

HELMHOLTZ

Briefing

Helmholtz Biomedical Engineering

Medizintechnologien der Zukunft

Bild: shutterstock/ArtemisDiana

Smarte Prothesen und maßgeschneiderte Abwehrzellen, Nanotransporter für Medikamente und KI-gestützte Zellanalysen: Zahlreiche neue Technologien stehen in der Medizin kurz vor dem Durchbruch. Sie verbinden Erkenntnisse aus den Lebenswissenschaften mit einem anwendungsorientierten Ingenieurwesen - „Biomedical Engineering“ wird dieser international exponentiell wachsende Forschungszweig genannt. Er birgt das Potenzial, Heilungsaussichten und Lebensqualität von Patient:innen und Angehörigen entscheidend zu verbessern.

Noch aber nutzt Deutschland dieses Potenzial nicht vollständig; zudem kostet die Entwicklung innovativer medizinischer Lösungen hierzulande viel Zeit. Dabei bietet Deutschland beste Voraussetzungen für diesen Wissenschafts- und Wirtschaftszweig.

Dank unserer breit aufgestellten und exzellenten Forschung verfügen wir bei Helmholtz über das notwendige Wissen, die Daten und Hochleistungsgeräte sowie über enge Verbindungen zur Industrie, um Deutschland zum international führenden Standort für Biomedical Engineering zu machen.

Warum Biomedical Engineering?

Weltweit leiden immer mehr Menschen an Volkskrankheiten wie Diabetes, Demenz, Herz-Kreislaufkrankungen oder Krebs. Gegen solche Erkrankungen entwickeln wir mit Biomedical Engineering vollkommen neuartige therapeutische Konzepte. Insbesondere Früherkennung, also Prävention, aber auch personalisierte Diagnostik und individuelle Therapieverfahren werden durch Biomedical Engineering revolutioniert - und arbeiten dann zielgenauer und effizienter: Gewebeproben etwa werden bis auf die Molekularebene analysiert, Wirkstoffe nur dann verabreicht, wenn sie garantiert helfen, und ausschließlich dort appliziert, wo sie lokal wirken. Mithilfe von künstlicher Intelligenz können Mediziner:innen und ihre OP-Teams bald auf die Erfahrungswerte von Tausenden ähnlich gelagerten Fällen weltweit zurückgreifen.

Welchen Beitrag leistet Helmholtz?

Seit vielen Jahren forschen und arbeiten wir bei Helmholtz an der Biomedizintechnik der Zukunft. Unsere Forschungszentren bündeln nun ihr Fachwissen in der Initiative „Helmholtz Biomedical Engineering“. So wollen wir den interdisziplinären Ideenaustausch vertiefen und die Produktfindung und -entwicklung sowie Unternehmensgründungen beschleunigen. Dafür arbeiten wir eng mit der Industrie zusammen, fördern Unternehmertum und biomedizinische Start-ups. Zudem investieren wir in die Ausbildung einer neuen Generation von Bioingenieur:innen: Wir bieten ihnen nicht nur ideale Bedingungen für eine herausragende Forschung, sondern vermitteln auch das entsprechende Know-how für Unternehmerisches. Dafür sorgen spezielle Doktorand:innen-Programme und grundlegende Businessformate. Gleichzeitig sind wichtige ethische Fragen zu klären, etwa, welche Konsequenzen genetische Modifikationen bei Menschen oder auch Nutzpflanzen und -tieren haben können. Über solche Themen wird das Netzwerk die Öffentlichkeit transparent informieren und so gesellschaftliche Diskussionen anstoßen beziehungsweise wissenschaftlich begleiten.

Neun Forschungszentren von Helmholtz sind an der Taskforce „Helmholtz Biomedical Engineering“ beteiligt:

- Deutsches Krebsforschungszentrum (DKFZ)
- Deutsches Zentrum für Neurodegenerative Erkrankungen (DZNE)
- Forschungszentrum Jülich
- Helmholtz Munich
- Helmholtz-Zentrum Dresden-Rossendorf (HZDR)
- Helmholtz-Zentrum für Infektionsforschung (HZI)
- Helmholtz-Zentrum Hereon
- Karlsruher Institut für Technologie (KIT)
- Max Delbrück Center

