



Fraunhofer
ISC

Jahresbericht 2022/23

BIO

JAHRES BERICHT



Grußwort



Liebe Freunde und Partner des Fraunhofer ISC,
sehr geehrte Damen und Herren,

der neue Jahresbericht steht ganz im Zeichen eines erfreulichen Ereignisses: Am 8. Mai 2023 konnte die Eröffnung des neuen **Fraunhofer-Biotechnologie**-Standorts in Würzburg gefeiert werden. Mit einer Kofinanzierung durch die Europäische Union, die Bundesrepublik Deutschland und den Freistaat Bayern konnte das denkmalgeschützte, jahrzehntelang leerstehende Gebäude der früheren Universitäts-Augenklinik aus dem Jahr 1901 von Grund auf saniert werden. Entstanden ist nun ein Forschungsbau mit modernsten Biolaboren und Büroraum für die Mitarbeitenden des Fraunhofer-Translationszentrums für Regenerative Therapien des ISC wie auch des Projektzentrums für Stammzellprozesstechnik, das gemeinsam von Fraunhofer IBMT und ISC betrieben wird. Aus diesem Grund haben wir den Biothemen einen Schwerpunkt im vorliegenden Bericht gewidmet.

Ein Dauerthema für das Fraunhofer ISC ist die Forschung und Entwicklung für nachhaltigere Produkte und Verfahren. In allen Forschungsbereichen des ISC spielt Nachhaltigkeit eine wichtige Rolle. Von der Ressourcenschonung durch multifunktionelle Materialien über den Einsatz nachwachsender Rohstoffe, die Umstellung auf wässrige Prozesse und unkritische Ausgangsstoffe, die Dekarbonisierung, ressourcen- und energieeffiziente Prozesse oder intelligente Rückgewinnung und Wiederverwendung von Funktionsmaterialien, das Fraunhofer ISC liefert viele Beiträge für eine nachhaltigere Produktion der Zukunft. Intern wird dies nicht zuletzt durch das neue Nachhaltigkeitsmanagement unterstützt, das wichtige Impulse für die Weiterentwicklung liefert.

Die letzten Jahre haben die Verletzlichkeit unserer Wirtschaft und nicht zuletzt auch unserer Gesellschaft sehr deutlich gemacht. Hier muss mit vereinten Kräften an einer verbesserten Resilienz gearbeitet werden, zum Beispiel durch die konsequente Nutzung eigener nachhaltiger Ressourcen und die enge Zusammenarbeit auf europäischer Ebene, um Energie- und Lieferengpässe besser auffangen zu können, oder sie gar nicht erst entstehen zu lassen. Trotzdem hat uns als Institut im vergangenen Jahr auch die Verteuerung der Energie und die damit verbundene Planungsunsicherheit für unsere Industriekunden getroffen – ein Umstand, der sich auch in unserer Haushaltsplanung widerspiegelt. Mein herzlicher Dank an dieser Stelle allen Mitarbeitenden, die trotz dieser Randbedingungen gemeinsam mit großem Engagement am Erfolg der Projekte, an der Umsetzung nachhaltiger Forschung und an neuen Ideen und Innovationen für eine lebenswerte Zukunft arbeiten.

Ein Schlüssel dazu liegt auch in der Geschwindigkeit, mit der Innovation entsteht und gefördert wird. Das Fraunhofer ISC ist wesentlich daran beteiligt, Materialinnovationen zu beschleunigen und diese für eine wirtschaftliche und umweltfreundliche Produktion weiterzuentwickeln: mit Projekten zur Digitalisierung von Materialentwicklung und Herstellprozessen und zum Einsatz von Künstlicher Intelligenz bei der Findung und Validierung neuer stofflicher Zusammensetzungen bei Glasentwicklung, funktionellen Beschichtungen, Partikeltechnologie, Biomaterialien wie auch Batterie- – und Hochtemperaturmaterialien. Die vor einigen Jahren im Center Smart Materials and Adaptive Systems etablierte Arbeitsgruppe Digitalisierung unterstützt hierbei alle Fachbereiche bei der Umsetzung in der Projektarbeit.

Ein herzlicher Dank auch wieder an Sie, liebe Freunde, Förderer und Partner des Fraunhofer ISC! Ihr Vertrauen und Ihr Anspruch an uns sind Ansporn dafür, mit unserer Forschung bestmögliche Lösungsbausteine zu den globalen Herausforderungen beizutragen.

Ihr

Gerhard Sextl

Inhalt

Grußwort	4
Jahresbericht – Das Fraunhofer ISC in Zahlen	6
Nachhaltigkeitsbericht Fraunhofer ISC	7
Organigramm und Kuratorium	10 – 12
»AutoProNano« – Internationale Kooperation für In-vitro- und In-vivo-Diagnostik	14
»CoSiMa« – Innovative Anti-Aging-Gesichtsmaske zur Stimulation des Bindegewebsaufbaus	16
»SAPs4Tissues« – menschliche Gewebemodelle mit maßgeschneiderten Biomaterialien	18
»TraumaCare« – Erstversorgung stark blutender Wunden	20
»SUSI« – Auf dem Weg zur autonomen hiPSC-Kultur	22
»TigerShark Science« – Hautorganoide aus menschlichen Stammzellen als Alternative zu Tierversuchen	24
»TOPS« – Faservlies minimiert Infektions-risiko bei Endo-Exo-Prothesen	26
»ScarCare« – Bioresorbierbare Membran für die Heilung innerer und äußerer Wunden	28
»INN-PRESSME« – EU-Projekt fördert offene Innovationen mit bio-basierten Lösungen	30
»NewHype« – Mikroplastik auf dem Acker vermeiden	32
»CircEl-Paper« – Recyclbare Elektronik auf Papierbasis	34
»BIG-MAP« – Europäische Batterieinnovation auf dem Weg zum Paradigmenwechsel	36
Impressum	39



Mehr im Internet –
schauen Sie vorbei unter
[www.isc.fraunhofer.de/
jahresbericht](http://www.isc.fraunhofer.de/jahresbericht)

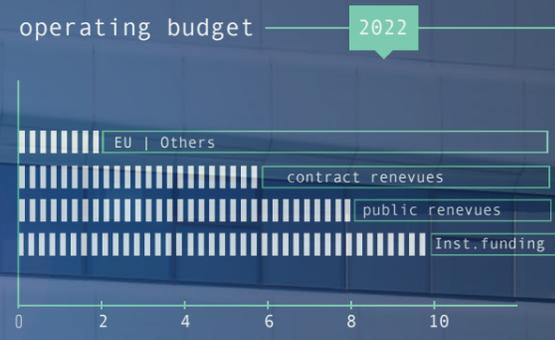
INFOGRAFIK



100% Green electricity in the properties of the ISC



Staff	Count
Technical staff	44
Graduate staff	118
Scientific staff	120
Phd students	13
Trainees	11
Research assistants Interns	60



Operating budget	Value (Mio €)
EU Others	5,8 Mio €
Contract revenues	6,0 Mio €
Public revenues	8,0 Mio €
Institutional funding	9,4 Mio €



Eine saubere und nachhaltige Zukunft beginnt beim Material

Die Fraunhofer-Gesellschaft hat sich zum Ziel gesetzt, bis 2030 klimaneutral zu forschen und zu arbeiten. Damit will die FhG einen Beitrag leisten, um die Klimaziele des Bundes, des europäischen Green Deals und des Pariser Klimaabkommens zu unterstützen. Die Agenda 2030 schafft die Grundlage für alle Maßnahmen und für die Gestaltung eines weltweiten wirtschaftlichen Fortschritts, der im Einklang mit sozialer Gerechtigkeit und den ökologischen Grenzen der Erde steht. Das Kernstück der Agenda 2030 bilden die 17 Ziele für eine nachhaltige Entwicklung (Sustainable Development Goals, SDGs).

Unsere Motivation

Das Fraunhofer ISC unterstützt die Klimaziele der Bundesregierung voll und ganz mit seiner Forschung und ist bestrebt, einen wesentlichen Beitrag zu leisten, um die Transformation zu einer nachhaltigen und klimaneutralen Zukunft zu ermöglichen.

Die Fraunhofer-Gesellschaft hat sich selbst das Ziel gesetzt, 55 Prozent ihrer Emissionen bis zum Jahr 2030 einzusparen, und arbeitet hart daran, dieses Ziel durch die Initiative **Fraunhofer Klimaneutral 2030** zu erreichen.

Wir messen unsere Arbeit an diesen Herausforderungen und leisten im Fraunhofer ISC einen wesentlichen Beitrag zu ihrer Lösung. Als führendes Zentrum für **materialbasierte Forschung** und Entwicklung in Europa nehmen wir unsere **Verantwortung** an, eine bessere, sauberere und gerechtere Welt zu schaffen.

Das Fraunhofer ISC setzt sich durch seine interdisziplinäre Forschung für Nachhaltigkeit ein, unter anderem durch das Fraunhofer-Translationszentrum für Regenerative Therapien TLZ-RT und das Fraunhofer-Forschungs- und Entwicklungszentrum für Elektromobilität Bayern FZEB.

Unsere Mission: Erarbeitung signifikanter material- und verfahrensbasierter Beiträge zur Lösung großer globaler Herausforderungen, die sich durch Klimawandel, Umweltverschmutzung, exzessive Ressourcennutzung, Energiewende, überalternde Bevölkerung und wachsende Urbanisierung ergeben.

Was wir uns vorgenommen haben

Am Fraunhofer-Institut für Silicatforschung ISC streben wir nach größtmöglicher **Transparenz** nach innen und außen und wollen über unseren Beitrag zur Nachhaltigkeit umfassend und ehrlich berichten. Wir entwickeln eine Nachhaltigkeitsstrategie und überprüfen unsere Prozesse und Strukturen. Mit einem Team von 400 Mitarbeitenden arbeiten wir daran, den ökologischen, ökonomischen und sozialen Aspekten der Nachhaltigkeit in unseren Forschungsprojekten und Verwaltungstätigkeiten Raum zu geben und diese voranzubringen.

Mit Unterstützung unserer Stakeholder werden wir eine Wesentlichkeitsanalyse erstellen und die Ergebnisse in unserem kommenden Nachhaltigkeitsbericht vorstellen. Status Quo, Selbstreflexion und Verbesserungsmaßnahmen sind die Motivation des Berichtes. Unser Engagement konzentriert sich auf die Auswirkungen des Klimawandels auf unser Institut sowie auf den Einfluss unseres Forschungsportfolios.

Durch ein Energiemanagementsystem möchten wir gezielte Verbesserungen erreichen und Energie effizienter und sparsamer einsetzen. Dazu werden wir uns Ziele zur Reduktion von Energieverbräuchen setzen. Viele Maßnahmen wie z. B. die Umrüstung auf LED in den Bürogebäuden, Optimierung der haustechnischen Versorgungsanlagen, Umstellung im Patchmanagement der IT und Energiespartipps werden bereits Schritt für Schritt umgesetzt. Mit der Umstellung auf Ökostrom leisten wir außerdem unseren Beitrag zur Energiewende.

Auch die Berechnung der Treibhausgasbilanz nach dem Greenhouse Gas (GHG) Protocol nehmen wir uns vor. Die Anfänge sind bereits gemacht und die Aktivitätsdaten für das Bezugsjahr 2021 haben wir erfasst. Lücken und Hürden werden jetzt identifiziert. Ziel ist, die Datenlage für die Erfassung zu verbessern, um somit eine konsistente Fortführung zu ermöglichen.

Es ist uns wichtig, ein Umdenken zu fördern, um nicht nur die Natur, sondern auch die Menschen zu schützen und auf diesem Weg die Mitarbeitenden wie auch die Kunden und Forschungspartner des Instituts mitzunehmen.

Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter will das ISC in ihrem täglichen Arbeitsumfeld und in einer nachhaltigen Mobilität bestärken. Deutschlandweit baut die Fraunhofer-Gesellschaft seit 2019 die Ladeinfrastruktur an den Standorten aus. Ein Teil der rund 480 Ladepunkte steht auch externen Nutzern zur Verfügung. Seit Oktober 2021 ist die über das Projekt **LamA – Laden am Arbeitsplatz** aufgebaute Ladeinfrastruktur auch am ISC für Mitarbeitende, Gäste sowie für eine allgemeine Nutzung verfügbar.

Mit einer Umfrage zum Pendlerverhalten der Mitarbeitenden wird außerdem die Basis für Anreize zu einem Umstieg auf klimafreundlichere Verkehrsmittel geschaffen.

Das Fraunhofer ISC möchte seine **Mitarbeitenden inspirieren und ermutigen**, sich sowohl im Job als auch im privaten Umfeld für Nachhaltigkeit einzusetzen. Gemeinsam identifizieren wir Potenziale, um Nachhaltigkeit zu fördern, und unterstützen die Agenda 2030 der Vereinten Nationen mit ihren 17 Zielen für nachhaltige Entwicklung, den Sustainable Development Goals (SDGs). Unsere Forschungsprojekte in den Bereichen Energie, Umwelt und Gesundheit tragen dazu bei, diese Ziele zu erreichen.

In der Präambel zur Agenda 2030 werden 5 Kernbotschaften benannt, die als handlungsleitende Prinzipien für die 17 SDGs fungieren, die sogenannten »5Ps«: People, Planet, Prosperity, Peace, Partnership.

Mit unserer Forschung setzen wir uns insbesondere für die zweite Kernbotschaft »den Planeten schützen: Klimawandel begrenzen, natürliche Lebensgrundlagen bewahren« ein. Wir konzentrieren uns dabei auf eine Vielzahl wichtiger und zukunftsweisender Technologien, die wir erfolgreich in Anwendungen umsetzen. Dabei suchen wir nach **ressourcenschonenden** und **abfallvermeidenden Lösungen** für nahezu alle technischen Anwendungen.

Grundsätze und Werte

Seit 2016 ist Nachhaltigkeit im **Leitbild** der Fraunhofer-Gesellschaft fest verankert und ist ein starkes Motiv: »Wir tragen durch unsere Forschung zu einer nachhaltigen Entwicklung im Sinne einer ökologisch intakten, ökonomisch erfolgreichen und sozial ausgewogenen Welt bei. Dieser Verantwortung fühlen wir uns verpflichtet.« Zudem trat die Fraunhofer-Gesellschaft im Jahr 2017 dem United Nations Global Compact (**UNGC**) bei und verpflichtete sich damit freiwillig zur Einhaltung und Förderung 10 universeller Prinzipien aus den Bereichen Menschenrechte, Arbeitsnormen, Umweltschutz und Korruptionsbekämpfung.

2009 wurde das Fraunhofer-Netzwerk Nachhaltigkeit gegründet, das sich dem Identifizieren, Erschließen und Weiterbringen der Nachhaltigkeitspotenziale innerhalb der Fraunhofer-Gesellschaft widmet. Das Fraunhofer ISC ist eines der ersten Mitglieder, inzwischen gehören 21 Institute dem Netzwerk an.

Das Fraunhofer ISC steht für die Überzeugung ein, dass jedes Handeln Auswirkungen auf die Umwelt hat und dass wir durch unser Wissen und Handeln eine nachhaltige Entwicklung fördern wollen. Eine Entwicklung, die den Bedürfnissen der heutigen Generationen gerecht wird und die Chancen kommender Generationen wahrt, ihre eigenen Bedürfnisse zu erfüllen. Dieses Ziel ist für uns in der Forschung von **zentraler Bedeutung**.

Diversity und Chancengleichheit

Die Fraunhofer-Gesellschaft unterstützt Maßnahmen zur Chancengleichheit und betreibt aktives Diversity Management: »Dazu gehören gleichberechtigte Teilhabe und Entwicklung – unabhängig von ethnischer Herkunft, Geschlecht, Religion, Weltanschauung, Behinderung, Alter oder sexueller Identität.«

Für die Mitarbeitenden sind an jedem Institut Beauftragte für Chancengleichheit (BfC) etabliert, seit weit über 10 Jahren auch am ISC. Untereinander sind die BfC stark vernetzt und agieren auch gemeinsam über Institutsgrenzen hinaus.

Das ISC macht viele Angebote, um die Vereinbarkeit von Familie und Beruf zu gewährleisten. Für die Mitarbeitenden gibt es u.a. flexible Arbeitsort- und Zeitmodelle, Workshops zum Thema Vereinbarkeit von Beruf und Familie oder z. B. Beratungs- und Unterstützungsangebote durch den (fraunhofer-weiten) pme Familienservice.

Berufliche Chancengerechtigkeit, unabhängig vom Geschlecht, ist klares Unternehmensziel der Fraunhofer-Gesellschaft, um langfristig Innovation, Teamintelligenz und wissenschaftliche Exzellenz zu sichern. Das Karriereprogramm TALENTA leistet einen wichtigen Beitrag, um den Anteil an Frauen in Führungspositionen zu erhöhen.

Was kann unser **Beitrag zum Klimaschutz** sein?
Als Wegweiser dient die **Agenda 2030** mit ihren **17 Zielen** für eine nachhaltige Entwicklung.

Eine Initiative der Nachhaltigkeitsbeauftragten

Fraunhofer
ISC



www.17ziele.de

Frauenanteil

Die Fraunhofer Gesellschaft hat es sich zur Aufgabe gemacht, den Anteil von Mitarbeiterinnen über alle Bereiche zu erhöhen. Am Fraunhofer ISC verfolgen wir das Ziel sehr ehrgeizig. Hier liegen wir mit einem Frauenanteil mit 33,6 Prozent (Q4, 2022) deutlich über den Vorgaben von 31,1 Prozent.

Der Frauenanteil der Führungskräfte lag in 2022 bei 12,1 Prozent. Aus diesem Grund startet das Fraunhofer ISC im Sommer 2023 ein Projekt im Rahmen des Fraunhofer Diversity Programms. Ziel ist es, Wissenschaftlerinnen zu fördern und den Anteil von Frauen in Fach- und Führungspositionen zu erhöhen.

Nachhaltigkeit und angewandte Forschung

Wir betreiben die Nachhaltigkeit auch aus wissenschaftlichen und wirtschaftlichen Interessen. **Ressourcen** und Materialien so lange wie möglich **sinnvoll nutzen** können, um eine nachhaltige Entwicklung zu fördern, ist unser Ziel. Das Institut arbeitet daran, innovative Funktionsmaterialien und Technologien für nachhaltigere Produkte mit weniger Ressourceneinsatz zu entwickeln und wesentliche Beiträge zur Lösung der großen globalen Fragen und Herausforderungen der Zukunft zu leisten. Neue, zuverlässigere Möglichkeiten für das Testen von pharmakologischen und kosmetischen Wirkstoffen können z. B. in Zukunft die Entwicklung von Heil- und Pflegemitteln beschleunigen und helfen Tierversuche zu vermeiden.

Insbesondere das Recycling von wertvollen Rohstoffen aus Produkten und Materialien und die Suche nach **nachhaltigen Alternativen** gewinnen aufgrund globaler Entwicklungen zunehmend an Bedeutung. Sich wandelnde Anforderungen an primäre Ressourcen, Fragen der Verfügbarkeit und der Ersatz kritischer oder umweltgefährdender Substanzen setzen neue Leitlinien, die z. B. die Energie- und Mobilitätswende betreffen. Das Fraunhofer ISC sieht hierbei großes Potenzial zur Ressourcen- und Energieoptimierung durch nachhaltige Material- und Verfahrensentwicklung.

Der größte Einfluss des Instituts in Bezug auf die Nachhaltigkeit liegt in seiner Forschungstätigkeit.

Wir fühlen uns verpflichtet, unsere Expertise in der **innovativen Materialwirtschaft** für **Ressourcenschonung und Nachhaltigkeit** konsequent einzusetzen. Am Fraunhofer ISC verfügen wir über ein umfangreiches Forschungs- und Kompetenzportfolio für den Übergang von einer auf fossilen Ressourcen basierenden Wertschöpfung hin zu einem **nachhaltigen Materialkreislauf**.

Instituts- und Bereichsleitungen



Prof. Dr. Gerhard
Sextl
Institutsleitung



Dr. Thomas
Hofmann
Stellv. Institutsleitung



Prof. Dr. Friedrich
Raether
Stllv. Institutsleitung | HTL



Verwaltungsleitung
Patrick Kübert



Personal
Anette Rebohle-Mandel



Patente | Lizenzen
Dr. Carsten Gellermann



Zentrale Dienste
Michael Martin



Vertrieb | Marketing
Dr. Victor Trapp



PR | Kommunikation
Marie-Luise Righi



Dr. Florian
Groeber-Becker
Leitung TLZ



Dr. Martin
Peters
Leitung Werkstoffchemie



Dr. Andreas
Diegeler
Leitung Außenstelle Bronnbach



Gerhard
Domann
Leitung Anwendungstechnik



Dr. Andreas
Flegler
Leitung FZEB



Dr. Jürgen
Meinhardt
Leitung Dienstleistungen

Kuratorium des Fraunhofer ISC

PROF. DR.-ING. EGBERT LOX
Vorsitzender des Kuratoriums
Grebenhain

DIPL.-ING. PETER E. ALBRECHT
Principal Director Operations
European Patent Office | München

PROF. DR. MARTIN BASTIAN
Stellvertretender Vorsitzender des Kuratoriums
Institutsdirektor
SKZ – Das Kunststoff-Zentrum | Würzburg

PROF. DR. SABINE FLAMME
Fachbereich Ingenieurwissen | FH Münster

PROF. DR. JOACHIM HORNEGGER
Präsident der Friedrich-Alexander-Universität
Erlangen-Nürnberg

PROF. DR. HUBERT JÄGER (BIS 09/2022)
Technische Universität Dresden
Institut für Leichtbau und Kunststofftechnik

DR. CLAUDIA JENTZSCH (BIS 02/2023)
Disease Area Head Rheumatology
Novartis Pharma GmbH

DR. FRIEDERIKE LANGE
Siemens Energy Global GmbH & Co. KG
Mühlheim an der Ruhr

PROF. DR. STEFAN LEIBLE
Präsident der Universität Bayreuth

PROF. DR. KLAUS MÜLLER-BUSCHBAUM
Institut für Anorganische und Analytische Chemie
Justus-Liebig-Universität Gießen

DR. PETER NAGLER
Executive Director
Institute of Chemical and Engineering Sciences ICES Singapur

PROF. DR. PAUL PAULI
Präsident der Julius-Maximilians-Universität Würzburg

GUIDO VERHOEVEN (BIS 12/2023)
General Manager
SIM-Flanders vzw | Zwijnaarde | Belgien

MR DR. STEFAN WIMBAUER
Leiter des Referats 43
Bayerisches Staatsministerium für Wirtschaft und Medien,
Energie und Technologie | München

DR. DETLEF WOLLWEBER (BIS 12/2023)
Wuppertal

DR. JÖRG ZIEGLER
Novartis Pharma GmbH

STÄNDIGER GAST IM KURATORIUM

PROF. DR. PETER GUMBSCH
Vorsitzender Fraunhofer-Verbund MATERIALS

PRO JEKTE

»AutoProNano« – Internationale Kooperation für In-vitro- und In-vivo-Diagnostik

Das Kooperationsprojekt »AutoProNano« entwickelt einen automatisierten Prozess zur Herstellung von Nanopartikeln für In-vitro- und In-vivo-Diagnostik. Durch die Zusammenarbeit des Fraunhofer Institut für Silicatforschung ISC mit weiteren deutschen und französischen Partnern wird die Laborautomatisierung vorangetrieben.

