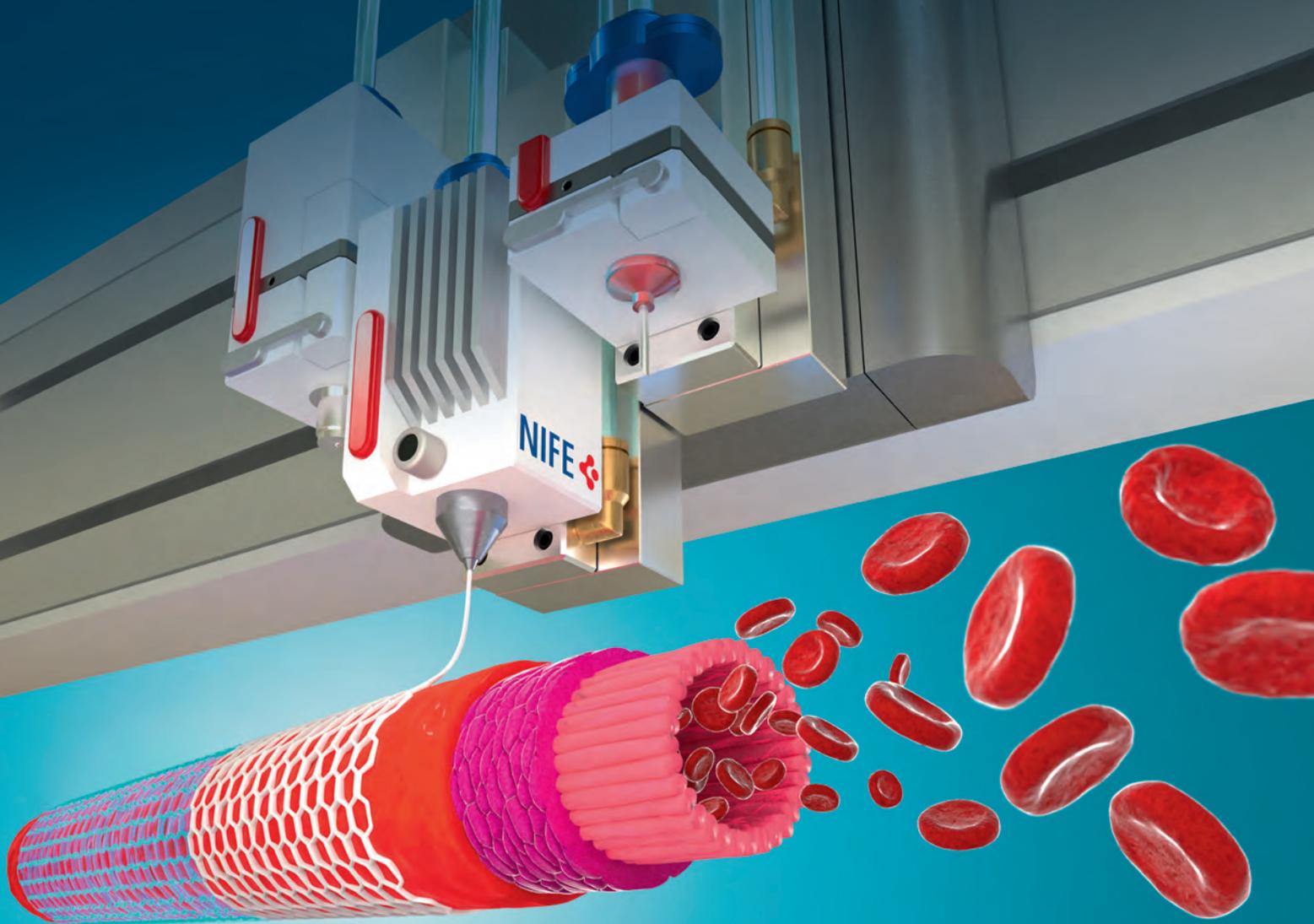


Unimagazin

Forschungsmagazin der Leibniz Universität Hannover
Ausgabe 01|02 • 2023

11
102
1004

Leibniz
Universität
Hannover



NIFE – Niedersächsisches Zentrum für
Biomedizintechnik, Implantatforschung und Entwicklung



Langfristiger Arbeitsplatz



Attraktive Vergütung



Flexible Arbeitszeit

Pionierleistungen in der Mess- und Steuerungstechnik – dafür steht der Name HEIDENHAIN seit mehr als 130 Jahren. Als Technologieführer treiben wir mit innovativen NC-Steuerungen und Hochpräzisions-Messgeräten neue Entwicklungen in der automatisierten Fertigung voran – u. a. in der Elektronik- und Halbleiterproduktion. Ein ideales Umfeld für technologiebegeisterte Menschen, die mehr bewegen wollen. Wir reinvestieren große Teile unserer Erträge in Forschung und Entwicklung sowie in die Aus- und Weiterbildung unserer Mitarbeiter. So schaffen wir langfristig sichere Arbeitsplätze und ausgezeichnete Zukunftsperspektiven an unserem Hauptsitz in Traunreut oder an unserem Entwicklungsstandort Hannover. Auch für Dich!

Uni-Stipendium

- Technische Informatik
- Informatik
- Elektro- und Informationstechnik

Gefragt sind engagierte Studierende (Bachelor oder Master), die ihre Leidenschaft für Technik später zum Beruf machen möchten. Du gehörst dazu? Dann ist HEIDENHAIN Dein perfekter Partner! Wir bieten Dir die Chance, während des Studiums spannende Praxiserfahrung zu sammeln und Dir von Anfang an wenig Gedanken um die Studienfinanzierung machen zu müssen. Dazu die Perspektive, in ein Hightech-Unternehmen einzusteigen, das Dir vielfältige Möglichkeiten eröffnet. Überzeuge uns durch Deine ansprechenden Leistungen und Dein Engagement.

Oder suchst Du als Informatik-Absolvent (m/w/d) den Berufseinstieg in eine spannende Karriere?

Berufseinstieg für Informatiker (m/w/d)

Software-Entwicklung

in Hannover

Starte in unserem Software-Team in **Hannover** und entwickle mit uns die Steuerungs-Innovationen für die Werkzeugmaschinen der Zukunft. Es erwarten Dich spannende Aufgaben z. B. in der Entwicklung grafischer Benutzeroberflächen (GUI), geometrischer Algorithmen für mehrdimensionale Bewegungen oder von Software für die Bahninterpolation zukunftsweisender numerischer Steuerungen. Beste Entwicklungsperspektiven inklusive!



Langfristige Perspektiven...

...dafür steht HEIDENHAIN – auch in der Zusammenarbeit mit Studierenden. Deine Entwicklung bei uns startet schon während Deines Studiums und geht im Idealfall nahtlos in eine spannende Karriere bei HEIDENHAIN über. Freu Dich auf:

- Seminare und (Networking-)Events, die Dich fachlich und persönlich weiterbringen.
- individuelles Coaching und Mentoring.
- eine attraktive Vergütung während des Studiums und beim Direkteinstieg (betriebliche Altersvorsorge, Gewinnbeteiligung).
- ein tolles Arbeitsklima: kollegial, menschlich, wertschätzend und interessiert.

Bewerbung für das Stipendium bis 30.09.2023 für Förderbeginn in 2024

Nähere Infos unter studium.heidenhain.de oder bei Dr. Florian Schindler: studium@heidenhain.de / 08669 31-1228

Einstieg als Software-Entwickler (m/w/d): jederzeit

Nähere Infos unter heidenhain.de/karriere oder bei Frau Nicole Trübenbach: professionals@heidenhain.de / 08669 31-3259



Wir sind online!
[heidenhain_newtalents](https://www.instagram.com/heidenhain_newtalents)

Editorial

Liebe Leserin, lieber Leser,

ob Ohr, Zahn oder Herz – wer ein Implantat benötigt, möchte, dass es möglichst ein Leben lang hält. Um unter anderem optimale biologische Funktionen bei möglichst lebenslanger Haltbarkeit zu erreichen, wird seit 2008 im NIFE, dem *Niedersächsischen Zentrum für Biomedizintechnik, Implantatforschung und Entwicklung*, Grundlagenforschung zu Implantaten betrieben.

Seit nunmehr 15 Jahren bündeln Wissenschaftler*innen der Leibniz Universität Hannover, der Medizinischen Hochschule Hannover sowie der Stiftung Tierärztliche Hochschule hier ihre Expertise aus den jeweiligen Fachwissenschaften. Grund genug, dem NIFE diese Ausgabe des Forschungsmagazins der Leibniz Universität zu widmen.

Im NIFE als transdisziplinärer Schnittstelle zwischen Medizin, Natur- und Ingenieurwissenschaften werden biologische, biohybride und biofunktionalisierte Implantate entwickelt, mit denen ausgefallene Organfunktionen ersetzt oder wiederhergestellt werden sollen. Seit 2015 werden die Forschungen in einem eigenen Gebäude, einem Spitzenforschungszentrum am Stadtfelddamm nahe der MHH, betrieben.

Die zurzeit 43 Gruppen mit etwa 400 Wissenschaftler*innen arbeiten in den Forschungsschwerpunkten Biomaterialentwicklung, Biofunktionalität und Funktionalisierung, der Biomaterialtestung und dem Tissue Engineering.

Aus diesen Bereichen sowie aus dem eNIFE, ein dem NIFE assoziiertes Forschungszentrum innerhalb der Fakultät für Elektrotechnik und Informatik der Leibniz Universität, das sich dem Thema Biomedizintechnik aus Sicht der Elektrotechnik widmet, stammen daher auch die Texte dieses aktuellen Unimagazins. Dabei geht dabei unter anderem um die Entwicklung, Herstellung und Konservierung von bioartifiziellem Gewebe, Schnelltests, die frühzeitig erkennen, wenn ein Nierentransplantat abgestoßen wird, um Gefäßprothesen, die in vitro gezüchtet werden, personalisierte Medizin, mobile Corona-Analytik sowie Cochlea-Implantate.



Viel Freude beim Lesen wünscht

A blue ink handwritten signature of Prof. Dr. Volker Epping, written in a cursive style.

Prof. Dr. Volker Epping
Präsident der
Leibniz Universität Hannover

NIFE

Das Niedersächsische Zentrum für Biomedizintechnik

Unimagazin

Forschungsmagazin der Leibniz
Universität Hannover • ISSN 1616-4075

Herausgeber

Das Präsidium der Leibniz Universität
Hannover

Redaktion

Monika Wegener (Leitung),
Dr. Anette Schröder

Anschrift der Redaktion

Leibniz Universität Hannover
Alumnibüro
Welfengarten 1
D-30167 Hannover

Anzeigenverwaltung/Herstellung

ALPHA Informationsgesellschaft mbH
Finkenstr. 10
D-68623 Lampertheim
Telefon: 06206 939-0
Telefax: 06206 939-232
Internet: www.alphapublic.de

Titelabbildung

Benno Neuhaus/TCI

Das Forschungsmagazin Unimagazin
erscheint zweimal im Jahr. Nachdruck
einzelner Artikel, auch auszugsweise,
nur mit Genehmigung der Redaktion.
Für den Inhalt der Beiträge sind die
jeweiligen Autoren verantwortlich.

Alexander Heisterkamp | Meike Stiesch |
Holger Blume

Medizinische Hochschule Hannover,
Leibniz Universität Hannover

4Geschichte und Positionierung des NIFE

Eine Einleitung

Marc Müller et al.

Institut für Mehrphasenprozesse

6Bioartifizielle Gewebe:

Entwicklung, Herstellung, Kryo-
konservierung

Leon Budde | Sontje Ehler |

Raphael Mönkemöller

Institut für Mechatronische Systeme

10Robotik trifft auf Tissue-Engineering

Künstliche Gewebe als Therapiekonzept
bei Herzinfarkten

Lisa Seiler et al.

Institut für Technische Chemie

14Lebensretter Nierentransplantation

Zur Entwicklung von Schnelltests, die
eine frühzeitige Abstoßung erkennen

Merle Sehmeyer et al.

Instituts für Grundlagen der Elektrotechnik
und Messtechnik

20Den Ursachen auf der Spur:

Wie Cochlea-Implantate besser überwacht
werden können

Fritz Webering | Nils Stanislawski |
Holger Blume

Institut für Mikroelektronische Systeme

24Menschliche Bewegungen drahtlos und genau messen

Sensoren und Algorithmen für die Heim-
anwendung sensomotorischer Tests

Nils Stanislawski | Henrik Heymann |
Holger Blume

Institut für Mikroelektronische Systeme

28Technische Aspekte des Tissue Engineerings

Wie Bioreaktoren und 3D-Biodrucker in der
Gefäßkultivierung eingesetzt werden

Sebastian Heene et al.

Institut für Technische Chemie

32Gefäße drucken und kultivieren

Auf dem Weg zum Gefäßimplantat
aus der Retorte!

Sören Auer et al.

Forschungszentrum L3S

36Die SciKnow Vision:

wissenschaftliche Entdeckungen erleichtern
und beschleunigen

Nils Stanislawski et al.

Institut für Mikroelektronische Systeme

40Mobile Corona-Analytik made in Hannover

Universitäre Forschungslabore im Einsatz
zur Pandemiebekämpfung

k, Implantatforschung und Entwicklung

Jetzt
auch mobil
und online lesen.

<https://online-magazine.uni-hannover.de/>



Waldo Nogueira et al.
Medizinische Hochschule Hannover
46 ...**Binaurales Hören:**
Auf dem Weg zum räumlichen Hören mit
Cochlea-Implantaten

50**Die Autorinnen und Autoren**

55**Personalia und Preise**



Bewerbungen bis:

30.06.2023

E-Mail:
fws.stipendium@id-berlin.de

©Pixel-Shot - stock.adobe.com

FWS
Friedrich-Wingert-Stiftung

STIPENDIUM der Friedrich Wingert Stiftung

Wer kann sich bewerben?

Das Stipendium richtet sich an Studierende der Fachbereiche Medizinische Informatik, Bioinformatik, Linguistik und Medizin sowie angrenzende Studiengänge.

Was muss eingereicht werden?

Ein Motivationsschreiben mit Angaben zur bisherigen ausbildungsbezogenen Entwicklung, zu den sonstigen kulturellen/sportlichen Interessen, zum bisherigen studentischen und gesellschaftlichen Engagement des Bewerbers/der Bewerberin. Das Schreiben sollte zudem aufzeigen, welche wissenschaftliche Zielsetzung mit dem Projekt verfolgt wird.

Eine maximal einseitige Projektskizze, aus der Problemstellung, Zielsetzung und die vorgesehene methodische Vorgehensweise erkennbar sind.

Ein Unterstützungsschreiben, in dem der Betreuer/die Betreuerin das Projekt in den Kontext der Arbeiten seiner Institution einordnet.

www.wingert-stiftung.de

Geschichte und Positionierung des NIFE

Eine Einführung

Das Niedersächsische Zentrum für Biomedizintechnik, Implantatforschung und Entwicklung, kurz NIFE, ist der erste gemeinsame Forschungsbau der beiden eigenständigen Hochschulen Medizinische Hochschule Hannover (MHH) und der Leibniz Universität Hannover (LUH) sowie der Stiftung Tierärztliche Hochschule Hannover (TiHo). Seit der Eröffnung im Jahre 2016 durch die damalige Bundesministerin Johanna Wanka forschen hier etwa 300 Mitarbeiter*innen dieser Einrichtung an interdisziplinären Themen aus dem Bereich der Implantatforschung. Dem Bau ging eine Vorplanung bis ins Jahr 2008 voraus, um eine gemeinsame wissenschaftliche Einrichtung nach Paragraph 36 der Niedersächsischen Hochschulgesetzes zu ermöglichen. Der entsprechende Förderantrag wurde im Jahre 2009 gestellt und durch den Wissenschaftsrat begutachtet und ohne Einschränkungen zum Bau mit hälftiger Finanzierung durch Bund und Land Niedersachsen in Höhe von etwa 50 Mio. Jahren empfohlen.

Mit dem innerhalb der vorgesehenen Zeit abgeschlossenen Bau steht den zuvor über ganz Hannover verstreuten Wissenschaftler*innen nun ein Gebäude zur Verfügung, in dem neuartige biologische, bio-hybride und biofunktionalisierte Implantate entwickelt werden, mit denen ausgefallene Organ- oder Körperfunktionen ersetzt oder wiederhergestellt werden können. Ziel ist eine optimale biologische Funktion bei möglichst lebenslanger Haltbarkeit.

Mit der Nähe zur MHH ist eine enge Einbindung von präklinischer und klinischer Expertise garantiert, seitens der LUH werden ingenieurwissenschaftliche, naturwissenschaftliche und elektrotechnische Expertisen eingebracht, um biomedizinische Ergebnisse schnell in den Laboren umsetzen und in die Klinik-nahe Anwendung oder auch Wirtschaft überführen zu können.

Das Forschungsprogramm des NIFE zielt auf die Entwicklung biologischer, biofunktionalisierter und infektionsresistenter Implantate zur Rekonstruktion und Funktionswiederherstellung ausgefallener Organfunktionen im kardiovaskulären, audio-neurologischen, muskuloskelettalen und dentalen Bereich. Den Zielen der Transdisziplinarität und Nachhaltigkeit folgend, forschen die Arbeitsgruppen in den vier Schwerpunktbereichen mit methodisch engen Verknüpfungen zueinander. Für diese Schwerpunktthemen bilden die Querschnittsbereiche Biomaterial-Entwicklung und -Testung sowie die Bereiche Tierversuchskunde und das eNIFE (Elektrotechnische Aspekte von Implantaten) eine forschungsaktive Klammer. Aktuell forschen 43 Arbeitsgruppen im NIFE.



Das NIFE steht in unmittelbarer Nähe zum Medical Campus Hannover und der MHH.

Die einmalige Forschungsinfrastruktur des NIFE hat dazu geführt, dass eine Vielzahl von großen Forschungsverbänden im Bereich der Biomedizintechnik eingeworben und erfolgreich durchgeführt werden konnten. Zu diesen großen Verbänden gehören unter anderem die Projekte Biofabrication for NIFE, SmartBiotecs oder als herausragendes aktuelles Beispiel der Sonderforschungsbereich SIIRI (Sicherheitsintegrierte und infektionsreaktive Implantate).

Aufbauend auf diesen vielfältigen hervorragenden Vorarbeiten von denen einige in dieser Ausgabe des Unimagazins dargestellt werden, wird das NIFE auch in der aktuellen Runde der Exzellenzstrategie eine wesentliche Basis für eine gemeinsame Exzellenzinitiative der Leibniz Universität und der Medizinischen Hochschule im Bereich der Implantatforschung darstellen.

Alexander Heisterkamp
Meike Stiesch
Holger Blume

→ Weitere Informationen
siehe Autor*innenseiten.

NIFE 
Niedersächsisches Zentrum für Biomedizintechnik,
Implantatforschung und Entwicklung



Für jeden guten Start gibt es den richtigen Moment.

Mit einem Praktikum, einer Werkstudierendentätigkeit oder einem Traineeprogramm: In der NORD/LB startest du immer in einem Berufsumfeld, das in seiner Dynamik und seinem Leistungsumfang beste Perspektiven eröffnet. Weitere Infos unter: www.nordlb.de/karriere



www.instagram.com/nordlb.karrierestart



www.linkedin.com/company/nordlb



Bioartifizielle Gewebe:

Entwicklung, Herstellung und Kryokonservierung

Implantate sollten individuell angepasst werden und müssen vom Körper angenommen werden.

Wissenschaftler*innen vom Institut für Mehrphasenprozesse arbeiten an der Entwicklung, Herstellung und Langzeitlagerung patientenspezifischer Implantate.

Im Forschungsfeld der Biomedizintechnik besteht wissenschaftlicher Konsens dahingehend, dass die Implantate der Zukunft spezifisch auf die Patient*innen abgestimmt sein müssen. Nur hierdurch werden sie den individuellen Ansprüchen gerecht und erhöhen die Erfolgswahrscheinlichkeit der Behandlung.

Diese Anpassung erfolgt sowohl hinsichtlich der makroskopischen (Design) und mikroskopischen (Struktur) Form als auch der mechanischen Eigenschaften. Nicht zuletzt muss das Implantat jedoch vom Körper akzeptiert werden, also biokompatibel sein. Hierfür werden im Forschungsfeld des *Tissue Engineering* Strategien entwickelt, die bioartifizielle Gewebe aus körpereigenen Materialien sowie Trägerstrukturen (engl. *scaffolds*) ermöglichen.

Das Institut für Mehrphasenprozesse (IMP) bildet in diesem Kontext die gesamte Prozesskette ab, beginnend mit der Entwicklung und Herstellung entsprechender Trägerstrukturen, deren Charakterisierung, biologischer Funktionalisierung sowie on-demand Langzeitlagerung. Hierbei wird der Prozess vom Ende her gedacht und an der Frage orientiert „Wie lassen sich patientenspezifische Implantate permanent und ohne Qualitätsverlust verfügbar machen“?

Eine Lösungsstrategie stellt die Kryokonservierung dar. Hierbei werden Methoden der Kryotechnik genutzt, um lebende Materialien optimal unterhalb der Glasübergangstemperatur von Wasser von -135 °C zu lagern und bei Bedarf kontrolliert wieder aufzutauen. Eine präzise Anpassung der Schritte des kontrollierten Einfrierens und Auftauens an die Anforderungen der jeweiligen biologischen sowie synthetischen Materialien ermöglicht bei sehr tiefen Temperaturen eine nahezu unendliche Lagerdauer bei Erhalt sämtlicher Materialeigenschaften.

In Kooperation mit dem TECHNION (Haifa, Israel) und gefördert aus dem „Niedersächsischen Vorab (Volkswagen Stiftung)“ forscht das IMP an Methoden zur Konservierung zellbesiedelter elektrogesponnener Trägerstrukturen unter hypothermen (oberhalb des Gefrierpunktes) und kryogenen Temperaturen (unterhalb des Gefrierpunktes). Das Elektrosponnen ist ein Verfahren zur Herstellung von Nano- und Mikrofasern, vornehmlich aus Polymeren. Es ermöglicht die Herstellung von 3D-Trägerstrukturen, welche beispielsweise für das *Tissue Engineering* von Blutgefäßen oder Herzklappen genutzt werden können. Im Zuge des Projekts werden sowohl unterschiedliche bioabbaubare Polymere für die Herstellung der Fasern erforscht als auch Variationen

des Prozesses. Mittels konventionellem Elektrosponnen können die Faserzwischenräume („Poren“) derart manipuliert werden, dass sich Zellen in diesen anlagern können. Mittels koaxialem Elektrosponnen können Zellen sogar direkt in die Fasern eingebracht werden. Die technisch unterschiedlichen Ansätze haben unter anderem Einfluss auf die Wärmeübertragung während des Einfrier- und Auftauprozesses und können hierdurch zur individuellen Anpassung des Kryokonservierungsverfahrens genutzt werden. In Untersuchungen mit zwei unterschiedlichen Zelllinien zeigte sich, dass die Zellen erfolgreich auf den gesponnenen Trägerstrukturen kultiviert und konserviert werden können. Neben der Optimierung der notwendigen Konservierungsadditive konnte der Wärmeübergang während des Kryokonservierungsprozesses durch die Verwendung spezieller Einfrierbeutel verbessert werden. Parallel wird an der hypothermen Konservierung für die Kurzzeitlagerung zellbesiedelten Konstrukte geforscht. Hierdurch könnte der technische und energetische Aufwand im Vergleich zur Kryokonservierung deutlich reduziert werden.

Kryokonservierungsprozesse benötigen in der Regel Gefrierschutzadditive (engl. *cryoprotective agent, CPA*), welche die idealen Kühlraten in technisch realisierbare Be-

reiche verschieben. Einige CPAs sind bei Raumtemperatur jedoch zelltoxisch. Gefördert durch die Leibniz Young Investigator Grants der LUH wird am IMP aktuell an innovativen Strategien gearbeitet, die Reduzierung zelltoxischer synthetischer CPAs zu ermöglichen und diese durch zellverträgliche natürliche CPAs zu ersetzen. Mittels Elektroporation wird hierzu die Permeabilität der Zellmembran

Biologische Gewebe passen ihre Mikrostruktur den physiologischen mechanischen Belastungen an. Eine individuelle Versorgung von Patient*innen muss sich daher am mikroskopischen Aufbau der Gewebe und der physiologischen Belastungssituation orientieren. Dies war eine der Aufgaben der im NIFE ansässigen DFG-Forschungsgruppe 2180 „Gradierte Implantate für Sehnen-Knochen-Verbindun-

zessschritte wie die Verarbeitung zu Garnen oder ein patentiertes Verfahren zur Einbringung zusätzlicher Verstärkungsstrukturen konnte das geforderte Zielfenster erreicht werden. Hieran anknüpfend wurden Trägerstrukturen mit einer zuvor genau definierten dreidimensionalen Gitterstruktur hergestellt. Die Kombination von gerichteten und ungerichteten Fasern wirkt sich hierbei positiv auf die

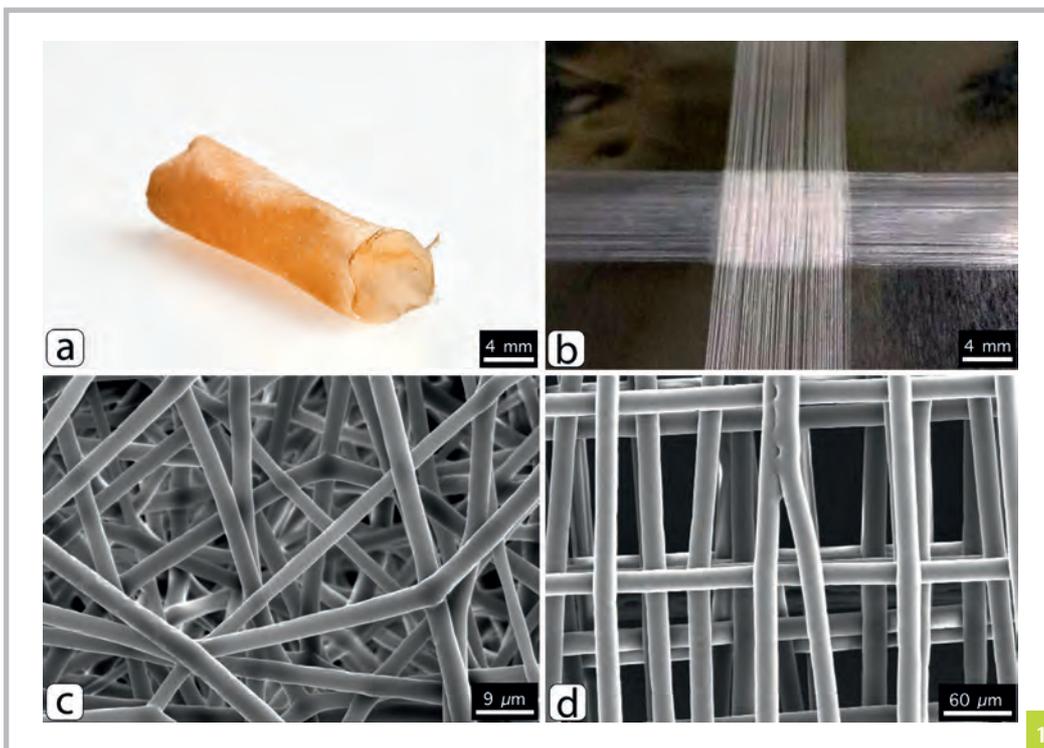


Abbildung 1
Elektrogenesponnene Trägerstruktur für den Blutgefäßersatz, hergestellt aus Eigenblut (a). Schmelz-elektrogenesponnene gradierte Trägerstruktur für den Sehnenersatz (b). Zur Anpassung an die jeweilige Belastungssituation sind die Trägerstrukturen aus unausgerichteten (c) oder ausgerichteten (d) Fasern aufgebaut.
Quelle: imp

gezielt manipuliert, wodurch Stoffe mit höherem Molekulargewicht die Zellmembran passieren können. So werden unterschiedliche Zuckerlösungen untersucht, deren Anwesenheit sich zudem vorteilhaft auf die intrazelluläre Eiskristallbildung auswirkt und damit die Überlebensrate der Zellen steigert. Für Saccharose sowie Trehalose konnte im Rahmen des Projekts bereits gezeigt werden, dass die Überlebensrate der Zellen nach dem Auftauen von etwa 20 Prozent ohne auf mindestens 80 Prozent mit Elektroporation gesteigert wird.

gen“. Im Rahmen der beiden Förderperioden wurden am IMP Modifikationen des Elektrosponnen entwickelt, mit denen lasttragende, gradierte Trägerstrukturen für Anwendungen im Bereich der Rotatorarmmanschette hergestellt werden können. Hierzu zählt ein Verfahren zur Verarbeitung von Polymerschmelzen mittels Schmelz-Elektrosponnen, das unter anderem eine hochpräzise Ausrichtung der Fasern in Belastungsrichtung ermöglicht. Hierdurch können die mechanischen Eigenschaften gezielt eingestellt werden. Durch weiterführende Pro-

mechanische Festigkeit aus. Zusätzlich zur mechanischen Anpassung an die Bedingungen am Implantationsort sind weiterführend auch Strategien zur Steigerung der Biokompatibilität, also der Verträglichkeit zwischen Implantat und Körper, nötig. Ein vielversprechender Ansatz basiert hierbei auf der Nutzung körpereigener Stoffe und Gewebe zur Herstellung der Trägerstrukturen. Gefördert durch das Caroline Herschel Programm der LUH wird gegenwärtig ein Prozess entwickelt, in dessen Rahmen humane Amnionmembranen (innerste

Schicht der Plazenta) zu Trägerstrukturen für das *Tissue Engineering* verarbeitet werden. Die vorteilhaften entzündungshemmenden Eigenschaften der Amnionmembran werden bereits erfolgreich in der Augenheilkunde sowie Dermatologie genutzt. Der am IMP entwickelte Prozess besteht aus der Gefriertrocknung, gefolgt von der Pulverherstellung mittels Kryomühle und abschließender Verarbei-

Implantatwerkstoff aufgrund der höheren Verfügbarkeit einen vielversprechenden Ansatz dar. Gefördert durch die Leibniz Young Investigator Grants der LUH wurde am IMP in den vergangenen Jahren ein Prozess erforscht, validiert und zum Patent angemeldet, der die Herstellung von Gefäßimplantaten aus Eigenblutspenden ermöglicht. Hierzu werden Blutbestandteile aus dem Blut der

kopisch nachweisen, dass die Prothesen nach dem Herstellungsprozess nur noch aus Plasmaproteinen bestehen und Prozessadditive vollständig entfernt werden konnten.

