

MATERIALS REPORT

24/25

Grußwort

Liebe Leserinnen und Leser,

im Oktober 2024 habe ich die Leitung des Fraunhofer ISC übernommen. In den ersten Monaten war es mir besonders wichtig, die Menschen, Kompetenzen und Forschungsfelder unseres Instituts kennenzulernen. Dabei wurde mir schnell bewusst, welche außergewöhnliche Expertise am Fraunhofer ISC zusammenkommt. Unsere Mitarbeitenden entwickeln mit großem Engagement Lösungen für einige der drängendsten Herausforderungen unserer Zeit – und genau darin liegt die besondere Stärke unseres Instituts.

Mein Dank gilt zugleich meinem Vorgänger Prof. Dr. Gerhard Sextl sowie Prof. Dr. Friedrich Raether. Beide haben das Fraunhofer ISC und seine Forschungslandschaft über viele Jahre hinweg entscheidend geprägt und wichtige Grundlagen für die zukünftige Entwicklung geschaffen.

Die Welt steht vor gewaltigen Herausforderungen: Klimawandel, Ressourcenknappheit, geopolitische Unsicherheiten und die Transformation industrieller Wertschöpfungsketten erfordern neue technologische Lösungen. Materialien spielen dabei eine Schlüsselrolle. Sie ermöglichen Innovationen in Energie, Mobilität, Gesundheit, Elektronik und vielen weiteren Bereichen unseres täglichen Lebens.

Daraus leitet sich für das Fraunhofer ISC ein klarer Auftrag ab: Wir entwickeln nachhaltige chemische Materialien und Prozesse und bringen sie in die Anwendung. Unser Ziel ist es nicht nur, wissenschaftliche Erkenntnisse zu gewinnen, sondern diese gemeinsam mit unseren Partnern aus Industrie und Wirtschaft in konkrete Lösungen zu übersetzen. Forschung entfaltet ihren größten Nutzen dann, wenn sie den Weg aus dem Labor in Produkte, Verfahren und Technologien findet, die einen echten Unterschied machen.

Um diesen Anspruch einzulösen, schärfen wir derzeit das strategische Profil des Instituts. Im Mittelpunkt stehen nachhaltige Chemie sowie die beschleunigte Entwicklung neuer Materialien durch Digitalisierung, Automatisierung und Künstliche Intelligenz. Wir sind überzeugt, dass die Verbindung von exzellenter Materialforschung mit datengetriebenen Methoden und modernen Entwicklungsprozessen entscheidend sein wird, um Innovationen schneller, effizienter und nachhaltiger zur Anwendung zu bringen.



Die Beiträge in diesem Jahresbericht zeigen eindrucksvoll, wie vielfältig die Forschungsaktivitäten am Fraunhofer ISC sind. Sie dokumentieren wissenschaftliche Exzellenz, erfolgreiche Zusammenarbeit mit Partnern und den Anspruch, durch Forschung konkrete gesellschaftliche und wirtschaftliche Wirkung zu erzielen.

Mein herzlicher Dank gilt allen Mitarbeitenden des Fraunhofer ISC für ihr Engagement, ihre Kreativität und ihre Leidenschaft für Forschung und Innovation. Ebenso danke ich unseren Partnern aus Industrie, Wissenschaft, Politik und Gesellschaft für ihr Vertrauen und die enge Zusammenarbeit.

Mit Blick auf das Jahr 2026 steht uns ein ganz besonderes Jubiläum bevor: 100 Jahre Institut für Silicatforschung. Dieses Jubiläum erfüllt uns mit Stolz, vor allem aber mit Verantwortung. Es erinnert uns daran, dass nachhaltiger Fortschritt auf wissenschaftlicher Exzellenz, Innovationskraft und dem Mut zur Veränderung beruht. Diesem Anspruch wollen wir auch in Zukunft gerecht werden – mit nachhaltigen Materiallösungen und Technologien, die einen Beitrag zu einer erfolgreichen und zukunftsfähigen Industrie leisten.

Mit freundlichen Grüßen

Prof. Dr. Miriam Unterlass
Institutsleiterin
Fraunhofer ISC

Inhalt

Grußwort 2

Inhalt 3

Organigramm 6

Zahlen | Daten | Fakten 7

Kuratorium 8

Nachhaltigkeit am Fraunhofer ISC 10

 KARE – Kompetenzen aufbauen für die Kreislaufwirtschaft von Kunststoffen

 IN-PRESSME – bioORMOCER®e unterstützen nachhaltiges Materialdesign

 Free Flow Structuring (FFS) – endkonturnahe Keramik-Fertigung mit schlickerbasiertem 3D-Druck

 InVECOF – Pilotfertigung oxidkeramischer Verstärkungsfasern

 Kaskadenreaktionen zur Herstellung von Feinchemikalien

Dekarbonisierung 16

 H₂ lagern und transportieren – Materialien für Wasserstoffbarrieren

 HySecunda – Materialien für grünen Wasserstoff

 H₂AL: Industrielle Wärmeprozesse mit Wasserstoff statt Erdgas als Brennstoff – wie sicher sind dabei

 Feuerfestmaterialien?

 HiQ-CARB – effektivere Kohlenstoffadditive für Batterien mit geringerem CO₂-Fußabdruck

Batterieforschung am Fraunhofer ISC 21

Forschungsschwerpunkt »Festkörperbatterie« (Solid State Batterie SSB)

 ROBATA – Aufbau von Infrastruktur für die Pilotfertigung von Festkörperbatteriezellen

 ASTRABAT – Materialbasis für Festkörperbatterien

 SOLiDIFY – hochskalierbares Festkörperbatterie-Konzept

 SPINMATE – Aufbau einer Pilotfertigungslinie

Forschungsschwerpunkt »Direktes Recycling«

 ReUse – effizientes direktes Recycling für geringwertige Lithium-Ionen-Batterieabfälle

 IDcyclIB – Projekterfolg für nachhaltige Batteriefertigung

 RecyLIB – Umweltbelastung durch Batterien reduzieren

 REWIND – erste Nachwuchsgruppe etabliert für »Kompetenzzentrum direktes Recycling«

Forschungsschwerpunkt »State of Health – State of charge«

 SPARTACUS und PHOENIX – zwei BATTERY 2030+ Projekte zu Batteriesensorik und »Selbstheilung« (Self Healing)

 MADAM4Life – mechanische Alterungsdiagnostik mit Dehnungsmessstreifen, Dilatation, Druck,

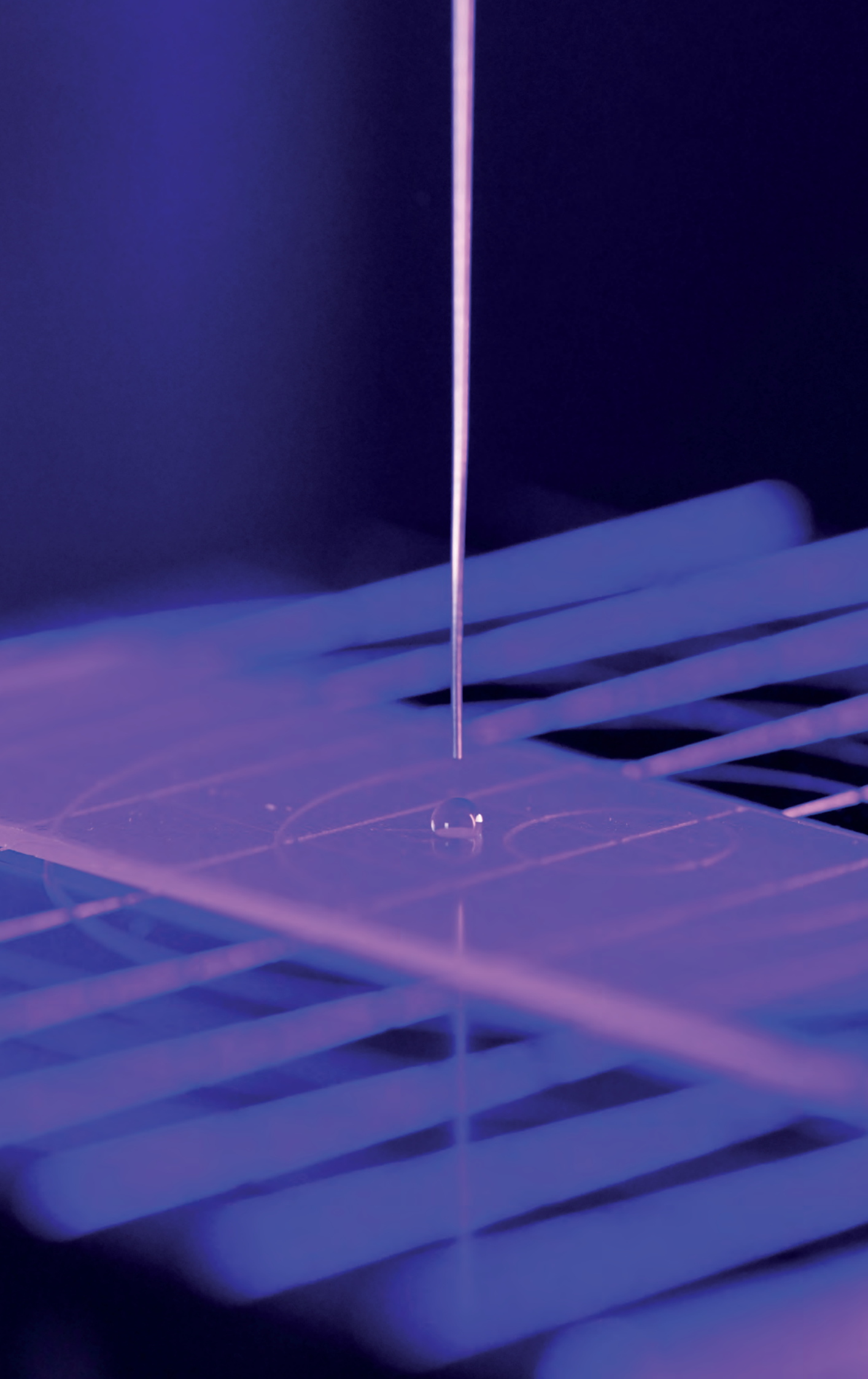
 Akustik und Modalanalyse zur Lebensdauervorhersage

 HealthBatt – besseres Batteriemanagement durch umfassende Datenerfassung und Analyse

Schwerpunkt »Fachkräfteausbildung«

Inhalt

Digitalisierung	36
Verknüpfung von KI und Digitalisierung für eine zukunftsfähige Materialentwicklung	
BIG-MAP – beschleunigte Materialentwicklung	
MaRaprint – Marktflexibilität und Resilienzsteigerung durch Anlagenplattformen robotergeführter Drucktechnologien	
Sensorik	38
SoMaRo – Robotik mit weichen Materialien (Soft Materials Robotics)	
HILDE – haptische Schnittstellen für lebendige Erfahrungen	
NewSpace	40
Strategische Forschung für zukunftsweisende Entwicklungen in der Raumfahrt	
VLEO – Kleinsatelliten schneller und günstiger fertigen	
NeT pioneer – Testkapazitäten für Kleinsatelliten-Komponenten	
StellarHeal – fortschrittliche Wundversorgung	
ExPFAS – teilautomatisierte Entscheidungshilfe für die PFAS-Substitution	
Biomedizin	44
BioCor – Fortschritt in der Lagerung von Augenhornhäuten	
SUSI – automatisierte Zellkultivierung	
ORINTHERA – Organoide als innovative Werkzeuge für die Entwicklung neuer Therapien	
PhysioINK – Entwicklung von nachhaltigen Bio-Drucktinten für die Herstellung von physiologischen humanen Organstrukturen	
ReBiA – Robotergestützte biologische Automatisierung: Herstellung von 3D-Epithelgewebe (Robotic Enabled Biological Automation)	
Ausblick Industrie	50
Qualitätssicherung	
Analytik und Charakterisierung am Fraunhofer ISC	
Akkreditierung des mechanischen Prüflabors am Zentrum HTL nach DIN EN ISO/IEC 17025	
CeDeD – zertifizierter Spezialgerätebau am Fraunhofer ISC	
Pilotanlagen	
Synthese und Beschichtung	
Partikelsynthese	
Vernetzung und Ausgründung	
FIP-FM@KU – Fraunhofer-Innovationsplattform für funktionelle passive Materialien an der Korea University (Fraunhofer Innovation Platform for Functional Passive Materials at Korea University)	
Start-Up CellCircle – grüne Lösungen »Made in Germany«	
WWW und Social Media	56
Impressum	59



Organisation

Das Fraunhofer ISC mit Hauptsitz in Würzburg vereint mehrere spezialisierte Bereiche unter einem Dach: Am Hauptsitz in Würzburg sind die Bereiche Werkstoffchemie, Anwendungstechnik, das Fraunhofer-FuE-Zentrum Elektromobilität und die umfassende Analytik lokalisiert. Das Fraunhofer-Zentrum für Hochtemperatur-Leichtbau HTL in Bayreuth widmet sich innovativen Werkstoffen für Hochtemperaturanwendungen, das Fraunhofer-Translationszentrum für Regenerative Therapien TLZ-RT in Würzburg entwickelt zukunftsweisende Materialien für die Biomedizin. Die Außenstelle im Kloster Bronnbach bei Wertheim beherbergt das Zentrum für Geräteentwicklung CeDeD sowie das Internationale Zentrum für Kulturgüterschutz IZKK, die beide das Portfolio des ISC durch besondere Kompetenzen ergänzen.

Institutsleitung
Prof. Dr. Miriam Unterlass

Werkstoffchemie

Dr. Martin Peters

- Chemische Beschichtungs-technologie
- Partikeltechnologie

Sustainable Chemistry Innovations
Prof. Dr. Miriam Unterlass

- Sustainable Materials Synthesis
- Sustainable Catalysis

Anwendungstechnik

Gerhard Domann

- Center Smart Materials
- Glastechnologie
- Digitale Transformation

FuE-Zentrum für Elektromobilität Bayern
Dr. Andreas Flegler

- Elektrochrome Systeme
- Lithium- und Natrium-Ionen-Technologie
- Batterietests | Analytik
- Recycling

Fraunhofer-Zentrum TLZ-RT
Prof. Dr. Florian Groeber-Becker

- Biomaterialien
- Laborautomatisierung | Bioreaktortechnik
- Testsysteme und 3D-Gewebe Modelle

Fraunhofer-Zentrum HTL
Dr. Holger Friedrich

- Materialien und Bauteile
- Prozesse und Anlagen

Analytische Dienstleistungen
Dr. Jürgen Meinhardt

- Biosensing
- Zentrum für Angewandte Analytik

Außenstelle Bronnbach
Dr. Andreas Diegeler

- Spezialgerätebau
- Kulturgüterschutz | IZKK

Verwaltung
Dr. Thomas Hofmann (Direktor)
Patrick Kübert (Verwaltungsleitung)
Alexandra Schott (Verwaltungsleitung)

PR & Kommunikation
Marie-Luise Righi

Marketing
Simone Fränkel

Business Development
Dr. Victor Trapp

Zentrale Dienste
Daniel Rösch

Zahlen | Daten | Fakten

Personal

Am Fraunhofer ISC waren zum 31. Dezember 2025 336 Mitarbeitende beschäftigt. Die Anzahl der Mitarbeitenden ist somit im Vergleich zu den Vorjahren leicht gesunken.



Finanzen

Im Geschäftsjahr 2024 belief sich das Gesamtbudget des Instituts auf 33,9 Mio. €. Davon entfielen 12,7 Mio. € auf die institutionelle Förderung. Die Einnahmen aus der Vertragsforschung lagen bei 21,2 Mio. € und unterstreichen die hohe Relevanz anwendungsnahe Forschung für Industrie- und Projektpartner. Im Jahr 2025 ist ein Budgetrückgang auf 32,8 Mio. € zu verzeichnen, was auch die gesamtwirtschaftlich schwierige Lage widerspiegelt.



Erfindungsmeldungen – Veröffentlichungen

Im Berichtszeitraum 2024/2025 wurden sieben Patente erteilt und 20 Erfindungsmeldungen erfolgten durch das Fraunhofer ISC. Insgesamt hält das Institut eine relativ konstante Zahl von rund 150 Patentfamilien – die jährlichen Neuanmeldungen halten etwa die Waage mit den aus wirtschaftlichen und/oder strategischen Gründen aufgegebenen Patentfamilien.



Mehr als 130 wissenschaftliche Veröffentlichungen im gleichen Zeitraum zeigen darüber hinaus die Vielfalt der Forschungstätigkeit. Eine Gesamtübersicht über wissenschaftliche Veröffentlichungen sowie über erteilte Patente finden Sie auf unserer Internetseite.



Kuratorium

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
Geschäftsführer SKZ – Das Kunststoff-Zentrum Würzburg

PRIV.-DOZ. DR. FRANZISKA EMMERLING
Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung BAM,
Berlin

DR. NINA FECHLER
Evonik Operations GmbH, Bitterfeld

PROF. DR. SABINE FLAMME
Fachbereich Ingenieurwesen, Hochschule Münster

PROF. DR. JOACHIM HORNEGGER
Präsident der Friedrich-Alexander-Universität,
Erlangen-Nürnberg (bis 2025)

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

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

DR. JÖRG ZIEGLER
Novartis Pharma GmbH, Nürnberg (bis 2025)

NEU BERUFENE KURATORIUMSMITGLIEDER:

PROF. DR. MATTHIAS BODE
Vizepräsident für Innovation und Wissenstransfer,
Universität Würzburg

PROF. DR. MATTHIAS FROSCH
Dekan der Medizinischen Fakultät, Universität Würzburg

STÄNDIGER GAST IM KURATORIUM

PROF. DR. PETER GUMBSCH
Vorsitzender Fraunhofer-Verbund MATERIALS



PRO JEKTE



Unser Erfolg basiert auf der Vielfalt und Begeisterung unserer Mitarbeitenden.«

Miriam Unterlass

Nachhaltigkeit am Fraunhofer ISC

Soziale Verantwortung

Als familienfreundlicher Arbeitgeber ermöglicht das Fraunhofer ISC flexible Arbeitszeiten und bietet zahlreiche Angebote zur Vereinbarkeit von Familie und Beruf. Zudem engagiert sich das Institut in der naturwissenschaftlich-technischen Bildung von Kindern und Jugendlichen.

Ende 2025 waren am Fraunhofer ISC 336 Personen beschäftigt. Dazu zählen 117 wissenschaftliche und 67 technische Mitarbeitende in den Forschungsbereichen sowie 108 Mitarbeitende für Infrastruktur und Verwaltung, außerdem Doktorand:innen, Auszubildende, wissenschaftliche Hilfskräfte und Praktikant:innen. Die Teilzeitquote betrug 46 %. Die Aus- und Weiterbildung ist zentrales Element der Personalpolitik, mit Ausbildungsplätzen in verschiedenen Berufen und jährlich stattfindenden Gemeinschaftsprojekten.

