beispiel im Gehirn minimalinvasiv zu behandeln“.

#### DEN KLEINSTEN 3-D-DRUCKER DER WELT ENTWICKELN

Minimalinvasive Methoden sind in der Chirurgie und Orthopädie schon bei vielen Erkrankungen und Verletzungen State of the Art. Die Projekte im Potenzialbereich „Biomedizinische Systeme“ zeigen aber auch, wie viel Luft nach oben und wie viel Forschungsbedarf es noch gibt. Zum Beispiel im Konsortium „EndoPrint3D“. Die Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler aus der Physik, Biotechnologie und den Ingenieurwissenschaften haben sich viel vorgenommen: „Wir entwickeln gerade gemeinsam den kleinsten 3-D-Drucker der Welt“, berichtet Verbundkoordinatorin Andrea Toulouse. Er soll auf eine Nadelspitze passen und aus biogenen, das heißt dem Körper bekannten Materialien wie Kollagen oder Hyaluronsäure zerstörtes Gewebe im Körper „nachdrucken“ – etwa um Teile einer Bandscheibe oder ein Ohrknöchelchen wiederherzustellen oder kleinste Löcher in der Herzscheidewand von Embryonen zu schließen. Das Verfahren soll Verletzungen schnell und so präzise heilen, dass das umliegende Gewebe möglichst geschont wird.

Der Drucker befindet sich am Ende eines Glasfaserendoskops, das einen Durchmesser von einem Millimeter hat. Er ist mit einem modifizierten Ultrakurzpuls-Laser verbunden, der in der Arbeitsgruppe von Prof. Harald Gießen am 4. Physikalischen Institut eingesetzt wird. Dieser Laser härtet die →



Minimalinvasive Methoden etwa an Kniegelenken wollen Forschende verbessern.



Das "EndoPrint3D"-Team um Dr. Andrea Toulouse (l.), Jun.Prof. Michael Heymann und Prof. Harald Gießen (Mitte).

## EXZELLENT, INNOVATIV, VERNETZT, INTERNATIONAL SICHTBAR

### Der Potenzialbereich „Biomedizinische Systeme“

Der Bereich ist 2018 im Zuge der Exzellenzbewerbung der Universität Stuttgart entstanden und spielt für deren Strukturentwicklung eine entscheidende Rolle. „Wir wollen neue zukunfts-trächtige Themen vorantreiben, internationale Sichtbarkeit erlangen und durch die Einrichtung von zusätzlichen Tenure-Track-Professuren talentierte Nachwuchswissenschaftlerinnen und Nachwuchswissenschaftler nach Stuttgart holen, um den Potenzialbereich weiter auszubauen“, sagt Koordinatorin Monilola Olayioye. Der Verbund umfasst drei Säulen: Biotechnologie und Bioengineering, Sensor- und Nanotechnologie sowie biointelligente Geräte und Robotik. Er baut auf starke Natur- und Ingenieurwissenschaften und ihre wachsenden Potenziale in der biomedizinischen Forschung. Mit dem Höchstleistungsrechenzentrum Stuttgart (HLRS) und dem Exzellenzcluster SimTech steht den Forschenden zudem eine einzigartige Infrastruktur für den Umgang mit großen Datenmengen, für Simulationen und die Entwicklung valider Modellsysteme zur Verfügung. Darüber hinaus können sie auf die exzellente Expertise an der Universität Stuttgart in der Quantentechnologie zurückgreifen. Der Verbund arbeitet unter anderem mit dem Bosch Health Campus in Stuttgart, der Universität Tübingen, dem Universitätsklinikum Tübingen und zahlreichen Unternehmen aus der Medizintechnik eng zusammen. Er kooperiert außerdem mit dem Potenzialbereich Autonomous Systems der Universität Stuttgart und dem BMBF-Zukunftscluster Qsens – Quantensensoren der Zukunft.



Foto: Günther Bayerl

Prof. Monilola Olayioye koordiniert den Potenzialbereich Biomedizinische Systeme gemeinsam mit Prof. Laura Na Liu, Prof. Markus Morrison und Prof. Syn Schmitt.



Jun. Prof. Michael Heymann (r.) zusammen mit dem Doktoranden Kai Hirzel.



→ mikrofluidisch zugeführte „Biotinte“ aus. An der verletzten Stelle wird damit die extrazelluläre Matrix nachgebaut, welche als feines Gewebegeflecht die für die Regeneration notwendigen Zellen aufnehmen kann. Als „Klettergerüst“ bezeichnet dies Michael Heymann, Juniorprofessor am Institut für Biomaterialien und Biomolekulare Systeme.

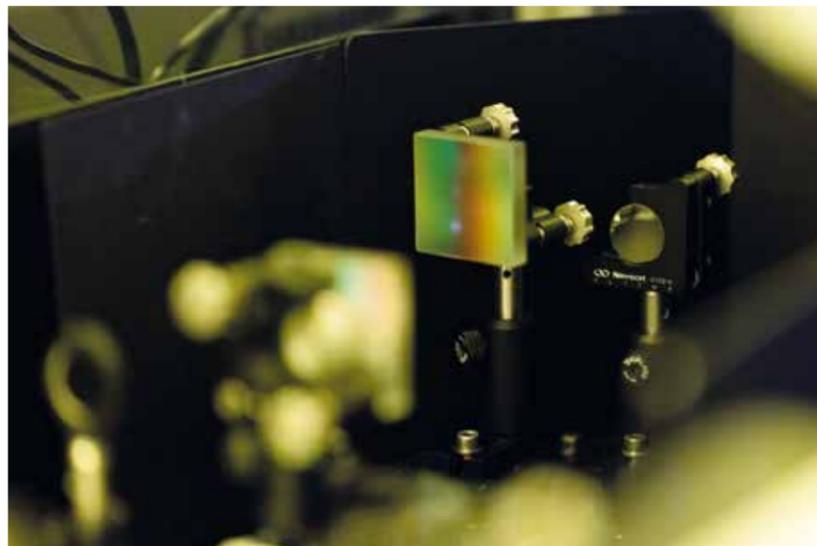
„Der Druckvorgang setzt einen Regenerationsprozess in Gang, den der Körper dann selbst weiterführen muss“, erläutert seine Kollegin Andrea Toulouse. „Mehr auf die Fähigkeiten des Körpers zur Selbstheilung zu bauen als in Ersatzteilen zu denken“ ist auch die Vision, die Heymann antreibt. Wenn alles gut läuft, soll in zwei Jahren das Gesamtsystem aus Laser, Endoskop, Drucker und Biotinte in Betrieb gehen und damit den Proof of Concept erbringen, den das Team braucht, um seine Innovation weiterentwickeln zu können.

Atrosimab, OMTX705, VIBEBOT und EndoPrint3D sind nur ein paar Beispiele aus dem großen Portfolio der exzellenten Forschung im Potenzialbereich. Um sie zu orchestrieren, setzt Koordinatorin Monilola Olayioye vor allem auf eines: viel Kommunikation. „Wenn man mit diversen Teams wissenschaftliche Erfolge erzielen und gemeinsame Produkte entwickeln will, braucht man eine gemeinsame Sprache.“ Und einen langen Atem: Bis zu 15 Jahre hat das IZI-Team gebraucht, um seine neuen Antikörper in die Erprobung am Menschen zu bringen. Tian Qiu wiederum schätzt, dass es – optimistisch gerechnet – mindestens ein

Jahrzehnt dauern wird, bis die Nano- und Mikroroboter, die in den Laboren des IPC gebaut werden, sich im Patienten in Bewegung setzen können. „Vieles ist möglich und auch im klinischen Alltag auch schon angekommen“, sagt Prof. Olayioye. „Aber wir müssen auch weiterdenken und am Ende intelligente Systeme entwickeln, die nicht nur personalisierbar, sondern auch einfach konstruiert, adaptierbar und bezahlbar sind.“ →

### Prof. Monilola Olayioye

„Aber wir müssen auch weiterdenken und am Ende intelligente Systeme entwickeln, die nicht nur personalisierbar, sondern auch einfach konstruiert, adaptierbar und bezahlbar sind.“



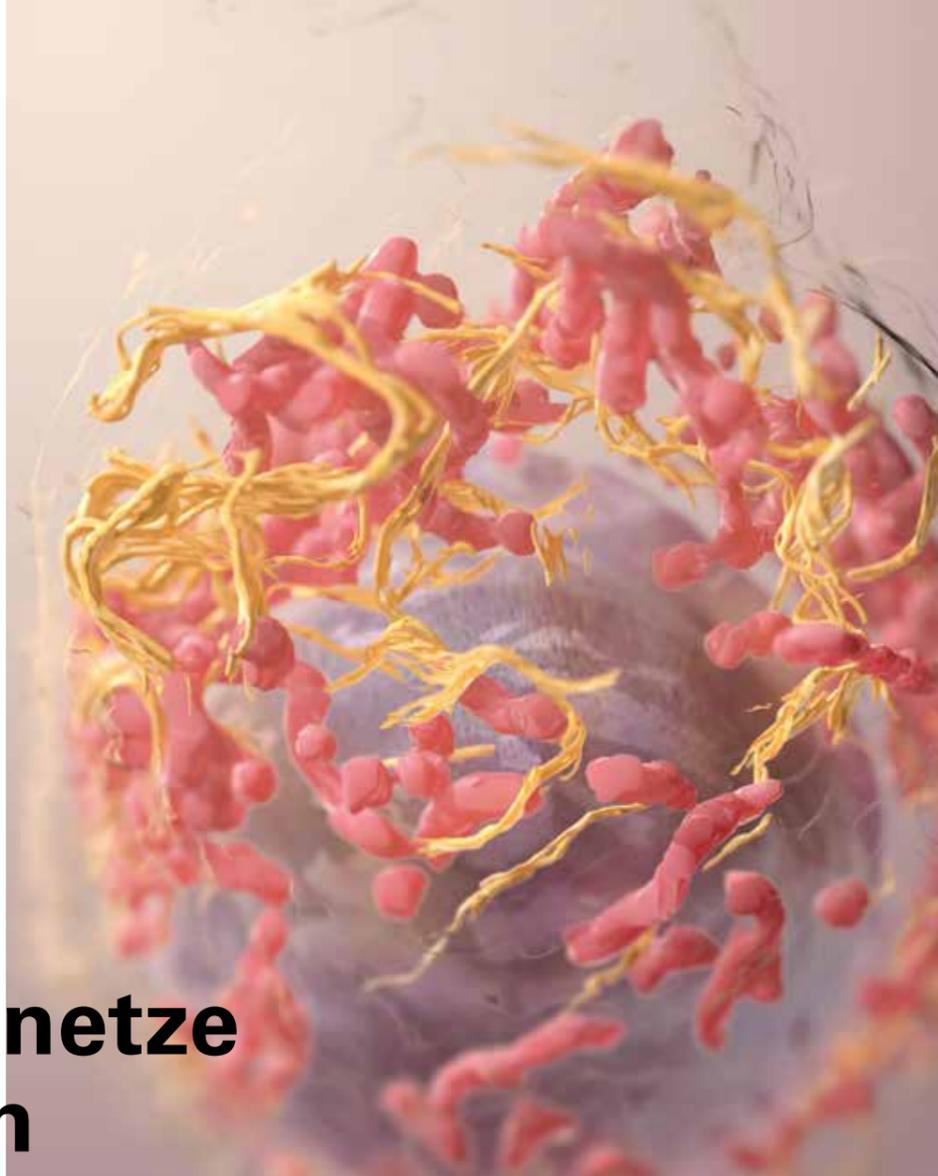
Teil des Puls-Stretchers zur Vorbereitung der Laserpulse im Projekt „EndoPrint3D“

### KONTAKT

PROF. DR. MONILOLA OLAYIOYE  
Mail: [monilola.olayioye@izi.uni-stuttgart.de](mailto:monilola.olayioye@izi.uni-stuttgart.de) Telefon: +49 711 685 69301

TEXT: HEIKE SCHMIDT-LANGER

**Stuttgarter Forschende arbeiten daran, wie durch neue Kombinationstherapien Krebsbehandlungen präziser und effektiver werden können.**



# Die Sicherheitsnetze von Krebszellen einreißen

Wer ein Kartenhaus schnell zum Einsturz bringen will, zieht am besten gleich zwei Karten heraus. So ungefähr kann man sich den Ansatz von Prof. Markus Morrison, Dr. Daniela Stöhr und ihrem Team vom Institut für Zellbiologie und Immunologie (izi) der Universität Stuttgart in der Krebstherapie vorstellen. Die Wissenschaftler\*innen kombinieren verschiedene Methoden, um Krebszellen zu töten. „Besonders bei aggressiven Tumoren braucht es Kombinationstherapien, damit man um die Sicherheitsnetze der Krebszelle herumkommt“, erklärt Stöhr die grundsätzliche Vorgehensweise.

## PIONIERE BEI DER ERFORSCHUNG VON ZELLTOD-MECHANISMEN

Konkret setzen die Forschenden an zwei verschiedenen Zelltod-Mechanismen an: der Apoptose und der Ferroptose. Die Apoptose ist der klassische Zelltodprozess, welcher von sogenannten BH3-Mimetika sowie auch den allermeisten anderen Krebsmedikamenten induziert wird. Als besonders effektiv gegen verschiedene Tumorzellen haben sich BH3-Mimetika erwiesen. Sie hemmen die Eigenschaft von Tumorzellen, sich dem Zelltod zu entziehen. Vor allem bei einer bestimmten Form von Leukämie erweisen sich →

**Neue Strategien gegen Krebszellen: Die Forschenden wollen verschiedene Zelltod-Mechanismen miteinander kombinieren.**



**Prof. Markus Morrison** leitet das Institut für Zellbiologie und Immunologie.



## Dr. Daniela Stöhr

„Man darf nie aufhören, nach alternativen Behandlungsmethoden zu forschen, weil auch Krebszellen sich anpassen können.“

→ onkologische Medikamente dieser Klasse als äußerst wirkungsvoll. Seit etwa zehn Jahren ist ein weiterer alternativer Signalweg bekannt, der Krebszellen aufgrund eines Versagens antioxidativer Systeme schädigen kann: die Ferroptose. Um eine bestmögliche Effektivität der Behandlung auch in resistenten Krebszellen zu erreichen, wollen die Wissenschaftler\*innen BH3-Mimetika mit Ferroptose-auslösenden Substanzen (RSL3) kombinieren.

Die Stuttgarter Forschenden gehören auf diesem Gebiet zu den Pionieren. „Wir sehen zum ersten Mal, dass diese eigentlich als komplett getrennt geltenden Zelltod-Mechanismen, Apoptose und Ferroptose, in diesem Fall miteinander verzahnt sind“, sagt Morrison, der auch dem wissenschaftlichen Koordinierungsteam des Potenzialbereichs Biomedizinische Systeme der Universität Stuttgart angehört. Die möglichen Folgen für die Therapie sind weitreichend, wie der Wissenschaftler deutlich macht: „Wenn ich in beide Richtungen mit diesen Substanzen stimriere und die Zelle stresse, bekomme ich eine Zelltod-Synergie, und es sterben viel mehr Zellen als die Summe aus den Zellen, die ich mit den Einzelbehandlungen umbringen könnte.“

Noch sind allerdings längst nicht alle Fragen beantwortet. So zeigte sich bei einer Ausweitung der Analyse bisher nicht untersuchter Krebszelltypen ein unerwartetes Ergebnis: Die Zellen starben nicht, sondern überlebten plötzlich sogar besser. Während in einigen Fällen Krebszellen also effektiv eliminiert werden, kann die Verabreichung bestimmter BH3-Mimetika in Kombination mit RSL3 auch das genaue Gegenteil zur Folge haben: Die behandelten Zellen werden Ferroptose-resistent und überleben.

## ZUSAMMENARBEIT IN BUNDESWEITEM FORSCHUNGSPROJEKT

Warum und wie dies passiert, ist Gegenstand eines von Morrison und Stöhr initiierten bundesweiten Forschungsprojektes. Beteiligt sind Wissenschaftler\*innen an der Universität Stuttgart, aber auch der Universität Köln und des Helmholtz-Instituts in München. Prof. Sabine Laschat vom Institut für Organische Chemie der Universität Stuttgart etwa befasst sich damit, besser geeignete Varianten von BH3-Mimetika zu synthetisieren. Hinter den Untersuchungen steht die Frage, wie es zu neutralisierenden Effekten bei der Kombinationstherapie kommen kann. Für Daniela Stöhr steht jedenfalls fest: „Man darf nie aufhören, nach alternativen Behandlungsmethoden zu forschen, weil auch Krebszellen sich anpassen können.“ →

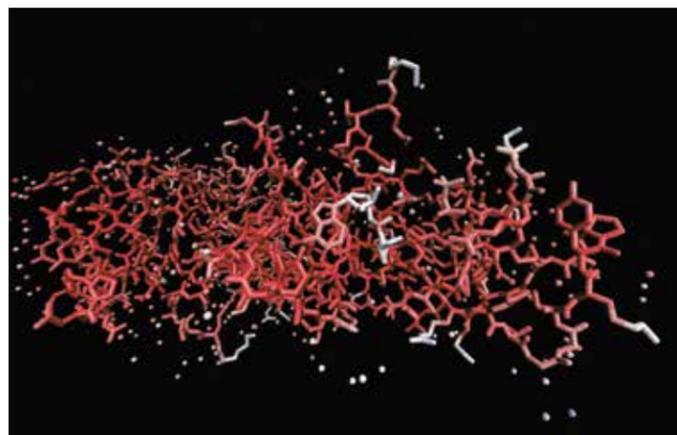
## KONTAKT

PROF. DR. MARKUS MORRISON  
**Mail: markus.morrison@izi.uni-stuttgart.de** **Telefon: +49 711 685 66987**  
 DR. DANIELA STÖHR  
**Mail: daniela.stoehr@izi.uni-stuttgart.de** **Telefon: +49 711 685 68194**

# NEUE ANGRIFFS- STRATEGIEN GEGEN VIREN

TEXT: CHRISTIAN HEINRICH

**Mit sogenannten Nucleosid-Analoga werden schon erfolgreich Infektionen wie Hepatitis C und HIV behandelt. Prof. Clemens Richert von der Universität Stuttgart forscht daran, Reichweite und Wirkung auf weitere Viruserkrankungen auszudehnen.**



Ein sogenanntes Prodrug-Intermediat im aktiven Zentrum eines Enzyms.

Sie sind klein, brauchen nur leichtes Gepäck und sind schwer zu erwischen – und das macht Viren gefährlich. Als Parasiten dringen sie in andere Zellen ein und nutzen dort die Möglichkeiten, die sich ihnen bieten. Während Bakterien eigenständige Zellen sind, sind Viren nicht viel mehr als Erbgut und eine Hülle. Entsprechend schwierig ist es, Medikamente zu entwickeln, die speziell gegen Viren wirken. Doch auch Viren müssen ihr Erbgut vermehren – und das macht sie angreifbar.

## DIE VERVIELFÄLTIGUNG DES VIRUS-ERBGUTS STOPPEN

Nucleosid-Analoga wird eine Gruppe von Wirkstoffen genannt, die speziell gegen die Vervielfältigung des Virus-Erbguts wirkt. Sie stehen im Zentrum der Forschung von Prof. Clemens Richert, geschäftsführender Direktor des Instituts für Organische Chemie (IOC) an der Universität Stuttgart. Seine Eltern waren Mediziner und hatten ihm als Kind noch gesagt: Gegen Bakterien gibt es Antibiotika, aber gegen Viren nichts. „Das hat sich glücklicherweise geändert“, sagt Richert lächelnd. Damit diese Entwicklung voranschreitet, forschen Richert und sein Team an Nucleosid-Analoga.

Diese ähneln stark den gleichnamigen Bausteinen des Erbmaterials des Virus, daher werden sie von den Enzymen des Virus bei der Vermehrung des Erbguts auch in dasselbe eingebaut. Und dann entfalten sie ihre Wirkung: Das eingebaute Nucleosid-Analogon verhindert, dass weitere Nucleoside angelagert werden können, und bringt damit die Vervielfältigung des Erbguts zum Stoppen. „Das ist wie →



Im Labor des Instituts für Organische Chemie wird an Grundlagen für neue Behandlungsmethoden gegen Viren gearbeitet.

→ bei einem Güterzug, in den man einen Waggon einbaut, bei dem die Kupplung fehlt: Man kann da nichts mehr dranhängen“, sagt Richert. Die Folge: Das Erbgut des Virus kann nicht oder nur fehlerhaft kopiert werden.

Wie erfolgreich Nucleosid-Analoga sein können, zeigen bisher zugelassene und angewandte Medikamente mit dieser Wirkung. So wird gegen HIV unter anderem Azidothymidin eingesetzt, gegen Hepatitis C verabreichen Mediziner Sofosbuvir, und gegen COVID-19 kommen teilweise die Wirkstoffe Molnupiravir und Remdesivir zur Anwendung. Richert ist überzeugt: „Das ist ein vielversprechender Anfang der Anwendung von Nucleosid-Analoga. Aber eben nur ein Anfang.“

## Prof. Clemens Richert

„Das ist ein vielversprechender Anfang der Anwendung von Nucleosid-Analoga. Aber eben nur ein Anfang.“



Prof. Dr. Clemens Richert ist Geschäftsführender Direktor des Instituts für Organische Chemie.