Biofunktionalisierten Nanodiagnostika und -therapeutika wird eine geradezu revolutionäre Rolle bei der künftigen Bekämpfung schwerer Krankheiten wie Krebs vorausgesagt. Und in der Biomedizin steigt die Nachfrage nach funktionalen Nanopartikeln mit speziellen optischen oder magnetischen Eigenschaften sowie biofunktionalen Oberflächen zur Erkennung von Antigenen und zur Wirkstofftransport.

Allerdings müssen diese Nanopartikel strenge Anforderungen erfüllen, um als Medizinprodukte zugelassen werden zu können. Eine entscheidende Herausforderung besteht darin, dass die gewünschten Eigenschaften der Nanopartikel zuverlässig reproduzierbar sind. Dafür ist ein robuster und präziser Produktionsprozess erforderlich, der internationalen Standards entspricht und skalierbar, kostengünstig und jederzeit kontrollierbar ist, um eine herausragende Qualität zu gewährleisten.

Im Rahmen des deutsch-französischen Kooperationsprojektes »AutoProNano« arbeitet das Fraunhofer-Institut für Silicatforschung ISC gemeinsam mit weiteren deutschen Partnern, wie der Technischen Hochschule Würzburg-Schweinfurt THWS, der nanoPET Pharma GmbH, dem Institut für Medizintechnik (IMES) dem Anlagenbauer Goldfuß engineering GmbH sowie den französischen Partnern Cordouan Technologies und Poly-Dtech an der Entwicklung eines anpassungsfähigen, automatisierten Prozesses zur Herstellung und Analyse von diagnostisch relevanten Nanopartikelsystemen.

Ziel des Projekts ist es, einen flexiblen, robotergesteuerten Prozess zur automatisierten Herstellung und Charakterisierung von diagnostischen Nanopartikeln für die In-vitro- und In-vivo-Diagnostik zu etablieren.

Das Fraunhofer ISC und Goldfuß engineering haben bereits im Rahmen des vom Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) geförderten Verbundprojekts APRONA das Grundprinzip einer Roboterplattform zur automatisierten Herstellung von Nanopartikeln entwickelt. Im Rahmen von AutoProNano wird diese Plattform nun weiterentwickelt, um wesentliche Syntheseprozesse automatisiert durchzuführen. Dadurch können standardisierte Produktqualitäten sichergestellt und relevante Qualitätsanforderungen bereits in der Entwicklungsphase berücksichtigt werden.

Das deutsch-französische Kooperationsprojekt AutoProNano hat ein Gesamtvolumen von 1,5 Millionen Euro. Die deutschen Partner erhalten ihre Förderung im Rahmen des ZIM-Programms des BMWK, während die französischen Partner von der Bpifrance gefördert werden. Durch diese internationale Zusammenarbeit wird ein wichtiger Schritt in Richtung hochmoderne Diagnostik und medizinischer Fortschritt gemacht.

Ziele 3 und 9

Dieses Projekt zählt auf das große Thema **Gesundheit** ein: Bei der künftigen Bekämpfung schwerer Krankheiten wie Krebs wird der biofunktionalisierten Nanodiagnostik eine revolutionäre Rolle vorausgesagt. Und ebenso das Ziel 9: Innovationen wie die automatisierte Herstellung von Nanopartikeln sind eine wichtige Voraussetzung für eine moderne Industrie und Infrastruktur.



Das Projekt »AutoProNano« wird vom Fraunhofer ISC geleitet und startete im Rahmen des Kooperationsnetzwerks »smart analytics«. Diese internationale Initiative wird seit Mai 2020 vom Zentralen Innovationsprogramm Mittelstand (ZIM) des Bundesministeriums für Wirtschaft und Klimaschutz (BMWK) gefördert, um innovative Entwicklungen in den Regionen Stuttgart und Neckar-Alb sowie darüber hinaus voranzutreiben.



Dr. Sofia Dembski
Biomaterialien
0931 4100 516
sofia.dembski@isc.fraunhofer.de

»CoSiMa®« – Innovative Anti-Aging-Gesichtsmaske zur Stimulation des Bindegewebsaufbaus

Was die Zusammenarbeit des Fraunhofer-Instituts für Silicatforschung ISC mit der Kosmetikindustrie hervorbringen kann, zeigt das Projekt CoSiMa. Gemeinsam mit ihrem Projektpartner, der B-COS GmbH, entwickelte ein Forscherteam der Abteilung Biomaterialien eine Anti-Aging-Gesichtsmaske, die Orthokieselsäure freisetzt. Aus dem Projekt entstand nicht nur viel neues Knowhow auf dem Gebiet der Sol-Gel-Verfahren, auch eine Vermarktung der Maske ist geplant.

Orthokieselsäure (OKS) stimuliert die Kollagenproduktion in der Lederhaut. Im Gegensatz zu herkömmlichen Kosmetikprodukten werden ungeliebte Hautfalten also nicht kurzfristig aufgepolstert, sondern langfristig gefüllt. Auch der körpereigene Bindegewebsaufbau wird angeregt, was die Faltenbildung generell reduziert. Diesen Effekt machte sich das Forscherteam des Fraunhofer-Instituts für Silicatforschung ISC in Zusammenarbeit mit ihrem Projektpartner zu Nutze. Ziel des Projekts CoSiMa war die Entwicklung einer Gesichtsmaske, die sich in Kontakt mit einer Aktivierungslösung innerhalb eines kurzen Anwendungszeitraums rückstandslos zu Orthokieselsäure auflöst und über deren Aufnahme in die Haut einen Anti-Aging-Effekt erzielt.

Aufnahme von OKS in Haut in vitro nachgewiesen

Nach zweieinhalb Jahren Laufzeit konnte das Team das Projekt im November 2022 erfolgreich abschließen und eine vielversprechende Demoversion der Gesichtsmaske entwickeln. Die Demo-Maske besteht aus zwei Komponenten: einem Kieselgelfaservlies und einer Aktivierungslösung. Sie lässt sich innerhalb von drei bis fünf Minuten nahezu rückstandsfrei in die Haut einmassieren. Es konnte nachgewiesen werden, dass die Orthokieselsäure auch tatsächlich in die obere Hautschicht aufgenommen wird. Ob auch die gewünschte Hautregeneration auftritt, wird noch dermatologisch getestet.

Kieselgelfaservlies als Grundlage

Für die Grundlage der Maske griffen die Forschenden auf ein als Medizinprodukt zugelassenes Kieselgelfaservlies zurück, das seit 2010 zur Regeneration chronischer Wunden zugelassen ist. Bei einer Gesichtsmaske muss die Hydrolyse, also die Auflösung der wasserlöslichen OKS jedoch schneller ablaufen als bei der Versorgung chronischer Wunden.



© Freepik Company SL

Dafür wurden zur Variation der Matrix des Kieselgellvieses die Synthese- und Prozessparameter modifiziert sowie die Wirkung der Zugabe von verschiedenen Substanzen getestet. Eine Herausforderung dabei war es, die Auflösung zum genau richtigen Zeitpunkt zu ermöglichen. Es gelang den Forschenden, eine Kombination aus Lagerstabilität und Aktivierungstrigger zu finden, die die Kieselgelmaske innerhalb der gewünschten Zeit soweit auflöst, dass die Maske leicht in die Haut einmassiert werden kann. Insgesamt konnte durch das Projekt viel neues Knowhow auf dem Gebiet Sol-Gel-basierter Materialien erarbeitet werden.

Markteintritt in Planung

Mit dem Projekt war die Abteilung Biomaterialien am Fraunhofer ISC erstmalig an der Materialentwicklung für Kosmetikprodukte beteiligt. Die dabei entstandene Vernetzung mit der Kosmetikbranche eröffnet den Weg für neue Kooperationen zwischen dem Fraunhofer ISC und der Kosmetikindustrie. Das Fraunhofer ISC und B-COS sehen gute Aussichten für die Überführung der Maske in ein marktreifes Produkt. Dafür soll die Maske noch an einem anerkannten Testinstitut für Hautpflegeprodukte getestet werden. Weitere Gespräche und Planungen für den Markttransfer sind im Gange.

Ziel 12

Bei diesem SDG geht es u.a. um die Förderung der Ressourcen- und Energieeffizienz, weniger Verschwendung und mehr Wiederverwendung und Recycling. Mit diesem Projekt entwickeln wir in Partnerschaft ein Bioprodukt, das sich vollständig während der Behandlung abbaut.

Dr. Jörn Probst
Biomaterialien

0931 4100 300
joern.probst@isc.fraunhofer.de

»SAPs4Tissues« – menschliche Gewebemodelle mit maßgeschneiderten Biomaterialien

Menschliche Gewebemodelle statt Tierversuche? Was für manche Fragestellungen schon möglich ist, steht für komplexere Zusammenhänge und Anwendungen immer noch vor größeren Hürden. In einem gemeinsamen Projekt des Max-Planck-Instituts für Polymerforschung, Mainz, und des Translationszentrums für Regenerative Therapien am Fraunhofer-Institut für Silicatforschung ISC, Würzburg, sollen wissenschaftliche Grundlagen und Biomaterialien für die standardisierte Herstellung von validen Gewebemodellen erarbeitet werden.

Die moderne Medizin setzt in der präklinischen Entwicklung von Wirkstoffen zunehmend auf dreidimensionale menschliche Gewebemodelle. Denn diese sind nicht nur ethisch unproblematischer, sondern oft auch wissenschaftlich aussagekräftiger als ein Tierversuch. Um für Testungen auf Risiko und Wirksamkeit von Medikamenten eingesetzt werden zu können, müssen diese Modellsysteme dem menschlichen Gewebe morphologisch und in Bezug auf die jeweilige Funktionalität möglichst nahekommen.

Genau hier setzt das Projekt SAPs4Tissue an: Mit Hilfe geordneter molekularer Eiweißbausteine, den sogenannten Peptidnanofibrillen (SAPs), werden in Kombination mit biologischen Polymeren physiologische Umgebungsbedingungen der Zelle simuliert. Die menschlichen Zellen sehen sozusagen ihr »natürliches Umfeld«, die sogenannte extrazelluläre Matrix, eine weiche Biopolymermatrix, die sie umgibt. Zusätzlich werden die molekularen Bausteine mit chemischen Gruppen versehen, die es erlauben, die Materialeigenschaften mit Hilfe externer Signale, wie zum Beispiel Licht oder dem pH-Wert, gezielt zu beeinflussen. Auf dieser resultierenden Gerüststruktur sollen im Rahmen der Studien menschliche Stammzellen zu spezialisierten Zellen umgewandelt und als funktionale Gewebe wie z. B. dem Darm gezüchtet werden, so die Hoffnung der Forschenden.

Dies ist durch Methoden des sogenannten »Tissue Engineerings« möglich, ein interdisziplinäres Arbeitsgebiet, das Prinzipien aus dem Ingenieurwesen und der Biowissenschaft zur gezielten Gewebezüchtung anwendet. Im Rahmen des Projekts werden außerdem auch die Zusammenhänge zwischen molekularer Signatur, dreidimensionaler Struktur und gewebespezifischer Funktion systematisch untersucht.