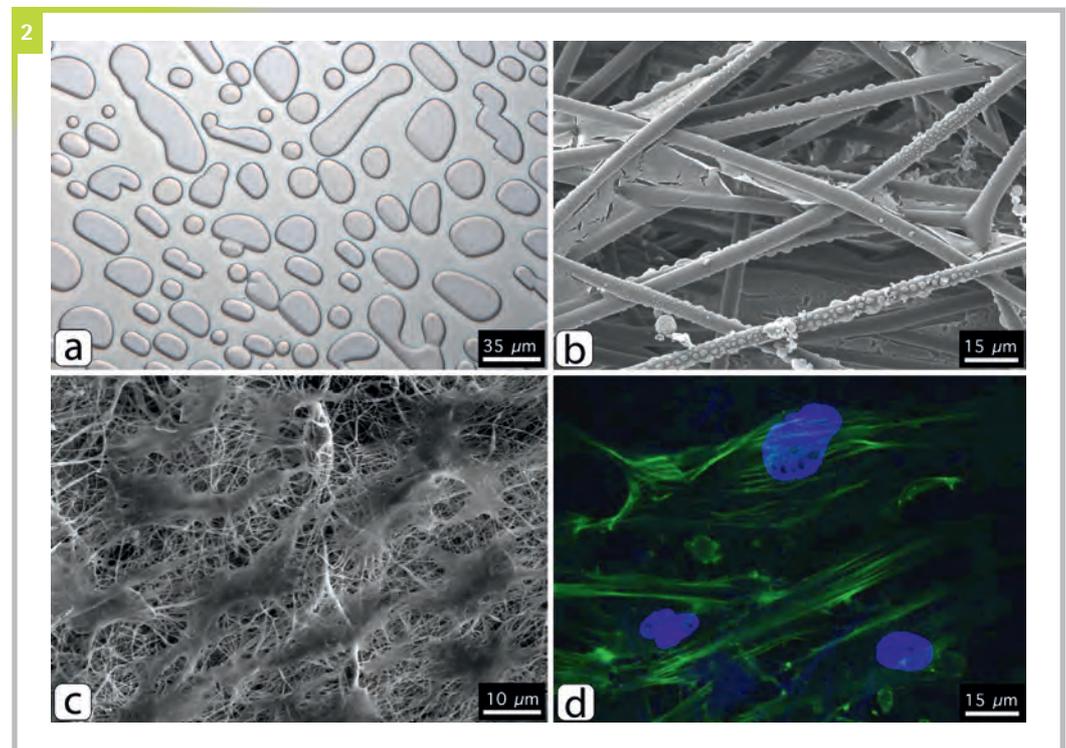
Zusammenfassend konnte das IMP in enger Kooperation mit Partnern aus dem NIFE in den vergangenen Jahren einen „Technologiekasten“ für die Herstellung und Langzeitlagerung patientenspezifischer

Abbildung 2

Kryomikroskopische Aufnahme der Eiskristallrekristallisation in einer Lösung aus Zellkulturmedium und Gefrierschutzadditiv während des Auftauprozesses (a). Kryo-Rasterelektronenmikroskopische Aufnahme einer eingefrorenen elektrogenesponnenen Trägerstruktur aus einem Polycaprolacton-Polylaktid-Blend (b).

Aufnahmen mittels Rasterelektronenmikroskopie sowie Laser-Scanning-Mikroskopie von elektrogenesponnenen Trägerstrukturen aus prozessierter humaner Amnionmembran (c, d). Die Trägerstrukturen wurden mit humanen mesenchymale Stammzellen des Knochenmarks besiedelt.

Quelle: imp



zung zu Trägerstrukturen durch das *Electrospinning*. Die aktuell vorliegenden Ergebnisse zeigen, dass das Zellwachstum vom Proteingehalt des Amnionpulvers abhängt und mit steigenden Konzentration das Zellwachstum gefördert wird. Darüber hinaus weisen die Trägerstrukturen eine bessere Zellerholung nach der Kryokonservierung auf, wodurch die Verfügbarkeit für klinische Anwendungen begünstigt wird.

Neben der Verwendung von körpereigenen Geweben stellt die Verwendung von Blut als

Patient*innen separiert. Nach Erhöhung der Proteinkonzentration erfolgt die Verarbeitung zu den Gefäßstrukturen mittels Electrospinning, wobei die biokompatible prozessintegrierte Vernetzung der Proteine eine Kerntechnologie darstellt. Die Fasern werden zusätzlich durch Integration von plättchenreichem Plasma funktionalisiert, welches aufgrund enthaltener Wachstumsfaktoren die Gewebeneubildung fördert. Wir konnten eine hohe Verträglichkeit gegenüber Gefäßzellen sowie eine hohe Blutverträglichkeit zeigen und zudem spektros-

Implantate entwickeln. Die aufgezeigten Strategien lassen sich auf zusätzliche Fragestellungen individuell anpassen und können daher zielführend für die Entwicklung zukunftsfähiger Implantate genutzt werden.

Marc Müller
Sven-Alexander Barker
Gesine Hentschel
Kai Höltje
Sara Leal-Marin
Tim Rittinghaus
Birgit Glasmacher

→ Weitere Informationen siehe Autor*innenseiten.

Kopf frei fürs Studium.

Mit unserem Studentenpaket exklusiv für
Studenten der akademischen Heilberufe.

▷ apobank.de/studenten

 apoBank

Bank der Gesundheit



Jetzt online
Girokonto
eröffnen!

HAN
NOV
ER

social
innovation
center

DENK DIE WELT NEU

- ▷ Du möchtest deine sozial innovative Idee unternehmerisch umsetzen?
- ▷ Du möchtest neue Ideen zur Lösung sozialer Fragen entwickeln?

Jetzt informieren:

WWW.DENKDIEWELTNEU.DE

FACHKRÄFTE
ALLIANZ
HANNOVER



EIN PROJEKT DER
WIRTSCHAFTSFÖRDERUNG


Region Hannover

Robotik trifft auf Tissue-Engineering

Künstliche Gewebe als Therapiekonzept bei Herzinfarkten

Herz-Kreislaufkrankungen sind die Haupttodesursache weltweit.

Wissenschaftler*innen vom Institut für Mechatronische Systeme (imes) arbeiten an mechatronisch unterstützten Therapiemöglichkeiten bei Herzinsuffizienz sowie an der Herstellung von Herzmuskeln für in-vitro Tests. Ziel ist, die Leistungsfähigkeit des Herzens nach einem Infarkt wiederherzustellen.

Tissue-Engineering, auch künstliche Gewebezüchtung genannt, ist ein Paradebeispiel für interdisziplinäre Forschung. Durch Erkenntnisse aus Biologie, Medizin und den Ingenieurwissenschaften ist man in der Lage, künstliches Gewebe für eine Vielzahl unterschiedlicher Anwendungen im Labor zu züchten. Diese reichen vom Einsatz als Testobjekt in Laborversuchen über individualisierten Gewebersatz bis hin zu in Laboren gezüchteten Lebensmitteln.

Ein Meilenstein im Bereich des Tissue-Engineerings war die Entdeckung von induziert pluripotenten Stammzellen (iPSC), für die Shinya Yamanaka und John Gurdon 2012 mit dem Medizin-Nobelpreis ausgezeichnet wurden. iPSC können aus allen im menschlichen Körper vorkommenden Zelltypen gewonnen und in beliebige andere Zelltypen überführt werden. Dabei können diese im Gegensatz zu den zuvor verwendeten emb-

ryonalen Stammzellen ohne moralischen Bedenken eingesetzt werden. Als Folge dieses Durchbruchs erfährt das Forschungsfeld Tissue-Engineering seitdem ein erhebliches Wachstum und ist daher auch vielfach in der Forschung am NIFE vertreten. Am Institut für Mechatronische Systeme (imes) läuft im Bereich des Tissue-Engineering derzeit Forschung zu mechatronisch assistierten Therapiekonzepten bei Herzinsuffizienz und automatisierter Fertigung von Herzmuskeln für in-vitro Tests.

1. Mechatronisch assistierte Therapiekonzepte

Ein Forschungsschwerpunkt am imes ist die technische Unterstützung iPSC-basierter Therapiekonzepte für die Behandlung von Herzinsuffizienz nach Herzinfarkten. Aus dem Wettbewerb „Organersatz aus dem Labor“ des Bundesministeriums für For-

schung und Entwicklung (BMBF) sind die Projekte TACTIC und IndiHEART hervorgegangen (1. und 2. Platz). Diese arbeiten in enger Kooperation mit Expert*innen aus Medizin, Physik und Biologie an der Wiederherstellung der Leistungsfähigkeit des Herzens und der damit einhergehenden Lebensqualitätssteigerung der Betroffenen.

1.1. Hochpräzise Injektion von iPSC ins schlagende Herz

Ein Therapiekonzept ist die Transplantation von Herzmuskelzellen rund um die Infarkttnarbe. Im Rahmen des BMBF-Projekts „Tailored Application for Individualized Cell Therapy“ (TACTiC) wird dieser Ansatz für eine individualisierte Zelltherapie mittels eines mechatronischen Applikators erforscht und ausgearbeitet. Ziel ist es, mittels des Applikators die Zellen hochpräzise am schlagenden Herzen direkt in die Herzmuskelschicht zu injizieren.

Herz-Kreislaufkrankungen sind mit rund 18 Millionen Toten pro Jahr (2019) die Haupttodesursache weltweit. Der Großteil der Todesfälle ist dabei auf Herzinfarkte und deren Langzeitfolgen zurückzuführen, was die Herzinfarkttherapie zu einem Feld mit großem Forschungsinteresse macht. Während eines Herzinfarktes werden Teile des Herzmuskels nicht mehr mit genügend Sauerstoff versorgt. Folge ist das irreversible Absterben der betroffenen Region. Das verbleibende Herz vernarbt und ist nur noch begrenzt leistungsfähig, wodurch die Lebensqualität der betroffenen Personen stark beeinträchtigt werden kann. Neben einer medikamentösen Therapie der Symptome ist der Ersatz des gesamten Herzens aktuell die einzige Behandlungsmethode. Aufgrund der zahlreichen Risiken und Einschränkungen (stark limitierte Verfügbarkeit von Spenderorganen, lebenslange Immunsuppression, eingeschränkte Lebensdauer von künstlichen Herzen, ...) ist der Organersatz keine ideale Lösung und es bedarf der Entwicklung alternativer Therapiekonzepte.

Die transplantierten Zellen regen dann regenerative Effekte im Herzmuskelgewebe an und sollen so die Leistungsfähigkeit des Herzens verbessern. Die Applikation soll minimal-invasiv erfolgen. Dazu werden

len mittels des Applikators und einer Nadel direkt in den Herzmuskel befördert.

Die größte technische Herausforderung ist die präzise Platzierung und Dosierung der

verwendeten Zellen und ein Kraftprofil, das durch den Kontakt von Nadel und Herzwand entsteht, die Eindringtiefe bestimmt und eingestellt werden. Um die gewünschte Positionsgenauig-

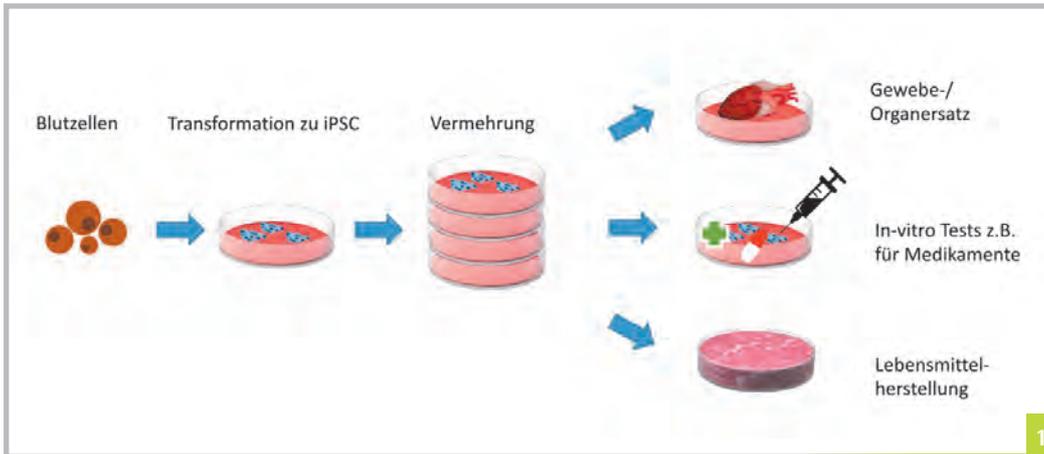


Abbildung 1
Übersicht über die Herstellung und Anwendung von induzierten pluripotenten Stammzellen (iPSC). Gewinnung z.B. aus Blutzellen und anschließende Vermehrung. Nutzung zur Züchtung künstlicher Gewebe als Organersatz, für in-vitro Testung von z.B. Medikamenten oder zur Laborzüchtung von Lebensmitteln.
Quelle: imes

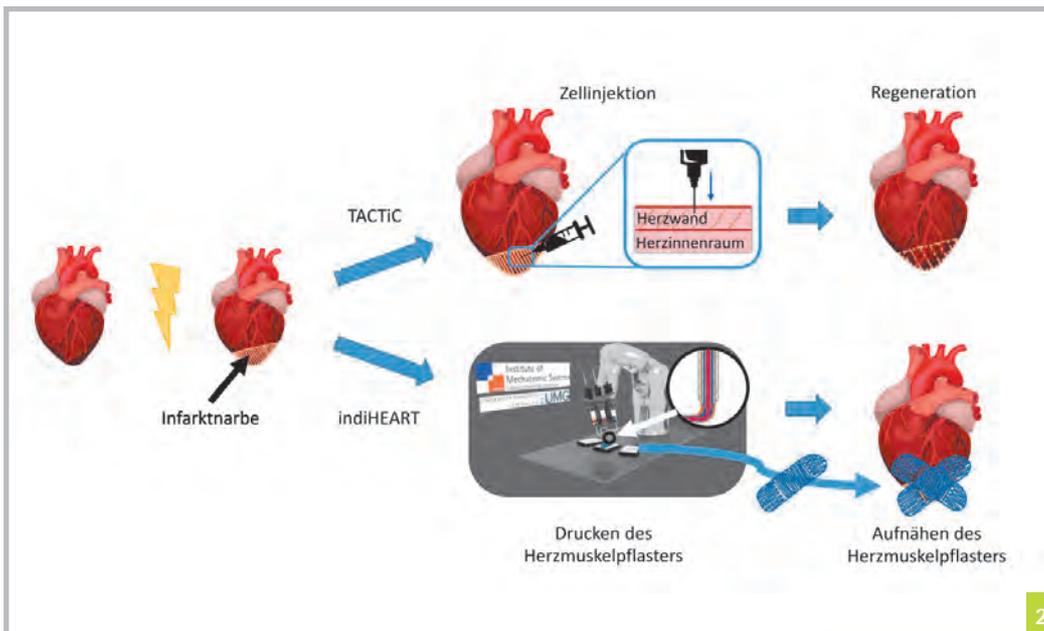


Abbildung 2
Aktuell am imes erforschte Therapiekonzepte zur Behandlung von Herzinfarktfolgen. Projekt TACTiC: Injektion von Herzmuskelzellen mittels mechanischem Applikator direkt in die Herzwand (oben); Projekt IndiHEART: 3D-Druck von individualisierten Herzmuskelplastern und anschließendes Aufbringen dieser Pflaster auf das geschwächte Herz (unten).
Quelle: imes

zunächst in der präoperativen Planung die MRT-Daten der Patient*innen mittels bildverarbeitender Verfahren ausgewertet, um den Gewebebereich um die Infarktzone zu identifizieren. Auf Basis dieses zuvor bestimmten, komplexen Zielgebiets wird ein minimalinvasiver Zugang zwischen zwei Rippen zum Herzen freigelegt und die Zel-

len in der Mitte der dünnen (< 10 mm) Herzwand am schlagenden Herzen. Der am imes entwickelte Applikator ist deshalb mit verschiedenen Sensoren ausgestattet, so dass das Injektionsmodul kontinuierlich vermessen und an die geplante Einstichstelle geregelt werden kann, um die gewünschte Injektionstiefe sicherzustellen. Dabei muss über die Positionsdaten der

keit am schlagenden Herzen sicherzustellen, wird zudem aktuell erforscht, wie die stetige Herzbewegung über in den Applikator integrierte Mechanismen kompensiert werden kann. Mittels Sensordatenfusion kann die Bewegung des Herzens über einen digitalen Zwilling vorhergesagt werden. Ein weiterer Forschungspunkt ist die Entwicklung eines Mikropumpensystems,

dass eine genaue Dosierung der Zellen von wenigen Mikrolitern ermöglicht. Hierbei steht besonders eine gleichmäßige Verteilung der Zellen im Mittelpunkt. Zusammenfassend ist zu erwarten, dass eine auf MRT-Daten gestützte, automatisierte Applikation von iPSC-abgeleiteten Herzmuskelzellen zu einer deutlichen Verbesserung der Zelleinbettung bei einer gleichzeitig höheren Reproduzierbarkeit führt.

ist in der Lage sich mit der Kontraktionsbewegung des restlichen Herzens zu synchronisieren und so eine zusätzliche Kontraktionskraft zu erzeugen. Diese zusätzliche Kraft kompensiert dabei die Teilkraft des Herzens, die durch die Vernarbung verlorengegangen ist. Nach Abschluss des Heilungsverlaufes kann so eine möglichst physiologische Kontraktion des Herzens ermöglicht werden. Da Infarkt Narben sehr individuell

In diesem stark interdisziplinären Projekt liegt der Fokus am imes auf der Entwicklung, Optimierung und Steuerung des Bioextrusionsdruckers. Dieser Drucker setzt sich zusammen aus einem sterilisierbaren Roboterarm und einem Druckkopf. Die Besonderheit an dem Roboter sind seine sechs Freiheitsgrade (FHG), das sind doppelt so viele FHG wie fast alle anderen veröffentlichten Biodruck-Systeme. Mehr FHG bedeutet, dass es



Abbildung 3
Verleihung des Tierschutzpreis 2022 durch Dr. Ophelia Nick (Parlamentarische Staatssekretärin BMEL, mittig) an Dr. Tim Meyer (UMG, 2. v.r.) und Leon Buddé (imes, 3. v.l.).
Quelle: BMEL/Kira Hofmann/Photothek

1.2. Implantation von individualisiert 3D-gedruckten Herzmuskeln

Ein weiterer Ansatz ist es, die iPSC nicht in einer Operation direkt ins Herz einzubringen, sondern diese im Labor (in-vitro) zu einem funktionsfähigen künstlichen Herzmuskel zu züchten. Dieser Ansatz wird im Rahmen des Forschungsprojekts IndiHEART erforscht. Ziel des Projektes ist es, patientenindividuelle Pflaster aus humanem Herzmuskelgewebe in-vitro zu fertigen und diese anschließend auf die Infarkt Narbe aufzubringen. Das gezüchtete Herzmuskelpflaster

sind, müssen auch die Herzmuskelpflaster unterschiedlich und an die jeweilige Narbengeometrie angepasst sein. Diese Anpassung geschieht durch Fluidsimulationen, die über den zur Wiederherstellung der physiologischen Pumpleistung nötigen Kraftverlauf den Verlauf der einzelnen künstlichen Herzmuskelfasern berechnen. Dieses Design wird anschließend in einem Bioextrusionsdruck (Biodruck = 3D Druckverfahren mit biologischem Material) gefertigt und das Druckergebnis danach über vier Wochen kultiviert, bis das Herzmuskelpflaster implantiert werden kann.

mehr Roboterarmkonfigurationen gibt, um das gleiche Ziel zu erreichen (Redundanzen). Am imes wird deshalb geforscht, wie Orientierungsänderungen während des Druckprozesses genutzt werden können, um das Druckergebnis in Form und Funktion zu verbessern. Weiterer Fokus bei der Entwicklung des Systems ist die genaue und gleichmäßige Dosierung des Druckmaterials, der sogenannten Bioink. Dies ist essenziell für die Formation einer gleichmäßigen Muskelfaser. Ergänzend wird an der Automatisierung des Druckprozesses geforscht, was die

Implementierung von Überwachungs- und Regelungs-funktionen zum Beispiel unter Nutzung von Computer-Vision Verfahren erfordert.

2. Automatisierte Fertigung von Herzmuskel-Ringen zur Testung von Medikamenten

Neben iPSC-basierter Therapiemethoden arbeitet das imes auch an der automatisierten Entwicklung künstlicher Gewebe- und Organmodelle als zuverlässige Testumgebung für Herzmedikamente. Für die Anfänge dieser Arbeit wurde

aus Tierversuchen nur eingeschränkt auf den Menschen übertragbar sind. Für Wirkstofftests an Herzmuskeln konnte die UMG bereits Protokolle zur Fertigung von künstlichen Herzmuskelringen etablieren. Wirkstoffe sollen direkt an (künstlichen) menschlichen Herzmuskeln getestet werden und nicht an Tieren. Um diese Geweberinge auch zu einer breit einsetzbaren Alternative für Tierversuche zu machen, arbeitet das imes mit der UMG zusammen an der Automatisierung des Herstellungsprozesses. Nur durch eine Automatisierung

und Ingenieurwissenschaften wird an künstlichen Geweben als Therapiekonzept und verlässliche Testumgebung geforscht.

Die Forschung des imes fokussiert sich dabei aktuell auf Herzmuskelgewebe. In zwei Forschungsprojekten werden individualisierte Therapiekonzepte zur Regeneration des Herzens nach einem Herzinfarkt erforscht. Im Gegensatz zu aktuellen Therapien soll die Pumpleistung des Herzens wiederhergestellt werden, ohne dass eine zusätzliche langfristige Behandlung mit

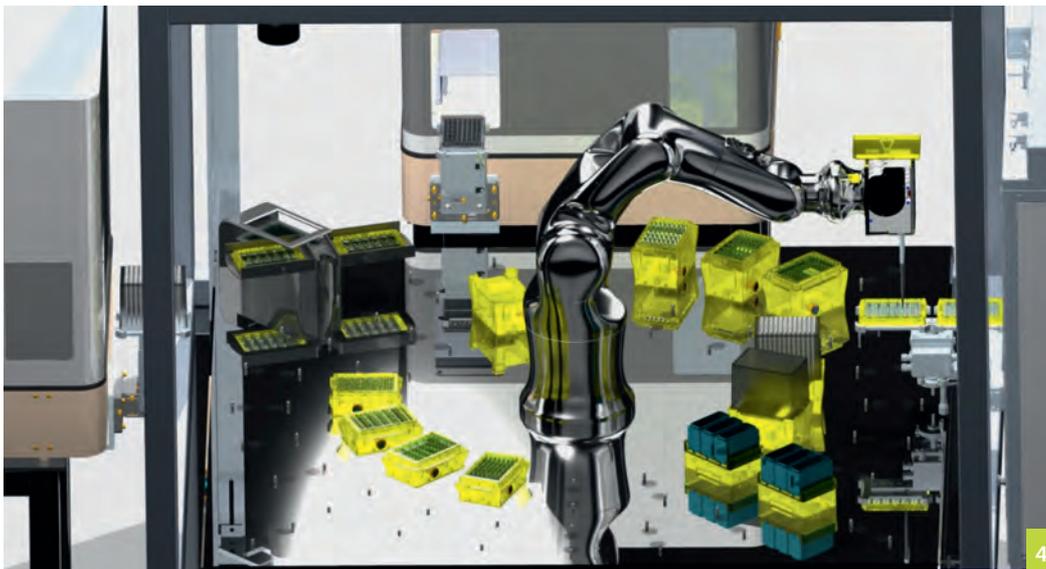


Abbildung 4
Vision einer automatisierten Laborzelle zur Fertigung von künstlichem Gewebe zur Medikamententestung. Um die Arbeitszelle angeordnete Inkubatoren werden mittels Roboterarm bedient und mit Werkstücken (gelb) befüllt.
Quelle: imes

das imes zusammen mit der die Universitätsmedizin Göttingen (UMG) im vergangenen Jahr mit dem Tierschutzforschungspreis des Bundesministeriums für Ernährung und Landwirtschaft (BMEL) ausgezeichnet.

Hintergrund der Forschung ist, dass aktuell Tierversuche rechtlich vorgeschrieben sind, bevor neue pharmakologische Entwicklungen in vorklinischen Studien an Menschen getestet werden. Zum einen sind Tierversuche moralisch fragwürdig, zum anderen ist die Aussagekraft dieser Tests limitiert, da Erkenntnisse

wird es möglich, in ausreichender Stückzahl und mit gleichbleibender Qualität Gewebemodelle herzustellen, um eine Skalierung des Verfahrens und damit die Translation in die wirtschaftliche Anwendung schaffen zu können.

Ausblick

Katalysiert durch die Entdeckung von iPSC wächst Tissue-Engineering zu einem immer größeren Forschungsfeld. Geprägt durch interdisziplinäre Zusammenarbeit auf unzähligen Feldern wie etwa Biologie, Chemie, Medizin

Medikamenten nötig ist. Die Lebensqualität der Betroffenen wird im Vergleich zu aktuellen Therapiekonzepten deutlich verbessert.

Zusätzlich wird auch die automatisierte Fertigung von Herzmuskelgewebe-Modellen erforscht, um so langfristig Tierversuche in der Medikamentenforschung ersetzen zu können.

Leon Budde
Sontje Ihler
Raphael Mönkemöller

→ Weitere Informationen siehe Autor*innenseiten.

Zum Institut für Mechatronische Systeme (imes)



Lebensretter Nierentransplantation

Zur Entwicklung von Schnelltests, die eine frühzeitige Abstoßung erkennen

Für eine eindeutige Diagnostik nach einer Nierentransplantation sind bisher schmerzhafte Biopsien notwendig.

Wissenschaftlerinnen vom Institut für Technische Chemie arbeiten in Kooperation mit Sartorius und der Fassisi GmbH an Schnelltests, die ohne Eingriff in den Körper spezifische und immunologisch bedeutsame Biomarker identifizieren können.

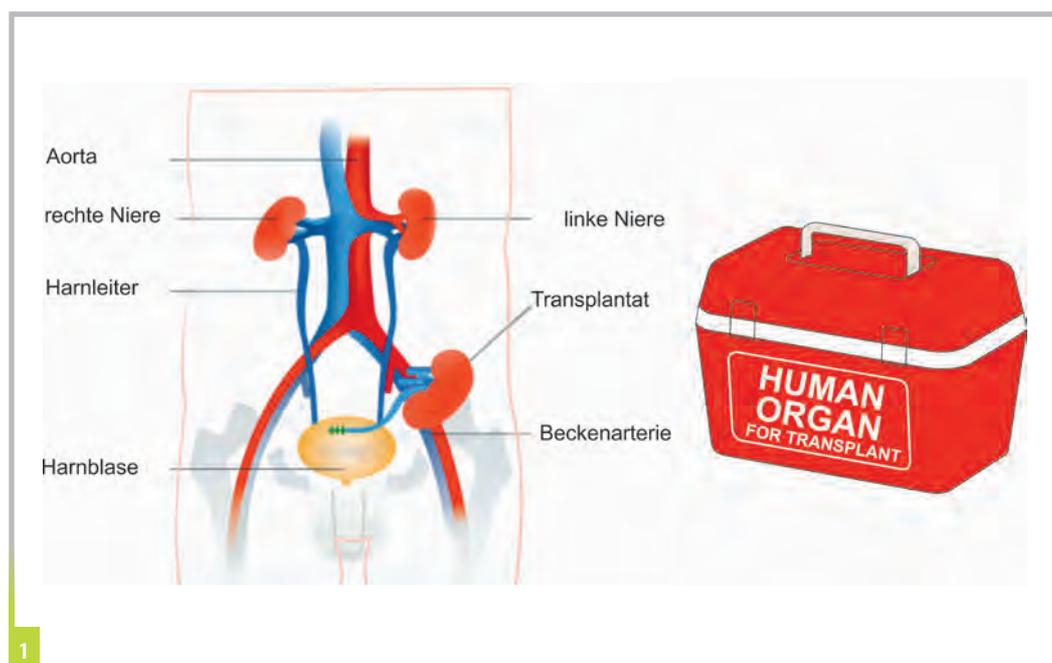


Abbildung 1
Implantation eines Nierentransplantats.
Quelle: KfH Kuratorium für Dialyse und Nierentransplantation e.V.

Die Niere ist das meist benötigte und transplantierte Spenderorgan. In Deutschland beträgt die Prävalenz der chronischen Niereninsuffizienz etwa 1.050 Fälle pro Million Einwohner. Die Sterblichkeit ist bereits bei geringer Einschränkung der Nierenfunktion deutlich erhöht und steigt mit zunehmender Nierenfunktionseinschränkung trotz Dialyse exponentiell an, kann aber mit der Nierentransplantation optimal behandelt werden. Seit 1995 ist die Zahl der Dialysepatient*innen um mehr als 50 Prozent gestiegen, die der Nierentransplantierten um mehr als 70 Prozent. In Deutschland wurden 2021 insgesamt 1.992

Nieren transplantiert. Ende 2021 standen hier allerdings 11.156 Menschen auf der Warteliste für eine Niere. Man sieht die deutliche Diskrepanz zwischen durchgeführten und benötigten Nierentransplantationen in Deutschland.

Zusätzlich besteht bei transplantierten Nieren die Gefahr der Abstoßung. Ein Jahr nach der Nierentransplantation verlieren 12 Prozent der Nieren ihre Funktion, nach 5 Jahren sind es sogar 25 Prozent. Nierentransplantatempfänger*innen unterziehen sich regelmäßigen Nachfolgeuntersuchungen, um eine mögliche Nierenabstoßung frühzeitig festzustellen und zu behan-

deln. Für die Diagnose wird meist der Anstieg des Serum-Kreatinin-Werts zum Anlass für die Durchführung einer Transplantatbiopsie genommen, diese gilt als diagnostischer Goldstandard für eine Abstoßung. Die Biopsie ist allerdings aufwändig, schmerzhaft und kann zudem mit möglichen Komplikationen wie Blutung oder Infektionsrisiko verbunden sein. Mit der Biopsie kann eine eindeutige histomorphologische Diagnose gestellt werden. Dazu werden die Biopsie-Ergebnisse nach den von der Fachgesellschaft festgelegten BANFF-Kriterien bewertet. Die Abstoßungsart wird aufgrund ihres Entstehungsursprungs einge-

teilt und unter anderem in die folgenden Kategorien eingeordnet: chronische Antikörper-vermittelte Abstoßung (=antibody mediated rejection, AMR), T-Zell-vermittelte Abstoßung (=T-cell mediated rejection, TCMR) oder Borderline-TCMR, eine begrenzte Form der TCMR. Die Klassifizierung der genauen Abstoßungsart ist wichtig, da mit ihr eine geeignete Therapie eingeleitet wird. Da der Se-

schmerz- und nebenwirkungsfreie Möglichkeit der Abstoßungsdiagnostik bieten. Schnelltests wie sogenannte „Lateral Flow Assays“ (LFAs) sind einer breiten Bevölkerungsschicht, wie in den vergangenen Jahren von den SARS-CoV-2-Antigen-Tests, bekannt. Sie bieten sich hier als sensitive Testplattform an, da sie innerhalb von Minuten nachweisen, ob der zu detektierende Biomarker zum Bei-

Kriterien wurde der Biomarker sCD25 (löslicher T-Zell-Rezeptor) während einer TCMR in Plasma und Urin als signifikant erhöht festgestellt. Zusätzlich konnte der Biomarker CXCL9 (immunologischer Signalstoff) als signifikant erhöht in Plasma und Urin bei einer chronischen AMR ermittelt werden. Zur Abgrenzung einer allgemeinen Entzündungsreaktion wurde ebenfalls der Biomarker CRP betrachtet.