Das Fraunhofer ISC fördert aktiv die Chancengleichheit, insbesondere durch das Karriereprogramm TALENTA, das den Anteil von Frauen in Führungspositionen erhöhen soll. Im Jahr 2025 betrug der Frauenanteil 49,7 %, während der Frauenanteil in Führungspositionen bei 32,7 % lag. Das Institut setzt sich zudem für Diversity in der Arbeitswelt ein und ist seit 2011 Unterzeichner der Charta der Vielfalt.

Unternehmerische Verantwortung

Das Fraunhofer ISC hat eine klare Mission formuliert: Das Institut entwickelt nachhaltige, chemiebasierte Materialien und setzt diese in die Anwendungspraxis um. Durch Forschung und Innovation leistet das Fraunhofer ISC einen Beitrag zur Lösung gesellschaftlicher und industrieller Herausforderungen.

Fraunhofer-Bekenntnis zu den universellen Nachhaltigkeitsprinzipien

Seit dem Beitritt zum »UN Global Compact« im Jahr 2017 hat sich die Fraunhofer-Gesellschaft verpflichtet, zehn universelle Nachhaltigkeitsprinzipien zu fördern. Auf diesem Weg ist auch das Fraunhofer-Netzwerk Nachhaltigkeit aktiv, ein Zusammenschluss von 26 Instituten, die sich für nachhaltige Entwicklung und betriebliche Nachhaltigkeitsaspekte einsetzen. Auch das Fraunhofer ISC gehört zu diesem Netzwerk. Mit dem Inkrafttreten des Lieferkettensorgfaltspflichtengesetzes 2023 hat das Fraunhofer ISC ein menschenrechts- und umweltschutzkonformes Risikomanagement implementiert und arbeitet an einem nachhaltigen Beschaffungsmanagement.

Kontakt:

Daniel Rösch | daniel.roesch@isc.fraunhofer.de



Forschung und Nachhaltigkeit

Das Fraunhofer ISC hat ein umfassendes Forschungsportfolio aufgebaut, das den Übergang von fossilen Ressourcen zu nachhaltigen Materialkreisläufen unterstützt. Alle Forschungsbereiche tragen mit ihren Themen zur Nachhaltigkeit bei, beispielsweise durch Ressourcenschonung, Nutzung nachwachsender Rohstoffe und Dekarbonisierung. Insbesondere das Recycling wertvoller Rohstoffe und die Suche nach nachhaltigen Alternativen sind von zentraler Bedeutung.

Die Agenda 2030 der UN und die 17 Nachhaltigkeitsziele (SDGs) dienen als Leitbild für die Aktivitäten. Das Fraunhofer ISC trägt zu einer ganzen Reihe von UN-Nachhaltigkeitszielen im Rahmen seiner Projekte bei. Als Schwerpunkte unserer Materialentwicklung sind SDG 3 (Gesundheit und Wohlergehen), SDG 7 (Bezahlbare und saubere Energie), SDG 12 (nachhaltige Produktion), SDG 13 (Maßnahmen zum Klimaschutz) sowie SDG 14 und SDG 15 (nachhaltige Nutzung von Land- und Meeresressourcen) anzusehen.

Auf der folgenden Seite stellen wir exemplarisch fünf Projekte mit Fokus auf Nachhaltigkeit vor.

Das Fraunhofer ISC leistet einen wesentlichen Beitrag zur nachhaltigen Entwicklung und zu den »UN Sustainable Development Goals«. Durch ein klares Bekenntnis zur unternehmerischen Verantwortung und ein breites Forschungsspektrum werden Lösungen für zukünftige Herausforderungen entwickelt und der Übergang zu einer nachhaltigen Gesellschaft aktiv unterstützt.

www.isc.fraunhofer.de/de/nachhaltigkeit.html



MENSCH	UMWELT	TECHNIK
		
KARE gestaltet gemeinsam mit den Menschen im Betrieb und in der zirkulären Wertschöpfungskette die Arbeit neu und schafft attraktive und zukunftsorientierte Arbeitsbedingungen	KARE fördert eine nachhaltige Wirtschaftsentwicklung von Kunststoffen durch die Transformation von der Linear- und Recyclingwirtschaft zur zirkulären Wirtschaft	KARE entwickelt und erprobt praxisnahe Lösungen für die konkreten Herausforderungen der Unternehmen in ihrer Kunststoffbranche

KARE – Kompetenzen aufbauen für die Kreislaufwirtschaft von Kunststoffen

Das Projekt »KARE« zielt darauf ab, Kompetenzen für die Kreislaufwirtschaft von Kunststoffen aufzubauen und Umweltprobleme, die durch mangelnde Recyclingmöglichkeiten entstehen, zu bekämpfen. Das Fraunhofer ISC spielt dabei mit seinen Kompetenzen für die Entwicklung ressourcenschonender Materialien und Kreislaufverfahren eine wichtige Rolle. Ein zentraler Aspekt ist die Erhöhung von Recyclingquoten in der Kunststoffindustrie.

Das Fraunhofer ISC unterstützt im Projekt bei der Qualifizierung von Rezyklaten nach speziellen Materialspezifikationen. Dazu werden materialwissenschaftliche Prüfverfahren und Analysemethoden eingesetzt, um qualitätsbestimmende Kennwerte für Spritzgussprodukte zu ermitteln. Diese Maßnahmen sind entscheidend, um Granulatverluste zu minimieren und den Rezyklateinsatz in der Produktion zu erhöhen.

Im Projekt »KARE« bauen 16 Projektpartner und das Fraunhofer ISC ein Kompetenzzentrum für Arbeitsforschung zur nachhaltigen Arbeitsgestaltung im Bereich der Kunststoffproduktion und -verarbeitung in Franken auf und entwickeln nachhaltige Lösungen für neue Produkte, die als Vorbilder für andere Bereiche der kunststoffverarbeitenden Industrie dienen können. Das Institut trägt somit maßgeblich zur Verbesserung der Arbeitsbedingungen in der Branche bei und unterstützt die innerbetriebliche Transformation durch gezielte Qualifikationsmaßnahmen für die Mitarbeitenden. Ziel ist es, die Unternehmen nicht nur nachhaltiger zu gestalten, sondern sie auch auf dem Arbeitsmarkt attraktiv zu positionieren.

<https://www.kare-kompetenzzentrum.de>



Kontakt:
Dr. Martin Peters | martin.peters@isc.fraunhofer.de

INN-PRESSME – bioORMOCER®e unterstützen nachhaltiges Materialdesign

Das Fraunhofer ISC spielte eine zentrale Rolle im EU-geförderten Projekt »INN-PRESSME«, das sich auf die Entwicklung, Hochskalierung und Pilotierung biobasierter Materiallösungen konzentrierte. Ziel des Projekts war der Aufbau eines europäischen Öko- und Pilotanlagennetzwerks für nachhaltige, biobasierte Produkte. Das Fraunhofer ISC war in sechs Testfällen involviert und hat innovative biobasierte funktionale Beschichtungen entwickelt. Im Rahmen des Projektes konnten die für nachhaltige Verpackungen entwickelten bioORMOCER®-Schichten auch auf andere Anwendungen, wie den Automotive-Bereich oder Sportartikel übertragen werden.

Das Hochskalieren der Materialproduktion im Pilotmaßstab wurde präzise durchgeführt, um die Qualität und Funktionalität der Beschichtungen sicherzustellen. Hierfür wurden Technologien wie ein 100-Liter-Lackreaktor und eine Rolle-zu-Rolle-Anlage eingesetzt und beispielsweise ein mit einer Nano-Schicht modifiziertes Papier mit einer bioORMOCER®-Barrierschicht ausgerüstet. Durch das Projekt konnte erfolgreich ein Netzwerk von Pilotanlagen etabliert werden, welches Unternehmen künftig über eine zentrale Anlaufstelle zugänglich gemacht wird. Dies ermöglicht eine effektive Unterstützung bei der Hochskalierung biobasierter Lösungen, während unternehmerische Risiken minimiert werden. Mehr dazu auch auf Seite 52.

Kontakt:
Dr. Ferdinand Somorowsky
ferdinand.somorowsky@isc.fraunhofer.de

Free Flow Structuring (FFS) – endkonturnahe Keramik-Fertigung mit schlickerbasiertem 3D-Druck

Das Fraunhofer-Zentrum HTL erforscht erfolgreich den schlickerbasierten 3D-Druck, bekannt als Free Flow Strukturierung (FFS). Dieses Verfahren nutzt wässrige Schlicker statt rieselfähiger Pulver, wodurch auch mikro- bis submikroskalige Partikel für technische Keramiken verarbeitet werden können. Der Prozess beginnt mit dem Auftragen dünner Schlickerschichten auf eine Bauplattform, wobei die Schlitzdüse ähnlich wie beim »Slot-die coating« geführt wird. Die Schichten werden durch Infrarot-Strahlung getrocknet, während nachfolgende Schichten hauptsächlich durch Kapillarwirkung entwässert werden, was zu einer hohen Dichte des Pulverbettes führt.

Nach dem Trocknen wird ein organischer Binder, z. B. ein härtendes Harz, mit einem Tintenstrahldruckkopf aufgetragen und durch UV-Licht oder Infrarot-Strahlung gehärtet. Dieser Zyklus wird wiederholt, bis alle Schichten



www.inn-pressme.eu

ORMOCER®: Marke der Fraunhofer-Gesellschaft zur Förderung der angewandten Forschung e. V., München, Deutschland



des Grünkörpers erstellt sind. Der FFS-Druck ermöglicht die Verarbeitung verschiedener Pulverwerkstoffe, darunter Oxid- und Nichtoxidkeramiken sowie Pulvermetalle, und kann Partikelgrößen von < 1 µm verarbeiten, was zu besseren Materialeigenschaften führt.

Der Prozess ist skalierbar und wirtschaftlich, was die Fertigung großformatiger, dicht gesinterter Bauteile aus Keramik, Glas oder Metallen ermöglicht. Die schlickerbasierte additive Fertigung bietet flexible und individuelle Lösungen, die den Ressourcenaufwand minimieren, da nicht verwendetes Material recycelt werden kann. Zudem trägt das Verfahren zur bedarfsgerechten Produktion bei und vermeidet Überproduktion, welches die Resilienz in der Herstellung verbessert.

Kontakt:
Joachim Vogt
joachim.vogt@isc.fraunhofer.de



InVECOF – Pilotfertigung oxidkeramischer Verstärkungsfasern

Seit Mai 2022 engagiert sich die Fasergruppe des Fraunhofer-Zentrums für Hochtemperatur-Leichtbau HTL im Rahmen des EU-Projekts »InVECOF« intensiv für die Entwicklung und Produktion neuartiger oxidkeramischer Verstärkungsfasern. Diese Fasern zeichnen sich durch verbesserte thermomechanische Eigenschaften aus und werden zukünftig in verschiedenen Hochtechnologie-Anwendungen eingesetzt. Die Herausforderung dieses Projekts besteht darin, die Faserprozesse vom Labormaßstab auf eine in Bayreuth errichtete Pilotanlage zu übertragen.

Anlagenentwicklung

Die Faser-Pilotanlage, die in Eigenregie geplant und aufgebaut wurde, ist das Herzstück dieses Vorhabens. Sie besteht aus mehreren hochspezialisierten Aggregaten, die es ermöglichen, den gesamten Herstellungsprozess der oxidkeramischen Fasern unter kontrollierten Bedingungen durchzuführen:

Rohstoffaufbereitung

Die Faserherstellung beginnt mit der Rohstoffbevorratung der Ausgangsmaterialien für die Spinnlösungen. Diese werden dann in speziellen Rührbehältern zu wässrigen Sol-Gel Vorstufen verarbeitet. Die Rührbehälter sind so konzipiert, dass sie mittels Vakuumdestillation bis zu 100 Liter verarbeiten können, was eine effiziente und gleichmäßige Herstellung der Spinnlösungen sicherstellt.

Spinnturm und Fadenstrecke

Der Spinnturm ist mit vier parallelen Spinnstellen ausgestattet, die jeweils bis zu 500 Filamente gleichzeitig produzieren können. Diese hohe Kapazität ermöglicht die Herstellung großer Mengen an oxidkeramischen Fasern in kurzer Zeit. Ein vier Meter langer Spinn-schacht sorgt für die Trocknung der gesponnenen Fasern in einer kontrollierten Gasströmung, bei der sowohl die Temperatur als auch die Feuchtigkeit reguliert werden können, um optimale Trocknungsbedingungen zu gewährleisten. Die Faserbündel werden aus dem Spinnturm kontinuierlich abgezogen, mit einer Avivage vor Schädigungen im weiteren Verarbeitungsprozess geschützt und mittels einer Gasförderdüse in speziellen Keramikkörben für die nächsten Verarbeitungsschritte abgelegt.

Wärmebehandlung

In zwei großen Kammeröfen werden die Fasern kalziniert. Diese Öfen können bis zu 30 Körbe gleichzeitig fassen und erreichen Temperaturen bis 1200 °C. Anschließend erfolgt die kontinuierliche Sinterung in einem sechs Meter hohen vertikalen Rohrofen. Dieser Ofen erreicht Temperaturen bis zu 1750 °C und sorgt dafür, dass die Fasern die benötigte hohe Festigkeit und Steifigkeit erhalten.

Webschlichteauftrag

Am Ende des Prozesses erfolgt der Webschlichteauftrag, eine Behandlung, die die Fasern für die textile Weiterverarbeitung vorbereitet. Nach der Trocknung der Schlichte werden die Faserbündel an insgesamt 15 Spulstellen auf Spulen aufgewickelt und versandt.

Zukünftige Entwicklungen

Die Anlage ist für die Produktion von Fasern mit unterschiedlichsten oxidkeramischen Zusammensetzungen ausgelegt. Faserdurchmesser und -form sowie die Filamentanzahl im Roving können in weiten Grenzen kundenspezifisch eingestellt werden. Im Rahmen des »InVECOF«-Projekts werden auch reine Aluminiumoxid-Fasern und Fasern mit hoher Kriechbeständigkeit entwickelt und auf der Anlage produziert. Die Pilotanlage eröffnet neue Möglichkeiten für die Herstellung oxidkeramischer Fasern in industriellen Anwendungen, von der Luft- und Raumfahrt bis hin zu Hochtemperatur-Anwendungen bei der Energieerzeugung.

Kontakt:

Dr. Liviu Toma | liviu.toma@isc.fraunhofer.de

Ralf Herborn | ralf.herborn@isc.fraunhofer.de

Projektfortschritt und erste Erfolge

Seit April 2024 ist die Anlage vollständig in Betrieb. Im Rahmen des Projekts InVECOF wurden bereits erste Endlospulspulen mit Längen von über 100 Metern und 250 bzw. 500 Filamenten erfolgreich produziert. Derzeit liegt der Schwerpunkt auf der Entwicklung von Mullitfasern ($3\text{ Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{ SiO}_2$) für die Projektpartner von InVECOF.

Diese Fasern weisen beeindruckende mechanische Eigenschaften auf: eine Zugfestigkeit von etwa 1600 MPa und einen E-Modul von 270 GPa bei einem Faserdurchmesser von 10 – 12 µm.

<https://invecof.eu/>



Kaskadenreaktionen zur Herstellung von Feinchemikalien

Die Herstellung von Feinchemikalien, wie sie beispielsweise in der Pharmazie oder Agrochemie verwendet werden, ist in der Regel komplex und aufwendig. Sie erfordert verschiedene Syntheschritte in separaten Reaktoren. Von einem Reaktor zum nächsten müssen Zwischenprodukte, Nebenprodukte oder homogen verteilte Katalysatormaterialien oft zeitaufwändig und kostspielig getrennt werden.

Ein interdisziplinäres Team von Fraunhofer-Forschern hat nun gemeinsam ein innovatives Syntheseverfahren zur Herstellung von Feinchemikalien auf Basis von Kaskadenreaktionen entwickelt. Bei dem neuen Verfahren wird das Endprodukt in einer kontinuierlichen Synthesekaskade hergestellt, idealerweise in einem einzigen Reaktor. Diese Methode verbessert die Prozesseffizienz erheblich und macht die Produktion nachhaltiger, da die Umrüstzeiten verkürzt und der Energiebedarf reduziert werden. Diese Vorteile senken nicht nur direkt die Kosten, sondern auch die CO₂-Emissionen der gesamten Synthese.

Das von den Fraunhofer-Forschern entwickelte Verfahren basiert auf einer innovativen Kombination zweier Katalyseschritte, die in einer Kaskade ablaufen. So werden beispielsweise durch Licht aktivierte Photokatalysatoren mit Enzymen kombiniert, die als Biokatalysatoren wirken. Für diese Art der Kaskadenreaktion, der sogenannten photoassistierten Biokatalyse, müssen die einzelnen Katalysatoren

in bestmöglichem Abstand zueinander sein, da das aus dem photokatalytischen Schritt resultierende Produkt der Ausgangsstoff für den biokatalytischen Schritt ist.

Das Fraunhofer ISC hat hierfür hybride Katalysatorpartikel entwickelt. Diese hybriden Katalysatorpartikel bestehen beispielsweise aus photokatalytischen Bausteinen und Trägerpartikeln, auf denen Enzyme immobilisiert wurden, die den biokatalytischen Baustein darstellen. Mit unserer Sprühtrocknungstechnik am Fraunhofer ISC lassen sich Art und Menge der Bausteine je nach gewünschter Kaskadenreaktion leicht variieren und zu hybriden Katalysatorpartikeln mischen. Die Katalysatorpartikel können in Strömungsreaktoren in suspensierter Form eingesetzt und damit nach ihrer Verwendung leicht abgetrennt werden. Darüber hinaus können die Katalysatoren mit Hilfe der »Selective Dispensing« Technologie des Fraunhofer ISC in Mikrokanälen immobilisiert werden. Nach dem Durchströmen der Reaktionsflüssigkeit können die kanaltragenden Bauteile des Strömungsreaktors einfach ausgetauscht werden.