Die Projektleiter, Dr. Christopher Synatschke, Dr. Tanja Weil (MPI-Polymerforschung), Dr. Marco Metzger und Dr. Daniela Zdzieblo (Fraunhofer ISC) sind zuversichtlich, dass die Zusammenführung der Kernkompetenzen Biomaterialien, Stammzellbiologie und Tissue Engineering eine völlig neue Klasse von Gerüststrukturen hervorbringt, die den standardisierten Aufbau unterschiedlicher menschlicher Gewebe erlaubt. Ein Erfolg der Arbeit würde nicht nur die Grundlagenforschung im Bereich der Gewebe- und Krankheitsentstehung weiter beflügeln, sondern hätte auch eine erhebliche sozio-ökonomische Relevanz durch den Ersatz von Tierversuchen und durch effektivere präklinische Prüfverfahren, die sich unmittelbar positiv bei den Kosten für das Gesundheitssystem bemerkbar machen.

Das Projekt SAPs4Tissue wird von der Fraunhofer-Gesellschaft und der Max-Planck-Gesellschaft gefördert.



Ziel 3



Ziel des SDG 3 ist vor allem die Verbesserung der Gesundheit, denn diese ist ein wichtiges Gut, das allen verfügbar sein muss. Das Projekt hat eine sozio-ökonomische Relevanz durch den Ersatz von Tierversuchen und durch effektivere präklinische Prüfverfahren, die sich unmittelbar positiv bei den Kosten für das Gesundheitssystem bemerkbar machen.



Dr. Daniela Zdzieblo

Stammzellprozesstechnik

☎ 0931 31-82164
✉ daniela.zdzieblo@isc.fraunhofer.de

»TraumaCare« – Erstversorgung stark blutender Wunden

Eine einzelne, schwer verletzte Person zu versorgen, ist schon in einem zivilen Umfeld eine Herausforderung. Bei Terroranschlägen, militärischen Konflikten oder Katastrophen erschwert die große Anzahl verletzter Personen die Versorgungslage zusätzlich. Doch die Erstversorgung ist oft entscheidend für das Überleben der Verletzten, die meist nicht an ihren Verletzungen sterben, sondern schlichtweg verbluten. Im Forschungsprojekt TraumaCare hat das Fraunhofer ISC gemeinsam mit dem Bundeswehrkrankenhaus Ulm eine Lösung entwickelt, die es Ersthelfern ermöglicht, stark blutende Wunden zu versorgen, bis eine professionelle medizinische Versorgung möglich ist.

Bei einer kriegerischen Auseinandersetzung, in Krisensituationen wie bei terroristischen Anschlägen, aber auch nach Unfällen oder bei Katastrophen ist schnelle und effektive Erste Hilfe aufgrund der großen Anzahl an Verletzten oft eine große Herausforderung. Insbesondere stark blutende Wunden stellen eine akute Gefahr für das Überleben der Betroffenen dar. Häufig versterben Opfer aufgrund unkontrollierbarer Blutungen noch vor Ort, bevor sie in einer Klinik versorgt werden können. Um diese lebensbedrohlichen Situationen besser bewältigen zu können, wurde das Forschungsprojekt TraumaCare ins Leben gerufen. Das Projekt widmet sich der Entwicklung einer Wundpaste, die von Ersthelfern leicht appliziert werden kann, um Blutungen zu stoppen und die Wunde bis zur professionellen chirurgischen Versorgung in einer Klinik zu verschließen. Dort kann die Paste im Ganzen und ohne Gewebsschädigung wieder entfernt werden.

Derzeitige Methoden zur Erstversorgung von stark blutenden Wunden umfassen unter anderem mechanische Ligaturen, hämostypische, d. h. blutstillende Verbände und Gewebeklebstoffe. Diese haben jedoch oft ihre Grenzen, beispielsweise in Bezug auf die Anwendbarkeit an bestimmten Körperregionen, oder bergen das Risiko zusätzlicher Gewebeschäden. TraumaCare verfolgt daher einen Ansatz, der diese Nachteile überwinden soll.

Das Konzept von TraumaCare basiert auf drei einzelnen Komponenten. Erstens kommt eine quellfähige Komponente zum Einsatz, die die gesamte Wundgeometrie ausfüllt und dem Blutdruck standhält. Zweitens sorgt eine Vernetzungskomponente dafür, dass das Gesamtmaterial in einem Zeitraum von etwa einer Minute zu einer stabilen Verschlussmasse aushärtet. Schließlich sorgen Fasern für eine höhere Festigkeit der ausgehärteten Wundpaste.

In einem Proof-of-Principle-Experiment wurde das entwickelte Material an einem kanülierten Schweinehinterbein getestet. Dabei wurde das Arteriensystem des Beins mit einer rot gefärbten phosphatgepufferten Salzlösung als Blutersatz durchspült. Nachdem das Forscherteam mit einem Stichwerkzeug eine Verletzung erzeugt hatte, applizierten sie das 3-Komponentenmaterial. Nach einem kurze, leichten Andrücken härtete die Paste schnell aus und der Wundverschluss erfolgte. Das Material konnte anschließend problemlos entfernt werden, ohne das intakte Arteriensystem zu beeinträchtigen.

Basierend auf diesen vielversprechenden Ergebnissen plant das TraumaCare-Team die Fortsetzung des Projekts in Form von TraumaCare II, das ab 2024 für weitere zwei Jahre laufen soll. In diesem nächsten Schritt wird ein Applikator entwickelt, der ein einfaches Handling und einen einfachen Transport des Materials ermöglicht. Zudem werden Standardarbeitsanweisungen (SOPs) zur Materialherstellung erstellt und geeignete Sterilisations-, Verpackungs- und Lagerungsmethoden identifiziert. Ziel ist es, eine Zulassung als Medizinprodukt zu erhalten, um die Erstversorgungswundpaste in der Praxis einsetzen zu können.

Ziele 9 und 17

Basierend auf Materialien, die die medizinische Notversorgung unterstützen, verfolgt das Projekt weitere Ziele für den nachhaltigen Einsatz. Wissen und die Expertise werden hierbei gemeinsam gebündelt, um innovative Lösungen für Herausforderungen in diesem Umfeld zu finden.



Dr. Jörn Probst
Biomaterialien

☎ 0931 4100 300
✉ joern.probst@isc.fraunhofer.de

»SUSI« – Auf dem Weg zur autonomen hiPSC-Kultur

Die Forschung an humanen induzierten pluripotenten Stammzellen (hiPSCs) hat großes Potenzial für die Entwicklung von Zelltherapien, Medikamenten und die Erforschung von Krankheiten. HiPSCs entstehen zwar im Labor aus adulten Zellen, sind embryonalen Stammzellen jedoch sehr ähnlich. Allerdings ist die Herstellung großer Mengen an hiPSCs nach wie vor eine Herausforderung. Forschende des Fraunhofer-Instituts für Silicatforschung ISC haben nun einen Bioreaktor entwickelt, der eine automatisierte Langzeitkultivierung von hiPSCs ermöglicht.

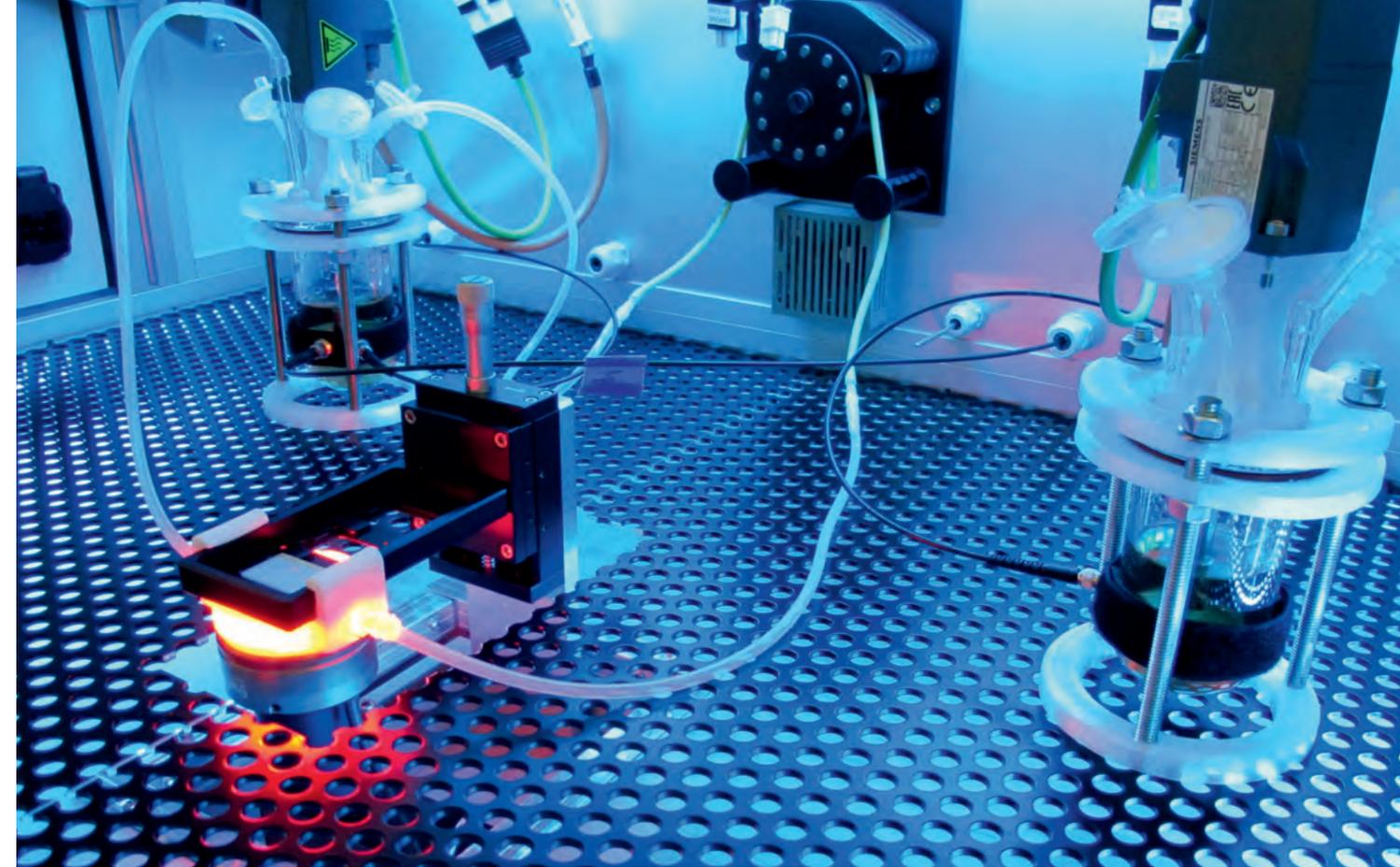
Die Forschung an hiPSCs ist eines der am schnellsten wachsenden Gebiete der Biologie. Durch die Reprogrammierung von Bindegewebszellen, die relativ einfach von Erwachsenen gewonnen werden können, ergeben sich im Vergleich zur Nutzung von embryonalen Stammzellen wesentlich weniger ethische Probleme. Gleichzeitig können die Verfügbarkeit und Vergleichbarkeit erhöht werden. Bisher ist es jedoch schwierig, solche reprogrammierten Zellen in ausreichender Menge und Qualität bereitzustellen.

Bioreaktor ermöglicht Langzeitkultivierung

Um den wachsenden Bedarf zu decken und die standardisierte Herstellung in größerer Zahl zu ermöglichen, sind neuartige Lösungen erforderlich. Ein Forscherteam des Fraunhofer-Instituts für Silicatforschung ISC hat einen dynamischen Inkubator und Suspensions-Bioreaktor entwickelt, der sich für die Langzeitkultivierung von hiPSCs eignet. Ein Fluidkreislauf, der durch eine Verschaltung von vier Ventilen ermöglicht wird, transportiert alle flüssigen Lösungen, die für die Prozesse erforderlich sind, in einer sterilen Umgebung. So können die hiPSCs vollautomatisch vermehrt und die Einflüsse menschlicher Interaktionen minimiert werden.