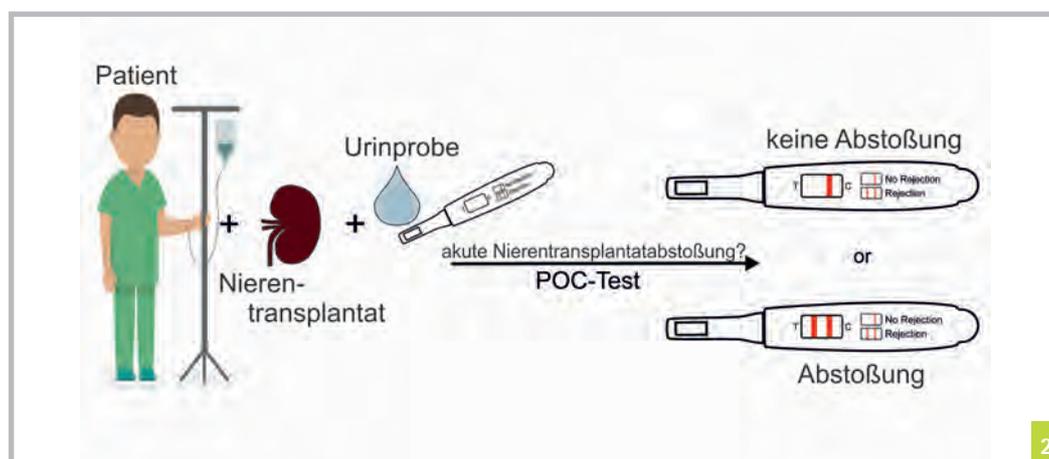


Abbildung 2
Einsatz des Lateral Flow Assays bei einem nierentransplantierten Menschen zur Überprüfung auf Nierenabstoßung.
Quelle: Ole Böhl und Lisa Seiler

rum-Kreatinin-Anstieg häufig auch unspezifisch andere Transplantatfunktionsstörungen anzeigt, werden Alternativen zur spezifischen Früherkennung der Nierentransplantatabstoßung gesucht. Dabei eignet sich der Nachweis spezifischer, immunologisch bedeutsamer, non-invasiver Biomarker, die unter anderem bei einer Abstoßung vom Körper produziert werden. Durch die Verwendung non-invasiver Biomarker, also solche, die ohne Eingriff in den Körper detektiert werden können, werden eventuelle Risiken während der Probennahme vermieden.

Lateral Flow Assays – einfach, schnell, kostengünstig

Die Analyse eines non-invasiven Biomarkers könnte als Point-Of-Care-Test eine schnelle, hoch sensitive sowie

spiel im Speichel oder Urin vorliegt (Abbildung 3). Diese LFAs werden bereits neben der Identifizierung einer SARS-CoV-2-Infektion auch in weiteren Bereichen wie der Medizin (zum Beispiel Schwangerschaftstest), aber ebenso auch in der Lebensmittelsicherheit, der Tiergesundheit und der Landwirtschaft eingesetzt, da sie benutzerfreundlich sind, von ungeschultem Personal durchgeführt werden können und das Ergebnis innerhalb weniger Minuten mit dem bloßen Auge sichtbar ist. Darüber hinaus sind die Tests einfach herzustellen, leicht skalierbar und kostengünstig.

Zur Identifizierung geeigneter Biomarker wurden von nierentransplantierten Patient*innen Urin- und Serumproben untersucht. Unter Berücksichtigung der jeweiligen Diagnose der Patient*innen nach BANFF-

CRP: Nachweis einer Entzündungsreaktion

Der Biomarker CRP wird vermehrt gebildet, wenn sich im Körper eine Entzündung befindet, und steigt dann auf ein Vielfaches an. Daher wird er nicht explizit bei einer Nierenabstoßung gebildet und wird somit in dieser Arbeit als nicht-spezifischer Biomarker verwendet. Mit diesem Biomarker soll eine einfache Entzündung aufgedeckt, aber auch abgegrenzt werden können. Im Körper eines nicht erkrankten Menschen zirkuliert eine CRP-Konzentration von bis zu $10 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$. Um nun einen positiven LFA nur bei erkrankten Menschen zu erhalten, darf dieser erst CRP-Konzentrationen ab $10 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ detektieren. Bei Konzentrationen unterhalb von $10 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ soll der LFA dementsprechend ein negatives Ergebnis anzeigen. Herkömmliche LFAs zeigen

jedoch das grundsätzliche Vorhandensein eines Biomarkers und nicht deren Konzentration an. Daher musste ein LFA entwickelt werden, der CRP-Konzentrationen ab $10 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ detektiert.

rationen mit dem LFA detektieren zu können, wurde ausgehend von den Ergebnissen der verwendeten Antikörper ein CXCL9-spezifisches Aptamer anstelle des Detektionsantikörpers eingeführt. Aptame-

abstoßung liegt ebenfalls am unteren Limit der Nachweisgrenze von LFAs. Um ebenfalls diesen Biomarker in geringen Konzentrationen detektieren zu können, wurde sowohl die Kombination aus

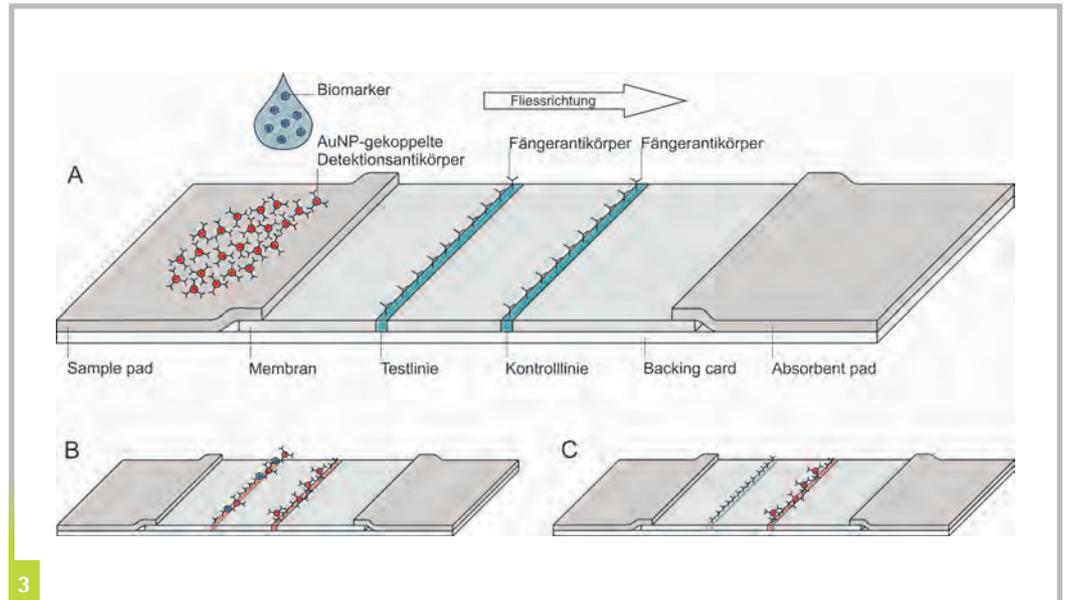


Abbildung 3
Schematische Darstellung eines Lateral Flow Assays.
A) Darstellung der einzelnen Komponenten eines Lateral Flow Assays mit seiner Flussrichtung
B) positiver Test
C) negativer Test.
Quelle: Lisa Seiler (Seiler, Lisa K., 2021: Lateral Flow Test zur Abstoßungsdiagnostik mittels Antikörper. Doktorarbeit. Institut für Technische Chemie, Leibniz Universität Hannover.)

CXCL9: Nachweis einer Antikörper-vermittelten Abstoßung

Der Biomarker CXCL9 ist ein immunologischer Botenstoff und befindet sich während einer Abstoßungsreaktion auch als Lockstoff für Immunozyten im Transplantat. Der menschliche Körper unterscheidet nämlich zwischen „fremd“ und „selbst“, und bekämpft fremde Zellen. Dies wird in der Regel durch eine massive immununterdrückende Therapie unterbunden, dennoch kann es zu Abstoßungen mit unter anderem der Bildung von CXCL9 kommen. CXCL9 konnte vor allem bei Patient*innen, die an einer chronischen Nierentransplantatabstoßung leiden, festgestellt werden. Herkömmliche LFAs können Biomarker nur ab einer bestimmten Konzentration detektieren. Die nachzuweisende CXCL9-Konzentration liegt jedoch unter dieser Grenze. Um auch geringe CXCL9-Konzent-

re besitzen einen anderen biologischen Aufbau als Antikörper und sind im Vergleich zu diesen auch kleiner. Dadurch haben sie einen Vorteil bei der Bindung an den Biomarker. Mit dem Sandwich-Komplex aus Fängerantikörper-Biomarker-Aptamer-Goldnanopartikel konnte CXCL9 erfolgreich auf einem LFA nachgewiesen werden.

sCD25: Nachweis einer T-Zell-vermittelten Abstoßung

Während einer Nierenabstoßung liegt der Biomarker sCD25, der Teil des Rezeptors von immunaktivierten T-Zellen darstellt, löslich in Blut und Urin von Nierentransplantierten vor. Er konnte vor allem bei Patient*innen, die an einer T-Zell-vermittelten Abstoßung leiden, festgestellt werden.

Die sCD25-Konzentration zum Zeitpunkt einer Nieren-

Detektionsantikörper und Goldnanopartikel optimiert als auch die Proben vorweg zusammen mit dem Detektionsantikörper inkubiert, sodass hier ausreichend Zeit für eine Bindung zwischen dem Detektionsantikörper und den sCD25-Molekülen eingegangen werden konnte und somit die Sensitivität gesteigert wurde.

Vom Labor in die Praxis

Zur Überprüfung der LFAs wurden Proben von nierentransplantierten Menschen mit verschiedenen Abstoßungs-Diagnosen sowie Proben von Nierentransplantierten, die keine Abstoßung aufgewiesen haben, untersucht. Dabei konnte bei dem LFA zur Detektion von CXCL9 eine Sensitivität von 53 Prozent bei einer Spezifität von 71 Prozent erreicht werden. Der LFA zur Detektion von sCD25 konnte eine Sensitivität von 87,5 Pro-

zent und eine Spezifität von 84,6 Prozent erzielen. Da die Ausarbeitung der LFAs durch die Förderstelle EFRE (Europäischer Fond für regionale Entwicklung) bewusst unter Beratung und in Kooperation mit einer biotechnologischen Firma zur Produktion marktfähiger LFAs finanziert wurde, ist der nächste Schritt, mit

Was bringt die Zukunft?

Es wurden systematische Ansätze für insgesamt drei LFAs zur Früherkennung einer Abstoßung (sCD25, CXCL9) und Differenzialdiagnose einer systemischen Entzündungsreaktion (CRP) nach einer Nierentransplantation entwickelt. Zusätzliche Validierungen der

Ort und nicht-invasiv einengen zu können und somit Kontroll-Biopsien mit erhöhten Risikofaktoren, Kosten und Zeitaufwand auf ein Minimum zu reduzieren.

Auf Literaturangaben musste in diesem Artikel verzichtet werden. Verweise auf die im Rahmen des EFRE-Projektes

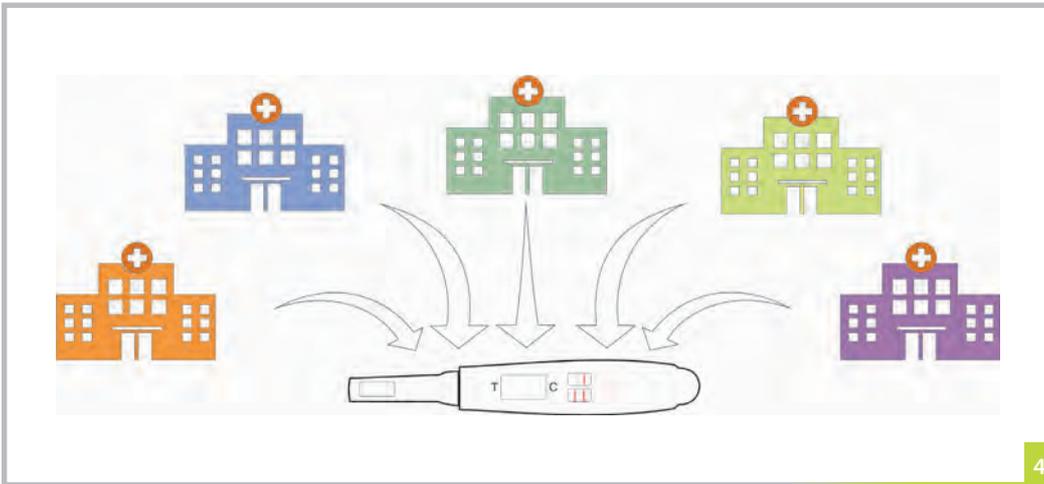


Abbildung 4
Validierung der Lateral Flow Assays mittels einer Multicenterstudie.
Quelle: Lisa Seiler

dieser Firma (Fassisi AG, Göttingen) die Markteinführung der LFAs zur Detektion von sCD25 und CXCL9 anzugehen und an verschiedensten Transplantationszentren in Deutschland zu validieren. Beide LFAs wurden bereits jeweils in einer Fachzeitschrift veröffentlicht.

LFAs müssen mit weiteren Patientenproben aus verschiedenen klinischen Zentren durchgeführt werden. Die drei LFAs bieten künftig die Möglichkeit, die Wahrscheinlichkeit für das Vorliegen einer Transplantatabstoßung nach vorangegangener Nierentransplantation frühzeitig, einfach, vor

entstandenen Veröffentlichungen finden sich im LUH-FIS unter: <http://go.lu-h.de/yUGsN>.

Lisa Seiler
Rebecca Jonczyk
Cornelia Blume

→ Weitere Informationen siehe Autor*innenseiten.



VON DER

IDEE

ZUM

PRODUKT

BERUFSBEGLEITENDE WEITERBILDUNG
„TRANSLATIONALE FORSCHUNG UND MEDIZIN“

für Fachkräfte in Medizin, Wissenschaft, Industrie & Behörden

JETZT ONLINE INFORMIEREN & BEWERBEN

www.translationsallianz.de/academy

TRAIN Academy

Unterstützen
Sie junge Talente!
Geben Sie Ihre
Erfahrungen weiter!
Stiften Sie
Bildungserfolge!

Das Deutschlandstipendium

- Zeigen Sie Ihre Anerkennung studentischer Leistungen mit einer Förderung
- Wählen Sie selbst den Studienschwerpunkt, den Sie fördern wollen
- Lernen Sie leistungsstarke Studierende kennen
- Nutzen Sie Austausch und Netzwerk
- Nehmen Sie an der Stipendienvergabe teil, und lernen Sie die Stipendiaten kennen
- Gestalten Sie das Begleitprogramm mit
- Setzen Sie die Förderung als Spende steuerlich ab



Haben Sie Interesse? Wir beraten Sie gern.

Dr. Stefanie Beier, Referentin für Fundraising | Tel. 0511-762 5597 | E-Mail beier@zuv.uni-hannover.de

Nach der Uni erstmal Strecke machen!

Gleisbau, Schienenbearbeitung, Tiefbau und Schweißtechnik



Mehr Infos auf www.schweerbau.de/karriere

SCHWEERBAU



**Jobs
Praktika
Blöde Ideen**

www.magrathea.eu



BRANDI
RECHTSANWÄLTE

WIR FREUEN UNS AUF SIE

www.brandi.net

Den Ursachen auf der Spur:

Wie Cochlea-Implantate besser überwacht werden können

Die Funktion eines Cochlea-Implantats hängt stark von seiner Position in der Hörschnecke und der Umgebung der Stimulations-elektroden ab.

Wissenschaftler*innen des Instituts für Grundlagen der Elektrotechnik und Messtechnik (GEM) der LUH sowie der Klinik für Hals-Nasen-Ohrenheilkunde (HNO-Klinik) der MHH forschen daher an einer impedanzspektrometrischen Methode zur Überwachung der Implantatposition.

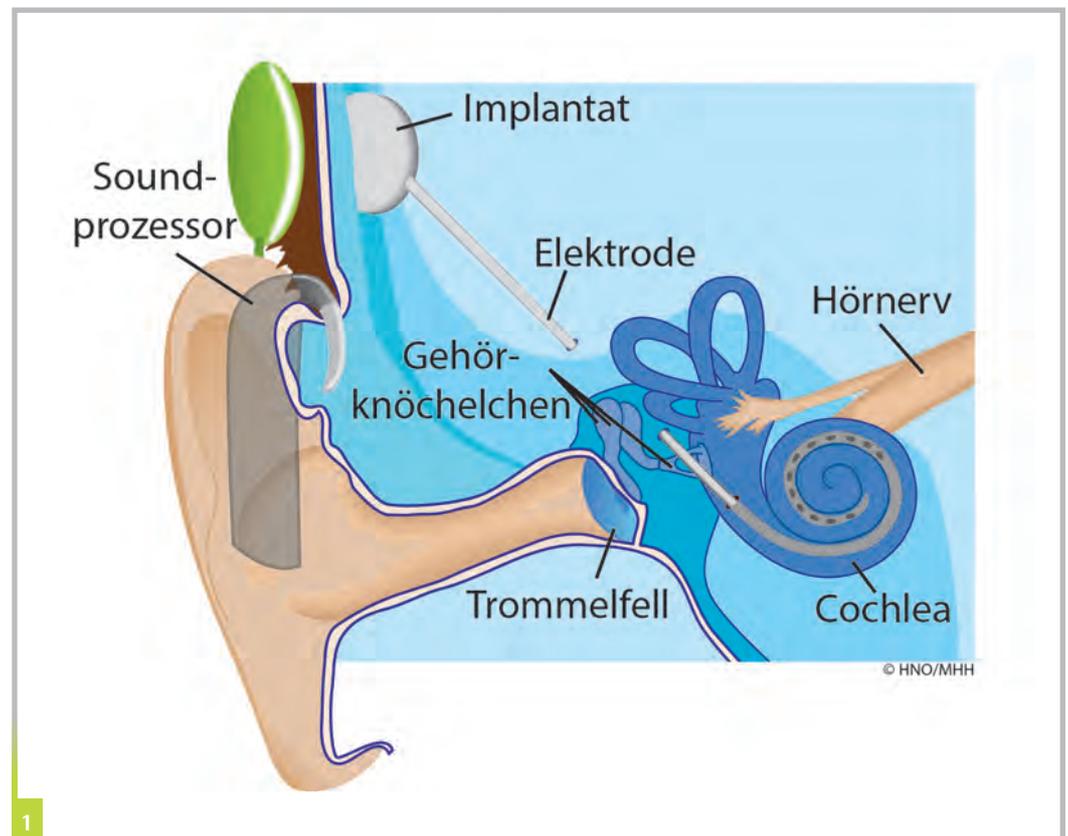


Abbildung 1
Schematische Darstellung eines Cochlea-Implantats im Innenohr eines Patienten.

Quelle: HNO-Klinik, MHH

Eine der wichtigsten Formen der Kommunikation zwischen Menschen ist noch immer das Hören und Sprechen. Ist ein Mensch schwerhörig oder sogar taub, schränkt dies seine Kommunikationsfähigkeit erheblich ein und kann die Lebensqualität beeinträchtigen. In vielen Fällen kann hier heutzutage ein verstärkendes Hörgerät helfen. Beruht das eingeschränkte Hörvermögen jedoch auf einer Degeneration der Haarzellen oder anderen Fehlbildungen des Gehör-

gans, reicht auch ein verstärkendes Hörgerät nicht aus, um das Hören wiederherzustellen. Ist der Hörnerv jedoch noch voll intakt, kann ein sogenanntes Cochlea-Implantat (CI) in das Innenohr eingesetzt werden, um die geschädigten oder fehlgebildeten Bereiche des Ohrs gezielt zu umgehen und dem Patienten einen Höreindruck durch elektrische Reize im Innenohr zu vermitteln.

Wie in *Abbildung 1* zu sehen ist, besteht ein CI aus einem

externen Teil an der Außenseite des Kopfes und einem implantierten Teil. Ein externer Soundprozessor nimmt Geräusche aus der Umgebung auf, wandelt sie in elektrische Signale um und überträgt diese dann an das eigentliche Implantat, welches unter der Kopfhaut sitzt. Anschließend erfolgt eine Weiterleitung der elektrischen Signale an eine Elektrodenanordnung, die sich im Innenohr in der Hörschnecke, der sogenannten Cochlea, befindet. Innerhalb

der Cochlea stimulieren die Stimulationselektroden des CIs den Hörnerv mit elektrischen Pulsen.

Die Funktionalität eines CIs hängt stark von der elektrischen Stromstärke ab, die den Hörnerv stimuliert. Diese Stromstärke ist wiederum abhängig von der elektrischen Leitfähigkeit und den dielektrischen Eigenschaften (Permittivität und Polarisationsverluste) der umgebenden Strukturen des CIs, wie Gewebe, Knochen und der Zusammensetzung der Innenohrflüssigkeit. Im Idealfall sind die Stimulationselektroden in der Cochlea von einer salzhaltigen Lösung, der sogenannten Perilymphe, umgeben. Ein bekanntes Problem bei CIs ist jedoch das Wachstum von Zellen und Blut, zum Beispiel durch eine Verletzung der Cochlea, auf den Stimulationselektroden. Zellen besitzen andere elektrische Leitfähigkeiten und dielektrische Eigenschaften als Perilymphe, beispielsweise leiten sie elektrischen Strom schlechter. Wachsen Zellen auf den Stimulationselektroden, erhöht dies die Impedanz, also den elektrischen Wechselstromwiderstand, zwischen Stimulationselektroden und Hörnerv, woraufhin die Stimulationseffizienz sinkt und der Patient schlechter hört.

Die Verschlechterung des Hörvermögens eines Patienten kann jedoch auch andere Gründe haben, wie zum Beispiel eine falsche Position des CIs in der Cochlea oder ein Umknicken der CI-Spitze während des Einsetzens [1]. Im Falle einer Verschlechterung des Hörvermögens eines CI-Patienten ist es wichtig, die Ursache frühzeitig zu erkennen, um mit einer individuellen Behandlung eingreifen zu können. Eine Methode zur Überprüfung der Funktionsfähigkeit von CIs ist die Aufzeichnung der Impedanz zwi-

schen den Stimulationselektroden. Die Messung dieser Impedanz ist bereits in allen heute erhältlichen CIs implementiert, wird aber in der Regel nur bei einer Frequenz durchgeführt. Mit dieser Methode kann ein Zellwachstum auf den Stimulationselektroden nur dann nachgewiesen werden, wenn keine anderen Faktoren vorhanden sind, welche die Impedanz beeinflussen. Die Methode stößt deshalb an ihre Grenzen, sobald zusätzliche Effekte, wie eine Positions- oder Geometrieänderung oder eine Änderung der Perilymphe, die Impedanz beeinflussen. Um zwischen diesen Effekten unterscheiden zu können, soll die Impedanz jetzt über ein breites Frequenzspektrum gemessen werden. So sollen Änderungen der Position des CIs von Änderungen der elektrischen und dielektrischen Eigenschaften der Umgebung des CIs in Abhängigkeit von der Frequenz unterschieden werden.

Im Rahmen eines Teilprojekts des Sonderforschungsbereichs „Safety-Integrated and Infection-Reactive Implants“ (SFB SIIRI) soll ein impedanzspektrometrisches Verfahren entwickelt werden, um die Implantatposition während des Einsetzens und die Funktionalität der Stimulationselektroden im weiteren Verlauf zu überwachen. Projektziel ist die Entwicklung einer Messmethode inklusive der Algorithmen zur Messdatenauswertung, um bei einer Verschlechterung

des Hörvermögens eines Patienten zwischen Zellwachstum, einer Änderung der Lage, Geometrie oder der Zusammensetzung der Perilymphe zu unterscheiden, um die Ursache eines auftretenden und gegebenenfalls fortschreitenden Hörverlustes trotz CI frühzeitig zu identifizieren und den bestmöglichen Behandlungsansatz zu finden.

Um eine geeignete spektrometrische Methode zu entwickeln, wurden im Institut für Grundlagen der Elektrotechnik und Messtechnik (GEM) der Leibniz Universität Hannover (LUH) zunächst vergrößerte CI-Modelle in Form von flexiblen Leiterplatten entworfen und hergestellt. Diese CI-Modelle haben den Vorteil, dass sie deutlich preiswerter und robuster als kommerzielle CIs sind und sich leichter in großen Stückzahlen reproduzierbar herstellen lassen – echte CIs werden auch heute noch manuell gefertigt. Die CI-Modelle sind aus Polyimid gefertigt und haben sechs Stimulationselektroden. Die Stimulationselektroden bestehen aus Kupfer mit Goldbeschichtung. Ein beispielhaftes CI-Modell ist in *Abbildung 2* zu sehen. Obwohl es sich um ein vergrößertes Modell eines CIs handelt, ist dieses Modell sehr gut geeignet, den vorgeschlagenen impedanzspektrometrischen Ansatz zu testen.

Um die Messmethode zu validieren und erste Impedanzspektren der CI-Umgebung zu

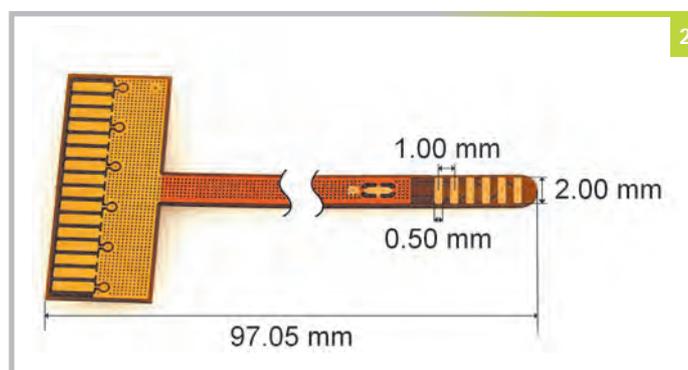


Abbildung 2
Vergrößertes CI-Modell aus einer flexiblen Leiterplatte mit sechs Stimulationselektroden an der Spitze. Die Stimulationselektroden und Leiterbahnen bestehen aus Kupfer mit Goldbeschichtung.
Quelle: GEM, LUH

generieren, wurden zunächst Messungen in Salzlösungen aus Natriumchlorid (NaCl) und deionisiertem Wasser zur Nachbildung der Perilymphe durchgeführt. Diese zeigten, dass der Betrag der Impedanz zwischen zwei Stimulationselektroden mit zunehmender Salzkonzentration über das gesamte Frequenzspektrum von 20 Hz bis 20 MHz wie erwartet sinkt, da eine höhere

danzspektrometrische Messmethode zur Untersuchung der Beschaffenheit des umgebenden Mediums verwendet werden kann. Im Weiteren sollen die vorhandenen Stimulationselektroden des Cochlea-Implantats als Sensoren genutzt werden, um Veränderungen in der Perilymphe zu detektieren. Im Rahmen des SFBs SIIRI soll die impedanzspektrometrische

zung der Perilymphe unterscheiden zu können. Auf diese Weise soll die Ursache für den weiteren Hörverlust trotz CI frühzeitig identifiziert werden, um den bestmöglichen Behandlungsansatz zu finden und so die Patientensicherheit zu erhöhen.

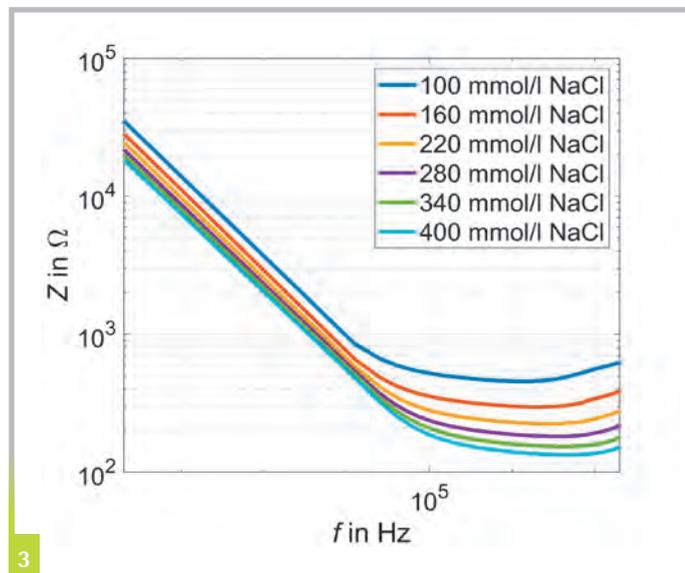
Danksagung

Gefördert durch die Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG) – SFB/TRR-298-SIIRI – Projektnummer 426335750

Literatur

- [1] M. G. Zuniga, A. Rivas, A. Hedley-Williams, R. H. Gifford, R. Dwyer, B. M. Dawant, L. W. Sunderhaus, K. L. Hovis, G. B. Wanna, J. H. Noble, R. F. Labadie, Tip Fold-over in Cochlear Implantation: Case Series, *Otology & neurotology: official publication of the American Otological Society, American Neurotology Society [and] European Academy of Otolaryngology and Neurotology* 38, 199–206 (2017); DOI: 10.1097/MAO.0000000000001283.

Abbildung 3
Betrag Z der Impedanz zwischen zwei Stimulationselektroden eines vergrößerten CI-Modells in Abhängigkeit der Frequenz f und NaCl-Konzentration des umgebenden Mediums.
Quelle: GEM, LUH



Salzkonzentration zu einer besseren elektrischen Leitfähigkeit der Lösung führt. Zusammenfassend lässt sich sagen, dass erste Messungen mit einem vergrößerten CI-Modell zeigen, dass die impe-

Messmethode dann weiterentwickelt werden, um bei einer Verschlechterung des Hörvermögens eines Patienten zwischen Zellwachstum, einer Änderung der Lage, Geometrie oder der Zusammensetzung

Merle Schlmeyer
Mit B. Bhavsar
Hannes Maier
Stefan Zimmermann

→ Weitere Informationen siehe Autor*innenseiten.



Wollen Sie wissen, wie gut Sie hören können?

Für unsere Hörforschung im NIFE suchen wir
Cochlea-Implantat-Tragende
und Menschen ohne Hörstörungen.

Wir freuen uns über Ihre Teilnahme!



dhz-studien@mh-hannover.de
www.dhz.clinic

ARTIVION™

Deine Stärke. Unsere Stärke.

Gemeinsam retten wir Leben.

Artivion stellt innovative, hochwertige Implantate und Lösungen für die Behandlung von Aortenerkrankungen her. Mit unseren Produkten unterstützen wir Herz- und Gefäßchirurg:innen weltweit, Leben zu retten und die Gesundheit der Patient:innen wiederherzustellen.

Auch Deine Stärke zählt.
Entdecke unsere Stellenangebote.

www.artivion.com

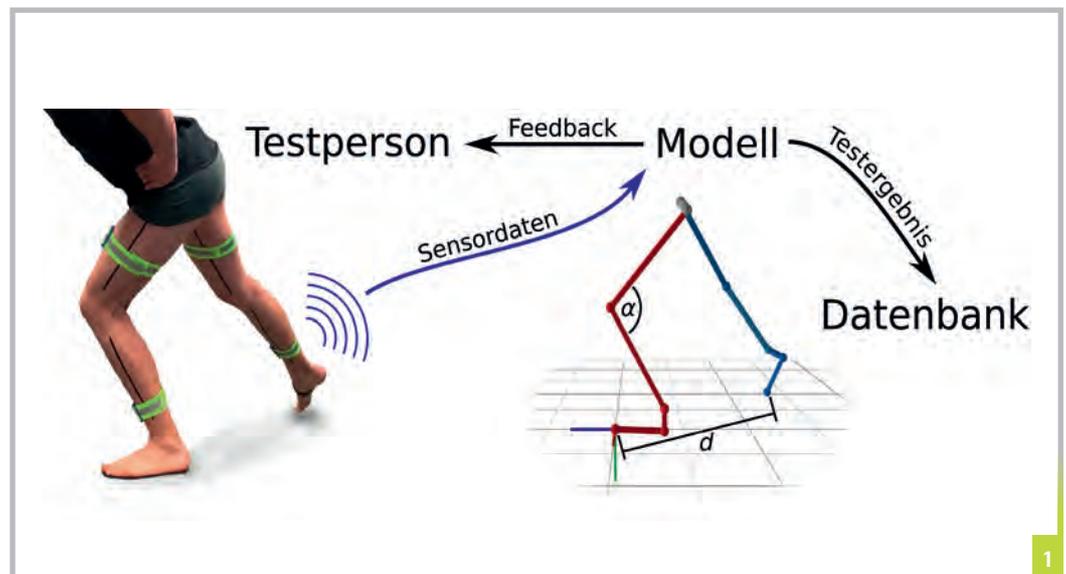


Menschliche Bewegungen drahtlos und genau messen

Sensoren und Algorithmen für die Heimanwendung sensomotorischer Tests

Balance, Sprungkraft und Körpergefühl sind im Sport, aber auch bei der Rehabilitation wichtige Indikatoren.