Eine Revolution für die Medizin

Expert:innen für Biomedical Engineering forschen an den Schnittstellen von Wissenschaft und Technik. Sie nutzen Erkenntnisse der biomedizinischen Grundlagenforschung, um daraus innovative Geräte, Systeme und Therapien zu entwickeln. Impulse dafür liefern nicht nur die Lebenswissenschaften, sondern auch zahlreiche andere Forschungszweige: etwa die (Bio-)Informatik, die eine Vielzahl von Geräten durch maschinelles Lernen optimiert, oder die Materialforschung, die verbesserte Werkstoffe entwickelt, um menschliches Gewebe und Implantate im Labor herzustellen. Neue Erkenntnisse aus der Physik sorgen zudem für immer präzisere Sensoren, Strahlengeräte und Bildgebungsapparate. Biomedical Engineering bündelt dieses Wissen und konzipiert marktfähige Produkte - zum Wohle aller Patient:innen und der Gesellschaft.

Biomedical Engineering wird die Vorhersage, Vermeidung, Diagnose und Therapie von Krankheiten fundamental verbessern. Denn dank des Forschungszweigs stehen uns künftig vollkommen neue Verfahren, Geräte, Wirkstoffe und Hilfsmittel zur Verfügung. Bei zahlreichen Krankheiten helfen sie viel wirkungsvoller als bisherige Ansätze. Fachleute erwarten durch das Biomedical Engineering deshalb eine Revolution für unsere Medizin. Eines der bekanntesten Beispiele dafür ist die Genschere CRISPR-Cas9. Mit ihr lassen sich in Zellen einzelne Abschnitte der DNA korrigieren beziehungsweise verändern - eine Transformation für eine Vielzahl von Krankheiten, die genetische Ursachen haben. Eine erste Therapie, die CRISPR-Cas9-Technologie nutzt, ist gerade in der EU zugelassen worden. Sie zielt auf Patient:innen mit Sichelzellanämie - einer genetisch bedingten Blutkrankheit, die weltweit stark verbreitet ist und bislang als unheilbar galt.