Entwicklung neuer Zelltherapien und Medikamente

Durch die aus dem Projekt gewonnenen Daten konnte das System so angepasst werden, dass auch verschiedene Differenzierungen aus diesen Kulturen möglich sind. Auf diese Weise trägt SUSI zum Fortschritt der hiPSC-Technologie bei, die den Zugang zu vielen menschlichen In-vitro-Modellen für die Entwicklung neuer Zelltherapien und Medikamente ermöglichen wird.




Prof. Dr. Jan
Hansmann

Laborautomation

☎ 0931 4100-395
✉ jan.hansmann@isc.fraunhofer.de



Marc
Möllmann

Laborautomation

☎ 0931 4100 398
✉ marc.moellmann@isc.fraunhofer.de

Ziele 3 und 9

Innovative Forschungsansätze in der Medizin sind wichtig für die Entwicklung von Medikamenten und auch für neue Zelltherapieansätze. Mit dem Projekt SUSI wurde eine Lösung entwickelt, zur Herstellung qualitativ hochwertiger benötigter Zellen die genau dies unterstützen.






TIGERSHARK SCIENCE

»TigerShark Science« – Hautorganoide aus menschlichen Stammzellen als Alternative zu Tierversuchen

Tierversuche sind seit langer Zeit ein fester Bestandteil der medizinischen und pharmazeutischen Forschung, doch es gibt immer mehr nicht nur ethische Bedenken gegenüber dieser Methode. Das Start-up-Projekt TigerShark Science hat es sich zur Aufgabe gemacht, Alternativen zu Tierversuchen in der Pharma- und Kosmetikindustrie voranzutreiben. Dafür hat das Projekt erfolgreich ein Hautorganoid aus menschlichen Stammzellen weiterentwickelt, das in Zukunft Tierversuche ersetzen könnte.

Organoide sind kleine im Labor gezüchtete Zellaggregate, die dazu dienen, realitätsnahe Organe nachzubilden. Sie ermöglichen es, physiologische Prozesse von menschlichen Organen unter kontrollierten Bedingungen zu erforschen und können somit einen wichtigen Beitrag zur medizinischen und pharmazeutischen Forschung leisten. Dem Forscherteam von TigerShark Science ist es nun gelungen ein Hautmodell zu entwickeln, das nahezu alle Strukturen der menschlichen Haut generieren kann und somit ein realitätsnahes Hautmodell darstellt - eine bedeutende Weiterentwicklung auf diesem Gebiet.

Voll funktionsfähige künstliche Haut mit Nerven, Gefäßen und Haaren gezüchtet

Das Hautmodell von TigerShark Science wird aus programmierten hiPS-Zellen entwickelt und bildet komplexe Strukturen wie Haare oder Nerven aus. Basierend auf einem Tissue-Engineering-Ansatz werden dreidimensionale Mini-Versionen menschlicher Haut in vitro hergestellt. Dadurch eignet es sich nicht nur für eine breite Palette an Anwendungsmöglichkeiten, es gibt noch eine weitere Besonderheit: Statt tierisches Kollagen für die Entwicklung zu nutzen, wird die Matrix von den humanen Zellen selbst hergestellt. Das Hautmodell soll vor allem der Erforschung von Krankheiten dienen. So wird es möglich, Hautkrankheitsmodelle in vitro herzustellen, die z. B. Hautkrebs oder Hautfibrose imitieren, um daran Krankheitsverlauf, Medikamentenwirkung oder Organentwicklung zu untersuchen.

Alternative zu Tierversuchen

Tierversuche für kosmetische Produkte sind in der EU seit einigen Jahren verboten und auch für medizinische Zwecke nur unter triftigen Gründen erlaubt. Die Verwendung von In-vitro-Testsystemen könnte somit nicht nur ethische Bedenken aus der Welt schaffen, sondern auch gesetzliche Vorgaben erfüllen und den Weg für eine fortschrittliche Forschung ebnen.



Dieter
Groneberg



Amelie
Reigl



Dr. Florian
Groeber-Becker

Was steckt hinter dem AHEAD-Programm?

AHEAD ist die zentrale Plattform zwischen der Fraunhofer-Gesellschaft und der nationalen und internationalen Gründerszene. Als eines der führenden Technologietransferprogramme in Europa unterstützt AHEAD eine neue Generation von DeepTech-Unternehmern und vernetzt diese mit Experten, Mentoren und Förderern. Forscherteams können sich mit ihrer Projektidee bewerben. Bei Erfolg werden sie von AHEAD umfangreich gefördert.



Ziele 3 und 8

Daneben sind Tierversuche oft auch teuer und zeitaufwändig. Mit humanen Zellkulturen können Forscher schnellere und präzisere Ergebnisse erzielen, die in vielen Fällen auch besser auf den Menschen übertragbar sind. Das Hautorganoid aus menschlichen Stammzellen von TigerShark ist somit eine wegweisende Technologie, die das Potenzial hat, die Forschung zu revolutionieren.

Ausgründung des Start-Ups im nächsten Jahr geplant

Amelie Reigl, Dr. Dieter Groneberg und Dr. Florian Gröber-Becker konnten mit ihrer Start-Up-Idee die Jury von AHEAD überzeugen und befinden sich mittlerweile in Phase 2 des Programms. Damit hat TigerShark Science einen wichtigen Meilenstein erreicht und geht nun den nächsten Schritt. Das Team arbeitet nun daran, das Start-up auszugründen und die Technologie zur Züchtung menschlicher Haut auf den Markt zu bringen. Da es komplexe Hautmodelle so bisher noch nicht auf dem Markt gibt, hat die Ausgründung großes Potenzial.

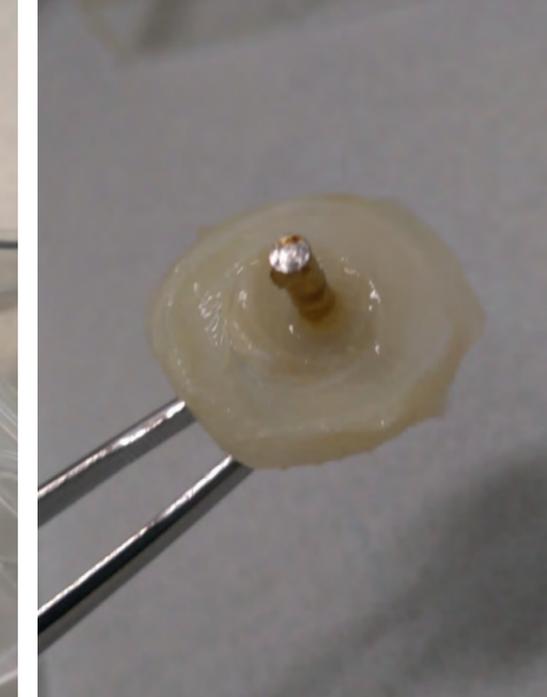
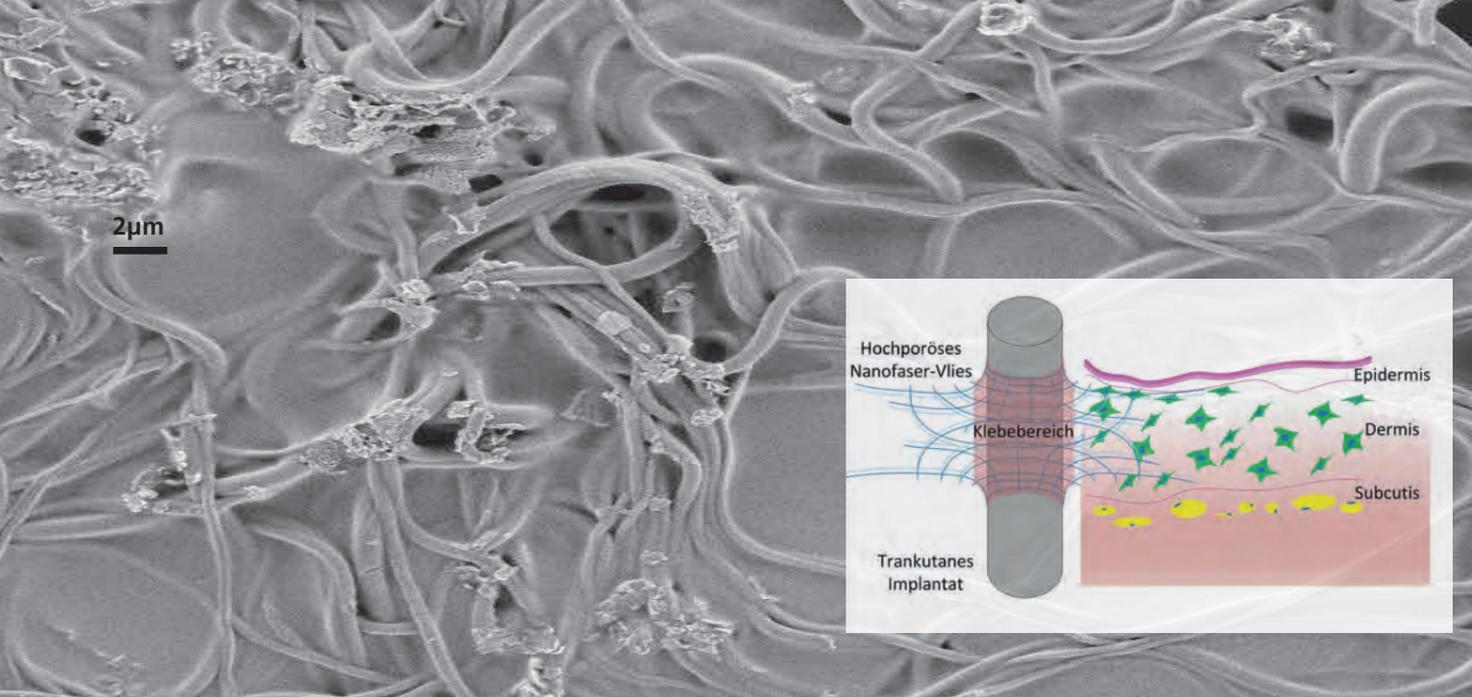
Unternehmertum, Kreativität und Innovation unterstützen, so lautet eines der Unterziele von SDG 8. Das Start-up-Projekt vereint damit wirtschaftliche Innovationen mit innovativer medizinischer Forschung und Alternativen zu Tierversuchen in der Pharma- und Kosmetikindustrie.




Dr. Florian Groeber-Becker
Amelie Reigl
Dieter Groneberg

TigerShark

0931 31-86669
florian-groeber-becker@isc.fraunhofer.de
amelie.reigl@isc.fraunhofer.de
dieter.groneberg@isc.fraunhofer.de



»TOPS« – Faservlies minimiert Infektionsrisiko bei Endo-Exo-Prothesen

Forschende des Fraunhofer ISC haben ein neuartiges Faservlies entwickelt, das eine kovalente Verbindung zwischen Haut und Metallsockel von Endo-Exo-Prothesen herstellen kann. Dadurch werden das Infektionsrisiko minimiert und Dauerwunden vermieden. Zukünftige Projekte sollen die Klebungen weiter optimieren und das Faservlies für verschiedene Anwendungsbereiche anpassen.