Wissenschaftler*innen am Institut für Mikroelektronische Systeme entwickeln in Kooperation mit externen Partnern aus den Sportwissenschaften und der Industrie ein mobiles Diagnosesystem zur Beurteilung der sensomotorischen Regulationsfähigkeit mithilfe standardisierter Sporttests.



Sensomotorische Tests werden in der Sportwissenschaft als Indikatoren für verschiedene Eigenschaften des menschlichen Bewegungsapparats verwendet, wie zum Beispiel Balance, Sprungkraft, oder Propriozeption (Körpergefühl). Mithilfe solcher Tests können zum Beispiel Leistungssteigerungen im Training oder der Genesungsfortschritt während der Unfallrehabilitation quantisiert werden. Um ein umfangreiches Bild des Bewegungsapparats einer Person zu erhalten, wird oft eine ganze Reihe solcher standardisierter sportwissenschaftlicher Tests angewendet. Allerdings sind diese Tests normalerweise personalintensiv, da ein oder mehrere Tester*innen zur Durchführung benötigt werden.

Das Projekt

Im biomedizintechnischen Kooperationsprojekt D-Sense DL entwickelt eine eNIFE-Arbeitsgruppe am Institut für Mikroelektronische Systeme in Kooperation mit externen Partnern aus den Sportwissenschaften und der Industrie ein mobiles Diagnosesystem zur Beurteilung der sensomotorischen Regulationsfähigkeit. Dieses System aus mehreren Inertialsensoren (IMUs – siehe Infokasten) und speziell entwickelten Algorithmen erlaubt es, verschiedene sensomotorische Testverfahren – ohne Anleitung durch geschulte Tester*innen (siehe Abbildung 1) – selbst durchzuführen. Derartige Systeme können zur Selbstkontrolle im sportmedizinischen

Bereich oder in der Rehabilitationsmedizin mit geringem Personaleinsatz genutzt werden. Auch die Untersuchung des Trainingserfolgs im Fitnessbereich oder im Profisport ist denkbar.

Das entwickelte System kann die Durchführung und Auswertung verschiedener Sporttests unterstützen. Um das Körpergefühl (Propriozeption) zu testen kann beispielsweise die „Aktive Winkelreproduktion“ verwendet werden: Es werden verschiedene Gelenkwinkel vorgegeben, die die Testperson dann mit geschlossenen Augen reproduzieren soll. Für die Bestimmung der Sprungkraft eignet sich beispielsweise der „Squat Jump“, ein Maximalsprung aus halb gehockter Position

mit Messung der Sprunghöhe. Der „Star Excursion Balance Test“ (SEBT) ist ein funktionsdynamischer Test der dynamischen Balance. Die Testperson steht auf einem Bein und streckt das andere Bein so weit wie möglich in acht verschiedene Richtungen aus, ohne dabei zu straucheln. Dabei muss in mehreren Durchgängen für jede Richtung die maximale Reichweite des Spielbeins gemessen werden.

Die im Projekt entwickelten Algorithmen berechnen je nach durchgeführtem Sporttest dreidimensionale mathematische Körpermodelle unterschiedlicher Komplexität. Das Spektrum der Komplexität reicht von einem einzelnen Körpersegment, über ein einzelnes Gelenk aus zwei Segmenten, bis hin zu einem kompletten kinematischen Modell von der Hüfte abwärts bis zu den Füßen. Aus diesen Modellen werden dann verschiedene Messgrößen berechnet wie beispielsweise Gelenkwinkel oder Abstände zwischen Körpersegmenten, um das Testergebnis zu be-

stimmen. Anhand des zeitlichen Verlaufs der Messwerte können dabei sowohl Fehler erkannt als auch die korrekte Durchführung der Tests angeleitet werden. Fehler können beispielsweise sein: Bewegung nicht richtig ausgeführt, vorgegebene Pose nicht korrekt eingenommen, während Bewegung gestrauchelt, Ferse des Standbeins angehoben, oder ähnliches.

Anwendung des Systems

Vor Beginn eines Tests werden die nötigen Sensoren mit elastischen Klettbandern an der Testperson angebracht. Die grobe Position und die Anzahl der Sensoren ist abhängig vom durchgeführten Test. Die Präzision der Anbringung ist nicht entscheidend, da die genaue Platzierung der Sensoren in einem späteren Schritt mithilfe einer Kalibrierbewegung bestimmt wird. Bei einigen Tests werden außerdem spezielle Bodenkontaktplatten als zusätzliche Sensoren verwendet um zu erkennen, ob ein Teil des Fußes vom Boden

abgehoben wurde.

Wenn die Vorbereitungen abgeschlossen sind, können die eigentlichen Messungen beginnen. Alle verwendeten Sensoren werden eingeschaltet und senden daraufhin ihre Sensordaten 50-mal pro Sekunde per Bluetooth Low Energy (BLE) an ein zentrales Gerät. Auf dem empfangenden Gerät – zum Beispiel einem Tablet oder Laptop – werden dann die Daten aller IMUs kombiniert und mit den speziell für diesen Test entwickelten Algorithmen verarbeitet. Diese Algorithmen definieren die Testabschnitte und dabei durchzuführende Bewegungen und geben entsprechende Anweisungen. Die meisten Tests beginnen dabei mit zwei Kalibrierposen, um die genaue Anbringung der IMU am Körper zu bestimmen (siehe Abbildung 2).

Wichtig bei dieser Vorgehensweise ist die Echtzeitfähigkeit des Systems sowie eine geringe Verzögerung zwischen Bewegung und dazugehörigem Feedback. Eine entscheidende Herausforderung ist also die

Abbildung 1
Der Testablauf am Beispiel des SEBT. Drahtlose Sensoren senden ihre eigene Orientierungsschätzung an ein Gerät, welches die entwickelten Algorithmen für den gewählten Sporttest ausführt. Ein testspezifisches mathematisches Modell wertet die Sensordaten aus und gibt Feedback zur Testdurchführung an die Testperson. Dieses Feedback kann etwa sein, dass die aktuelle Messung abgeschlossen ist und der nächste Testabschnitt beginnt, oder dass ein Fehler gemacht wurde und die Bewegung wiederholt werden muss. Bei korrekter Durchführung wird das Testergebnis berechnet und abgespeichert.

Quelle: ims



Abbildung 2
Die Kalibrierbewegung besteht aus einer aufrecht stehenden Pose und einer zurückgelehnten oder liegenden Pose. Die stehende Pose ist genau festgelegt und unterscheidet sich von der liegenden Pose nur durch eine Rotation um eine Achse – dabei sind auch weniger als 90 Grad ausreichend. Aus den IMU-Sensordaten in diesen beiden Posen kann mithilfe des Kreuzprodukts der Gravitationsvektoren die Rotationsachse bestimmt und so die genaue Anbringung der IMUs am Körper berechnet werden.

Quelle: ims

Überführung der entwickelten Algorithmen in eine effiziente und performante Software-Umsetzung. Zu diesem Zweck wurde im Projekt D-Sense eine Realisierung in nativem C++ mit C-API gewählt. Dies bietet den weiteren Vorteil, dass die Algorithmen mit allen Programmiersprachen und Betriebssystemen kompatibel sind und in verschiedene Benutzer-Interface-Frameworks eingebettet werden



Abbildung 3

Die Oberseite der am IMS entwickelten BLE-IMU-v6 Platine, zusammen mit dem 3D-gedruckten Prototypengehäuse. Erkennbar sind der Prozessor in der Mitte, die Sensorchips rechts, die Antenne und der Einschalter oben, der USB-Anschluss unten, und der Lithium-Ionen-Akku links. Die Abmaße des Gehäuses sind 37 x 20 x 12 Millimeter.

Quelle: ims

können. Wenn eine Bewegung erfolgreich abgeschlossen wurde, geben die Algorithmen die Anweisungen für den nächsten Testabschnitt aus. Wurde ein Fehler erkannt, dann muss der letzte Abschnitt so oft wiederholt werden, bis kein Fehler mehr gemacht wurde. Alle erfolgreichen und nicht erfolgreichen Bewegungen

werden dabei aufgezeichnet und protokolliert. So kann die Berechnung des Testergebnisses später genau nachvollzogen werden.

Nachdem alle Testabschnitte erfolgreich aufgezeichnet wurden, wird das Testergebnis berechnet und präsentiert. Je nach Test kann es sich dabei um Werte handeln wie den Mittelwert eines bestimmten Abstands, die Standardabweichung eines Winkels, oder die Anzahl der gezählten Fehler während eines Durchlaufs. Anschließend können weitere Tests durchgeführt werden.

Eigene Inertialsensoren

Für Anwendungen in diesem und diversen anderen biomedizintechnischen Forschungsprojekten wurden am IMS in den letzten zehn Jahren mehrere Generationen an IMUs entwickelt. Die neueste Generation „v6“ (siehe Abbildung 3) basiert auf einem kombinierten Gyroskop- und Accelerometer-Chip sowie einem Präzisionsaccelerometer. Bei der Orientierungsschätzung durch Integration von Gyroskop-Messwerten kann dabei prinzipbedingt ein „Drift“ auftreten, also eine unprovokierte, virtuelle Rotation um die Hochachse. Für die Drift-Kompensation steht deshalb zusätzlich ein Magnetometer mit drei Achsen zur Verfügung. Außerdem enthalten sind Sensoren für Luftdruck

und Temperatur, sowie Anschlüsse für externe Analogsensoren oder Schalter. Der eingebaute Akku mit 120 mAh wird per Micro-USB geladen und erlaubt eine mobile Verwendung der IMUs über mehrere Stunden.

Die Datenverarbeitung und die drahtlose Kommunikation per Bluetooth Low Energy übernimmt ein ARM Cortex M4F Mikrocontroller. Jede IMU kann ihre Messwerte bis zu 100-mal pro Sekunde als BLE Notification an ein anderes Gerät senden. Per BLE kann außerdem die selbst entwickelte Firmware flexibel konfiguriert werden, um beispielsweise die Datenrate einzustellen, oder um festzulegen, welche Messwerte gesendet werden sollen.

Weiterführende Publikationen: <http://go.lu-h.de/fisfw>



Fritz Webering
Nils Stanislawski
Holger Blume

→ Weitere Informationen siehe Autor*innenseiten.

Infokasten IMUs

Inertialsensoren (Inertial Measurement Units, IMUs) sind kleine Geräte, die mit einem Accelerometer ihre eigene Beschleunigung und mit einem Gyroskop ihre Rotationsgeschwindigkeit messen, jeweils in drei Achsen. Diese insgesamt 6 Freiheitsgrade (engl. „degrees of freedom“, wie in „6-DOF-IMU“) erlauben die Beschreibung aller möglichen Bewegungen im dreidimensionalen Raum. Spezielle Sensorfusionsalgorithmen – wie Kalman-, Madgwick-, oder VQF-Filter – berechnen dann aus diesen Rohdaten die dreidimensionale Orientierung des Sensors im Raum. Diese Orientierungsschätzungen können beispielsweise lokal auf der IMU aufgezeichnet oder per Kabel bzw. Funk an ein Gerät mit mehr Rechenleistung gesendet werden, wie Tablet, Handy oder PC. Dort kann dann die weitere Verarbeitung oder Aufzeichnung erfolgen, um den Akku der IMU zu entlasten. Je nach Anwendungsgebiet und verwendeten Sensoren kann die Datenrate variieren, zwischen wenigen Einzelmessungen und mehr als 1000 Messwerten pro Sekunde.

BE THE
ONE.

JETZT
BEWERBEN!

DEINE ZUKUNFT IST EINSTIEGSBEREIT.

Am Standort Grünenplan ist SCHOTT die Hightech-Schmiede für das weltweit dünnste Glas und für junge Talente der perfekte Startplatz in die Zukunft. Steig ein:

INTERNATIONAL GRADUATE PROGRAM
DIREKTEINSTIEG
PRAKTIKUM/WERKSTUDENT*IN

Entdecke spannende Karriere-Perspektiven und einen Arbeitgeber, der von Anfang an mit vielen Benefits überrascht. Willkommen im Team #oneofus



SCHOTT AG | 31073 Grünenplan
Dein Kontakt: Sarah Reinsch | E-Mail: sarah.reinsch@schott.com
JOIN.SCHOTT.COM

SCHOTT
glass made of ideas

*Bei SCHOTT zählt deine Persönlichkeit – nicht Geschlecht, Identität oder Herkunft.



**somewhat
different**

Sie wissen, wie wichtig Atmosphäre ist?

Wir auch. Als weltweiter Rückversicherer übernehmen wir Risiken anderer Versicherungen, entwickeln gemeinsam mit ihnen innovative Produkte und suchen nach Win-Win-Lösungen. Eine auf Vertrauen basierende Zusammenarbeit ist dafür besonders wichtig. Dieses Vertrauen setzen wir auch in unsere Mitarbeitenden. Große Handlungs- und Entscheidungsspielräume werden Ihnen die Möglichkeit geben, Verantwortung zu tragen und sich zu entwickeln.

Die Erdatmosphäre können leider auch wir nicht rückversichern.
Risiken aus der Luft- und Raumfahrt übernehmen wir aber tatsächlich.

www.hannover-rueck.jobs

hannover re[®]

Technische Aspekte des Tissue Engineerings

Wie Bioreaktoren und 3D-Biodrucker in der Gefäßkultivierung eingesetzt werden

Bei der Behandlung verengter oder verstopfter Gefäße müssen diese häufig ersetzt werden. Bisher eingesetzte Implantate beinhalten eine Reihe von Risiken für die Patient*innen.

Daher forschen Wissenschaftler am Institut für Mikroelektronische Systeme (IMS) an Systemen zur Kultivierung bioartifizieller Gefäßprothesen, die aus Gefäßzellen *in vitro* gezüchtet werden sollen.

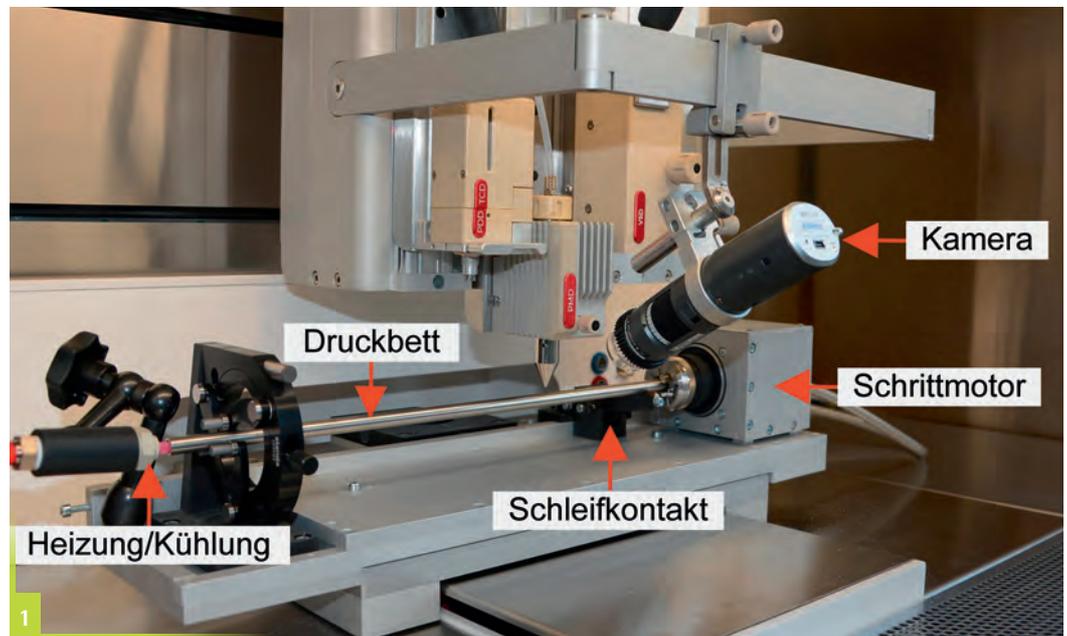


Abbildung 1
Bio-3D-Drucker im
MEW-Modus mit zylindrischem
Druckbett.
Quelle: ims

Herz-Kreislauf-Erkrankungen, die wesentlich auf Atherosklerose zurückzuführen sind, werden von der WHO als eine der häufigsten Todesursachen in der Welt aufgeführt. Der Ersatz von Blutgefäßen ist erforderlich, wenn diese verengt oder verstopft sind. In Deutschland werden pro Jahr etwa 70.000 Gefäßbypässe gelegt. Häufig werden synthetische Gefäßersatzmaterialien eingesetzt, welche eine Behandlung mit gerinnungshemmenden Medikamenten erfordert, um eine erneute Verengung zu verhindern. Alternativ werden Venenersatzstücke oft von Patient*innen selbst entnommen, wobei jedoch nicht alle der betroffenen Personen noch geeignete Ei-

genvenen zur Verfügung haben. Körperfremde Transplantate können aus immunologischen Gründen nur unter abstoßungshemmender Therapie eingesetzt werden. Da diese Verfahren keine idealen Lösungen darstellen, werden dringend bioartifizielle Gefäßimplantate benötigt. Ein möglicher Lösungsansatz ist das vaskuläre *Tissue Engineering* (TE), welches auf der Kultivierung von Gefäßzellen in speziellen Bioreaktoren auf geeigneten Gerüsten (*Scaffolds*) beruht.

Das Institut für Mikroelektronische Systeme (IMS) ist Mitglied des eNIFE, einem dem NIFE assoziierten Forschungszentrum innerhalb der Fakultät für Elektrotechnik und In-

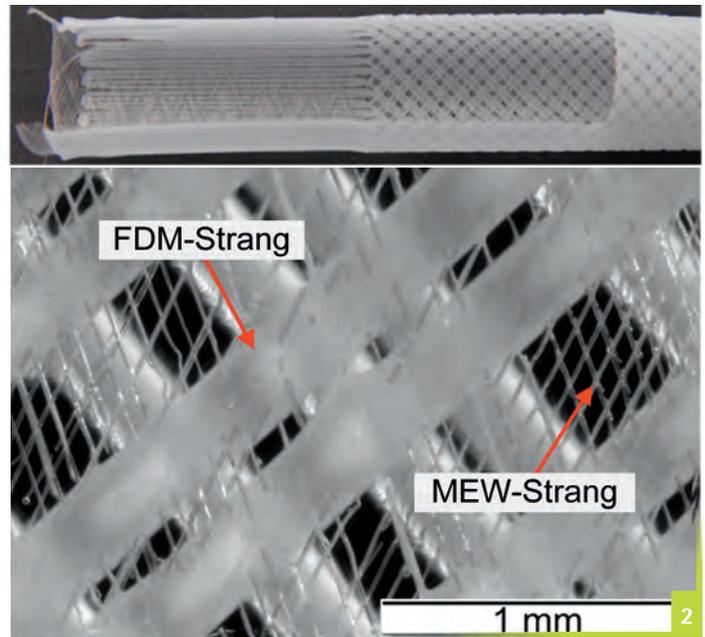
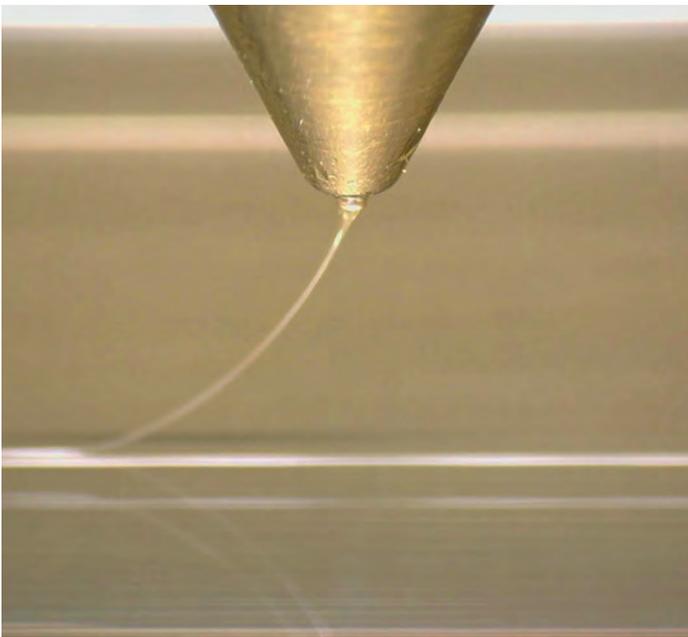
formatik der Leibniz Universität Hannover, welches sich dem Thema Biomedizintechnik aus Sicht der Elektrotechnik und Informatik widmet. In diversen Verbundprojekten wird mit verschiedenen NIFE Arbeitsgruppen kooperiert und unter anderem an 3D-Druckverfahren und Bioreaktoren für TE gearbeitet (siehe den Artikel „Gefäße drucken und kultivieren: Auf dem Weg zum Gefäßimplantat aus der Retorte!“). Diese Systeme sollen es ermöglichen, bioartifizielle Gefäßprothesen aus Gefäßzellen *in vitro* zu züchten. Der Erfolg derartig komplexer Vorhaben muss zunächst grundsätzlich erforscht werden und ist dabei von vielen verschiedenen Prozessschrit-

ten und Parametereinstellungen abhängig.

Als Besiedelungsgrundlage für die Gefäßzellen werden hochporöse, tubuläre Scaffolds benötigt, welche die Zellen fixieren und der Gefäßprothese ihre Form geben. Scaffolds beeinflussen zudem unter anderem die Zellvermehrung, die Zellausrichtung und die Zelldifferenzierung während des Kultivierungsprozesses. Ein

spezielle Bio-3D-Druckverfahren bewerkstelligt werden. Mit klassischen 3D-Druckverfahren wie Fused Deposition Modeling (FDM) kann die benötigte Mikrostrukturierung häufig nicht zufriedenstellend gelöst werden. Die Herstellung von Schichtdicken und Strangbreiten in der erforderlichen Größenordnung von wenigen Mikrometern wird durch die eingesetzten Düsen FDM-basierter Systeme und

Scaffolds mittels MEW, da ein Lagenaufbau entlang der Hochachse über mehrere Zentimeter an überhängenden Strukturen scheitert. Am IMS wurde zur Fertigung tubulärer Scaffolds mittels MEW ein eigener Aufbau entwickelt, welcher eine zusätzliche rotatorische Achse in einen MEW-Drucker integriert (siehe *Abbildung 1*). Dieser Aufbau erlaubt die Ablage der Polymer-Fasern auf einem



wichtiger Aspekt für eine erfolgreiche Gefäßkultivierung ist dabei die Mikrostrukturierung der Scaffolds. Ziel ist eine möglichst exakte biomechanische Nachbildung der nativen extrazellulären Matrix, welche zum Großteil aus Fasern mit wenigen Mikrometern Durchmesser besteht. Um geeignete Strukturen herzustellen, sind Fertigungsverfahren mit Präzision im Zellmaßstab und hoher geometrischer Freiheit notwendig. Mikroelektronischen Komponenten kommen vielfältige Aufgaben zur Überwachung und Steuerung der Prozessschritte beim 3D-Druck zu.

Die Bereitstellung der benötigten Scaffolds kann durch

dem Fließverhalten der Polymere erschwert. Einen möglichen Lösungsansatz stellt das sogenannte *Melt Electrowriting* (MEW) dar. Durch den Einsatz hoher Potentialdifferenzen (>3 kV) zwischen der MEW Düse und dem Druckbett kann eine kontinuierliche Polymer-Faser mit einem Durchmesser zwischen $0,8 - 40 \mu\text{m}$ auf der zu bedruckenden Oberfläche deponiert werden. Das Druckergebnis ähnelt dem Aufbau der nativen extrazellulären Matrix, wodurch MEW-Strukturen eine hohe biomechanische Eignung als Grundlage für die Zellkultivierung aufweisen. Technologische Herausforderungen ergeben sich bei der Herstellung poröser tubulärer

zylinderförmigen Druckbett, welche eine Reduzierung der zu druckenden Schichtdicke und damit überhängende Strukturen erlaubt.

Die geordnete Strangablage beim MEW ist von einer Vielzahl an Prozessparametern und Umgebungsvariablen abhängig. Insbesondere die Materialselektion, die Geschwindigkeit des Druckkopfes und der Abstand zwischen Düse und Druckbett beeinflussen das Druckergebnis. Zur Kontrolle der Prozessparameter eignet sich eine kamerabasierte Erfassung des Druckstrangs. Die optische Überwachung und die Regelung des Druckprozesses müssen dabei in Echtzeit erfolgen.

Abbildung 2
MEW-Druckstrang mit Durchmesser von ca. $10 \mu\text{m}$ (links); MEW- und FDM-Hybridmodell einer nahtlosen tubulären Scaffold-Teststruktur (rechts).

Quelle: ims

Das IMS beschäftigt sich mit den notwendigen Algorithmen und deren Integration in 3D-Druckprozesse. Diese technischen Erweiterungen sollen die präzise Fertigung tubulärer Scaffolds sicherstellen.

Die mit Gefäßzellen besiedelten Scaffolds müssen für einen Zeitraum von mehreren Wochen kultiviert werden, um durchgehende Zellschichten auszubilden. Unter ande-

wachstum erforderlichen Bedingungen bereitstellen (zum Beispiel Temperatur, Druck, mechanische Stimuli, Sauerstoff- und Kohlendioxidsättigung, pH-Wert). Eine kontinuierliche Erfassung verschiedener Messwerte liefert Daten über den Wachstumsprozess, die innere Umgebung sowie die geometrische Struktur des Gefäßimplantats innerhalb des Bioreaktors. Die für die Erfassung und Kontrolle der Kultivierungsbedingungen

toren und Sensoren, welche in Kontakt mit dem eingesetzten Nährmedium kommen, sowohl biokompatibel sein als auch die durch eine hohe Umgebungsfeuchtigkeit und Temperatur geprägten Sterilisationsvorgänge unbeschadet überstehen. Damit während der langen Kultivierungsperiode keine Flüssigkeit aus den Nährmedienkreisläufen verdunstet, werden viele Komponenten des Aufbaus in einem Brutschrank mit einer relati-

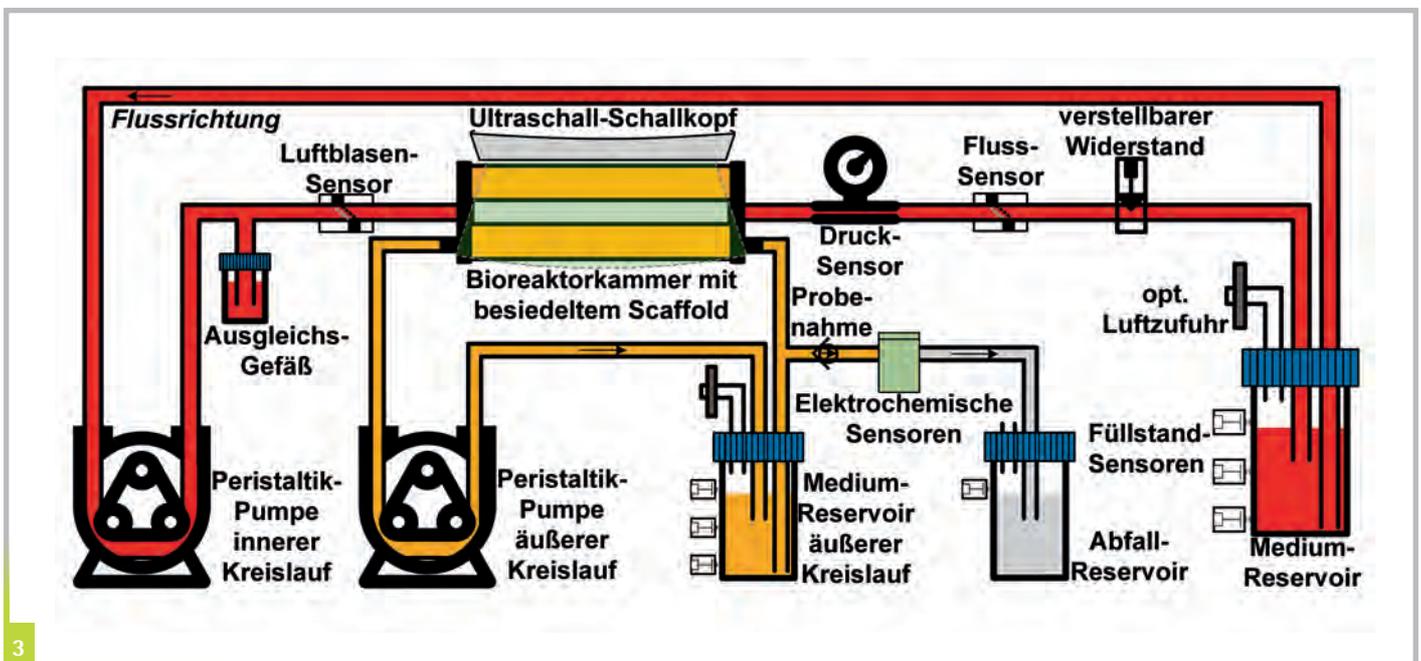


Abbildung 3 Vereinfachter Aufbau des entwickelten TE Bioreaktors. Das mit Zellen besiedelte Scaffold wird in der Bioreaktorkammer befestigt, welche an zwei Kreisläufe mit Nährmedium angeschlossen ist. Der innere Kreislauf (rot) führt durch das Gefäßimplantat und simuliert den Blutfluss. Der äußere Kreislauf (orange) simuliert den Gewebezweischenraum. Beide Kreisläufe werden mit einer Vielzahl verschiedener Sensoren überwacht, die auch als Rückkopplung für die eingesetzten Aktoren dienen.

Quelle: ims

rem durch mechanische Stimuli (wie zum Beispiel Druckpulse und Flussratenänderung des eingesetzten Nährmediums), ähnlich den Bedingungen im menschlichen Blutkreislauf, werden die Zellen bei der Reifung unterstützt und auf die spätere Belastung im Körper vorbereitet. Speziell für die Gefäßzüchtung entwickelte Bioreaktoren stellen daher eine Schlüsseltechnologie für die *in vitro* Kultivierung von biologischen Gefäßprothesen dar. Sie unterstützen die Herstellung funktionaler Implantate, indem sie einen effizienten Stofftransport gewährleisten und gleichzeitig die für das Zell-

erforderlichen Sensoren und Aktoren basieren auf speziell für den Einsatz in Bioreaktorsystemen entwickelten mikroelektronischen Komponenten.