Vor allem zwei Projekte von Richerts Arbeitsgruppe haben bereits erfolgversprechende Ergebnisse geliefert. Sie forscht zum einen an der Entwicklung sogenannter C-Nucleoside. Ihr Vorteil gegenüber herkömmlichen Nucleosid-Analoga: Sie können stärker an die DNA- und RNA-Stränge, also an das Erbmaterial, binden. Und da Nucleosid-Analoga immer auch mit den natürlichen Nucleosiden konkurrieren, können C-Nucleoside als Medikamente gegen Viren wirksamer als bisherige Nucleosid-Analoga sein. „Das heißt, wir brauchen weniger Nucleosid-Analoga einzuschleusen, um die gleiche Wirkung zu erzielen. Und das ist ein wichtiger Vorteil, denn die Menge der Nucleosid-Analoga ist auch entscheidend für mögliche Nebenwirkungen“, sagt Richert. Mit einem von der Deutschen Forschungsgemeinschaft und der Volkswagen-Stiftung geförderten Projekt treiben die Forscher aus Stuttgart die Entwicklung der C-Nucleoside voran.

## VIELFÄLTIGE EINSATZMÖGLICHKEITEN FÜR NUCLEOSID-ANALOGA

Im zweiten Projekt geht es um die Aktivierung der Nucleosid-Analoga am Wirkort. Nucleosid-Analoga sind erst nach Phosphorylierung in der Zelle aktiv, das heißt, nachdem an sie eine bestimmte Unterform von Phosphorsäure angehängt wurde. Diese erfordert weniger Schritte, wenn das Analogon in einem sogenannten Pro-Drug verpackt ist, den man in Tablettenform einnimmt. Die molekulare Verpackung hilft dem Wirkstoff, zum Wirkort zu gelangen. Doch die Nucleosid-Analoga am Wirkort auszupacken, erfordert körpereigene Enzyme. Daher wirken die Nucleosid-Analoga meist nur dort im Körper gut, wo die entsprechenden Enzyme in größerer Zahl vorhanden sind, etwa in der Leber. In Zellverbänden im Körper hingegen, die nur wenige der benötigten Enzyme haben, lassen sich Nucleosid-Analoga nicht so effizient einsetzen. „Wir verändern die Nucleosid-Analoga und ihre Verpackung so, dass es weniger Enzyme braucht, damit sie ausgepackt werden und wirken können. Das sollte Nucleosid-Analoga weiträumiger im Körper einsetzbar machen“, sagt Richert.

Die Arbeit der Stuttgarter Forschenden könnte breitere Anwendungsfelder für Nucleosid-Analoga erschließen. Denn jedes Virus, das seine RNA oder DNA mit einem selbst kodierten Apparat vermehrt, lässt sich im Grunde mit Nucleosid-Analoga bekämpfen. Neben den zugelassenen Anwendungen etwa gegen Hepatitis C und HIV gibt es noch eine Reihe weiterer Viren, die besser bekämpft werden sollten. „Herpes simplex zum Beispiel ist geeignet für die Behandlung mit Nucleosid-Analoga“, sagt Richert. Aber auch künftige neu auftretende Viren sind ein Ziel für Nucleosid-Analoga. →

## KONTAKT

PROF. DR. CLEMENS RICHERT  
Mail: [lehrstuhl-2@oc.uni-stuttgart.de](mailto:lehrstuhl-2@oc.uni-stuttgart.de) Telefon: +49 711 685 64311

Fotos: Clemens Richert, Marga Kowarowski, Peter Schüle

# NO-TIZ

B  
C  
L  
O  
K



## HOCHWASSERSCHUTZ UND KÜHLUNG IN EINEM

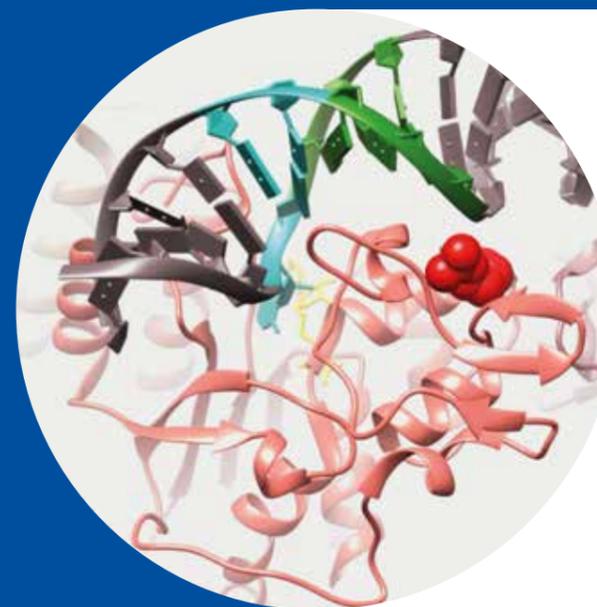
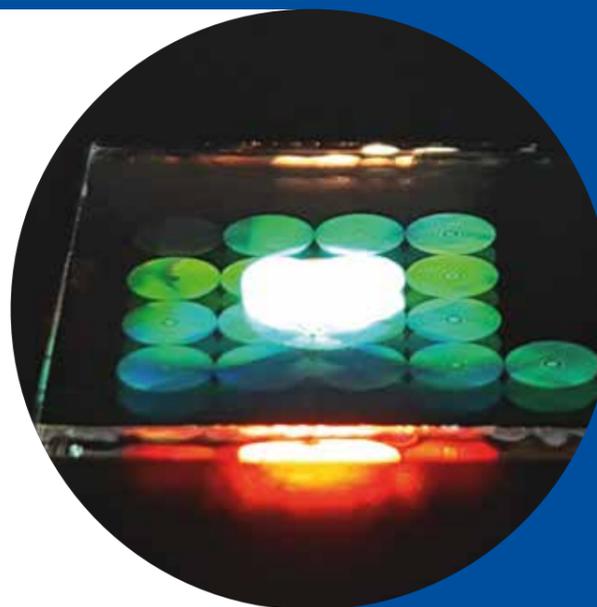
Die Glasfassade eines Hochhauses kann so heiß werden, dass man darauf Spiegeleier braten könnte – ein wesentlicher Faktor für die Überhitzung unserer Städte. Hochwasserereignisse wiederum produzieren jährlich Schäden in Milliardenhöhe. Eine Lösung für beide Probleme hat der Sonderforschungsbereich 1244 an der Universität Stuttgart vorgestellt: eine hydroaktive Fassade, die nicht nur Außenwände und das Gebäudeinnere, sondern auch den Stadtraum kühlt. Die textilen Fassadenelemente mit dem Namen „HydroSKIN“ nehmen dafür bei Regen Wasser auf und geben dieses an heißen Tagen zur Verdunstungskühlung wieder ab.

Das Kernelement der HydroSKIN ist ein Abstandsgewirke aus zwei textilen Lagen, die durch Fäden auf Abstand gehalten und dadurch gut durchlüftet werden. Die hohe Luftzirkulation fördert die Verdunstung von Wasser und verstärkt den Kühleffekt der Fassade. Das Gewirke ist an der Außenseite von einer Textilhülle umgeben, die nahezu alle Regentropfen eindringen lässt und gleichzeitig vor Verunreinigungen schützt. Eine Folie an der Innenseite leitet das Wasser in das untere Profilsystem ab. Von dort kann es entweder in einem Reservoir gespeichert oder direkt im Gebäude genutzt werden, um den Wasserverbrauch zu reduzieren. An heißen Tagen wird Wasser in das Fassadenelement zurückgeleitet, verdunstet dort und sorgt so für den natürlichen Kühleffekt.

## HANDYS: ZOOMEN WIE MIT EINEM OPTISCHEN OBJEKTIV

Bei herkömmlichen Smartphones ist Zoomen meist nur digital möglich, indem man eine Szene mit zwei Fingern aufzieht. Das Bild wird dabei jedoch nur vergrößert, zu sehen sind grobe Pixel. Für Fotos von höherer Qualität sind Smartphones der neuesten Generation deshalb oft schon mit Mehrfachlinsen in verschiedenen Brennweiten ausgestattet – vergleichbar mit den früheren Wechselobjektiven von Kleinbildkameras, die sowohl Weitwinkel- als auch Teleaufnahmen ermöglichen.

Wissenschaftler\*innen des 4. Physikalischen Instituts der Universität Stuttgart präsentierten in der Fachzeitschrift Nature Communications nun erstmals ein elektrisch schaltbares Metaobjektiv. Es besteht aus zwei Metalinsen, die unabhängig voneinander per Knopfdruck schaltbar sind. Auf diese Weise sind mehrere Kombinationen möglich, die verschiedene Brennweiten ergeben. Objektive dieser Bauart könnten zukünftig in einem flachen Smartphone verwendet werden, ohne weitere mechanische Bauteile oder einen komplizierten, störanfälligen Mechanismus.



## NEUE BEHANDLUNGSANSÄTZE BEI LEUKÄMIE

Bis zu 25 Prozent der Patient\*innen mit akuter myeloischer Leukämie (AML) weisen Mutationen der DNMT3A-DNA-Methyltransferase auf, einem Enzym, das an der Regulation der DNA-Methylierung beteiligt ist. Forschende um Prof. Albert Jeltsch von der Universität Stuttgart versuchen nun, die Mechanismen zu verstehen, über die Krebsmutationen die Aktivität der Zellen beeinflussen. Zunutzen machen sich die Forschenden dabei eine neu entwickelte „Deep-Enzymology-Technologie“. Gelingt es, einen Einblick in die biologischen Auswirkungen dieser Mutationen zu bekommen, könnte das neue Ansätze zur Behandlung solcher Tumoren ermöglichen.



## HANDGESTEN-STEUERUNG PER ULTRASCHALL KONTROLLIEREN

Ob im Auto, an Maschinen oder im OP-Saal: Immer häufiger werden Bedienelemente berührungslos gesteuert, zum Beispiel durch Blicke, Handgesten oder Sprache. Die neuen Kommunikationstechnologien sind intuitiv und ermöglichen zusätzliche Freiheitsgrade in der Interaktion zwischen Mensch und Maschine. Ein Feedback auf die Steuerung bekommen Nutzer\*innen bisher allerdings in Form von Displayanzeigen oder akustischen Signalen. Das kann verwirrend bis nervig sein, und ob das System die Anweisung in der richtigen Weise ausführt, erfährt man eher nicht.

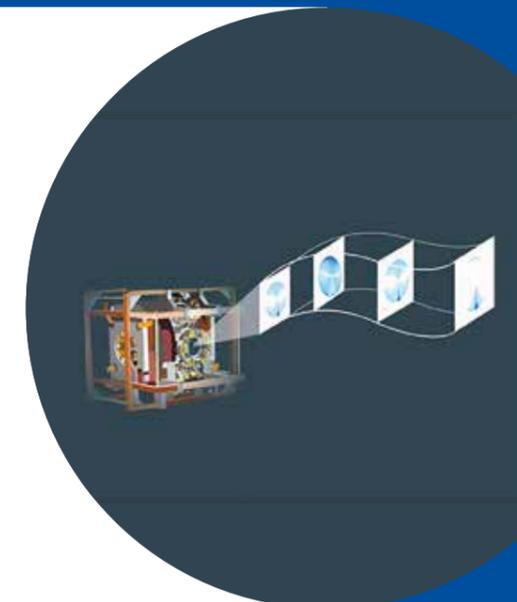
Forschende am Institut für Konstruktionstechnik und Technisches Design der Universität Stuttgart wollen die Informationsübertragung zwischen Mensch und Maschine nun optimieren. Sie setzen dabei auf Ultraschallwellen, die auf die Handfläche projiziert werden und dort ein Kribbeln verursachen. Hat man die Sprache dieser Signale gelernt, hilft dieses Gefühl, die Hand in die richtige Richtung und in der richtigen Geschwindigkeit zu bewegen.

Fotos: Sven Cichowicz, Albert Jeltsch, 4. Physikalisches Institut, IKTD/Peter Schmid, Keilyn Ureña-Alvarado

## MOLEKÜLSCHWINGUNG IN ZEITLUPE

Einfache Moleküle bestehen aus zwei Atomen, deren Atomkerne nur einen Nanometer oder noch weniger auseinanderliegen. Dynamische Prozesse laufen auf diesen winzigen Längenskalen ziemlich schnell ab – zu schnell, als dass man die Molekülschwingungen beobachten könnte. Anders verhält es sich bei Ionen-Rydberg-Molekülen. Diese bestehen aus einem geladenen Teilchen – einem Ion – und einem sogenannten Rydberg Atom. Sie haben die besondere Eigenschaft, dass sich das äußerste Elektron extrem weit weg vom Atomkern befindet. Aufgrund ihrer enormen Größe vibrieren sie auf der Zeitskala von etwa einer Mikrosekunde – gegenüber der Schwingung normaler Moleküle also quasi in Zeitlupe.

Forschende am 5. Physikalischen Institut der Universität Stuttgart konnten die Molekülschwingung in einem Ionen-Rydberg Molekül nun erstmals beobachten und in einer Reihe von Snapshots zu verschiedenen Zeitpunkten darstellen. Ihre Methoden könnten in Zukunft helfen, dynamische Prozesse in Molekülen besser zu verstehen und vielleicht sogar die direkte Verfolgung von chemischen Reaktionen auf den atomaren Level ermöglichen.



# PARADIGMEN- WECHSEL

# IN DER SIMULATIONS- WISSENSCHAFT

INTERVIEW: LYDIA LEHMANN  
FOTOS: ULI REGENSCHEIT

2019 startete der Exzellenzcluster „Datenintegrierte Simulationswissenschaft“ an der Universität Stuttgart, in dem auch zahlreiche biomedizinische Fragestellungen bearbeitet werden. Eine Zwischenbilanz mit dem bisherigen Clustersprecher Prof. Thomas Ertl sowie dem Nachfolgerduo Prof. Wolfgang Nowak und Prof. Steffen Staab.

Die drei Co-Sprecher des Exzellenzclusters SimTech: Prof. Dr. Thomas Ertl (l.), Direktor des Stuttgarter Zentrums für Simulationswissenschaft, Prof. Dr. Wolfgang Nowak (r.o.), Leiter des Instituts für Wasser- und Umweltsystemmodellierung, und Prof. Dr. Steffen Staab (r.u.), Abteilungsleiter am Institut für Parallele und Verteilte Systeme



Simulation einer Wirbelbildung auf einer Platte mit schräg von unten einströmender Luft. Langsame Strömungen sind rot, schnelle Strömungen blau dargestellt.

Foto: DFG / Jakob Dürrwächter, Daniel Kempf, Claus-Dieter Munz

**Es war Förder-Halbzeit für den Exzellenzcluster „Daten-integrierte Simulationswissenschaft“ an der Universität Stuttgart. Was haben Sie bisher erreicht?**

**PROF. WOLFGANG NOWAK (WN)** In der klassischen Simulationstechnik werden physikalische Prinzipien auf Rechnern numerisch simuliert. Dazu kommen in letzter Zeit riesige Datenmengen aus Experimenten, die solche Simulationen verbessern können. Daher hatten wir uns das Ziel gesetzt, einen Paradigmenwechsel von klassischer Simulationstechnik in Richtung „Daten-integrierte Simulationswissenschaft“ voranzutreiben...

**PROF. THOMAS ERTL (TE)** ...ja, wir haben die Datenwissenschaften und das maschinelle Lernen dazugeholt und wollten Simulation Science und Data Science zusammenbringen zu einer weiterentwickelten Simulationsdisziplin.

**WN** Das war wirklich ein großer Umbruch. Und inzwischen wissen wir: Der Paradigmenwechsel ist in den 80 Projekten, die wir in der ersten Projekthalbzeit erfolgreich beendet haben, voll durchgeschlagen. Auch persönlich hören wir immer wieder von unseren Forschenden: „Ich bin in meinem Fach an der Spitze derjenigen, die daten-integrierte Simulationswissenschaft betreiben.“ Es hat also fürs Kollektiv und für die Einzelnen funktioniert.

**TE** Die Forschungserfolge sind in der Heterogenität und Breite von SimTech in allen sieben Projektnetzwerken zu sehen. Es ist fast müßig, einzelne herauszupicken. Insgesamt ist die Simulationswissenschaft über die vergangenen 15 Jahre aus isolierten Ansätzen heraus zu einer eigenständigen Disziplin zusammengewachsen und gereift. →

Prof. Thomas Ertl



## „SimTech ist ein international etabliertes Markenzeichen der Universität Stuttgart, ein Alleinstellungsmerkmal.“

→ Wir haben einen eigenen SimTech-Bachelor- und Master-Studiengang, eine eigene Graduiertenschule, in der mehr als 200 Personen in Simulationswissenschaft promoviert haben, und können zehn Habilitationen in Simulationswissenschaft vorweisen. Es gibt ein Förderformat für Postdoc-Projekte, und wir haben sieben Nachwuchsgruppen eingerichtet: Vier Männer und drei Frauen, überwiegend von außerhalb, sind zu uns gekommen und leiten nun sehr erfolgreich ihre Forschungsgruppen. Ebenso wurden sechs neue Professuren ausgeschrieben und inzwischen alle exzellent besetzt. SimTech ist ein international etabliertes Markenzeichen der Universität Stuttgart, ein Alleinstellungsmerkmal.

### Was ist denn Ihr persönliches SimTech-Highlight?

**TE** Was mich als Altgedienten auch nach fast 20 Jahren fasziniert, ist das Level an Zusammenarbeit und an persönlichem Austausch – und dass wir auf dieser Basis so erfolgreich sind. Es ist nicht selbstverständlich, dass sich in einem Cluster dieser Größenordnung über die Jahre eine so hervorragende Kollaborationskultur entwickelt hat, die Platz lässt für viele Eigenarten und die auf Augenhöhe mit allen stattfindet. Das sage ich jetzt als Sprecher, aber es wird wirklich über alle Statusgruppen gelebt.

**WN** Ja. Wie war das? „This degree of team spirit cannot be faked“, hat ein Gutachter bei unserer letzten Begutachtung gesagt.

**TE** (Lacht.) Ja, das war ein Satz von jemand Externem, der das schön zusammenfasst.

**PROF. STEFFEN STAAB (SST)** Was mich immer beeindruckt, sind unsere jährlichen SimTech-Statusmeetings in Bad Boll. Da sind an die 200 Personen da, die in SimTech aktiv sind. Und da spürt man physisch in den Gängen, was das für ein großes Unternehmen ist und wie begeistert die Leute dabei sind.

**WN** Die Interdisziplinarität auf Augenhöhe mit eigenem SimTech-Vokabular: Ich als Umweltingenieur und Poröse-Medien-Forscher laufe ins Mathematik-Gebäude rein, und nach ausreichend vielen Diskussionen mit Mathematikern schockt mich das nicht. Danach laufe ich mit neuen Fragen ins Informatik-Gebäude rein und stelle das Gleiche fest. (Lacht.) Und dann sitze ich im Direktorium mit einem theoretischen Chemiker, einer Systembiologin und anderen, und die Diskussion funktioniert auch hier auf diversen fachlichen Ebenen. Das finde ich immens.

### SimTech lebt also den „Stuttgarter Weg“ des interdisziplinären Forschens. Und warum ist Ihre Simulationsforschung – passend zur Vision der Universität Stuttgart – wichtig für die Gesellschaft, für die Zukunft?