Amputationen stellen für Betroffene einen erheblichen Einschnitt in die Lebensqualität dar. Der »Standard« zum Ausgleich des Funktionsverlustes sind schaftgeführte Prothesen, die meist mittels Riemen, Haftreibung oder Vakuumsuspension in Position gehalten werden. Doch trotz der mittlerweile fortgeschrittenen Technik bleiben für den Anwender häufig Probleme bestehen. Hautirritationen oder ein unphysiologischer Bewegungsablauf können Gründe dafür sein, dass auf Gehen und Stehen letztendlich lieber verzichtet wird. Alternativen können sogenannte »transkutane osseointegrierte Prothesensysteme« (TOPS) schaffen. Bei diesen Endo-Exo-Prothesen wird ein stabiler Metallsockel fest im Körper implantiert, die Prothese kann von außen angebracht werden. Eine solche Endo-Exo-Prothese geht also wortwörtlich durch die Haut.

Infektionsrisiko als Nachteil der Endo-Exo-Prothese minimiert

Für Menschen mit Beinamputationen haben solche Prothesen viele Vorteile: kein Schwitzen, weniger Hautreizungen, kein Verutschen oder aufwendiges Anziehen, dafür mehr Bewegungsfreiheit, bessere Wahrnehmung und eine verbesserte Kraftübertragung. Das bedeutet gerade für sportlich aktivere Patienten mehr Lebensqualität. Diese Endo-Exo-Prothesen haben aber auch einen großen Nachteil: Da sich die Haut nach der operativen Anbringung der Metallsockel nicht vollständig an das Metall anschließen kann, bleibt ein offener Spalt zwischen Haut und Metallsockel bestehen. Diese Dauerwunde muss fortwährend sorgfältig gepflegt werden und birgt ein ständiges Infektionsrisiko. Für dieses Problem haben Forschende im Translationszentrum für Regenerative Therapien eine Lösung gefunden: Mit modifizierten Faservliesen, die am Fraunhofer ISC entwickelt wurden, können solche Dauerwunden in Zukunft vermieden werden.

Vorklinische Tests erfolgreich durchgeführt

In Zusammenarbeit mit dem Bundeswehrkrankenhaus in Berlin wurde das biomimetische Faservlies, das bereits am ISC entwickelt wurde, angepasst und eine kovalente Verbindung zum Implantat entwickelt.

So fördert das Vlies auf der einen Seite das dauerhafte Einwachsen von Hautzellen und ermöglicht auf der anderen Seite eine feste Anbindung ans Metall. Erste Testungen an In-vitro-Hautmodellen zeigten eine sehr gute Besiedelung des Fasermaterials mit Hautzellen und die Bildung einer Epidermis über dem Vlies, die als Barriere gegenüber Krankheitserregern dient. Auch vorklinische In-vivo-Tests sind mittlerweile erfolgreich durchgeführt worden. Sie bestätigen in Planung die Kompatibilität des Vlieses mit Gewebe und Immunsystem. Als Voraussetzung für eine klinische Translation sind weitere In-vivo-Studien geplant, welche die Effektivität des gesamten transkutanen In-vivo-Studien-Implantats untersuchen.

Ausblick auf weiterführende Forschungsprojekte

Auch ein Folgeprojekt steht schon am Start: Im Projekt BARTIM (Biohybride Bakterienbarrieren für transkutane Implantate) sollen die kovalenten Verbindungen noch weiter optimiert und die Anwendbarkeit auf unterschiedliche Materialien getestet werden. Beispielsweise könnten sie auch in der Katheterversorgung von Querschnittsgelähmten, Herzunterstützungssystemen oder externen Fixateuren eingesetzt werden. Das Forscherteam möchte mit einer möglichst breiten Anwendbarkeit die Chancen für eine klinische Translation erhöhen.

Ziele 3 und 17

Gesundheit und Wohlergehen sind entscheidend für ein langes Leben. Weiterführende Forschungen im Bereich regenerativer Medizin sind hierbei ein wesentlicher Faktor. Dies gelingt in den Projekten mit Kooperationen und lokalen Partnerschaften.

3 GESUNDHEIT UND WOHLERGEHEN

17 PARTNERSCHAFTEN ZUR ERREICHUNG DER ZIELE

Dr. Tobias Weigel

Biomaterialien

0931 31- 88571
tobias.weigel@isc.fraunhofer.de

»ScarCare« – Bioresorbierbare Membran für die Heilung innerer und äußerer Wunden

*Chronische Wunden sind eine große Belastung, sowohl für Patient*innen als auch für das Gesundheitssystem. Forschende des Fraunhofer-Translationszentrums für Regenerative Therapien TLZ-RT haben eine Membran entwickelt, die die Wundversorgung einen großen Schritt weiterbringt. Denn die Membran lässt weiterhin Nährstoffe durch, was eine Grundvoraussetzung für die Wundheilung ist.*

Sobald eine Wunde chronisch geworden ist, kann die Behandlung zu einer langwierigen Herausforderung werden. Besonders Menschen mit einer gestörten Wundheilung wie Diabetiker*innen sind davon betroffen. Eine nicht heilende Wunde am Fuß führt oft zu einer eingeschränkten Mobilität, was die Lebensqualität deutlich reduziert und im schlimmsten Fall bis zur Amputation führen kann.

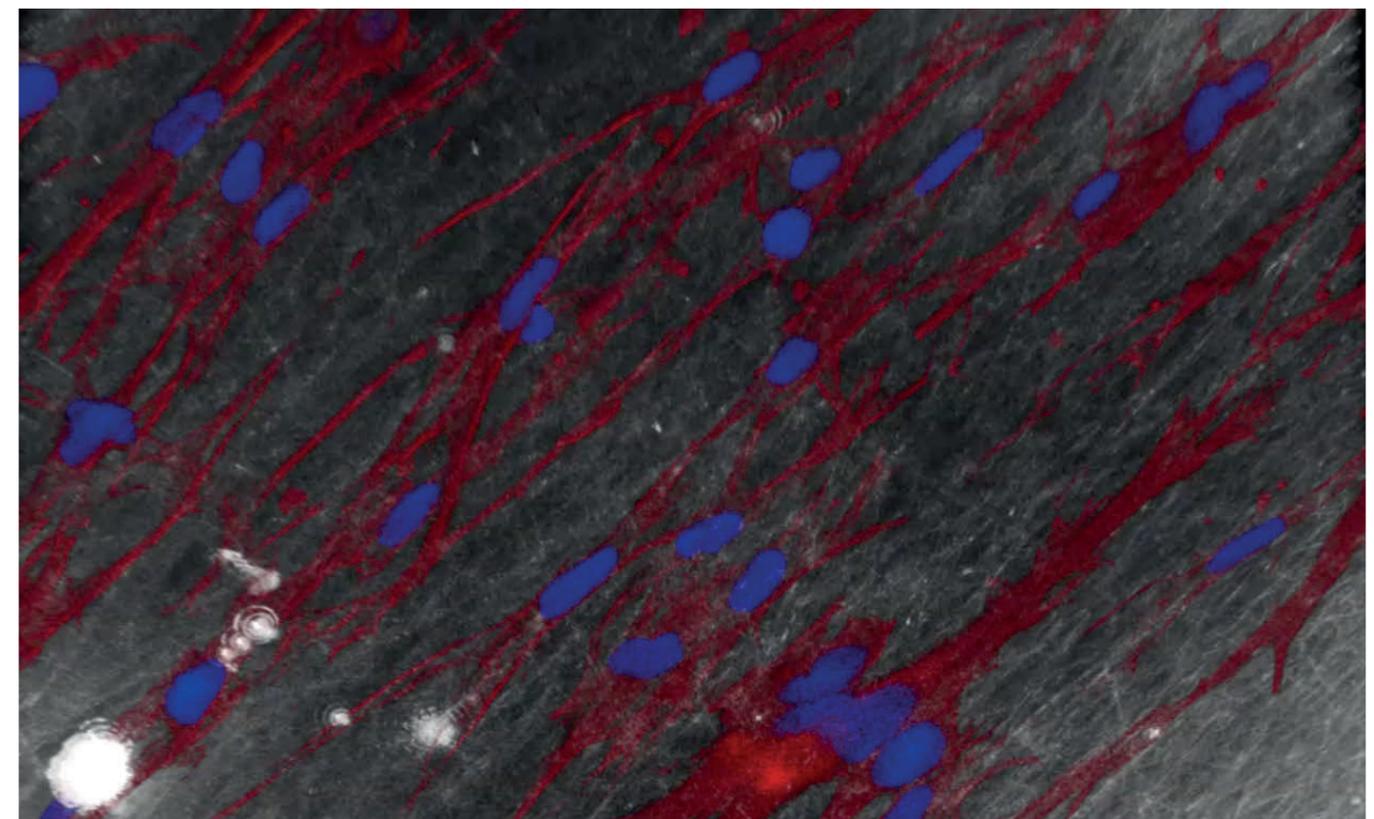
Für das Problem bei der Versorgung chronischer Wunden ist nun eine Lösung in Sicht: Forschende des TLZ-RT am Fraunhofer-Institut für Silicatiforschung ISC und des Fraunhofer-Instituts für Toxikologie und Experimentelle Medizin ITEM haben eine Membran entwickelt, die bei der Heilung innerer und äußerer Wunden zum Einsatz kommen könnte. Das Team hat aus dem bioresorbierbaren Kieselgel Renacer® eine elektroverspinnene Membran hergestellt, die weder zell- noch gentoxisch ist. Diese neuartige Matrix ahmt Faserstrukturen nach, die im Bindegewebe vorkommen. Sie ist vollständig biologisch abbaubar.

Ausgangspunkt der Entwicklung war ein Faservlies, das bereits zur Behandlung chronischer Wunden zugelassen ist. Dieses Vlies löst sich im Heilungsverlauf nach 6 – 8 Wochen vollständig auf. Die Forschenden haben seine Struktur nun so verändert, dass es die Faserstrukturen des Bindegewebes nachahmt und daher von körpereigenen Zellen gut angenommen wird.

Dazu hat das Forscherteam den Durchmesser der Fasern um mehr als das 50-fache verringert, sodass die Fasern nun einen Durchmesser von weniger als einem Mikrometer aufweisen. Durch die Methode des Elektrosplinnens ist es dem Team gelungen, ein Kieselgelsol zu einer engmaschigen Kieselgelmembran zu verspinnen.

Während das ursprüngliche Faservlies aus 50 µm dicken Fasern von außen in eine chronische Wunde eingebracht wird, eignet sich das dünnere Faservlies auch für intraoperative Anwendungen. Ein typisches Anwendungsbeispiel wäre, Füllmaterial, das für Knochendefekte im Kiefer genutzt wird, damit abzudecken, um so die Wundheilung zu beschleunigen. Prinzipiell lässt sich die Membran im Körper mit bioabbaubaren Klebstoffen verkleben.

Was die Renacer®-Membran von herkömmlichen Produkten unterscheidet: Die offenmaschige Membran ermöglicht einen Nährstofftransport, verhindert aber trotzdem den Zelldurchtritt. Das Gewebe wird also ausreichend versorgt und der Körper kann Stoffwechselprodukte abtransportieren. Darüber hinaus ist es möglich, Wirkstoffe in die Membran zu integrieren, die freigesetzt werden, wenn sich das Vlies nach und nach auflöst.



Ziele 3, 9 und 13

Entwicklung von biokompatiblen Materialien, die die Umwelt nicht belasten, und Medizintechnik, die die Gesundheit verbessern und die Lebensqualität der Menschen steigern. Es sind viele Einsatzmöglichkeiten denkbar, die aus innovativer, wissenschaftlicher Forschung aus diesem Projekt entstehen.