Das IMS konzeptioniert und implementiert in Kooperation mit den NIFE-Projektpartnern ein vollständiges Bioreaktorsystem für die Kultivierung von Gefäßprothesen. Im Rahmen dieser Arbeiten werden insbesondere eigene Sensoren und Aktoren sowie die benötigten elektronischen Schaltungen zur Ansteuerung entwickelt. Die Anwendung in einem Bioreaktor stellt dabei hohe Anforderungen an alle Komponenten. So müssen Ak-

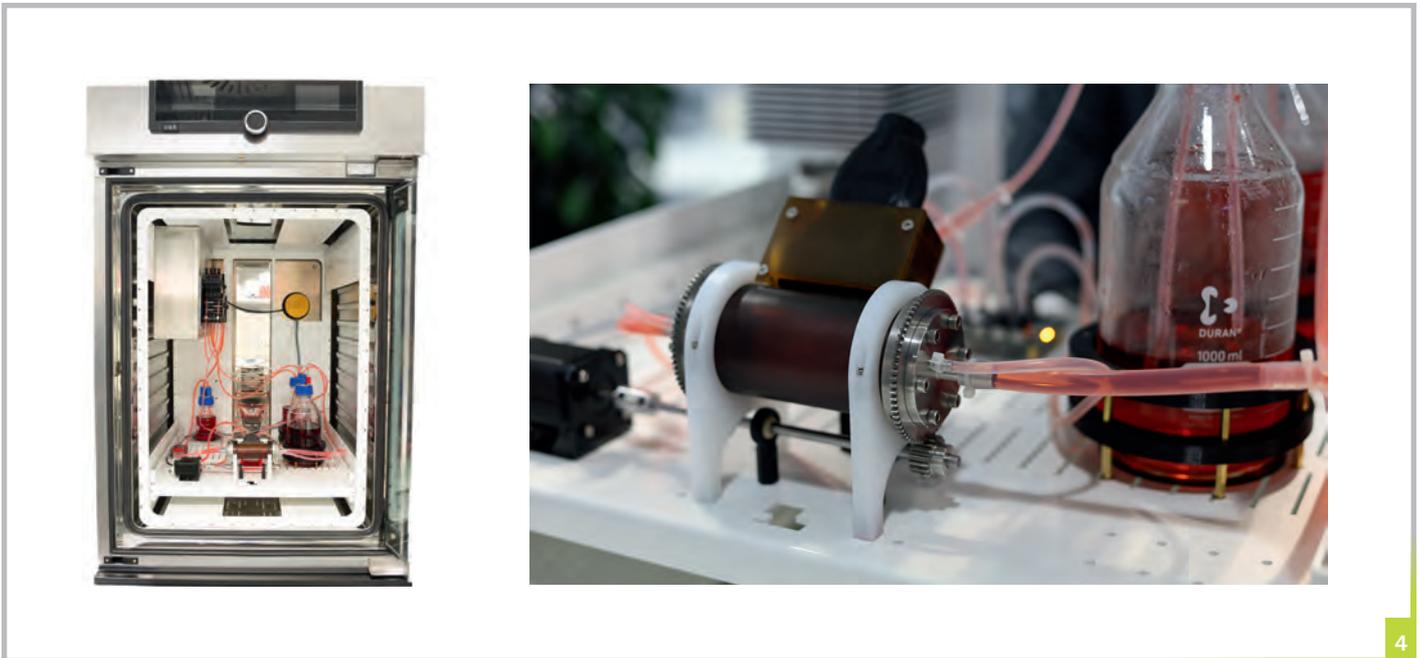
ten Luftfeuchte von 95 Prozent platziert. Die im Brutschrank platzierten elektronischen Komponenten müssen entsprechend durch eine Verkapselung geschützt werden. Auf Grund des wärmeisolierenden Aufbaus von Brutschränken wird bei der Implementierung von elektronischen Komponenten auf eine geringe Verlustleistung Wert gelegt, um eine Überhitzung – und damit Zerstörung – der Zellen zu verhindern.

Die Überwachung und Kontrolle verschiedener physiologischer Parameter erfordert den Einsatz unterschiedlichster Sensorprinzipien. Elektro-

chemische Sensoren werden zur Messung der Konzentration von kleinen Molekülen wie zum Beispiel Glukose eingesetzt. Optische Fluoreszenz-Sensoren messen den pH-Wert des Nährmediums. Sensoren, welche die Widerstandsänderung von Halbleitern bei mechanischer Belastung messen („piezoresistiv“), erfassen den Druck in den Kreisläufen, während thermische Sensoren die Temperatur überwachen, welche für die Aufrechterhal-

kann sie zur Optimierung der Kulturbedingungen für optimales Gewebewachstum und -entwicklung genutzt werden.

Mit den bisher am IMS abgeschlossenen Arbeiten wurden mehrere Versuchsträger entwickelt, die die Anforderungen klinischer und biologischer Forschungsanwendungen im TE Bereich erfüllen. Im weiteren Projektverlauf sollen die Verlässlichkeit und



4

tung optimaler Kulturbedingungen für die Zellen wichtig ist. Darüber hinaus werden Ultraschallsensoren verwendet, um die Fließgeschwindigkeit des Mediums aufzuzeichnen und unerwünschte Luftblasen zu detektieren. Auch die geometrische Struktur des heranwachsenden Gefäßes wird durch die nicht-invasive Aufnahme von Ultraschall-Schnittbildern und einer anschließenden 3D-Rekonstruktion erfasst. Die Integration dieser verschiedenen Sensorprinzipien in Bioreaktoren für TE ermöglicht ein umfassenderes Verständnis der Physiologie des kultivierten Gewebes. Darüber hinaus

Reproduzierbarkeit der erreichten Ergebnisse überprüft werden. Die Entwicklung der entsprechenden Versuchsprotokolle findet dabei in enger Abstimmung mit den NIFE-Projektpartnern statt.

Auf Literaturangaben musste in diesem Artikel verzichtet werden. Interessierte Leser*innen finden im LUH-Forschungsinformationssystem Verweise auf die zugrundeliegenden Publikationen: <http://go.lu-h.de/tNict>

Nils Stanislawski
Henrik Heymann
Holger Blume

Abbildung 4
Bioreaktor-Aufbau im Brutschrank (links) und Bioreaktorkammer mit Ultraschall-Schallkopf (rechts).
Quelle: ims



→ Weitere Informationen siehe Autor*innenseiten.

Gefäße drucken und kultivieren

Auf dem Weg zum Gefäßimplantat aus der Retorte!

Künstliche Implantate sind für Patient*innen immer mit Risiken verbunden. Es kann etwa zu einer Abstoßung kommen, außerdem müssen oft dauerhaft Medikamente eingenommen werden.

Wissenschaftler*innen der AG Blume am Institut für Technische Chemie (TCI) arbeiten daher an der Entwicklung einer patienten-individuellen Gefäßprothese als Medizinprodukt, welche langfristig als Ersatz erkrankter oder beschädigter Blutgefäße fungieren kann.

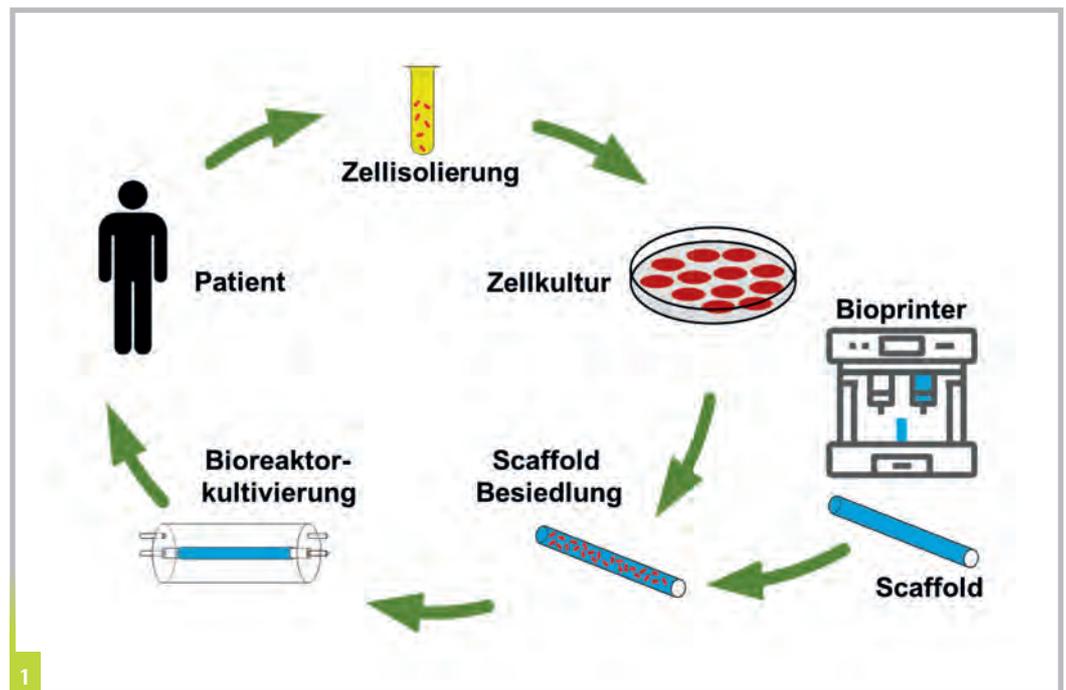


Abbildung 1
Prozessablauf für das Tissue Engineering vaskulärer Gefäßstrukturen. Der zu behandelnden Person werden mittels Biopsie Zellen entnommen und in Zellkulturen überführt. Biologisch abbaubare Polymere werden zur Herstellung von Scaffolds verwendet und können unter Verwendung von Hydrogelen mit Zellen besiedelt werden. Die Kultivierung der Gefäßprothesen erfolgt in speziellen Bioreaktoren. Die Scaffolds müssen parallel aber auf Haltbarkeit und Funktion im Tier getestet werden.
Quelle: TCI

Die AG Blume (Prof. Dr. med. C. Blume) im Institut für Technische Chemie (TCI) ist ansässig innerhalb der Naturwissenschaftlichen Fakultät der Leibniz Universität Hannover und hat ihren Standort am Niedersächsischen Zentrum für Biomedizintechnik, Implantatforschung und Entwicklung (NIFE). Durch diese Beteiligung ergeben sich unter anderem zu weitergehenden Implantattestungen im Tier sowie zu Zellisolierungen aus Primärgewebe enge Kontakte zu anderen Forschungsgruppen an der Medizinischen Hochschule Hannover (MHH) und der Tierärztlichen Hochschule Hannover (TiHo). Die

AG widmet sich innerhalb des TCI dem Forschungsschwerpunkt Biomedical Engineering.

In diesem Bereich beschäftigt sich die AG mit der Zellisolierung, der Zellcharakterisierung, der Optimierung von Zellkulturbedingungen, der Erstellung von Gerüststrukturen (engl. Scaffolds) für die Besiedlung mit Zellen sowie der Untersuchung und Entwicklung von geeigneten Materialien für die Herstellung solcher Scaffolds. Diese Arbeitsthemen vereinigen sich im Forschungsgebiet des Tissue Engineering. Tissue Engineering verfolgt die Herstel-

lung von künstlichem Gewebe bis hin zu ganzen Organen. Diese Gewebestrukturen können aus Zellen (Primärzellen aus Blut, Fettgewebe, Knochenmark wie zum Beispiel differenzierbare mesenchymale Stammzellen oder endotheliale Progenitorzellen) sowie natürlichen und künstlichen Materialien wie zum Beispiel nativen extrazellulären Matrixproteinen wie Kollagen oder aus bioabbaubaren Polymeren entwickelt werden. Sie sollen die Funktion des zu ersetzenden Gewebes übernehmen und damit als Gewebeamplantate oder als Alternative bei Transplantationen zur Verfügung stehen. Die Her-

stellung künstlicher Blutgefäße stellt dabei eine Schlüsseltechnologie dar. Sie können sowohl für den Ersatz von blockierten oder beschädigten Blutgefäßen selbst verwendet werden, werden aber ebenso auch für die Entwicklung größerer Gewebestrukturen benötigt, um die Nährstoff- und Sauerstoffversorgung dieser sicherzustellen.

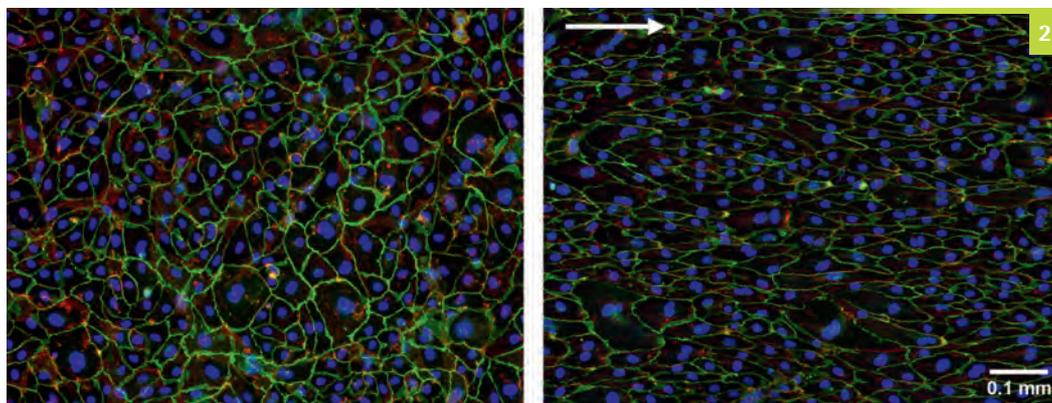
Das hier näher vorgestellte DFG-geförderte Projekt beschäftigt sich mit der Entwicklung einer patientenindividuellen Gefäßprothese als Medizinprodukt, welche langfristig als Ersatz erkrankter oder beschädigter Blutgefäße, zum Beispiel bei Bypass-Operationen, dienen soll. Die Vorteile dieser mittels Tissue Engineering hergestellten bioartifiziellen Gefäßprothesen liegen darin, dass diese, im Gegensatz zu aktuellen Produkten wie Stents, vollständig in das Gewebe der Patient*innen einwachsen können. Ebenfalls könnte auf eine langfristige Einnahme von Medikamenten, wie sie bei vollsynthetischen Gefäßprothesen zur Verhinderung einer post-implantationem-Okklusion (einem Verschluss des Gefäßes) durch Atherosklerose oder ein Einwachsen von Gefäßmuskelzellen häufig vorkommt, verzichtet werden. Die Entwicklung und anschließende Implantation solcher künstlichen Blutgefäße ist insgesamt ein komplexes Vorhaben, welches von einer Vielzahl an Faktoren abhängig ist.

Einzelne ausgewählte Schritte, welche für die Entwicklung eines solchen Medizinproduktes entscheidend sind, werden im Folgenden näher dargestellt. Da es sich bei der bioartifiziellen Gefäßprothese um ein Medizinprodukt handelt, sind im zukünftigen Verlauf der Entwicklung auch Tierversuche notwendig. Diese werden mit hohen ethischen Standards in Kooperation mit pro-

fessionellen Tierversuchszentren (phenos, Medimplant) durch erfahrene Tierärzte und in enger Kooperation mit Kollegen der MHH (Klinik für Herz-, Thorax, Gefäßchirurgie, Prof. Wilhelmi) durchgeführt.

Als Grundlage werden immunneutrale, patienteneigene Zellen für die Besiedlung der Scaffolds benötigt. Diese sind essentiell für eine optimal funktionierende bioartifizielle

vorbeiströmende Zellkulturmedium simuliert hierbei den späteren durch Reibung entstehenden physiologischen Scherstress durch den Blutfluss, es entsteht ein durchgehender Endothelzell-Layer auf dem 3D-gedruckten Scaffold. Dadurch, dass diese Zellen individuell aus dem Blut eines möglichen Gefäßprothesenträgers isoliert werden können, wird einer späteren Abstoßungsreaktion vorgebeugt.



Gefäßprothese. Endotheliale Vorläuferzellen (Vorläufer von Gefäßinnenhautzellen) der Patient*innen können hierfür aus einer Blutprobe isoliert werden und anschließend im Labor charakterisiert und vermehrt werden. Sie bilden später die innerste Schicht der Gefäßprothese, dies hat sich als günstig gegen einen vorzeitigen Verschluss der neuentwickelten Gefäßprothesen erwiesen. In der AG Blume werden dafür Isolations-Protokolle und Methoden zur Expansion und Analyse der Zellen etabliert, um aussichtsreiche endotheliale koloniebildende Zellen auf ihre biomedizinische Eignung zu untersuchen und zu vermehren. Der positive Einfluss einer Vorkultivierung der Endothelzellen unter mechanischer Stimulation durch vorbeiströmendes Zellkulturmedium in einem Bioreaktor konnte bereits anhand antithrombogener und Atherosklerose-vorbeugender Eigenschaften gezeigt werden. Das

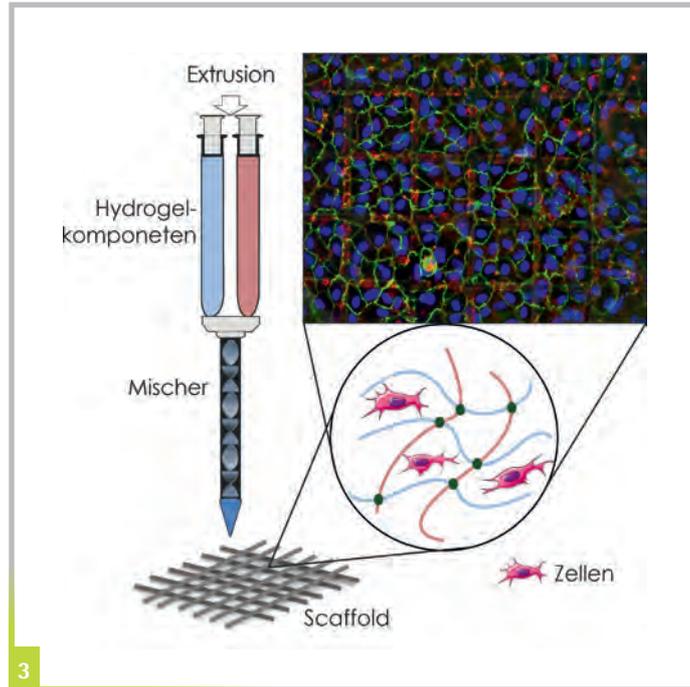
In einem weiteren Schritt müssen zusätzlich zu dem Endothel auch noch andere Gefäßzellen, wie Gefäßmuskelzellen oder Fibroblasten, auf der Gerüststruktur aufgebracht werden. Dies erfolgt mittels 3D Druck. Hierbei werden die Zellen in ein Hydrogel eingebettet, einem wässrigen dickflüssigen Medium, welches sowohl als Transportvehikel als auch als physiologische Umgebung für die eingebetteten Zellen fungiert und die hochpräzise Anordnung von Zellen durch den Druckprozess ermöglicht (Bioprinting). Voruntersuchungen haben dabei das komplexe Zusammenspiel der Hydrogeleigenschaften auf das Wachstumspotenzial der darin befindlichen Zellen gezeigt. Spezielle 3D-Druckverfahren, wie zum Beispiel bei der Verwendung eines Zwei-Komponenten-Hydrogels, stellen dabei eine Notwendigkeit dar.

Die zugrundeliegende röhrenförmige Gerüststruktur, die

Abbildung 2
Mechanische Stimulation der Blutgefäßzellen durch Scherstress. Vorbereitung auf die natürlichen Verhältnisse, wie Blutfluss und Herzschlag, spielen eine essentielle Rolle für die langfristige Gewebefunktion der bioartifiziellen Gefäßprothese. Deutlich zu erkennen ist die Anpassungen der Zellen unter Einfluss von Scherstress durch vorbeifließendes Zellkulturmedium (statische Kultivierung links, dynamische Kultivierung rechts, die Flussrichtung ist durch den Pfeil rechts markiert).
Quelle: TCI

Abbildung 3
Scaffold-Erstellung für Gewebeersatz. Für die Scaffold-Erstellung kommen verschiedene 3D-Druck Techniken zum Einsatz. Biokompatible Materialien werden mittels Hochauflösten 3D Druck Verfahren in mikrostrukturierte Gerüststrukturen gedruckt. Die Anordnung der Zellen auf dem Scaffold erfolgt durch den 3D-Druck von Hydrogelen in denen Zellen eingebettet sind.

Quelle: TCI

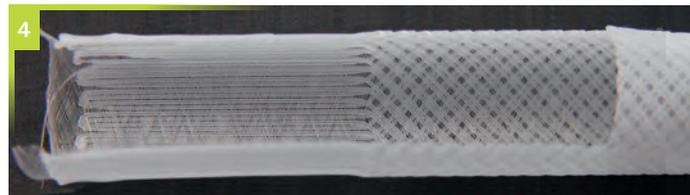


tausch des Gerüsts durch körpereigenes Material gleichmäßig mit dem Abbau des künstlichen Materials stattfindet.

Ein weiterer wichtiger Aspekt in der Entwicklung der bioartificialen Gefäßprothese liegt in den optimalen Kultivierungsbedingungen im Bioreaktor. Mechanische Stimulationen, wie der durch den Blutfluss entstehende Scherstress entlang der innersten Zellschicht und andererseits die Dehnung des Blutgefäßes aufgrund der durch den Herzschlag verursachten Druckwelle, spielen eine Schlüsselrolle bei der Reifung der bioartificialen Gefäßprothese. Diese Reifung ist notwendig, um das wachsende Gewebe auf die späteren Anforderungen im menschlichen Körper vorzubereiten. Die geeigneten Kultivierungsbedingungen werden durch ein spezielles Bioreaktorsystem erzeugt, welches in enger Abstimmung mit dem Institut für Mikroelektronische Systeme (IMS) entwickelt wurde.

Abbildung 4
Durch Einsatz eines rotierenden Druckbetts in Koordination mit dem Druckkopf eines 3D-Druckers kann die AG Blume nahtlose tubuläre Gefäßscaffolds mit feiner Mikrostrukturierung in mehreren Lagen produzieren.

Quelle: TCI/IMS



die Form vorgibt und zudem für die Stabilität und Flexibilität der bioartificialen Gefäßprothese sorgt, wird ebenfalls mittels 3D-Druck hergestellt. Hierzu wurde die additive Fertigung eines 3D-Druckers durch ein rotierendes Druckbett ergänzt.

Die Oberfläche dieser Gerüststruktur ist entscheidend für die Anhaftung, Form und Ausrichtung der angesiedelten Zellen. In der AG werden dafür Untersuchungen durchgeführt, welche die notwendi-

gen mikrostrukturellen Merkmale dieser Gerüststrukturen analysieren. Die dabei verwendeten Materialien sind auf eine nebenwirkungsarme Verwendung in den Patient*innen ausgelegt und in ihren mechanischen Eigenschaften den entsprechenden Strukturen im menschlichen Körper möglichst ähnlich. Sie sollen nach Implantation in den Patient*innen nach und nach abgebaut sowie durch körpereigenes Gewebe ersetzt werden. Bei diesem Austausch ist es entscheidend, dass der Aus-

Auf Literaturangaben musste in diesem Artikel verzichtet werden. Interessierte Leser*innen finden auf der Homepage des TCI, AG Blume (<http://go.lu-h.de/Cfpj>) Verweise auf die zugrundeliegenden Publikationen.

Sebastian Heene
Sebastian Loewner
Jannis Renzelmann
Cornelia Blume

→ Weitere Informationen siehe Autor*innenseiten.

Meine Mecklenburgische

So gut.
So sicher,
weil ...



Wir bieten interessante **Perspektiven** und **Karrieremöglichkeiten** für Absolventen betriebswirtschaftlicher und juristischer Fachrichtungen sowie Absolventen der MINT-Fächer.

Individuell zugeschnitten auf Ihre Fähigkeiten und Kenntnisse kann der Einstieg direkt in einen Fachbereich oder durch ein Traineeprogramm erfolgen. Zudem unterstützen wir Ihre Ausbildung durch unser praktisches Know-How im Rahmen von Praktika oder der Betreuung Ihrer Bachelor- und Masterarbeit.

Als Arbeitgeber bieten wir Ihnen großzügige Sozialleistungen, attraktive Arbeitsbedingungen und ein gutes Betriebsklima.

Wir freuen uns auf den Kontakt mit Ihnen:
Mecklenburgische Versicherungsgruppe
Direktion Hannover
Platz der Mecklenburgischen 1 · 30625 Hannover
personal@mecklenburgische.de



Mecklenburgische
VERSICHERUNGSGRUPPE



sappi

Frischer Wind für neue Ideen

Danke für das Lob. Das Deutsche Institut für Innovation, Nachhaltigkeit und Digitalisierung stuft Sappi Alfeld als Arbeitgeber der Zukunft ein. Weil wir uns kontinuierlich weiterentwickeln. Und weil unser Werk mit seinen Aufgaben wächst. Beides klappt mit frischem Wind für neue Ideen am besten. Jetzt bei Sappi Alfeld bewerben.

Wir bieten:

- vielfältige Karrierechancen
- internationale Netzwerke
- nachhaltige Themen

Wir leben:

- Chancengleichheit
- Diversität
- Inklusion



www.sappi.com/de/careers

Die SciKnow Vision:

wissenschaftliche Entdeckungen erleichtern und beschleunigen

Im Rahmen der Exzellenzinitiative des Bundes und der Länder ist an der LUH die „SciKnow – Scientific Knowledge Collider“ Clusterinitiative entstanden, die das Ziel hat, Methoden der Künstlichen Intelligenz für die Organisation und Nutzung von Daten, Informationen und Wissen in der Forschung anzuwenden. In diesem Artikel geben wir einen kurzen Überblick über die SciKnow Vision und stellen mit Wissensgraph-basierter personalisierter Medizin einen zentralen Anwendungsfall der Initiative vor.

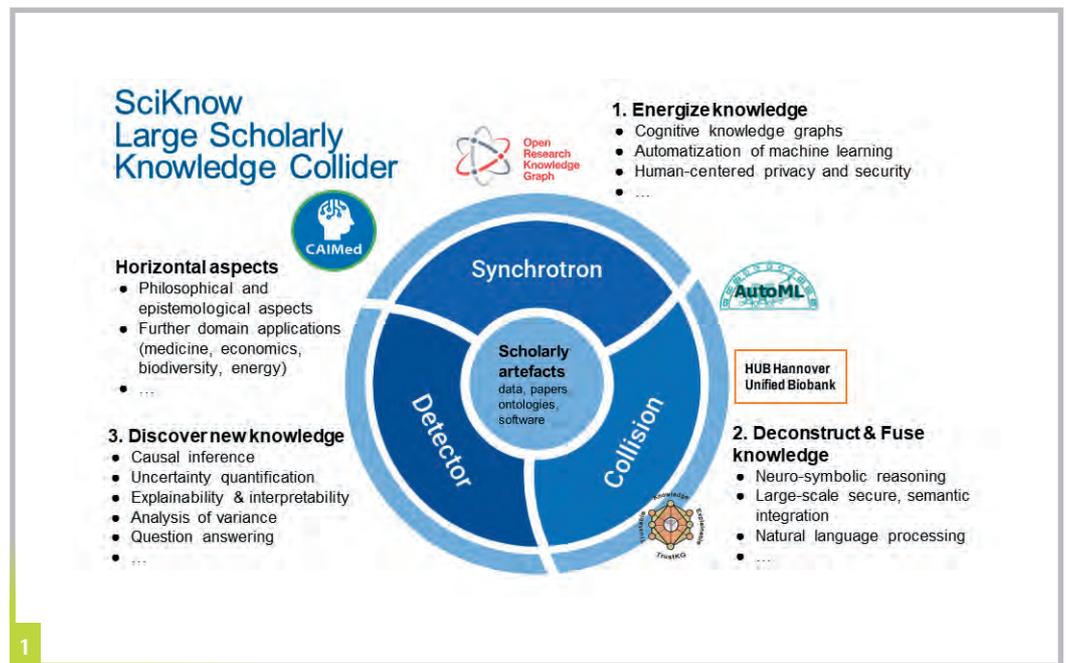


Abbildung 1
Überblick über den Scientific Knowledge Collider mit den drei Kernkomponenten Synchrotron (Synchronisierung und Energetisierung von Wissen), Collision (Dekonstruktion und Fusion von Wissen) und Detector (Entdeckung neuen Wissens).
Quelle: L3Seigene Darstellung

Große gesellschaftliche Herausforderungen wie Klimawandel, Kreislaufwirtschaft und Energieeffizienz, Infektionskrankheiten und personalisierte Medizin oder sichere und verantwortungsvolle digitale Dienste können nur durch die Vernetzung und Integration zahlreicher wissenschaftlicher Einzelergebnisse mit den zugrunde liegenden Forschungsdaten gelöst werden. Die derzeitigen Methoden – Veröffentlichung statischer Artikel und bestenfalls oberflächliche Speicherung relevanter Rohdaten in Repositorien – können diese Herausforderung nicht angemessen bewältigen. Schlimmer noch, sie haben zu einer Reihe

von Problemen geführt, wie zum Beispiel der Krise der Reproduzierbarkeit, der stetigen Verschlechterung des Peer-Review-Verfahrens, repetitiven und ineffizienten Forschungsprozessen und der mangelnden Interoperabilität von Forschungsdaten. Wir brauchen daher einen neuen Ansatz für den Austausch und die Nutzung wissenschaftlicher Daten und Erkenntnisse, der es uns beispielsweise ermöglicht, in akuten Krisen wie der Corona-Pandemie schneller und global vernetzt Lösungen zu entwickeln.

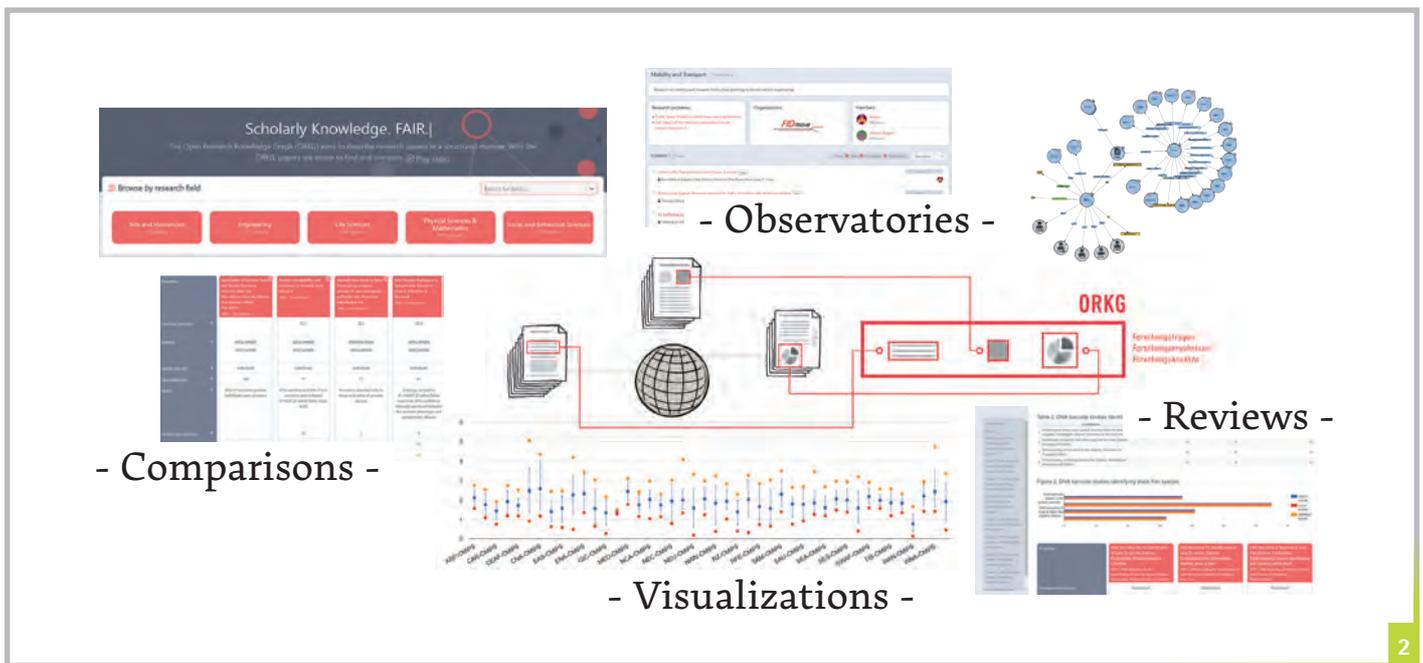
Das Ziel des Scientific Knowledge Collider ist (in Anlehnung an einen Teilchenbe-

schleuniger) die Beschleunigung und Kollision (Zerlegung, Verschmelzung, kritische Reflexion und Integration) von Forschungsergebnissen und Daten, um wissenschaftliche Entdeckungen zu erleichtern und zu beschleunigen. Der Scientific Knowledge Collider wird realisiert durch die Erforschung und Umsetzung neuer Methoden für: eine einheitliche Darstellung wissenschaftlicher Daten und Erkenntnisse (wie Ideen, Theorien, Ansätze, Bilder und Behauptungen usw.) in einer neuen Form von kognitiven Wissensgraphen – Synchronisierung und Energetisierung von Wissen

- ein neues Kooperationsmodell, das große Mengen von Forschungsdaten in kognitiven Wissensgraphen mit Hilfe von maschinellem Lernen verbindet, integriert und analysiert und synergetisch mit menschlicher und gemeinschaftlicher Intelligenz kombiniert – *Dekonstruktion und Fusion von Wissen*
- Entwicklung und Anwendung eines systematischen und ethischer Hinsicht untersucht, um Standards für die zukünftige Forschung zu setzen. Verlässlichkeit und Vertrauenswürdigkeit sind Voraussetzungen, um die Vision des Scientific Knowledge Collider als Katalysator für gesellschaftlich relevante, global vernetzte Spitzenforschung zu verwirklichen. Dies erfordert die Bündelung von Forschungsaktivitäten aus den unterschiedlichsten Diszipli-

sein. Als zentrale Anwendungsdomäne beschäftigen wir uns gemeinsam mit Partnern der Medizinischen Hochschule Hannover (MHH) mit der personalisierten Medizin sowie mit spezifischeren Anwendungen in den Bereichen Geoinformation, Ökologie, Kognitionswissenschaften und IT-Sicherheit.