**TE** Simulation wird von Menschen betrieben und findet nicht im luftleeren Raum statt. Wir möchten – Stichwort „Pervasive Simulation und Visualisierung“ – Simulation und ihre Daten für verschiedene Anwendungskontexte verfügbar machen: nicht nur am Supercomputer und am Schreibtisch im Labor, sondern dadurch dass eine Geologin am Tablet direkt in der Landschaft mit eingebauter Sensorik Aufnahmen macht, somit →

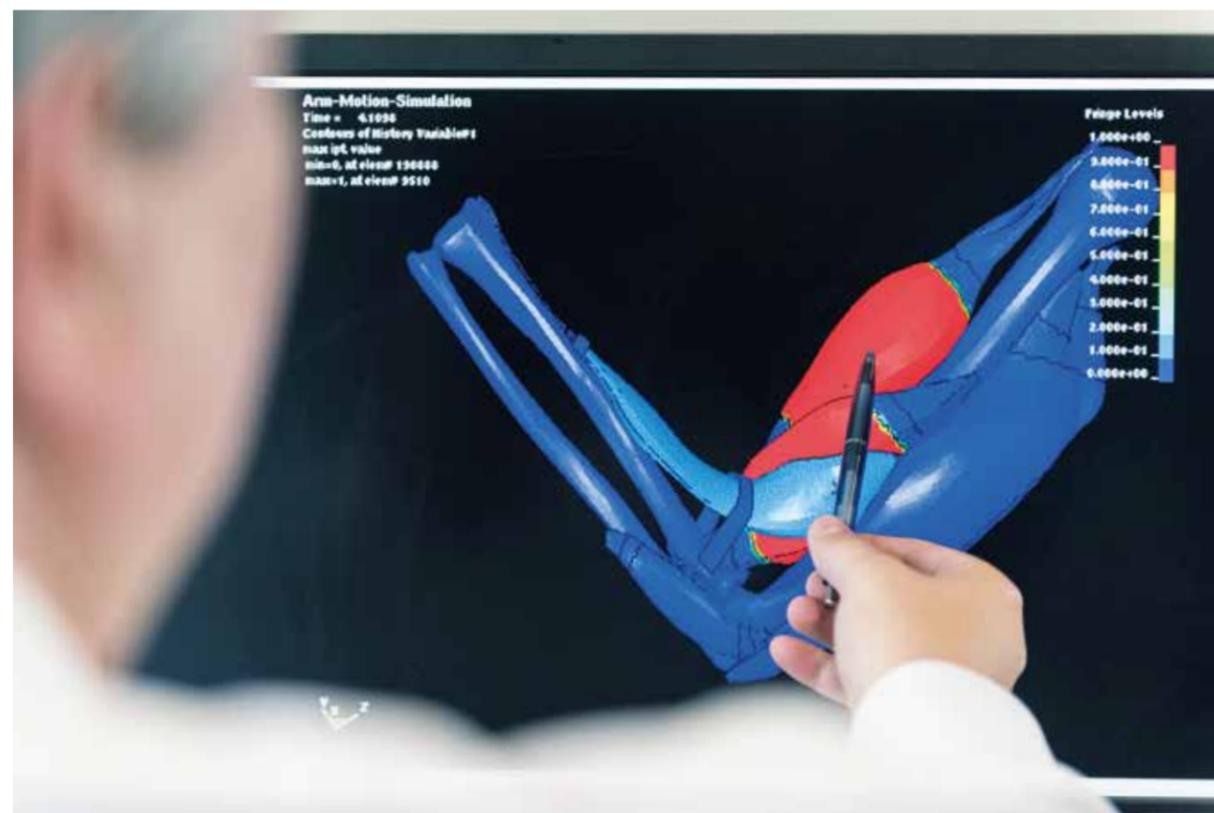
→ Daten erhebt und diese direkt in eine Simulation einspeisen kann, die dann remote auf einem Supercomputer läuft und die Ergebnisse zurückspielt. Dabei geht es um Fragen zu Schnittstellen zwischen Supercomputer und mobilem Gerät oder zu kompakteren Darstellungen fürs Tablet.

**WN** Ein anderes Beispiel ist das Digitale Menschmodell, bei dem Forschende von uns auf eine personalisierte Vorhersage je Patient abzielen. Ein Patient kommt mit Bandscheibenschaden in die Klinik, eine Prothese soll implantiert werden. Wir müssen schnell durchrechnen, welche Nervenreize, Muskeln und Kraftauswirkung durch Sehnen in genau diesem Patienten auf Knochen und Bandscheibe wirken. Dank Simulation kann man dann vorhersagen, welches Implantat das beste wäre.

### Ist das nur weit entfernte Zukunftsmusik, oder steht man kurz davor, solche personalisierten Bandscheiben-Implantate einzusetzen?

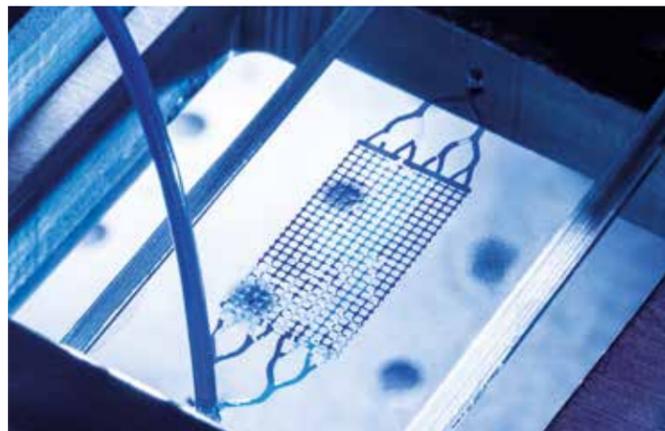
**WN** Wir in SimTech sind Grundlagenforscher, von uns programmierte Systeme werden nicht direkt in Krankenhäusern eingesetzt. Dazwischen liegt noch ein weiterer Schritt des Technologietransfers. Aber wir können schon jetzt anhand von realen CT-Daten darstellen, dass man das wirklich durchrechnen kann. Und wir können mit Augmented- oder Virtual-Reality-Brillen visualisieren, welche Kraftzustände bei Bewegung an welcher Stelle des Muskels wie wirken.

**SST** Für den Transfer gibt es einige Anwendungsprojekte, die nicht vom Exzellenzcluster gefördert werden, die aber auf den methodischen Innovationen von SimTech aufbauen. Gerade startet etwa ein Projekt mit der Uniklinik Jena, in dem es darum →



Die Simulation der komplexen Abläufe im menschlichen Bewegungsapparat gehörte von Anfang an zu den zentralen Forschungsfeldern des Exzellenzclusters SimTech.

Foto: Max Kovalenko



→ geht, Prozesse in der Leber zu simulieren und gleichzeitig maschinelles Lernen zu verwenden, um damit das Tumorboard zu unterstützen, in dem sich Ärzte verschiedener Spezialisierungen zur Diagnose und Behandlung von Lebertumoren beraten. Durch solche Transferaktivitäten nutzt übrigens auch die Industrie bereits unsere methodischen Erkenntnisse aus SimTech.

#### Was wird sich in der zweiten Förder-Halbzeit in SimTech verändern? Welche Schwerpunkte möchten Sie setzen?

**TE** Im Oktober werde ich in den Ruhestand gehen. Den SimTech-Generationenwechsel haben wir vergangenes Jahr eingeläutet: Wolfgang Nowak und Steffen Staab sind seitdem die zwei Co-Sprecher des Clusters, mein Nachfolger-Duo. Im Stuttgarter Zentrum für Simulationswissenschaft soll Holger Steeb die Funktion des Direktors übernehmen. Mit diesen drei Personen ist ein tolles Team aufgestellt, das den nächsten Exzellenz-antrag für SimTech vorbereiten und hoffentlich zum Erfolg führen wird.

**SST** Wir zielen auf die Kombination aus Evolution und Revolution. Daten-integrierte Simulationswissenschaft ist zwar ein neues Paradigma, aber natürlich werden wir darüber hinaus weiterdenken. Inwiefern wird sich Simulationswissenschaft grundlegend verändern? Das ist eine Herausforderung, da es nur eine Simulationswissenschaft, doch viele Heimatdisziplinen mit unterschiedlichen Sprechweisen gibt. Ich glaube, wenn wir hier erfolgreich sind, können wir ganz viel bewegen, weil wir in verschiedene Disziplinen hineinwirken.

**WN** Die Chance ist, schon jetzt mit gewissen Themen den SimTech-Schwerpunkt umzu-lenken für eine mögliche Folgeförderung als Exzellenzcluster. Ein Thema ist unser neues Projekt Netzwerk „Quantencomputing für Simulation“, wo wir eng mit theoretischer Chemie sowie theoretischer und experimenteller Physik zusammenarbeiten, um Quantencomputer für unsere Simulationsjobs fit zu machen und die Algorithmen entsprechend einzustellen.

**SST** Das zweite Thema, auf das wir setzen möchten, ist „Knowledge-Infused Simulation Science“, also Wissensintegration. Wir wollen Simulation möglichst intelligent machen, etwa dass sie aus Erfahrung lernt oder indem wir Expertenwissen in unsere Simulation hineinbringen – und damit Rechenpower und Zeit sparen.

**WN** Und wir bilanzieren, was die wissenschaftsunterstützenden Strukturen erreicht haben – also etwa in Nachwuchsförderung, Internationalisierung, Diversity, Studiengang, Wissenschaftsdatenmanagement, Öffentlichkeitsarbeit und Reflexion der eigenen Arbeit. Wir möchten Erfolgreiches weiterführen und Bisheriges noch toppen. →

#### KONTAKT

PROF. DR. THOMAS ERTL  
Mail: [thomas.ertl@vis.uni-stuttgart.de](mailto:thomas.ertl@vis.uni-stuttgart.de) Telefon: +49 711 685 88331

PROF. DR. WOLFGANG NOWAK  
Mail: [wolfgang.nowak@iws.uni-stuttgart.de](mailto:wolfgang.nowak@iws.uni-stuttgart.de) Telefon: +49 711 685 60113

PROF. DR. STEFFEN STAAB  
Mail: [steffen.staab@ipvs.uni-stuttgart.de](mailto:steffen.staab@ipvs.uni-stuttgart.de) Telefon: +49 711 685 88100

Das Porous Media Lab der Universität Stuttgart ist eine zentrale experimentelle Plattform, unter anderem für das Exzellenzcluster „Daten-integrierte Simulationswissenschaft“ (EXC 2075, SimTech).

Foto: Uli Regenscheit

Simulationen helfen, die kleinsten Bausteine des Lebens zu untersuchen, so zum Beispiel Enzyme.



Foto: Max Kovalenko

Prof. Steffen Staab

„Wir zielen auf die Kombination aus Evolution und Revolution. Daten-integrierte Simulationswissenschaft ist zwar ein neues Paradigma, aber natürlich werden wir darüber hinaus weiterdenken.“

Anzeige

Professionell „sauberen“ Code programmieren, in spannenden Projekten arbeiten und abends wieder zu Hause sein? Geht.

## Bei andrena.

Wo ein erfolgreicher Start Programm ist.

**Berufsstart in die Softwareentwicklung – dafür suchen wir Dich!**  
In Karlsruhe, Frankfurt, Stuttgart, München, Mannheim oder Köln.

**Jetzt bewerben unter**

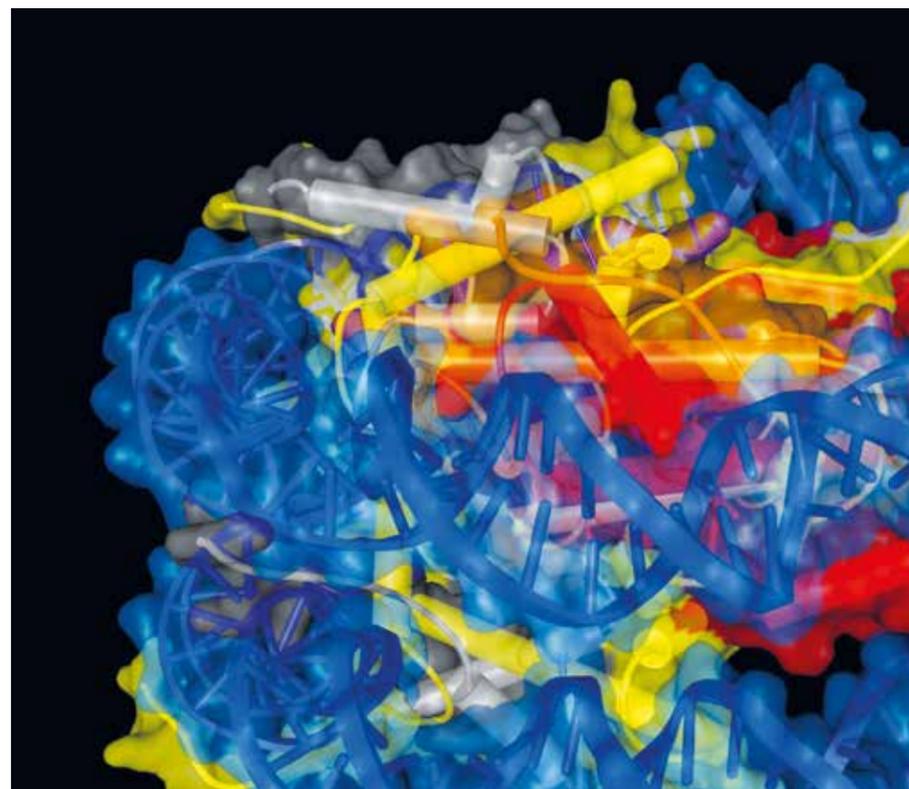
[www.andrena.de/karriere](http://www.andrena.de/karriere)

# Bestimmte Gene gezielt ausschalten



Komplexe Analysen durch gelelektrophoretische Untersuchung von Proteinen.

Struktur eines Nukleosoms, dem elementaren Strukturelement des Erbguts.



TEXT: FLORIAN BAYER

**Forschende der Universität Stuttgart arbeiten an neuen Therapieansätzen für SARS-CoV2 und Parkinson – zwei Erkrankungen, die ansonsten wenig miteinander zu tun haben. Sie setzen dabei auf eine modifizierte Genschere, die zu einem Genregulator gemacht wurde.**

Anfang dieses Jahres hat sich die Corona-Pandemie zum dritten Mal gejëhrt. Trotz weltweit intensiver Forschung sind weiterhin viele Hintergründe zur Ausbreitung des Virus im Körper noch unklar. Bis heute gibt es lediglich einen einzigen zugelassenen Wirkstoff, das Virostatikum Nirmatrelvir, um eine SARS-CoV-2-Erkrankung zu behandeln. Für die Parkinson-Krankheit wiederum gibt es bis heute keine ursächliche, sondern nur symptomatische Therapien. Die Krankheit ist charakterisiert vom fortschreitenden Verlust jener Nervenzellen, die das Hormon Dopamin produzieren. Im Verlauf der Erkrankung kommt es zunehmend zu Bewegungsstörungen und Muskelzittern.

Mit einem neuen Ansatz zur Behandlung von SARS-CoV-2 greift Prof. Albert Jeltsch zusammen mit seinem Team am Institut für Biochemie und Technische Biochemie (IBTB) der Universität Stuttgart auf eine Methode zurück, die sie auch für die Entwicklung von Parkinson-Therapien verwenden: das Ausschalten bestimmter Gene mittels einer modifizierten molekularbiologischen „Genschere“ CRISP/Cas9. Dabei handelt es sich um ein sehr leistungsfähiges Verfahren, um konkret definierte DNA-Bausteine im Erbgut präzise zu verändern, auszuschalten oder ganz zu entfernen.

## AKTIVITÄT KRANKHEITSRELEVANTER ZIELGENE REDUZIEREN

Bei der Therapie von SARS-CoV-2-Erkrankungen wie auch von Parkinson sollen die Zielgene lediglich stillgelegt werden. Es findet deshalb auch keine genetische Veränderung statt. Im Falle von SARS-CoV-2 sind die Gene ACE 2 und TMPRSS2 die Ansatzpunkte – jene Gene, die für den Viruseintritt in Epithelzellen sowie die Vermehrung des SARS-CoV-2-Virus in der Zelle notwendig sind. Dadurch würden die Zellen resistent gegen den Erreger, was die weitere Ausbreitung des Virus im Körper verhindert beziehungsweise zumindest verlangsamt. Auch die weitere Ausbreitung von SARS-CoV-2 in der Bevölkerung wäre dadurch indirekt verlangsamt.

Bei Parkinson ist der Fall ein wenig anders gelagert. Denn anders als bei SARS-CoV-2 geht es bei der Parkinson-Behandlung nicht darum, eine Virusausbreitung zu stoppen. Es sollen stattdessen die neuropathologischen Symptome im Gehirn abgeschwächt werden. Die Stuttgarter Forscher versuchen zu diesem Zweck, das Ablesen des sogenannten SNCA-Gens zu reduzieren. Der erhoffte Effekt ist, dass die Ausbildung von SNCA Proteinklumpen in Neuronen reduziert wird. „In beiden Fällen versuchen wir natürliche Genregulationsmechanismen in Zellen gezielt zu nutzen, um die Aktivität krankheitsrelevanter Zielgene zu reduzieren“, so Jeltsch.

## INTENSIVE FORSCHUNGSARBEIT AN DER PASSENDEN GENSCHERE

Der Mechanismus, also das exakte Ansteuern und Editieren der betroffenen Gensequenzen, gleicht aber demjenigen im SARS-CoV-2-Forschungsprojekt. „Wir sind zuversichtlich, dass durch eine geschickte Auswahl der EpiEditoren eine stabile und dauerhafte Repression der beiden Zielgene erreicht werden kann“, sagt Jeltsch zur Forschung an einer SARS-CoV-2-Therapie. Am Finden dieser konkreten EpiEditoren, also der konkreten Art der „Genschere“, arbeite das Team derzeit auf Hochtouren. In weiteren Schritten sollen entsprechende medikamentöse Anwendungen zunächst im Labor und später klinisch getestet werden.

Auch spezielle Vektoren, mit denen der neue Wirkstoff am Ende in Patientenzellen eingebracht wird, wollen die Wissenschaftler\*innen noch finden und testen. Bei SARS-CoV-2 ist die Ansteuerung der Epithelzellschicht in der Nasenhöhle am vielversprechendsten, ein ideales Ziel für die Applikation von Arzneimitteln als Aerosole oder Nasensprays.

Das Stuttgarter Projekt läuft vorläufig bis 2024 – dann könnten die gewonnen Erkenntnisse in die klinische Weiterentwicklung und Validierung einfließen. Das Coronavirus wird schließlich Teil unseres Lebens bleiben, darin sind sich mittlerweile alle einig. →

Prof. Albert Jeltsch leitet das Institut für Biochemie und Technische Biochemie.



## KONTAKT

PROF. DR. ALBERT JELTSCH  
Mail: [albert.jeltsch@ibtb.uni-stuttgart.de](mailto:albert.jeltsch@ibtb.uni-stuttgart.de) Telefon: +49 711 685 64390

# WIE ZELLEN ENTSCHEIDUNGEN TREFFEN



Die Prozesse in Zellen im  
Blick: Prof. Stefan Legewie

TEXT: ANDREA MAYER-GRENU

**Der Systembiologe Prof. Stefan Legewie und sein Team am Institut für Biomedizinische Genetik sowie im Stuttgart Research Center Systems Biology kombinieren Ansätze aus Zellbiologie, Informatik, Biophysik und Mathematik, um daraus ein systemisches Verständnis intrazellulärer Prozesse abzuleiten.**

Im Zentrum der Systembiologie steht die ganzheitliche Analyse komplexer biologischer Datensätze. Dies hilft zum Beispiel, um wichtige Fragen der Krebsforschung besser zu verstehen: Wie reagieren Zellen auf Veränderungen ihrer Umgebung, und wie wird dabei die Aktivität von Genen gesteuert? „Wir beschäftigen wir uns zum einen mit Signalübertragungskaskaden, die Informationen von der Zellmembran in den Zellkern weiterleiten, und zum zweiten mit der Prozessierung, also der Veränderung von Ribonukleinsäuren (RNA)“, fasst Legewie die Bandbreite seiner Forschung zusammen. Zur Lösung dieser Fragen setzt die Arbeitsgruppe neben Experimenten auf mathematische Modellierung und künstliche Intelligenz.

## KREBSRELEVANTE ENTSCHEIDUNGSPROZESSE VERSTEHEN

In der Krebsforschung untersucht die Gruppe einen Signalweg, der eine tumorsuppressive Wirkung hat, also das Tumorwachstum blockieren kann. Vorstellen kann man sich das so: Ein hormonähnliches Protein, genannt TGFβ, dockt an Rezeptoren auf der Zelloberfläche einer Zelle an. Nach Weiterleiten dieses Signals in den Zellkern werden Gene aktiviert, die das Zellwachstum bremsen. Verändert sich aber der Signalweg zum Beispiel durch Mutationen, kann TGFβ das Wachstum nicht mehr blockieren. Dann kommt es zu einem überschießenden Zellwachstum – es entsteht Krebs. Weitere Veränderungen des gleichen Signalwegs können dazu führen, dass Zellen zum Wandern angeregt werden und ein Tumor Metastasen bildet.

Zentrale Fragestellung der Arbeitsgruppe um Legewie ist ein besseres Verständnis dieser krebsrelevanten Entscheidungsprozesse im TGFβ-Signalweg. Hierbei machen sich die Forscher zunutze, dass sich nicht alle Zellen einer Zellpopulation gleich verhalten: Während einige das Wachstum stoppen, migrieren andere oder reagieren gar nicht. „Daher analysieren wir eine große Zahl einzelner Zellen und nutzen deren Heterogenität, →

→ um Prinzipien zu verstehen, die der Entscheidungsfindung zugrunde liegen“, sagt Legewie. Die in Kooperation mit der Universität Darmstadt entstandenen Ergebnisse sind kürzlich in der Fachzeitschrift „PNAS“ erschienen<sup>1</sup>.

Auf längere Sicht suchen die Forschenden nach möglichen Angriffspunkten, an denen man den Prozess der Tumorentstehung und Metastasierung umkehren kann. Irgendwann, so die Hoffnung, wird man dann Medikamente entwickeln können, durch die sich metastasierende Tumore zurückbilden.

Bereits näher an den Therapien ist Legewies zweites Forschungsfeld, die Prozessierung der messenger RNA bei der zellulären Proteinsynthese. Diese Prozessierung, das sogenannte alternative Spleißen, führt dazu, dass menschliche Zellen sehr viel mehr Proteinvarianten haben als etwa Hefezellen oder andere niedere Organismen. Von Bedeutung ist dies zum Beispiel bei der CAR-T-Zell-Therapie, die bei Leukämien im Endstadium eingesetzt wird. Hierbei werden Patient\*innen die eigenen Immunzellen (T-Zellen) entnommen und so umprogrammiert, dass sie nach der Reinjektion in den Körper Leukämie-Zellen angreifen. Prinzipiell ist diese Behandlungsmethode sehr effizient. Es kommt aber vor, dass die Leukämie-Zellen nicht mehr auf die T-Zellen reagieren. Denn die T-Zellen sind auf einen ganz bestimmten Rezeptor auf der Zelloberfläche programmiert. Genau dieser wird aufgrund von Mutationen des Genoms in resistenten Leukämie-Zellen einer veränderten Prozessierung unterworfen, sodass die Therapie nicht mehr wirkt.