3 GESUNDHEIT UND WOHLERGEHEN

9 INDUSTRIE, INNOVATION UND INFRASTRUKTUR

13 MASSNAHMEN ZUM KLIMASCHUTZ

 Dr. Bastian Christ
Biomaterialien
0931 4100 596
bastian.christ@isc.fraunhofer.de

»INN-PRESSME« – EU-Projekt fördert offene Innovationen mit bio-basierten Lösungen

Das EU-Projekt INN-PRESSME geht neue Wege, um europäischen Unternehmen den Weg zu einer nachhaltigeren Zukunft zu ebnen. Das Fraunhofer-Institut für Silicatforschung ISC ist Teil des EU-weiten Konsortiums und unterstützt das Projekt durch die Entwicklung von biologisch abbaubaren und umweltverträglichen Beschichtungslösungen.

Der Übergang zu einer nachhaltigen und grünen Wirtschaft ist ein zentrales Anliegen des »European Green Deal«. Ein Projekt, das an vorderster Front dieser ehrgeizigen Bemühungen steht, ist INN-PRESSME, ein Gemeinschaftsprojekt von 27 Partnern aus neun europäischen Ländern. Ziel des Projekts ist es, Lösungen für verschiedene Industriebereiche zu entwickeln, um fossile Kunststoffe durch biobasierte Materialien in der gesamten Produktionskette zu ersetzen. Die Industriezweige für Verpackungen, Konsumgüter sowie Energie und Transport stehen dabei besonders im Fokus.

Zugang zu Innovationsplattformen

Die treibende Kraft hinter INN-PRESSME ist das Open Innovation Test Bed (OITB). Diese Innovationsplattform bietet mit einer Anlaufstelle Unternehmen den Zugang zu gemeinsamen Pilotanlagen, die von zehn europäischen Partnern betrieben werden. Daneben bietet sie auch Dienstleistungen, die für die Entwicklung, Prüfung und Hochskalierung von biobasierten Materialien in industriellen Umgebungen erforderlich sind. So treibt die Plattform recycelbare und biologisch abbaubare Produktlösungen von der Validierung im Labor bis hin zur Prototypenentwicklung voran.

Anwendungsfälle verdeutlichen Leistungsfähigkeit der Materialien

Im Zentrum des Projektes stehen insgesamt neun reale Anwendungsfälle aus den drei genannten Industriebranchen: Verpackungen, Konsumgüter sowie Energie und Transport.

Diese sollen die Leistungsfähigkeit der innovativen Materialien demonstrieren und dabei am Ende des Projektes mit TRL 7* zur Verfügung gestellt werden. Das Fraunhofer ISC ist in sechs Anwendungsfällen aus allen drei Bereichen aktiv und bringt seine Expertise in der Beschichtung mit und von biobasierten Materialien ein. Das Spektrum der Anwendungsfälle, an denen das Fraunhofer-Team arbeitet, reicht von einer Kosmetiktube auf Papierbasis über Interieur-Bauteile im Automotive-Bereich bis hin zu nachhaltigem Styroporersatz für Sportgeräte. Die spezifischen Entwicklungen hierzu sind damit sehr breit aufgestellt und auch für viele andere Anwendungsfälle interessant.

INN-PRESSME ist ein ehrgeiziges Unterfangen, das durch das Prinzip der offenen Innovation die Transformation hin zu einer ressourcenschonenderen Wirtschaft vorantreiben möchte. Das Projekt läuft seit dem 1. Januar 2021 und wird bis zum 31. Januar 2025 fortgesetzt, mit dem klaren Ziel, Lösungen auf den Markt zu bringen und europäische Unternehmen auf eine nachhaltige Zukunft vorzubereiten.

*TRL = Technology Readiness Level – ein Maß für die technologische Reife einer Entwicklung.

Ziele 7, 12 und 13

Im Rahmen des Green Deal der EU setzt dieses Projekt ein Zeichen für die Zusammenarbeit und Förderung einer realen Kreislaufwirtschaft. Das ISC trägt mit seinem Knowhow über biobasierte Beschichtungen zur Stärkung einer nachhaltigen europäischen Wirtschaft im Bereich Verpackungen, Energie, Transport bei.

Die 3 Hauptanwendungsgebiete



VERPACKUNG



ENERGIE UND TRANSPORT



KONSUMGÜTER

Das INN-PRESSME-Projekt und seine Ziele

INN-PRESSME (voller Name: »Offenes Innovationsökosystem für die nachhaltige Bereitstellung von pflanzenbasierten, nano-aktivierten Biomaterialien für Verpackungen, Energie/Transport und Konsumgüter«) ist ein breit angelegtes Projekt, das durch den Europäischen Green Deal ins Leben gerufen wurde und darauf abzielt, eine nachhaltige und umweltfreundliche europäische Wirtschaft zu schaffen. Im Jahr 2021 startete das Vorhaben, das die Zusammenarbeit von 27 Partnern aus neun europäischen Ländern unter der Koordination von VTT vereint. Finanziert wird es durch das Horizon 2020-Programm der Europäischen Union.



Dr. Ferdinand Somorowsky

Chem. Beschichtungstechnologie

☎ 0931 4100 256
✉ ferdinand.somorowsky@isc.fraunhofer.de



»NewHype« – Mikroplastik auf dem Acker vermeiden

Landwirte und Gärtner verwenden oft Mulchfolien, um ihre Ernteerträge zu steigern und die Bodenfeuchte zu regulieren. Das Problem: Das erdölbasierte Material von Mulchfolien ist nicht biologisch abbaubar. Nach der Saison müssen die Folienreste daher mit großem Arbeitsaufwand eingesammelt werden oder sie verschmutzen die Felder. Im Projekt NewHype entwickeln Fraunhofer-Forschende gemeinsam mit europäischen Partnern nachhaltige, biologisch abbaubare Mulchpapiere mit einer schützenden Hybridbeschichtung.

Mehrere Jahrzehnte bleiben die Rückstände der Folien aus erdölbasierten Polymeren, v. a. Polyethylen in der Erde. Da sie nicht biologisch abbaubar sind, sammeln sie sich dort an und verschmutzen die Böden. Zwar werden sie am Ende der Saison wieder eingesammelt. Das bedeutet jedoch einen großen Arbeitsaufwand und gelingt in der Regel nicht restlos. Wenn sich die Folienreste zu Mikroplastik zersetzen, können sie letztendlich auch in die Nahrungsmittelkette gelangen. Im Projekt NewHype entwickelte ein Forscherteam am Fraunhofer-Institut für Silicatforschung ISC in Würzburg gemeinsam mit Forschungs- und Industriepartnern aus Deutschland, Finnland und Norwegen bioabbaubare, nachhaltige Alternativen.

Eine wichtige Bedingung: Der umweltfreundliche Ersatz für die großflächigen Folien muss preiswert sein und in Massen hergestellt werden können.

Biologisch abbaubares Papier ersetzt Plastikfolien

Bei der Entwicklung der nachhaltigen Folien setzten die Projektpartner auf zellulosebasiertes Papier. Das hat den Vorteil, dass es sich schnell und rückstandsfrei zersetzt – zu schnell, um direkt eingesetzt werden zu können. Eine schützende Funktionsbeschichtung aus ORMOCER®en soll das Papier stabilisieren und den Zersetzungsprozess verlangsamen, sodass es mehr als nur ein paar Regenfälle aushält und auch leichter ausgebracht oder befahren werden kann. Die Materialklasse der ORMOCER®e wurde vor mehr als 30 Jahren am Fraunhofer ISC entwickelt und verleiht durch den hybriden anorganisch-organischen Charakter der Materialien chemische und mechanische Stabilität. Das Mulchpapier soll für eine Anbausaison von etwa drei bis sechs Monaten stabil sein und sich anschließend komplett zersetzen. Erste Tests bewiesen, dass sich durch die Beschichtung des Papiers dessen Nassreißfestigkeit massiv erhöht und es somit stabiler ist als das unbeschichtete Pendant. Ein Kompostierertest zeigte darüber hinaus, dass sich das beschichtete Material langsamer abbaut, sich aber nach wie vor zersetzt.

Ziel 15

In dem Projekt geht es um die Entwicklung einer nachhaltigen Alternative zu bisherigen Mulchfolien in der Landwirtschaft. Gemeinsam mit europäischen Partnern entwickelt das Fraunhofer ISC nachhaltige, biologisch abbaubare Mulchpapiere mit einer schützenden Hybridbeschichtung, die die bisherigen Kunststoffolien ersetzen sollen.



Neuartiges Hybrid-Mulchpapier

Die Projektpartner arbeiten neben der stabilisierenden Funktionsbeschichtung zudem an einem ganz neuen Hybrid-Mulchpapier aus funktionalisierter Nanocellulose mit ORMOCER®-Bindern. Das Besondere an dem Papier ist, dass es ohne zusätzliche Beschichtung auskommen soll und ebenso wie das beschichtete Mulchpapier aufgrund seiner Bioabbaubarkeit nach dem Einsatz einfach in den Boden eingepflügt werden könnte.

Das Fraunhofer ISC übernimmt innerhalb des Verbundprojekts NewHype die Koordination, die Verwaltung und das Management des gesamten Vorhabens. Dank der langjährigen Erfahrung und Expertise im Bereich der Beschichtungsentwicklung ist das Fraunhofer ISC außerdem für die Entwicklung, die Modifizierung und die Charakterisierung von hybriden Beschichtungsmaterialien – die Materialklasse ORMOCER® – und deren Kombination mit den zellulosebasierten Grundmaterialien verantwortlich.

Mehr Informationen zum Projekt unter:

www.newhype-project.com



Dr. Ferdinand Somorowsky

Chem. Beschichtungstechnologie

0931 4100 256
ferdinand.somorowsky@isc.fraunhofer.de

»CircEl-Paper« – Recyclbare Elektronik auf Papierbasis

Jährlich fallen in der EU Milliarden Tonnen Elektroschrott an. Mit einem neuartigen Ansatz könnte das EU-Projekt CircEl-Paper den Recyclingprozess für Elektronik in Zukunft nachhaltig verbessern.

Elektronik, die im herkömmlichen Papierrecyclingverfahren entsorgt und sogar recycelt werden kann? Das ist das Ziel des EU-Projekts CircEl-Paper. Dazu werden funktionale Leiterplatten auf der Basis von Papiertechnologie entwickelt. Ein solcher Ansatz, der eine nachhaltige Kreislaufwirtschaft auch für die Elektronik ermöglicht, weckt seit einigen Jahren das Interesse von Forschenden. Nun wird es erstmals in einem großen komplementären Konsortium für komplexe Geräte untersucht.

Elektroschrott im Altpapier entsorgen

Zwar ist Recycling innerhalb der EU schon gut etabliert, beim Recycling von Elektroschrott gibt es jedoch noch erhebliche Defizite. Da Leiterplatten aus vielen verschiedenen Materialien bestehen, ist ein vollständiges Recycling sehr komplex und teuer. Das Recyclingverfahren von Altpapier hat sich dagegen bewährt und wird von den Verbrauchern bestens akzeptiert. Um die Recyclingquote von elektronischen Bauteilen zu erhöhen, ist daher der Weg über das Papierrecycling am vielversprechendsten.