Eine zentrale Herausforderung in diesem Bereich ist die



konzeptionellen Rahmens für die Nutzung kognitiver Wissensgraphen zur Analyse von Hypothesen auf der Grundlage von Korrelationen in Daten zusammen mit kontextuellem Wissen, um Beweise für die Feststellung von Kausalität zu liefern – *Entdeckung neuen Wissens*

Die Gewährleistung von Datenschutz und Sicherheit sensibler Forschungsdaten und Softwaresysteme einerseits und größtmöglicher Transparenz bei der Datennutzung andererseits wird als eine der großen Herausforderungen bei allen Entwicklungen sowohl in technischer als auch in philosophischer, kognitiver

nen: Künstliche Intelligenz, Datenmanagement, Knowledge Engineering, Scholarly Communication, Informationswissenschaft, Softwaresysteme, Philosophie, Wissenschaftsforschung und Softwaresicherheit.

Ein wissenschaftlich-methodischer Kern des Scientific Knowledge Colliders wird die Kombination von symbolischen (zum Beispiel semantische Repräsentationen und Wissensgraphen) und subsymbolischen Verfahren (maschinelles Lernen) – sogenannte HybridAI – und deren Integration mit menschlicher Intelligenz (zum Beispiel durch Kuratierung und Crowdsourcing)

einheitliche Darstellung von Forschungsergebnissen aus verschiedenen Formen multimodaler Repräsentationsformen und unzähligen Datenquellen (wie zum Beispiel generiert durch die NFDI German National Data Infrastructures oder EOSC European Open Science Cloud). So können beispielsweise experimentelle Ergebnisse verschiedener Publikationen über Tabellen, in Textform, unter Verwendung von Diagrammen oder Bildern kommuniziert werden. Die Extraktion der (im Text beschriebenen) experimentellen Bedingungen, die zu den Ergebnissen geführt haben, und die Zusammenführung der verschiedenen

Abbildung 2 Überblick über die wichtigsten ORKG-Dienste: Tabellarische Vergleiche wissenschaftlicher Informationen, Visualisierungen quantitativer Vergleichsdaten, thematische Übersichten mit ORKG-Inhalten und expertenbasierte wissenschaftliche Wissensorganisation in Observatorien. Quelle: L3S/eigene Darstellung

Formen der wissenschaftlichen Kommunikation in einer gemeinsamen Darstellung ist eine Voraussetzung, um Forschungsergebnisse mit anderen Formen von Forschungsdaten (zum Beispiel klinischen oder experimentellen) zu kombinieren. Diese integrierte Sicht auf das Wissen ist von entscheidender Bedeutung, um die Implikationen kritisch zu reflektieren und neue Arbeitshypothesen für

Zweck werden die Artikel dem ORKG hinzugefügt, indem die wichtigsten Metadaten des Artikels über DOI von CrossRef abgerufen (oder manuell hinzugefügt) werden und dann der Inhalt des Forschungsartikels mit Hilfe spezieller Eingabefelder beschrieben wird. Solche strukturierten Inhalte wissenschaftlicher Beiträge sollten das behandelte Forschungsproblem, die verwendeten Materialien und

der ORKG den automatisierten Vergleich der Beiträge in einer tabellarischen Übersicht. Vergleiche unterstützen den Nutzer dabei, sich einen Überblick über den Stand der Technik zu verschaffen. Ein klassisches Beispiel aus der Informatik ist der Vergleich der Best/Worst-Case-Performance von Sortieralgorithmen oder der Precision und Recall von Algorithmen zur Objekterkennung in Bildern. Für Forscher in der Virologie und Epidemiologie ist es interessant, die Reproduktionszahlen verschiedener Viren vergleichen zu können. Solche Vergleiche bieten einen Überblick über die wichtigsten Informationen zu einem Forschungsproblem in Dutzenden oder Hunderten von Veröffentlichungen und sind somit ein wertvolles Instrument, um sich einen Überblick über den Stand der Technik in einem Bereich zu verschaffen.

Mit der engen Verzahnung von menschlicher Intelligenz (durch Kuratierung und Crowd-Sourcing), der Repräsentation des Forschungswissens in einem Wissensgraph und der Nutzung maschineller Lernverfahren für die Extraktion von Wissen aus PDF-Artikeln realisiert der ORKG bereits die zentrale Idee des Scientific Knowledge Collider. Wir sind allerdings in vieler Hinsicht noch sehr weit von der vollständigen Realisierung des Scientific Knowledge Collider entfernt: Die semantische Vernetzung und Integration vieler Artefakte des Forschungszyklus (neben Publikationen auch Forschungsdaten, Software usw.) steckt noch in den Kinderschuhen und die automatisierten Verfahren zur Extraktion von Wissen aus Publikationen erreichen noch nicht die notwendige Genauigkeit. Eine große Herausforderung insbesondere auch für medizinische Anwendungen ist der Schutz sensibler persönlicher

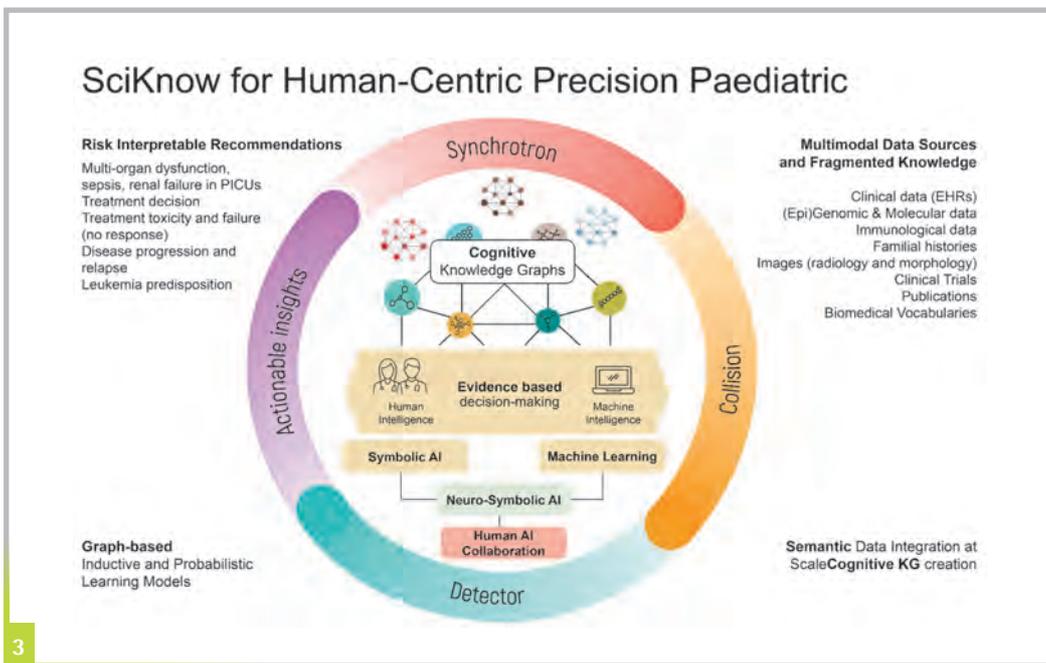


Abbildung 3
Anwendung des Scientific Knowledge Collider Konzepts für Knowledge-Graph-basierte personalisierte Onkologie (In BioRender² gezeichnet).
Quelle: L3S/eigene Darstellung

spezifische Anwendungen zu generieren. Dies wiederum kann nur funktionieren, wenn das gewonnene Wissen den Menschen vermittelt werden kann (Erklärbarkeit) und umgekehrt, wenn es möglich ist, menschliche Expertise sinnvoll zu integrieren.

Eine zentrale Komponente des Scientific Knowledge Collider existiert bereits: der Open Research Knowledge Graph (ORKG). Der ORKG ermöglicht eine strukturierte und semantische Beschreibung von Forschungsbeiträgen, die traditionell in unstrukturierten wissenschaftlichen Artikeln (meist publiziert als PDF) beschrieben werden. Zu diesem

Methoden sowie die erzielten Ergebnisse so beschreiben, dass der Beitrag mit anderen Artikeln, die das gleiche Forschungsproblem behandeln, vergleichbar wird. Die semantische Beschreibung folgt dem RDF-Subjekt-Prädikat-Objekt-Paradigma und kann vom Nutzer jederzeit flexibel um eigene zusätzliche Prädikate (Eigenschaften oder Attribute) erweitert werden. Eine Vorschlagsfunktion erleichtert das Auffinden und die Wiederverwendung bestehender Prädikate und Entitäten.

Wenn mehrere wissenschaftliche Beiträge zur Lösung einer Forschungsfrage im ORKG eingetragen sind ermöglicht

Daten und die Transparenz und Nachvollziehbarkeit von automatisiert generierten Empfehlungen und Analysen.

Eine zentrale Anwendung des Scientific Knowledge Colliders, die wir gemeinsam mit Kollegen der Medizinischen Hochschule Hannover bearbeiten ist die personalisierte Medizin insbesondere Onkologie. Die Onkologie stellt eine besondere Herausforderung dar, da Krebserkrankungen durch komplexe genetische und mikroökologische Wechselwirkungen zwischen Tumoren verursacht und beein-

flusst werden. Diese Besonderheiten können die Art und Weise beeinflussen, wie ein Tumor wächst und metastasiert. Um diese individuellen Krankheitsmuster zu erkennen und ein genetisches Profil einer Person zu erstellen, sind präzise Analysen personalisierter Daten (zum Beispiel OMICS, Arzneimittelreaktionen und -resistenzen) erforderlich. Aggregierte Daten aus klinischen Aufzeichnungen, Tier- und Zellmodellen, klinischen Versuchen und wissenschaftlicher Literatur bieten reichhaltige Wissensquellen zur Aufdeckung von Mustern,

um Arzneimittelreaktionen und -resistenzen besser zu verstehen und die aufgedeckten Muster zu validieren, zu erklären und zu interpretieren.

¹ <https://orkg.org>

² <https://app.biorender.com/>

Sören Auer
Maria Esther Vidal
Bodo Rosenhahn
Wolfgang Nejd

→ Weitere Informationen
siehe Autor*innenseiten.

starting
BUSINESS
GRÜNDUNGSSERVICE DER
LEIBNIZ UNIVERSITÄT HANNOVER



11
102
1004
Leibniz
Universität
Hannover

WWW.STARTING-BUSINESS.DE

**TRÄUMEN ODER
MACHEN?**

JETZT EIGENES **STARTUP** GRÜNDEN
UND FÖRDERUNG SICHERN!

Mobile Corona-Analytik made in Hannover

Universitäre Forschungslabore im Einsatz zur Pandemiebekämpfung

An der Leibniz Universität Hannover wurden in enger Kooperation mit dem NIFE und der Medizinischen Hochschule Hannover mobile SARS-CoV-2 Teststationen entwickelt und betrieben.

Dank dieses Projekts konnten wichtige Bereiche öffentlicher Institutionen, medizinischer Einrichtungen und kritischer Infrastruktur im südlichen Niedersachsen ihren Betrieb fortführen und Forschungsfragen unter anderem zur Verbreitung des Corona-Virus untersucht werden.



Die SARS-CoV-2 (engl. „*severe acute respiratory syndrome coronavirus type 2*“) Pandemie verursachte seit Beginn des Jahres 2020 eine öffentliche Krise. Viele medizinische und öffentliche Einrichtungen und Unternehmen wurden als Reaktion auf die Pandemie isoliert. Da eine Ausbreitung von SARS-CoV-2 unabhängig vom Krankheitsverlauf möglich ist, kann das gezielte Testen von Bevölkerungsgruppen den Weiterbetrieb oder die Wiedereröffnung dieser Einrichtungen unterstützen. Zu diesem Zweck können Bevölkerungsuntersuchungen mit Virustests in Form von Polymerase-Kettenreaktionsanalysen (PCR) und Antikörpernachweisen im Blut von zentraler Bedeutung sein. PCR-Tests geben hierbei Auf-

schluss über akute Infektionen, während Antikörpernachweistests eine frühere SARS-CoV-2-Infektion der Testpersonen und die Immunreaktion auf Infektion und Impfung aufzeigen können. Zu Beginn der Pandemie waren die notwendigen PCR-Testkapazitäten in Deutschland jedoch durch Engpässe in Lieferketten und Überlastung in diagnostischen Laboren stark eingeschränkt.

Um insbesondere in der Anfangsphase der Pandemie schnell zusätzliche Testkapazitäten zu schaffen, haben unter Finanzierung durch das niedersächsische Ministerium für Wissenschaft und Kultur und nach einer Idee von Prof. Dr. Thomas Scheper das Institut für Technische Chemie

(TCI), das Institut für Mikroelektronische Systeme (IMS) und das Institut für Innovations-Forschung, Technologie-Management & Entrepreneurship (ITE) in Kooperation mit dem NIFE und der Klinik für Zahnärztliche Prothetik und Biomedizinische Werkstoffkunde der Medizinischen Hochschule Hannover (MHH) das Projekt „Mobile Corona Analytik“ (MCA) ins Leben gerufen. Hierbei wurden Beschäftigte der Universitäten, ihr Fachwissen und vorhandene technische Ausstattung für die Einrichtung eines mobilen Testangebots und zertifizierten Diagnoselabors herangezogen. Die Anfangsphase des Projektes war von großen Herausforderungen geprägt. Die Bereitstellung von Verbrauchsmaterialien wie zum

Beispiel Testkits musste daher kurzerhand intern gelöst werden. Auch der Bedarf an Laboren der Schutzstufe 2 (S2-Labor) zur Handhabung potenziell infektiösen Materials musste überwunden werden. Hierfür wurden aus zwei Containern bestehende mobile Aufnahmestationen für die Durchführung von Rachenabstrichen mit integriertem S2-Labor zur Weiterverarbeitung des Probenmaterials entwi-

lung eines diagnostischen Labors erreicht werden.

Weniger als vier Wochen nach dem initial verhängten Lockdown in Deutschland wurde die erste mobile Container-Teststation mit eingebautem Labor auf dem Parkplatz des NIFE in Betrieb genommen. Später folgte der Umzug auf das Gelände der LUH in der Nordstadt Hannovers. Bis Juni 2020 wurden zwei weitere

terialbereitstellung, Personal- und Informationskoordination und der kontinuierlichen Weiterentwicklung der eingesetzten Verfahren beschäftigt. Ein Großteil des Personals setzte sich aus Studierenden und Promovierenden zusammen, die in biowissenschaftlichen, ingenieurwissenschaftlichen, zahn- und humanmedizinischen Studiengängen eingeschrieben waren. An einzelnen Teststationen konnten so



ckelt. Ein eigens entwickeltes Gesundheitsinformationssystem (GIS) und Laborinformationssystem (LIMS) wurden eingesetzt, um einen schnellen Prozessablauf bei der Erfassung von persönlichen Daten der teilnehmenden Testpersonen und der Meldung von Proben und Analyseergebnissen an die zuständigen Gesundheitsämter und Testpersonen zu unterstützen. Alle Daten wurden dabei auf in der LUH stationierten und gesicherten Servern aufbewahrt. Für die Handhabung der Daten wurde eine datenschutzrechtliche Unbedenklichkeitserklärung ausgestellt. Durch stetige Qualitätssicherung und Einhaltung geltender Richtlinien im Laborbetrieb konnte in kürzester Zeit die Zertifizie-

Container-Teststationen in Hannover und Göttingen in Betrieb genommen. Ergänzt wurden die Container-basierten Teststationen um Aufbauten in den Räumlichkeiten von mehreren Alters- und Pflegeheimen sowie Grund- und weiterführenden Schulen in und um Hannover. Die Rachenabstriche wurden zu den aufgebauten S2-Laboren transportiert, in denen die Aufreinigung von Ribonukleinsäuren (RNA) aus dem biologischen Material stattfand. Das nun nicht länger potentiell infektiöse Material wurde anschließend auf Labore auf dem LUH-Campus verteilt, um die PCR-Analysen durchzuführen. Insgesamt waren etwa 150 Personen mit Probenahme und Durchführung von Laboranalysen, Ma-

bis zu 220 Rachenabstriche pro Tag erfasst und häufig noch am selben Tag analysiert werden.

Das freiwillige Testangebot richtete sich gezielt an Bevölkerungsgruppen, welche ein erhöhtes Infektionsrisiko basierend auf der beruflichen Tätigkeit oder der gesundheitlichen Gefährdungsbeurteilung aufwiesen. Dabei wurde die Teilnahme insbesondere nicht-symptomatischen Personen angeboten und so eine weitergehende Vorgehensweise gewählt, die Ausbreitung des Virus zu verringern. Die Empfehlungen des Robert-Koch-Instituts beschränkten sich zum selben Zeitpunkt auf die Testung symptomatischer Personen. Im Rahmen der Probenahme wurden alle

Abbildung 1
Mobiler Containeraufbau als Teststation: Außenansicht (links), Abstrichstation innen (mitte) und Labor der Schutzstufe 2 (rechts).
Quelle: LUH



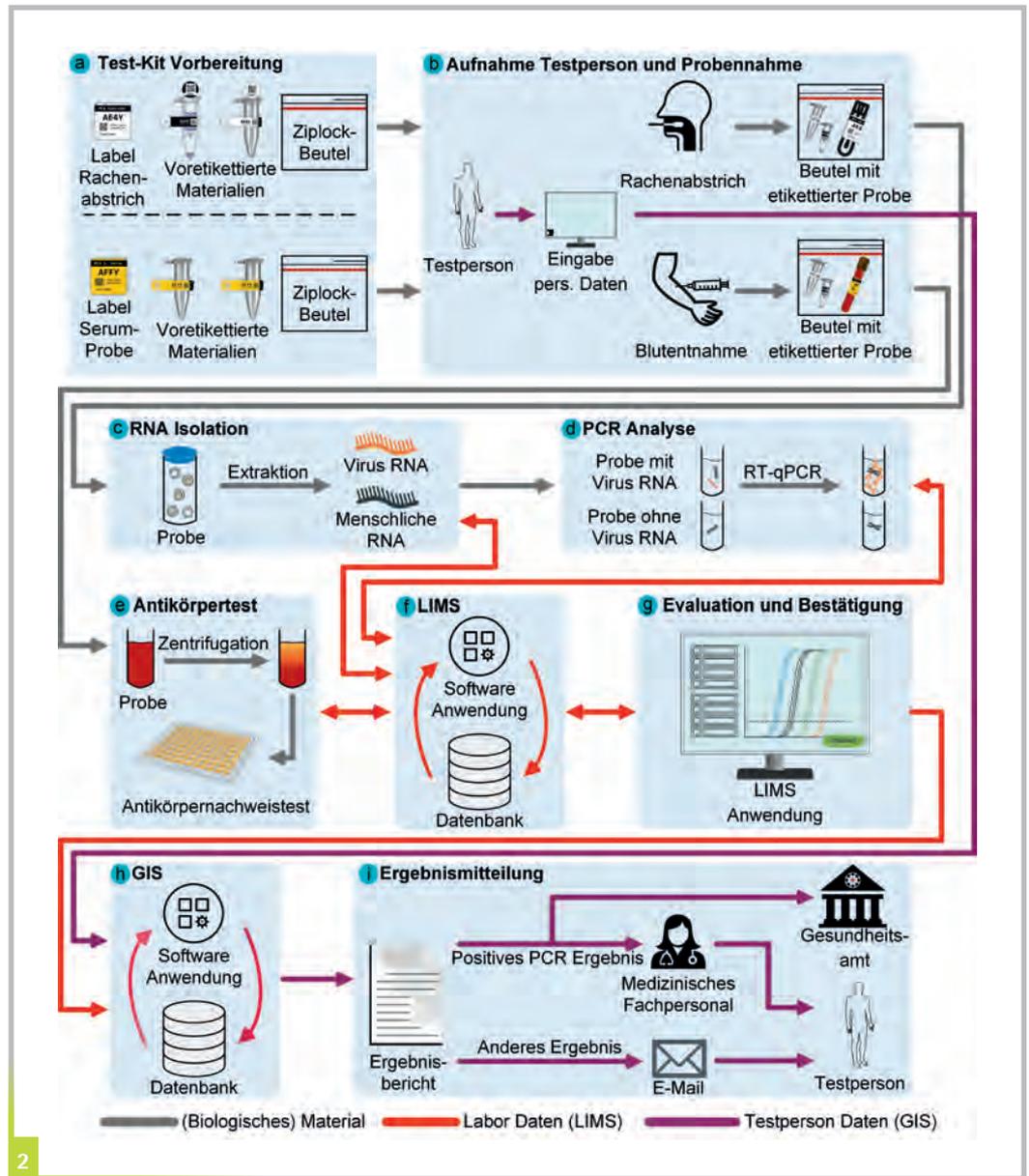


Abbildung 2
 Prozessablauf der Mobilen Corona-Analytik. Vorbereitete Testkits werden den Stationen zur Probenahme bereitgestellt. Die enthaltenen Label dienen der eindeutigen Identifikation der Proben. Die Analyse erfolgt je nach Probenmaterial in entsprechenden Laboren, wobei alle Laborprozesse und -daten durch das LIMS kontrolliert werden. Nach Zusammenführung der persönlichen Daten einer Testperson und Analyseergebnis der Probe durch das GIS erfolgt die Benachrichtigung von Testperson und – im Falle eines positiven PCR-Testergebnis – auch des Gesundheitsamtes.
 Quelle: ims

Proband*innen hinsichtlich möglicher Infektionssymptome befragt. Anfang 2021 wurden Antigen-Schnelltests zum Nachweis von SARS-CoV-2 verfügbar und von vielen Arbeitgebenden ihren Beschäftigten zum Selbsttest zur Verfügung gestellt. Darüber hinaus erfolgte Anfang 2021 die Zulassung und Verabreichung der COVID-19-Impfstoffe in Deutschland. In Anbetracht dieser Entwicklungen wurde der Betrieb auf fünf Teststationen mit Schwerpunkt auf Bildungseinrichtungen reduziert. Das PCR-Screening und

die Antikörperrnachweistests wurden bis Juni 2021 fortgesetzt.

Die anschließende Auswertung der gesammelten Daten und Laborergebnisse fand im Rahmen mehrerer medizinischer Studien statt, befürwortet durch ein Ethikvotum der Ärztekammer Niedersachsen. Während der 15-monatigen Projektlaufzeit wurden mehr als 33.000 PCR-Tests und fast 7000 Antikörperrnachweistests gesammelt und ausgewertet. Mehr als 7200 Testpersonen nahmen an dem PCR-Testan-

gebot und mehr als 4000 Testpersonen an den Antikörperrnachweistests teil.

Insgesamt wurden durch PCR-Analysen 53 Personen mit akuter SARS-CoV-2-Infektion erkannt (Gesamtprävalenz von 0,7 Prozent, dies entsprach der Prävalenz in Südniedersachsen für den Projektzeitraum). Die Flexibilität eines mobilen Testangebots kann dabei eine wichtige Rolle bei der Entlastung der Gesundheitsämter insbesondere in Zeiten hoher Inzidenz spielen. So konnte beispiels-

weise nach einem ersten bestätigten positiven PCR-Test in einem Pflegeheim dank des schnellen Einsatzes einer mobilen Teststation wiederholt Bewohnende und Beschäftigte getestet werden. Dies ermöglichte die Erfassung eines lokal begrenzten Ausbruchs im Oktober 2020 durch das MCA-Projektteam. Das Antikörperscreening und parallel durchgeführte Immunzelluntersuchungen zusammen mit der Tierärztlichen Hochschule Hannover trugen außerdem dazu bei, die teils unvollständige Impfreaktion

tragen. Es wurde klar, dass zusätzlich zu anderen Interventionsstrategien ein gezieltes und systematisches Testen asymptomatischer Personengruppen eine bessere Pandemiekontrolle ermöglichen kann. Die Test-Teilnahme von Personen in medizinischen, pädagogischen oder systemrelevanten Berufen sowie von Personen mit hohem Risiko für einen schweren Krankheitsverlauf könnte in Zukunft dazu beitragen, kritische Infrastrukturen aufrechtzuerhalten und die Sterblichkeitsrate zu senken.

Auf Literaturangaben musste in diesem Artikel verzichtet werden.

Verweise auf die im Rahmen des MCA-Projektes und Partnerprojekten entstandenen Veröffentlichungen und Hintergrundinformationen finden sich im LUH-Forschungsinformationssystem unter:

<http://go.lu-h.de/nui2K>

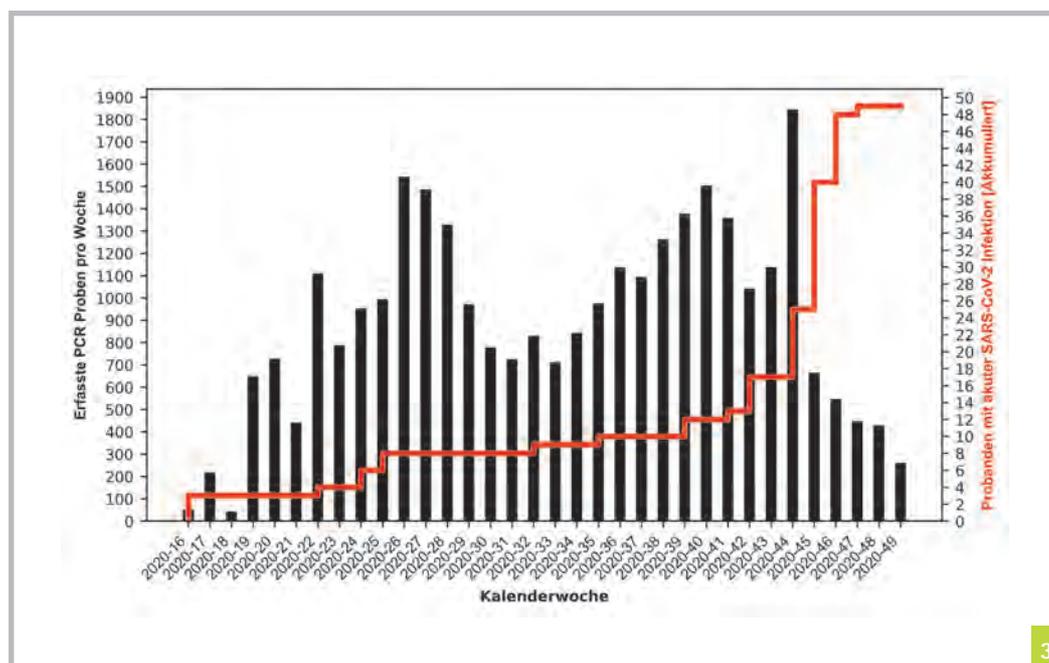


Abbildung 3
Anzahl der erfassten PCR-Tests und der positiv auf SARS-CoV-2 getesteten Personen pro Woche dargestellt für den Zeitraum zwischen April 2020 und November 2020.
Quelle: ims

älterer Studienteilnehmer zu bewerten.

Anhand der Antikörpernachweistests konnten zudem 58 nicht geimpfte Personen identifiziert werden, bei denen zuvor nie ein positiver PCR-Test durchgeführt wurde, welche aber im Blut vorhandene SARS-CoV-2-Antikörper aufwiesen. Dies kann auf eine subklinische Infektion in der Vergangenheit hinweisen. Eine relativ hohe Rate subklinischer SARS-CoV-2-Infektionen kann prinzipiell zur Ausbreitung von SARS-CoV-2 bei-

Mit der erfolgreichen Durchführung des MCA-Projektes konnte gezeigt werden, dass universitäre Forschungslabore eine wichtige Ressource für den Fall einer Pandemie darstellen. Um anderen Gruppen bei dem Aufbau ähnlicher Einrichtungen zur Pandemiebekämpfung zu helfen, wurden neben den medizinischen Forschungsergebnissen auch die im Rahmen des Projektes erarbeiteten Verfahren, Protokolle und Software-Lösungen unter Berücksichtigung eines offenen Zugangs („open access“) veröffentlicht.

Nils Stanislawski
Holger Blume
Meike Stiesch
Stefanie Heiden
Cornelia Blume

→ Weitere Informationen siehe Autor*innenseiten.



11
102
1004

Leibniz
Universität
Hannover

Studium fertig?

Bleiben Sie in Kontakt!

Das Studium ist vorbei, doch die Studienzeit bleibt.
Nutzen Sie unsere Angebote.

**Profitieren Sie vom Alumninetzwerk.
Jetzt anmelden:**

www.uni-hannover.de/alumni



AlumniCampus der Leibniz Universität Hannover
Das Netzwerk für alle Ehemaligen ■

Machen Sie Ihre Zukunft klar!

Werden Sie Teil unseres Teams,
zum Beispiel als ...

- Verfahrensingenieur*in
- Umweltingenieur*in
- Elektroingenieur*in
- Bauingenieur*in
- IT-Expert*in



Stadtentwässerung
Hannover
Wir klären das.



**Jetzt
bewerben!**

Für lebendige Wasserstraßen.



Die **Fachstelle für Geodäsie und Geoinformatik der Wasserstraßen- und Schifffahrtsverwaltung (FGeoWSV)** ist fachlicher Dienstleister und nimmt zentrale Aufgaben als Bündelungsstelle der Generaldirektion Wasserstraßen und Schifffahrt (GDWS) für nachgeordnete Wasserstraßen- und Schifffahrtsämter wahr. Darüber hinaus ist die Fachstelle konzeptionell und beratend im Bereich Vermessung, Kartographie, Hydrographie und Geodatenmanagement (VKPG) tätig.

DAMIT ALLES LÄUFT Das **Wasserstraßen- und Schifffahrtsamt Mittellandkanal/Elbe-Seitenkanal** ist Teil eines 357.582 km² großen Karrierenetzwerks, bestehend aus über 40 Behörden mit rund 24.000 Beschäftigten. Mehr unter: <http://www.damit-alles-laeuft.de>

Zur Verstärkung unseres Teams suchen wir laufend:

**Ingenieurinnen/Ingenieure (m/w/d)
(FH-Diplom/Bachelor)**

**Fachrichtungen: Vermessungswesen,
Geodäsie, Geoinformation, Kartographie,
Photogrammetrie & Hydrographie**

Der Dienstort ist Hannover.