Kontakt:

Dr. Bettina Herbig | bettina.herbig@isc.fraunhofer.de



kaskaden-reaktion.de



Dekarbonisierung

Das Fraunhofer ISC arbeitet in verschiedenen Bereichen mit seiner Materialentwicklung an der Dekarbonisierung – also der im Hinblick auf den Klimawandel notwendigen Verringerung des CO₂-Fußabdrucks von Materialien und Prozessen. Angefangen bei der Analyse von industriellen Wärmebehandlungsprozessen, um deren Effizienz zu steigern und damit den Energieverbrauch zu verringern, über die Effizienzsteigerung von Energiewandlungs- und Speicherprozessen, bis hin zu Materialentwicklungen, die für die Wasserstoffwirtschaft von Bedeutung sind. Nachfolgend Beispiele zum Thema Dekarbonisierung aus dem Forschungsfeld Wasserstofftechnologien:

H₂ lagern und transportieren – Materialien für Wasserstoffbarrieren

Um Wasserstoff in bestehender Erdgasinfrastruktur zu speichern und zu transportieren, müssen Materialien und Technologien an die besonderen Herausforderungen von Wasserstoff angepasst werden. Das im Vergleich zu den fossilen Energieträgern deutlich kleinere Molekül Wasserstoff stellt höhere Anforderungen an die Diffusionsbarrieren, kurz: Die Wandungen von Rohren und Tanks müssen »dichter« sein. Im Fraunhofer ISC hat der Bereich Beschichtungstechnologie viel Know-how für die Entwicklung und Auslegung von solchen Ultrabarriere-Beschichtungen.

ORMOCER®-basierte Schichten kombinieren durch ihr anorganisch-organisches Netzwerk verschiedene Eigenschaften (Haftung, Festigkeit, Korrosionsschutz, etc.) mit einer Gasbarrierewirkung. Ihre Synthese erlaubt die bedarfsgerechte Anpassung von Flexibilität und Barrierewirkung. Außerdem ermöglicht sie die vereinfachte Einarbeitung von Additiven. Der Auftrag der Gasbarriereschichten aus dem flüssigen Medium erlaubt die Verwendung verschiedenster Applikationstechniken, sodass auch großflächige und komplexe, dreidimensionale Geometrien beschichtet werden können. So lässt sich, im Vergleich zu aus der Gasphase abgeschiedenen Barrierschichten, eine anpassbare, schnelle und kostengünstigere Applikation umsetzen. Die Kombination verschiedener ORMOCER®-Formulierungen, der Additivierung und Mehrfachbeschichtungen ermöglichen das Einstellen gewünschter Gasbarrierewerte.

Für den Einsatz als Wasserstoff-Barrieren werden am ISC etablierte Gasbarriersysteme aus dem Verpackungs- und Elektronikbereich getestet, weiterentwickelt und optimiert. Die flexible Anpassung der nasschemischen Systeme und die eigenen Testmöglichkeiten erlauben dabei eine schnelle Weiterentwicklung der Gasbarriersysteme.

HySecunda – Materialien für grünen Wasserstoff

Südafrika und seine Nachbarländer könnten sich in den kommenden Jahren als verlässliche Partner in der Erzeugung und Lieferung von grünem Wasserstoff etablieren – auch mit Blick auf eine Zusammenarbeit mit Deutschland. Herausforderungen gibt es aktuell jedoch bei der Speicherung und Verteilung des Rohstoffs.

Hier knüpft das Fraunhofer-Verbundprojekt »HySecunda« an, in dem neun Fraunhofer-Institute sowie die Fraunhofer Academy kooperieren. Im Projekt sollen optimierte Lösungen zur Herstellung, Speicherung und Zertifizierung von grünem Wasserstoff gefunden werden. Zudem unterstützt das Konsortium beim Kapazitätsaufbau in der Region und in aktuellen Projekten.

Das Fraunhofer ISC ist in »HySecunda« federführend bei der Entwicklung von Barrierschichten auf ORMOCER®-Basis und ausfallsicheren Wasserstoffsensoren, um Herstellung, Lagerung, Transport und Nutzung von grünem Wasserstoff effizient und sicher zu machen. So sollen beispielsweise ORMOCER®-Barrierschichten die Lebensdauer der Bauteile bei der Wasserelektrolyse erhöhen.

Auch neue Materialkonzepte für Drucktanks zur Lagerung von Wasserstoff und die H₂-/O₂-dichte Beschichtung von Pipelines gehören zu den Aufgaben des Fraunhofer ISC. Darüber hinaus wird bei der Gewinnung, Lagerung, dem Transport und der Nutzung von Wasserstoff die einfache, sichere und sofortige Erkennung von Leckagen notwendig sein, um die Sicherheit zu gewährleisten. Dafür werden am Fraunhofer ISC stromfreie Sensoren entwickelt, die durch einfachen Farbumschlag vorhandene oder frühere Wasserstoffleckagen sofort und ohne weitere Hilfsmittel erkennen lassen.

<https://www.hysecunda.fraunhofer.de>

Kontakt:
Dr. Ferdinand Somorowsky
ferdinand.somorowsky@isc.fraunhofer.de

Kontakt:
Dr. Jürgen Meinhardt
juergen.meinhardt@isc.fraunhofer.de



Finanziert von der Europäischen Union



SAFETY

H

2



Mehr zur Fraunhofer ISC-Forschung
zum Thema »Materialien für die
Wasserstoffwirtschaft«:

H₂AL: Industrielle Wärmeprozesse mit Wasserstoff statt Erdgas als Brennstoff – wie sicher sind dabei Feuerfestmaterialien?

Für das europäische Ziel der Dekarbonisierung wichtiger Industriestandorte sind kurzfristig umsetzbare, hochskalierbare Lösungen erforderlich. Ein Lösungsansatz ist der Ersatz von Erdgas durch Wasserstoff (H₂) in schwer dekarbonisierbaren Industrien, um die Treibhausgasemissionen zu reduzieren. Im EU-Projekt »H₂AL« wird am Beispiel des Aluminium-Recyclings untersucht, wie Erdgas in Ofenprozessen durch Wasserstoff ersetzt werden kann, um den CO₂-Ausstoß erheblich zu senken.

Der Austausch von Erdgas durch Wasserstoff verändert die Brennbedingungen, wie z. B. die Flammgeschwindigkeit und den Wasserdampfanteil in der Ofenatmosphäre, was Auswirkungen auf die im Ofen verwendeten Feuerfestmaterialien haben kann. Das Projekt »H₂AL« analysiert, ob derzeitige Feuerfestmaterialien die neuen Verbrennungsbedingungen tolerieren oder ob Anpassungen notwendig sind. Zudem sollen Brenner, feuerfestes Material und Sensoren in bestehenden Öfen nachgerüstet werden, um den Recyclingprozess mit bis zu 100 % H₂ zu ermöglichen.

Am Fraunhofer-Zentrum für Hochtemperatur-Leichtbau HTL wurden die Auswirkungen der H₂-Verbrennungsatmosphäre auf verschiedene feuerfeste Materialien untersucht. Die Tests, die unter kontrollierten Bedingungen in Thermo-Optischen Messgeräten (TOM) durchgeführt wurden, umfassten Wasserdampfgehalte von 35 % und 100 % sowie Temperaturen von 800 °C bis 1250 °C. Analytische Verfahren wie XRD, SEM und CT wurden genutzt, um mikrostrukturelle Veränderungen und Porosität zu analysieren. Die Ergebnisse zeigten signifikante Unterschiede in der Korrosionswirkung, wobei bestimmte materialübliche Additive die Korrosion verstärkten. Die Erkenntnisse dienen auch der Entwicklung neuer Materialien mit verbesserter Korrosionsbeständigkeit und Haltbarkeit unter H₂-Verbrennungsbedingungen.

<https://h2al.ulb.be>



Finanziert von der
Europäischen Union

Kontakt:

Dr. Alexander Konschak

alexander.konschak@isc.fraunhofer.de

HiQ-CARB – effektivere Kohlenstoffadditive für Batterien mit geringerem CO₂-Fußabdruck

Das »HiQ-CARB«-Projekt, gefördert von der EU/EIT Raw Materials, zielte darauf ab, nachhaltige und hochwertige leitfähige Additive für Lithium-Ionen-Batterien zu entwickeln. Angesichts des wachsenden Bedarfs an wiederaufladbaren Batterien, vor allem im Bereich der Elektromobilität, ist die Verwendung umweltfreundlicher Materialien von um so größerer Bedeutung. Durch die Kombination von Kohlenstoffnanoröhren (CNT) und Kohlenstoff in Form von Acetylene Black, gewonnen aus nachwachsenden Rohstoffen, soll der CO₂-Fußabdruck der Batterieherstellung gesenkt werden. Dies führt zudem zu Kosteneinsparungen und verbessert die elektrochemische Leistung der Batterien.

Im Rahmen des Projekts wurde Zusammensetzung der Additive optimiert, die entsprechende Produktion in den industriellen Maßstab skaliert und umfassende Materialbewertungen durchgeführt. Die Zusammenarbeit von

materialerfahrenen Institutionen wie dem Fraunhofer ISC und der Aalto Universität waren dabei von entscheidender Bedeutung. Die neuen Additive konnten erfolgreich in bestehende Batterie-Produktionsprozesse integriert werden. Letztlich wird dadurch die Herstellung leichter und effizienterer Batterien ermöglicht. Eine Lebenszyklusanalyse (LCA) im Vergleich mit herkömmlichen Additiven ergab, dass die Produktion von Acetylene Black ein geringeres globales Erwärmungspotenzial aufweist. Insgesamt leistete das »HiQ-CARB«-Projekt bedeutende Fortschritte im Bereich der nachhaltigen Produktion von Lithium-Ionen-Batterien.

www.greener-carbons.eu

Supported by



Co-funded by the
European Union

Kontakt:

Dr. Michael Hofmann

michael.hofmann@isc.fraunhofer.de





Batterieforschung am Fraunhofer ISC

Das Fraunhofer FuE-Zentrum Elektromobilität Bayern (FZEB) am Fraunhofer ISC ist mit rund 35 Mitarbeitenden eine der größten Batterieforschungsgruppen in Deutschland. Neben einer Vielzahl von nationalen und internationalen Verbundprojekten, die für den europäischen Produktionsstandort strategisch relevante Entwicklungen vorantreiben, werden am FZEB bilaterale Projekte direkt mit Industriepartnern durchgeführt, um anwendungsnah bei technologischen Fragestellungen zu unterstützen. Das FZEB hat sich dem ganzheitlichen Forschungsansatz verschrieben, den gesamten Lebenszyklus effizienter und nachhaltiger zu gestalten, beginnend bei der Verwendung unbedenklicherer Rohstoffe über das recyclinggerechte Design bis hin zu Wiedergebrauch (Re-Use) und direktem Recycling. Die aus dem Fraunhofer ISC erfolgte Gründung des Start-ups CellCircle UG kann als Erfolgsindiz dieses Forschungsansatzes gesehen werden. CellCircle wurde bereits mit mehreren Gründerpreisen ausgezeichnet und etabliert sich am Markt mit dem Ziel, Funktionsmaterialien von Lithium-Ionen-Batterien in hoher Reinheit für die direkte Wiederverwendung zu separieren und zu regenerieren.

Die zentrale Positionierung des FZEB innerhalb nationaler und internationaler Netzwerke gelingt durch das tiefe Materialverständnis und die Erfahrung bei der Herstellung und dem Recycling von unterschiedlichsten Batterietypen. In Zusammenarbeit mit der europäischen BATTERY 2030+ Initiative, mit der Batteries European Partnership Association BEPA und der Industrievereinigung RECHARGE auf europäischer Ebene ist das FZEB an der europäischen Battery Roadmap maßgeblich beteiligt. Auf nationaler Ebene wirkt das FuE-Zentrum mit seinem Material- und Technologie-Know-how an der »Forschungsfertigung Batteriezelle FFB« der Fraunhofer-Gesellschaft mit. Neben Lithium-Ionen- und Lithium-Festkörperbatterien werden Materiallösungen und die Komponentenentwicklung für Natrium-Batterien vorangetrieben.

In den letzten zwei Jahren engagierte sich das FZEB außerdem in der Konzeption und Durchführung verschiedener Weiterbildungsprogramme im Bereich batteriebezogener Themen, um dringend benötigte Fachkräfte für die Industrie auszubilden.

Im Herbst 2024 wurde mit großem Erfolg die erste internationale »Conference on Battery Direct Recycling« in Würzburg veranstaltet. Mithilfe von Beiträgen international anerkannter Expert:Innen aus USA, Kanada und Europa konnten die über 180 Teilnehmenden intensiv neueste Entwicklungen und Ansätze des direkten Recyclings von funktionellen Batteriematerialien diskutieren. Aufgrund des überwältigend positiven Feedbacks der Teilnehmenden wird die Konferenz im Februar 2026 wiederholt. Die »Conference on Battery Direct Recycling« ist damit die einzige Konferenz, die sich auf dieses Thema fokussiert; dadurch schließt sie eine Lücke im internationalen Konferenzkalender.

Auf den nachfolgenden Seiten werden ausgewählte Projekte zu den verschiedenen FZEB-Aktivitäten vorgestellt.



Batterieforschung

Forschungsschwerpunkt »Festkörperbatterie«

(Solid State Battery SSB)

ROBATA – Aufbau von Infrastruktur für die Pilotfertigung von Festkörperbatteriezellen

Festkörperbatterien, oft auch »Batterien der Generation 4b« genannt, können einige Limitierungen der aktuellen Lithium-Ionen-Zelltechnologie überwinden, versprechen einen Zugewinn an Sicherheit und verbessern charakteristische Leistungsparameter in der Batterietechnologie. Insbesondere polymere Festkörperzellen lassen einen hohen Nutzen für eine Vielzahl von Branchen erwarten. Entscheidend für eine schnelle und wirtschaftlich erfolgreiche Markteinführung ist die parallele Entwicklung der zugehörigen Produktionstechnologie in den Teilbereichen Materialsynthese, Elektrodenproduktion, Zellaussortierung sowie Formierung und Zellanalyse.

Um insbesondere die bayerische Industrie zu unterstützen, wurde im Rahmen der High-Tech-Agenda Bayern von den beiden Fraunhofer-Instituten ISC und IGCV gezielt Infrastruktur für entscheidende Prozessschritte der Batteriezellproduktion in Augsburg und Würzburg aufgebaut und das Produktions-Know-how auf dem Gebiet der Festkörperbatterien erweitert. Schwerpunkte sind dabei digitalisierte und automatisierte Prozesse. Diese sollen die Entwicklungszyklen bei der Synthese von Batteriematerialien, der Labor- und Pilotfertigung von Festkörperzellen sowie der Gewinnung von sekundären Batteriematerialien beschleunigen und die Stabilität in der Produktion erhöhen. Das Fraunhofer ISC arbeitet an der Material- und Prozessentwicklung im Prototypenmaßstab insbesondere für die Festkörperbatterie und die digitalisierte Materialentwicklung. Ein Anlagenprototyp für die automatisierte Herstellung von Festkörperzellen für polymerbasierte Festkörperbatterien wurde dafür im Rahmen des Projekts am Standort Würzburg aufgebaut.

Kontakt:

Dr. Andreas Flegler

andreas.flegler@isc.fraunhofer.de



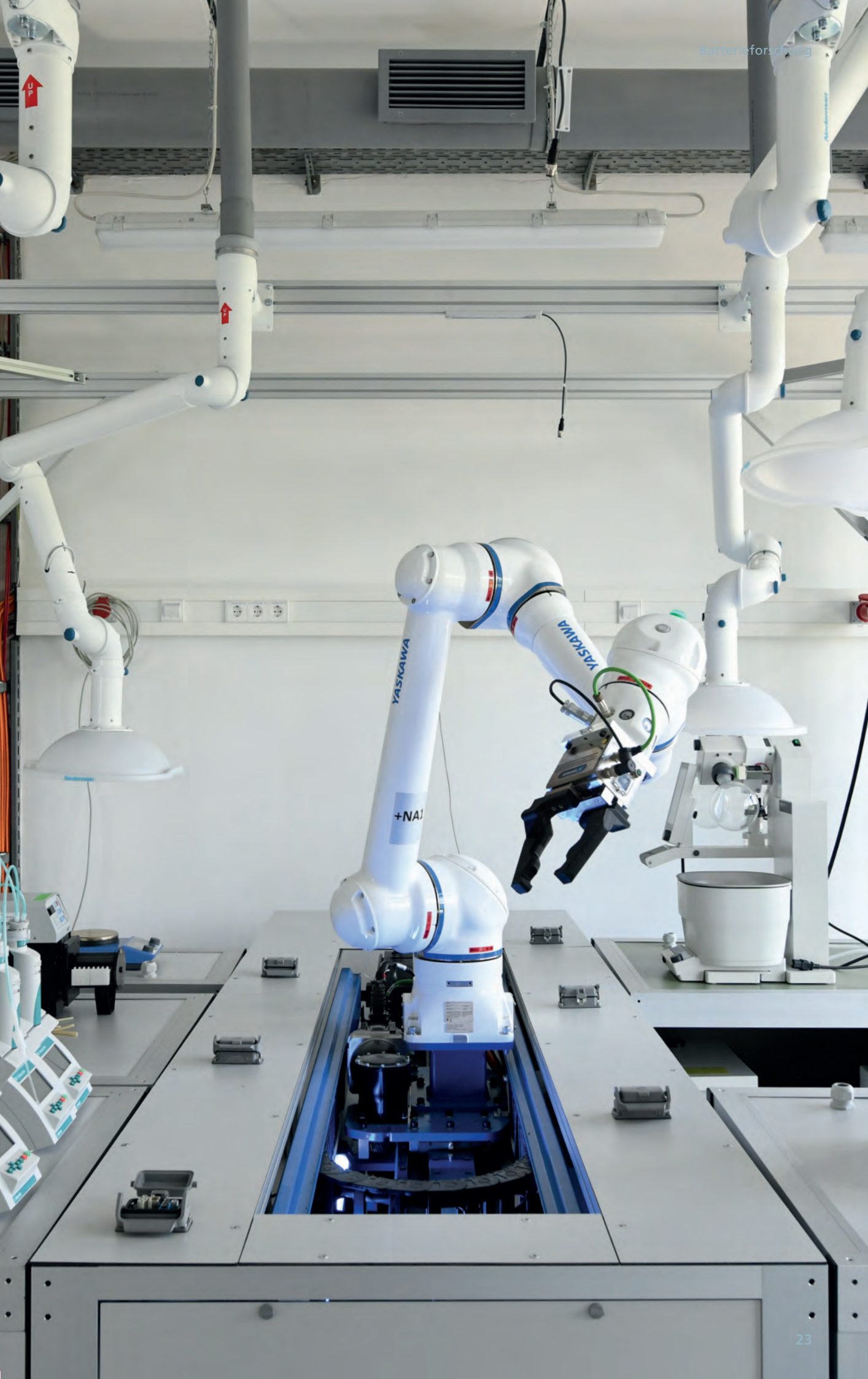
*gefördert durch den
Freistaat Bayern*



Advanced battery technologies, including solid-state batteries, are essential to decarbonize transport and integrate renewables efficiently.«

Wopke Hoekstra, Commissioner for
Climate, Net Zero and Clean Growth







ASTRABAT – Materialbasis für Festkörperbatterien

Im Rahmen des europäischen Projekts »ASTRABAT« haben Forschende des Fraunhofer ISC bedeutende Fortschritte in der Entwicklung von Festkörperbatterien erzielt. Festkörperbatterien bieten Vorteile in Bezug auf Energiedichte und Sicherheit, weil sie ohne brennbare Elektrolyte hergestellt werden können. Ein zentraler Bestandteil des Projekts war die Entwicklung eines hybriden Polymer-Elektrolyten, der hohe Leitfähigkeit und Elastizität aufweist. Im Zusammenspiel mit der Verwendung von Silizium als Anodenmaterial anstelle von Graphit kann die theoretisch mögliche Energiekapazität vervierfacht werden.