## EFFEKTE KOMPLEXER MUTATIONEN VORHERSAGEN

Um die Prinzipien der Resistenzentwicklung besser zu verstehen, hat Legewies Team in Kooperation mit Arbeitsgruppen aus Mainz und Frankfurt einen Screeningansatz entwickelt, mit dem im hohen Durchsatz mehrere 10.000 Mutationen charakterisiert werden können – eine Kartierung, über die im vergangenen Jahr im Fachmagazin „Nature Communications“ berichtet wurde<sup>2</sup>. Dabei zeigte sich eine enorme Komplexität der mRNA-Prozessierung, da schon aus einem relativ kurzen Genabschnitt des Oberflächenproteins etwa 100 potenziell resistenzvermittelnde Varianten entstehen. Zudem gibt es sehr viele mögliche Kombinationen von Mutationen. Wie diese miteinander wechselwirken, ist schwer zu prognostizieren. Hier hat die Mathematik bei der Interpretation der Daten

einen entscheidenden Beitrag geleistet: Durch systembiologische Ansätze konnte die Gruppe quantitative Modelle entwickeln, mit denen die Effekte komplexer Mutationen auf die Genprodukte akkurat vorhergesagt werden konnten.

„Auf dieser Datenbasis könnte es in Zukunft möglich sein, schon zu Beginn der Therapie vorherzusagen, ob der Patient oder die Patientin Resistenzen entwickeln wird“, sagt Legewie. Zudem liefern die Ergebnisse Hinweise, mit welchen anderen therapeutischen Ansätzen die CAR-T-Zell-Therapie kombiniert werden könnte, um Resistenzen vorzubeugen. →

<sup>1</sup> Bohn et al.: State- and stimulus-specific dynamics of SMAD signaling determine fate decisions in individual cells. *Proceedings of the National Academy of Sciences* (in press), <https://doi.org/10.1073/pnas.2210891120>

<sup>2</sup> Cortés-López et al.: High-throughput mutagenesis identifies mutations and RNA-binding proteins controlling CD19 splicing and CART-19 therapy resistance. *Nature Communications* 2022, <https://www.nature.com/articles/s41467-022-31818-y>

Mehrere

# 10.000

**Mutationen können durch einen neuen Screeningansatz charakterisiert werden.**

### Institut für Biomedizinische Genetik

Der Lehrstuhl Systembiologie ist Teil des neu gegründeten Instituts für Biomedizinische Genetik (IBMG) der Universität Stuttgart, das die Grundlagen erforscht, wie Gene und genregulatorische Netzwerke zu Erkrankungen des Menschen beitragen. Weitere Bereiche des Instituts sind die Abteilung Eukaryoten Genetik (Prof. Jörn Lausen), die grundlegende molekulare Mechanismen der Differenzierung von Stammzellen erforscht, sowie die Abteilung Computational Biology (Prof. Björn Voß), die Expertisen in der RNA-Biochemie, dem „next generation sequencing“ (NGS) und der Entwicklung von Algorithmen für die Analyse der RNA-Struktur vereint. Eine noch zu besetzende Professur für Genomeditierung soll künftig neuartige Methoden zur gezielten Steuerung der Genaktivität entwickeln.

### KONTAKT

PROF. DR. STEFAN LEGEWIE  
Mail: [legewie@ibmg.uni-stuttgart.de](mailto:legewie@ibmg.uni-stuttgart.de) Telefon: +49 711 685 64573

Foto: Uli Regenscheit

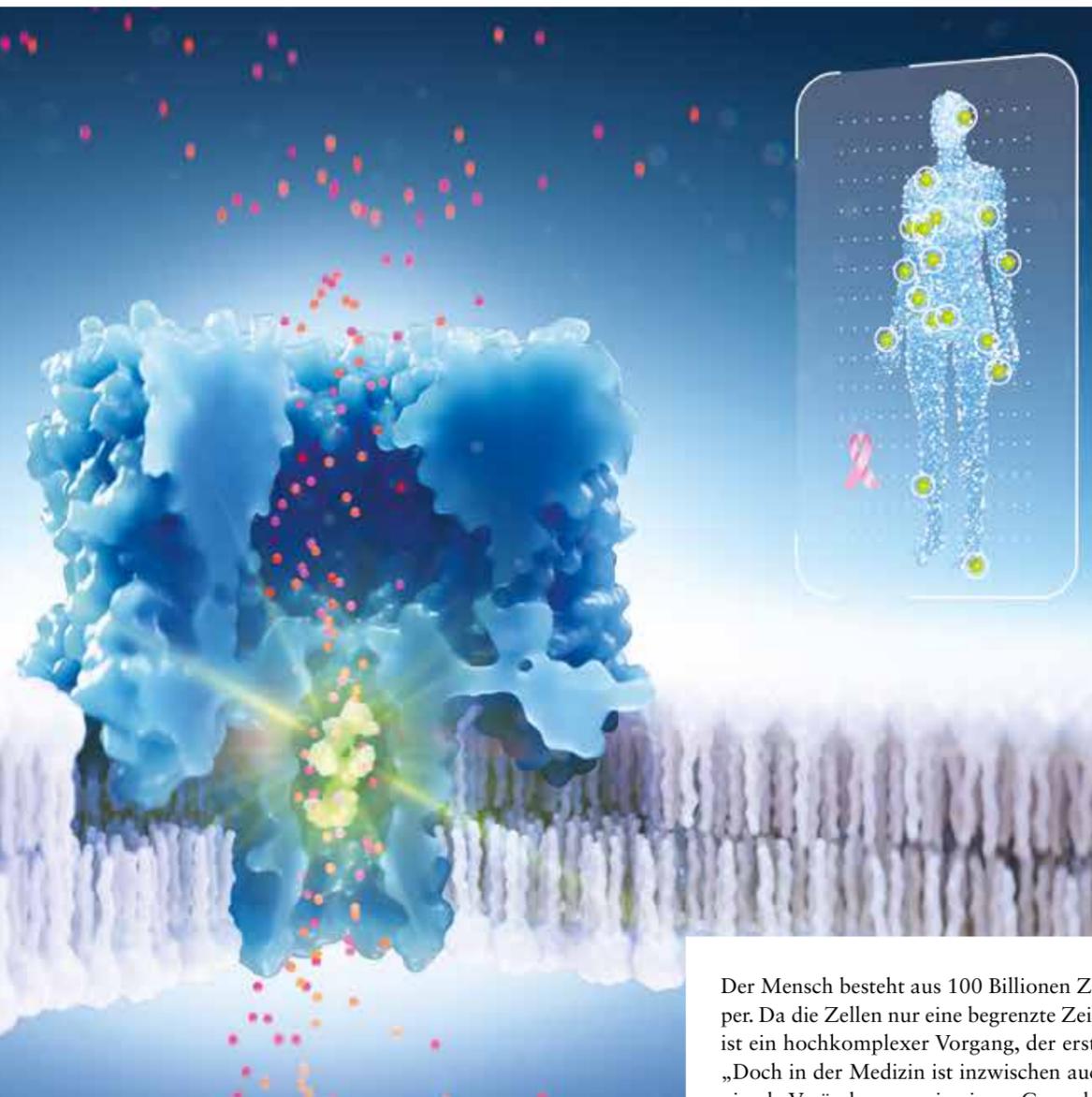
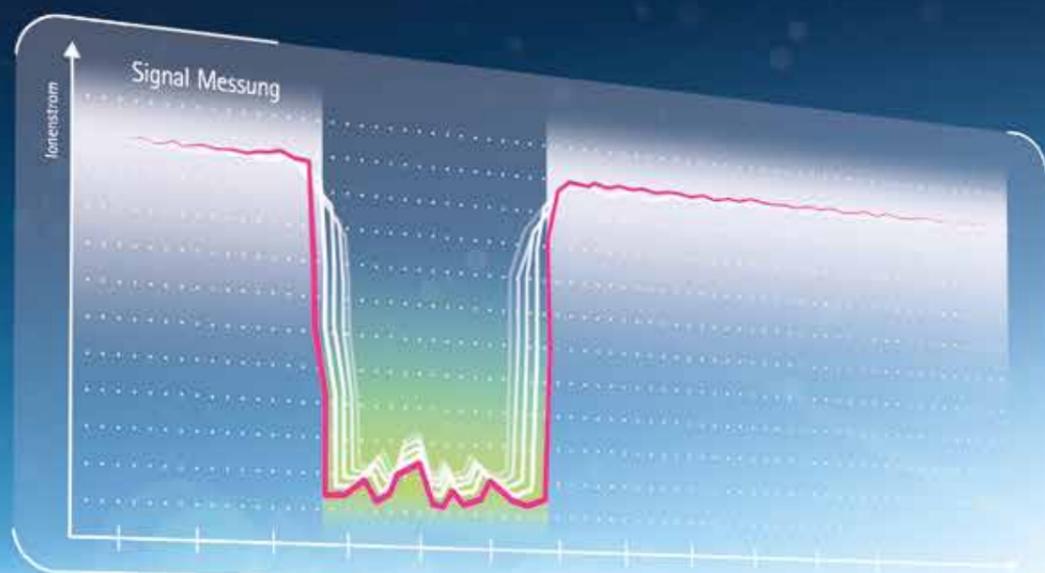


Foto: Hahn-Schickard

# MIT NANOPOREN MÖGLICHE ERKRANKUNGEN AUFSPÜREN

TEXT: MICHAEL VOGEL

Mit einer neuen Art von Bioanalytik lässt sich die Prognostik erweitern. Zwingend erforderlich ist dazu ein wirklich grundlegendes Verständnis molekularer Vorgänge. Die Umsetzung soll im Zukunftscluster nanodiag BW gelingen, zu dem auch zwei Arbeitsgruppen der Universität Stuttgart gehören.

Das Schema zeigt, wie die elektrische Leitfähigkeit einer Nanopore vorübergehend abnimmt, während ein Proteinfragment durch die Pore wandert.

Der Mensch besteht aus 100 Billionen Zellen. Jede hat eine spezifische Aufgabe im Körper. Da die Zellen nur eine begrenzte Zeit leben, teilen sie sich regelmäßig. Diese Teilung ist ein hochkomplexer Vorgang, der erstaunlich exakte Kopien der Mutterzelle liefert. „Doch in der Medizin ist inzwischen auch bekannt, dass selbst unsere Lebensweise minimale Veränderungen in einem Gen oder bei der Bildung neuer Proteine in einer Zelle verursachen kann“, erläutert Prof. Stephan Nußberger. In der Folge können sich Zellen ungehemmt vermehren oder womöglich Krankheitserreger schlechter abwehren. „Diabetes, Krebs oder Infektionserkrankungen – sie können auch eine Folge dieser minimalen Fehler sein“, sagt der Biophysiker, der am Institut für Biomaterialien und biomolekulare Systeme der Universität Stuttgart forscht. „Solche Krankheiten zu diagnostizieren ist oft kein Problem“, so Nußberger, „doch künftig will die Medizin die Diagnostik durch eine Prognostik erweitern.“ So ließe sich das Problem bereits in einem frühen Stadium erkennen, und mit einer schonenden Behandlung könnte man rechtzeitig gegensteuern.

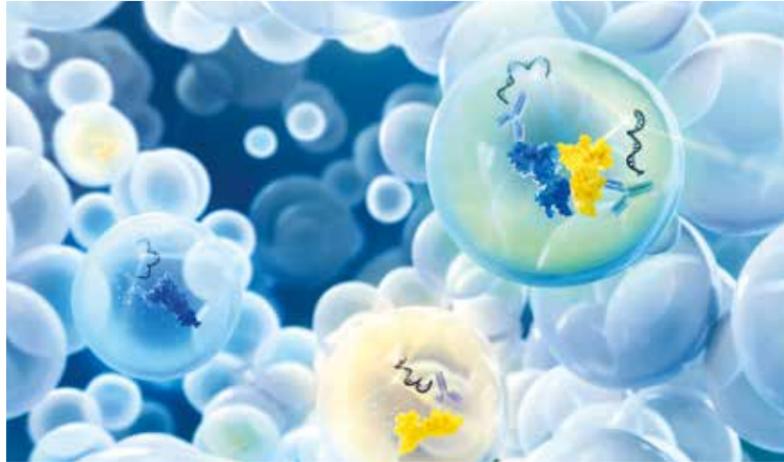
## CLUSTER FÜR EINE NEUE ART DER BIOANALYTIK

Für diese Vision steht der Zukunftscluster nanodiag BW. An ihm wirken die mit der Universität Stuttgart eng verbundene Hahn-Schickard-Gesellschaft für angewandte Forschung, sieben Universitäten und außeruniversitäre Forschungseinrichtungen sowie neun Unternehmen mit. Seitens der Universität sind Nußbergers Arbeitsgruppe und eine Gruppe um Prof. Christian Holm vom Institut für Computerphysik beteiligt. Konkret soll eine neue Art der Bioanalytik entstehen: die Analyse von Biomolekülen mittels Nanoporen.

Das Verfahren macht eine Anleihe an die Arbeitsweise von Zellen. „Jede hat Poren in ihrer Zellwand, über die der Stoffwechsel erfolgt“, erklärt Nußberger. Dabei wandern zum Beispiel Ionen, Zuckermoleküle oder auch Biomoleküle durch die Poren. →

→ „Abhängig von dem, was eine Pore transportiert, hat sie einen Durchmesser zwischen 0,1 und fünf Nanometern.“ 0,1 Nanometer entspricht einem Atomdurchmesser, ein Nanometer sind ein Millionstel eines Millimeters.

Die technische Nachbildung dieses Transportmechanismus lässt sich zum Nachweisprinzip von einzelnen Molekülen ummünzen: Eine Kammer mit einer elektrisch leitfähigen Flüssigkeit wird durch eine Membran in zwei Bereiche getrennt. Die Membran hat Poren. In der Flüssigkeit, für gewöhnlich eine Salzlösung, sind die zu analysierenden Moleküle. Liegt eine elektrische Spannung an, so fließt durch die Membranporen ein



Bei einem als "Emulsion Coupling" bezeichneten Verfahren wird die zu untersuchende Pore auf Millionen von Mikrotröpfchen aufgeteilt.

### Prof. Stephan Nußberger

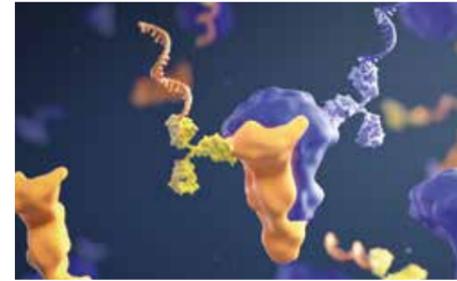
„Solche Krankheiten zu diagnostizieren ist oft kein Problem, doch künftig will die Medizin die Diagnostik durch eine Prognostik erweitern.“

Strom, weil die in der Flüssigkeit vorhandenen Ionen wandern. Steckt dagegen ein Molekül in der Pore fest oder wandert durch diese hindurch, sinkt der Strom. Die Veränderung ist charakteristisch für das, was die Pore blockiert oder passiert hat.

#### MESSUNGEN IM MILLISEKUNDENBEREICH

„Bislang ist nur die Analyse von DNA kommerziell mittels der Nanoporenteknologie umgesetzt worden“, sagt Christian Holm. „Für unsere Fragestellung ist aber die Charakterisierung von Proteinen bis hin zu ihrer direkten Sequenzierung relevant.“ Sequenzierung heißt, die Abfolge der Aminosäuren zu bestimmen, aus denen ein Protein aufgebaut ist. Im Projekt sollen die Untersuchungen zunächst mit Bionanoporen erfolgen, mit gezielt hergestellten biologischen Poren. Die zu analysierenden Moleküle unterscheiden sich dann voneinander zum Beispiel nur an einer Stelle durch eine Handvoll Atome – die besagte Veränderung infolge der Lebensweise des Individuums. Dazu müssen die Projektbeteiligten winzige Ströme zeitlich aufgelöst im Millisekundenbereich messen können. Die elektrischen Ströme liegen bei einem Billionstel Ampere. Um die Größenordnung einzuordnen: Beim Laden eines Smartphones fließt etwa ein Ampere.

„Damit dies alles gelingt, brauchen wir ein umfassendes Verständnis der Nanoporen und der Wechselwirkungen der Poren mit den Proteinen“, sagt Holm. Umfassend bedeutet hier wirklich umfassend: Das relevante Geschehen spielt sich in einem Raumvolumen ab, das wenige Kubiknanometer groß ist. Auf der Ebene von Atomen und Molekülen betrachtet tragen zu diesem Vorgang trotzdem zig Hunderttausende einzelne Teilchen bei – Teilchen aus der wässrigen Lösung, Teilchen des zu analysierenden Proteins, →



Beim sogenannten PICO-Verfahren werden zwei unterschiedliche, DNA-markierte Antikörper verwendet, die spezifisch für ihr Zielprotein sind. Hier sind sie als blaues und gelbes Protein dargestellt.

→ Teilchen der Porenwände. „Die Vorgänge sind im Detail unverstanden“, sagt Holm. Hier kommt die Arbeitsgruppe des theoretischen Physikers ins Spiel.

„Wir erstellen am Computer ein Modell der Proteine, der Pore und der Flüssigkeit“, so Holm. Dieses Modell berücksichtigt zum Beispiel, welche Bereiche eines Proteins eher starr, welche eher flexibel sind und wie stark seine Atome miteinander wechselwirken. Es berücksichtigt zudem die relevanten mechanischen und elektrischen Kräfte. „Mit diesem Modell simulieren wir dann den Durchgang der

Proteine durch die Nanopore, um herauszufinden, wie sich die Proteine in ihr bewegen und welche Wechselwirkung welches Stromsignal erwarten lässt.“

Die Ergebnisse dieser Simulationen gleichen die Clusterbeteiligten immer wieder mit den Ergebnissen von Experimenten ab, die in Freiburg laufen. „Gemeinsam mit einem Team der RWTH Aachen wollen wir dann eine Software entwickeln, mit der sich reale Stromsignale verlässlich analysieren lassen“, sagt Holm. Diese Analyse wird mit Verfahren der künstlichen Intelligenz erfolgen, denn die Signale werden verrauscht sein und oft durch Proteinveränderungen entstehen, die zuvor nie experimentell gemessen wurden, weil es viel zu viele Varianten gibt.

Prof. Christian Holm

Die Aufgabe von Nußbergers Team wird es sein, für die Entwicklung des Strommessverfahrens Kontrollmessungen zu liefern. „Wir verfügen über ein optisches System, das erfassen kann, ob eine Pore gerade offen oder geschlossen ist“, sagt Nußberger. „Bei der Herstellung der Bionanoporen ist dagegen nicht kontrollierbar, ob im relevanten Areal einer Membran die gewünschte einzelne Pore entsteht oder mehrere. Eine reine Strommessung könnte deshalb verfälscht sein.“

„Damit dies alles gelingt, brauchen wir ein umfassendes Verständnis der Nanoporen und der Wechselwirkungen der Poren mit den Proteinen.“

#### VON GRUNDLAGENFORSCHUNG BIS ZUR PRODUKTENTWICKLUNG

In einem zweiten Projekt wollen die Clusterbeteiligten das Verfahren dann auf Festkörpnanoporen erweitern. „Das sind Poren in künstlich hergestellten dünnen Membranen, etwa aus Graphen“, erklärt Holm. Da Graphen ein zweidimensionales Material ist, wären die Poren nur eine Atomlage dick. „Es könnte zu einem gegebenen Zeitpunkt wirklich immer nur genau ein Proteinbaustein durch eine Pore wandern, was die Signalauflösung weiter steigern würde“, sagt Holm. Bislang ist das aber nur Theorie, denn die Herstellung dieser Poren ist noch nicht ausreichend reproduzierbar. Auch die Messung wäre anspruchsvoller: Das Signal ist nochmals schwächer und kürzer als bei Bionanoporen und das Rauschen stärker. Dafür wären Festkörpnanoporen robuster, ließen sich flexibler einsetzen und in elektronische Systeme integrieren. Zudem ließen sich viele Festkörpnanoporen nebeneinander auf einer Membran anordnen und damit die Messungen parallelisieren. Es wäre das optimale Analysegerät.