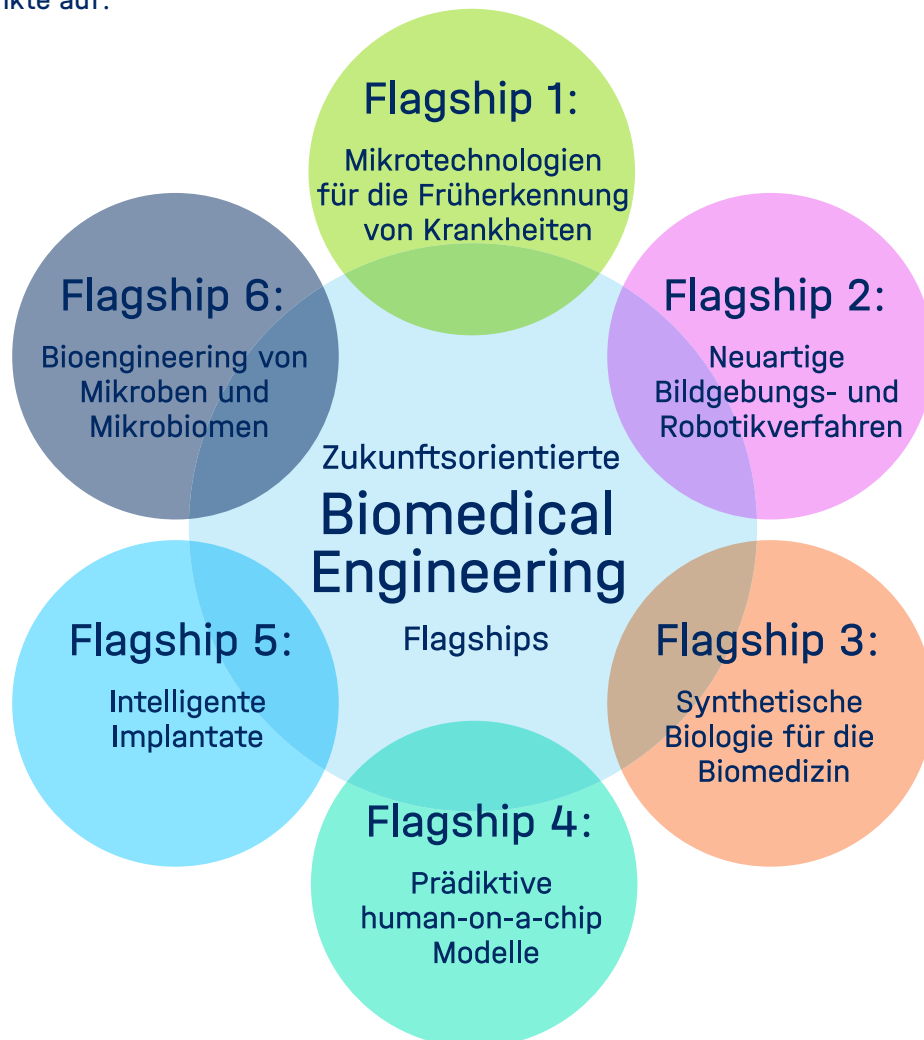
Bild: Phil Dera/Helmholtz

„Biomedical Engineering wird medizinische Herausforderungen lösen sowie wirksame Impulse für die Wirtschaft setzen - und damit die technologische Souveränität Deutschlands stärken. Die Zusammenarbeit unserer Forschungszentren mit universitären und industriellen Partnern wird zu Innovationen führen, die der Gesellschaft zugutekommen. Diese Aktivitäten stehen in engem Einklang mit den Zielen der Hightech Agenda Deutschland sowie mit den europäischen Bestrebungen zur Förderung von Start-ups und Scale-ups.“

Martin Keller
Präsident der Helmholtz-Gemeinschaft

Medizintechnologien der Zukunft

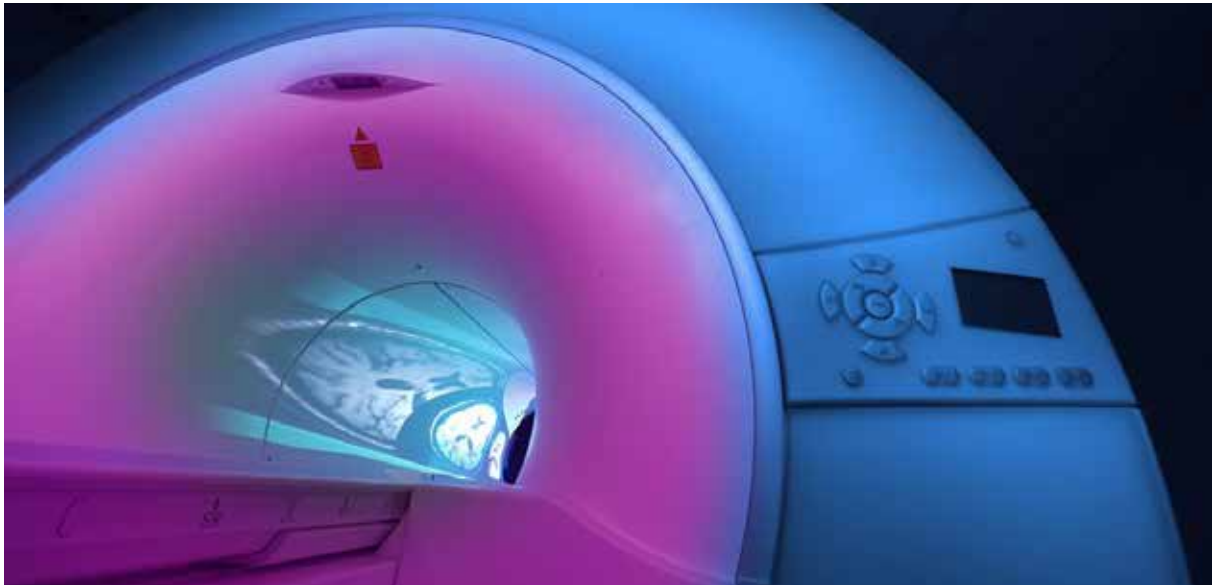
Mit „Helmholtz Biomedical Engineering“ werden wir ähnliche Erfolge in die gesamte Breite der Medizin des 21. Jahrhunderts bringen. Unsere Aktivitäten teilen wir dabei auf sechs Schwerpunkte auf:



1. Mikro- und Nanotechnologien für die Früherkennung

Wir entwickeln neue Diagnosemethoden, um Krankheiten künftig bereits zu erkennen, bevor sie sich durch Symptome bemerkbar machen. Dafür identifizieren wir zum Beispiel neue Biomarker, verfeinern die Einzelzellanalyse oder entwerfen praxistaugliche mikrofluidische Plattformen: Diese Systeme gleichen Laboren im Kleinformat. Sie sind in der Lage, Tausende von Untersuchungen an einigen kleinen Gewebeproben vorzunehmen. Hilfreich ist das zum Beispiel in der Behandlung von Krebs: Tumore unterscheiden sich von Mensch zu Mensch mitunter stark, Therapien müssen deshalb individuell angepasst werden. Mikrofluidische Plattformen helfen dabei: Sie testen, wie entnommene Tumorzellen von Patient:innen auf verschiedene Wirkstoffe reagieren. Schon nach kurzer Zeit zeigen sie, auf welche Präparate die krankhaften Zellen am besten ansprechen.

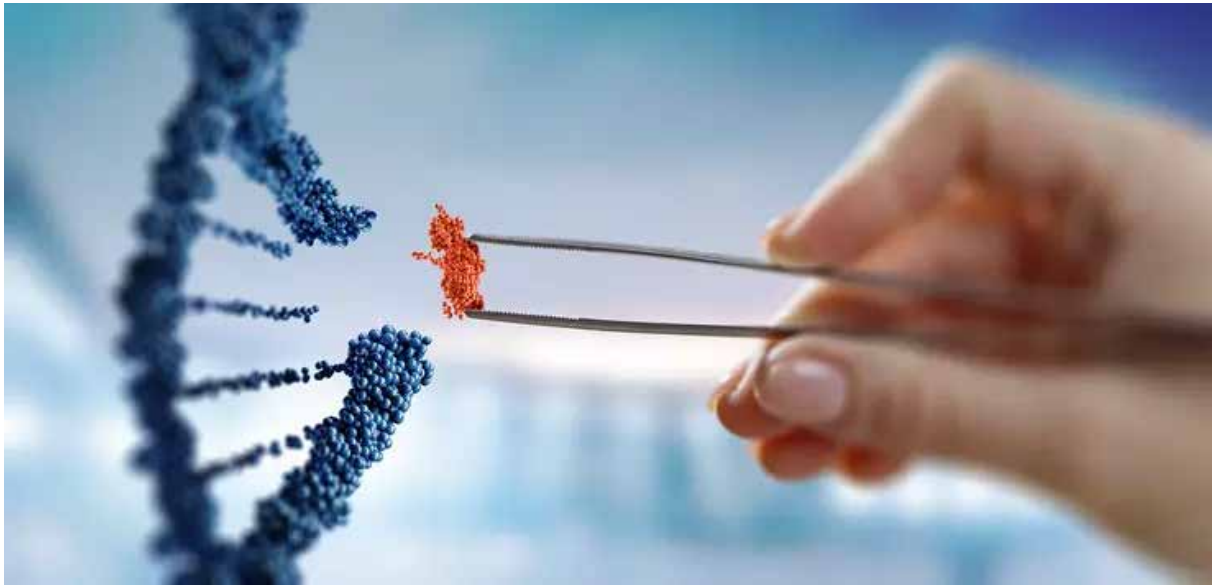
2. Neuartige Bildgebung und KI-Diagnostik



Neues KI-Werkzeug für die Hirntumordiagnostik: Hirntumor-Aufnahmen besser auswerten mit künstlicher Intelligenz (Bild: Forschungszentrum Jülich/Ralf-Uwe Limbach).

Wir arbeiten an neuen Verfahren zur Bildgebung: Krankheitsherde können wir damit exakt lokalisieren und hoch aufgelöst darstellen – auch in Echtzeit. So können zum Beispiel operative Eingriffe besser geplant und ihr Verlauf kontrolliert werden. Wir entwickeln dafür die notwendigen Geräte, neuartige Kontrastmittel und Biosensoren. Einige dieser Systeme sind so beschaffen, dass Patient:innen sie unkompliziert zu Hause nutzen können, um die eigenen Gesundheitswerte zu überwachen. Andere liefern Ärzt:innen eine bislang unerreichte Fülle an Informationen, sodass diese über individuell angepasste Therapien entscheiden können. Dafür entwickeln wir auch KI-Systeme, die Bilddaten zuverlässig analysieren und daraus Informationen für Therapie und Diagnostik ziehen. Die Systeme gleichen dafür die vorliegenden Daten mit einer Vielzahl ähnlich gelagerter Krankheitsfälle überall auf der Welt ab. Sie sind so in der Lage zu erkennen, welche Behandlung den größten Erfolg verspricht. Derartige Technologien demokratisieren den Zugriff auf die moderne Medizin. Denn sie können auch die Daten von Patient:innen analysieren, die in weit entfernten beziehungsweise weniger entwickelten Ländern leben. Gleichzeitig erleichtern sie den Zugang zu den Verfahren und den daraus resultierenden Ergebnissen.