Die Verwendung von Silizium als Anodenmaterial bietet im Vergleich zu Lithium erhebliche Vorteile, darunter die Vermeidung von Dendritenbildung und damit verbundenen Kurzschlüssen. Die Forschenden setzen auf ein kostengünstiges Rakelverfahren zur Herstellung der Silizium-Polymer-Elektroden, das an bestehende Produktionslinien angepasst werden kann.

Es konnte gezeigt werden, dass elastische Polymerelektrolyte die Zellalterung minimieren, obwohl das Silizium während des Lade- und Entladeprozesses starke Volumenänderungen aufweist – ein vielversprechender Ansatz.

Die Ergebnisse des Projekts könnten wegweisend für die nächste Generation von Lithium-Ionen-Batterien sein, die nicht nur eine höhere Energiedichte bieten, sondern auch sicherer sind. Die wissenschaftlichen Erkenntnisse und Entwicklungen aus diesem Projekt legen den Grundstein für zukünftige Fortschritte im Bereich der Elektromobilität und der Energiespeicherung.

<https://astrabat.eu>



Finanziert von der
Europäischen Union

Kontakt:

Dr. Guinevere Giffin

guinevere.giffin@isc.fraunhofer.de

SOLiDIFY – hochskalierbares Festkörperbatterie-Konzept

Das »SOLiDIFY«-Projekt konzentrierte sich auf die Entwicklung eines neuartigen Festkörperbatteriekonzepts, das auf einem nanokompositbasierten Festelektrolyten basiert. Dieser Elektrolyt bietet Lösungen für viele Herausforderungen, die im Zusammenhang mit aktuellen Festkörperbatterien auftreten, insbesondere für große Zellen und Hochleistungsanwendungen wie Antriebsbatterien. Die Entwicklungsziele umfassten eine hohe Energiedichte, schnelle Ladefähigkeit, verbesserte Sicherheit, wettbewerbsfähige Herstellungskosten sowie nachhaltige Produktionsprozesse mit geringerem Kobaltanteil und reduzierten CO₂-Emissionen.

Der Beitrag des Fraunhofer ISC zielte auf die Entwicklung einer nasschemisch hergestellten Kompositkathode ab und spielte damit eine zentrale Rolle im »SOLiDIFY«-Konsortium. Um eine spätere industrielle Umsetzung zu erleichtern, wurden von Anfang an wässrige Prozesse eingesetzt. Außerdem entwickelte das Fraunhofer ISC eine neue Zellarchitektur und skalierte die Produktion auf einen kontinuierlich ablaufenden Rolle-zu-Rolle-Prozess.

Im Rahmen von »SOLiDIFY« arbeiteten 14 europäische Partner an der Entwicklung separater Komponenten für einen ersten Zellprototyp. Als technische Ziele nahm sich das Konsortium eine Energiedichte von 900 Wh/L, eine Ladezeit von 40 Minuten und eine Lebensdauer von über 500 Zyklen vor. Zu den entwickelten Komponenten gehören fortschrittliche Kathodenarchitekturen, ein stabiler Polymer-Elektrolyt-Separator und neue

Anoden mit dünnen Lithium-Metall-Anoden.

Prototypen dieser Zellen wurden aufgebaut und getestet. Die Zellhersteller und Endnutzer im Projektkonsortium hatten dazu Spezifikationen und Testprotokolle erarbeitet. Parallel dazu wurden Lebenszyklus- und Kostenanalysen für Festkörperbatteriezellen erstellt, um die Nachhaltigkeit und Wirtschaftlichkeit der entwickelten Technologien zu bewerten.

<https://solidify-h2020.eu/>



Finanziert von der
Europäischen Union

Kontakt:

Dr. Andreas Flegler

andreas.flegler@isc.fraunhofer.de

SPINMATE – Aufbau einer Pilotfertigungslinie

Das »SPINMATE«-Projekt hat zum Ziel, eine skalierbare, nachhaltige, sichere, kosteneffiziente, digitale Pilotfertigungslinie mit einem Technologiereifegrad (TRL) 6 aufzubauen und deren Funktionsfähigkeit zu demonstrieren. Diese Pilotfertigungslinie ist die Basis für eine großflächige Herstellung von sogenannten Generation 4b (Gen 4b) Festkörperbatterien (SSB) und Modulen und soll Entwicklungen im Bereich der Elektromobilität unterstützen. Die Entwicklung neuer digitaler Fertigungstechnologien zur großflächigen Produktion von SSB ist von entscheidender Bedeutung. Die Roadmap von BATTERY 2030+ betrachtet die Herstellbarkeit von Festkörperbatterien als einen Schlüsselfaktor für den Erfolg nachhaltiger Batterien. Innovative und skalierbare Fertigungstechniken sollen Kosten senken, Energie sparen und die Sicherheit erhöhen.

Zunächst stehen in »SPINMATE« jedoch die Materialentwicklung für den hochleitfähigen polymerbasierten Elektrolyten, das beschichtete Lithium-Metall und die nickelreichen Schichtoxidkathoden im Vordergrund. Basierend darauf werden sowohl kleine SSB-Zellen mit einer Kapazität von weniger als 1 Ah als auch große SSB-Zellen mit einer Kapazität von 10 Ah hergestellt. Bei der Elektroden- und Elektrolytverarbeitung werden dabei neue, lösemittelfreie Extrusionsmethoden sowie Rolle-zu-Rolle-Beschichtungsverfahren eingesetzt.

Im Rahmen von »SPINMATE« verantwortet das Fraunhofer ISC die erfolgskritische Oberflächenreinigung von Lithium-Metall-Folien sowie die Herstellung polymerbasierter Lithium-Festkörperbatterien, unterstützt mit digitalen Verfahren. Die elektrochemischen Eigenschaften dieser Batterien werden am Fraunhofer ISC getestet und bewertet.

Die SSB-Zellen der Generation 4b von »SPINMATE« werden eine neue Wertschöpfungskette in Europa etablieren und die Kommerzialisierung dieser Technologie voranbringen. Diese neue Generation von Batterien wird verbesserte Energiedichten, eine erhöhte Sicherheit, nachhaltige volumentaugliche Herstellungsverfahren und eine sehr gute CO₂-Bilanz ermöglichen.

<https://www.spinmate.eu>



Finanziert von der
Europäischen Union

Kontakt:

Dr. Guinevere Giffin

guinevere.giffin@isc.fraunhofer.de



Batterieforschung

Forschungsschwerpunkt »direktes Recycling«

ReUse – effizientes direktes Recycling für geringwertige Lithium-Ionen-Batterieabfälle

Das Projekt »ReUse« wird im EU-Programm »Horizon Europe« im Rahmen der BATTERY 2030+ Initiative mit fast 5 Millionen Euro gefördert. Es zielt darauf ab, die Kreislauffähigkeit und Nachhaltigkeit der europäischen Wertschöpfungskette für Lithium-Ionen-Batterien (LiB) zu verbessern, insbesondere bei Lithium-Eisen-Phosphat-Batterien (LFP). Dies geschieht durch die Entwicklung neuer direkter Recyclingverfahren, um eine optimale Rückgewinnung der verwendeten Materialien zu ermöglichen.

Das Konsortium besteht aus 13 Partnern aus 8 europäischen Ländern. Zu Beginn wurde zunächst eine Definitionsarbeit bezogen auf die zu erwartenden Batterieabfälle durchgeführt sowie ein Standardprotokoll zur Batterieentladung entwickelt. Erste Arbeiten zur Regeneration von Anodenmaterialien wurden erfolgreich abgeschlossen. Zeitgleich wurde eine Lebenszyklusanalyse durchgeführt, um die Nachhaltigkeit des »ReUse«-Recyclingkonzepts zu demonstrieren, wobei auch die Kreislauffähigkeit der verwendeten Rohstoffe betrachtet wird. »ReUse« hat das Potenzial, bis 2030 einen bedeutenden Beitrag im Bereich der LiB-Recyclingtechnologien zu leisten.

Das Fraunhofer ISC koordiniert das Projekt und ist verantwortlich für die Weiterentwicklung der Recyclingtechnologien. Der Fokus liegt auf der automatisierten Demontage von Batterien, um eine effiziente, umweltfreundliche und funktionserhaltende Rückgewinnung zu ermöglichen. »ReUse« unterstützt die politischen Ziele des Europäischen »Green Deal«, indem es technologische und ökologische Defizite im Recycling von Altbatterien adressiert.

Kontakt:
 Dr. Claudia Stauch
claudia.stauch@isc.fraunhofer.de



Finanziert von der Europäischen Union



www.reuse-batteries.eu

IDcyclIB – Projekterfolg für nachhaltige Batteriefertigung

Das durch das Bundesministerium für Forschung, Technologie und Raumfahrt (BMFTR) geförderte Projekt »IDcyclIB«, wurde im Dezember 2024 erfolgreich abgeschlossen. Es hat mit einem Budget von rund 7 Millionen Euro die gesamte Wertschöpfungskette der Batterieherstellung adressiert und maßgeblich zur Entwicklung von nachhaltigen Lithium-Ionen-Batterien beigetragen. Ein zentrales Ergebnis der Arbeit des Fraunhofer ISC im Projekt war die Umstellung der Kathodenproduktion auf einen wasserbasierten Prozess, was die Umweltfreundlichkeit der Fertigung erheblich verbessert. Zusätzlich wurden umweltfreundliche Materialien und Prozesse in der Elektrodenherstellung eingeführt, darunter der Einsatz von Zellulose als Binder anstelle von schädlichen Substanzen wie PVDF (Polyvinylidenfluorid) und NMP (N-Methyl-2-pyrrolidon). Der neue wasserbasierte Prozess bietet nicht nur Vorteile für die Batterieproduktion, sondern auch für das spätere Recycling.

Ein weiterer wichtiger Aspekt des Projekts war die Entwicklung eines digitalen Batteriepasses, der eine eindeutige Identifikation und Rückverfolgbarkeit von Batteriezellen ermöglicht. Dieser Pass, unterstützt durch fälschungssichere Marker, ermöglicht die digitale Erfassung und den Austausch von Produktionsdaten und erhöht Sicherheit und Effizienz bei der Rückgewinnung von Batteriematerialien. Im Bereich des »Direct Recycling« wurden Fortschritte erzielt, die eine funktionserhaltende Rückgewinnung von Batteriematerialien ermöglichen. Neue, wasserbasierte Recyclingverfahren ließen sich erfolgreich in einen Pilotmaßstab überführen und erwiesen sich bereits in diesem frühen Stadium als wirtschaftlicher im Vergleich mit herkömmlichen Methoden. Die elektrohydraulische Zerkleinerung erlaubt eine saubere Trennung der Materialfraktionen, während moderne Messtechnologien eine schnelle Analyse der Materialzusammensetzung ermöglichen. Insgesamt zeigte das Projekt »IDcyclIB« signifikante Fortschritte in Richtung einer nachhaltigen und wirtschaftlichen Batterieproduktion und -verwertung.

Kontakt:
 Dr. Andreas Flegler
andreas.flegler@isc.fraunhofer.de

Gefördert durch:



Bundesministerium für Forschung, Technologie und Raumfahrt

RecyLIB – Umweltbelastung durch Batterien reduzieren, Ressourcen und Energie sparen

Das Projekt »RecyLIB« zielte darauf ab, die Umweltbelastung durch Batterien zu reduzieren und die Ressourceneffizienz zu verbessern. Gefördert durch das europäische ERA-MIN Programm und nationale Förderorganisationen, entwickelte das Projektkonsortium innovative Verfahren zur Batterieelektrodenherstellung und zum direkten Recycling von Lithium-Ionen-Batterien. Das entwickelte Herstellungsverfahren ermöglichte die Verwendung von recyceltem Material, wodurch das aktive Funktionsmaterial nach der Lebensdauer der Batterie mit hoher Ausbeute und Qualität zurückgewonnen und direkt in den Elektrodenherstellungsprozess reintegriert werden konnte, ohne die Zelleistung zu beeinträchtigen.

Das »RecyLIB«-Team, koordiniert vom Fraunhofer ISC, nutzte wasserbasierte Trennverfahren wie die elektrohydraulische Fragmentierung und Zentrifugation, um Batteriematerialien schonend zurückzugewinnen. Außerdem wurde eine schmelzprozessbasierte und damit lösemittel- und PFAS¹-freie Elektrodenherstellung weiterentwickelt. Das Projekt untersuchte außerdem die Leistungsfähigkeit und das Alterungsverhalten von Batteriezellen, die entweder aus Primärrohstoffen oder aus recyceltem Material hergestellt wurden.

Ein zentrales Ziel von »RecyLIB« war die Entwicklung einer Prozesskette für die Reintegration von bis zu 25 Gew.-% recyceltem Elektrodenmaterial in neue Batterien. Die Ergebnisse zeigen, dass Zellen mit regeneriertem Material über 90 % der Kapazität im Vergleich zu Zellen mit 100 % Neumaterial erreichen. Im Projekt wurde zudem eine umfassende Nachhaltigkeitsbewertung durchgeführt, die sozio-ökologische Auswirkungen, Lebenszyklusanalyse und Kreislauffähigkeitsbewertung berücksichtigte. »RecyLIB« leistet somit einen wichtigen Beitrag zu einem nachhaltigen, zirkulären Batterieökosystem in Europa. Das Projekt endete im Juli 2025.

<https://recylib.eu>



Kofinanziert von der Europäischen Union

Kontakt:
Dr. Michael Hofmann |
michael.hofmann@isc.fraunhofer.de

¹ PFAS: Per- und polyfluorierte Alkylverbindungen

REWIND – erste Nachwuchsgruppe etabliert für »Kompetenzzentrum direktes Recycling«

Das 2024 gestartete Projekt »REWIND« spielt eine zentrale Rolle in der Entwicklung einer umweltfreundlichen Mobilität und nachhaltigen Energieversorgung durch die Verbesserung der Recyclingfähigkeit von Lithium-Ionen-Batterien. Im Rahmen des BattFutur Programms des BMFTR zielt REWIND darauf ab, die Ressourceneffizienz zu steigern und CO₂-Emissionen zu reduzieren. Ein wesentlicher Bestandteil des Projekts ist die Förderung von wissenschaftlichen Nachwuchskräften, um den Fachkräftemangel in der Batterieforschung zu bekämpfen.

»REWIND« verfolgt einen zirkulären Ansatz, der eine recyclingfreundliche Lithium-Ionen-Batterie entwickelt, deren Komponenten nahezu vollständig zurückgewonnen werden können. Dies ermöglicht eine direkte Wiederverwendung der Rezyklate in der Zellfertigung. Trotz der Vorteile des direkten Recyclings zeigte sich bei der Verwendung herkömmlicher direkter Recyclingverfahren ein Verlust der Funktionsmaterialien, was eine industrielle Umsetzung verhinderte. REWIND adressiert diese Herausforderungen durch recyclinggerechtes Material- und Zelldesign und durch die Weiterentwicklung von Markern für die Kennzeichnung von Zellinhalten, um die Separation von Anode und Kathode zu erleichtern.

Das Projekt fokussiert sich auf Lithiumeisenphosphat (LFP) und untersucht die Übertragbarkeit auf Natrium-Ionen-Batterien, um die Anwendungsmöglichkeiten zu erweitern. »REWIND« baut auf bestehenden Projekten auf und strebt den Aufbau eines Kompetenzzentrums für direktes Recycling an, das als Plattform für Industriekontakte dienen soll.

Insgesamt steht »REWIND« für nachhaltige technologische Innovation, die das Batterierecycling grundlegend transformieren soll und einen entscheidenden Beitrag zu einer nachhaltigeren mobilen Zukunft leisten kann.

Kontakt:
Dr. Andreas Flegler
andreas.flegler@isc.fraunhofer.de





Ein Highlight für alle Akteure der Batterieforschung:

Die »2nd Conference on Direct Battery Recycling« im Februar 2026 in Würzburg!



direct-recycling-conference.de

Batterieforschung

Forschungsschwerpunkt »State of Health – State of Charge«

SPARTACUS und PHOENIX – zwei BATTERY 2030+ Projekte zu Batteriesensorik und »Selbstheilung« (Self Healing)

Die im Rahmen der BATTERY 2030+ Initiative durchgeführten und von der EU geförderten Projekte »SPARTACUS« und »PHOENIX« zielen auf eine sensorbasierte Zustandsüberwachung von Batterien ab. »SPARTACUS«, koordiniert vom Fraunhofer ISC, endete im Frühjahr 2024 und erforschte verschiedene batterieintegrierte Sensortypen zur genauen Bestimmung des Lade- und Gesundheitszustands von Batteriezellen. Die Ergebnisse zeigten, dass dielektrische Elastomersensoren zur Überwachung der Ausdehnung der Zelle kritische Zellzustände wie das Überladen zehn Minuten früher als die üblicherweise eingesetzten Gassensoren erkennen können. Die zusätzliche Zeit verbessert das Sicherheitsmanagement bei kritischen Batteriezuständen. Zudem konnte gezeigt werden, dass durch eine Steuerung des Ladevorgangs, unterstützt durch eine zellnahe Temperatursensorik, die Ladezeit um 13 % verkürzt werden kann.

Das Nachfolgeprojekt »PHOENIX« baut auf diesen Erkenntnissen auf und untersucht Selbstheilungsmechanismen in Lithium-Ionen-Batterien mit dem Ziel, die Lebensdauer der Batterien zu steigern. In verschiedenen Batterie-Generationen, einschließlich der Generationen 3b (Lithium-Ionen) und 4a (Festkörperelektrolyten), werden unterschiedliche Degradationen und Selbstheilungsmechanismen erforscht. Ziel ist es, die Zyklenfestigkeit der selbstheilenden Polymere auf über 1200 Zyklen zu erhöhen und die spezifische Kapazität der Siliziumanoden um 20 % im Vergleich zum Stand der Technik zu steigern.