Der Cluster ist auf dreimal drei Jahre angelegt. Das Bundesministerium für Bildung und Forschung fördert ihn mit 45 Millionen Euro. „In den ersten drei Jahren wollen wir die Grundlagen für die Entwicklung schaffen“, sagt Holm, „in den folgenden drei Jahren möchten wir uns auf die vielversprechenden Ansätze fokussieren, bevor wir uns dann in den letzten drei Jahren dem Übergang in das Produkt widmen.“ →

#### KONTAKT

PROF. DR. STEPHAN NUSSBERGER  
Mail: [stephan.nussberger@bio.uni-stuttgart.de](mailto:stephan.nussberger@bio.uni-stuttgart.de) Telefon: +49 711 685 65002

PROF. DR. CHRISTIAN HOLM  
Mail: [christian.holm@icp.uni-stuttgart.de](mailto:christian.holm@icp.uni-stuttgart.de) Telefon: +49 711 685 63701

Fotos: Hahn-Schickard, Actome GmbH

# ZUKUNFTSMEDIZIN IN ZAHLEN

Krebs, Herzinfarkt, Diabetes, Infektionen, Rheuma, Lungenentzündung – die Liste der Volkskrankheiten, die allem medizinischen Fortschritt zum Trotz längst nicht besiegt sind, ist lang. Und dies, obwohl die Gesundheitsausgaben in Deutschland von Jahr zu Jahr neue Höchststände erreichen und gerade in den Corona-Jahren noch einmal kräftig angestiegen sind. Erhebliche Gelder fließen dabei in Forschung und Lehre: zum Beispiel für die Suche nach neuen Therapien, Wirkstoffen und Substanzen oder in die weitere Digitalisierung der Gesundheitsforschung.

Ein wichtiger Faktor für Erfolge in diesem Bereich ist das Zusammenwachsen von Biologie, Ingenieurwissenschaften, Informatik und Gesellschaftswissenschaften – eine Interdisziplinarität, wie sie an der Universität Stuttgart ganz praktisch gelebt wird, zum Beispiel mit dem Profildbereich Biomedical Systems. Auch ohne die direkte Ausbildung von Ärzt\*innen oder eigenes Klinikum leistet die Universität Stuttgart so erhebliche Beiträge für die Medizin der Zukunft.



**43** Forschende umfasst der Potenzialbereich Biomedizinische Systeme an der Universität Stuttgart. Sie arbeiten in den Bereichen Biotechnologie und Bioengineering, Sensoren und Nanotechnologie sowie biointelligente Geräte und Robotik.



**> 100**

Weit über 100 Forschungsprojekte zur Corona-Pandemie hat die Deutsche Forschungsgemeinschaft bisher auf den Weg gebracht.



**611** Absolvent\*innen hat der Bachelor-Studiengang Medizintechnik an der Universität Stuttgart seit seinem Start im Wintersemester 2010/11 hervorgebracht. Den aufbauenden Master absolvierten bisher 452 Studierende. (Stand Sommersemester 2022)



**441.000.000.000**

441 Milliarden Euro betragen die Gesundheitsausgaben in Deutschland nach Angaben des Statistischen Bundesamtes im Jahr 2020. Für die Folgejahre wird coronabedingt ein weiterer kräftiger Anstieg vorhergesagt.



**1.446**

Medizintechnikhersteller gab es 2020 in Deutschland. Die Unternehmen erwirtschafteten einen Gesamtumsatz von 34,25 Milliarden Euro – 2,9 Prozent mehr als im Vorjahr.



**2007**

wurde der Exzellenzcluster „Simulation Technology“ (SimTech) an der Universität Stuttgart bewilligt und seit 2019 als Exzellenzcluster „Daten-integrierte Simulationswissenschaft“ weitergeführt. Mit der Erforschung digitaler Menschmodelle trägt er von Anfang an bis heute nachhaltig zum medizinischen Fortschritt bei.

**8**

Studiengänge bietet die Universität Stuttgart an der Schnittstelle von Medizin und Technik: Bewegungswissenschaft, Chemie, Chemie- und Bioingenieurwesen, Materialwissenschaft, Medizintechnik, Simulation Technology, Technische Biologie und Technische Kybernetik.



# KAPUTTE „STOSS- DÄMPFER“ REPARIEREN

TEXT: BETTINA WIND

**Knorpel können sich kaum selbst heilen, und derzeitige Behandlungsmethoden lassen Wünsche offen. Wissenschaftler\*innen forschen an biomimetischen und personalisierten Lösungen.**



**Volkskrankheit Gelenkschmerzen: Oft sind Knorpelschäden die Ursache.**

Schmerzende Gelenke, Schwellungen und eine eingeschränkte Beweglichkeit: Rund fünf Millionen Deutsche leiden an Arthrose. Weltweit ist sie die häufigste Gelenkerkrankung. Von Arthrose sprechen Ärzt\*innen, wenn die Knorpelschicht an den Gelenken über das altersübliche Maß hinaus verschleißt. Auch ein Unfall oder ein Sturz kann Knorpelgewebe verletzen und zu einer erhöhten Abnutzung führen. „Zwischen den Knochen wirken enorme Kräfte. Ein gesunder Gelenkknorpel dient als Schutzschicht und Stoßdämpfer, damit die Knochen aneinander vorbeigleiten können“, erklärt Prof. Günter Tovar. Er leitet das Institut für Grenzflächenverfahrenstechnik und Plasmatechnologie (IGVP) der Universität Stuttgart. Dort wird gemeinsam mit dem Fraunhofer-Institut für Grenzflächen- und Bioverfahrenstechnik IGB erforscht, wie Knorpelschäden repariert werden können.

Knorpel können sich auf natürliche Weise nur sehr eingeschränkt selbstständig regenerieren, weil sie nicht durchblutet sind und nur wenige Zellen im Gewebe haben. Die bisherigen Behandlungsmethoden seien noch nicht ausreichend, sagt Tovar. Dies liegt →

→ an den unterschiedlichen Arten von Knorpel und deren Aufbau: Es gibt hyalinen Knorpel, also Gelenkknorpel, der zur Dämpfung zwischen den Knochen dient, elastischen Knorpel, der an der Ohrmuschel vorkommt, sowie Faserknorpel, der die Ansatzpunkte für Sehnen und Bänder bildet.

## HERAUSFORDERUNGEN MODERNER BEHANDLUNGSMETHODEN

Die drei Subtypen von Knorpeln erschweren die Therapie enorm. Bei der Behandlung von Gelenkknorpelschäden zum Beispiel verletzen Chirurginnen oder Chirurgen bewusst den Knochen, damit sich ein Blutgerinnsel bildet, in dem Stammzellen enthalten sind. Daraus können sich neue Knorpelzellen bilden. Allerdings entsteht dabei statt Gelenkknorpel eher Faserknorpel. Dieser ist in der Natur nicht für die Druckbeanspruchung eines Gelenkknorpels vorgesehen.

Bei einer anderen Methode wird Gelenkknorpel aus einer anderen Körperstelle entnommen und daraus ein neuer Knorpel konstruiert. Die Knorpelstücke haben zwar nahezu optimale mechanische Eigenschaften, sie resultieren allerdings aus der Verletzung einer anderen Körperstelle und führen so zu einem Knorpelmosaik. In einer weiteren Methode werden den Patient\*innen Knorpelzellen entnommen, in vitro kultiviert, vervielfältigt und nach einigen Wochen wiedereingesetzt. Notwendig sind dafür aber zwei Operationen, zudem bildet sich erneut nicht ohne Weiteres die richtige Art des Knorpels.

Das Team des IGVP konzentriert sich angesichts dieser Schwierigkeiten zunächst auf die innere Struktur des Knorpelgewebes. Gelenkknorpel bestehen aus einer makromolekularen extrazellulären Matrix. Diese wird hauptsächlich aus Wasser und Kollagen gebildet, welche im Kern eine Tripelhelix enthält – ein Aufbau, der eine hohe Zugfestigkeit gewährleistet und kaum dehnbar ist. Diese Tripelhelix bauen die Forschenden nun aus medizinischer Gelatine, die aus Bruchstücken von Kollagen besteht. „Den Knorpelzellen geben wir die passenden biochemischen Signale, damit sie sich weiter differenzieren und die richtigen Zelltypen bilden. Damit liefern sie den Rohbau für ein intaktes Gelenkknorpelgewebe“, erklärt Tovar. Die Forschenden fertigen auf molekularem Niveau Bausteine an, die sich so biomimetisch wie möglich verhalten. „Wenn sich die Zellen im künstlich hergestellten Gewebe wohlfühlen, können sie ihren Job machen und die Knorpelregeneration ermöglichen.“

Zudem wollen die Wissenschaftler\*innen die Knorpel-Weichstrukturen auch für weitere Verarbeitungstechnologien kompatibel machen. Dafür behandeln sie die Gelatine chemisch, um ihre Konsistenz zum Beispiel für die additive Fertigung mittels 3-D-Drucker vorzubereiten. Für die anschließende Weiterverarbeitung arbeiten die Forschenden in interdisziplinären Teams. „Gerade im Bereich der Grenzflächentechnologie ist Teamplay zwischen den Fachbereichen unerlässlich“, sagt Tovar.

## REGENERATION VON GEWEBE IM FOKUS

Einen Schritt weiter in Richtung Anwendung geht das EU-Projekt TriAnkle. „Ziel dieser Arbeit ist es, klinisch nutzbare und personalisierte biologische Gerüste für die Geweberegeneration in tragenden Gelenken zu entwickeln“, sagt Pinar Koca, die als Doktorandin am IGVP im Rahmen des Projekts zur Knorpelregeneration forscht. Das Forschungskonsortium setzt sich aus zwölf Partnern in fünf europäischen Ländern zusammen. Unter anderem sind die Sportklinik sowie die Stiftung des FC Barcelona beteiligt. „Profi-Sportler\*innen und deren Vereine haben besonders großes Interesse daran, Knorpelverletzungen schnell und nachhaltig zu heilen. Deshalb freut es uns, dass wir im Projekt die Erkenntnisse unserer anwendungsorientierten Grundlagenforschung einbringen können“, sagt Koca. →

## KONTAKT

PROF. GÜNTER TOVAR Mail: [guenter.tovar@igvp.uni-stuttgart.de](mailto:guenter.tovar@igvp.uni-stuttgart.de) Telefon: +49 711 685 62304

Fotos: Shutterstock, IGVP

Prof. Günter Tovar leitet das Institut für Grenzflächenverfahrenstechnik und Plasmatechnologie.



PROF. GÜNTER TOVAR

„Ein gesunder Gelenkknorpel dient als Schutzschicht und Stoßdämpfer, damit die Knochen aneinander vorbeigleiten können.“

# Physische und digitale Welt verbinden



Prof. Cattaneo und Dr. Qiu arbeiten an In-vitro-Modellen der nächsten Generation.

TEXT: JUTTA WITTE  
FOTOS: SVEN CICHOWICZ

**Die Modelle von Forschenden aus der Medizintechnik und dem Biomedical Engineering sollen helfen, neue Behandlungssysteme für immer komplexere minimalinvasive Eingriffe zu entwickeln und gleichzeitig die chirurgische Ausbildung zu verbessern.**

Bevor neue medizintechnische Geräte wie Stents oder Katheter in der Chirurgie zum Einsatz kommen, werden sie „präklinisch“ anhand von Modellen und im tierischen Organismus erprobt. „Die Modelle, mit denen wir bislang arbeiten, sind jedoch zu weit weg von der Realität“, sagt Prof. Giorgio Cattaneo. Der Leiter des Instituts für Biomedizinische Technik (BMT) der Universität Stuttgart erforscht mit seinem Team unter anderem Mikrosysteme für die Behandlung von Schlaganfällen und Herzinfarkten. Stents zum Beispiel – Implantate, die über Katheter in verengte Blutgefäße eingeführt werden, um diese zu weiten – werden in der Regel zunächst in Kunststoffmodellen mit vereinfachten Geometrien und Blutersatzflüssigkeiten getestet. Diese bilden aber die Anatomie der Gefäße, ihre mechanische Verformung während des Herzschlags sowie die Interaktion zwischen Material und biologischem Gewebe in ihrer Gesamtheit nicht ab.

Auch die anschließende Erprobung der Implantate im Tier ist nach Ansicht des Biomedizingenieurs nicht nur ethisch problematisch, sondern auch zeitaufwendig und mit Blick auf die Unterschiede zum menschlichen Organismus nicht immer aussagekräftig. „Es gibt sehr viele Faktoren, die das mechanische, fluiddynamische und biologische Verhalten von Gefäßen beeinflussen und über den Erfolg sowie unerwünschte Nebenwirkungen eines minimalinvasiven Eingriffs mitentscheiden“, erläutert Cattaneo. Um die Wechselwirkungen zwischen technischem und biologischem System zuverlässig analysieren zu können, arbeiten Forscherinnen und Forscher nun an neuen Modellen, welche die wesentlichen geometrischen, mechanischen und biologischen Parameter abdecken.

Cattaneo hat einen Fachmann in Soft Material Engineering mit ins Boot geholt. Dr. Tian Qiu leitet am Institut für Physikalische Chemie (IPC) die Cyber-Valley-Forschungsgruppe für „biomedizinische Mikrosysteme“ und treibt dort unter anderem die Entwicklung sogenannter Organphantome voran. Diese Modelle menschlichen →



Experte für Soft Material Engineering:  
Dr. Tian Qiu

Prof. Giorgio Cattaneo

„Die Modelle können uns helfen, eine neue Generation medizinischer Geräte zu entwickeln.“



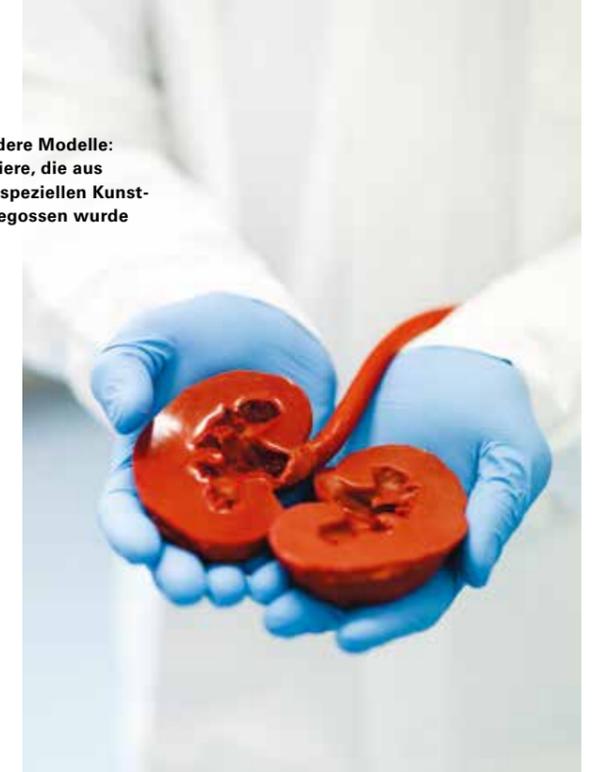
Leiter des Instituts für Biomedizinische Technik: Prof. Giorgio Cattaneo

→ Gewebes sind anatomisch korrekt. Mehr noch: Sie sehen aus und fühlen sich an wie echte Organe. Ausgestattet mit Sensoren werden die Phantome zudem zu Datenlieferanten, welche die Arbeit von Chirurginnen und Chirurgen messbar und nachvollziehbar machen. Damit erfüllen sie zwei Funktionen: Zum einen geben sie Aufschluss darüber, wie das von den Biomedizingenieuren erzeugte Gewebe auf ein Behandlungsinstrument reagiert. Zum anderen liefern sie wichtige Informationen über den Ablauf einer Operation und können so dazu beitragen, die chirurgische Ausbildung zu verbessern.

„Studierende oder junge Mediziner und Medizinerinnen können die hybriden Modelle nutzen, um neue chirurgische Instrumente kennenzulernen und zu erproben“, erklärt Qiu. Der erste seiner „digitalen Tutoren“ ist in Kooperation mit der Universitätsklinik Freiburg entstanden. Das inzwischen marktreife Modell eines männlichen Harntrakts besteht aus drei Organphantomen: Niere, Harnblase und Prostata. Mit seiner Hilfe können Chirurgen und Chirurginnen zum Beispiel endoskopische Blasenuntersuchungen üben.

Die neue Generation von Modellen überzeugt die Wissenschaftler nicht nur, weil sie mit ihrer Hilfe Daten generieren, Organe visualisieren und Forschungsfortschritte praktisch in Echtzeit dokumentieren können. Die Modelle ermöglichen auch den Aufbau einer standardisierten Trainingsplattform. Sie soll alle denkbaren Szenarien bis hin zu „Worst Cases“ abdecken, die selbst erfahrene Ärztinnen und Ärzte nur selten in der Praxis erleben. Dass In-vitro-Modelle die physische und die digitale Welt verbinden, ist für beide Forscher, die in verschiedenen Projekten eng mit der Medizintechnikbranche kooperieren, absehbar. „Sie können uns helfen, eine neue Generation medizintechnischer Geräte zu entwickeln“, ist Cattaneo überzeugt. In Kooperation mit Tian Qiu integriert er sie seit kurzem auch in sein Masterprogramm. „Es ist gut, angehende Medizingenieure und -ingenieurinnen schon jetzt an die hybriden Modelle der Zukunft heranzuführen.“ →

Besondere Modelle:  
Eine Niere, die aus einem speziellen Kunststoff gegossen wurde



## KONTAKT

PROF. DR. GIORGIO CATTANEO  
Mail: [giorgio.cattaneo@bmt.uni-stuttgart.de](mailto:giorgio.cattaneo@bmt.uni-stuttgart.de) Telefon: +49 711 685 82370

DR. TIAN QIU  
Mail: [tian.qiu@ipc.uni-stuttgart.de](mailto:tian.qiu@ipc.uni-stuttgart.de) Telefon: +49 711 685 64482

# WINZIGE KRISTALLE FÜR DIE KREBS- DIAGNOSE

Radiologische Untersuchungen sind Standard bei Krebserkrankungen. Oft eingesetzt wird die Computertomografie, besser bekannt als CT. Diese kann ein Organ zwar dreidimensional darstellen, liefert aber keine Informationen über dessen Stoffwechsel. Dabei ist ein stark erhöhter Stoffwechsel ein wichtiger Indikator, um einen bösartigen Tumor zu erkennen: Für das unkontrollierte Zellwachstum braucht der Körper viel Energie.

Hier kommen sogenannte PET-Scanner ins Spiel, in Deutschland zum Beispiel bei der Diagnose mancher Lungenkrebsarten und mancher Lymphome.

PET-Scanner sind gewaltige Geräte, für Laien äußerlich kaum von einem CT-Gerät zu unterscheiden. Für die Untersuchung müssen Patient\*innen eine radioaktiv markierte Traubenzuckerlösung trinken. Sie liefert den Zellen Energie – und dort, wo ein Tumor wächst, kommt der Traubenzucker wie gerufen und reichert sich im befallenen Organ an. Diese radioaktive Markierung löst im Körper Reaktionen aus, bei denen jeweils zwei Gammaquanten entstehen, die sich entgegengesetzt voneinander entfernen. Gammaquanten sind noch energiereicher als Röntgenstrahlung.

## VIELFÄLTIG EINSETZBAR: PEROWSKIT-HALBLEITER

Die Gammaquanten-Paare detektiert der PET-Scanner mit speziellen Kristallen, die röhrenförmig um die zu untersuchende Körperregion angeordnet sind. Die Kristalle absorbieren die Gammaquanten und wandeln die eingebrachte Energie in Lichtsignale um. Gelingt es, die Lichtsignale beider Gammaquanten zu erfassen, so lässt sich aus dem Zeitunterschied ihres Eintreffens der Ort ihrer Entstehung im Körper ermitteln.

Jeder dieser sogenannten Szintillationskristalle ist nur wenige Zentimeter lang, für die Röhre eines PET-Scanners werden etwa 60.000 davon benötigt. Die verwendeten Kristalle sollen möglichst viele der Gammaquanten absorbieren und in sichtbares Licht umwandeln. Zudem sollten sie nach diesem Prozess möglichst rasch wieder empfangsbereit für ein neues Gammaquant sein, also eine kurze sogenannte Totzeit haben.

An dieser Stelle kommt Prof. Michael Saliba ins Spiel. Der Physiker ist Leiter des Instituts für Photovoltaik (ipv) der Universität Stuttgart. Sein Team und er forschen an möglichen künftigen Anwendungen von Perowskiten – zum Beispiel als Kristalle in PET-Scannern. Perowskite, benannt nach dem russischen Mineralogen Lew Alexejewitsch Perowski, sind eine neue Halbleiterklasse, die von Michael Saliba maßgeblich mitentwickelt wurde. „Perowskit-Halbleiter sind eine Materialklasse, die die wissenschaftliche Forschung innerhalb sehr kurzer Zeit auf zahllosen Feldern beflügelt haben“, sagt Saliba. „So lassen sich zum Beispiel Solarzellen, Leuchtdioden oder Laser aus Perowskiten herstellen.“ Oder eben Szintillationskristalle.

Perowskite enthalten schwere Elemente, etwa Blei. Deshalb können sie besonders gut die Gammaquanten des PET-Scanners absorbieren. „Uns ist es gelungen, dafür geeignete Kristalle zu züchten“, so Saliba. „Bei niedrigen Temperaturen wandeln sie viele →

TEXT: MICHAEL VOGEL

**Perowskit-Detektoren haben das Potenzial, radiologische Untersuchungen zu verbessern. Am Institut für Photovoltaik züchtet ein Team geeignete Kristalle.**



Etwa  
**60.000**

**Szintillationskristalle werden für die Röhre eines PET-Scanners benötigt.**

Prof. Michael Saliba ist Leiter des Instituts für Photovoltaik. Seine Forschung an Perowskit-Halbleitern soll auch PET-Scanner verbessern.