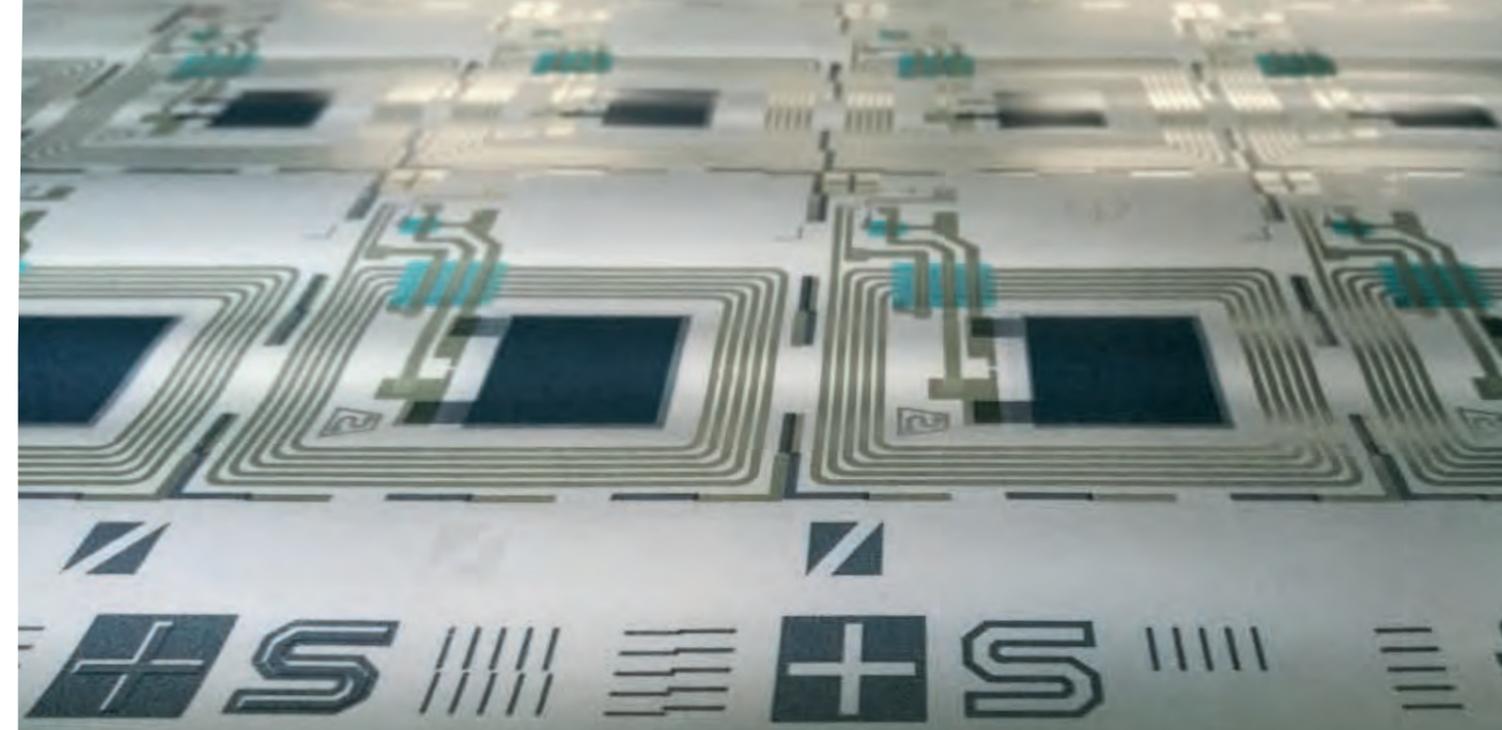
Das Projekt CircEl-Paper möchte herausfinden, ob und wie dies möglich ist, ohne die Leistung der Elektronik zu beeinträchtigen.

Ein wichtiger Schritt auf dem Weg zu recycelbaren Leiterplatten ist der Ersatz des üblichen Glasfaser-Polymer-Verbundmaterials FR4 durch ein Papiersubstrat. Für den ökologischen Fußabdruck würde dies eine Reduzierung der CO₂-Äquivalente um bis zu 60 Prozent bedeuten. Um die Leiterplattentechnologie in die Kreislaufwirtschaft zu überführen, wird jeder Prozessschritt untersucht. Darüber hinaus werden alternative Ansätze entwickelt, die den Anteil der Materialien erhöhen, die recycelbar, biobasiert, auf Sekundärrohstoffen basierend oder zumindest unbedenklich für die Umwelt sind und die eine höhere Integrationsdichte erlauben als die, die bisher möglich ist.

Vielfältige Anwendungsmöglichkeiten in Medizin, Logistik und Unterhaltungselektronik

Drei Use-Cases aus den Bereichen Medizin, Logistik und der Unterhaltungselektronik werden demonstrieren, in welchen Bereichen die papierbasierte Elektronik Anwendung finden kann: Ein medizinischer Sensor zur Messung des Glukosespiegels auf der Haut, eine Verpackung mit einem integrierten Indikator für Zeit und Temperatur (Time Temperature Indicator TTI) und musikspielende Grußkarten stehen exemplarisch für die Leistungs- und Anpassungsfähigkeit der Technologie.

Das internationale Konsortium, das seit September 2022 an dem Projekt arbeitet, deckt die gesamte Wertschöpfungskette ab. Unter der Leitung des Fraunhofer-Instituts für Silicatforschung ISC arbeiten insgesamt acht Partner aus Forschung und Industrie an der Umsetzung des Projektes.



Ziel 13

Das Projekt beschreibt eine nachhaltige Verbesserung des Recyclingprozesses für Elektronik in Zukunft. Für den ökologischen Fußabdruck würde dies eine Reduzierung der CO₂-Äquivalente um bis zu 60 Prozent bedeuten und trägt damit eindeutig zu einer Verbesserung des Klimaschutzes bei.



Mehr Informationen über das Projekt:

www.circelpaper.eu



Gerhard Domann

Anwendungstechnik

0931 4100 551
gerhard.domann@isc.fraunhofer.de

»BIG-MAP« – Paradigmenwechsel bei europäischer Batterieinnovation

Batterien werden beim Wandel zu einer emissionsfreien Wirtschaft eine entscheidende Rolle spielen. Das EU-Projekt BIG-MAP beschleunigt die Entwicklung von Batterien, indem die Art und Weise des Erfindens verändert wird. So sollen künftige nachhaltige und ultrahochleistungsfähige Batterien zehnmal schneller entwickelt werden können als heute. Mit einer automatisierten Syntheseanlage trägt das Fraunhofer-Institut für Silicatforschung ISC dazu bei, das Erfinden von Batterien neu zu definieren.

Die Nachfrage nach effizienten und umweltfreundlichen Batterien steigt weltweit rasant an und Europa möchte dabei eine führende Rolle einnehmen. Das EU-Projekt BIG-MAP hat deshalb eine ehrgeizige Mission: Die Entwicklung nachhaltiger und hochleistungsfähiger Batterien soll nicht nur um das Zehnfache beschleunigt werden, es setzt auch auf einen radikalen Paradigmenwechsel in der europäischen Batterieinnovation. Während es vor dem Projekt keine einheitlichen Standards in der Batterieforschung gab, besteht das zentrale Anliegen von BIG-MAP darin, die Batterieforschung und -entwicklung europaweit zu vereinen und zu standardisieren.

Um dieses Vorhaben in die Tat umzusetzen, bringt das Fraunhofer-Institut für Silicatforschung ISC seine Expertise in chemischer Analytik, Robotik sowie Digitalisierung ein. Das Herzstück ist eine automatisierte Syntheseanlage für organische Kathodenmaterialien, die am Forschungs- und Entwicklungszentrum für Elektromobilität entwickelt wird. Mit Hilfe von maschinellen Lernalgorithmen kann der Synthese-Roboter auf Synthesevorschriften, d. h. quasi auf Rezepte für Kathodenmaterialien, aus dem europäischen Forschungsnetzwerk zurückgreifen und diese auf molekularer Ebene auswerten. Die entsprechenden Prozessfaktoren wie Temperatur, Mischzeiten und andere Parameter werden automatisch optimiert und durchgeführt. So ermöglicht dieser Ansatz eine schnellere und präzisere Materialentwicklung.

Die Anlage besteht aus verschiedenen Komponenten, die miteinander kommunizieren können. Das ist besonders wichtig, damit alle Komponenten reibungslos zusammenarbeiten. Durch die Integration von passenden kommerziell erhältlichen Produkten ist die Robotik-Anlage modular und reproduzierbar. Daneben hat das Forschungsteam aber auch in Zusammenarbeit mit der Universität Kopenhagen, der ITU, eigene Lösungsansätze für spezielle chemische Prozessschritte entwickelt und in die Anlage integriert wie etwa die automatisierte »Liquid-liquid Extraction«. Während dieser Prozess vorher händisch durchgeführt werden musste, übernimmt nun ein Roboter den Vorgang.

Aufgrund des Erfolgs wurde das Projekt, das bereits seit drei Jahren läuft, um weitere sechs Monate verlängert, und es werden bereits Pläne für ein Folgeprojekt geschmiedet. Hier kommt noch ein weiterer Vorteil der Anlage ins Spiel: Der modulare Aufbau der Syntheseanlage erlaubt eine flexible Anpassung an weitere Prozesse. Das macht die Anlage auch für zukünftige Forschungsvorhaben, beispielsweise das Batterierecycling, äußerst attraktiv. Durch Verschmelzung von Künstlicher Intelligenz und autonomer Syntheserobotik ist das BIG-MAP-Projekt auf dem besten Weg, eine neue Ära in der Batterieforschung einzuleiten.

Die EU-Forschungsinitiative BATTERY 2030+

BIG-MAP ist Teil von BATTERY 2030+, einer großangelegten europäischen Forschungsinitiative mit dem Ziel, umweltfreundlichere und sicherere Batterien mit besserer Leistung, größeren Speicherkapazitätsoptionen und längerer Lebensdauer in Europa zu entwickeln. Sie ist Teil der Förderinitiative der Europäischen Kommission in Höhe von 272 Mio. EUR zur Verbesserung und Beschleunigung der Batterieforschung und -produktion. Unter dem Dach von Battery 2030+ gehen derzeit sieben Forschungsprojekte an den Start.

Mehr Informationen unter: www.battery2030.eu/battery2030/projects/big-map/



Ziele 7, 9 und 13

Das große EU-Projekt: Energie äußerst effizient speichern inklusive einer nachhaltigen und kostengünstigen Herstellung, damit es in Zukunft rentabel wird, Strom aus Sonne und Wind in Batterien zu speichern. Hier geht es nicht nur um eine nächste Batteriegeneration, sondern um eine neue effiziente Art, aus vorhandenem Wissen und digitaler Modellierung mit Künstlicher Intelligenz und ganz realen Forschenden schnell neue Lösungen zu finden.

- 7 BEZAHLBARE UND SAUBERE ENERGIE
- 9 INDUSTRIE, INNOVATION UND INFRASTRUKTUR
- 13 MASSNAHMEN ZUM KLIMASCHUTZ

Dr. Simon Stier
Digitale Transformation

☎ 0931 4100 661
✉ simon.stier@isc.fraunhofer.de



Sie finden den gesamten Jahresbericht des Fraunhofer ISC im Internet unter <https://www.isc.fraunhofer.de/jahresbericht>





Impressum

Redaktion

Marie-Luise Righi
Lara Kleinkauf
Susanne Kuballa
Katrin Selsam
Leona Estenfelder
Prof. Dr. Gerhard Sextl

Grafiken und Diagramme

Katrin Selsam

Layout und Produktion

Katrin Selsam | Leona Estenfelder

Lektorat

Pressebeck, Kitzingen (deutsche Fassung)

Druck

Farbendruck Brühl, Marktbreit

Bildquellen

Abbildungen und Fotos Fraunhofer ISC oder Angabe der Copyrightnachweise beim Bild.

Das Kopieren und Weiterverwenden von Inhalten ohne Genehmigung der Redaktion ist nicht gestattet.

Anschrift der Redaktion

Fraunhofer-Institut für Silicatforschung ISC
Neunerplatz 2
97082 Würzburg

Tel +49 931 4100-150
marie-luise.righi@isc.fraunhofer.de
www.isc.fraunhofer.de



Fraunhofer-Institut
für Silicatforschung ISC



Fraunhofer ISC



Fraunhofer ISC



@FraunhoferISC