Darüber hinaus ist es auch möglich, ein Praktikum bei uns abzuleisten. In Absprache stehen wir gern mit spannenden Aufgabenstellungen im Rahmen Ihrer Bachelor- oder Masterarbeit zur Verfügung. Hierfür senden Sie einfach eine E-Mail an: Personal.wsa-mlk-esk@wsv.bund.de



Das **Wasserstraßen-Neubauamt Hannover (WNA Hannover)** ist für die Umsetzung größerer Instandsetzungs-, Umbau- und Neubaumaßnahmen zuständig.

DAMIT ALLES LÄUFT Das **Wasserstraßen-Neubauamt Hannover** ist Teil eines 357.582 km² großen Karrierenetzwerks, bestehend aus über 40 Behörden mit rund 24.000 Beschäftigten. Mehr unter: <http://www.damit-alles-laeuft.de>

Das **Wasserstraßen-Neubauamt Hannover** sucht laufend

**Bauingenieurinnen /
Bauingenieure (m/w/d)
sowie Ingenieurinnen /
Ingenieure (m/w/d)**

diverser Fachrichtungen für anspruchsvolle Projekte im Bereich Wasserbau

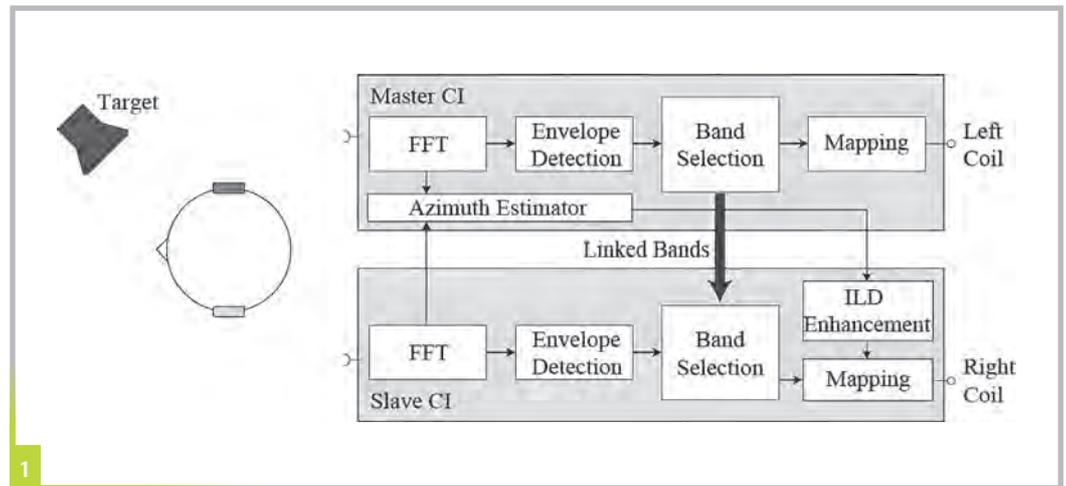
Der Dienstort ist Hannover.

Aktuelle Stellenangebote sowie weitere Informationen erhalten Sie über das Internet unter: <http://jobboerse.bmdv.bund.de>

Binaurales Hören:

auf dem Weg zum räumlichen Hören mit Cochlea-Implantaten

Räumliches Hören soll verbessert werden. Während die Auditory Prosthetic Group (APG) der HNO-Klinik der Medizinische Hochschule Hannover (MHH) sich auf binaurale Soundcodierungsstrategien für Cochlea-Implantate sowie grundlegende Experimente am Menschen konzentriert, werden Wissenschaftler vom Institut für Informationsverarbeitung (TNT) der Leibniz Universität Hannover (LUH) an Kompressionsalgorithmen zur drahtlosen Übertragung von Audio- und elektrischen Signalen für bilaterale Cochlea-Implantate arbeiten.



Ein Cochlea-Implantat (CI) ist ein chirurgisch implantiertes Medizinprodukt, welches den Hörnerv elektrisch stimuliert. Menschen mit schwerem Hörverlust können nach einer Implantation lernen, diese elektrischen Signale als akustische Signale zu interpretieren, und damit das Hörempfinden wiederherstellen. Um CI-Nutzer Vorteile in Bezug auf Sprachverständnis, Sprachentwicklung, Höranstrengung, aber auch kognitiven Funktionen und allgemeiner Lebensqualität zu bieten, werden CIs zunehmend in beide Ohren implantiert. Obwohl momentan CIs hauptsächlich für die monaurale (einseitige) Verwendung entwickelt worden sind, haben mehrere Studien Wahrnehmungsvorteile der bilateralen (beidseitigen) Implantation (bilaterale CIs; BiCIs) und verbesserte Sprachverständlichkeit gezeigt.

Binaurales Hören basiert auf der Kombination der Informationen beider Ohren im Gehirn, was eine akustische Wahrnehmung von Tiefe und Ort der Schallquellen ermöglicht. In der horizontalen Ebene wird die Lokalisierung unter Verwendung des Azimutwinkels gemessen.

Jeder Unterschied im Schall, der an den beiden Ohren ankommt (interaurale Differenz), kann zur Lokalisation der Schallquelle verwendet werden. Drei Eigenschaften können verwendet werden, um die Schallrichtung wahrzunehmen: interaurale Zeitunterschiede (ITDs), interaurale Pegelunterschiede (ILDs) und die gerichtete spektrale Filterung durch Kopf und Ohrmuschel. Binaurales Hören bietet gegenüber monauralem Hören mehrere Vorteile für bessere Lokalisation und Sprach-

verstehen in Situationen mit Hintergrundgeräuschen, zum Beispiel durch binaurale Summierung, räumliche Unmaskeierung und aufgrund des binauralen Squelch-Effekts.

Aus diesem Grund wurden mehrere Soundcodierungsstrategien vorgeschlagen, um das binaurale Hören gezielt zu verbessern. Allerdings ist die kognitive Fusion bilateraler CI-Stimulationen für CI-Patienten, insbesondere in Bezug auf Sprachverständnis und Lokalisation, variabel und eher eingeschränkt im Vergleich zu Normalhörenden (NH). Die grundlegenden individuellen Mechanismen, die die binaurale Fusion mit BiCIs erklären, bleiben unklar. Darüber hinaus erfordern binaurale Soundcodierungsstrategien die Übertragung von Informationen von einer zur anderen Seite über einen

Abbildung 1
Blockdiagramm der BiNoM-Soundcodierungsstrategie für bilaterale Cochlea-Implantate (BiCIs).

Quelle: MHH/eigene Darstellung

drahtlosen Kanal, der die empfangenen Signale auf beiden Seiten verzerrt kann. Die resultierenden Auswirkungen, die mögliche Fehler bei der Datenübertragung zwischen CIs haben, wurden in Bezug auf Sprachverständlichkeit und Klanglokalisation von BiCI-Benutzern noch nicht untersucht. In den nächsten Jahren werden wir nicht nur neuartige Soundcodierungsstrategien untersuchen, sondern auch Algorithmen zur Codierung und Übertragung der Signale zwischen den Soundprozessoren, um das binaurale Hören zu verbessern. Die Auditory Prosthetic Group (APG) der HNO-Klinik der Medizinische Hochschule Hannover (MHH) wird sich auf binaurale Soundcodierungsstrategien für Cochlea-Implantate sowie auf grundlegende Experimente am Menschen konzentrieren, um die Mechanismen des binauralen Hörens mit elektrischer Stimulation zu verstehen. Das Institut für Informationsverarbeitung (TNT) der Leibniz Universität Hannover (LUH) wird sich auf Kompressionsalgorithmen zur drahtlosen Übertragung von Audio- und elektrischen Signalen in bilateralen Cochlea-Implantaten konzentrieren.

Neue binaurale Audiocodierungsstrategien für Cochlea-Implantate

In früheren Arbeiten haben wir eine binaurale Soundcodierungsstrategie entwickelt, die auf einer monauralen N-von-M-Soundcodierungsstrategie, welche immer nur N der M in einer Cochlea implantierten Elektroden anregt, basiert. Wir nannten es binaurales N-of-M (BiNoM). Diese Soundcodierungsstrategie wurde entwickelt, um die Sprachverständlichkeit und die Lokalisationsfähigkeit von BiCI-Nutzern auf Basis von drei Prinzipien zu verbessern;

1) Abgabe einer bilateral synchronisierten elektrischen Stimulation, 2) Durchführung einer bilateral verknüpften Bandauswahl, also der Stimulation der gleichen N Elektroden in beiden Implantaten und 3) durch künstliche Verstärkung der ILDs basierend auf dem Winkel der Ankunft des Zielschalls (*Abbildung 1*).

In früheren Arbeiten in der APG der HNO Klinik an der MHH haben wir die Wirkung der synchronisierten elektrischen Stimulation und der verknüpften Bandauswahl auf Sprachverständlichkeit von BiCI-Nutzern untersucht. BiCI-Nutzer können durch die Darbietung einer bilateral synchronisierten elektrischen Stimulation (elektrische Impulse werden gleichzeitig auf beiden Seiten für jede Elektrode abgegeben) sowie der Durchführung einer verknüpften Bandauswahl (dieselben Bänder werden in beiden CIs ausgewählt) in einem Worterkennungstest 15 Prozent mehr Wörter im Vergleich zu aktuellen klinischen Setups erkennen.

Darüber hinaus hat das APG die Schalllokalisationsperformance von BiCIs untersucht. Wir charakterisierten die Auswirkungen der ILD-Verbesserung und der verknüpften Bandauswahl auf die Fähigkeit von BiCI-Benutzern, Geräusche zu lokalisieren. Die ILD-Verstärkung basiert auf einer Funktion, die linear mit dem Winkel des Zielschalls variiert. Diese Methode hebt die ILDs hervor, indem eine Abschwächung proportional zum Einfallswinkel auf die aktuellen Pegel des CIs angewendet wird, das sich auf der kontralateralen Seite der Schallquelle befindet. Die verknüpfte Bandauswahl stützte sich auf das CI auf der Seite der Zielschallquelle, das die Bänder für die Stimulation auch für das CI auf der anderen Seite auswählte. Die Er-

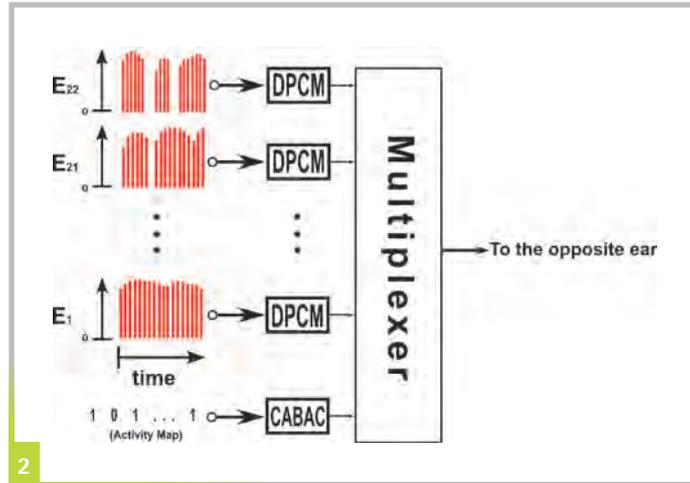
gebnisse der Studie zeigten, dass der ILD-Verstärkungsalgorithmus und die verknüpfte Bandauswahl die Lokalisierungsgenauigkeit in Situationen mit kleinem Azimut verbessern.

Neue Codierungsmethoden für die drahtlose Übertragung für bilaterale Cochlea-Implantate

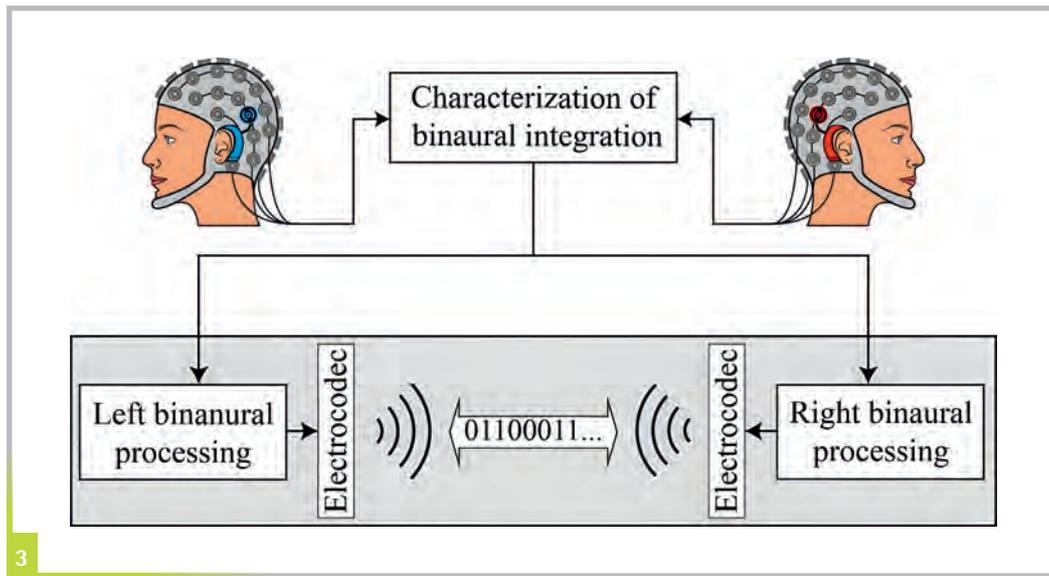
Um binaurale Soundcodierungsalgorithmen wie BiNoM durchzuführen, müssen Audiosignale von zwei CIs, die sich auf gegenüberliegenden Seiten des Kopfes befinden (bilaterale CIs), ausgetauscht werden. Dies erfordert eine Audiokommunikation zwischen beiden CIs, die über einen drahtlosen Kanal durchgeführt wird. Da die Energieversorgung in CIs begrenzt ist und die drahtlose Kommunikation viel Energie benötigt, müssen Audiocodieralgorithmen vor der drahtlosen Datenübertragung angewendet werden. Die Audiocodierung wird angewendet, um die sogenannte Bitrate (Anzahl der Bits pro Sekunde) zu reduzieren, die zur Darstellung eines Signals notwendig ist. Je niedriger die Bitrate, desto weniger Bits pro Sekunde müssen übertragen werden, was die erforderliche Sendeleistung für die drahtlose Kommunikation verringert. Der vielleicht bekannteste Audiocodierungsstandard mp3 ist aufgrund der hohen Latenz für unsere Aufgaben nicht geeignet. Auch die in der Telefonie verwendeten Algorithmen wie G.722 sind mit einer minimalen Latenz von 12,3 ms für die Wiederherstellung des räumlichen Hörens nicht geeignet.

Die aktuelle Generation von CIs ermöglichen den drahtlosen Empfang von Audiosignalen externer Geräte, wie zum Beispiel einem Mobiltelefon. Als batteriebetriebenes Gerät hat ein CI eine begrenzte

Abbildung 2
 Blockschaltbild des Electrocodec bestehend aus differentieller Puls-codemodulation (DPCM) und kontextadaptiver binärer arithmetischer Codierung (CABAC). CABAC codiert die Bandauswahl, dargestellt durch die Aktivitätskarte, einen binären Vektor.
 Quelle: LUH/eigene Darstellung



ten verwendet wird. Die Soundcodierungsstrategie entfernt Signalteile, die für einen CI-Nutzer irrelevant sind. Daher kann das Elektrogramm im Vergleich zu einem Audiosignal mit einer niedrigeren Bitrate codiert werden. Es wurde gezeigt, dass der Electrocodec Low-Delay-Audio-Coderns in Bezug auf Bitrate, Sprachverständlichkeit und Qualität übertrifft und dabei eine algorithmische Latenz von 0 ms erreicht.



In den kommenden Jahren werden wir die grundlegenden Mechanismen der binauralen Fusion untersuchen, um die Variabilität der binauralen Performance von BiCI-Nutzer zu erklären. Dazu werden wir eine neue binaurale Soundcodierungsstrategie (i-BiNoM) mit einem neuen Codec entwickeln. i-BiNoM wird individueller binauraler Integrationsfähigkeiten berücksichtigen und neue KI-Methoden anwenden, um die binaurale Sprachperformance von BiCI zu verbessern.

Waldo Nogueira
 Tom Gajeccki
 Reemt Hinrichs
 Jörn Ostermann

Abbildung 3
 Allgemeines Konzept zur Wiederherstellung des binauralen Hörens durch individualisierte drahtlose Soundcodierungsstrategien für Cochlea-Implantat-Träger. Bilaterale Cochlea-Implantat-Träger werden hinsichtlich der binauralen Integration individuell charakterisiert, um eine individualisierte binaurale Soundcodierungsstrategie (i-BiNoM) zu erstellen. Bei dieser Soundcodierungsstrategie werden die beiden Implantate drahtlos mit Hilfe eines Codes verbunden, der speziell für die Übertragung von audiobezogenen Informationen entwickelt wurde.
 Quelle: MHH/eigene Darstellung

Energieversorgung, und daher müssen die Daten für die bilaterale Kommunikation oder das Streaming effizient übertragen werden. Um dieses Problem für unseren Anwendungsfall, dem räumlichen Hören mit Cochlea-Implantaten, zu lösen, schlugen wir den sogenannten Electrocodec für die Daten vor, die an die Elektroden eines CIs gesendet werden. Diese Daten, auch Erregungsmuster genannt, können als Elektrogramme visualisiert werden. Der Electrocodec codiert die Bandauswahl eines CIs mittels einer kontextadaptiven arithmetischen Codierung und die Stromstärke eines Bandes mit-

tels einer Differential Pulse Code Modulation (DPCM). Ein Blockdiagramm, das die Struktur der Electrocodecs darstellt, ist in *Abbildung 2* dargestellt. In BiNoM muss der Electrocodec die Elektrogramme mit niedriger Bitrate und Latenz für die drahtlose, bilaterale Kommunikation mit dem kontralateralen CI komprimieren. Der Electrocodec erreicht im Vergleich zu Audio-Coderns niedrigere Bitraten bei geringeren Latenzen. *Abbildung 3* zeigt eine allgemeine Anwendung, bei der der Electrocodec zusammen mit einer binauralen Soundcodierungsstrategie zum Austausch der erforderlichen Da-

→ Weitere Informationen siehe Autor*innenseiten.

Heimat ist da, wo man gerne hinfährt

Finden Sie Ihre berufliche Heimat bei der VGH. Sie haben den Abschluss in der Tasche und brennen darauf, Ihr Wissen anzuwenden? Dann packen Sie es an – bei uns!

fair versichert
VGH 

Finden Sie bei uns Ihre berufliche Heimat. Die VGH ist mit über 1,9 Millionen Privat- und Firmenkunden der größte regionale Versicherer in Niedersachsen. Mehrfach ausgezeichnet als Top-Arbeitgeber bieten wir Ihnen spannende Aufgaben, tolle Entwicklungsmöglichkeiten und einen sicheren Arbeitsplatz.

Gemeinsam mit Ihnen realisieren wir für Ihre künftigen Aufgaben einen maßgeschneiderten Karriereeinstieg. In unserem 18 Monate dauernden Traineeprogramm werden Sie ressortübergreifend eingesetzt und durch individuelle Fördermaßnahmen gezielt und professionell auf Ihren beruflichen Weg in unserem Unternehmen vorbereitet. Hierbei bieten wir Ihnen einen verantwortungsvollen Freiraum, Ihr Können zu entfalten und sich fachlich und persönlich weiterzuentwickeln.

Die VGH Versicherungen suchen engagierte und qualifizierte

Trainees (m/w/d)

Ihr Profil:

- ✓ abgeschlossenes Masterstudium mit sehr gutem Leistungsbild in rechtlichen, wirtschaftlichen, mathematischen, Ingenieur- oder IT- Studiengängen
- ✓ gerne (versicherungsnahe) Praxiserfahrung durch Praktika
- ✓ eine selbständige, strukturierte und eigenverantwortliche Arbeitsweise
- ✓ Bereitschaft zu partnerschaftlicher Zusammenarbeit

Ihre Aufgaben:

- ✓ praktische Mitarbeit in verschiedenen, zu Ihnen passenden, Bereichen unseres Hauses
- ✓ Kennenlernen der wesentlichen Prozesse, Methoden und Verfahren des Unternehmens

Wir bieten Ihnen:

- ✓ individuell auf Sie angepasste spannende Praxisphasen und begleitende Schulungen
- ✓ ein unbefristetes Arbeitsverhältnis
- ✓ ein gutes Betriebsklima und flexible Arbeitszeiten
- ✓ die Möglichkeit im Homeoffice zu arbeiten
- ✓ gute Karriere- und Entwicklungsmöglichkeiten
- ✓ ein attraktives Gehalt nach Tarifgruppe VI PVT
- ✓ einen attraktiven Standort im Herzen von Hannover

Ihre Bewerbung

Haben wir Ihr Interesse geweckt? Wir freuen uns auf Ihre Bewerbung! Geben Sie Ihre persönlichen Daten im Online-Bewerbungsformular an und laden Sie Anschreiben, Lebenslauf und Zeugnisse in wenigen Minuten hoch.

Für Vorabinformationen:

VGH Versicherungen
Christiane Besa-Schmidt
Telefon 0511 362-2152
www.karriere.vgh.de

Die Autorinnen und Autoren



Prof. Dr. Sören Auer

Jahrgang 1975, ist seit 2017 Professor für Data Science and Digital Libraries an der Fakultät für Elektrotechnik und Informatik und ist Direktor der TIB. Seine Forschungsschwerpunkte sind Künstliche Intelligenz insbesondere semantische Technologien, Wissensgraphen und Scholarly Communication, Kontakt: auer@l3s.de



Prof. Dr. Holger Blume

Jahrgang 1967, leitet seit 2008 das Institut für Mikroelektronische Systeme der Leibniz Universität Hannover. Seine Forschungsschwerpunkte liegen im Bereich der Entwurfsraum-Exploration für Hardware-Architekturen der digitalen Signalverarbeitung, der Sensorsignalverarbeitung sowie den mikroelektronischen Lösungen für Anwendungen im Bereich der Biomedizintechnik. Kontakt: blume@ims.uni-hannover.de



Sven-Alexander Barker M.Sc.

Jahrgang 1992, arbeitet seit 2020 am Institut für Mehrphasenprozesse. Seine Forschungsschwerpunkte sind das Elektrosplennen und Kryokonservierung zellbesiedelter elektrogespinnener Konstrukte. Kontakt: barker@imp.uni-hannover.de



Leon Budde M.Sc.

Jahrgang 1995, ist wissenschaftlicher Mitarbeiter für Medizintechnik und Bildverarbeitung am Institut für Mechatronische Systeme. Seine Arbeitsschwerpunkte sind Medizintechnik und Robotik. Kontakt: Leon.budde@imes.uni.hannover.de



Dr. Mit B. Bhavsar

Jahrgang 1987 in Indien, ist derzeit Postdoc an der Klinik für Hals-Nasen-Ohrenheilkunde (HNO-Klinik) der Medizinischen Hochschule Hannover (MHH). Sein Forschungsschwerpunkt ist die Erkennung der Zellbesetzung auf Cochlea-Implantaten zur Langzeitüberwachung der Stimulations-effizienz. Kontakt: Bhavsar.Mit@mh-hannover.de



Tom Gajeci M.Sc.

Jahrgang 1990, promoviert seit 2016 zum Dr. in Hörwissenschaften. Seine Forschung konzentriert sich auf binaurale und Deep-Learning-basierte Signalverarbeitung für bilaterale Cochlea-Implantate. Kontakt: gajeci.tomas@mh-hannover.de



Prof. Dr. med. Cornelia Blume

Jahrgang 1968, ist Gruppenleiterin am Institut für Technische Chemie. Ihre Arbeitsschwerpunkte sind Biomedizintechnik für die Diagnostik und Tissue Engineering, Bioprinting und Scaffoldentwicklung, Bioreaktorentwicklung, Biotesting, Optogenetik, Datenbankprojekt „Nierenkranke Patienten“, Mobile Corona Analytik Projekt (MCA). Kontakt: blume@iftc.uni-hannover.de



Prof. Prof. h.c. Dr.-Ing. Birgit Glasmacher

Jahrgang 1958, leitet seit 2006 das Institut für Mehrphasenprozesse, ist Gründungsmitglied des Niedersächsischen Zentrums für Biomedizintechnik, Implantatforschung und Entwicklung und leitet den Masterstudiengang Biomedizintechnik. Ihre Forschungsschwerpunkte sind Medizinverfahrenstechnik, Kryotechnik sowie Implantat- und Biowerkstoffforschung. Kontakt: glasmacher@imp.uni-hannover.de



Dr. Sebastian Heene

Jahrgang 1989, hat Life-Science studiert und anschließend seine Promotion am Institut für Technische Chemie absolviert, momentan ist er Postdoktorand. Seine Arbeitsschwerpunkte sind Vaskularisierung und Bioreaktorentwicklung. Kontakt: Heene@iftc.uni-hannover.de



Kai Höltje M.Sc.

Jahrgang 1991, arbeitet seit 2019 am Institut für Mehrphasenprozesse. Seine Forschungsschwerpunkte sind das Elektrosplennen und die Herstellung von künstlichen Gefäßprothesen aus Eigenblut. Kontakt: hoeltje@imp.uni-hannover.de



Prof. Dr. rer. nat Stefanie Heiden

Jahrgang 1966, ist Leiterin des Instituts für Innovations-Forschung, Technologie-Management und Entrepreneurship (ITE). Die Forschungsschwerpunkte liegen auf dem Gebiet der Bioökonomie, der Digitalisierung und Biologisierung für Medizin/-technik, Life Sciences, Pharma und Chemie sowie an der Erarbeitung agiler Prozessarchitekturen für nachhaltige Prozesse und Produkte. Kontakt: stefanie.heiden@ite.uni-hannover.de



Sontje Ihler M.Sc.

Jahrgang 1987, hat die Gruppenleitung Medizintechnik und Bildverarbeitung am Institut für Mechatronische Systeme inne. Ihre Arbeitsschwerpunkte sind Bildverarbeitung und Deep Learning. Kontakt: Sontje.ihler@imes.uni-annover.de



Gesine Hentschel M.Sc.

Jahrgang 1994, arbeitet seit 2021 am Institut für Mehrphasenprozesse. Ihre Forschungsschwerpunkte sind das Schmelz-Elektrosplennen und die Herstellung künstlicher Blutersatzfluide. Kontakt: hentschel@imp.uni-hannover.de



Dr. Rebecca Jonczyk

Jahrgang 1984, hat von 2004 bis 2010 Chemie an der Leibniz Universität studiert und hat anschließend bis 2014 am Institut für Technische Chemie promoviert. Zurzeit ist sie Postdoktorandin mit den Arbeitsschwerpunkten Biotesting und Mobile Corona Analytik Project (MCA). Kontakt: rjonczyk@iftc.uni-hannover.de



Henrik Heymann, M.Sc.

Jahrgang 1994, ist derzeit wissenschaftlicher Mitarbeiter am Institut für Mikroelektronische Systeme (IMS). Seine Arbeitsschwerpunkte liegen in der Konzeptionierung und Entwicklung von Soft- und Hardware für Bio-3D-Druckverfahren. Kontakt: henrik.heyman@ims.uni-hannover.de



Sara Leal Marin M.Eng.

Jahrgang 1991, arbeitet seit 2018 am Institut für Mehrphasenprozesse. Ihre Arbeitsschwerpunkte sind das Elektrosplennen sowie die Verarbeitung der humanen Amnionmembran zu elektrosplennenen Strukturen. Kontakt: lealmarin@imp.uni-hannover.de



Reemt Hinrichs, M. Sc.

Jahrgang 1986, ist seit 2018 wissenschaftlicher Mitarbeiter am Institut für Informationsverarbeitung in der Arbeitsgruppe von Prof. Jörn Ostermann. Seine Arbeitsschwerpunkte sind Multimediassignalverarbeitung im Allgemeinen, und Datenkompression für Cochlea-Implantate im Speziellen. Kontakt: hinrichs@tnt.uni-hannover.de



MSc Sebastian Loewner

Jahrgang 1993, hat Biologie (Bachelor) und Life Science (Master) an der Leibniz Universität Hannover studiert und ist zurzeit wissenschaftlicher Mitarbeiter und Doktorand am Institut für Technische Chemie. Seine Arbeitsschwerpunkte sind die Scaffoldentwicklung sowie Bioprinting. Kontakt: loewner@iftc.uni-hannover.de



Prof. Dr. phil. nat. Hannes Maier

Jahrgang 1958, ist seit 2011 Professor für experimentelle Audiologie an der Medizinischen Hochschule Hannover. Seine Forschungsschwerpunkte sind die Entwicklung sowie die audiologische und technische Testung akustischer Implantate, wie aktive Mittelohrimplantate und knochenverankerte Hörgeräte. Kontakt: maier.hannes@mh-hannover.de



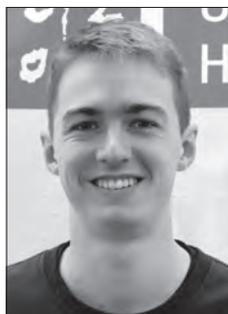
Prof. Dr.-Ing. Jörn Ostermann

Jahrgang 1962, ist Mitglied des L3S und leitet das Institut für Informationsverarbeitung. Er forscht auf dem Gebiet der Signalverarbeitung mit Fokus auf Video-, Sequenzierungs- und Audiodaten. Kontakt: ostermann@tnt.uni-hannover.de



Raphael Mönkemöller M.Sc.

Jahrgang 1996, ist wissenschaftlicher Mitarbeiter für Medizintechnik und Bildverarbeitung am Institut für Mechatronische Systeme. Seine Arbeitsschwerpunkte sind unter anderem Medizintechnik und Sensorik. Kontakt: Raphael.moenkemoeller@imes.uni-hannover.de



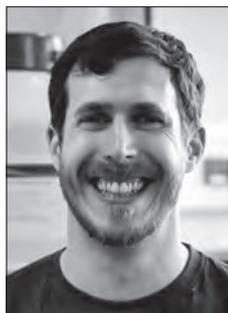
MSc Jannis Renzelmann

Jahrgang 1997, hat Life Science (Bachelor und Master) an der Leibniz Universität Hannover studiert und ist derzeit wissenschaftlicher Mitarbeiter und Doktorand am Institut für Technische Chemie. Seine Arbeitsschwerpunkte sind Dynamische Zellkultur und Proteinexpression. Kontakt: Renzelmann@iftc.uni-hannover.de



Dr.-Ing. Marc Müller

Jahrgang 1983, arbeitet seit 2011 am Institut für Mehrphasenprozesse und ist dort seit 2018 Oberingenieur und Post-Doc. Seine Forschungsschwerpunkte sind das Elektrosplennen, die Herstellung kardiovaskulärer Implantate sowie die Untersuchung der Blutströmung. Kontakt: mueller@imp.uni-hannover.de



Dr.-Ing. Tim Rittinghaus

Jahrgang 1985, ist seit 2013 wissenschaftlicher Mitarbeiter am Institut für Mehrphasenprozesse der Leibniz Universität. Sein Forschungsschwerpunkt ist die Kryo- und Biokältetechnik. Kontakt: rittinghaus@imp.uni-hannover.de



Prof. Dr.techn. Dipl. Ing. Wolfgang Nejd

Jahrgang 1960, ist Professor für Wissensbasierte Systeme am Institut für Data Science, sowie Direktor des Forschungszentrums L3S. Seine Forschungsschwerpunkte sind unter anderem Information Retrieval, Text- und Data Mining, sowie Innovation durch Künstliche Intelligenz in Anwendungsbereichen wie Produktion, Medizin. Kontakt: nejdl@L3S.de



Prof. Dr.-Ing. Bodo Rosenhahn

Jahrgang 1974, ist Professor für Automatische Bildverarbeitung am Institut für Informationsverarbeitung sowie Direktor des Forschungszentrum L3S. Seine Arbeitsschwerpunkte sind Computer Vision, Machine Learning und Digital Signal Processing. Kontakt: rosenhahn@l3s.de



Prof. Dr.-Ing. Waldo Nogueira

Jahrgang 1978, leitet seit 2013 die Arbeitsgruppe Hörprothetik (APG) der Hals-Nasen-Ohrenklinik an der Medizinische Hochschule Hannover und dem Excellence Cluster „Hearing4all“. Seine Forschungsinteressen sind unter anderem Audio-, Sprach- und Neuronale-Signalverarbeitung, Auditorische Implantate sowie Computermodelle des elektrisch-akustischen Hörens. Kontakt: nogueiravazquez.waldo@mh-hannover.de



Merle Schlmeyer, M.Sc.