Das Fraunhofer ISC entwickelt die in »SPARTACUS« getesteten Elastomersensoren weiter, um die Ausdehnung von selbstheilenden Batteriezellen präzise zu erfassen. Innovative Auslösemechanismen für die Selbstheilung wie »HASEL«-Aktoren (s. auch S. 38) und selbstregulierende Widerstandsheizungen werden implementiert, um eine gezielte Aktivierung der Selbstheilung über Druck und Temperatur zu ermöglichen. Somit wird die Effizienz, Lebensdauer und Sicherheit von Batterien nachhaltig verbessert.

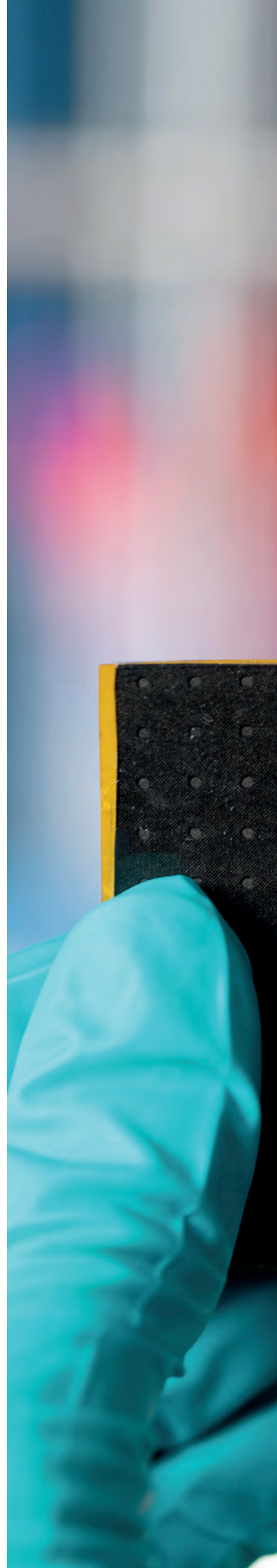
Kontakt:

Johannes Ziegler

johannes.ziegler@isc.fraunhofer.de



Finanziert von der Europäischen Union





We re-invent the way of
inventing battery materials«

Kristina Edström | BATTERY 2030+



Hier finden Sie mehr Informationen zu den beiden
Projekten »SPARTACUS« & »PHOENIX«



spartacus-battery.eu



phoenix-smartbatteries.eu

MADAM4Life – mechanische Alterungsdiagnostik mit Dehnungsmessstreifen, Dilatation, Druck, Akustik und Modalanalyse zur Lebensdauervorhersage

Das Projekt »MADAM4Life« hatte das Ziel, die Lebensdauer von Lithium-Ionen-Batteriezellen (LIBs) durch non-invasive mechanische Alterungsdiagnostik zu optimieren. Hierbei wurden verschiedene mechanische Messmethoden eingesetzt und deren Eignung für die Zustandsüberwachung der Batteriezellen in Echtzeit analysiert, z. B. Dehnungsmessung, Dilatation, Druck, Akustik und Modalanalyse.

Ein weiterer Schwerpunkt lag auf der Entwicklung eines Messverfahrens zur Überwachung des Innendrucks der Zellen, wobei die Ergebnisse mit den Dehnungsdaten korreliert werden sollten. Durch die Kombination dieser Methoden konnte ein tieferes Verständnis für die mechanischen Veränderungen in den Zellen beim Laden und Entladen geschaffen werden. Dieses Vorgehen bildet die Grundlage, um Alterungsprozesse in den Zellen besser zu verstehen.

Die Erstellung einer umfangreichen digitalen Datenbasis angepasster Alterungstests wurde ebenfalls im Projekt adressiert. Detaillierte Modelle unterstützten die

Analyse der Ultraschall-Signalausbreitung in Relation zu Alterungsphänomenen und ermöglichten eine physikalische Beschreibung von Druck- und Temperaturänderungen. Ultraschalluntersuchungen und Datenerfassung während der Alterung zur Schätzung von Ladungszustand (State of Charge) und Gesamtzustand (State of Health) wurden im Projekt vom Fraunhofer ISC durchgeführt. Ebenfalls vom Fraunhofer ISC wurde eine mechanische Ladungszustandskarte erstellt, die als Basis zur Vorhersage der verbleibenden Nutzungsdauer von Lithium-Ionen-Batteriezellen herangezogen werden kann (»Remaining Useful Life«, RUL).

Die mechanischen Messmethoden unterstützten die Entwicklung innovativer Diagnostikverfahren für Batterie-Management-Systeme mit genauerer Bestimmung des State of Health. Kombiniert mit einem empirischen Alterungsmodell dienen die Dehnungsdaten dazu, die Lebensdauer der Batteriezellen vorherzusagen und durch genauere Kriterien für das Ende der Nutzungsdauer den Batteriebetrieb zu verlängern beziehungsweise die Batterien für eine weitere Nutzung in anspruchloseren Anwendungen (»Second Life«) zu qualifizieren.

Kontakt:

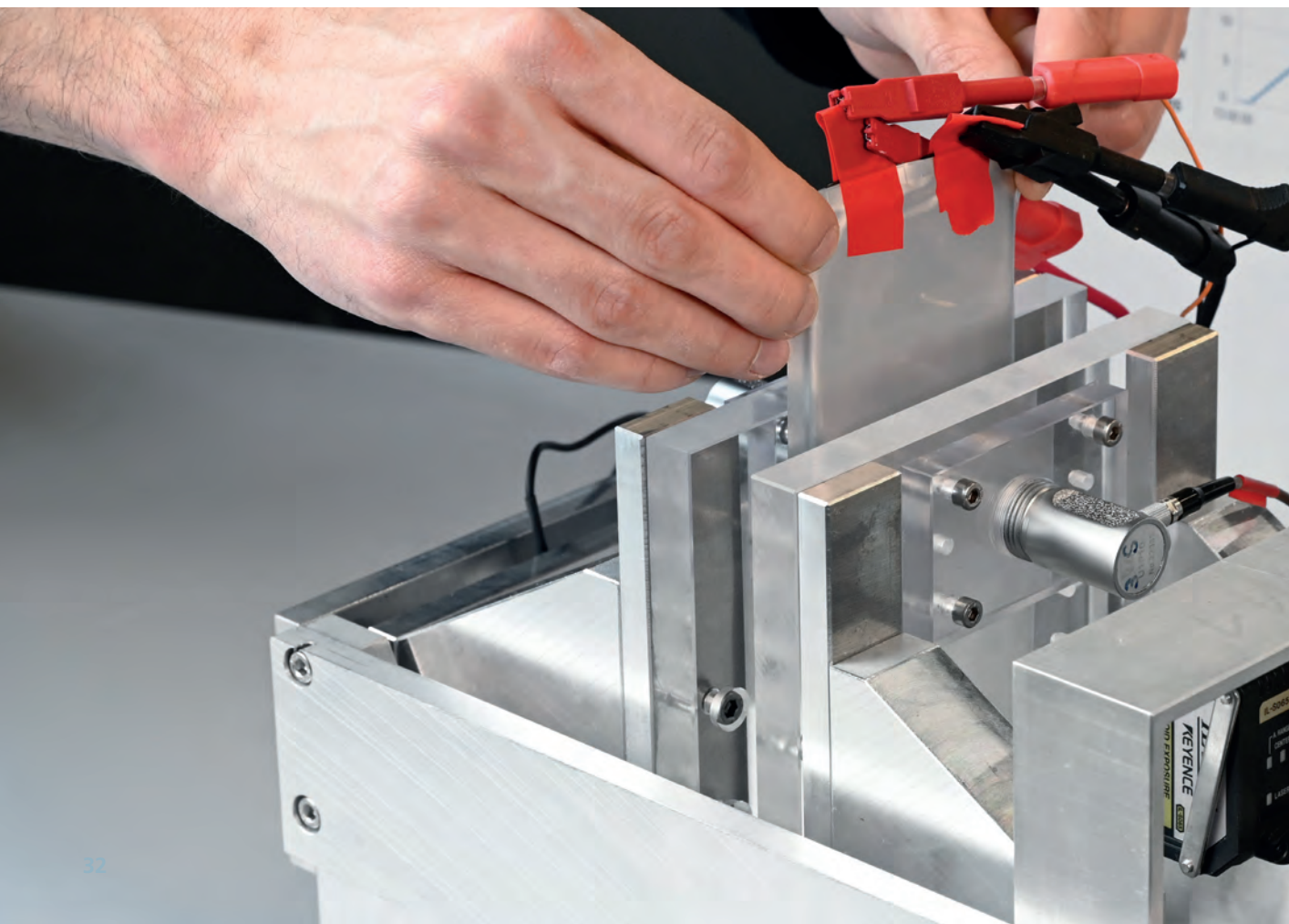
Dr. Sarah Hartmann

sarah.hartmann@isc.fraunhofer.de

Gefördert durch:



Bundesministerium
für Forschung, Technologie
und Raumfahrt



HealthBatt – besseres Batteriemanagement durch umfassende Datenerfassung und Analyse

Das Projekt »HealthBatt« hat sich zum Ziel gesetzt, die Effizienz und Sicherheit von Batteriesystemen durch einen innovativen Multi-Sensoransatz zu verbessern. In diesem Forschungsprojekt, das vom Bundesministerium für Wirtschaft und Energie im Rahmen der Förderinitiative »Forschung in der Schwerpunktförderung Batteriezellfertigung« gefördert wird, arbeitet das Fraunhofer ISC gemeinsam mit den Partnern daran, ein ganzheitliches Sensorik-Konzept zu entwickeln.

Aktuelle Batterie-Management-Systeme in Elektrofahrzeugen erfassen überwiegend thermische und elektrische Daten. »HealthBatt« erweitert diesen Ansatz, indem zusätzliche Belastungen wie mechanische Stöße, Vibrationen und Feuchtigkeit berücksichtigt werden. Durch die Kombination von Schadensanalysen und intelligenter Datenauswertung soll die Lebensdauer von Batteriespeichern präziser abgeschätzt werden. Dadurch können

auch unerwartete Ausfälle von Batterien vermieden und die Möglichkeit einer nachgelagerten Nutzung der Batterien in stationären Energiespeichersystemen ermöglicht werden.

Das Projekt implementiert eine innovative Integration der Sensorik, die sowohl in neuen als auch in bestehenden Batteriedesigns eingesetzt werden kann. Das Fraunhofer ISC arbeitet an der Prüfmethodik zur Zustandsbewertung der Zellen und führt Post Mortem Analysen durch. Ein digitales Modell, das die Belastungshistorien und den Zustand der Batteriespeicher analysiert, ermöglicht eine präzise Restlebensdauerabschätzung.

»HealthBatt« stellt einen bedeutenden Fortschritt in der nachhaltigen Nutzung von Batterien dar und trägt zur Ressourcenschonung sowie zur Verlängerung der Wertschöpfungskette im Materialkreislauf bei.

Kontakt:

Dr. Sarah Hartmann

sarah.hartmann@isc.fraunhofer.de

Gefördert durch:



Bundesministerium
für Wirtschaft
und Energie



Batterieforschung

Schwerpunkt »Fachkräfteausbildung«

Das FZEB des Fraunhofer ISC engagiert sich bei der Fachkräfteausbildung im Bereich der Elektromobilität und Batterietechnik im nationalen und europäischen Rahmen. Neben Grundlagenwissen vermitteln die Forschenden des Fraunhofer ISC insbesondere Themen, die in den verschiedenen öffentlichen Forschungsprojekten erarbeitet wurden, so zum Beispiel im Bereich des Batterierecyclings, der Automatisierung, des Batterietestings oder der Bewertung zukünftiger Batteriegenerationen. Durch diese Aktivität will das Fraunhofer ISC einen aktiven Beitrag leisten, um die deutsche und europäische Wirtschaft zu stärken und die Wettbewerbsfähigkeit zu verbessern. Die FZEB-Forschenden bringen hier in verschiedenen Bildungsinitiativen ihre Expertise ein.

Das »**B³ Batterie-Bildungsnetzwerk Bayern (B3)**« leistet einen substanziellen Beitrag durch passgenaue Qualifikationskonzepte für Industrie, kleine und mittlere Unternehmen sowie deren Beschäftigte in Bayern und bietet Qualifizierungsangebote mit hohem Praxisbezug. Das Fraunhofer ISC bietet im Rahmen dieses Netzwerks z. B. den Einstiegskurs »Lithium-Ionen-Batterien« und die weiterführenden Kurse »Batteriematerialien für Lithium-Ionen-Akkus, Recycling von Lithium-Ionen-Batterien – aktueller Stand und Zukunftsperspektiven« sowie »Arbeits-, Gesundheits- und Umweltschutz bei Lithium-Ionen-Batterien – Grundlagen und Sicherheitsstrategien« an.

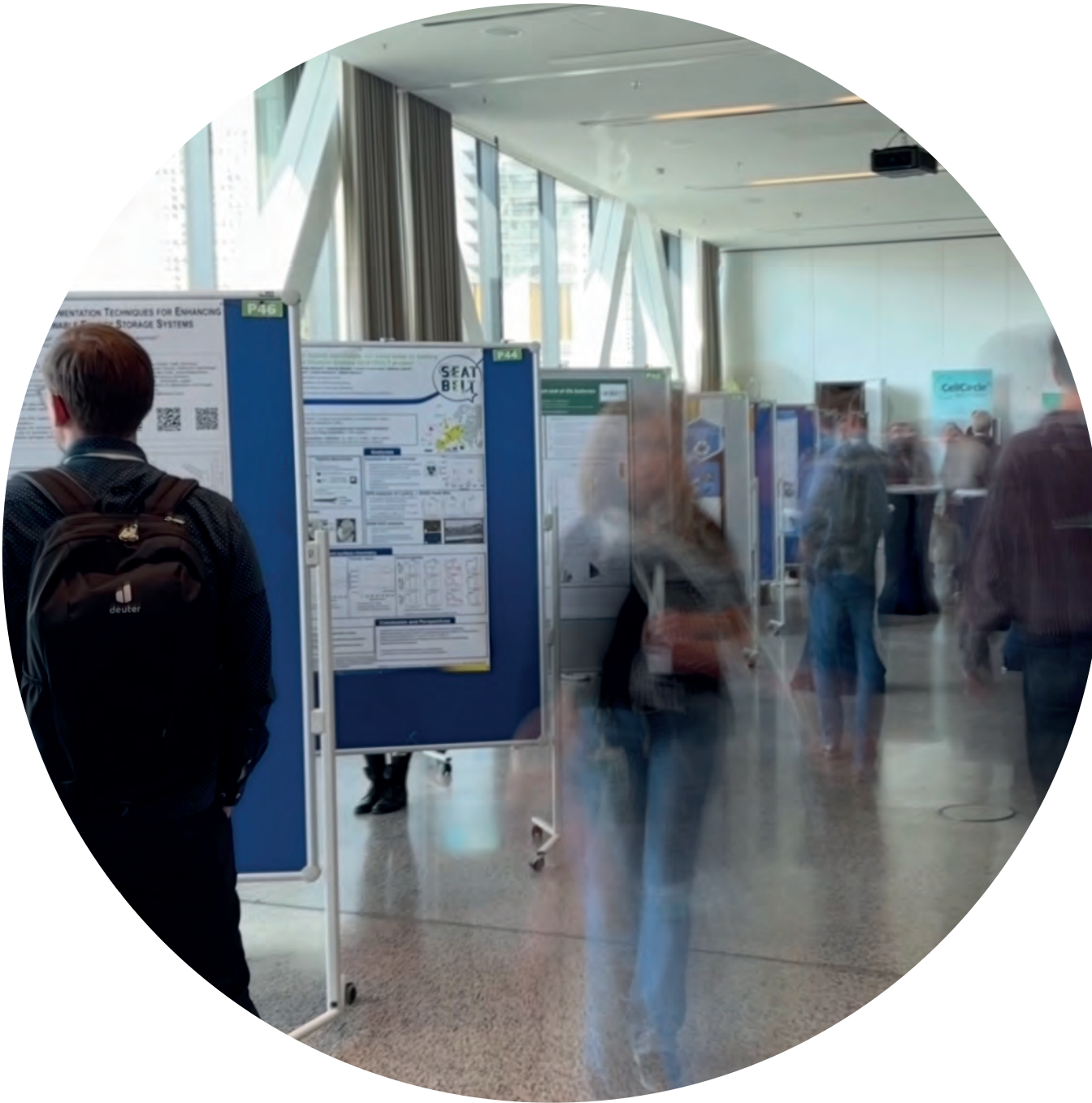
Der »**European Battery Business Club (EBBC)**« ist eine wichtige Initiative zur Deckung des wachsenden Bedarfs an qualifizierten Fachkräften auf dem Batteriesektor Europas. Das von EIT Raw Materials und der Europäischen Union finanzierte Projekt wird von einem renommierten internationalen Konsortium unter Leitung der Fraunhofer-Gesellschaft durchgeführt. Weitere Mitglieder des Konsortiums sind die Universität Uppsala, die Universität Ljubljana und Industriepartner wie ACC, Northern Graphite und Orano. Gemeinsam wurde ein innovatives Lernprogramm entwickelt, das auf die Bedürfnisse des europäischen Batteriemarktes zugeschnitten ist. Das Schulungsangebot deckt verschiedene Themen ab, z. B. Batteriewirtschaft und Markt, Digitalisierung und Datenanalyse, Materialkunde und Zellproduktion, Recycling und Kreislaufwirtschaft. Das Fraunhofer ISC wirkt an der Konzeption wie auch am Kursangebot mit. EBBC richtet sich primär an Fachkräfte aus der Batterieindustrie, die sich mit wirtschaftlichen, technologischen und digitalen Aspekten der Wertschöpfungskette befassen möchten.

Das »**Europäisches Lernlabor Batteriezone, kurz ELLB**«, ist angegliedert an die Fraunhofer-Einrichtung »Forschungsfertigung Batteriezone FFB«. Das Projektteam, zusammengesetzt aus der Fraunhofer Academy, der FFB, Fraunhofer-Expert:innen aus zahlreichen Fraunhofer-Instituten sowie Hochschul- und Industriepartnern, baut ein kontinuierlich erweitertes Weiterbildungsangebot mit einem modernen, breit gefächerten Curriculum rund um die Batterietechnologie auf. ELLB spricht ein breiteres Publikum an: von Studierenden und Auszubildenden bis hin zu Fach- und Führungskräften aus unterschiedlichen Branchen, die sich in der Batteriezonefertigung weiterbilden oder umschulen möchten. Das Fraunhofer ISC steuert auch hier Expertise bei und wirkt an den Ausbildungsmodulen mit.