3. Synthetische Biologie und Gentherapien



Mit der CRISPR-Cas-Methode lassen sich Abschnitte der DNA gezielt entnehmen, einfügen oder ausschalten (Bild: Sergey Nivens/Shutterstock).

Wir entwickeln Methoden, um schadhafte oder überflüssige Gensequenzen aus Zellen zu entfernen, etwa mit der Genschere CRISPR-Cas9. Dieser radikal neue Ansatz zielt darauf ab, Krankheiten an ihrem Ursprung - den Zellen und Genen - zu behandeln und wenn möglich zu heilen. Dafür erforschen wir Erkrankungen auf molekularer Ebene und entwickeln innovative Methoden, um geschädigte Moleküle zu ersetzen - individuell angepasst an den jeweiligen Patienten oder die Patientin. Für diese personalisierten Therapieformen entwerfen wir zudem spezielle KI-Programme, die vorab testen, welche maßgeschneiderten Proteine, Biomoleküle oder genetischen Programme sich für die Erkrankten besonders eignen. Außerdem entwickeln wir optimierte Vehikel, um die therapeutisch wirksamen Zellen und Gene in die erwünschte Zielregion des Körpers einzuschleusen.

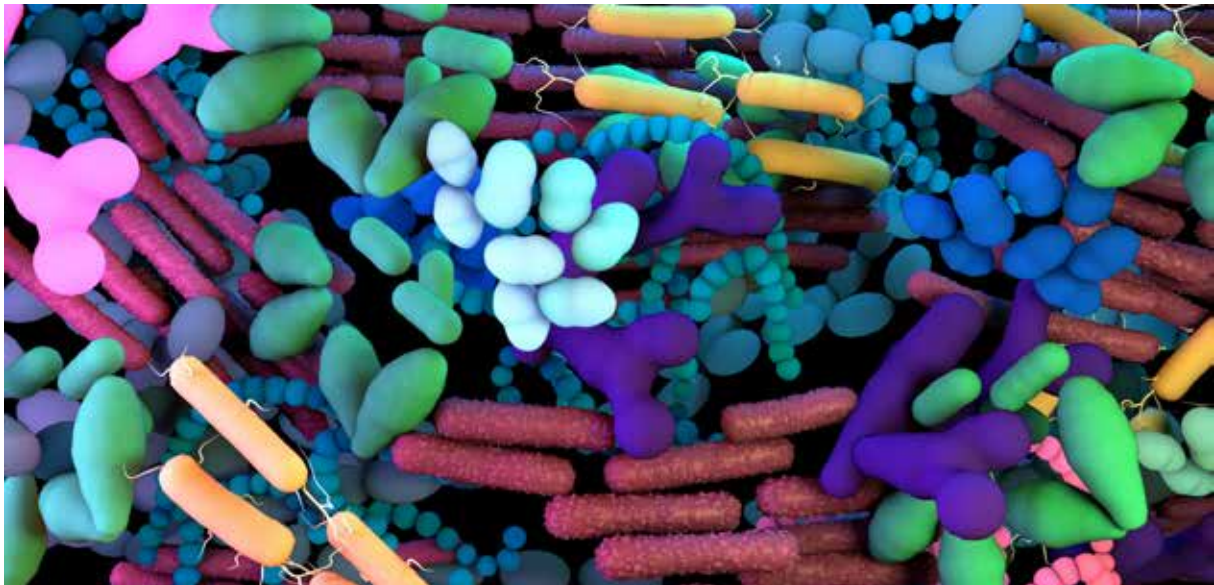
4. Human-on-a-Chip

Wir optimieren die Vorhersagen über den Krankheitsverlauf und die Wirksamkeit von Therapien, indem wir winzige Versuchsanlagen entwickeln, die den menschlichen Organismus nachahmen. Diese Systeme werden Human-on-a-Chip genannt. Dafür züchten wir Organe (oder auch Tumore) im Miniaturformat, setzen diese auf einen Mikrochip und verbinden sie dort durch winzige Kanäle miteinander, um den menschlichen Kreislauf abzubilden. Diese Modelle können auch individualisiert werden, indem die organähnlichen Mikrostrukturen aus den Gewebeproben von Patient:innen entwickelt werden. Wir können so die Wechselwirkungen zwischen den verschiedenen Organen erforschen, deren Zusammenwirken bei verschiedenen Krankheiten analysieren oder die Wirksamkeit von neuen Medikamenten testen. Um diese vollkommen neuartigen Modelle zu verwirklichen, arbeiten wir an einer Vielzahl innovativer Technologien, von mikrofluidischen Systemen über Gensensoren bis hin zum 3D-Biodruck, mit dem wir Gewebe aus lebenden Zellen oder anderem Biomaterial herstellen.

5. Smarte Implantate

Wir schaffen eine neue Generation von Implantaten: Sie bestehen aus neuartigen Biomaterialien, ersetzen auch Gewebe, lassen sich individuell an die Bedürfnisse von Patient:innen anpassen und werden mithilfe smarterer Technologien überwacht. Dafür arbeiten wir mit so genannten digitalen Zwillingen: Wir entwerfen ein Implantat zunächst als digitales Modell. Daran können wir seine Funktionsweise und mögliche Komplikationen vorab testen. Außerdem können wir untersuchen, welche Materialien sich für das Implantat am besten eignen. Zudem entwickeln wir Sensoren für die Implantate, die wichtige Gesundheitsdaten überwachen. Sie überprüfen zum Beispiel den Heilungsprozess oder geben Alarm, wenn sie Komplikationen registrieren, die vom Implantat hervorgerufen werden.