Jahrgang 1994, ist seit 2020 wissenschaftliche Mitarbeiterin am Institut für Grundlagen der Elektrotechnik und Messtechnik im Fachgebiet Sensorik und Messtechnik. Ihr Forschungsschwerpunkt sind Sensorprinzipien für medizinische Anwendungen. Kontakt: shlmeyer@geml.uni-hannover.de



Dr. Lisa Seiler

Jahrgang 1989, hat von 2009 bis 2015 Life-Science an der Leibniz Universität Hannover studiert, anschließend promoviert und ist seit 2021 Postdoktorandin am Institut für Technische Chemie. Ihre Arbeitsschwerpunkte sind Biotesting, Datenbankprojekt „Nierenkranke Patienten“ sowie Mobile Corona Analytik Project (MCA). Kontakt: seiler@iftc.uni-hannover.de



Prof. Dr. Maria-Esther Vidal

leitet seit 2021 der Scientific Data Management Forschungsgroupe der Leibniz Universität Hannover. Ihre Forschungsschwerpunkte liegen im Bereich Datenintegration, Abfrageverarbeitung, Wissensgraphenmanagement, Wissensentdeckung und Anwendungen in der Biomedizin. Kontakt: vidal@l3s.de



Nils Stanislawski, M.Sc.

Jahrgang 1992, ist derzeit wissenschaftlicher Mitarbeiter am Institut für Mikroelektronische Systeme (IMS). Seine Forschungsschwerpunkte liegen in der Konzeptionierung und Entwicklung von Soft- und Hardware für Biomedizintechnische Anwendungen. Kontakt: nils.stanislawski@ims.uni-hannover.de



Fritz Webering, M.Sc.

Jahrgang 1986, ist derzeit wissenschaftlicher Mitarbeiter am Institut für Mikroelektronische Systeme (IMS). Seine Forschungsschwerpunkte liegen in der Konzeptionierung und Entwicklung von Soft- und Hardware für sportwissenschaftliche Tests. Kontakt: fritz.webering@ims.uni-hannover.de



Prof. Dr. med. dent. Meike Stiesch

ist Universitätsprofessorin und Direktorin der Klinik für Zahnärztliche Prothetik und Biomedizinische Werkstoffkunde an der Medizinischen Hochschule Hannover. Ihre Forschungsschwerpunkte sind bakterielle Biofilme und Implantat-assoziierte Infektionen, das orale Mikrobiom, dentale Werkstoffkunde und -technologie sowie chemische und physikalische Implantatfunktionalisierung. Kontakt: stiesch.meike@mh-hannover.de



Prof. Dr.-Ing. Stefan Zimmermann

Jahrgang 1970, ist seit 2009 Professor für Sensorik und Messtechnik und Leiter des Institutes für Grundlagen der Elektrotechnik und Messtechnik. Seine Forschung konzentriert sich auf chemische und physikalische Sensorprinzipien sowie innovative Messverfahren vornehmlich für medizin-, umwelt- und sicherheitstechnische Anwendungen. Kontakt: zimmermann@geml.uni-hannover.de

- Mensa
- Wohnen
- BAföG
- Soziales

Damit dein Studium die Hauptrolle spielt.

Studentenwerk Hannover

www.studentenwerk-hannover.de

Deutschkurse für
Studium und Beruf
Online und Präsenz



ISK

Institut für Sprachen und Kommunikation
Lützowstraße 7 | 30159 Hannover
0511-12 35 63 60 | www.isk-hannover.de



iskhannover



H HAHNE
HOLDING

 [hahneholdingjobs](https://www.instagram.com/hahneholdingjobs)



Aufgepasst!

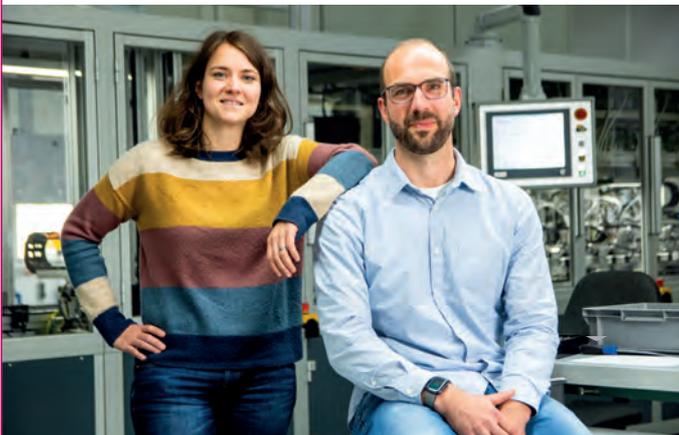
Unsere Angebote für Werkstudenten,
Praktikanten und Minijobber!

Wir freuen uns auf deine Bewerbung unter

www.hahne-holding.de/jobs/aushilfe/

nass magnet

#nass_magnet_gmbh 



Komm ins Team!

**Wir freuen uns auf dich als Werkstudent,
Praktikant oder Minijobber.**

**Bewirb dich unter:
bewerbung@nassmagnet.de**

Karriere



Design the Brains of
Tomorrow's Mobility !

NichtMitDemMachbarenVerzetteln@dreamchip.de
<https://www.dreamchip.de/career.html>

Personalia und Preise

BERUFUNGEN

Rufe an die Leibniz Universität Hannover

Prof. Dr.-Ing. **Christian Albert** hat den Ruf auf die W3-Professur für „Landschaftsplanung und Ökosystemleistungen“ angenommen.

Dr.-Ing. **Fadi Aldakheel** hat den Ruf auf die W2-Professur mit Tenure-Track nach W3 „Höchstleistungsrechnen in der Mechanik“ angenommen.

Prof. Dr. **Helmut Philipp Aust** hat den Ruf auf die W3-Professur „Öffentliches Recht mit einem internationalen Schwerpunkt“ abgelehnt.

PD Dr. **Annika Bande** hat den Ruf auf die W2-Professur für „Optische Materialien: Rechnergestützte Methoden“ erhalten.

Dr.-Ing. **Nathalie Bredella** hat den Ruf auf die W2-Professur „Architekturtheorie“ angenommen.

Juniorprofessorin Dr. **Stefanie Büchner** hat den Ruf auf die W2-Professur „Soziologie der Digitalisierung“ erhalten.

Dr.-Ing. **Silvia Budday** hat den Ruf auf die W2-Professur mit Tenure Track nach W3 für „Höchstleistungsrechnen in der Mechanik“ abgelehnt.

Dr. **Dominik Egger** hat den Ruf auf die W2-Professur mit Tenure-Track nach W2 „Biofabrikation für Wirkstofftestung“ angenommen.

Dr.-Ing. **Rainer Groh** hat den Ruf auf die W2-Professur mit Tenure-Track nach W3 „Statik und Dynamik“ abgelehnt.

Prof. Dr. **Jorge Groß** hat den Ruf auf die W2-Professur für „Didaktik der Biologie“ erhalten.

Dr. **Catherine Herfeld** hat den Ruf auf die W2-Professur „Philosophie und Geschichte der Ökonomik“ angenommen.

Prof. Dr. **Christian Hühne** hat den Ruf auf die W2-Professur mit Tenure-Track nach W3 „Statik und Dynamik“ nicht angenommen.

Prof. Dr. **Thomas Kleinlein** hat den Ruf auf die W3-Professur „Öffentliches Recht mit einem internationalen Schwerpunkt“ abgelehnt.

Prof. Dr. **Henning Laux** hat den Ruf auf die W3-Professur „Soziologische Theorien der Wissensgesellschaft“ angenommen.

Prof. Dr. **Peter Limbach** hat den Ruf auf die W3-Professur „Finanzmärkte und Unternehmensrechnung“ erhalten.

Prof. Dr. **Yarema Okhrin** hat den Ruf auf die W3-Professur „Data Science und Finanzmarktökonomie“ erhalten.

Prof. Dr. **Robert Raußendorf** hat den Ruf auf die W3-Professur „Quanteninformatiktheorie“ angenommen.

Prof. Dr. **Henning Rossa** hat den Ruf auf die W3-Professur „Didaktik des Englischen“ abgelehnt.

Prof. Dr. **Armin Schikorra** hat den Ruf auf die W3-Professur „Analysis“ abgelehnt.

Assistant Prof. Dr.-Ing. **Eike Schling** hat den Ruf auf die Universitätsprofessur W2 mit Tenure Track nach W3 für „Tragwerksplanung“ erhalten.

Dr. **Claudia Schomaker** hat den Ruf auf die W3-Professur „Sachunterricht / Inklusive Didaktik“ angenommen.

Prof. Dr. **Alexander Strohmaier** hat den Ruf auf die W3-Professur „Analysis“ angenommen.

Prof. Dr. **Britta Viebrock** hat den Ruf auf die W3-Professur „Didaktik des Englischen“ abgelehnt.

Prof. Dr. **Vera Volkmann** hat den Ruf auf die W3-Professur „Sportpädagogik und Sportdidaktik“ erhalten.

Prof. Dr. **Artur Widera** hat den Ruf auf die W3-Professur „Quantenoptik mit nichtklassischen Materiezuständen“ abgelehnt.

Dr. **Hartmut Michael Zopf** hat den Ruf auf die W1-Professur mit Tenure Track nach W2 „Experimentelle Quantenphotonik“ angenommen.

Rufe nach außerhalb

PD Dr. **Tatjana Hildebrandt**, hat den Ruf auf die W2-Professur mit Tenure Track nach W3 „Pflanzenstoffwechselbiochemie“ der Universität Köln angenommen.

Prof. Dr. **Bettina Lindmeier** hat den Ruf auf die W3-Professur „Allgemeine Behindertenpädagogik und Behindertensoziologie“ der Humboldt-Universität zu Berlin abgelehnt.

Prof. Dr. **Imke Niediek** hat den Ruf auf die W3-Professur „Pädagogik und Didaktik im Förderschwerpunkt Geistige Entwicklung“ der Pädagogischen Hochschule Heidelberg abgelehnt.

ERNENNUNG ZUR UNIVERSITÄTSPROFESSORIN / ZUM UNIVERSITÄTSPROFESSOR

Dr.-Ing. **Fadi Aldakheel**, Fakultät für Bauingenieurwesen und Geodäsie, mit Wirkung vom 01.04.2023

Dr.-Ing. **Nathalie Bredella**, Fakultät für Architektur und Landschaft, mit Wirkung vom 01.04.2023

Prof. Dr. **Catherine Herfeld**, Philosophische Fakultät, mit Wirkung vom 01.04.2023

Dr. **Jesko-Alexander Köhnke**, Naturwissenschaftliche Fakultät, mit Wirkung vom 01.05.2023

Prof. Dr. **Henning Laux**, Philosophische Fakultät, mit Wirkung vom 01.04.2023

Prof. Dr. **Christian Ospelkaus**, Fakultät für Mathematik und Physik, mit Wirkung vom 01.01.2023

Dr. **Agnes Rosner**, Philosophische Fakultät, mit Wirkung vom 01.01.2023

Prof. Dr. **Claudia Schomaker**, Philosophische Fakultät, mit Wirkung vom 29.11.2022

Dr.-Ing. **Thomas Seel**, Fakultät für Maschinenbau, mit Wirkung vom 01.04.2023

Dr. **Maximilian Todtenhaupt**, Wirtschaftswissenschaftliche Fakultät, mit Wirkung vom 01.11.2022

BESTELLUNG ZUR JUNIORPROFESSORIN / ZUM JUNIORPROFESSOR

Dr. **Yajnaseni Dutta**, Fakultät für Mathematik und Physik, mit Wirkung vom 20.02.2023

Dr. **Isabel Stenger**, Fakultät für Mathematik und Physik, mit Wirkung vom 04.04.2023.

Dr. **Yupeng Jiang**, Fakultät für Bauingenieurwesen und Geodäsie, mit Wirkung zum 01.02.2023

EINTRITT IN DEN RUHESTAND BEI ERREICHEN DER ALTERSGRENZE

Prof. Dr. **Ralf Günter Berger**, Naturwissenschaftliche Fakultät, mit Ablauf des Monats März 2023

Prof. Dr. **Margitta Buchert**, Fakultät für Architektur und Landschaft, mit Ablauf des Monats März 2023

Prof. Dr. **Detlef Kuhlmann**, Philosophische Fakultät, mit Ablauf des Monats März 2023

Prof. Dr.-Ing. **Gerhard Poll**, Fakultät für Maschinenbau, mit Ablauf des Monats März 2023

Prof. Dr.-Ing. **Peter Schumann** Fakultät für Bauingenieurwesen und Geodäsie, mit Ablauf des Monats September 2022

Prof. Dr. **Kay Waechter**, Juristische Fakultät, mit Ablauf des Monats September 2022

Prof. Dr. **Hermann Waibel**, Wirtschaftswissenschaftliche Fakultät, mit Ablauf des Monats März 2023

VERSETZUNG IN DEN RUHESTAND VOR ERREICHEN DER ALTERSGRENZE

Prof. Dr. **Gabriele Bell**, Philosophische Fakultät, mit Ablauf des Monats September 2022

Prof. Dr. **Rüdiger Prasse**, Fakultät für Architektur und Landschaft, mit Ablauf des Monats März 2023

Prof. Dr. **Margrethe Serek**, Naturwissenschaftliche Fakultät, mit Ablauf des Monats März 2023

BEENDIGUNG DES BEAMTEN- VERHÄLTNISSSES MIT DEM LAND NIEDERSACHSEN

Prof. Dr. **Karola Marky**, Fakultät Elektrotechnik und Informatik, mit Ablauf des 30.11.2022

Prof. Dr. **Emily Alice Poppenborg**; Naturwissenschaftliche Fakultät, mit Ablauf des 30.09.2022

Jun.-Prof. Dr.-Ing. **Jens Friebe**, Fakultät Elektrotechnik und Informatik, mit Ablauf des 28.02.2023

Prof. Dr.-Ing. **Kristian Förster**, Fakultät Bauingenieurwesen und Geodäsie, mit Ablauf des 28.02.2023

VERSTORBEN

Prof. Dr. **Peter Behrens**, ehemals Institut für Anorganische Chemie, verstarb am 13.01.2023 im Alter von 65 Jahren.

Prof. Dr. **Manfred Bönsch**, ehemals Institut für Erwachsenenbildung, verstarb am 30.11.2022 im Alter von 87 Jahren.

Prof. Dr. phil. **Dietmar Bolso**, ehemals Institut für Sonderpädagogik, verstarb am 11.03.2023 im Alter von 79 Jahren.

Prof. Dr. **Michael Binnewies**, ehemals Institut für Anorganische Chemie, verstarb am 04.11.2022 im Alter von 75 Jahren.

Akademische Oberrat Dr.-Ing. **Karl-Friedrich Daemrich**, ehemals Ludwig-Franzius-Institut, verstarb am 11.02.2023 im Alter von 79 Jahren.

Prof. Dr. disc. pol. **Ulfert Herlyn**, ehemals Institut für Freiraumplanung und Planungsbezogene Soziologie, verstarb am 12.08.2022 im Alter von 86 Jahren.

Gerhard Lindner, ehemals im Datenverarbeitungsdienst am Regionalen Rechenzentrum, verstarb am 31.10.2022 im Alter von 81 Jahren.

Dr. rer. nat. **Dieter Lohse**, ehemals Akademischer Oberrat am Institut für Angewandte Mathematik, verstarb am 12.02.2023 im Alter von 80 Jahren.

Prof. Dr.-Ing. **Johannes Nestler**, ehemals Institut für Leistungselektronik, verstarb am 01.10.2022 im Alter von 87 Jahren.

Prof. Dr.-Ing. **Hans Rüffer**, ehemals Institut für Siedlungswasserwirtschaft, verstarb am 13.11.2022 im Alter von 96 Jahren.

Apl. Prof. Dr. phil. Habil. **Wolfgang Sauer**, ehemals Deutsches Seminar, verstarb am 12.02.2023 im Alter von 78 Jahren.

Prof. Dr.-Ing. **Robert Schnüll**, ehemals Institut für Verkehrswirtschaft, Straßenwesen und Städtebau, verstarb am 19.02.2023 im Alter von 87 Jahren.

Prof. Dr. **Horst Karlheinz Siebert**, ehemals Institut für Erwachsenenbildung, verstarb am 22.10.2022 im Alter von 83 Jahren.

Prof. Dr. **Thomas Mosimann**, ehemals Institut für Physische Geographie und Landschaftsökologie, verstarb am 22.01.2023 im Alter von 71 Jahren.

Prof. Dr. **Hanns Weysenhoff**, ehemals Institut für Physikalische Chemie und Elektrochemie, verstarb am 18.02.2023 im Alter von 93 Jahren.

GASTWISSENSCHAFTLERINNEN UND GASTWISSENSCHAFTLER

Dr. **Edgar Landry Tchoundja**, Université de Yaoundé I (Kamerun), Institut für Analysis, 01.03.2023 bis zum 31.08.2023

Assoz. Prof. **Dan Li**, Boston University (USA), Institut für Meteorologie und Klimatologie, 01.03.2023 bis zum 31.05.2023

Dr. **Yue Hu**, National University of Singapore (Singapur), Institut für Risiko und Zuverlässigkeit, 01.04.2023 bis zum 31.03.2025

Prof. Dr. **Jean-Louis Colliot-Thélène**, Centre National de la Recherche Scientifique (Frankreich), Institut für Algebra, Zahlentheorie und Diskrete Mathematik, 05.05.2023 bis zum 17.07.2023

Dr. **Yanpeng Gong**, Beijing University of Technology (VR China), Institut für Photonik, 01.03.2023 bis zum 28.02.2025

Dr. **Bingbing Xu**, Dalian University of Technology (VR China), Institut für Kommunikationstechnik, 01.02.2023 bis zum 31.01.2025

Dr. **Musharavati Ephraim Munyanyi**, RMIT University (Australien), Institute for Environmental Economics and World Trade, 06.05.2023 bis zum 30.04.2025

Dr. **Hyun Ho Lee**, Yonsei University (Republik Korea), Institut für Mikrobiologie, 01.05.2023 bis zum 30.04.2025

Dr. **Íñigo Ena Sanjuán**, European University Institute Florence (Italien), Historisches Seminar, 01.04.2023 bis zum 31.03.2025

Prof. Dr. **Demircan Canadinc**, Koc University (Türkei), Institut für Werkstoffkunde, 01.02.2023 bis zum 31.01.2024

Dr. **Yang Chen**, University of Bath (Vereinigtes Königreich), Institut für Kontinuumsmechanik, 01.06.2023 bis zum 31.08.2023

Prof. Dr. **Thomas Christian Gasser**, Kungliga Tekniska högskolan (KTH) (Schweden), Institut für Kontinuumsmechanik, 01.05.2023 bis zum 31.10.2023

Prof. **Maria João Barros**, Universidade dos Açores (Portugal), Institut für Wirtschafts- und Kulturgeographie, 24.04.2023 bis zum 28.04.2023

Dr. **Eugenia Boffo**, Chales University Prague (Tschechien), Institut für Theoretische Physik, 01.04.2023 bis zum 31.07.2023

Prof. **Elisabeth Hildt**, Universität fecht (USA), Forschungszentrum L3S, 01.01.2023 bis zum 29.05.2024

Prof. Dr. **Gary Hoover**, Tulane University (USA), Center für Wirtschaftspolitische Studien, 23.05.2023 bis zum 30.06.2023

Prof. **Joze Korelc**, Univerza v Ljubljani (Slowenien), Institut für Kontinuumsmechanik, 30.01.2023 bis zum 17.02.2023

Dr. **Takaki Matsumoto**, Dublin Institute for Advanced Studies (Irland), Institut für Theoretische Physik, 01.02.2023 bis zum 31.05.2023

Dr. **Vijay Kumar Choyal**, Indian Institute of Technology Indore (Indien), Institut für Photonik, 01.05.2023 bis zum 31.07.2024

Dr. **Han Hu**, University of Liverpool (Vereinigtes Königreich), Institut für Photonik, 01.05.2023 bis zum 31.12.2025

Prof. Dr. **Frode Rønning**, Norges Teknisk-Naturvitenskapelige Universitet (Norwegen), Institut für Didaktik der Mathematik und Physik, 15.01.2023 bis zum 30.06.2023

Prof. Dr.-Ing. **Artur Schweidtmann**, Delft University of Technology (Niederlande), Forschungszentrum L3S, 01.02.2023 bis zum 28.04.2023

Dr. **Igor Tagiltsev**, Lavrentyev Institute of Hydrodynamics (Russland), Institut für Kontinuumsmechanik, 01.05.2023 bis zum 34.04.2025

Dr. **Evan Thomas**, Cardiff University (Vereinigtes Königreich), Institut für Mikroproduktionstechnik, 17.04.2023 bis zum 28.04.2023

Dr. **Gavin Travers**, Brunel University London (Vereinigtes Königreich), Institut für Sportwissenschaft, 01.03.2023 bis zum 31.07.2024

Prof. **Sriram Venkatachalam**, Indian Institute of Technology Madras (IIT Madras) Madras (Indien), Ludwig-Franzius-Institut für Wasserbau und Ästuar- und Küsteningenieurwesen, 03.04.2023 bis zum 30.06.2023

Dr. **Sudhir Verma**, Dr. Yashwant Singh Parmar University of Horticulture and Forestry (Indien), Institut für Bodenkunde, 09.03.2023 bis zum 29.03.2023

PREISE UND AUSZEICHNUNGEN

Prof. **Viktoriia Hnatushenko** ist mit dem Fernerkundungspreis der Deutschen Gesellschaft für Photogrammetrie, Fernerkundung und Geoinformation (DGPF) und der Nico Rüpke Stiftung ausgezeichnet worden. Die Wissenschaftle-



rin von der Ukrainian University of Science and Technology, Dnipro, forscht derzeit am Institut für Photogrammetrie und GeoInformation der Leibniz Universität Hannover.



Dr.-Ing. **Tobias Schack** hat den renommierten Rüscher-Forschungspreis des Deutschen Beton- und Bautechnik-Vereins E.V. (DBV) für seine herausragende wissenschaftliche Leistung auf dem Gebiet des Betonbaus erhalten. Dr.-Ing. Tobias Schack hat seine Dissertation mit dem Titel „Bildbasierte Frischbetonprüfung zur digitalen Qualitätsregelung“ an der Leibniz Universität Hannover am Institut für Baustoffe bei Professor Michael Haist angefertigt. Er hat dabei ein Verfahren entwickelt, mit dessen Hilfe man mit einfachen Bildaufnahmen des Frischbetons während des Ausbreitmaßversuchs eine Vielzahl von Kenngrößen zur Konsistenz, Betonzusammensetzung und Frischbetonstabilität ableiten kann.

Der Leiter des Instituts für Photogrammetrie und GeoInformation (IPI) der Leibniz Universität Hannover, Prof. **Christian Heipke**, wurde im Rahmen der Jahrestagung der Deutschen Gesellschaft für Photogrammetrie, Fernerkundung und Geoinformation (DGPF) für seine besonderen Leistungen auf dem Gebiet der Photogrammetrie und Fernerkundung mit der **Albrecht Meydenbauer Medaille** ausgezeichnet. Albrecht Meydenbauer (1834-1921) gilt als einer der Väter der Photogrammetrie weltweit. Er hat sich insbesondere mit Architekturphotogrammetrie beschäftigt und den Begriff Photogrammetrie in der zweiten Hälfte des 19. Jahrhunderts auch geprägt. 1908 wurde ihm von der damaligen Technischen Hochschule Hannover die Ehrendoktorwürde verliehen.



Anlässlich der Jahrestagung der Deutschen Gesellschaft für Photogrammetrie, Fernerkundung und Geoinformation (DGPF) wurde **Mirjana Voelsen**, M.Sc. für ihren mit Julia

Schachtschneider und Claus Brenner im Juni 2021 in der Fachzeitschrift PFG – Photogrammetrie, Fernerkundung, Geoinformation veröffentlichten Beitrag mit dem Titel Classification and Change Detection in Mobile Mapping LiDAR Point Clouds mit dem **Hansa Luftbild-Preis** für den besten Artikel des Jahres 2021 ausgezeichnet.

Prof. Dr. **Armin Feldhoff** vom Institut für Physikalische Chemie und Elektrochemie an der Fakultät für Naturwissenschaften wurde für seine besonderen Verdienste um die Energy Materials and Systems Division der American Ceramic Society mit dem D.T. Rankin Award 2022 ausgezeichnet.



Der Spitzenverband für das Bauen mit Stahl, der bauforumstahl e.V., hat Prof. Dr.-Ing. **Peter Schaumann** mit der Auszeichnung des Deutschen Stahlbaues 2020 geehrt. Der Preis wurde während des 40. Deutschen Stahlbautags am 29. und 30. September 2022 in Berlin überreicht. Der Bauingenieur und Professor für Stahlbau setzte sich seit mehr als drei Jahrzehnten in herausragender Weise für die Forschung im Stahlbau ein und habe sich neben der Forschung auch um die Förderung des Nachwuchses verdient gemacht.

Prof. Dr. **Joachim Escher** ist seit 1. Januar 2023 neuer Präsident der Deutschen Mathematiker-Vereinigung (DMV).



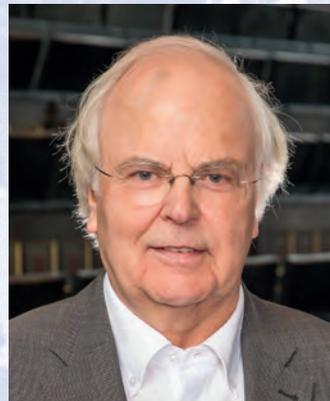
Escher leitet die Arbeitsgruppe Angewandte Analysis an der Leibniz Universität Hannover (LUH) und ist seit Januar 2015 auch Vizepräsident für Berufungsangelegenheiten, Personalentwicklung und wissenschaftliche Weiterbildung. Von 2021 bis 2022 war der Mathematiker bereits Vizepräsident der DMV.

Prof. Dr. **Detlef Kuhlmann**, Institut für Sportwissenschaft der Leibniz Universität Hannover (LUH) und Vorsitzender des Fakultätentages Sportwissenschaft, ist in den Hochschulrat der Deutschen Sporthochschule Köln berufen worden. Der Deutsche Sportbund hat Prof. Kuhlmann mit der LSB-Ehrennadel in Bronze ausgezeichnet.

Die Alexander von Humboldt-Stiftung vergibt eine ihrer diesjährigen Alexander von Humboldt-Professuren an Prof. Dr. **Robert Raußendorf**. Er wird ab Sommer 2023 an der Fakultät für Mathematik und Physik der LUH forschen und lehren. Der international anerkannte theoretische Physiker, ein hochrangiger Experte im Bereich der Quanteninformationstheorie, ist derzeit an der University of British Columbia, Kanada, tätig. Die Alexander von Humboldt-Professuren werden vom Bundesministerium für Bildung und Forschung finanziert. Mit der Humboldt-Professur sollen führende, im Ausland tätige

Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler aller Disziplinen für den Wissenschaftsstandort Deutschland gewonnen werden.

Für ihre herausragende Bachelorarbeit zur Tiefsee- und Ostseeforschung hat **Sophia Stavrakoudis** den Otto-Krümmel-Förderpreis erhalten. Der Preis ist mit 1.500 Euro dotiert.



Die Deutsche Gesellschaft für Materialkunde e.V. verleiht Herrn Prof. Dr. **Paul Heitjans** die höchste ihr zur Verfügung stehende Auszeichnung, die Heyn-Denk Münze 2022 für exzellente Forschung auf dem Gebiet der Materialwissenschaft und für ein hervorragendes Lebenswerk. Er ist international bekannt für seine Grundlagenforschung, insbesondere an Lithium und seinen Legierungen und keramischen Verbindungen, die er in großer Breite fast sein ganzes Forscherleben betrieben hat.

Nach der Clarivate's „Highly Cited Researchers“-Liste gehören Prof. Dr. **Nadja Kabisch** (Digitale Landschaftsökologie am Institut für Physische Geographie und Landschaftsökologie) und Prof. Dr. **Jürgen Caro** (Institut für Physikalische Chemie und Elektrochemie) von der Leibniz Universität Hannover (LUH) zu dem weltweit einflussreichsten Prozent ihres Faches. Als Maßstab gilt dabei die Häufigkeit, mit der wissenschaftliche

Publikationen von anderen Forschenden in den vergangenen elf Jahren zitiert wurden. Die Bewertung erfolgt in 21 Bereichen der Natur- und Sozialwissenschaften sowie in der bereichsübergreifenden Kategorie „Cross-Field“.

Folgende Humboldt-Forschungsstipendiaten kommen an die Leibniz Universität:

Humboldt-Forschungsstipendium für erfahrene Forschende

Dr. Alice Cicirello, Konstruktiver Ingenieurbau (Beton,

Stahl, Holz, Glas, Kunststoffe), Bauinformatik und Baubetrieb, Delft University of Technology, Delft, Niederlande; Gastgeber: Prof. **Dr.-Ing. Michael Beer**

Humboldt-Forschungsstipendium für Postdocs

Dr. Bingbing Xu, Mechanik, Dalian University of Technology, Dalian, China; Gastgeber: Prof. **Dr.-Ing. habil. Dr. h.c. mult. Peter Wriggers**

Humboldt-Forschungspreis

Prof. Dr. Demircan Candinc, Mechanische Eigenschaften von metallischen Werkstoffen und ihre mikro-

strukturellen Ursachen, Koc University, Istanbul, Türkei; Gastgeber: Prof. **Dr. Hans-Jürgen Maier**

Zeitraum der Personalia-Informationen:
20. Februar bis 15. Mai 2023

11
102
1004

Leibniz
Universität
Hannover



Der Shop der Leibniz Universität Hannover

LeibnizSHOP



Welfengarten 1, 30167 Hannover

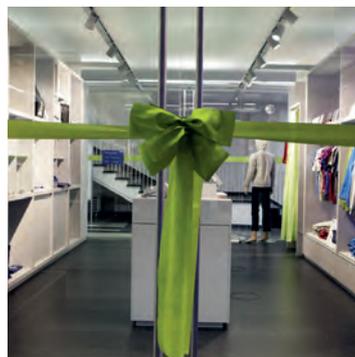


Öffnungszeiten

während der
vorlesungsfreien Zeit:

Montag 10 - 14 Uhr

Mittwoch 12 - 15 Uhr



Unser Onlineshop:
www.leibnizshop-uni.de



MENSCH SEIN, KEINE MASCHINE.

Das geht auch in einem internationalen High-Tech Unternehmen. Bei WAGO kommen Menschen mit Herz und Leidenschaft für die großen Themen der Zukunft voll auf ihre Kosten. Neugierig geworden? Dann schauen Sie auf unserem Jobportal vorbei. Wir freuen uns auf Sie!

Willkommen bei WAGO.



www.wago.com/de/karriere