→ Gammaquanten in sichtbares Licht um und haben gleichzeitig eine geringe Totzeit.“ Niedrige Temperaturen bedeutet  $-196\text{ °C}$ . „Das mag zunächst aufwändig klingen, solche Kristalle dann in einem PET-Scanner einzusetzen“, so der Physiker, „aber diese Kühlung lässt sich mit flüssigem Stickstoff erreichen, was in der Medizin nichts Ungewöhnliches ist. In Krankenhäusern wird, um supraleitende Magnete zu betreiben, noch weiter heruntergekühlt.“

## INTERNATIONALES INTERESSE AN STUTTGARTER FORSCHUNG

Ein US-Unternehmen ist jedenfalls auf die Stuttgarter Kristalle aufmerksam geworden. Salibas Team kooperiert nun mit dieser Firma. Sie haben auch bereits ein gemeinsames Patent beantragt. „Heutige PET-Scanner erreichen laut Herstellern zuverlässige Auflösungen von 1,5 Zentimetern“, erläutert Saliba. „Durch die geringere Totzeit unserer Perowskit-Kristalle lässt sich die Auflösung womöglich auf unter einen Zentimeter verbessern.“ Einige Millimeter Unterschied mag nach nicht viel klingen, aber „für die Früherkennung eines Tumors kann das entscheidend sein“, betont der Forscher. Das Unternehmen Philips hat als ein Hersteller von PET-Scannern vor einiger Zeit die Zahl der PET-Scans allein in den USA auf knapp zwei Millionen pro Jahr beziffert. „Diese Entwicklung kann daher vielen Patientinnen und Patienten helfen und womöglich Leben retten“, so Saliba. →

### KONTAKT

PROF. DR. MICHAEL SALIBA  
Mail: [michael.saliba@ipv.uni-stuttgart.de](mailto:michael.saliba@ipv.uni-stuttgart.de) Telefon: +49 711 685 67140

# Maschine greift bei der OP unter die Arme

TEXT: DANIEL VÖLPEL

**Wenn Chirurginnen und Chirurgen minimalinvasiv operieren, müssen sie oft lange in einer unkomfortablen Haltung verharren. Arme und Muskeln entlasten könnte ein Assistenzsystem, das ein Team der Universität Stuttgart entwickelt.**

Operationen am Gehirn oder minimalinvasive Eingriffe im Bauchraum verlangen dem medizinischen Personal körperlich viel ab: „Bei laparoskopischen und neurochirurgischen Operationen kommt es zu sehr langen statischen Haltearbeiten“, erklärt Prof. Thomas Maier. Er leitet das Forschungs- und Lehrgebiet Technisches Design am Institut für Konstruktionstechnik und Technisches Design (IKTD) der Universität Stuttgart. Maiers wissenschaftlicher Mitarbeiter, Ferdinand Langer, verweist auf mögliche Folgen, wenn man häufig auf diese Art operiert: „Diese langen, unkomfortablen Arm- und Oberkörperhaltungen können langfristig zu Erkrankungen des Bewegungsapparats führen.“ Zudem erhöhe sich die Gefahr, dass sich Operateure unbeabsichtigt bewegen.

Maier, der den Studiengang Medizintechnik an der Universität mitgegründet hat, überlegte daher vor einigen Jahren in einem Forschungsteam, wie Maschinen die Chirurginnen und Chirurgen bei Operationen unterstützen – genauer gesagt: unter die Arme greifen können. Das Ergebnis ihrer Forschung ist der Prototyp eines Armassistenzsystems. Diesen entwickelten in einem gemeinsamen Projekt Unternehmen, die Frauenklinik und das Institut für Arbeits- und Sozialmedizin des Universitätsklinikums Tübingen sowie das IKTD und das Institut für Systemdynamik der Universität Stuttgart.

Als Master-Absolvent in Medizintechnik forscht Langer seit November 2020 an dem Armassistenten zur Mensch-Maschine-Schnittstelle. Gefördert von der Deutschen Forschungsgemeinschaft geht er der Frage nach, wie man den Apparat mit dem Menschen verbindet. „Ein Chirurg oder eine Chirurgin muss jederzeit handeln können, also →

Experte für  
Technisches Design:  
Prof. Thomas Maier



→ von einem minimalinvasiven zu einem offenchirurgischen Eingriff wechseln oder reanimieren können“, erklärt Langer. Deshalb darf der Mensch nicht fest mit der Maschine verbunden sein, wie es bei einem Roboteranzug (Exoskelett) der Fall wäre.

Um den Armassistenten vorzuführen, stellt sich Langer in einen Aufbau, der an den Hubmechanismus eines Gabelstaplers erinnert. Sobald der Wissenschaftler seine Unterarme auf die Enden von zwei waagerechten Stangen ablegt, folgt die schwerfällig wirkende Apparatur blitzschnell und flüssig jeder Bewegung des Forschers. Mehr noch: Das System nimmt ihm mit einer individuell einstellbaren Kraft von bis zu 50 Newton einen Teil der Last ab, die auf seinen Armen liegt. Es wirkt der Schwerkraft entgegen.

## LANGWIERIGE DETAILARBEIT AN EINEM ASSISTENZSYSTEM

Seine Arme aufzulegen, reicht aber für eine hochpräzise Operation nicht aus. Denn direkt unter der Auflage für die Unterarme misst ein Sechs-Achs-Kraftsensor jede Regung. „Man bewegt sich in einem großen Radius und steuert das System über diese Schnittstelle, den Kraftsensor“, erklärt Langer. Dazu muss der Messfühler alle Bewegungen des Arms präzise erfassen. Im 3D-Druck erstellte der Forscher verschiedene Armauflagen, mit denen Probanden das Assistenzsystem testeten. Dabei zeigte sich unter anderem: Eine flache Auflage bietet zu wenig Halt und überträgt Bewegungen ungenau. Als optimal und komfortabel erwies sich die Form eines an den menschlichen Arm angepassten U, in die man den Arm hineinlegt.

„Neben der Formgebung untersuchen wir das Material“, schildert Maier die nächste Aufgabe. Denkbar sind verschiedenste Oberflächen von Kunstleder über Kork bis Gummi oder Kunststoff. In Kombination mit drei Polsterungen testet Langer drei davon im Frühjahr 2023 mit mindestens 30 Probanden. „Am Schluss können wir Gestaltungsempfehlungen für Form, Oberfläche und Polsterung geben.“

Anschließend will Langer in seiner Dissertation untersuchen, wie man das Assistenzsystem hinter dem Handgelenk mit dem Operateur oder der Operateurin verbindet. Bislang legt man die Arme nahe dem Ellenbogen auf. „Hochpräzise chirurgische Eingriffe erfordern eine Stützung am distalen Unterarm. Diese Stützung

näher an der Hand führt zu weniger Fehlern und geringerem Tremor“, erklärt Langer. Auch im Alltag hält man die eine Hand mit der anderen am Gelenk fest, wenn man sie ohne Zittern bewegt. Erst wenn diese und weitere grundlegende Fragen geklärt sind, können Chirurginnen und Chirurgen darauf hoffen, dass ihnen die Arme beim Operieren nicht mehr so schwer werden. →



Ferdinand Langer  
forscht zur Mensch-  
Maschine-Schnittstelle.

Ein neues Armassistenzsystem nimmt Chirurg\*innen bei Operationen die Last ab, die auf den Armen liegt.



## KONTAKT

PROF. DR. THOMAS MAIER  
Mail: [thomas.maier@iktd.uni-stuttgart.de](mailto:thomas.maier@iktd.uni-stuttgart.de) Telefon: +49 711 685 66060

FERDINAND LANGER  
Mail: [ferdinand.langer@iktd.uni-stuttgart.de](mailto:ferdinand.langer@iktd.uni-stuttgart.de) Telefon: +49 711 685 66206

Fotos: Uli Regenseit, Tobias Atzkern,  
Universität Stuttgart/IKTD

# INTELLIGENTE ASSISTENTEN FÜR OPERATIONEN

TEXT: CLAUDIA ZÖLLER-FUSS

**OP-Roboter sind seit fast 20 Jahren fester Bestandteil in deutschen Operationssälen. Warum es dennoch nicht ohne Chirurg\*innen geht und autonomes Operieren vorerst noch Science-Fiction ist, erklärt Prof. Peter P. Pott.**



Bevor das Gespräch startet, holt sich Prof. Peter P. Pott noch schnell einen Kaffee. Im Normalfall dauert dies wenige Minuten – nicht so beim Leiter des Instituts für Medizingerätetechnik (IMT). „Es ist schwierig, unbehelligt zur Kaffeemaschine zu kommen“, sagt er lachend, als er wieder zurück in seinem kleinen Büro ist. Seine Studierenden sind ihm wichtig; das merkt man sofort, wenn er etwa begeistert von einer kürzlich in der Presse besprochenen Bachelorarbeit einer Studentin erzählt. Sie hat ein robotisches Assistenzsystem mitentwickelt, genauer: einen OP-Schwester-Roboter, auch robotic scrub nurse genannt. Der Roboter reicht bei Operationen genau zum richtigen Zeitpunkt den Chirurg\*innen die Instrumente. Möglich macht dies Künstliche Intelligenz (KI). KI in den OP zu integrieren, ist einer von drei Forschungsschwerpunkten am Institut für Medizingerätetechnik (IMT), das Pott seit seiner Gründung 2017 leitet.

## SEIT 20 JAHREN LIEGT DIE MEDIZINROBOTIK IM TREND

Bereits seit Ende der 1990er Jahre sind Roboter Standard in vielen deutschen OP-Sälen. Anfangen hat es mit dem Hüftoperationsroboter Robodoc. Er gehörte zu den sogenannten automatischen Systemen und konnte – zumindest teilweise – selbstständig im OP agieren, indem er vorgegebenen Bewegungsmustern folgte. „Robodoc hat selbstständig nur einen einzigen Arbeitsschritt gemacht“, erklärt Pott. Damit war Robodoc zwar innovativ, sein Einsatz führte aber auch zu gravierenden Fehlern; denn viele operierte Menschen entwickelten nach dem Eingriff ein schiefes Gangbild, die sogenannte →

**Prof. Pott entwickelt mit seinem Team robotische Assistenzsysteme.**

Fotos: Giuliano Giacompo, Bha Aldan Al-Abboodi

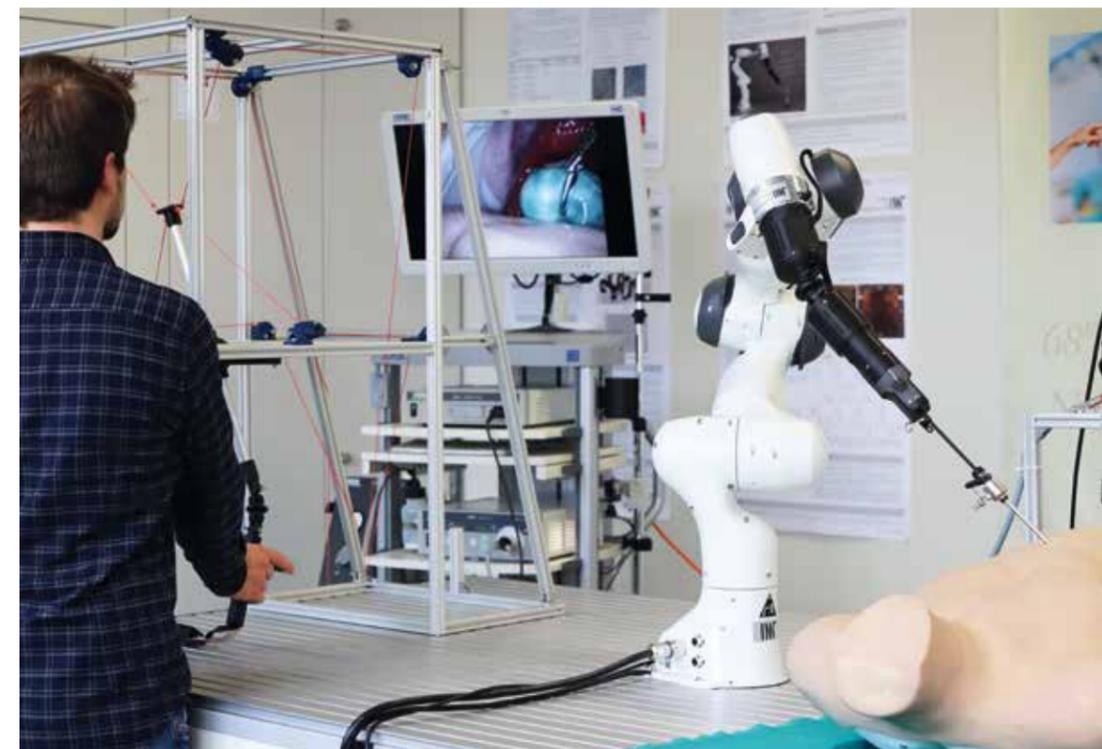
→ Robodoc-Hüfte. Damit war Robodoc passé, und eine Zeit lang wollte niemand mehr von einem Medizinroboter sprechen oder etwas davon hören. Auch heute, so erklärt Pott, spricht man nur noch von Assistenzsystemen – nicht von Robotern.

Seit 15 Jahren gibt es mit DaVinci ein sehr erfolgreiches System auf dem Markt. Es gehört zu den sogenannten Telemanipulationssystemen, an denen auch das IMT forscht. Anders als Robodoc agiert es nicht selbstständig, sondern wird von einer Chirurgin oder einem Chirurgen während der gesamten Operation über eine Steuerkonsole mit Joysticks gesteuert. „Es gibt gerade nirgendwo die Idee von menschenlosen OP-Sälen“, sagt Pott. „Es wird noch lange Operierende geben, die die Maschine steuern.“ Die Situation in den OPs ist also vergleichbar mit klassischen Operationsmethoden, hinzugekommen sind nur zwischengeschaltete Maschinen.

Die Vorteile dieser Systeme liegen vor allem in der besseren Sicht und Haltung für die Chirurg\*innen während der OP. Die Operierenden sitzen an der Operationskonsole und führen die Instrumente über die Steuerungseinheit. Durch einen 3D-Monitor entsteht ein stereoskopisches Bild. „Konzentration und Haltung werden dadurch erheblich verbessert – und das ist nicht zu unterschätzen“, sagt Pott. Nachteilig ist seiner Meinung nach, dass die Operierenden zwar alles sehen, aber nicht fühlen können – die Verbindung fehlt.

Dieses Problem versucht das IMT durch die Entwicklung mechatronischer Systeme zu lösen, die die Operierenden während des Eingriffs unterstützen; aber nicht „entfremden“. „Entfremdung kann man sich vorstellen wie bei einer Lokalanästhesie am Finger: Man sieht ihn, kann ihn vielleicht noch bewegen, spürt aber nichts, wenn man etwas berührt“, veranschaulicht Pott den Ansatz. Abhilfe soll beispielsweise eine IMT-Entwicklung schaffen, die die Kräfte misst, die bei einer Operation auf die Patient\*innen einwirken, und diese an die Operierenden zurückmeldet, beispielsweise durch eine Replikation in den Joystick. Dieser ist dafür mit kleinsten bidirektional funktionierenden Motoren ausgestattet, die Druck oder Widerstände mittels Kraft an den Operierenden weitergeben.

Nähe zum Menschen soll indirekt auch der zweite Forschungsansatz des IMT schaffen, der auf die kostengünstige Herstellung und damit auf die Verfügbarkeit von Telemanipulationssystemen abzielt. „Wenn die Technologie zwar hervorragend funktioniert, am Ende aber teuer ist, entwickeln wir nur für Industrieländer. Das schließt dann einen →



**Operation mit Assistent: Über ein Eingabegerät wird der Roboter gesteuert.**



Blick ins Robotiklabor  
am Institut für Medizin-  
gerätetechnik

→ Großteil der Menschen aus“, fasst Pott die Idee zusammen. Am IMT wird dieser Ansatz auch als „low cost“ bezeichnet. Billig, betont er, ist damit jedoch nicht gemeint. Vielmehr spiegelt es eine Haltung wider, die beispielsweise das Preislevel von Gesundheitssystemen in Schwellenländern bei Entwicklungen mitdenkt. So soll neue Technologie Patientinnen und Patienten weltweit erreichen.

KI im OP ist neben Patient\*innennähe und low cost der dritte Schwerpunkt des IMT. Der Fachkräftemangel macht sich besonders in Kliniken bemerkbar. „Früher hat man aus Kostengründen automatisiert; heute automatisiert man aus Personalmangel“, bringt Pott es auf den Punkt. Der Ansatz des IMT, Personal durch Assistenzsysteme zu entlasten, um damit ihre Kapazitäten für komplexe und wichtige Tätigkeiten frei zu halten, soll helfen, dieses Problem zu lösen.

Eines dieser Assistenzsysteme ist die bereits erwähnte robotic scrub nurse. Sie soll Operierenden die Instrumente auf genau die gleiche, vorrausschauende Art anreichen wie die OP-Assistenz – was leichter klingt, als es ist. Denn das Anreichen und Entgegennehmen

von Instrumenten und chirurgischem Verbrauchsmaterial geschieht meist unter hohem Zeitdruck und mit dem Wissen um die einzelnen Prozesse. „Die OP-Assistenz weiß auch ohne Ansagen genau, was die Operierenden gerade benötigen; die sind ein Team“, erklärt Pott. „Für einen Roboter, dem man erst sagen muss, was er tun soll, haben die Operierenden schlichtweg keine Zeit.“

Daneben muss die robotic scrub nurse eine Vielzahl weiterer Probleme lösen: die Unterscheidung zwischen sterilem und nicht sterilem Material, den begrenzten Platz im Operationsbereich, spezifische Vorlieben der jeweils operierenden Person und natürlich die Sicherheit des Personals. „Diese Herausforderungen versuchen wir mit Assistenzsystemen wie der robotic scrub nurse nachzubilden“, erklärt Pott. Mit einer Kamera betrachtet sie den gesamten Operationsbereich, analysiert alle Schritte der Operierenden und gleicht diese mit ihren Daten ab. So erkennt sie, in welcher Phase die OP gerade ist.

Kollaborative Roboterarme ermöglichen ein sicheres Zusammenarbeiten mit den Menschen auf engem Raum. „Die Forschung macht gerade große Schritte“, sagt Pott und ist sich sicher, dass die robotic scrub nurse und andere Assistenzsysteme künftig →

Prof. Peter P. Pott

**„Die OP-Assistenz weiß auch ohne Ansagen genau, was die Operierenden gerade benötigen; die sind ein Team.“**



Millimeterarbeit: Ein  
neuartiges System  
für den Einsatz im  
Darm

→ auch komplexere Aufgaben bewältigen und Operierende mit zunehmender Erfahrung auch seltenere Operationen mit ihnen durchführen werden. Er vermutet, dass künftig auch Augmented Reality (AR), die computergestützte Erweiterung der Realitätswahrnehmung, und spezielle, für Roboter entwickelte Instrumente eingesetzt werden. Auch eine Teilautonomie, vergleichbar mit einem Spurhalteassistenten im Auto, hält er für denkbar.

Die Verantwortung und das Operieren werden aber noch lange in Menschenhand bleiben, ist Pott überzeugt. „Die Zukunft wird autonom. Bis sie vollständig autonom ist, wird es allerdings noch dauern. In den nächsten 10 Jahren rechne ich nicht damit.“ →

#### KONTAKT

PROF. DR. PETER P. POTT Mail: [peter.pott@imt.uni-stuttgart.de](mailto:peter.pott@imt.uni-stuttgart.de) Telefon: +49 711 685 68390

Fotos: Max Schäfer, Giulano Giacoppo

Anzeige



# GEIGER

## ANTRIEBSTECHNIK

Der Name GEIGER Antriebstechnik steht weltweit für innovative Antriebslösungen im Bereich Sonnenschutz.

GEIGER ist ein „Hidden Champion“ der Branche und heute mit rund 250 Mitarbeitern zu einem der führenden Hersteller von mechanischen und elektrischen Antrieben für Rollläden, Markisen und Jalousien geworden.

Einen entscheidenden Anteil an unserem Erfolg tragen unsere Kolleginnen und Kollegen. Das größte Kapital eines Unternehmens sind die Mitarbeiter – das wissen wir!