Kontakt:

Dr. Guinevere Giffin

guinevere.giffin@isc.fraunhofer.de



European Battery Business Club



<https://www.batterybusinessclub.com>

Europäisches Lernlabor Batteriezelle



<https://www.ellb.fraunhofer.de>

Digitalisierung

Verknüpfung von KI und Digitalisierung für eine zukunftsfähige Materialentwicklung

Die Entwicklung von Materialien und Verfahren ist fest in der Forschungs-DNA des Fraunhofer ISC verankert. Das Institut integriert zunehmend digitale Technologien, Künstliche Intelligenz (KI) und maschinelles Lernen, um den oft langwierigen Entwicklungsprozess zu beschleunigen. Ein Beispiel dafür ist die High-Throughput-Anlage zur Entwicklung von Spezialglas, die in erweiterter Form für die »Materials Acceleration Platform« (MAPz@BAM) der Bundesanstalt für Materialprüfung genutzt wird, um die digitalisierte Entwicklung von Glasrezepturen voranzutreiben. Die Lösungen gehen mittlerweile jedoch weit darüber hinaus.

BIG-MAP – beschleunigte Materialentwicklung

Die wachsende globale Energienachfrage und aktuelle Gasengpässe in Europa unterstreichen die Notwendigkeit, nachhaltige Materialien für Energieerzeugung und -speicherung zu entwickeln, um den Herausforderungen der Klimakrise wirksam zu begegnen. Hochentwickelte, anwendungsoptimierte »Advanced Materials« spielen dabei eine Schlüsselrolle: Rund 20 % der industriellen Wertschöpfung und etwa 70 % aller technologischen Innovationen basieren auf ihnen. Politische Initiativen wie der europäische »Green Deal Industrial Plan« fördern den Übergang zur Klimaneutralität und stärken zugleich die industrielle Wettbewerbsfähigkeit, während das »Materials 2030 Manifesto« eine verstärkte systemische Zusammenarbeit im Bereich fortschrittlicher Materialien fordert.

»Material Acceleration Platforms« (MAPs) beschleunigen die Entwicklung innovativer Materialien, indem sie computer-gestützte und experimentelle Methoden mit digitalen und KI-basierten Werkzeugen kombinieren. Durch die Automatisierung von Experimenten und wiederkehrenden Laboraufgaben ermöglichen MAPs eine effizientere und kostengünstigere Forschung und schaffen Freiräume für die Bearbeitung komplexer wissenschaftlicher Fragestellungen. Eine MAP vereint Hardware, Software und eine vernetzte Forschungscommunity: Automatisierte Laborsysteme führen Experimente durch, während Softwarelösungen Datenmanagement, KI-gestützte Versuchsplanung und Wissensintegration übernehmen. Das europäische Projekt »BIG-MAP« als zentraler Bestandteil der Initiative BATTERY 2030+ verfolgte das Ziel, die Entdeckungsrate neuer Batteriematerialien innerhalb von fünf bis zehn Jahren um das Fünf- bis Zehnfache zu erhöhen. Hierzu wurde ein europaweites Netzwerk für den standardisierten Austausch, die Erfassung und Ontologisierung von Batteriedaten aufgebaut. Das Fraunhofer ISC war als Projektpartner maßgeblich an dieser Entwicklung beteiligt und hat in Würzburg eine KI-gestützte Infrastruktur mit autonomer Syntheserobotik etabliert. Diese erlaubt die selbstständige, iterative Optimierung von Syntheseprotokollen, bis die gewünschten Materialeigenschaften erreicht sind.

<https://www.big-map.eu>



Finanziert von der Europäischen Union

Kontakt:

Dr. Simon Stier | simon.stier@isc.fraunhofer.de

MaRA-Print – Marktflexibilität und Resilienzsteigerung durch Anlagenplattformen robotergeführter Drucktechnologien

Das Projekt »MaRA-Print« zielte darauf ab, industrietaugliche Applikationsmodule für additive Fertigungstechnologien zu entwickeln und in einer integrierten Produktionsplattform zu kombinieren. Die Module sollen flexibel interagieren, um eine bedarfsgerechte Plattform für die Herstellung unterschiedlicher Produkte zu ermöglichen. So können Funktionselemente wie Sensoren, Aktoren, Optiken oder Leuchtanzeigen schnell und mit geringem Aufwand hergestellt, in unterschiedlichste Produkte integriert und die flexible Herstellung von individuell angepassten Prototypen aus Metall und Kunststoff ermöglicht werden. Im Rahmen des durch die Fraunhofer-Gesellschaft finanzierten »MaRA-Print«-Projekts hat das Center Smart Materials and Adaptive Systems CeSMA eine modulare Roboteranlage entwickelt, die so ausgelegt ist, dass sie selbstständig Prozessparameter evaluieren und optimieren kann.



Diese Anlage stellt beispielsweise smarte Aktoren für weiche Robotergriffe oder Elastomersensoren per Inkjet- und Dispensverfahren inklusive aufgedruckter Leiterbahnen in Kleinserien her. Der innovative Aufbau der modularen Plattform minimiert zeitraubende Werkzeugwechsel und automatisiert die Produktionsschritte effizient. Ein einfacher Produktionswechsel ist möglich, da lediglich die Funktionsmodule ausgetauscht werden müssen. Die Robotersteuerung lässt auch eine Bearbeitung 3D-geformter Oberflächen zu. Die Anlage wird kontinuierlich optimiert und erweitert, z. B. durch eine intuitive Gerätesteuerung oder zum kontrollierten Versiegeln bei der Herstellung von Aktuatoren. Sie wird in aktuellen Forschungsprojekten zur Fertigung und Bemusterung eingesetzt, beispielsweise für die im nachfolgenden Projektbericht zu »SoMaRo – Soft Materials Robotics« – erwähnten »HASEL«-Aktoren.

Kontakt: Gerhard Domann | gerhard.domann@isc.fraunhofer.de

Sensorik

Innovative Technologien zur Verbesserung der Interaktion und Lebensqualität durch adaptive Materialien

SoMaRo – Robotik mit weichen Materialien (Soft Materials Robotics)

Roboterassistierte Automation ist in vielen Branchen auf dem Vormarsch. Aktuelle starre Greifwerkzeuge können jedoch weiche und empfindliche Objekte wie Obst und Gemüse nicht ohne Beschädigung handhaben. Erste Entwicklungen von weichen robotischen Greifern scheitern an fehlender Feinsensorik und Regelung, weshalb viele landwirtschaftliche Produkte weiterhin manuell behandelt werden.

Das Fraunhofer ISC und sein Center Smart Materials and Adaptive Systems (CeSMA) arbeiten im Projekt »SoMaRo« an einer innovativen Greiftechnik für Industrieroboter. Diese basiert auf weichen, adaptiv regelbaren weichen Kinematiken mit integrierten weichen Aktuatoren, Sensoren und Elektronik. Die entwickelten Materialien lassen sich gezielt verformen und in ihrer Festigkeit steuern. Durch die Kombination dieser Komponenten entstehen sensible Greifer, die Objekte ähnlich wie die menschliche Hand umschließen und halten können. Kern der Technologie sind sogenannte »HASEL«-Aktoren, die elektrostatische und hydraulische Kräfte kombinieren. Mit dem Projekt wurde die Grundlage für eine Technologieplattform adaptiver Softgreifer geschaffen, die in bestehende Roboter-Systeme integriert werden kann. Zwei modulare Roboter-Greifwerkzeuge wurden als Demonstratoren zur automatisierten Handhabung empfindlicher Lebensmittel entwickelt. Die Technologie ist auch für Produktionsprozesse in anderen Bereichen mit empfindlichen Gütern von Interesse.

Kontakt:

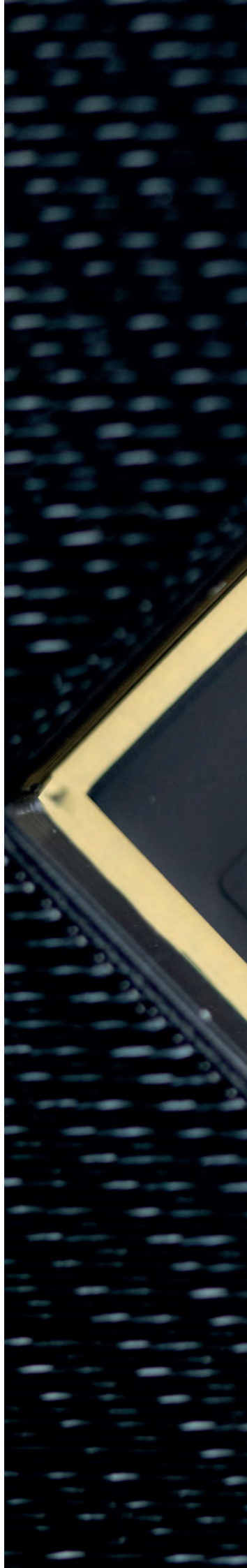
Gerhard Domann | gerhard.domann@isc.fraunhofer.de

HILDE – haptische Schnittstellen für lebendige Erfahrungen

Im Jahr 2018 lebte ein Drittel der über 65-Jährigen in Deutschland allein, bei den über 90-Jährigen sogar fast 70 %. Die soziale Teilhabe älterer Menschen nimmt ab, was durch die Corona-Pandemie verstärkt wurde. Dies hat den Bedarf an Strategien zur Überbrückung sozialer Distanzen aufgezeigt. Soziale Netzwerke verbessern die Lebensqualität im Alter und freundschaftliche Beziehungen schützen gegen Vereinsamung. Eine freundliche Berührung, Umarmung oder Gesten spielen eine zentrale Rolle im sozialen Austausch. Im Projekt »HILDE« werden Objekte des Alltags wie Decken, Kuscheltiere oder andere Gegenstände mit interaktiven haptischen Eigenschaften ergänzt und so z. B. Videotelefonie und Kommunikation fühlbar gemacht. Die interaktiven Objekte erleichtern den Kontakt zu Freunden und Verwandten und ermöglichen gemeinsame Aktivitäten wie Spiele über Distanz. Sie verbinden Alltagsgegenstände mit digitalen Informationen und machen die Technik weniger auffällig und akzeptabler für ältere Menschen mit psychischen oder motorischen Einschränkungen. Das Fraunhofer ISC arbeitet an der Weiterentwicklung der adaptiven Materialien für die haptischen Komponenten und zielt mit seinen Kooperationspartnern, der Hochschule für Technik und Wirtschaft Dresden, der Charité und Awesome Technologies darauf ab, die Kommunikation mit fühlbaren Benutzerschnittstellen zu verbessern und Einsamkeit zu bekämpfen.

Kontakt:

Dr. Bernhard Brunner | bernhard.brunner@isc.fraunhofer.de





SoMaRo Förderung:
Fraunhofer-Gesellschaft PREPARE
Laufzeit: 04/2021 – 03/2024

HILDE Förderung:
Bundesministerium für Forschung, Technologie
und Raumfahrt BMFTR
Laufzeit 05/2023 - 04/2026

NewSpace

Strategische Forschung für zukunftsweisende Entwicklungen in der Raumfahrt

VLEO – Kleinsatelliten schneller und günstiger fertigen

Das Projekt »VLEO« zielt darauf ab, die Herstellung von Kleinsatelliten für niedrige Umlaufbahnen (Very Low Earth Orbits VLEOs) effizienter und kostengünstiger zu gestalten. Drei Fraunhofer-Institute und das Zentrum für Telematik e.V. in Würzburg erforschen innovative Materialien, Fertigungsprozesse und automatisierte Qualifikationstests, um die Produktionskosten zu senken und die Fertigungsgeschwindigkeit zu erhöhen.

Mit einer Förderung von fast 2 Millionen Euro durch das Bayerische Wirtschaftsministerium wird die Grundlage für serientaugliche Fertigungsverfahren gelegt. Dieser Ansatz fördert die Möglichkeit einer hochskalierbaren Serienfertigung, insbesondere im Bereich der Satellitenkommunikation und Erdbeobachtung.

Damit sollen niedrigere Herstellungskosten ermöglicht werden, die auch für kleinere Unternehmen eine risikominimierte Teilnahme an Weltraummissionen erlauben. Angesichts der Prognose, dass bis 2030 über 90 Prozent der neu gestarteten Satelliten Kleinsatelliten sein werden, stärkt das Projekt die Wettbewerbsfähigkeit des deutschen »NewSpace«-Markts und eröffnet langfristige Perspektiven für die Branche in Bayern und darüber hinaus.

Kontakt:

Dr. Stephan Busch | stephan.busch@emi.fraunhofer.de

Dr. Victor Trapp | victor.trapp@isc.fraunhofer.de



gefördert durch den Freistaat Bayern

NeT pioneer – Testkapazitäten für Kleinsatelliten-Komponenten

Im Rahmen des Projekts »Net Pioneer« bündelt die Fraunhofer-Gesellschaft ihr Test-Know-how, um den gesamten Lebenszyklus von Satelliten abzudecken. Durch digitale Techniken, Standardisierung und Automatisierung soll eine digitale »NewSpace«-Teststraße realisiert und so die notwendigen Testkapazitäten für typische Qualifizierungs- und Verifizierungsschritte in Deutschland bereitgestellt werden. Angesichts der wachsenden Entwicklung des »NewSpace«-Sektors adressiert dieses Projekt eine kritische Lücke in den vorhandenen Testfähigkeiten und -kapazitäten. Durch die Optimierung der Testumgebungen und die Anpassung an neue Marktanforderungen soll nicht nur die Qualität und Zuverlässigkeit zukünftiger Satelliten des »NewSpace«-Sektors verbessert werden, sondern auch die Grundlage für eine führende Rolle Deutschlands in der zukünftigen Raumfahrtindustrie gelegt wird.

Das Fraunhofer ISC steuert in »NeT pioneer« seine Expertise beim Aufbau robotergestützter und digitalisierter Technikplattformen bei. Koordiniert wird das Projekt von der Allianz Fraunhofer Aviation & Space.

Kontakt:

Dr. Victor Trapp | victor.trapp@isc.fraunhofer.de

Gefördert durch:



Bundesministerium
für Forschung, Technologie
und Raumfahrt

»NewSpace« bei
Fraunhofer ISC



© Bild KI-generiert mit FhGenie

StellarHeal – fortschrittliche Wundversorgung

In der Raumfahrt verursachen Schwerelosigkeit und erhöhte Strahlenbelastung bei der Heilung von Verletzungen häufig fibrotische Prozesse, was zu verzögerter Heilung und verstärkter Narbenbildung führt und die Gesundheit von Astronauten beeinträchtigt.

Das Projekt »StellarHeal«, durchgeführt vom Fraunhofer ISC mit seinem Translationszentrum für Regenerative Therapien, Fraunhofer ITEM und dem Institut für Luft- und Kältetechnik ILK Dresden, entwickelt eine innovative, kryokonservierbare zellbasierte Lösung zur Wundheilung im Weltraum, die auch bei chronischen Krankheiten auf der Erde eingesetzt werden kann. »StellarHeal« kombiniert ein blutungsstillendes Material mit einem kryokonservierbaren Hydrogel sowie Zellen, die vorbereitend aus den Stammzellen der Astronaut:innen gewonnen werden. Diese Lösung soll fibrotische Prozesse reduzieren und die Regeneration beschleunigen.

Die Vorteile für die Raumfahrt sind erheblich: einfache Selbsthilfe, schnellere Genesung, geringeres Infektionsrisiko, fibrosefreie Wundheilung und vollständige Abbaubarkeit. Auch auf der Erde profitieren Patient:innen mit chronischen Wunden, von denen in Deutschland über vier Millionen Menschen betroffen sind, was jährliche Kosten von etwa acht Milliarden Euro verursacht.

Das Projektteam wurde bei den »InnoSpace Masters 2024« Sieger der »German Space Agency at DLR Challenge« – Gratulation!

Kontakt:

Dr. Dieter Groneberg

dieter.groneberg@isc.fraunhofer.de

ExPFAS – teilautomatisierte Entscheidungshilfe für die PFAS-Substitution

PFAS (per- und polyfluorierte Alkylverbindungen) sind aufgrund ihrer hohen chemischen Stabilität in zahlreichen technischen Anwendungen, insbesondere in der Raumfahrt, weit verbreitet. Ihre extreme Persistenz führt jedoch zu erheblichen Risiken für Umwelt und Gesundheit. Vor diesem Hintergrund hat die Europäische Chemikalienagentur (ECHA) ein umfassendes PFAS-Verbot vorgeschlagen, wodurch der regulatorische Druck deutlich steigt. Zusätzlich verschärft der Rückzug großer Hersteller wie 3M die Verfügbarkeitsrisiken für PFAS-basierte Komponenten im Raumfahrtsektor.

Gleichzeitig eröffnet der wachsende »NewSpace«-Markt Chancen für PFAS-freie Alternativen, da hier zunehmend kosteneffiziente Systeme mit kürzeren Einsatz- und Lebensdauern gefragt sind. Die Substitution von PFAS ist jedoch komplex und erfordert interdisziplinäre Ansätze, die regulatorische, materialwissenschaftliche und technologische Aspekte integrieren.

Das Forschungsprojekt »exPFAS« adressiert diese Herausforderung mit dem Ziel, ein experimentelles, teilautomatisiertes Entscheidungstool zur PFAS-Substitution in der Raumfahrt zu entwickeln. Der Ansatz basiert auf Data-Science-Methoden und reagiert flexibel auf sich ändernde regulatorische Rahmenbedingungen. Langfristig soll ein KI-gestütztes System entstehen, das die Bewertung der Betroffenheit, die strukturierte Analyse der Problemstellung sowie die systematische Ableitung geeigneter Alternativen unterstützt und gemeinsam mit Partnern kontinuierlich validiert wird.