6. Mikroben und Mikrobiom



Bakterien des menschlichen Körpers werden gezielt modifiziert, um den Menschen vor Krankheiten zu schützen (Bild: Design Cells/Shutterstock).

Wir nutzen das Potenzial der Bakterien in unserem Körper und modulieren einzelne Mikroben so, dass sie den Menschen vor Krankheiten schützen: Sie produzieren dann zum Beispiel neuartige Antibiotika, wehren Erreger ab oder dringen gezielt in Krebszellen ein und zerstören sie. Damit sie derart hilfreich wirken können, müssen wir den Aufbau und die Funktionsweise der Mikroorganismen allerdings noch besser verstehen – sowohl von jeder einzelnen Mikrobe als auch von ihrem komplexen Zusammenleben im Mikrobiom. Daneben entwickeln wir innovative Methoden, um Bakterien so anzupassen, dass sie sich für den therapeutischen Einsatz eignen. Bei Patient:innen könnten sie dann zum Beispiel das Mikrobiom im menschlichen Darm wieder ins Gleichgewicht bringen oder Krankheitserreger abwehren.



Bild: shutterstock/ArtemisDiana



„Die Helmholtz Bioengineering Initiative hat das Ziel, Spitzenforschung voranzutreiben und greifbare Lösungen zu entwickeln, die das Gesundheitswesen und die Patientenversorgung nachhaltig verbessern. Durch den Einsatz modernster Sensorik und Bildgebung, computergestützter Datenanalyse, Zell- und Proteinengineering sowie Organ-on-a-Chip-Systemen streben wir danach, Methoden zu entwickeln, die Krankheiten früher erkennen, Therapien präziser machen und den Wandel von reaktiver Behandlung hin zu echter Präventivmedizin vorantreiben.“

Vasilis Ntziachristos

Direktor des Instituts für Biologische und Medizinische Bildgebung sowie des Departments für Bioengineering bei Helmholtz Munich



Bild: shutterstock/Artemisblana

Herausgegeben von:

Helmholtz-Gemeinschaft
Deutscher Forschungszentren e.V.

Anna-Louisa-Karsch-Str. 2
10178 Berlin

www.helmholtz.de

Kontakt:

Katja Großmann
Forschungsbereichsbeauftragte
Gesundheit

Tel. +49 30 206 329-15
katja.grossmann@helmholtz.de

Thomas Schwarz-Romond
Director of Operations,
Helmholtz Pioneer Campus
Helmholtz Munich

schwarz-romond@helmholtz-munich.de

Mehr Informationen unter:

www.helmholtz-bioengineering.de

Stand:

April 2026

HELMHOLTZ