Wir bieten Absolventen/Absolventinnen (m/w/d) folgende Stellen:

**Software-Entwickler:in**

**Konstrukteur:in**  
für elektrische Antriebe

**Hardwareentwickler:in**

**Qualitätsingenieur:in**  
Produktsicherheit

**ERP-Administrator:in**

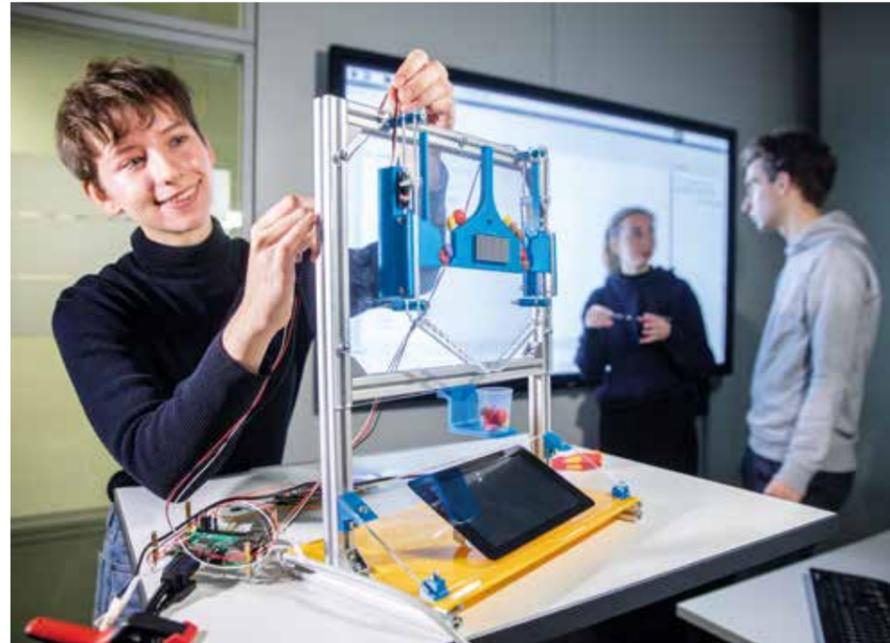
**IT-Administrator:in**

**Applikations-Ingenieur:in**  
SmartHome/Gebäudeautomation

# Eigenes Experimentieren im Studium fördern

TEXT: MIRIAM HOFFMEYER  
FOTOS: ULI REGENSCHEIT

**Besonders begabte Studierende können im Rahmen des Programms MEDtech-BIO eigene Projektideen entwickeln und umsetzen: von der Medikamentenabgabe für Alzheimer-Betroffene bis zur Forschung an Pigmenten mit antibakteriellen Eigenschaften.**



Die Studierenden arbeiten an einem neuen Modell für die Medikamentenabgabe an Alzheimerkranke.

Auf den ersten Blick sieht das Gerät aus wie eine Murmelbahn hinter Plexiglas. Wenn Feline Herrmann auf ein Touchpad tippt, beginnen zwei kleine Servomotoren zu arbeiten. Ein Smartie löst sich aus dem bunten Vorrat, gleitet auf einer Rutsche hinab und landet in einem kleinen Medikamentenbecher. Den Prototyp eines sogenannten Dispensers, der Alzheimerkranke an die Einnahme ihrer Medikamente erinnern soll, hat die Studentin der Medizintechnik zusammen mit zwei Kommilitoninnen und einem Kommilitonen gebaut. „Das Projekt ist eine tolle Chance für uns, schon im dritten Semester Praxiserfahrung zu sammeln, wir lernen hier extrem viel“, sagt David Kreckmann.

Mit der Dispenser-Idee bewarb sich die Vierergruppe zum Wintersemester 2022/23 erfolgreich für die MEDtechBIO der „School for Talents“ – ein Angebot der Universität Stuttgart für besonders leistungsstarke Studierende, das im Rahmen der Exzellenzstrategie des Bundes und der Länder durch die Deutsche Forschungsgemeinschaft gefördert wird. Die School for Talents umfasst derzeit neun Fakultätsprojekte sowie das „Annual Program“, in dem Studierende fächerübergreifend an innovativen Projekten zusammenarbeiten. Neben der fachlichen Weiterbildung werden dabei auch Coachings zur Persönlichkeitsbildung angeboten.

## GEMEINSAM VON DER ERSTEN IDEE BIS ZUM ERGEBNIS

An der MEDtechBIO haben seit 2020 fast 30 Bachelor- und Masterstudierende der Medizintechnik und der Technischen Biologie teilgenommen. Sie sammeln Projekterfahrung, werden auf Wettbewerbe vorbereitet und haben die Möglichkeit, erste Publikationen zu schreiben. Geleitet wird die MEDtechBIO von Prof. Peter P. Pott, Leiter des Instituts für Medizingerätetechnik (imt), und Jun. Prof. Michael Heymann vom Institut für Biomaterialien und Biomolekulare Systeme (IBBS). „Ziel ist, dass die Studierenden lernen, wie sie ihr theoretisches und praktisches Wissen nutzbar machen können“, sagt Heymann. →

→ „Auf dem Weg von der Idee bis zum Ergebnis brechen sie ihr Projekt in viele kleine Schritte herunter und suchen selbstständig nach Lösungen. Zugleich sammeln die Studierenden wichtige Erfahrungen mit Teamarbeit und erleben den Erfolg, gemeinsam etwas zu erreichen.“

Die vier Studierenden der Dispenser-Gruppe bauten zunächst einen Süßstoff-Spender auseinander und entwarfen nach diesem Vorbild ein an Smartie-Maßstäbe angepasstes Modell. Einige Bauteile schnitten sie mit dem Lasercutter zurecht, andere modellierten sie für den 3D-Drucker. Jetzt arbeitet die Gruppe an einer besonders raffinierten Eigenschaft ihres Prototyps: der Programmierung kleiner Merk- und Rechenaufgaben, die am Touchpad bearbeitet werden sollen, bevor – gewissermaßen zur Belohnung – das Medikament ausgegeben wird. Diese Minitests sollen nicht nur Spaß machen und das Gehirn trainieren, sondern zugleich täglich Daten über den Fortschritt der Alzheimerkrankheit erheben. „Auf diese Weise wird eine sehr genaue individuelle Verlaufsdiagnostik möglich“, erläutert David Kreckmann.

## NEUES AUSPROBIEREN UND WERTVOLLE ERFAHRUNGEN SAMMELN

Ein anderes aktuelles Projekt der MEDtechBio ist die Forschung an Pigmenten mit antibakteriellen Eigenschaften. Acht Bachelor- und Masterstudierende der Technischen Biologie arbeiten daran, Melanin und Karminsäure mit Bakterien und Hefen herzustellen. Die so gewonnenen Pigmente könnten zum Beispiel in veganen Lippenstiften oder in Verbänden zur Förderung der Wundheilung verwendet werden. Derzeit wird der rote Farbstoff Karminsäure aus getrockneten Cochenilleläusen gewonnen, das dunkle Eumelanin aus dem Tintenbeutel von Tintenfischen. In der industriellen Produktion werden meist Ersatzstoffe genutzt, von denen aber einige im Verdacht stehen, krebserregend zu sein.

Fast täglich trifft sich die Gruppe im Labor am Institut für Biomaterialien und Biomolekulare Systeme, um ihre anspruchsvollen Experimente weiterzuführen. „Wir helfen und motivieren uns gegenseitig, alle steuern Ideen bei“, meint die Bachelorstudentin Fatma Caliskan. Die Studierenden isolieren Läuse-DNA, vervielfältigen sie mit PCR-Geräten und bauen die DNA-Fragmente in Plasmide ein – ringförmige doppelsträngige DNA-Moleküle, die von Coli-Bakterien aufgenommen werden können. „Wenn alles geklappt hat, produzieren die Bakterien ein Enzym, das wir nachweisen können“, erklärt Fatma Caliskan. Sowohl beim Einbau der DNA ins Plasmidgerüst als auch beim Nachweis des Enzyms sind noch einige Schwierigkeiten zu überwinden, aber das stört die Gruppe nicht. „In den Laborpraktika im Studium machen wir Experimente, deren Ablauf vorher feststeht“, sagt Fatma Caliskan. „Hier probieren wir etwas Neues aus und können unsere Experimente selbstständig planen. Das ist eine tolle Erfahrung!“ →

Eine MEDtechBIO-Gruppe forscht an Pigmenten mit antibakteriellen Eigenschaften.

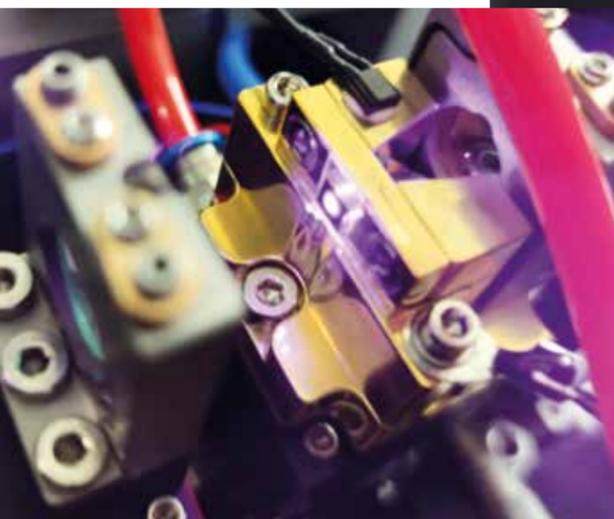
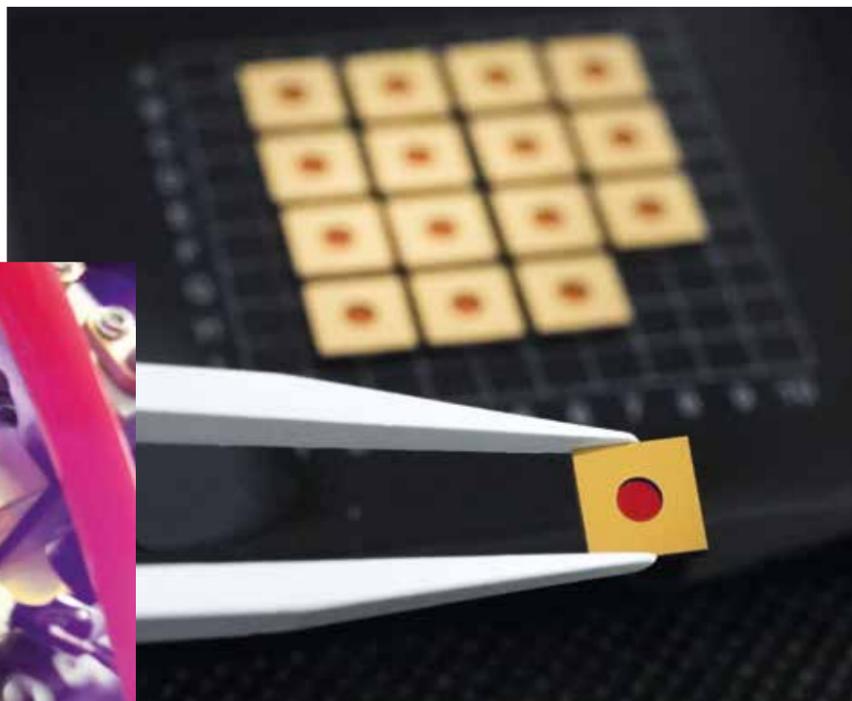


## KONTAKT

JUN. PROF. MICHAEL HEYMANN  
Mail: [michael.heyman@bio.uni-stuttgart.de](mailto:michael.heyman@bio.uni-stuttgart.de)  
Telefon: +49 711 685 61686

# Besondere Kristalle für die Biomedizin

Qualitätssicherung: In einem Testmodul werden Lasekristalle genau geprüft.

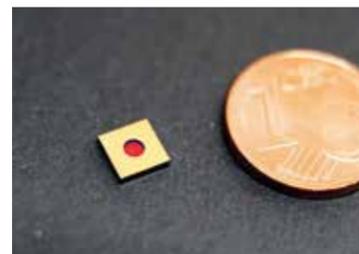


TEXT: JACQUELINE GEHRKE

**Ein Start-up der Universität Stuttgart schafft mit Laserkristallen neue Möglichkeiten für biomedizinische Zellanalysen. Die Gründer von Twenty-One Semiconductors begeisterten sich schon im Physikstudium für Lasertechnologie.**

Mit fünf auf fünf Millimetern ist der Kristall kleiner als eine 1-Cent-Münze. Doch so klein er auch sein mag, kann er doch Großes bewirken – etwa für Krebspatient\*innen. Denn dieser winzige Membrane external cavity Laser (MEXL) -Kristall bildet das Herzstück von Lasern, mit denen die Wirksamkeit von Therapien geprüft werden kann. Die neuartigen Halbleiter-Membran-Laser für biomedizinische Anwendungen entwickelt das Start-up Twenty-One Semiconductors (21S), ein Spin-off der Universität Stuttgart. Die Unternehmensgründer Dr. Roman Bek und Norbert Witz-Haszler, beide Alumni der Universität, schaffen damit neue Möglichkeiten für Diagnose und Therapie, zum Beispiel bei Krebserkrankungen.

Laser erzeugen Licht in unterschiedlichen Farbspektren. Für biomedizinische Zellanalysen ist der gelbe Spektralbereich besonders interessant, um einen höheren →



Winzige MEXL-Kristalle sind das Herzstück von Lasern für biomedizinische Zellanalysen.

→ Informationsgehalt über die Anzahl erkrankter und gesunder Zellen auslesen zu können. „Während einer Therapie erfolgen solche Zellanalysen regelmäßig, um das Verhältnis gesunder und erkrankter Zellen zu ermitteln und so Rückschlüsse auf die Wirksamkeit der Therapie zu ziehen“, erklärt Bek, Technikvorstand bei 21S.

## NEUE LASERKRISTALLE VERBESSERN ZELLANALYSE

„Das Alleinstellungsmerkmal unserer MEXL-Kristalle ist, dass mit ihrer Hilfe kompakte Lasersysteme mit Emission im gelben Spektralbereich hergestellt werden können“, sagt Geschäftsführer Witz-Haszler. Viele in der Biomedizin verwendete Laser emittieren Licht im sichtbaren Spektralbereich zwischen 300 und 700 Nanometern. Um Laser beispielsweise im roten oder blauen Bereich zu erzeugen, gibt es sehr gut entwickelte Halbleitertechnologien. Allerdings klafft auf dem Spektrum im grün-gelben Bereich eine Lücke, die sogenannte Yellow Gap. „Das liegt daran, dass es materialbedingt sehr schwierig ist, effiziente Halbleiter-Laser herzustellen, die gelbes Licht emittieren“, erklärt Witz-Haszler. „Gerade für biomedizinische Zellanalysen können damit aber essenzielle Informationen über erkranktes Zellgewebe gewonnen werden. Mit unserer MEXL-Technologie lassen sich kompakte Lasersysteme für den grün-gelben Spektralbereich herstellen, die es ermöglichen, an genau diese Informationen zu gelangen.“



Die Unternehmensgründer Norbert Witz-Haszler (l.) und Dr. Roman Bek



## VOM PHYSIKSTUDIUM ZUR START-UP-GRÜNDUNG

Die Gründer Norbert Witz-Haszler und Dr. Roman Bek haben Physik an der Universität Stuttgart studiert und sich schon damals für Halbleiter- und Lasertechnologien begeistert. Ende 2018 begannen sie, ihre Idee von einem eigenen Unternehmen zu verwirklichen. „Zu Beginn haben wir ausschließlich Halbleiterschichten hergestellt und verkauft“, sagt Witz-Haszler. Im Rahmen eines EXIST-Gründerstipendiums erhielten sie finanzielle Unterstützung sowie auch einen kostenfreien Zugang zu Laboren und Maschinen am Institut für Halbleiteroptik und Funktionelle Grenzflächen (IHFG) der Universität Stuttgart.

Im Mai 2019 gründeten die beiden Physiker schließlich die Twenty-One Semiconductors GmbH. „Bereits Ende 2019 waren wir in der Lage, uns mit unseren Umsätzen selbst zu finanzieren“, sagt Bek. Ende 2020 erhielten sie für die Entwicklung der MEXL-Kristalle zum fertigen Produkt schließlich noch eine Finanzierung durch den High-Tech Gründerfonds.

„Das Schöne an unserer Arbeit ist, dass wir Gelerntes anwenden, um Technologien auf den Weg zu bringen, die Gutes bewirken“, so Witz-Haszler. Ihre Laserkristalle verkaufen die beiden Jungunternehmer zu 95 Prozent an Hersteller im biomedizinischen Bereich. Momentan arbeiten sie daran, den Produktionsprozess zu standardisieren. Außerdem wollen sie andere Anwendungsbereiche erschließen. Witz-Haszler blickt zuversichtlich in die Zukunft: „Ich denke, dass wir mit unserer Technologie noch nicht am Ende der Fahnenstange angekommen sind. Damit lässt sich noch sehr viel machen.“ →

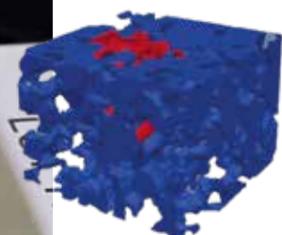
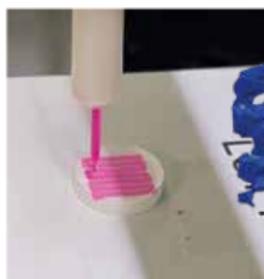
Norbert Witz-Haszler

**„Das Schöne an unserer Arbeit ist, dass wir Gelerntes anwenden, um Technologien auf den Weg zu bringen, die Gutes bewirken.“**

## KONTAKT

TWENTY-ONE SEMICONDUCTORS  
Mail: [info@21semiconductors.com](mailto:info@21semiconductors.com) Telefon: +49 711 685 69849

# MEDIKAMENTE AUS DEM DRUCKER



Versuche für exakte Dosierungen: Gefärbte Wassertropfen werden auf eine Tablette aufgebracht.

TEXT: FLORIAN BAYER

**Spezielle Drucker sollen es ermöglichen, Wirkstoffe künftig exakt dosiert auf Tabletten zu drucken. In dem ERC-Projekt „Printing personalized medicines on demand“ (PrintMed) erarbeiten Forschende der Universität Stuttgart die Grundlagen dafür.**

Die allermeisten Medikamente werden in Standardgrößen nach dem Prinzip „one size fits all“ verkauft. Schmerztabletten gibt es etwa in Dosierungen von 200, 400 und 600 Milligramm. Manchmal kann man die Tabletten entlang einer Rille noch brechen, auch abgezählte Tropfen sind bei flüssigen Wirkstoffen eine Möglichkeit zur genaueren Dosierung. Was aber, wenn man Wirkstoffe noch genauer dosieren muss? Hier setzt die Forschung von Prof. Majid Hassanizadeh, Prof. Rainer Helmig und Prof. Oliver Röhrle von der Universität Stuttgart an. In ihrem ERC-Projekt „PrintMed“ forschen sie gemeinsam an einer Methode, wie bestimmte „Drucker“ – im Prinzip vergleichbar mit Tintenstrahldruckern – eine bestimmte Stärke des Wirkstoffs auf Tabletten auftragen können. So sollen Patientinnen und Patienten je nach Alter, Geschlecht, Gewicht und Diagnose die jeweils richtige Dosis erhalten.

Das Projekt befindet sich noch am Übergang von der Theorie in die Praxis. Der Strömungsmechaniker Hassanizadeh, eigentlich Senior Professor an der Universität Utrecht/Niederlande, beschäftigt sich dabei vor allem mit den physikalischen Hintergründen von Wirkstoffen und Tablettengrundstoffen, wohingegen die Modellierer Helmig und Röhrle sich vor allem mit mathematischen Simulationen befassen. Ihre Aufgabe ist alles andere als trivial. Denn die Wirkstoffe sollen als winzige Tröpfchen auf die Oberfläche des Tabletten-Rohlings gespritzt werden und dann in ihn hineinsickern. Eine Frage dabei ist etwa, wie das Pulver der Tablette beschaffen sein muss: Ist es zu porös, bricht die Tablette frühzeitig auseinander. Ist es zu hart, könnten die Tröpfchen nicht ins Innere vordringen.

Im bereits abgeschlossenen ERC Proof of Concept Grant, den Hassanizadeh für das Projekt erhalten und gemeinsam mit Hamed Aslannejad bearbeitet hat, wurde eine erste Version der Tabletten-Rohlinge entwickelt, die künftig bedruckt werden könnten. Durch theoretische Simulationen mit Supercomputern sowie unzählige praktische Experimente, die mit hochpräziser Bildgebung beobachtet werden, konnten die Forscher ein Tablettenspulver erzeugen, das weder zu porös noch zu fest ist. Es gelang ihnen zudem, die richtigen Parameter für die Bedruckung zu finden, etwa hinsichtlich der Luftströmung beim Druckvorgang. →

## → ENORMES POTENZIAL FÜR PERSONALISIERTE MEDIZIN

Erste Tests mit dem Wirkstoff Clonidin waren erfolgreich. Clonidin wird unter anderem zur Behandlung von Bluthochdruck, aber auch von erhöhtem Augeninnendruck eingesetzt. Die Studien ergaben eine Freisetzungzeit von weniger als 15 Minuten des Wirkstoffs in der Tablette – ein Ergebnis, mit dem die Forscher zufrieden sind.

„Additive Fertigungstechnologien wie der von uns untersuchte maschinelle Druck haben ein enormes Potenzial, die personalisierte Medizin zu verändern“, sagt Majid Hassanizadeh. „Besonders der Flüssigdruck ermöglicht eine schnelle und exakte Abgabe von flüssigen Wirkstoffen.“ Hassanizadeh, gebürtiger Iraner, forscht bereits seit fast 20 Jahren immer wieder an der Universität Stuttgart und ist deren Ehrendoktor. Und er arbeitet schon lange eng mit Rainer Helmig zusammen.