Kontakt:

Dr. Simon Stier

simon.stier@isc.fraunhofer.de

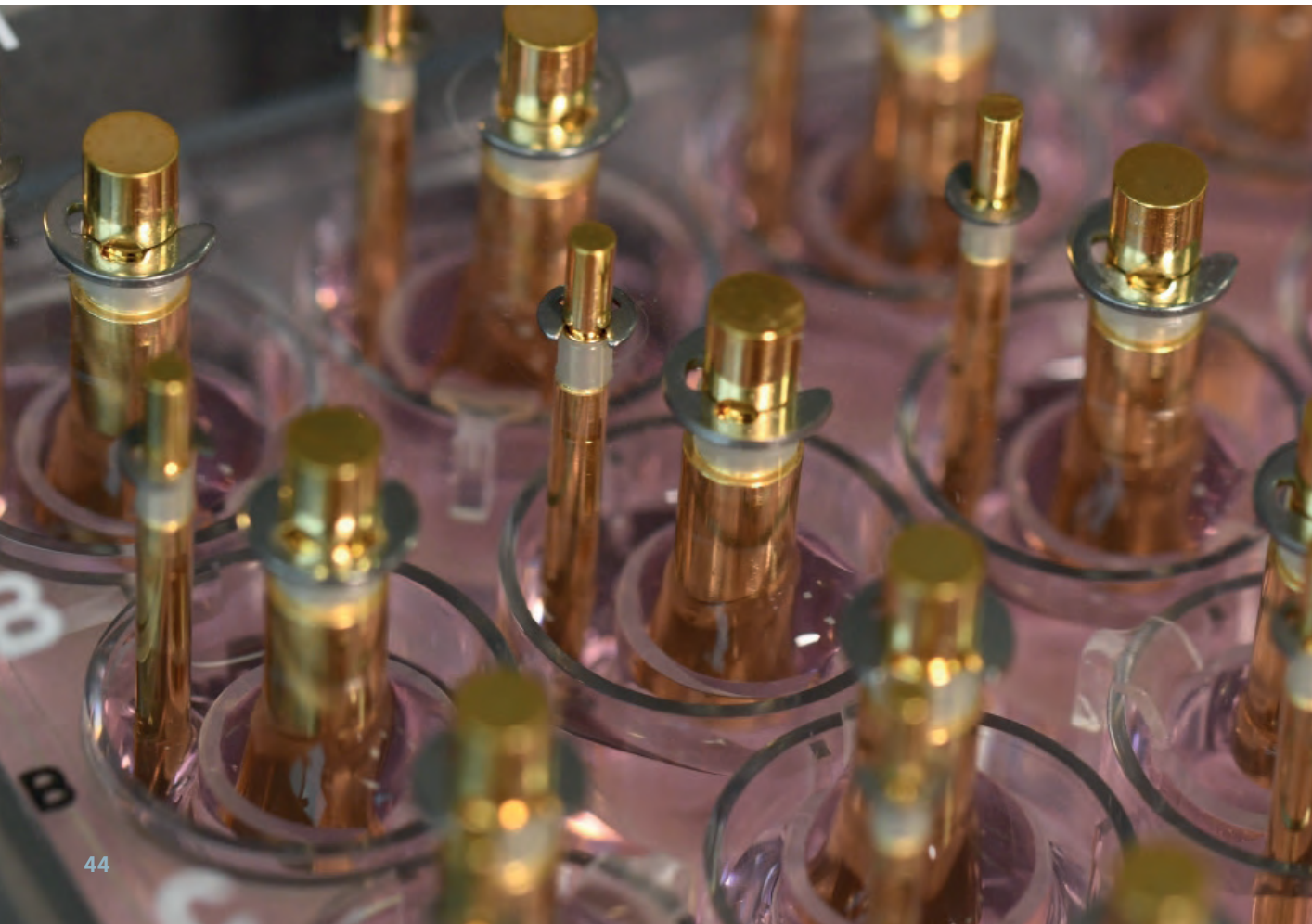


Biomedizin

Die jüngsten Initiativen der amerikanischen Food and Drug Administration (FDA) zum schrittweisen Abbau von Tierversuchen in der Arzneimittelentwicklung markieren einen wichtigen Fortschritt für die Anerkennung und Implementierung alternativer Methoden. Ähnlich setzt sich das Europäische Parlament für einen schnelleren Übergang ein, was die öffentliche Präferenz für tierfreie Forschungspraktiken widerspiegelt.

In-vitro-Gewebe-Modelle gewinnen zunehmend als wertvolle Werkzeuge für regulatorische Bewertungen vor klinischen Studien an Bedeutung, im Einklang mit den 3R-Prinzipien (Replace, Reduce, Refine). Trotz ihres Potenzials stehen Barrieren wie der Bedarf an Standardisierung, Verfügbarkeit und Kosten einer breiten Akzeptanz entgegen. Das Fraunhofer-Translationszentrum für Regenerative Therapien (TLZ-RT) des Fraunhofer ISC hat sich ganz in den Dienst der Weiterentwicklung gestellt.

Mit der Gründung des »WI3R«-Netzwerks und dem gleichnamigen Symposium, das 2024 erstmals stattfand, hat sich das TLZ-RT als wichtiger Kompetenzträger in diesem vielversprechenden wissenschaftlichen Feld etabliert. Die nachfolgend dargestellten Projekte zeigen unterschiedliche Forschungsansätze, die im TLZ-RT dazu aktuell verfolgt werden.



BioCor – Fortschritt in der Lagerung von Augenhornhäuten

Jährlich werden in Deutschland etwa 9000 Transplantationen der Augenhornhaut durchgeführt, damit ist dies die am häufigsten durchgeführte Organtransplantation. Und der Bedarf ist sogar noch höher, aber die Zahl der verwendbaren Spender-Hornhäute reicht nicht, um alle Patienten zu versorgen. Neben der zu geringen Spendenbereitschaft ist auch die Empfindlichkeit der Augenhornhaut bei der Lagerung ein Grund für diesen Mangel. Herkömmliche Lagerungsverfahren in sogenannten Gewebe-Banken führen zu Qualitätsverlusten, sodass viele Hornhäute nicht mehr für eine Transplantation geeignet sind. Das will das Projekt »BioCor« ändern und ein neues Lagerungsverfahren validieren und verfügbar machen.

Herzstück des innovativen Verfahrens ist der neue Bioreaktor, der die natürlichen Bedingungen im Auge nachahmt und so für eine optimale Versorgung der Cornea sorgt. Neben der dynamischen Zellkultur mit kontinuierlicher Nährstoff- und Sauerstoffversorgung ermöglicht ein integriertes Sensor- und Mikroskopiesystem die Überwachung der Hornhäute.

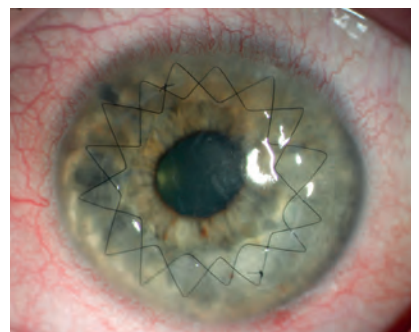
Der patentierte Bioreaktor wurde vom Fraunhofer-Translationszentrum für Regenerative Therapien am Fraunhofer ISC entwickelt. Im Projekt »BioCor« soll der Bioreaktor gemeinsam mit dem Universitätsklinikum Würzburg im Rahmen biologischer Tests und Validierungsstudien geprüft werden. Neben der besseren Verfügbarkeit von Spender-Hornhäuten erwartet das Projektteam Fortschritte für die medizinische Forschung, z. B. bei der Testung von Wirkstoffen an den Gewebekulturen anstatt im Tierversuch.

Kontakt: Dr. Christian Lotz
christian.lotz@isc.fraunhofer.de

Gefördert durch:



Aufgrund einer Narbe wurde hier die zentrale Hornhaut durch ein Transplantat ersetzt, das mit feinen Nähten fixiert wurde. © Zdenek Jilek / UKW



SUSI – automatisierte Zellkultivierung

Humane induziert pluripotente Stammzellen (hiPSCs) gelten als innovatives Werkzeug in der Medizin. Sie sind vielversprechend für Zelltherapien und die Erforschung von Krankheiten – künftig sollen sie die Therapie vieler Leiden wie etwa neurodegenerativen Erkrankungen ermöglichen. Nach wie vor ist jedoch die Herstellung großer Mengen an hiPSCs eine Herausforderung, da dieser Zelltyp spezifische Kulturbedingungen benötigt, um seine Stammzeleigenschaften aufrechtzuerhalten. Forschende des Fraunhofer-Translationszentrums für Regenerative Therapien haben einen innovativen Bioreaktor entwickelt, der die automatisierte hiPSC Kultur in Suspension ohne Einsatz zusätzlicher Mikroträgerstrukturen ermöglicht. Der Bioreaktor bietet optimale Bedingungen wie 37 °C und 5 % CO₂, um die Zellkultivierung zu unterstützen.

Eine Schlüsselkomponente ist der Impeller, der Misch-, Belüftungs- sowie Wärme- und Massentransferfunktionen erfüllt, um eine homogene Zellsuspension zu gewährleisten. Durch Software-Simulationen konnten optimale Parameter für den Betrieb ermittelt werden. Der Bioreaktor ermöglicht die Kultivierung humaner iPSCs ohne Mikroträgerstrukturen in Suspension im Volumenbereich bis 100 ml. Die Integration eines Mikroskops in der Kultivierungseinheit ermöglicht ein Onlinemonitoring der Kultur in Echtzeit und damit eine automatische Überwachung wichtiger Kulturparameter hinsichtlich Qualität.

Das modulare System ist flexibel und individuell anpassbar. Es ermöglicht zudem verschiedene Zelldifferenzierungen und hat das Potenzial, große Mengen an hiPSCs herzustellen.

Gefördert durch:



Bundesministerium
für Forschung, Technologie
und Raumfahrt

Kontakt:

Prof. Dr.-Ing. Jan Hansmann

jan.hansmann@isc.fraunhofer.de

ORINTHERA – Organoide als innovative Werkzeuge für die Entwicklung neuer Therapien

Klinische und pharmazeutische Forschung arbeiten kontinuierlich an neuen und besseren Therapien für Krankheiten. Doch bevor ein neues Medikament oder eine neue Therapie als sicher und wirksam eingestuft werden kann, sind oft Hunderte von Tests und Versuchen nötig – ein zeitaufwändiger und teurer Prozess.

Das Forschungsprojekt »ORINTHERA« soll die Weichen für eine automatisierte und standardisierte Produktion von zellbasierten komplexen Testsystemen stellen. Der wissenschaftliche Schwerpunkt liegt dabei auf der Entwicklung und Qualifizierung stammzellabgeleiteter Organoide und darauf basierenden In-vitro-Testsystemen für die präklinische Forschung, z. B. für die toxikologische Risikoabschätzung und/oder die Entwicklung neuer Wirkstoffe. Dazu gehören unter anderem smarte Automatisierungslösungen, aber auch Methoden zur Langzeitstabilisierung der Modelle und das passgenaue Design von Biomaterialien, die als biomimetische Trägerstrukturen oder als neuartige Biotinten im 3D-Druck dienen.

Eine wichtige Aufgabe ist dabei die Standardisierung von Prozessen und Protokollen. Dies betrifft neben wissenschaftlichen Methoden in der Entwicklung oder Herstellung auch organisatorische Abläufe hinsichtlich der Lagerung und Verfügbarkeit der hiPS-Zell-abgeleiteten Organoide für industrielle Anwendungen. Standardisierte Protokolle und Arbeitsanweisungen tragen dazu bei, dass Forschungsergebnisse reproduzierbar und zuverlässig sind, dies ist vor allem bei komplexen und multizellulären Systemen wie hiPS-Zell-abgeleiteten Organoiden ein hoch aktuelles Thema.



*Gefördert durch
den Freistaat Bayern*

Kontakt:

Dr. Julia Neubauer

julia.neubauer@ibmt.fraunhofer.de

Prof. Dr. Florian Groeber-Becker

florian.groeber-becker@isc.fraunhofer.de

Biomedizin

PhysiolINK – Entwicklung von nachhaltigen Bio-Drucktinten für die Herstellung von physiologischen humanen Organstrukturen

Der 3D-Biodruck ist eine Technologie, die es zukünftig ermöglichen könnte, lebendige Organe oder zumindest Teile davon automatisiert »auf Knopfdruck« herzustellen. Das Verfahren könnte patientenindividuelle Organimplantate ebenso erlauben wie die vielfache Bereitstellung von identischen pathologischen – erkrankten – Gewebemodellen zur Erforschung von Krankheiten und Ableitung von Therapien. Die Abbildung der physiologischen Gewebezusammensetzung und -struktur war aber bisher eine nicht überwindbare Hürde. Durch gemeinsame Vorarbeiten der Fraunhofer-Institute ISC und IAP könnte diese Hürde nun vielleicht genommen werden.

Das aktuelle, vom TLZ-RT des Fraunhofer ISC koordinierte Projekt »PhysiolINK« baut auf den Vorarbeiten der Schwesterinstitute auf. Das Projektteam hat sich das Ziel gesetzt, Drucktinten aus den gängigsten Gewebeproteinen zu entwickeln, die ohne chemische Modifikation physiologische Gewebestrukturen nachbilden. Über gezielte makromolekulare Wechselwirkungen soll die Druckbarkeit der Strukturproteine unter zellverträglichen Bedingungen erreicht werden und die physiologischen Gewebebildungsprozesse einen einfachen Trigger ausgelöst werden. Innovative Unternehmen wie AbbVie, GfN-Selco/KBM und Blackdrop Biodrucker stehen dem Projektteam als Berater zur Seite.

Kontakt:

Dr. Tobias Weigel

tobias.weigel@isc.fraunhofer.de

ReBiA – Robotergestützte biologische Automatisierung: Herstellung von 3D-Epithelgewebe (Robotic enabled Biological Automation)

Die Herstellung von In-vitro-Gewebemodellen – das Tissue Engineering – ist äußerst empfindlich gegenüber minimalen Variationen in Faktoren wie Inkubationszeiten, Isolation von menschlichen Primärzellen, Zusammensetzung der vorbereiteten Zellkulturmedien und individuellen Praktiken der Bediener. Daher ist ein angemessenes Maß an Standardisierung erforderlich, um die Reproduzierbarkeit der In-vitro-Gewebe und analytischen Auswertungen sicherzustellen. Um diese Herausforderungen zu bewältigen, wurde das System »Robotic Enabled Biological Automation (ReBiA)« entwickelt. Dieses System nutzt einen Dualarm-Roboter, der in der Lage ist, Laborprozesse innerhalb einer geschlossenen automatisierten Umgebung zu standardisieren und manuelle Prozesse in automatisierte umzuwandeln. Dadurch wird der Bedarf an prozessspezifischen Entwicklungen reduziert, was die In-vitro-Gewebemodelle konsistenter und kosteneffizienter macht. Die Leistung von »ReBiA« wird durch die Herstellung von menschlichem rekonstruiertem Epithel, menschlichen Atemwegsepithelmodellen und menschlichen intestinalen Organoiden demonstriert. Analysen bestätigen, dass diese Modelle der Morphologie und Proteinexpression manuell vorbereiteter und nativer Gewebe entsprechen, mit ähnlicher Zellviabilität. Diese Erfolge heben das Potenzial von »ReBiA« hervor, Barrieren für eine breitere Akzeptanz von In-vitro-Gewebe-Modellen abzubauen und einen Wandel hin zu ethischeren und fortschrittlicheren Forschungsmethoden zu unterstützen.

Kontakt:

Dr. Jan Hansmann

jan.hansmann@isc.fraunhofer.de



Förderung:
PhysiolNK
Fraunhofer-Gesellschaft e. V.
PREPARE-Projekt

ReBiA
Deutsche Forschungsgemeinschaft DFG

Ausblick Industrie

QUALITÄTSSICHERUNG

Analytik und Charakterisierung am Fraunhofer ISC

Fundierte Materieexpertise in unterschiedlichsten Fachbereichen, moderne Prüf- und Analytikverfahren, hochwertige Laborausstattung und maßgeschneiderte Lösungsansätze für verschiedenste Fragestellungen: Das Zentrum für Angewandte Analytik (ZAA) bietet Kund:innen aus Forschung und Industrie ein breites Angebot an Prüf- und Analysemethoden, bis hin zur analytischen Begleitung bei der Entwicklung neuer Produkte und Ideen und zur Entwicklung neuer Prüf- und Analysemethoden, zugeschnitten auf individuelle Anforderungen, im engen Austausch mit den Kund:innen.

Die Kernkompetenzen des ZAA umfassen dabei alle relevanten Bereiche der Probenpräparation, der Analytik von Nanomaterialien, der chemischen, physikalischen, thermischen Analytik sowie der Oberflächen- und Werkstoffanalytik.

Das ZAA bietet ein umfangreiches Portfolio fortschrittlicher chemischer sowie physikalischer Analysemethoden zur Bestimmung von Materialeigenschaften. Dazu zählen beispielsweise die chemische Analyse von Glas und Glasprodukten, die Kontaminationsanalytik an Oberflächen, die Untersuchung von Werkstoffschäden oder des thermischen Verhaltens von Materialien unter verschiedenen

Temperaturbedingungen sowie spezifische Prüfmethoden z. B. für die Partikelcharakterisierung oder die hydrolytische Beständigkeit nach EP/USP.

Das Zentrum für Angewandte Analytik ist außerdem RAL- bzw. EUCEB-Prüflabor für Mineralwolle und für Prüfungen aus folgenden Bereichen nach DIN EN ISO/IEC 17025:2018 akkreditiert: chemische Analytik, chemische Oberflächenanalytik, Elektronenmikroskopie. Die Akkreditierung gilt für den in der Urkundenanlage D-PL-11140-12-00 festgelegten Umfang.



Kontakt:

Chemische Analytik

Dr. Natalia Dannhäuser

natalia.dannhaeuser@isc.fraunhofer.de

Nanomaterialien | Schadensanalytik |

thermische Analytik | Werkstoffanalytik

Dr. Alexander Reinholdt

alexander.reinholdt@isc.fraunhofer.de

www.analytik-dienstleistungen.de

QUALITÄTSSICHERUNG

Akkreditierung des mechanischen Prüflabors am Zentrum für Hochtemperatur-Leichtbau HTL des Fraunhofer ISC nach DIN EN ISO/IEC 17025

Seit Januar 2024 ist das mechanische Prüflabor am Zentrum HTL für verschiedene Prüfverfahren durch die DAkkS nach der DIN EN ISO/IEC 17025-2018 akkreditiert. Die Akkreditierung ist ein bedeutender Meilenstein für unser Labor und bestätigt uns ein außerordentliches Qualitätsniveau, bringt aber auch neue Herausforderungen und Möglichkeiten mit sich.

Sowohl bei der Entwicklung neuer Werkstoffe als auch bei deren Anwendung sind eine verlässliche Charakterisierung von Materialeigenschaften und die Bestimmung von Kennwerten ein Schlüsselfaktor, an den hohe Anforderungen gestellt werden müssen. Das mechanische Prüflabor am Zentrum HTL liefert seit Jahren erfolgreich verlässliche Materialkennwerte für verschiedenste Projekte und Partner aus Forschung und Industrie.

Im Unterschied zur Zertifizierung nach ISO 9001, die für das gesamte HTL seit 2013 gültig ist, wird eine Akkreditierung nach DIN EN ISO/IEC 17025 fachspezifisch für bestimmte Tätigkeitsbereiche erteilt. Die Zertifizierung war hierfür eine Ausgangsbasis, auf der wir erfolgreich aufbauen konnten, um das erforderliche Qualitätsniveau für die Akkreditierung zu erreichen.