„Durch den intensiven wissenschaftlichen Austausch der letzten zwei Jahrzehnte hatten wir das große Glück, neben der Ausbildung von tollen jungen Forscherinnen und Forschern, ganz neue Forschungsfelder in Bezug auf poröse Medien zu erschließen“, sagt Helmig. Wie auch sein Kollege Oliver Röhrle weist er besonders auf die enge, interdisziplinäre Zusammenarbeit mit Majid Hassanizadeh im Exzellenz-Cluster „Datenintegrierte Simulationswissenschaft“ (SimTech) im internationalen Graduiertenkolleg „Non-linearities and upscaling in porous media“ (NUPUS) und im Sonderforschungsbereich „Grenzflächengetriebene Mehrfeldprozesse in porösen Medien – Strömung, Transport und Deformation“ (SFB 1313) hin.

Die Forschenden setzen nun alles daran, dass die Drucker schon bald zielgerichtete und genau abgestimmte Medikamente künftig direkt in der Apotheke oder im Krankenhaus produzieren können. Bereits 2024 oder 2025, so die Hoffnung, könnte es so weit sein. →



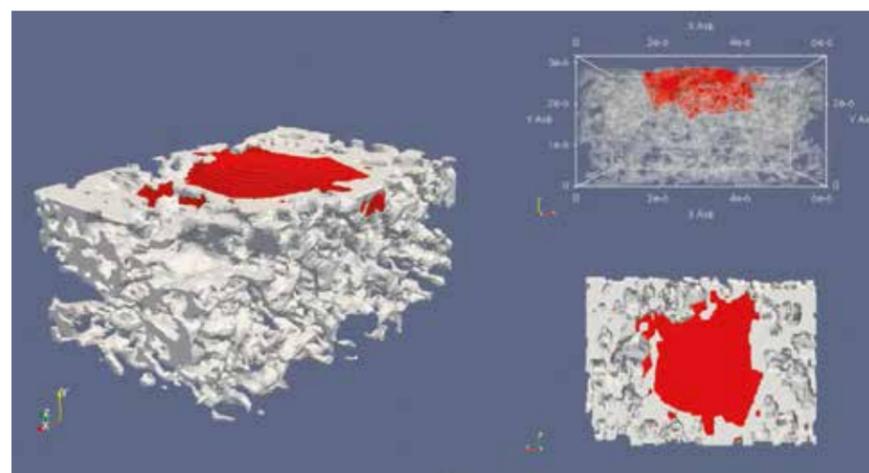
Strömungsmechaniker Prof. Majid Hassanizadeh

## KONTAKT

PROF. DR. RAINER HELMIG  
Mail: [rainer.helmig@ivs.uni-stuttgart.de](mailto:rainer.helmig@ivs.uni-stuttgart.de)  
Telefon: +49 711 685 64741

PROF. OLIVER RÖHRLE  
Mail: [roehrl@simtech.uni-stuttgart.de](mailto:roehrl@simtech.uni-stuttgart.de)  
Telefon: +49 711 685 66284

PROF. DR. MAJID HASSANIZADEH  
Mail: [S.M.Hassanizadeh@uu.nl](mailto:S.M.Hassanizadeh@uu.nl)



Flüssigkeit dringt in poröses Substrat ein.

Fotos: Universität Utrecht, Uli Regenscheid

Anzeige

**Fraunhofer**  
IPA

Fraunhofer-Institut für Produktionstechnik und Automatisierung IPA

Wissenschaft und Wirtschaft  
in einem Job geht nicht.

# DOCH.

Finden Sie es heraus bei Fraunhofer.

Das Fraunhofer IPA gehört zu den größten Standorten für angewandte Forschung und Entwicklung. Organisatorische und technologische Aufgabenstellungen aus der Produktion machen unsere Forschungs- und Entwicklungsschwerpunkte aus. Täglich befassen wir uns mit Zukunftsthemen wie Künstliche Intelligenz für die Produktion, Digitale Transformation oder die resiliente Wertschöpfung.

Sie möchten Zukunft gestalten?  
Dann bewerben Sie sich jetzt.



[https://www.ipa.fraunhofer.de/de/jobs\\_karriere.html](https://www.ipa.fraunhofer.de/de/jobs_karriere.html)



# Die Chancen-Nutzerin

Prof. Laura Na Liu arbeitet mit ihrem Team an der Grenze zwischen Nanophotonik und DNA-Nanotechnologie.



TEXT: MICHAEL VOGEL  
FOTOS: MAX KOVALENKO

**Laura Na Liu stammt aus China und ist als Wissenschaftlerin auf dem Gebiet der DNA-Nanotechnologie international renommiert. In Stuttgart leistet sie Grundlagenforschung, die in Zukunft auch der Medizin zugutekommen könnte.**

Die Natur hat viele Dinge ideal gelöst. Zellen sind ein Beispiel dafür: In ihnen arbeitet die perfekt abgestimmte Maschinerie des Lebens. Zellen können wachsen, sich teilen, sich fortbewegen, sie haben einen Stoff- und Energiewechsel, sie reagieren auf Reize. „Wir wollen entscheidende Eigenschaften und Funktionen von Zellen nachahmen“, sagt Laura Na Liu. Die Physikerin will künstliche Nanosysteme entwickeln, indem sie von natürlichen Vorbildern lernt – Bionik in der Nanowelt. Liu ist seit 2020 Professorin an der Universität Stuttgart und leitet das 2. Physikalische Institut. Ihre 15-köpfige Arbeitsgruppe forscht →



Fingerspitzengefühl gefragt: Die Forschenden erstellen Proben mithilfe von Nanotechnologie.

→ an der Grenze zwischen Nanophotonik, der Manipulation des Lichts mit nanometergroßen Strukturen, und DNA-Nanotechnologie.

Zum Beispiel haben sie und ihr Team sich von der Arbeitsweise des Enzyms ATP-Synthase inspirieren lassen, das sehr energieeffizient Wasserstoffionen durch Zellmembranen transportieren kann. Das Enzym arbeitet ähnlich einem Motor, der eine Pumpe antreibt. Als Bausteine für die Nachahmung dieses molekularen Motors dienen DNA-Stränge, die Liu Team auf geschickte Weise aneinander anlagert und faltet. So entstehen neue Molekülbindungen zwischen den DNA-Strängen und in der Folge die gewünschte Gesamtstruktur, die zwei- oder dreidimensional sein kann. „Es ist ein bisschen wie bei der Herstellung eines Pullovers“, verdeutlicht Liu. „Man hat zunächst viele Einzelfäden und verwebt diese so geschickt miteinander, dass die gewünschte Form entsteht.“

Neben diesem Ansatz verfolgt Liu Team einen weiteren: Mit Verfahren der Halbleitertechnologie fertigt es metallische Nanostrukturen, die zum Beispiel mit einem funktionalen Polymer überzogen werden. Die optischen Eigenschaften dieser hybriden Strukturen lassen sich über eine angelegte elektrische Spannung steuern. Liu Grundlagenforschung könnte eines Tages zu neuartigen winzigen, aber hochempfindlichen Sensoren führen – oder zu neuen Verfahren, wie sich Wirkstoffe im menschlichen Körper gezielt an den gewünschten Ort transportieren lassen.

Liu wurde vielfach ausgezeichnet und gefördert: von der Deutschen Physikalischen Gesellschaft, der Deutschen Forschungsgemeinschaft, der Max-Planck-Gesellschaft, der EU, der Alexander von Humboldt-Stiftung, der European Optical Society und der Optical Society (heute Optica). In Stuttgart gehört sie dem Koordinierungsteam des Profilsbereichs „Biomedizinische Systeme“ an, in dessen Rahmen Fakultäten interdisziplinär zusammenarbeiten, nicht zuletzt, um das Interesse des wissenschaftlichen Nachwuchses für dieses spannende Forschungsfeld zu wecken.

## VOM NORDOSTEN CHINAS BIS IN DEN SÜDWESTEN DEUTSCHLANDS

Liu wurde 1979 in Shenyang im Nordosten Chinas geboren. 700 Kilometer sind es von dort nach Peking, 250 bis zur nordkoreanischen Grenze, vier Flugstunden bis Hongkong, 18 bis Stuttgart. In der weiterführenden Schule zeigte sich zwar Lius Talent für Physik, aber ein entsprechendes Studium war erst nicht ihr Ziel. Sie nahm schließlich doch einen Bachelor-Studiengang Physik an einer Universität in einer benachbarten Stadt auf und absolvierte später ihr Master-Studium in Hongkong.

Gegen Ende des Studiums stand Lius Entschluss fest, für eine Promotion ins Ausland zu gehen: „Ich wollte die Welt da draußen sehen.“ Die USA und Singapur waren mögliche Ziele. Doch dann besuchte sie ein Freund, der in Stuttgart promovierte. „Er →

→ erzählte mir, wie gut es ihm in der Arbeitsgruppe gefalle und dass Europa durch die vielen Kulturen interessant zum Reisen sei“, sagt Liu.

Die besagte Arbeitsgruppe war die von Harald Gießen, Professor und Leiter des 4. Physikalischen Instituts. Nach nur einem Telefonat mit Gießen hatte Liu die Zusage für die Promotionsstelle. „Er ließ mir dann die volle Freiheit in meinem Tun“, sagt sie. „Wenn mich etwas interessierte, konnte ich es machen.“ Dieser Ansatz war wohl nicht der schlechteste: Drei Publikationen sollten aus der Promotion hervorgehen, elf wurden es.

An ihren Wechsel nach Europa erinnert sich allerdings als einen „Kulturschock“. Sie wusste nichts über Stuttgart, kannte gerade mal die Namen der hiesigen Automarken. „Mein erster Sonntag in der Innenstadt nach der Ankunft war verstörend“, erinnert sie sich. „Wo waren all die Leute? Die Geschäfte hatten alle geschlossen. Ich bin in Asien aufgewachsen. Ich war es gewohnt, Menschen zu sehen, ständig, überall.“ Zum Glück sei die Atmosphäre in ihrer Arbeitsgruppe sehr gut und international gewesen – das half ihr bei der Eingewöhnung.

#### ANSTOSS FÜR NEUEN FORSCHUNGSSCHWERPUNKT IN DEN USA

Gegen Ende von Lius Doktorarbeit kam der damals an der University of California in Berkeley beschäftigte Chemiker Paul Alivisatos nach Stuttgart, um einen Vortrag über die Synthetisierung von Nanostrukturen aus molekularen Bausteinen zu halten. Liu kam nach seinem Vortrag mit ihm ins Gespräch, und er lud sie vom Fleck weg ein, Postdoc in seiner Arbeitsgruppe zu werden. Für sie tat sich nochmals eine völlig neue Welt auf, weil die Herangehensweise an die Herstellung der Nanosysteme eine ganz andere war. „Diese Zeit war der Trigger für meinen heutigen Forschungsschwerpunkt“, sagt Liu.

An die Zeit in Berkeley schloss sich eine weitere Postdoc-Phase an der Rice University in Houston, Texas, an. „Dort, bei Naomi Halas, ebenfalls eine renommierte Nanophotonik-Forscherin, lernte ich, dass weder Erfolg ewig anhält noch Fehler fatal sein müssen, sondern dass Courage, Ausdauer und Begeisterung entscheidend sind.“

#### FORSCHUNG AM MAX-PLANCK-INSTITUT

Letztlich blieb Liu rund drei Jahre in den USA, dann kehrte sie nach Deutschland zurück. „Ich bekam am Max-Planck-Institut für Intelligente Systeme die Leitung einer finanziell unabhängigen Arbeitsgruppe angeboten, das war zu verlockend.“ Überhaupt seien →

#### Prof. Laura Na Liu

„Bot sich eine  
Gelegenheit, habe  
ich sie ergriffen.“



Laura Na Liu leitet das 2. Physikalische Institut der Universität Stuttgart und ist eine führende Wissenschaftlerin auf dem Gebiet der Metamaterialien.

#### Prof. Laura Na Liu

„Letztlich ist Stuttgart meine zweite Heimat geworden.“

→ die Institute der Max-Planck-Gesellschaft „ein Paradies“ für Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler. Man arbeite hier an renommierten Forschungseinrichtungen, die Spitzenforschung und äußerst attraktive Kollaborationen ermöglichen.

Neben dem Stellenangebot gab es auch private Gründe für die Rückkehr nach Stuttgart: Lius Mann, ebenfalls ein Physiker, den sie während des Studiums in China kennengelernt und geheiratet hatte, arbeitete in Europa. Inzwischen ist er an der Stuttgarter Außenstelle des Max-Planck-Instituts für medizinische Forschung beschäftigt.

Nach drei Jahren als Leiterin der Max-Planck-Gruppe wechselte Liu 2015 auf eine Professur an die Ruprecht-Karls-Universität Heidelberg, von wo aus sie 2020 an die Universität Stuttgart berufen wurde, zurück zu ihren Wurzeln in Deutschland. Geplant war das alles nicht. „Es ist einfach so geschehen“, sagt Liu rückblickend. „Bot sich eine Gelegenheit, habe ich sie ergriffen.“ Sie habe immer Stellen gesucht, die ihr viele Freiheiten boten. „Letztlich ist Stuttgart meine zweite Heimat geworden.“ →



Im Podcast "Made in Science" der Universität Stuttgart spricht Laura Na Liu über die Bedeutung der Nanotechnologie und gibt jungen Wissenschaftler\*innen Tipps.

#### KONTAKT

PROF. DR. LAURA NA LIU  
Mail: [na.liu@pi2.uni-stuttgart.de](mailto:na.liu@pi2.uni-stuttgart.de) Telefon: +49 711 685 65218

# EIN VIELFÄLTIG ENGAGIERTER INGENIEUR



Foto: Carl-Zeiss-Stiftung

TEXT: MIRIAM HOFFMEYER

**Nach seinem Studium an der Universität Stuttgart arbeitet der Medizintechniker Lukas Findeisen an den Schnittstellen zwischen Wissenschaft und Gesellschaft.**

Die Frage, wie neue Technologien zu einer gerechteren und gesünderen Gesellschaft beitragen können, beschäftigt Lukas Findeisen seit dem ersten Semester seines Medizintechnik-Studiums. „Ich glaube, dass Ingenieur\*innen eine große gesellschaftliche Verantwortung haben“, sagt der 30-Jährige, der seit Ende 2021 als Programm-Manager für Künstliche Intelligenz (KI) und Life Science Technologies (LST) bei der Carl-Zeiss-Stiftung in Stuttgart arbeitet. Dort hat er die neue Zehn-Jahres-Strategie der Stiftung mitentwickelt. „Die Arbeit an der Kreuzung von Politik, Wissenschaft und Wirtschaft ist enorm spannend“, findet Lukas Findeisen.

Die neue Förderstrategie umfasst die Themenschwerpunkte KI, LST und Ressourceneffizienz. Jeder dieser Schwerpunkte habe vier Handlungsfelder, erläutert der Medizintechniker: „Im Fall von Life Science Technologies sind das Sensorik, Oberflächen, Daten und Synthetik. Beispiele für dazu passende Projekte wären etwa Diagnose-Roboter zum Schlucken, Oberflächen von Implantaten, die KI AlphaFold, mit der sich Proteine designen lassen, oder die Herstellung von Gewebestücken, die zur Entwicklung personalisierter Medikamente genutzt werden.“ In den vier Handlungsfeldern werden einerseits Forschungsprojekte an Universitäten, andererseits Transferprojekte an Fachhochschulen gefördert. Die ersten Ausschreibungen im Bereich Sensorik laufen bereits. „Ich mache die formelle Prüfung der Anträge und begleite sowohl die Auswahl als auch die Umsetzung der Projekte“, sagt Findeisen, der auch für 21 noch laufende Förderprojekte zuständig ist: „Dadurch bekomme ich Einblicke in sehr breit gefächerte Themen der Spitzenforschung, das ist eine unglaubliche Bereicherung!“

Lukas Findeisen wuchs in Bochum auf und zog 2012 in den Südwesten, um das gemeinsame Bachelorprogramm Medizintechnik der Universitäten Stuttgart und Tübingen zu absolvieren. Seinen Masterabschluss machte er 2020 an der Universität Stuttgart. „Ich habe nicht nur eine sehr gute fachliche Ausbildung bekommen und viele technische Skills erlernt, sondern auch tolle Menschen wie meinen Bachelorvater Prof. Stephan Nussberger kennengelernt“, sagt Lukas Findeisen. „Im Bachelorstudium waren wir erst der zweite Jahrgang. Ich habe mich damals bei der Gründung der Fachschaft engagiert und bin sehr dankbar, dass wir so viel Freiraum hatten! Ob es um die Ausgestaltung des Curriculums ging oder die Auswertung der Qualität der Lehre, wir Studierenden waren überall miteinbezogen.“

Bevor er zur Carl-Zeiss-Stiftung wechselte, war Findeisen knapp zwei Jahre lang Manager für Innovations- und Digitalisierungsprojekte beim baden-württembergischen Landesverband des Deutschen Roten Kreuzes, den er weiterhin berät. Ehrenamtlich engagiert er sich für die von ihm mitgegründete Organisation „Decentrale“, die aus feministischer Perspektive Workshops und andere Lernformate zu Themen wie Intersektionalität oder integrative Führung entwickelt. „Ich bin überzeugt, dass Gruppen mit fairer Machtverteilung bessere Entscheidungen treffen“, sagt Findeisen. „Die Gesamtverteilung der Rollen zu hinterfragen, damit es besser für alle wird – das ist eine der großen Aufgaben für unsere Generation.“ →

Lukas Findeisen

**„Ich bin überzeugt, dass Gruppen mit fairer Machtverteilung bessere Entscheidungen treffen.“**



Universität Stuttgart

Impressum**HERAUSGEBER**

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

**REDAKTION**

Lydia Lehmann (komm. Leitung),  
Andrea Mayer-Grenu (Chefredaktion),  
Bettina Wind, Claudia Zöller-Fuß,  
Jacqueline Gehrke,  
Fazit Communication GmbH

**KONZEPT**

Fazit Communication GmbH  
www.fazit.de

**GESTALTUNG**

3st kommunikation GmbH  
www.3st.de

**ÜBERSETZUNG**

Proverb oHG

**ANZEIGEN**

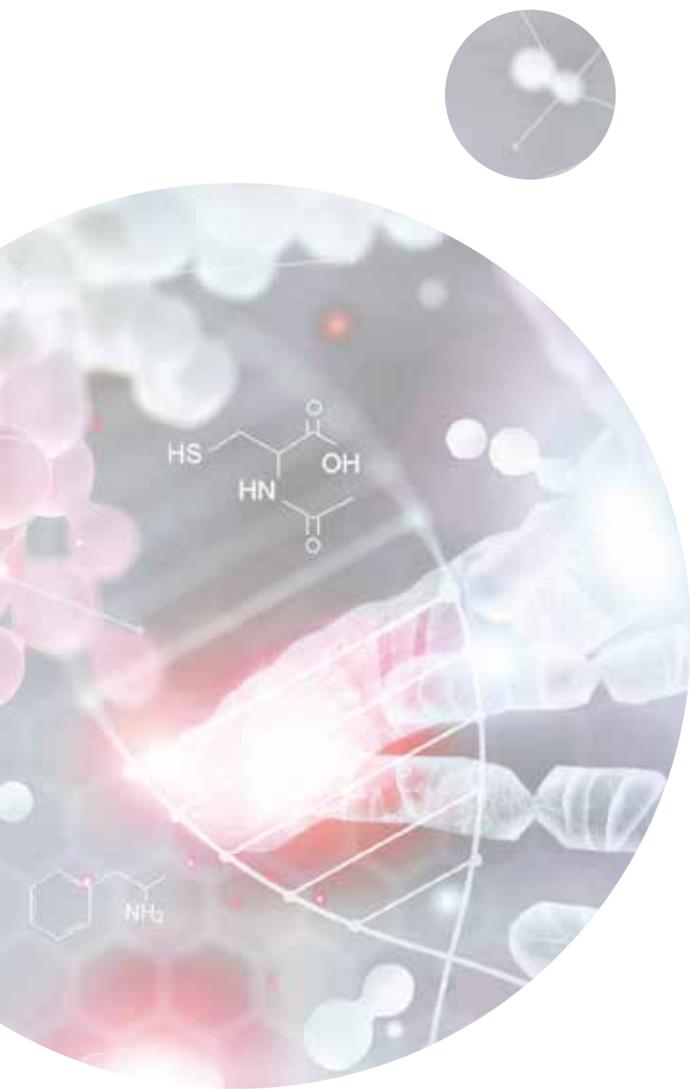
vmm wirtschaftsverlag gmbh & co.kg  
Barbara Vogt  
b.vogt@vmm-wirtschaftsverlag.de  
www.vmm-wirtschaftsverlag.de

**DRUCK**

Druckerei Silber Druck oHG

**ZUR ONLINEAUSGABE**

www.uni-stuttgart.de/  
forschung-leben



**Universität Stuttgart**  
Keplerstraße 7  
70174 Stuttgart  
[www.uni-stuttgart.de](http://www.uni-stuttgart.de)