Die Akkreditierung bringt neue Abläufe und ein erweitertes Tätigkeitsfeld zur Qualitätssicherung mit sich.

Neben der ohnehin schon jährlich durchgeführten Kalibrierung aller Anlagen und Messmittel werden nun auch regelmäßige Referenzmessungen an entsprechendem Probenmaterial durchgeführt. Zusätzlich werden in regelmäßigen Abständen Laborvergleichsversuche mit externen Prüflaboratorien vorgenommen.

Die Akkreditierung wurde in enger Kooperation mit unserem bestehenden Qualitätsmanagement durchgeführt. Regelmäßige Schulungen der Labormitarbeitenden und interne Audits haben dazu beigetragen, die Standards einzuhalten und die Effizienz zu steigern. Die in die Akkreditierung einbezogenen Prüfnormen sollen nach und nach erweitert werden.

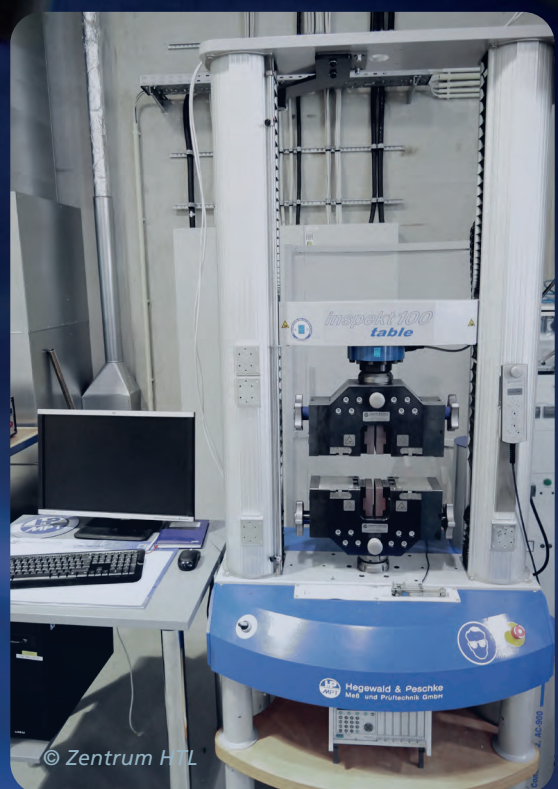
Das mechanische Prüflabor am Zentrum HTL ist für die folgenden Prüfmethoden nach DIN EN ISO/IEC 17025 akkreditiert: Biegeprüfungen nach ASTM C1341, DIN EN 843-1 und DIN EN 658-3, Zugprüfungen nach ASTM C1359 und DIN EN 658-1, Scherprüfungen nach DIN EN 658-5.



Kontakt:

Wolfgang Bernstein

wolfgang.bernstein@isc.fraunhofer.de



QUALITÄTSSICHERUNG

CeDeD – zertifizierter Spezialgerätebau am Fraunhofer ISC

Für die Entwicklung, Konzeption und Fertigung wissenschaftlicher Spezialgeräte und Forschungsanlagen ist das Center of Device Development des Fraunhofer ISC, kurz CeDeD, eine zentrale Anlaufstelle für interne und externe Forschungsgruppen sowie für die Industrie.

Die Forschenden des CeDeD konzipieren und produzieren Prototypen, Demonstratoren und Pilotanlagen zur Herstellung und Verarbeitung innovativer Materialien und decken den gesamten Entwicklungsprozess von der 3D-Modellierung bis zur computergestützten Komponentenproduktion ab.

Zu den festen Aufgaben zählen unter anderem Entwicklung und Bau thermooptischer Messanlagen zur In-situ-Charakterisierung von Materialien während der Wärmebehandlung, beispielsweise während der Schmelze oder des Sinterns. Das Verfahren ermöglicht – je nach Ausstattung – Messungen unter kontrollierten Atmosphären und Temperaturbedingungen von -70 °C bis +2400 °C.

Die Forschung des CeDeD umfasst unterschiedliche Entwicklungsaufgaben zur Unterstützung der Material- und Prozessentwicklung des Fraunhofer ISC. Dazu zählen beispielsweise die Automatisierung in der Glasentwicklung, die Qualitätsprüfung von Keramikugeln für Wälzlager, oder die teilautomatische Kalibrierung von Laborgläsern mit höchster Präzision. Besonders in der Spezialglas- und High-Tech-Keramikindustrie stoßen die Dienstleistungen des CeDeD auf große Nachfrage. Mit der Integration von Online-Analytik, Vakuumtechnik, Laserverfahren oder Robotik erweitert CeDeD gängige Verfahren und schafft beste Voraussetzungen für digitalisierte Materialentwicklung und Qualitätssicherung in der Produktion. CeDeD ist nach ISO 9001:2015 zertifiziert und garantiert die vollständige Reproduzierbarkeit in der Prozesskette.

<https://www.ceded.de>

Kontakt:

Dr. Andreas Diegeler

andreas.diegeler@isc.fraunhofer.de



PILOTANLAGEN

Synthese und Beschichtung

Das EU-Projekt »INN-PRESSME« (s. Seite 13) hatte sich das Ziel gesetzt, ein europaweites Ökosystem zur Entwicklung und Hochskalierung/Pilotfertigung pflanzenbasierter, wiederverwertbarer und biologisch abbaubarer Materialien zu entwickeln. Für die »INN-PRESSME« Pilotanlagen baute das Fraunhofer ISC seine Syntheselinien für biobasierte Beschichtungsmaterialien und Additive auf Partikelbasis aus.

Am Fraunhofer ISC stehen so Pilotlinien für die Hochskalierung der Synthesen biobasierter Funktions- und Barrierschichten auf bis zu 100 Liter pro Tag bereit. Mit dieser Menge können bis zu 10 000 m² Folienfläche beschichtet werden. Die Beschichtungsmaterialien können dann am ISC z. B. mit einer Rolle-zu-Rolle-Pilotbeschichtungsanlage mit einer Rollenbreite von bis zu 500 mm verarbeitet werden.

Vorteile für Kunden und Projektpartner sind dabei die große Material- und Prozessexpertise des Fraunhofer ISC und die damit verbundene Flexibilität bei der Synthese und Anpassung der Formulierungen an die unterschiedlichen Anforderungen kundenspezifischer Anwendungen. Diese reichen von Papierverpackungen über Kunststofffolien bis

hin zu Konsumgütern und Sportartikeln. Die Funktionsschichten halten je nach Wunsch und Formulierung Fett, Wasser, Feuchte oder Sauerstoff ab, können antimikrobiell oder antistatisch ausgerüstet sein, erhöhen die Abriebbeständigkeit oder verhindern die Migration von Gerüchen oder Monomeren.

Darüber hinaus umfasst das »INN-PRESSME Open Innovation Test Bed« ein breites Spektrum an weiteren, europaweit verteilten Pilotanlagen und Dienstleistungen, von der Rohstoffumwandlung über Materialentwicklung bis hin zu Biokunststoffen sowie der entsprechenden Analytik.

<https://www.inn-pressme.eu>



Finanziert von der
Europäischen Union

Kontakt:

Dr. Ferdinand Somorowsky

ferdinand.somorowsky@isc.fraunhofer.de

PILOTANLAGEN

Partikelsynthese

Globales Wirtschaftswachstum geht auch weiterhin mit einer starken Zunahme des Ressourcenverbrauchs einher. Da die Ressourcen unseres Planeten jedoch begrenzt sind und dem aktuellen Verbrauch langfristig nicht standhalten können, sollte die neue Devise moderner Wirtschaft sein: »Weniger ist mehr«.

Im Rahmen des EU-Projekts »OASIS« wurden Produktionskapazitäten von 12 Pilotlinien für die Synthese und Produktion von innovativen Nanomaterialien für den Leichtbau bereitgestellt. Am Fraunhofer ISC wurde dafür eine Syntheseanlage für die semikontinuierliche Herstellung von Nanopartikeln ausgebaut. Das Ziel von »OASIS« bestand in der Verstärkung der Pilotlinien über die im Projekt durchgeführten Showcases hinaus. Hierfür wurde Infrastruktur für kleine, mittelständische und große Unternehmen bereitgestellt, um ihnen den Zugang zu einzigartigen Einrichtungen und umfassenden Kenntnissen ohne hohe Kapitalinvestitionen zu ermöglichen. Im Rahmen zweier Ausschreibungen konnten sich Unternehmen mit ihren Projektideen bewerben.

Das Fraunhofer ISC leistete mit seiner Materialforschung und Verfahrensentwicklung einen wichtigen Beitrag, um seinen Kund:innen sowie Entwicklungspartner:innen die Möglichkeit zu geben, mit weniger Ressourceneinsatz nachhaltigere Produkte aus fairer Wertschöpfung herzustellen. In beiden Ausschreibungen konnten die halogenfreien, flammhemmenden Partikel des ISC für interessante Projekte der Industrie eingesetzt werden. In beiden Fällen wurde eine umweltfreundlichere und ressourcenschonendere Industrieproduktion mit vergleichsweise geringem Materialeinsatz ermöglicht.

Die im Rahmen von »OASIS« am Fraunhofer ISC aufgebaute Pilotlinie für die semikontinuierliche Herstellung von Nanopartikeln wurde seither weiter ausgebaut und für verschiedene kundenspezifische Partikelsynthesen eingesetzt. Sie steht Interessenten aus Forschung und Industrie für Testproduktion und Entwicklung auch weiterhin zur Verfügung.

<https://s.fhg.de/partikelsynthese>



Finanziert von der
Europäischen Union

Kontakt:

Dr. Benedikt Schug

benedikt.schug@isc.fraunhofer.de

VERNETZUNG UND AUSGRÜNDUNG
FIP-FM@KU – Fraunhofer-Innovationsplattform für funktionelle passive Materialien an der Korea University (Fraunhofer Innovation Platform for Functional Passive Materials at Korea University)

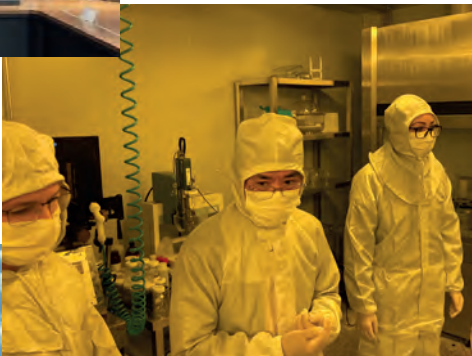


Wissenschaftlicher Fortschritt lebt von gegenseitigem Austausch. Mit »FIP-FPM@KU« hat das Fraunhofer ISC gemeinsam mit der Korea University eine Forschungs- und Entwicklungsplattform ins Leben gerufen, um die Zusammenarbeit zwischen deutschen und koreanischen Forschungsinstituten sowie der Industrie in beiden Ländern zu fördern. Im »FIP-FPM@KU« werden innovative Lösungen für fortschrittliche Technologien in den Bereichen Display, Halbleiter, Telekommunikation und Energiesysteme durch eine gemeinsame Entwicklung von Materialien und Prozessen geschaffen und an zukünftige Herausforderungen angepasst. Die Fraunhofer-Innovations-Plattform (FIP) dient dabei als Vernetzungsplattform in enger Zusammenarbeit mit Unternehmen, Forschungseinrichtungen und verschiedenen Instituten der Fraunhofer-Gesellschaft.

Das Ziel des Förderprogramms ist es, Forschungsergebnisse zu validieren, transferieren und kommerzialisieren, indem komplementäre Kompetenzen verschiedener Einrichtungen gezielt kombiniert werden. In Kooperation mit deutschen und koreanischen Partnern möchte das »FIP-FM@KU« Forschungsprojekte von der Machbarkeitsstudie bis hin zum Entwicklungsauftrag voranbringen und so einen nachhaltigen, ökonomischen und sozialen Beitrag leisten.

Kontakt:
Gerhard Domann
gerhard.domann@isc.fraunhofer.de

» Of course, innovation comes with challenges, and our research teams are working tirelessly to meet them.«
Miriam Unterlass | Fraunhofer ISC





VERNETZUNG UND AUSGRÜNDUNG

Start-Up CellCircle – grüne Lösungen »Made in Germany«

Effizienz, Innovation, Nachhaltigkeit – das hat sich das 2022 als Spin-off des Fraunhofer ISC gegründete Start-Up Unternehmen **CellCircle** auf die Fahne geschrieben. Nach dem Konzept der Kreislaufwirtschaft will das Unternehmen ein innovatives Recyclingverfahren für Batterien kommerzialisieren, welches Li-Ionen-Batterien in hoher Reinheit für die direkte Wiederverwendung separiert und regeneriert. Damit werden energie- und chemikalienintensive Zwischenschritte gespart und die zurückgewonnenen Materialien direkt für die Herstellung neuer Batteriezellen wiederverwendbar gemacht.

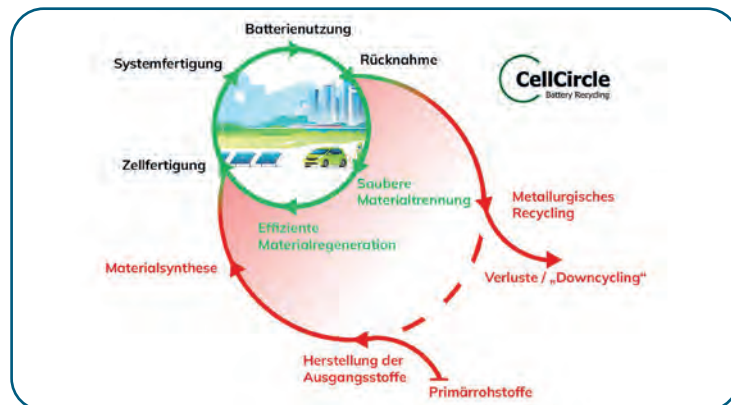
Das Resultat ist ein effizienter geschlossener Materialkreislauf durch die Rückgewinnung gebrauchsfertiger Funktionsmaterialien. Die Methode ist dabei effizienter, schneller und reduziert CO₂-Emissionen im Vergleich zu bisherigen Methoden mehr als 60 %. Dieser innovative Ansatz findet weiten Anklang, sodass das Start-Up 2024 den ersten Platz des Gründerwettbewerbs »Energie-Start-Up Bayern« belegte. Der Wettbewerb wird regelmäßig vom Bayerischen Staatsministerium für Wirtschaft, Landesentwicklung und Energie ausgerichtet.

Neben dem Recycling von Batterien und Batterieproduktionsabfällen bietet das Unternehmen auch den Vertrieb von Batteriematerialien an. Darüber hinaus berät **CellCircle** Firmen zu geeigneten Recyclinglösungen, gibt Empfehlungen für recyclinggerechte Produktdesigns und erstellt verlässliche Ökobilanzen für das Batterierecycling.

Kontakt:

Dr. Andreas Bittner

andreas.bittner@cellcircle.de



© CellCircle.de



Die effiziente Rückgewinnung und Regeneration funktionaler Batteriematerialien muss künftig selbstverständlich werden.«

Andreas Bittner | CellCircle



cellcircle.de

WWW und Social Media



Unsere Internetseiten:

www.isc.fraunhofer.de

www.fzeb.fraunhofer.de

www.htl.fraunhofer.de

www.regenerative-therapien.fraunhofer.de

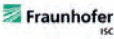
www.ceded.de

www.glas-dienstleistungen.de

www.analytik-dienstleistungen.de



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



Fraunhofer-Institut für Silikonforschung ISC

Fraunhofer Gesellschaft

EU PROJECTS

JOB UND KARRIERE

LEHRTUHL

PRESEN UND MEDIEN

KONTAKT

ENGLISH

DAS FRAUNHOFER ISC

ARBEITSGEBIETE

NACHHALTIGKEIT

PUBLIKATIONEN

MESSEN UND TERMINE



Umweltfreundliches Hair-styling

Fraunhofer ISC und IPPM Technologies entwickeln biologisch abbaubaren Haarfestiger

0000

MEHR INFO

© Fraunhofer ISC



© Fraunhofer ISC

Das Fraunhofer-Institut für Silikonforschung ISC in Würzburg bietet erstklassige materialwissenschaftliche Kompetenz mit langjähriger Erfahrung in der Verarbeitung, Anwendung und Analyse von Werkstoffen.

Robustheitsanpassung, Konkurrenzdruck und Fachkräftemangel sind nur einige der vielen Herausforderungen, denen sich die produzierende Industrie stellen muss. Die Forscherinnen und Forscher am ISC konzentrieren sich unter anderem auf industriell anwendbare Lösungen für bezahlbare Gesundheitsversorgung und regenerative Therapien, Ressourcen- und Energieeffizienz sowie Nachhaltigkeit und Kreislaufwirtschaft.

Besonderes Augenmerk wird auf die Verwendung biobasierter und wirtschaftsfreundlicher Rohstoffe, die Vermeidung von kritischen Rohstoffen sowie auf intelligente und nachhaltige Verarbeitungstechniken gelegt.

Neben der Auftragsforschung und -entwicklung bietet das ISC außerdem produktbegleitende Analytik und Charakterisierung, Prozessoptimierung, Gerätebau sowie das Upscaling von Herstell- und Verarbeitungsverfahren bis in den Pilotmaßstab.

Egal ob Direktauftrag (unabhängig der Unternehmensgröße) oder Verbundprojekt - gemeinsam finden wir eine Lösung.

Sie sind auf der Suche nach DER Materiallösung für Ihre Anwendung?

Wir freuen uns, dazu mit Ihnen ins Gespräch zu kommen.

EMAIL SENDEN

Newsletter

Die Forschungsprojekte, Workshops oder Veranstaltungen - wenn Sie regelmäßig (1 bis 4x p.a.) über die Aktivitäten des Fraunhofer ISC informiert werden möchten, abonnieren Sie gerne unseren Newsletter. Sie sind bereit auf Social Media-Kanälen unterwegs? Dann abonnieren Sie doch unseren monatlichen LinkedIn-Newsletter.



Impressum

Herausgeber

Fraunhofer-Institut für Silicatforschung ISC
Prof. Dr. Miriam Unterlass

Redaktion

Marie-Luise Righi
Katrín Selsam
Nicole Klinger
Angelina Hofmann
Dr. Carolin Sitzmann
Dr. Martin Peters
Dr. Daniela Zdziebło
Dr. Holger Friedrich
Gerhard Domann

Bildredaktion, Grafiken und Diagramme

Katrín Selsam

Layout und Produktion

Katrín Selsam

Online-Umsetzung

Madeleine Geiling

Bildquellen

Soweit nicht anders bei den Abbildungen vermerkt:
Abbildungen und Fotos Katrín Selsam, Fraunhofer ISC

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



